

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВПО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И.Т. ТРУБИЛИНА»
ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РИСА»

А. Х. ШЕУДЖЕН

АГРОХИМИЯ

Часть 5.

ПРИКЛАДНАЯ АГРОХИМИЯ

Допущено Министерством сельского хозяйства Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение»

Краснодар – 2017

УДК 631.8(075.8)
ББК 40.4я73
Ш 52

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации,
академик РАН
В.Г. Минеев
г. Москва, МГУ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
академик РАН
В.Г. Сычев
г. Москва, ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова

Ш 52 Шеуджен, А.Х. Агрохимия. Ч. 5. Прикладная агрохимия: учеб. пособие / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 860 с.

В учебном пособии изложены практические аспекты применения агрохимических средств в земледелии. Приведены сведения о наиболее эффективных нормах (дозах), сроках и способах внесения удобрений под культуры севооборота, на лугах и пастбищах, химической мелиорации кислых и засоленных почв, диагностике питания растений и определении потребности агроценоза в удобрении.

Рассчитано на преподавателей, научных сотрудников, аспирантов, магистров и бакалавров, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение», а также специалистов, работающих в сфере наукоемких агротехнологий.

ISBN 978-5-9500313-0-4

© Шеуджен А.Х., 2017

ВВЕДЕНИЕ

Новая агрономическая химия в Германии, особенно Ю. Либих, важнее, чем все экономисты вместе взятые.

Карл Маркс, 1866.

Прикладная агрохимия – раздел агрохимической науки, изучающий практические аспекты применения агрохимических средств в земледелии. В первую очередь, это вопросы о наиболее эффективных нормах (дозах), сроках и способах внесения удобрений под культуры севооборота, на лугах и пастбищах, химической мелиорации кислых и засоленных почв, диагностике питания растений и определении потребности агроценоза в удобрении.

Целью изучения предмета «Прикладная агрохимия» является формирование представлений и практических умений и навыков разработки системы удобрения на основании теоретических знаний по оптимизации минерального питания растений путем применения агрохимических средств с учетом почвенно-климатических и экологических условий региона.

Неотъемлемым звеном современного земледелия является интегрированное применение удобрений. Система удобрения должна быть не только экономически, но и экологически обоснованной и направленной на полное удовлетворение потребности культурных растений в элементах питания по фазам их развития, обеспечение сбалансированного минерального питания, исходя из планируемой урожайности при высоком качестве продукции, почвенно-агрохимических условий каждого конкретного поля и элементарного участка при точном земледелии. При этом химическая мелиорация на полях с неблагоприятной реакцией почвенной среды является неразрывной частью системы удобрения. Это требует от специалистов не только глубоких теоретических знаний, но и успешную их реализацию на производстве.

Истоки прикладной агрохимии восходят к глубокой древности и связаны с зарождением и развитием земледелия. О плодородии, как основном свойстве почвы давать урожай, знали уже первые земледельцы. Именно этим объясняется их постоянное стремление к освоению все новых и новых земледельческих участков и размещению на них посевов, как только урожай на предыдущих площадях начинали снижаться. В глубине веков неолита и бронзы (11-10 тыс. лет до н.э.) человек уже сопоставлял почвы по их плодородию, отличая песок от суглинка, заболоченные участки от сухого места, а к почве относился как к среде обитания растений. Уже на этой стадии становления земледелия люди эмпирическим путем пришли к выводу о необходимости применять удобрения. В Древнем Риме особенно высоко ценил птичий помет, как быстродействующее удобрение. Широко использовались экскременты животных, смешивая их с подстилкой для получения навоза. И древние греки, и римляне применяли навоз с целью повышения плодородия почвы.

Большое внимание уделялось навозу как удобрению и в Древней Руси: «Без навоза и цветы не растут»; «Навози навозу на гряды»; «Добудь дедовского навозу, – снопы валиться будут с возу»; «Кто землю удобряет, – тому земля возвращает»; «Навоз кладут, чтоб больше хлеба родилось, а полбу сеют, чтоб людям годилась»; «На залежь навоз возят, на новине хлеб сеют»; «Навоз на одежде – грязь; на поле – удобрение»; «Не положил навозу – обманул землю, а осенью земля обманет тебя». Неиссякаемым народным юмором искрится и такая пословица: «На навозе и оглобля родит». И, наконец, такие рекомендации, к которым не грех прислушаться и современным земледельцам: «Клади навоз густо, – в амбаре не будет пусто»; «Добрая земля навоз девять лет помнит»; «Навоз отвезем, так и хлеб привезем»; «Земля хоть и кормит, но и сама есть просит».

Известно было древним грекам и римлянам и зеленое удобрение, в качестве которого применяли люпин. Инки еще в XIII в. до н. э. удобряли свои поля рыбой, ракушками и экскрементами морских птиц (гуано) и таким образом вносили в почву азот, кальций и фосфор.

В те далекие от нас времена люди обратили внимание и на минеральные удобрения, причем, не имея представлений о процессе питания растений как таковом. Так, в Древнем Риме наряду с органическими удобрениями широко использовалась зола, гипс, известь и мергель. При этом даже различали несколько типов мергеля, каждый из которых употребляли в зависимости от особенностей той или иной почвы. На Руси также с глубокой древности использовали золу для удобрения полей, о чем свидетельствуют народные пословицы: «Выжгу (деревья), да пепел раскину на все четыре стороны»; «Рожь сей, хоть в зóлу (сушь), да спору»; «Сей озимь хоть в зóлу, да в пору».

Из Древней Греции и Рима дошли до нас первые письменные, документально подтвержденные сведения о плодородии почв и способах их удобрения. Наиболее значимыми с точки зрения становления прикладной агрохимии и аграрной науки в целом были трактаты Аристотеля (384-322 гг. до н. э.), Катона (234-148 гг. до н. э.) Варрона (116-27 гг. до н. э.), Колумеллы (4-70 гг. н. э.) и Плиния (23-70 гг. н. э.).

Много позже, в середине XVIII столетия, шведский агрохимик Юхан Готтшалк Валлериус (1709-1785) издал первое научное руководство по агрономической химии: «Химические основы земледелия» (1761). Он впервые дал понятие о гумусе как разложившемся органическом веществе. Им также впервые высказана мысль о том, что чем выше в почве содержание гумуса, тем продуктивнее посева. В своем руководстве он обобщил все имевшиеся к тому времени сведения по технологии применения местных удобрений.

Определенный шаг вперед сделал Рюккерт в своем трактате «Начальные химические основы земледелия» (1789). Приведем отрывок из его работы о значимости почвы для питания растений: «Различные земли нужны для питания растений сами по себе. Каждое растение требует особого состава почвы, на которой оно удастся всего лучше. Отсюда происходит, что некоторые растения при многолетней культуре без перерыва очень истощают поле и более на нем не рождаются, тогда как другие, требующие меньше потребленной первыми составной части, все чаще удаются на том же поле. Так как абсолютное количество и отношение различных земель (здесь «земли» – это вещества, элементы в почве и в урожае) можно определить, то можно рассчитать, когда данное поле будет истощено. Однако можно устранить это истощение с помощью такого удобрения, которое содержит преимущественно недостающее вещество. Поэтому разные растения требуют разных удобрений».

Несомненный интерес из публикаций того периода представляют также «Краткий учебник по земледельческой химии», изданный в 1795 г. Сигизмундом Фридрихом Гермбштедтом, и труд Эйнгофа «Начертания химии для сельских хозяев» (1808).

В 1813 г. знаменитый английский химик Гамфри Дэви издал свои «Элементы сельскохозяйственной химии» (*«Elements of agricultural Chemistry»*), которые состоят из серий лекций об элементах, содержащихся в растениях. Главная ценность этих лекций заключается в том, что изложение известных в то время фактов дается в химических выражениях. Вот что он пишет о строении растений: «К наиболее существенным частям растений относятся очевидно водород, углерод и кислород в различных соотношениях, обычно без азота; лишь в немногочисленных случаях имеется налицо также азот. Кислоты, щелочи, земли, окиси и соляные соединения, хотя и необходимы для жизни растения, все же имеют менее важное значение, в особенности по отношению к сельскому хозяйству, нежели вышеназванные главные составные части. Вода и распадающиеся животные и растительные материалы, находящиеся в почве, являются истинным питанием растений. Частицы земли в почве полезны для удержания воды, чтобы таким образом снабжать ею в соответствующих пропорциях корни растений». Репутация Дэви как научного деятеля была в то время такова, что его утверждения относительно питания растений получили почти всеобщее признание.

Наш соотечественник профессор Московского университета М.Г. Павлов в 1825 г. опубликовал первую на русском языке книгу по агрономической химии «Земледельческая химия...». На три четверти книга была посвящена «приготовительным сведениям из физики, химии, фитологии, зоологии», и только на четверть – размышлениям о почве и трансформации вещества в ней. Автор подробно останавливается на «землеудобрении и землепашестве», на способах «поправления» почвы песком и известью и «утучнения» ее солеными листьями, тростником, тиной. Почвы автор определяет как «рыхлый слой земной поверхности, служащий растениям местом укоренения», и, подобно Тэеру, придает исключительное значение гумусу, но считает ошибочным бытовавшее до сих пор мнение, что растение усваивает гумус как таковой. «Чернозем, – писал он, – не поглощается корнем в настоящем своем виде, но в измененном, а именно в виде слизи, растворенной водою». В соответствии с воззрениями М.В. Ломоносова, ученый понимал под черноземом «оземленелый остаток согнивших растений и животных». Вся тайна, по М.Г. Павлову, заключается в правильном «управлении соками»: те части растения, которые в результате и представляют интерес для земледельца, должны получать наибольшее количество соков. Он также обосновал пользу пользе навоза и извести в земледелии.

В 1840 г. Юстус фон-Либих – немецкий химик-органик выступил с сообщением перед Британской ассоциацией для развития науки по вопросу о питании растений. Его лекции позже были изданы в форме книги под заглавием: «Химия в приложении к земледелию и физиологии». Основные положения этих лекций содержатся в следующих тезисах, приведенных в его книге: «Рациональная система земледелия не может быть создана без применения научных принципов, ибо такая система должна быть основана на точном знании средств питания растений, влияния почвы и действия удобрений. Это знание мы должны черпать из химии, которая учит способам исследования состава и изучения свойств различных веществ, от которых растения полу-

чают свое питание. Первоначальным источником, из которого человек и животные черпают средства для своего развития и существования, является растительное царство. С другой стороны, растения находят себе новый материал для питания исключительно в неорганических веществах». ...Основным принципом земледелия является то положение, что почва должна получать обратно полностью все то, что у нее берется и что не обеспечено пополнением из естественных источников...

Никакое питательное вещество не действует отдельно само по себе: все питательные вещества должны находиться в нужных количествах и в нужное время... Интенсивная культура требует интенсивного удобрения; с введением последнего должна повыситься производительность наших полей, должен увеличиваться вывоз зерна и скота; распространение такой интенсивной культуры тормозится недостатком удобрений. Поэтому все стремления сельского хозяина должны быть направлены к тому, чтобы удовлетворить, по возможности, всякую потерю удобрений».

Труд Юстуса Либиха был высоко оценен основоположником экономического закона развития общества К. Марксом: «Новая агрономическая химия в Германии, особенно Ю. Либих, важнее, чем все экономисты вместе взятые».

После выхода в свет книги Ю. Либиха агрохимия переживает бурный период, понадобившийся для экспериментального доказательства правильности теории минерального питания растений. К.А. Тимирязев назвал этот период «героическим». Ю. Либиха называли «ферментом в науке». Основные его заслуги: он создал теорию минерального питания растений; положил начало применению минеральных удобрений и, как следствие, – появлению туковой промышленности; пробудил интерес к исследовательской работе, благодаря чему были созданы специальные агрохимические станции, где широко изучались вопросы минерального питания растений. Появились новые руководства по агрономической химии.

В 1866 г. в Праге вышла книга Роберта Гофмана «Земледельческая химия». Спустя два года, она была издана в России. В предисловии книги автор написал: «Земледельческая химия возникла из естественного соединения нескольких отдельных наук: химии, физиологии, минералогии, геологии, ботаники и метеорологии. Как скоро эти науки достигли известной степени развития, и в особенности, как скоро влияние естественноисторических положений на сельскохозяйственное производство стало выражаться все сильнее и сильнее, – земледельческая химия стала вместе с тем развиваться, как самостоятельная наука, и легла в основание теории земледелия.

Эта эпоха, – продолжает ученый, – совпадает с концом прошлого и началом нынешнего столетия, ибо в это время появились первые самостоятельные сочинения о земледельческой химии Валлериуса, Рюккерта, Гермбштедта, Эйнгофа и Дэви. Начало, хотя бы и скромное, было сделано. Но новая наука начала быстро совершенствоваться, благодаря многим превосходным работам, сделанным в области тех естественных наук, которые легли в основание ее, – преимущественно в области физиологии и химии растений.

Круг людей, внимание которых косвенно или непосредственно, устремлялось на земледельческую химию, становился все шире и шире. Мы находим уже в числе их (1840) таких людей, как Буссенго и Либих, которые посвятили свою полезную деятельность быстро развивающейся земледельческой химии; вместе с тем ярко выступило вперед осознание, что земледельческая химия не только носит в себе жизненные задатки, но и способна к такому развитию, о котором едва смели мечтать, и всего более может оказать бла-

годетельное влияние на сельское хозяйство... Земледельческая химия настоящего времени преследует практическое направление, не теряя при этом из вида науку; она с должным вниманием старается приблизиться к сельскохозяйственному опыту, примирить практику с теорией, и сделать полезными для сельского хозяина уроки земледельческой химии...

Сочинение это предназначено для практиков и должно, минуя гипотезы, теоретические выводы и спорные вопросы дать в сжатой форме объяснение того, что мы действительно знаем в области земледельческой химии, и кроме того, открыто и без фраз сознаться в том, что еще требует исследования. Оно должно служить пособием для сельского хозяина, советчиком, у которого он может найти объяснение, как применять на практике то, что наука предлагает ему за верное в настоящее время».

В 1870 г. в Гейдельберге Адольф Майер издал «Учебник земледельческой химии в сорока лекциях», а в 1871 г. книга была переведена на русский язык и опубликована в Санкт-Петербурге издательством «Общественная польза». Касаясь предназначения своего труда, Адольф Майер пишет: «Несмотря на большое число обширных, отчасти весьма почтенных, и только в новейшее время составленных учебников земледельческой химии, между них нет такового, который бы одновременно отличался и несколько более строгим научным характером и соответствовал бы новейшим завоеваниям в области естественных наук, и в котором бы нашли место верный тон и методический способ изложения, без чего сочинение никогда не может быть учебником».

Характеризуя положение земледельческой науки в ряду других, Адольф Майер особо отмечает: «Земледельческую химию нужно рассматривать как прикладную физическую науку; по природе своей она наука теоретическая, но область исследований ее определяется преимущественно практической целью, которую она преследует, вследствие чего распространяется на всевозможные специальные естественные науки, смотря по обширности технических операций в сельскохозяйственной практике».

Нельзя не отметить появление ряда основополагающих руководств по агрохимии и в России. В частности. В 1872 г. вышел труд П.А. Ильенкова «Лекция агрономической химии»; в 1878 г. – А.Н. Энгельгардта «Химические основы земледелия»; в 1884 г. – П.А. Костычева «Учение об удобрении почв»; в 1889 г. – Г.Г. Густавсона «Двадцать лекций по агрономической химии», а в 1900 г. – Д.Н. Прянишникова «Учение об удобрении». Содержание названных руководств по агрономической химии соответствовало требованиям, предъявляемым сельскохозяйственным производством к данной дисциплине как прикладной науке. И, наконец, в 1934 г. Д.Н. Прянишников издал свой фундаментальный учебник «Агрохимия», в котором наряду с вопросами прикладного характера, впервые на должном научном уровне были изложены и теоретические основы предмета.

Благодаря активной научной деятельности Д.Н. Прянишникова и его учеников, эпицентр развития агрохимии переносится из Западной Европы в нашу страну. Была создана мощная химическая промышленность по производству минеральных удобрений, организован Научный институт удобрений (НИУ, позже ВНУ, ВИУА, ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова) и Географическая сеть полевых опытов с удобрениями – единая экспериментальная база по изучению удобрений для всей территории страны; агрохимические лаборатории при научных учреждениях и кафедры агрохимии в вузах аграрного профиля. Преподавание этой дисциплины в высших и средних учебных заведе-

ниях стали вести по учебникам, созданным нашими учеными-агрохимиками: Д.Н. Прянишников «Агрохимия» (1934, 1936, 1940, 1946); И.Г. Дикусар, А.Г. Шестаков, В.М. Клечковский, З.З. Мирясов «Агрохимия» (1940), «Агрономическая химия» (под ред. А.Г. Шестакова, 1954); «Агрохимия» (под ред. В.М. Клечковского и А.В. Петербургского, 1 и 2 изд.; П.М. Смирнова и А.В. Петербургского 3-е изд.); «Агрохимия» (под ред. Б.А. Ягодина, 1982, 1989, 2002); В.Г. Минеев «Агрохимия» (1990, 2004). В последние годы научные руководства по агрохимии были подготовлены Ю.П. Жуковым, Э.А. Муравиным, М.П. Петуховым, В.В. Кидиным, В.В. Агеевым и многими другими ведущими агрохимиками страны.

Предлагаемый читателю труд «Прикладная агрохимия» является логическим продолжением и в какой-то мере дальнейшим развитием ранее изданных автором книг: «Методология и история агрохимии» (т. 1); «Методика агрохимических исследований» (т. 2); «Экспериментальная агрохимия» (т. 3); «Фундаментальная агрохимия» (т. 4). В книге дается описание физико-химических и агрономических свойств и способов применения удобрений в агроценозах. В ней также изложены теоретические основы химической мелиорации почв и основные принципы построения системы удобрения, определения норм удобрений с учетом биологических особенностей культурных растений и почвенно-климатических условий. Значительное внимание уделено физиолого-экологическим приемам оптимизации минерального питания растений. В конце книги приведен список литературы, рекомендованной тем читателям, которые заинтересованы в углубленном изучении отдельных вопросов прикладной агрохимии.

Книга уже была подготовлена к печати, когда ушел из жизни один из ее рецензентов – выдающийся ученый-агрохимик академик РАН Василий Григорьевич Минеев. Автор вместе со всеми учеными «Агрохимэкоцентра» с глубокой скорбью воспринял эту тяжелую для агрономической науки невосполнимую утрату. И пусть читатели этого труда сохранят светлую память об этом Ученем с большой буквы, поистине великом сыне нашей великой Родины – Российской Федерации.

1. АГРОХИМИЯ И ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ

В хозяйстве, как и в химии, не должно упускаться из виду основного химического закона – сохраняемости вещества. Вещество только претерпевает различные физические и химические изменения, перемещается и форму, но не творится и не пропадает. При росте, например, растения оно не само из себя увеличивается в массе, оно растет только потому, что поглощает газы из воздуха, а своими корнями из земли всасывает воду вместе с веществами, в ней растворенными. Питательные вещества, доставляемые растению из воздуха, всегда одни и те же и никогда не могут иссякнуть. Совершенно иное с содержанием их в почве. Если ничего не делается для пополнения этих последних, то почва, лишаясь их с каждым урожаем, должна оскудеть.

Д.И. Менделеев, 1880

1.1. История развития учения о плодородии почвы

От плодородия почвы зависит жизнь как растительного, так и животного мира на Земле. Это было подмечено еще в самые незапамятные времена. Древние люди обожествляли плодородие почвы, как Солнце, огонь и воду. Представления о нем глубоко проникли в религиозную идеологию. В Древнем Египте богиней плодородия почвы была Исида, Древнем Риме – Прозерпина, а у вавилонян – Инанна. О плодородии почв писали трактаты Аристотель, Теофраст, Лукреций, Вергилий, Колумелла, Плиний Старший и другие естествоиспытатели античной Греции и Рима. Различия в уровне плодородия почв учитывались при исчислении земельных налогов и податей, при продаже и оценке земли. В Древнем Египте почвы делились на «пшеничные», подвергаемые искусственному затоплению; «водно-болотные», предназначенные для разведения гидрофильных растений и пшеницы; «степные», не затопляемые Нилом. Почвы виноградников и садов отмечались особо. В Китае еще в IV в. до н.э. выделяли «белые», «синие» и «желтые» почвы, обладающие «высоким», «средним» и «низким» уровнем плодородия. Поскольку понятие плодородия возникло значительно раньше становления почвоведения как самостоятельной науки, то представление о том, чем обусловлено это свойство почвы, постепенно подвергалось трансформации.

Философы, писатели и поэты античной Греции и Древнего Рима плодородие объясняли наличием в почве особого «жира» или «растительных масел», «солей», порождающих все «растительное и животное» на Земле, затем – наличием в почве воды, гумуса, элементов минерального питания, и лишь спустя много времени плодородие почвы стали связывать со всей совокупностью свойств почвы в понимании генетического почвоведения.

Родоначалники современной науки о почве В.В. Докучаев, П.А. Костычев и Н.М. Сибирцев, отмечая зависимость продуктивности растений от климатических, геоморфологических и почвенных условий, предлагали оценивать плодородие по свойствам почвы и уровню урожайности. Основатель учения о биосфере В.В. Вернадский поставил вопрос об исследовании плодородия как планетарного явления, в основе которого лежит процесс захвата веществ живой материей. Он, в частности, писал: «Есть ли предел количеству вещества, которое может быть захвачено живой материей и введено в состав составляющих их организмов на определенной площади земли?». Он считал, что только на этой основе может быть решена частная задача получения продуктов, необ-

ходимых человеку. Развитие учения о плодородии почв связано с именем выдающегося ученого – агропочвоведом В.Р. Вильямса. Он детально исследовал формирование и развитие плодородия почвы в ходе природного почвообразования, рассмотрел условия проявления плодородия в зависимости от ряда свойств почвы, а также сформулировал общие принципы повышения плодородия почв при их использовании в сельскохозяйственном производстве.

Плодородие – основное специфическое свойство почвы, качественно отличающее ее от материнской горной породы. В самой общей форме под плодородием понимают «способность почвенного покрова удовлетворять потребность растений в элементах питания, воде, воздухе, тепле, свете и физико-химических условиях» (Фрид А.С., 1985). В агрономическом смысле под плодородием понимают способность почвы служить растениям средой обитания, источником и, главное, посредником в обеспечении земными факторами жизни, обеспечивать возможность индустриального ведения производства, быть устойчивой против всех факторов разрушения (Лыков А.М., 1985).

Понятия «почва» и «плодородие» неразрывны. Плодородие почв тесно связано с их генетическими особенностями, а для пахотных земель – также с характером сельскохозяйственного использования. Исходным почвообразующим породам присущи зачаточные элементы плодородия. Примитивные, формирующиеся почвы обладают определенным «примитивным» плодородием. В процессе почвообразования развивается и их плодородие. Почвенное плодородие отличается высокой динамичностью и четко реагирует на изменение факторов и условий почвообразования. Особенно сильное влияние на уровень плодородия почв оказывает хозяйственная деятельность человека.

Количественную оценку плодородия почв проводят двумя путями: первый – оценка плодородия при использовании шкалы бонитировки почвы, второй – разработка моделей, описывающих количественную связь продуктивности растений с различными элементами плодородия почвы.

Все принципы и методы, используемые при региональных бонитировках почв, сводятся к двум основным направлениям: к первому относятся методы бонитировки на основе количественного учета показателей свойств почвы, коррелирующих с урожайностью, ко второму – группы методов, которые применяются для составления бонитировочных шкал на основе данных урожайности с привязкой этих данных к группам почв или почвенным разновидностям.

Второй путь установления связи урожая со свойствами почв основывается на использовании регрессивных моделей. Обычно используют две формы задания функции плодородия: полиномиальную в виде:

$$y = a_0 + a_1x_1 + b_1x_1^2 + a_2x_2 + b_2x_2^2 + \dots + c_1x_1x_2$$

или мультипликативную в виде:

$$y = a_0q_1(x_1)q_2(x_2)\dots q_n(x_n),$$

где: a, b, c – эмпирические коэффициенты;

$x_1 - x_n$ – факторы плодородия почвы;

$q_1 \dots q_n$ – функции, определяющие влияние отдельных факторов на урожай.

Мультипликативная форма задания функции, по мнению А.С.Образцова (2001), имеет определенные преимущества перед полиномиальной, поскольку частные функции $[q_1(x_1), q_2(x_2)\dots]$ обладают известной общностью для различных почвенно-экологических условий, в то время как эмпирические коэффициенты полиномиальной функции жестко привязаны к конкретным условиям эксперимента.

1.2. Требования растений к плодородию почвы

Формирование плодородия и его развитие тесно связаны с характером почвообразования и жизнедеятельностью организмов, поселившихся на материнской породе. Почва считается плодородной, если растения, произрастающие на ней, получают в необходимом количестве элементы питания и воду. Недостаток или избыток одного из слагаемых компонентов плодородия ограничивает возможности получения урожая и часто приводит к гибели растений.

В обыденной жизни под плодородной понимают почву, благоприятную для определенных культурных растений. В действительности неплодородных почв нет, так как плодородие является неотъемлемым свойством почвы. Однако их плодородие очень конкретно. Еще в I в. Плиний Старший отмечал: «Почва, которую украшают высокие и стройные деревья, далеко не самая лучшая, если не считать ее пригодность для самих деревьев». Как правильно подметил Плиний Старший, любая почва плодородна по отношению к тем растениям, которые на ней хорошо развиваются. Например, на такой, казалось бы, явно неплодородной с хозяйственной точки зрения почве, как солончаки, хорошо развиваются некоторые солянки, которые не могут расти в других условиях. Для зерновых культур оптимальны тяжелые структурные почвы, а картофель, бахчевые и черешня лучше растут на легких почвах. Сероземы весьма благоприятны для хлопчатника, но неплодородны для картофеля; дерново-подзолистые почвы плодородны для картофеля, но неблагоприятны для пшеницы. Чай и люпин растут только на кислых почвах, а люцерна предпочитает слабощелочные почвы. На богатых в отношении органического вещества и элементов минерального питания почвах не размещают плантации виноградников и табака из-за резкого ухудшения качества продукции, а сахарная свекла, конопля и овощные культуры очень требовательны к плодородию почв.

Таким образом, экологические особенности растительных организмов чрезвычайно разнообразны в отношении требований к почвенным условиям: к реакции почвенной среды, физическим и физико-химическим свойствам, гранулометрическому составу и даже к содержанию органического вещества и элементов минерального питания. Иначе говоря, одна и та же почва для одних растений может быть плодородной, для других малоплодородной.

1.3. Виды плодородия почв

К. Маркс в «Капитале» различал три вида плодородия почвы: естественное, обусловленное природой, и искусственное, созданное человеком, которые органически неотделимы, а также эффективное, или экономическое, как фактическое проявление единства естественного и искусственного плодородия почвы.

Естественное плодородие определяется сложным взаимодействием свойств и режимов почв, вследствие развития природного почвообразовательного процесса, не нарушенного человеком. В чистом виде оно присуще целинным почвам и оценивается продуктивностью естественной растительности. Эта продуктивность в виде годового прироста на единицу площади в разных ландшафтах мира колеблется от 10 до 300 ц/га сухой фитомассы.

Эффективное, или искусственное плодородие свойственно обрабатываемым почвам и в значительной мере определяется уровнем сельскохозяйственного производства: умением нейтрализовать вредные химические свойства данной почвы и создать оптимальный водный и воздушный режим, возможностью использовать минеральные, органические и бактериальные удоб-

рения, степенью механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства. Плодородие обрабатываемых почв оценивается получаемой на них фитомассой культурных растений. Общая фитомасса культурных растений на территории Европейской части Российской Федерации колеблется от 50 до 180 ц/га сухого вещества (Левин Ф.И., 1972).

Понятие экономического плодородия связано с разной оценкой участков почв в зависимости от места их расположения и удобства использования. Почвы, благоприятные для роста и развития растений по своим природным свойствам, богатые гумусом и питательными веществами, но расположенные далеко, экономически могут расцениваться ниже бедных почв, расположенных удобно. Точно так же почвы, особенно подходящие для возделывания какой-либо одной культуры с специфическими биологическими требованиями в районах возделывания этой культуры, могут оцениваться выше других почв, даже если последние обладают лучшими свойствами.

В настоящее время в научной и учебной литературе часто встречается описание различных видов плодородия почв. Анализ этих данных позволяет остановиться на следующих понятиях, относящихся к почвенному плодородию.

Естественное (природное) плодородие – то плодородие, которым обладает почва в природном состоянии без вмешательства человека. Оно формируется в процессе развития почв под влиянием природных факторов почвообразования, и поэтому, например, природное плодородие дерново-подзолистых почв сильно уступает природному плодородию черноземов.

Искусственное плодородие – плодородие, которым обладает почва в результате воздействия на нее целенаправленной человеческой деятельности. К таким приемам воздействия на почву прежде всего относятся: распашка, периодическая механическая обработка, мелиорация, применение удобрений. Искусственное плодородие зависит от уровня развития науки и техники, размера материальных затрат, от возможности мобилизации природного плодородия для получения урожая культур.

Потенциальное плодородие – суммарное плодородие почвы, определяемое ее свойствами, как приобретенными в процессе почвообразования, так и созданными или измененными человеком. Слово потенциальное означает возможный, существующий в потенции, скрытый, не проявляющийся. Следовательно, если говорить о потенциальном плодородии, то под этим термином следует понимать возможное плодородие почвы, которое может проявиться при определенных экологических и технологических условиях. Благодаря этому виду плодородия имеется много примеров, когда урожайность ряда культур на дерново-подзолистых почвах уже может превосходить урожайность, получаемую на черноземах.

Эффективное плодородие – часть потенциального плодородия, которая реализуется в виде урожая растений при данных климатических (погодных) и технико-экономических (агротехнологических) условиях. Оно зависит от степени мобилизации с помощью агротехнических приемов элементов потенциального плодородия и от эффективности дополнительно привнесенных факторов роста и развития растений. Эффективное плодородие – лабильный показатель. Оно может изменяться в зависимости от погодных условий, как в многолетнем цикле, так и в течение вегетационного периода растений.

Относительное плодородие – плодородие почвы в отношении к какой-то определенной группе или виду растений. Как было отмечено выше, плодородная для одних растений почва может быть бесплодной для других. Например,

на кислых почвах нельзя надеяться на получение высоких урожаев пшеницы, в то время как биологические особенности овса и люпина позволяют высевать их на подобных участках; болотные почвы высокоплодородны к болотной растительности, но там практически не могут расти другие виды растений. Поэтому осуществляется агропроизводственная группировка почв, на основе которой и осуществляется структура посевных площадей и проектируются эколого-контурные севообороты. В этих севооборотах наиболее полно учитываются взаимосвязи и зависимости биологических особенностей и свойств почвы.

Экономическое плодородие – экономическая оценка почвы в связи с ее потенциальным плодородием и экономическими характеристиками земельного участка.

Оптимальный уровень плодородия той или иной почвы определяется таким сочетанием ее свойств и показателей, при котором могут быть наиболее полно использованы все жизненно важные для растений факторы и реализованы потенциальные возможности выращиваемых сельскохозяйственных культур.

1.4. Показатели плодородия почв

К основным показателям плодородия почв относят:

1) *агрохимические* – гумус, рН водной и солевой суспензии, показатели почвенного поглощающего комплекса: сумма обменных оснований, гидролитическая кислотность, емкость обмена, степень насыщенности почв основаниями (S, Нг, Т, V), валовое содержание и формы соединений макро-, мезо- и микроэлементов, необходимых для питания растений;

2) *агрофизические* – гранулометрический состав, структурное состояние, плотность сложения и общая пористость почвы, ее водные, воздушные, тепловые свойства и режимы;

3) *биологические* – общее число микроорганизмов и их отдельных групп, ферментативная активность, аммонифицирующая и нитрифицирующая способность, интенсивность разложения целлюлозы в почве, «дыхание» почвы;

4) *гидромелиоративные* – уровень залегания грунтовых вод и их минерализация;

5) *уровень урожайности* сельскохозяйственных культур.

1.5. Факторы, лимитирующие плодородие и приемы его повышения

Ликвидация или минимализация лимитирующих почвенное плодородие факторов достигается с помощью мелиоративных и агротехнологических приемов. В таблице 1 перечислены основные лимитирующие факторы плодородия почв и соответствующие приемы их мелиорации (Левин Ф.И., 1988).

Ряд почв обладает не одним каким-то лимитирующим фактором, а целым комплексом. Например, солонцы – солончаки имеют высокую щелочность, повышенное солесодержание и крайне неблагоприятные физические свойства. Отсюда необходимость комплексных мелиораций.

По обобщенным данным И.И. Карманова (1980), к оптимальным почвенным показателям, обеспечивающим получение максимальных урожаев зерновых культур, следует отнести следующие: достаточно крупная и прочная зернистая или комковатая структура почвы, суглинистый гранулометрический состав, небольшая плотность ($\approx 1,1 \text{ г/см}^3$), значительная пористость ($\approx 60 \%$), хорошая аэрация, способность почвы накапливать большие запасы доступной растениям влаги. Приводятся данные по близким к оптимальным

для питания растений содержанию в почвах подвижных соединений азота, фосфора и калия, реакции почвенной среды (рН 6,0–7,5). В числе других необходимых оптимальных свойств почв отмечаются достаточное содержание жизненно важных для растений макро- и микроэлементов в почве, высокий уровень биологической активности. Значительное внимание уделено важнейшему показателю потенциального плодородия почв – содержанию в них гумуса. По данным этого автора, для возделывания зерновых культур близкое к оптимальному содержание гумуса в пахотном слое почв составляет не менее 2,5–3,0 % для легких дерново-подзолистых почв, 3,5–4,0 – для суглинистых дерново-подзолистых почв, 4–6 – для серых лесных суглинистых почв, 5–7 % для черноземов. При рассмотрении почвенных факторов, оказывающих отрицательное влияние на уровень плодородия почвы, отмечаются уплотненность, сцементированность почвенных горизонтов, наличие песчаных или тяжелоглинистых слоев на небольшой глубине, оглеенных и глеевых почвенных горизонтов, присутствие щебнисто-каменистого материала в верхней части профиля и токсичных для растений легкорастворимых солей.

Таблица 1– Лимитирующие факторы плодородия и мелиоративные приемы их минимализации

Фактор	Мелиоративные приемы
Избыточная кислотность	Известкование
Избыточная щелочность	Гипсование, кислотование, внесение физиологически кислых удобрений
Избыток солей	Промывка на фоне дренажа сбросных и почвенно-грунтовых вод
Высокая глинистость	Пескование, оструктуривание, глубокое рыхление
Высокая плотность	Оструктуривание, рыхление, травосеяние
Недостаток тепла	Тепловые мелиорации: мульчирование поверхности, снегонакопление, лесополосы, пленочные укрытия
Недостаток воды	Орошение, агротехнологические приемы накопления воды в почве (например, чистый пар) и защиты от испарения (мульчирование)
Недостаток минерального питания	Минеральные и органические удобрения
Избыток воды – заболоченность	Дренаж осушительный
Недостаток аэрации	Дренаж, оструктуривание, щелевание
Пестрота микрорельефа	Планировка поверхности
Большой уклон поверхности	Террасирование, полосно-контурная обработка, чередование культур
Малый корнеобитаемый слой, ограниченный внутрпочвенными прослоями	Постепенное углубление с применением плантажа, глубокого рыхления, взрывных мелиораций
Резко дифференцированный на горизонты почвенный профиль	Постепенное углубление корнеобитаемого слоя, ликвидация дифференциации глубокой обработкой
Токсикоз химический	Химические и агротехнологические мелиорации
Токсикоз биологический	Агротехнологические и биологические мелиорации, севообороты, парование

На основании обобщения многолетних данных и результатов производственных полевых опытов В.Ф. Вальковым, Ю.А. Штомпелем и В.И. Тюльпановым (2002) были рассчитаны оптимальные параметры почвенно-экологических показателей, обеспечивающих реализацию потенциальных возможностей культурных растений (табл. 2; 3).

Плодородие, так же, как и почвообразование, тесно связано с процессами превращения, аккумуляции и передачи веществ, что является причиной количественных и качественных изменений факторов и условий почвообразования. Эти изменения могут протекать как в благоприятном, так и неблагоприятном направлениях для развития плодородия почвы. Изменения свойств почвы в течение какого-то периода могут привести также и к трансформированию плодородия относительно исходного уровня. Следовательно, за вегетационный период, годичный, севооборотный цикл или за определенный период времени изменение плодородия может проявляться в виде неполного, простого и расширенного его воспроизводства. Формирование плодородия почвы ниже первоначального уровня означает неполное его воспроизводство. Возвращение почвенного плодородия к исходному уровню означает простое его воспроизводство. Создание почвенного плодородия выше исходного уровня представляет собой расширенное воспроизводство.

Одной из задач расширенного воспроизводства плодородия почв является оптимизация наиболее ценных в агрономическом отношении свойств почвы с помощью различных способов и приемов его регулирования. Т.Н. Кулаковская (1980) при оценке плодородия и степени окультуренности почв по агрохимическим свойствам предлагает использовать комплексный агрохимический балл, отражающий степень соответствия основных свойств почв требованиям возделываемых растений.

В.А. Ковда (1998) подчеркивает, что расширенное воспроизводство плодородия почв должно всегда быть важнейшим принципом земледелия. Практическое решение этой задачи, по его мнению, не может ограничиваться мобилизацией природных ресурсов почв, а должно основываться, прежде всего, на возврате и возмещении использованной части. Необходимо также растущее обеспечение агроэкосистем дополнительной энергией и улучшение условий для повышения продуктивности фотосинтеза. Типовая региональная система управления плодородием почв должна предусматривать, прежде всего, меры по устранению эрозии, засухи, уменьшению запасов в почвах гумуса и питательных веществ, а также широкое внедрение почвенных мелиораций, создание оптимальной биохимической, химической и физико-химической среды в почвах, комплексное использование всех известных путей повышения почвенного плодородия. Кроме того необходима разработка новых приемов и методов повышения плодородия почв и урожаев культурных растений.

Одним из важнейших показателей плодородия почвы является содержание в ней гумуса. При длительном возделывании сельскохозяйственных культур, как показали многолетние исследования А.М. Лыкова (1976), наблюдается преобладание процессов его разложения (минерализации) над новообразованием (восполнением) и происходит постепенное снижение гумусированности почвы. Основной способ регулирования сбалансированного круговорота углерода, источника образования гумуса, в агроценозах – применение органических удобрений. Большое значение в стабилизации гумусового состояния почвы имеет периодическое выращивание в севообороте многолетних трав, гораздо в большей степени, чем другие культуры, обогащающих

Таблица 2 – Оптимальные значения почвенно-экологических показателей для полевых культур

Показатели	Пшеница	Кукуруза	Сахарная свекла	Люцерна	Клевер	Картофель	Рис	Гречиха	Сорго
Мощность гумусового горизонта, см	60–150	60–150	40–150	20–100	20–80	20–80	20–40	10–20	50–150
Содержание гумуса, %	3–8 250–600	3–8 250–600	3–8 250–600	2–4 200–350	2–4 200–350	2–4 150–400	1,5–4 100–300	1–3 50–100	3–8 250–600
Запасы гумуса, т/га	6,5–8,2 1,35–1,40	6,5–8,2 1,35–1,50	6,5–8,2 1,30–1,35	7–8,8 1,35–1,50	5,5–6,8 1,35–1,50	6–7 1,30–1,35	6,5 1,40–1,50	6,5–8 1,35–1,40	6,5–8,5 1,35–1,40
Плотность, г/см ³	1,35–1,40	1,35–1,50	1,30–1,35	1,35–1,50	1,35–1,50	1,30–1,35	1,40–1,50	1,35–1,40	1,35–1,40
Гранулометрический состав, частицы менее 0,01 мм	Тяжелосуглинистый 45–60	Суглинистый 40–60	Суглинистый 30–45	Тяжелосуглинистый 45–75	Тяжелосуглинистый 30–50	Легкосуглинистый и супесчаный < 25	Тяжелосуглинистый и глинистый 45–75	Суглинистый 30–45	Суглинистый 30–45
Солонцеватость, Na ⁺ , % от суммы обменных катионов	< 5	< 3	< 6	Менее 7	< 1	Менее 1	3–8	< 1	3–8
Засоленность, плотный остаток, %	< 0,5	< 0,3	0,3–0,7	0,3–0,7	< 0,2	< 0,2	0,3–0,8	< 0,2	0,3–0,8
Влажность устойчивого завядания (ВЗ), к/мг*	1,5 мг	1,7 мг	1,6 мг	1,3 мг	1,7 мг	1,8 мг	2,0 мг	1,7 мг	1,1 мг
Содержание СаСО ₃ , %	0–6	0–5	0–5	0–10	Не допускается	< 1,0	0–5	0–6	0–8
Сумма положительных температур более 10°С	2500–5500	3000–5000	2000–4000	2000–5000	800–5000	800–2300	4200–14000	900–3600	2000–12000

ВЗ=к/мг, где мг – содержание максимальной гигроскопической влаги в почве; к – коэффициент, зависящий от растения. Определяется в вегетационных сосудах.

Таблица 3— Оптимальные значения почвенно-экологических показателей для многолетних насаждений

Показатели	Яблоня	Черешня	Слива	Виноград	Чай	Смородина	Сахарный тростник	Финиковая пальма
Мощность корнеобитаемой толщи, см	150–250	150–250	100–200	50–150	50–100	40–80	100–200	50–150
Мощность гумусового горизонта, см	40–150	40–150	40–100	20–40	20–30	20–40	50–80	Не имеет значения
Содержание гумуса, %	3–8	3–8	3–8	2,5–3,5	2–4	3–5	3–4	Не имеет значения
Запасы гумуса, т/га	250–600	250–600	250–400	250–300	100–150	50–100	50–200	Не имеет значения
pH	6,5–8,2	6,5–8,2	6,5–8,2	6,9–8,5	3–4	6,5–8,2	6,5–8,2	8,0–8,8
Плотность, г/см ³	1,35–1,45	< 1,35	1,40–1,50	1,35–1,40	1,35–1,40	1,35–1,40	1,35–1,45	1,35–1,45
Гранулометрический состав, частицы менее 0,01 мм	Тяжелосуглинистый 35–60	Супесчаный и легкосуглинистый < 25	Тяжелосуглинистый и глинистый 45–75	Среднесуглинистый 30–45	Суглинистый 30–50	Суглинистый 30–60	Суглинистый 30–60	Суглинистый 30–60
Солонцеватость, Na ⁺ , % от суммы обменных катионов	< 4	< 3	< 5	3–7	Солонцеватость невозможна	< 3	< 3	5–12
Засоленность, плотный остаток, %	0,20	0,15	0,50	0,40–0,60	Засоленность не возможна	0,20	0,20	0,5–1,5
Каменистость, % объема	< 5	< 5	< 5	5–10	< 5	5–10	Менее 5	5–40
Влажность устойчивого завядания (ВЗ), к/мг*	1,4 мг	1,5 мг	1,6 мг	1,1 мг	1,8 мг	1,8 мг	1,6 мг	1,3 мг
Содержание CaCO ₃ , %	0,3–10,0	0,3–2,0	0,3–10,0	0,3–40,0	Недопустимо	0,3–10,0	0,3–10,0	1,0–50,0
Сумма положительных температур более 10°C	2000–4000	2200–4500	2000–4500	3600–6000	4000–7000	1200–3600	6000–14000	6000–14000

почву растительными остатками. На кислых почвах с малой буферностью выявлена высокая положительная роль известкования в снижении минерализации и подвижности гумуса. Систематическое внесение в севообороте одних минеральных удобрений, как правило, не предотвращает потерь гумуса, а лишь снижает за счет поступления в почву большого количества корневых и пожнивных остатков и их включения в процесс гумусообразования.

Анализ многочисленных результатов агрохимических исследований, проведенных в нашей стране и за рубежом, показывает, что воспроизводство азотного фонда почв возможно исключительно путем систематического применения органических удобрений. Внесение одних минеральных удобрений, как правило, позволяет лишь замедлить потери азота из почвы, обеспечивая лишь в отдельных случаях достижение уравновешенного баланса этого элемента в агроценозе.

Под воздействием фосфорных удобрений повышаются общие запасы минеральных соединений фосфора в почве, и усиливается их подвижность. Последнее затрагивает также нижележащие горизонты почвы, что связано с перераспределением фосфатов в почвенном профиле, благодаря деятельности корневых систем, усилению подвижности обменных оснований, полуторных оксидов и гумусовых веществ, вследствие подкисления под влиянием физиологически кислых удобрений, главным образом азотных.

При длительном внесении калийных удобрений в почву, калий закрепляется в корнеобитаемом слое в обменной и необменной формах, сохраняя доступность растениям. Взаимодействие этих двух форм калия с его водорастворимой формой образует динамическую систему, предотвращающую его выщелачивание и обеспечивающую калийное питание растений.

Действие удобрений на плодородие в значительной степени зависит от буферности почв. Будучи высокоэффективным средством повышения устойчивости агроэкосистемы, удобрение при несбалансированном его применении может оказаться фактором, который ухудшает почвенное плодородие. Одна из основных причин так называемого «скрытого» негативного действия физиологически кислых азотных удобрений заключается в отрицательной реакции растений и микрофлоры почвы на повышение кислотности. Высокая концентрация водородных ионов в почвенном растворе угнетает жизнедеятельность большинства культурных растений и микроорганизмов, осуществляющих минерализацию азота и азотфиксацию. Избыточные нормы минеральных удобрений вызывают нарушение структуры почвенного микробиоценоза. В нем существенно возрастает численность сапрофитных грибов и актиномицетов, синтезирующих фитотоксические вещества. Подкисление приводит к нежелательному развитию и других почвенных процессов, снижающих устойчивость коллоидов, их поглотительную способность, а также увеличивает образование труднорастворимых фосфатов железа и алюминия. Одной из причин «скрытого» отрицательного действия повышенных норм минеральных удобрений на плодородие почвы может быть также накопление в ней балластных элементов, таких как хлор, фтор и тяжелых металлов, высокие концентрации которых обладают токсичным действием. Для снижения размеров поступления тяжелых металлов из почвы в растения рекомендуется внесение навоза и извести, которые снижают подвижность этих элементов. Поэтому регулирование кислотности почвы в оптимальных пределах является непременным условием устойчивого функционирования агроэкосистемы в условиях длительного применения минеральных удобрений на почвах с низкой буферной способностью.

1.6. Мероприятия по управлению плодородием почвы

При разработке мероприятий по повышению плодородия почв надо исходить из того, что факторы жизни растений равнозначимы, поэтому необходимо одновременное воздействие на комплекс этих факторов. Воспроизводство плодородия осуществляется двумя путями: вещественным и технологическим.

Вещественный путь включает применение удобрений, пестицидов, мелиорантов, т. е. связан со значительными материальными затратами. Второй путь связан с изменением свойств почвы, например в результате совершенствования способов обработки почвы. Затраты невелики, но эффект кратковременный, поэтому устойчивое повышение плодородия почв обязательно связано с большими или меньшими затратами. По данным А.И. Горбылевой (2002), эти мероприятия должны отвечать следующим требованиям.

1. Они должны способствовать постепенному приближению показателей свойств почвы к их оптимальным параметрам. Ведущим и быстродействующим фактором в этом направлении являются удобрения и мелиоранты. Их сочетание с расчетом на положительный баланс питательных веществ должно сопровождаться включением таких приемов и способов их внесения, которые, улучшая свойства почвы, не загрязняли бы окружающую среду и не вызывали вторичную кислотность. Большое значение имеет выбор способов обработки почвы, которые не должны ухудшать водно-физические свойства в связи с ее структурным состоянием из-за переуплотнения, а должны обеспечивать наилучшие условия аэрации и водоснабжения растений.

2. Следующим обязательным условием повышения плодородия почвы является введение плодосменных севооборотов, которые являются главным средством борьбы с токсикозом почвы и с почвоутомлением. Монокультура в большинстве случаев приводит к снижению урожая и ухудшению свойств почвы, связанному, как правило, с дегумификацией. С ростом урожаев и в результате повышения микробиологической активности в биологический круговорот корнями растений вовлекается все больше элементов из нижних горизонтов почвы. Для достижения расширенного воспроизводства плодородия эффективен посев промежуточных культур, получение двух урожаев на одном поле и культуры-уплотнители.

3. Свойства различных почв даже в пределах одной природной зоны различны. Поэтому в каждом конкретном случае, кроме основных приемов, применяют специальные агротехнические приемы, способствующие улучшению водно-физических свойств. Кроме гидротехнической мелиорации с двойным регулированием водного режима, следует осуществлять различные культуртехнические работы, повышать долю бобовых культур в отдельных севооборотах.

Вопросы для самоконтроля

1. Что обозначает термин «плодородие почвы»?
2. Почему понятия «почва» и «плодородие» считаются неразрывными?
3. Какой вклад внес академик В.Р. Вильямс в развитие учения о плодородии почв?
4. Охарактеризуйте виды плодородия почв?
5. Какие требования предъявляют растения к плодородию почв?
6. Перечислите показатели плодородия почв?
7. Какие факторы лимитируют плодородие почв?
8. Какое влияние оказывают минеральные и органические удобрения на плодородие почв?
9. Каким образом можно управлять плодородием почв?

2. УДОБРЕНИЯ: СВОЙСТВА, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРИМЕНЕНИЕ

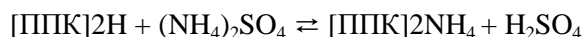
Одним из действенных средств поднятия урожайности сельскохозяйственных культур является снабжение их удобрениями.

И.В. Сталин, 1939

2.1. Классификация, ассортимент и свойства удобрений

Слово «удобрение» происходит от слова «одобрить», сделать почву доброй, щедрой и имеет в русском языке два значения. Им обозначают как сам процесс применения удобрения, так и вещества, предназначенные для питания растений и повышения плодородия почв. В первом значении, например, можно сказать: «удобрение почвы», во-втором – «азотное удобрение».

По характеру действия на почву и растения удобрения подразделяют на прямые и косвенные. Под *прямыми* понимают удобрения, применяемые ради содержащихся в них элементов питания, необходимых растениям, а под *косвенными* – вещества, которые используют для улучшения свойств почвы. К группе прямых – относятся все виды минеральных и органических удобрений. К косвенным удобрениям относятся средства химической мелиорации (известь, гипс, фосфогипс) и бактериальные препараты, способствующие усилению активности биологических процессов в почвах. Необходимо заметить, что такое деление довольно условное, т. к. каждое из этих удобрений может оказать и прямое, и косвенное воздействие. Попадая в почву, удобрение не только улучшает минеральное питание растений, но и оказывает влияние на агрохимические свойства почвы. Влияние на почву может быть как положительным, так и отрицательным. Например, сульфат аммония может оказывать не только прямое положительное влияние на питание растений азотом и серой, но и косвенное – подкислять почву, имеющую высокую потенциальную кислотность:



Вследствие физиологической кислотности этого удобрения реакция почвенного раствора также смещается в сторону подкисления. Систематическое применение даже рекомендованных норм* сульфата аммония в значительной степени изменит реакцию почвенного раствора. Косвенные удобрения, такие как известь, гипс, помимо устранения кислотности или щелочности почвы, могут оказывать и прямое действие, благодаря содержанию в них необходимого для питания растений элемента – кальция.

По способу производства удобрения подразделяются на *промышленные* и *местные*. К промышленным относятся почти все минеральные удобрения, которые получают в результате размола или химической переработки агроруд на специальных химических туковых заводах, а также синтетические продукты азотной промышленности, побочные продукты химических производств, выпускаемые промышленным способом органические и органоминеральные удобрения. Сюда же условно можно отнести и бактериальные препараты, получаемые на заводах при размножении определенных видов микроорганизмов. К местным – относятся удобрения, получаемые в местах

* Норма удобрения – количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру за период ее выращивания.

их использования, непосредственно в хозяйствах или вблизи них. К таким удобрениям относят навоз, навозную жижу, птичий помет, фекалии, компосты, торф, золу, известковые туфы, озерный (прудовый) ил, зеленое удобрение, а также местные известковые материалы, отходы металлургической, гидролизной и других видов промышленности, используемые в сельском хозяйстве вблизи мест соответствующих производств.

По составу или происхождению удобрения подразделяют на *минеральные, органические, органо-минеральные и бактериальные*.

Минеральные удобрения – это промышленные продукты или ископаемые вещества, содержащие необходимые для питания растений элементы в минеральной форме. Они, как правило, содержат элементы питания в форме минеральных солей, реже в составе органических соединений. Для производства минеральных удобрений используют ископаемые залежи, азот атмосферы и побочные продукты промышленных производств. В настоящее время в общем балансе вносимых в почву питательных веществ, на долю минеральных удобрений приходится около 60 %. Минеральные удобрения подразделяют на макро-, мезо- и микроудобрения. Макроудобрения в качестве действующего вещества содержат азот, фосфор, калий, кремний; мезоудобрения – кальций, магний, серу, железо; микроэлементы – бор, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк.

Органические удобрения – это свежие или биологически переработанные вещества растительного или животного происхождения, используемые в качестве удобрения для повышения плодородия почв.

Органо-минеральные удобрения – удобрения, состоящие из органического вещества и связанных с ним химически или адсорбционно-минеральных соединений. Их получают путем химической обработки аммиаком или фосфорной кислотой органических веществ, содержащих гуминовые кислоты, или смешивания органического удобрения с минеральными туками. Из органических удобрений для этих целей наиболее пригодны навоз-сыпец или перегной, торфяные компосты с навозной жижей и птичьим пометом и низинный, хорошо проветренный торф; из минеральных удобрений – все формы азотных, фосфорных и калийных туков, а также известковые материалы.

Бактериальные удобрения – это препараты, содержащие культуру микроорганизмов, способствующих улучшению состава и повышению активности полезной почвенной микрофлоры, благодаря которой создаются благоприятные условия для минерального питания растений. Питательных веществ они не содержат.

По агрегатному составу минеральные удобрения бывают *твердые, жидкие, суспензированные*, а по строению – *порошковидные, кристаллические и гранулированные*.

В зависимости от влияния на реакцию почвенного раствора различают *физиологически кислые, щелочные и нейтральные* минеральные удобрения. К физиологически кислым относят удобрения, катионы которых больше поглощаются растениями, чем анионы, и в результате подкисляют почвенный раствор. К физиологически щелочным удобрениям принадлежат такие удобрения, анионы которых лучше ассимилируются растениями, а катионы постепенно накапливаются и, соединяясь с гидроксидом, подщелачивают почву. Физиологически нейтральные минеральные удобрения не изменяют реакцию почвенного раствора.

По содержанию действующих веществ удобрения различают: низкоконцентрированные (< 25 %); концентрированные (25–60 %); высококонцен-

трированные (60–100 %); ультраконцентрированные (> 100 %). *Под действующим веществом* понимается элемент питания, содержащийся в удобрении. Оно выражается в процентах от физической массы: в азотных удобрениях – в расчете на N, в фосфорных – P₂O₅, в калийных – K₂O, в магниевых – MgO, микроудобрения – на одноименные микроэлементы. Исчисление содержания действующих веществ в удобрениях можно вести также на элементы. От оксидов (P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, SiO₂) и солей к элементам (P, K, Ca, Mg, Si) переходят с помощью коэффициентов пересчета:

N=NO ₃ × 0,226	NO ₃ =N × 4,427
N=NH ₃ × 1,822	NH ₃ =N × 1,215
N=NH ₄ × 0,776	NH ₄ =N × 1,288
P=P ₂ O ₅ × 0,436	P ₂ O ₅ =P × 2,291
P=PO ₄ × 0,026	PO ₄ =P × 3,066
K=K ₂ O × 0,830	K ₂ O=K × 1,205
K=KCl × 0,525	KCl=K × 1,901
K=K ₂ SO ₄ × 0,449	K ₂ SO ₄ =K × 2,228
K=K ₂ CO ₃ × 0,566	K ₂ CO ₃ =K × 1,767
Ca=CaO × 0,713	CaO=Ca × 1,399
Ca=(CaSO ₄ ·2H ₂ O) × 0,237	CaSO ₄ ·2H ₂ O=Ca × 4,295
Mg=MgO × 0,603	MgO=Mg × 1,658
Na=Na ₂ O × 0,772	Na ₂ O=Na × 1,348
Fe=Fe ₂ O ₃ × 0,699	Fe ₂ O ₃ =Fe × 1,430
Fe=FeO × 0,773	FeO=Fe × 1,286
Al=Al ₂ O ₃ × 0,529	Al ₂ O ₃ =Al × 1,889
Si=SiO ₂ × 0,468	SiO ₂ =Si × 2,139
Cl=NaCl × 0,607	NaCl=Cl × 1,648
Cl=KCl × 0,476	KCl=Cl × 2,030
S=K ₂ SO ₄ × 0,184	K ₂ SO ₄ =S × 5,435
S=SO ₃ × 0,401	SO ₃ =S × 2,497
Mn=MnO × 0,775	MnO=Mn × 1,291
Mn=MnSO ₄ × 0,364	MnSO ₄ =Mn × 2,748
Cu=CuO × 0,799	CuO=Cu × 1,252
Cu=(CuSO ₄ ·5H ₂ O) × 0,254	CuSO ₄ ·5H ₂ O=Cu × 3,929
B=B ₂ O ₃ × 0,311	B ₂ O ₃ =B × 3,212
B=H ₃ BO ₃ × 0,121	H ₃ BO ₃ =B × 8,237
B=(Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O) × 0,197	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O=B5,070
Zn=ZnSO ₄ ·7H ₂ O × 0,227	ZnSO ₄ =Zn × 4,399
Mo=(NH ₄) ₂ MoO ₄ × 0,489	(NH ₄) ₂ MoO ₄ =Mo × 2,043
Co=(CoSO ₄ ·7H ₂ O) × 0,210	CoSO ₄ ·7H ₂ O=Co × 4,772

Норму или дозу удобрений в действующем веществе в кг/га показывают в виде подстрочного индекса, например N₆₀P₉₀K₃₀. Для пересчета минеральных удобрений на 100 %-ное содержание действующих веществ, физическую массу данного удобрения умножают на процентное содержание действующих веществ и делят на 100.

Минеральные удобрения делятся на *однокомпонентные* (простые, односторонние), содержащие один дефицитный элемент питания и *комплексные* (многосторонние), включающие одновременно не менее двух дефицитных элементов питания. К однокомпонентным относятся азотные, фосфорные, калийные, а так же однокомпонентные мезо- и микроудобрения.

Для сокращенного выражения состава той или иной марки комплексных удобрений принято обозначать содержание в них действующих веществ цифрами, отделяемыми друг от друга знаками тире. Первая цифра означает процентное содержание азота (N), вторая – пятиоксида фосфора (P₂O₅), третья – оксида калия (K₂O). При отсутствии в удобрении одного из действующих веществ его обозначают нулем. Если в удобрении содержатся микроэлементы, их обозначают четвертым знаком, например удобрение марки 17-17-17-2(B). Действующие

элементы, входящие в состав комплексных удобрений, сокращенно обозначают NPK в трехкомпонентных и NP, NK и PK в двухкомпонентных удобрениях.

Соотношение действующих веществ в комплексных удобрениях также обозначают цифрами, при этом содержание азота принимают за единицу. Для удобрения приведенного выше состава, это соотношение будет 1:1:1.

Комплексные удобрения по способу производства подразделяют на *сложные, комбинированные, смешанные и сложносмешанные*.

К *сложным удобрениям* относятся химические соединения, в состав которых входят не менее двух наиболее дефицитных для растений элементов питания. Сложные удобрения получают в едином технологическом цикле при химическом взаимодействии исходных компонентов.

Комбинированные удобрения – это такие удобрения, в одной грануле которых содержится не менее двух наиболее дефицитных элементов питания в виде отдельных химических соединений.

Смешанные удобрения представляют собой механическую смесь простых удобрений.

Сложносмешанными удобрениями называют такие, в которых к сложным удобрениям примешивают односторонние удобрения.

Термином «*вид минерального удобрения*» обозначают категорию удобрения, выделяемую по действующему веществу, а термином «*форма минерального удобрения*» – их характеристику по химическому составу.

Удобрения отличаются по физико-химическим и механическим свойствам. К основным показателям, характеризующим свойства удобрений, относятся: гигроскопичность, слеживаемость, гранулометрический (фракционный) состав, средний размер частиц, прочность гранул, угол естественного откоса (покоя), влагоемкость, истинная и насыпная плотность, однородность состава тукосмесей и раскисляемость (сегрегация), рассеиваемость, солевой состав, кристаллическая структура, растворимость, давление паров и термодинамические характеристики.

Гигроскопичность – свойство удобрения поглощать влагу из окружающей среды. Распространенная оценка гигроскопичности – определение гигроскопической точки, которая выражается в %. Для водорастворимых солей гигроскопическая точка (h) определяется отношением парциального давления паров воды над насыщенным раствором соли (P_a) при данной температуре к давлению паров воды в момент насыщения ими воздуха (P) при той же температуре:

$$h=(P_a/P)\cdot 100.$$

Гигроскопическая точка соответствует равновесной относительной влажности, т.е. относительной влажности при которой вещество не поглощает и не теряет влагу. При предельно допустимом содержании влаги удобрение должно иметь гигроскопическую точку не выше, чем среднегодовая относительная влажность воздуха.

Гигроскопичность оценивается по 10-балльной шкале. Сильной гигроскопичностью обладают кальциевая селитра (до 9,5 балла) и аммонийная селитра (9,3); средне- и слабогигроскопичны двойной гранулированный суперфосфат (4,7), мочевины (3,6), хлористый калий (3,2–4,4 балла). При высокой гигроскопичности удобрения слеживаются, гранулы становятся непрочными, ухудшается сыпучесть и рассеиваемость. Условия хранения, транспортировки удобрений, их упаковка зависят от их гигроскопичности. Без тары допускается перевозить и хранить только слабогигроскопичные удобрения – с баллом ≤ 3 , сильногигроскопичные удобрения (7–10 баллов) хранят в полиэтиленовых мешках.

Слеживаемость – свойство удобрения терять сыпучесть и образовывать агломераты различной величины и прочности. Слеживаемость проявляется лишь после определенного периода хранения удобрений в статических условиях. Слеживаемость удобрений зависит от их влажности, гигроскопичности, гранулометрического состава, а также условий и продолжительности хранения. Слеживаемость определяется по сопротивлению к разрушению слежавшегося удобрения. Степень слеживаемости оценивается по семи-балльной шкале (табл. 4; Кочетков В.Н., 1982).

Таблица 4 – Условная градация слеживаемости удобрений

Балл	Степень слеживаемости	Сопротивление к разрушению агломератов, $\kappa\Pi a$
I	Слегка слеживается	>98,1
II	Слабо слеживается	98,1–196,2
III	Несколько слеживается	196,3–392,4
IV	Слеживается в средней степени	392,5–686,7
V	Значительно слеживается	686,8–981,0
VI	Сильно слеживается	981,1–1471,5
VII	Очень сильно слеживается	>1471,5

К сильнослеживающимся удобрениям относится мелкокристаллический хлористый калий – 6 баллов. Слеживаемость карбамида, сульфата аммония, аммонийной селитры (фракция 1–3 мм) оценивается соответственно 1–2, 2–3, 3–4 баллами. Практически не слеживаются сульфат калия и калимагнезия.

Слеживаемость водорастворимых минеральных удобрений может быть уменьшена в результате гранулирования, снижения содержания влаги, повышения прочности гранул, охлаждения продукта перед складированием или затариванием, его кондиционирования, использования герметичной упаковки, создания необходимых условий хранения.

Сыпучесть (C_{Π}) – свойство удобрений свободно истекать непрерывной струей под воздействием гравитационных сил.

Рассеиваемость – это способность удобрения поступать на дозирующие и разбрасывающие устройства машин для внесения и равномерно распределяться по поверхности почвы. Равномерность поступления удобрений на разбрасывающие устройства определяется их сыпучестью. Качество распределения удобрений современными машинами при поверхностном внесении зависит от фракционного состава туков. Рассеиваемость зависит от гранулометрического состава, сыпучести и прочности гранул. Оценивается по 12-балльной системе: чем лучше рассеиваемость, тем выше балл (табл. 5, Кочетков В.Н., 1982).

Таблица 5 – Шкала рассеиваемости удобрений в баллах

Балл	Качественная оценка	Балл	Качественная оценка
12–8	Очень хорошо	5–4	Недостаточно удовлетворительно
8–7	Хорошо	4–3	Мало удовлетворительно
7–6	Удовлетворительно	3–2	Плохо
6–5	Слабо удовлетворительно	2–0	Очень плохо

Равномерность распределения удобрений по поверхности почвы зависит от сыпучести удобрений и конструкции машин, вносящих удобрения.

Гранулометрический (фракционный) состав, или тонина помола (размер частиц), определяется механически – просеиванием удобрений через набор сит. От плотности крупных и мелких фракций зависят слеживаемость и рассеиваемость удобрений. При внесении удобрений, однородных по гранулометрическому составу, центробежными машинами они равномерно поступают на дозирующее устройство и распределяются по ширине захвата машины.

Средний размер частиц, близких по размеру, определяется по уравнению:

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2},$$

где: D – средний диаметр частиц;

D₁ – диаметр отверстия сита, через которое проходит вся масса материала;

D₂ – диаметр отверстия сита, которое удерживает частицы.

Прочность гранул определяет сохранность гранулометрического состава удобрений при транспортировании, хранении и внесении их в почву. Она, прежде всего, зависит от влажности, размера, формы и плотности кристаллов, природы контактов срастания. Прочность гранул характеризуется динамической прочностью Р_д, прочностью на истирание Р_и и статической прочностью Р_с. *Динамическая прочность* гранул характеризует, в основном, их хрупкость. Ее оценивают числом разрушенных гранул после их сбрасывания с определенной высоты на твердую поверхность; *прочность гранул на истирание* – долей сохранившихся гранул при испытании. *Статическая прочность* гранул характеризуется средним пределом прочности при их одноосном сжатии. Статическая прочность гранул изменяется в пределах 0,5–8,0 МПа, она активно зависит от влажности, т. е. значительно более чувствительна (по сравнению с Р_д и Р_и) к изменениям в физико-химической структуре гранул удобрений.

Угол естественного откоса (покоя) – угол, образованный между горизонтальной плоскостью и плоскостью откоса кучи сыпучего удобрения. Этот показатель учитывается при строительстве складов, где удобрения хранятся насыпью, проектировании бункеров, выборе транспортных средств. Угол естественного откоса является также показателем рассеиваемости удобрений.

Выщелачивание удобрений – выщелачивание водорастворимых компонентов из удобрений при их хранении под открытым небом. В лабораторных условиях выщелачивание применяется при необходимости экстрагирования из твердых удобрений элементов питания растений.

Влагоемкость удобрений – предельное количество влаги, которое удобрение способно удержать. Она соответствует максимальной влажности, позволяющей удобрению удовлетворительно рассеиваться туковыми сеялками. Сорбционная влагоемкость удобрений определяется максимальной массой влаги, поглощенной из воздуха при данной его влажности и температуре. «Буферная» влагоемкость определяет массу влаги, которую можно добавить к стандартному (по содержанию влаги) удобрению без ухудшения его способности рассеиваться.

Насыпная плотность – масса единицы объема сыпучего вещества, определяемая в т/м³. Она является функцией плотности вещества, размера частиц, фракционного состава, влажности и давления вышележащих слоев. Объем единицы массы (Y) – величина, обратная насыпной плотности:

$$Y=1:X,$$

Средняя масса (X) вещества определяется для бункеров и силосов с вертикальными стенками из следующего уравнения:

$$X = \frac{a + b}{2},$$

где: a – насыпная плотность свободно насыпанного продукта;

b – насыпная плотность нижнего (сдавленного) слоя.

Насыпная плотность учитывается при проектировании складских помещений и бункеров.

Насыпную плотность, выщелачивание, угол естественного откоса, способность к расслаиванию (для смешанных удобрений) и вязкость необходимо учитывать для оценки состояния качества удобрений при их хранении. При организации хранения удобрений следует знать и такие их характеристики, как огне- и взрывоопасность, а также химические свойства – свободную кислотность, способность к ретроградации, выделению аммиака.

Кислотность – содержание свободной кислоты в удобрении, выраженное в процентах.

Щелочность – содержание свободного основания в удобрении, выраженное в процентах.

Растворимость удобрений – масса удобрения в килограммах, которая может быть растворена в 100 л воды при определенной температуре.

Ретроградация – понижение содержания водо- или цитратно- и лимоннорастворимых форм в удобрении при хранении или нейтрализации. Ретроградации в основном подвержены фосфорные удобрения. Ретроградация вызывается наличием в фосфорных удобрениях полуторных окислов, R_2O_3 ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$), извести, а снижается при грануляции.

Дефлаграция (сигарообразное горение) удобрений – самораспространяющееся разложение удобрений. Удобрение считается подверженным дефлаграции, если небольшая реакционная зона в нем передвигается с определенной скоростью через всю разлагающуюся массу. Этот процесс протекает без пламени и не требует для реакции кислорода из воздуха. Разложение начинается в результате местного перегрева и сопровождается экзотермической реакцией с выделением газов и повышением температуры в зоне реакции до 250–500 °С. Выделяющееся при этом тепло путем конвекции, теплопроводности и излучения передается близлежащей еще не разложившейся части удобрения, в которой также происходит нагрев и инициирование процесса разложения. Чем выше температура, тем интенсивнее происходит процесс разложения.

Самоподдерживающееся экзотермическое разложение удобрений возможно при одновременном присутствии ионов NO_3^- , NH_4^+ , и Cl^- . При этом анион Cl^- играет роль катализатора. Уже 0,05 % содержание анионов хлора в смеси приводит к потерям азота, которые достигают максимума при его концентрации – 0,5 %. Каталитическим действием обладают микроэлементы – Co, Cr, Cu. Введение меди в виде суспензии 0,01–0,5 % $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ в удобрения типа нитрофоски перед их гранулированием приводит к увеличению скорости дефлаграции с 6 до 24 см/ч. Аналогичная картина наблюдается и при опудривании гранул CuO , Cu_2O , $Cu(NO_3)_2$. Одновременное добавление $MgSO_4 \cdot H_2O$ (1,2 % Mg и 1,6 % S) и тетрабората натрия снижает способность сложного удобрения к самораспространяющемуся разложению. Кондиционирующие добавки увеличивают скорость горения удобрений. Температура горения у кондиционированного удобрения примерно 410 °С, без кондиционирования 350–365 °С.

Снижение самопроизвольного разложения удобрений достигается введением нейтрализующих веществ – аммиака, гидратированной извести, цианамиды, оксида кальция или магния, цементной пыли; изготовлением удобрений с большим содержанием фосфата аммония, т. к. его разложение происходит с поглощением тепла, что снижает суммарный тепловой эффект. По мере повышения влажности сложных удобрений тенденция к их разложению исчезает. Влажность от 5 до 15 % снижает или снимает способность удобрений к самоподдерживающемуся разложению. Присутствие иона SO_4^{2-} в виде $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и K_2SO_4 оказывает стабилизирующее действие на нитрофосфаты, что объясняется образованием в этих удобрениях стабильных форм фосфатов.

2.2. Минеральные удобрения

Применение удобрений, основанное на развитии крупной химической промышленности, является одним из мощных факторов не только поддержания плодородия на постоянном уровне, но и дальнейшего повышения эффективного плодородия почв.

Д.Н. Прянишников, 1934

2.2.1. Макроудобрения

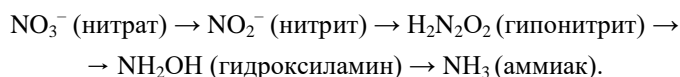
2.2.1.1. Азотные удобрения

Азотные удобрения в зависимости от содержащихся в них форм азота подразделяются на шесть групп:

- нитратные, содержащие азот в окисленной форме в виде солей азотной кислоты (кальциевая селитра, натриевая селитра);
- аммонийные – азот присутствует в виде иона аммония, связанного с какой-нибудь кислотой (сульфат аммония, хлористый аммоний);
- аммонийно-нитратные – азот присутствует одновременно в аммонийной и нитратной формах (аммонийная селитра);
- амидные – азот находится в амидной форме (мочевина, цианамид кальция, мочевино-формальдегидные удобрения);
- аммиачные – азот содержится в основном в виде свободного аммиака (аммиачная вода, безводный аммиак);
- карбамид-аммонийно-нитратные (карбамид-аммиачная смесь – КАС).

Все три формы соединений азота – нитратная NO_3^- , аммонийная (NH_4^+) , и амидная (NH_2) могут служить растению источником азотного питания. Но между ними имеются и определенные различия, которые необходимо учитывать при выборе того или иного удобрения, в соответствии с типом почвы и биологическими особенностями выращиваемых культур.

Из всех поступивших в растения форм соединений азота только один аммиак может быть непосредственно использован для биосинтеза аминокислот. Нитраты и нитриты могут вовлекаться в синтез аминокислот только после их восстановления в тканях растений. Процесс ферментативного восстановления нитратов, который происходит в растении благодаря окислению углеводов, можно выразить следующей схемой:



Ферментативное восстановление нитратов происходит преимущественно в корнях, однако и клетки листьев обладают этой способностью.

Нитрат-ион NO_3^- не поглощается почвой, а находится в подвижном, свободном состоянии в почвенном растворе и может быстро поступать в растение, значительно опережая поглощение корнями анионов хлора. Это положительный момент, т. к. накопление избыточных количеств ионов хлора (Cl^-) в тканях растений отрицательно влияет на формирование и качество урожая. Кроме того, нитратный азот может накапливаться в растениях в значительных количествах, не причиняя им вреда. В то же время, нитраты при обильных поливах легко вымываются из пахотного слоя в нижележащие горизонты почвы, что приводит к загрязнению окружающей среды и неэффективному использованию удобрений.

Аммонийный азот NH_4^+ , так же как и нитратный NO_3^- , легко и быстро поглощается растениями. Причем, аммонийная форма азота при поступлении в растения сразу и непосредственно может быть использована для синтеза аминокислот, в то время, как нитратный должен еще пройти процесс восстановления до аммиака, при этом расходуя определенное количество энергии. С этой точки зрения аммонийный азот является более экономичной формой, чем нитратный азот. Однако, в отличие от нитратов, аммиак в свободном виде в значительных количествах без вреда не может содержаться в тканях растений. Накопление его, особенно при недостатке углеводов (источника кетокислот), ведет к аммиачному отравлению растений. Поэтому аммонийные (аммиачные) удобрения нельзя вносить большими дозами* перед посевом, особенно под культуры, семена которых бедны углеводами. Так, например, свекла значительно хуже переносит избыток аммония, чем нитратов. Картофель, клубни которого имеют большой запас углеводов, способен переносить высокие дозы азота в аммонийной форме.

На характер поступления различных форм азота и их усвоения растениями оказывает влияние реакция почвенной среды. Аммонийный азот является лучшим источником элемента при нейтральной реакции (рН 7,0) почвенного раствора, а нитратный – при кислой – (рН 5,5). На характер поступления азота также влияет наличие сопутствующих катионов и анионов в почвенном растворе. Большему поглощению растениями нитратов способствует натрий и калий, а лучшее усвоение аммонийной формы азота обеспечивают магний и кальций. Кроме того, растения могут значительно легче переносить большую концентрацию NO_3^- в почвенном растворе, чем NH_4^+ .

Наличие в почвенном растворе двухвалентных катионов кальция и магния необходимо для устранения его физиологической неуравновешенности, которая получается в результате избыточного накопления в почве одновалентного иона NH_4^+ , что имеет место на малобуферных почвах.

Аммонийный азот, в отличие от нитратного, уменьшает поглощение корневой системой катионов, в первую очередь калия, и увеличивает поступление фосфат-ионов. Кроме того, соли аммония смещают в растениях соотношение между кальцием и калием и особенно между калием и фосфором в сторону уменьшения калия, что отрицательно влияет на обмен веществ, рост и развитие растений. Следовательно, соли аммония проявляют, в определенной степени, свое физиологическое действие на растительный организм через кальций, магний, калий и фосфор. Это происходит наряду с определенным

* Доза удобрения – количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру за один прием.

физиологическим действием на растения самих солей аммония. Поэтому, изменяя состав питательной смеси в значительной степени, можно не только уравновесить действие ионов аммония с нитратами, но и улучшить его.

Эффективность аммонийных форм азота в значительной степени зависит от обеспеченности растений калием. При хорошем обеспечении растений этим элементом усиливаются окислительно-восстановительные процессы, ускоряется поступление в растения аммонийного азота, а также синтез органических веществ, в т.ч. образование белков. При недостатке калия, вследствие замедления синтетических процессов, аммиак может накапливаться в тканях растений в количествах, токсических для них.

При нитратном источнике азота значительно возрастает роль фосфора, повышающего интенсивность восстановительного потенциала клетки. При выборе той или иной формы азотного удобрения необходимо учитывать также трансформацию их в почве. На почвах без растительного покрова могут быть значительные потери нитратов вследствие их вымывания. При сухой и прохладной погоде в почву лучше вносить нитратные удобрения, чем аммонийные.

Особое внимание на формы азотных удобрений следует обращать при их использовании в условиях защищенного грунта. В зимние месяцы при недостатке естественного света под овощные культуры в теплицах предпочтительнее применять удобрения, содержащие азот в нитратной форме – натриевую, калиевую и кальциевую селитры. При этом необходимо помнить, что натриевая и кальциевая селитры являются физиологически щелочными удобрениями. Это обусловлено тем, что растения из $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и NaNO_3 значительно быстрее и больше поглощают ионы NO_3^- , чем Ca^{2+} и Na^+ . Ионы же кальция и натрия, накапливаясь в почвенном растворе, способствуют его подщелачиванию. Нельзя забывать и о том, что в тепличном овощеводстве применение $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и NaNO_3 может способствовать засолению грунта. Натрий в очень незначительных количествах используется овощными культурами. Поэтому при систематическом внесении NaNO_3 ионы Na^+ накапливаются в грунте, что приводит к его засолению. Кальций в значительных количествах попадает в грунт с поливной водой. Если учесть, что в теплицах за сезон расходуется на 1 м^2 700–900 л воды, содержащей 50–150 мг/л кальция, то с поливной водой вносится за сезон на 1 м^2 50–130 г/л кальция. С урожаем этого элемента выносятся лишь около 40 г/м². Кальций, содержащийся в удобрениях, также будет способствовать засолению грунтов теплиц.

При недостатке света, имеющем место зимой, нельзя вносить высокие нормы удобрений, содержащих азот в аммонийной форме. Это связано с тем, что при низкой освещенности снижается образование в растениях углеводов, которые расходуются на связывание аммонийного азота при синтезе аминокислот и впоследствии белка. В весенние и летние месяцы удобрения, содержащие азот в аммонийной форме, по своему действию на урожай овощных культур могут превосходить нитратный, что объясняется двумя причинами. Поступивший в растения аммонийный азот, в отличие от нитратного, непосредственно используется на синтез аминокислот и белков без дополнительных энергозатрат. Нитратный же азот, как уже было сказано выше, включается в метаболизм только лишь после его восстановления до аммиака. Кроме того, аммонийный азот практически не вымывается из зоны распространения корней. При внесении аммонийных удобрений – сульфата и хлорида аммония необходимо помнить, что они являются физиологически кислыми. Ион аммония NH_4^+ из NH_4Cl и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ значительно быстрее поглощается расте-

ниями, чем анионы SO_4^{2-} и Cl^- . Накапливающиеся в почве сульфат и хлорид-ионы способствуют подкислению почвенного раствора. Из аммонийных удобрений в тепличном овощеводстве в весенние и летние месяцы предпочтительнее сульфат аммония. Внесение хлорида аммония в закрытом грунте способствует засолению грунта.

Определенную осторожность в условиях закрытого грунта необходимо проявить и при применении мочевины. Ее рекомендуется применять исключительно в весенние и летние месяцы. Внесение высоких норм мочевины зимой может привести к массовому аммиачному отравлению растений. Это объясняется тем, что мочевина в почве быстро превращается в карбонат аммония и в растения азот из мочевины поступает преимущественно в аммонийной форме. Однако зимой из-за недостатка света замедлен синтез углеводов, которые связывают ионы NH_4^+ , вовлекая их в биосинтез. Вследствие этого они накапливаются в растениях, вызывая их отравление.

Более универсальным удобрением, в отличие от мочевины и других удобрений, содержащих азот в нитратной или аммонийной формах, является аммонийная селитра. Половина азота в ней содержится в форме аммония, который способен поглощаться почвой, а другая – в форме нитратов, обладающих большей подвижностью в почвенном растворе. Это позволяет широко дифференцировать способы, нормы и сроки применения аммонийной селитры в зависимости от свойств почвы, климата и биологических особенностей удобряемых культур. Ее можно использовать под овощные культуры в теплицах в любое время года. Единственно, на что необходимо обращать внимание, это то, что аммонийная селитра относится к физиологически кислым удобрениям. Из раствора нитрата аммония растения быстрее поглощают катион NH_4^+ , чем анион NO_3^- . При систематическом внесении на кислых и особенно на малобуферных песчаных почвах физиологическая кислотность аммонийной селитры может оказаться достаточно заметной. Однако, физиологическая кислотность этого удобрения на суглинистых почвах проявляется немного слабее, чем от других аммонийных удобрений.

2.2.1.1.1. Нитратные удобрения

Натриевая селитра (чилийская селитра) – NaNO_3 содержит 16 % азота в нитратной форме и 26 % натрия. Она встречается в природе в виде залежей.

О существовании месторождений чилийской селитры было впервые упомянуто в 1809 г. проживающим в Боливии немцем Тадеусом Хенсе, который написал книгу об использовании естественных нитратов в качестве удобрения. Разработка этих месторождений селитры была начата испанцами в 1813 г., а впервые в 1830 г., она экспортировалась из Перу, которому в то время принадлежали эти месторождения. В Европу селитру в 1847 г. доставил парусный корабль «Эль Глобо». Эта партия была использована исключительно для приготовления взрывчатых веществ.

Пустыня, в которой были найдены залежи селитры, является частью плато Тарапака. Расположена она в северной части Чили. Плато раскинулось примерно на 720 км с севера на юг и на 24–80 км с запада на восток и находится на высоте 900–2700 м над уровнем моря. Это плато окружено горами: на востоке – Андами и на западе – прибрежными холмами. Дожди на этом плато редкие, и когда они выпадают, то бывают настолько слабыми, что всегда быстро испаряются. Вероятно, в свое время эта зона была влажной и очень плодородной,

что подтверждается наличием окаменелых деревьев в земной толще. Основные залежи селитры находятся на восточных склонах горного хребта и располагаются на высоте от 1200 до 2100 м над уровнем моря. Средний слой пласта месторождений колеблется от 0,9 до 1,2 м, местами она бывает от нескольких сантиметров и доходит до 9 м. Залежи находятся на расстоянии от 24 до 80 км от морского побережья. По оценкам G.R. Mansfield (1926), запасы натриевой селитры в Чили в 30-е гг. XX столетия составляли 245,3 млн. т.

Происхождение чилийской селитры до настоящего время остается загадкой. Были выдвинуты различные теории происхождения этих залежей. Некоторые из них объясняли возникновение залежей натриевой селитры фиксацией азота свободноживущими почвенными микроорганизмами или связыванием азота в результате электрических разрядов в воздухе, но эти теории не объясняют причин наличия в составе селитры иода.

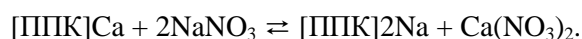
Длительное время многими учеными признавалась теория происхождения селитры в результате разложения морских водорослей. Согласно этой теории, большое количество остатков морской растительности и животных организмов, после выхода этого плато из под слоя морской воды, оказалось в условиях, где могли иметь место процессы распада и нитрификации, в результате чего и образовались современные залежи чилийской селитры. Сторонники этой теории не обратили внимание на то, что для образования таких залежей нитратов потребовалось бы колоссальное количество органического вещества. Эта теория, тем не менее, дает объяснение наличие иода и фосфора в соответствующей породе. Как иод, так и фосфор могли отложиться в результате разложения морских водорослей. Однако, это предположение не объясняет отсутствие в селитре брома, который также является компонентом водорослей.

Другая теория, получившая некоторую поддержку, утверждает, что залежи селитры являются продуктом разложения навоза, полученного от гигантских стад лам и вигони, которые паслись на пастбищах, окружающих плоскогорья. Эта теория предполагает, что селитра была смыта водой с плоскогорий и отложена в результате испарения воды в современной долине. Но она не дает объяснения причин образования поваренной соли или иода. Большие залежи фосфоритов, которые могли бы образоваться в результате подобного разложения, до сих пор еще не найдены. Однако другая, несколько похожая теория предполагает, что селитра образовалась в результате процесса нитрификации азота залежей гуано, которые могли накопиться на берегах соленого озера.

Самой достоверной из высказанных теорий, хотя она в определенной степени спорная, нам представляется теория J.T. Singewald и V.L. Miller (1916), согласно которой чилийская селитра возникла в результате испарения воды, содержащей растворенные нитраты, которые достигали плато после промывания осадочных горных пород и гравия, окружающих нагорья.

Синтетическая селитра появилась с открытием способа связывания атмосферного азота. Получают ее на заводах при производстве азотной кислоты из аммиака путем щелочной адсорбции окислов азота нитрозных газов. Производится в небольшом количестве.

Натриевая селитра представляет собой мелкокристаллическую соль белого или сероватого цвета, хорошо растворимую в воде. Она очень гигроскопична и при неправильном хранении слеживается. В сухом состоянии это удобрение хорошо рассеивается и удобно для внесения. Растворяясь в почвенном растворе, натриевая селитра вступает в обменные реакции с почвенным поглощающим комплексом:



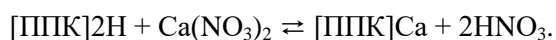
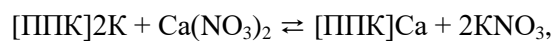
Связывание NO_3 в почве происходит исключительно биологическим путем. Нитратный азот сохраняет высокую подвижность в почве, а в условиях влажного климата или при обильном орошении легкодренируемых почв происходит его вымывание в нижележащие горизонты. Поэтому натриевую селитру лучше применять в качестве подкормки растений в период их вегетации.

Натриевая селитра – физиологически щелочное удобрение. Поэтому она наиболее эффективна на кислых известкованных дерново-подзолистых почвах. Систематическое применение натриевой селитры уменьшает обменную и гидролитическую кислотности, увеличивает сумму и степень насыщенности почв основаниями. Наиболее благоприятно действует натриевая селитра на сахарную свеклу, которая положительно отзывается на натрий. В связи с этим натриевую селитру рекомендуют вносить в первую очередь под эту культуру путем проведения корневых подкормок.

Кальциевая селитра (*норвежская селитра*) – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ содержит 13–15 % азота, образуется при нейтрализации 40–48 %-й азотной кислоты мелом или известью, а также в качестве побочного продукта при производстве комплексных удобрений способом азотнокислотной переработки фосфатов.

Кальциевая селитра была первым синтетическим азотным удобрением. В промышленных масштабах ее производство было начато в 1905 г. в Норвегии, поэтому ее называют «норвежской селитрой». Это кристаллическая соль белого цвета, хорошо растворимая в воде. Обладает высокой гигроскопичностью и даже в нормальных условиях хранения сильно обводняется, расплывается. Хранят и перевозят ее в специальной водонепроницаемой упаковке. Для уменьшения гигроскопичности кальциевую селитру гранулируют с применением гидрофобных покрытий, однако это полностью не устраняет неблагоприятные физические свойства этого удобрения. Гигроскопичность кальциевой селитры оценивается 9,5 баллами по 10-балльной системе.

Кальциевая селитра – физиологически щелочное удобрение. При внесении в почву она легко растворяется в почвенном растворе. Катион Ca^{2+} вступает в обменные реакции с почвенным поглощающим комплексом и переходит в обменно-поглощенное состояние:



Оставаясь в почве в обменно-поглощенном состоянии, катионы кальция сдвигают реакцию среды в сторону подщелачивания. При систематическом применении кальциевой селитры на кислых почвах заметно снижается почвенная кислотность и улучшаются физические свойства почвы, т. к. кальций коагулирует почвенные коллоиды.

Анионы NO_3^- образуют с вытесненными из почвенного поглощающего комплекса катионами водорастворимые соли или азотную кислоту, сохраняя тем самым высокую подвижность. Анион NO_3^- не подвергается в почве ни физико-химическому, ни химическому, поглощению. Он может связываться в почве только лишь биологическим путем, что наблюдается в основном в теплый период года. В осенне-зимний период биологическое поглощение практически отсутствует. Поэтому кальциевую селитру не следует вносить заблаговременно осенью, особенно в районах с промывным водным режимом почв. Нецелесообразно ее внесение и в условиях влажного климата или при обильном орошении, особенно на легких почвах. Нитратный азот может вымываться, а также теряться в виде газообразных продуктов в процессе денитрификации.

Кальциевую селитру рекомендуют вносить под предпосевную обработку почвы. Ее используют в овощеводстве защищенного грунта и применяют для поверхностного внесения в качестве азотной подкормки озимых культур, лугов и пастбищ.

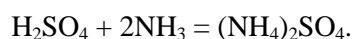
В настоящее время химическая промышленность стала выпускать жидкую кальциевую селитру с содержанием 11,5 % азота и 12 % кальция. Она предназначена для подкормки плодовых, ягодных, овощных и декоративных культур. Ее вносят в почву путем разбрызгивания по поверхности почвы перед посевом, с поливной водой или при подкормке растений. Норма внесения – 0,4 л/10 м², предварительно растворив в 10 л воды. Перед употреблением ее необходимо взболтать, температура хранения кальциевой селитры не ниже 10 °С. Эффективно применение кальциевой селитры под сахарную свеклу и зерновые культуры. Под сахарную свеклу вносят из расчета N₁₀₀₋₁₂₀, зерновые – N₉₀.

2.2.1.1.2. Аммонийные удобрения

Сульфат аммония (серноокислый аммоний) – (NH₄)₂SO₄. Химически чистая соль содержит 21,2 % азота, а технический продукт, идущий на удобрение, – 20,5 %. Кроме того, сульфат аммония в своем составе имеет 23–24 % серы, которая также является важным источником питания для растений. Сульфат аммония, полученный из аммиачной воды, в качестве минерального азотного удобрения впервые был применен в 1860 г.

В мировом производстве азотных удобрений на долю сульфата аммония приходится около 25 %, а в нашей стране – менее 6 %. Значительный удельный вес сульфата аммония в мировом производстве азотных удобрений объясняется широким применением его в орошаемом земледелии и в районах избыточного увлажнения.

Сульфат аммония получают нейтрализацией серной кислоты аммиаком, выделенным из отходящих газов при коксовании углей (коксохимический сульфат аммония), или поглощением серной кислотой газообразного синтетического аммиака (синтетический сульфат аммония):



Образующийся в насыщенном растворе осадок (NH₄)₂SO₄ отделяют центрифугированием и высушивают. Благодаря низкой стоимости аммиака, получаемого из коксовых газов, коксохимический сульфат аммония стоит дешевле синтетического.

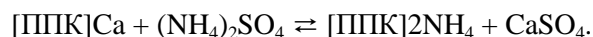
В России производство сульфата аммония впервые было начато в Донбассе на Щербинском руднике в 1899 г. путем улавливания и нейтрализации серной кислотой аммиака, образующегося в процессе коксования каменного угля. Такой сульфат аммония помимо азота и серы содержит небольшие количества кальция, магния и кремния, а синтетический сульфат аммония имеет 0,025–0,5 % свободной серной кислоты.

Коксохимический сульфат аммония содержит небольшое количество органических примесей – смоляных кислот, фенола и немного (не более 0,1 %) роданистого аммония (NH₄CNS). Последний токсичен для растений и при повышенном его содержании может оказывать на них вредное действие, особенно на малогумусных почвах с малым количеством гумуса и кальция.

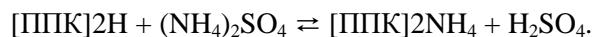
Синтетический сульфат аммония белого цвета, а коксохимический из-за наличия органических примесей имеет серую, синеватую или красноватую

окраску. Он легко растворяется в воде. При 20 °С в 100 см³ воды растворяется 76,3 г (NH₄)₂SO₄. Плотность 0,8 т/м³. Сульфат аммония в сухом состоянии обладает хорошими физическими свойствами: мало слеживается при хранении, хорошо рассеивается туковой сеялкой. Перед внесением в почву его можно смешивать со всеми удобрениями, кроме щелочных (известь, зола, томас- и фосфатшлаки). Хорошо вносить сульфат аммония в виде смеси с фосфоритной мукой, которая устраняет подкисление почвы. Гигроскопичность удобрения невелика. Оно не расплывается на воздухе и сохраняет рассыпчатость.

Внесенный в почву, сульфат аммония быстро растворяется в почвенном растворе и вступает в обменные реакции с катионами жидкой и твердой фаз почвы. Значительная часть катионов аммония из растворенного сульфата аммония входит в почвенный поглощающий комплекс. Находясь в поглощенном состоянии, ионы аммония приобретают меньшую подвижность, не вымываются при орошении и обильных осадках. Схематически эти реакции обменного поглощения, можно представить следующим образом:



Так протекает реакция взаимного обмена на почвах, насыщенных основаниями. На почвах, имеющих высокую потенциальную кислотность, схематически реакция взаимного обмена протекает так:



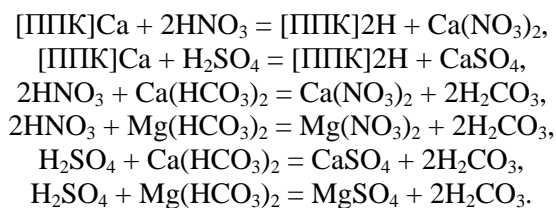
В результате происходит подкисление почвенного раствора.

После внесения сульфата аммония в почву, в микробиологические процессы включаются элементы, входящие в это удобрение. Аммоний сравнительно быстро (10–15 дней) в значительной своей части превращается почвенными микроорганизмами в нитраты, а часть азота при этом расходуется на построение их тел.

Переход аммонийного азота в нитратный совершается с различной быстротой в зависимости от температуры, влажности, воздушного режима и реакции почвы. Процесс биологического окисления азота сульфата аммония в почве приводит к образованию азотной и к освобождению серной кислот:



Образовавшиеся кислоты нейтрализуются поглощенными основаниями, гидрокарбонатом кальция или калия:



Нейтрализация минеральных кислот сопровождается разрушением гидрокарбонатов почвенного раствора и вытеснением оснований из почвенного поглощающего комплекса водородом. Это приводит к ослаблению буферной способности почвы и повышению ее кислотности. Подкисление почвы вызывается также физиологической кислотностью сульфата аммония. Его физиологическая кислотность обусловлена большим потреблением растениями катиона NH₄⁺, чем аниона SO₄²⁻. Последний, соединяясь с водородом, образует

серную кислоту, вызывающую подкисление почвенного раствора. На буферных черноземных почвах, в особенности на южных и обыкновенных, это обстоятельство имеет не отрицательное, а скорее положительное значение, т.к. подкисление, вызванное им, способствует мобилизации значительного количества питательных веществ почвы.

На кислых дерново-подзолистых почвах сульфат аммония увеличивает не только кислотность, но и содержание подвижных форм алюминия, марганца и железа, которые, достигнув определенной концентрации, наносят вред растениям и снижают их продуктивность. Токсическое действие сульфата аммония усиливается при длительном применении его на одном месте. Поэтому на слабокультуренных кислых дерново-подзолистых почвах без известкования сульфат аммония по своей эффективности значительно уступает нитратным формам азотных удобрений. Наиболее сильно подкисляющее действие сульфата аммония сказывается на культурах, чувствительных к почвенной кислотности: клевер, пшеница, ячмень, свекла и капуста. Для них это удобрение менее эффективно, чем нитратное. Применять его на кислых почвах можно только при условии их известкования или нейтрализации удобрения из расчета 1,2 кг размельченного известняка или 2 кг мела на 1 кг сульфата аммония. На кислых почвах хорошо сочетать внесение его с фосфоритной мукой.

Сульфат аммония является высокоэффективным азотным удобрением для картофеля, т. к. эта культура не боится подкисления почвы. Его рекомендуется вносить под рис и другие орошаемые культуры, где возможны значительные потери азота. В качестве основного удобрения сульфат аммония можно использовать на тяжелых почвах не только весной, но и осенью, не опасаясь вымывания азота. При внесении в рядки и в качестве подкормки сульфат аммония менее эффективен по сравнению с другими азотными удобрениями.

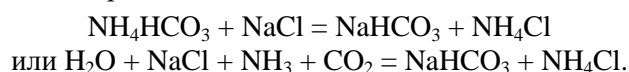
Сульфат аммония с полимерным покрытием. Содержит 20 % азота и 24 % серы, растворяется в воде более чем в три раза дольше, чем сульфат аммония без полимерного покрытия. Рекомендуется применять на сенокосах и пастбищах, размещенных на легких почвах, а также в районах орошаемого земледелия.

Традиционно используемый в сельском хозяйстве сульфат аммония в силу своей хорошей растворимости способствует в определенной степени загрязнению окружающей среды. Он не всегда обеспечивает растения азотом в критические периоды их роста и развития из-за потери его вследствие вымывания. Использование сульфата аммония с полимерным покрытием практически устраняет эти недостатки и уменьшает вымывание азота даже при высоких нормах его внесения.

Хлористый аммоний (NH_4Cl) – мелкокристаллическая белая или желтоватая соль с содержанием 24-25 % азота и 66 % хлора.

Хлористый аммоний – хорошо растворимое в воде удобрение. В 100 см³ воды при температуре 20 °С растворяется 37,4 г хлористого аммония. Плотность – 0,6 т/м³. Обладает хорошими физическими свойствами, малогигроскопичен, при хранении почти не слеживается, хорошо рассеивается машинами.

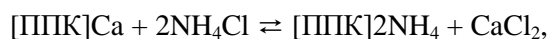
Хлористый аммоний получается в качестве побочного продукта при аммонийно-содовом производстве:



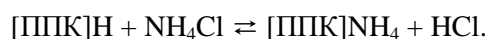
Раствор NaCl обрабатывается сначала NH_3 , затем CO_2 . После центрифугирования при сушке продукта NaHCO_3 переходит в Na_2CO_3 . Оставшийся раствор NH_4Cl упаривается до его кристаллизации.

Количество хлористого аммония, поступающего на удобрения, за вычетом на нужды промышленности, определяется масштабом содового производства. Таким образом, в ассортименте азотных удобрений он имеется, но количество его по сравнению с другими удобрениями ограничено.

Хлорид аммония, внесенный в почву, быстро растворяется и вступает в обменные реакции так же, как и сульфат аммония. На черноземных почвах реакция взаимного обмена идет по следующей схеме:



а на дерново-подзолистой почве:



Следовательно, под влиянием применяемого хлористого аммония, кислотность почвенного раствора увеличивается.

Хлористый аммоний, как и сульфат аммония, подвергается в почве нитрификации. Однако окисление аммония до азотной кислоты идет несколько медленнее, что связано с отрицательным влиянием иона хлора на жизнедеятельность нитрифицирующих бактерий. Кроме того, хлористый аммоний так же, как и сульфат аммония, обладает физиологической кислотностью, поскольку растения поглощают катион NH_4^+ , быстрее, чем анион Cl^- . Накопление кислотного остатка в слабобуферной почве ведет, как и в случае с сульфатом аммония, к подкислению почвы, ухудшению ее физических свойств и уменьшению биологической активности. Следовательно, все мероприятия по повышению эффективности сульфата аммония в равной степени относятся и к хлористому аммоний. К ним относятся известкование почвы, предварительная нейтрализация удобрения (на 1 ц NH_4Cl добавлять 1,4 ц CaCO_3), применение его с щелочными солями, сочетание с органическими удобрениями.

Хлористый аммоний содержит больше азота, чем сульфат аммония, а его подкисляющее действие на почву такое же. Однако значительное количество хлора, вносимое при удобрении хлористым аммонием, заставляет соблюдать осторожность в отношении чувствительных к хлору культур (картофель, табак, виноград, клевер, гречиха, подсолнечник, люпин, лен, конопля, овощи). Так, картофель может снизить содержание крахмала на 0,7–1,5 %, табак – ухудшить качество урожая в отношении сгорания. У других культур такого значительного снижения качества урожая не наблюдается.

На легких и кислых почвах отрицательное влияние хлора проявляется сильнее, чем на более тяжелых с нейтральной или щелочной средой.

Хлористый аммоний не следует вносить в повышенных нормах под культуры, чувствительные к хлору. Вносить его надо заблаговременно, осенью. В этом случае ионы хлора легко вымываются из корнеобитаемого слоя осенне-весенними атмосферными осадками.

По эффективности хлористый аммоний не уступает сульфату аммония при внесении на черноземах под сахарную свеклу, а также при средних нормах на сероземах под хлопчатник.

Сульфат аммония-натрия $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$ – кристаллическая соль желтого цвета. Является отходом производства капролактама и содержит 16 % азота и 9 % натрия (Na_2O).

Сульфат аммония-натрия имеет достаточно хорошие физические свойства: малогигроскопичен, почти не слеживается и хорошо рассеивается.

Плотность – 0,8 т/м³. Это удобрение физиологически кислое, т.к. растения из этой соли преимущественно потребляют катион NH₄⁺, чем ионы Na⁺ и SO₄²⁻. В связи с наличием натрия подкисляющее действие этого удобрения на почву несколько слабее, чем сульфата аммония.

Почвой сульфат аммония-натрия связывается в малоподвижные, но доступные для растений соединения и незначительно выщелачивается атмосферными осадками и оросительными водами. В теплую погоду он, как аммонийное удобрение, может нитрифицироваться, после чего азот может вымываться в форме нитратов. При внесении сульфата аммония-натрия на кислых почвах необходимо известкование или нейтрализация самого тука. Для устранения подкисляющего действия на 1 ц этого удобрения добавляют 1 кг размельченного известняка.

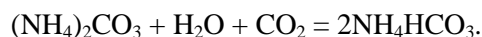
Сульфат аммония-натрия служит хорошим удобрением для сахарной свеклы и растений из семейства капустовых, отзывчивых на серу и натрий. Его используют также для подкормки сенокосов и пастбищ.

Карбонат аммония* (NH₄)₂CO₃ – средняя углеаммонийная соль с содержанием 21–24 % азота. По внешнему виду – кристаллическое вещество белого цвета. Получают двумя способами: насыщением аммиачной воды углекислотой с последующей отгонкой карбоната аммония при температуре 70–80 °С и взаимодействием газообразного аммиака и углекислого газа в присутствии паров воды.

Карбонат аммония очень нестойкий продукт; при хранении на открытом воздухе легко разлагается с выделением летучего аммиака, постепенно переходя в кислую углеаммонийную соль – гидрокарбонат аммония (NH₄HCO₃). Чем продолжительнее хранение карбоната аммония и выше при этом температура воздуха, тем больше потери азота. Для уменьшения летучести аммиака предложено несколько способов хранения: прессование удобрения, обволакивание его смолистыми веществами, покрытие раствором поваренной соли.

Карбонат аммония имеет щелочную реакцию, но при внесении в почву, подвергаясь процессу нитрификации, довольно быстро переходит в нитратную форму и несколько подкисляет почвенный раствор. По действию на растения близок к аммонийной селитре и мочеvine. Имеет преимущество перед сульфатом аммония, т.к. обладает меньшей физиологической кислотностью. Несмотря на это, карбонат аммония не получил широкого распространения в качестве удобрения из-за большой нестойкости при хранении. Может применяться на всех типах почв и под все культуры, нуждающиеся в азоте. Наиболее эффективен на фоне фосфорных и калийных удобрений, а также на известкованных почвах.

Бикарбонат аммония (NH₄HCO₃) – кислая углеаммонийная соль с содержанием 17,7 % азота. Получают на основе адсорбции газообразного аммиака и углекислоты раствором карбоната аммония:



В осадок выпадает белый кристаллический гидрокарбонат аммония. Остающийся в растворе двууглекислый аммоний насыщают газообразным аммиаком:



Карбонат аммония, образующийся в растворе, вновь используют для производства гидрокарбоната аммония.

Бикарбонат аммония используется в сельском хозяйстве как азотное удобрение в ограниченном количестве, т.к. это соединение нестойкое, легко разлагается при обычной температуре, что приводит к значительным потерям азота. За 5–6 месяцев хранения в весенне-летний период потери азота в виде аммиака могут достигать 20–40 %. Бикарбонат аммония вносят на поверхность почвы и следом заделывают на глубину 10–12 см. В почве он распадается:



* Удобрения, отмеченные звездочкой, в настоящее время не производятся.

Бикарбонат аммония имеет щелочную реакцию, но в результате процесса нитрификации аммония подкисляет почвенный раствор. Бикарбонат аммония обладает крайне плохой сыпучестью, что затрудняет его механизированное внесение. По эффективности это удобрение близко к аммонийной селитре и мочеvine. Обладает несколько большей стойкостью по сравнению с карбонатом аммония. Преимущество перед сульфатом аммония – отсутствие балластных компонентов и более слабая физиологическая кислотность.

2.2.1.1.3. Аммонийно-нитратные удобрения

Аммонийная селитра (нитрат аммония) NH_4NO_3 – универсальное азотное удобрение, содержащее 34,6 % аммонийного и нитратного азота в соотношении 1:1. Традиционное название – аммиачная селитра – не совсем верно. Правильнее называть это удобрение аммонийной селитрой.

Аммонийную селитру получают путем нейтрализации 45–58 %-ной азотной кислоты газообразным аммиаком:



Раствор нитрата аммония сначала выпаривают до концентрации 99,6–99,8 % («плав») и при температуре 174–176°C разбрызгивают в верхней части грануляционной башни. При охлаждении капли затвердевают, образуя гранулы.

Аммонийную селитру выпускают в виде гранул диаметром 1–3 мм. Основные требования к аммонийной селитре: содержание азота не менее 34,6 %, влажность не более 0,3 %, реакция нейтральная или слабокислая, нерастворимых примесей не более 0,1 %. Аммонийная селитра очень гигроскопична, на воздухе отсыревает и слеживается, превращаясь при высыхании в плотные глыбы, требующие дробления и просеивания. Для уменьшения слеживаемости при производстве вводят добавки (нитрат магния, сульфат аммония). Может применяться припудривание гранул известковой пылью, фосфоритной мукой. Плотность гранулированной аммонийной селитры 0,85 т/м³.

Аммонийная селитра очень хорошо растворяется в воде; при температуре 20°C в 100 см³ растворяется 192 г, а при 100°C в том же объеме воды – 871 г NH_4NO_3 .

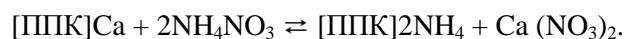
Аммонийную селитру упаковывают во влагонепроницаемые мешки. Хранят ее в сухом складе. В противном случае даже гранулированная селитра слеживается, и перед внесением в почву для придания рассыпчатости ее приходится дробить и просеивать через решета 2–3 мм. При хранении мешки с нитратом аммония нельзя складывать в высокие бурты или штабеля, т. к. удобрение в нижних слоях бурта будет сильно уплотняться и слеживается.

Следует также иметь в виду, что аммонийная селитра огнеопасна и при определенных условиях может взрываться. Поэтому ее необходимо хранить вдали от легковоспламеняющихся материалов. При нагревании до 200–270°C удобрение начинает разлагаться и выделять кислород, способствующий горению, кроме того, при условии детонации может взрываться. Аммонийную селитру рекомендуется хранить в удаленных от других помещений складах емкостью не более 500 т.

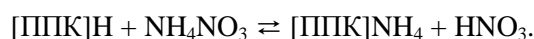
Наряду с указанными недостатками аммонийная селитра имеет ряд ценных качеств. В ней высокое содержание азота, нет балластных компонентов. В каждой частичке (молекуле) содержится быстродействующий подвижный нитратный азот, не поглощаемый почвой, и менее подвижный азот в аммонийной форме.

Аммонийная селитра при внесении в почву быстро растворяется в почвенном растворе. Из раствора NH_4NO_3 растения быстрее поглощают катион NH_4^+ , чем анион NO_3^- , поэтому аммонийная селитра физиологически кислое удобрение. Однако подкисляющее действие ее на почву выражено слабее, чем сульфата аммония.

При взаимодействии NH_4NO_3 с почвенным поглощающим комплексом катион NH_4^+ поглощается почвой, а анион NO_3^- остается в почвенном растворе, сохраняя высокую подвижность:



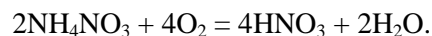
При недостатке в почве кальция на кислых подзолистых почвах внесение аммонийной селитры может вызвать некоторое подкисление почвенного раствора.



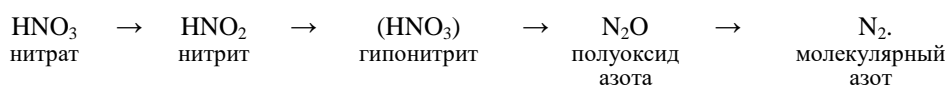
Подкисление почвенного раствора при внесении NH_4NO_3 носит временный характер, т. к. исчезает по мере потребления нитратного азота растениями. В первое же время, особенно при неравномерном рассеивании аммонийной селитры, в почве могут создаваться очаги с высокой кислотностью, которые могут оказывать отрицательное влияние на прорастание семян и начальный рост растений.

При длительном применении аммонийной селитры на малобуферных дерново-подзолистых почвах подкисление может быть довольно ощутимым, в результате эффективность этого удобрения заметно снижается, особенно при внесении под культуры, чувствительные к повышенной кислотности. Для повышения эффективности NH_4NO_3 на кислых почвах большое значение имеет их известкование (или нейтрализация кислотности самого удобрения известью или доломитом при соотношении 1:1). На почвах, насыщенных основаниями (чернозем, серозем), даже при систематическом внесении высоких норм аммонийной селитры подкисления почвенного раствора не происходит.

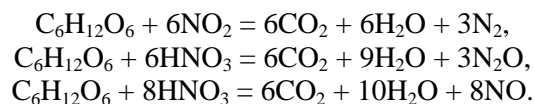
Азот этого удобрения, находящийся в аммонийной форме, может подвергаться нитрификации, что так же временно подкисляет почву:



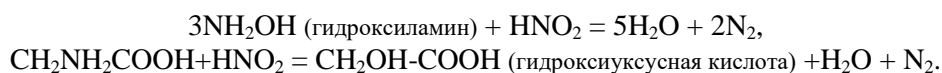
Часть нитратного азота удобрения и нитратов, образовавшихся при нитрификации аммонийного азота удобрения, подвергаются воздействию денитрифицирующих бактерий и теряются из почвы вследствие улетучивания газообразных продуктов денитрификации (N_2 , N_2O , NO). Денитрификация идет через промежуточные этапы:



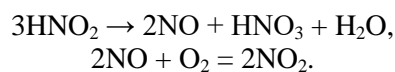
При биологической денитрификации происходят следующие реакции:



Газообразные потери азота могут быть в результате не только биологической денитрификации, но и некоторых химических реакций между промежуточными продуктами распада и другими органическими соединениями:



Промежуточный продукт – азотистая кислота (HNO_2) сама по себе не стойкая и при кислой реакции среды ($\text{pH} \leq 5,5$) разлагается с образованием таких летучих продуктов, как оксид (NO) и диоксид (NO_2) азота:



Потери азота в виде газообразных продуктов из азотных удобрений могут достигать до 15–30 %. В первый год азота из аммонийной селитры используется 40–50 %; 10–20 % нитратного и 20–40 % аммонийного азота превращается в органическую форму (иммобилизуется), на второй год – не более 10–15 % (2–3 % от внесенного с удобрениями). Особенно интенсивно процесс иммобилизации протекает при запашке в почву соломы злаков и других растительных остатков, содержащих мало азота и много углерода. Азот удобрений мобилизует азот почвы, который так же доступен растениям, что приводит к заметному повышению коэффициента его использования.

Аммонийная селитра по эффективности занимает одно из первых мест среди азотных удобрений. Ее можно вносить под различные культуры на всех типах почв. Аммонийную селитру применяют во все сроки в качестве основного удобрения под культуры, вегетирующие с осени (озимые), предпосевного удобрения, вносят ее при посеве и в подкормки в период вегетации растений.

В аммонийной селитре половина азота, содержащаяся в нитратной форме, легко мигрирует по профилю почвы. Поэтому на хорошо дренированных почвах легкого гранулометрического состава в районах достаточного или избыточного увлажнения и орошения аммонийную селитру нужно вносить в период наибольшего потребления азота растениями. Это предотвращает потери азота за пределы корнеобитаемого слоя почвы и способствует повышению коэффициента его использования растениями из аммонийной селитры.

Известково-аммонийная селитра $\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$. Выпускаемое удобрение содержит 26 % (марка А) и 22 % (марка В) азота и соответственно 17 и 27 % карбоната кальция. Известково-аммонийную селитру получают сплавлением или смешиванием нитрата аммония с определенным количеством извести, мела или доломита. Она менее гигроскопична, чем аммонийная селитра, меньше слеживается, а поэтому может храниться в штабелях без особых предосторожностей. Известково-аммонийная селитра физиологически нейтральное удобрение. Она является ценным удобрением на кислых почвах, где кальций также выступает дефицитным элементом питания растений. Вносят ее под все культуры при всех способах внесения. На нейтральных или щелочных почвах известково-аммонийная селитра не имеет преимуществ перед аммонийной селитрой.

Сульфат-нитрат аммония* $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – двойная соль нитрата и сульфата аммония. В зависимости от способа производства, сульфат-нитрат аммония называют лейна-селитрой или монтан-селитрой.

Удобрение содержит 25–27 % азота, из них 18–19 % в аммонийной форме и 7–8 % в виде нитрата. Сульфат-нитрат аммония – соль сероватого цвета, выпускают его в мелкокристаллическом или гранулированном виде. Впервые он изготовлен на заводе в Лейна (Германия), почему и получил название лейна-селитра.

Сульфат-нитрат аммония может быть получен путем смешивания сульфата и нитрата аммония в сухом виде, или введением сухого сульфата аммония в концентрированный раствор аммонийной селитры, или одновременным получением двойной соли $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ в растворе.

Монтан-селитра точно такая же двойная соль с содержанием около 65 % $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и 35 % NH_4NO_3 . Готовят монтан-селитру из насыщенного раствора сульфата и нитрата аммония.

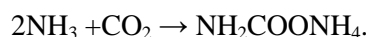
По сравнению с аммонийной селитрой, сульфат-нитрат аммония содержит значительно меньше азота, но больше, чем сульфат аммония. Соответственно содержанию азота он обладает лучшей транспортабельностью, чем сульфат аммония, и худшей чем аммонийная селитра. По подкисляющему действию он занимает также среднее положение между этими двумя удобрениями.

Применять сульфат-нитрат аммония можно на всех типах почв. Однако на кислых дерново-подзолистых почвах он вызывает дальнейшее подкисление среды и требует тех же предосторожностей при использовании, что и сульфат аммония, т.е. нейтрализации удобрения и известкования почвы. По эффективности он примерно равноценен сульфату аммония и аммонийной селитре.

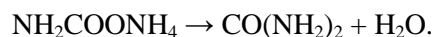
2.2.1.1.4. Амидные удобрения

2.2.1.1.4.1. Легкорастворимые удобрения

Карбамид (мочевина) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – амид угольной кислоты, органическое вещество кристаллического строения. Мочевина хорошо растворяется в воде. Для водных ее растворов характерна способность к пересыщению. Мочевина – конечный продукт белкового обмена у большинства живых организмов. Открыта в 1773 г. французским химиком И. Руэлем. В 1870 г. нашим соотечественником А.И. Базаровым разработан синтетический способ получения мочевины, основанный на реакции взаимодействия аммиака и диоксида углерода при температуре 180°C и давлении 100 атм. в водном растворе. Синтез мочевины протекает в две стадии. Сначала образуется карбамат – аммонийная соль карбаминовой кислоты NH_2COOH , которая является промежуточным соединением между угольной кислотой и мочевиной:



Затем происходит термическое разложение карбамата аммония: отщепляется вода и получается мочевина:



Плавы мочевины упаривают и гранулируют; готовый продукт имеет белые гранулы размером 1–2,5 мм. Мочевина содержит 46 % азота в амидной форме и является самым концентрированным твердым азотным удобрением. Она хорошо растворяется в воде: при 20°C в 100 см^3 растворяется 51,8 г мочевины. Гигроскопичность при температуре 20°C сравнительно небольшая. При хороших условиях хранения слабо слеживается, сохраняет удовлетворительную рассеиваемость.

Во время грануляции и упаривания под влиянием высокой температуры из двух молекул мочевины выделяется одна молекула аммиака, в результате чего образуется биурет (карбамилмочевина) – $(\text{CONH}_2)_2\text{HN}$:

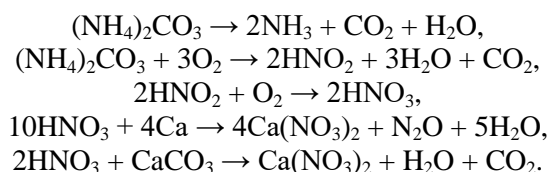


Повышенное содержание биурета в мочеvine снижает всхожесть семян, задерживает рост растений и уменьшает их продуктивность. Критический предел его содержания в мочеvine для ячменя и пшеницы 3,0–4,6 %, проса – 5,5, табака – 2–5, шелковицы – 2–3, а для риса – 6,8–10,2 %. При содержании биурета в мочеvine ниже указанных значений его токсичность не проявляется. По действующему в Российской Федерации стандарту содержание биурета в гранулированном удобрении не должно превышать 1 %. В этом количестве он отрицательно не действует на продуктивность растений.

В почве под влиянием уробактерий, выделяющих фермент уреазу, мочевина аммонифицируется, образуя карбонат аммония:



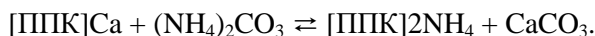
При благоприятных условиях на богатых гумусом почвах мочевина превращается в карбонат аммония за 2–3 дня. На малоплодородных песчаных и заболотченных почвах этот процесс длительнее. Карбонат аммония нестойк и разлагается с образованием газообразного аммиака и непосредственно нитрифицируется и дает азотную кислоту, которая соединяется с почвенным кальцием:



На стадии аммонификации мочевина временно подщелачивает почву:



Часть аммонийного азота используется растением, часть поглощается почвой:

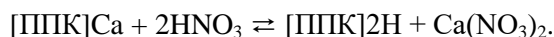


Обменно-поглощенный аммоний после вытеснения его другими катионами в почвенный раствор становится доступным для растений.

Мочевина может поглощаться корнями, а также листьями растений без предварительного превращения в карбонат аммония. Однако сама мочевина, пока она не подверглась аммонификации, может вымываться из почвы. Благодаря нитрифицирующим бактериям при благоприятных условиях карбонат аммония довольно быстро превращается в азотную и угольную кислоты:



В результате этой реакции происходит некоторое подкисление почвы. Оно может произойти в результате физиологической кислотности углекислого аммония. Поэтому мочевина является физиологически кислым удобрением (хотя подкисление получается меньше, чем при использовании сульфата аммония и аммонийной селитры). Если почва насыщена кальцием и другими основаниями, то в растворе вместо азотной кислоты будет образовываться нейтральная соль $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$:



При применении мочевины на кислых почвах рекомендуется на 1 ц удобрения добавлять 0,8 ц CaCO_3 для нейтрализации ее потенциальной физиологической кислотности.

Мочевина – одно из лучших азотных удобрений и по эффективности равноценна аммонийной селитре, а на рисе – сульфату аммония. Ее можно применять как основное удобрение или в подкормку под все культуры и на различных почвах. При поверхностном внесении в почву мочевину необходимо своевременно заделывать, т. к. возможны потери азота вследствие улетучивания аммиака из карбоната аммония, легко разлагающегося на воздухе, особенно на карбонатных и щелочных почвах. Значительные потери в форме аммиака могут происходить при использовании мочевины в подкормку на лугах и пастбищах, поскольку дернина обладает высокой уреазной активностью. Мочевину можно применять для некорневой подкормки овощных и

плодовых культур, а также для поздних подкормок пшеницы с целью повышения содержания белка в зерне.

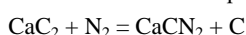
В отличие от других азотных удобрений, мочевина при некорневой подкормке даже в повышенной концентрации (>5 %) не обжигает листья и вместе с тем хорошо усваивается растениями.

Для более равномерного рассева мочевины непосредственно перед внесением тщательно смешивают с другими удобрениями. В день высева мочевины можно смешивать с суперфосфатом и хлористым калием. Хорошо смешивать мочевину с фосфоритной мукой, преципитатом. Во всех случаях смесь удобрений тщательно перемешивают.

2.2.1.1.4.2. Слаборастворимые удобрения

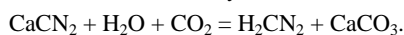
Цианамид кальция* CaCN_2 содержит 20–22 % азота. В состав технического продукта входит 58–60 % CaCN_2 , 20–28 % CaO , 9–12 % угля и незначительные количества кремниевой кислоты, оксидов железа и алюминия, карбамида кальция. Плотность – 0,6 т/м³.

Цианамид кальция был первым искусственно изготовленным азотным удобрением (Франк, Каро, 1890). Его получают при высоких температурах порядка 1000–1100 °С пропусканьем газообразного азота через тонко измельченный карбид кальция:



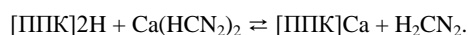
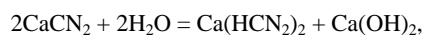
Для уменьшения пыления к продукту добавляется минеральное масло в пределах 1–3 %. Углерод и нефтяные масла придают удобрению темно-серый или черный цвет и слабый запах керосина.

Цианамид кальция обладает небольшой гигроскопичностью, и при нормальных условиях хранения не слеживается и хорошо рассеивается. При хранении цианамида с доступом влаги в нем происходят изменения, понижающие его удобрительную ценность. В этом случае он превращается в свободный цианамид H_2CN_2 и углекислый кальций:



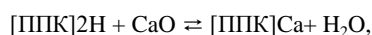
Свободный цианамид полимеризуется, образуя дицианамид (H_2CN_2)₂ и некоторое количество мочевины. Присоединение воды и углекислоты к цианамиду кальция сопровождается увеличением его объема и понижением содержания азота. Поэтому его нужно хранить в сухом помещении и водонепроницаемой упаковке. При погрузках и внесении цианамид сильно пылит. Попадая в глаза и дыхательные органы, вызывает воспаление слизистой оболочки, разъедает кожу. При работе с ним для защиты глаз и рук необходимо надевать очки и перчатки.

В почве цианамид кальция подвергается гидролизу и взаимодействует с почвенным поглощающим комплексом:



В результате распада цианамида кальция получают продукты, усвояемые растениями. Для этого требуется при благоприятных условиях 1–2 недели. Поэтому цианамид кальция надо вносить в почву заблаговременно, лучше всего с осени.

В составе удобрения, кроме кальция, входящего в молекулу CaCN_2 , содержится до 28 % свободной окиси кальция, которая, взаимодействуя с почвой, снижает ее кислотность:

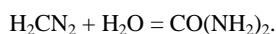


поэтому CaCN_2 в первую очередь применяют на кислых почвах.

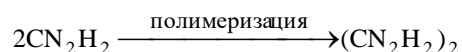
Цианамид кальция – щелочное удобрение, т. к. содержит значительное количество примеси CaO , которая подщелачивает почву.

Кислые дерново-подзолистые почвы, в которые систематически вносятся цианамид кальция, заметно улучшают свои агрохимические и физико-химические свойства, благодаря частичной нейтрализации кислотности и обогащению их кальцием. Это удобрение следует вносить не менее чем за 7–10 дней до посева или осенью под зябь, чтобы избежать вредного действия неразложившегося в почве цианамида кальция. Следует воздерживаться от применения его в подкормку. Для внесения в рядки, лунки и гнезда цианамид кальция непригоден.

Свободный цианамид (H_2CN_2) ядовит и анестезирующе действует на растения. Однако, во влажной почве при слабокислой ее реакции он быстро без участия микроорганизмов превращается в мочевину:



В редких случаях при неравномерном рассеивании в местах накопления удобрения возможно возникновение очагов с сильнощелочной реакцией. На этих участках возможна полимеризация цианамидов и образование дицианамидов:



Дицианамид – очень стойкое соединение и как свободный цианамид, хотя и в меньшей степени, но все же ядовит для семян и проростков. Вредное действие обнаруживается на растениях после некоторого накопления в них дицианамидов, особенно при недостатке азота в почве. Поэтому в практических условиях приходится говорить о возможном вредном действии дицианамидов, так как в силу его стойкости растения практически не используют азот из этого соединения.

2.2.1.1.4.3. Труднорастворимые (медленнодействующие) удобрения

Все азотные удобрения за исключением цианамидов, выпускаемые химической промышленностью, хорошо растворимы в воде. Сильная растворимость азотных удобрений в почве не всегда полезна. При внесении таких удобрений в больших нормах создается избыточно вредная концентрация химических элементов и высокое осмотическое давление почвенного раствора, ослабляющее рост растений. В районах избыточного увлажнения, особенно на легких почвах, возможно вымывание внесенного в нитратной форме азота и загрязнение ими водных источников.

В условиях орошаемого земледелия аммонийные (аммиачные) и аммонийно-нитратные удобрения быстро нитрифицируются и нитратный азот с нисходящим током оросительной воды вымывается из корнеобитаемого слоя почвы или с восходящим током выносится на ее поверхность. В результате быстрой нитрификации аммонийного азота удобрений и последующей денитрификации происходят значительные потери азота в газообразной форме. В результате всего этого снижаются коэффициент использования растениями азота из внесенных удобрений. Для устранения этих недостатков в последнее время производят труднорастворимые азотные удобрения. В отличие от обычных легко- и слаборастворимых азотных удобрений, они постепенно переходят в усвояемую форму и обеспечивают растения азотом в течение длительного времени. Преимуществом труднорастворимых азотных удобрений является то, что азот не вымывается из корнеобитаемого слоя и не выносится восходящим током влаги в поверхностный иссушаемый слой почвы.

Вследствие слабой растворимости медленнодействующие азотные удобрения не вызывают резкого увеличения концентрации почвенного раствора и повышения его осмотического давления. Это позволяет вносить удобрения за один прием для обеспечения растений усвояемым азотом в течение всего вегетационного периода.

Применение труднорастворимых азотных удобрений перспективно в рисоводстве, а также в районах избыточного увлажнения для удобрения сельскохозяйственных культур, чувствительных к высоким концентрациям азота и большому осмотическому давлению.

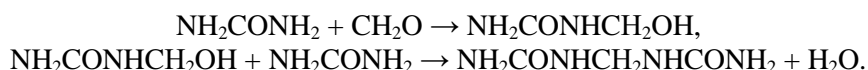
Производство медленнодействующих удобрений развивается несколькими путями: 1) получение соединений с ограниченной растворимостью в воде (уреформы); 2) покрытие частиц удобрений различными веществами (воск, парафин, масла, смолы, полимеры); 3) производство удобрений, содержащих ингибиторы нитрификации.

Учитывая, что большинство медленнодействующих азотных удобрений получают путем конденсации концентрированных эквимолекулярных рас-

творов мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и формальдегида CH_2O , логично их рассмотреть одновременно с амидными удобрениями.

Мочевино-формальдегидное удобрение (карбамидформ, уреаформ), МФУ – продукт конденсации мочевины $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и формальдегида – CH_2O .

Конденсация производится в концентрированных растворах обычно при эквимолярном соотношении мочевины и формальдегида, подкислении реакционной среды до pH 3, при температуре 30–60 °С. При конденсации образуется смесь, состоящая из остатков молекул мочевины, связанных между собой метиленовыми группами (CH_2) и содержащих некоторое количество метаксильных групп (CH_2OH). В кислой среде образуется монометилмочевина $\text{CONHCH}_2\text{NH}_2\text{OH}$, которая конденсируется с мочевиной в метилендимочевину $\text{NH}_2\text{CONHCH}_2\text{NHCONH}_2$ с выделением воды:



Метилендимочевина, соединяясь с новыми частицами метилмочевины, образует полиметиленмочевину:



Образующийся конденсат отфильтровывается, высушивается и размалывается.

Удобрение выпускается в порошковидном и гранулированном виде. МФУ содержит 38–42 % общего азота, из них всего лишь 8–10 % находится в водорастворимой форме. Основная масса азота в этом удобрении труднорастворима в воде, следовательно, не вымывается и постепенно используется растениями в течение продолжительного времени. Один из главных показателей, характеризующих свойства этих удобрений – индекс усвояемости, т. е. то количество нерастворимого в воде азота, которое растворяется при кипячении удобрения в течение 1 ч. Величину его выражают в процентах водонерастворимого азота. В зависимости от реакции, температуры, молярного отношения мочевины к формальдегиду и продолжительности конденсации, индекс усвояемости МФУ колеблется от 15 до 55 %.

В некоторых странах за индекс усвояемости условно принимается то количество азота, которое нитрифицируется в течение 6 месяцев нахождения удобрения в почве. Степень нитрификации МФУ является важным показателем их эффективности. Она зависит от индекса усвояемости и свойств почв. МФУ с высоким индексом усвояемости способствуют большему и более быстрому накоплению в почве нитратного азота, чем с низким индексом. Кислая реакция почвы существенно снижает скорость превращения МФУ, поэтому известкование таких почв увеличивает скорость процессов их нитрификации. Высокие нормы МФУ по мере их минерализации постепенно подкисляют почву.

При определенных условиях конденсации, например, при температуре 30–40 °С, получают МФУ с высоким содержанием доступного для растений азота, приближающиеся к легкорастворимым азотным удобрениям. В этом случае как медленнодействующее удобрение оно утрачивает свое основное свойство.

Азот мочевино-формальдегидного удобрения используется культурными растениями в течение нескольких лет. Обуславливается это тем, что под влиянием протекающих в почве биохимических и физико-химических процессов азот мочевино-формальдегидных соединений переходит в легко доступные для растений аммонийные, а затем нитратные формы.

Преимущество МФУ заключается в следующем: 1) внесение всей нормы азота на планируемую урожай в один срок, что позволяет значительно сократить

затраты; 2) из-за пониженной растворимости этих удобрений в воде предотвращаются потери азота через улетучивание, вымывание, а также его переход в труднорастворимые органические соединения; 3) при применении МФУ повышается коэффициент использования азота растениями, предотвращается накопление избыточных количеств его в растениях, особенно в нитратной форме.

Мочевино-ацетальдегидное удобрение (МАУ) – содержит 36–38 % азота. По свойствам близко к мочевино-формальдегидному удобрению. Получается при конденсации мочевины со смесью формальдегида и ацетальдегида.

Кротонилидендимочевина (КДМ) – содержит около 32,5 % азота. Получается конденсацией кротонового альдегида с мочевиной. Азот КДМ используется растениями медленнее, чем азот мочевины и аммиачной селитры.

Изобутилидендимочевина (ИБДМ) – получается как побочный продукт производства 2-этилгексанола. Промышленный продукт содержит 32,2 % азота, выпускается в гранулах, негигроскопичен.

Оксамид (амид щавелевой кислоты $(\text{CONH}_2)_2$) – порошок белого цвета, очень слабо растворим в воде (0,02–0,1 г в 100 см³ при 20 °С). Содержит 31,8 % азота. Выпускается в гранулированном виде. Получается в результате синтеза из метана и аммиака. При внесении в почву весь азот оксамида постепенно переходит в доступную для растений форму, поэтому он является весьма перспективным медленнодействующим азотным удобрением для сельскохозяйственных культур.

Для повышения эффективности водорастворимых форм азотных удобрений, коэффициента использования азота растениями широко применяют *капсулированные азотные удобрения и ингибиторы нитрификации*. При капсулировании водорастворимых форм азотных удобрений гранулы покрываются пленками, через которые трудно и медленно проникает вода. Получаются своего рода медленнодействующие азотные удобрения. В качестве покрытий чаще используется парафин, эмульсия полиэтилена, соединения серы, акриловая смола, полиакриловая кислота и другие вещества. Такие гранулированные удобрения, покрытые пленками, обладают улучшенными физико-механическими свойствами: они менее гигроскопичны, механически более прочны, не слеживаются при хранении. Подбором состава и толщины покрытий можно получать удобрения с разной интенсивностью отдачи азота, т.е. пролонгированного действия с учетом биологических требований и периодичности питания азотом сельскохозяйственных культур. Капсулированные азотные удобрения используются растениями в процессе вегетации равномернее, что положительно сказывается на росте урожая и качестве продукции, как, например, белковости зерна злаковых культур.

Азотсерокальциевое удобрение. Получают прессованием карбамида с фосфогипсом. Содержание азота составляет не менее 30 %, серы – не менее 7 %

Карбамид с гуминовой оболочкой. Содержит 46 % азота. Статическая прочность гранул несколько выше, чем у стандартного удобрения без гуминов. Положительный эффект от удобрения усиливается включением в состав оболочки биологического стимулятора роста – оксигумата или гидрогумата.

Карбамид с фосфатным покрытием. Медленнодействующее азотное удобрение, содержит не менее 39 % азота и более 7 % P_2O_5 . Растворяется в воде в полтора раза дольше, чем карбамид без покрытия.

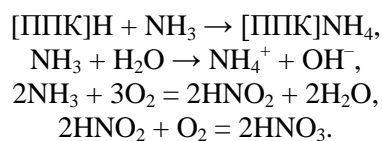
Карбамид с полимерным покрытием. Содержит не менее 42 % азота, растворяется в воде вдвое дольше стандартной мочевины.

Из ингибиторов нитрификации чаще всего включают циангуанидин (дициандиаמיד), американский препарат N-serve (2хлор-бтрихлорметил) пиридин и японский препарат АМ (2-амино-4хлор-6метилпиримидин). При внесении в смеси с мочевиной в нормах 0,5–1 % N-serve, 1–3 % АМ от количества азота удобрений ингибиторы тормозят процессы нитрификации в течение 1,5–2 месяцев, т.е. в период интенсивного потребления азота растениями. Скорость разложения ингибиторов в почве, а следовательно, и продолжительность их действия в наибольшей степени зависят от гранулометрического состава почвы, ее влажности, реакции, температуры и содержания гумуса.

Ингибиторы, подавляя нитрификацию азота удобрений, снижают его потери в газообразной форме, с поверхностным стоком воды и в результате вымывания нитратов. Это приводит к существенному повышению эффективности азотных удобрений и урожаев в условиях орошения или в районах повышенного увлажнения. Применение ингибиторов позволяет улучшить качество продукции, т. к. при этом предотвращается накопление токсических для человека и животных количеств нитратов в сельскохозяйственной продукции, снижается риск заболевания растений некоторыми болезнями, появляется возможность снизить нормы азотных удобрений вследствие повышения коэффициента использования азота. При этом возможна замена дробного внесения азотных удобрений однократным, что повышает экономическую эффективность их применения.

2.2.1.1.5. Аммиачные удобрения

Жидкий аммиак (NH_3). Самое концентрированное азотное удобрение. В нем содержится 82,3 % азота, остальная часть представлена водородом. Это удобрение представляет собой газ, сжиженный под давлением 1,6 МПа при температуре 40 °С. В смеси с воздухом или кислородом взрывоопасен, попадая на кожу, вызывает сильные ожоги. По внешним признакам это бесцветная жидкость. При вдыхании воздуха, содержащего аммиак в соотношении 1:10000, наступает смерть. На воздухе аммиак кипит и быстро испаряется. Хранят его в специальных, стальных цистернах. Получают сжижением газообразного аммиака. Аммиак при атмосферном давлении – летучий газ. Поэтому его необходимо заделывать в почву не менее 15 см в глубину с помощью инжекторов. Внесенный в почву безводный аммиак превращается из жидкости в газ, который адсорбируется коллоидной фракцией и поглощается почвенной влагой, образуя гидроксид аммония. Взаимодействуя с анионами почвенного раствора, аммоний образует различные соли и, вступая в физико-химическое взаимодействие с почвенными коллоидами, поглощается твердой частью почвы. Одновременно с физико-химическими превращениями аммиак подвергается нитрификации:



Скорость и степень поглощения аммиака почвой зависят от содержания в ней гумуса, гранулометрического состава и влажности, а также от способа и глубины заделки удобрения. Чем больше в почве содержится илистой фракции и гумуса, тем быстрее поглощаются ионы аммония. В первые дни после внесения жидкого аммиака, в результате образования гидроксила аммония, реакция почвы смещается в сторону подщелачивания. В зоне внесения удобрения (инъ-

екций) высокая концентрация аммиака вызывает временную стерилизацию почвы, что, в частности, приостанавливает процесс нитрификации аммиачного азота. Однако, уже через 1–2 недели снова возобновляется жизнедеятельность микроорганизмов, чему способствует обилие азота в почве. Примерно половина аммиака превращается в нитраты при температуре 10 °С уже через 15–30 сут. Это способствует снижению рН, поэтому удобрение будет иметь физиологически кислую реакцию. Колебания рН положительно влияют на доступность растениями фосфатов и микроэлементов в почве. Внесение аммиака в корнеобитаемый слой почвы может привести к частичному разрушению корневых волосков и тканей корней. Его отрицательное действие проявляется до тех пор, пока он не превратится в аммоний. Длится это от нескольких часов до 10–15 сут, а затем начинает поглощаться корневой системой растений. Количество поглощенного аммония зависит от почвенно-климатических условий, поэтому жидкий аммиак желательно вносить до посева сельскохозяйственных культур. В песчаных и супесчаных почвах образование аммонийных солей из аммиака и адсорбция иона аммония происходят медленнее, чем в суглинистых почвах. В связи с этим на легких почвах удобрение продолжительное время сохраняется в виде NH_3 и может улетучиваться. Из влажной почвы аммиак улетучивается меньше, чем из сухой. Чтобы избежать потерь азота, безводный аммиак заделывают на глубину 12–14 см на дерново-подзолистых суглинистых и на глубину 16–18 см на супесчаных почвах. Для внесения используют специальные машины АБА-0,5М, АБА-1, АША-2 и другие в агрегате с культиватором КРН-4,2. Безводный аммиак можно вносить в качестве основного удобрения и в подкормку с обязательной заделкой его в почву.

Агрохимическая оценка аммиака практически равноценна, а в некоторых случаях выше эквивалентного количества азота, внесенного с твердыми азотными удобрениями. Главное преимущество жидкого аммиака перед другими формами азотных удобрений – более низкая стоимость единицы азота (на 40 % ниже) и возможность полной механизации от транспортировки до внесения в почву. Ценность этого удобрения снижается из-за более высоких затрат на технику, а также ограниченности применения.

Аммиак водный (аммиачная вода) – раствор аммиака в воде. Это бесцветная или желтоватая жидкость. Промышленность выпускает два сорта: 1-й сорт содержит $\geq 20,5$ % азота или 25 % NH_3 , температура замерзания -56 °С; 2-ой сорт содержит ≥ 18 % азота или 22 % NH_3 , температура замерзания -33 °С.

Аммиачная вода характеризуется невысокой упругостью паров аммиака (25 %-ный водный аммиак – 0,15 кг·с/см² при 40 °С), не разрушает черных металлов, замерзает только при очень низкой температуре. Поэтому ее можно хранить и перевозить в герметичных резервуарах из обычной углеродистой стали, рассчитанных на невысокое давление (0,03–0,05 МПа). В аммиачной воде азот находится в форме свободного аммиака (NH_3) и аммония (NH_4OH). Константа равновесия между NH_3 и NH_4OH в водном растворе аммиака $[\text{NH}_4^+ \cdot (\text{OH}^-)] : [\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}] = 10^{-5}$ показывает, что свободного аммиака в нем содержится значительно больше, чем аммония. Этим обусловлена возможность потерь азота во время перевозок, хранения и внесения удобрений вследствие улетучивания аммиака.

Аммиачную воду во избежание повреждения растений вносят на глубину не менее 8–10 см, на расстоянии 10–12 см от растений, т. к. это сильная щелочь. При внесении одинаковых норм азота по эффективности аммиак и аммиачная вода равны эффективности твердых азотных удобрений.

На тяжелых по гранулометрическому составу почвах аммиачную воду, как и безводный аммиак, можно вносить осенью в качестве основного удобрения практически под все культуры при температуре почвы ниже +10 °С, а также весной перед севом. На почвах легкого гранулометрического состава эти удобрения желательнее вносить весной.

При внесении аммиачной воды в почву аммиак адсорбируется коллоидами и поэтому слабо передвигается в ней. С течением времени аммиачный азот нитрифицируется и приобретает большую подвижность. Использование аммиачной воды в качестве удобрения технически проще и безопаснее по сравнению с жидким аммиаком, но крупным недостатком ее является низкое содержание азота, в результате чего увеличиваются затраты, связанные с транспортировкой, хранением и внесением удобрения в почву. Поэтому применение аммиачной воды целесообразно только в хозяйствах, расположенных вблизи предприятий, производящих это удобрение.

Аммиачную воду вносят специальными машинами (ПОУ) с приспособлением УЛП-8 для заделки в почву. Учитывая, что аммиак в почве перемещается на 10–12 см, для культур сплошного сева расстояние между сошниками при внесении аммиачных удобрений должно быть не более 20–25 см, а для пропашных культур должно равняться ширине одного междурядья. Наиболее эффективно внесение этих удобрений вместе с органическими. Нельзя вносить аммиачные удобрения на одном участке несколько лет подряд, т. к. они усиливают минерализацию органического вещества, что может привести к снижению содержания последнего в почве.

Углеаммиакат – аммиачно-водный раствор карбоната $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ и $\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$, содержит 20–25 % NH_3 , 19–28 % $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 7–12 % CO_2 , не менее 29 % азота; температура кристаллизации – 10 °С.

2.2.1.1.6. Карбамид-аммонийно-нитратные удобрения

Карбамид-аммонийно-нитратное удобрение (КАС). Представляет собой раствор (смесь) карбамида и аммиачной селитры, содержащих 28–32 % азота. Является одним из перспективных удобрений. Промышленность выпускает три формы: КАС-28, КАС-30 и КАС-32 в зависимости от содержания азота (соответственно 28, 30 и 32 %). Растворы КАС получают из плавов карбамида и аммиачной селитры, производимых по традиционной технологии (себестоимость единицы азота в этом случае ниже, чем в твердых удобрениях, из-за исключения дорогостоящих и энергоемких операций доупаривания, гранулирования и конденсирования), а также по еще более экономичной интегральной схеме – путем получения плава карбамида упрощенным способом и нейтрализации непрореагировавшего аммиака азотной кислотой. В качестве противокоррозионного агента в КАС вводят небольшие количества фосфатов.

КАС имеют нейтральную или слабощелочную реакцию, представляют собой прозрачные или желтоватые жидкости с плотностью 1,26–1,33 г/см³.

В отличие от жидких аммиачных удобрений, КАС практически не содержат свободного аммиака, его можно вносить с помощью высокопроизводительных агрегатов без одновременной заделки в почву, а также с поливной водой. КАС с ингибитором коррозии можно перевозить в обычных железнодорожных и автоцистернах; особенно выгодна транспортировка КАС по трубопроводам и водным транспортом. Низкая температура кристаллизации и замерзания (-2–18 °С) позволяет транспортировать и хранить КАС круглогодично.

дично, особенно в заглубленных в почву естественно утепленных хранилищах из бетона и асфальта с внутренним покрытием из пленки.

КАС можно использовать под все сельскохозяйственные культуры как в качестве основного удобрения, так и для подкормки. При основном удобрении возможны различные способы внесения: поверхностное сплошное и локальное (ленточное) с последующей заделкой в почву и внутрипочвенное локальное. При использовании КАС обеспечивается высокая точность дозирования и равномерность внесения по всей площади. Для транспортировки и внесения КАС можно использовать ту же технику, что и для жидких комплексных удобрений, аммиачной воды и гербицидов.

Хранить растворы КАС можно в течение 6 месяцев в металлических емкостях. Для предупреждения кристаллизации и коррозии металла в нее добавляют фосфат аммония или жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) марки (10:34:0) из расчета 0,2 % P_2O_5 . Для поверхностного внесения КАС используют опрыскиватели ОПШ-15, ПОМ-630, ПОМ-2000, ПЖУ-9, а для локального внутрипочвенного – машины типа ПЖУ-2,5 и ПЖУ-5.

Особенно эффективно применение КАС для подкормки озимых и других зерновых культур. При проведении первой ранневесенней подкормки озимых КАС можно не разбавлять. При второй подкормке в фазу начала выхода в трубку при температуре 16–18 °С доза удобрения не должна превышать 20–30 кг/га и, во избежание ожогов растений, КАС целесообразно разбавлять водой в соотношении 1:2 или 1:3, особенно если в раствор удобрения добавляются гербициды. При проведении подкормок зерновых культур в фазу начала колошения растений концентрированные растворы КАС, особенно при добавлении в них фунгицидов, необходимо также разбавлять водой в соотношении 1:2 или 1:3 при дозе внесения не более 15–20 кг/га азота. В условиях интенсивных и энергосберегающих технологий возделывания культур важное значение приобретает возможность введения в КАС микроэлементов и пестицидов.

Таким образом, использование КАС в сельском хозяйстве имеет несомненные преимущества перед твердыми удобрениями: обеспечивается полная механизация всех погрузочно-разгрузочных работ, резко уменьшаются потери, снижаются затраты на производство и применение, улучшаются условия труда, исключается слеживаемость удобрений, обеспечивается высокая равномерность внесения азота, упрощается приготовление необходимых тукосмесей, в том числе с добавкой микроэлементов и пестицидов.

Аммиакаты. Представляют собой жидкости светло-желтого или желтого цвета, содержащие от 30 до 50 % азота. Азот в этом удобрении представлен свободным аммиаком и в большей степени аммиачной и кальциевой селитрой, мочевиной.

Получают аммиакаты в заводских условиях путем введения в аммиачную воду растворов аммонийной селитры, мочевины или смеси удобрений. В зависимости от состава упругость паров аммиака в аммиакатах составляет при температуре 32 °С от 2,0 до 3,6 атм. По степени упругости паров они разделяются на две группы: с умеренной упругостью паров (0,2–0,7 атм.) содержат 35–40 % азота и с повышенной упругостью паров (0,7–3,6 атм.) – 40–50 % азота. Аммиакаты заметно различаются по температуре начала кристаллизации (от 14 до 70 °С), поэтому зимой на период хранения необходимо выпускать аммиакаты с низкой, а летом – с более высокой температурой кристаллизации.

Аммиакаты вызывают коррозию сплавов меди и черных металлов, поэтому емкости и оборудование для их хранения и применения изготавливают

из специальных легированных сталей, алюминия и его сплавов или применяют обычные стальные цистерны с защитным антикоррозийным покрытием. Азот в аммиакатах представлен на 20–40 % аммиаком и на 60–80 % азотом аммонийной селитры или мочевины.

При внесении аммиакатов в почву соблюдают необходимую глубину их заделки. Следует учитывать, что в почве диффузия аммиака, как правило, не превышает 8–10 см, поэтому расстояние между сошниками при внесении аммиакатов не должно быть более 20–25 см. При использовании аммиакатов для подкормки пропашных культур расстояние между сошниками устанавливают по ширине междурядий.

По действию на урожай сельскохозяйственных культур аммиакаты (в сопоставимых нормах) равноценны твердым азотным удобрениям.

2.2.1.2. Фосфорные удобрения

Исходным сырьем для производства фосфорных удобрений служат природные залежи фосфорных руд – апатиты и фосфориты. *Apatum* – бесцветный, чаще зеленоватый или желто-зеленый фосфорсодержащий минерал с кристаллами в виде шестигранной призмы, отличающийся высокой прочностью. Название происходит от греческого слова «apate» – обманываю, т. к. его часто принимали за другие минералы. Происхождение магматическое, гидротермальное, пневматолитовое. Различают следующие разновидности апатитов: 1) фторапатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{F}$; 2) хлорапатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3\text{Cl}$; 3) гидроксилapatит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{OH})$; 4) оксиapatит $\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6\text{O}$. Наиболее распространен фторапатит. Теоретически в нем содержится 42,24 % P_2O_5 и 55,51 % CaO ; часть кальция может быть изоморфно замещена стронцием и двухвалентным марганцем. В апатитах содержатся также редкоземельные элементы цериевой группы. Химическое или термическое удаление фтора приводит к разрушению его кристаллической решетки. Товарная апатитная руда из-за примесей других минералов содержит всего лишь около 30 % фосфора. Обогащенный путем флотации и освобожденный от нефелина апатитовый концентрат содержит его около 40 %. Это лучшее в мире сырье для производства водорастворимых фосфорных удобрений.

Самое крупное месторождение апатитов находится в России в горных отрогах Хибинских гор Кольского полуострова. Хибинские апатиты залегают в виде апатитово-нефелиновой породы и их запасы составляют около 640 млн. т P_2O_5 . Залежи апатитовых руд имеются и в Бурятии (Ощурковское месторождение). За рубежом крупные скопления апатитов известны в железнорудных месторождениях Швеции (Кирунавара, Луоссавара) и в карбонатитах Центральной и Восточной Африки. Залежи апатитов имеются также в Норвегии, Испании, Канаде и в Южной Африке, но промышленное значение их небольшое.

Фосфориты – это аморфный минеральный агрегат, представляющий собой смесь апатита с кальцитом, гипсом и другими минералами. Образовался он при химическом осаждении в морях или биогенным путем в результате разложения остатков фосфорсодержащих организмов. Название минерала указывает на содержание в нем фосфора.

По характеру залежей фосфориты делят на *желваковые* (конкреционные), в виде окатанных камней; *зернистые* (платформенные) и *пластовые* (геосинклинальные).

Зернистые фосфориты – карбонатная или терригенная осадочная порода с многочисленными фосфатными стяжениями и органическими остатками

(фосфатизированные обломки ихтиофауны, рептилий, моллюсков и фораминифер), сцементированными карбонатным, кремнистым и глинистым материалом. Такие фосфориты содержат 22–30 % P_2O_5 .

Пластовые фосфориты представляют собой плотную однородную породу с раковистым изломом, сложенную округлыми фосфатными зернами и оолитами с фосфатным, карбонатным или кремнистым цементом, которые содержат 28–36 % P_2O_5 .

Фосфориты отличаются от апатитов большей пористостью частиц; они бывают как аморфными, так и мелкокристаллическими. Чем старше по геологическому возрасту фосфориты, тем сильнее в них выражено кристаллическое строение вещества, и наоборот – чем моложе фосфорит, тем оно менее выражено. Фосфорная кислота в фосфоритах представлена соединениями типа фторапатита и гидроксилапатита.

В России месторождения фосфоритов были открыты в конце XVIII в., но разрабатывать их стали со 2-й половины XIX в. Изучение отечественных месторождений фосфоритов и возможности их применения начато А.Н. Энгельгартом в 60-х гг. XIX в., в 80-е гг. им открыты залежи фосфоритов в Смоленской губернии, проведены полевые опыты в имении Батищево, получена первая партия фосфоритной муки и доказана эффективность ее на дерново-подзолистых почвах.

Залежи фосфоритов в России велики, наиболее важное значение имеют Вятско-Камское, Егорьевское, Сещинское и Щигровское месторождения.

Вятско-Камское месторождение находится на северо-востоке Европейской части страны. Фосфориты здесь желвакового типа. Отмытый от породы фосфорит содержит 24–26 % P_2O_5 и около 5 % полуторных окислов.

Егорьевское месторождение находится в Московской области. Залежи фосфоритов здесь представлены двумя горизонтами, разделенными слоем рыхлого глауконитового песка: верхний – рязанский и нижний – портландский. Качество фосфорита портландского слоя выше рязанского: в нем содержится 25–26 % P_2O_5 и 4–5 % полуторных окислов. Фосфорит рязанского слоя содержит 21–23 % P_2O_5 и 10–12 % полуторных окислов.

Сещинское месторождение находится в Дубровском районе Брянской области. Фосфориты здесь представляют собой три слоя песчаных конкреций, иногда сцементированных в плиту. Промышленное значение имеют верхний и средний слои. Верхний слой содержит 14 % P_2O_5 и имеет мощность 0,5 м, средний – соответственно 16 % P_2O_5 и 0,53 м. Между этими слоями располагается прослойка глауконитового песка мощностью около 1 м.

Щигровское месторождение находится в Курской области. Это месторождение относится к песчаным фосфоритам. Желваки фосфоритов разной величины и формы сцементированы здесь с песчаной породой в сплошную плиту. Подобного рода фосфориты встречаются и в Воронежской, Тамбовской, Орловской, Брянской, Калужской и Смоленской областях. Они содержат 14–19 % P_2O_5 , непригодны для химической переработки и используются в виде фосфоритной муки.

Общий недостаток фосфоритов, имеющих в нашей стране – низкое содержание фосфора и высокое полуторных окислов. Наличие полуторных окислов затрудняет их переработку на суперфосфат, приводит к дополнительному расходу кислоты, а также к ретроградации растворимых солей фосфорной кислоты. Например, для разложения апатитового концентрата при получении 1 т усвояемой P_2O_5 в суперфосфате используют 1,885 т серной кислоты, а для фосфоритов – 2,5 т в связи с необходимостью разложения в них примесей.

По степени растворимости и доступности для растений все фосфорные удобрения могут быть разделены на три группы: 1) растворимые в воде и легкодоступные для растений; 2) не растворимые в воде, но цитратно-лимоннорастворимые и поэтому также доступные растениям; 3) не растворимые в воде, плохо – в слабых кислотах, растворимые в сильных минеральных кислотах. Это более труднодоступные источники фосфора для растений.

Фосфор этих удобрений лишь постепенно переходит в усвояемую для растений форму под воздействием кислотности почвы, корневых выделений растений, совместного применения физиологически кислых минеральных удобрений.

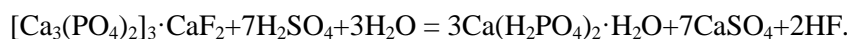
Степень растворимости фосфорных удобрений определяет особенности их использования. Водорастворимые удобрения применяют в виде порошков и гранул, лимонно- и цитратнорастворимые – в виде порошков, труднорастворимые – в виде порошка «тонкого помола». Водорастворимые фосфаты составляют около $\frac{3}{4}$ общего производства фосфорных удобрений, а труднорастворимые – около 8 %. Поскольку большинство почв нашей страны имеют реакцию, близкую к нейтральной, то наиболее эффективны удобрения с водорастворимыми формами фосфорных соединений. В мире наиболее широко применяется эта группа удобрений. Технология переработки фосфатного сырья направлена на перевод фосфора в усвояемую для растений форму. Фосфорные удобрения, содержащие более 25 % P_2O_5 , относятся к концентрированным.

2.2.1.2.1. Водорастворимые фосфорные удобрения

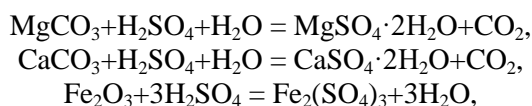
Суперфосфат простой ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 2CaSO_4$) с примесью свободной H_3PO_4 . На его долю приходится около половины мирового производства фосфорных удобрений. Суперфосфат простой содержит 14–20 % P_2O_5 . Большая часть фосфора (88–98 %) в нем находится в усвояемых растениями соединениях: водорастворимых – монокальцийфосфат и фосфорная кислота (на их долю приходится 75–90 % усвояемого фосфора) и цитраторастворимых – дикальцийфосфат (на его долю приходится 10–25 % усвояемого фосфора).

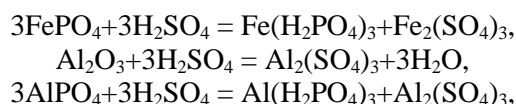
Суперфосфат можно применять на всех типах почв, под все культуры, самыми различными способами. Это удобрение отличается довольно низкой концентрацией питательного элемента. Промышленность выпускает порошковидный и гранулированный суперфосфат. Принцип получения суперфосфата впервые был предложен немецким химиком Ю. Либихом. Первый завод по его производству был построен в Англии в 1843 г. Д.Б. Лоозом, основателем Ротамстедской сельскохозяйственной опытной станции.

Сущность производства суперфосфата состоит в том, что нерастворимая в воде нейтральная кальциевая соль ортофосфорной кислоты $Ca_3(PO_4)_2$, содержащаяся в природных фосфатах в виде минерала фторапатита $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$, превращается в растворимые кислые соли, преимущественно в $Ca(H_2PO_4)_2$ и частично в свободную фосфорную кислоту и дикальцийфосфат $CaHPO_4$. Суммарная реакция разложения фторапатита серной кислотой:



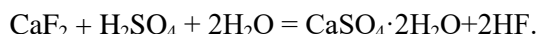
Одновременно серная кислота разлагает карбонат магния и карбонат кальция, соединения алюминия и железа, входящие в состав фосфорита:



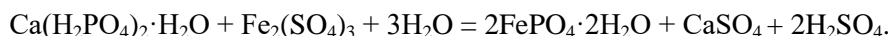


Присутствие небольшого количества CaCO_3 (до 5 %) считается даже желательной примесью при производстве суперфосфата. Это объясняется тем, что образующийся гипс кристаллизуется с двумя молекулами воды и, отнимая воду из смеси, способствует затвердеванию продукта. Образующаяся при разложении CaCO_3 углекислота придает суперфосфату пористость, вследствие чего он получается более рыхлым и рассыпчатым.

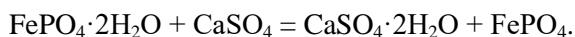
Суперфосфат из апатита получается светлее, чем из фосфорита, и менее пористый. Фторид кальция апатита разлагается частично серной кислотой с образованием фтористого водорода.



Фтористые газы в концентрации 0,005 % токсичны для человека и животных. Поэтому при производстве суперфосфата их приходится удалять поглощением водой, содой или поташом. Соединения железа и алюминия в фосфорите также нежелательны. При производстве суперфосфата на них затрачивается значительное количество серной кислоты. Соединения фосфорной кислоты с железом и алюминием в суперфосфате хотя и находятся в форме, усвояемой растениями, но эти соединения неустойчивы и при хранении суперфосфата сравнительно легко претерпевают изменения. Этот процесс изменения фосфатов железа и алюминия называется ретроградацией фосфорной кислоты, поскольку фосфорная кислота при этом переходит в труднорастворимые соединения железа и алюминия:



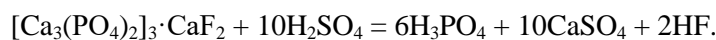
Гипс отнимает воду у фосфата железа, и последний переходит в труднорастворимую соль фосфорной кислоты:



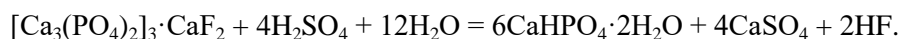
Некоторый избыток серной кислоты в суперфосфате хотя и подкисляет удобрения, но зато несколько задерживает этот процесс. Повышение температуры и давления может несколько усилить процесс ретроградации.

Считается, что при хранении на складе на каждый процент содержания в суперфосфате полуторных окислов железа и алюминия можно ожидать понижения содержания воднорастворимой P_2O_5 примерно на 0,65 %. В апатите (после флотации) полуторных окислов содержится не более 2,5 %, т. е. значительно меньше, чем в фосфорите.

Вследствие неравномерности смешивания сырья с серной кислотой в местах, где накапливается некоторый ее избыток, фторапатит разлагается полностью с образованием фосфорной кислоты, сульфата кальция и фтористого водорода:



Поэтому в конечном продукте всегда присутствует 5,0–5,5 % свободной фосфорной кислоты. Она обуславливает повышенную кислотность суперфосфата и его гигроскопичность. В местах реагирующей массы, где получается недостаток серной кислоты, образуется двухзамещенный фосфат кальция – преципитат:



Для получения суперфосфата берут почти одинаковые количества фосфатного сырья и серной кислоты, но концентрация фосфора в суперфосфате почти в 2 раза меньше, чем в исходном сырье. По этой причине фосфориты с низким содержанием P_2O_5 малопригодны для переработки в суперфосфат. В России для получения этого удобрения применяют кольский апатитовый концентрат. Конечным продуктом производства является *порошковидный суперфосфат*. Это вещество темно-серого (из фосфорита) или светло-серого (из апатита) цвета, с характерным запахом фосфорной кислоты. Суперфосфат в виде порошка обладает неудовлетворительными физическими свойствами: он слеживается, образует комья, плохо высевается туковыми сеялками.

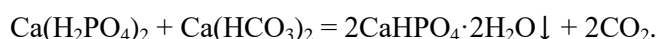
Способы производства суперфосфата можно разделить на периодические, полунепрерывные и непрерывные.

Периодический способ. По этому способу смешение фосфатной муки с серной кислотой и дальнейшее разложение фосфата («вызревание» в камерах) производятся в периодически действующих аппаратах (смесители, камеры-вагоны Бескова).

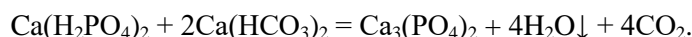
Полунепрерывный способ. В этом случае применяют непрерывное смешение фосфата с серной кислотой при периодическом «вызревании» суперфосфата в камерах-вагонах Бескова.

Непрерывный способ. Основные стадии производства осуществляются в аппаратах непрерывного действия. Установки, работающие по этому способу, наиболее совершенны, вследствие чего они вытесняют периодические и полунепрерывные установки.

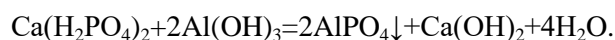
После внесения в почву дигидрофосфат сравнительно быстро превращается в гидрофосфат:



Эта реакция наблюдается на нейтральных почвах. При наличии карбонатов превращение частично идет дальше:



При таких условиях возможно появление в почве даже гидроксилapatита и фторапатита. Химическое поглощение суперфосфата на нейтральных почвах с образованием гидрофосфатов и фосфатов кальция обуславливает малую подвижность фосфора, внесенного в почву. В то же время свежесаживаемые фосфаты кальция характеризуются значительной растворимостью в слабых кислотах и доступностью растениям. В кислых, богатых полуторными окислами почвах могут образоваться нерастворимые и поэтому трудноусвояемые растениями фосфаты железа и алюминия:



На всех типах почв часть анионов фосфорной кислоты адсорбируется положительно заряженными коллоидными частицами (в обмен на другие анионы, преимущественно HCO_3^-), и в этом состоянии они становятся доступными для растений. Почвенные микроорганизмы также связывают некоторое количество фосфатов, переводя их в состав протоплазмы клеток. Для уменьшения поглощения фосфатов из порошковидного суперфосфата на кислых почвах нежелательно смешивать его с очень большой массой почвы.

Суперфосфат рекомендуется перевозить насыпью или в водостойких мешках.

Для снижения процессов ретроградации (перевода водорастворимой формы в менее растворимую) суперфосфат гранулируют. **Гранулированный суперфосфат**, в отличие от порошковидного, не комкуется и не слеживается, обладает повышенным содержанием фосфора и пониженной влажностью; его можно вносить в почву с помощью зернотуковых сеялок. В результате медленного растворения гранул в почвенной влаге и значительного уменьшения площади контакта частиц удобрения и почвы существенно снижается химическое связывание водорастворимых соединений удобрения.

Для производства гранулированного суперфосфата никаких клеящих веществ не требуется. Готовый порошковидный продукт увлажняется, окатывается в барабанном грануляторе, гранулы высушиваются в сушильном барабане и сортируются на грохоте. При этом выделяются гранулы разной величины. Пригодными считаются те из них, которые имеют диаметр от 1 до 4 мм. Более крупные гранулы дробятся, а более мелкие составляют ретур, направляемый на повторное гранулирование с новой партией порошковидного продукта. Ретур играет роль центров образования новых гранул. В процессе грануляции свободная фосфорная кислота нейтрализуется и суперфосфат высушивается, поэтому количество фосфорной кислоты в нем снижается до 1–2,5 %, а влаги – до 1–4 %.

Суперфосфаты не вызывают постоянного подкисления почвы, так как фосфорная кислота используется растениями для питания, а на кислых почвах связывается оксидами железа и алюминия.

Гранулированный простой суперфосфат применяется для основного предпосевного, припосевного внесения и в подкормки под все культуры на всех типах почв. Однако наиболее эффективно его локальное внесение в рядки с высеваемыми семенами. Это наиболее рациональный способ использования гранулированного суперфосфата; хотя доза его при локальном внесении в 3 раза меньше, эффект от нее такой же, что и от порошковидного суперфосфата, равномерно распределенного по поверхности почвы перед вспашкой или культивацией почвы.

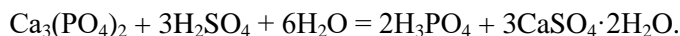
В простом суперфосфате в составе гипса содержится до 8–12 % серы, что особенно ценно для бобовых, зерновых и масличных культур в зонах с недостатком серы в почве. Для повышения эффективности суперфосфатов на кислых почвах рН почвенного раствора необходимо известкованием довести до слабокислой или нейтральной реакции.

Двойной суперфосфат – концентрированное водорастворимое удобрение, получаемое разложением молотого природного фосфата фосфорной кислотой. По внешнему виду он похож на простой суперфосфат (гранулы светло-серого цвета), но содержит в 2–3 раза больше усвояемого фосфора. Основным компонентом двойного суперфосфата является моногидрат дигидрофосфат кальция $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Двойной суперфосфат выпускается с относительно небольшим содержанием других компонентов, присутствие которых обусловлено примесями фосфорной кислоты и природного фосфата: сульфат кальция CaSO_4 , фосфаты железа и алюминия $(\text{Fe}, \text{Al})\text{PO}_4$, мономагнийфосфат $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, кремнефториды, а также непрореагировавший фосфат, дикальцийфосфат CaHPO_4 , свободная фосфорная кислота и свободная влага. В зависимости от исходного сырья и способа получения содержит от 37 до 54 % усвояемого растениями фосфора. Марка А содержит 49 % усвояемой P_2O_5 ; марка Б: сорт I – 46 %, сорт II – 43 %. Фосфор присутствует в нем в виде монокальцийфосфата и свободной фосфорной кислоты (до 2,5 %).

По классификации Международной ассоциации производства суперфосфата и сложных удобрений (ИСМА), двойным суперфосфатом считается удобрение, содержащее 25 % P_2O_5 , тройным – 43–49 % P_2O_5 . Поэтому за рубежом удобрение такого состава называют *тройным суперфосфатом*.

Технология производства двойного суперфосфата включает две фазы. Вначале (1-я фаза) получают фосфорную кислоту. Для этого разработаны два способа.

При *экстрактивном способе* фосфорную кислоту получают путем обработки фосфорита 20–25 % раствором серной кислоты:

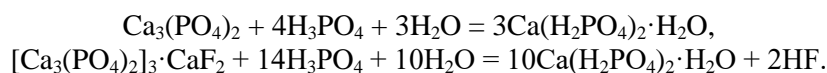


Затем фосфорную кислоту фильтрованием отделяют от гипса.

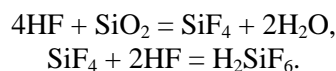
Более совершенный способ получения фосфорной кислоты – *возгонка* фосфора из низкопроцентных фосфоритов при температуре порядка 1400–1600 °С в электропечах или в доменных печах с коксом или антрацитом. Выделившийся элементный фосфор собирают под водой, потом сжигают в присутствии воздуха и образовавшуюся пятиокись фосфора соединяют с водой:



Затем (2-я фаза), полученной фосфорной кислотой обрабатывают высококонцентрированное фосфатное сырье:



Выделившийся HF взаимодействует с кремневой кислотой с образованием H_2SiF_6 и SiF_4 :

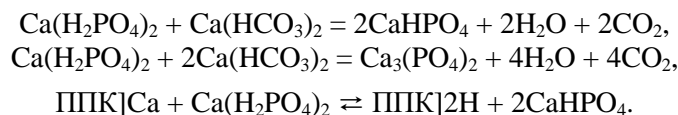


Кремнефторостоводородная кислота превращается в кремнефториды кальция, натрия и калия, а четырехфтористый кремний частично выделяется в газообразном состоянии.

Содержание фосфора в удобрении и состав примесей зависят от исходного фосфатного сырья, используемого во второй технологической фазе. Лучший двойной суперфосфат получают из апатита. Он содержит 45–49 % усвояемой растениями фосфора, не более 2,5 % свободной кислоты, не менее 85 % водорастворимой P_2O_5 .

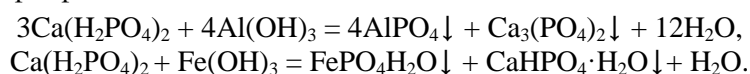
Двойной гранулированный суперфосфат – исключительно ценное транспортабельное, экономически выгодное удобрение: по сравнению с простым суперфосфатом нормы его в 2 раза меньше, как при сплошном, так и при локальном внесении.

Двойной суперфосфат, как и простой, в процессе взаимодействия с почвой превращается в менее растворимые соединения, происходит его ретроградация. В почвах с нейтральной или слабощелочной реакцией (черноземы, карбонатные почвы), насыщенных основаниями (кальцием, магнием) и содержащих гидрокарбонат кальция $[Ca(HCO_3)_2]$, суперфосфат превращается в гидрофосфат ($CaHPO_4$) и фосфат кальция $[Ca_3(PO_4)_2]$:

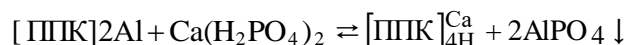


Гидрофосфат кальция доступен для растений, фосфат менее доступен, но постепенно может быть использован растениями.

Несколько иное превращение претерпевает суперфосфат в дерново-подзолистых кислых почвах, богатых подвижными формами железа и алюминия. Здесь могут образовываться труднорастворимые и малодоступные для растений фосфаты железа и алюминия:



Фосфат алюминия образуется также при взаимодействии с обменным алюминием:



Химическое поглощение суперфосфата почвой – отрицательное явление, т. к. приводит к снижению его доступности. Ослабить силу химического связывания фосфора можно различными приемами: гранулированием суперфосфата в процессе его производства; локальным внесением вблизи растения; применением порошковидного суперфосфата в смеси с небольшим количеством перегноя, торфа и других органических добавок.

По своему действию на продуктивность растений двойной и простой суперфосфат близки между собой. Двойной суперфосфат, не имеющий в своем составе гипса, предпочтительнее вносить под чайный куст и другие кальциефобные растения, а простой суперфосфат, со значительным количеством гипса, полезнее для растений с повышенной потребностью в сере. При однократном внесении локально эти удобрения равноценны. При систематическом применении простого и двойного суперфосфата на одном месте могут быть различия вследствие разного содержания в них кальция и серы.

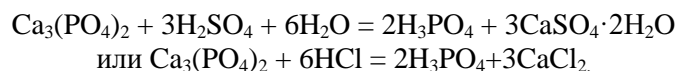
Обогащенный суперфосфат. Получается из апатитового концентрата путем обработки серной кислотой и небольшим количеством неупаренной экстракционной фосфорной кислоты. Выпускается в порошкообразном и гранулированном виде. Обогащенный порошкообразный суперфосфат содержит не менее 23,5 % усвояемого растениями фосфора, не более 5 % свободной фосфорной кислоты; гранулированный – соответственно 24,5 и 1–2,5 %. Содержание гипса в обогащенном суперфосфате меньше, чем в простом. Применяется так же, как и простой суперфосфат.

Суперфос. Содержит 36 % P_2O_5 (60 % в водорастворимой форме и 40 % – в труднодоступной) в виде ди- и трикальцийфосфата. По внешнему виду это угловатые темно-серые гранулы. Получают это удобрение путем химического обогащения и активирования фосфоритной муки смесью серной и фосфорной кислот. Для производства 1 т P_2O_5 в суперфосе используется 1–1,3 т H_2SO_4 и 0,36 т H_3PO_4 . Суперфос выпускают в гранулированном виде. Он применяется в качестве основного удобрения на кислых и нейтральных почвах. По агрономической эффективности суперфос не уступает суперфосфатам.

2.2.1.2.2. Цитратно- и лимоннорастворимые фосфорные удобрения

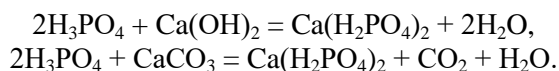
Преципитат $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – гидрофосфат кальция. В зависимости от исходного сырья он содержит от 25 до 35 % цитратнорастворимого доступного растениям фосфора. Плотность его 0,8 т/м³. Тонкий, белый порошок, пылящий при внесении. Обладает хорошими физическими свойствами: не слеживается, сохраняет хорошую рассеиваемость, может смешиваться с любым удобрением.

Первая операция при получении преципитата, как и при получении двойного суперфосфата, заключается в извлечении фосфорной кислоты из тонкоразмолотого фосфорита. Извлечение фосфорной кислоты может быть осуществлено как серной, так и соляной кислотой:

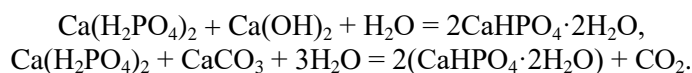


При извлечении фосфорной кислоты серной необходимо брать хорошо размолотый фосфорит, иначе образующийся на поверхности крупных кусочков фосфорита гипс будет мешать проникновению кислоты вглубь, и взаимодействие получится неполное. При извлечении фосфорной кислоты соляной степень измельчения не имеет большого значения, т. к. образующийся хлористый кальций хорошо растворим в воде. Образующаяся фосфорная кислота при извлечении серной кислотой очищается фильтрованием от нерастворенных частиц кремнезема, глины и гипса.

Вторая операция в производстве преципитата – осаждение фосфорной кислоты известковым молоком (суспензия гидрата оксида кальция) или карбонатом кальция (суспензия мела). Вначале образуется дигидрофосфат кальция:

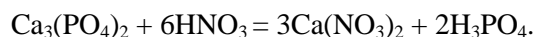


Дигидрофосфат кальция, реагируя с новыми порциями известкового материала, образует гидрофосфат кальция:



Производство преципитата возникло при добыче желатина из костей. Кости при этом растворяются в серной или соляной кислоте до дигидрофосфата кальция, а затем переводится известковым молоком в преципитат. Преципитат из костей отличается чистотой. В преципитате, полученном из фосфорита, кроме $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, есть еще небольшие количества примеси $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и AlPO_4 .

Д.Н. Прянишниковым был предложен способ получения преципитата одновременно с кальциевой селитрой, разложением фосфоритов азотной кислотой:



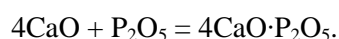
На раствор, содержащий кальциевую селитру и фосфорную кислоту, действуют известковым молоком, в результате чего фосфорная кислота осаждается в виде преципитата. В растворе остается кальциевая селитра, которая при выпаривании раствора выпадает в осадок.

Преципитат можно применять как основное удобрение под различные культуры на всех почвах. На кислых почвах по действию на урожай он может даже превосходить суперфосфат, потому что последний в таких условиях подвержен ретроградации и превращается в фосфаты полуторных окислов в большей степени, чем преципитат. На черноземах преципитат по эффективности близок к суперфосфату.

Фосфатшлак мартеновский ($4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$) – размолотый побочный продукт переработки на сталь и железо богатых фосфором чугунов мартеновским методом. Фосфор содержится в нем преимущественно в виде силикофосфатов. Содержит от 8 до 12 % P_2O_5 . Почти весь фосфор находится в цитратнорастворимой форме.

Это тяжелый порошок темного цвета с рН = 8–9. Содержит до 30 % оксида кальция, 9 – оксида магния и около 10 % оксида марганца, а также различные соединения железа, кремния и микроэлементы: молибден, медь, кобальт. Фосфатшлак мартеновский может быть использован и как микроудобрение. Из-за низкого содержания питательного вещества это удобрение применяют вблизи от места получения; он более подходит для кислых и слабокислых почв. Фосфатшлак мартеновский используют только в качестве основного удобрения. На него хорошо отзывается сахарная свекла. Для подкормки и для локального внесения он не рекомендуется.

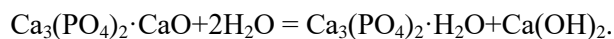
Томасшлак ($4\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5+4\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5\cdot\text{CaSiO}_3$) – размолотый побочный продукт, получаемый при переработке на железо и сталь богатых фосфором чугунов щелочным методом. Способ впервые был предложен английским инженером Томасом в 1879 г. Сущность процесса состоит в следующем. В конверторы, где плавится металл, добавляют обожженный известняк, с которым образовавшийся при плавке фосфорный ангидрид вступает в реакцию с образованием тетракальциевого фосфата:



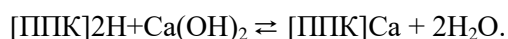
Шлак при этом всплывает. После отделения и охлаждения его размалывают; содержит 14–20 % P_2O_5 .

Томасшлак – тяжелый тонкий порошок темно-серого или черного цвета с хорошими физическими свойствами: сыпучестью, неслеживаемостью при хранении. Фосфор в нем находится в основном в виде тетракальциевого фосфата ($\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$), а также двойной соли тетракальциевого фосфата и кремнекислого кальция. Эти соединения растворимы в лимонной кислоте. Состав томасшлака подвержен большим колебаниям, содержание в нем фосфора, растворимого в лимонной кислоте, колеблется в пределах от 7–8 до 16–20 %. Фосфор доступен для растений. Согласно стандарту, содержание P_2O_5 , растворимого в лимонной кислоте, должно быть не ниже 14 %. Водорастворимого P_2O_5 томасшлак не содержит. В виде примесей в нем содержатся свободная окись кальция, а также окиси магния, железа, алюминия, марганца, кремния. Качество удобрения оценивается по содержанию в нем фосфора, растворимого в 2 %-ной лимонной кислоте. Удобрение должно проходить через сито с отверстиями диаметром 2 мм, остаток на сите с отверстиями диаметром 0,175 мм не должен превышать 15 %. Плотность – 2,0 т/м³.

Томасшлак – щелочное удобрение. Содержит около 10–12 % оксида кальция, поэтому его нельзя смешивать с аммиачными солями. Это удобрение следует применять для внесения под основную обработку или предпосевную культивацию на всех почвах, где томасшлак разлагается на фосфат кальция и гидроксид кальция:



Свежеобразованный фосфат кальция доступен для растений. Образовавшийся гидроксид кальция вступает во взаимодействие с почвой, снижая ее кислотность:

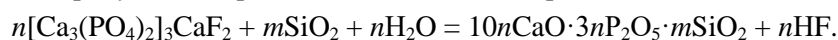


Аналогичная реакция происходит и с оксидом кальция, содержащимся в томасшлаке в качестве примеси.

Томасшлак – наиболее универсальное фосфорное удобрение, т. к. его применение возможно на всех почвах. На черноземах он по эффективности

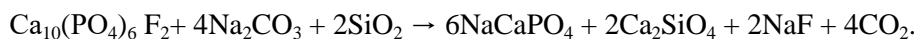
несколько уступает суперфосфату, но зато оказывает заметное последствие. На кислых подзолистых почвах, и особенно на кислых торфянистых почвах, томасшлак обладает явным преимуществом перед суперфосфатом, т. к. при его внесении образуется $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, который в некоторой степени устраняет кислотность почвенного раствора и уменьшает количество ионов водорода, находящегося в поглощенном состоянии. На легких песчаных почвах с небольшой емкостью обмена и, следовательно, с небольшим абсолютным количеством поглощенного водорода применение томасшлака может в значительной степени устранить кислотность почвы.

Обесфторенный фосфат [$\alpha \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$]. Получают его при геотермической обработке смеси апатита или фосфорита с небольшим количеством кремнезема (2–3 % SiO_2) при температуре порядка 1450–1550 °С. При такой температуре разрушается кристаллическая решетка фторапатита и удаляется фтор в газообразной форме, а фосфор переходит в усвояемую растениями форму. Суммарная реакция гидротермического разложения апатита в присутствии кремнезема может быть представлена так:



В полученном продукте в зависимости от исходного сырья содержится от 30–32 % (из апатита) до 20–22 % (из фосфорита) цитратнорастворимой P_2O_5 . По внешнему виду удобрение представляет собой светло-серый тонко-размолотый порошок. Обесфторенный фосфат обладает хорошими физическими свойствами: негигроскопичен, не слеживается, легко рассеивается. Является ценным удобрением при основном внесении, особенно на кислых почвах. В подкормку не используется. Обесфторенный фосфат, так же как и томасшлак, нельзя смешивать с аммонийными удобрениями.

Термофосфат ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + \text{SiO}_2$). Получается сплавлением или спеканием размолотого фосфата со щелочными солями – содой, поташем, или природными калиевыми силикатами, а также с сульфатами калия и натрия. При этом образуются усвояемые растениями кальциево-натриевые или кальциево-калиевые фосфаты ($\text{CaNaPO}_4 + \text{Ca}_2\text{SiO}_4$ или $\text{CaKPO}_4 + \text{CaSiO}_4$):



Термофосфаты содержат 20–34 % P_2O_5 , растворимого в лимонной кислоте или цитратном растворе, около 30 % кальция, который частично действует как основание, а также содержат небольшие количества микроэлементов. Легко распыляется и слеживается, поэтому это удобрение трудно вносить в почву. Лучше использовать его для приготовления сложных удобрений, в частности, фосфорно-калийных. Очень эффективное удобрение при основном внесении на кислых почвах. При гидролизе натрий-кальцийфосфата в почве образуются гидроксиды кальция и натрия, а анионы фосфорной кислоты поглощаются корнями растений. При наличии ионов кальция и натрия снижается кислотность почвы и предотвращается образование фосфатов железа и алюминия. На поверхности глинистых минералов, а также оксидов железа и алюминия адсорбируется кремниевая кислота, которая ослабляет фиксацию почвой фосфат-ионов.

Плавленый фосфат магния [$\alpha \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{MgSiO}_3$]. Относится так же, как и шлаки, к термофосфатам. Получается плавлением природных фосфатов с магниесодержащими соединениями (силикаты магния – оливинит, серпентинит) при температуре порядка 1350–1400 °С с последующим быстрым охлаждением плава водой. Состоит из стекловидных прозрачных гранул раз-

ной формы и величины. Цвет гранул изменяется в зависимости от исходного сырья от ярко-зеленого до почти черного. Содержит 19-21 % P_2O_5 , растворимого в лимонной кислоте, и 8-14 % MgO . Плотность 1,7 т/м³. Удобрение обладает хорошими физическими свойствами: не гигроскопично, не слеживается, не содержит свободной кислоты. Эффективность его зависит от размера частиц. При внесении удобрения на дерново-подзолистых суглинистых почвах размер частиц имеет меньшее значение, чем при использовании его на типичных сероземах. Большая часть плавленного фосфата магния (60 %) должна проходить через сито с отверстиями диаметром 0,074 мм, а остальная масса – через сито с отверстиями 0,147 мм.

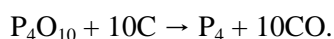
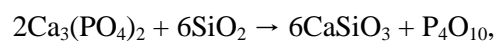
Тонкоразмолотый плавленный магниевый фосфат – высокоэффективное удобрение на всех типах почвы, и его действие при основном внесении не уступает действию суперфосфата и томасшлака. На кислых легких почвах, нуждающихся в магниевых удобрениях, плавленный фосфат магния – не только фосфорное, но и магниевое удобрение, в некоторой степени нейтрализующее почвенную кислотность.

Красный фосфор (P_k) – одна из аллотропных модификаций фосфора. Это собирательный термин, используемый для описания множества различных частично кристаллических форм, каждая из которых окрашена в красный цвет различной интенсивности. Их плотность находится в пределах 2–2,4 г/см³, температура плавления – в интервале 585–610 °С. Красный фосфор плохо растворим в воде, не токсичен. Он ведет себя как высокополимер. Красный фосфор непосредственно реагирует с кислородом, серой, галогенами, металлами, но не реагирует с водными щелочами.

Технология производства красного фосфора включает две фазы. Вначале (1-я фаза) получают белый фосфор. Промышленный способ получения белого фосфора заключается в нагревании смеси фосфорных пород, кремнезема и кокса в электрической печи. Восстановление до элементарного фосфора происходит при температуре 1400–1500 °С с помощью угольных электродов. Суммарная реакция представляется уравнением:



Несмотря на теплоту, выделяющуюся при согревании кокса, реакция сильно эндотермична и требует расхода электроэнергии примерно 1200 кВт·ч на тонну производимого фосфора. Наиболее вероятным ходом реакции считается механизм «кислотного замещения»:



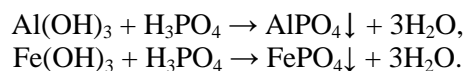
Затем (2-я фаза) получают красный фосфор нагреванием белого фосфора при температуре 260 °С. Промышленный красный фосфор, получаемый при нагревании белого фосфора в закрытых сосудах при температуре около 350 °С, в основном аморфный. Он имеет раковистый излом и может быть окрашен от бледного желтовато-красного до темного фиолетово-красного.

Красный фосфор (P_k) – самое концентрированное и перспективное фосфорное удобрение, содержащее 229 % P_2O_5 . Его применяют с добавками сернокислой меди $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (в качестве катализатора) из расчета 1 % меди от массы фосфора. Красный фосфор может быть использован для повышения содержания фосфора в других удобрениях. Он не ядовит. Его можно вносить в почву взапас на ряд лет. При внесении в почву красный фосфор очень мед-

ленно окисляется в ортофосфорную кислоту. Окисление происходит более энергично под воздействием азотной и серной кислот.



В почвах с кислой и слабокислой реакцией основными компонентами химического связывания фосфат-ионов являются подвижные полуторные оксиды:



На дерново-подзолистой почве, спустя уже три недели после заделки, 20 % красного фосфора переходят в соединения, доступные растениям из семейства злаков. По эффективности он не уступает суперфосфату, а в последствии превосходит его. Из общего количества внесенного в почву красного фосфора за сезон растения усваивают 15–17 %; остальное количество его остается в почве в виде запаса и используется растениями в последующие годы. Коэффициент использования красного фосфора растениями в целом достигает 75–85 %. Кислотность не влияет на доступность красного фосфора растениям.

Грануляция красного фосфора не снижает его эффективности. При наличии в почве растворимых фосфатов P_k усваивается растениями. Эффективность последствия гранулированных смесей красного фосфора с различными суперфосфатами выше, чем одного суперфосфата, т. е. в смеси проявляется последствие красного фосфора, находящегося в одной грануле с суперфосфатом.

Красный фосфор пригоден также в качестве компонента гранулированной смеси двойных (с мочевиной или сульфатом аммония) и тройных (с мочевиной и хлористым калием) удобрений. Соотношение элементов в смесях рассчитывается в соответствии со способом их применения: фосфор – в запас на 4–5 лет; калий – в годовой норме или в запас на несколько лет; азот – в объеме годовой нормы. В этих смесях содержание элементов питания составляет около 50 %. Они характеризуются длительным последствием. Изменяя в смеси соотношение растворимых фосфатов и красного фосфора, можно устранить нежелательное избыточное поступление фосфора в растения. Таким образом, использование красного фосфора на удобрение перспективно.

Полифосфат кальция. Перспективное фосфорное удобрение, содержащее 40–60 % P_2O_5 . В зависимости от температур, при которых получают полифосфаты кальция, они подразделяются на *плавленные* и *низкотемпературные*.

В последнее время большое внимание уделяется кислотно-термическому способу получения полифосфатов кальция. Плавление фосфорита проводится при температуре порядка 1100–1200 °С после взаимодействия его с фосфорной кислотой. Удобрение содержит 55–58 % цитратнорастворимого фосфора. Добавление к продукту на стадии грануляции водорастворимых ортофосфатов обеспечивает необходимое содержание водорастворимого фосфора в удобрении.

Разработан низкотемпературный способ получения полифосфатов кальция с достаточно высоким содержанием P_2O_5 (40–60 %).

Конденсированные фосфаты, входящие в состав полифосфата кальция, в почве гидролизуются до ортофосфатов и таким образом становятся доступными для растений.

Метафосфат кальция $Ca(PO_3)_2$ – порошковидное концентрированное фосфорное удобрение, пригодное для применения на большинстве почв. В техническом продукте содержится 63–68 % P_2O_5 , растворимой в цитратном растворе.

ре. В химически чистом удобрении содержится 71,68 % P_2O_5 и 28,32 % CaO. Эффективность метафосфата кальция зависит от количества в нем водорастворимой и цитратнорастворимой P_2O_5 . Лучше усваивается растениями удобрение, в котором преобладающая часть фосфора находится в водорастворимой форме.

Фоспаль – одностороннее фосфорное удобрение. Его получают термической обработкой при 550–600 °С алюминиево-кальциевых фосфатов Сенегала с последующим измельчением до тонкого порошка. Руда Сенегальского месторождения содержит двойной фосфат кальция и алюминия. В ее состав, кроме фосфора (P_2O_5 – 29,5 %), входит значительное количество карбонатов кальция, оксида железа, цинка, меди, бора и гидроксида алюминия. Фосфор в основном входит в состав крадаллита: $(PO_4)_2Al_3Ca(OH)_5$. При обжиге плотные кристаллы руды диссоциируют с образованием новой структуры, которая обладает повышенной растворимостью при взаимодействии с почвой. Фоспаль имеет красновато-охровый оттенок, образующийся в результате вытеснения железа из фосфатного соединения в виде свободного оксида этого металла при обжиге руды. При термической обработке в результате удаления химически связанной воды (первоначальное содержание ее 15,5 %) повышается концентрация P_2O_5 до 32–34 %. После обжига фоспаль имеет следующий состав: общая P_2O_5 составляет 32–34 %, растворимая в реактиве Жюли-27, Al_2O_3 – 34, CaO – 10,4, Fe_2O_3 – 11,5, SiO_2 – 2,9, TiO_2 – 1,7, MgO – 3 %, Zn – 400 мг/кг, Mo – 10, Mn – 150, B – 250, Co – 60 мг/кг.

В водной суспензии фоспаль не изменяет кислотность, что дает возможность смешивать его с азотными и калийными удобрениями без химического взаимодействия. Фоспаль не слеживается, не гигроскопичен, что позволяет равномерно вносить его в почву при любых погодных условиях. Недостаток этого удобрения – пыление в измельченном состоянии, что затрудняет его применение в ветреную погоду. На основе фоспаля производят две формы комплексного удобрения – РК- и NP-удобрения, смешивая его с KCl или $CO(NH_2)_2$ с последующей грануляцией продукта методом прессования.

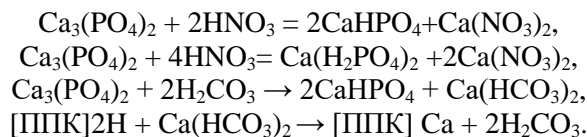
2.2.1.2.3. Труднорастворимые фосфорные удобрения

Фосфоритная мука – тонкий, тяжелый порошок темно-серого (землистого) цвета разных оттенков. Насыпная плотность 1,4–1,8 т/м³. Фосфоритную муку получают размолотом фосфорита. Она выпускается четырех марок: А, Б, В и Г, содержащие соответственно не менее 29, 26, 23 и 20 % P_2O_5 . Диаметр частиц удобрения не более 0,18 мм. Остаток на сите с отверстиями 0,18 мм не должен превышать 10 % массы фосфоритной муки. Фосфоритная мука не гигроскопична, не слеживается, может смешиваться с любым удобрением, кроме извести. Ее влажность не должна превышать 3,7 %; при более высоком содержании воды фосфоритная мука теряет свою сыпучесть.

Фосфор в фосфоритной муке содержится в виде соединений фторапатита, гидроксилпатита, карбонатапатита, т. е. находится в основном в форме фосфата кальция – $Ca_3(PO_4)_2$. Эти соединения не растворимы в воде, слабых кислотах и слабодоступны для большинства растений.

На эффективность фосфоритной муки оказывают влияние происхождение и состав фосфоритов, тонина помола, биологические особенности удобряемой культуры, свойства почвы и кислотность сопутствующих удобрений. Главным среди названных факторов является уровень кислотности почвы. Суть процесса взаимодействия фосфоритной муки с почвой, обладающей

определенной актуальной и потенциальной кислотностью, состоит в постепенном разложении фосфата кальция почвенной кислотностью, его трансформации в гидрофосфат кальция – соединение, доступное растениям. Схематически этот процесс можно представить в следующем виде:



В разложении фосфоритной муки участвует не только актуальная, но и потенциальная кислотность почв. Под влиянием кислотности почвы фосфоритная мука превращается в усвояемый растениями CaHPO_4 . На почвах, имеющих гидролитическую кислотность менее 20–25 ммоль-эк/кг, разложение фосфоритной муки происходит слабо и эффективность ее очень низкая. Чем больше гидролитическая кислотность, тем выше эффективность фосфоритной муки. Однако действие ее зависит не только от величины кислотности почвы, но и от емкости поглощения и степени насыщенности почв основаниями. При одной и той же гидролитической кислотности эффективность фосфоритной муки тем выше, чем меньше емкость обменного поглощения катионов почвы (рис. 1; Смирнов П.М., Муравин Э.А., 1988).

Фосфориты желвакового типа, более молодые с точки зрения геологического возраста и не имеющие хорошо выраженного кристаллического строения, доступнее для растений. При их размоле получают муку, пригодную для непосредственного удобрения. Фосфориты более древнего происхождения, имеющие кристаллическое строение, труднодоступны для большинства растений и поэтому не пригодны для приготовления фосфоритной муки.

Эффективность фосфоритной муки увеличивается в значительной степени с повышением тонины помола. Чем тоньше частицы, тем больше их поверхность соприкосновения с почвой и лучше происходит под действием почвенной кислотности реакция перехода трехзамещенного фосфата кальция фосфоритной муки до усвояемых растениями соединений. Значение тонины помола для повышения эффективности фосфоритной муки особенно велико на оподзоленных и выщелоченных черноземах, имеющих недостаточную кислотность для разложения этого удобрения.

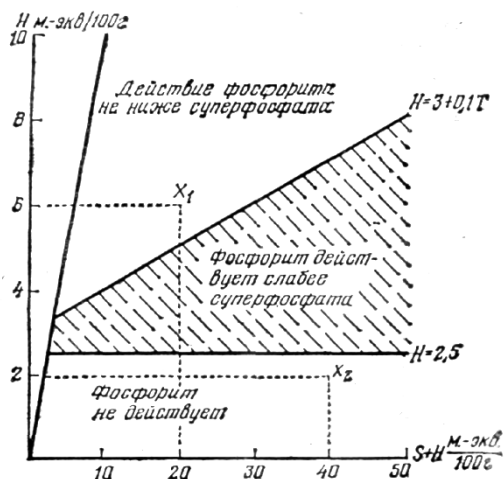


Рисунок 1 – График прогноза действия фосфоритной муки:
 X_1 – почва, на которой действие фосфорита не ниже суперфосфата;
 X_2 – почва, на которой фосфорит не действует

Большинство растений может использовать фосфор из фосфоритной муки только при соответствующей кислотности почвы. К этой группе относятся все растения из семейства злаков, лен, свекла, картофель; из бобовых – горох, бобы, вика, клевер; при этом озимая рожь, клевер, горох усваивают фосфоритную муку несколько лучше, чем остальные культуры данной группы. Другая группа растений может хорошо усваивать фосфор из фосфоритной муки при слабокислой или даже нейтральной реакции; сюда относятся люпин, гречиха, эспарцет, горчица. Эти растения обладают также и повышенной способностью усваивать фосфор из почвы.

Способность растений усваивать труднорастворимые фосфаты с возрастом меняется. Большинство растений в первый период их вегетации слабо усваивают труднорастворимые фосфаты, а в дальнейшем эта способность возрастает. Усвоение фосфора из фосфоритной муки зависит и от сопутствующих удобрений: физиологически кислые удобрения повышают эффективность фосфоритной муки, а физиологически щелочные удобрения и известковые материалы, наоборот, снижают.

Эффективность фосфоритной муки повышается при применении ее для компостирования с органическими удобрениями и для нейтрализации физиологически кислых удобрений.

Фосфоритную муку применяют как основное удобрение, вносить ее лучше заблаговременно, с осени, обязательно с глубокой заделкой. Наиболее эффективно внесение ее вместе с навозом в пару под озимые культуры, а также под пропашные – сахарную свеклу, картофель, кукурузу. Положительное действие фосфоритной муки продолжается несколько лет. Чем больше норма этого удобрения, тем эффективнее и продолжительнее его действие.

Вивианит – минерал, водный фосфат закиси железа $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Назван в 1817 г. по имени английского минералога Дж. Г. Вивиана. Вивианит содержит 43,03 % оксида железа (II), 28,29 % P_2O_5 , и 26,68 % H_2O . Встречается этот минерал в порошкообразных или плотных массах. Твердость по минералогической шкале 1,5–2,0; плотность 2,6–2,7 т/м³. Распространен он в железорудных осадочных месторождениях, богатых фосфором, и в торфяниках. В чистом виде вивианит найден на Урале в окрестностях г. Ирбита и вблизи г. Керчи среди железных руд. Практический интерес представляет землистая разновидность вивианита, так называемая синяя железная руда (*болотная руда*). Она часто встречается в торфах низинных болот, главным образом осокового и березово-ольшаникового происхождения, в виде различных включений. На месте образования синяя железная руда имеет грязно-белый цвет, а после извлечения руды на поверхность быстро приобретает синюю окраску, переходящую в дальнейшем, по мере высыхания, в серовато-голубую. Вивианит в таком виде легко рассыпается в тонкий пылящий порошок. При хранении на открытом воздухе вивианит постепенно переходит в желтую бурую руду – лимонит с окисной формой железа. Образование вивианита в болотах связывается с восстановительными процессами, происходящими в условиях недостатка кислорода.

Болотная руда (вивианит) используется как фосфорное удобрение на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и выщелоченных черноземах. Вивианит легко разрыхляется при высыхании и неплохо рассеивается. В нем содержится от 30 до 50 % торфа, от 12 до 26 % P_2O_5 , от 16 до 25 % FeO и в некоторых – небольшое количество кальция. Вивианит по действию приближается к фосфоритной муке. Его можно вносить из расчета 90–120 кг P_2O_5 на 1 га.

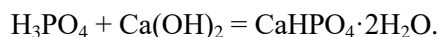
Костная мука (*костяная мука*) – побочный продукт переработки костей. По внешнему виду она представляет собой белый с сероватым оттенком сухой порошок тонкого помола. Кости когда-то были довольно значительным источником фосфорной кислоты для сельского хозяйства. Уже в начале XIX в. в Англии и Германии имелись мельницы для размола костей. В дальнейшем удельный вес этого источника фосфорной кислоты значительно уменьшился. В костях имеются органические и минеральные вещества. Средний состав сырой кости следующий:

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	58–62 %	Органическое вещество (жир и клей)	26–30 %
$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$	1–2 %	в том числе жир	10–15 %
CaCO_3	6–7 %	Азот в клеевом веществе	4–5 %
CaF_2	2 %		

В неизменном виде измельченная кость в почве трудно разлагается вследствие плохой смачиваемости почвенной водой облегаемых жиром частиц кости. Поэтому, прежде чем кость употреблять на удобрение, ее нужно подвергнуть переработке. Самый простой способ переработки кости – обжиг ее при доступе воздуха. Органическое вещество сгорает, и остается костяная зола. Но при этом усвояемость фосфорной кислоты значительно снижается, что, вероятно, связано с переходом ортофосфорной кислоты в пиро- и метафосфорную кислоту:



Обычно кость перерабатывается таким образом, чтобы из нее были выделены такие органические вещества как клей и жир. Для получения жира применяют экстракционный способ, при котором жир извлекается бензином, а обезжиренные кости обрабатываются паром под давлением 1,5–2 атм. с последующей промывкой водой для извлечения клея. Получается обезжиренная и обесклеенная костяная масса, которую подвергают обработке соляной кислотой. При экстракционном способе $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ и другие минеральные вещества растворяются, остается мягкий остов, состоящий из оссеина. При нагревании с водой оссеин дает высококачественный клей (желатин). Фосфорная кислота из солянокислого раствора осаждается «известковым молоком» в виде преципитата по уравнению:



Обезжиренная и обесклеенная костяная мука содержит 30–35 % P_2O_5 в основном в форме не растворимого в воде трикальцийфосфата и до 1 % азота.

Костяная мука может быть с успехом применена на тех же почвах, что фосфоритная мука. Применяется так же, как и фосфоритная мука, но отличается большей эффективностью при удобрении всех культур. Исключение представляет люпин, для которого оба источника фосфора по своему действию близки. Наиболее эффективна костяная мука на кислых дерново-подзолистых почвах. Физиологически кислые азотные удобрения увеличивают доступность растениям фосфора костяной муки, а известь, наоборот, уменьшает.

2.2.1.3. Калийные удобрения

Калийные удобрения, как источник естественной радиоактивности, имеют особое значение в жизни растений – β - и γ -лучи создают дополнительную внутриклеточную энергию, которая принимает участие во многих биохимических процессах. С урожаем калия выносятся значительно больше, чем фосфора, а иногда даже больше, чем азота. Особенно это характерно для картофеля, корнеплодов и капусты. Много его потребляют многолетние бобовые

и злаковые травы. Естественным путем калий возвращается в почву лишь с опавшими листьями, стеблями (соломой) и другими пожнивными остатками. Поэтому внесение калийных удобрений является одним из важнейших мероприятий повышения продуктивности всех сельскохозяйственных культур. Выделена группа так называемых калиелюбивых культур: сахарная свекла, кормовые корнеплоды, овощные культуры, кукуруза, картофель; большая потребность в калии у крыжовника.

Сырьем для производства калийных удобрений служат природные калийные соли: галит NaCl ; сильвинит $n\text{NaCl}+m\text{KCl}$; алунит $(\text{K},\text{Na})_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3$; полигалит $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; карналлит $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; каинит $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; шенит $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; лангбейнит $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$; глазерит $3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$; нефелин $(\text{K},\text{Na})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

На территории Российской Федерации находится крупнейшее месторождение хлористых калийных солей – Верхнекамское (12 млрд. т) – расположено на левом берегу р. Камы вблизи городов Соликамск и Березники (западный склон Северного Урала). Месторождение было открыто в 1925 г., а производство удобрений начато в 1929 г. Калийные соли залегают здесь под толщей наносных пород. Верхняя часть пласта представлена карналлитом. Ниже залегают мощный пласт пестроокрашенного сильвинита, который является основным сырьем для получения хлористого калия на Соликамском и Березниковском комбинатах.

Сульфатные калийные удобрения получают из минералов каинитовых, лангбейнитовых и смешанных лангбейнито-каинитовых пород, а также из алунитов. Залежи полигалита, каинита и глазерита находятся в Саратовской и Оренбургской областях и в Башкирии (Заволжское месторождение). В 1986–1990 гг. среднегодовой выпуск калийных удобрений в России составлял 4,5 млн т д. в. (в расчете на K_2O), в 1993–1996 гг. он сократился до 2,5–2,7 млн т, а затем стабилизировался на уровне 3,5–4,0 млн т.

По содержанию действующего вещества (K_2O) калийные удобрения делят на две группы: *простые* калийные удобрения, содержащие до 30 % K_2O (сильвинит, каинит, полигалит, калимаг, калимагнезия, шенит и лангбейнит) и *концентрированные*, содержащие более 30 % K_2O (хлористый калий, сернокислый калий, хлористый калий-электролит, калийная соль, калийно-магниевый концентрат). Простые удобрения, за исключением калимага и калимагнезии, получают размолом природных калийных руд, поэтому их называют *сырыми* калийными солями.

В зависимости от используемого сырья различают хлорные и бесхлорные калийные удобрения.

2.2.1.3.1. Простые калийные удобрения

Сильвинит $n\text{KCl}+m\text{NaCl}$. Содержит 12–18 % K_2O и 35–40 % Na_2O . Примесь хлористого натрия в сильвините составляет 75–80 %. По стандарту соликамский сильвинит должен содержать 15 % K_2O . Получают путем механического размельчения сильвинитовой калийной агроруды. Это крупнокристаллическое вещество с кристаллами белого, оранжевого, бурого, а иногда синеватого цвета. Обладает удовлетворительными физическими свойствами. При длительном хранении сильно слеживается. Недостатком этого удобрения является повышенное содержание хлора. Поэтому сильвинит необходимо вносить осенью для вымывания хлора, не поглощенного почвой. Из-за наличия натрия это удобрение лучше использовать на лугах и пастбищах, а также под кормовую и сахарную свеклу, исходя из их биологических особенностей.

Из-за малого содержания действующего вещества сильвинит транспортировать на большие расстояния экономически невыгодно.

Каинит $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$, представляет собой размолотую каинито-лангбейнитовую руду. В качестве сопутствующих соединений каинит содержит $NaCl$, $CaSO_4$ и $MgSO_4$. Действующего вещества это удобрение содержит всего 8–10 %, хлора около 40 и MgO – около 8 %. Это крупнокристаллическое вещество серого, белого или оранжевого цвета. Не слеживается, перевозится навалом. Недостаток каинита тот же, что и у сильвинита – повышенное содержание хлора. Вносить его следует под основную обработку почвы, чтобы создать благоприятные условия для вымывания ионов хлора.

Полигалит $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Содержит 12–15 % K_2O . Это бесхлорное калийное удобрение, ценность которого повышается благодаря наличию магния, серы и микроэлементов. Полигалит имеет хорошие физические свойства, не слеживается. Высокоэффективен при удобрении картофеля, льна, зерновых культур. Вносится осенью.

Шенит $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$; содержит 20–23 % K_2O .

Лангбейнит $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$; содержит 22,7 % K_2O . По действию и свойствам это удобрение сходно с полигалитом.

Калимаг (калийно-магнезиальный концентрат) $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$. Содержит 17,5–19,5 % K_2O и 24–26 % MgO . Производят из лангбейнита после удаления выщелачивания из него $NaCl$. Калимаг имеет хорошие физические свойства: негигроскопичен, не слеживается. На Соликамском магниевом заводе при переработке карналлита освоено производство калимага хлористого гранулированного с содержанием 45–65 % KCl и 4,5–15,0 % $MgCl_2$. Это хорошее удобрение для картофеля, льна, клевера и других магниелюбивых культур, особенно при выращивании на бедных калием и магнием песчаных и супесчаных почвах.

Калимагнезия $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$. Получается из каинито-лангбейнитовой руды. Содержит 29 % K_2O , 9 % MgO , не более 25 % Cl и до 5 % влаги. Таким образом, в калимагнезии на единицу калия приходится примерно в 2 раза меньше хлора, чем в хлористом калии. Имеет хорошие физические свойства, негигроскопична, не слеживается. Получают калимагнезию при обезвоживании шенита. Ценное удобрение под культуры, чувствительные к хлору (картофель, овощи, плодовые, гречиха, лен) на почвах легкогранулометрического состава, бедных магнием. Можно применять на всех почвах под все культуры различными способами внесения.

Печная зола. Местное калийно-фосфорно-известковое удобрение. Калий содержится в золе в виде карбоната (K_2CO_3). Количество K_2O в золе колеблется в зависимости от источника топлива (табл. 6; Анспок П.И., Штиканс Ю.А., Визла Р.Р., 1981).

Печная зола – наилучшая форма калия для культур, чувствительных к хлору. Ее необходимо хранить в сухом помещении, т. к. вода выщелачивает из нее калий и другие питательные вещества и удобрительная ценность снижается. Она может применяться на всех почвах и под все культуры: картофель, овощные, клевер, многолетние травы. Как удобрение, содержащее известь, наиболее эффективна на кислых почвах, особенно на бедных калием песчаных, супесчаных и торфяниках.

Золу можно вносить как основное удобрение с осени под вспашку или весной под культивацию зяби, а также в виде подкормки под пропашные (или при междурядных обработках), озимые культуры и многолетние бобовые травы (поверхностно, рано весной).

Таблица 6 – Состав золы разных видов топлива, %

Зола	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO
Соломы: пшеничной	13,6	6,4	5,9
ржаной	16,2	4,7	8,5
рисовой*	18,1	5,1	7,3
гречишной	35,3	2,5	18,5
Стеблей подсолнечника	36,3	2,5	18,5
Дров: березовых	13,8	7,1	36,3
сосновых	6,9	2,0	31,8
еловых	3,2	2,4	25,3
ивовых	4,6	2,1	43,5
Навоза, кизняка	1,0	5,0	9,0
Торфа: низинного	1,0	1,2	20,0
верхового	0,3	0,5	3,0
Каменного угля: в чистом виде	0,1–0,4	0,1–0,4	–
вместе с дровами	1,0	2,0	–

* дополнен А.Х. Шеудженом

Норма золы зависит от содержания в ней калия и фосфора. Зола от сжигания соломы и дров обычно рекомендуется вносить в норме 0,5–1,5 т/га под вспашку или культивацию.

Цементная пыль – отход цементных заводов; содержит 10–15 % K₂O. Калий содержится в цементной пыли в виде карбоната, гидрокарбоната, сульфата и силикатов. Соотношение между солями зависит от состава сырья и технологии производства. Кроме соединений калия, в цементной пыли содержатся оксид кальция, гипс, полуторные оксиды и примеси микроэлементов. Калийные соли цементной пыли растворимы в воде и доступны растениям. Отход имеет щелочную реакцию, не содержит хлора и применяется на кислых дерново-подзолистых почвах под культуры, чувствительные к хлору.

2.2.1.3.2. Концентрированные калийные удобрения

Хлористый калий. Химически чистый KCl содержит 63,1 % K₂O, а удобрение, имеющее некоторое количество примеси NaCl, – от 50 до 60 % K₂O.

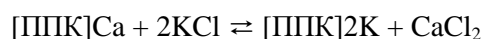
В мировом производстве калийных удобрений на долю хлористого калия приходится 80–90 %. Хлористый калий – мелкокристаллическое удобрение белого или кремового цвета с примесью оранжевых или красных кристаллов. Получают его разделением сильвинита на хлориды калия и натрия гидроциклонным способом, а также галургическим и флотационным обогащением калийных руд. При *гидроциклонном способе* получают крупнокристаллический хлористый калий путем разделения хлоридов калия и натрия по удельной массе в специальных аппаратах «Гидроциклон». *Галургический способ* производства основан на неодинаковой растворимости компонентов сильвинита – хлористого калия и хлористого натрия – при повышении температуры до 90–100 °С. При этом в растворах, насыщенных обеими солями, содержание хлористого калия увеличивается примерно в два раза, а хлористого натрия уменьшается. При последующем охлаждении раствора до 20–25 °С хлористый калий кристаллизуется, а хлористый натрий остается в растворе. После высушивания образовавшихся кристаллов получается мелкокристаллический хлористый калий, который при хранении слеживается.

Флотационный способ получения хлористого калия отличается от предыдущего тем, что для отделения KCl от NaCl в сильвинит добавляют амины в качестве поверхностно-активного вещества, которые адсорбируются только на поверхности кристаллов KCl. При интенсивной продувке его кристаллы всплывают, а кристаллы NaCl оседают. Флотационный хлористый калий имеет более крупные естественные кристаллы, а реагенты на поверхности кристаллов KCl резко уменьшают слеживаемость удобрения.

Хлористый калий, полученный галургическим способом, – белое кристаллическое вещество, флотационным – в виде частичек красноватого цвета. Кристаллический хлористый калий (марка «К») содержит 62–62,5 % K₂O, флотационный (марка «Ф») – в зависимости от сорта от 54 до 60 % K₂O.

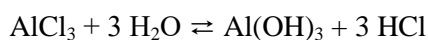
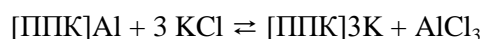
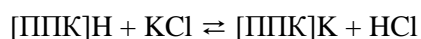
Хлористый калий при внесении в почву легко растворяется в почвенном растворе, а затем вступает во взаимодействие с почвенным поглощающим комплексом по типу обменного, а частично и необменного поглощения.

Обменное, т. е. физико-химическое поглощение ионов калия почвой составляет значительную часть емкости обмена. Реакция физико-химического (обменного) поглощения катиона K⁺ почвой обратима. Обменное поглощение калия протекает различно в зависимости от свойств почвы. Для почв, насыщенных кальцием, процесс обмена можно изобразить следующим образом:



В результате этого кальций переходит в почвенный раствор. Свойства почв при этом существенно не изменяются.

В кислых почвах в обмен на ионы калия почвенный раствор обогащается катионами водорода и алюминия:



Появление ионов H⁺ и Al³⁺ в почвенном растворе приводит к его подкислению. Кроме того, дополнительное подкисление почвенного раствора происходит и за счет физиологической кислотности хлористого калия: растения значительно интенсивней потребляют катион калия (K⁺), чем сопутствующий ему анион хлора (Cl⁻). В результате обменных реакций в почвенном растворе образуется соляная кислота. Кроме того, дополнительное подкисление почвенного раствора происходит за счет соляной кислоты, образующейся в результате гидролиза хлористого алюминия. Поэтому на кислых дерново-подзолистых почвах эффективность калийных удобрений снижается. Однако подкисляющее действие калийных удобрений на почвенный раствор намного ниже аналогичного влияния аммонийно-нитратных и аммонийных удобрений, и проявляется она, как правило, только при длительном применении этих удобрений под калиелюбивые культуры, потребляющие большое количество калия.

В результате перехода калия в обменно-поглощенное состояние ограничивается его подвижность в почве и предотвращается вымывание за пределы пахотного слоя, за исключением почв легкого гранулометрического состава с низкой емкостью обмена. Обменно-поглощенный почвой калий удобрений хорошо доступен растениям.

Частично калий поглощается почвами необменно. Фиксация, т. е. необменное поглощение калия почвами может происходить двумя способами: пу-

тем иллитизации части набухающей минеральной фазы и при непосредственном вхождении катионов калия на имеющиеся свободные позиции в кристаллической решетке минералов группы гидрослюд и монтмориллонитов. Особенно сильно поглощаются необменно катионы калия вермикулита. Фиксированные катионы калия менее доступны растениям, чем обменно-поглощенные.

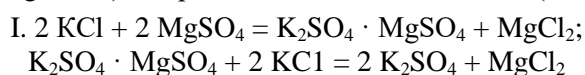
Хлористый калий – наиболее распространенное калийное удобрение и может применяться под все культуры и на любых почвах. Пригоден для основного, припосевного удобрения и подкормок. Не рекомендуется его внесение под культуры, чувствительные к хлору. Необходимо сказать, что ион хлора в хлористом калии в разумных дозах не только не опасен, но и благотворно сказывается на жизнедеятельности растений. Клетки практически всех растений в составе вакуолярного сока содержат большое количество хлора. Растения имеют специфическую Cl-транспортную систему, обеспечивающую быстрое поглощение иона хлора. В отличие от других анионов хлор не подвергается химическим преобразованиям в клетке и при концентрации 2–20 мг/кг сухого вещества выполняет положительную роль в физиологических процессах:

- участвует в реакциях фотолиза при фотосинтезе;
- усиливает поступление в клетки катионов K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и сохраняет электронейтральность;
- оказывает влияние на оводненность растений, повышая осмотическое давление в клетках и их водоудерживающую способность, контролируя работу устьичного аппарата, – все это способствует устойчивости растений в неблагоприятных условиях;
- участвует в создании запасов энергии в клетке.

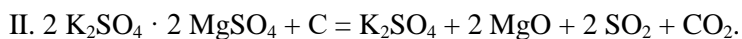
При содержании 15 % хлора в удобрениях он никакого отрицательного действия на растения, даже чувствительных к этому элементу, не оказывает. Маркировка «бесхлорное удобрение» служит только в рекламных целях и для оправдания высокой стоимости удобрения.

Калийная соль ($KCl+KCl\cdot NaCl$) – кристаллическая соль серого цвета с включением розовых кристаллов. Содержит 41–44 % K_2O , 20 – Na_2O и 50 % Cl ; физиологически кислое удобрение. Получается механическим смешиванием хлористого калия с тонкоразмолотым сильвинитом или каинитом. По сравнению с хлористым калием калийная соль имеет меньшую гигроскопичность, но при хранении слеживается; в сухом состоянии удовлетворительно рассеивается. Наиболее эффективна при внесении под сахарную свеклу в кормовые корнеплоды, которые положительно реагируют на натрий и малочувствительны к хлору. Является хорошим удобрением для сенокосов и пастбищ. При внесении высоких норм азотных удобрений сочетание калия с натрием в калийной соли снижает накопление нитратного азота в растениях, усиливает углеводный обмен. Для культур, чувствительных к избытку хлора, она менее пригодна, чем хлористый калий. Рекомендуется вносить калийную соль в качестве основного удобрения. По техническим требованиям она должна содержать не менее 40 % K_2O .

Сульфат калия (сернокислый калий). Химически чистый K_2SO_4 содержит 54,1 % K_2O , а в техническом продукте, идущем на удобрение, содержание K_2O колеблется от 45 до 52 %. Производится методами обменного разложения KCl и $MgSO_4$ (I) и термического восстановления (II):



Сульфат калия вследствие невысокой растворимости выпадает в осадок, а хорошо растворимый $MgCl_2$ остается в растворе. Осадок сульфата калия отфильтровывают и сушат.



Сульфат калия выщелачивается при 100°C водой, а оксид магния остается в осадке; сернистый газ восстанавливается метаном до элементарной серы.

Сульфат калия – это мелкокристаллическая соль белого или кремового цвета. Удобрение обладает хорошими физическими свойствами: негигроскопично, хорошо рассеивается, не слеживается, перевозить его следует в таре или насыпью в крытых вагонах. Может применяться на любых почвах и под все культуры. Обычно в этом удобрении содержится 1–2,5 % хлора. Сульфат калия является ценным удобрением для картофеля, овощей, льна, табака, плодовых, зерновых культур и многолетних трав. Наличие в удобрении сульфат-иона может положительно влиять на урожай растений семейства капустовых и бобовых, потребляющих из почвы значительное количество серы.

Хлоркалий-электролит. Продукт, получаемый при производстве магния из Соликамского карналлита, содержит 32–45 % K_2O в форме KCl , кроме того, в нем присутствует около 30 % $NaCl$ и 2–3 % $MgCl_2$ (16 % Na_2O и 0,2 % MgO). Хлоркалий-электролит сильнопылящий мелкокристаллический порошок с желтым оттенком; не слеживается, его перевозят в бумажных мешках или насыпью. На Березниковском комбинате освоено производство гранулированного калий-электролита с содержанием 42 % K_2O и 6–7 % MgO . В качестве основного удобрения хлоркалий-электролит можно применять при внесении с осени под все культуры. По эффективности он приближается к KCl ; на бедных магнием легких почвах более эффективен, чем хлористый калий.

Поташ (калий углекислый) K_2CO_3 – побочный продукт при переработке нефелинового сырья. Содержит 52–55 % K_2O . Это концентрированное, порошковидное, легкорастворимое, высокогигроскопичное удобрение, имеющее щелочную реакцию. Поташ рекомендуется вносить под картофель и плодово-ягодные культуры на кислых почвах. Недостаток его – сильная гигроскопичность. Щелочность и отсутствие хлора делают это удобрение высокоэффективным на кислых дерново-подзолистых почвах.

2.2.1.4. Кремниевые удобрения

Кремний – второй элемент после кислорода по распространенности в земной коре, составляя 29,5 % ее массы. Содержание кремния в почве определяется, главным образом, наличием в ней кварца и в меньшей степени – первичных силикатов и алюмосиликатов. В ряде случаев присутствует, даже в больших количествах, аморфный кремнезем в виде опала или халцедона, генезис и накопление которых, связаны с биогенными или гидрогенными процессами. Кремнезем (SiO_2) в виде кварца и алюмосиликатов составляет 65–95 % неорганической части почв.

Растения по содержанию кремния делятся на две группы: кремнефобные и кремнефильные. Первая группа в основном объединяет двудольные растения. Содержание кремния в них не превышает 0,01–0,1 % сухой массы. К второй группе относится большинство однодольных растений. Содержание кремния в кремнефильных растениях может достигать до 20 %, но чаще находится в пределах 1–10 % сухой массы.

Растения поглощают кремний в виде истинных растворов мономерной ортокремниевой кислоты. Возможна его ассимиляция и в виде иона силиката.

В растениях, поглощающих кремний, поверхность корневых волокон имеет основной (щелочной) характер и покрыта слоем гидроксильных групп, которые могут замещаться ионами силиката, другие же растения могут иметь клеточные мембраны, содержащие кислотные группы или же равное количество кислотных и основных групп. Поглощение кремния корневой системой связано как с конвективным переносом, так и с пассивной диффузией. Кремниевые растения поглощают этот элемент и путем активного переноса против электрохимического потенциала. В растениях обнаружены специальные ферменты «силиказы», обуславливающие ассимиляцию и метаболизм значительных количеств кремния. В листьях просо найден фермент, ответственный за включение кремния в органические соединения. В ассимиляции кремния рисом участвует оксидаза цитохром.

Поглощение кремния растениями зависит от запасов его доступных форм в почве, чему приблизительно соответствует количество SiO_2 , экстрагируемое из почвы ацетатным буферным раствором лимонной кислоты или водой.

Вовлечение почв в сельскохозяйственное производство нарушает сложившийся баланс кремния, поскольку значительная часть этого элемента ежегодно безвозвратно отчуждается с урожаем. Причем, растения выносят кремния больше, чем других элементов. Так, для картофеля эта величина колеблется от 50 до 70 кг/га, для зерновых – от 100 до 300 кг/га. Максимальное количество этого элемента выносится сахарным тростником – до 700 кг/га. Ежегодно в мире 210–225 млн. т кремния безвозвратно отчуждается из почв урожаем, поэтому концентрация монокремниевой кислоты, особенно в пахотном слое, быстро снижается. Нарастающий дефицит кремния вызывает ряд негативных последствий, т.к. кремний является не только питательным, но и конструктивным почвенным элементом. Дефицит монокремниевой кислоты и уменьшение содержания аморфного кремнезема приводит к разрушению органо-минерального комплекса почвы, ускорению деградации органического вещества, ухудшению минералогического состава.

Для поддержания баланса монокремниевой кислоты в почве необходимо внесение кремниевых удобрений. Основатель теории минерального питания растений Ю. Либих (1840), опираясь на данные по химическому составу растений, первым пришел к выводу о необходимости внесения кремниевых удобрений под сельскохозяйственные культуры. В 1856 г. Д.Б. Лооз заложил первый полевой опыт «Grass Park» на Ротамстедской станции (Rothamsted Station) в Англии, где в одном из вариантов предусматривалось ежегодное внесение кремниевого удобрения. Этот эксперимент продолжается до сих пор, и вариант с данным видом удобрения обеспечивает стабильную прибавку урожая.

В России инициатором изучения и испытания кремниевых удобрений был Д.И. Менделеев, который в 1870 г. предложил использовать аморфный диоксид кремния. В 1881 г. в США J. Zippicott и J. Zippicott запатентовали коммерческое кремниевое удобрение. В настоящее время кремниевые удобрения получили наибольшее применение в рисоводстве. Установлены критерии необходимости их внесения под рис (табл. 7; Шеуджен А.Х., Алешин Н.Е., 1986). Как следует из приведенных данных, если в соломе риса кремния содержится меньше 11 %, то растения испытывают кремниевую недостаточность.

Оптимизация кремниевого питания приводит к повышению устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды и их продуктивности. Обогащение почвы коллоидной кремниевой кислотой в результате внесения силикатных известковых удобрений приводит к расширению отношения

Таблица 7 – Группировка рисовых почв по содержанию доступного растения кремния

Обеспеченность почв	Содержание кремния		Ожидаемая эффективность кремниевых удобрений
	в почве, мг/кг	в соломе, %	
Низкая	<105	<11	Высокая
Средняя	105–130	11–13	Средняя
Высокая	>130	>13	Не эффективно

$\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ в почвенном поглощающем комплексе. С расширением отношения ацидоидов к базоидам уменьшается активность полуторных окислов почвы, которые могут оказывать вредное влияние на развитие растений, а также связывать находящуюся в почве фосфорную кислоту; повышать подвижность имеющейся в почве фосфорной кислоты, уменьшать поглощение P_2O_5 , вносимого с удобрениями, и увеличивать доступность ее растениям. Поликремниевые кислоты способны связывать почвенные частицы, образуя кремниевые мостики между ними. Это, в свою очередь, приводит к повышению агрегатированности, влагоемкости, емкости обмена и буферности почв легкого гранулометрического состава. С помощью кремниевых удобрений можно снизить опасность водной эрозии почв, в результате чего создаются лучшие условия для роста и развития растений. Данный эффект обусловлен увеличением инфильтрации путем коагуляции коллоидов. Помимо всего этого, кремниевые удобрения, обладая высокой адсорбционной способностью, удерживают в корнеобитаемом слое почвы внесенные минеральные удобрения и тем самым опосредованно могут привести к повышению продуктивности сельскохозяйственных культур.

В качестве кремниевых удобрений можно использовать метасиликат натрия $\text{Na}_2\text{SiO}_3(\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, ионогидрат), метасиликат калия K_2SiO_3 , ортосиликат натрия Na_2SiO_4 и натрий кремнефтористый Na_2SiF_6 . Перечисленные удобрения наибольший эффект дают при предпосевной обработке семян и некорневой подкормке вегетирующих растений. Обработку семян зерновых культур проводят 0,5–1,0 %, некорневую подкормку растений – 0,10–0,50 % водными растворами кремния. Для внесения в почву пригодны кремнекальциевые соединения. Этот способ наиболее эффективен на почвах, обедненных подвижной кремниевой кислотой, к которым и относятся почвы с повышенной кислотностью. Несмотря на малую растворимость, силикат кальция способен к обменным реакциям в кислых почвах. В результате кальций переходит в поглощенное состояние, вызывая снижение кислотности почвы, а кремниевая кислота – в свободно активное. Положительное действие кремнекислоты на кислых почвах заметно проявляется лишь при одновременном устранении или снижении почвенной кислотности. Следовательно, способность силиката кальция нейтрализовать кислотность почвы является предпосылкой для положительного действия самой кремнекислоты.

Кремнекислота обладает защитным действием против вредного влияния на растения гидрата окиси алюминия, образующегося в почве в результате распада сложных силикатов. Обезвреживание ее происходит в результате образования ферриалюмосиликатов, быстро выпадающих в осадок вследствие их ничтожной растворимости.

2.2.1.5. Углеродные удобрения

Источником углерода для растений служит диоксид углерода (CO_2), ассимилируемый в процессе фотосинтеза растениями из атмосферы и корневой системой из почвенного раствора. В воздухе его содержится в среднем $0,3 \text{ см}^3/\text{л}$, в почве – примерно $3 \text{ см}^3/\text{л}$. Из почвы ежегодно выделяется в атмосферу 8 тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ диоксида углерода. Концентрация его в воздухе над растениями колеблется в пределах $0,28\text{--}0,61 \text{ мг/л}$. Над полями, удобренными минеральными и органическими удобрениями, содержание диоксида углерода более высокое. Растения удовлетворяют свою потребность в углероде примерно на $75\text{--}80\%$ из воздуха и $20\text{--}25\%$ из почвы. Следовательно, преобладающим компонентом в углеродном питании растений является CO_2 атмосферы.

Дефицит диоксида углерода (в воздухе содержится $0,03\%$) в условиях защищенного грунта, особенно при гидропонной культуре, растения испытывают в дневные часы в весенне-летний период. Это приводит к снижению интенсивности и продуктивности фотосинтеза, а, следовательно, и большому недобору урожая, поэтому в теплицах и оранжереях в дневные часы растения нуждаются в дополнительном обеспечении углеродом.

В качестве углеродного удобрения используются: а) газообразная углекислота, б) твердая углекислота (сухой лед), в) продукты каталитического (беспламенного) горения газа и твердого топлива, г) минеральные карбонатные соли и органические удобрения.

Газообразная углекислота используется для удобрения овощных культур в закрытом и открытом грунте. Газ подается из баллона в дневные часы. При подкормке углекислотой урожайность огурцов в закрытом грунте возрастает на $25\text{--}74\%$. У помидоров сильно разрастается куст под влиянием газирования, но урожай плодов при этом увеличивается незначительно. Под действием подкормки углекислотой ускоряется процесс созревания растений и улучшается качество продукции. В открытом грунте углекислоту подают вместе с поливной водой при дождевании. Этот прием увеличивает урожайность корнеплодов сахарной свеклы на $20\text{--}25\%$ и содержание сахара – на $0,5\text{--}1,0\%$.

Твердую углекислоту (сухой лед) применяют на удобрение в закрытом грунте. Необходимое количество твердой углекислоты по расчету на объем теплицы дробят на куски весом примерно $0,5 \text{ кг}$; последние равномерно раскладывают на стеллажах по всей теплице. Твердая углекислота переходит в газообразное состояние, и теплицы газифицируются.

Продукты каталитического (беспламенного) горения используют для подкормки растений. Углекислоту получают при сжигании бытового газа или твердого топлива в специальных печах каталитического горения сравнительно несложной конструкции. Полученный газ, содержащий до 15% CO_2 , вводят для газации растений в теплицу.

Минеральные карбонатные соли и органические удобрения могут служить источником углекислоты для удобрения сельскохозяйственных культур. При внесении в почву органических удобрений растения снабжаются не только азотом и зольными элементами, но и диоксидом углерода, поглощаемым как корнями, так и листьями. Размеры образования углекислоты в почве в процессе минерализации органического вещества зависят от количества внесенных органических удобрений и наличия растительных остатков в почве.

Наряду с органическими удобрениями и подкормкой растений углекислотой, в условиях закрытого и открытого грунта могут оказаться эффективными углекислые соли калия, натрия и аммония.

Эффективность углеродных удобрений в значительной степени зависит от условий минерального питания и температуры окружающей среды. Применять углекислоту на удобрение необходимо, прежде всего, в условиях закрытого грунта и при выращивании овощных культур гидропонным способом, где органические удобрения не вносятся.

2.2.2. Мезоудобрения

2.2.2.1. Железные удобрения

Железо – один из распространенных элементов земной коры. Содержание его в почвах колеблется от 1 до 5 %. Особенно богаты железом красноземы, в которых количество его достигает до 10–11 %. Наиболее бедны железом легкие песчаные почвы, содержащие около 1 % этого элемента. Несмотря на довольно большие общие запасы железа в почвах, количество растворимых, усвояемых растениями соединений его часто оказывается недостаточным.

Доступность для растений подвижных форм железа в значительной степени зависит от pH почвенного раствора и снижается при подщелачивании. Ионы Fe^{3+} при $pH > 2,4$ осаждаются в виде гидроокиси или гидрата, тогда как ионы Fe^{2+} лишь вблизи нейтральной точки. С увеличением кислотности подвижность железа в почве возрастает.

Обеспечение растений железом затруднительно прежде всего на карбонатных почвах вследствие его сильной фиксации.

Повышение окислительно-восстановительного потенциала (Eh) до 700–750 мВ благоприятствует окислению и тем самым фиксации железа. Интенсивная аэрация почвы усиливает этот процесс. Снижение Eh до 200–250 мВ, наоборот, приводит к накоплению восстановленных соединений и его вымыванию из пахотного слоя почвы с образованием конкреционных горизонтов. В рисовых почвах потери железа из пахотного слоя достигают больших величин. Это приводит к уменьшению емкости обмена, повышению кислотности, обусловленной подвижным алюминием, и к разрушению микроструктуры почв, в результате чего при высыхании они становятся плотно-монокристаллическими, пригодными для возделывания только риса. При вымывании подвижного железа фильтрационными водами рис может испытывать недостаток в этом элементе.

Железо может поглощаться корнями растений в форме катионов Fe^{2+} и Fe^{3+} и в виде хелатных соединений. Возможно также его поглощение через листья. Кларк железа в растениях равен 0,02 % сухой массы. Однако его количество в растениях сильно колеблется, что определяется их видовыми особенностями и почвенно-климатическими условиями произрастания. Хозяйственный вынос железа культурными растениями находится в пределах 1–10 кг/га. Недостаток этого элемента для растений чаще всего встречается на карбонатных и переизвесткованных почвах. Значительно реже его недостаток наблюдается на кислых почвах. Железное голодание растений в этом случае, как правило, связано с высоким содержанием в почве тяжелых металлов – марганца, меди, цинка, никеля. Обычно кислые почвы имеют большое количество подвижного железа, которое не только полностью удовлетворяет потребность растений в нем, но может быть даже избыточным и оказывать отрицательное действие.

Наиболее чувствительны к недостатку железа плодовые культуры – яблоня, груша, слива, персик, цитрусовые, а также малина и виноград. Железное голодание наблюдается и у полевых и овощных культур – риса, овса, кукурузы, люпина, картофеля, капусты и томатов, но, как правило, оно проявляется в более слабой степени, чем у древесных многолетних культур.

Важнейшим признаком недостатка железа является заболевание хлорозом. При небольшом его дефиците наблюдается бледная окраска листьев, при среднем – типичный междужилочный хлороз. Острый недостаток железа приводит к сильному хлорозу молодых листьев. Для обеспечения растений железом применяют удобрения, содержащие этот элемент: чистые водорастворимые соли, хелаты и фритты (табл. 8).

Таблица 8 – Ассортимент железных удобрений

Удобрение	Формула	Содержание железа, %	Вид продукта
Сульфат железа (II)	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20	Порошок
Сульфат железа (III)	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20	Порошок
Карбонат железа (II)	$\text{FeCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	42	Порошок
Железоаммонийные квасцы	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	14	Порошок
Фритты	Стекло	40	Порошок
	Fe – ДТПА	10	Порошок
	Fe – ЭДТА	9–12	Порошок
	Fe – ЭДДА	6	Порошок
Комплексопат железа	Fe – ДП – 11	11	Порошок
	Fe – ДП – 7	7	Порошок
	Fe – ДЛ – 6	6	Жидкость
	Fe – ДЛ – 3	3	Жидкость
Fe – Лигносульфат	–	5–11	Порошок
Fe – Метоксифенилпропан	–	5	Порошок
Полифлавоноид	–	6–10	Порошок
Двойной суперфосфат с железом (0-46-0)+ Fe	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + (\text{Fe})$	3,3	Гранулы
НРК – удобрение с железом (14,1+14,1+14,1)+ Fe	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	1,2	Суспензия

Водорастворимые соли: сульфат железа (железный купорос) – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, хлорид железа (II) – $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, хлорид железа (III) – $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, гипофосфит железа (III) – $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_2)_3$, иодид железа (II) – FeI_2 , нитрат железа (III) – $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ и ортофосфат железа (III) – $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Из перечисленных водорастворимых солей наиболее эффективным является железный купорос – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, содержащий 47–53% сернистой закиси железа. Его получают в значительных количествах из отходов металлургической промышленности – травильных растворов. Он представляет собой крупно- или мелкокристаллическое вещество серого цвета, часто с белым, желтым или бурым налетом.

Фритты производят как стекловидные соединения путем спекания и последующего быстрого охлаждения. Основой их является силикат, в который включают тот или иной питательный элемент. Фритты являются источником постепенного и равномерного питания растений железом, т.к. содержат его в водонерастворимой, но усвояемой растениями форме. Эти удобрения растворимы в 2 %-ной лимонной кислоте. В кислой почве усвояемость их выше, чем в нейтральной или щелочной. Почвой фритты не поглощаются. Тонко размолотые фритты вносят в почву совместно с органическими и минеральными удобрениями при основной обработке или локально при посеве. Норма удобрения зависит от требовательности растения к железу, и обеспеченности почвы этим элементом.

Перспективно их применение в орошаемом земледелии, в частности в рисоводстве, где невозможно исключить вымывание водорастворимых форм

удобрений фильтрационными и сбросными водами. Фритты вносят под рис непосредственно в почву из расчета Fe_{25-50} .

Хелаты являются комплексными соединениями органических веществ с железом. Они хорошо растворимы, слабо поглощаются почвой и в то же время легко усваиваются растениями. В качестве основы комплекса используются аминополууксусные кислоты. Наиболее перспективными являются комплексы железа с диэтилентриаминпентауксусной (Fe-ДТПА), этилендиаминтетрауксусной (Fe-ЭДТА) и полиэтиленполиаминполууксусной (Fe-ПППУ) кислотами. Эти комплексы содержат 7–10 % железа и представляют собой темно-коричневые растворы без запаха с удельной массой 1,4 г/см³.

Fe-ДТПА получают при взаимодействии железного купороса с диэтилентриамином. В реактор загружают хлорацетат натрия в заданном соотношении и при температуре 45 °С добавляют диэтилентриамин и 40 %-ю щелочь. Загрузку ведут с такой скоростью, чтобы температура смеси не превышала 60 °С, а pH было в пределах 9–11. Затем постепенно вводят определенное количество сульфата железа. После охлаждения до 18–20 °С и фильтрования раствор, содержащий 13–15 % Fe-ДТПА, направляют потребителю.

Большой интерес представляют удобрения семейства ДП–ДЛ, имеющие в своем составе железо в хелатной форме ДТПА. Удобрения этой серии отличаются полным отсутствием фитотоксичности при некорневых подкормках и высокой эффективностью при использовании их в системах малообъемной гидропоники. Состав: ДП 11 – 11 % железо, ДП 7 – 7 %, ДЛ 6 – 6 %, ДЛ 3 – 3 % железо.

Водорастворимые соли и хелаты железа в качестве удобрения можно вносить в почву, а также использовать для обработки посевного материала или некорневой подкормки вегетирующих растений. В почву их вносят в твердом виде или в виде водных растворов. При внесении в почву железо сравнительно быстро переходит в недоступное для растений состояние. Более эффективной является обработка посевного материала. Для этих целей используют 0,5–1 %-ные водные растворы солей железа.

Для устранения железного голодания растений используют некорневые подкормки растворами водорастворимых солей и хелатов железа. Последние действуют на листовой аппарат мягче и обеспечивают прибавку урожая. Для некорневой подкормки растений используют 0,1–0,5 % водные растворы железа. При корневой подкормке для проникновения хелата к корням растений необходимо обеспечить нормальную влажность почвы (поливом или мульчированием). На одно плодовое дерево в зависимости от возраста расходуют 5–12 л. Нормы и сроки применения железных удобрений семейства ДП–ДЛ, рекомендуемые фирмой-производителем, представлены в таблице 9.

Таблица 9– Применение железных удобрений ДП–ДЛ для некорневых подкормок растений

Культуры	Кратность применения	ДП 11	ДП 7	ДЛ 6	ДЛ 3
Злаковые	1 раз	0,5–1,5 кг/га	1–2,5 кг/га	1–3 л/га	2–6 л/га
Соя, свекла	1 раз	0,5–1,5 кг/га	1–1,2 кг/га	1–3 л/га	2–6 л/га
Виноград	2–3 раза	50–150 г/гЛ	100–250 г/гЛ	100–300 мл/гЛ	200–600 мл/гЛ
Цитрусовые, семечковые	2–4 раза	50–150 г/гЛ	100–250 г/гЛ	100–300 мл/гЛ	200–600 мл/гЛ
Косточковые	2–3 раза	50–150 г/гЛ	100–250 г/гЛ	100–300 мл/гЛ	200–600 мл/гЛ
Овощи	1 раз	30–50 г/гЛ	50–70 г/гЛ	50–80 мл/гЛ	100–150 мл/гЛ

На гидропонике нормы железных удобрений колеблются от 0,1 до 0,5 кг/м³. Рабочие растворы готовят в стеклянной, деревянной или железной посуде. Они не должны соприкасаться с медными, латунными или цинковыми деталями.

Недостаток железа часто бывает вызван не отсутствием его в почве, а физиологическим нарушением поглощения и использования железа растениями. Поэтому некорневая подкормка вегетирующих растений железом более эффективна, чем внесение его в почву.

2.2.2.2. Кальциевые удобрения

Недостаток кальция растения испытывают, прежде всего, на почвах, характеризующихся повышенной кислотностью. По результатам агрохимического обследования почв в Российской Федерации, в настоящее время 34 % пашни нуждается в известковании. Это в основном дерново-подзолистые и серые лесные почвы. Наибольшие площади кислых почв находятся в Северном, Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском и Дальневосточном экономических районах страны. Кислотность этих почв – генетическое свойство, связанное с условиями почвообразования на бескарбонатных почвообразующих породах. Устранение избыточной их кислотности достигается известкованием. *Известкованием* называется удобрение почвы кальцийсодержащими соединениями, способными оказывать нейтрализующее действие на почвенную кислотность. Мелиоративное известкование является не только важным средством устранения кислотности почв, но и одновременно дополнительным источником обеспечения растений кальцием.

По отношению к кислотности почвы и отзывчивости на внесение кальциевых удобрений сельскохозяйственные культуры делятся на 5 групп (табл. 10; Ефимов В.Н., 2003).

Таблица 10 – Группировка сельскохозяйственных культур по их отношению к кислотности почвы

Группа	Культура	Отношение к кислотности почвы	pH
I	Хлопчатник, пшеница озимая, свекла, конопля, капуста, лук, чеснок, сельдерей, клевер, люцерна, донник, райграс, ежа сборная, костер, смородина	Растения наиболее чувствительны к реакции среды пахотного горизонта; очень хорошо отзываются на известкование	6,5–7,2
II	Пшеница яровая, ячмень, горох, соя, кормовые бобы, фасоль, кукуруза, брюква, турнепс, огурец, салат, тыква, вика, лисохвост, овсяница луговая, мятлик, яблоня, слива, вишня, земляника	Растения чувствительны к повышенной кислотности; хорошо отзываются на известкование	5,7–7
III	Овес, рожь озимая, гречиха, редька, морковь, редис, томат, тимopheевка, груша, малина	Растения, менее чувствительны к повышенной кислотности; положительно отзываются на известкование	5,3–6
IV	Картофель, лен	Растения, легко переносящие умеренную кислотность и плохо – нарушение соотношения между кальцием, калием, магнием и бором. Для льна обязательно ограничение азотных удобрений	4,8–5,7
V	Люпин, сераделла, крыжовник, щавель, чайный куст	Растения, переносящие повышенную кислотность; слабо нуждаются в известковании	4,5–5

Признаки, проявляющиеся на растениях, дают лишь приблизительное представление о кислотности почвы и совершенно не могут служить основанием для установления норм известки, нейтрализующих ее.

Норма известкового удобрения зависит от:

- рН солевой вытяжки, гидролитической кислотности и степени насыщенности почвы основаниями;
- биологических особенностей возделываемых культур;
- типа и гранулометрического состава почвы;
- мощности пахотного слоя почвы и ее удельной массы;
- содержания гумуса;
- продолжительности и норм применяемых физиологически кислых минеральных удобрений;
- количества потерь кальция из почвы и ранее внесенных кальциевых удобрений.

Наиболее достоверный метод определения норм кальциевых удобрений для конкретного региона – использование результатов полевых многолетних опытов, которые наиболее точно отвечают особенностям почвенно-климатических условий возделывания сельскохозяйственных культур.

Сравнительно точным является определение норм кальциевых удобрений по величине гидролитической кислотности (Нг), выраженной в ммоль Н⁺. Для нейтрализации 1 ммоль катионов Н⁺ требуется 1 ммоль эквивалентов Са²⁺ или в пересчете на карбонат кальция 50 мг/100 г почвы: Са – 40, С – 12, О – 16 · 3 = 48; 40 + 12 + 48 = 100 : 2 = 50.

Норма СаСО₃ (чистого тонкоразмолотого и сухого, т/га), необходимая для нейтрализации Нг,

$$Д = \frac{Нг \cdot 50 \cdot 10 \cdot 3000000}{100000000} = Нг \cdot 1,5,$$

- где: Нг – величина гидролитической кислотности, ммоль;
50 – количество мг СаСО₃, необходимое для нейтрализации 1 ммоль Н⁺;
10 – переводной коэффициент 100 г почвы в кг;
3 000 000 – масса пахотного слоя почвы, кг/га;
1 000 000 000 – переводной коэффициент из миллиграммов в тонны.

Если содержание действующего вещества в кальциевых удобрениях указано не в виде СаСО₃, а в форме СаО или Са(ОН)₂, то полученную величину (с учетом эквивалентной массы этих соединений) умножают на коэффициенты 0,56 и 0,74 соответственно.

Физическая норма вносимых кальциевых удобрений определяется с учетом содержания карбонатов (действующего вещества), а также их влажности и гранулометрического состава:

$$СаСО_3 = \frac{Д \cdot 100^3}{М(100 - в) \cdot (100 - п)},$$

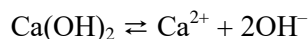
- где: Д – расчетная норма СаСО₃, т/га;
М – действующее вещество известкового удобрения, %;
в – содержание влаги, %;
п – содержание частиц крупнее 1 мм, %.

Основная масса кальциевых удобрений, используемых для мелиоративного известкования кислых почв, представлена карбонатом кальция, кото-

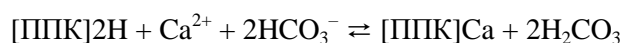
рый практически нерастворим в чистой воде. Растворимость CaCO_3 в воде, содержащей угольную кислоту, значительно повышается. Под влиянием углекислоты, находящейся в почвенном растворе, карбонат кальция постепенно превращается в растворимый гидрокарбонат кальция:



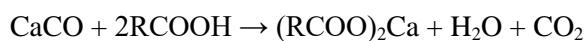
Гидрокарбонат кальция представляет собой гидролитически щелочную соль, которая при растворении в воде диссоциирует на ионы:



В почвенном растворе повышается концентрация катионов Ca^{2+} , которые вытесняют из почвенного поглощающего комплекса ионы водорода и кислотность нейтрализуется:



Карбонат кальция также нейтрализует свободные органические кислоты и азотную кислоту, образующуюся в процессе нитрификации:



При внесении кальциевых удобрений почва обогащается доступным для растений кальцием, кроме того, устраняется актуальная и обменная кислотность, значительно снижается гидролитическая кислотность, повышается степень насыщенности почвы основаниями. Мелиоративное известкование, устраняя кислотность, создает благоприятную среду для жизнедеятельности растений и почвенных микроорганизмов. Кальций, внесенный с известью, коагулирует почвенные коллоиды, улучшает структуру почвы и повышает ее водопрочность. После мелиоративного известкования улучшаются воздушный, водный и пищевой режимы, уменьшается возможность образования корки и облегчается обработка тяжелых почв. Снижается содержание в почве подвижных соединений алюминия и марганца, они переходят в неактивное состояние и не оказывают вредного влияния на растения.

На рубеже XX–XXI вв. в результате антропогенного воздействия произошло декарбонирование и подкисление оподзоленных почв и выщелоченных черноземов. Именно декарбонирование черноземов является своеобразным «пусковым механизмом» их деградации. Подкисление почвенного раствора, снижение величины суммы поглощенных оснований и степени насыщенности ими почвенного поглощающего комплекса, повышение величины гидролитической кислотности, потери органического вещества и ухудшение агрофизических параметров – не самостоятельные процессы, а следствие декарбонирования почв.

Декарбонирование и подкисление почвы происходят в результате выноса кальция растениями с урожаем и выщелачивания его из пахотного слоя осадками и оросительными водами в подпахотный горизонт. На увеличение кислотности почвы влияет также систематическое внесение физиологически кислых минеральных удобрений.

Главный источник потерь кальция из почвы – вымывание его с фильтрующимися водами. Везде, где годовые осадки превышают количество во-

ды, транспирируемой растениями и испаряющейся с поверхности почвы, часть воды будет просачиваться сквозь почву и, как следствие, будет теряться кальций. Потери этого элемента из почвы могут резко колебаться и зависят от количества выпавших осадков, степени просачивания влаги, гранулометрического состава почвы и ее кислотности, состава и норм применяемых удобрений, набора культур в севообороте и их урожайности. Потери кальция больше в почвах легкого гранулометрического состава, чем в – тяжелых. Средние ежегодные потери кальция из пахотного слоя почв в результате его вымывания колеблются примерно от 50 до 300 кг/га. Потери кальция в результате выноса растениями зависят от уровня урожайности культур севооборота. Примерно средний ежегодный вынос CaO с урожаем равен 40–80 кг/га, что соответствует 0,7–1,4 ц/га CaCO₃. Количество отчуждаемого с урожаем кальция бывает наименьшим в севооборотах, насыщенных зерновыми культурами, наибольшим – в овощных и кормовых.

Применение химически и физиологически кислых минеральных удобрений способствует увеличению содержания кальция в почвенном растворе и миграции его из пахотного слоя почвы. Наибольшее влияние на потери кальция с фильтрующимися водами оказывают азотные удобрения. Так, при внесении N₁₀₀ в форме сульфата аммония с пахотного слоя может вымываться примерно 250–290 кг/га CaO, а при внесении такого же количества азота в форме нитрата аммония – 70–90 кг/га. Потери кальция в результате вымывания увеличиваются при внесении физиологически кислых азотных удобрений совместно с калийными. При систематическом внесении этих удобрений изменяется состав промывных вод: увеличивается содержание соляной, серной и азотной кислот, уменьшается количество угольной кислоты, что способствует увеличению вымывания кальция. Для нейтрализации кислотности 1 ц сульфата аммония необходимо 1,25 ц CaCO₃; хлорида аммония – 1,4; нитрата аммония – 0,75; мочевины – 1,2; аммиачной воды – 0,5; безводного аммиака – 2,2; двойного суперфосфата – 0,1 ц CaCO₃.

Доля азотных удобрений, которая обеспечивается сульфатом аммония, сильно уменьшилась за последние годы, одновременно возросла доля высококонцентрированных удобрений. Поэтому общее подкисляющее действие азота, вероятно, уменьшилось в расчете на каждую тонну внесенного удобрения. Вместе с тем, в настоящее время общий объем применения минеральных удобрений значительно больше чем прежде. С удобрениями в почву увеличилось поступление, хлоридов и сократилось количество кальция, который поступал с суперфосфатом, вытесненным сейчас фосфатом аммония.

Исследования показывают, что потери кальция из почвы превышают его поступление. Дефицит баланса кальция в почве можно устранить, главным образом, в результате поддерживающего известкования, т.е. внесением кальциевых удобрений. Поддерживающее известкование следует рассматривать как перманентное применение кальция в земледелии, систему поддержания определенного положительного его баланса в пахотном горизонте на почвах, имеющих оптимальный уровень кислотности, при котором обеспечивается благоприятное соотношение между элементами питания растений в почвенном поглощающем комплексе. Особенно возрастает значимость этого фактора в интенсивном земледелии при возделывании новых высокоурожайных сортов.

Нормы кальциевых удобрений, установленные методом элементарного баланса, чаще всего находятся в пределах 200–800 кг/га. При определении нормы кальциевых удобрений необходимо принимать во внимание уровень

применения физиологически кислых минеральных удобрений и учитывать расход CaO на их нейтрализацию.

По способу получения кальциевые удобрения разделяют на три группы:

- промышленные (известняковая мука, гашеная известь);
- местные (известковый туф, доломитовая мука, гажа, мергель, мел, известковые торфы);
- отходы промышленности, содержащие кальций (металлургические шлаки: электроплавильные, доменные, мартеновские; дефекат; цементная пыль; зола; отход асбестовой промышленности: серпентиниты; отход сернорудной промышленности; отход свеклоносахарного производства: дефекат).

По химическому составу известковые удобрения разделяют на пять групп:

- необожженные известняки содержат кальций в форме CaCO₃ (мел, молотый известняк, мергель, доломит);
- жженая или негашеная известь состоит в основном из CaCO₃ + Ca(OH)₂ (д.в. 60–75 %);
- гашеная известь содержит в качестве нейтрализующей составной части Ca(OH)₂.
- основные шлаки – отходы металлургической промышленности, содержат преимущественно силикаты кальция (доменный шлак, мартеновские шлаки).
- простые и комплексные кальциевые удобрения (кальбит С, кальциевая селитра, натриевая селитра, метафосфат кальция, суперфосфат, цианамидкальция, известково-аммиачная селитра).

По содержанию магния различают кальциевые удобрения: не содержащие магния или бедные магнием и магниесодержащие.

Сведения по содержанию кальция в кальциевых удобрениях представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Кальциевые удобрения

Удобрения	Основная составная часть	Сопутствующие соединения	Содержание, %	
			CaO	Ca
Молотый известняк	CaCO ₃	MgCO ₃	45	32,0
Мергель	CaCO ₃ , MgCO ₃	–	45	32,0
Доломит	CaCO ₃ , MgCO ₃	–	45	32
Жженая известь	CaO	MgO	75	53,5
Смесь гашеной или негашеной извести с известняком	CaO, CaCO ₃	MgO, MgCO ₃	60	45,0
Гашеная известь	Ca(OH) ₂	MgO	65	46,5
Доменные шлаки	Силикаты кальция	Силикаты магния	45	32,0

Источником кальция могут служить также и минеральные удобрения широко применяемые в сельском хозяйстве (табл. 12).

В известково-аммиачной селитре, цианамиде кальция, томасфосфате и термофосфатах содержатся легкодоступные для питания растений соединения кальция, действующие как основания, но вследствие малых количеств не имеющие существенного значения для нейтрализации почвенной кислотности.

В связи с наметившимся четко выраженным декальцированием почв кальций становится одним из дефицитных элементов в питании растений. Для положительного решения данной проблемы создано кальциевое удобрение: кальбит С.

Таблица 12 – Содержание кальция в минеральных удобрениях

Удобрения	Формула	Содержание кальция, %	Нейтрализующее действие
Известково-аммонийная селитра	CaCO_3	8–12	+
Цианамид кальция	$\text{CaCN}_2, \text{CaO}$	43	+
Суперфосфат	$\text{CaSO}_4, \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	19	–
Двойной суперфосфат	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	14	–
Термофосфаты	$\text{CaNaPO}_4, \text{CaSiO}_4$	29	+
Томасфосфатшлак	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_2\text{SiO}_4$	28–32	+
Фосфоритная мука	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$	36	–
Кальциевая селитра	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	20	–
Метафосфат кальция	$\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$	18	–
Дикальцийфосфат	CaHPO_4	23	–

Кальбит С – жидкое кальциевое удобрение; содержит 15 % CaO . Это удобрение предназначено для подкормки растений с целью предотвращения их заболевания на почвах, подверженных декальциванию: горькой ямчатости яблок, вершинной гнили плодов томата, сладкого перца, арбузов и дынь, побурения мякоти и развития сухой и мокрой бактериальных гнилей картофеля, краевого ожога листьев у дынь, салата-латука, цикория зимнего, трещин в плодах черешни, персика, нектарниках, сливы, мандаринах и некрозов стебля.

Некорневая подкормка растений кальбитом С:

Яблонь, груш	80–100 мл/г [*] через 20 дней после цветения, каждые 15–20 дней до предуборочной стадии
Косточковых	80–100 мл/г каждые 15–20 дней после образования завязи
Овощей	200–300 мл/г после цветения, три обработки каждые 15–20 дней до созревания
Декоративных	200–300 мл/г каждые 15–20 дней
Винограда и киви	80–100 мл/г после завязывания плода каждые 15–20 дней

Кальбит С не токсичен; совместим с большинством пестицидов, но его нельзя смешивать с фосфорными удобрениями.

2.2.2.3. Магниевые удобрения

Проблема удовлетворения потребности растений в магнии с каждым годом приобретает все большую актуальность. Это связано с вымыванием его из пахотного слоя почв просачивающимися осадками и отчуждением с урожаем сельскохозяйственных культур. Положение усугубляется значительным увеличением применения высококонцентрированных минеральных удобрений: среднее содержание дефицитных элементов питания растений (NPK) во всех удобрениях возросло с 22,1 % в 1950 г. до 55,3 % в 2000 г. Повышение содержания NPK в удобрениях в какой-то степени произошло и за счет очистки их от примесей магния.

Потребность растений в магнии зависит от вида культуры и уровня урожая. Много выносят данного элемента (в пересчете на MgO) из почвы сахарная и

* гл – гектолитр (100 л), исходя из расхода рабочего раствора 1000 л/га – для плодовых, 200 л/га – для овощей. Фертигация – 3–5 л/1000 м².

кормовая свекла (60–70 кг/га), картофель, (40–60 кг/га), мало – зерновые культуры (10–14 кг/га) и злаковые травы (10–12 кг/га). Промежуточное место по выносу магния занимают люпин (20–40 кг/га) и бобовые травы (33–49 кг/га).

Потребность в магнии за ротацию севооборота в зависимости от выращиваемых культур колеблется в широких пределах. На легких почвах она составляет 65–270 кг/га. При увеличении в структуре посевных площадей таких культур, как зернобобовые, картофель и овощи, вынос магния из почвы повышается. Высокий вынос элемента отмечен в хозяйствах с большим удельным весом пропашных культур и посевов люпина.

Ионы магния при попадании в почвенный раствор сильно гидратируются, из-за чего слабо поглощаются почвой и легко вымываются атмосферными осадками. Потери этого элемента из почвы в результате вымывания составляют примерно 10–20 кг/га. Более высокими они бывают во влажные годы и на легких почвах, а также при интенсивном применении минеральных удобрений. Например, при внесении хлористого калия усиливаются потери магния с дренажными водами. Несколько меньше теряется этого элемента при внесении сульфата калия и простого суперфосфата. Резко уменьшается вымывание магния при замене простого суперфосфата двойным, что связано с отсутствием в последнем гипса. Общий баланс магния в почве отрицательный, и на легких почвах, бедных магнием, растения часто испытывают магниевое голодание.

Об обеспеченности растений магнием в течение вегетации можно судить по его содержанию в индикаторных органах (табл. 13; Прокошев В.В., Неугодова О.В., Смирнов Ю.А. и др. 1987).

Таблица 13 – Диагностические уровни содержания магния в растениях, % сухой массы

Культура	Недостаточный	Низкий	Оптимальный	Высокий	Фаза отбора, часть растения
Овес	<0,07–0,08	0,08–0,17	0,18–0,37	>0,37	Трубкавание, надземная часть
Ячмень	<0,05	0,05–0,20	0,20		«
Рожь	<0,09	0,09–0,29	0,30–0,60	>0,60	«
Пшеница	<0,10	0,10–0,20	0,21–0,40	>0,40	Кущение, надземная часть
Рис*	<0,40	0,40–0,60	0,61–0,70	>0,70	«
Кукуруза	<0,13	0,13–0,30	0,31–0,50	>0,50	Молодые растения
Картофель	<0,15	0,15–0,20	0,25–1,00		Цветение, верхние листья
Клевер	<0,16	0,16–0,20	0,21–0,60	>0,60	Начало цветения, надземная часть
Свекла	<0,05	0,05–0,24	0,25–1,0	>1,00	Смыкание рядков, листья
Томаты	<0,30	0,30–0,59	0,60–0,90	>0,90	Начало плодоношения, листья
Огурцы	<0,13	0,13–0,77	0,77–0,95	>0,95	Плодоношение, листья
Хлопчатник	<0,44	0,46–0,48	0,68–0,77	>0,77	Цветение, средние листья
Яблоня	<0,06–0,08	0,10–0,20	0,24–0,45	>0,45	Окончание роста побегов, листья
Смородина	<0,08	<0,08	0,18–0,30	>0,30	Созревание ягод (листья)
Цитрусовые	<0,16	0,16–0,25	0,25–0,42	0,42–0,66	Возраст 4–6 месяцев, листья

* дополнено А.Х. Шеудженом

При недостаточном и низком содержании магния в растениях необходимо вносить магниевые удобрения. Повышение уровня их обеспеченности выше оптимального не приводит к росту урожайности, т. к. при этом может усиленно развиваться вегетативная масса, с одновременным ухудшением продуктивной части. Для некоторых культур установлен избыточный уровень магния с визуальными признаками токсичности: для кукурузы он составляет $>0,55\%$ (припочатковый лист), для люцерны $>2,0\%$ (перед началом цветения), для сливы $>1,1\%$ (листья, июль), для сои (фаза цветения) – $1,5\%$ сухой массы.

Основным визуальным признаком магниевого голодания растений является пятнистый некроз, при котором листья становятся пестрыми: участки между жилками бледнеют, но жилки сохраняют свою окраску. Из нижних старых листьев магний передвигается по жилкам к верхним, вследствие чего ткани, прилегающие к проводящей системе, богаче хлорофиллом и имеют более интенсивную зеленую окраску. Первые признаки недостатка магния появляются на нижних листьях, а при усилении дефицита распространяются и на верхние листья. Сильное и продолжительное магниевое голодание растений вызывает нарушение обмена веществ и отмирание тканей. В зависимости от вида растения окраска поврежденных участков листа между жилками может быть бледно-зеленой (картофель), светло-желтой (злаки, томаты, цитрусовые), желто-бурой (яблоня), оранжевой, красной или пурпурной (слива, персик, ягодные культуры), багряной (хлопчатник); у кукурузы пурпурно-красноватые пятна прерываются беловатыми хлоротическими и некротическими полосами. При очень теплой погоде у растений, страдающих от недостатка магния, появляются признаки увядания, такие же, как при недостатке калия.

Зерновые культуры, хоть и менее требовательны к обеспеченности почв магнием, больше страдают от его недостатка, чем технические и овощные культуры. Это связано с тем, что корневая система злаков располагается на небольшой глубине и слабо использует питательные вещества из подпахотного горизонта почвы.

Недостаток магния у растений проявляется, прежде всего, на почвах легкого гранулометрического состава: чем они легче, тем меньше в них содержится магния и тем острее потребность во внесении магниевых удобрений. Существенное влияние на питание растений магнием оказывает ионный состав почвенного раствора. При значительном преобладании одного или нескольких катионов – калия, аммония, натрия и кальция – ослабляется поступление магния в растения. Антагонистическое действие одновалентных катионов проявляется сильнее, чем влияние двухвалентного кальция. Натрий уменьшает поглощение магния натриелюбивыми культурами – свеклой, капустой, ячменем, люпином, льном. Кислая реакция почвы и обусловленное ею накопление в почвенном растворе алюминия и марганца также сильно ослабляют поглощение растениями магния. Питание растений нитратным азотом, наоборот, облегчает его использование из почвы. Потребность растений в магнии увеличивается при использовании высоких норм минеральных удобрений, не содержащих этот элемент.

Внесение кальциевых удобрений (известкование) ускоряет процесс нитрификации аммонийного азота, переводит в неактивное состояние подвижные формы алюминия, улучшает питание растений магнием, но полностью не снимает вопрос об обеспеченности им растений на почвах с недостаточным количеством его усвояемых форм.

Растения нуждаются в магнии в течение всей своей жизни. Наиболее чувствительны к его недостатку они в начале развития и в период плодоно-

шения, поэтому магниевые удобрения следует вносить перед посевом. Меньшее влияние на урожайность сельскохозяйственных культур оказывают магниевые удобрения, внесенные при появлении у растений признаков магниевое голодания. На нуждающихся в магнии почвах его положительное действие на продуктивность культурных растений наблюдается как на низком, так и на высоком агротехническом фоне. Средний прирост урожайности от внесения магниевых удобрений составляет 20–25 %.

При определении норм магния необходимо принимать во внимание уровень планируемой урожайности, степень дефицита магния в почве, а также почвенную кислотность, количество вносимых калийных и аммонийных форм азотных удобрений. Надежным показателем, по которому можно судить о необходимости применения магниевых удобрений, является количество вытесняемого из почвы 0,025 н CaCl₂ магния, которое хорошо коррелирует с содержанием его в растении. На практике для определения содержания в почве доступного растениям магния широко используется также вытяжка 1 н KCl (табл. 14; Прокошев В.В., Неугодова О.В., Смирнов Ю.А. и др., 1987).

Таблица 14 – Группировка почв по обеспеченности магнием

Гранулометрический состав почвы	Вытяжка	Обеспеченность, мг/кг		
		низкая	средняя	высокая
Супесчаная	0,025 н CaCl ₂	<25	25–50	>50
	1 н KCl	<50	50–80	>80
Суглинистая	0,025 н CaCl ₂	<35	35–70	>70
	1 н KCl	<80	80–120	>120
Глинистая	0,025 н CaCl ₂	<60	60–120	>120
	1 н KCl	<120	120–220	>220

На песчаных и супесчаных почвах, а также на красноземах магниевые удобрения должны обязательно включаться в систему удобрения. Их нормы для различных культур неодинаковы. Для зерновых культур, льна и трав они составляют 20–25 кг/га, для картофеля и свеклы – 40–50 кг/га. На почвах влажных субтропиков под чай и цитрусовые вносят по 100–150 кг/га.

При расчете норм внесения магниевых удобрений следует учитывать поступление одноименного элемента с органическими удобрениями. Содержание магния в навозе составляет 0,08 % и в навозной жиже – 0,05 %.

На кислых почвах, если не вносят навоз, растворимые магниевые удобрения следует применять ежегодно. Из почв с реакцией, близкой к нейтральной, магний вымывается слабо, поэтому его вносят под магниелюбивые культуры. При этом обязательно следует учитывать поступление этого элемента в почву с органическим удобрением. При химической мелиорации почвы магниесодержащими известковыми удобрениями, растения полностью обеспечиваются данным питательным веществом на одну – две ротации севооборота.

Природные запасы пород и солей, содержащих магний, в России огромны. Для непосредственного применения и переработки на удобрения используют: 1) силикаты магния – дунит, серпентинит, оливинит; 2) карбонатные породы – доломит, магнезит; 3) сырые природные соли – каинит, карналлит, лангбейнит, полигалит, кизерит.

В ассортименте магниевых удобрений наиболее широко представлены известково-магниевые и калийно-магниевые удобрения. По степени растворимости они подразделяются на три группы:

– растворимые в воде – сырые соли и продукты их переработки: эпсомит (сульфат магния), каинит, карналлит.

– растворимые в лимонной кислоте: магниевый плавленный фосфат. Питательные элементы из этого удобрения хорошо усваиваются растениями.

– нерастворимые в воде: доломитовая мука, магнезит, вермикулит, серпентинит. Это тонко размолотые природные материалы или породы. Их используют для известкования кислых почв, т. к. при взаимодействии с кислым почвенным раствором из них высвобождается магний.

Магниевого удобрения могут быть *простыми* и *сложными*. Сложные удобрения содержат два и более элементов питания: азотно-магниевые, фосфорно-магниевые, калийно-магниевые, бор-магниевые, известково-магниевые. Производится удобрение, содержащее три элемента питания – магний-аммоний-фосфат.

2.2.2.3.1. Простые магниевые удобрения

Эпсомит (горькая соль) – минерал класса сульфатов, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Обычны примеси Fe, Mn, Zn, и Ni. По происхождению – осадочный продукт выветривания. Эпсомит, применяемый в качестве удобрения, представляет собой белый кристаллический, хорошо растворимый в воде порошок. Удобрение не слеживается, хорошо высевается. Содержит не более 8 % NaCl, не менее 84 % $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ и 13,7 % MgO. Значительная часть магния эпсомита при внесении в почву из почвенного раствора переходит в обменное состояние. На песчаных почвах магний, содержащийся в эпсомите, может вымываться в грунтовые воды, поэтому его лучше вносить весной, перед посевом.

В настоящее время химическая промышленность в качестве магниевых удобрений выпускает чистую соль сульфата магния. В его состав входит 17 % – магния и 13,5 % – серы.

Применяют сульфат магния совместно с азотными и фосфорными удобрениями в качестве предпосевного при подготовке почвы. Вносят его под огурцы, томаты из расчета 7–10 г/м², под другие овощные и декоративные культуры – 12–15 г/м², под плодовые деревья сульфат магния применяют из расчета 30–35 г/м² приствольного круга. В течение вегетации проводят прикорневые подкормки раствором сульфата магния в количестве 25 г/10 л воды каждые 15–20 дней. Для некорневых подкормок используют рабочий раствор сульфата магния – 15 г/10 л воды. Расход удобрения: для овощных и однолетних цветочных культур 1–1,5 л/м²; малины, смородины и других кустарников 1,5–2 л/м²; плодовых деревьев – 2–3 л на молодое, 5–10 л раствора удобрения на взрослое дерево.

Кизерит $MgSO_4 \cdot H_2O$ – содержит 25–30 % магния. Характеризуется такими же свойствами, как эпсомит. Рекомендуется для применения в интенсивном земледелии в условиях дефицита магния на слабокислых и нейтральных почвах. Кизерит также можно использовать на интенсивных лугах, в тепличных хозяйствах и в овощеводстве открытого грунта. Удобрение имеет большое значение в устранении определяемого визуально острого недостатка магния путем проведения некорневой подкормки вегетирующих растений. В почве большая часть магния из этого удобрения переходит в обменное состояние.

Дунит [$MgSiO_3$, $FeSiO_3$] – содержит 41–47 % MgO, 35–39 % SiO₂ и 3–8 % FeO. В воде почти не растворяется, но разлагается под действием органических кислот. С почвенно-поглощающим комплексом дунит взаимодействует медлен-

нее, чем известь. При внесении в кислую почву, он разлагается с выделением магния, что способствует уменьшению кислотности почвы и обогащению ее кремнием. На кислых почвах дунит вносят в количестве 500–1000 кг/га под зяблевую вспашку. Предварительное смешивание дунита с кислым торфом увеличивает его растворимость в почве. Целесообразно вносить под картофель, лен, люпин.

Серпентинит (магниевого змеевика) $Mg_3H_4Si_2O_9$ – содержит 32–43 % MgO . Труднорастворимое соединение. Применяют в тонкоизмельченном виде на кислых почвах. По сравнению с удобрениями, содержащими более подвижные формы магния, серпентинит необходимо вносить в повышенных нормах. В связи с этим, несмотря на высокое содержание магния, это удобрение можно рассматривать как местное.

Доломитовая мука $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ – продукт размола доломита. Содержит около 20 % MgO и 28 % CaO . Доломитовая мука класса А должна иметь остаток на сите с размером сторон ячеек в свету 0,25 мм не более 32 %, а класса Б – не более 60 %. Содержание суммы углекислых солей кальция и магния не менее 65 %. Объемная масса – 1,5 г/см³. Применяют удобрение для известкования кислых почв в количестве 1,5–3 т/га. Одновременно почва обогащается магнием в количестве, достаточном для питания растений в течение одной-двух ротаций севооборота. Доломитовую муку перевозят навалом всеми видами транспорта.

Магнезит $MgCO_3$ – карбонатная порода, состоящая из минерала магнезита с различными примесями, чаще всего в виде кварца и талька. В зависимости от примесей магнезит может иметь самый различный цвет – от белого до черного. Применяется как магниевое удобрение на кислых почвах. Норма внесения – 60–120 кг/га д.в.

Полуобожженный доломит $CaCO_3 \cdot MgO$ – продукт обжига доломита. Содержит около 27 % MgO , 2 % CaO и 57 % $CaCO_3$. Магний этого удобрения хорошо доступен растениям. Используют его для известкования кислых почв.

Обожженный доломит – отход металлургического производства. Кальций и магний в обожженном доломите находятся в виде окисей, гидроокисей и карбонатов. Благодаря хорошей растворимости в воде он может применяться как поверхностное удобрение под травы. Обожженный доломит нельзя смешивать с аммонийными удобрениями, т. к. при их взаимодействии улетучивается аммиак.

Окись магния (жженная магнезия) MgO – получают при обжиге высококачественного магнезита. Из магнезита-сырца получают окись магния (магнезит каустический) трех классов с содержанием окиси магния соответственно не менее 87, 83 и 75 %. Упаковывают его в водостойкие мешки, которые помещают в мешки из прорезиненной ткани или другого водонепроницаемого материала. Перевозят навалом в крытых железнодорожных вагонах и хранят в сухом помещении.

Все разновидности окиси магния можно использовать в качестве магниевых удобрений. Окись магния растворяется в воде и уменьшает кислотность почвы, но для известкования почв не рекомендуется, т. к. большое количество магния на песчаных почвах может вызвать кальциевое голодание.

2.2.2.3.2. Сложные магниевые удобрения

Азотно-магниевые удобрения:

Аммошениит (сульфат магния-аммония, азотомagneзия) $(NH_4)_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ – двойная соль сульфата аммония и сульфата магния. Представляет собой кристаллический продукт от светло-коричневого до серого цвета. Применяется как азотно-магниевое удобрение; содержит не менее 7 % N и 10 % MgO . Растворимость аммошениита в воде небольшая – 18 г/л. Магний

удобрения хорошо усваивается растениями. Упаковывают аммошениит в водонепроницаемые мешки с тремя бумажными слоями, пропитанными битумом.

Доломит-аммонийная селитра $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ – механическая смесь доломитовой муки и аммонийной селитры в соотношении (по весу) 1:1, приготовляемая непосредственно в хозяйствах. Не подкисляет почву, содержит 17 % N, 10 %, MgO и 14 % CaO. Вносится в нормах, рекомендованных для азотных удобрений. За рубежом изготавливают сплав из этих двух удобрений в виде гранулированного продукта.

Фосфорно-магниевые удобрения:

Магний-аммоний-фосфат (МАФ). Концентрированное удобрение, содержащее три элемента питания: 10,9 % N; 45,7 % P_2O_5 ; 25,9 % MgO. Фосфор находится в лимоннорастворимой форме, поэтому хорошо доступен растениям, но вносить его надо в виде порошка. Азот в этом удобрении находится в нерастворимой в воде форме, поэтому его можно вносить заблаговременно как основное удобрение, в т. ч. на орошаемых почвах и в условиях избыточно влажного климата. При норме 45–60 кг/га по P_2O_5 вполне удовлетворяются потребности растений и в магнезии.

Плавленый магниевый фосфат (ПМФ) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{MgSO}_4 \cdot \text{SiO}_2$. Побочный продукт металлургии, содержит в усвояемой форме 19–21 % P_2O_5 , 8–14 % MgO. Описан в разделе «Фосфорные удобрения». Высокоэффективное удобрение при основном внесении на всех типах почв.

Димагнийфосфат $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – содержит 10,9 % азота, 45,7 % фосфора и 25,9 % магния.

Дунитовый суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{MgHPO}_4$ – содержит 16 % фосфора, 24 – кальция и 4 % магния.

Калийно-магниевые удобрения:

Каинит $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – минерал с большой примесью NaCl (составляет 45–47 % от общей массы). В нем содержится 10–12 % K_2O , 22–25 – Na_2O ; 6–7 – MgO, 15–17 – S_2O_3 и 32–35 % Cl. Удобрение неконцентрированное, поэтому в настоящее время применяется в основном на лугах и пастбищах, где оно часто имеет преимущество перед хлористым калием благодаря наличию в нем магния.

Калимагнезия $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Представляет собой полупродукт переработки каинита для получения сульфата калия. Содержит 8–10 % MgO и 28–30 % K_2O . Описана в разделе «Калийные удобрения».

Вермикулит (гидрослюда) – содержит 14–30 % MgO и до 5 % K_2O . Небольшая часть магния (1,3–1,7 % массы минерала) находится в обменном виде и доступна для растений, остальная часть разлагается под воздействием почвенной кислоты.

Калийно-магниевый концентрат получают из каинитолангбейнитовой руды методом флотации. В состав удобрения входит в основном минерал лангбейнит $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$, а также в небольшом количестве полигалит, галит и гипс. В среднем он содержит 30–38 % K_2SO_4 , 39–40 – MgSO_4 , 4–5 – KCl и 8–10 % NaCl. Калийно-магниевый концентрат выпускают двух сортов: в первом – содержится не менее 19 % K_2O и 9 % MgO, во втором – менее 17,5 % K_2O и 8 % MgO, с влажностью не более 5 %. Количество хлора не нормируется, но в удобрении первого сорта его содержится не более 8 %.

Полигалит $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Содержит 8–12 % MgO и до 11 % K_2O . В воде растворяется медленно, но и калий, и магний этого удобрения хорошо доступны растениям.

Хлоркалий-электролит KCl , $MgCl$, $NaCl$ – содержит 40 % калия и 1 % магния. Описан в разделе «Калийные удобрения».

Карналлит KCl , $MgCl_2 \cdot 3H_2O + NaCl$ – содержит 16 % калия и 14 % магния. Является одним из главнейших минералов в калийных соляных месторождениях.

Важным источником пополнения содержания обменных форм почвенного магния, а, следовательно, улучшения питания растений этим элементом являются органические удобрения. Систематическое их внесение заметно увеличивает накопление поглощенного магния в почве, что приводит к росту урожаев сельскохозяйственных культур севооборота, особенно на дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почвах. Применение навоза снижает эффективность минеральных форм магниевых удобрений, что подтверждает важную роль его как источника магниевых питательных веществ для растений. Однако применение одних лишь органических удобрений, даже в достаточно высоких нормах, не позволяет длительное время поддерживать содержание магния в почве на необходимом уровне. С полужидким навозом крупного рогатого скота в количестве $40 \text{ м}^3/\text{га}$, или птичьим пометом – $20 \text{ м}^3/\text{га}$, или с подстилочным навозом – $30 \text{ т}/\text{га}$ в почву вносится $40 \text{ кг}/\text{га}$ магния. Средние же годовые нормы внесения магния на почвах легкого гранулометрического состава с учетом их низкой обеспеченности этим элементом и необходимости увеличения запасов в почве должны превышать потери магния на $100\text{--}110 \text{ кг}$. На супесчаных почвах в условиях дефицита магния максимальные урожаи могут быть получены при совместном применении органических удобрений и минеральных форм магния.

2.2.2.4. Серные удобрения

Сера по своему физиолого-биохимическому значению в жизнедеятельности растений находится в одном ряду с азотом, фосфором и калием. Тем не менее, при разработке системы удобрений до последнего времени вопросам питания растений серой не придавали особого значения, т. к. в составе применяемых удобрений содержалось большое ее количество как сопутствующего элемента. Практически до 70-х гг. XX столетия общий баланс серы в земледелии Российской Федерации был положительным. В последние годы в отдельных регионах страны в результате освоения интенсивных систем земледелия наблюдается проявление серной недостаточности. Дефицит серы в почве возник в связи с увеличившимся ее выносом возросшими урожаями, а также вследствие сокращения поступления элемента в составе неконцентрированных удобрений. Недостаток серы в почвах вызван также уменьшением ее поступления в атмосферу за счет сокращения использования богатого серой каменного угля. Определенная роль также принадлежит мероприятиям по охране окружающей среды, в частности очистке дымовых газов на промышленных предприятиях и тепловых электростанциях. Значительно сократилось использование серы как средства борьбы с вредителями и болезнями растений.

Сельскохозяйственные культуры содержат неодинаковое количество серы и, соответственно, испытывают разную потребность в ней, обусловленную, прежде всего, биологическими особенностями растений, фазой их развития, а также ее содержанием в почве и атмосфере (табл. 15; Кардиналовская Р.И., 1984). Наибольшее количество серы содержится в растениях семейства капустовых, затем – лилейных, бобовых, пасленовых. С урожаями сельскохозяйственных культур ежегодно из почвы серы выносятся $10\text{--}20 \text{ кг}/\text{га}$. Вынос серы определяется ее содержанием в растениях и величиной урожая. Растения, принадлежащие к семейству капустовых и лилейных, выносят с урожаями больше серы, чем злаки.

Таблица 15 – Содержание серы в растениях и вынос ее урожаями сельскохозяйственных культур

Культура	Вид продукции	Урожайность, ц/га	Содержание серы, % сухой массы	Хозяйственный вынос серы, кг/га
Мятликовые				
Пшеница	Зерно	25,0–40,1	0,09–0,24	} 7,6–13,0
	Солома	–	0,09–0,23	
Ячмень	Зерно	25,3–35,8	0,07–0,26	} 7,7–14,9
	Солома	–	0,15–0,48	
Овес	Зерно	30,0–35,8	0,13–0,34	} 5,1–6,5
	Солома	–	0,17–0,26	
Кукуруза	Зерно	60,0–65,0	0,15–0,17	} 9,0–18,0
	Стебли и листья	–	0,19	
Рис*	Зерно	60–70	0,08–0,17	} 8,0–16,0
	Солома	–	0,17–0,27	
Бобовые				
Горох	Зерно	12,8–23,0	0,22–0,23	5,7–34,2
Люцерна	Сено	50,0–100,0	0,10–0,56	8,0–30,0
Клевер	Сено	40,0–100,0	0,14–0,29	15,0–30,0
Маревые				
Свекла: – столовая	Корнеплоды	651,0	0,14	} 25,0
	Листья	–	0,49	
– сахарная	Корнеплоды	350,0–540,0	0,06–0,42	} 15,0–30
	Листья	–	0,14–0,97	
Пасленовые				
Картофель	Клубни	170,0–230,0	0,10–0,30	} 9,0–37,0
	Ботва	–	0,15–0,50	
Зонтичные				
Морковь	Корнеплоды	540,0–590,0	0,15–0,24	} 20,0
	Листья	–	0,40	
Луковые				
Лук	Луковицы	150,0–350,0	0,26	} 18,0–30,0
	Листья	–	0,65	
Чеснок	Луковицы	215,0	0,80	} 107,0
	Листья	–	0,34	
Капустовые				
Капуста	Кочаны	250,0–1053,0	0,70–1,53	30,0–134,0
Репа	Корнеплоды	457,0–500,0	0,48	30,0–40,0
	Ботва	–	0,73	–
Турнепс	Корнеплоды	200,0–400,0	0,56	} 28,0–64,0
	Ботва	–	0,75	
Брюква	Корнеплоды	581,0–764,0	0,36–0,58	} 38,0–79,0
	Ботва	–	0,59–0,92	
Горчица	Семена	–	0,70–1,70	} 14,1–36,2
	Надземная масса	10,0–16,2	0,28–0,32	

* дополнено А.Х. Шеудженом

Сера поступает в растения главным образом из почвы исключительно в минеральной форме, в виде сульфатов. Запасы сульфатной серы в пахотном слое составляют на дерново-подзолистой почве 30–90 кг/га, на почвах лесостепной зоны 60–120, на черноземах 150–250 кг/га.

Обеспеченность почв доступными растениям соединениями серы оценивают с помощью $1,0 \text{ n KCl}$ вытяжки: низкое <6 мг/кг, среднее 6–12, высокое >12 мг/кг почвы. К низкообеспеченным серой относятся большинство серых лесных, подзолистых и дерново-подзолистых почв, общая площадь которых составляет около 25 % всех сельскохозяйственных угодий страны. Наиболее низкие серные ресурсы имеют почвы легкого гранулометрического состава. Наряду с этим низкое содержание доступной растениям серы отмечено в некоторых типах черноземов.

Значительную часть серы растения могут усваивать и через листья в виде сернистого газа. Сера поступает в атмосферу с газами во время вулканических извержений, с сероводородом, выделяющимся при разложении органических веществ на болотах и лиманах, с водяной пылью, поднимающейся над морскими бассейнами. В наибольшем количестве она поступает в атмосферу с газами и пылью, которые образуются при сжигании различных видов топлива, а также с выбросами химических и металлургических заводов. Общее поступление серы в атмосферу достигает 142 млн. т в год, из них 44 млн. т поднимается с водяной пылью над морскими бассейнами и 30 млн. т образуется при разложении органического вещества на болотах и лиманах. Около половины серы, поступающей в атмосферу, имеет антропогенное происхождение. Основное количество этого элемента в атмосфере находится в форме сернистого газа (SO_2), который в 2 раза тяжелее воздуха и не переносится на большие расстояния. В связи с этим он концентрируется в районах размещения промышленных предприятий и теплоэлектростанций. Содержание серы в атмосфере вблизи крупных промышленных городов в 2–3 раза превышает ее концентрацию в сельской местности.

Оптимальное содержание SO_2 в атмосфере для большинства растений составляет 0,2 мг/м³ воздуха. Критической для клевера является концентрация SO_2 в воздухе, равная 0,2–0,25 мг/м³ для зерновых, бобовых и земляники – 0,25–0,3, свеклы, рапса и капусты – 0,3–0,4 мг/м³ воздуха. Растения способны удовлетворить практически третью часть своей потребности в сере из атмосферы через листья.

Наиболее точное представление об обеспеченности сельскохозяйственных растений серой дают балансовые расчеты, которые позволяют составлять прогнозы о необходимом уровне применения удобрений. Эти расчеты основаны на определении приходных и расходных статей баланса, в которые соответственно входят поступление серы из источников серного питания и вынос этого элемента из почв с урожаями и в результате вымывания.

В почву сера поступает из атмосферы в составе осадков, пыли и путем адсорбции непосредственно из воздуха. В Европейской части России с атмосферными осадками серы выпадает 5–10 кг/га, а в отдельных районах – до 15–17, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке – 2–3 кг/га, а вблизи крупных промышленных центров до 25–45 кг/га. Основная часть атмосферной серы поступает со снегом в зимний период и в значительном количестве выносится весной талыми и промывными водами.

Запасы серы в почвах могут пополняться и за счет ее поступления с органическими удобрениями. Однако поступление серы с органическими удобрениями в

большинстве случаев не приводит к существенному улучшению обеспеченности почвы этим элементом, т. к. различные виды этих удобрений в основном содержат ее менее 0,2 % сухого вещества. С минеральными удобрениями серы вносится 8–12 кг/га. Анализ ассортимента удобрений в Российской Федерации показывает, что количество серы в них не только не увеличивается, но даже уменьшается.

В орошаемом земледелии определенное количество серы поступает в почву с поливными водами, но в большинстве случаев оно не превышает 5–10 кг/га.

При балансовых расчетах необходимо учитывать, что значительное количество серы может вымываться с дренажными водами, мигрировать по профилю почвы до грунтовых вод, т. к. анион SO_4^{2-} слабо поглощается почвой, особенно легкой по гранулометрическому составу. Ежегодно из почвы вымывается 15–25 кг/га серы.

Нормы внесения серных удобрений зависят от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, запрограммированного урожая, плодородия и гранулометрического состава почвы, содержания серы в атмосфере и поливных водах. В большинстве случаев они составляют: для зерновых колосовых и кукурузы – 20–30 кг/га, сахарной свеклы и картофеля – 50–70, рапса и многолетних бобовых трав – 50–90 кг/га.

При использовании серных удобрений следует учитывать содержание серы в растениях и отношение N:S в протеине, по которому можно судить об обеспеченности этим элементом. Критическое содержание серы в семенах пшеницы составляет 0,17 %, риса – 0,23 %, клубнях картофеля – 0,11 %, листьях клевера – 0,11–0,32 %, люцерны – 0,2 %, хлопчатника в фазу бутонизации – 0,5 %. Критическое отношение N:S в семенах пшеницы – 14,8, риса – 12,6, ячменя – 13,1–16,4, клевера – 15–18,5.

Визуальные признаки серной недостаточности у растений очень напоминают симптомы азотного голодания. В сельскохозяйственной практике это часто приводит к ошибкам в диагностике, завышению норм азотных удобрений и недобору урожаев. Отличие состоит в том, что при недостатке азота желтеют и отмирают нижние более старые листья, а при серной недостаточности поражаются точки роста растений, более молодые верхние листья становятся бледно-зелеными, окраска жилок листа приобретает светлый оттенок. Визуальные симптомы недостатка серы у растений могут быть зафиксированы уже через 2–3 недели после появления всходов. Дефицит серы в минеральном питании растений приводит к их морфологическим изменениям: более мелкому размеру листьев, слабому развитию корневой системы, укороченности и одревеснению стеблей.

Вносят серные удобрения под зяблевую вспашку или предпосевную обработку почвы. При дефиците серы часто проводят рядковое внесение серных удобрений и некорневую подкормку вегетирующих растений 0,5–2 %ным водным раствором сульфатов.

При удовлетворении потребностей растений в азоте, фосфоре и калии большинство сельскохозяйственных культур хорошо отзывается на улучшение питания серой. Прибавки урожайности от внесения серных удобрений составляют: зерна озимой пшеницы – 2–4 ц/га, озимой ржи – 1,5–3,0, ячменя – 2–3 овса – 1,5, сена клевера – до 15, клубней картофеля – до 30, корней брюквы – 30–50, турнепса – до 30, зеленой массы кормовой капусты до – 40 ц/га. При применении серных удобрений повышается качество продукции.

В нашей стране специальные серные удобрения не производятся. Однако серу содержат многие минеральные макро-, мезо- и микроудобрения, органические удобрения, химические мелиоранты почв и отходы промышленности (табл. 16).

Таблица 16 – Содержание серы в удобрениях, мелиорантах и отходах промышленности

Удобрение, мелиорант или отходы промышленности	Содержание серы, %
Минеральные удобрения	
Простой суперфосфат	9–13
Сульфат аммония	23–24
Сульфат калия	17–18
Сульфат магния	18,6
Сульфат натрия	22,6
Сульфат калия-магния	18,3
Сульфат марганца	14–17
Сульфат железа	11,5
Сульфат меди	12,8
Сульфат цинка	17,8
Органические удобрения	
Навоз	0,02–0,06
Компосты	0,02–0,04
Химические мелиоранты и отходы промышленности	
Доломит	0,01–0,06
Гипс	13–18
Фосфогипс	17,7–20,7
Раздольские известково-серные удобрения	5,0–9,1
Сланцевая зола	1,6–2,9

В качестве серных удобрений в земледелии используют гипс, фосфогипс, а также элементарную серу. Их эффективность зависит от обеспеченности растений азотом: чем она выше, тем в большей степени растения отзываются на применение серных удобрений. Гипс и элементарная сера сильнее влияют на продуктивность культурных пастбищ при увеличении содержания азота в составе полного удобрения.

Элементарная сера (S) как удобрение в стране применяется мало. Она становится доступной растениям после перевода ее микроорганизмами в сульфатную форму. Скорость этого процесса зависит от тонины помола удобрения и почвенно-климатических условий. Элементарная сера слабее выщелачивается из пахотного слоя почвы и отличается более длительным последствием по сравнению с гипсом и другими удобрениями, содержащими сульфаты.

Фосфогипс выпускается как побочный продукт при производстве двойного суперфосфата. Может служить серным удобрением местного значения. Его химический состав зависит от фосфатного сырья и в среднем включает 42,3–51,6 % SO_3 ; 31,5–37,2 – CaO; 0,5–3,5 – общего P_2O_5 ; 0,2–3,0 – водорастворимого P_2O_5 ; 0,2–0,6 – Al_2O_3 ; 0,1–0,3 – Fe_2O_3 ; 0,1–0,4 % F. Недостатком фосфогипса является высокая влажность (30–35 %), значительная примесь фтора и стронция, поэтому при его применении в качестве удобрения необходимо постоянно контролировать накопление этих элементов в почве, растениях и продукции, не допуская превышения предельно допустимой концентрации.

Гипс (сульфат кальция) в настоящее время применяется как мелиорирующее средство на засоленных почвах. Является серным удобрением, содержащим серу в сульфатной форме, а также кальциевым удобрением.

Гипс и фосфогипс рекомендуется вносить под клевер и озимые зерновые ранней весной поверхностно в норме 300 кг/га, а под яровые – то же количество под предпосевную культивацию. Норму гипса (фосфогипса) под картофель, корнеплоды, кукурузу, крестоцветные следует увеличить до 500–600 кг/га и вносить также под предпосевную культивацию или перепашку зяби.

2.2.3. Микроудобрения

Интенсивная система земледелия с культивированием наиболее продуктивных сортов, внесением высококонцентрированных безбалластных азотно-фосфорно-калийных удобрений привела к снижению содержания доступных растениям форм микроэлементов в почвах и, как следствие, к необходимости широкого применения микроудобрений, т.е. удобрений, действующим веществом которых являются микроэлементы. В Российской Федерации и странах ближнего зарубежья во внесении борных удобрений нуждается до 59,5 % пахотных земель, кобальтовых – 90,8, марганцевых – 41,3, медных – 64,5, молибденовых – 75,3, цинковых – 83,0 %. Потребность этих государств в борных удобрениях в данный момент составляет 12350 т, кобальтовых – 310, марганцевых – 11550, медных – 8740, молибденовых – 2100, цинковых – 7450 т в пересчете на элемент. Эти расчеты произведены на основании агрохимических анализов почв и сложившегося на данном этапе уровня урожайности основных сельскохозяйственных культур. При дальнейшем повышении продуктивности культурных растений потребность в микроудобрениях будет возрастать.

Необходимость внесения микроудобрений устанавливается по содержанию подвижных форм микроэлементов в почве, которое определяется характером материнских пород и растительностью, типом и биологической активностью почвы (табл. 17; Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х., 2000).

Таблица 17 – Содержание в почвах доступных растениям форм микроэлементов, мг/кг (экстракты по Пейве-Ринькису)

Почвы	B	Co	Mn	Cu	Mo	Zn
Дерново-подзолистые	0,08–0,38	0,12–3,0	50–150	0,05–5,0	0,04–0,97	0,12–20,0
Черноземы	0,38–1,58	1,10–2,2	1,0–75	4,5–10,0	0,02–0,33	0,10–0,25
Сероземы	0,23–0,62	0,90–1,5	1,5–125	2,5–10,0	0,03–0,15	0,09–1,12
Каштановые	0,30–0,90	0,10–6,0	1,5–75	8,0–14,0	0,09–0,62	0,06–0,14
Бурые	0,38–1,95	0,57–2,25	1,5–75	6,0–12,0	0,06–0,12	0,03–0,20

Доступные растениям (подвижные) формы микроэлементов в почве подразделяются на *слабоподвижные*, которые определяются в вытяжках сильных кислот; *среднеподвижные*, извлекаемые растворами слабых кислот, а также щелочей и кислотными буферами; *легкорастворимые*, определяемые в водных и углекислотных вытяжках. Важно, чтобы избранная вытяжка при определении подвижной формы того или иного микроэлемента в наибольшей степени соответствовала усвояющей способности корневой системы конкретного растения и объективно отражала степень нуждаемости данного растения в микроудобрении.

Определяющим критерием суждения об обеспеченности почв элементами питания растений, в т. ч. и микроэлементами, является полевой опыт. В нем экспериментально устанавливается соответствие между содержанием в почве подвижных форм элементов, их количеством в растениях и выносом с урожаем, а также соответствие между запасом элемента в почве и эффективностью удобрений. Существует дифференцированный подход к выбору методов определения подвижных форм микроэлементов в почве в зависимости от ее типа, свойств и агрохимической характеристики.

Для почв дерново-подзолистого типа наиболее широкое распространение нашла система вытяжек, предложенная Я.В. Пейве и Г.Я. Ринькисом. Ацетатно-аммонийный буферный раствор с рН 4,8, предложенный Н.К. Крупским и А.М. Александровой, используют при анализе черноземов, каштановых и серых лесных почв для определения подвижных форм марганца, меди, кобальта и цинка. Бор во всех почвах определяют в водной вытяжке, молибден извлекают оксалатным буферным раствором с рН 3,3 по Дж. Ц. Григгу.

По обеспеченности отдельными микроэлементами и потребности в применении микроудобрений почвы делятся на три группы: низко-, средне- и высокообеспеченные (табл. 18; Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х., 2000).

Таблица 18 – Группировка почв по обеспеченности растений микроэлементами, мг/кг

Обеспеченность	B	Co	Mn	Cu	Mo	Zn
Экстракты по Пейве-Ринькису						
Низкая 1	<0,1	<0,3	<15	<0,5	<0,05	<0,3
Средняя 1	0,1–0,3	0,3–1	15–30	0,5–1,5	0,05–0,15	0,3–1,5
Высокая 1	>0,3	>1	>30	>1,5	>0,15	>1,5
Низкая 2	<0,3	<1	<45	<2	<0,2	<1,5
Средняя 2	0,3–0,5	1–3	45–70	2–4	0,2–0,3	1,5–3
Высокая 2	>0,5	>3	>70	>4	>0,3	>3
Низкая 3	<0,5	<3	<100	<5	<0,3	<3
Средняя 3	0,5–1	3–5	100–150	5–7	0,3–0,5	3–5
Высокая 3	>1	>5	>150	>7	>0,5	>5
Экстракты по Крупскому–Александровой						
Низкая 1	<0,1	<0,07	<5	<0,1	<0,05	<1
Средняя 1	0,1–0,3	0,07–0,15	5–10	0,1–0,2	0,05–0,15	1–2
Высокая 1	>0,3	>0,15	>10	>0,2	>0,15	>2
Низкая 2	<0,3	<0,15	<10	<0,2	<0,2	<2
Средняя 2	0,3–0,5	0,15–0,30	10–20	0,2–0,5	0,2–0,3	2–5
Высокая 2	>0,5	>0,3	>20	>0,5	>0,3	>5
Низкая 3	<0,5	<0,3	<20	<0,5	<0,3	<5
Средняя 3	0,5–1	0,3–0,7	20–40	0,5–1	0,3–0,5	5–10
Высокая 3	>1	>0,7	>40	>1	>0,5	>10

Примечание: 1 – для растений с невысоким выносом микроэлементов;
2 – для растений с повышенным выносом микроэлементов;
3 – для растений с высоким выносом микроэлементов.

Культурные растения различаются по требовательности к микроэлементам. Картофель, зерновые и зернобобовые растения относятся к культурам невысокого выноса микроэлементов и сравнительно высокой усваивающей способности. К культурам повышенного выноса микроэлементов с высокой и средней усваивающей способностью относятся корнеплоды, овощи, подсолнечник, хлопчатник, многолетние и однолетние кормовые травы, плодовые деревья и виноградники. В условиях орошаемого земледелия и возделывания перечисленных культур по интенсивной технологии вынос микроэлементов из почвы возрастает.

Группировка почв по обеспеченности одних и тех же растений микроэлементами, извлекаемыми из почв ацетатно-аммонийным раствором и вытяжками Пейве-Ринькиса, не совпадают. Это связано с различным количеством микроэлементов, извлекаемых из почв этими экстрагентами. Так, со-

держание подвижного марганца в почвах, извлеченного ацетатно-аммонийным раствором с pH 4,8, в среднем в 3–4 раза меньше, чем в вытяжке 0,1 н H₂SO₄; содержание цинка, наоборот, в ацетатно-аммонийной вытяжке в 2–4 раза больше, чем в 1 н растворе KCl; меди и кобальта буферным раствором извлекается мало, в среднем в 6–8 раз меньше, чем 1 н HCl и 1 н HNO₃.

Необходимо также отметить, что следует проявлять осторожность при оценке обеспеченности почв усвояемыми формами микроэлементов и разработке на их основе практических рекомендаций, т. к. содержание подвижных форм микроэлементов значительно изменяется в зависимости от времени взятия образца. Эти колебания могут быть настолько значительными, что в разные сроки вегетационного периода одна и та же почва может оказаться хорошо и слабо обеспеченной усвояемыми формами микроэлементов.

Внесение микроудобрений на почвах с низкой обеспеченностью микроэлементами позволяет повысить урожайность на 10-15 %. При возделывании интенсивных сортов применение микроудобрений высокоэффективно не только на почвах с низкой обеспеченностью, но и средне обеспеченных одноименным микроэлементом. Однако при решении вопроса о внесении микроудобрений необходимо помнить, что оно может дать ожидаемый результат лишь при высокой культуре земледелия. Здесь уместно напомнить слова Д.И. Менделеева, который еще в начале развития производства и применения минеральных удобрений требовал их вносить на фоне общего высокого уровня агротехники: «Я встаю против тех, кто печатно и устно проповедуют, что все дело в удобрениях, что, хорошо удабривая почву, ее можно кое-как пахать».

При недостатке в почвах доступных форм микроэлементов наблюдаются специфические заболевания культур, вследствие чего они дают низкий и неполноценный по качеству урожай. В частности, такие болезни растений, как бактериоз льна, сердцевинная гниль и дуплистость сахарной свеклы, пробковая пятнистость яблок, «болезнь обработки», «белая чума», «болезнь верещатников» и пустозерность злаков, серая пятнистость овса, розеточная болезнь плодовых, а также различные хлорозные заболевания являются следствием острого недостатка в почве тех или иных микроэлементов. Существуют целые геохимические провинции, где недостаток микроэлементов в почве связан с отсутствием их в материнской породе.

Применение микроудобрений ограничивает вредоносность фитофагов и повышает устойчивость культурных растений к болезням (табл. 19; Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х., 2000). Борные, молибденовые, медные и цинковые удобрения снижают вредоносность ржавчины, полиспороза, антракноза. Кобальтовые и марганцевые удобрения эффективны в борьбе с мучнистой росой зерновых культур и фитофторозом томатов. Предпосевная обработка семян гороха молибденом, цинком и кобальтом способствует снижению численности личинок клубеньковых долгоносиков. Марганец, медь и бор повышают устойчивость зерновых культур к гессенской мухе.

С целью снижения вредоносности гельминтоспориоза зерновых культур рекомендуется марганец; вертициллеза хлопчатника – бор, медь; корневой гнили хлопчатника – марганец; фузариозного увядания хлопчатника – цинк; корнееда свеклы – цинк; ризоктониоза картофеля – медь, марганец; фитофтороза картофеля – медь, молибден, марганец; черной ножки картофеля – медь, марганец; вертициллеза картофеля – кобальт; килы капусты – марганец, бор; фомоза моркови – бор; черного рака яблони – бор, марганец; серой гнили клубники – марганец.

Таблица 19 – Влияние микроэлементов на физиологическую устойчивость растений к болезням и вредителям

Болезни	B	Co	Mn	Cu	Mo	Zn
Бурая ржавчина зерновых культур	+			+		
Корончатая ржавчина овса	+					
Стеблевая ржавчина зерновых культур			+			
Мучнистая роса зерновых культур	+	+	+			
Бактериоз и ржавчина льна	+					
Ржавчина подсолнечника	+			+	+	
Фомоз свеклы	+					
Ложная мучнистая роса свеклы	+		+	+		+
Фитофтороз картофеля	+		+	+		
Бурая пятнистость томатов	+		+			+
Белая пятнистость томатов	+			+		
Фитофтороз томатов		+	+	+	+	
Бактериоз капусты		+		+		+
Мучнистая роса капусты						+
Мучнистая роса крыжовника				+	+	

Во всех случаях наибольшая эффективность микроэлементов в защите растений от фитопатогенов проявляется при внесении их на фоне полного минерального удобрения.

Влияние микроудобрений на фитосанитарное состояние агроэкосистем возможно в нескольких направлениях: повышение физиологической устойчивости и выносливости (адаптивности) растений к инфекциям и инвазиям; снижение репродуктивной способности вредных организмов в растениях-хозяевах; замедление скорости передачи возбудителей на второй фазе в период пребывания их на инфицированных растительных остатках и, особенно на третьей – при внедрении в здоровые растения-хозяева; изменение анатомических и гистологических показателей (толщины кутикулы и эпидермиса), обуславливающих образование у растений защитных (корковых) слоев и фитоалексинов; изменение скорости роста и прохождения фаз в онтогенезе растений, определяющей совместимость взаимодействия возбудителя и растения в критические периоды формирования урожая.

Несмотря на высокую эффективность от внесения микроудобрений, нельзя допускать беспорядочного их применения, т.к. это может привести к накоплению в почве токсичных количеств тяжелых металлов. Чтобы этого не случилось, необходимо периодически вести наблюдения за интенсивностью биологического поглощения растениями микроэлементов при их включении в систему удобрения сельскохозяйственных культур. Интенсивность биологического поглощения характеризуется коэффициентом (КБП), равным отношению содержания элемента в золе растения к содержанию его в почве, и вычисляется по формуле:

$$\text{КБП} = \frac{C_p}{C_{\text{п}}},$$

где: C_p – содержание элемента в золе растения, мг/кг;

$C_{\text{п}}$ – валовое содержание его в почве, мг/кг.

КБП изменяется от 0,001 до 100. По величине этого коэффициента химические элементы, поглощаемые растениями, делятся на три группы: энер-

гично накапливаемые (КБП = 10–100); сильно накапливаемые (КБП = 1–10); слабо накапливаемые (КБП = 0,1–1,0). Большинство микроэлементов относятся к группе энергично и сильно накапливаемым.

При применении микроудобрений помимо запасов микроэлементов в почве и генетико-сортовых особенностей культур необходимо учитывать их количество, вносимое с органическими и минеральными удобрениями (табл. 20; Городний Н.М., 1990). В составе мочевины и аммиачной селитры присутствуют лишь незначительные количества микроэлементов. Мало содержится их в двойном суперфосфате и хлористом калии. Эти высококонцентрированные минеральные удобрения не могут стать существенным источником питания растений микроэлементами. Однако с фосфоритной мукой и простым суперфосфатом в почву поступают значительные их количества.

Таблица 20 – Содержание микроэлементов в минеральных и органических удобрениях, мг/кг

Удобрения	B	Co	Mn	Cu	Mo	Zn
Сульфат аммония	0–6	0–0,14	0–40	0,3–10	0,1–0,2	1–500
Фосфоритная мука	3–180	1–10	40–1800	1–300	0,1–60	4–1000
Суперфосфат простой	20–100	1–10	10–1000	1–270	2–10	0,3–600
Калийная соль	0–10	0	0–8	0–10	0–0,5	1–3
Сульфат калия	3–40	0,1	1–13	0–10	0,03	2–8
Навоз, на сухое вещество	30–40	1–1,5	180–240	25–35	2,5–3,2	200–450

В минеральных удобрениях 70–75 % валового содержания микроэлементов находится в подвижной форме, в навозе – не более 25 %. Однако при регулярном внесении навоза в почву потребность растений в микроэлементах, как правило, полностью удовлетворяется.

2.2.3.1. Борные удобрения

Растения испытывают недостаток бора в первую очередь на легких по гранулометрическому составу почвах, карбонатных и произвесткованных. Существенна потребность в борных удобрениях в орошаемом земледелии и рисоводстве, что объясняется обедненностью пахотного слоя почв водорастворимыми формами бора из-за постоянного выноса их фильтрационными и сбросными водами.

Бор в растениях не реутилизируется, поэтому его поступление из почвы необходимо в течение всего вегетационного периода. Особенно чувствительны к недостатку бора подсолнечник, рис, кукуруза, клубне- и корнеплоды, лен, многолетние бобовые травы, гречиха, виноград, плодовые растения и овощные культуры.

Применение борных удобрений целесообразно, если содержание подвижных форм бора в почвах Нечерноземной зоны менее 0,2–0,5 мг/кг, в Черноземной – 0,3–0,65, в сероземах и каштановых почвах менее 0,45–2,0 мг/кг. На затопляемых почвах рисовых полей внесение борных удобрений необходимо при содержании водорастворимого бора в почве менее 1,0 мг/кг.

В настоящее время выпускаются следующие основные борные удобрения: простой борный суперфосфат, двойной борный суперфосфат, бормагниевое удобрение, известково-аммиачная селитра, борная кислота, бура. Агрохимические свойства основных, наиболее часто применяемых в сельском хозяйстве борных удобрений, приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Борные удобрения и их агрохимические свойства

Удобрение	Содержание бора, %	Форма	Внешний вид
Борная кислота, H_3BO_3	17,3	водорастворимая	белый кристаллический порошок
Простой суперфосфат с бором	0,2	водорастворимая	гранулированный порошок синего цвета
Двойной суперфосфат с бором	0,4	водорастворимая	гранулированный порошок синего цвета
Бормагниевое удобрение	2,3	водорастворимая	рассыпчатый порошок светло-серого цвета
Борнодотливое удобрение, $CaO \cdot B_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	2,0	водорастворимая	рассыпчатый порошок светло-серого цвета
Борацитовая мука, $CaO \cdot MgO \cdot 3B_2O_3 \cdot 6H_2O$	10,0	водорастворимая	тонкоизмельченный порошок серого цвета
Бура, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	11,5	водорастворимая	кристаллический порошок светло-серого цвета
Ультрамаг бор	11,0	водорастворимая	жидкость
Бороплюс	11,0	водорастворимая	жидкость

Внесение борных удобрений в почву наиболее целесообразно при низкой ее обеспеченности водорастворимыми формами. При этом бор вносится в дозе 2–3 кг/га. На среднеобеспеченных бором почвах эту норму уменьшают на 50 %. Обязательным условием достижения высокой эффективности борных удобрений является благоприятный агрофон. Борные удобрения вносятся в почву перед посевом одновременно с основными минеральными удобрениями. Если для предпосевного внесения в почву используется борная кислота, ее непосредственно перед применением необходимо тщательно перемешивать с фосфорно-калийными удобрениями для равномерного распределения по площади посева или вносить отдельно в виде водного раствора наземной техникой. При раздельном внесении борных удобрений нужно обращать внимание на равномерность распределения их по удобряемой поверхности. Избыточное количество борных удобрений может оказать отрицательное действие на растения. Особенно чувствительны к повышенным нормам этого элемента огурец, горох, земляника, вишня, лимон, виноград и люпин. Борные удобрения, внесенные в почву, оказывают последствие на 2-й и 3-й годы.

Кроме предпосевного внесения борных удобрений в почву, являющегося основным способом их использования, водорастворимые формы могут применяться также для корневой и некорневой подкормки растений и предпосевной обработки семян. Корневые подкормки растений могут оказать существенное положительное влияние при появлении у растений визуальных признаков борного голодания, на легких песчаных почвах и на затапливаемых почвах рисовых полей, где бор может вымываться из пахотного слоя.

Эффективным приемом использования борных удобрений является также некорневая подкормка растений. Ее проводят 0,1 % водным раствором микроэлемента из расчета 300 л/га при использовании наземной аппаратуры. Для обработки больших площадей целесообразно использовать авиацию. В этом случае концентрация рабочего раствора увеличивается, т.к. при авиаобработках достигается очень тонкое распыление, в результате расход рабочего раствора существенно сокращается, норма микроэлемента сохраняется. Опрыскивание расте-

ний следует проводить в вечерние или ранние утренние часы; в дождливую погоду опрыскивать не рекомендуется, т.к. выпадение осадков вскоре после обработки приводит к смыву борного удобрения с поверхности растений, что снижает эффективность этого агроприема. Некорневые подкормки борными микроудобрениями позволяют значительно снизить расход микроэлемента. Семенные посевы многолетних бобовых трав, зерновые и овощные культуры опрыскивают борными удобрениями в период цветения растений. Раствор для опрыскивания готовят заранее, лучше всего за сутки до внесения, т. к. они медленно растворяются в холодной воде. После суточного настаивания, с периодическим перемешиванием нерастворившейся части, раствору дают отстояться и надосадочную жидкость используют для опрыскивания. Применять завышенные нормы борных удобрений не следует, т.к. они могут оказывать токсическое действие. Избыток бора обнаруживается, прежде всего, на нижних листьях, которые буреют и преждевременно опадают. Дефицит, оптимум и избыток бора в листьях растений составляют соответственно 3–30, 31–50 и 51–200 мг/кг сухого вещества.

Эффективным способом применения борных удобрений является обработка посевного материала. Ее рекомендуется проводить при выращивании сельскохозяйственных культур на среднеобеспеченных подвижным бором почвах. Обработку семян зерновых культур проводят 0,5 % водным раствором бора полусухим способом: 10 л раствора микроэлемента на 1 т семян. Этот агроприем проводят одновременно с протравливанием семян. Для обеспечения санитарных условий при проведении этих работ, а также для повышения эффективности используемых средств, семена обрабатывают с применением пленкообразователей. Для этих целей может быть использован 2 % водный раствор натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (полимер NaКМЦ). Количество удобрений, необходимое на одну заправку протравливателя, рассчитывается по следующей формуле:

$$Д = \frac{К \cdot 1000}{С} \cdot Е,$$

где: К – рекомендуемая концентрация раствора, %;

С – содержание действующего вещества в микроудобрении;

Е – емкость резервуара для рабочей жидкости (для ПСШ-3 она составляет 31 л, «Мобитокс» – 190 л, ПС-10-250 л).

Для обработки семян расчетную норму микроэлемента, растворенную в небольшом объеме воды, вливают в резервуар протравливателя, из которого подается рабочая жидкость в смесительную камеру, и доводят водой до заданного объема. В течение 2–3 мин компоненты перемешиваются и затем приступают к обработке семян. Семена, обработанные бором, можно хранить в течение двух месяцев, если их влажность не превышает нормы, допустимой для посевного материала, без снижения эффекта от агроприема. При посеве свежесобранными семенами возможен их недосев из-за снижения сыпучести, поэтому специалистам необходимо следить за работой посевных агрегатов.

2.2.3.2. Марганцевые удобрения

Недостаток марганца в почве проявляется, прежде всего, на перегнойных и карбонатных почвах, а также после известкования оподзоленных песчаных почв. Повышение содержания в почвенном растворе антагонистов марганца, таких как железо, кальций, магний и аммоний, также может снизить обеспеченность растений этим элементом. Чувствительны к недостатку марганца рис, кукуруза, пшеница, ячмень, овес, корнеплоды, люцерна, картофель, подсолнечник,

плодовые и овощные культуры. При марганцевом голодании растений отмечены случаи полного отсутствия плодоношения у редиса, капусты, томатов и гороха. С урожаем различных культур выносятся от 1,0 до 4,5 кг/га марганца.

Перспективно применение марганцевых удобрений при содержании подвижного марганца в почвах Нечерноземной зоны менее 25–55 мг/кг, Черноземной – 40–60 и на сероземах – 10–50 мг/кг почвы. В первую очередь марганцевые удобрения вносят на серых лесных почвах, слабовыщелоченных черноземах, солонцеватых и каштановых почвах. На посевах риса рекомендуется их внесение при содержании подвижного марганца в почве 35–40 мг/кг.

В качестве марганцевого удобрения используют сульфат марганца и марганезированный суперфосфат марганцевый шлам (табл. 22)

Таблица 22 – Марганцевые удобрения и их агрохимические свойства

Удобрение	Содержание марганца, %	Форма	Внешний вид
Сульфат марганца, $MnSO_4 \cdot 5H_2O$	21-22	водорастворимая	кристаллический порошок белого или бледно-розового цвета
Марганезированный суперфосфат	1,5-2,0	водорастворимая	гранулированное удобрение серовато-синеватого цвета
Марганезированная нитрофоска	0,9	водорастворимая	гранулированное удобрение светло-розового цвета
Марганцевые шламы	0,8–1,1	легкорастворимая	рассыпчатый порошок серого цвета
Ультрамаг хелат марганец	13,0	водорастворимая	кристаллическое хелатное удобрение

Для устранения недостатка марганца пригодны все марганцевые удобрения. Их вносят в почву под основную обработку или предпосевную культивацию из расчета 3–5 кг/га. Эти способы внесения наиболее оправданы на бедных подвижными формами марганца почвах. При опасности усиленной фиксации марганца рекомендуется проводить некорневую подкормку растений 0,1 % водным раствором из расчета 300 л/га рабочего раствора. Хорошие результаты дает обработка посевного материала 1,0 % водным раствором марганца полусухим способом.

Применение марганцевых удобрений повышает урожайность сахарной свеклы на 10–30 ц/га, картофеля 25-35, томатов –30–40, риса – 3–4, пшеницы на 1,5–3,5 ц/га.

2.2.3.3. Кобальтовые удобрения

Положительное действие кобальтовых удобрений проявляется на почвах, хорошо обеспеченных всеми остальными дефицитными элементами питания с реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной. Сюда относятся черноземы, окультуренная дерново-подзолистая почва, а также сероземы и каштановые почвы. На почвах, имеющих нейтральную или близкую к ней реакцию, кобальт находится в малоподвижной форме, недоступной растениям. Кобальтовые удобрения эффективны на почвах Нечерноземной зоны, содержащих 1,0–1,1 мг/кг подвижного кобальта, Черноземной зоны – 0,6–2,0, в зоне сероземов и каштановых почв – 1,0-1,5, в затопляемых почвах рисо-

вых полей Кубани – 0,8–1,2 мг/кг. Наиболее чувствительны к недостатку кобальта бобовые культуры, сахарная свекла, пшеница, рис и виноград. При его недостатке ослабляются физиолого-биохимические процессы и рост растений; снижается продуктивность и ухудшается качество урожая. С урожаем различных сельскохозяйственных культур выносятся от 5 до 50 г/га кобальта.

Принимая решение о применении кобальтовых удобрений, необходимо помнить, что растения в одинаковой степени чувствительны как к недостатку, так и избытку этого элемента в почве. Высокое его содержание в почве может вызвать кобальтовый токсикоз. Такое явление, например, у риса наблюдали неоднократно при содержании микроэлемента в почве более 25 мг/кг.

В качестве кобальтовых удобрений используются сульфат, нитрат и хлорид кобальта, а также промышленные отходы, содержащие кобальт. Агрохимическая характеристика кобальтовых удобрений приведена в таблице 23.

Таблица 23 – Кобальтовые удобрения и их агрохимические свойства

Удобрение	Содержание кобальта, %	Форма	Внешний вид
Сульфат кобальта, $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20–21	водорастворимая	мелкокристаллический порошок розового цвета
Хлорид кобальта, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	24,8	водорастворимая	кристаллическое вещество с красноватым оттенком
Нитрат кобальта, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	20,3	водорастворимая	мелкокристаллический порошок красного цвета
Комплексонат кобальта, $\text{Na}_2\text{Co OЭДФ}$	8,1–8,9	водорастворимая	жидкость розового цвета

Кобальтовые удобрения, имеющие в своем составе водорастворимые формы кобальта, пригодны для обработки семян, проведения некорневой подкормки растений и для внесения их в почву. Промышленные кобальтсодержащие отходы можно вносить только в почву. В почву кобальтовые удобрения вносят в количестве 0,5–2 кг/га в пересчете на элемент. Для обработки семян используют 0,5 %, для некорневой подкормки 0,1 % водные растворы кобальта. Некорневую подкормку проводят не позднее фазы цветения растений из расчета расхода рабочей жидкости 300 л/га обработку семян зерновых культур лучше выполнять полусухим способом (10 л/т).

Прибавка урожая люпина на дерново-подзолистых почвах от применения кобальтовых удобрений составляет 1,2 ц/га семян, 65 ц/га зеленой массы, на лугово-черноземных почвах Краснодарского края и Республики Адыгея в зависимости от способа и норм внесения урожайность зерна риса увеличилась на 3,0–5,2 ц/га. Эффективно применения кобальтовых удобрений на картофеле, горохе, сахарной свекле. Прибавки урожайности этих культур от их внесения составляют соответственно 23–35 ц/га, 2,8–3,0 и 31–38 ц/га.

2.2.3.4. Медные удобрения

Растения испытывают недостаток меди, а почвы считаются бедными этим элементом, если содержание легкорастворимых форм меди в Нечерноземной зоне менее 1,5–2,0 мг/кг, в Черноземной зоне – менее 2,0–5,0, в зоне сероземов и каштановых почв – менее 1,5–4,0 мг/кг.

В медных удобрениях чаще нуждаются сахарная свекла, хлопчатник, горох, подсолнечник, плодовые, рис и другие зерновые культуры. С урожаем

сельскохозяйственных культур выносятся 10–350 г/га меди. Медные удобрения наиболее эффективны на торфяниках, дерново-глеевых, заболоченных почвах и на почвах легкого гранулометрического состава. Их внесение оправдано, как правило, на затапливаемых почвах под культуру риса.

В качестве медных удобрений используются медный купорос, пиритные огарки, представляющие собой отходы сернокислотного и бумажно-целлюлозного производства, и карбамидно-аммиачная смесь, обогащенная медью (табл. 24).

Таблица 24 – Медные удобрения и их агрохимические свойства

Удобрение	Содержание меди, %	Форма	Внешний вид
Медный купорос, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	23,9	водорастворимая	кристаллический порошок голубого цвета
Пиритные огарки	0,25	лимонно-растворимая	рассыпчатый порошок красновато-коричневого цвета
Карбамидно-аммиачная смесь (КАС) + медь	0,5	водорастворимая	суспензированная жидкость слабо-голубого цвета
Хлористый калий с медью	1,0	водорастворимая	рассыпчатое кристаллическое вещество розового или белого цвета с серым оттенком
Ультрамаг хелат медь	15,0	водорастворимая	кристаллический порошок

В качестве медных удобрений можно использовать также шлаки цинкоэлектролитных и медеплавильных заводов, содержащие 0,2–0,5 % меди, а также низкопроцентные окисленные медные руды с содержанием этого элемента около 0,9 %.

Основным способом использования водорастворимых форм медных удобрений является предпосевное их внесение в почву в норме 3–8 кг/га действующего вещества. Пиритные огарки и другие медные удобрения, имеющие местное значение, вносят один раз в 4–5 лет в норме 0,5–0,6 т/га осенью под основную обработку почвы или весной перед предпосевной культивацией. Медные удобрения можно применять для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок растений. Обработку семян зерновых культур проводят полусухим способом 0,5 % водным раствором микроэлемента из расчета 10 л/т, а некорневые подкормки – 0,1 % из расчета 300–400 л/га. При резко выраженной медной недостаточности единственно эффективным способом применения медных удобрений является внесение в почву. Предпосевная обработка семян и некорневые подкормки действительны при слабой и средней обеспеченности почв легкорастворимыми формами меди.

Большое значение для эффективности медных удобрений имеет удовлетворение потребности растений в азоте, фосфоре и калии. При недостатке какого-либо из названных элементов положительное действие меди снижается или может совсем не проявиться. При выборе того или иного способа применения медных удобрений нельзя забывать, что потребность сельскохозяйственных культур в меди проявляется на самых ранних стадиях развития растений и поэтому в ряде случаев эффективность некорневой подкормки будет значительно ниже, чем предпосевное внесение в почву.

2.2.3.5. Молибденовые удобрения

К наиболее чувствительным к недостатку в почве молибдена культурам, относятся: люцерна, клевер, горох, бобы, рис, капуста, салат, шпинат, соя и пшеница. С урожаем сельскохозяйственных культур его выносятся от 10 до 300 г/га. Этот элемент необходим растениям в меньших количествах, чем другие микроэлементы. Тем не менее, все вышеперечисленные культуры положительно отзываются на внесение молибденовых удобрений. Однако здесь необходимо отметить, что высокие нормы внесения молибдена весьма токсичны для растений. Его накопление в сельскохозяйственной продукции вредно для здоровья животных и человека. При употреблении овощей с содержанием молибдена 20 мг/кг сырой массы у человека наблюдается эндемическая подагра, у животных, употребивших свежую растительную массу с таким содержанием, – молибденовые токсикозы. Поэтому передозировка молибденовых удобрений особенно опасна.

В качестве молибденовых удобрений пригодны молибдаты аммония, натрия и кальция. Перспективными молибденовыми удобрениями являются молибденовый суперфосфат и молибденизированная мочевина, содержащие молибден в легкоусвояемой форме (табл. 25). В качестве молибденовых удобрений могут быть использованы также шлаки, шламы и другие отходы металлургической промышленности, содержащие от 0,2 до 1 % молибдена.

Таблица 25 – Молибденовые удобрения и их агрохимические свойства

Удобрение	Содержание молибдена, %	Форма	Внешний вид
Молибдат аммония, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	52,0	водорастворимая	мелкокристаллический порошок белого цвета
Молибденовый простой суперфосфат	0,1	водорастворимая	гранулированное удобрение светло-серого цвета
Молибденизированная мочевина	0,5-0,8	водорастворимая	гранулированное удобрение белого цвета
Молибдат аммония натрия	35,0	водорастворимая	мелкокристаллический порошок с желтоватым оттенком
Молибион	8,0	водорастворимая	прозрачная жидкость
Ультрамаг элемент молибден	4,5	водорастворимая	жидкость

Применять молибденовые удобрения можно различными способами, но наиболее хозяйственно выгодна и распространена – предпосевная обработка семян. Ее проводят 0,5 % водным раствором молибдена в единой технологии с протравливанием ядохимикатами. Если семена не были обработаны молибденом, можно рекомендовать некорневую подкормку растений не позднее фазы цветения. Ее проводят 0,1 % раствором микроэлемента. Расход рабочей жидкости при использовании наземной аппаратуры составляет 300–400 л/га.

Для устранения недостатка молибдена один раз в 3–5 лет его вносят в почву в количестве 2–3 кг/га. Наиболее целесообразно использовать молибденовый суперфосфат, молибденизированную мочевину и молибденсодержащие отходы металлургической промышленности.

2.2.3.6. Цинковые удобрения

Потребность во внесении цинковых удобрений, как правило, возникает на карбонатных почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией при возделывании плодовых и citrusовых культур. Недостаток цинка может проявляться также на кислых сильно оподзоленных и на высокогумусированных почвах. Усиливает проявление цинковой недостаточности применение высоких норм фосфорных удобрений и сильное припахивание подпочвы к пахотному горизонту. К недостатку цинка наиболее чувствительны рис, кукуруза, фасоль, соя, картофель и овощные культуры. Вынос этого элемента с урожаем сельскохозяйственных культур колеблется от 50 до 250 г/га.

Цинковые удобрения следует применять, когда содержание подвижной формы цинка в почвах Нечерноземной зоны менее 0,2–1,0 мг/кг, Черноземной – 0,3–2,0 и в зоне сероземов и каштановых почв – менее 1,4–1,8 мг/кг почвы.

В качестве цинковых удобрений используются сернокислый цинк, двойной гранулированный суперфосфат с цинком и цинковые полимикродобрения (ПМУ-7) – отходы при производстве цинковых белил. Они содержат 19,6 % оксида цинка и 17,4 % силикатного цинка (табл. 26).

Таблица 26 – Цинковые удобрения и их агрохимические свойства

Удобрение	Содержание цинка, %	Форма	Внешний вид
Сульфат цинка, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	21,8	водорастворимая	белый кристаллический порошок или гранулы
Двойной суперфосфат с цинком	1,5	водорастворимая	серовато-голубоватые гранулы
Цинковые полимикродобрения (ПМУ)	19,6	цитратно-растворимая	тонкоизмельченный порошок темно-серого цвета
Шлаки медиплавильных заводов	2,0–7,0	цитратно-растворимая	мелкокристаллический порошок темно-серого цвета
Ультрамаг хелат цинк	15,0	водорастворимая	кристаллический порошок

Поскольку цинк быстро и прочно фиксируется почвой, предпочтительным способом использования цинкового удобрения является предпосевная обработка семян и некорневая подкормка растений. Обработку семян зерновых культур выполняют полусухим способом 1,0 % водным раствором цинка из расчета 10 л/т, некорневую подкормку – 0,1 % раствором микроэлемента с расходом рабочей жидкости 300–400 л/га. Некорневая подкормка проводится для большинства культур перед началом цветения, плодовые деревья опрыскивают весной по распустившимся листьям. Во избежание ожогов листьев к рабочему раствору добавляют гашеную известь в соотношении 1:1 к цинку. Цинковые удобрения при внесении в почву применяют в норме 4–6 кг/га. Для предотвращения перехода цинка в трудноусвояемую форму, цинковые удобрения вносят в почву локально при посеве.

Цинковые удобрения получили наибольшее применение на кукурузе, рисе, плодовых и овощных культурах. Урожайность зерна кукурузы от их внесения возрастает на 5–7 ц/га, риса – 4–6, пшеницы – 1,5–3,5, гороха на 1,5–2,0 ц/га.

2.2.4. Комплексные удобрения

Комплексные удобрения, характеризуются высокой концентрацией питательных веществ. Их использование избавляет сельскохозяйственное производство от трудоемкой работы по изготовлению удобрительных смесей в напряженный период полевых работ, что значительно сокращает расходы по подготовке удобрений к внесению. Расчеты показывают, что увеличение концентрации питательных веществ в удобрениях на 10 % снижает транспортные перевозки в целом по стране на 5 млн. т км в год. Агрономическая эффективность равных норм питательных веществ в составе тукосмесей и комплексных удобрений практически одинакова, с некоторым преимуществом последних за счет более равномерного распределения питательных веществ в почве и лучшей их доступности корневой системе растения. В то же время затраты на подготовку и применение односторонних удобрений при их раздельном внесении в 1,5–2 раза выше, чем комплексных. Комплексные удобрения должны удовлетворять следующим основным требованиям:

1) соответствие состава удобрений по соотношению в них отдельных питательных веществ и по форме их соединений требованиям сельскохозяйственных культур и почв;

2) высокие физико-механические и физико-химические качества, включающие слеживаемость и сегрегацию удобрений при перевозке и хранении, а также позволяющие применять туковысевающие механизмы любых типов. Так как этим условиям в наибольшей мере отвечают гранулированные удобрения, то комплексные удобрения целесообразно выпускать только в гранулированном виде;

3) возможно более высокое содержание суммы питательных веществ в удобрении.

Соотношение питательных веществ в комплексном удобрении – основной фактор, позволяющий рационально использовать их под ту или иную сельскохозяйственную культуру в определенных условиях ее возделывания. Так как эти условия изменяются на обширной территории нашей страны, то даже для одной и той же культуры, но выращиваемой в различных почвенно-климатических зонах, следует выпускать комплексные удобрения с различным соотношением питательных элементов. С учетом почвенно-климатических условий и сорто-генетических особенностей промышленность выпускает 8–10 марок удобрений с разным соотношением и содержанием элементов питания (табл. 27; Петербургский А.В., 1975).

Требования растений к соотношению основных питательных веществ в удобрении зависят также от его нормы. При высоких нормах доля азота в составе удобрения значительно возрастает. Так, если при средних нормах оптимальное соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ в полном удобрении 1:1:1, то при высоких – оно может быть близким к 1:0,7:1 или 1:0, 5:1.

При длительном и систематическом применении удобрений соотношение питательных веществ целесообразно изменять в пользу азота вследствие того, что растения на образование урожая потребляют азота в среднем в 3 раза больше, чем фосфора, а также из-за накопления в почве усвояемого фосфора.

Потребность растений в азоте в значительной степени зависит от их обеспеченности влагой. При выпадении осадков целесообразно вносить дополнительно одностороннее азотное удобрение. Дробное внесение азота необходимо и в условиях орошения. Кроме того, в ряде районов некоторые

культуры, например, озимая пшеница, вообще нуждаются в дробном внесении азота (до посева и в подкормку). Во всех этих и других случаях лишь некоторая часть азота может быть внесена в составе комплексного удобрения. Целесообразность включения значительного количества азота в комплексное удобрение снижается и при использовании в земледелии самого дешевого азотного удобрения – безводного аммиака.

Таблица 27 – Соотношение элементов питания в комплексных удобрениях

Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	Для каких почв и культур рекомендуется
1:1:1	Для большинства культур и почв при близкой эффективности азота, фосфора и калия
1:0,7:1,2	Для основного удобрения зерновых культур, конопли, сахарной свеклы и картофеля на серых лесных почвах
1:1:1,5	Для почв, бедных калием, и под калиелюбивые культуры (картофель, свекла)
1:1,5:1,5	Для основного удобрения овощных культур и других пропашных (в том числе силосных) с азотной подкормкой летом
1:1,5:1	Для локального внесения под зерновые и сахарную свеклу при посеве и картофеля при посадке на различных почвах
1:1:0	Для почв с высокой доступностью калия и культур, слабо отзывающихся на калийное питание
1:2:0	Для южных районов при хорошей доступности почвенного калия
1:2,5:0	Для основного внесения под хлопчатник на сероземах, не нуждающихся в калийных удобрениях
1:4:0	Для припосевного удобрения хлопчатника
0:1:1	Для бобовых культур и растений на торфянистых почвах

В отличие от азота, фосфор и калий, которые рекомендуется вносить до посева, в состав сложного удобрения могут быть включены в полной норме. Доля азота в сложных (или сложно-смешанных) удобрениях, как правило, значительно меньше, чем доля фосфора и калия. При достаточно длительном применении азотных и фосфорных удобрений заметно возрастает потребность в калии.

Сложные удобрения могут различаться формой азотного и калийного компонента. При производстве комплексных удобрений источником фосфора могут служить как ортофосфаты, так и конденсированные фосфаты. Последние получают на основе суперфосфорной кислоты, состав которой зависит от ее концентрации (табл. 28; Борисов В.М., 1980).

Таблица 28– Состав полифосфорных кислот

Концентрация кислоты P ₂ O ₅ , %	Содержание в виде кислот, % от общей P ₂ O ₅				
	орто-	пиро-	триполи-	тетраполи-	пентаполи-
70,0	97,4	2,6	–	–	–
72,0	89,4	10,6	–	–	–
75,0	60,2	35,4	4,4	–	–
76,0	49,0	42,0	8,0	1,0	–
78,3	28,0	49,1	16,5	5,2	1,2
80,1	15,4	39,1	24,4	12,7	5,7

Суперфосфорную кислоту производят или упариванием ортофосфорной кислоты, или улавливанием ею паров P_2O_5 после сжигания желтого фосфора. Среди конденсированных фосфатов можно выделить две основные группы: полифосфаты – линейные соединения с относительно короткой цепью (простейшим представителем полифосфатов является пирофосфат) и метафосфаты – циклические соединения, например триметафосфат. Существуют также длинноцепочные метафосфаты (полиметафосфаты) – цепи, состоящие из замкнутых циклов.

Применяя в качестве источника фосфора конденсированные фосфаты, можно получать высококонцентрированные комплексные удобрения: полифосфаты аммония, калия, метафосфаты калия, содержание питательных веществ в которых выше, чем в ортофосфатах.

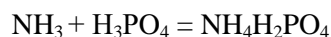
В комплексные удобрения, применяемые на песчаных почвах, в качестве источника калия целесообразно вводить не хлористый калий, а сульфат калия или сульфат калия-магния.

2.2.4.1. Сложные удобрения

Существуют два основных способа производства сложных удобрений: а) на основе экстракционной фосфорной кислоты с последующим получением фосфатов аммония; б) на основе азотнокислотного разложения фосфатного сырья.

К сложным относят двойные (полифосфат аммония, аммофос, диаммофос, нитроаммофос, нитрофос, карбоаммофос, фосфаты мочевины, фосфорно-калийные) и тройные (нитрофоска, нитроаммофоска, карбоаммофоска) удобрения.

Аммофос $NH_4H_2PO_4$ – дигидрофосфат аммония. Составляющие эту соль ионы (аммоний и анион фосфорной кислоты) необходимы всем культурам и они легко усваиваются растениями на всех почвах. Аммофос содержит 11-12 % N, 46-60 % P_2O_5 . В нем нет балласта. Технология производства аммофоса проста: аммиак нейтрализуют фосфорной кислотой:



Основу аммофоса составляют дигидрофосфат аммония – $NH_4H_2PO_4$ – и частично гидрофосфат аммония – $(NH_4)_2HPO_4$. Соотношение их приблизительно 4:1. Кроме фосфатов аммония, аммофос может содержать фосфаты железа, алюминия, соединения фтора, магния и другие примеси, которые переходят в аммофос из исходной фосфорной кислоты.

Содержание общей P_2O_5 в аммофосе аналогично или выше на 1–1,5 % содержания усвояемой P_2O_5 . Аммофос из апатитового концентрата почти полностью растворим в воде. Аммофос из фосфоритов содержит около 20 % общего содержания фосфора (P_2O_5) в нерастворимой в воде, но растворимой в слабых органических кислотах форме.

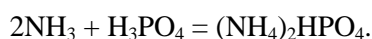
Аммофос можно применять в качестве основного удобрения под зерновые культуры, сахарную свеклу, картофель; особенно эффективен при внесении в рядки. Аммофос целесообразно использовать на всех почвах, а также в засушливых районах, где азотных удобрений требуется гораздо меньше, чем фосфорных. Перспективен при выращивании сои. Фосфор, содержащийся в аммофосе, более подвижен в почве, чем фосфор в суперфосфате, поэтому его можно использовать и для подкормок растений, если своевременно не вносили фосфорное удобрение.

Оптимальный размер гранул для аммофоса зависит от многих факторов: почвенно-климатических условий, способов внесения удобрений, требо-

ваний для сухого тукосмешивания. На карбонатных почвах (сероземах) при основном внесении аммофоса лучше действует удобрение с более мелкими частицами; на дерново-подзолистой почве – не выявлено различий в действии удобрений с гранулами 1–4 мм. При рядковом внесении аммофоса в малых нормах наличие крупных гранул (3–4 мм) в количестве, превышающем 25 %, нежелательно. В гранулированном аммофосе количество гранул размером 1–4 мм должно составлять не менее 90 %.

В этом удобрении фосфора содержится в 4 раза больше, чем азота, поэтому в большинстве случаев аммофос приходится смешивать с азотными удобрениями, а иногда и с калийными. Служит хорошим компонентом для тукосмесей.

Диаммофос $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ – гидрофосфат аммония. Производство аммофоса основано на насыщении аммиаком свободной фосфорной кислоты. Если продолжить этот процесс, то получается диаммофос, в котором соотношение между азотом и фосфором равно приблизительно 1:2,5:

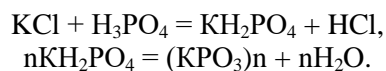


Содержит 18 % N и 46 % P_2O_5 . Это самое концентрированное из всех сложных удобрений. Диаммофос – удобрение безбалластное; 1 ц его заменяет 2,5–3 ц простого суперфосфата и 0,7 ц аммиачной селитры; обладает хорошими физическими свойствами. Применяется как основное, предпосевное удобрение на всех типах почв, в том числе и на мощных обыкновенных черноземах под зерновые, хлопчатник, сахарную свеклу, овощные, декоративные и плодово-ягодные культуры.

Диаммофос легко растворим в воде, в связи с чем, его можно использовать для подкормок растений. При его внесении в рядки, борозды или лунки нельзя допускать непосредственного контакта удобрения с семенами или растениями во избежание возможного отрицательного действия повышенной концентрации аммонийного азота диаммофоса на корневую систему растений.

Аммофос и диаммофос имеют преимущество перед суперфосфатом, т. к. их фосфат-ионы менее прочно закрепляются химически в почве и поэтому более усвояемы. Кроме того, фосфаты аммония безбалластны и не создают высоких концентраций, которые могли бы вредно действовать на проростки и семена. Соотношение N:P в этих удобрениях соответствует потребностям растений в самые первые периоды их развития, когда особенно необходим фосфор.

Метафосфат калия $(\text{KPO}_3)_n$ – сложное высококонцентрированное фосфорно-калийное удобрение, не содержащее балластных примесей. Содержит 60 % P_2O_5 и 40 % K_2O . Производство его основано на взаимодействии хлористого калия с фосфорной кислотой при высокой температуре. Реакция получения метафосфата калия из хлористого калия и ортофосфорной кислоты протекает при температуре 350–450°C. В начале образуется монофосфат калия и соляная кислота, а затем (при дегидратации) – метафосфат калия:



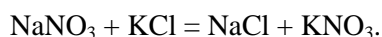
Метафосфат калия – полимерное соединение, степень полимеризации которого зависит от температуры и продолжительности нагревания. В настоящее время освоена технология производства метафосфата калия с низкой степенью полимеризации – от 15 до 50 атомов фосфора в цепочке. Такой продукт быстро гидролизуеться в почве до ортофосфата и триметафосфата. Чем ниже степень полимеризации, тем больше получается ортофосфата в начальный мо-

мент гидролиза. Получен метафосфат калия с содержанием всего фосфора в цитратнорастворимой и водорастворимой формах. При использовании экстракционной фосфорной кислоты получены формы метафосфатов калия, содержащие 54 % P_2O_5 (весь фосфор в водорастворимой форме), 35-40 % K_2O , а также 60 % P_2O_5 (весь фосфор в цитратнорастворимой форме) и 40 % K_2O . Метафосфат калия обладает хорошими физическими свойствами: не слеживается, негигроскопичен в условиях средней влажности воздуха, не содержит хлора и, следовательно, является хорошим удобрением для хлорофобных культур.

Метафосфат калия устойчив к выщелачиванию. Благодаря гидролизу в почве, он становится доступным растениям. Вносят под зяблевую пахоту, используют на почвах, обеспеченных азотом. Смеси, приготовленные на основе метафосфата калия, отличаются удовлетворительными физическими свойствами и сыпучестью.

Калийная селитра (KNO_3) является концентрированным, сложным, азотно-калийным физиологически щелочным удобрением, содержит около 13 % азота (N) и 46 % калия (K_2O). Другое название этого удобрения – нитрат калия. Каждый центнер селитры заменяет более 1 ц калийной соли и почти 0,4 ц аммонийной селитры. Калийная селитра в природе встречается в виде небольших залежей. До возникновения мощной химической промышленности нитрат калия получали из компостов, состоящих из навоза, золы и извести. В этих компостах в результате биохимических процессов образовывалась селитра, которую после выщелачивания водой подвергали кристаллизации. Полученная таким способом калийная селитра использовалась, главным образом, для производства пороха и динамитов.

В настоящее время наибольшее промышленное распространение получил конверсионный способ производства калийной селитры. Этот способ основан на обменном разложении:



В качестве исходного сырья используют упаренные растворы нитрата натрия, которые образуются при щелочной абсорбции отходящих нитрозных газов при производстве разбавленной азотной кислоты, и стандартный хлористый калий.

Калийная селитра – белый кристаллический порошок с желтовато-сероватым оттенком. Хорошо растворяется в воде, слабогигроскопичен. Упаковывают в водостойкие мешки. Транспортируют всеми видами транспорта с предохранением от увлажнения. Хранят в упакованном виде, в сухом и закрытом складе.

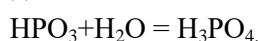
Благодаря отличным физическим свойствам, калийная селитра пригодна как для приготовления смешанных удобрений, так и для непосредственного внесения в почву. Это хорошая форма удобрения для картофеля, табака и других культур, чувствительных к хлору.

Широкое соотношение в удобрении между калием и азотом делает возможным применение его для поздних подкормок картофеля и корнеплодов, когда им требуется много калия и мало азота. Применение калийной селитры перспективно в овощеводстве защищенного грунта, т.к. она снижает общую концентрацию солей и особенно сульфатов и хлоридов в питательной среде.

Метафосфат аммония (NH_4PO_3) содержит 80 % фосфора (P_2O_5) и 17 % азота (N). Получают при взаимодействии аммиака с фосфорным ангидридом:



Около 40–60 % азота и фосфора, содержащегося в метафосфате аммония, трудно растворяются в воде, но в почве подвергаются гидролизу и переходят в водорастворимые соединения:



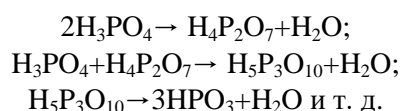
Превращение метафосфатов в ортофосфаты на кислых дерново-подзолистых почвах происходит быстрее, чем на черноземах. Метафосфат аммония пригоден в качестве основного удобрения под все культуры.

Полифосфаты аммония (ПФА) – аммонийные соли полифосфорных кислот. Содержат два элемента питания – азот и фосфор. Производство ПФА основано на нейтрализации полифосфорных кислот газообразным аммиаком в реакторе под давлением.

Общая формула полифосфорных кислот, из которых путем нейтрализации аммиаком получают соли – полифосфаты аммония, имеет вид: $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$, где n – число атомов фосфора. Подставляя значения $n=1, 2, 3, \dots$, можно получить молекулярные формулы простейших полифосфорных кислот:

- $n=1$ – ортофосфорная кислота H_3PO_4 ,
- $n=2$ – пиродифосфорная кислота $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$,
- $n=3$ – триполифосфорная кислота $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$,
- $n=4$ – тетраполифосфорная кислота $\text{H}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$.

Исходным продуктом для производства полифосфорных кислот служит ортофосфорная кислота экстрактивного происхождения или получаемая термическим путем из элементарного фосфора. Процесс образования полифосфорных кислот требует нагревания и вакуума:



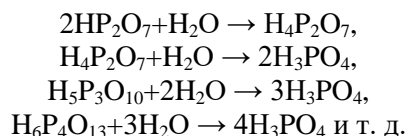
В этих реакциях происходит конденсация (уплотнение) молекул с выделением воды. Поэтому полифосфорные кислоты называют еще конденсированными. В химической промышленности за ними утвердилось название суперфосфорной кислоты (коммерческий термин).

Полифосфаты представляют собой группу фосфорных соединений, в которых фосфатная часть представлена тетраэдрами ортофосфатного аниона PO_4^{3-} , соединенными между собой макроэргической пиродифосфатной связью $\text{P}-\text{O}-\text{P}$ в полимерные цепи различной длины и конфигурации, образуя линейные полифосфаты, метафосфаты (кольцевая структура) и ультрафосфаты (разветвленная структура). Соли этих полифосфорных кислот соответствуют формуле: $\text{M}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$, где M обозначает атом металла или аммония. Полифосфорная кислота, на основе которой получают полифосфаты, содержит 74,5–76 % P_2O_5 , поэтому произведенные на ее основе удобрения также богаты фосфором (табл. 29; Петербургский А.В., 1982).

Таблица 29 – Состав пиро- и полифосфатов аммония, %

Удобрение	Формула	$\text{N}_{\text{общ}}$	P_2O_5	$\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5$
Диаммонийфосфат	$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	13,2	66,7	79,9
Триаммонийпиродифосфат	$(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$	18,3	62,0	80,3
Тетрааммонийпиродифосфат	$(\text{NH}_4)_4\text{P}_2\text{O}_7$	22,7	57,7	80,4
Пентааммонийтриполифосфат дигидрат	$(\text{NH}_4)_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	18,4	56,2	74,6
Гексааммонийтетраполифосфат гексагидрат	$(\text{NH}_4)_6\text{P}_4\text{O}_{13} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	15,4	26,1	41,5

Для практических целей наиболее ценны три- и тетрааммонийпирофосфат, отличающиеся высокой общей концентрацией фосфора и азота и более приемлемым их соотношением. Эти удобрения используют в твердом виде или вводят главным компонентом в состав жидких и суспендированных удобрений, благодаря хорошей их растворимости.



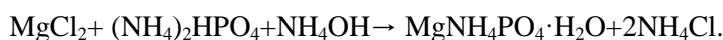
Гидролиз полифосфатов в почве зависит от температуры, реакции среды и почвенной микрофлоры. Например, в кислой среде гидролиз идет быстрее, чем в нейтральной или щелочной. Повышение температуры с 20 до 30 °С ускоряет гидролиз полифосфатов в два раза. В условиях влажных тропиков и субтропиков гидролиз протекает быстрее, чем в умеренной зоне. В тропиках сильнее проявляется биологическая активность почвы, которая ускоряет гидролитическое разложение полифосфатов. Не меньшую роль в гидролизе полифосфатов играют почвенные ферменты, корневые выделения растений, различные растительные ферменты (например, фосфатаза). Даже минералогический и гранулометрический составы почвы влияют на их подвижность и превращения. Полифосфаты сильнее, чем ортофосфаты, связываются с почвенными минералами.

В связи с тем, что в почве гидролиз полифосфатов идет медленно (1–2 недели) и ступенчато – от сложных полифосфатов до ортофосфатов, ретроградация фосфатов в почве, в случае применения этого удобрения, выражена слабо. Медленно образующиеся при гидролизе ортофосфаты быстро поглощаются растениями, минуя реакции взаимодействия с катионами алюминия и железа.

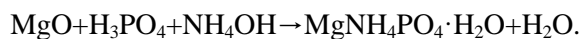
Полифосфат аммония имеет хорошие физические свойства, его гранулы размером 1,4–2,8 мм обладают высокой прочностью. Смеси полифосфата аммония с аммонийной селитрой, мочевиной, сульфатом аммония и хлористым калием обладают неплохими физическими свойствами. Полифосфат аммония можно также использовать для прямого внесения, в случаях, когда требуется широкое соотношение между азотом и фосфором. По эффективности он приравнивается к фосфатам аммония.

Полифосфаты аммония могут применяться под все культуры на любых почвах.

Фосфоаммомагnezия (магний-аммоний-фосфат). Различают одноводный ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и шестиводный ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Одноводный магний-аммоний-фосфат содержит до 9 % N, 45,7 % P_2O_5 и 25,9 % MgO. Получают из солей магния:



В качестве сырья используют также сульфат или оксид магния.



Взаимодействие реагентов и осаждение соли происходят при температуре 80–100 °С, образующийся продукт устойчив при температуре до 230 °С и стабилен при хранении.

В качестве магнийсодержащего сырья используют магнезит, для разложения которого применяют нагретую до 100 °С экстракционную фосфорную кислоту (43,5–49,5 % P_2O_5). Аммонизацию пульпы до pH 10 осуществляют 25 %-ным водным раствором аммиака.

Удобрение слабо растворимо в воде, медленнодействующее. Однако азот, фосфор и магний, входящие в удобрение, доступны для растений. По содержанию фосфора и магния одноводный магнийаммонийфосфат достаточно уравновешенное удобрение: применение его из расчета по P_2O_5 вполне удовлетворяет потребность растений в магнии на бедных им почвах. По азоту удобрение неуравновешенное, и его следует дополнять азотным удобрением. Одноводный магний-аммоний-фосфат можно использовать для приготовления магнийсодержащих тукосмесей. При смешивании его с мочевиной, хлористым или сернокислым калием получается продукт с хорошими физическими свойствами.

При основном внесении на почвах, где растения нуждаются в фосфоре, одноводный магний-аммоний-фосфат по действию на урожай не уступает суперфосфату (с соответствующим количеством аммиачной селитры). На почвах, бедных не только фосфором, но и магнием, проявляется положительное действие на урожай обоих этих элементов, входящих в состав магнийаммонийфосфата. В таких почвенных условиях это сложное удобрение по эффективности превосходит фосфаты, не содержащие магния. Фосфоаммомагнезию можно вносить под все культуры в больших нормах без вреда для растений. Она эффективна при выращивании овощей в защищенном грунте. Благодаря наличию в этом удобрении нерастворимого в воде азота, его также целесообразно использовать на орошаемых землях.

Шестиводный магнийаммонийфосфат содержит питательных веществ на 35 % меньше (28,9 % P_2O_6 , 5,75 % N, 16,4 % MgO), чем одноводный, и неустойчив при хранении. При 30–35 °С он выделяет заметное количество аммиака. Потери аммиака из этой соли наблюдаются уже при комнатной температуре. Шестиводный магнийаммонийфосфат гигроскопичен. Так, при абсолютной влажности воздуха (в термогидростате) за 50 суток он поглотил 44,6 % воды. Поэтому использование его в качестве удобрения нецелесообразно.

Железоаммонийфосфат $FeNH_4PO_4 \cdot H_2O$. Содержит 38 % P_2O_5 , 29 % Fe и 9,64 % NH_4 . Удобрение рекомендуется для предпосевной обработки семян и некорневой подкормки растений, испытывающих потребность в железе. Железоаммонийфосфат, по существу, не может служить источником азота или фосфора. Если определять норму этого удобрения из расчета P_2O_5 , то получается избыточное количество железа, а если расчет вести по железу – значительное количество азота и фосфора.

Монокалийортофосфат (монофосфат калия) KH_2PO_4 – концентрированная фосфорно-калийная соль, содержит в водорастворимой форме фосфор (52,2 % P_2O_5) и калий (34,6 % K_2O). Химически чистую соль, обладающую удовлетворительными физическими свойствами, включают во многие питательные смеси при постановке вегетационных опытов. В качестве удобрения монокалийортофосфат можно применять под сельскохозяйственные культуры на всех почвах Российской Федерации; может служить компонентом для жидких и твердых комплексных удобрений, используемых под овощные и плодовые культуры. Однако повышенная, по сравнению с хлористым и сернокислым калием, стоимость монофосфата калия мешает пока его более широкому применению.

Фосфат аммония и калия $NH_4K_2HPO_4$ содержит азота 5 %, фосфора – 50 и калия – 23 %. Все его ионы хорошо доступны растениям. Но соотношение трех питательных веществ ($N:P_2O_5:K_2O=1:10:5$), как правило, не может удовлетворять требования основных сельскохозяйственных культур, возделываемых на наиболее распространенных типах почв. Дополнять это сложное удобрение необходимо простыми азотными, а нередко и калийными туками. Из-за этого и других экономических причин фосфат аммония-калия пока не выпускается.

Полифосфат калия – фосфорно-калийное удобрение; получают при взаимодействии хлористого калия с полифосфорными кислотами. Технологическая схема производства полифосфата калия на основе взаимодействия ПФК и калийсодержащих солей включает следующие стадии переработки: дозирование исходных компонентов, их смешивание и химическое взаимодействие, гранулирование и охлаждение, рассев, дробление и кондиционирование. Производство полифосфатов калия возможно также на базе взаимодействия раствора K_2CO_3 или КОН и паров P_2O_5 в колоннах барботажного типа с последующей переработкой полученных растворов.

Содержание фосфора и калия в полифосфатах калия изменяется в широких пределах (табл. 30).

Таблица 30 – Химический состав полифосфатов калия

Соединение	Содержание, %		
	P_2O_5	K_2O	H_2O
$KH_2P_2O_7 \cdot H_2O$	60,5	20,3	19,2
$K_3H_5(P_2O_7)_2$	58,2	30,1	11,7
$K_2H_2P_2O_7 \cdot 0,5H_2O$	53,5	35,9	10,6
$K_2H_2P_2O_7$	55,0	37,1	7,9
$K_4H_2P_2O_7 \cdot 3H_2O$	37,1	48,9	14,0
$K_4P_2O_7$	43,1	57,1	-

Полифосфат калия, изготавливаемый для сельского хозяйства в качестве комплексного фосфорно-калийного удобрения, содержит 48–51 % P_2O_5 , 26–32 % K_2O и около 4 % хлора. Фосфор в полифосфате калия представлен водорастворимыми (68 %) и цитратнорастворимыми (9 %) формами. Незначительное содержание хлора делает полифосфат калия важным удобрением для картофеля, табака, винограда и других культур, чувствительных к хлору. Это комплексное удобрение обладает хорошими физическими свойствами.

Фосфат мочевины. Образуется при взаимодействии термической фосфорной кислоты и синтетической мочевины. Производство основано на способности последней образовывать комплексы с фосфорной кислотой: $CO(NH_2)_2 \cdot (NH_4)_2HPO_4$. Фосфаты мочевины содержат 16–19,6 % N и 41–45 % P_2O_5 .

Фосфаты мочевины обладают удовлетворительными физико-химическими свойствами и не слеживаются при хранении. Из них меньше, чем из мочевины, теряется азот, а фосфор не так сильно закрепляется почвой, как из суперфосфата, и сохраняется в усвояемой форме для растений.

Фосфаты мочевины можно применять под все культуры в качестве основного удобрения, кроме поверхностного внесения на лугах и пастбищах. Опыты, проведенные на дерново-подзолистых почвах, черноземах и сероземах, показали, что при основном, предпосевном внесении под различные сельскохозяйственные культуры фосфаты мочевины не уступали по эффективности нитрофоске и смеси простых концентрированных удобрений (мочевине, двойному суперфосфату и хлористому калию).

Полифосфаты мочевины – продукт реакции высококонцентрированной термической фосфорной кислоты с мочевиной с последующей аммонизацией продукта. Готовое удобрение состоит из 31–35 % N и 24–31 % P_2O_5 . Варьируя количеством мочевины и полифосфорной кислоты, можно получить удобрения с заданным соотношением азота и фосфора, а с добавлением

в смесь калийных солей – и калия. На основе фосфатов мочевины можно получать тройные концентрированные удобрения марки 20–20–20.

Целесообразно вносить на легких почвах под лен, картофель, пшеницу и другие сельскохозяйственные культуры. Исключение составляют луга и пастбища, т. к. при поверхностном внесении азот теряется, что снижает эффективность удобрения.

Амиды фосфора – высококонцентрированные удобрения, в которых суммарное содержание азота и фосфора достигает 120–147 %.

Фосфорный ангидрид перспективен для производства амидов, имидов фосфорных кислот, а также дегидратированных фосфатов аммония, медленно растворимых в воде, не выщелачивающихся и не связываемых почвой.

Взаимодействие P_2O_5 с NH_3 приводит к образованию смеси азота и фосфорных соединений различного состава: диамидопирофосфорной кислоты $P_2O_5(NH_2)_2(OH)_2$, двухзамещенной аммонийной соли моноамидопирофосфорной кислоты $P_2O_5(NH_4)_2(NH_2)(OH)$ либо аммонийной соли такой полифосфорной кислоты, в которой атомы фосфора соединены не только посредством кислородных атомов, но и амидогрупп (NH_2).

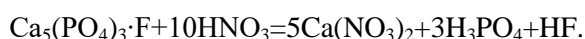
Фосфонитриламид содержит 93 % P_2O_5 и 54 % N, триамид ортофосфорной кислоты – 75 % P_2O_5 и 44 % N. Эффективность этого удобрения приближается к азотнокислому аммонiu и моноаммонийфосфату.

2.2.4.2. Комбинированные удобрения

Комбинированные концентрированные удобрения отличаются от сложных тем, что не представляют собой единого химического соединения. В комбинированных удобрениях содержится ряд солей, которые равномерно распределены во всей массе удобрений благодаря единой технологии их производства. Это обеспечивает высокую однородность состава комбинированного удобрения, чего нельзя получить от механической смеси простых туков.

Нитрофос $NH_4NO_3+Ca(H_2PO_4)_2+CaHPO_4+CaSO_4$ – двойное азотно-фосфорное удобрение, получаемое азотнокислотным разложением фосфатов.

Схематически взаимодействие фосфатного сырья и азотной кислоты можно представить следующими реакциями:



Кислая реакционная смесь нейтрализует аммиак:



Большое количество $Ca(NO_3)_2$ в готовом удобрении из-за его высокой гигроскопичности является нежелательной примесью. Кроме того, повышенное содержание кальция приводит к образованию труднорастворимого трикальцийфосфата. Поэтому разработано несколько способов вывода избытка кальция из реакционной смеси: 1) вымораживанием кальциевой селитры (схема с вымораживанием); 2) газообразной двуокисью углерода (карбонатная схема); 3) сульфатом аммония (сульфатная схема); 4) связыванием серной кислотой (сернокислотная схема); 5) фосфорной кислотой (фосфатная схема).

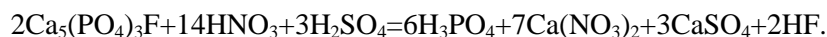
Метод вымораживания нитрата кальция основан на изменении растворимости соли в зависимости от температуры. При охлаждении раствора в осадок выпадает $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, степень выделения которого зависит от температуры, концентрации и нормы азотной кислоты, взятой для разложения, про-

должительности процесса осаждения, количества маточного раствора, возвращаемого в аппарат для разложения и соотношения CaO:P₂O₅ в растворе.

При частичном вымораживании кальциевой селитры и выделении ее из раствора с последующей обработкой его аммиаком при одновременной упарке образуется смесь, содержащая фосфаты аммония, дикальцийфосфат и аммиачную селитру:



При связывании избытка кальция серной кислотой (*сернокислотная схема*) протекают следующие реакции:

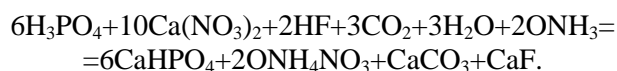


Образовавшийся в результате этой реакции сульфат кальция отфильтровывается.

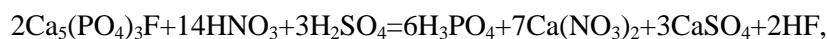
При последующей аммонификации реакционной смеси, оставшейся после отделения гипса, получают дикальцийфосфат и фосфат аммония:



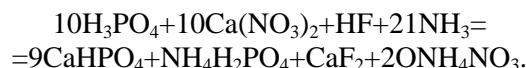
При *карбонатной схеме* избыток кальция выводится из реакционной смеси пропусанием диоксида углерода:



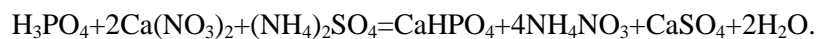
При *фосфатной схеме*, наряду с азотной кислотой, для разложения фосфатов добавляется фосфорная кислота:



с последующей аммонификацией:



Сульфатная схема. Нитрат кальция и фосфорную кислоту обрабатывают раствором сульфата аммония:



В зависимости от нормы селфата аммония может быть получен продукт с различным содержанием водорастворимого фосфора.

Фосфор в нитрофосе (нитрофосфаты), независимо от способа разложения фосфатного сырья, представлен двумя формами: водорастворимой NH₄H₂PO₄ и цитратнорастворимой CaHPO₄. Нитрофос выпускают двух марок: марка А–23,5–17–0 и марка Б–24–14–0. Водорастворимого фосфора содержится в нем не менее 40 %. Имеет хорошие физические свойства. Используется во всех зонах страны под все культуры, когда необходимо совместное внесение азота и фосфора, а в калии растения не нуждаются.

Нитрофоски – тройные гранулированные удобрения, получаемые при добавлении хлорида калия к нитрофосам. Представляют собой гранулы светло-серого или светло-розового цвета. В нитрофосках азот и калий содержатся в форме легкорастворимых соединений (NH₄NO₃, NH₄Cl, KNO₃, KCl), а фосфор – в виде дикальцийфосфата, не растворимого в воде, но доступного для растений, и частично в форме водорастворимого фосфата аммония и монокальцийфосфата. В зависимости от технологии получения, содержание в нитрофосках элементов питания может колебаться от 35 до 50 %, в том числе N – 10–17, P₂O₅ – 8–30 и K₂O – 12–20 % (табл. 31).

Таблица 31 – Характеристика нитрофосок

Нитрофоска	Содержание питательных веществ, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сернокислотная	13	10	12
Сульфатная	12	12	12
Фосфорнокислая	16	16	16
Карбонатная	16	11	11
Вымороженная	17	17	17

Следует иметь в виду, что хотя состав нитрофосок может меняться, тем не менее, каждая гранула строго однородна, т. е. имеет постоянный для данной нитрофоски химический состав.

Нитрофоски выпускают только в гранулах, и вследствие меньшей поверхности соприкосновения с почвенными частицами, поэтому входящие в их состав фосфаты имеют более слабую степень ретроградации. Уменьшение ретроградации происходит и потому, что часть фосфатов нитрофоски находится в цитратнорастворимой форме. Это свойство нитрофосок имеет большое значение при применении на почвах с повышенной кислотностью, содержащих большое количество подвижных форм алюминия и железа, которые связывают фосфор в труднорастворимые соединения – фосфаты полуторных окислов.

Растворимость фосфатов колеблется в широких пределах – от хорошо растворимых в воде однозамещенных фосфатов до цитратнорастворимых (ди- и трикальцийфосфаты). Вследствие этого при оценке сложных удобрений, и в частности нитрофосок, необходимо знать, какие фосфаты входят в них. Если имеется углекислая нитрофоска, содержащая нерастворимые в воде фосфаты, то ее целесообразно вносить в кислые почвы. Нитрофоски, содержащие водорастворимые фосфаты, более универсальны и применяются как на кислых, так и на нейтральных и щелочных почвах.

Азотные компоненты ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, NH_4NO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4Cl), входящие в состав нитрофосок, хорошо растворяются в воде и высокоподвижны в почве. Сразу же после внесения во влажную почву вокруг гранул удобрения создается высокая концентрация азота, но вскоре после этого происходит диффузия его в относительно большой объем почвы. Поэтому размер гранул не играет существенной роли в эффективности азотного компонента нитрофоски, составленного из растворимых аммонийных и нитратных солей.

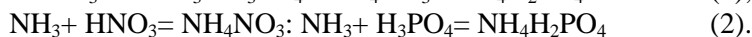
Калийные компоненты (KCl , K_2SO_4 , KNO_3 , KH_2PO_4) также хорошо растворяются в воде, но катион калия менее подвижен в почве, чем катион аммония, вследствие обменного поглощения, сорбции почвенными коллоидами и необменного поглощения калия глинистыми минералами типа иллита и монтмориллонита.

Нитрофоски имеют хорошие физические свойства: сыпучесть, неслеживаемость, слабую гигроскопичность. Все это позволяет механизировать внесение нитрофосок, и что особенно важно – локально (в рядки, лентами, очагами и т. д.). Локальное внесение имеет большое значение для сельского хозяйства, т. к. позволяет при меньших количествах удобрений (физической массы) удобрить большую площадь, чем в случае применения порошковидных простых минеральных удобрений.

Нитрофоски выпускают размером частиц 1–4 мм. Гранулы достаточно прочные и при кондиционировании их путем добавления небольших количеств минеральных масел и припудривания кизельгуром, тальком или тонкоразмолотым

известняком не слеживаются при перевозке и хранении. Объемная масса нитрофоски 1,0. Упаковывают удобрение в водоустойчивые мешки массой 45–50 кг.

Нитроаммофос $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3$ – гранулированное азотно-фосфорное удобрение светло-серого цвета. Производится двумя способами: нейтрализацией аммиаком смеси азотной и фосфорной кислот (1) или каждой в отдельности (2):



Выпускается продукт пяти марок: 1:1:0; 1:1,5:0; 1:0,8:0; 1:2,2:0; 1:0,6:0. Размер гранул для всех марок: 1–4 мм – не менее 90 %, 4–5 мм – не более 5 %, меньше 1 мм – не более 5 %. Продукт не слеживается при хранении в течение 1 месяца. Температура нитроаммофоса при затаривании в полиэтиленовые мешки – не выше 50 °С. Теоретический состав нитроаммофоса стандартных марок приведен в таблице 32.

Таблица 32 – Состав нитроаммофосов

Соотношение N: P ₂ O ₅	Соотношение NH ₄ H ₂ PO ₄ : NH ₄ NO ₃	Содержание, %		
		N	P ₂ O ₅	N+P ₂ O ₅
1:0,8	35,0:65,0	27,1	21,6	48,7
1:1	41,4:58,6	25,6	25,6	51,2
1:1,5	54,7:45,3	22,5	33,8	56,3
1:2,2	70,0:30,0	19,0	43,1	62,1
1:0,6	30,0:70,0	28,2	18,3	46,5

Нитроаммофос обладает хорошими физико-механическими свойствами и пригоден для механизированного внесения. Применяется в качестве основного, припосевного удобрения и в подкормки под все культуры на почвах, обеспеченных калием.

Нитроаммофоска $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$ – гранулированное азотно-фосфорно-калийное удобрение светло-розового цвета. Производят путем аммонизации смесей азотной и фосфорной кислот или азотнокислотного разложения апатита, в результате которого образуется аммонийная селитра, аммофос. Раствор упаривают, добавляют соли калия, затем перемешивают, подсушивают и гранулируют. Нитроаммофоску получают с различным соотношением питательных веществ (табл. 33).

Все соли, входящие в состав нитроаммофоски, растворимы в воде. Высокая концентрация питательных веществ, составляющая не менее 50 % в сумме N, P₂O₅ и K₂O, позволяет значительно сократить (в сравнении с простыми удобрениями) расходы на перевозку, хранение и внесение в почву. Действие нитроаммофоски на урожай обычно такое же, как и смеси простых удобрений в эквивалентном количестве. Наиболее эффективны эти удобрения на черноземных и сероземных почвах при орошении, благодаря более интенсивному использованию фосфатного компонента, представленного в сложных удобрениях в виде фосфата аммония, фосфор из которого поступает в растения быстрее, чем из фосфатов кальция.

Нитроаммофоску применяют для основного и припосевного внесения, а также для прикорневых подкормок растений. При основном удобрении на черноземных почвах и на тяжелых глинистых почвах Нечерноземной зоны нитроаммофоску целесообразно вносить с осени под зяблевую вспашку, а на легких почвах – весной.

Таблица 33 – Характеристика нитроаммофосок

Содержание, %			Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
17,5	17,5	17,5	1:1:1
18,0	15,0	18,0	1:0,8:1
15,0	15,0	23,0	1:1:1,5
13,0	19,5	19,5	1:1,5:1,5
13,0	26,0	13,0	1:2:1
10,5	21,0	21,0	1:2:2
17,0	17,0	17,0	1:1:1
17,5	14,2	17,7	1:0,8:1
20,5	20,5	10,2	1:1:0,5
14,8	14,8	22,2	1:1:1,5
18,0	15,0	18,0	1:0,8:1
11,5	23,0	23,0	1:2:2
15,0	22,5	15,0	1:1,5:1
14,0	21,0	21,0	1:1,5:1,5
13,5	27,0	13,5	1:2:1
12,0	18,0	24,0	1:1,5:2
17,5	17,5	17,5	1:1:1

Нитродиа́ммофос (диаммонитрофос) $\text{NH}_4\text{NO}_3+(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Содержит 23 % азота (N) и 31 % фосфора (P₂O₅). Получают его так же, как и нитроаммофос, но с более глубокой нейтрализацией аммиаком фосфорной кислоты. Разработан технологический процесс производства нитродиа́ммофоса ретурным способом из термической фосфорной кислоты и экстракционной фосфорной кислоты, из флотационных концентратов апатитовой руды. Нитродиа́ммофос выпускают только в гранулированном виде с размером частиц 1–4 мм. Характеризуется хорошими физическими свойствами и пригоден для внесения любыми туковсевающими аппаратами. Нитродиа́ммофос можно использовать для основного и припосевного внесения, а также для подкормок растений. Применяют на почвах, обеспеченных калием, под зерновые и кормовые культуры, а также на лугах и пастбищах. Эффективность нитродиа́ммофоса такая же, как и смесей простых удобрений.

Нитродиа́ммофоска $\text{NH}_4\text{NO}_3+(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4+\text{KCl}$ (диаммонитрофоска) – тройное азотно-фосфорно-калийное удобрение светло-розового цвета. Производство нитродиа́ммофоски отличается от нитродиа́ммофоса лишь добавлением калийного компонента на стадии гранулирования. Состав нитродиа́ммофосок приведен в таблице 34.

Таблица 34 – Содержание и соотношение элементов питания в нитродиа́ммофосках

Содержание, %			Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
15,5	15,5	23,4	1:1:1,5
14,7	22,0	22,0	1:1,5:1,5
21,3	21,3	10,7	1:1:0,5
16,9	25,2	16,9	1:1,5:1
14,3	35,7	14,4	1:2,5:1
12,0	24,0	24,0	1:2:2

Нитродиамофоска характеризуется хорошими физико-механическими свойствами и пригодна для внесения всеми туковывсевающими аппаратами. Рекомендуется для всех культур на всех почвах при различных сроках и способах внесения.

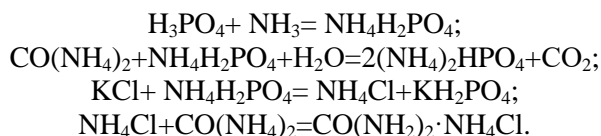
Карбоаммофос $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Содержит азот в амидной и аммонийной формах, фосфор находится в водорастворимой форме. Получают из карбамида, фосфорной кислоты и аммиака. Технологический процесс включает аммонизацию фосфорной кислоты до моноаммонийфосфата, добавление в полученную пульпу карбамида, сушку и гранулирование. Карбоаммофос можно производить, смешивая порошковидный аммофос с плавом мочевины с последующей сушкой и грануляцией, Технология производства карбоаммофоса позволяет получать удобрения практически с любым соотношением питательных веществ, что особенно важно в нашей стране, с ее многообразием почвенно-климатических условий и возделываемых культур, Производится три марки удобрения (табл. 35).

Таблица 35 – Химический состав карбоаммофосов

Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	Содержание, %				
	N _{общ.}	N _{амид.}	N _{аммонийн.}	P ₂ O ₅	N+P ₂ O ₅
2:1:0	35,3	29,0	6,3	17,1	52,4
1:1,5:0	22,9	14,4	8,4	37,3	60,2
1:1:0	29,6	25,5	4,2	28,3	57,9

Используется на почвах с высокой обеспеченностью калием. По эффективности не уступает смеси простых удобрений, а в условиях орошаемого земледелия превосходит их.

Карбоаммофоска $\text{CO}(\text{NH}_4)_2 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{KCl}$ – трехкомпонентное гранулированное удобрение с хорошими физико-механическими свойствами. Получают на основе плава мочевины, фосфатов аммония и хлористого калия. Их смешивают, подвергают аммонификации, грануляции и сушке. Азот в карбоаммофоске находится в амидной и аммонийной формах, фосфор – почти полностью в водорастворимой форме:



Фазовый состав карбоаммофоски: 21 % KCl, 13,3 – KH₂PO₄, 14,4 – NH₄H₂PO₄, 9,7 – (NH₄)₂HPO₄, 11,0 – CO(NH₂)₂·NH₄Cl, 0,7 % H₂O. Степень конверсии (превращения) KCl 26–27 %.

Содержание азота, фосфора и калия в карбоаммофосках варьирует в довольно широких пределах (табл. 36).

Карбоаммофоска, как водорастворимое удобрение, имеет преимущества перед нитрофоской. По концентрации питательных веществ она превосходит нитрофоску, нитроаммофоску и некоторые другие сложные удобрения. Азотный компонент карбоаммофоски представлен мочевиной, азот которой менее подвижен в почве, чем нитратный. Поэтому это удобрение в первую

очередь применяют на легких почвах в зоне избыточного увлажнения, на орошаемых землях, а также используют для основного внесения под все сельскохозяйственные культуры.

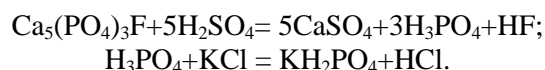
Таблица 36 – Химический состав карбоаммофосок

Соотношение N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	Сумма действующих веществ, %	Содержание, %					
		N _{общ.}	N _{амид.}	N _{аммиачн.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	биурет
2:1:1	48,8	23,5	20,0	3,5	12,7	12,6	0,2
1:1:0,5	57,3	21,4	16,4	5,0	25,7	10,2	0,6
1:1:1	59,8	19,1	12,5	6,6	21,9	18,8	0,1

Фосфор в карбоаммофоске содержится в форме водорастворимого фосфата аммония, который во многих случаях имеет преимущество перед фосфатами кальция, особенно сильно проявляющееся на нейтральных и слабовыщелоченных почвах – черноземах и сероземах.

Карбоаммофоска равноценна стандартным водорастворимым удобрениям, т. е. смеси мочевины, суперфосфата и хлористого калия.

Суперфоска – сложное фосфорно-калийное удобрение; содержит 11–16 % P₂O₅ и 12–21 % K₂O, Получают разложением фосфоритов серной кислотой в присутствии хлорида калия.



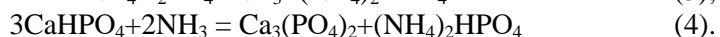
Удобрение порошковидное, используется под все культуры в качестве основного удобрения.

Карбоаммополифоска – трехкомпонентное гранулированное удобрение, содержащее по 21 % азота, фосфора и калия. Часть фосфора в этом удобрении содержится в конденсированной форме. Карбоаммополифоска обладает хорошими физическими свойствами. Используется под все культуры в качестве основного и припосевного удобрения.

Кристаллин – бесхлорное, водорастворимое удобрение, содержащее от 41 до 66 % NPK, в том числе общего азота 10–20 % (аммиачного азота 5–12 %, нитратного 2–8), усвояемого фосфора 10–20 и калия 10–20 %. Влажность не более 1,5 %. Получают нейтрализацией смеси термической фосфорной и азотной кислот газообразным аммиаком, с выпариванием ее до плава. В плава добавляют сульфат калия и гранулируют. Можно применять в теплицах в виде распыленного водного раствора.

Аммонизированный суперфосфат [Ca(H₂PO₄)₂·H₂O+2CaSO₄+NH₄H₂PO₄] получается при насыщении суперфосфата безводным аммиаком, аммиачным раствором или аммиакатами (растворами азотных солей Ca(NO₃)₂·NH₄NO₃ и CO(NH₂)₂ в безводном аммиаке). Состав его зависит от количества введенного аммиака. При небольшой норме последнего нейтрализуется свободная кислотность суперфосфата (H₃PO₄) с образованием дигидрофосфата аммония (NH₄H₂PO₄), и содержание водорастворимого P₂O₅ в удобрении не уменьшается. При введении большого количества аммиака образуется дигидрофосфат аммония и цитратнорастворимый гидрофосфат кальция, т. е. в удобрении уменьшается содержание водорастворимого P₂O₅. При дальнейшем увеличении нормы аммиака в удобрении снижается количе-

ство усвояемого P_2O_5 (т. е. суммы водорастворимого и цитратнорастворимого P_2O_5) и образуются фосфаты кальция $Ca(PO_4)_2$.



Так как введение в суперфосфат аммиака неизбежно вызывает местное подщелачивание реакции удобрения (рН), то аммонизация может привести к ретроградации фосфатов. Поэтому режим технологии производства его должен быть таким, чтобы четвертая из приведенных реакций вовсе не имела места. Аммонизация должна быть направлена, прежде всего, на нейтрализацию имеющейся даже в концентрированном суперфосфате свободной фосфорной кислоты (1-я реакция), а перевод монофосфата кальция в дифосфат (2-я реакция) должен быть всячески ограничен. Если аммонизацию вести до перехода всего монофосфата кальция в его дифосфат, то в удобрении не останется совсем водорастворимых фосфатов и оно будет непригодно для припосевного внесения.

Положительные стороны. При аммонизации суперфосфата повышается его качество – уничтожается кислотность, понижается гигроскопичность; он становится более рассыпчатым. Получение самого суперфосфата упрощается. Аммонийный азот этого удобрения хорошо усваивается растениями, но его содержание невелико, поэтому к нему приходится добавлять простое азотное удобрение.

Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) – это водные растворы питательных веществ – азота и фосфора или азота, фосфора и калия. В отдельные жидкие сложные удобрения входят мезо- и микроэлементы. В отличие от жидких азотных удобрений, они не содержат свободного аммиака, поэтому их можно хранить и перевозить в негерметичных емкостях. Вносят путем разбрызгивания по поверхности поля с последующей заделкой бороной, культиватором или плугом или местно лентами. Преимущество ЖКУ – простота обращения с ними и полная ликвидация ручного труда при наличии соответствующих несложных механизмов.

ЖКУ лишены недостатков, которые часто наблюдаются у твердых удобрений. Они обладают свободной текучестью, не пылят и не слеживаются; сырая погода и даже дождь не оказывают на них никакого влияния. Стоимость операции по хранению, внесению в почву и загрузке при транспортировании ЖКУ ниже, чем твердых туков. Применение жидких комплексных удобрений в сельском хозяйстве дает экономию капитальных вложений в среднем 27 %, эксплуатационные затраты составляют 15 %, затраты ручного труда – 50–60 %.

Жидкие комплексные удобрения выпускают в виде прозрачных растворов и суспензий (СЖКУ). Прозрачными ЖКУ называют растворы, не содержащие диспергированных твердых частиц. Суспендированными называют жидкие удобрения, в жидкой фазе которых диспергированы мелкие частички нерастворенного твердого удобрения, а иногда и инертного вещества.

Принципиальная схема получения ЖКУ заключается в нейтрализации аммиаком фосфорной кислоты (экстракционной или термической) до рН 6,5. В качестве нейтрализующего агента в зависимости от схемы получения используется водный или безводный аммиак. Существуют два вида ЖКУ, различаемых в зависимости от формы используемого для их производства фосфора: на ортофосфорной кислоте и на суперфосфорной кислоте (последняя представляет собой смесь орто- и полифосфорной кислот с содержанием 72–80 % P_2O_5). Увеличение содержания азота в ЖКУ достигается прибавлением аммиачной селитры, мочевины или смеси мочевины и аммиачной селитры.

Основной источник калия в жидком удобрении – хлорид калия имеет низкую растворимость, в особенности тогда, когда в растворе находится нитрат аммония. В результате происходящей обменной реакции образуется нитрат калия – наименее растворимая соль, которая встречается в жидких удобрениях.

ЖКУ производят методами горячего и холодного смешивания. При горячем смешивании (210–250 °С) с помощью нейтрализации фосфорной или полифосфорной кислоты аммиаком на крупных предприятиях получают базовые (основные) растворы орто- и полифосфатов аммония. Методом холодного смешивания (35–45 °С) на небольших установках вблизи районов потребления изготавливают удобрения с требуемым соотношением питательных веществ, добавляя в базовые растворы карбамид, нитрат аммония, соли калия.

ЖКУ на основе термической ортофосфорной кислоты – почти прозрачные жидкости, на основе экстракционной ортофосфорной – мутные растворы (вследствие образования дисперсных частиц – аммонизированных фосфатов алюминия и железа, кремниевой кислоты). Общее содержание питательных элементов в ЖКУ на основе ортофосфорной кислоты сравнительно невысокое (24–30 %), т. к. в более концентрированных растворах при низких температурах происходят кристаллизация солей и выпадение их в осадок. Соотношение азота, фосфора и калия в ЖКУ может быть различным, содержание N составляет 5–10 %, P₂O₅ – 5–14 и K₂O – 6–10 %. В нашей стране выпускают ЖКУ с соотношением питательных веществ в основном 9:9:9, а также 7:14:7; 6:18:6; 8:24:0.

Концентрация азотно-фосфорных ЖКУ на суперфосфорной кислоте значительно выше получаемых на основе ортофосфата (табл. 37).

Таблица 37 – Соотношение элементов питания в жидких удобрениях

N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	Ортофосфорная	Суперфосфорная
4:1:0	16–4–0	24–6–0
3:1:0	18–6–0	24–8–0
2:1:0	16–8–0	22–11–0
1:1:0	13–13–0	19–19–0
1:2:0	9–18–0	15–30–0
1:3:0	8–24–0	12–36–0

На основе полифосфорных кислот, содержащих 76 % P₂O₅, получают ЖКУ марки 10–34–0, а при использовании кислот с концентрацией 78–80 % P₂O₅ – 11–37–0. Эти растворы могут непосредственно применяться в качестве удобрений. При продолжительном хранении в растворе происходит гидролиз полифосфатов до ортофосфатов, что приводит к выпадению в осадок. Гидролиз полифосфатов увеличивается с повышением температуры.

Полученные на основе полифосфорных кислот жидкости состава 10–34–0 и 11–37–0 являются базисными (основными) для производства тройных ЖКУ, т. к. на их основе можно готовить набор слэри-солевых суспензиц путем добавления карбамида, аммонийной селитры и хлористого калия. Краткая их характеристика приведена в таблице 38.

Существует несколько способов повышения суммы питательных веществ в жидком удобрении. Если при соотношении N:P₂O₅:K₂O, равном 1:1:1 и 1:2:2, получают удобрения 9–9–9 и 5–10–10, то при соотношении азота к фосфору 1:3 можно получать продукт 8–24–0, а при соотношении 0,95:3 – даже 9–29–0 без увеличения температуры кристаллизации.

Таблица 38 – Характеристика марок ЖКУ, получаемых на основе полифосфорной кислоты

Показатель	Марка	
	10–34–0	10–37–0
Массовая доля азота, %, не менее	10±1	11±1
Массовая доля фосфора, %, не менее	34±1	37±1
Массовая доля нерастворимого в воде осадка, %, не менее	0,4	0,3
рН раствора	6–7	6–7
Плотность при 20 °С, г/см ³	1,4±0,03	1,4–1,5
Температура кристаллизации, °С, не выше	–18	–20
Вязкость при +20 °С, не более	50	

Другой способ увеличения количества питательных веществ состоит во введении в раствор стабилизирующих добавок коллоидной глины, например аттапульгита, бентонита, предохраняющих пересыщенный раствор от выпадения твердой фазы. Расход сухой глины на 1 т удобрения составляет обычно 9–22 кг. ЖКУ, в состав которых введены стабилизирующие добавки, называются суспензированными, или *слэри*. Количество питательных элементов в суспензированных удобрениях достигает более 40 %. Возможно получение марок: 12–12–12, 8–10–16, 5–15–20, 10–30–10, 15–15–15, 20–20–0. Применение суспензий позволяет использовать экстракционную фосфорную кислоту, а также обогащать ЖКУ микроэлементами.

Все марки ЖКУ не токсичны, взрыво- и пожаробезопасны, практически не корродируют черные металлы благодаря образованию на их поверхности фосфатной пленки.

Исследования сравнительной эффективности применения жидких удобрений и эквивалентного количества питательных веществ, содержащихся в твердых удобрениях, проведенные на различных почвах Северного Кавказа, показали их равное влияние на урожай и качество сельскохозяйственных культур, а на отдельных культурах и подтипах черноземов выявилось преимущество жидких удобрений. Следовательно, применять жидкие удобрения под сельскохозяйственные культуры необходимо в нормах, рекомендованных научно-исследовательскими учреждениями и агрохимической службой для твердых удобрений.

ЖКУ можно вносить любым способом (основное, припосевное, подкормка). Они содержат все питательные вещества в воднорастворимом виде. ЖКУ на орошаемых землях можно вносить с поливной водой (если не происходит ее утечка в каналах).

Важнейшее значение имеет определение сроков, способов и норм внесения ЖКУ. Фосфор ЖКУ по сравнению с твердыми ортофосфатами лучше растворяется в воде и вследствие этого легче смывается поверхностным стоком, следовательно, при использовании ЖКУ важен учет рельефа.

2.2.4.3. Смешанные удобрения

Смешивание удобрений – один из наиболее простых и легко осуществимых способов объединения нескольких необходимых растению элементов питания. Существует два способа смешивания минеральных удобрений: сухой – смешивание готовых односторонних и неуравновешенных сложных гранулированных и порошковидных удобрений, и мокрый – получение сложно-смешанных удобрений. При мокром способе смешивания удобрений могут

добавляться микроэлементы в жидкой форме – распылением их на сухие удобрения непосредственно перед погрузкой или при погрузке в транспорт (автомобили, тракторные тележки). Сухое смешивание удобрений – наиболее доступный, простой и экономичный метод получения комплексных удобрений. В отличие от сложно-смешанных удобрений, получаемых на крупных химических заводах, сухие тукосмеси готовятся непосредственно в хозяйствах. Они более разнообразны по составу и соотношению питательных веществ.

Для приготовления сухих тукосмесей обычно используют аммонийную селитру, мочевины, простой порошковидный и гранулированный, аммонизированный и двойной суперфосфаты, аммофос и хлористый калий. Пригодность отдельных компонентов для тукосмесей определяется: содержанием питательных веществ, химическим составом, наличием примесей или соединений, токсичных для растений, и доступностью питательных элементов растениям. Не менее важными факторами являются влажность, гигроскопичность, слеживаемость компонентов, оказывающие влияние на физические свойства конечного продукта.

При смешивании удобрений академик В.Г. Минеев (2004) рекомендует руководствоваться следующими основными правилами:

1. Нельзя смешивать удобрения, если при этом они теряют питательные вещества или превращаются в плохую по физическим свойствам массу, не поддающуюся механизированному внесению.

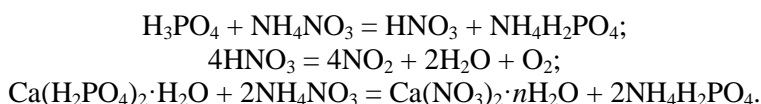
2. Ввиду высокой гигроскопичности получающейся смеси не следует смешивать между собой, а также включать одновременно в смесь аммиачную селитру и мочевины.

3. Нельзя смешивать аммонийные формы азотных удобрений (аммонийную селитру, сульфат аммония, фосфаты аммония – аммофос, диаммофос) с удобрениями, обладающими активными щелочными свойствами (фосфатшлаками, термофосфатами, цианамидом кальция, цементной пылью, содержащей калий в карбонатной форме, поташем) во избежание потерь азота в виде аммиака.

4. Содержание влаги в удобрениях не должно превышать предельно допустимую величину. Повышенная влажность значительно снижает их сыпучесть и не обеспечивает равномерного внесения в почву. Предельно допустимое содержание влаги должно быть в аммиачной селитре не более 0,2-0,3 %, в мочевины – 0,2-0,25, суперфосфатах (простом и двойном) – не более 3,5 %. При повышенном содержании влаги в минеральных удобрениях их гранулы теряют прочность. Для аммонийной селитры это состояние наблюдается при влажности 1,7-2,0 %, мочевины – около 1, хлористого калия – свыше 3 %. Содержание влаги в удобрениях резко возрастает с повышением температуры хранения. Например, смесь мочевины с двойным суперфосфатом и хлористым калием при исходной влажности 0,2 % через месяц хранения при температуре 4 °С содержала 6,6 % влаги, при 20 °С – 8,3, при 40 °С – 24,9 %.

5. Кислотность или щелочность минеральных удобрений, предназначенных для смесей, не должна быть выше показателя, предусмотренного стандартом. Удобрения, содержащие свободную кислоту или обладающие щелочной реакцией, химически активно взаимодействуют как между собой, так и при смешивании с другими удобрениями.

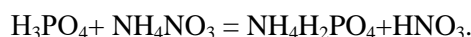
6. Нельзя смешивать суперфосфат, непосредственно с аммонийной селитрой, т. к. смесь очень быстро превращается в липкую массу из-за образования более гигроскопичной кальциевой селитры. Происходят следующие реакции:



Первая реакция указывает на возможность выделения окислов азота, а вторая – на ухудшение физических свойств смеси в результате образования более гигроскопической кальциевой селитры.

Наиболее качественные смеси получают из гранулированных удобрений. Преобладающее большинство их должно готовиться перед самым внесением.

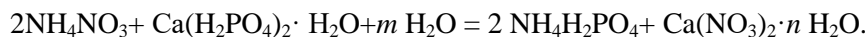
Наиболее часто готовят смесь аммонийной селитры с суперфосфатом. Такую смесь можно готовить только непосредственно перед внесением. Известно, что суперфосфат может содержать до 5 % свободной фосфорной кислоты, которая при взаимодействии с аммонийной селитрой ведет к образованию азотной кислоты:



Азотная кислота – соединение нестойкое и распадается до окислов азота, которые улетучиваются:

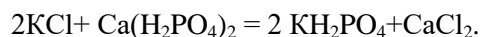


Кроме того, при взаимодействии образуется соль $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – вещество сильногигроскопичное:



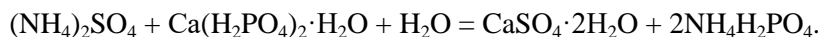
В результате этого при заблаговременном смешивании смесь может отсыреть и превратиться в тестообразную массу.

При приготовлении тройной смеси, то есть при добавлении сюда хлористого калия, помимо указанных реакций, может происходить реакция взаимного обмена между суперфосфатом и хлористым калием с образованием хлористого кальция – также сильно гигроскопичной соли:



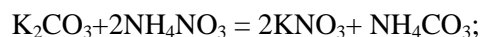
Таким образом, тройную смесь также следует готовить только в день внесения.

Нельзя смешивать заблаговременно суперфосфат с сульфатом аммония из-за слеживаемости удобрений. Это происходит по двум причинам: во-первых, из-за содержания в сульфате аммония большого количества свободной серной кислоты и, во-вторых, из-за взаимодействия суперфосфата и сульфата аммония:



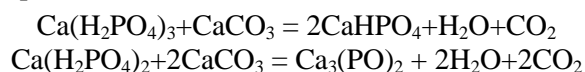
Так как монокальцийфосфат имеет только одну молекулу воды, а для образования гипса необходимо две молекулы кристаллизационной воды, то вторая молекула поглощается за счет свободной влаги смеси. Этот процесс поглощения свободной влаги оказывает большое влияние на слеживание тукосмесей.

Нельзя смешивать удобрения, содержащие аммоний, со щелочными удобрениями, т. к. произойдет потеря азота в виде аммиака. Например, при смешивании поташа (K_2CO_3) с аммиачной селитрой образуется углекислый аммоний, который будет распадаться до аммиака:

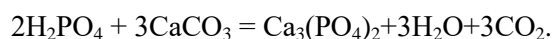


По этой же причине нельзя смешивать аммонийные соли с такими щелочными удобрениями, как томасшлак, фосфатшлак.

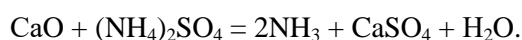
Не рекомендуется смешивать суперфосфат с большим количеством известковых удобрений, так как растворимая форма фосфора $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ будет переходить в менее растворимые формы CaHPO_4 и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, произойдет ретроградация фосфатов:



Исключением является примешивание к суперфосфату небольшого количества (не более 5 %) известняковой муки для нейтрализации свободной фосфорной кислоты:



Карбонат и бикарбонат кальция, имеющие щелочную реакцию, и металлургические шлаки, содержащие свободный оксид кальция, нельзя смешивать с аммонийными удобрениями из-за возможных потерь аммиака:



При заблаговременном смешивании аммонийной селитры с суперфосфатом получается мажущаяся смесь, непригодная для посева. Поэтому смешивать эти удобрения следует непосредственно в день внесения. В большинстве случаев смешивание допустимо незадолго до внесения удобрения в почву (рис. 2; Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И., 2002).

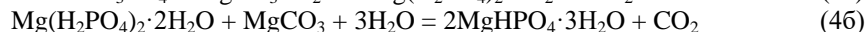
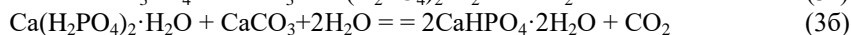
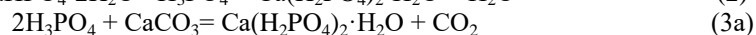
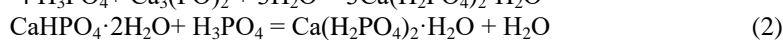
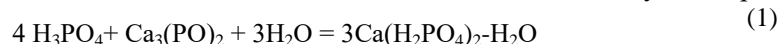
Аммонийная селитра	1										
Карбамид	2	0									
Сульфат аммония	3	1	1								
Суперфосфат	4	1	1	2							
Преципитат	5	1	1	2	2						
Фосфоритная мука	6	1	1	2	2	2					
Металлургические шлаки	7	0	1	0	0	0	2				
Аммофос	8	1	1	2	2	2	2	0			
Хлористый калий	9	1	1	1	1	1	1	1	1		
Сернокислый калий	10	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Рисунок 2 – Диаграмма ограничений при смешивании удобрений

- 0 – свойства смеси значительно ухудшаются;
1 – длительное хранение смесей недопустимо;
2 – заблаговременное смешивание допустимо.

Для улучшения физических свойств смешанных и сложно-смешанных удобрений используются различные нейтрализующие добавки (известь, доломит или фосфоритная мука, каолин), а также смолы и кремнеорганические жидкости.

Возможность изготовления таких смесей видна из следующих реакций:



Эти реакции указывают, во-первых, на нейтрализацию свободной кислотности суперфосфата и, следовательно, на отсутствие возможности образования в смеси свободной азотной кислоты, обуславливающей потери азота; во-вторых, на образование дикальций- и димагнийфосфатов (реакции 3б и 4б), имеющих положительное влияние на улучшение физических свойств благодаря переходу гигроскопической воды в кристаллизационную.

Заблаговременное приготовление смесей минеральных удобрений возможно только на специальных пунктах смешения с использованием нейтрализующих добавок. При этом добавки сначала смешивают с суперфосфатом и затем с другими компонентами, только в этом случае будет более полная нейтрализация удобрения. Затем уже смешивают аммонийной селитрой или сульфатом аммония и хлористым калием. Следует учитывать, что аммонийная селитра и сульфат аммония – удобрения физиологически кислые, и если смесь предназначается для кислой почвы, то на каждый центнер сульфата аммония добавляется известняковой муки 1,25 ц, на 1 ц аммиачной селитры – 0,8 ц и на 1 ц мочевины – 1 ц.

Необходимо помнить, что при любом способе изготовления смесей, в состав которых входят аммонийная селитра и суперфосфат, последний сначала перемешивают с нейтрализующей добавкой, а уже затем с остальными удобрениями.

При смешивании суперфосфата с нейтрализующей добавкой (известняковой мукой) происходит нейтрализация свободной фосфорной кислоты суперфосфата, исключается появление нестойкой азотной кислоты (которая может образоваться при добавлении аммонийной селитры) и, таким образом, исключаются потери азота. Снижается также гигроскопичность смеси (вследствие перехода гигроскопической воды в кристаллизационную – образование $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Необходимое количество каждого вида одностороннего удобрения (для приготовления смеси) рассчитывается по формуле:

$$M = a/v,$$

где: M – количество одностороннего удобрения, ц на 1 га;

a – количество питательного вещества, кг на 1 га;

v – содержание питательного вещества в 1 ц удобрения.

Качество полученных смесей зависит от реакционной способности составляющих компонентов, а также от условий увлажнения и температуры окружающей среды. При повышении температуры воздуха и увеличении степени насыщения атмосферы водяными парами скорость химических реакций между компонентами, составляющими смесь, возрастает и качество смеси ухудшается. Отмеченные закономерности, в первую очередь, имеют отношение к смеси на мочеvine состава НК или NPK с участием хлористого калия.

Основным условием правильного приготовления смесей является тщательность перемешивания отдельных удобрений между собой. Достигается это лучше всего с применением средств механизации в специальных смесителях.

Пример составления тукоsmеси. Для удобрения кукурузы требуется тукоsmесь с соотношением: N, P₂O₅, K₂O = 2:1:1,5. Если в хозяйстве имеются порошковидный суперфосфат 1-го сорта, чешуйчатая аммонийная селитра, хлористый калий и молотый известняк, то тукоsmесь составляют так:

Аммонийная селитра	287 кг (100 кг азота) × 2 = 574 кг
Суперфосфат	526 кг (100 кг P ₂ O ₅) = 526 кг
Хлористый калий	171 кг (100 кг K ₂ O) × 1,5 = 256,5 кг
	Всего 1356,5 кг

Для улучшения физических свойств в тукосмеси добавляют 10 % молотого известняка, что составит 135,6 кг. Таким образом, общая масса тукосмеси составит 1492 кг. В каждом центнере такой смеси будет содержаться 13,4 кг N, 6,7 кг P₂O₅, 10,1 кг K₂O. Удобрения, предназначенные для смешивания, необходимо измельчить. Для этого используются молотковые дробилки, кольцевые, шаровые и прутковые мельницы, бетономешалки, грануляторы и другие подсобные аппараты. После измельчения удобрения просеивают на грохоте с отверстиями 3–5 мм. При смешивании, транспортировании, хранении и внесении тукосмесей следует максимально снижать неоднородность их химического состава, обусловленную сегрегацией.

Главной причиной неоднородности тукосмесей является сегрегация в конусах естественного осыпания. В тщательно перемешанной тукосмеси при ее погрузке в транспортные средства и разгрузке возможно образование конусов естественного осыпания и вследствие этого происходит перераспределение компонентов. Крупные частицы распределяются преимущественно в нижней части, у основания кучи, менее крупные – в ее средней части и самые мелкие – в верхней.

Сегрегация тукосмесей происходит и при внесении их центробежными разбрасывателями. Неравномерное распределение тукосмесей обусловлено конструктивными особенностями этих машин, физико-механическими свойствами компонентов, различным радиусом полета частиц разного размера и массы.

Для улучшения распределения частиц удобрения по удобряемой площади необходимо обеспечить строго центральную подачу их на диск разбрасывающего устройства. При прочих равных условиях с увеличением скорости вращения диска возрастает дальность полета частиц удобрений, но в то же время снижается кучность, а, следовательно, равномерность их распределения. Для обеспечения равномерного распределения гранул удобрений необходимо соблюдать точные интервалы между соседними проходами разбрасывателя, чтобы в зоне перекрытия компенсировать недостачу удобрений, высеянных при проходе разбрасывателя в одну сторону. Наибольшая равномерность распределения удобрений достигается при дозе их внесения 2–2,5 ц/га и скорости движения машины 7–8 км/ч.

2.3. Органические удобрения

Было бы грубой ошибкой считать, что с ростом производства и применения минеральных удобрений роль навоза как одного из главных удобрений снижается. Наоборот, при интенсивной химизации значение навоза еще более возрастает.

Д.Н. Прянишников, 1939

Ценность органических удобрений заключается в многосторонности их действия на систему почва-микроорганизмы-растение. Они являются не только важным источником элементов минерального питания для растений и почвенных микроорганизмов, но и средством восполнения в ней запасов гумуса – одного из основных показателей плодородия почвы.

Подсчитано, что 25 % сухого вещества, вносимого в почву с органическими удобрениями, идет непосредственно на пополнение запасов гумуса, а 75 % – полностью минерализуется. С 20 т/га навоза в почву поступает около 100 кг азота (N), 50 – фосфора (P₂O₅), 120 – калия (K₂O), 80 кг кальция (CaO), а за счет процессов гумификации – около 1,0–1,2 т/га гумуса, т. е. от каждой

тонны навоза запас гумуса в почве возрастает на 35–50 кг/га. Для повышения содержания гумуса в почве на 1 % необходимо в течение 5 лет ежегодно вносить не менее 100 т/га органических веществ.

Применение органических удобрений позволяет повторно вовлекать в круговорот питательных веществ в земледелии часть элементов питания, ранее отчужденных из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур. Однако низкое содержание питательных веществ исключает возможность перевозки органических удобрений на большие расстояния. Поэтому, в отличие от минеральных туков, органические удобрения находят применение обычно в том хозяйстве, где они получены, или недалеко от места их получения, т. е. в большинстве случаев они относятся к так называемым «местным» удобрениям.

Следует отметить, что органические удобрения являются для растений существенным источником диоксида углерода, т. к. при их разложении в почве под влиянием микроорганизмов в почвенный воздух и надземный слой атмосферы выделяется значительное его количество. Как следствие, улучшается воздушное питание растений. Кроме того, под влиянием угольной кислоты в почве повышается доступность растениям ряда питательных веществ и тем самым улучшаются условия их минерального питания. Кроме того, с органическими удобрениями в почву поступают ауксины, гетероауксины, гиббереллины, которые являются регуляторами роста растений.

Навоз, благодаря большому содержанию органического вещества, положительно влияет на физические, физико-химические свойства и биологическую активность почвы, в т. ч. ее структуру, водный и воздушный режимы, способствует увеличению численности полезных микроорганизмов. При систематическом его внесении снижается кислотность почвы, повышается ее степень насыщенности основаниями. Песчаные и супесчаные почвы становятся более связными*, увеличивается их поглотительная способность и буферность, что способствует сохранению в них влаги и элементов минерального питания. Глинистые почвы под действием навоза становятся более рыхлыми, легче поддаются обработке. Доступность элементов питания навоза различна и зависит от его качества, а также почвенно-климатических условий.

Внесение органических удобрений повышает способность почв переводить остатки пестицидов, тяжелых металлов и радиоактивных веществ в недоступные для растений соединения. Это в какой-то степени нейтрализует негативные последствия применения минеральных туков и средств защиты растений, тем самым усиливая санитарно-гигиеническую роль почв в охране окружающей среды. Органические удобрения на 20–30 % повышают эффективность вносимых минеральных удобрений, сглаживают последствия неблагоприятных погодных условий, улучшают качество сельскохозяйственной продукции.

По мере увеличения масштабов применения минеральных удобрений и повышения продуктивности культурных растений еще большее количество питательных веществ выносится с урожаем основной и побочной продукции. Поэтому значение органических удобрений с дальнейшим развитием сельского хозяйства и промышленности не только не понизится, но, наоборот, возрастет еще больше. В то же время надо иметь в виду, что рациональное использование и более широкое применение местных органических удобрений несколько не снижает значения минеральных удобрений, за которыми

* Способность почвы оказывать сопротивление разрывающему усилию.

всегда останутся главнейшие их преимущества – высокое содержание легкоусвояемых растениями элементов питания и возможность дальних перевозок.

К важнейшим органическим удобрениям относятся: навоз, навозная жижа, торф, птичий помет, фекалии, солома, озерный (прудовый) ил, отходы сельскохозяйственного производства, промышленности и городов.

2.3.1. Навоз

Навоз – основное органическое удобрение, представляет собой смесь твердых и жидких выделений сельскохозяйственных животных с подстилкой или без нее. Он является важнейшим звеном круговорота питательных веществ в земледелии. Питательные вещества, взятые растениями из почвы и внесенных минеральных удобрений, поступают с кормами и подстилкой на животноводческие фермы и переходят в навоз, с которым затем возвращаются обратно в почву. Таким образом, они неоднократно участвуют в создании урожая.

В зависимости от способов содержания скота различают подстилочный и бесподстилочный навоз.

2.3.1.1. Подстилочный навоз

Подстилочный навоз – смесь жидких и твердых экскрементов животных с подстилкой. Количество и соотношение твердых и жидких выделений значительно различаются в зависимости от видов животных (табл. 39; Анспок П.И., Штиканс Ю.А., Визла Р.Р., 1981). Крупный рогатый скот, лошади и овцы выделяют кала больше, чем мочи, а свиньи – наоборот.

Таблица 39 – Количество твердых и жидких выделений от разных видов животных

Вид животных	Выделения	
	твердые, кг/сут.	жидкие, л/сут.
Крупный рогатый скот	20–30	10–15
Лошади	15–20	4–6
Овцы	1,5–2,5	0,6–1,0
Свиньи	1,2–3,0	2,5–4,5

Твердые и жидкие выделения животных неравноценны по составу и удобрительным качествам. Жидкие выделения животных содержат азота больше, чем в твердые, а в твердых находится больше фосфора и калия (табл. 40; Васильев В.А., Филиппова Н.В., 1988).

Относительное содержание магния и кальция в твердых выделениях крупного рогатого скота и лошадей намного выше, чем в моче. В жидких выделениях больше содержится серы. Азот и фосфор в твердых выделениях содержатся в составе органических соединений и переходят в доступную для растений форму лишь после минерализации. В жидких выделениях элементы питания растений находятся в водорастворимой, легкодоступной форме.

По содержанию азота и фосфора экскременты свиней превосходят экскременты крупного рогатого скота. Это необходимо учитывать при определении норм и способов их внесения в почву. Бытующее у некоторой части земледельцев предвзятое отношение к возможности применения свежего свиного навоза в качестве удобрения как раз и объясняется фактами использования без учета его более высокой концентрации.

Таблица 40 – Содержание элементов питания в экскрементах животных, %

Элементы питания	Крупный рогатый скот	Лошади	Свиньи	Овцы
Твердые выделения				
N	0,29	0,44	0,43	0,55
P ₂ O ₅	0,17	0,35	0,41	0,31
K ₂ O	0,26	0,35	0,15	0,26
CaO	0,35	0,45	0,09	0,46
MgO	0,13	0,24	0,10	0,15
SO ₄	0,04	0,06	0,04	0,14
Жидкие выделения				
N	0,58	1,55	0,60	1,95
P ₂ O ₅	0,01	следы	0,07	0,01
K ₂ O	0,83	1,50	0,49	2,26
CaO	0,01	0,15	следы	0,16
MgO	0,04	0,12	0,15	0,34
SO ₄	0,13	0,06	0,16	0,30

Сухое вещество экскрементов на 75–85 % является органическим и содержит лишь 15–25 % зольных элементов. Основную часть органики твердых выделений составляют вещества с высоким содержанием углерода. Отношение углерода к азоту составляет 9–10 в кале свиней и 15–16 – в твердых выделениях крупного рогатого скота. В противоположность этому, моча животных содержит около 50 % всего азота, выделяемого с экскрементами, и отношение в ней углерода к азоту у крупного рогатого скота составляет 1–2, а у свиней – 0,8–0,9.

На состав и соотношение твердых и жидких выделений животных влияют количество и качество потребляемых кормов. При скармливании животных концентрированными комбикормами экскременты намного богаче элементами питания, чем при кормлении грубыми кормами. Чем выше содержание элементов питания в кормах животных, тем больше их содержится в навозе. Из элементов питания, содержащихся в кормах, с навозом в почву возвращается до 90–98 % калия, 70–90 % азота, 70–80 % фосфора, 40–50 % органического вещества.

Прямое влияние на повышение удобрительных свойств навоза имеет количество и качество подстилки. Наиболее распространенными видами подстилки являются солома и торф, реже – опилки, стружки и другие влагоемкие материалы. Самую высокую влагоемкость имеет верховой торф (табл. 41; Васильев В.А., Бондарь Р.С., 1989).

Различные виды подстилки существенно отличаются по химическому составу (табл. 42; Минеев Л.Н., 1988).

Нормы расхода подстилки зависят от ее физико-химических свойств, вида животных, их рациона кормления, продолжительности стойлового периода, а также от системы навозоудаления. Чем суше подстилка, тем больше она впитывает жидкости и тем меньше ее требуется. Соломенная резка больше поглощает влаги, чем цельная солома. Сильно подсушенный низинный торф очень медленно впитывает жидкость, поэтому влажность его при применении на подстилку не должна быть ниже 30 %. При использовании большого количества сочных кормов подстилки требуется значительно больше, чем при использовании концентрированных кормов. Нормы расхода подстилочных материалов приведены в таблице 43 (Мамченков И.П., 1964).

Таблица 41 – Поглонительные свойства подстилки

Вид подстилки	100 весовых частей сухой подстилки поглощают воды, частей*	Вид подстилки	100 весовых частей сухой подстилки поглощают воды, частей
Солома: ржи	300	Стружки	300
пшеницы	170–300	Опилки	400–445
овса	170–230	Торф: низинный	500–700
риса	150–200	верховой	1000–1500
проса	340	Хвоя	150–200
гречихи	280–700	Ботва картофеля	180–220
гороха	280	Дубовая кора	400–500
Сено: люцерны	280	Мох	600–700
клевера	250	Стебли топинамбура	210–275
Листья: бука	200	Еловые лапки	70
дуба	400	Листья: граба	325
березы	300	липы	350

*1 кг верхового слаборазложившегося торфа при влажности 40–45 % может поглотить 4–5 кг навозной жижи, а солома в воздушно-сухом состоянии – 2–3 кг. Наивысшую влагоемкость имеет верховой торф с небольшой степенью разложения. У низинного торфа она значительно ниже.

Таблица 42 – Химический состав различных видов подстилки, % воздушно-сухого вещества

Виды подстилки	H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Солома: овса	14,3	0,65	0,35	1,60	0,38
ржи	14,3	0,45	0,26	1,00	0,29
пшеницы	14,0	0,57	0,20	0,90	0,28
Торф: низинный	60	0,90	0,05	0,04	1,10
верховой	50	0,60	0,04	0,05	0,15
Опилки	30	0,04	0,02	0,04	–

Таблица 43 – Нормы подстилки на одно животное при стойловом содержании, кг/сут.

Вид животных	Солома		Торф		Опилки, стружки
	злаков	бобовых	верховой	низинный	
Крупный рогатый скот	3–5	4–6	5–6	20–22	3–6
Лошади	2–4	3–5	3–4	10–12	2–4
Овцы	0,5–1,0	0,5–1,0	–	–	–
Свины: матки с поросятами	5–7	5–8	3–4	–	–
хряки	1,5–3,0	2–3	2–3	–	2–3
откармливаемые	1–2	1,5–2,0	1,5–2,0	2–3	1,5–2,0
отъемыши	0,5–1,0	1,0–1,5	0,5–1,0	–	1,0–1,5

На фермах, где отсутствуют жижесборники и моча отдельно не собирается, количество подстилки для полного поглощения жидких экскрементов должно быть увеличено примерно в 1,5–2 раза.

Количество получаемого в хозяйстве навоза зависит от вида животного, общего поголовья скота, продолжительности стойлового периода, наличия кормов и вида подстилки, возрастного состава животных. Накопление навоза можно определить несколькими способами.

Первый способ (по выходу навоза на одну голову животного). Общее количество навоза, получаемого в хозяйстве, определяют, пользуясь данными о выходе навоза на одну голову животного, с дальнейшим пересчетом на все поголовье (табл. 44; Васильев В.А., Лукьяненко И.И., 1984).

Таблица 44 – Выход навоза от одного животного при содержании на соломенной подстилке, т

Вид животных	Продолжительность стойлового периода, дни			
	240–220	220–200	200–180	<180
Крупный рогатый скот	9–10	8–9	6–8	4–5
Лошади	7–8	5–6	4,0–4,5	2,5–3
Свиньи	2,25	1,75	1,5	1,0
Овцы	1,0	0,9	0,6–0,8	0,4–0,5

Выход навоза в хозяйстве рассчитывают исходя из количества экскрементов, получаемых от одной условной головы скота, и количества применяемой подстилки. Для расчета выхода экскрементов все поголовье скота переводится в условные головы по коэффициентам: коровы и быки – 1; прочий крупный рогатый скот – 0,6; свиньи – 0,3; овцы и козы – 0,1; лошади – 1; птица – 0,02. Выход твердых и жидких экскрементов от одной головы крупного рогатого скота – 40 кг/сут. В качестве годового норматива выхода экскрементов с учетом 15 % потерь при хранении принято 9,5 т на условную голову. К общему количеству экскрементов от всех видов животных прибавляют массу подстилки и получают выход органических удобрений по хозяйству.

Количество хранящегося навоза можно определить, зная его объем (произведение длины, ширины и высоты в м³) и плотность. Масса 1 м³ свежего навоза – 400 кг, уплотненного – 700, полуперепревшего – 800, сильно разложившегося – 900 кг.

Второй способ (по массе животных). Суточный выход экскрементов крупного рогатого скота принимают в размере от 8 до 10 %, а экскрементов свиней – 6–8 % живой массы. Этот способ применим для комплексов промышленного типа с ритмичным выпуском продукции и незначительным колебанием состава поголовья по возрастным группам в течение года.

Третий способ (по годовому производству основной продукции). Считают, что выход экскрементов у коров в 4–5 раз, а у молодняка крупного рогатого скота – в 22–25 и у свиней – в 9–10 раз больше годового производства основной продукции – соответственно молока, говядины и свинины.

Четвертый способ (по формуле Буссенго). Выход навоза определяют по количеству израсходованного корма и подстилки по формуле:

$$H = (K + П) \cdot 2,$$

где: H – выход навоза, т;

K – количество израсходованного корма, т

П – количество израсходованной подстилки, т

Пятый способ (способ Вольфа). Основан на том, что около половины сухого вещества корма переваривается животными, а оставшееся количество переходит в навоз. В него переходит также все сухое вещество подстилки. В связи с тем, что в свежем навозе содержится $\frac{1}{4}$ сухого вещества и $\frac{3}{4}$ воды, общее количество навоза (Н) в 4 раза больше половины сухого вещества корма (К:2), суммированного с сухой подстилкой (П):

$$H = \left(\frac{K}{2} + П \right) \cdot 4$$

Шестой способ (по массе всего стада). Количество навоза определяют умножением массы всего стада на 25. Метод предложен французскими учеными. По их расчетам, годовое количество навоза в 25 раз больше массы всего стада.

Седьмой способ (предложен В.А. Васильевым). Размер накопления навоза определяют расчетным путем по валовому содержанию сухого вещества в рационе животных, с учетом переваримости кормов и их потерь. В основу метода положена закономерность, согласно которой количество сухого вещества в смеси экскрементов (кал и моча) составляет около 10 %, т. е. выход экскрементов примерно в 10 раз больше содержания в них сухого вещества. Общее количество сухого вещества, попадающего в навоз, представляет собой сумму сухого вещества непереваренного корма, потерь его во время кормления и подстилки животным. С учетом этого, а также убыли массы навоза при хранении, для подсчета размеров возможного его накопления при стойловом содержании животных рекомендуется следующая формула:

$$H = \left\{ \left[(C_{вр} - A) \cdot \frac{100 - K}{100} + A \right] \cdot 10 + П \right\} \cdot \frac{100 \cdot Y}{100},$$

где: Н – выход навоза, т;

$C_{вр}$ – сухое вещество рациона, т;

А – потери сухого вещества корма, попадающего в навоз, т;

К – коэффициент перевариваемости сухого вещества рациона, %;

П – количество подстилки, т;

Y – убыль в массе при хранении навоза, %.

Потери корма при кормлении свиней и откормочного поголовья молодняка крупного рогатого скота составляют 10 %, коров – 5 %. Средневзвешенный коэффициент переваримости сухого вещества корма для откормочного поголовья молодняка крупного рогатого скота 60 %, коров – 55, свиней – 70 %. Убыль массы при хранении подстильного навоза в стойловый период достигает 15 %, в пастбищный – 25 %.

При стойлово-пастбищном содержании скота накопление навоза рассчитывают отдельно за стойловый и пастбищный периоды. Навоз, накапливаемый за стойловый период, включают в общий годовой объем полностью, а за пастбищный – частично. Во время пастбы, а это примерно $\frac{2}{3}$ суток, экскременты животных теряются на пастбище и не могут быть собраны для удобрения других сельскохозяйственных угодий. При определении возможного годового объема накопления навоза суммируют количество его, накапливаемое за стойловый период, и только $\frac{1}{3}$ выхода экскрементов за пастбищный период.

Для расчета количества возможного накопления навоза в пастбищный период рекомендуется несколько иная формула, в которой все обозначения те же, что и в предыдущей:

$$H = \left\{ \frac{10}{3} \cdot \left[(C_{\text{вр}} - A) \cdot \frac{100 - K}{100} + A \right] + \Pi \right\} \cdot \frac{100 - Y}{100}$$

Состав навоза зависит от вида животных и используемой подстилки. Навоз лошадей и овец содержит меньше воды и больше органического вещества, а также азота, фосфора и калия, чем навоз коров и свиней. Навоз, приготовленный на торфяной подстилке, значительно богаче азотом, чем навоз, полученный при использовании соломенной подстилки (табл. 45; Васильев В.А., Филиппова Н.В., 1988).

Таблица 45 – Состав свежего навоза, %

Химический состав	Соломенная подстилка				Торфяная подстилка	
	КРС	конский	овечий	свиной	КРС	конский
Вода	77,3	71,3	64,6	72,4	77,5	67,0
Органическое вещество	20,3	25,4	31,8	25,0		
Азот: общий	0,45	0,58	0,83	0,45	0,60	0,80
белковый	0,28	0,35	–	–	0,38	0,48
аммиачный	0,14	0,19	–	0,20	0,18	0,28
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,23	0,23	0,23	0,19	0,22	0,25
Калий (K ₂ O)	0,50	0,63	0,67	0,60	0,48	0,53
Кальций (CaO)	0,40	0,21	0,33	0,18	0,45	0,44
Магний (MgO)	0,11	0,14	0,18	0,09		
Сера (SO ₃)	0,06	0,07	0,15	0,08		
Хлор	0,10	0,04	0,17	0,17	–	–
Кремний (SiO ₂)	0,85	1,77	1,47	1,08	–	–
Оксиды железа и алюминия	0,05	0,11	0,24	0,07	–	–

На состав навоза оказывают большое влияние рацион кормления и особенности физиологии пищеварения животных. Чем больше в рационе животных концентрированных кормов и чем богаче они белками, тем больше азота и фосфора в навозе. При одинаковых кормах в выделениях молодняка содержится несколько меньше азота и фосфора, чем взрослых животных. Заметное влияние на химический состав навоза оказывают региональные особенности. Более высоким содержанием азота, фосфора, калия и органического вещества отличается навоз крупного рогатого скота в районах с черноземными почвами по сравнению с районами, имеющими в основном бедные по плодородию дерново-подзолистые и серые лесные почвы (табл. 46).

Кроме макро- и мезоэлементов в навозе имеются микроэлементы, количество которых колеблется в очень широких пределах в зависимости от содержания их в почве, на которой выращены кормовые культуры (табл. 47; Мамченков И.П., 1964).

Содержание микроэлементов в навозе имеет важное значение, потому что почва, удобряемая только минеральными туками, с каждым годом все более и более обедняется микроэлементами, жизненно важными для человека и животных, ухудшается биологическая ценность продукции растениеводства и животноводства.

Полученный в результате смешения экскрементов и подстилки навоз подвергается в дальнейшем изменениям в результате развивающейся в нем

интенсивной микробиологической жизни. Под воздействием уреазы, вырабатываемой уробактериями, мочевины, содержащаяся в навозе, очень быстро подвергается гидролитическому расщеплению:

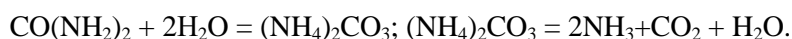


Таблица 46 – Химический состав навоза крупного рогатого скота, %

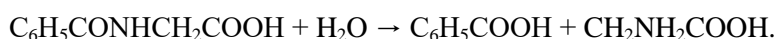
Район	Азот		P ₂ O ₅	K ₂ O	Органическое вещество	Вода	pH	C:N
	N _{общ} /	N–NH ₄						
Северо-Западный	0,41	0,09	0,23	0,44	17,8	77,0	8,0	22
Центральный	0,49	0,07	0,27	0,39	19,1	75,5	7,9	20
Волго-Вятский	0,41	0,06	0,19	0,41	18,1	78,5	8,0	22
Центрально-Черноземный	0,60	0,08	0,30	0,60	19,4	66,5	7,9	16
Поволжский	0,63	0,05	0,32	0,68	20,0	55,0	7,9	16
Северо-Кавказский	0,69	0,05	0,30	0,99	23,8	50,5	8,2	17
Западно-Сибирский*	0,82	0,05	0,29	0,78	19,9	51,5	7,8	12
Восточно-Сибирский	0,48	0,03	0,41	0,51	20,7	66,0	8,0	21
Дальневосточный	0,56	0,07	0,30	0,67	19,2	63,0	7,7	17

* Перегной

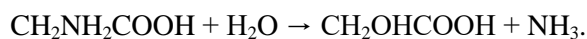
Таблица 47 – Содержание микроэлементов в навозе, мг/кг сухого вещества

Микроэлемент	Минимум	Максимум	Среднее
Бор	4,5	52,0	20,2
Марганец	75,0	549,0	201,1
Кобальт	0,25	4,7	1,04
Медь	7,6	40,8	15,6
Цинк	43,0	247,0	96,2
Молибден	0,84	4,18	2,06

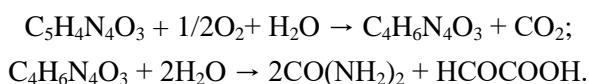
Гиппуровая кислота C₆H₅CONCH₂COOH, содержащаяся в навозе, разлагается на бензойную и аминокислоту:

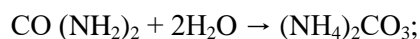


В свою очередь, последняя разлагается на уксусную или оксиуксусную кислоту с выделением аммиака:



Мочевая кислота C₅H₄N₄O₃ через ряд промежуточных продуктов, в числе которых гликоксилдиуреид C₄H₆N₄O₃, разлагается на углекислый газ, гликоксилую кислоту HCOOH, воду и аммиак, что приводит к потерям последнего:



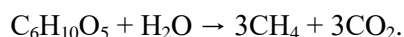


Следовательно, все азотистые соединения, входящие в состав навоза, могут разлагаться до свободного аммиака. Это основной источник потерь азота из навоза, особенно при неправильном его хранении.

Превращения безазотистых веществ при аэробных процессах можно описать уравнением:



При анаэробном процессе разложения клетчатка распадается в конечном счете на углекислый газ и метан:



Брожению подвержены крахмал, пентозаны, жирные кислоты и даже белки, но основным материалом для метанового брожения служит клетчатка.

Интенсивность процессов минерализации органических веществ навоза зависит от его состава и условий разложения, т. е. влажности и доступа кислорода воздуха. Чем больше в навозе содержится легко поддающихся разложению органических веществ – углеводов, азотистых веществ, тем интенсивнее идет этот процесс. Эти условия сказываются на температуре разлагающегося навоза. Чем интенсивнее идет минерализация, тем сильнее разогревается перепревающий навоз. Обычно конский и овечий навоз вследствие пониженной влажности, повышенного содержания азота и легко разлагаемых углеводов разогревается сильнее, чем, навоз крупного рогатого скота, выделения которого более водянистые и содержат меньше азота. Поэтому, навоз лошадей и овец называют обыкновенно горячим, в отличие от холодного навоза крупного рогатого скота. Наиболее сильно разогревается навоз в начале разложения, а затем интенсивность этого процесса падает и температура снижается.

Скорость разложения органического вещества навоза зависит от условий увлажнения, температуры и аэрации. Наиболее интенсивно он разлагается при влажности 55–75 %; при снижении влажности скорость разложения резко замедляется. Чем больше кислорода воздуха поступает в штабель навоза, тем интенсивнее и при более высокой температуре идет этот процесс. Аэрация и температура при разложении навоза зависят от объема штабеля, степени его уплотнения и увлажнения. Необходимо управлять процессами превращения навоза и расходования его сухого органического вещества. В превращениях навоза участвуют микроорганизмы, активно размножающиеся при обилии органических остатков, влаги и доступа воздуха. Общая их численность в расчете на 1 г сухого вещества значительно выше, чем в самых плодородных почвах. Размножение и деятельность микроорганизмов сопровождается выделением тепла, особенно в свежем навозе, и которое часто используется в парниковом хозяйстве.

По степени разложения различают *свежий*, *полуперепревший*, *перепревший* навоз и *перегной*. Это связано со сроком его хранения, прочностью соломы и потерями сухого вещества.

Свежий, слаборазложившийся навоз. Солома еще сохраняет типичную (желтую) окраску и прочность. Водная вытяжка из такого навоза красновато-желтого или зеленоватого цвета.

Полуперепревший навоз. Солома уже теряет прочность и упругость, приобретает темно-коричневую окраску. Водная вытяжка густая, черная. В связи с потерей упругости подстилки навоз самоуплотняется, при этом выделяется часть навозной жижи. На этой стадии разложения навоз теряет 10–30 % первоначальной массы и такую же часть сухого органического вещества.

Перепревший навоз – однородная черная мажущаяся масса, в которой незаметны отдельные соломинки или элементы другого вида подстилки. Водная вытяжка бесцветная. Навоз теряет около 50 % первоначальной массы сухого органического вещества.

Перегнивший – темная рыхлая землистая масса, пылящая в сухом состоянии и мажущаяся при увлажнении. Водная вытяжка обычно бесцветная. На этой стадии теряется 75 % и более от всего исходного сухого вещества.

Не следует доводить навоз до перепревшего или перегнившего состояния. При длительном хранении навоза содержание органического вещества уменьшается в 2–3 раза, при этом теряется значительное количество азота (табл. 48; Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Попов П.Д., 1987).

Таблица 48 – Состав навоза крупного рогатого скота на соломенной подстилке, %

Показатель	Навоз			
	свежий	полуперепревший	перепревший	перегнивший
Азот	0,52	0,60	0,66	0,73
Фосфор	0,31	0,38	0,43	0,48
Потери органического вещества	–	29,0	47,2	62,4

Количество и качество подстилочного навоза в значительной степени зависят от способа его хранения. В период хранения навоза необходимо добиться:

- минимальной потери питательных веществ;
- возможно более полного разложения безазотистых составных частей навоза;
- накопления легкоусвояемых форм питательных веществ, при разложении навоза.

Навоз хранят непосредственно под скотом или в навозохранилище. Для хранения навоза под скотом стойла делают углубленными на 1–1,5 м, с тем, чтобы обеспечить место для всего его количества, накапливающегося за год. В связи с этим такой навоз называют еще навозом «глубокого стойла». Если животные ходят по стойлу без привязи, то происходит равномерное перемешивание подстилки, кала и мочи и уплотнение навоза ногами животных. При достаточном количестве подстилки вся вода экскрементов впитывается и механических потерь навозной жижи не происходит. Немедленное равномерное уплотнение навоза и поддержание его во влажном состоянии создают условия для его медленного анаэробного разложения. Выделяющийся при разложении навоза диоксид углерода и высокая влажность препятствуют диссоциации углекислого аммония, и потери азота бывают небольшими. Все это вместе взятое показывает, что в плане хранения навоза этот способ удовлетворителен. Однако при этом создаются антисанитарные для животных условия, что приводит, в частности, к загрязнению молока, и делает этот способ совершенно непригодным для молочного скота.

Обустройство рациональных скотных дворов в хозяйствах постепенно вытесняет этот прием хранения навоза из практики. При ежедневной чистке стойла возникает задача организации хранения навоза до момента вывозки в поле в специальном навозохранилище. Уборка навоза включает очистку стойл, удаление его из помещений для содержания скота и транспортировку в карантинный навозоприемник. Удаляемый подстилочный навоз буртуют на карантинной бетонированной площадке возле помещения. После укладки бурта навоз хранят на площадке в течение 6 сут. В это время в бурт запрещается добавлять свежий навоз. Его укладывают во второй бурт. Если в течение карантинного срока (6 сут.) на ферме не возникает особо опасных заболеваний, то навоз из первого бурта вывозят в навозохранилище или полевой штабель. В случае выявления инфекции навоз обеззараживают по указанию и под руководством ветеринарно-санитарной службы.

Карантинная площадка должна быть на 25–30 см выше окружающей территории. По ее периметру устраивают канавки для отвода жижи. Канавку от поступления воды с водосборной площади защищают валиком высотой 25–30 см. Для сбора жижи, отводимой с площадки, устраивают заглубленные жижеборники, вместимость которых зависит от способа и длительности хранения жижи. Размеры карантинной площадки на ферме должны позволять разместить на ней навоз с учетом задержки вывоза в навозохранилище в период бездорожья.

При устройстве навозохранилища необходимо исключить просачивание в грунт образующейся при хранении навозной жижи, а также поступление в навоз грунтовых и дождевых вод. С этой целью место, отведенное для навозохранилища, окружают валом и канавкой для стока дождевых вод, а дно самого навозохранилища покрывают кирпичной кладкой, глиной, бетоном или другим водонепроницаемым слоем. Дно навозохранилища делают с уклоном в сторону для стока жижи в специально устроенный для ее сохранения колодец-жижеприемник. Место для навозохранилища отводится на расстоянии не менее 50 м от скотного двора, с подветренной стороны к нему и жилым постройкам. Лучше, если место расположения навозохранилища защищено от ветра зелеными насаждениями.

Существуют два типа навозохранилищ: полузаглубленные и наземные. При выборе типа навозохранилища принимают во внимание уровень стояния грунтовых вод, плотность грунта и возможность механизации трудоемких работ по укладке и выгрузке навоза.

Полузаглубленное навозохранилище – это обычно вытянутый котлован прямоугольной формы, обвалованный по длинным сторонам. В торцах котлована устраивают пандусы для въезда и выезда машин, по бокам – жижеборники. Котлован строят глубиной 0,5–1,5 м в зависимости от уровня грунтовых вод и плотности грунта. В плотных глинистых грунтах глубина котлована обычно больше, чем в рыхлых.

Наземные навозохранилища проектируют в случае высокого уровня стояния грунтовых вод. Забетонированное днище хранилища должно быть примерно на 20 см выше поверхности почвы. Боковые стенки делают из бетона или сборного железобетона. Вокруг хранилища устраивают отмостку для стока талых и ливневых вод.

Размеры навозохранилища определяются количеством накапливающегося в хозяйстве навоза в промежутки от одной вывозки до другой. Если осуществляется зимняя вывозка навоза, то примерная потребность в площади навозохранилища по расчету на одну голову крупного рогатого скота равна:

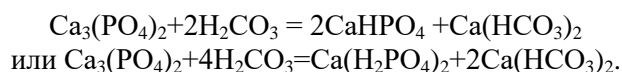
Продолжительность стойлового периода, дни	200–240	180–200	<180
Площадь навозохранилища на 1 голову крупного рогатого скота, м ²	3,0	2,5	1,8

Для расчета размеров навозохранилища для других животных к 1 голове крупного рогатого скота приравнивают 2 рабочие лошади, 4 взрослых свиньи, 4 теленка, 10 овец, 2 головы молодняка крупного рогатого скота.

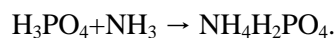
Существует три способа хранения навоза – горячий (рыхлый), холодный (плотный) и горячепрессованный. Первый предусматривает рыхлую укладку навоза в узкие, не шире 2–3 м, штабеля; второй – плотную укладку увлажненного навоза в штабеля шириной не менее 5 и высотой 2 м; третий – укладку слоем 80–100 см с последующим уплотнением каждого слоя после повышения температуры в штабеле до 55–60 °С. В штабель кладут не менее трех-четырёх слоев навоза, чтобы общая высота после уплотнения была не менее 2 м.

При *горячем способе хранения* создаются благоприятные условия для разложения навоза аэробными бактериями. Активность микрофлоры в этих условиях возрастает, интенсивно минерализуются органические вещества, теряется сухое вещество и азот. Температура поднимается до 60–70 °С. Применять этот способ целесообразно, если в короткий срок требуется получить навоз высокого качества и необходимо уничтожить в нем семена сорняков. Для уменьшения потерь азота при горячем способе хранения необходимо применять повышенные нормы подстилки.

Потери азота при хранении навоза уменьшаются при компостировании его с фосфорными удобрениями. Для этого целесообразно использовать фосфоритную муку. Под влиянием угольной и органических кислот, образующихся при разложении навоза, фосфоритная мука превращается в более доступные для растений формы – двухзамещенный и однозамещенный фосфат кальция:



Одновременно происходит связывание аммиака фосфорной кислотой с образованием фосфорно-аммонийной соли – аммофоса:



Потери азота из навоза при его хранении без фосфоритной муки составляют около 20 %, а при ее добавлении – только 2–3 %. Обычно рекомендуется добавлять фосфоритную муку к навозу в количестве 2–5 % его массы. При этом необходимо, чтобы она равномерно распределялась в массе навоза. Фосфоритную муку можно добавлять к навозу на скотных дворах или при укладке штабеля на поле. Чем дольше взаимодействие фосфорных удобрений с навозом, чем лучше они перемешаны, тем выше эффективность этого приема.

При *холодном способе хранения* навоза создаются анаэробные условия в навозохранилище. Температура навоза, даже в первой стадии разложения, высоко не поднимается. Навоз остается все время достаточно увлажненным и насыщенным выделяющейся при разложении углекислотой. Такие условия предотвращают повышенную диссоциацию углекислого аммония и улетучивание аммиака. Кроме того, благодаря анаэробному типу разложения органического вещества навоза, при распаде углеводов и белков образуются органические кислоты, также связывающие аммиак. Анаэробные условия разложения вместе с тем исключают даже начало процесса нитрификации, а, следовательно, и потери азота путем денитрификации отсутствуют. Сравнительно малая интенсивность бактериального разложения и почти полное отсутствие грибной флоры ведут к тому, что в условиях плотного хранения навоза вторичное связывание азота телами микроорганизмов выражено в меньшей степени, чем при

других способах хранения, следовательно, значительная часть азота накапливается в легко усвояемой аммонийной форме (табл. 49; Мамченков И.П., 1964). При плотном хранении потери сухого вещества навоза сравнительно невелики, он сохраняет способность удерживать значительное количество влаги, и отделение навозной жижи можно сделать небольшим.

Таблица 49 – Состав навоза после 4-х месяцев хранения, %

Химический состав	Соломенная подстилка			Торфяная подстилка		
	способы хранения					
	холодный	горячепрессованный	рыхлый	холодный	горячепрессованный	рыхлый
Вода	75,7	77,7	77,9	77,3	79,5	80,0
N: общий	0,61	0,66	0,71	0,62	0,67	0,63
белковый	0,37	0,50	0,51	0,37	0,44	0,42
аммонийный	0,23	0,15	0,18	0,24	0,22	0,18
P ₂ O ₅	0,39	0,43	0,48	0,27	0,28	0,31
K ₂ O	0,42	0,48	0,52	0,37	0,48	0,51
CaO	0,18	0,24	0,22	0,19	0,24	0,24
Органическое вещество	21,7	18,7	18,4	20,0	18,0	17,0
Углерод	9,69	8,61	7,31	9,08	8,30	8,00
Клетчатка	8,82	6,58	6,47	6,88	5,88	5,72
Пентозаны	3,69	2,49	2,48	2,72	2,19	1,68

Горячепрессованный способ хранения навоза в навозохранилище был предложен в Германии Кранцем. Его применяют для ускоренного получения качественного навоза, уменьшения потерь питательных веществ и для уничтожения возбудителей желудочно-кишечных заболеваний и семян сорной растительности. Его используют в тех случаях, когда ветеринарный врач устанавливает необходимость применения этого приема для борьбы с глистными или другими заболеваниями животных.

По агрономической ценности навоз, полученный при рыхлом и горячепрессованном способах хранения, уступает полученному при плотном хранении. В свою очередь, горячепрессованный способ приготовления навоза лучше рыхлого.

Помимо способа хранения, на питательную ценность навоза большое влияние оказывает правильное его внесение, предусматривающее мероприятия по исключению потерь элементов питания, прежде всего аммонийного азота, которые могут свести к нулю все усилия по его сбережению в стойлах и навозохранилище. В зависимости от способа доставки удобрений от места накопления к месту внесения различают прямоточную, перегрузочную и перевалочную технологии. Целесообразность той или иной технологической схемы в основном зависит от удаленности полей от мест хранения навоза и наличия соответствующей техники в хозяйствах. При небольших расстояниях доставки (до 3 км) выгодна прямоточная технология, при большем радиусе перевозок, хороших дорожных условиях и обеспеченности автосамосвалами – перегрузочная. Если в хозяйстве ощущается нехватка самосвалов или машин, следует применять перевалочную технологию. Нежелателен разрыв между разбрасыванием и заделкой их в почву.

Навоз вносят в почву после 4–6-месячного хранения. Навоз равномерно разбрасывают по полю и заделывают в почву. Недопустимо оставлять его надолго лежать в поле в мелких кучах или разбросанным по полю и незапаханным, т. к. это ведет к большим потерям аммонийного азота, которые особенно велики в сухую, жаркую погоду и при ветре. Навоз запахивается плугом чаще всего на глубину пахотного слоя. В особенности важна глубокая запашка навоза в районах недостаточного увлажнения, где при неглубокой заделке навоз может остаться в верхнем сухом слое почвы неиспользованным.

Навоз может являться одним из серьезных источников засорения полей. В 1 т навоза может содержаться несколько миллионов штук жизнеспособных семян сорняков. В навоз семена сорных растений попадают из желудочно-кишечного тракта животных, подстилки, содержащей зрелые семена, кормов при раздаче их животным, а также с растений, растущих на буртах при длительном его хранении. Исследованиями установлено, что проходя через пищеварительный тракт лошадей, сохраняют всхожесть 11,7 % семян сорных растений, коров – 26,4, свиней – 7,4 %. Для предотвращения засорения посевов, после разбрасывания навоза по полю его опрыскивают раствором гербицида и сразу же тщательно перемешивают с почвой дисковой бороной. Не допускается разрыв между опрыскиванием и заделкой навоза в почву. Расход рабочего раствора гербицидов составляет 400–600 л/га. Для обработки используются гербициды, к которым устойчивы возделываемые культуры. Такой способ борьбы с сорняками более эффективен, чем обработка сорняков весной в период вегетации сельскохозяйственных культур.

Нормы внесения навоза определяются почвенно-климатическими условиями, планируемой урожайностью и биологическими особенностями культуры. На севере применяют более высокие нормы, чем на юге и засушливом юго-востоке. На дерново-подзолистых почвах, бедных питательными веществами, навоз вносят в больших количествах, чем на черноземах и высококультурных почвах. Озимые и яровые зерновые при прочих равных условиях требуют менее высоких норм навоза (20–25 т/га), чем кукуруза, картофель, сахарная свекла, конопля и другие, пропашные и технические культуры (26–60 т/га). Самые большие нормы навоза заделывают под кормовые корнеплоды, силосные и овощные культуры.

С достаточной точностью для практики годовую норму внесения навоза (Н) по каждому из питательных элементов можно рассчитать по формуле:

$$H = \frac{100B - PK_{п}}{K_{y} \cdot C \cdot 10},$$

где: Н – норма внесения навоза, т/га;

В – норма внесения соответственно N, P₂O₅, K₂O под данную культуру на планируемую урожайность, кг д.в.;

K_y – коэффициент использования питательных элементов растениями;

С – содержание соответственно N, P₂O₅ и K₂O в навозе, %;

K_п – коэффициент использования элементов питания из почвы;

П – наличие в почве доступных N, P₂O₅ и K₂O, кг/га;

10 – коэффициент пересчета в т/га.

Норма внесения навоза определяется по минимальному количеству одного из трех наиболее дефицитных элементов – азота, фосфора или калия. Недостающее количество двух других питательных веществ вносят в виде минеральных удобрений.

Вносят навоз осенью, а на почвах легкого гранулометрического состава – весной. Зимнее внесение навоза допускается только в условиях, исключающих потери его путем смыва. В первый год внесения навоза из него используется 8–38 % азота, главным образом аммонийного, 30–55 фосфора и 46–80 % калия. Удобрительное действие навоза на тяжелых почвах продолжается до 10 лет, а на легких по гранулометрическому составу – до 4 лет. Соотношение в навозе С:N влияет на усвоение питательных веществ. При соотношении, не превышающем 20:1, и содержании общего азота не менее 2 % к абсолютно сухой массе навоз можно использовать под все культуры, не вызывая азотного голодания растений. В противном случае внесение навоза может привести к увеличению биологической поглотительной способности почвы, уменьшению ее обеспеченности доступными элементами минерального питания и как следствие – снижению урожайности.

2.3.1.2. Бесподстилочный навоз

Бесподстилочный навоз – это смесь кала и мочи животных с примесью воды и остатков корма. В зависимости от содержания в этой смеси воды различают: полужидкий навоз (влажность до 90%), жидкий навоз (влажность 90–93%) и навозные стоки (влажность более 93%). Бесподстилочный навоз в общем балансе органических удобрений занимает около 14 %. Его получают на комплексах промышленного типа при бесподстилочном содержании животных.

Бесподстилочный навоз в зависимости от влажности представляет собой в различной степени текучую, полидисперсную суспензию с квазипластическими текучими свойствами. В недвижимом состоянии он застывает в виде геля, а при движении разжижается до состояния золя. Когда бесподстилочный навоз не движется, твердые частицы высокой плотности начинают осаждаться, он переходит в гелеобразное состояние и текучесть, т.е. его реологические свойства, ухудшаются. Реологические свойства навоза зависят от содержания в нем сухого вещества и коллоидных частиц. Свиной навоз при одинаковом содержании сухого вещества более текуч, чем навоз крупного рогатого скота, что объясняется меньшим содержанием в нем коллоидных частиц. При скармливании кормов с высоким содержанием клетчатки и низким содержанием протеина вязкость навоза повышается. Состав бесподстилочного навоза зависит от вида животных (табл. 50; Васильев В.А., Швецов М.М., 1983).

Таблица 50 – Состав сухого вещества кала животных, %

Вид животных	Зола	Органическое вещество					
		всего	в том числе				
			целлюлоза	лигнин	пентозаны	крахмал	гемипеллюлоза
КРС	16,2	83,8	26,1	21,3	14,5	0,44	20,4
Свиньи	13,6	86,4	18,4	15,2	20,7	0,38	27,0
Овцы	22,3	77,7	20,3	19,1	7,7	0,34	10,0

В основном органическое вещество кала представлено структурными веществами с высоким содержанием углерода (целлюлоза, лигнин, пентозаны). В связи с этим отношение С:N в нем довольно широкое (около 18–20).

Однако в смеси экскрементов оно сужается за счет азота мочи до 5–9. Кроме того, в моче содержится много мочевины, азот которой составляет примерно 80 % всего азота этого экскремента. Это повышает ценность бесподстильного навоза как источника доступного азота для питания растений.

Химический состав навоза зависит от технологии хранения, степени разбавления водой, вида животных и корма (табл. 51; Городний Н.М., 1990). При одинаковой влажности перемешанный бесподстильный навоз свиней содержит, как правило, больше азота и фосфора и примерно в 1,5–2 раза меньше калия, чем навоз крупного рогатого скота. При скармливании животным концентрированных кормов в навозе выше содержание питательных элементов.

Таблица 51 – Химический состав бесподстильного навоза различной влажности, % сырого вещества

Питательное вещество	Влажность навоза, %		
	88–90	92–94	96–98
Крупного рогатого скота			
N	0,40–0,33	0,27–0,20	0,13–0,07
P ₂ O ₅	0,20–0,17	0,13–0,10	0,07–0,03
K ₂ O	0,40–0,33	0,27–0,20	0,13–0,07
Свиней			
N	0,50–0,42	0,33–0,25	0,17–0,08
P ₂ O ₅	0,25–0,21	0,16–0,12	0,08–0,04
K ₂ O	0,21–0,17	0,13–0,08	0,08–0,03

В бесподстильном навозе от 50 до 70 % азота находится в аммонийной форме, в которой он хорошо усваивается растениями в первый же год. Поэтому действие его на первую (удобренную) культуру несколько сильнее, чем подстильного навоза, а последствие, наоборот, слабее. Азот белковых соединений по мере минерализации органического вещества становится доступным растениям. Фосфор и калий навоза используются растениями не хуже, чем из минеральных удобрений. В год внесения бесподстильного навоза из него используется 30–50 % азота, 30–35 – фосфора и 60–70 % калия.

Количество и качество бесподстильного навоза зависят от вида и возраста животного, типа кормления, продолжительности откорма или стойлового содержания, количества воды, расходуемой при уборке, и технологии его накопления.

Годовой выход бесподстильного навоза можно рассчитать по формуле:

$$A = \frac{D_c (K_k + K_m + K_v + n) T}{1000} - П,$$

где: А – выход навоза, т/г.;

D_c – стойловый период животных, сут.;

K_k, K_m – соответственно количества кала и мочи, выделенные одним животным, кг/сут.;

K_v – суточная норма расхода воды на одно животное, л;

n – суточная норма подстилки на одно животное, кг;

T – количество животных, шт.;

П – потери навоза при хранении.

Средний выход бесподстилочного навоза от одной головы крупного рогатого скота составляет 50–60 л/сут. (30–35 л кала и 15–20 л мочи, 5 л технологических вод), от одной свиньи – 12 л/сут. (8 л кала, 2 л мочи и 2 л воды). В производственных условиях за счет технологических вод выход навоза по сравнению с количеством экскрементов животных может увеличиться на 25 %.

Для расчета выхода органических удобрений по хозяйству бесподстилочный навоз с помощью коэффициентов переводится в условный навоз влажностью 75 % (25 % сухого вещества). Коэффициент пересчета (К) устанавливается по формуле:

$$K = \frac{100 - V_{\text{факт}}}{100 - V_{\text{усл}}},$$

где: $V_{\text{факт}}$ – фактическая влажность, %;
 $V_{\text{усл}}$ – условная влажность (75%).

Если влажность бесподстилочного навоза не определяется, можно пользоваться следующими коэффициентами пересчета в условный навоз: полужидкий – 0,5, жидкий – 0,2, навозные стоки – 0,06.

Объемная масса бесподстилочного навоза близка к 1, т. е. масса 1 м³ составляет 1 т. На крупных животноводческих комплексах выход бесподстилочного навоза при самосплаве составляет для комплексов на 1200 коров около 30 тыс. т в год, на 10 тыс. бычков – около 110 тыс., на 100 тыс. свиней – около 100 тыс. т.

Удаление бесподстилочного навоза из животноводческих помещений и с территории комплексов и ферм состоит из трех последовательно выполняемых операций: очистки и уборки площади, на которой находятся животные, транспортировки навоза в навозосборник, а из него в навозоприемники и навозохранилища.

Транспортировка навоза от животного до навозосборника осуществляется механическим и гидравлическим способами.

Для механического удаления навоза в животноводческих помещениях применяют скребковые и штанговые транспортеры, скреперные установки, бульдозеры. Гидравлический способ осуществляется путем применения различных систем гидросмыва, самотечно-сливной системы периодического действия (отстойно-лотковая или шиберная система), самотечно-сплавной системы непрерывного действия, самотечно-сплавных систем в сочетании с рециркуляцией.

Гидросмыв по каналам предусматривает ежедневное удаление экскрементов водой, которую подают к смывным насадкам по специальной сети или из смывных бачков, подключенных к общей водопроводной сети.

Бесканальный смыв предусматривает ежедневное удаление экскрементов из зоны дефекации с помощью гидравлической установки с высоким давлением смывных струй.

Самотечно-сплавная система периодического действия предусматривает накопление экскрементов в продольных каналах навозоудаления. Выход из них перекрыт шиберами (задвижками). Объем каналов обеспечивает накопление навоза в течение одной-двух недель. Периодический выпуск бесподстилочного навоза из каналов навозоудаления осуществляется путем открытия шиберов.

Самотечно-сплавная система непрерывного действия предусматривает удаление навоза через открытый конец канала под действием силы тяжести.

Рециркуляционная система предусматривает использование осветленной жидкой фракции бесподстилочного навоза для промывки каналов навозоудаления.

Между животноводческими помещениями и навозохранилищами, помимо навозосборников, должно быть не менее трех карантинных навозоприемников. Их используют для промежуточного выдерживания навоза в течение 6 дней. При отсутствии на комплексе особо опасных заболеваний навоз по прошествии этого времени (6 сут.) перекачивают в навозохранилище. При необходимости его обеззараживают на очистных сооружениях путем термической обработки или специальными химическими препаратами. Наиболее доступно обеззараживание способом метанового брожения, при котором не происходит потерь органического вещества и азота, а кроме того получается горючий газ, который можно использовать как топливо.

Бесподстильный навоз хранят в зависимости от почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условий от 2 до 6 мес. Для этого необходимы прифермские и полевые хранилища. Емкость прифермских хранилищ закрытого типа должна составлять 25–40 % объема навоза, накапливаемого в течение 2–3 мес. Остальные 75–60 % навоза хранят в полевых навозохранилищах, представляющих собой открытые котлованы с пленочным покрытием дна и откосов, размещаемых в центре удобряемых массивов. Как прифермские, так и полевые навозохранилища должны быть надежно гидроизолированы, в противном случае они могут быть источниками загрязнения грунтовых вод и водоемов.

Бесподстильный навоз при хранении расслаивается на три фракции: верхний слой – плотный плавающий, внизу – осадок, а между ними – осветленная жидкость. Чтобы обеспечить однородность навозной массы, нормальную работу насосов, цистерн-разбрасывателей, дождевальных установок и равномерное его внесение, навоз необходимо систематически перемешивать.

Потери органического вещества и азота при хранении бесподстильного навоза составляют соответственно в зимнее время 5–8 и 9–8 %, летом – 9–15 и 4–14%. Это значительно меньше, чем при хранении подстильного навоза. В бесподстильном навозе процессы самосогревания не протекают; его температура не повышается выше 10–17 °С.

Внесение бесподстильного навоза на поля может проводиться по следующим технологическим схемам: 1) прифермское хранилище – трубопровод – дождевальная установка (или цистерна-разбрасыватель) – поле; 2) прифермское навозохранилище – цистерна-разбрасыватель – поле; 3) прифермское навозохранилище – трубопровод – полевое хранилище – цистерна-разбрасыватель; 4) разделение навоза на твердую и жидкую фракции, первая вносится, как и подстильный навоз, вторая – по одной из трех первых схем, но чаще с помощью дождевальных установок.

Для обеспечения безотказной работы сооружений, механизмов, оборудования и машин, применяемых для хранения, погрузки, транспортировки и внесения навоза, все это соответствующим образом подготавливают: извлекают из него инородные включения и крупные частицы, измельчают остатки корма, перемешивают, разделяют на фракции, а иногда подвергают различным обработкам.

При расчете норм внесения бесподстильного навоза принимают во внимание потребность удобряемой культуры в питательных веществах, тип почвы и ее обеспеченность элементами питания, предшественник, расстояния транспортировки, размеры накопления навоза. В таблице 52 приводятся рекомендуемые нормы в расчете на ежегодное внесение бесподстильного навоза (Васильев В.А., Швецов М.М., 1983).

Таблица 52 – Годовая норма, срок внесения и способ заделки бесподстилочного навоза крупного рогатого скота

Культура	Норма, т/га*	Время внесения	Способ заделки
Зерновые	35	Под основную обработку	Под плуг
Озимые на зерно	25	Зимой для подкормки	Весеннее боронование
Картофель	40–60	Осенью, зимой и весной под весеннюю вспашку	Под плуг
Сахарная свекла	50–60	Осенью, зимой и весной под весеннюю обработку	Под плуг или дисковый луцильник
Кормовая свекла	80–90	То же	То же
Кукуруза на зеленый корм и силос	60–80	« «	« «
Многолетние злаково-бобовые травосмеси	60–80**	Зимой и после укосов	Боронование после укосов
Луга	50–60**	То же	То же
Пастбища	50–60	По окончании вегетации, зимой до вегетации, при удобрительных поливах после стравливания	Боронование в начале вегетации
Однолетние травы	30–40	Осенью под зябь, зимой или весной под предпосевную обработку	Под плуг, дисковый луцильник
Рожь на зеленый корм	35	Под вспашку или предпосевную обработку	Под плуг, дисковый луцильник, культиватор

* Нормы даны в расчете на не разбавленный водой бесподстилочный навоз, содержащий около 0,4 % азота.

** Годовая норма вносится частями в 2–3 срока.

На естественных и культурных сенокосах и пастбищах с высокой насыщенностью травостоя бобовыми растениями норма навоза уменьшается. На пастбищах бесподстилочный навоз лучше вносить зимой, до начала вегетации или по окончании вегетации трав. При подкормке пастбищ в период вегетации ухудшается поедаемость зеленого пастбищного корма, поэтому она проводится сразу же после стравливания. Не допускается ее выполнение менее чем за 25–30 дней до очередного стравливания.

В крупных животноводческих хозяйствах необходимо стремиться к круглогодичному использованию навоза. Зимой не рекомендуется применять бесподстилочный навоз лишь на затопляемых участках и склонах, где возможен его смыв талыми водами.

Бесподстилочный навоз целесообразно применять по разбросанной по полю измельченной соломе. После уборки зерновой культуры на поле обычно остается 5–7 т/га соломы. Ее измельчают и разбрасывают непосредственно при уборке зерновыми комбайнами или косилками-измельчителями и на нее вносят 80–100 т жидкого навоза. Затем солому и внесенный навоз заделывают в почву на глубину пахотного слоя. Рациональный способ использования бесподстилочного навоза – компостирование его с торфом, соломой, другими растительными остатками. Для приготовления компоста с соломой на 1 т ее берут 3–4 т бесподстилочного навоза.

Для получения максимального эффекта от использования бесподстилочного навоза в качестве удобрений В.А. Васильев (1988) рекомендует соблюдать следующие требования:

– не накапливать длительное время, т. к. это приводит к переполнению емкостей, загрязнению окружающей среды и распространению инфекции и инвазий;

– норму внесения определять по потребности растений в азоте в расчете на планируемый урожай с учетом содержания его в навозе, коэффициента использования, степени окультуренности почвы и наличия удобрений в хозяйстве; она должна быть не выше потребности в нем растений;

– применять навоз надо главным образом на тех полях, где его можно быстро заделать в почву;

– в осеннее время бесподстилочный навоз вносят в первую очередь на почвах с высокой емкостью обмена. На легкосуглинистых, супесчаных и песчаных почвах его применяют в сочетании с соломой или под озимые промежуточные культуры во избежание потерь питательных веществ от вымывания;

– следует избегать внесения навоза в зимний период на затопляемых весной участках, а также на склонах, где возможен смыв удобрений талыми водами. На склонах его можно применять лишь при условии своевременной заделки в почву;

– под парозанимающие культуры навоз вносят под зяблевую вспашку. Если их рано убирают (вико-овсяную смесь на зеленый корм), то навоз заделывают под вспашку после уборки этих культур;

– целесообразно вносить навоз большей частью на полях, где выращивают промежуточные культуры или используют солому для удобрения; при совместном применении бесподстилочного навоза и соломы в почву поступает в 1,5 раза больше органического вещества, чем при использовании подстилочного;

– при углублении пахотного слоя навоз не следует применять под глубокую вспашку. Лучше его внести на вывернутый малопродуктивный слой почвы перед перепашкой или дискованием;

– в районах безотвальной обработки почвы навоз следует вносить под пропашные и зерновые культуры, а заделывать под отвальную вспашку, которая обычно чередуется с безотвальными обработками. Если невозможно быстро запахать навоз, его заделывают широкозахватными луцильниками или дисковыми боронами вслед за разбрасыванием;

– во избежание накопления нитратов в получаемой продукции и грунтовых водах, ежегодно удобрять максимальную площадь пашни умеренными нормами навоза. Лучше внести на всю площадь сельскохозяйственных угодий по 30 т/га, чем на половину – по 60 т/га. Исключение составляют только сильноистощенные почвы, которые нуждаются в больших нормах органических удобрений для быстрого окультуривания. При сплошном применении норма бесподстилочного навоза под зерновые культуры не должна быть ниже 15, а под пропашные – 25 т/га, иначе его трудно равномерно разбросать и он не всегда обеспечивает высокие прибавки урожая;

– за счет навоза удовлетворять 50–80 % потребности растений в азоте;

– при внесении в чистом пару под озимые культуры не дополнять навоз азотными удобрениями, т. к. в паровом поле, особенно при высоком содержании гумуса в почве, обычно накапливается значительное количество нитратов.

Этот перечень следует дополнить еще одним предостережением. При использовании бесподстилочного навоза; особенно с нарушением технологии его внесения, существует опасность загрязнения водоемов, грунтовых вод, почвы нитратами. Систематическое его внесение на одни и те же участки может вызвать накопление в почве калия, кальция, магния, натрия, тяжелых ме-

таллов, ионов хлора и сульфат-ионов, что отрицательно скажется на химических и физических свойствах почвы и может привести даже к ее засолению. Из-за внесения больших норм бесподстильного навоза может повыситься содержание нитратов в растениях, особенно в ранние фазы их развития.

Основная причина неэффективного использования бесподстильного навоза вызвана тем, что в местах большой концентрации животных нарушен принцип сбалансированного круговорота питательных веществ в земледелии из-за нерационального размещения животноводческих комплексов с бесподстильным содержанием животных, а также несоответствия поголовья скота наличию площадей, на которых возможна нормативная утилизация стоков. Вторым не менее важным недостатком является невысокий уровень механизации процессов переработки и применения бесподстильного навоза.

2.3.1.3. Навозная жижа

Навозная жижа – это жидкая часть экскрементов животных, не удерживаемая подстилкой. За время стойлового периода содержания накопление навозной жижи от крупного рогатого скота составляет 15 % от выхода навоза за этот период. Навозная жижа также получается при разложении навоза в навозохранилище.

Для сбора навозной жижи на скотных дворах необходимо устраивать специальные желоба, по которым жидкие выделения животных отводятся в жижесборники. Чаще всего это плотно закрытые колодцы глубиной 1–1,5 м, стенки которых делают из непроницаемого для жидкости материала.

В животноводческих комплексах промышленного типа сбор жижи происходит следующим образом. С ферм животноводческого комплекса жидкая фракция навоза через решетки, устанавливаемые в хранилищах, и жижесборные каналы поступает в пруд-отстойник, а из него – в пруд-накопитель. Разбавляют жижу и добавляют в нее минеральные удобрения в пруду-смесителе, связанном с системой орошения, откуда жидкая фракция по системе трубопроводов направляется на поля и культурные пастбища.

Состав навозной жижи бывает различным, в зависимости от условий, в которых она образуется и хранится. В нее переходят преимущественно легко растворимые в воде соединения, поэтому жижа сравнительно богата калием, азотом и содержит мало фосфора. В ней содержится в среднем 0,22 % N, 0,01 – P₂O₅ и 0,46 % K₂O.

Азот и калий в навозной жиже находятся в водорастворимой и легкодоступной для растений форме. Азот содержится главным образом в форме мочевины [CO(NH₂)₂], которая под влиянием уробактерий быстро превращается в карбонат аммония [(NH₄)₂CO₃], который легко разлагается с образованием CO₂, H₂O и NH₃. Этот процесс идет очень быстро, поэтому основная масса азота в навозной жиже содержится в виде углекислого аммония. Основная задача при хранении навозной жижи – уменьшить потери аммиака. Это достигается применением на скотных дворах торфа. По мере насыщения торфа жижей его убирают и складывают в навозохранилище, в компостные кучи. Для уменьшения потерь аммиака в жижесборник добавляют суперфосфат:



Если при стекании жижа долго соприкасается с воздухом, то происходит улетучивание аммиака, и она обедняется азотом. Чем меньше период со-

прикосновения со свежим воздухом, тем больше азота сохраняется в навозной жиже, и тем ценнее она как удобрение.

Для уменьшения потерь азота рекомендуют покрывать поверхность жижи в жижеприемнике слоем нефти или отработанного тракторного масла (по расчету 3 л масла на 1 м² поверхности жидкости). В дополнение к этому можно помещать на поверхность жижи плавающие деревянные крышки (просмоленные), что уменьшает расход масла.

Общее количество навозной жижи, получаемой за год от разных видов животных, зависит от продолжительности стойлового периода, количества и качества подстилки и кормов, устройства скотного двора и навозохранилища. От одной головы крупного рогатого скота за стойловый период (220–240 дней) накапливается в среднем 2–2,5 м³ навозной жижи, такое же количество получают от трех голов молодняка крупного рогатого скота до двух лет и от 10–12 телят. Это количество жижи равноценно примерно 10 кг калия и 5 кг азота.

Навозную жижу можно вносить в основное удобрение и в подкормку, а также использовать для приготовления компостов с торфом. При поверхностном внесении навозной жижи для подкормки используют цистерны-разбрасыватели типа РЖТ-4 и РЖТ-8. Для равномерного распределения по полю, сокращения потерь азота и предотвращения ожога растений навозную жижу разбавляют водой до содержания в ней азота около 0,2 %. При подкормке пропашных культур навозную жижу следует вносить при помощи цистерн с подкормочным приспособлением ПРЖ-1,7, обеспечивающим внесение удобрения в почву на нужную глубину и без потерь азота. При этом способе внесения не следует разбавлять водой даже концентрированную жижу.

Норму навозной жижи обычно рассчитывают, исходя из содержания в ней азота. Средняя норма ее внесения составляет 10–20 м³/га, что соответствует примерно 25–50 кг/га азота и 50–100 кг/га калия.

Высокий эффект обеспечивает использование навозной жижи на лугах и для подкормки озимых зерновых, пропашных и овощных культур. Поскольку жижа почти не содержит фосфора, целесообразно одновременно применять фосфорные удобрения. При поверхностном внесении навозной жижи до посева или в подкормку ее необходимо немедленно заделать в почву, чтобы сократить потери азота. Задержка с заделкой на 2–4 дня снижает эффективность агроприема на 30–50 %.

2.3.2. Птичий помет

Птичий помет – это продукт, выделяемый из организма птицы в виде смеси мочи и кала, серо-зеленого цвета, комковато-пористой структуры. Как и навоз, птичий помет содержит все макро- и мезоэлементы, необходимые растениям, но в значительно большем количестве. Это объясняется тем, что птица питается более концентрированными кормами (табл. 53; Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П., Цыганов А.Р. и др., 2000).

Таблица 53 – Содержание воды и питательных элементов в птичьем помете, % сырой массы

Вид птицы	H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄
Куры	56	2,2	1,8	1,1	2,4	0,7	0,4
Утки	60	0,8	1,5	0,5	1,7	0,3	0,3
Гуси	80	0,6	0,5	0,9	0,6	0,3	1,1

Помет богат микроэлементами: в 100 г сухого вещества содержится 15–38 мг марганца, 12–39 – цинка, 1–1,3 – кобальта, 0,5 – меди, 367–900 мг железа. Микроэлементы высвобождаются по мере разложения органического вещества, поэтому более длительное время доступны растениям, чем микроэлементы минеральных добавок, которые действуют временно, пока не произойдет химическое связывание их в труднодоступные формы. В помете содержится 15–40 % золы, 2,8–4,5 – жира, 14–25 – клетчатки, 46–48 % безазотистых экстрактивных веществ. В помете гусей и уток, питающихся более водянистым кормом, содержится меньше питательных веществ и больше воды, чем в помете кур. Количество питательных элементов в птичьем помете может в значительной степени колебаться в зависимости от способа содержания птицы.

В птицеводстве различают четыре способа содержания птицы: выгульный, клеточный, вольерный, комбинированный.

Выгульное содержание кур или выгульно-настильное содержание гусей, индеек, уток применяют на племенных и товарных фермах хозяйств, а также в цехах родительского стада птицефабрик.

Клеточное содержание характерно в основном для крупных специализированных птицефабрик, расположенных вблизи городов и промышленных центров.

Вольерное содержание. Поголовье находится под открытым небом на территории, огражденной сеткой, или в постройках легкого типа с навесом и открытым фасадом. Пол под навесом делают из металлической сетки. Помет убирают 1–3 раза в год.

Комбинированный способ содержания применяют на птицефабриках и крупных товарных фермах при выращивании молодняка.

Выгульное и вольерное содержание птицы считается напольным. Оно может быть подстилочным на несменяемой глубокой подстилке и бесподстилочным на сетчатом или планчатом полу. При этом получают подстилочный (твердый, влажностью до 70 %) или бесподстилочный (полужидкий, влажностью 70–90 %) помет. При клеточном содержании образуется бесподстилочный жидкий помет (влажностью более 90 %).

Содержание птицы на подстилке имеет положительные и отрицательные стороны. Для подстилки чаще пользуют торф, солому, подсолнечную лузгу, дробленые подсолнечные стебли и листья деревьев. Влажность торфа не должна превышать 45–50 %, других видов подстилки – 25–30 %. Подстилка, особенно из торфа, понижает влажность в птичниках, очищает воздух, поглощая жидкость и газы. Применение торфяной подстилки исключает заболевания птицы кокцидиозом и простудными болезнями, уничтожает паразитов, способствует эффективному использованию корма и повышает продуктивность птицы. Кроме того, подстилка способствует консервации питательных элементов помета, предохраняя их потери. Отрицательной стороной подстилочного содержания птицы является низкая плотность посадки птицы на 1 м² помещения. Периодичность смены подстилки в год для кур – 1 раз, для других видов птицы – после каждой партии. Ежедневно для одной курицы требуется 100–150 г подстилки, для утки, гуся и индейки – 200–250 г.

Выход помета зависит от вида и возраста птицы (табл. 54; Новиков М.Н., Хохлов В.И., Рябков В.В., 1989). Среднегодовая норма выхода помета с учетом усушки до 65–70 % составляет на 1 голову взрослой птицы 6,2 и молодняка – 4,2 кг.

Таблица 54 – Выход помета от 1000 голов птицы, кг /сут.

Вид птицы	Влажность помета, %	Возраст птицы, сут.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	22	>22
Яичные куры и цыплята	75	4	14	24	39	61	82	97	114	128	175	189
Мясные куры и цыплята	75	11	46	92	130	140	170	200	230	250	280	300
Бройлеры	76	10	45	90	125	144	182	240	250	–	–	–
Индейки (легкий кросс)	76	30	981	24	182	224	260	280	310	320	350	378
Индейки (средний и тяжелый кросс)	75	28	82	125	175	200	225	280	310	361	390	420
Гуси и гусята	83	50	140	280	330	360	390	440	450	480	490	490
Утки и утята	83	30	60	90	120	170	200	210	220	230	250	250

При клеточном содержании птицы возможно попадание воды в помет из поилок, а также в результате искусственного разбавления для облегчения его удаления. Выход помета при добавлении в него воды может быть определен по следующей формуле:

$$M_p = M_n \frac{100 - B_2}{100 - B_1},$$

где: M_p – масса помета, разбавленного водой, т;
 M_n – масса помета естественной влажности, т;
 B_2 – естественная влажность, %;
 B_1 – фактическая (повышенная) влажность помета, %.

Если учесть, что средняя влажность разбавленного помета составляет 85 %, а $M_n = 1$ т, то $M_p = 1 \cdot (85 - 70) : (100 - 70) = 1 \cdot (15 : 30) = 0,5$ т. Следовательно, при разбавлении водой на 15 % масса помета возрастает на 50 %.

Хранить подстилочный помет в кучах нельзя, т. к. он сильно разогревается, что сопровождается потерями азота, достигающими за 1,5–2 месяца хранения 30–60 % от общего содержания его в помете. Применение глубокой подстилки при напольном содержании птицы – наиболее надежный прием сохранения азота в помете, улучшения его физических свойств, снижения затрат труда. Подстилка – прекрасный способ консервации питательных веществ помета и предотвращения их потери. Естественно, что при этом улучшаются физические свойства удобрения, помет теряет липкость, а в птичнике создаются более благоприятные санитарно-гигиенические условия и, как следствие, повышается продуктивность кур.

Для хранения помет плотно укладывают в бурты несколько меньших размеров, чем для навоза (ширина основания 4–5 м, высота – 1,5–2,0 м, длина

произвольная). Их укрывают 10–15 см слоем почвы, содержащей не более 25 % перегноя. Если влажность помета ниже 60 %, его увлажняют. При чрезмерном разогреве помета (свыше 55–60 °С) увлажнение следует повторить во избежание аэробных условий хранения.

В бурты при закладке добавляют один из компонентов: 5–7 % суперфосфата, 10–15 – фосфоритной муки или 5 % фосфогипса. При длительном хранении помета их норму минеральных удобрений целесообразно увеличить 10–15 %. Для сохранения нитратов при длительном хранении и предотвращении промерзания помета в бурты рекомендуется добавлять 0,5–2,0 % хлористых калийных солей. Для предотвращения разложения мочевины в бурты добавляют отходы марганцеворудной промышленности или сульфат марганца.

Добавление сернокислого марганца в количестве 0,25 г/кг помета почти полностью предотвращает разложение мочевины, в результате чего потери азота значительно снижаются (за 5 дней на 1,5 %, а за 10 дней – на 2,1 %). Примерно такой же эффект обеспечивается и в том случае, когда вместо сернокислого марганца используют в 10–30 раз большие нормы отходов марганцеворудной промышленности.

Из общего количества помета, получаемого на птицефабриках, около 80 % составляет бесподстилочный влажностью 75–90 % и выше. В среднем одной птицефабрикой мощностью 500 тыс. кур-несушек или 6 млн. бройлеров ежедневно производится до 125 т помета и 150 м³ сточных вод.

Наиболее целесообразным приемом утилизации бесподстилочного помета является приготовление на его основе различных компостов, что наряду с сохранением и наиболее полным использованием питательных веществ позволяет увеличить объем накопления и применения качественных органических удобрений.

Технологический процесс производства компостов включает в себя следующие операции:

- хранение и подачу на смешивание помета, влагопоглощающего материала и минеральных добавок;
- смешивание компонентов и формирование смеси в бурты;
- выдерживание сформированных буртов смеси на площадке компостирования с периодической аэрацией смеси;
- хранение компостов.

Производство пометных компостов осуществляется на открытых площадках, в механизированных компостохранилищах, в стационарных механизированных цехах.

Бесподстилочный помет компостируют с торфом, соломой, опилками, лигнином, древесной корой, дерниной и другими влагопоглощающими материалами. При компостировании азот влагопоглощающих материалов под влиянием помета минерализуется и становится доступным для растений. Он уменьшает также кислотность торфа и других наполнителей, создает более благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в разложении органических веществ. С другой стороны, влагопоглощающие материалы задерживают жижу и аммиачный азот, которые выделяются при разложении помета, тем самым предотвращаются их потери.

Наиболее качественные по удобрительным свойствам пометные компосты получают на основе торфа и соломы (табл. 55; Новиков М.Н., Панов Е.П., 1988).

Таблица 55 – Состав пометных компостов при 70 % влажности, % сухого вещества

Вид компоста	Зольность	pH	N _{общ}	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
Торфопометный (1:1)	11,3	6,6	0,83	0,40	0,74	0,41
Торфопометный (1:2)	10,2	6,8	0,94	0,51	1,05	0,33
Торфопометный (2:1)	13,1	6,5	0,87	0,30	0,66	0,37
Торфопометный с фосфогипсом (1:2:0,3)	10,7	6,4	0,98	0,22	0,90	0,34
Соломопометный (1:1)	8,6	6,8	0,82	0,44	0,95	0,64
Опилкопометный (1:1)	11,4	6,7	0,61	0,32	0,42	0,26
Коропометный (1:1)	16,5	6,5	0,73	0,20	0,65	0,27
Лигнинопометный (1:1)	17,3	6,3	0,56	0,25	0,65	0,19
Дерновопометный (1,5: 1)	–	6,7	0,40	0,18	0,30	0,21

Количество влагопоглощающего материала, необходимого для смешивания с 1 т помета, определяют по формуле:

$$M = \frac{W_{\text{п}} - W_{\text{с}}}{W_{\text{с}} - W_{\text{т}}},$$

где: M – масса наполнителя, т;

$W_{\text{п}}$, $W_{\text{т}}$, $W_{\text{с}}$ – влажность соответственно помета, торфа (соломы) и их смеси, %.

Суточная потребность во влагопоглощающих материалах рассчитывают по формуле:

$$M_{\text{с}} = M \times C_{\text{п}},$$

где: $C_{\text{в}}$ – суточный выход помета, т.

Готовые компосты должны иметь мелкокомковатую сыпучую структуру с размером частиц не более 120 мм, влажность – 60–70 %, слабощелочную или нейтральную реакцию среды, содержать не менее 75 % органического вещества с соотношением C:N = 20:30 и питательные вещества в легкодоступных для растений формах в количестве не менее 50 % от общего содержания.

В компостах должны отсутствовать яйца и личинки гельминтов, патогенная микрофлора в опасных концентрациях, жизнеспособные семена сорняков, а также запах помета. Содержание инородных нетоксичных включений допускается не более 1 %.

На птицефабриках при содержании птицы в клеточных батареях лучший способ сохранения питательных веществ помета – термическая сушка при температуре +600–800°C. При термической сушке масса сырого птичьего помета уменьшается в 3–4 раза, а физические свойства сухого удобрения позволяют вносить его в почву практически всеми машинами, предназначенными для разбрасывания минеральных удобрений. Сушка помета способствует уничтожению патогенных бактерий, яиц гельминтов и семян сорняков. В процессе термической обработки сырой помет превращается в сыпучее вещество влажностью 12–14 %. Из 1 т влажностью 65–70 % получается до 300–350 кг сухого помета.

Термически высушенный птичий помет не имеет неприятного запаха и может быть упакован в мешки. Это высококонцентрированное органическое удобрение, в котором содержится до 80 % органического вещества, 4–6 % N,

4–5 – P_2O_5 , 2,0– 2,5 – K_2O , 5–6 % CaO . Азотистые соединения представлены, главным образом, белками и продуктами их распада; доля небелкового азота не превышает 10–12 % общего; рН 6,8–7,8. При термической сушке в барабанной сушилке помет подвергается грануляции с образованием (до 75 % по массе) гранул размером от 1 до 5 мм; пылящая фракция (менее 1 мм) составляет не более 15 %. В высушенном и упакованном в мешки помете во время хранения практически полностью сохраняются органические вещества и азот при условии, если влажность помета не превышает 25 %. При хранении такого помета в течение шести месяцев из него теряется всего 2–8 % азота и 4–11 % органического вещества. Элементы питания здесь находятся в легкодоступной растениям форме, поэтому при внесении их в почву заметно улучшается ее пищевой режим.

В помете большая часть соединений азота представлена углекислым аммонием. В почве он нитрифицируется. Чем выше норма внесения компоста, тем больше в почве содержится нитратов. Поэтому нельзя на одних и тех же земельных участках ежегодно применять высокие нормы помета, особенно жидкого и полужидкого, т. к. это не способствует дальнейшему росту урожая, а увеличивает выше допустимых пределов содержание нитратов в почве и в зеленой массе кормовых культур, овощах и картофеле.

По действию на урожайность культур помет ближе к минеральным удобрениям, чем к навозу. Но последствие помета выше, чем минеральных туков, т. к. часть азота в нем находится в органической форме и постепенно переходит в доступное для растений состояние.

Большая часть фосфора в помете, представленная органическими соединениями, слабо закрепляется в почве в виде фосфатов железа, алюминия и кальция, и по мере минерализации органического вещества усваивается растениями. Поэтому фосфор из помета усваивается лучше, чем из минеральных удобрений. Поскольку помет является в основном азотно-фосфорным удобрением, то требуется дополнительное внесение калия.

Подстилочный помет и компосты на его основе целесообразно применять в сочетании с полным минеральным удобрением под пропашные культуры с длительным вегетационным периодом. При этом нормы минеральных туков, вносимых совместно с пометом, необходимо уменьшить на 30–50 % по сравнению с применяемыми без органических удобрений.

М.Н. Новиков, В.И. Хохлов и В.В. Рябков (1989) предлагают следующие схемы применения птичьего помета и минеральных удобрений:

- одновременная заделка птичьего помета и минеральных удобрений весной под яровые и летом под озимые культуры;
- внесение птичьего помета и фосфорно-калийных удобрений под яблечную обработку почвы и азотных – весной под культивацию зяби под пропашные культуры;
- внесение птичьего помета удобрений осенью под зябь, минеральных – весной под культивацию зяби;
- внесение птичьего помета удобрений под зябь, минеральных – локально при нарезке гребней или при посадке клубней картофеля в гребни;
- внесение птичьего помета удобрений под парозанимающую фуражную или сидеральную культуру, а минеральных – под озимые зерновые.

При использовании птичьего помета особенно важно следить за равномерным его разбрасыванием и немедленной заделкой в почву. Равномерность разбрасывания необходима для избежания очагов с высокой концентрацией

питательных элементов. Немедленная заделка обусловлена тем, что в помете содержится большое количество азота в аммиачной форме, улетучивающегося при поверхностном внесении.

Нормы внесения помета устанавливают, как правило, на основании потребности удобряемых культур в азоте и содержания его в удобрении. Нормы помета и компостов на его основе в различных почвенно-климатических зонах разные (табл. 56; Новиков М.Н., Панов Е.П., 1988).

Таблица 56 – Примерные нормы внесения птичьего помета, т/га

Культура	Помет				Компост
	сухой	естественной влаж-ности	подсти-лочный	жидкий	
Дерново-подзолистые почвы					
Озимые зерновые	3–4	13–15	10–15	45–50	20–25
Яровые зерновые	3	8–10	10–15	20–25	20–25
Картофель	4–5	15–20	20–25	60–70	40–50
Кукуруза на силос	4–5	15–20	15–20	60–70	40–60
Кормовые корнеплоды	4–5	15–20	15–20	60–70	30–50
Кормовая капуста	4–5	15–20	15–20	60–70	40–60
Овощные	6–8	20–25	20–25	60–70	40–60
Однолетние травы	–	–	12–15	50	20–30
Многолетние травы	5–8	10–15	–	30	–
Сенокосы и пастбища	–	–	–	30–40	–
Черноземы и серые лесные почвы					
Зерновые	2–5	5–7	6–8	20–25	10–15
Картофель	2–4	7–12	10–15	–	20–25
Кукуруза	6–10	7–12	10–15	60–80	20–25
Сахарная свекла	5–8	7–12	10–15	50–60	20–25
Кормовые корнеплоды	5–8	7–12	10–15	50–60	20–25
Технические	5–8	10–12	12–15	–	20–25
Овощные	5–8	10–12	10–15	30–40	30–40
Однолетние травы	–	5–8	8–10	23–25	10–15
Многолетние травы	–	–	–	15–20	–
Луга и пастбища	–	–	–	20–30	–
Чистый пар	–	5–8	7–10	30–40	15–20

На слабо окультуренных почвах они соответственно на 2–3 и 5–8 т/га выше, чем на окультуренных. Действие птичьего помета усиливается при внесении их в сочетании с минеральными удобрениями в половинных нормах от рекомендуемых.

Птичий помет используется в качестве основного удобрения и при подкормке растений. Как основное удобрение, его используют в первую очередь под пропашные культуры. В связи с низким содержанием калия в курином помете его дополняют калийными удобрениями, в особенности на легких песчаных и супесчаных почвах при использовании под культуры, требовательные к этому элементу питания. При норме 2–5 т/га высушенный куриный помет разбрасывают по полю машинами типа РУМ-3. Для более высоких норм помета используют навозоразбрасыватели.

В районах достаточного увлажнения помет и его компосты можно заделывать дисковыми орудиями и культиватором. В степных и засушливых

районах, а также на песчаных и супесчаных почвах независимо от климатических условий более эффективно запахивание.

Птичий помет биологически весьма активен. В результате ферментативного и микробного разложения органического вещества образуются сероводород, углекислый газ, аммиак, метан и окись углерода, которые представляют опасность для людей, работающих в закрытых цехах и помехохранилищах. Чаще всего приходится иметь дело со смесью воздуха и этих газов. Попадание такой смеси в организм человека вызывает паралич обоняния, удушье, падение пульса, потерю сознания. Поэтому при работе с удобрениями (удалении помета из птичников, подготовке его к использованию, хранении и внесении в почву) следует неукоснительно соблюдать правила техники безопасности и производственной санитарии.

2.3.3. Фекалии

Фекалии представляют собой смесь кала и мочи человека. Свойства экскрементов в значительной мере определяются продуктами питания человека, которые обладают сравнительно высокой переваримостью и содержат много белков. Поэтому для выделений человека характерно относительно большое содержание азота и количественное преобладание жидких выделений над калом, который состоит из неперевавшихся частей пищи и продуктов секреции кишечника. Количество и состав экскрементов сильно зависят от качества пищи, возраста человека и т. п. В среднем один человек выделяет в год около 50 кг кала и 450 кг мочи (табл. 57, 58; Гусев С.П., Ромашкевич И.Ф., 1964).

Таблица 57 – Содержание азота, фосфора и калия в испражнениях человека, % сырой массы

Показатель	Моча	Кал	Смесь кала и мочи
Вода	94,80	77,20	93,00
Сухое вещество	5,20	22,80	7,00
Органические вещества	4,20	19,40	5,70
Зола	1,00	3,40	1,30
N	1,00	1,60	1,10
P ₂ O ₅	0,15	1,23	0,26
K ₂ O	0,18	0,55	0,22

Таблица 58 – Выделение фекалий взрослым человеком, кг/год

Показатель	Моча	Кал	Смесь кала и мочи
Общая масса	438,00	48,50	486,50
Сухое вещество	23,00	11,00	34,00
Органические вещества	18,20	9,40	27,60
N	4,40	0,80	5,20
P ₂ O ₅	0,66	0,60	1,26
K ₂ O	0,81	0,27	1,08
CaO	0,08	0,29	0,37

Суммарно экскременты содержат примерно раз в пять больше азота, чем фосфора и калия. Большую часть составляет азот мочи, которая содержит его главным образом в виде мочевины. Из других составных частей экскрементов надо отметить довольно большое содержание в них хлористого натрия, который в моче составляет около 1 %. Для твердых выделений характерно большее количество микроорганизмов.

Удобрительная ценность фекальных масс в значительной степени зависит от способа их сбора и хранения. В сельской местности наиболее распространена примитивная система выгребных ям, из которых несколько раз в течение года производится вывозка. При хранении в ямах происходит значительное обеднение фекальных масс элементами питания. За 2–3 месяца нахождения в яме количество азота в них уменьшается примерно в 2 раза вследствие улетучивания аммиака, образующегося при гидролизе мочевины. Кроме того, часть жидкости просачивается в грунт, что, в свою очередь, увеличивает потери питательных веществ. Выделение газов при разложении фекальных масс в ямах и просачивание в грунт, кроме потери питательных веществ, делают систему выгребных ям неблагоприятной и с санитарной стороны. С целью обеззараживания и уничтожения зловонного запаха фекальную массу засыпают сфагновым торфяным порошком из расчета одна часть торфа на 6–7 частей нечистот и тщательно перемешивают до образования однородной массы. При отсутствии торфа применяется едкая известь. Однако добавление $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в фекальную массу увеличивает потери азота и снижает ее удобрительную ценность.

В настоящее время, все чаще используют локальные очистительные сооружения. Это сертифицированные очистительные установки, сочетающие в себе процессы очищения, обеззараживания и водоотведения, как в естественных, так и в искусственных условиях (возможно и их сочетание). Это могут быть локальные подземные поля фильтрации или фильтрующий колодец, если грунт песчаный или супесчаный. Для тяжелых грунтов (суглинков или глин) обычно применяются бионасыпные системы с водопоглощающими скважинами.

В сельской местности торфо-фекальные компосты получают непосредственно на торфяном поле, смешивая фекалии с торфом в компостных кучах. После 2–3-х месячного компостирования эту смесь используют как удобрение.

Полученные на основе фекалий компосты быстродействующие и вносят их до посева из расчета 5–25 т/га. В чистом виде фекальные удобрения под зерновые культуры перед вспашкой или культивацией почвы вносят в количестве 10–15 т/га, а под кормовые культуры – 15–25 т/га. Под чувствительные к хлору растения (например, табак) норму внесения фекальных удобрений уменьшают на 25–30 %, т. к. содержание хлора в фекальных массах достигает 0,55 %. Применять фекалии в чистом виде, особенно под овощные и ягодные культуры, плоды которых используются сырыми, не следует.

Вносить фекалии удобно автоцистернами или бочками с распределителем или машинами типа АНЖ-2.

В городах удаление фекальной массы производится канализационной системой. Канализационные воды отводят на поля, которые называются полями орошения или полями фильтрации. На этих полях, как правило, выращиваются злаковые кормовые травы и кормовые корнеплоды.

2.3.4. Озерные отложения

Озерные отложения – осадочные образования на дне озер, как результат биохимических, микробиологических и физико-механических процессов из остатков животных и растительных организмов, населяющих их, а также приносимых в водоемы водой и ветром органических и минеральных примесей.

В соответствии с характером образования озерные отложения подразделяют на гиттию, представляющую собой субгидрогенизированную гумусную форму в богатых кислородных водах, и сапропель (гниющий органический ил), который возникает при недостатке кислорода. Между обеими формами озерного ила имеются плавные переходы. *Гиттия* представляет собой рыхлый, с переходом в пластичное состояние материал, обогащенный мелкозернистыми частицами почвы, содержит в большинстве случаев известь и имеет около 15–25 % органического вещества в пересчете на сухую массу.

Сапропель внешне имеет вид желеобразной массы с консистенцией, близкой к сметанообразной, с постепенным уплотнением при увеличении глубины отложений. Окраска сапропеля очень разнообразна: коричневая, темно-оливковая, почти черная, серо-желтая, зеленоватая, голубоватая, розовая и даже красноватая. Цвет играет большую роль при оценке сапропеля, т. к. указывает на наличие некоторых органических и неорганических веществ: зеленоватый – хлорофилла, розовый – каротина, голубоватый – вивинита, черный, быстро темнеющий на воздухе, – восстановленного железа, сероватый – извести. Вынутый из залежи сапропель на воздухе быстро окисляется и теряет естественную окраску. Отличительные его признаки – коллоидная структура и высокое влагонасыщение в естественном состоянии.

Естественная влажность основной массы отложений составляет 84–96 %. Нижний предел влажности сапропеля 60 %, верхний – 97 %, средняя статистическая влажность – 88,4 %.

Содержание органического вещества в сапропеле достигает до 80 % от сухого вещества. Состав органической массы сапропеля в зависимости от месторождений изменяется в широких пределах: гуминовые кислоты – 11,3–43,4 %, фульвокислоты – 2,1–23,5, негидролизуемый остаток – 5,1–22,6, гемицеллюлоза – 9,8–52,5, целлюлоза – 0,4–6, водорастворимые вещества – 2,4–13,5, битумы А – 3,4–10,9, битумы С – 2,1–6,6 %.

Один из основных классификационных показателей сапропеля – зольность, которая в среднем колеблется от 20 до 60 %. Верхний предел зольного остатка 85 %, нижний – 4–7 %. Особенно ценен сапропель, содержащий менее 10 % золы. Величина и характер золообразующих компонентов сапропеля обуславливаются особенностью его формирования и зависят от химического состава питающих водоемы вод, поступления минеральных веществ с речными наносами в результате эрозийных и биохимических процессов, а также антропогенного влияния.

По зольности или содержанию органического вещества А.Я. Рубинштейн (1964) делит сапропели на малозольные – до 30 % золы, средnezольные – 30–50, повышеннозольные – 50–70 и высокозольные – 70–85 % золы. При содержании ее более 85 % отложения называют илом.

Химический состав сапропелей различных месторождений и даже одного и того же месторождения неодинаков. Сапропелевые удобрения очень разнообразны, содержат 1,3–2,9 % азота (N), 0,18–0,43 – фосфора (P₂O₅), 2,1–36,6 % кальция (СаО) на сухое вещество, рН 2,4–8,5. Содержание в них макроэлементов варьирует в широких пределах (табл. 59; Васильев В.А., 1984).

Таблица 59 – Средний химический состав озерного ила, % сухого вещества

Группа сапропелевых отложений	Органическое вещество	Зола	N	P ₂ O ₅	CaO	MgO
Малозольные	80	19	3,4	0,14	2,5	0,50
Среднезольные	63	38	2,6	0,18	2,3	0,70
Повышеннозольные:						
глинистые, песчаные	37	63	1,9	0,19	2,7	1,50
известковые	40	60	1,6	0,14	16,0	1,20
Ил: известковый	13	87	0,6	0,15	15,0	2,30
глинистый, песчаный	12	88	0,6	0,17	4,5	1,30

По составу и свойствам сапропели подразделяются на кремнеземистые, содержащие более 50 % кремнезема, карбонатные, содержащие более 30 % оксида кальция, и органические с зольностью менее 30 %. Карбонатные сапропели по эффективности не уступают мелу и доломитовой муке, особенно на песчаных и супесчаных почвах.

Применение сапропеля в земледелии известно с глубокой древности. В России уже в XVIII в. озерный ил использовали в сельском хозяйстве. Широкое развитие огородничества на землях вокруг таких крупных озер, как Неро в Ярославской области и Галичское в Костромской области связано с использованием сапропеля этих водоемов. Лучшие огородные приозерные земли были созданы на бедных супесчаных подзолистых почвах путем многовековой культуры и систематического вывоза на них озерного ила.

Первая исследовательская работа об использовании сапропеля на удобрение в России относится к 1912 г. Начиная с 30-х гг., они получают более широкое развитие. Экспериментальными данными была доказана удобрительная ценность сапропеля при выращивании ячменя, озимой ржи, картофеля, лука и капусты.

Эффективность сапропелей как удобрения зависит чаще всего от содержания в них азота, фосфора и калия. Их азотистые вещества представлены в основном труднодоступными для питания растений высокомолекулярными соединениями, прочно связанными с гуминовыми веществами. Содержание доступного фосфора очень низкое, а калия ничтожное. Доступного азота и фосфора в свежедобытом сапропеле обычно в 2–3 раза меньше, чем в навозе.

Сапропель широко распространен на земном шаре и встречается преимущественно в областях бывшего оледенения. Мощность отложений различна. Обычно для озер лесной полосы она равна 3–10 м. Однако встречаются отложения мощностью и 20–40 м.

Общие запасы сапропеля в нашей стране оценены в 92 млрд. т в пересчете на 60 %-ную влажность. Много сапропелевых озер в Ленинградской, Архангельской, Псковской, Свердловской областях и в Карелии.

Запасы сапропеля по народнохозяйственному значению подразделяют на 2 группы, подлежащие раздельному подсчету и учету:

1) балансовые запасы, применение которых согласно утвержденным условиям экономически целесообразно при существующей или осваиваемой промышленностью технике и технологии добычи и переработки сырья с соблюдением требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды;

2) забалансовые запасы, разработка которых согласно утвержденным условиям в настоящее время экономически нецелесообразна или технически невозможна, но которые в дальнейшем могут быть переведены в балансовые.

Сапропель обладает рядом ценных специфических свойств. Он медленно сохнет, с трудом отдавая влагу, но высохнув, делается очень твердым и даже размолотый в порошок совершенно не намокает. Только отдельные виды известкового сапропеля в сухом виде становятся рыхлыми. Промороженный сапропель легче отдает воду и довольно быстро высыхает до 18–20 % -ной влажности. После промораживания сапропель приобретает рыхлость. После оттаивания утраченные свойства сапропеля не восстанавливаются.

Высокая водоудерживающая и низкая фильтрационная способности сапропеля способствуют улучшению водно-физических свойств легких почв. Обладая клеящей способностью, сапропель при взаимодействии с почвой улучшает ее структуру, придает ей комковатость, рыхлость, увеличивается воздухопроницаемость.

Сапропель используют в качестве органического удобрения как в чистом виде, так и в виде компостов с навозом, навозной жижей, фекалиями.

Добыча сапропеля осуществляется экскаваторами и с помощью средств гидромеханизации. При этом могут быть использованы следующие способы добычи:

- непосредственная подача сапропеля на удобряемые поля;
- его поверхностное внесение на прибрежные пойменные луга;
- добыча сапропеля с транспортировкой в специальные отстойники или на поля разлива;
- кольматация заболоченных прибрежных пойменных болот, не подлежащих осушению.

Выбор наиболее эффективного способа добычи сапропеля определяется физическим состоянием илистых отложений (вязкость, консистенция грунта), мощностью отложений, степенью их минерализации, требованиями к качеству сырья, особенностями работы оборудования в конкретных условиях акватории озера.

Наиболее перспективный способ разработки сапропеля – гидромеханизированный с применением землесосных снарядов. Технологическая схема добычи сапропеля этим способом складывается из следующих операций:

- экскавация сапропеля средствами гидромеханизации;
- гидротранспорт пульпы по трубам на стационарные поля сгущения и сушки;
- сгущение, промораживание, рыхление (фрезерование) верхнего слоя;
- сушка в полевых условиях до влажности 50 %;
- уборка в места складирования.

Схема рассчитана на получение товарной продукции в виде мелкой крошки с преобладающим размером частиц 1–3 мм, что отвечает технологиям, принятым для этого вида сапропелевых удобрений.

Добычу сапропеля с глубины менее 3 м ведут с помощью земснарядов типа ЗРС-2, с глубины более 3 м – земснарядом 250-50Р. Сапропель, извлеченный из воды, по напорным пульпопроводам поступает в отстойники (поля сгущения и сушки). Намыв сапропелей в отстойники осуществляется слоями по 20 см. За 4–5 дней влажность намывтого слоя пульпы снижается до 82 %, после этого намывается следующий слой и т. д. При отстаивании высота слоя снижается до 4,5 см, и, следовательно, чтобы намывать слой сапропеля в 1 м, необходимо повторить операцию до 22 раз. Сброс воды в период намыва не допускается, и воду с полей сгущения спускают только к концу сезона, перед зимним промораживанием. При подсушивании влажность сапропеля снижается с 82 до 75 %, и высота метрового слоя уменьшается до 0,75 м.

Послойный намыв сапропелевой массы в отстойники и последующие операции фрезерования и ворошения позволяют достичь хорошей аэрации материала. Благодаря этому закисные соединения железа, марганца и других элементов полностью окисляются. Вследствие активизации микробиологических процессов повышается содержание гидролизуемых форм азота и других элементов питания. В результате фрезерования и последующей сушки материал имеет крошкообразную структуру и оптимальную влажность. Готовую продукцию получают в виде мелкой крошки с преобладанием частиц размером 3 мм, влажностью 50–60 %. Она обладает хорошей сыпучестью, равномерно распределяется по удобряемому полю, быстро взаимодействует с почвой.

Сапропелевые удобрения, приготовленные в отстойниках, характеризуются хорошими физико-механическими и агрохимическими показателями, незасоренностью семенами сорных растений. Недостатком этой технологии является большая трудоемкость строительства отстойников, двухлетний цикл получения удобрений, значительные затраты на погрузочно-разгрузочные работы и транспортировку готовых удобрений.

Весь комплекс технологических операций, связанных с внесением сапропелевых удобрений (погрузка, транспортировка, распределение по поверхности почвы), осуществляется серийными машинами, предназначенными для работы с органическими удобрениями.

Сроки внесения и способы заделки сапропеля под все культуры принципиально не отличаются от таковых для других органических удобрений. Вместе с тем, сапропелевые удобрения не обязательно заделывать в почву сразу же после распределения по полю, это можно сделать спустя 3–7 дней. Целесообразнее использовать сапропель на песчаных и супесчаных почвах, т. к. эффективность его здесь значительно выше, чем на почвах более тяжелого гранулометрического состава.

Сапропель вносят под удобряемые культуры в нормах, которые определяются для каждого поля, исходя из конкретных условий, биологических особенностей выращиваемой культуры, агрохимической характеристики удобрения. Целесообразно определять нормы сапропеля по эквиваленту находящегося в нем элементов питания растений и прежде всего азота. Ориентировочная норма внесения сапропеля на поля – от 210 до 150 т/га.

Намыв непосредственно из водоема на поля позволяет внести в почву сапропеля от 200 до 1000 т/га в пересчете на 60 %-ную влажность. В таких количествах сапропель – не только удобрение, но и мелиорант слабокультуренных почв. Оптимальная норма колеблется в пределах 600–1000 т/га. Такое количество очень эффективно, и затраты на внесение окупаются в течение 2–4 лет. Сапропель, намытый в больших количествах, постепенно минерализуясь, на длительный срок создает высокий агрофон на улучшаемых почвах.

2.3.5. Торф и торфяные компосты

Торф – органогенная порода из группы горючих полезных ископаемых, образующаяся в результате отмирания и неполного распада растений в условиях избыточного увлажнения и недостатка кислорода. Сложное природное образование – многокомпонентная, полифракционная, полукolloидно-высокомолекулярная система, имеющая в своем составе различные классы органических и минеральных соединений.

Элементный состав торфа: углерод 50–60 %, водород 5,0–6,6, кислород 30–40, азот 1–3, фосфор 0,1–0,25, калий 0,01–0,1, сера 0,1–2,5 % на горючую

массу. В компонентном составе органической массы содержание водорастворимых веществ 1–5 %, битумов 2–10, легкогидролизуемых соединений 20–40, целлюлозы 4–10, гуминовых кислот 15–50, лигнина 5–20 %. В естественном состоянии торф имеет влажность 86–95 %. Для него характерны пористость до 96–97 % и высокий коэффициент сжимаемости при компрессионных испытаниях. Текстура торфа – однородная, иногда слоистая; структура обычно волокнистая или пластичная. Цвет желтый или бурый до черного.

Первые сведения о торфе как «горючей земле» для нагревания пищи восходят к 46 г. н.э. и встречаются у Плиния Старшего. В XII-XIII вв. торф как топливный материал был известен в Голландии и Шотландии. В 1658 г. в г. Гронингене вышла первая в мире книга о торфе на латинском языке Мартина Шока «Трактат о торфе». Многочисленные неправильные представления о происхождении торфа были опровергнуты в 1729 г. И. Дегнером. Используя микроскоп для его изучения, он доказал растительное происхождение торфа. В России впервые сведения о торфе и его использовании появились в XVIII в. в трудах М.В. Ломоносова, И.Г. Лемана, Ф.Ф. Зуева и В.М. Севергина. В XIX в. торфу посвящены работы В.В. Докучаева, Г.И. Танфильева и С.Г. Навашина. В России исследования природы торфа носили ботанический характер. Позже работами В.Н. Сукачева, С.Н. Тюремнова, Е.А. Галкиной, Д.А. Герасимова, В.Е. Раковской, Е.К. Иванова и других советских ученых выявлены географические закономерности распространения торфяных залежей, создана классификация видов торфа и торфяных залежей, составлены кадастры и карты торфяных месторождений, изучены химический состав и физические свойства.

В более ранние периоды истории Земли торф, образовавшийся в болотах, представлял первую стадию углефикации. Без доступа кислорода и при низком значении рН бактериальное разложение отмерших частей растений затруднено и начинается процесс углефикации, ведущий к образованию торфа. В наше время торф встречается в болотистых местностях в виде пластов мощностью до нескольких метров, которые прирастают примерно на 1 мм в год.

Мировые запасы торфа оцениваются в 285,4 млрд.т. По запасам торфа Российская Федерация занимает первое место в мире. По данным геологического учета, предполагаемые запасы торфа в нашей стране составляют около 200 млрд. т, из которых выявлено и разведано 155 млрд.т. Основная часть запасов торфа находится в Сибири и на Дальнем Востоке и только одна четверть – в Европейской части России (табл. 60; Хохлов В.И., 1988).

Таблица 60 – Обеспеченность пашни запасами торфа в Российской Федерации

Экономический район	Распределение по основным районам, %		Запасы торфа на 1 га пашни, тыс. т
	запасы торфа	пашня	
Северо-Западный	13,1	2,7	6,28
Центральный	3,4	12,7	0,35
Волго-Вятский	1,3	6,6	0,25
Центрально-Черноземный	0,1	9,4	0,01
Поволжский	0,2	25,7	0,01
Уральский	6,2	15,3	0,52
Западно-Сибирский	68,7	16,9	5,26
Восточно-Сибирский	3,2	7,9	0,52
Дальневосточный	3,6	2,5	1,86
Калининградская область	0,2	0,3	0,86

В основу классификации торфа положен генетический принцип, заключающийся в том, что фитоценоз образует соответствующий вид торфа. В зависимости от состава растений-торфообразователей и условий торфообразования, торфяники, а вместе с ними и торф делят на три типа: низинные (эвготрофные), верховые (олиготрофные) и переходные (мезотрофные).

Вследствие разнообразия географических условий торфонакопления в качественных и количественных характеристиках торфяных месторождений имеются большие различия (табл. 61; Хохлов В.И., 1988).

Таблица 61 – Запасы торфа по типам залежи, млрд. т

Экономический район	Торф				
	верховой	переходный	низинный	смешанный	всего
Российская Федерация	81731,9	23415,8	44697,8	4738,1	154583,6
Нечерноземная зона	15951,6	5409,1	13179,2	1474,3	36014,2
Северо-Западный	10943,2	3105,3	5091,9	832,4	19972,8
Центральный	1884,4	334,5	2505,5	239,1	4963,5
Волго-Вятский	417,4	147,5	1183,8	109,3	1858,0
Центрально-Черноземный	0,4	3,2	131,6	<0,1	135,2
Поволжский	9,6	3,5	319,2	0,6	332,9
Уральский	2634,9	1826,4	4422,2	275,4	9158,9
Западно-Сибирский	63034,4	15224,0	26530,4	2985,3	107774,1
Восточно-Сибирский	2225,1	714,0	779,4	254,4	3972,9
Дальневосточный	488,3	2047,7	3544,7	23,0	6103,7
Калининградская область	94,2	9,7	189,1	18,6	311,6

Верховые торфоместорождения расположены на повышенных местах водоразделов и ручьев. Растения здесь снабжаются атмосферной влагой с очень малым содержанием растворенных солей. Верховые месторождения покрыты сфагновым мхом, на котором развиваются нетребовательные к элементам минерального питания растения: пушица, клюква, шейцерия, багульник, подбел, низкорослая сосна и по окраинам – береза. Зольность верхового торфа очень низкая, а кислотность высокая (табл. 62; Городний Н.М., 1990).

Таблица 62 – Среднее содержание зольных элементов и азота в различных типах торфа, % абсолютного сухого вещества

Тип торфа	Зола	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	pH
Верховой	2,0	0,30	0,12	0,06	0,08	0,8-1,2	0,30	0,15	2,8-3,5
Переходный	4,0	0,80	0,20	0,09	0,10	1,0-2,3	0,70	0,70	3,5-4,7
Низинный	6,5	2,50	0,30	0,10	0,12	2,3-3,3	0,70	1,30	4,7-5,5

Верховой торф характеризуется высоким содержанием органического вещества, но малой степенью его минерализации, обладает высокой поглощательной способностью – 1 кг сухого торфа может поглотить 8-15 л воды. Верховой слаборазложившийся торф целесообразно использовать в качестве подстилочного материала и для приготовления торфожижевых компостов.

Низинные торфоместорождения образуются в пониженных местах рельефа: в поймах рек, притеррасных частях или водораздельных котловинах в условиях увлажнения атмосферными осадками и богатыми минеральными со-

лями поверхностными и грунтовыми водами. Низинный торф образуется из гипновых мхов, травянистых (осока, камыш, тростник, хвощ) и древесных (ольха, береза, ель, сосна, ива) растений. Так как влаголюбивые растения, принимающие участие в формировании этого типа торфа, требовательны к элементам минерального питания, то низинный торф содержит много зольных элементов. В нем меньше органического вещества, но он имеет большую степень разложения. Поглотительная способность низинного торфа меньше, чем верхового. Низинный торф используют главным образом для компостирования.

Переходные торфоместорождения – промежуточные; в зависимости от условий питания они приближаются к верховым или низинным. В них глубже залегают пласты низинного торфа, а выше – верхового. Верховой торф используют для приготовления компостов и для подстилок животным.

В типах торфа выделяют подтипы: 1) лесной; 2) лесотопяной; 3) топяной. Торф разных подтипов отличается по степени разложения.

Степень разложения органического вещества торфа колеблется от 1–5 до 50–60%. При этом степень разложения до 20% принято считать низкой, от 20 до 40% – средней и свыше 40% – высокой. Степень разложения может быть определена чисто морфологически либо количественно на основании соотношения между разложившимся материалом и сохранившимися строение растительными остатками. В полевых условиях ее можно определить на глаз, пользуясь данными таблицы 63 (Васильев В.А., Филиппова Н.В., 1988).

Таблица 63 – Органолептические признаки степени разложения торфа

Степень разложения, %	Основные признаки состояния торфа
Менее 15 (неразложившийся)	Торфяная масса не продавливается между пальцами. Поверхность сжатого торфа шероховатая от остатков растений, которые хорошо различимы. Вода выжимается струей, как из губки, прозрачная, светлая
15–20 (очень слаборазложившийся)	Вода выжимается частыми каплями, почти образуя струю, слабо-желтоватая
20–25 (слаборазложившийся)	Вода отжимается в большом количестве, желтого цвета, растительные остатки заметны хуже
25–35 (среднеразложившийся)	Масса торфа почти не продавливается в руке, остатки растительности заметны; вода отжимается частыми каплями светло-коричневого цвета, торф слабо пачкает руки
35–45 (хорошо разложившийся)	Масса торфа продавливается слабо. Вода выделяется редкими каплями коричневого цвета
45–55 (сильнонеразложившийся)	Масса торфа продавливается между пальцами, пачкая руку. В торфе заметны лишь некоторые растительные остатки. Вода отжимается в малом количестве, темно-коричневого цвета
Более 55 (очень сильнонеразложившийся)	Торф продавливается между пальцами в виде грязеподобной черной массы. Вода не отжимается. Растительные остатки совершенно неразличимы.

От степени разложения торфа зависят его физические и агрохимические свойства. Чем она ниже, тем выше воздухопроницаемость, влагоемкость, буферность, влаго- и газопоглотительная способность торфа. Степень разложения торфа можно определить и по показателю его гумификации (ПГТ), который вычисляется путем умножения содержания гуминовых кислот в торфе ($C_{ГК}$, %) на показатель их оптической плотности $E_{4,65}^{0,001\%}$:

$$ПГТ = C_{ГК} \cdot E_{4,65}^{0,001\%}.$$

Соответственно этому показателю степень гумификации торфа может быть выражена как: 1) очень низкая <0,5; 2) низкая 0,5–1,5; 3) средняя 1,6–2,5; 4) высокая 2,6–3,5; 5) очень высокая >3,5.

Торф лесного подтипа имеет высокую степень разложения, у топяного торфа – минимальная степень разложения; лесотопяной торф занимает промежуточное положение. Подтипы торфа делятся на 4–8 видов (табл. 64; Копенкина Н.А., Нейштадт М.И., Чистяков В.И., 1977).

Вид – первичная таксономическая единица классификации торфа. Он отражает исходную растительную группировку и первичные условия образования торфа, характеризуется определенным сочетанием доминирующих остатков отдельных видов растений.

Таблица 64 – Классификация видов торфа

Тип торфа	Лесной подтип	Лесотопяной подтип		Топяной подтип		
	древесная группа	древесно-травяная группа	древесно-моховая группа	травяная группа	травяно-моховая группа	моховая группа
Низинный	ольховый, березовый, еловый, сосновый, низинный ивовый	древесно-тростниковый, древесно-осоковый низинный	древесно-гипновый, древесно-сфагновый низинный	хвощевый тростниковый, осоковый вахтовый шейхцериевый низинный	осоково-гипновый, осоково-сфагновый низинный	гипновый низинный, сфагновый низинный
Переходный	древесный переходный	древесно-осоковый переходный	древесно-сфагновый переходный	осоковый переходный, шейхцериевый переходный	осоково-сфагновый переходный	гипновый переходный, сфагновый переходный
Верховой	сосновый верховой	сосново-пушицевый	сосново-сфагновый	пушицевый шейхцериевый верховой	пушицево-сфагновый шейхцериесфагновый	медиумторф, фискумторф, комплексный верховой, сфагново-мочажинный

Ботанический состав – один из основных признаков, определяющих качество торфа для сельскохозяйственного использования. По растениям-торфообразователям можно определить, в каких условиях водного и зольного питания формировался торфяник. Ботанический состав торфа определяют с помощью микроскопа при 80–100-кратном увеличении. По характеру клеточного состава растительных остатков и некоторым другим признакам выявляют растения, участвовавшие в образовании торфа, и устанавливают процентное соотношение различных остатков.

По ботаническому составу на территории Российской Федерации различают около 40 видов торфа. Однако не все виды резко отличаются друг от друга по основным свойствам, и поэтому для практических целей в большинстве случаев достаточно различать три группы торфа: моховую, травяную и древесную. Некоторые виды торфа можно определить по внешним признакам, описание которых приведено в таблице 65 (Васильев В.А., Филиппова Н.В., 1988).

Таблица 65 – Характеристика внешних признаков торфа

Вид торфа	Характерные признаки видимых глазом растительных остатков	Сложение торфа, цвет и изменения его на воздухе
Верховой		
Сфагновый	Остатки сфагновых мхов в виде тончайших листочков яйцевидной или удлинённой формы, длиной не более 4 мм и толщиной не более 2 мм; стебельки шнуровидные, бурого или палевого цвета.	Рыхлое, губчатое или соломистое; от соломенно-желтого до красновато-бурого; темнеет медленно, оттенок остается.
Пушицевый	На изломе хорошо заметны остатки пушицы, залегающие густыми прядями.	Волокнистое; темно-коричневый; темнеет.
Низинный		
Гипновый	Остатки гипновых мхов в виде темных тонких (до 1-1,5 мм шириной) облиственных стебельков. Листья различной формы, часто с отогнутой верхушкой.	Рыхло-губчатое; свежего торфа – золотисто-бронзовый, очень быстро переходит на воздухе в серый.
Тростниковый	Зеленоватые мелкие волосовидные корешки тростника и грубые жесткие зеленоватые лентообразные пластинки корневища шириной 10-15 мм с ясно заметными узлами.	Волокнистое; цвет зеленоватый, темнеет, но оттенок остается.
Древесный	В плотной массе торфа заметны на глаз и чувствуются на ощупь различной величины грубожесткие или мягкие кусочки древесины с примесью белесых или бурых кусочков коры.	Комковато-зернистое; от темно серого, почти черного, до коричневого, темнеет.

Качество торфа характеризуется влажностью, степенью разложения, влагоемкостью, емкостью обменного поглощения, кислотностью, зольностью и химическим составом.

Влажность торфа выражается в процентах к общей его сырой массе. Верховой торф в природной залежи содержит 92–96 % воды, а в осушенной – 80–86 %; низинный, соответственно, 87–90 % и 80–86 %. Для использования

на удобрение и подстилку влажность торфа доводят до 50–60 %. Сильно разложившийся торф высушивать до влажности более 40 % нельзя, т. к. при этом он теряет способность смачиваться и набухать, при внесении в почву долго не разлагается и не проявляет удобрительных свойств, а в сухие годы может оказать и отрицательное действие на растения. Слаборазложившийся торф можно доводить до влажности 40 % и ниже, т. к. он после высушивания хорошо поглощает влагу.

Степень разложения – универсальный показатель для оценки свойств торфа. Его используют для расчета различных параметров технологического процесса добычи и переработки торфа. Косвенно он входит в важнейшие формулы определения выхода сухого торфа из единицы объема залежи и сбора с единицы разрабатываемой площади торфяного месторождения. От степени разложения торфа зависят его физические и агрохимические свойства. Чем она ниже, тем выше воздухопроницаемость, влагоемкость, буферность, влаго- и газопоглощительная способность.

Емкость обменного поглощения, характеризующая адсорбционные свойства торфа, служит важным показателем его пригодности к использованию в качестве удобрения. Емкость поглощения торфа очень велика, она колеблется в пределах 120–230 мг-экв. на 100 г сухого торфа.

Емкость поглощения верхового торфа изменяется в небольших пределах (125–152 мг-экв. на 100 г сухого торфа) и не обнаруживает четкой зависимости от степени разложения. У низинного торфа она больше, чем у верхового (147–230 мг-экв. на 100 г сухого торфа) и ее изменения связаны со степенью разложения, с увеличением которой возрастает и емкость поглощения. Переходный торф по емкости поглощения близок к верховому.

Полная влагоемкость торфа – способность поглощать и удерживать воду под влиянием молекулярных и капиллярных сил. Этот показатель относится к торфу в залежи и торфу-сырцу при максимальном его насыщении водой в условиях свободной фильтрации. Полная влагоемкость определяется отношением массы воды к массе сухого вещества, выраженным в процентах.

В естественных условиях влагоемкость торфяной залежи колеблется от 500 до 3000 % и зависит от вида торфа и степени его разложения. Влагоемкость верхового слаборазложившегося торфа достигает 3000 %. С увеличением степени разложения она уменьшается в связи с разрушением структуры растительных остатков, способных поглощать и удерживать воду.

Влагоемкость имеет большое значение для использования торфа в качестве подстилочного материала, а также для приготовления торфожижевых, торфофекальных компостов и торфо-минерально-аммиачных удобрений. 1 кг абсолютно сухого торфа способен поглотить и удержать от 5 до 30 л воды. Наибольшей влагоемкостью обладает неразложившееся растительное волокно торфа. Верховой слаборазложившийся сфагновый торф отличается особенно высокой влагоемкостью и почти не имеет аналогов в переходном и низинном торфе. Такой торф наиболее пригоден для использования в качестве подстилки, и его часто называют подстилочным.

Зольность. Агрохимическая эффективность торфа зависит также от его зольности, которая определяется по процентному соотношению остатка, образующегося при прокаливании, к общей массе образца. Зольность низинного торфа колеблется от 6 до 18 %, переходного – от 4 до 6 %, верхового – от 2 до 4 %. Сильно минерализованный торф формируется обычно в результате вторичного засоления. Известны высокозольные залежи всех трех типов торфа, однако в основном

они представлены низинным торфом и обусловлены обильным поступлением на торфяное месторождение минеральных веществ с окружающих суходолов или с подземными водами. Известны случаи образования песчаных, глинистых, известковистых, охристых, вивианитовых и даже сернистых торфяных отложений. Зольность в размере 50 % сухого вещества условно принято считать границей между понятиями торф и органо-минеральные отложения.

Кислотность. Торф по своей химической природе имеет кислую реакцию, обусловленную содержанием органических кислот и подвижного алюминия. Кислотность низинного торфа понижена, частично нейтрализованная присутствием кальция. Верховой торф не содержит или содержит мало кальция, его кислотность наиболее высокая. Тип торфа с большой точностью определяется по показателям кислотности: верховой – рН = 2,6–3,2; переходный – рН = 3,4–4,2; низинный – рН = 4,8–5,6. Кальция, связанного с водно-минеральным питанием, торф в пересчете на сухое вещество содержит: верховой до 0,25–0,35 %; переходный до 1, низинный – до 4 %.

Для нейтрализации кислотности торфа применяют известь, фосфоритную муку и органические удобрения – навоз, навозную жижу, фекалии. При проветривании торфа устраняется вредное действие закисных соединений железа и алюминия, которые соединяясь с кислородом воздуха, они окисляются и теряют токсические свойства.

Содержание общего азота – важная характеристика торфа. Количество и формы азота в нем отражены в таблице 66 (Хохлов В.И., 1988). Содержание общего азота в органической массе в верховом торфе в среднем составляет 1,5 % (диапазон от 0,6 до 2,5 %), в низинном – 2,6 (диапазон от 1,3 до 3,8 %). Переходный торф занимает промежуточное положение.

Таблица 66 – Формы азота торфа, % от валового содержания

Тип торфа	Легкоусвояемые формы					Белковый и гуминовый
	аммонийный	амидный	нитратный	аминный	итого	
Низинный	1,7	4,0	2,3	0,1	8,1	91,9
Переходный	4,5	1,7	1,6	0,3	8,1	91,9
Верховой	14,1	5,3	5,8	1,1	26,3	73,7

Азот торфа – источник питания растений, но основное количество его находится в составе сложных органических соединений гуминовых веществ и белков, недоступных растениям, небольшая часть – в лигнине, битуме и других соединениях. Азот торфа может быть использован растениями после его минерализации при внесении в почву. Процесс минерализации протекает длительное время (при компостировании, после применения на подстилку в животноводческих фермах).

Микроорганизмы. Торф содержит почти все физиологические группы микроорганизмов, способных участвовать в разложении органического вещества. Исключение составляют нитрифицирующие бактерии и азотобактер, не живущий в торфе при обычных условиях. Наиболее богат микроорганизмами низинный торф; верховой – беден микроорганизмами, что связано с его высокой кислотностью; переходный торф в этом отношении стоит ближе к торфу низинному. Проветривание торфа приводит к увеличению количества почти всех видов микрооргани-

мов, за исключением целлюлозоразрушающих, денитрификаторов и грибов. Торф не содержит болезнетворных для растений микроорганизмов.

По сравнению с органическим веществом отмерших растений торф отличается гораздо большей биохимической устойчивостью. Это связано с присутствием в нем таких веществ, как гуминовые кислоты, которые, будучи продуктами микробиологической деятельности, трудно усваиваются микроорганизмами и поэтому медленно разлагаются.

В торфе приобретают большую биохимическую устойчивость даже углеводы, которые в обычных условиях являются наиболее доступными соединениями для микроорганизмов. Объясняется это тем, что в торфогенном слое протекает интенсивная микробиологическая деятельность, благодаря которой торф аккумулирует продукты жизнедеятельности микроорганизмов, обладающие антибиотическими свойствами.

Разработке торфа предшествуют осушение месторождения и удаление древесной растительности с его поверхности. Торф добывают послойно-поверхностным способом – фрезерным и скреперно-бульдозерным. Технологический процесс добычи торфа на удобрение состоит из следующих операций: 1) фрезерования верхнего слоя залежи фрезерными барабанами; 2) ворошения (сушки) сфрезерованного слоя; 3) валкования подсушенного слоя; 4) уборки торфа из валков; 5) штабелевания.

Благодаря своим полезным физическим, физико-химическим и агрохимическим свойствам, торф широко применяют на удобрение и подстилку. В полеводстве его используют для приготовления высокоэффективных органических удобрений – компостов (торфонавозных, торфожижевых, торфофекальных, торфорастительных), смесей с минеральными удобрениями (торфоаммонийные, торфоминеральноаммонийные). Сильноразложившийся, высокозольный низинный торф с нейтральной реакцией применяют в качестве удобрения в чистом виде. В овощеводстве торф используют для производства грунтов и субстратов, мульчирования почвы, приготовления торфоперегнойных кубиков и биотоплива; в животноводстве – для подстилки животным.

Использование в чистом виде в качестве удобрения. Органическое вещество торфа очень устойчиво к микробиологическому разложению; минерализация органических соединений азота происходит очень медленно. Многие виды торфа имеют кислую реакцию, что также затрудняет разложение их в почве. Микроорганизмов в торфе из-за кислой реакции, недостатка растворимых форм азота и легкодоступных органических веществ очень мало. Поэтому использование торфа на удобрение в чистом виде малоэффективно и экономически не оправдано. Это допустимо только по отношению к сильноразложившемуся высокозольному низинному торфу с нейтральной реакцией вблизи мест его заготовки и торфу, богатому известью (торфотуф) или фосфором (вивианитовый торф).

Торф, содержащий в своем составе не менее 2 % фосфора в форме вивианита (фосфорнокислой закиси железа), можно применять как фосфорное удобрение. Включения вивианита в виде бело-серых прожилок находятся в низинном торфе на глубине 0,3–0,5 м. Соприкасаясь на поверхности с воздухом, вивианит приобретает ярко-синюю окраску. В чистом виде он содержит около 28 % фосфора.

Торф, содержащий более 8 % извести в виде бело-желтых или сероватых комочков и хлопьев, применяют на кислых почвах как кальциевое удобрение. Большую удобрительную ценность имеет торфотуф – торф, содержащий свыше 10 % СаО. Благодаря наличию органического вещества, он эффективнее обычной извести. Органические вещества торфотуфа не только обогащают почву пи-

тательными веществами, но и повышают ее буферные свойства. Перед внесением в почву чистого торфа в качестве удобрения его хорошо измельчают и не менее 2–3 месяцев «выветривают» в кучах для обезвреживания разных соединений, которые отрицательно влияют на сельскохозяйственные культуры.

Использование торфа в качестве мелиоранта. Торф применяют для окультуривания кислых подзолистых почв. Для этого торф с влажностью не выше 60 %, в основном низинный, вносят в почву в норме 500 т/га. Применение таких больших норм торфа влияет на их физические и физико-химические свойства: повышается буферность, уменьшается объемная масса. Окультуривание почвы при помощи торфа создает лучший фон для эффективного действия минеральных удобрений.

Использование торфа на подстилку. Наилучшее торфяное сырье для получения подстилочных материалов высокого качества по влагоемкости, малой теплопроводности, созданию хороших зоогигиенических условий на фермах – верховой торф со степенью разложения до 15 %. Подстилка, полученная из торфа, должна содержать минимум некондиционных фракций укрупненных размеров, а также мелких и пылевидных частиц, загрязняющих дыхательные пути и кожу животных и снижающих качество товарной продукции ферм.

Торфяные подстилки обеспечивают хорошие условия содержания животных и способствуют увеличению накопления высококачественного навоза. Установлены две категории торфяного сырья, пригодного для заготовки торфяной подстилки. К I категории относят торф верхового типа моховой группы со степенью разложения не более 15 %, зольностью не выше 5 %, содержанием остатков пушицы не более 5 %; ко II категории – торф любого типа моховой, травяно-моховой и травяной группы со степенью разложения для верхового и переходного типов 16–25 %, для низинного типа до 15 %, зольностью верховых и переходных торфов до 8 %, низинного – до 10 %. При этом содержание древесных остатков в сырье не должно превышать 10 %, а остатков пушицы – 15 %. Влажность подстилочного торфа 40–50 %. Суточная норма подстилки определяется видом и возрастом животных, качеством подстилочного материала (табл. 67; Хохлов В.И., 1988).

Таблица 67 – Норма расхода торфяной подстилки, кг/сут.

Вид животных	Категория подстилки	
	I	II
Крупный рогатый скот	4–7	8–12
Лошади	3–5	6–10
Свиньи	1,5–3,0	3,0–4,5
Овцы	1,0–1,5	–
Кролики	0,08–0,10	–
Куры	0,01–0,015	0,015–0,025
Водоплавающая птица	0,02–0,025	0,025–0,035

Лучшим сырьем для подстилки является сфагновый торф верховых болот, который замедляет процессы развития болезнетворных микробов в навозе. Навоз, полученный при использовании торфяной подстилки вместо соломенной, богаче общим и подвижным азотом; потери азота и органического вещества из него при хранении меньше.

Торфодерновые ковры предназначены для устройства декоративных газонов и укрепления откосов земляных насыпей, каналов и водоемов в районах с

умеренным климатом. Их выращивают на площадях с осушенной торфяной залежью верхового типа со степенью разложения не более 15 %, кислотностью не более 3, зольностью не более 20 и содержанием остатков пушицы не более 15 %.

Использование торфа для мульчирования почвы. Мульчирование (покрытие) почвы – агротехнический прием, применяемый для увеличения поглощения поверхностных вод, предупреждения выдувания почвы, регулирования ее температуры, предохранения почвенных агрегатов от разрушения дождевыми каплями. Применение торфа в виде мульчи препятствует образованию почвенной корки, уменьшает испарение влаги с поверхности почвы, предохраняет от вымерзания посеянные осенью растения. Под торфяной мульчей почва медленно отдает тепло из-за плохой его теплопроводности, что выравнивает суточные колебания ее температуры. При разложении торфа выделяется диоксид углерода, который способствует энергичному образованию органического вещества в растениях. Для мульчирования применяют хорошо разложившийся проветренный торф с влажностью не более 50–65 %, который рассеивают поверхностно в междурядья слоем 5–7 см.

После уборки культуры или при междурядной обработке приствольных кругов многолетних насаждений торф заделывают в почву. Для ускорения разложения полезно при его запашке добавлять небольшое количество навоза, навозной жижи или фекалий.

Использование торфа в защищенном грунте. Торф – основной материал при производстве различных грунтов и субстратов для теплиц и парников. С этой целью используют фрезерный торф (табл. 68; Хохлов В.И., 1988).

Таблица 68 – Характеристика торфа для защищенного грунта

Торфяная продукция	Тип торфа	Характеристика торфа			
		степень разложения, %	зольность, %	влажность, %	кислотность, рН _{KCl}
Грунты	Верховой и переходный	≤ 25	≤ 20	50-60	не нормируется
Торфодерновые ковры	Верховой	≤ 15	≤ 20	65-85	≤ 3,0
Горшочки торфяные полые	Верховой, моховая группа	≤ 15	≤ 8	≤ 55	не нормируется
Торфяные питательные брикеты	Верховой, сфагновый медиум или фускум	≤ 8	≤ 8	≤ 53	2,5-3,5
Торфяной прессованный питательный грунт «Фиалка»	Верховой, моховая группа	≤ 15	≤ 12	≤ 55	не нормируется
Торфоблоки субстратные	Верховой, сфагновых мхов ≥ 70 %	≤ 15	не нормируется	не нормируется	не нормируется
Микропарники	Верховой, сфагновый, моховая группа	≤ 15	≤ 15	≤ 60	не нормируется

Торфяные грунты используют в теплицах и парниках. Применяют три типа торфяных грунтов промышленного производства: известкованный, теплично-парниковый и биологически активный с маточной культурой.

Известкованный грунт представляет собой торф, нейтрализованный известковым материалом; теплично-парниковый – торф, нейтрализованный известковым материалом и обогащенный фосфорными и калийными удобрениями; грунт биологически активный с маточной культурой – торф, нейтрализованный известковым материалом, обогащенный фосфорно-калийными удобрениями и аутохтонной микрофлорой Б.

Для нейтрализации кислотности на 1 т торфа 55 %-ной влажности расходуют следующее количество извести: рН 2,5–3,0 – 45–40 кг; рН 3,0–3,5 – 40–35; рН 4,0–4,5 – 30–25; рН 4,5–5,0 – 25–20; рН 5,0–5,5 – 20–15; рН 5,5–6,0 – 15–10 кг. Кроме того, на 1 т торфа добавляют 7 кг суперфосфата и 2 кг сернокислого калия.

Торфяные плиты сухого прессования – сухой спрессованный слабо-разложившийся верховой торф с добавками макро-, мезо- и микроэлементов. Предназначен для выращивания комнатных растений, цветов, рассады и овощных культур в микротеплицах и парниках. Плиты изготавливают в заводских условиях; имеют форму прямого параллелепипеда с закругленными углами размером 290×290×50 мм, массу не менее 2 кг, влажность 17–30 %, рН 5,0–5,8, влагоемкость 5 кг на 1 кг сухого торфа.

Плиты сухого прессования перед посадкой культур укладывают на выровненные гряды, покрытые полиэтиленовой пленкой. Между плитами оставляют промежутки 5 см. После укладки плиты размачивают дождеванием из шлангов через насадку с мелким распылением. Применение плит сухого прессования имеет ряд преимуществ перед рассыпными грунтами: устраняются условия саморазогревания и самовозгорания грунта при хранении, повышается рентабельность перевозок, снижаются затраты на строительство складских помещений. Преимуществом торфяных плит как субстрата является также отсутствие в них патогенной микрофлоры, благодаря чему растения либо вовсе не поражаются болезнями, либо поражаются в очень незначительной степени. Кроме того, использование плит сухого прессования позволяет внедрить в теплицах контейнерный метод выращивания культур.

Торфоблоки субстратные – пористые гидрофильные плиты прямоугольной формы толщиной от 4 до 5,5 см. Каждая плита – это блок отдельных ячеек с лунками по центру. Ячейки разделены нарезными или штампованными бороздками. Размеры ячеек стандартные (100×100 мм; 50×50 мм), размеры самих плит различные (500×500 мм; 1000×500 мм; 20×500 мм). Торфоблоки изготавливают из нейтрализованного верхового торфа низкой степени разложения (до 18 %) с рН 2,9–3,0, с содержанием сфагновых мхов – от 70 до 80 %, хлора – не более 0,7 %, окиси железа – не более 1 %.

Блоки используют для выращивания рассады овощных, цветочных, декоративных, плодовых, ягодных и лесных культур в защищенном и открытом грунте, а также для создания переносных декоративных газонов. Торфяные блоки бывают двух видов: нейтрализованные (известкованные) и комплексные (субстратные), содержащие все необходимые элементы питания растений.

Торфоблоки субстратные имеют ряд преимуществ в процессе выращивания рассады любой культуры: исключаются такие трудоемкие операции, как подготовка грунта, составление смесей и их неоднократное перемешивание, набивка и расстановка штучной тары. При работе с торфоблоками не нужны

специальные поддоны, ящики и другие емкости. Они удобны при хранении, переноске, раскладке и передвижке. Торфоблоки сохраняют форму и прочность весь период выращивания рассады. Пористая структура субстрата при увлажнении не нарушается. Торфоблоки дают возможность выращивать растения с прикорневым комом, обеспечивающим хорошую приживаемость их при пересадках.

Необходимым условием использования торфоблоков является создание ровной горизонтальной поверхности. Нарушение этого требования приводит к неравномерному увлажнению. Для предотвращения прорастания корней в грунт и более равномерного увлажнения рекомендуется использовать упаковку из полиэтиленовой пленки. Это устраняет потери элементов питания и создает фитосанитарную изоляцию между блоком и грунтом. Торфоблоки укладывают на гряды или на ровную поверхность, увлажняют до полной влагоемкости и вносят минеральные удобрения, микроэлементы и высевают семена или высаживают черенки. При полном насыщении масса блока увеличивается в 7-8 раз. Удобрения вносят с поливом (табл. 69, 70).

Таблица 69 – Норма внесения минеральных удобрений при выращивании рассады огурцов и томатов в торфоблоках, г/м²

Вариант	Удобрения	Огурцы	Томаты
I	Диаммонийфосфат	66	72
	Магний сернокислый	50	50
	Селитра калиевая	65	85
II	Калий сернокислый	65	85
	Карбамид	52	60
	Магний сернокислый	50	50
III	Суперфосфат двойной	68	73
	Калиймагнезия	100	130
	Карбамид	52	60
	Суперфосфат двойной	68	73

Таблица 70 – Норма внесения микроудобрений при выращивании рассады огурцов и томатов на торфоблоках, г/м²

Микроудобрения	Огурцы	Томаты
Молибденовокислый аммоний	0,5	0,4
Железо сернокислое	1,2	1,5
Борная кислота	0,5	0,5
Кобальт сернокислый	0,25	0,25
Марганец сернокислый	0,75	0,70
Медь сернокислая	0,25	0,25
Цинк сернокислый	0,10	0,25

Торфяные полые горшочки. Являются емкостями для заполнения их питательным грунтом. Торфяные горшочки формируют из массы, состоящей из торфа – не менее 70 % и картона (бурой древесной массы) – не более 30 %, а также мела, азотных удобрений и поверхностно-активного вещества. Горшочки по форме основания выпускают круглые одиночные, квадратные одиночные и блоками по 12 и 6 шт. в каждом.

Торфяные полые горшочки пригодны для выращивания рассады овощных и цветочных культур, сеянцев декоративных, плодовых и лесных растений. При заполнении легким торфяным субстратом, содержащим элементы питания, в них создаются наиболее благоприятные условия для роста и развития растений, корневая система предохраняется от механических повреждений и деформации, как при выращивании, так и при пересадках. Лучшими наполнителями являются торфяные субстраты и грунты.

Торфяные питательные брикеты – сухой спрессованный субстрат в виде цилиндра, предназначенный для выращивания растений с изолированной корневой системой и изготавливаемый из массы, содержащей верховой сфагновый торф низкой степени разложения; мел, минеральные удобрения и соли, включающие микроэлементы. Брикеты производят в заводских условиях двух типов: А – в оболочке из биостойкой бумаги, Б – без оболочки.

Перед использованием брикеты размещают на подносе или лотке и постепенно подливают воду на дно емкости, смачивая их до полного увлажнения. В размоченный брикет высевают семена или пикируют проростки. Их можно использовать как для заполнения горшочков и других емкостей для выращивания растений, так и в качестве удобрительной добавки для улучшения состава почвы. При смачивании водой объем брикета увеличивается в 5–6 раз. При применении торфяных брикетов необходимо следить за состоянием растений и своевременно их подкармливать.

Торфо-аммиачные удобрения (ТАУ) – удобрения, получаемые при обработке торфа аммиачной водой или жидким аммиаком; относятся к гуминовым удобрениям. При обработке аммиаком активизируется органическое вещество торфа, в 10–15 раз увеличивается содержание водорастворимых гуминовых кислот и подвижных форм азота, устраняется избыточная кислотность торфа. ТАУ производят в полевых условиях.

Торфоминеральные удобрения (ТМУ) – представляют собой смесь торфа с фосфорными, калийными и кальциевыми удобрениями. Нормы внесения минеральных удобрений при производстве ТМУ: на 1 кг торфа 55 %-ной влажности добавляют 1 кг фосфоритной муки или 21 кг простого суперфосфата, 7 кг хлористого калия или 11 кг калийной соли. Известковой муки при кислотности торфа ($pH_{КС}$) 2,5–3,0 вносят 50–45 кг/т; при pH 3,0–3,5 – 40–35.

Физико-химический состав ТМУ следующий: содержание влаги – не более 65 %; зольность – не более 30 %; кислотность солевой суспензии – не менее 5; содержание: фосфора 0,6 %; калия 0,6 %; засоренность посторонними примесями – не более 10 %.

Торфоминерально-аммиачные удобрения (ТМАУ) – комплексные биологически активные удобрения, в состав которых входят подвижные формы азота, фосфора и калия, а также органическое вещество торфа, часть которого после обработки аммиаком переходит в водорастворимое состояние. Для приготовления ТМАУ может быть использован торф любого типа с зольностью не более 25 %, степенью разложения – не менее 15 %, с содержанием влаги – 50–60 %, окиси железа – не более 5 %, окиси кальция – не более 5 % и pH 2,5–6,0. В зависимости от количества добавляемых к торфу минеральных компонентов, различают ТМАУ-1 – низкой, ТМАУ-2 – средней, ТМАУ-4К, ТМАУ-6К – высокой концентрации. Их используют в основном в садоводстве и для выращивания овощных культур. ТМАУ всех марок производят по двум основным технологическим схемам. По первой схеме все компоненты вносят в навалы фрезерного торфа перед штабелеванием. По второй

схеме удобрения готовят с применением дозирующесмесительных станций из торфа, предварительно убранного в штабеля.

Торфокомпосты. Компостирование – биотермический процесс минерализации и гумификации органических веществ, происходящий в аэробных условиях под воздействием термофекальных, т. е. теплолюбивых микроорганизмов. При компостировании органические отходы разогреваются до температуры 60°C, что губительно влияет на личинки и куколки мух, яйца гельминтов и болезнетворные неспорообразующие микроорганизмы. Компост состоит из двух главных компонентов, неодинаковых по устойчивости к разложению микроорганизмами. Один из них – навоз, навозная жижа, куриный помет, фекалии – богат питательными веществами, микрофлорой и содержит значительное количество легкоразлагающихся азотсодержащих органических соединений, другой – торф, солома, опилки, кора, лигнин – беден питательными веществами и слабо разлагается без компостирования, однако обладает высокой влагоемкостью.

При компостировании торфа с биологически активными органическими удобрениями – навозом, навозной жижей, птичьим пометом – усиливаются микробиологические процессы, азот торфа за короткий срок становится более доступным для растений. С другой стороны, торф как материал с высокой влагоемкостью и емкостью поглощения хорошо удерживает жижу и аммиачный азот, которые выделяются при разложении навоза, тем самым предотвращая их потери.

В результате биотермических процессов при компостировании погибают патогенные организмы и лишаются жизнеспособности семена сорных растений, которые в большом количестве содержатся в свежем навозе. Правильно приготовленный компост – полноценное органическое удобрение с хорошими физическими свойствами.

Торф богат азотом, но содержится он в нем в виде органических соединений, которые становятся доступными растениям только после их минерализации. Мало в торфе фосфора и еще меньше – калия. В ходе приготовления компостов учитывают эти свойства торфа. Компостирование торфа с навозом и навозной жижей преследует цель повысить доступность азота торфа для растений и обогатить его фосфором и калием.

Чтобы заготовить торф на удобрение, торфяное болото предварительно осушают, очищают от кустарников и кочек, снимают с него верхний слой – очес. Потом вспахивают плугом и рыхлят в несколько следов дисковыми и зубовыми боронами. Когда торф просохнет на глубину взрыхленного слоя, его сгребают в валы высотой 1,5–2 м. После того как торф высохнет в валах до влажности менее 60 %, его используют для приготовления компостов.

Торф, используемый для приготовления компостов, должен характеризоваться следующими свойствами: зольность – не более 25 %; степень разложения – не менее 20; влажность – не более 60; содержание древесных частиц – не более 10 %; размер частиц торфа и древесных остатков – не более 60 мм.

Вид компоста называют по составляющим его компонентам. Чаще всего готовят компосты торфонавозные, торфожижевые, торфопометные и торфофекальные.

Торфонавозные компосты – наиболее распространенный вид компостов. При компостировании с навозом торф обогащается микроорганизмами, снижается его кислотность, в компосте усиливается микробиологическая активность, интенсивнее происходит разложение органического вещества и увеличивается количество доступного растениям азота. Торф благодаря высокой поглощательной способности связывает аммиак, образующийся при разложении органического вещества, что резко снижает потери азота из навоза.

Торфонавозные компосты наиболее эффективны при соотношении навоза и торфа 1:1 и 1:2. При этом достигается мобилизация питательных веществ торфа, и полученная масса имеет лучшие физические свойства, чем исходная. Компост можно равномерно внести на поверхность поля существующими разбрасывателями органических удобрений.

Торфонавозные компосты лучше всего готовить вблизи животноводческих помещений или в навозохранилище. Для компостирования с навозом пригодны все виды торфа, влажность которых не превышает 60 %. Имеется несколько способов приготовления торфонавозных компостов: послойный, очаговый, площадный, траншейный.

Послойный способ пригоден для любого времени года. В навозохранилище или на площадке в поле разгружают торф и бульдозером разравнивают его слоем 50 см. Затем разбрасывают навоз. Торф и навоз послойно укладывают в штабель шириной 3–4 м и высотой 2 м, длина его произвольная. Толщина слоя торфа и навоза зависит от соотношения их в компосте. При соотношении 1:1 она примерно одинакова. Штабель завершают слоем торфа. В зимнее время во избежание промерзания навоза бурт закладывают за один-два дня.

Очаговый способ пригоден для зимнего компостирования при температуре до -20°C . На слой торфа толщиной 30–50 см укладывают навоз кучами по 200–300 кг через 1–1,5 м, затем снова насыпают торф слоем 50 см. Длина бурта произвольная ширина у основания 4–6 м, высота – до 3 м. В оттепель, при стабильных плюсовых температурах массу перемешивают и укладывают снова в бурты бульдозером. Время созревания компоста – 3–4 мес.

Площадочный способ заключается в том, что на площадку определенного размера завозят торф и формируют торфяную подушку слоем 25–30 см, сгружают и разравнивают необходимое количество навоза. Затем двух-, трехкратным дискованием тяжелой дисковой бороной перемешивают навоз с торфом, и смесь сгребают бульдозером в штабеля шириной 4–6 м и высотой 3–4 м для компостирования. Такой способ наиболее приемлем для заготовки компостов в весенне-летний и осенний периоды. Уплотнение компоста в буртах и штабелях не проводят. В зависимости от степени разложения торфа такие компосты созревают за 4–6 мес.

Торф и навоз на площадку компостирования можно подвозить разбрасывателями органических удобрений, тогда операция разравнивания бульдозером отпадает. Размер площадки компостирования рассчитывают предварительно, исходя из объема заготавливаемого компоста по формуле:

$$S_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{т}}}{h \cdot \gamma},$$

где: $S_{\text{н}}$ – площадка для компостирования, м^2 ;

$Q_{\text{т}}$ – масса торфа в компосте, т;

h – высота слоя торфа на площадке компостирования, м;

γ – плотность торфа, $\text{т}/\text{м}^3$.

Размер площадки компостирования зависит от массы торфа в компосте, которая, в свою очередь, определяется соотношением торфа к навозу.

Траншейный способ. Технология приготовления компоста траншейным способом предусматривает строительство бетонированной траншеи и площадок для хранения торфа и компостирования. Эту технологию можно применять круглый год. Используется она при больших объемах заготовки компоста.

Работы по приготовлению компоста траншейным способом выполняются в следующей последовательности. В траншею с одной стороны само-

свальными транспортными средствами выгружают навоз или помет, а с другой стороны бульдозером с площадки хранения текущего запаса подают торф. Одновременно подвозят и рассеивают минеральные удобрения. В траншее все компоненты перемешивают бульдозером или при помощи ПФП-1,2, после чего смесь укладывают в штабеля на площадке компостирования. Сверху штабель укрывают 0,2–0,3 м слоем торфа.

Применяют щелочной и кислый способы компостирования: при первом на 1 т сырого торфа прибавляют 30–50 кг извести или 50–75 кг древесной золы (доза торфяной золы в 2–2,5 раза больше); при втором способе в качестве добавки используют фосфоритную муку (10–20 кг на 1 т сырого торфа): в этом случае кислота торфа растворяет ее и способствует переводу фосфора в усвояемую для растений форму.

При закладке компостов в хранилища последние должны быть оборудованы средствами механизации для загрузки компонентов, их перемешивания, выгрузки и загрузки в транспортные средства.

Торфожижевые компосты. Накапливающуюся в хозяйстве навозную жижу целесообразнее использовать для компостирования с торфом. При этом резко сокращаются потери азота из навозной жижи и повышается удобрительное качество торфа. Для компостирования с навозной жижей подходят все виды торфа, кроме известковых.

Торфожижевые компосты зимой готовят в навозохранилищах, летом – в полевых буртах или непосредственно на осушенных торфяниках. На каждую тонну торфа в зависимости от его влажности и вида расходуют 0,5–1 т навозной жижи. Сначала закладывают бурт из торфа шириной 3–4, высотой 1,5–2 м. Сверху посередине его делают корытообразное углубление на 50–80 см, шириной около 1 м, которое заполняют навозной жижей. После ее впитывания углубление засыпают торфом, и поверхность бурта выравнивают.

Существует другой способ, при котором торф укладывают слоями по 30–50 см до высоты 1,5–2 м. Каждый слой, кроме самого верхнего, увлажняют навозной жижей. Каждый следующий слой торфа необходимо укладывать после разогревания предыдущего, которое наступает через 4–5 дней после внесения жижи.

При хранении компоста в нем энергично протекают процессы нитрификации, а образующиеся нитраты подвергаются денитрификации с образованием молекулярного азота. Поэтому при длительном хранении компоста возможны значительные потери азота. Чтобы затормозить процессы нитрификации, денитрификации и уменьшить потери азота, рекомендуют добавлять в компосты 0,5–1 % хлористого калия, т. к. хлор подавляет процесс нитрификации. Для обогащения компоста фосфором при компостировании добавляют фосфоритную муку (20–30 кг на 1 т компоста).

Торфожижевые компосты можно вносить через 1–1,5 месяца после закладки. Если торфожижевые компосты предполагают внести до истечения этого срока, штабель уплотнять не нужно. Эти компосты можно использовать под любую культуру. Вносят их осенью под вспашку, весной под культивацию (15–25 т/га) или в подкормки (5–10 т/га).

Торфофекальные компосты состоят из фекалий и торфа в соотношении 1:1 или 1:2. Для этого торф укладывают в два сплошных смежных вала с корытовидным углублением между ними и толщиной слоев в местах соприкосновения двух валов около 40–50 см. Торцевые стенки делают бульдозером. Фекалии сливают в углубление. После поглощения их торфом всю массу сгребают бульдозером в бурты без последующего уплотнения. Компосты го-

товят в поле, на месте применения или непосредственно на осушенном торфянике, расположенном вблизи удобряемого поля. Такие компосты лучше приготавливать весной и летом.

Свежеприготовленная некомпостируемая смесь торфа и фекалий по эффективности не уступает прокомпостируемой. Однако необходимо помнить, что с фекалиями в почву могут быть занесены патогенные бактерии и яйца гельминтов. Поэтому важно, чтобы в торфофекальном компосте температура поднялась до 56–60°C, при которой погибают возбудители болезней и яйца гельминтов. Для самостерилизации торфофекальную массу следует компостировать в течение 1–1,5 месяца в рыхло уложенных кучах. Более длительное хранение приводит к значительным потерям питательных веществ. Однако, если в компосте температура ниже указанной, его можно использовать только на втором году после закладки. В случае вынужденного длительного хранения фекалий компостировать их лучше при широком соотношении торфа и фекалий. Чтобы избежать возникновения инфекций и инвазий, не рекомендуется применять компосты под овощные культуры.

Норма внесения торфофекальных компостов при использовании в качестве основного удобрения под зерновые культуры – 15–20 т/га, под картофель, силосные и кормовые – 20–25 т/га. Торфофекальные компосты по действию на урожай в большинстве случаев превосходят навоз. Каждая тонна торфофекального компоста (при соотношении в нем торфа и фекалий 2:1) по удобрительной ценности может быть приравнена примерно к 1,5 т навоза.

Торфорастительные компосты готовят, запахивая выращенные на торфяниках бобовые растения. Запахивают или всю выращенную массу (алкалоидный люпин) или только корневые и пожнивные остатки растений из семейства бобовых. В первом случае получают торфосидеральный компост. При выращивании сидератов растительную массу в фазе цветения прикапывают, измельчают и запахивают на глубину 12–14 см. Через 15–20 дней после заделки поверхность торфяника дискуюют, после чего торфорастительную смесь сгребают в валы высотой 1,5–2 м и выдерживают 1–2 мес. Торфорастительные компосты по эффективности не уступают полуперепревшему навозу.

Торфопометные компосты готовят на площадках компостирования около птицефабрик или в хозяйствах. На слой торфа 20–25 см насыпают слой птичьего помета 10–20 см. Затем помет перемешивают с торфом тяжелыми дисками и бульдозером формируют бурт шириной не менее 3 м и высотой 2–2,5 м. Длина бурта произвольная. Процесс компостирования в теплый период года длится 1–2 месяца.

Торфопометный компост, приготовленный из 2 частей стандартного торфа и 1 части помета влажностью 90 %, по содержанию азота и фосфора почти не отличается от навоза: азота общего в нем обычно не менее 0,7 %, в том числе азота помета 0,2 %, фосфора – 0,15 и калия – 0,08 %; влажность 70 %.

Компост из 1 части стандартного торфа и 1 части помета влажностью 80 % содержит питательных веществ в 1,5 раза больше (при одинаковой влажности).

Нормы внесения этих компостов составляют под зерновые культуры 10–15 т/га, пропашные – 20–25, овощные – 30–40 т/га.

2.3.6. Солома, пожнивные и корневые остатки

2.3.6.1. Солома

Солома – побочная продукция, представляющая собой листья и стебли, оставшиеся после обмолота урожая зерновых культур. Солома является важным источником органического вещества для улучшения баланса гумуса в почве, т. к. валовое содержание органического вещества в ней немногим меньше, чем в навозе.

Химический состав соломы довольно широко изменяется в зависимости от почвенно-климатических условий. Солома состоит, главным образом, из трех групп органических соединений – целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнинов (табл.71; Стейнифорт А.Р., 1983).

Таблица 71 – Химический состав соломы различных культур, % сухого вещества*

Культуры	Гемицеллюлоза	Целлюлоза	Лигнин	Сырой протеин	Декстрины	Зола
Ячмень	27	44	7	3,7	1,4	5,6
Овес	16	41	11	4,7	2,0	4,8
Рис	26	33	7	2,8	0,6	5,7
Пшеница	36	39	10	3,0	0,7	3,4

* дополнено А.Х. Шеудженом

Целлюлоза – полисахарид, являющийся основной составной частью клеточных стенок. Она состоит из субъединиц глюкозы, или виноградного сахара, которые соединены друг с другом в гигантскую молекулу с прямой цепью. Упаковка цепочек образует так называемое мицеллярное строение и придает ее молекуле стойкую волокнистую форму. Гемицеллюлоза родственна по составу растительным камедям и имеет молекулу из гораздо более коротких цепей, чем целлюлоза. Ее углеродная цепочка образуется, главным образом, из пентозных сахаров и служит связующим материалом, который удерживает вместе молекулы и фибриллы целлюлозы. Лигнин – это полимер ароматических соединений, и его главная функция – придавать растительному материалу прочность, жесткость и, возможно, устойчивость к болезням. В состав соломы входят также белки, воски и зольные элементы.

Органические соединения, входящие в состав соломы, химически стабильны и могут быть использованы растениями только после разрушения микроорганизмами. В процессе разложения соломы наблюдается смена микрофлоры, обусловленная специализацией функций микроорганизмов. В первую очередь разлагаются наиболее доступные компоненты соломы, а именно: пентозаны, простые сахара, белки. В это время развивается многочисленная группа неспорообразующих бактерий, в основном рода *Pseudomonas*, а также мукоровые и пикнидиальные грибы. Позднее в разложение соломы включаются микроорганизмы (грибы родов *Mucor*, *Aspergillus*, бациллы – *Bac. Subtilis*, *Bac. Mesentericus*), разлагающие пектиновые вещества. Вслед за разложением пектиновых веществ начинается интенсивное разложение клетчатки и близких к ней соединений. Появляется типичная целлюлозаразрушающая микрофлора (*Cytorhaga*, *Cellvibrio*). Мукоровые грибы сменяются грибами из рода *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*.

В отличие от пентозанов и белков, целлюлоза оказывает более длительное и глубокое воздействие на состояние биологического равновесия

почвы. Целлюлоза разрушается в почве представителями разных систематических групп микроорганизмов, основные из которых: высшие грибы, микроскопические грибы (в том числе микохитридиевые), миксобактерии, аэробные бактерии *Cellvibrio*, *Cellulomonas*, тиномециты, анаэробные бактерии. В разложении клетчатки участвуют представители родов *Dematium*, *Phoma*, *Penicillium*, *Stachybotrys*, *Monotospora*, *Hapligradium*, *Trichoderma*. В более плодородных почвах встречаются грибы рода *Chaetomium*. В процессе разложения клетчатки деятельное участие могут принимать несовершенные грибы родов *Aiternaria* *Fumago*.

Интенсивность разложения целлюлозы во многом определяется типом почвы. Характерный состав целлюлозоразлагающей микрофлоры неодинаков для различных типов почв и изменяется в зависимости от содержания органического вещества, гидротермических, физических и химических условий каждой почвы. Интенсивность разложения клетчатки обусловлена широтной зональностью и нарастает по генетическому ряду почв – от подзолов к дерново-подзолистым, серым лесным почвам и черноземам. Наибольшей целлюлозной активностью обладают микроорганизмы, выделенные из чернозема и бурой лесной почвы. Наименьшая активность наблюдается у микроорганизмов, выделенных из подзола.

Солома содержит ряд элементов питания растений (табл. 72; Попов П.Д., Деревягин В.А., 1988). При таком содержании элементов питания растений с 4 т/га соломы зерновых культур в почву поступит 3200 кг/га органического вещества, 14–22 – азота, 3–7 – фосфора, 22–55 – калия, 9–37 – кальция и 2–7 кг/га магния, а также 5–8 г/га серы, 24 – бора, 12 – меди, 116 – марганца, 1,6 – молибдена, 160 – цинка и 0,4 г/га кобальта.

Таблица 72 – Содержание элементов питания растений в соломе, %

Солома	Су- хое веще- ство	Ор- гани- че- ское веще- ство	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Отно- шение C:N (N=1)
Рисовая *	86	81	0,41	0,08	0,58	0,20	0,06	80–90
Пшеничная	86	82	0,45	0,07	0,64	0,21	0,07	80–90
Ржаная	86	82	0,34	0,07	0,52	0,33	0,05	100–110
Ячменная	86	82	0,50	0,18	0,94	0,28	0,05	70–80
Овсяная	86	80	0,42	0,13	1,12	0,24	0,07	80–90
Кукурузная	86	82	0,46	0,16	1,26	0,32	0,14	60–80
Рапсовая	85	80	0,53	0,11	0,85	0,81	0,16	60–70
Зернобобовых	86	80	1,29	0,16	1,07	0,91	0,16	20–25

* дополнено А.Х. Шеудженом

Как видно из таблицы 72, во всех видах соломы, кроме зерновых бобовых культур, широкое отношение углерода к азоту. В прямой зависимости от соотношения C:N находится скорость разложения соломы. Чем уже это соотношение, тем быстрее разложится солома. При внесении соломы в чистом виде в первый год наблюдается некоторое снижение урожая в результате дополнительного потребления азота почвы микрофлорой, разлагающей солому. Для исключения этого нежелательного явления на 1 т соломы вносят от 3,5 до 15 кг азота.

Известны следующие способы использования соломы на удобрение: при получении подстилочного навоза, при производстве компостов, непосредственно на удобрение.

Получение подстилочного навоза. Традиционный способ использования соломы на удобрение – применение ее на корм и подстилку скоту, в результате чего получается подстилочный навоз. Технологические схемы использования соломы при производстве подстилочного навоза складываются из следующих операций.

После уборки урожая солому свозят на края полей или к животноводческим фермам для хранения в скирдах и расходуют на корм и подстилку скоту в стойловый период.

Получение компостов. Солома, предназначенная для компостирования, должна быть убрана комбайном в копны волокушами или скирдовозами и перевезена к площадкам компостирования. Можно во время уборки солому измельчить комбайновыми измельчителями и загрузить в прицепленную к комбайну тележку с последующей доставкой на площадку компостирования.

Прежде чем приступать к закладке компоста, следует запомнить несколько несложных правил:

1. Чтобы компост не стал рассадником сорняков, не рекомендуется использовать для компостов обсемененные растения сорняков.

2. Нельзя закладывать в компостные кучи зараженную фитофторой картофельную ботву, заболевшие грибковыми болезнями овощные растения.

3. Можно использовать в компост зараженные вирусными и бактериальными болезнями растения, т. к. их возбудители погибают при компостировании.

4. Лучше вносить в компост все минеральные удобрения, где они переработаются и войдут в состав гумусовых соединений.

Закладку штабеля компоста начинают с подготовки соломенной подушки. Измельченную солому укладывают шириной 4 м на длину площадки и уплотняют гусеничным трактором. Толщина подушки после прикатывания должна составлять 50–70 см. Затем на подушку вывозят бесподстилочный навоз и переслаивают его соломой в соотношении навоз-солома 10:1 по массе. В зависимости от влажности навоза штабель наращивают до высоты 2,0–2,5 м.

В зимний период применяют очаговый способ компостирования. Соломенную подушку укладывают слоем 20–30 см на ширину 10 м и прикатывают трактором. На подушку при помощи тракторных тележек укладывают бесподстилочный навоз и измельченную солому в том же соотношении. С наступлением положительных температур, подсыханием площадки и оттаиванием массы навоза ее перемешивают бульдозером и формируют штабель шириной 4 м, высотой 2,5–3,0 м, длина произвольная.

Летом рекомендуется готовить компосты площадочным способом. Соломенную подушку кладут толщиной 20–30 см, завозят навоз в соотношении навоз-солома 10:1, выдерживают в течение 2–3 дней и затем бульдозером формируют штабель. В летний период компосты созревают в течение 2–3 мес., после чего их можно вносить в почву по прямоточной технологии навозоразбрасывателями или тракторными тележками вывозить на края полей для укладки в штабеля с внесением по перевалочной технологии.

Удобрение соломой. Наиболее широко распространенный способ удобрения соломой заключается в ее измельчении, разбрасывании по полю и заделывании в почву дисковой бороной, луцильником или фрезой. Такой

способ дает наибольший эффект в зоне достаточного увлажнения на тяжелых почвах, оптимальная глубина заделки соломы – 5–8 см.

Норма внесения соломы озимых – 3–5 т/га, яровых – 2–3 т/га. Солому во время уборки зерновых измельчают до 5–10 см и разбрасывают. По соломе вносят азотные удобрения – 40–60 кг/га азота, а на почвах, бедных фосфором, желательны также фосфорные удобрения. Солому следом за внесением удобрений заделывают лущильником на глубину 5–8 см, а когда она заметно разложится, проводят зяблевую вспашку на нормальную глубину. Если сразу запахать солому на глубину 25–30 см, она будет очень медленно разлагаться.

Солому можно и не измельчать, а оставить в валках и затем заделать в почву плоскорезом. В этом случае после обмолота зерновой культуры вносят расчетное количество азотных удобрений и осуществляют плоскорезную обработку почвы на глубину 12–15 см с движением агрегата поперек валков соломы.

Удобрение соломой хорошо сочетается с внесением жидкого навоза. При удобрении жидким навозом целесообразно оставлять солому в поле в измельченном состоянии и запахивать ее. Неизмельченная крупная солома не дает хорошего удобрительного эффекта. Чтобы обеспечить равномерное распределение соломы по поверхности поля, ее измельчают с помощью навесных или прицепных измельчителей, агрегированных с комбайнами.

Наиболее распространены два метода внесения соломы: *мульчирование и соломенное укрытие*. *Мульчирование* соломы заключается в ее измельчении, равномерном покрытии почвы мульчей и ее мелкой заделке. После уборки зерновых солому смешивают с почвой дисковой бороной или лущильником. Этот прием дает хороший результат во влажных условиях, т. к. предотвращает сильный рост сорняков. В районах, где позволяют климатические условия, мульчированную почву целесообразно использовать под посев поживной культуры. Мульчирование соломы является эффективным приемом в борьбе с эрозией почвы.

При использовании метода *соломенного укрытия* измельченную солому оставляют в поле и запахивают лишь весной. Под укрытием создаются оптимальные условия для развития микрофлоры и почвенных животных, которые обеспечивают интенсивную переработку и разложение органического материала. Укрытие положительно влияет на структуру и спелость почвы, сокращает испарение влаги. Этот метод внесения соломы целесообразно использовать в среднеувлажненных районах на слабозасоренных почвах, сочетая его с подсевом сидератов.

Внесение соломы в почву увеличивает ферментативную активность. Отмечается увеличение фосфатазной, дегидрогеназной и инвертазной активности почвы, а также численности микроорганизмов. Заделка в почву соломы, оказывая существенное воздействие на ее микробиологическую активность, влияет на процессы трансформации азота. В частности, внесение соломы заметно смещает соотношение микробиологических процессов мобилизации и иммобилизации в сторону преобладания последнего, в результате чего большая часть внесенного азота закрепляется в почве в органической форме. Однако это довольно существенное количество азота не потеряно для растений, т.к. процессы мобилизации и иммобилизации обратимы. Биологически связанный азот минерализуется и используется последующими культурами.

Опыты показывают, что внесение под поздние пропашные культуры 5–10 т/га соломы с азотными удобрениями в ряде случаев дает такой же эффект, как и применение обычных доз навоза.

Использование соломы непосредственно на удобрение дает не только прибавку урожая и повышает плодородие почвы, но и освобождает от больших издержек на ее сбор и транспортировку.

Положительные результаты дает и использование соломы в качестве мульчи, для борьбы с ветровой и водной эрозией. Мульчирование создает благоприятные условия для впитывания воды в почву, уменьшает, а иногда и полностью устраняет опасность поверхностного стока, способствует более равномерному распределению воды по поверхности почвы, улучшает структуру пахотного горизонта, ослабляет испарение влаги.

Хороший результат получается при удобрении соломой в сочетании с сидератами. При этом могут быть использованы различные виды зеленого удобрения: самостоятельные посевы, пожнивные и подсевные культуры. Использование в качестве сидератов бобовых растений также снимает необходимость внесения азотных удобрений.

2.3.6.2. Пожнивные и корневые остатки

Пожнивные и корневые остатки, остающиеся на поле после уборки урожая, являются одним из постоянных источников поступления органических веществ в почву. Их количество в значительной степени зависит от продуктивности и биологических особенностей культур севооборота (табл. 73; Городний Н.М., 1990).

Таблица 73 – Накопление пожнивных и корневых остатков в севообороте, ц/га

Культура	Без удобрений		С удобрениями	
	пожнивные остатки	корневые остатки	пожнивные остатки	корневые остатки
Озимая рожь на зеленую массу	2,3	19,1	4,8	24,1
Люпин	4,7	14,4	6,7	20,6
Озимая рожь	8,4	15,7	11,2	20,7
Сахарная свекла	–	7,3	–	11,0
Овес	6,1	15,8	8,6	22,1
Кукуруза	3,6	12,7	6,8	22,5
Клевер	9,6	32,4	12,4	39,1
Картофель	1,1	7,5	2,6	8,8
Ячмень	6,6	19,1	8,8	21,6
Всего за ротацию	50,6	158,8	73,3	212,0
На 1 га пашни	5,6	17,1	8,1	23,6

Больше всего корневой массы накапливают бобовые многолетние травы, меньше – зерновые культуры, самое незначительное количество корней оставляют картофель и свекла. Удобрения способствуют увеличению накопления корневых остатков, как отдельными культурами, так и в целом за ротацию севооборота.

Количество пожнивных остатков неодинаково для разных культур севооборота. Оно в значительной степени колеблется в зависимости от высоты среза и способа уборки. Удобрения существенно увеличивают количество пожнивных остатков. Корневые и пожнивные остатки кормовых культур далеко не равноценны в качественном отношении. Наиболее высокое процентное содержание азота и фосфора в растительных остатках обнаружено у многолетних бобовых трав, а также в корневых остатках картофеля (табл. 74; Городний Н.М., 1990).

Таблица 74 – Накопление питательных веществ в пожнивных и корневых остатках, кг/га

Культура	Без удобрений			С удобрениями		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая рожь на зеленую массу	25,26	8,12	10,88	38,98	11,92	22,11
Люпин	34,19	6,87	6,67	47,10	11,05	18,38
Озимая рожь	19,47	6,34	12,32	30,37	8,96	23,55
Сахарная свекла	10,50	2,97	3,81	14,85	4,49	7,45
Овес	17,36	5,90	10,73	25,91	9,54	23,80
Кукуруза	17,25	4,45	7,06	30,93	9,20	22,50
Клевер	77,18	19,93	16,87	97,78	28,05	38,40
Картофель	15,68	3,12	1,75	19,50	3,91	4,16
Ячмень	26,42	7,37	8,64	32,66	8,92	17,50
Всего за ротацию	260,83	71,01	90,48	367,37	105,55	206,61
На 1 га пашни	28,83	7,89	10,05	40,82	11,72	22,96

Удобрения способствуют значительному увеличению накопления питательных веществ в почве с пожнивными и корневыми остатками, что обусловлено как повышением массы органических остатков культур севооборота, так и увеличением процентного содержания азота, фосфора и калия в них.

2.3.7. Зеленое удобрение

Зеленое удобрение – органическое удобрение, получаемое путем выращивания растений и последующего запахивания их зеленой массы. Следовательно, под зеленым удобрением понимают заделку в почву еще неотмершей зеленой, сочной, частично одревесневшей биомассы растений, богатой сахарами, крахмалом, белком и азотом, а также их корней, еще функционирующих ко времени обработки почвы. Это принципиально отличает зеленое удобрение от заделки в почву других органических удобрений, будь то сухих (солома) или частично перепревших (навоз).

Повышение плодородия почвы путем запахивания в нее зеленого удобрения называется сидерацией. Термин «сидерация» впервые предложил в XIX в. французский ученый Ж. Виль. Культуру, запахиваемую в почву, называют сидератом. Родиной зеленого удобрения считаются страны древней земледельческой культуры – Китай и Индия, которые возделывают растения в качестве зеленого удобрения около 3000 лет. В Китае и теперь применяют сидерацию на площади более 10 млн. га. О пользе зеленого удобрения знали и древние римляне. Еще Плиний (79 г. н. э.) писал: «Все согласны в том, что нет ничего полезнее люпина, если его до образования бобов заделать в почву плугом или двузубой мотыгой, или пучки люпина, срезанные у поверхности почвы, закопать близ корней плодовых деревьев и кустов винограда... Это такое же хорошее удобрение, как и навоз». Во Франции и Испании зеленое удобрение стало широко распространяться в начале XVI в., а в конце XVIII в. – в Германии, где в качестве сидерата широко применяли люпин. В России первые опыты с люпином в качестве сидерата проводились профессором П.В. Будриным на опытном поле в Новой Александрии (ныне Пулвы, Польша) с 1881 по 1905 г. и профессором С.М. Богдановым в 1888 г. на полях бывшего Радомысльского уезда. Этими опытами и было положено начало внедрения зеленых удобрений в России.

Зеленое удобрение, как весьма эффективное и дешевое местное средство, имеет особо большое значение для повышения плодородия малокультурных почв при недостатке навоза и других органических удобрений в хозяйствах. Расширение посевов сидератов позволяет также в определенной мере ограничить использование запасов торфа – невосполняемого фактора регуляции биоклиматических процессов на окружающих территориях.

Лучшими сидератами являются бобовые растения. Клубеньковые бактерии, развивающиеся на их корнях, фиксируют азот воздуха и обогащают им почву. При выращивании бобовых сидератов на 1 га образуется до 50 т зеленой массы, содержащей до 200 кг азота. По содержанию азота 1 т зеленого удобрения равноценна 1 т навоза (табл. 75).

Таблица 75 – Содержание элементов питания в навозе и зеленом удобрении, кг/т

Удобрение	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Навоз смешанный	5,0	2,0	6,0	7,0
Зеленая масса: люпина	4,5	1,0	1,7	4,7
донника	5,7	0,5	1,9	9,7

Азот в зеленой массе запахаемых растений находится преимущественно в виде белковых соединений. В процессе минерализации органической массы происходит аммонификация и в дальнейшем нитрификация. Эти процессы переводят азот зеленого удобрения в формы, доступные для питания растений.

Скорость разложения запаханной сидеральной массы зависит от ряда условий. Имеют значение вид и возраст сидерата, гранулометрический состав и влажность почвы, глубина заделки. Чем старше растения, тяжелее гранулометрический состав и больше глубина заделки удобрения, тем медленнее оно разлагается. Следовательно, для ускорения разложения и скорейшего получения элементов питания в доступном для растений виде глубина заделки должна быть меньше. И наоборот, если преследуется цель повысить содержание гумуса в почве, запахивать надо глубже, так как при медленном разложении увеличивается коэффициент гумификации. Замедляет разложение сидератов заплата вместе с бобовыми относительно инертных, медленно разлагающихся материалов, таких как торф, солома. Такой же эффект получают при смешанных посевах для сидерации бобовых и злаковых культур (Безуглова О.С., 2000).

В первый год действия коэффициент использования азота зеленого удобрения часто выше, чем навоза. Кроме того, бобовые сидераты, обладая хорошо развитой и глубоко проникающей в почву корневой системой, извлекают питательные элементы из нижних горизонтов почвы, а также усваивают фосфор и другие питательные вещества из труднорастворимых соединений. Поэтому при разложении запаханной растительной массы пахотный слой почвы обогащается не только органическим веществом и усвояемыми соединениями азота, но также фосфором, калием и кальцием.

Зеленое удобрение оказывает на почву многостороннее положительное воздействие. Под его влиянием несколько снижается кислотность почвы, уменьшается подвижность алюминия, повышается буферность и емкость поглощения. При заплата зеленой массы растений улучшается структура почвы, уменьшается объемная масса пахотного слоя и плотность сложения почвы. Это весьма важно, т. к. в данном случае ликвидируются отрицательные последствия уплотнения пахотного слоя почвы тяжелой техникой. В результате за-

пашки сидератов значительно увеличиваются водопроницаемость и влагоемкость почвы, вследствие чего снижается поверхностный сток осадков и резко возрастает содержание влаги в почве. Все это улучшает пищевой режим и физические свойства почвы, усиливает жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. Сидераты уменьшают засоренность полей, т. е. выполняют фитосанитарную роль. При их применении совместно с минеральными удобрениями повышается эффективность последних. При разложении запаханного зеленого удобрения почвенный и надпочвенный воздух обогащаются угольной кислотой, что способствует переводу труднодоступных почвенных фосфатов и других элементов минерального питания в усвояемые для растений формы.

Наряду с навозом зеленые удобрения способствует созданию бездефицитного баланса гумуса и даже некоторому его накоплению (табл. 76; Довбан К.И., 1990).

Таблица 76 – Баланс гумуса в почве, т/га

Культуры	Расход (-), приход (+) органического вещества
Основные:	
пропашные	От -2,9 до -4,4
кукуруза	От -2,2 до -3,3
зерновые, лен, конопля	От -1,1 до -1,6
однолетние бобовые	От +0,6 до +0,8
многолетние бобовые травы	От +2,7 до +3,3
Пожнивные:	
пропашные (брюква, турнепс)	От -1,5 до -2,2
однолетние бобовые	От +0,4 до +0,6
многолетние подпокровные	От + 1,8 до +2,2

Эти данные показывают, что только однолетние и многолетние бобовые способствуют накоплению в почве органического вещества. Чтобы обеспечить положительный баланс гумуса в почве, рекомендуется вносить навоз, компосты, солому, зеленое удобрение и др. (табл. 77; Довбан К.И., 1990).

Таблица 77 – Коэффициенты пересчета различных видов удобрений в гумус

Органические удобрения	Содержание сухого вещества, %	Коэффициент
Подстилочный навоз	25	0,20
Твердая фракция экскрементов: КРС	20	0,16
свиней	25	0,20
овец	30	0,24
птицы	30	0,24
лошадей	25	0,24
Жидкий навоз	1–4	0,005–0,02
Солома	–	0,68
Компост	25–30	0,06–0,08
Сапропель	–	0,05
Зеленое удобрение	10–15	0,04–0,06
Осадок сточных вод	–	0,10

Руководствуясь выходом органического вещества и данной таблицей, можно рассчитать потребность для того или иного поля (участка) в органических удобрениях. Например, под кукурузу, которая расходует 2,2 т/га гумуса, необходимо вносить не менее 11 т/га подстилочного навоза (2,2:0,20), или 110 т/га жидкого навоза, содержащего до 4 % сухого вещества, или 37-55 т/га растительной массы сидерата (2,2:0,06 или 2,2:0,04).

В качестве зеленого удобрения (сидератов) преимущественно возделывают бобовые растения – люпин, донник, вику, чину, эспарцет, сераделлу, кормовой горох. В некоторых случаях используют небобовые культуры (горчица, гречиха, амарант) или смеси бобовых со злаками.

Культуры, используемые на зеленое удобрение, по-разному влияют на накопление гумуса. Это зависит от того, используется на удобрение только наземная масса сидерата, запахивается она на месте роста с корневой системой или в почву заделываются только пожнивные и корневые остатки. Особенно перспективно совместное применение зеленого удобрения с соломой. Даже при произрастании под покровом зерновых и в пожнивный период многолетние травы (многолетний люпин) накапливают до 2,2 т/га органического вещества.

Накопление гумуса и азота зависит и от срока запашки сидерата. На легких по гранулометрическому составу почвах при запашке в июле-августе под озимые культуры зеленое удобрение быстро разлагается, высвободившиеся элементы питания (азот в нитратной форме, калий, кальций, магний и др.) могут вымываться осенне-зимними и ранневесенними осадками и мигрировать за пределы корнеобитаемого слоя. Весенняя запашка создает лучшие условия для сохранения и накопления органического вещества и азота.

На образование и накопление гумуса положительно влияет запашка сидератов вместе с соломой, выступающей в данном случае в роли ингибитора нитрификации. Ту же роль выполняют и пожнивные остатки покровной зерновой культуры, под которую подсевают сидерат. Запашка многолетнего люпина, белого донника, сераделлы с пожнивными остатками покровной культуры способствует замедлению разложения зеленой массы сидерата, что создает условия для накопления гумуса в почве.

Небобовые сидераты – рапс, горчица, сурепица имеют значение как почвозащитные культуры, препятствующие вымыванию нитратов в осенний период. Под них и следующую за ними культуру необходимо вносить минеральный азот.

Выбор способов возделывания и использования сидеральных культур зависит от почвенных, климатических и хозяйственных условий (табл. 78; Довбан К.И., 1990).

Различают посеы сидератов самостоятельные и промежуточные. При использовании самостоятельной формы на поле высевают только то растение, зеленую массу которого запахивают в почву как органическое удобрение. Использование самостоятельной формы сидерации связано с потерей урожая с удобряемой площади, и этот прием следует применять лишь на малоплодородных почвах, на которых другие растения без удобрений дают низкий урожай.

При промежуточной сидерации растение-сидерат использует только вторую или первую половину вегетационного периода, после уборки или до посева основной культуры. В зависимости от срока посева промежуточная культура может быть подсевной, послеуборочной или поживной.

Таблица 78 – Размещение сидератов по природным зонам Российской Федерации

Республика, край, область	Агроклиматические показатели						Рекомендуемые сидераты
	характеристика влажности и тепла. Тип и подтип почв	К	СТ	годовое количество осадков, мм	КУ	БК	
1	2	3	4	5	6	7	8
Среднетаёжная зона							
Южные части Карелии, Архангельской области и Республики Коми; северная и восточная части Ленинградской и Вологодской областей, северная часть Кировской и Пермской областей	Избыточно влажная, недостаточно обеспеченная теплом. Почвы глееподзолистые и подзолистые (связного и легкого гранулометрического состава)	126–163	1250–1650	500–700	1,33	77	Подсевные: многолетний люпин, райграс; поукосные; горчица белая, редька масличная, рапс яровой, сурепица яровая. Чистые пары заменяют сидеральными
Северные части Екатеринбургской, Тюменской, Томской областей, западная часть Красноярского края	Избыточно влажная и влажная, недостаточно обеспеченная теплом. Почвы болотно-подзолистые, супесчано (песчано)-суглинистые, глееподзолистые	181–194	1100–1700	400–500	1,00–1,33	77	Подсевные: многолетний люпин, донник, райграс; поукосные: горчица белая, редька масличная, рапс яровой, сурепица яровая. Чистые пары заменяют сидеральными
Центрально-северная часть Красноярского края, северная часть Иркутской области	Влажная, недостаточно обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, глееподзолистые и подзолистые	199–226	1000–1400	350–500	1,00–1,33	66	Чистые посевы: горчица белая, редька масличная, рапс яровой, райграс, озимая рожь
Республика Саха, северо-восточная часть Иркутской области	Полузасушливая, недостаточно обеспеченная теплом. Почвы лёссовидные суглинки с пятнами солонцов, мерзлотно-таёжные	238–283	1000–1500	200–350	0,49–0,78	52	Чистые посевы: горчица белая, редька масличная, рапс яровой, озимая рожь, донник

1	2	3	4	5	6	7	8
Южнотаежно-лесная зона							
Ленинградская, Псковская, Новгородская области, южная часть Карелии	Избыточно влажная, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы подзолистые, суглинистые и супесчаные, карбонатные, болотно-подзолистые и глееподзолистые	111–140	1600–2300	500–800	1,33	104	Подсевные: многолетний люпин, донник, райграс; поукосные: бобово-злаковые смеси, белая горчица, редька масличная, рапс яровой, перко. Чистые пары заменяют сидеральными
Брянская, Смоленская, Калининская, Ярославская, Владимирская, Ивановская, Костромская, Калужская и Московская области, северная часть Рязанской области, западная и северо-восточная части Нижегородской области, юго-западная часть Вологодской области	Избыточно влажная и влажная, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы дерново-подзолистые, песчаные, суглинистые, болотно-подзолистые	142–180	1600–2400	500–800	1,00–1,33	104	Подсевные: многолетний люпин, сераделла, донник, райграс; озимые: рожь; поукосные: бобово-злаковые смеси, узколистный люпин, вика, пелюшка. Чистые пары заменяют сидеральными
Кировская и Пермская области, Республики Марий Эл и Удмуртия, северная часть Башкиростана	Влажная, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы дерново-подзолистые, песчано-суглинистые, серые лесные	158	1600–2400	500–600	1,00–1,33	104	Поукосные: крестоцветные культуры, бобово-злаковые смеси. Часть чистых паров заменяют сидеральными
Томская область, центральные части Екатеринбургской и Тюменской областей, северная часть Омской области, полоса южнее центра Красноярского края	Влажная, недостаточно и ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы дерново-подзолистые, песчано-суглинистые и болотно-подзолистые	184–199	1500–1850	400–500	0,77–1,00	88	Поукосные: крестоцветные культуры, бобово-злаковые смеси. Часть чистых паров заменяют сидеральными

1	2	3	4	5	6	7	8
Северо-западная часть Иркутской области и восточная часть Красноярского края	Полувлажная, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы дерново-подзолистые, суглинистые, пойменные южно-таежные	217–228	1400–1600	300–400	0,77–1,00	76	Комбинированно–кулисные, сидерально-донниковые пары; поукосные: крестоцветные
Амурская и Сахалинская области, небольшая западная часть Хабаровского края	Избыточно влажная и влажная, недостаточно и ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы дерново-подзолистые и подзолисто-буроземные, суглинистые и болотно-подзолистые	191–274	1000–2100	580–1000	1,00–1,33	93	Подсевные: донник белый и желтый, райграс; озимые: рожь; поукосные: бобово-злаковые смеси, крестоцветные культуры, соя, фацелия. Чистые пары заменяют сидеральными
Приморский край, юго-восточная часть Хабаровского края и небольшая юго-восточная часть Амурской области	Влажная, среднеобеспеченная теплом. Почвы подзолисто-буроземные и болотно-подзолистые, суглинистые	Климат муссонный	2000–2600	700–1000	1,00–1,33	126	Подсевные: донник белый и желтый, райграс, многолетний люпин; озимые: рожь, перко; поукосные: бобово-злаковые смеси. Чистые пары заменяют сидеральными
Лесостепная зона							
Курская, Орловская Тульская и Белгородская области, южные части Брянской, Калужской и Московской областей, северо-западные части Липецкой и Воронежской областей	Полувлажная и влажная (северо-западная часть), среднеобеспеченная теплом. Почвы суглинистые, черноземы выщелоченные и типичные, серые лесные	166–184	2000–2800	400–600	0,77–1,16	125	Поукосные и пожнивные: крестоцветные культуры, бобово-злаковые смеси, узколистый люпин; озимые: рожь, пшеница, рапс, сурепица, перко. Чистые пары заменяют комбинированно-кулисными и сидеральными
Тамбовская, Рязанская и Пензенская области, Республика Мордовия, юго-восточная часть Липецкой области, северо-восточная часть Воронежской области, юго-западная часть Нижегородской области	Почвы суглинистые, черноземы выщелоченные, дерново-подзолистые и серые лесные						Поукосные и пожнивные: крестоцветные культуры, бобово-злаковые смеси, узколистый люпин; озимые: рожь, пшеница, рапс, перко. Чистые пары заменяют комбинированно-кулисными и сидеральными ¹¹

1	2	3	4	5	6	7	8
Республика Чувашия, Ульяновская область, восточная часть Республики Мордовия, юго-восточная часть Нижегородской области, северо-западная часть Татарстана и северо-западная часть Самарской области	Почвы суглинистые, черноземы выщелоченные, черноземы карбонатные, серые лесные						Подсевные: донник, райграсс; поукосные: крестоцветные культуры, бобово-злаковые смеси; озимые: рожь. Чистые пары заменяют комбинированно-кулисными и сидеральными
Татарстан и Башкиростан, центральная и северо-восточная части Самарской области, восточная часть Ульяновской области, южная часть Удмуртии, западная часть Екатеринбургской области, северная часть Оренбургской области и южная часть Пермской области	Полувлажная, ниже среднего и среднеобеспеченная теплом. Почвы суглинистые, черноземы выщелоченные, лугово-черноземные солонцеватые, серые лесные	181–191	1600–2500	400–600	0,77–1,00	111	Подсевные: донник, райграсс; поукосные: крестоцветные и бобово-злаковые смеси; озимые: рожь. Чистые пары заменяют комбинированно-кулисными и сидеральными
Новосибирская область, северо-восточная часть Челябинской области, юг Екатеринбургской и Тюменской областей, центральная часть Омской области	Полувлажная и полузасушливая, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, лугово-черноземные солонцеватые, серые лесные и лугово-черноземные	189–208	1800–2250	300–400	0,67–1,00	97	Поукосные: крестоцветные культуры и бобово-злаковые смеси; озимые: рожь. Чистые пары заменяют кулисными, комбинированно-кулисными и частично сидеральными
Кемеровская область, восточная часть Новосибирской области, небольшая часть юга Томской области и северо-восточная часть Алтайского края	Полувлажная и влажная, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, серые лесные, черноземы выщелоченные, лугово-черноземные солонцеватые	197–208	1600–2050	400–700	0,77–1,16	97	Подсевные: донник белый и желтый, райграсс; поукосные: крестоцветные культуры и бобово-злаковые смеси, фацелия; озимые: рожь. Чистые пары заменяют комбинированно-кулисными и сидеральными

1	2	3	4	5	6	7	8
Полоса Красноярского края, восточная часть Кемеровской области, южная часть Иркутской области	Полузасушливая и полувлажная, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, черноземы выщелоченные и серые лесные	198–233	1400–1700	300–500	0,67–1,16	77	Частично подсевные: донник белый и желтый; поукосные: крестоцветные культуры и бобово-злаковые смеси; озимые: рожь. Чистые пары заменяют кулисными, комбинированно-кулисными и частично сидеральными
Степная зона							
Краснодарский край, Республика Адыгея, юго-западная часть Ставропольского края, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Северо-Осетия-Алания, Чеченская республика, Республика Ингушетия	Полузасушливая и полувлажная, выше среднего и повышено обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, черноземы типичные и обыкновенные	167–187	2800–3600	400–800	0,55–1,00	147	Во влажных районах подсевные: донник белый и желтый; озимые: рожь, пшеница, рапс, перко; пожнивные: бобово-злаковые смеси, крестоцветные культуры. Чистые пары заменяют комбинированно-кулисными и сидеральными
Северо-восточная часть Краснодарского края, северо-западная часть Ставропольского края, Ростовская область, северо-западная часть Республики Калмыкия	Почвы суглинистые, черноземы обыкновенные						Озимые: рожь, пшеница, рапс, перко; пожнивные: бобово-злаковые смеси, крестоцветные культуры. Чистые пары заменяют кулисными, комбинированно-кулисными и при орошении – сидеральными
Саратовская область, северо-восточная часть Ростовской области, северная часть Волгоградской области, юго-западная часть Воронежской области и южная часть Белгородской области	Полузасушливая и засушливая, средне и выше среднего обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, черноземы обыкновенные, южные и выщелоченные	177–195	2400–3300	350–500	0,44–0,77	120	Озимые: рожь, пшеница, рапс, перко; пожнивные: бобово-злаковые смеси, крестоцветные культуры. Чистые пары заменяют кулисными и частично комбинированно-кулисными, а при орошении – сидеральными

1	2	3	4	5	6	7	8
Оренбургская область, юго-западная часть Куйбышевской области, восточная часть Саратовской области	Полузасушливая и засушливая, среднеобеспеченная теплом. Почвы суглинистые, черноземы обыкновенные, южные и солонцеватые	197–216	2200–2800	300–400	0,40–0,67	92	При орошении: поживные – бобово-злаковые смеси, крестоцветные культуры. Чистые пары заменяют (без орошения) кулисными и частично комбинированно-кулисными
Южные части Омской и Новосибирской областей, северо-восточная часть Оренбургской области, юг Челябинской области	Засушливая, средне и ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, лугово-черноземные, черноземы южные, солонцеватые и солонцовые	212–223	2000–2400	250–350	0,44–0,77	91	При орошении: поукосные – крестоцветные культуры, бобово-злаковые смеси. Чистые пары заменяют (без орошения) кулисными
Юго-запад Алтайского края	Полузасушливая и засушливая, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, черноземы южные, обыкновенные и выщелоченные	212–216	1600–2300	300–500	0,44–0,77	60	При орошении: поукосные – крестоцветные культуры, бобово-злаковые смеси. Чистые пары заменяют (без орошения) кулисными и комбинированно-кулисными
Республика Тува, локально юг Бурятии, Читинская область и Красноярский край	Полузасушливая и засушливая, ниже среднего обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, черноземы обыкновенные и южные, суглинисто-щебнистые, серые лесные	215–263	1400–2000	200–400	0,44–0,77	67	При орошении: поукосные – крестоцветные культуры, бобово-злаковые смеси. Чистые пары заменяют (без орошения) кулисными и частично комбинированно-кулисными
Сухостепная зона							
Западная часть Республики Калмыкии, южно-центральная часть Волгоградской области, южная часть Ростовской области, юго-восточная часть Ставропольского края, северная часть Республики Дагестана	Очень засушливая, выше среднего и повышено обеспеченная теплом. Почвы суглинистые, каштановые солонцеватые, песчаные, каштановые	193–205	2750–3600	250–350	0,33–0,55	99	То же

1	2	3	4	5	6	7	8
Северо-восточная Волгоградской области и юго-восточная часть Саратовской области	Очень засушливая, выше среднего обеспеченная теплом. Почвы суглинистые и песчано-суглинистые, темно-каштановые, каштановые солонцеватые	209–224	2500–3100	250–350	0,33–0,44	78	То же
Юго-восточная часть Оренбургской области и восточная часть Алтайского края	Очень засушливая, средне-обеспеченная теплом. Почвы песчано-суглинистые и суглинистые, каштановые и каштановые солонцеватые	221–229	2200–2800	250–360	0,33–0,44	67	То же
Полупустынная зона							
Юго-восточная часть Ставропольского края, северная часть Республики Дагестана, центральная часть Республики Калмыкия, северная часть Астраханской, юго-восточная часть Волгоградской и южная часть Саратовской областей	Полусухая, выше среднего и повышено обеспеченная теплом. Почвы суглинистые и песчано-суглинистые, светло-каштановые, солонцово-полупустынные и пойменно-полупустынные	205–232	2800–3650	100–300	0,11–0,33	39	Возможны только при орошении: поживные – бобово-злаковые смеси, крестоцветные культуры. Пары – чистые, а при орошении – сидеральные и занятые
Пустынная зона							
Астраханская область, юго-восточная часть Республика Калмыкия	Очень сухая, повышено обеспеченная теплом. Почвы песчано-суглинистые, бурые, солонцово-пустынные, пойменно-пустынные	206–240	3200–4000	75–175	0,11	10	Возможны только при орошении: поживные – бобово-злаковые смеси и крестоцветные культуры

Примечания: 1) К – коэффициент континентальности; СТ – сумма температур воздуха выше 10 °С; КУ – коэффициент годового атмосферного увлажнения (отношение осадков к испаряемости); БК – климатический индекс биологической продуктивности в баллах относительно средней продуктивности. 2) В графе «Рекомендуемые сидераты» указаны крестоцветные культуры (горчица белая, редька масличная, рапс озимый и яровой, сурепица озимая и яровая, перко), но применять необходимо те, которые в данных условиях наиболее приемлемы; в бобово-злаковые смеси входят: многолетний и однолетний люпин, сераделла, донник, вика яровая и мохнатая, поллюшка, горох, астрагал, чина, чечевица, берсим (клевер александрийский), шаддар (клевер персидский), соя в смеси с овсом, ячменем и другими злаковыми культурами. Хорошие результаты дает отава клевера, люцерны и других бобовых. 3) В сидеральных парах в зависимости от условий можно применять все виды сидератов – озимые, подсевные, поукосные, поживные и самостоятельные посевы весной.

При подсевной культуре сидераты подсевают под предшествующую основную продовольственную культуру. Сидеральная культура развивается какое-то время под покровом основной культуры, тем самым сокращается время возделывания сидератов на данном участке. После уборки основной культуры сидерат некоторое время растет и затем заделывается в почву. Этот способ возделывания сидератов предпочтителен в районах, где период между уборкой предшественника сидерата и посевом последующей удобряемой культуры слишком короткий для того, чтобы вырастить достаточное количество зеленой массы на удобрение. Применяют подсевную культуру сидератов и в том случае, когда климатические условия неблагоприятны для развития сидерата в начале вегетации. Например, в Нечерноземной зоне при возделывании в пару под покров предшествующей яровой культуры подсеивают многолетний люпин. Можно подсеивать люпин и весной под озимые культуры, а запахивать через год под поздние яровые культуры.

В районах с теплой, влажной и продолжительной осенью сидеральные культуры возделывают в пожнивных посевах. Их используют для удобрения сахарной свеклы, кормовых корнеплодов, кукурузы, пшеницы. В регионах с мягкой зимой распространены подзимние (осенние) культуры сидератов. Сеют их в сентябре-октябре, а запахивают весной следующего года. В зависимости от условий осенняя или подзимняя культура сидератов может быть как подсевной, так и поживной.

Разновидностью промежуточной формы сидерации является использование на зеленое удобрение отавы сераделлы, кормового люпина или других трав, после раннего скашивания их зеленой массы на корм скоту. Отросшая отава запахивается в почву за 15–20 дней до посева озимых. При этом ее зеленая масса достигает 100–150 ц/га, а зеленая масса, скошенная на корм, при соблюдении рациональных агротехнических приемов составляет 150–250 ц/га.

Сидераты могут занимать не весь участок, а только его часть в виде полос. При такой кулисной культуре на участке чередуют полосы различной ширины, занятые и не занятые сидератами. Причем, зеленую массу сидератов используют как удобрение на соседней полосе. Кулисное возделывание сидератов применяют обычно в междурядьях садов, чайных и цитрусовых плантаций. Этот же прием используют на склонах, размещая кулисы поперек склона для предотвращения водной эрозии.

Выращенную зеленую массу сидератов используют по-разному в зависимости от условий, целей, культур. На зеленое удобрение употребляют или всю биомассу (как зеленые части растения, так и корни) или только часть. В связи с этим различают три основные формы зеленого удобрения: полное, укосное, отавное. **Полное зеленое удобрение** – когда в почву запахивают всю зеленую массу и корни, **отавное** – когда запахивают стерневые остатки и корни растений, **укосное** – когда зеленую массу для заправки перевозят на другой участок.

Зеленое удобрение имеет универсальный характер, и применять его можно в разнообразных климатических условиях и почвах. Но наибольшее распространение зеленое удобрение получило в Нечерноземной зоне на дерново-подзолистых почвах. Большое значение зеленое удобрение имеет и на затопляемых рисовых почвах.

Выбирая растения для сидерации, учитывают следующие требования. За сравнительно небольшой отрезок времени сидеральная культура должна набрать достаточно высокую органическую массу. При этом желательно, чтобы она не иссушала почву, не обедняла ее элементами питания, т.е. не ухудшала условия роста и развития последующей культуры. Именно поэтому чаще всего выбор падает на культуры семейства бобовых, которые не только не нуждаются в азот-

ных удобрениях, но сами пополняют запасы почвенного азота, фиксируя его из атмосферы с помощью клубеньковых бактерий. По данным М.Ф. Федорова (1952), люпин усваивает до 400 кг на гектар атмосферного азота, люцерна – около 140, донник – 130, горох и вика – 100, соя – около 150 кг/га.

Срок заправки сидерата зависит от целого ряда условий. В засушливых районах, чтобы исключить иссушение почвы, зеленое удобрение запахивают раньше. Так же поступают и в том случае, если в начальный период роста удобряемой культуры, в почве недостаточно подвижного азота. Это необходимо сделать, чтобы дать время для разложения сидеральной массы и перевода азота из органической формы в доступные для растений минеральные соединения.

2.3.8. Органические удобрения на основе промышленных и коммунальных отходов

2.3.8.1. Сточные воды

Сточные воды образуются в результате бытовой и производственной деятельности человека. Их отводят с территории предприятий и жилых массивов канализационной сетью. Они содержат минеральные, органические и биологические загрязнения в твердом, взвешенном и растворенном состояниях.

Минеральные загрязнители – песок, различные шлаки, растворы солей, кислот, щелочей. **Органические загрязнители** – растительные остатки, физиологические выделения людей и животных, жировые пленки, которые могут быть как животного, так и растительного происхождения. **Биологические загрязнители** представлены, как правило, болезнетворными бактериями, возбудителями инфекций, вирусами.

В зависимости от происхождения сточные воды подразделяют на три большие группы – хозяйственно-бытовые, промышленные и животноводческие. Химический состав их разнообразен (табл. 79; Голченко М.Г., Желязко В.И., 1988).

Хозяйственно-бытовые сточные воды – канализационные сточные воды крупных бытовых и коммунальных объектов, городов и поселков. Концентрация содержащихся в них ингредиентов определяется водопотреблением, которое составляет примерно 200–300 л/сут. на человека. Хозяйственно-бытовые сточные воды в большинстве случаев пригодны для орошения сельскохозяйственных культур.

Производственные сточные воды образуются на производственных предприятиях. Их химический состав зависит от вида и технологии производства.

Сточные воды тонкосуконных и суконных фабрик, ковровых комбинатов имеют нейтральную или слабощелочную реакцию, невысокую концентрацию растворенных веществ (550–350 мг/л), бикарбонатно-сульфатный или бикарбонатно-хлоридный состав. Содержание натрия и кальция в них не превышает 40–70 мг/л. Они характеризуются невысоким содержанием органических веществ и небольшой удобрительной ценностью, поэтому орошение необходимо сочетать с применением значительных норм минеральных удобрений.

Сточные воды крахмальных заводов отличаются повышенной концентрацией взвешенных и растворенных веществ, кислой реакцией. Для снижения кислой реакции среды этих стоков необходима нейтрализация их или проведения известкования. Стоки производств картофельного крахмала богаче элементами питания растений, чем стоки производств кукурузного крахмала. В связи с низким содержанием фосфора в этих стоках необходимо дополнительное внесение фосфорных удобрений.

Таблица 79 – Химический состав сточных вод

Сточные воды	рН	Взве- шен- ные веще- ства	Су- хой оста- ток	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Об- щий азот	P ₂ O ₅	БПК ₅ [*]
Бытовые	7,2	160	500	350	70	80	55	25	90	15	40	6	60
Городские после биологиче- ской очистки	7,9	14	–	–	83	–	–	–	–	–	20	1–5	9
Стоки текстильной промыш- ленности:													
суконного производства	6,8	186	609	201	109	156	55	21	82	7	30	Следы	150
коврового производства	7,3	113	825	345	139	145	63	23	85	12	35	Следы	214
Стоки крахмальных произ- водств:													
картофельного	4,8	2490	2539	410	98	335	73	07	55	284	106	11	835
кукурузного	5,2	1080	2310	585	100	300	65	60	245	112	86	52	1350
Стоки сахарных заводов:													
неосветленные	8,0	45000	3177	669	87	83	292	63	112	66	41	6	–
осветленные	7,5	839	1611	637	80	157	101	40	102	72	51	3	–
Стоки гидролизных заводов	6,6–5,6	750	3040	592	360	1150	317	63	280	54	158	21	–
Животноводческие стоки:													
свиноводческого комплек- са	6,2–7,5	2000	2800	2650	180	210	280	130	80	220	1000	190	1500
комплекса крупного рога- того скота	7,2–7,5	5000	6000	4100	370	300	300	350	200	750	1400	190	2000

*БПК₅ – Биологическая потребность в кислороде – количество кислорода (мг), требуемое для окисления за определенное число суток соединений углерода и водорода органических веществ, содержащихся в 1 л сточной воды.

Сточные воды сахарных заводов характеризуются слабощелочной реакцией (рН 7,5–8,0), относительно невысокой концентрацией растворенных веществ (1,5–2,5 г/л), бикарбонатным составом. Содержание хлоридов и сульфатов невелико. Особенностью этих вод является высокое содержание кальция – 100–350 мг/л. Количество натрия небольшое и обычно не превышает 70–100 мг/л. Воды отличаются относительно низкой удобрительной ценностью.

Сточные воды гидролизных заводов имеют слабокислую реакцию, повышенную концентрацию растворенных веществ (2,5–3 г/л), сульфатный характер. В составе солей преобладают соли кальция и натрия. Воды характеризуются высокой удобрительной ценностью, главным образом, по азоту.

Животноводческие сточные воды образуются при гидравлическом способе удаления навоза на комплексах по откорму крупного рогатого скота и свиней. Сточные воды животноводческих комплексов отличаются по составу. Наиболее рационально их использование для орошения и удобрения полей с целью получения кормов для этих же комплексов. На ряде комплексов предусмотрена биологическая очистка животноводческих стоков с последующим сбросом вод в водоемы.

Сточные воды представляют собой ценное удобрение. В 1000 м³ сточных вод содержится столько же азота, сколько в 10–12 т навоза или 150–200 кг минеральных удобрений, а их общий годовой объем в стране достигает 20–21 млрд. м³. Средняя норма орошения сточными водами на сельскохозяйственных полях орошения составляет около 4000 м³/га, что эквивалентно ежегодному внесению 40–50 т/га навоза. Норма сточных вод, подаваемых на единицу удобряемой (орошаемой) площади, должна соответствовать потребности возделываемой культуры в элементах питания и воде. Обычно поливные нормы колеблются от 5 до 20 м³/га в сутки. Такое количество сточных вод создает оптимальные условия и для процессов их обеззараживания и для развития растений.

Различают два вида орошения сточными водами: увлажнительное и удобрительное.

При **увлажнительном орошении** нормы и сроки поливов назначают исходя из водопотребления возделываемых культур. При этом концентрации веществ в поливной воде должны быть близки к растворам, применяемым при водной культуре растений, и так ограничены, чтобы регулярное орошение не оказывало отрицательного влияния на рост и развитие культур, качество урожая и обеспечивало оптимальную подкормку растений и рациональное использование питательных веществ сточных вод.

При **удобрительных поливах**, которые проводят в основном во вневегетационный период, концентрация питательных элементов и органического вещества в поливной воде может быть повышенной. В отдельных случаях применяют удобрительные поливы с использованием высококонцентрированных сточных вод (животноводческие стоки, стоки предприятий пищевой промышленности). Такое зарядковое орошение проводят малыми поливными нормами во вневегетационный период, когда разбавление сточных вод до кондиции их при увлажнительном орошении экономически или технически не оправдано. При этом в летний период целесообразно поливать чистой водой или сточными водами после их разбавления.

Перед использованием на полях орошения сточные воды проходят полную механическую, физико-химическую и биологическую очистку.

Механическую очистку проводят с целью выделения содержащихся в сточных водах нерастворенных загрязнений. К основным сооружениям, обеспечивающим такую очистку, относят решетки, песколовки, отстойники.

Решетки задерживают крупные плавающие предметы и частично взвешенные вещества. Песколовки предназначены для выделения из сточных вод минеральных примесей, отстойники – грубодисперсных примесей. Жиры, смолы, нефтепродукты и другие легкие по сравнению с водой вещества удаляют из сточных вод на специальных сооружениях: жироловках, нефтеловушках и смолоуловителях.

Физико-химическая очистка предполагает введение в очищаемые сточные воды различных реагентов, изменяющих реакцию сточных вод, способствующих выпадению в осадок нерастворенных веществ или же переходу растворимых веществ в нерастворимые.

Биологическая очистка основана на жизнедеятельности микроорганизмов, обеспечивающих окислительные процессы и минерализацию органических веществ, содержащихся в сточных водах. В процессе очистки из сточных вод удаляются механические примеси, взвешенные вещества, яйца гельминтов, происходит минерализация органического вещества.

С целью обеззараживания патогенной микрофлоры, содержащейся в сточных водах, они обрабатываются хлором. Степень очистки хозяйственно-бытовых сточных вод по отдельным показателям составляет 67–87 %. После прохождения очистных сооружений сточные воды поступают в пруд-накопитель объемом 5,7 млн. м³, где при хранении происходит их отстаивание и естественная очистка.

Классификация сточных вод по удобрительной ценности приведена в таблице 80 (Голченко М.Г., Желязко В.И., 1988). Примерные требования к составу сточных вод, используемых для орошения, применительно к основным типам почв приведены в таблице 81 (Голченко М.Г., Желязко В.И., 1988).

Таблица 80 – Классификация сточных вод по удобрительной ценности

Сточные воды	Содержание элементов питания, мг/л			Удобрительная ценность
	N	P	K	
Первая группа				
Крахмалопаточных, гидролизных, биохимических, химико-фармацевтических, масло- и маслосыроваренных, спиртовых заводов	100	30	70	Высокая (необходимо, как правило, разбавление и дополнительное внесение фосфорных удобрений)
Вторая группа				
Сахарных, дрожжевых, консервных заводов и пунктов первичной переработки овощей, заводов по производству минеральных удобрений, пластмасс, предприятий химической промышленности	50–100	10–30	30–70	Средняя (необходимо внесение минеральных и органических удобрений 50%-ной нормой, рекомендуемой для данной зоны при обычном орошении)
Третья группа				
Городов, поселков, текстильной, целлюлозно-бумажной промышленности, предприятий тяжелого машиностроения, ТЭЦ	50	10	30	Низкая (необходимо внесение минеральных и органических удобрений полной нормой, рекомендуемой для зоны при обычном орошении)

1	2
Капролактан	200,0
Кобальт	1,0
Магний	300,0
Марганец	1,0
Медь	200,0
Метанол	200,0
Метилловый эфир метакриловой кислоты	50,0
Мышьяк	0,2
Натрий карбонатный для зон: гумидной аридной	200,0 100,0
Никель	0,5
Нитриты	0,5
Нигрол акриловой кислоты	100,0
Роданиды	2,0
Свинец	0,2–2,0
Смолы растительные	5,0
Сульфаты: кобальта	2,0
меди	7,0
Фенол	40,0
Формальдегид	50,0
Хлориды	300,0
Цианистые соединения	10,0
Цианид калия	0,2
Цинк	2,0

При рекомендуемых оросительных нормах 1200–5000 м³/га со сточными водами вносится на орошаемые поля от 10 до 39 кг/га азота, от 4 до 16 кг/га фосфора и от 10 до 42 кг/га калия (табл. 83; Аракчеев Ю.И.).

Таблица 83 – Поступление питательных веществ в почву со сточными водами при орошении

Культура	Оросительная норма, м ³ /га	Поступление		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Многолетние травы на сено	4500–5000	37–39	14–16	37–42
Многолетние травы на семена	4000–4500	31–37	13–14	33–37
Озимая пшеница	2500–3000	16–23	8–10	21–25
Кукуруза на силос	2600–3500	20–27	8–11	22–29
Пожнивные культуры	1200–2000	10–16	4–6	10–17

При орошении сточными водами различных сельскохозяйственных культур необходимо дополнительно вносить минеральные и органические удобрения. Расчет норм внесения недостающего количества удобрений производится по выносу питательных веществ с урожаем.

В результате многолетнего орошения сточными водами улучшается гумусное состояние малоплодородных почв, нейтрализуется их кислотность, повышается емкость поглощения и степень насыщения основаниями

Орошение сточными водами создает благоприятные условия для роста и развития растений. Однако несоблюдение режима орошения, использование сточных вод с содержанием вредных примесей выше предельно допустимой концентрации могут привести к отрицательным последствиям.

2.3.8.2. Осадки сточных вод

Большой удобрильной ценностью обладают осадки сточных вод (ОСВ). Рост городского населения, развитие промышленности сопровождаются увеличением водопотребления, а вместе с тем объемов сточных вод и их осадков. В индустриально развитых странах в среднем на одного жителя в год образуется около 19–25 кг сухого осадка сточных вод, или 52 г на человека в сутки. В Российской Федерации с численностью 141 млн. чел., в том числе городского – 101, расчетный среднегодовой объем выхода сухого осадка оценивается ориентировочно в 2,5 млн. т.

На очистных сооружениях городов и крупных населенных пунктов количество осадка составляет обычно 0,5–1,0 % объема очищаемых сточных вод. Свежий осадок, получаемый после механической очистки в первичных отстойниках, имеет влажность 92–95 %. В связи с высокой бактериальной загрязненностью и большой влажностью его обеззараживают, а затем обезвоживают.

Одним из основных методов утилизации осадков служит использование их в качестве удобрения. В среднем в индустриально развитых странах в качестве удобрения используется 32,4 % осадков (табл. 84; Ладонин В.Ф., Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А. и др., 2002).

Таблица 84 – Производство и использование осадков сточных вод

Страна	Численность населения, млн. чел.	Производство сухого вещества в год, тыс. т	Утилизация, %				
			сельское хозяйство	сбрасывание в отвалы	сжигание	сброс в океан	специфическое использование
Швеция	8,3	210	60	30	–	–	10
Финляндия	4,8	130	40	45	–	–	15
Дания	5,1	130	45	45	10	–	15
Германия	59,7	1950	38	50	8	2	2
Франция	54,2	510	23	46	31	–	–
Бельгия	9,8	22	10	80	10	–	–
Люксембург	0,4	11	90	10	–	–	–
Нидерланды	1,4	201	53	32	3	13	2
Ирландия	3,5	197	4	51	–	45	–
Великобритания	56,1	1240	45	29	3	23	–
Швейцария	6,5	120	70	30	–	–	–
Италия	57,2	800	20	60	–	–	20
США	232,6	3200	25	*	*	*	*

* данные отсутствуют.

В Российской Федерации в качестве удобрения используется лишь 5–7 % осадков сточных вод. Это связано с недостаточным внедрением на очистных сооружениях передовых технологий по их подготовке к использованию в сельском хозяйстве, а также недостаточной информированностью потребителей об удобрильной ценности и особенностях применения.

Основной операцией подготовки ОСВ к использованию является их обеззараживание. В настоящее время на очистных сооружениях используют методы химического, термического и биологического обеззараживания осадков сточных вод.

Химическое обеззараживание ОСВ основано на их обработке фунгицидами. Однако при таком способе подготовки ОСВ получают продукт с влажностью около 60 %, что осложняет его разбрасывание по удобряемому участку. Практический интерес представляет термическое обеззараживание ОСВ, в результате которого образуются термически высушенные осадки сточных вод (ТВО) с влажностью менее 60 %. Обеззараживание осуществляют при температуре 56–58 °С путем сбраживания массы в метантенках, куда подают осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил в отношении 1:1.

На городских очистных станциях производительностью до 30 тыс. м³/сут. сточных вод для обеззараживания механически обезвоженных осадков применяют камеры дегельминтизации – установки, в которых осадок под действием газовых инфракрасных горелок нагревается до 60 °С. Осадки сточных вод обезвоживают путем естественной сушки на иловых площадках, реагентным и безреагентным центрифугированием, реагентной вакуум-фильтрацией и фильтр-прессованием. После механического обезвоживания, метанового сбраживания или термической сушки их можно считать обеззараженными от личинок и яиц мух, гельминтов и неспорных микроорганизмов. Для полного обеззараживания яиц гельминтов осадок сточных вод на иловых площадках должен находиться не менее 3 лет с момента последней подачи. ТВО представляют собой обеззараженный, сухой и сыпучий продукт, удобный для хранения, транспортировки и внесения в почву.

В зависимости от технологической схемы обработки, потребителям могут быть переданы для использования в качестве удобрения три вида осадков: жидкие, влажностью 92–97 %; подсушенные или обезвоженные, влажностью 60–80 %; термически высушенные, влажностью 10–40 %.

Химический состав осадков подвержен чрезвычайно значительным колебаниям по содержанию макро-, мезо- и особенно микроэлементов и находится в большой зависимости от технологии производства и состава очищаемых сточных вод (табл. 85; Васильев В.А., Лукьяненко И.И., Минеев В.Г. и др., 1984).

Таблица 85 – Состав осадков сточных вод, % на абсолютно сухое вещество

Осадок	Азот		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	общий	подвижный				
Сброженный	3,07	0,27	2,33	0,210	3,48	–
Сброженный с активным илом	3,93	0,70	3,70	0,180	3,29	0,95
Термически высушенный	1,96	–	3,92	0,007	5,21	5,81

Осадки сточных вод характеризуются высоким содержанием азота, фосфора и кальция, но они бедны калием. Количество органического вещества в сыром осадке достигает 75 % в расчете на сухое вещество. Оно состоит главным образом из протеинов, углеводов, жиров, лигнина и бактерий. В состав осадка входят также микроэлементы: марганец 500–2000 мг/кг сухого вещества, медь – 1000–5000 и цинк – 1200–6000 мг/кг сухого вещества. Зольный состав осадка специфичен и определяется составом промышленных вод. По содержанию тяжелых металлов значительная часть осадков удовлетворяет международным агроэкологическим требованиям (табл. 86; Ладонин В.Ф., Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А. и др., 2002).

Таблица 86 – Содержание тяжелых металлов в осадках сточных вод, мг/кг сухого вещества

Элемент	Москва	Санкт-Петербург	Щекино	Сочи	ПДК в странах Западной Европы	Директивы ЕЭС	Нормативы РФ по группам	
							I	II
Ag	4–86				10–100		10	20
Hg	0,2–11				6–10	16	7,5	15
Pb	20–325	100		27	300–900	750	250	500
Cd	8–175	60	0,9	6	8–15	20	15	30
Ni	32–880	220	10	<100	26–500	300	200	400
Cr	265–4700	910	2		40–1000	750	500	1000
Mn	50–1860	305		810	500		-	-
Zn	560–7900	1450	51	1662	2000–10000	2500	1750	3500
Cu	69–1740	1250	3	381	300–3000	1000	750	1500

Осадок, предназначенный для использования в качестве удобрения, должен содержать не менее 40 % органического вещества, 1,6 – азота (N), 0,6 – фосфора (P₂O₅), 0,2 % – калия (K₂O) и иметь влажность не более 82 %.

Компостирование с осадками сточных вод. В целях ускорения процесса дегельминтизации осадков готовят компосты. При использовании в качестве наполнителей твердых бытовых отходов и опилок соотношение наполнитель-осадок берется соответственно равным от 0,5:1 до 1–1,5:1 в летнее время и от 1:1 до 2–3:1 в зимнее. Для компостирования с осадком пригодны все виды торфа. Компост с торфом готовят в любое время года. Соотношение осадка и торфа зависит от качества последнего и времени закладки компоста. В зимнее время для лучшего разогревания компоста относительное содержание торфа увеличивают, соотношение 2–1,5:1. При весенне-летнем приготовлении компоста это соотношение 1,5–1:1. Качество компоста повышается при добавлении в смесь торф-осадок извести из расчета 15–20 кг/т компоста. Срок созревания компостов 1,5–2 месяца в летнее время и 3–4 месяца зимой. Конец компостирования определяют по отсутствию яиц гельминтов в образцах компостов, отобранных с глубины 0,5 м. Правильно приготовленные компосты без добавок минеральных удобрений при pH 6,7–7,0 в расчете на сухое вещество должны содержать не менее 50 % органического вещества, 1,8–2,0 – N_{общ.}, 1,0–1,2 – P₂O₅_{общ.} и 0,2–0,5 % K₂O.

Осадки и компосты в первую очередь следует применять в пригородных хозяйствах, прилегающих к очистным станциям. При этом необходимо учитывать наличие в них токсических веществ.

Оптимальный срок внесения удобрений на основе осадков сточных вод – осенний под основную обработку, а также летний – при обработке паровых и других раноосвобождающихся полей севооборота. При этом в период осенних осадков и весеннего снеготаяния происходит вымывание из корнеобитаемого слоя входящих в их состав легкорастворимых соединений, особенно хлора. На слабо- и среднекультурных дерново-подзолистых почвах удобрения следует применять в нормах 10–15 т/га по сухому веществу, на окультуренных дерново-подзолистых почвах супесчаных и черноземах – 5–10 т/га. ОСВ применяют совместно с минеральными удобрениями (табл. 87; Касатиков В.А., Хохлов В.И., 1988).

Содержание элементов питания растений и рекомендуемые нормы внесения промышленных отходов в почву приведены в таблице 88 (Васильев В.А., Филиппова Н.В., 1988).

Таблица 87 – Нормы минеральных удобрений при совместном внесении с осадком сточных вод под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, кг/га

Культура	N при окультуренности почвы			P ₂ O ₅ при содержании в почве, мг/100 г			K ₂ O при содержании в почве, мг/100 г		
	хорошей	средней	слабой	15–25	10–15	5–10	17–25	8–17	4–8
ОСВ 5-10 т/га									
Картофель	50–60	80–90	120–130	–	25–30	40–45	60–70	90–100	140–150
Озимая пшеница	40–50	60–70	90–100	15–20	25–30	40–45	50–60	80–90	110–120
Озимая рожь	30–40	60–70	90–100	15–20	25–30	40–45	50–60	80–90	110–120
Кормовая свекла	80–90	110–120	130–140	15–20	25–30	40–45	60–70	90–110	120–130
Лен	50–60	60–70	70–80	15–20	25–30	40–45	60–70	90–120	140–160
Яровые зерновые + травы	30–40	60–70	90–100	15–20	25–30	40–45	50–60	70–80	90–100
Многолетние злаковые и бобовые травосмеси	20–30	30–40	40–50	15–20	25–30	35–40	50–60	80–90	110–120
ОСВ 10-20 т/га									
Картофель	35–40	65–70	95–100	–	20–25	30–35	50–60	80–90	120–130
Озимая пшеница	30–35	45–50	70–80	–	15–20	20–25	45–50	70–80	90–100
Озимая рожь	25–30	45–50	70–80	–	15–20	20–25	45–50	70–80	90–100
Кормовая свекла	60–70	70–80	100–110	–	15–20	20–25	50–60	70–80	95–110
Лен	30–40	45–50	60–70	10–15	15–20	35–40	50–60	90–100	120–130
Яровые зерновые + травы	25–30	45–50	70–80	–	15–20	20–25	45–50	70–80	80–90
Многолетние злаковые и бобовые травосмеси	–	–	–	–	15–20	20–25	45–50	70–80	90–100

Примечание. При использовании осадка, обеззараженного аммиаком, азотные удобрения не вносят. Фосфорные удобрения вносят в рядки при посеве или посадке.

Таблица 88 – Состав и нормы внесения промышленных отходов

Вид отхода	Содержание, %				Вид удобрения	Норма, т/га
	H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Отходы, требующие компостирования						
Каньга	85–50	0,3	00,9	0,40	полное	20–40
Отходы от пера и пуха	85–50	6,7	–	–	азотное	4*
Шелуха семян масличных культур	85–50	0,7	0,3	–	«	30*
Клюквенный жмых	воздушно-сухой	1,1	–	–	«	20*
Яблочный жмых	«	1,6	–	–	«	15*
Выжимки из винограда	воздушно-сухие	0,8	–	–	«	25*
Винные осадки	«	3,9	0,8	3,80	азотно-калийное	8*
Отходы, требующие заблаговременного внесения в почву						
Мякоть и мезга сырая	воздушно-сухая	0,2	0,3	0,07	азотно-фосфорное	20
Шрот из виноградных зерен	воздушно-сухой	11,7	0,2	–	в основном азотное	3–6
Шерстяные отходы и шерстяная пыль	воздушно-сухие	88,0	–	–	азотное	1–2
Подметы шерстяных цехов	«	33,7	–	–	«	2–4
Срезы от фетровых изделий	«	88,0	–	–	«	0,6–1,2
Отходы щетинных фабрик	«	22,7	–	–	«	2–4
Отходы, пригодные для удобрения без ограничений						
Шлям: свиной	92,2	0,8	–	–	азотное	6–12
говяжий	86,2	1,6	–	–	«	3–6
сухой	воздушно-сухой	11,7	–	–	«	0,4–0,8
Рыбные отходы сырые	–	2,5	2	–	азотно-фосфорное	6–12
Отходы клейтукового производства	61	1,9	–	–	азотное	2,5–5,0
Мездра	сырая	2,0	–	–	«	2–4
	воздушно-сухая	6,0	0,3	–	в основном азотное	0,7–1,5
Роговая стружка	воздушно-сухая	14,0	1,0	–	«	0,3–0,6
Галалитовая стружка	«	12,6	3,1	–	«	0,4–0,8
Шелковичная куколка	«	12,1	2,3	–	«	0,4–0,8
Шелковый пух	воздушно-сухой	11,7	–	–	азотное	0,4–0,8
Экскременты шелковичных червей	воздушно-сухие	2,8	0,5	33,2	полное	2–4
Табачная пыль	8,4	2,4	0,4	33,0	азотно-калийное и частично фосфорное	2–4
Махорочная пыль	11,0	2,6	0,9	22,5	«	2–4
Табачные листья после извлечения никотина	43,9	1,9	–	–	азотное	3–6
Клещевинный шрот	воздушно-сухой	7,1	2,2	11,2	полное	0,6–1,2
Жмых: клещевинный	воздушно-сухой	5,7	1,7	11,0	полное	0,7–1,4
хлопковый	«	7,4	2,6	11,5	«	0,6–1,2
рыжиковый	«	4,5	2,0	11,2	«	1–2
рапсовый	«	5,1	2,1	11,2	«	1–2
сурепный	«	4,6	2,6	–	«	1–2

Обязательное условие использования осадков сточных вод и компостов в качестве удобрения – соблюдение требований охраны окружающей среды. Их следует применять на ровных участках, не подверженных водной эрозии, с уровнем грунтовых вод не выше 40 см от поверхности почвы. При внесении удобрений на мелиорированных площадях вдоль магистральных каналов следует оставлять защитные полосы шириной не менее 30 м.

2.3.8.3. Промышленные и бытовые отходы

Промышленные отходы. Некоторые из органических отходов промышленности могут быть использованы на удобрение. Правильное их использование имеет двойное значение: 1) повышаются урожаи сельскохозяйственных культур; 2) промышленное производство становится более экономичным и избавляется от необходимости специальных затрат на удаление и обезвреживание накапливающихся на их территории масс отходов.

Все органические отходы промышленности, используемые на удобрения, разделяются на три группы:

1. **Отходы, требующие компостирования.** К этой группе относятся отходы, опасные в санитарно-гельминтологическом, энтомологическом и фитосанитарном отношении. В эту группу входят отходы пера, пуха, шелуха семян масличных культур, клюквенный и яблочный жмыхи, выжимки из винограда, винные осадки.

2. **Отходы, требующие заблаговременного внесения в почву.** К числу этих отходов относятся мякоть и мезга, шрот из виноградных зерен, отходы щетинных фабрик, подметы шерстяных цехов, срезы от фетровых изделий, шерстяные отходы и шерстяная пыль. Как правило, это отходы с широким отношением углерода к аммонийному азоту ($C:N-NH_4$). При непосредственном внесении их в почву перед посевом наблюдается временное биологическое закрепление доступного азота почвы микроорганизмами, что приводит к азотному голоданию растений и даже снижению урожайности. Поэтому их применяют задолго до посева – под основную обработку почвы, а перед посевом вносят в почву азотные удобрения.

3. **Отходы, пригодные для удобрения без ограничений.** Это свиной и говяжий шлям, сырые рыбные отходы, мездра, отходы клейтукового производства, роговая и галалитовая стружка, шелковичная куколка, шелковый пух, экскременты шелковичных червей, табачная и махорочная пыль, табачные листья после извлечения никотина, клещевинный шрот, клещевинный, хлопковый, рыжиковый, рапсовый, сурепный жмых.

Максимальные нормы промышленных отходов, рассчитанные на внесение в почву, как правило, содержат 80–100 кг общего азота. Удобрения до 6 т/га можно внести навозоразбрасывателями или в виде добавок к навозу и компостам.

Древесная кора и опилки. Большую удобрительную ценность имеет древесная кора, составляющая от 10 до 20 % от общего объема дерева и в больших количествах скапливающаяся в зоне деятельности деревообрабатывающих комбинатов. Кору деревьев и опилки применяют для мульчирования и удобрения почвы, приготовления искусственного грунта для теплично-парниковых хозяйств, в качестве подстилки на птицефермах и птицефабриках с последующим использованием ее в качестве удобрения.

Запасы одной только древесной зелени в Российской Федерации превышают 20 млн. т в год, а используется из них не более 10 %. Древесная кора

содержит все основные элементы питания, которые в процессе ее минерализации становятся доступными для растений. Она обладает хорошим гумусообразующим потенциалом, в процессе ее минерализации выделяется диоксид углерода, улучшая тем самым углеродное питание растений. Кроме того, древесная кора богата целлюлозой (33–35%), лигнином (22–30%) и содержит 5,3–12 мг/100 г калия и незначительные количества фосфора. Прочность, упругость, высокая фильтрационная способность коры улучшают водно-физические свойства почвы, а ее трудноразлагаемая часть обогащает почву лигнином и дубильными веществами, необходимыми для гумусообразования. Недостаток коры как удобрения в том, что она практически не содержит усвояемого растениями азота. Отношение углерода к азоту очень широкое – 140:1. Зольность сосновой коры 2,8 %, еловой – от 3,1 до 5,85 %. Кислотность – варьирует в пределах pH 4,8–5,7. Кора биологически активна. В ней обнаружено значительное количество бактерий и плесневых грибов.

Древесную кору запахивают в почву на небольшую глубину. При внесении 125 м³/га коры структура почвы значительно улучшается, возрастает ее влагоемкость. При использовании некомпостированной коры необходимо внесение азотных удобрений, т. к. при высоком содержании углерода она содержит мало азота, необходимого для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов, способствующих разложению коры. При измельчении коры хвойных пород до 5 см период ее разложения составляет около 2 лет.

Одно из перспективных направлений утилизации древесной коры – компостирование ее с минеральными и органическими добавками и использование в сельском хозяйстве в качестве удобрений, биотоплива, мульчи и субстратов в защищенном грунте.

Технологическая схема производства компостов на основе коры осуществляется в следующей последовательности: измельчение коры до частиц размером 5–10 мм; внесение добавок, стимулирующих ее разложение; подача полученной смеси на площадку; отсыпка смеси в штабеля; созревание компоста. Измельченная древесная кора, предназначенная для компостирования, должна иметь влажность 65–75 %, примесь древесины не более 15 % по массе, содержать частицы размером 10–40 мм в количестве не более 40 % по массе, не допускается присутствие частиц размером более 40 мм, загрязнение минеральными маслами, мазутом, пропиточными веществами, наличие металлических примесей.

Соотношение древесной коры и органического удобрения при компостировании обычно составляет 1:1; 2:1 или 3:2, могут также добавляться фосфоритная мука и хлористый калий, обогащающие компост элементами питания и ускоряющие его созревание. В качестве органического удобрения для компостов применяют подстилочный и бесподстилочный навоз, птичий помет.

Основные способы приготовления компостов: *послойный, очаговый, площадочный.*

Благоприятные условия компостирования коры создаются при формировании буртов шириной в основании 3,0–4,0 м, высотой 1,5–2 м и длиной не менее 4,0 м. При компостировании в зимнее время, во избежание промерзания, высота штабеля может быть увеличена до 2–5 м, длина не менее 10 м. Оптимальная масса штабеля 100–120 т (при массе менее 60 т штабель промерзает); температура в период компостирования 40–60 °С.

Готовый компост должен содержать не менее 80 % органического вещества на сухую массу при влажности не более 60 %, 10–15 % от общего ко-

личества органического вещества гуминовых веществ, рН водной вытяжки – не менее 5,5, отношение С:N – не более 30, азота, фосфора и калия – соответственно 3,0, 0,1 и 0,1 % сухой массы. Компост имеет плотность 0,18–0,3 г/см³, комковатую структуру и влагоемкость 250–350 г воды на 100 г сухого вещества. Благодаря высокому содержанию кальция, он является ценным мелиорантом для кислых почв. Компост из древесной коры не только улучшает рост растений, но и уменьшает заболеваемость корневой гнилью и почти полностью подавляет развитие нематод.

Использование компостов на основе древесной коры может в значительной степени решить проблему обеспечения тепличных и парниковых хозяйств высококачественными грунтами.

Аналогичное применение находят в сельском хозяйстве опилки. Все виды опилок улучшают физические свойства почв, повышают их порозность и водоудерживающую способность, снижают плотность тяжелых глинистых почв. Как и древесная кора, опилки содержат мало азота и наиболее целесообразно их компостировать с азотными удобрениями.

Гидролизный лигнин – это основной отход гидролизной промышленности, составляющий до 40 % от массы исходного сырья. Выгружаемый из гидролиз-аппарата, он в значительной части сохраняет форму частичек исходного сырья, но имеет темно-бурую окраску. По химическому составу гидролизный лигнин представляет собой комплекс веществ, основная масса которых состоит из продуктов конденсации и полимеризации природного лигнина. Здесь присутствуют также негидролизуемые полисахариды, неотмытые сахара, гуминовые вещества, органические кислоты, серная кислота и зольные элементы. Из них первые два – собственно лигнин и полисахариды – составляют 84–91 % от всей массы гидролизного лигнина. На долю полисахаридов приходится 24–45 %, а лигнина как такового – 39–70 %. Лигнин имеет кислую реакцию, а влажность его составляет 63–75 % (табл. 89; Цуркан М.А., Руссу А.П., 1980).

Таблица 89 – Агрохимические показатели гидролизного лигнина (в пересчете на сухое вещество)

Показатель	Гидролизный лигнин	Гидролизный шлам
Влажность, %	63,1–75,1	61,9–89,6
Зольность, %	3,5–14,7	4,2–72,5
Углерод общий, %	42,9–50,8	12,5–53,0
Углерод гуминовых кислот, %	3,4–6,4	5,2–18,4
Углерод фульвокислот, %	3,7–7,7	3,0–6,4
Азот общий, %	0,34–0,54	0,62–2,32
Азот нитратный, мг/100 г	0,1–0,7	0,5–2,5
Азот аммонийный, мг/100 г	2,2–7,6	133–389
Азот легкогидролизуемый, мг/100 г	40–79	183–1470
Фосфор общий, % P ₂ O ₅	0,01–0,16	0,39–2,46
Калий общий, % K ₂ O	0,01–0,22	0,14–0,33
Кальций общий, % CaO	0,20–1,19	0,16–4,07
Сера общая, % SO ₄	0,41–2,23	0,64–9,28
рН _{вод}	1,9–4,7	3,0–4,6

Среди элементов минерального питания растений большой удельный вес в гидролизном лигнине занимают сера и кальций. Фосфора и калия содержится в среднем 0,06 и 0,09 % сухого вещества соответственно. Содержание общего азота в гидролизном лигнине невысокое – 0,34–0,39 % и только 14 % от общего его количества составляет легкогидролизуемая фракция. Отношение С:N очень широкое (75–117).

Возврат органического вещества лигнина в биологический круговорот, борьба с загрязнением окружающей среды, увеличение производства местных удобрений, – все это обуславливает необходимость и целесообразность переработки лигнина в удобрение.

Трудность использования лигнина, как удобрения связана с его кислотностью и низким содержанием азота, фосфора, калия. Вместе с тем он обладает и положительными качествами: улучшает воздухопроницаемость, пористость, структуру и другие физико-химические свойства почвы. Особо следует отметить способность его адсорбировать азот легкоподвижных азотсодержащих удобрений и вступать с ним в химическую связь, поэтому вымывание азота из верхних слоев почвы сокращается, а коэффициент его использования растениями – увеличивается.

Разработан промышленный способ приготовления удобрений путем компостирования лигнина с минеральными удобрениями и обработки компоста водным раствором аммиака перед внесением в почву. Для приготовления компостов лигнин предварительно нейтрализуют доломитовой мукой из расчета 30–35 кг на одну тонну удобрения. Наиболее эффективны лигнонавозные компосты при соотношении навоза и лигнина 1:1. Для приготовления 100 т такого компоста требуется 48,2–48,5 т лигнина влажностью 60 %, 1,5–1,75 т доломитовой муки и 50 т навоза. Для ускорения созревания компоста бурты делают высотой не более 1,5 м, а компосты хорошо перемешивают. В расчете на сырую массу компост содержит: N – 0,36 %, P₂O₅ – 0,32, K₂O – 0,34 %, pH 5,7. Хорошо приготовленный лигнонавозный компост по эффективности не уступает торфонавозному.

На основе лигнина получают также биологически активные ростовые вещества, которые применяют в чистом виде как стимуляторы роста растений или служат для приготовления удобрений.

Бытовые отходы составляют 0,15–0,25 т/год на одного жителя России. Эти отходы, как правило, на 30–40 % состоят из органических пищевых компонентов и 20–30 % бумаги. Химический состав бытовых отходов довольно широко изменяется. В среднем они содержат 40–70 % органических веществ, 28–30 % золы, 23–37 % углерода, 0,75–1,15 – азота и 2,0–5,5 % кальция.

Бытовые отходы имеют высокую степень биологического загрязнения, могут быть опасны в эпидемиологическом отношении и требуют обеззараживания. Эта проблема решается тремя способами: обеззараживанием на свалках, сжиганием, биотермическим обеззараживанием при производстве компостов на заводских установках.

Обеззараживание мусора путем длительного компостирования на свалках хотя и является наиболее распространенным способом, однако санитарная служба считает его неперспективным из-за зловония и опасности распространения инфекций и инвазий. Обеззараженный на свалках прокомпостированный мусор без удаления примесей непригоден для удобрения, так как применение его приводит к сильному засорению полей металлом, битым стеклом, кирпичом, пластиками, полиэтиленовой пленкой и другими отходами.

Более совершенным способом обеззараживания и переработки бытовых отходов по сравнению с обеззараживанием на городских полигонах является полевое компостирование. Однако полевым компостированием нельзя переработать весь мусор крупных городов.

В настоящее время на практике наибольшее распространение получают промышленные методы биотермического обеззараживания и переработки в компост и биотопливо бытовых отходов.

Бытовые отходы доставляют на завод в контейнерных мусоровозах и разгружают в два бункера-накопителя полезной емкостью по 900 м³ и глубиной 10 м. Грейферным краном грузоподъемностью 5 т отходы подают из приемного бункера в дозирующие бункера и на конвейеры. Черные металлы из отходов извлекаются электромагнитными ленточными сепараторами. Частота вращения барабанов составляет 0,1–1,14 об/мин. В барабаны подают воздух и воду с температурой не менее +40°С. Мусор самосогревается до 60–70°С. Обеззараживание происходит за трое суток.

Полученный компост содержит 40–52 % от сухой массы органических веществ, 1,0–1,3 – азота, 0,8–0,7 – фосфора и 0,4–0,6 % калия. Допускается присутствие в компосте не более 3 % стекла с размером частиц не более 15 мм и 4 % посторонних включений. Влажность компоста составляет 30–40%, рН – 7,8.

Промышленный компост из твердых бытовых отходов вносят под плодовые культуры в количестве 50–150 т/га, виноград – 20, зерновые – 20–50, подсолнечник, кукурузу, – 30–100 т/га. В среднем прибавка урожайности от их применения в зависимости от культуры, почвы и других условий колеблется в пределах 10–50 %. Компост безопасен в санитарно-гигиеническом, гельминтологическом и энтомологическом отношении. Действие компоста на урожайность сельскохозяйственных культур близко к действию навоза. Осеннее внесение их целесообразнее весеннего. Из-за высокого содержания в компосте свинца и цинка применять компосты из твердых бытовых отходов для удобрения овощных культур запрещается.

2.3.9. Биогумус

2.3.9.1. Роль червей в формировании и воспроизводстве плодородия почв

Еще земледельцы Древнего Египта видели в дождевых червях залог будущих урожаев. Аристотель называл их «кишечником земли». Чарльз Дарвин (1886) в одном из первых своих научных докладов «Об образовании почвенного слоя» изложил теорию, согласно которой весь плодородный слой нашей планеты уже побывал внутри червей и не один раз. Он писал: – «Плуг принадлежит к числу древнейших и имеющих наибольшее значение изобретений человека; но еще задолго до изобретения почва правильно обрабатывалась червями... Весьма сомнительно, чтобы нашлись еще другие животные, которые в истории земной коры заняли бы столь видное место».

Крестьянин издавна знал, что по наличию дождевых червей в почве, их состоянию и активности легко определить ее плодородие. Так, если черви были ярко-красного цвета, активные и жирные, распухшие, то это было признаком того, что почва высокоплодородна, и можно рассчитывать на хороший урожай. Если же дождевых червей в почве было мало, и они были бледного цвета, малоподвижны, то следовало принимать меры по внесению навоза и других органических удобрений. Таким образом, ничего не ведая об аг-

рохимических анализах почвы, наличии в ней питательных веществ, земледелец по состоянию червей определял ее способность к формированию урожая возделываемых сельскохозяйственных культур. Дождевые черви служили своеобразными анализаторами почвы.

Дождевые черви – крупные беспозвоночные почвенные животные – сапрофаги, питающиеся растительными остатками. Только на территории России их насчитывается около 100 видов. Питаются черви в основном мертвыми разлагающимися растительными остатками, а вместе с ними поглощают и бактерии, водоросли, грибы и их споры, простейших и нематод. Переваривая их, черви выделяют с копролитами (*копрос* – испражнение, *литос* – камень) большое количество собственной кишечной микрофлоры, ферментов, витаминов, биологически активных веществ, которые обладают антибиотическими свойствами и препятствуют развитию патогенной микрофлоры, гнилостных процессов, выделению зловонных газов, обеззараживают почву и придают ей приятный запах земли.

Черви играют важную роль как стимуляторы деятельности микроорганизмов. Экскременты червей (копролиты) становятся центром бурного размножения микрофлоры. Даже непродолжительное пребывание червей в почве вызывает интенсификацию развития почвенной микрофлоры и обусловленного ею процесса гумификации. В процессе переваривания органического вещества в кишечнике червей формируются гумусовые вещества, так как здесь происходят процессы полимеризации продуктов распада органических веществ и формируются молекулы гуминовых кислот. Эти молекулы вступают в комплексные соединения с минеральными компонентами (прежде всего с биогенным кальцием), и последние весьма долго сохраняются в виде стойких образований. Гумусовые вещества, формируемые в кишечнике червей, по химическому составу близки к гумусу, образуемому в почве микрофлорой.

Работа, осуществляемая миллиардами дождевых червей в почве, огромна. Одна только мышечная их работа очень благоприятно сказывается на плодородии почвы. С неутомимой энергией они прорывают в ней миниатюрные каналы и целые галереи, образующие разветвленную дренажную и вентиляционную систему в слое глубиной около 30 см. Эти каналы способствуют процессу разветвления корней, прониканию их в более глубокие слои. Ходы червей идут в разных направлениях и под любым углом к горизонту.

Уникальное свойство дождевых червей – оструктурирование почвы. Большое значение в способности червей улучшать структуру почвы имеет деятельность железистых клеток, выделяющих большое количество слизистых веществ. Слизистые выделения увеличивают легкость скольжения червей по субстрату, предохраняют тело от высыхания и, кроме того, они покрывают стенки ходов червей внутри почвы, что придает им значительную прочность по сравнению со случайными трещинами в почве. Такой «дренаж» имеет важное значение для эффективного плодородия почвы.

Сеть ходов, которая может составить 4–7 тыс. км/га, увеличивает площадь соприкосновения почвы с воздухом, что обеспечивает проникновение кислорода и воды в глубокие слои грунта. За летний период популяция из 50 червей в пахотном слое почвы на 1 м² прокладывает километр ходов и выделяет на поверхность копролиты слоем 3 мм. Еще больше их остается в толще почвы.

Таким образом, современная наука свидетельствует о том, что деятельность дождевых червей – существенный фактор почвенного плодородия. Самым очевидным признаком здоровья почвы является наличие в ней дождевых червей.

Массовое применение в сельском хозяйстве химических удобрений, гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, ретардантов, дефолиантов, десикантов и других подобных им веществ стало причиной нарушения в почве сложившейся веками сложной системы саморегулирующихся процессов образования гумуса и его минерализации. Пестициды губительно действуют на почвенные организмы, в том числе и дождевых червей, вызывая их гибель. В связи с этим в последние десятилетия их численность в почве значительно сократилась, что отрицательно сказывается на ее плодородии.

Условия обитания червей. В естественных условиях обитания видовой состав и численность дождевых червей зависят от типа почвы. На пастбищах в суглинках, легких суглинистых и супесчаных почвах численность их на 1 м² максимальная – до 450 особей, в глинистых меньше – до 230 особей на 1 м². Наименьшая численность дождевых червей, как правило, наблюдается в кислых почвах – 25 особей на 1 м². На 1 га хорошо ухоженных лугов или пастбищ их биомасса может достигать 2–5 т/га, что почти в 100 раз превышает биомассу наземных животных на данной площади.

Очень велика потребность дождевых червей в азотсодержащей органике, что определяет пространственную локализацию и уровень плотности их популяций в разных местностях. В богатом азотом субстрате темпы индивидуального роста и плодовитость червей резко увеличиваются. Оптимальной для их роста является нейтральная реакция среды. При снижении показателя рН до 5 или повышении до 9 черви погибают в течение недели. Минеральные удобрения способствуют подкислению почвы, а при высокой кислотности дождевые черви снижают свою активность. С другой стороны, в результате своей жизнедеятельности в почве они способствуют нейтрализации почвенного раствора. Одновременное внесение больших доз минеральных удобрений может создать условия для появления в почвенном растворе высокой концентрации солей, которая губительно действует на дождевых червей. Концентрация растворимых солей выше 0,5 % смертельна для них.

В умеренных широтах период активной деятельности червей продолжается 6,5–7 месяцев. С приближением зимы, как правило, уже при температуре почвы +5°C черви освобождают кишечник, уходят в глубокие ее слои и впадают в состояние зимнего покоя – «спячку». Черви возобновляют свою активность за 10–15 дней до исчезновения мерзлого слоя, а иногда даже и во время зимних оттепелей.

Дождевые черви очень плодовиты. Каждая половозрелая особь навозных червей откладывает за летний период по 18–24 коконов. В каждом коконе находится 1–21 яйца, из которых через 2–3 недели вылупляются новые особи, достигающие половой зрелости через 7–12 недель.

У дождевых червей имеется много врагов. Они не имеют никаких органов защиты, любое животное может нанести им ущерб или убить их. Наиболее опасными врагами дождевых червей являются птицы, кроты, землеройки, крысы, лягушки, жабы. Самый большой урон популяции червей может нанести крот. За несколько месяцев он может их практически полностью истребить. Борьба с врагами дождевых червей нужно исключительно механическими методами, поскольку использование против них химических средств в конечном счете погубит и червей.

Технология вермикюльтивирования. Вермикюльтура (от лат. *vermes* – черви) – разведение дождевых червей с целью переработки органических отходов, получения органического удобрения (биогумуса или вермикомпоста), а также биологической массы самих червей.

В зависимости от масштабов и технологии производства биогумуса способы вермикультивирования можно разделить на два вида: экстенсивный и интенсивный. Интенсивный способ разведения дождевых червей осуществляется в закрытых помещениях, а экстенсивный – на открытых площадках.

Овладеть немногочисленными технологическими приемами биологического производства нетрудно. Способы вермикультивирования различаются в зависимости от вида и количества перерабатываемых отходов. Принципиальных различий между ними практически нет – в целом все определяется масштабом производства вермикомпоста или биогумуса.

Культивирование червей на приусадебном участке. Культивирование (размножение) червей на приусадебном участке позволяет практически все органические отходы, образующиеся в результате функционирования хозяйства, перерабатывать в органическое удобрение – биогумус. Его применение позволит значительно повысить продуктивность использования приусадебных земель – сада и огорода – без внесения дорогостоящих промышленных туков. Для успешного разведения дождевых червей необходимо соблюдение некоторых элементов технологии их культивирования.

Приготовление субстрата, заготовка корма для червей. Органические отходы, предназначенные для переработки червем, готовятся по особой технологии, главным из которой является биотермический процесс. Свежий навоз крупного рогатого скота и свиней, птичий помет для подкормки червей непригодны из-за наличия в них продуктов, ядовитых для червей: аммиака, мочевой кислоты, мочевины.

При подготовке субстрата для червей необходимо предварительное компостирование органических материалов (навоз, листья, сорняки, бумага, опилки лиственных пород деревьев, пищевые отходы), причем этот процесс предпочтительнее должен осуществляться в буртах, а не в компостных ямах, поскольку для жизнедеятельности червей необходима достаточная аэрация. При ведении вермикультуры в ямах их глубина не должна превышать 60 см. Бурт может достигать высоты 1,5–2 м, укладывается он обычно в виде пирамиды. Бесподстилочный навоз, птичий помет при компостировании необходимо перемешать с соломой, опилками и другими наполнителями в соотношении 1:1 в расчете на сухую массу.

Подавая корм соответствующего химического состава, который дождевой червь переработает, можно влиять на химический состав получаемого биогумуса. При закладке бурта в компостируемую массу можно внести комплексные химические удобрения в небольших количествах, равномерно их распределив по поверхности бурта. В частности, на 1 т компостируемых материалов добавляют 2–3 кг двойного суперфосфата, 1 – сульфата калия, 2–3 – сульфата аммония, 1 кг сульфата магния, 60 г борной кислоты, 3–5 кг молотого гипса. Вместо молотого гипса можно использовать мел, известь или доломитовую муку.

Компостируемую массу необходимо хорошо увлажнить (до 60 % влажности). Для предотвращения потерь тепла и обеспечения условий протекания биотермических процессов в поверхностных слоях смеси бурты лучше укрывать готовым компостом толщиной 10–20 см в летний период и 30–40 см – в зимний. Компостируемая масса начинает разогреваться, и через 5–7 сут. летом температура внутри бурта достигает 50–60°C и выше, что позволяет частично уничтожить семена сорняков, яйца гельминтов, патогенную микрофлору, нематоду.

Основной критерий пригодности компоста для скармливания червям – отсутствие в нем запаха аммиака, его концентрация не должна превышать

0,5 мг/кг. Для ускорения процесса компостирования рекомендуется использовать вместо воды при увлажнении бурта водный экстракт из готового компоста или гумусного удобрения. Экстракт содержит необходимую микробную смесь, что позволяет добиться созревания компоста на 10 сут. раньше. Бурт необходимо через каждые 2–4 недели увлажнять. Созревший компост хранится в бурте и расходуется на корм червям по мере необходимости в течение 2–3 месяцев.

Приготовление компостов на открытых площадках проводят при температуре наружного воздуха не ниже -5°C . Процесс компостирования в хорошо укрытых буртах продолжается и в зимнее время. Компост, заложенный поздней осенью, созреет и будет готов уже ранней весной.

Способы получения технологических червей. В природе существует около 8 тысяч видов червей, однако для промышленного разведения и содержания подходят единицы. В 1959 г. американскими исследователями в университете штата Калифорния во главе с врачом Барретом в результате гибридизации различных пород дождевого червя удалось вывести новую разновидность с коммерческим названием «Калифорнийский красный гибрид». Взрослая особь нового вида червя – темно-красного цвета, достигает в длину 8–9 см, в диаметре 3–5 мм, живет до 16 лет («дикие» – значительно меньше), масса – 0,8–1,0 г, температура тела – $+19\text{--}20^{\circ}\text{C}$, пищу всасывает губным беззубым отверстием, кормом служит практически любое органическое вещество. Гибрид красного червя потребляет в день кормов столько, сколько примерно весит сам, около 1 г.

Красный червь – анемид-гермафродит (имеет органы размножения самки и самца, но для оплодотворения нужен партнер). Оплодотворение в хороших условиях содержания происходит каждые семь суток. Из капсулы с 2–20 яйцами через 14–20 сут. появляются молодые черви, которые, в свою очередь, достигают половой зрелости примерно через 90 сут. Популяцию червей можно увеличить за год примерно в 1,5 тыс. раз.

В России первый технологически приемлемый штамм компостных червей был получен в результате селекционной работы в 80-х гг. XX столетия, который практически не уступал по основным признакам красному калифорнийскому гибриду. Нашими соотечественниками установлено, что технологических червей для промышленной переработки любых органических отходов можно получать из местных диких популяций в любой сельскохозяйственной местности. Это важно для нашей страны, поскольку для организации производства биогаза не обязательно закупать готовых технологических червей, а постепенно одомашнить местные дикие виды. Следовательно, наиболее приемлемо разводить своих домашних технологических червей, которые будут приспособлены к местному климату и пестицидам.

Для переработки большого количества органических отходов предприятия обязательно должны создавать свою популяцию технологических червей, приспособленную для потребления именно этого вида отходов. Для этого нужно найти колонию червей вокруг источника этих отходов и пересадить ее в культиватор. Наиболее простым и доступным источником червей являются старые навозные кучи вокруг крестьянских дворов, животноводческих ферм любого типа, старые свалки органического мусора. Если на земельном участке не были использованы ядохимикаты для борьбы с вредителями, то при перекопке грядок весной черви встречаются в достаточном количестве в этой почве. Червей надо собрать в емкость вместе с той землей или органикой, в которой они живут. Для червятника достаточно 500–1500 особей на один квадратный метр культиватора.

При освоении вермикультуры существуют некоторые особенности, учет которых необходим для успешного разведения дождевых червей. В частности, продажа технологических червей из одного региона в другой сопряжена с риском, обусловленным различием спектра используемых пестицидов в той или иной местности. Черви, приспособленные к потреблению корма с одним набором пестицидов, могут погибнуть или долго болеть, потребляя такой же корм, но с другим набором пестицидов. Другой особенностью технологических червей является их приверженность к питанию субстратом определенной рецептуры. Черви всегда болезненно переносят замену одного субстрата другим, что сопровождается их гибелью или резким снижением продуктивности. Особенно остро такая проблема возникает при заселении червями совсем чужеродного субстрата. Его заселение возможно только коконами будущих технологических червей. Молодые черви, появляющиеся из коконов, с первым глотком пищи получают информацию, настраивающую их пищеварительную систему на переработку пищи только данного компонентного состава.

Технологических червей нельзя культивировать в буртах компостов (субстратов), поскольку компостирование происходит с разогревом компостируемой массы и выделением биогаза, которые губят популяцию червей. По этой причине черви в буртах располагаются в поверхностных слоях основания бурта, где выше влажность и лучше аэрация. Культивирование червей возможно только в полуперепревшем компосте в первоначальном слое толщиной 40–50 см.

При культивировании червей необходимо следить за плотностью популяции, при достижении предельных значений она прекращает свое развитие. Оптимальной «посевной дозой» при заселении червями культиватора с субстратом является их биомасса в $0,3 \text{ кг/м}^2$ (1500 особей). За время цикла культивирования (160 ± 20 сут.) популяция возрастает по количеству особей и по биомассе в среднем в 50 раз. Увеличение «посевной дозы» приводит в конце цикла культивирования к переуплотнению популяции, а особи становятся мелкими, общий выход биомассы червей снижается.

Культивирование дождевых червей. Для закладки культиватора необходимо подобрать подходящее место. Лучше всего его разместить во влажном и не освещенном месте.

Первоначальный слой компоста создается толщиной 40–50 см в виде насыпной грядки, которую необходимо разровнять и хорошо увлажнить. Влажность достаточная, если из комка компоста, зажато в кулак, появятся 1–2 капли влаги. Размер червятника первоначально может не превышать 2 м^2 . Хорошо увлажненный субстрат в культиваторе необходимо закрыть старой мешковиной, черной перфорированной пленкой, или соломой. Влажный субстрат должен выстояться 5–7 сут. Для удаления аммиака и растворения кристалликов солей удобрений, которые могут причинить червям некоторый вред, субстрат необходимо периодически увлажнять. Через 5–7 дней в центре каждого квадратного метра культиватора нужно сделать углубление, и в него поместить подготовленных червей вместе с субстратом, в котором они жили последнее время. После выравнивания поверхности ее нужно накрыть мешковиной, соломой или другим воздухопроницаемым материалом, через сутки увлажнить субстрат культиватора. Такой способ заселения культиватора червями связан с тем, что червям новый субстрат может показаться «невкусным», и тогда они будут некоторое время отсиживаться в своем родном субстрате. Но голод заставит их снова и снова пробовать новый для них субстрат.

Через неделю после заселения нужно посмотреть, переходят ли черви в новый субстрат, – этого срока достаточно для его освоения. Если поверхность

червей чистая, а сами они подвижны – это свидетельство их благополучия. Если они вялые, не активные, не пытаются прятаться от света – это признаки их тяжелого поражения различными остатками пестицидов из нового для них корма. В этом случае нужно найти новую популяцию червей из другой навозной кучи и посадить их в культиватор. Возможно, придется создавать новый компост из другого источника органики. Но такая необходимость возникает крайне редко. Если черви чувствуют себя хорошо в новом субстрате, то на 3–4 недели их нужно оставить в покое. Единственное, в чем они нуждаются в течение этого времени, так это во влаге, поэтому грядку-культиватор необходимо периодически поливать водой, температура которой должна быть равной температуре окружающей среды. Слишком холодная или слишком теплая вода вызывает у червей испуг, шок, т. е. стрессовую реакцию, и они перестают хорошо питаться и размножаться. Вода для полива культиватора с червями должна храниться в какой-либо емкости и отстаиваться не менее суток. За это время она прогреется до нужной температуры, и из нее улетучивается хлор. Последний, как правило, содержится в воде из городского водопровода.

После адаптации к новым условиям вся деятельность червей будет направлена на откладку коконов, – капсул величиной в половину рисового зерна лимоноподобной формы, желтых, с мягкой, но прочной оболочкой. В зависимости от температуры субстрата из отложенных коконов через 15–20 сут. появляются маленькие новорожденные черви, тонкие, как нитки, длиной около 4–6 мм, с красным хорошо видимым спинальным кровеносным сосудом. Это их отличительный признак от нематоды – малых белых червей, которые не имеют красного кровеносного сосуда. Черви подрастают быстро и за 10–12 недель увеличивают свою массу с 1 до 250–500 мг, а к осени в подавляющем большинстве становятся вполне взрослыми. В течение летнего сезона количество червей и их общая живая масса в культиваторе увеличивается в 20–50 раз.

В червятник необходимо периодически добавлять корм в виде компоста, насаивая его по 15–20 см через каждые 2–3 недели. За время летнего культивирования приходится делать 7–8 наслоений компостов. По мере их поедания червями они уплотняются, но все же грядку-культиватор становится все выше и выше. Высота ее осенью может достигать 0,6 м. Она легко продувается ветром, в ней труднее поддерживать необходимую влажность. Исходя из этого, боковые поверхности ее рекомендуется заделывать досками в виде ящика. Последнее кормление червей необходимо провести до наступления морозов. При понижении температуры черви снижают свою активность и начинают впадать в состояние зимнего анабиоза.

Для воспроизводства червей верхнюю обильно заселенную часть грядки-культиватора (примерно одну десятую) переносят на поверхность земли соседнего участка. Закрывают ее слоем компоста в 40–50 см, хорошо закрепив с боков досками. Это делается до наступления морозов. Грядку-культиватор необходимо прикрыть слоем снега, утопав его с боков и сделав недоступным для мышевидных грызунов. Для защиты от грызунов культиватор ограждают различными материалами. Для этого можно использовать металлическую сетку или ветки ели, асбоцементные плиты, листы из старого кровельного железа.

С наступлением весны черви приобретают активность. Потребность в пище у них высокая, поэтому необходимо иметь запас компоста для весенней подкормки червей. Культивируемые черви более зависимы от человека, поскольку своевременно должны получать корм.

Условия сохранения червей в почве. Черви, живущие в огороде или в саду, благотворно влияют на выращиваемые культуры, поэтому меры по их

сохранению и размножению в почве позволяют значительно повысить продуктивность сельскохозяйственных культур. Внесение червей вместе с биогумусом также может оказаться эффективным, но для этого надо создать условия для их выживания и приспособления к новым условиям жизни. Для этого необходимо соблюдать несколько правил или условий:

- почва должна быть рыхлой. Перекапывать ее следует специальными вилами, чтобы не погубить червей;

- концентрация растворимых солей более 0,5 % уничтожает червей, поэтому применять минеральные удобрения следует в оптимальных рекомендованных нормах;

- реакция почвенной среды должна быть нейтральной – рН в пределах $7,0 \pm 0,5$. Для выравнивания кислотно-щелочного равновесия почвы в нее необходимо вносить мелиоранты;

- нельзя жечь стерню. На месте кострища черви погибают от перегрева почвы, углекислого газа и повышенной концентрации зольных элементов;

- необходимо поддерживать достаточно высокую влажность почвы. При влажности менее 30 % черви могут погибнуть в течение недели. В то же время они не боятся затопления и выживают в почве заливных лугов во время половодья в течение многих дней и даже недель.

Промышленное культивирование червей с целью переработки навоза скотокомплексов, птицефабрик и других крупных источников органики в принципе отличается только масштабом производства. Известно, что на этих объектах ежедневно образуются сотни и тысячи тонн различных видов навоза, помета, сточных вод и других отходов. В России опыта переработки такого количества этих и других органических отходов в удобрение нет. Практика других стран показывает, что применение биотехнологии культивирования дождевых червей в промышленных масштабах с целью переработки навоза животноводческих комплексов и органических отходов городов, многих предприятий различных отраслей промышленности в гранулированное гумусное, экологически чистое удобрение обеспечивает безотходность производства, повышение его рентабельности и, главное – улучшение качества продуктов животноводства и растениеводства и оздоровление окружающей среды.

За рубежом разведением червей занимаются как отдельные фермеры, заинтересованные в ликвидации образующихся в процессе сельскохозяйственного производства растительных остатков и животноводческих отходов, так и целые фирмы, специализирующиеся на утилизации городских и промышленных отходов. В США, Италии, Франции и Германии производителей дождевых червей поддерживает государство путем выделения безвозмездных дотаций и кредитов на выгодных условиях. При организации специализированных хозяйств за рубежом используют различные схемы технологического процесса. Обычно это полностью механизированные предприятия с набором соответствующей техники.

Наибольший экономический эффект обеспечивает культивирование червей в закрытых помещениях, где можно контролировать влажностный, температурный режимы и организовать круглогодичный технологический процесс. Имеющиеся технологии позволяют переработать до 10 т органики в год на 1 м² площади. Создание крупных вермихозяйств под открытым небом будет отличаться гораздо меньшей производительностью, но при этом затраты на производство будут на порядок ниже, поскольку нет необходимости в строительстве капитальных сооружений и отоплении их в зимний период.

Технология промышленного разведения червей предусматривает создание маточного и основного поголовья. В маточной культуре, в условиях, обеспечивающих получение максимального приплода, содержится чистая популяция используемого вида червя. Объем маточной культуры должен обеспечивать возможность заселения червями новых порций перерабатываемого субстрата с периодичностью, определяемой конкретными объемами производства. В оптимальном варианте вновь поступающие объемы субстрата должны заселяться молодыми червями или даже коконами примерно одного возраста. На поддержание маточной культуры приходится около 30–50 % всех затрат на производство биогумуса.

Основная культура в условиях закрытого помещения ведется в лотках глубиной 40–50 см, которые размещаются на стеллажах. В лотки помещается субстрат слоем 10–15 см, который заселяется червями из расчета 10–15 тыс. особей/м². Раз в 1–2 недели в лотки добавляется новый слой субстрата в 5–10 см. Оптимальная температура поддерживается на уровне +20–22°C, необходимая влажность обеспечивается периодическим поливом субстрата. При культивировании червей на открытых площадках субстрат укладывают слоем 40–50 см в длинные грядки шириной до 1,5 м. По мере необходимости (обычно раз в 2–3 недели) добавляют новые слои субстрата и поливают.

Разделение червей и компоста. Технологии отделения червей от субстрата достаточно просты, малозатратны и нематериалоемки. Червей можно отделять от субстрата как механически, так и используя новый корм в качестве приманки.

Для извлечения червей из компоста используют воронкообразные сита или специальные устройства, представляющие собой полый цилиндр с жесткой щеткой на внутренней поверхности. При вращении цилиндра черви щеткой как бы вычесываются из компоста. Используются способы светового и электрического воздействия на компостируемый методом вермиккультуры субстрат, вынуждающие червей выползти из субстрата на поверхность. Для отделения червя от биогумуса с помощью приманки им необходимо некоторое время не добавлять новый корм. Черви переработают остатки старого субстрата и начнут голодать, а после добавления слоя свежего корма они переходят в него в течение 1–2 суток. Затем этот слой снимается, черви в нем не повреждаются и могут быть использованы для заселения новых порций субстрата.

Биогумус, предназначенный для реализации, надо подсушить до 50–60 % влажности, затем просеять вручную на ситах или на виброситах с ячейками различного диаметра. Его желательно разделить на три фракции по величине гранул: мельчайшая – 0,1 мм, мелкая – 0,3–0,6 мм и крупная – 0,7 мм. Непросеянные остатки возвращают для дальнейшей переработки в вермиккультуре.

Биомасса дождевых червей с успехом может применяться в самых различных областях народного хозяйства, где в первую очередь требуются белки животного происхождения. Культивируемые черви обладают столь же полноценным белком аналогичного аминокислотного состава, как мясная и рыбная мука, что они могут практически использоваться в качестве источника полноценного белка для сбалансирования кормовых рационов домашней птицы, свиней, прудовой рыбы. Продукт переработки биомассы червей может также служить сырьем для получения аминокислот, антибиотиков, ферментов, стимуляторов роста, которые могут быть компонентами в производстве лекарственных препаратов.

2.3.9.2. Химический состав и свойства биогумуса

Биогумус (вермикомпост) представляет собой гумусное органическое удобрение, получаемое при переработке компостов с помощью дождевых червей. Его состав в значительной степени зависит от исходного материала – органического субстрата, используемого для вермикультуры. Чем он богаче органикой, тем выше питательная ценность конечного продукта.

Свежеприготовленный биогумус в среднем характеризуется следующим химическим составом в расчете на абсолютно сухое вещество (табл. 90; Шеуджен А.Х., Котляров Н.С., Караченцев В.В. и др., 2004). Кроме указанных, в биогумусе содержатся в большом количестве и другие необходимые для растений элементы минерального питания в довольно сбалансированном виде.

Таблица 90 – Химический состав биогумуса, %

Показатель	Содержание	Показатель	Содержание
Гумус	25–30	Магний	0,6–1,5
Азот	1,5–3,0	Железо	0,6–1,3
Фосфор	1,8–4,0	Медь	0,03–0,04
Калий	1,5–3,0	Марганец	0,06–0,09
Кальций	4,5–7,0	Цинк	0,08–0,09

Несмотря на то, что содержание элементов минерального питания растений варьирует в значительных пределах, в целом биогумус является очень ценным органическим удобрением, т. к. в среднем 1 т абсолютно сухого удобрения содержит до 60–80 кг питательных веществ, находящихся в доступных для растений формах.

Главным достоинством гумусного органического удобрения является то, что он превосходит навоз и компост по содержанию гумуса в 4–8 раз. Кроме этого, биогумус, обогащенный гумусовыми веществами и биогенами, по сравнению с традиционными компостами, обладает также рядом полезных технологических свойств: «не горит», имеет большую влагоемкость, влагоустойчивость, гидрофильность, механическую прочность гранул, в нем отсутствуют семена сорных растений. Он отличается достаточным постоянством таких свойств, как рассыпчатость, регулируемая влажность, технологичность использования, небольшие энергетические затраты на производство, транспортировку и внесение в почву.

Биогумус – еще и микробиологическое удобрение. Богатство флоры бактерий биогумуса стократно превышает то, что содержится в навозе животных, который считается наилучшим натуральным удобрением. Если в 1 г навоза содержится 150–350 млн. колоний бактерий, то в вермикомпосте этот показатель достигает 100–200 млрд. Биогумус к тому же биологически активное вещество, поскольку содержит стимулирующие рост растений вещества: различные ферменты, почвенные антибиотики, гормоны роста и развития растений, витамины. По вместимости биологически активных веществ 1 м³ биогумуса приравнивается к 70 тыс. м³ почвы. Биогумус характеризуется нейтральной реакцией среды, рН обычно колеблется в пределах 6,8–7,2. Это создает в почве условия, затрудняющие развитие болезней.

Применение биогумуса экономически более выгодно, чем навоза. Внесение навоза требует больших материальных затрат, зависит от погодных

условий, усиливает засоренность плантаций. При несвоевременной заделке в почву наблюдаются большие потери азота и других питательных веществ. Затраты на применение биогумуса в 3–4 раза меньше, чем навоза, за счет более низких норм и оптимизации способов его внесения. Расходы на производство биогумуса перекрываются сокращением затрат на его внесение, повышением количества и качества урожая.

2.3.9.3. Биогумус как удобрение

В зарубежных странах биогумус используется в основном в качестве питательного субстрата при выращивании рассады овощей и декоративных растений. Ввиду дороговизны использование его под полевые культуры довольно ограничено.

По отзывчивости на биогумус можно выделить несколько групп растений:

1. Овощные культуры, клубнеплоды, корнеплоды очень отзывчивы, прибавка урожайности составляет 35–40 %;
2. Зерновые культуры реагируют хорошо, прирост до 25 %;
3. Зернобобовые культуры реагирует удовлетворительно, прибавка до 15 %;
4. Масличные культуры реагируют слабо.

Биогумус наиболее рационально использовать в овощеводстве и цветоводстве, особенно в тепличных сооружениях. Особенно важно, что выращивание овощных культур при этом может обеспечиваться только за счет внесения гумусного удобрения, без применения минеральных удобрений. Собранные овощи характеризуются как экологически чистые и могут использоваться как диетические продукты и для детского питания.

Биогумус превосходит другие органические удобрения по действию на рост, развитие и урожайность различных сельскохозяйственных культур. По своим физическим свойствам вермикомпосты превосходят компосты, полученные традиционным способом, причем независимо от того, какие отходы используют в качестве сырья. Они в большей мере гомогенны, обладают более высокой водоудерживающей способностью, большей порозностью, лучшей структурированностью. По сравнению с обычными компостами, биогумус обогащен питательными элементами в доступных для растений формах. Его более высокая питательная ценность объясняется тем, что в процессе микробиологической ферментации обычного компоста происходит потеря значительной части питательных веществ.

Практика показывает, что биогумус как биологический вид удобрений, играющий аккумулятивную, регуляторную и протекторную функции в жизнедеятельности растительного организма, способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур на 20–30 %, улучшает их качество. Для получения высокого урожая достаточно внести несколько тонн биогумуса на 1 га, что значительно меньше по сравнению с рекомендуемыми дозами внесения навоза.

Эффект, наблюдаемый при внесении биогумуса, невозможно объяснить действием лишь одних физических или химических факторов. Положительное его воздействие на рост растений связано в значительной степени и с биологическими факторами, а именно с регуляторами роста, являющимися продуктами метаболизма микроорганизмов, участвующих в разложении отходов.

Применение биогумуса в качестве удобрений сокращает период вегетации растений на 1–2 недели, что весьма важно для Нечерноземья, Сибири и Дальнего Востока, повышает их урожайность и устойчивость к болезням как

при выращивании, так и при хранении. Биогумус обладает оздоравливающим действием: больные растения в теплицах после внесения удобрения и посева дождевых червей выздоравливают.

Внесение в почву. Перед внесением биологического гумуса почву пахнут на глубину 30–32 см и следом тщательно боронуют. Гумус вносят, равномерно разбрасывая его после осадков или после орошения. Поле, удобрённое биогумусом, оставляют на 3–6 месяцев под паром.

Биогумус отличается от других видов удобрений тем, что внесение его даже в очень высоких дозах не наносит вред растениям. Внесение в почву биогумуса исключает перенасыщение ее отдельными видами питательных элементов, полегание посевов и другие отрицательные последствия. На основании химического анализа почвы определена оптимальная доза чистого гумуса – 3–3,5 т/га, неочищенного – 4–5 т/га. Наиболее эффективно внесение биогумуса при посеве вместе с семенами и посадочным материалом на глубину заделки. При таком способе внесения достаточно нормы 250–300 кг/га (25–30 г/м²). Отклонение нормы внесения биогумуса в ту или иную сторону увеличивает или сокращает лишь период его воздействия на плодородие почвы. Можно выращивать растения на 100 % биологической среде, но, как правило, на чистом вермикомпосте растения растут хуже, чем на смеси его с торфом и другими субстратами.

Некорневые подкормки растений и замачивание семян перед посевом.

Для полива и опрыскивания овощных культур, плодовых деревьев и кустарников, а также замачивания семян перед посевом хорошо использовать жидкий биогумус – водный экстракт из биогумуса. Для его получения существует ряд методов. В производственных условиях из хорошо просеянного биогумуса и воды готовят смесь, содержащую 25 % сухого вещества. После смачивания в течение нескольких часов перемешанную и однородную смесь пропускают через высокооборотную центрифугу. Смесь разделяется на твердую мутную жидкость и твердую фазу, содержащую 65–80 % сухого вещества. Жидкость содержит в доступном для растений виде широкий набор макро- и микроэлементов, аминокислот, энзимов, растительных гормонов, антибиотиков.

В небольших количествах для нужд приусадебного участка водный экстракт из биогумуса готовят следующим образом: 1 стакан сухого гумусного удобрения высыпают в ведро с водой комнатной температуры, хорошо перемешивают и дают отстояться в течение суток. Вода приобретает светло-коричневый цвет чая. Получается слабый раствор гуматов и других растворимых солей, который можно использовать для обработки семян, некорневых подкормок растений, а также для полива рассады огородных культур и комнатных растений.

Лучшими сроками для проведения некорневой подкормки плодовых деревьев являются: после цветения, в начале опадания завязи, в период закладки цветочных почек, роста плодов. Опрыскивание в фазе закладки цветочных почек положительно сказывается на урожайности следующего года. Овощные культуры хорошо отзываются на некорневую подкормку до цветения и после образования плодов, виноград – после образования кисти и в период налива ягод, земляника – после образования ягод. Трехкратное опрыскивание цветочных культур раствором гуматов с интервалом 7–8 дней вызывает ускорение роста и цветения их на 7–10 дней, усиливает интенсивность окраски листьев и значительно повышает декоративность растений. Следует также отметить, что некорневая подкормка растений экстрактом биогумуса значительно повышает их устойчивость к таким болезням, как фузариоз, мучнистая роса, бактериоз, серая гниль.

Для замачивания семян используется экстракт из биогумуса в концентрациях от 0,001 до 2,5 %. В растворе замачивают семена на 12 ч, при этом повышается их всхожесть, а также скорость и дружность прорастания.

Восстановление деградированных почв. Биогумус можно использовать для восстановления плодородия почв, потерявших его в результате эрозионных процессов, загрязнения токсичными веществами и других негативных явлений. Имеющаяся в биогумусе специфическая микрофлора способна обеспечить все функции почвы и придать ей свойства высокого плодородия.

Содержащиеся в биогумусе микроорганизмы способствуют переводу токсичных форм тяжелых металлов в малоподвижные соединения. При взаимодействии биогумуса с пестицидами происходит резкое снижение их содержания в почве, что обусловлено процессами иммобилизации и адсорбции. При внесении биогумуса увеличивается активность уреазы, фосфатазы, а также малатиновой эстеразы, отвечающих за деградацию пестицидов. Повышая детоксикационные свойства почв, биогумус дает возможность вернуть сельскому хозяйству участки, непригодные для использования из-за загрязнения. Еще больший эффект в этом случае дает интродукция самих дождевых червей в почву загрязненных участков, которые способствуют деградации остатков пестицидов.

Необходимо отметить, что и сами дождевые черви способны восстанавливать плодородие эродированных, а также непригодных для использования в связи с загрязнением земель. В настоящее время во многих странах проводят работы по повышению плодородия почв путем увеличения численности дождевых червей. В США такой прием практикуют при рекультивации нарушенных земель, в Нидерландах – при освоении полей. Заселение червями почв пастбищ, созданных на полях, способствовало снижению уплотнения почвы, вызванного выпасом скота, и более быстрой гумификации неразложившихся растительных остатков. Наиболее интересен в этом отношении пример Новой Зеландии, куда из Европы завезли значительное количество дождевых червей и расселили из расчета 500 особей/м² на окультуренных пастбищах общей площадью 3 млн. га, где местные черви под влиянием антропогенной деятельности были почти полностью уничтожены. Продуктивность пастбищ удалось восстановить, прибавка урожая сухого вещества трав достигала 70 %.

Согласно разработанной технологии, необходимо вносить культивируемых червей вместе с сырым гумусом на поля из расчета не менее 50 особей/м², т. е. 500 тыс. особей/га. Эту технологическую операцию рекомендуется повторять через полгода. Поле остается под паром год, но через шесть месяцев его необходимо подкормить компостом или навозом.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите свойства наиболее распространенных минеральных удобрений (внешний вид, химическая формула, содержание действующего вещества, сущность технологий производства, превращение в почве, способы применения):
 - аммонийная селитра;
 - сульфат аммония;
 - карбамид;
 - жидкий аммиак;
 - суперфосфат простой;
 - суперфосфат двойной;
 - осажженный фосфат;
 - фосфоритная мука;
 - хлористый калий
 - калийная соль.

2. Регламенты и экологические ограничения при использовании удобрений.
3. Изложите потребность в микроудобрениях в зависимости от культур и почв.
4. Назовите наиболее распространенные формы, дозы и способы применения микроудобрений:
 - борные;
 - молибденовые;
 - марганцевые;
 - медные;
 - цинковые.
5. Характеристика комплексных удобрений, их преимущества и недостатки:
 - аммофос;
 - диаммофос;
 - нитроаммофос;
 - нитроаммофоска;
 - нитрофос;
 - нитрофоска;
 - жидкие комплексные удобрения.
6. В чем заключается особая роль органических удобрений в сельском хозяйстве?
7. Опишите содержание элементов питания в органических удобрениях; их подготовку, хранение и внесение:
 - подстилочный навоз;
 - бесподстилочный навоз;
 - птичий помет;
 - торф;
 - солома;
 - зеленое удобрение.
8. Расскажите об использовании промышленных и бытовых отходов в качестве удобрений.
9. Как подготавливают к использованию в качестве органических удобрений промышленные и бытовые отходы?
10. Дайте определение понятию «биогумус».
11. Расскажите о производстве и применении биогумуса в сельском хозяйстве.
12. На какие группы делятся отходы промышленности, используемые в качестве удобрений.
13. Перечислите способы применения биогумуса.
14. Как подразделяются озерные отложения по характеру образования?
15. Дайте определение понятиям «гиттия» и «сапропель».
16. Назовите операции входящие в технологию производства компостов.

3. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

3.1. Известкование почв

Тот, кто открыл, пусть даже случайно, способ удобрения почвы известью и мергелем, оказал большее благодеяние народу, чем, если бы он построил все благотворительные учреждения Англии вместе взятые.

Габриэль Платт, 1639

Ни одна другая область почвоведения в течение двух последних десятилетий не явилась таким средоточием практических и теоретических интересов, как вопрос о реакции почв и связанные с ним вопросы об источниках и формах влияния их кислотности и щелочности на растения и почвенную микрофлору.

П. Фагелер, 1938

В настоящее время в условиях рыночной экономики уровень ведения земледелия в Российской Федерации существенно изменился, что сказалось на применении удобрений и химических мелиорантов. Резко сократилось внесение органических, фосфорных и калийных удобрений, возросло использование физиологически кислых азотных и сложных удобрений. Все это способствовало уменьшению поступления в почву кальция и ее подкислению. Кроме того, длительное и интенсивное использование земель в сельскохозяйственном производстве привело к значительному ухудшению физических, физико-химических и химических свойств почв, что связано с отчуждением из них кальция и магния за счет ежегодного выноса урожаями культурных растений.

Коренной агрохимический прием нейтрализации повышенной кислотности почв – *известкование*, т.е. внесение в почву веществ нейтрализующих ее повышенную кислотность. Их применение нейтрализует минеральные и органические кислоты в почвенном растворе и вытесняет ионы водорода из поглощающего комплекса, что приводит к устранению обменной и значительному снижению гидролитической кислотности почвы. При этом изменяется катионный состав почвенного поглощающего комплекса вследствие замены ионов водорода и алюминия на катионы кальция и магния, что приводит к повышению степени насыщенности почв основаниями и увеличению емкости поглощения. После внесения извести хорошие агрохимические свойства почвы и ее структуры сохраняются в течение ряда лет. Это создает благоприятные условия для мобилизации элементов минерального питания растений, возрастания микробиологической активности почвы: усиливается деятельность аммонификаторов, нитрификаторов, свободноживущих азотфиксирующих бактерий. Известкование – способствует размножению клубеньковых бактерий и лучшему снабжению растения хозяина азотом. Повышается эффективность применяемых в агроценозах бактериальных препаратов. На кислых почвах они практически не работают.

Влияние известкования на почву и ее жизнь настолько многогранно, что порой даже трудно осмыслить механизм его действия. «Чтобы в известковании разобраться, – писал О.К. Кедров-Зихман, – нужно хорошо произвестковаться». Д.Н. Прянишников так оценивает роль известкования почвы в изменении ее агрохимических свойств: «Из всех сторон многообразного действия извести на почву наиболее важной является устранение избыточной кислотности, борьба с которой и является обычно главным поводом к применению известкования».

Известкование позволяет предотвратить декальцирование пахотного слоя почвы, улучшает ее физические, водно-физические, физико-химические свойства и микробиологическую активность, создает благоприятные условия для высокоэффективного использования агрохимических средств, роста количества и качества урожая сельскохозяйственных культур. Средние прибавки от этого агроприема составляют зерновых и зернобобовых (зерно) – 2–5 ц/га, сахарной свеклы (корнеплоды) – 40–50, картофеля (клубни) – 15, клевера (сено) – 10–15, кукурузы (зеленая масса) – 50–75, соломы льна – 3, семян льна – 1, столовой свеклы и капусты – 30–80 ц/га.

Отношение сельскохозяйственных растений к известкованию кислых почв. По отношению к кислотности почвы и к известкованию культурные растения подразделяют на пять групп.

К *первой группе* относят растения, наиболее чувствительные к кислотности, требующие нейтральной или слабощелочной реакции (рН 6,2–7,0). Растения этой группы наиболее сильно отзываются на известкование почв. К ним относятся пшеница, ячмень, сахарная, столовая и кормовая свекла, капуста белокочанная, клевер красный, люцерна, донник, эспарцет, горчица, конопля, рапс, лук, чеснок, сельдерей, шпинат, перец, пастернак, смородина. Почвы под эти культуры следует известковать в первую очередь.

Вторую группу составляют растения, для которых наиболее благоприятной является слабокислая и близкая к нейтральной реакция почвы (рН 5,1–6,0). Они хорошо отзываются на известкование почв. К растениям этой группы относятся кукуруза, рис, горох, бобы, вика, фасоль, пелюшка, капуста кормовая, кольраби, капуста цветная, брюква, турнепс, салат, лук-порей, огурец, дыня, клевер розовый, лисохвост, коострец, яблоня, слива, вишня, цитрусовые, подсолнечник.

В *третью группу* включают растения, переносящие умеренную кислотность (рН 4,6–5,5). Культуры этой группы положительно отзываются на известкование почв. К этим растениям относятся картофель, овес, рожь, гречиха, тимофеевка, овсяница.

Четвертая группа представлена растениями, которые легко переносят умеренную кислотность. Они отрицательно реагируют на переизвесткование почвы, требуют определенного соотношения в почвенном растворе кальция, магния, калия, бора и других элементов питания. К этой группе относится лен.

В *пятую группу* включают растения, которые переносят повышенную кислотность почвы, мало нуждаются или не нуждаются в известковании – это люпин, щавель, сераделла. Однако на сильно кислых почвах люпин хорошо отзывается на известкование.

Оптимальные условия для роста и развития большинства культурных растений создаются при слабокислой реакции почвы ($pH_{KCl}=5,7-5,8$ или $pH_{H_2O}=6,2-6,5$). Указанная реакция наиболее благоприятна для процессов нитрификации, поглощения растениями фосфора и молибдена, создания оптимального соотношения в почвенном растворе ионов кальция и калия. При таком значении рН снижается содержание в почве вредных для растений подвижных форм соединений алюминия, железа и марганца. Поэтому проводить известкование почв обязательно до нейтральной реакции нет никакой необходимости.

Научное обоснование известкования почв. Необходимость известкования кислых почв академик В.Г. Минеев обосновывает следующими положениями:

1. Неблагоприятная для растений *реакция среды* отрицательно отражается на их росте и развитии вследствие ряда причин. Высокая концентрация ионов водорода в почвенном растворе отрицательно влияет на физико-химическое состояние протоплазмы клеток корня, затрудняет рост и снижает физиологическую ак-

тивность корневой системы. В связи с этим ухудшаются условия питания и обмен веществ растений. Так, массовая гибель озимых зерновых культур и многолетних трав при перезимовке в условиях Нечерноземной полосы нашей страны довольно часто связана не с низкими температурами, а с влиянием кислой реакции почвенного раствора и повышенного содержания подвижных форм соединений алюминия.

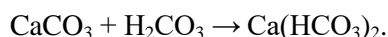
2. Почвы с повышенной кислотностью имеют *плохие физические и физико-химические свойства*. Коллоидная часть таких почв бедна катионами кальция, магния, но богата катионами водорода, алюминия, марганца и железа. Этим объясняется их низкая емкость поглощения, слабая буферность и бесструктурность. Следует иметь в виду, что процесс обеднения поглощающего комплекса основаниями постоянно протекает в почвах. Причины этого могут быть различными, и скорость процесса бывает разной. Под влиянием атмосферных осадков, в ряде случаев и интенсивного применения минеральных удобрений происходит дальнейшее уменьшение кальция и магния и замена их водородом. Почвенный поглощающий комплекс и структура почвы постепенно разрушается.

3. При кислой реакции *алюминий*, содержащийся в почве, образует растворимые соединения, оказывающие ингибирующее действие на жизнедеятельность растений. Кроме этого, избыток ионов водорода в почвенном растворе отрицательно влияет на питание растений: нарушается поступление и усвоение элементов питания, азотный, нуклеиновый и углеводный обмен.

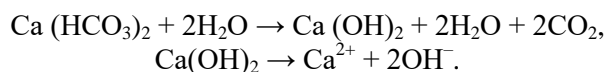
4. На почвах с повышенной кислотностью почти не развиваются аммонифицирующие и нитрифицирующие микроорганизмы, азотобактер, *подавляется минерализация* фосфорорганических соединений. В то же время пенициллиум, фузариум, триходерма и формы грибов, которые в процессе своей жизнедеятельности выделяют ядовитые для растений метаболиты, здесь развиваются превосходно. Все это создает неблагоприятные условия для роста и развития растений, а такие почвы являются малоплодородными.

5. Известкование выполняет важную экологическую функцию в агроценозе: приводит к иммобилизации радионуклидов и тяжелых элементов. Это позволяет на техногенно загрязненных территориях получать экологически безопасную продукцию растениеводства в агроэкосистемах.

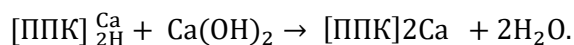
Взаимодействие извести с почвой и установление нуждемости в известковании. При внесении извести в почву она, прежде всего, нейтрализует находящуюся в почвенном растворе угольную кислоту. При этом нерастворимый в воде карбонат кальция превращается в растворимый бикарбонат кальция:



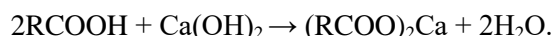
Бикарбонат кальция является гидролитически щелочной солью. При его взаимодействии с почвенным раствором повышается концентрация в нем ионов Ca^{2+} и OH^- :



Затем кальций вытесняет ионы водорода из почвенного поглощающего комплекса, нейтрализует обменную кислотность:



Известь также нейтрализует свободные органические кислоты, содержащиеся в почвенном растворе кислых почв:



Одновременно нейтрализуется и азотная кислота, образующаяся в процессе нитрификации:



Иными словами, при известковании почв нейтрализуются угольная, азотная и органические кислоты, содержащиеся в почвенном растворе, а также из почвенного поглощающего комплекса вытесняются ионы водорода, т. е. устраняются актуальная и обменная кислотности и значительно снижается гидролитическая кислотность.

В известковании почв возникает необходимость тогда, когда создается несоответствие между реакцией почвы и требованиями возделываемых растений к ней. Одним из важнейших условий высокоэффективного проведения этого агроприема и исключения перерасхода мелиоранта является учет площадей кислых почв с подразделением по типам и степени кислотности.

Научной основой для определения нуждаемости почв в известковании являются: 1) прямая или сопряженная связь между кислотностью почвы и эффективностью известкования; 2) установленные в соответствии с физиологическими особенностями растений градации реакции среды, являющиеся оптимальными для их произрастания. Основываясь на этих научных положениях, разработаны методы определения потребности почв в известковании, в которых в качестве индикаторов берутся либо сами растения, либо результаты лабораторных методов, проверенные путем сопоставления с поведением растений в природных условиях. В соответствии с этим методы определения нуждаемости почв в известковании делятся на следующие четыре группы: 1) метод наблюдения за ростом дикорастущей и культурной растительности; 2) биологические экспериментальные методы – полевые опыты с растениями и микробиологические; 3) метод визуальной оценки морфологических признаков почвы; 4) агрохимические методы определения степени нуждаемости почв в известковании.

1. Метод наблюдения за растительностью: а. Дикорастущая растительность. Метод основан на различном отношении дикорастущих растений к реакции почвы. По отношению к кислой среде они объединяются в следующие группы:

1) успешно произрастающие на кислых почвах: торица полевая, щавель воробьиный, колосок душистый, пикульник разноцветный, полевица, канареечник, белоус, лютик ползучий, ромашка собачья, луговик дернистый, ситник, багульник, вереск.

2) благополучно произрастающие лишь на слабокислых и нейтральных почвах: донник, клевер красный, люцерна хмелевидная, лисохвост, ежа сборная, райграс, лебеда, крапива, мать-и-мачеха, вьюнок полевой, ромашка непахучая.

Распространение растений первой группы на сельскохозяйственных угодьях дает основание полагать, что почвы здесь обладают повышенной кислотностью. Присутствие же растений второй группы, наоборот, указывает на большую вероятность наличия почвы со слабокислой и нейтральной реакцией. При определении кислотности почв не всегда возможно руководствоваться характером произрастающей растительности. Отдельные растения с успехом произрастают на всех почвах, от сильнокислых до нейтральных: редька дикая и хвощ полевой. Следует учесть, так же что кислотность почвы является не единственным фактором, определяющим рост и развитие растения. Тем не менее, для ориентировочного суждения о выделении наиболее и наименее кислых почв по видовому составу сорной растительности знание их свойств может быть полезным.

б. Культурная растительность. О нуждаемости почв в известковании можно судить по состоянию на поле клевера красного и свеклы. Как чувстви-

тельная к кислотности культура, клевер, несмотря на высокий уровень агротехники, иногда дает слабые, медленно развивающиеся всходы, которые в дальнейшем оказываются низкорослыми, имеют бледную окраску листьев, уже в первый год они изреживаются, а на второй год пользования даже выпадает. Гибель клевера может происходить также в связи с полеганием сильно разившийся покровной культуры или вымерзанием, ввиду маломощности снежного покрова. Если этого не было, то можно полагать, что причиной угнетенности и изреживания посевов клевера является кислотность почвы, что указывает на ее нуждаемость в известковании.

Довольно характерно поведение на кислых почвах и свеклы столовой, отчасти кормовой и сахарной. Будучи чрезвычайно чувствительной к кислой реакции почвы, свекла и при хорошей удобренности почвы, нормальном уходе, но без известкования не дает даже среднего по величине урожая. В соответствии с этим нередко сельскохозяйственные предприятия, имеющие кислые почвы, избегают возделывать эту культуру, как не оправдавшую себя в этих условиях. Следовательно, систематически плохой рост растений свеклы, несмотря на соблюдение агротехнологий, является признаком потребности почв в известковании.

II. Биологические экспериментальные методы. а. *Полевой метод с растениями.* Этот метод определения нуждаемости почв в известковании разработанный немецким агрохимиком Э.А. Митчерлихом опирается на «опрос» самого растения. В основу его положено различное отношение к реакции почвы, а в более широком понимании – к плодородию почвы двух различных по требованиям культур – овса и горчицы. Горчица чувствительна к кислой реакции, овес – щелочной и сильнокислой. Овес нормально развивается при такой кислотности почвы, при которой горчица погибает. Но при еще более высокой кислотности и урожай овса понижается.

Методика постановки такого опыта: 6 делянок по 1 м² каждая – 3 для овса и 3 для горчицы. На каждую первую делянку вносится щелочное удобрение в количестве: 60 г томасшлака и 40 г натронной селитры; на вторые делянки вносятся кислые формы удобрения – 60 г суперфосфата и 30 г сернокислого аммония; на третьи делянки вносится усиленно щелочное удобрение – 60 г томасшлака, 40 г натронной селитры и 200 г углекислого кальция. Таким образом, азота и фосфора вносится одинаковое количество. При отсутствии томасшлака и натронной селитры первый может быть заменен термофосфатом, преципитатом или, в крайнем случае, костяной мукой, а вторая – кальциевой селитрой. Обязательное условие – необходимо тщательно выбирать под опыт однородную площадку. Такой эксперимент, проведенный с помощью самого растения, очень ценен для нахождения крайних точек и должен дать ответ на вопросы: 1) нужно ли вносить известь, или можно обойтись без нее и 2) нужно ли считаться с выбором форм удобрений (кислых или щелочных).

б. *Микробиологический метод.* К нему относится определение потребности почв в известке по развитию азотобактера, при различной реакции среды дающего на поверхности почвы то или иное количество колоний, хорошо видимых невооруженным глазом. Этот метод состоит в том, что культура азотобактера в виде взвеси вносится в исследуемую почву. В отдельные пробы ее добавляются различные дозы извести; в плоских стеклянных чашках готовят почвенные пластинки и через 24 ч пребывания в термостате при температуре 30–35°C производят подсчет выросших на поверхности колоний. Этот метод, будучи сам по себе простым и быстрым, требует, однако, специальных условий и навыков к микробиологическим исследованиям.

III. *Метод визуальной оценки морфологических признаков почвы.* К таким внешним признакам почвы относят окраска и мощность ее горизонтов. Большое значение в этом случае имеет подзолистый горизонт, находящийся под верхним гумусированным слоем. Если подзолистый горизонт по окраске белесый и мощность его достигает 10–15 см, то такая почва обычно считается сильноподзолистой и нуждающейся в известковании. Наоборот, если подзолистый горизонт маломощный, слабо выражен и окраска его не белесая, а желтоватая, то почва считается слабоподзолистой и, вероятно, слабо нуждающейся или вообще не нуждающейся в известковании. Не нуждаются в известковании почвы, сформированные на карбонатных породах, у которых на глубине 40–50 см от поверхности наблюдается вскипание от кислоты. Определенно не нуждаются в известковании также почвы, у которых на поверхности (или в пахотном слое) обнаруживается в большом количестве известковая щебенка или неглубоко залегает известковая плита. По степени выраженности подзолистого горизонта можно судить о нуждаемости в известковании лишь тогда, когда вопрос стоит об известковании лугов, осваиваемой или недавно освоенной целины. На старопахотных почвах чаще всего верхние горизонты перемешаны или замаскированы приемами обработки и внесением удобрений.

IV. *Почвенно-агрохимические методы исследования.* Этот метод дает наиболее точный ответ о нуждаемости почв в известковании. В данном случае для установления нуждаемости почв в известковании используются показатели рН солевой вытяжки, и расчет норм извести проводится с учетом гранулометрического состава почвы и гидролитической кислотности, а также учитывается оптимальная степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями. Следовательно, для определения необходимости известкования надо, помимо определения активной и гидролитической кислотности почвы, необходимо знать и степень ее насыщенности основаниями. Расчет этого показателя был предложен в 1936 г. Д.И. Хиссинком:

$$V = \frac{S}{S + H_T} \times 100,$$

где: V – степень насыщенности почвы основаниями, %;

S – сумма оснований, ммоль-экв/кг (мг-экв/кг);

H_T – поглощенный ион водорода, соответствующий величине гидролитической кислотности, ммоль-экв/кг (мг-экв/кг).

М.Ф. Корниловым и Н.Л. Благовидовым (1955) была установлена нуждаемость различных по гранулометрическому составу почв в известковании в зависимости от их насыщенности основаниями (табл. 91).

Таблица 91 – Установление нуждаемости почвы в известковании по рН и степени насыщенности основаниями (V)

Почвы по гранулометрическому составу	Нуждаемость почв в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	рН	V	рН	V	рН	V	рН	V
Тяжело- и среднесуглинистые	<4,5	<50	4,5–5,0	50–65	5,0–5,5	65–75	>5,5	>75
Легкосуглинистые	<4,5	<40	4,0–5,0	40–60	5,0–5,5	60–70	>5,5	>70
Супесчаные и песчаные	<4,5	<35	4,5–5,0	35–50	5,0–5,5	50–60	>5,5	>60
Заболоченные торфянистые и торфяноболотные	<3,5	< 35	3,5–4,2	35–55	4,2–4,8	55–65	>4,8	>65

Степень насыщенности почв основаниями дает представление о том, какая часть емкости поглощения приходится на ионы водорода и алюминия, а какая – кальция и магния. При одинаковой величине кислотности степень насыщенности почвы основаниями может быть разной. Известковать следует в первую очередь поля с меньшей степенью насыщенности почв основаниями. Наиболее сильная потребность в известковании наблюдается на почвах со степенью насыщенности основаниями $\leq 50\%$, при $50\text{--}65\%$ – потребность в известковании средняя, при $65\text{--}75\%$ – слабая, если степень насыщенности основаниями $>75\%$ – известкование не требуется. Наиболее благоприятные условия произрастания растений наблюдаются при степени насыщенности почв основаниями от 80 до 95 %.

Таким образом, наиболее правильно нуждаемость почв в известковании устанавливается по обменной кислотности с учетом степени насыщенности почв основаниями и гранулометрического состава. Почвы легкие по гранулометрическому составу нуждаются в известковании.

Определение норм внесения известкового материала. Количество извести, необходимое для установления слабокислой реакции почвы, благоприятной для жизнедеятельности большинства культурных растений (pH_{H_2O} 6,2–6,5, pH_{KCl} 5,6–5,8), называют полной нормой. Ее определяют по величине гидролитической кислотности с учетом массы почвы пахотного слоя 1 га по формуле:

$$N_{CaCO_3} = \frac{50 \cdot H_r \cdot 10^5 \cdot h \cdot p}{10^9} = \frac{H_r \cdot h \cdot p}{200} = 0,05 \cdot H_r \cdot d \cdot h,$$

где: N_{CaCO_3} – норма $CaCO_3$, т/га;

50 – молярная масса эквивалентов $CaCO_3$, мг/моль-экв (необходимого для вытеснения 1 ммоль-экв, H^+);

H_r – гидролитическая кислотность почвы, ммоль-экв/кг;

10^5 – объем слоя почвы в 1 см на гектаре, dm^3 ;

h – глубина вспашки, см;

p – плотность почвы, g/cm^3 (численно равна плотности в kg/dm^3);

10^9 – коэффициент для пересчета миллиграммов в тонны.

Эти расчеты показывают, что норма внесения извести составляет полуторную величину гидролитической кислотности:

$$N_{CaCO_3} = H_r \cdot 1,5.$$

При отсутствии данных объемной массы ориентировочно в расчетах можно пользоваться следующими цифрами для выщелоченных, оподзоленных и типичных черноземов – $1,0\text{--}1,2 g/cm^3$.

Известковые материалы характеризуются различной нейтрализующей способностью, которая зависит от содержания в них $CaCO_3$ и $MgCO_3$, а также количества недействительных частиц (диаметром > 1 мм), песка, глины, содержания влаги и других примесей. Поэтому полученную норму $CaCO_3$ (по H_r) уточняют на конкретный известковый материал по формуле:

$$N = \frac{N_{H_r} \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - B) \cdot (100 - K) \cdot P}$$

где: N – норма известкового материала, т/га;

B – влажность известкового материала, %;

K – количество частиц крупнее 1 мм, %;

P – нейтрализующая способность известкового материала в пересчете на $CaCO_3$ или $MgCO_3$, %;

N_{H_r} – норма $CaCO_3$, рассчитанная по гидролитической кислотности, г/га.

Пример. Норма известняковой муки в физической массе (Н) при норме N_{CaCO_3} 3 т/га, влажности (В) 5 %, содержании частиц более 1 мм (К) 10 % и содержании $CaCO_3$ на абсолютно сухое вещество (П) 80 % составляет:

$$H = \frac{3 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - 5) \cdot (100 - 10) \cdot 80} = 4,4 \text{ т/га.}$$

Для пересчета действующего вещества в известковых материалах на карбонат кальция ($CaCO_3$) применяют следующие коэффициенты: Са – 2,5, СаО – 1,78; Mg – 4,11; MgO – 2,48; $MgCO_3$ – 1,19. Можно также пользоваться и нормативами затрат известковых удобрений для сдвига рН на 0,1 единицы и любую заданную величину. Нормативы расхода $CaCO_3$ (т/га) для сдвига pH_{KCl} на 0,1 единицы на выщелоченном и оподзоленных черноземах составляют при исходном значении pH_{KCl} 4,6–5,0 = 0,99 т/га; а при 5,1–5,3 = 1,08 т/га. Эти нормативы могут быть использованы при установлении норм внесения известковых материалов, необходимых для создания заданного уровня реакции почвенной среды.

Потребность в известковании определяется также выносом кальция с урожаем и вымыванием его из пахотного слоя почвы с атмосферными осадками. Данные по выносу карбонатов кальция и магния различными сельскохозяйственными культурами приведены в таблице 92. Вынос кальция с урожаем колеблется от 30 кг СаО с 1 та зерновыми до 120 кг бобовыми культурами.

Таблица 92 – Вынос кальция и магния с урожаем, кг/т продукции

Культура	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Сумма карбонатов
Рож озимая (зерно + солома)	8,8	6,0	14,8
Пшеница озимая (зерно + солома)	6,3	6,5	12,8
Пшеница яровая (зерно + солома)	5,6	7,8	13,4
Ячмень яровой (зерно + солома)	7,7	6,3	14,0
Овес (зерно + солома)	9,7	7,2	16,9
Гречиха (зерно + солома)	31,5	10,0	41,5
Лен-долгунец (семена + солома)	17,1	16,4	33,5
Сахарная свекла (корнеплоды)	2,9	1,3	4,2
Картофель (клубни)	0,5	1,5	2,0
Кормовые корнеплоды (корнеплоды)	0,5	1,0	1,5
Капуста	1,3	0,8	2,1
Кормовой люпин (зеленая масса)	2,9	1,5	4,4
Клевер красный (сено)	42,2	19,0	61,2
Люцерна (сено)	45,5	7,8	53,3
Многолетние травы (сено)	27,0	12,5	39,5
Однолетние травы (сено)	30,0	10,6	40,6
Луговые бобово-злаковые травы (сено)	17,1	10,2	27,3
Луговые злаковые травы (сено)	7,2	5,0	12,2

Сведения о количестве кальция, вымываемого из почвы осадками, представлены в монографии Н.И. Акановой, И.А. Шильникова и А.Х. Шеуджена (2015). Ежегодные потери кальция с фильтрующимися водами в зависимости от типа почвы и вносимых удобрений по обобщенным ими данным колеблются от 50 до 250 кг/га, и в среднем составляет 75 кг/га.

Если сельскохозяйственное предприятие не имеет возможности провести известкование полной нормой, то можно проводить этот агроприем поэтапно. Целесообразно так же применять известкование для нейтрализации

физиологически кислых минеральных удобрений. Нормы извести, необходимые для их нейтрализации, составляют:

Удобрение	CaCO ₃ на 1 ц удобрения
аммиак жидкий	2,20
аммиак водный	0,50
аммонийная селитра	0,75
мочевина	1,20
сульфат аммония	1,25
сульфат аммония-натрия	0,90
хлористый аммоний	1,40
аммофос	0,65
суперфосфат	0,10

Известь предотвращает подкисление почвы азотными и фосфорными удобрениями и повышает их эффективность. Калийные удобрения на кислотность почвы оказывают слабое влияние.

Известковые материалы, применяемые в качестве мелиоранта, добываются из залежей, так как природа сама устроила «известковые кладовые». Некоторые известковые материалы являются отходами различных промышленных производств. Известковые материалы делятся на: 1) твердые известковые породы, требующие размола или обжига; 2) мягкие известковые породы, не требующие размола; 3) отходы промышленности богатые известью. Все известковые материалы по характеру производства делят на три группы: 1) промышленного производства (известняковая и доломитовая мука), 2) отходы промышленности (цементная пыль, доменный шлак сланцевая зола) и 3) местные (мел-рухляк, мергель, гажа). Известковые материалы могут быть пылевидными (известняковая мука промышленного производства, цементная пыль, сланцевая зола циклонная) и слабопылящими (дефекат, известковый туф, мергель, природная доломитовая мука). Характеристика известковых материалов приводится в таблице 93.

Известковые материалы по агроэкологической эффективности существенно не различаются. Экономически следует предпочитать те, которые удобнее для предприятия и более дешевы. Технология известкования описана А.М. Артишиным и Л.М. Державиным (1984). Ниже приводим ее в кратком изложении.

Место известкования в севообороте. В севооборотах с многолетними травами известкование проводят под покровную культуру, а при беспокровном посеве – непосредственно под многолетние травы. Под картофель и лен известь целесообразнее вносить под предшествующие им культуры. Если известковые материалы применяют непосредственно под картофель, их лучше разбрасывать после посадки клубней, а если под лен, то следует заделать при вспашке, чтобы не допустить повышения концентрации извести в корнеобитаемом слое почвы. Под кукурузу и сахарную свеклу известь можно вносить непосредственно, а еще лучше под их предшественники. Под овощные культуры известкуют не только сильно- и среднекислые почвы, но и слабокислые. Известкование естественных сенокосов и пастбищ наиболее эффективно при их коренном улучшении. Известь целесообразнее применять под культивацию после вспашки дернины. Поверхностное разбрасывание мелиоранта по травам менее эффективно. Под плодовые и ягодные культуры известь следует вносить перед их закладкой, а если это не сделано – в посадочные ямы, где мелиорант должен быть тщательно перемешан с почвой.

Таблица 93 – Характеристика известковых материалов

Известковый материал	Способ получения (приготовления)	Влажность, %	Состав, % на сухое вещество			Форма извести в удобрении	Действие	Оценка мелиоранта и особенности его применения
			окись кальция (CaO) + окись магния (MgO)	общее содержание CaO + MgO в пересчете на CaCO ₃	примеси			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Известняк молотый (известковая мука), сорт 2-й	Размол твердых известняков на молотковых мельницах	≤ 4	42–56	85–100	0–15 (глина, песок)	CaCO ₃	Сравнительно медленное, особенно у кристаллических твердых известняков	Основное известкование. Применяют для известкования кислых почв под различные культуры. Действует тем сильнее, чем тоньше размол
Известняк молотый (известковая мука пылевидная), сорт 1-й	То же, но на шаровых мельницах	≤ 1,5	42–56	85–100	0–15 (глина, песок)	CaCO ₃	Действует сильнее предыдущего	Как и предыдущее, но предназначено для рассева пневматическим методом (цементовозами)
Известняк молотый доломитизированный и доломит	Размол	< 8	39–54	85–108	0–15 (глина, песок)	CaCO ₃ + MgCO ₃	Несколько медленнее, чем молотый известняк	Рекомендуется в севооборотах с бобовыми, картофелем, льном, кормовыми корнеплодами и на сильнооподзоленных почвах. Не слеживается
Мергель	Выемка из природных залежей	-	14–42	25–75	25–75 (глина, песок)	CaCO ₃ иногда MgCO ₃	Медленное	Применяют под все культуры
Мел	Выемка и размол	< 12	До 56	90–100	0–10 SiO ₂	CaCO ₃	Действует быстрее молотого известняка	Ценно для известкования легких почв. Ценное известковое удобрение в тонкоразмолотом виде. Слеживается слабо

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Туф известковый (ключевая известь)	Добывается из залежей по берегам рек, ручьев и ключей	<50	42–54	75–96 реже меньше	5–25 (глина, песок)	CaCO ₃	Действует быстрее молотого известняка, но не медленнее, чем жженая известь	Не требующий размола известковый материал; иногда необходимо лишь отсеивать более крупные твердые агрегаты или измельчать их. Не слеживается. Предварительно подсушивается в штабелях
Гажа (озерная известь)	Добывается из залежей на месте древних усохших замкнутых водоемов	< 50	48–56	80–100	0–20 (глина, песок)	CaCO ₃	Действует быстрее, чем известковый туф	Ценный высокоэффективный материал, почти целиком состоящий из мелких частиц (0,25 мм). Предварительно подсушивается в штабелях
Торфотуф и торфогая	Добывается из залежей в низинных торфяниках	< 80	6–28	10–50	50 и более (торф)	CaCO ₃ + поглощенный Ca	–	Особенно ценны для известкования кислых, бедных гумусом почв, расположенных вблизи залежей торфотуфов. Не слеживается. Заблаговременно укладывается в штабеля без обезвоживания.
Доломитовая мука	Добывается из природных рыхлых залежей	< 16	< 52	95–109	1,5–4 (глина, песок)	CaCO ₃ до 56%, MgCO ₃ до 42%	Действует медленнее, чем известковый туф	Высокоэффективный, не требующий размола материал. В остальном, как молотый доломит. Не слеживается
Известь жженая негашеная (комовая или молотая обожженная известь)	Обжиг твердых известняков; перед употреблением гасится, а молотая применяется непосредственно		< 100	<178	Мало	CaO	Очень сильно- и быстродействующий известковый материал	Негашеная известь используется в размолотом виде; комовая – перед внесением гасится до получения пушенки
Известь жженая гашеная (пушенка)	Гасится водой или присыпается сырой землей		< 76	< 135	Мало	Ca(OH) ₂	Действие быстрое и сильное	Быстродействующий известковый материал. Особенно ценен для известкования тяжелых глинистых почв. Менее пригоден для легких почв, бедных органическим веществом

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Зола сланцевая циклонная	При сжигании горючего сланца в топках на заводах и электростанциях в тонкомолотом виде	< 1,0	40–45	65–80	2–3,6 MgO, 1–2 K ₂ O, 0,5 – 1,2 P ₂ O ₅ , 3–7 SO ₃ , до 31 SiO ₂ и микроэлементы	В форме окиси и карбонатов и в виде силикатов Ca, K, Na	Действие быстрое и усиливающееся на 2 – 3-й год; тонкий пылевидный порошок <0,25 мм	Ценное удобрение, пригодное для непосредственного внесения под все культуры, в том числе под картофель, лен. Содержит некоторые питательные вещества и микроэлементы, сильно пылит. При смачивании цементируется.
Зола торфяная	Остаток после сжигания торфа	-	8–15	14–27	1,7 MgO, 1,2 K ₂ O, 1,1 P ₂ O ₅ , 30 SiO ₂ , 22 R ₂ O ₃ , органическое вещество	Главным образом в виде силикатов и отчасти карбонатов	Действие слабое из-за малого содержания оснований	Сравнительно малоэффективное удобрение. Применяется для известкования близко расположенных полей
Зола сланцевая колосниковая	При сжигании в кусках	< 10–15	40–45	65–80	1,7 MgO, 1,2 K ₂ O, 1,1 P ₂ O ₅ , 30 SiO ₂ , 22 R ₂ O ₃ , органическое вещество	Главным образом в виде силикатов и отчасти карбонатов	В молотом виде высокоэффективно, как и циклонная сланцевая зола	Для использования требует размола или отсеивания комков
Белитовая мука (шлам)	Отход алюминиевого производства	10–15	40–50	80–90	1,5 MgO, до 30 SiO ₂ , 0,04–1,2 MnO ₂ , 1,2 K ₂ O и микроэлементы		Действие аналогично сланцевой золе	В виде мелкозернистой сыпучей массы. Цементируется слабо
Цементная пыль	Отход цементных заводов из холодных камер	0–2	46–58	< 86	До 1,0 MgO, 15,5 SiO ₂ , 2,4 SO ₃ , различное количество K ₂ O	CaO, Ca(OH) ₂ и в виде силикатов	Быстро- и сильнодействующий мелиорант	Тонкий пылевидный порошок (меньше 0,5 мм – 95%), при смачивании цементируется. Пригоден под все культуры, в том числе под картофель, лен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дефекат (дефекционная грязь)	Отход свеклосахарного производства	< 40–50	Около 40–50	< 70	Немного SO ₃ , 0,3–0,5 N, 1–2 P ₂ O ₅ , 0,6 – 0,9 K ₂ O, до 1 5 органического вещества-	CaCO ₃ с примесью Ca(OH) ₂	Хороший известковый мелиорант. Положительно действует и на слабокислых почвах	По эффективности выше туфа и даже пушенки. До внесения должен проветриться и просохнуть. Пригоден под все культуры
Подзол и отзол	Отход кожевенных производств	< 40	< 60	< 107	0,6–1,5 N, 50 органического вещества, может содержать Cl и Na	Главным образом в форме Ca(OH) ₂	Действие достаточно сильное	Нуждается в подсушивании, иногда измельчении. Предварительно следует проветрить для обезвреживания сернистых соединений. Вносится в небольших дозах и за долго до посева
Известковый отход целлюлозного производства	Отход целлюлозно-бумажных комбинатов	< 40	< 56	98–100	Случайные примеси глинистых частиц	CaCO ₃	Действие, аналогичное гаше и молотому известняку	Нуждается только в подсушивании, после чего он легко рассыпается. Состоит из частиц меньше 0,01 мм
Известь газовая	Отход газовых заводов	3–5	< 70	–	До 20 CaSO ₄ , CaS и CaSO ₃	Главным образом Ca(OH) ₂	Сильнодействующий известковый мелиорант	Перед употреблением должно вылежаться на воздухе
Известь содовая	Отход содовых заводов	< 50	< 50	–	До 10 Cl, 3–4 SO ₃ , 4–5 CaSiO ₃	Большая часть Ca(OH) ₂	Применять следует осторожно, заблаговременно до посева	Требует просушивания и длительного проветривания
Известковые мыловаренные отходы	Отход мыловаренного производства	< 50	< 50	–	–	25% Ca(OH) ₂ 75% CaCO ₃	–	Нуждается в просушивании

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дунитовая мука	Хвосты при обогащении платиносодержащих пород	–	40–50 MgO	100–110	Мало CaO	Силикат магния	Нейтрализующая способность слабее, чем у молотого известняка	Состоит из частиц меньше 0,15 мм и не нуждается в измельчении. Особенно ценна при освоении болот
Нефелиновая мука	Хвосты при обогащении апатитового концентрата	–	8–10	–	10-13 Na ₂ O, 5–6 K ₂ O, 2–4 P ₂ O ₅	Алюмосиликат K, Na, Ca	Нейтрализующая способность слабее, чем у молотого известняка	Тонкий тяжелый порошок. Эффективен на торфяных почвах, бедных калием
Шлак мартеновский	Отход при выплавке чугуна из руд	–	40–50	-	0,1–0,2 P ₂ O ₅ , 6–12 MnO, 0,1–0,5 S, 15–20 SiO ₂	В виде силиката Ca	Нейтрализующее действие умеренное	Нуждается в измельчении (< 0,8 мм – 100%)
Шлак доменный	То же	–	50–55	90-95	13–14 MgO, 30-40 SiO ₂ , 6-7 Al ₂ O ₃ , 0,3 MnO	То же	То же	Требуется размола глыбистого и гранулированного материала
Шлак белый электроплавильный	Отход при плавке стали	–	50–68	< 140	6–15 MgO, 0,8 MnO, 15–26 SiO ₂ , 0,2–0,3 P ₂ O ₅ ,	Силикаты Ca и Mg–CaO, MgO	Нейтрализующее действие значительное	Требуется размола, по эффективности не уступает известковой муке
Шлак магниевого литья	Отход магниевого литья	–		< 80	20 KCl, 33 SiO ₂ , 3–7 R ₂ O ₃ и микроэлементы	CaO, MgO, CaCl ₂ , MgCl ₂	Калийно-магниевое известковое удобрение	Требуется гашения водой, при этом рассыпается в порошок

Наиболее целесообразно послойное распределение полной нормы извести: $\frac{2}{3}$ – $\frac{3}{4}$ под вспашку и $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{4}$ под предпосевную культивацию. При этом достигается лучшее взаимодействие мелиоранта с почвой, в том числе в верхнем слое, что особенно важно для молодых растений, наиболее чувствительных к кислотности. Дробное внесение извести проводят под картофель, лен и другие культуры, не переносящие избыток извести в почве, а также при недостатке известковых материалов, когда снижение нормы мелиоранта позволяет увеличить площади обработанных почв и тем самым повысить эффективность известкования в первые же годы после его проведения. При дробном внесении наиболее целесообразны половинные нормы мелиоранта. В этом случае через 7–8 лет необходимо повторное известкование половинной нормой извести.

Повторное и поддерживающее известкование. В результате вымывания кальция и магния из пахотного слоя почвы, потребления их растениями и выноса с урожаями, а также применения физиологически кислых минеральных удобрений почвы после известкования постепенно подкисляются. Последствием известкования почвы по полной гидролитической кислотности, как правило, продолжается 12–15 лет, по $\frac{2}{3}$ Нг – 7–8 лет, по $\frac{1}{2}$ Нг – 5–6 лет, а малых норм извести (1–2 т/га CaCO_3) – лишь 2 года. В связи с этим необходимо проводить повторное известкование. Нормы внесения мелиоранта при повторном известковании устанавливают теми же методами, что и для первоначального. Повторное и поддерживающее известкование проводят при снижении кислотности почв по сравнению с оптимальным уровнем на 0,5 рН_{KCl}. При отсутствии данных по агрохимическому обследованию почв можно использовать балансовый метод расчета кальция, нормы известковых материалов будут складываться из потерь кальция и магния из пахотного слоя почвы (в пересчете на CaCO_3), расхода извести на нейтрализацию физиологически кислых минеральных удобрений и выноса этих элементов с урожаем сельскохозяйственных культур.

Сочетание известкования с применением удобрений является необходимым условием их высокоэффективного применения на кислых почвах. Сочетание известкования почв с удобрением осуществляется как при их одновременной заделке в почву, так и при раздельном применении на одной и той же площади в разные годы. Известкование кислых почв повышает эффективность органических и минеральных удобрений. Однако одновременно с навозом нельзя вносить жженую или гашеную известь, цементную пыль, сланцевую золу, жженую доломитовую муку, т. к. это может привести к потерям из навоза аммиачного азота. Указанные известковые материалы заделывают в почву до разбрасывания органических удобрений. Известняковую и доломитовую муку, гажу и известковый туф можно запахивать вместе с органическими удобрениями. Их разбрасывают перед внесением последних.

Для того чтобы избежать потерь азота, нельзя смешивать и одновременно вносить в почву сланцевую золу, цементную пыль, негашеную и гашеную известь и другие, содержащие едкие соединения кальция, материалы, с аммиачными и аммонийными формами азотных удобрений. Известкование, снижая кислотность почвы, уменьшает растворимость и эффективность фосфоритной муки. Поэтому нельзя смешивать известь с фосфоритной мукой. Их следует вносить на разную глубину – известь при культивации, а фосфоритную муку при пахоте. Сначала необходимо заделать фосфоритную муку, чтобы она прореагировала с почвой, а в последующие годы – известь. Контакт фосфоритной муки с известью устраняется и при компостировании первой с навозом.

При известковании, чтобы создать в почвенном растворе оптимальное для питания растений соотношение между кальцием и калием, необходимо вносить калийные удобрения. Известь снижает подвижность бора, марганца, меди, цинка и кобальта в почвах. Поэтому эффективность микроудобрений содержащих эти микроэлементы на известкованных почвах выше, чем на не известкованных, кислых. На почвах, характеризующихся низким содержанием магния, следует использовать известковые материалы, содержащие этот элемент.

Организация известкования. Известкование – это длительно действующий прием, поэтому низкокачественное проведение экономически, агрономически и экологически неоправданно. Необходимо строго соблюдать рекомендуемые нормы, сроки и очередность внесения мелиоранта по полям севооборота, требования по равномерности внесения известковых материалов.

Скорость взаимодействия с почвой и эффективность известковых материалов из твердых пород в значительной степени зависят от тонины помола, так как в воде они очень слабо растворяются. Оптимальные размеры частиц известковых материалов могут колебаться в зависимости от прочности, их химического состава, физико-химических свойств известкуемых почв, продолжительности взаимодействия с почвой, биологических особенностей возделываемых культур. Наиболее высокие прибавки урожая сельскохозяйственных культур обеспечивают частицы мельче 1 мм. Действие известняковой муки с частицами в 3 мм на урожай культур снижается почти в 2 раза. Более благоприятное влияние на почву и урожай сельскохозяйственных культур оказывают известковые материалы, если их частицы мельче 0,25 мм. При укрупнении частиц действие этих мелиорантов снижается.

В зависимости от свойств применяемых известковых материалов, способов смешивания, расстояний их транспортировки, типа применяемых машин, финансовых возможностей сельскохозяйственных предприятий, можно использовать три технологии внесения известки: прямоточную, с перегрузкой материалов, и с их перевалкой. Транспортировка и внесение известковых материалов при прямоточной схеме выполняются разбрасывателями. Известковые материалы транспортируют до поля и разбрасывают по поверхности. Наилучшие показатели работы в этом случае имеют агрегаты с высокими транспортными скоростями – это автомобильные разбрасыватели. По технологии с перегрузкой предусматривается транспортировка мелиоранта, перегрузка его на поле в разбрасыватели с непосредственным внесением в почву. Эта схема применяется в случаях, когда прямоточная технология невозможна или затруднена из-за погодных, почвенных или дорожных условий. По схеме с перевалкой предусматривается перевозка мелиоранта различными транспортными средствами, выгрузка в кучи вблизи полей, требующих известкования, погрузка в разбрасыватели и внесение его в почву. Данная технология применима только для слабопыляющих материалов.

Технологические схемы известкования кислых почв выбирают применительно к имеющимся машинам, исходя из условий получения наилучших технико-экономических показателей их использования. Чтобы выполнить работы, необходимые для внесения известковых материалов, применяют, как правило, технологически связанный комплекс машин. Количественное соотношение машин внутри комплекса должно быть подобрано с учетом их производительности, расстояний перевозки и норм внесения мелиорантов.

Работы по химической мелиорации кислых почв проводятся на основании проектно-сметной документации, выдаваемой агрохимслужбой, где учи-

тываются: степень потребности почвы в известковании, полные нормы и разовые дозы известковых материалов, технология их внесения, сроки действия извести, затраты на известкование и технико-экономические расчеты.

При проведении известкования необходимо систематически осуществлять контроль за выполнением агротехнических требований по качеству работ. К таким показателям относятся: неравномерность разбрасывания по ширине захвата, отклонение от расчетной нормы, россыпи на поле и разворотных полосах и соблюдение технологических требований на разворотах. Наиболее важные из этих требований представлены в таблице 94.

Таблица 94 – Показатели для оценки качества работ при внесении известковых удобрений

Показатель	Оценка качества			
	отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
Неравномерность разбрасывания по рабочей ширине захвата агрегата с:				
а) центробежным разбрасывателем	$\leq \pm 15\%$	$\pm 16-20\%$	$\pm 21-25\%$	$> \pm 25\%$
б) пневматическим разбрасывателем	$\leq \pm 20\%$	$\pm 21-25\%$	$\pm 26-30\%$	$> \pm 30\%$
Отклонение от нормы Рабочая ширина захвата	$\leq \pm 3\%$ выдерживается	$\pm 4-5\%$ выдерживается	$\pm 6-10\%$ небольшие отклонения	$> \pm 10\%$ огрехи на стыках проходов

В период работы агрегатов на поле следует контролировать ширину разбрасывания, равномерность распределения мелиоранта и соблюдение нормы внесения. Величина отклонения ширины захвата не должна превышать $\pm 10\%$ от рекомендуемой; неравномерность разбрасывания – $< 25-30\%$. Проводить известкование на полях с невыровненной пашней и перед планировкой участков не рекомендуется. Не допускается известкование пылевидными материалами с использованием машин бокового дутья при скорости ветра > 5 м/с. При скорости ветра > 5 м/с центробежные разбрасыватели слабопылящих известковых материалов необходимо оборудовать ветрозащитными приспособлениями. Известкование в периоды плохой проходимости машин по полю разрешается лишь при соблюдении ими постоянной рабочей скорости на всей длине гона и на смежных гонах. Рассев пылевидных материалов необходимо проводить по направлению ветра, при этом машины должны двигаться перпендикулярно направлению ветра.

Известкуемые поля должны быть обработаны известью полностью, включая края и поворотные полосы. Огрехи при внесении известковых материалов по полю не допускаются. При заделке извести в почву должно быть обеспечено хорошее ее перемешивание со всем пахотным слоем. Мелиорант летом вносят на чистых паровых полях или после уборки парозанимающих культур. В осенний период проводят известкование в первую очередь на тех полях, где весной будут размещаться наиболее чувствительные к кислотности культуры. В виде исключения, при определенных ограничениях, можно проводить известкование зимой с последующей заделкой известковых материалов при весенней пахоте. Наиболее благоприятны для зимнего посева мелиоранта

безветренные дни. Известковать зимой следует, прежде всего, поля, на которых осенью были запаханы многолетние травы, а также культурные сенокосы и пастбища и те поля и участки, где затруднено внесение мелиорантов в другое время из-за сильной переувлажненности почв, плохих подъездных путей.

Известь нельзя рассеивать зимой по посевам озимых культур из-за возможного замерзания растений в колеях проходов агрегатов. Не допускается известкование во время оттепелей и распутицы, а также на затапливаемых весной площадях. Во избежание смыва известки тальми водами и сдувания ее с поверхности снега ветром зимнее известкование нельзя проводить на полях с уклоном более 3–5°, при скорости ветра более 4–5 м/с. Высота снежного покрова при зимнем известковании не должна превышать 30 см, иначе не будет обеспечиваться требуемая равномерность внесения известки по поверхности поля и резко снижается производительность агрегатов. Для зимнего известкования должны использоваться несмерзающиеся химические мелиоранты. Зимой не рекомендуется использовать для известкования мелиоранты с влажностью более 8 % из-за их смерзаемости и неравномерного распределения на поверхности поля. Чтобы предотвратить смерзание известковых материалов, их целесообразно при зимнем использовании смешивать с калийными удобрениями.

Известь не будет снесена ветром, если после внесения ее заделать в почву шлейфом или легкой бороной на глубину не менее 3–5 см. Рассеивать известь зимой по полю можно при температуре воздуха не ниже 10–12°C. Вносить известковые материалы можно также по посевам, соблюдая следующие условия: влажность почвы должна быть не более 20 %, глубина колеи разбрасывателя – не более 7 см, высота растений – не более 30 см, при этом на растениях не должно быть росы или влаги. Нельзя по посевам вносить жженую известь, жженный доломит и другие мелиоранты активного действия. На произвесткованных полях нельзя оставлять известковые материалы в местах их хранения и перегрузок.

3.2. Гипсование почв

Гипс, как удобрительное средство, был уже известен грекам и римлянам и употреблялся в глубокой древности у сарфов под именем «Дих».

И.А. Стебут, 1868

Солонцы и солонцеватые почвы занимают в нашей стране более 30 млн га, из них около 11 млн га – пашины. Солонцы широко распространены в южных районах Поволжья, в Западной и Восточной Сибири, на Южном Урале и на Северном Кавказе.

В.В. Кидин, 2015

Гипсование почв – метод коренной химической мелиорации солонцов и солонцеватых почв путем внесения кальциевых солей, преимущественно гипса с целью замены обменно-поглощенного натрия на кальций.

Солонцовые почвы отличаются рядом специфических, весьма неблагоприятных физических, водно-физических и физико-химических свойств. Большое количество натрия и магния в поглощающем комплексе солонцов сказывается отрицательно на их микробиологической активности и способствует диспергированию почвы, ее сильному набуханию и заплыванию при увлажнении,

уплотнению и растрескиванию на крупные прочные отдельности при высушивании. Реакция почвенного раствора у солонцов, как правило, щелочная.

Культурные растения неодинаково реагируют на щелочную реакцию почв и содержание в ней обменного натрия (табл. 95). Это необходимо учитывать для рационального использования солонцовых почв.

Таблица 95 – Относительная устойчивость растений к содержанию в почве обменно-поглощенного натрия и щелочной реакции почвенного раствора

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Абрикос	Вика	Айва
Апельсин	Клевер	Волоснец
Брюква	Лук	Донник
Груша	Люцерна	Житняк
Картофель	Морковь	Просо
Кукуруза	Овес	Пырей ползучий
Мандарин	Овсянка высокая	Регнерия волокнистая
Персик	Огурец	Рис
Подсолнечник	Пшеница	Свекла
Репка	Райграс	Суданская трава
Слива	Редис	Хлопчатник
Турнепс	Рожь	Ячмень
Фасоль	Салат-латук	Польнь черная
Чай	Сорго	Виноград
Черешня	Томаты	Лисохвост
Яблоня	Чеснок	Полевица

При освоении солонцов после их химической мелиорации для создания благоприятного агробиологического фона и повышения плодородия высевают солеустойчивые растения. К ним относятся донник, суданская трава, пырей ползучий, регнерия волокнистая, пырей сизый. По мере окультуривания солонцов хорошие урожаи начинает давать пшеница и сорго. Солонцеватость почвы снижает урожаи большинства сельскохозяйственных культур. А.И. Серый (1987) обобщил многочисленные экспериментальные данные разных авторов по влиянию солонцеватости на уровень плодородия почв (табл. 96).

Таблица 96 - Уровень плодородия почв различных природных зон в зависимости от степени их солонцеватости

Степень солонцеватости почв и подтип солонцов	Уровень плодородия почв различных зон		
	лесостепная	черноземно-степная	сухостепная
Несолонцеватые	1,00	1,00	1,00
Слабосолонцеватые	0,80	0,88	0,88
Среднесолонцеватые	0,71	0,68	0,68
Сильносолонцеватые	0,59	0,55	0,55
Солонцы глубокие	0,55	0,55	0,60
Солонцы средние	0,45	0,45	0,50
Солонцы мелкие	0,30	0,30	0,40
Солонцы корковые	0,15	0,15	0,25

При гипсовании почвы приобретают благоприятные агрономические свойства. Так, гипсование солонцов и засоленных рисовых почв улучшало их физико-химические свойства и в зависимости от фона минеральных удобрений повышало урожайность риса на 5,1–10,9 ц/га (табл. 97; Бугаевский В.К., Рымарь В.Т., 1985).

Таблица 97 – Влияние гипсования и минеральных удобрений на урожайность риса, ц/га

Вариант	Без фосфогипса		С фосфогипсом		Прибавка от фосфогипса
	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка	
Без удобрений	36,5	–	41,6	–	5,1
N ₄₅ P ₄₅ K ₁₂₀	42,9	6,4	49,2	7,6	6,3
N ₉₀ P ₂₂₅ K ₁₅₀	43,5	7,2	53,0	11,4	9,5
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₉₀	48,1	11,6	59,0	17,4	10,9

Гипсование получило значительное применение в зоне распространения солонцов. В разработке теоретического обоснования мероприятий по гипсованию солонцов сыграли труды К.К. Гедройца, В.А. Ковды, И.Н. Антипова-Каратаева, В.П. Бушинского, Д.Г. Виленского, К.Д. Глинки, К.П. Пака, Н.И. Усова и Н.И. Базилевича.

В зависимости от содержания обменно-поглощенного натрия почвы делят на следующие четыре группы: 1) *несолонцеватые* (при содержании натрия не более 5 % емкости катионного обмена), 2) *слабосолонцеватые* (5–10 %), 3) *солонцеватые* (10–20 %), 4) *солонцы* (более 20 %).

Солонцы в свою очередь подразделяются на: 1) *мелкие*, или *корковые*, у которых солонцовый горизонт залегает на глубине не более 7 см, 2) *средние* – с залеганием на глубине 7–15 см, и 3) *глубокостолбчатые* – с залеганием солонцового горизонта на глубине более 15 см. Солонцы, как правило, залегают отдельными пятнами.

Помимо солонцов встречаются засоленные почвы. По степени засоления (количество солей и глубина залегания соленосных горизонтов) их подразделяют на: 1) *слабосолончаковые* – солей >0,25 % на глубине 80–150 см, 2) *солончаковые* – солей >0,25 % на глубине 30–80 см, 3) *солончаковые* – соленосный горизонт на глубине 5–30 см, 4) *солончаки* – солей не менее 1 % в верхнем слое почвы.

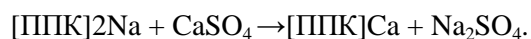
По характеру засоления и генезису выделяют две группы солонцов: *содовые* и *содово-сульфатные* (щелочные) лугового и лугово-степного типов, встречающиеся в основном в Черноземной зоне (Центрально-Черноземная зона, Западно-Сибирская низменность, некоторые районы Предкавказья и Поволжья и *хлоридно-сульфатные* и *сульфатно-хлоридные* (нейтральные), распространенные в зоне каштановых и бурых почв.

В содовых и содово-сульфатных солонцах, кроме обменно-поглощенного натрия, есть водорастворимые соли карбонатов и бикарбонатов натрия, обуславливающие высокую щелочность этих почв. Основным способом их коренного улучшения в зонах с достаточным увлажнением, т. е. с годовым количеством осадков более 300 мм является гипсование.

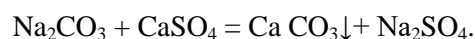
В хлоридно-сульфатных и сульфатно-хлоридных солонцах обменно-поглощенного натрия немного и нет соды. Эти солонцы можно окультуривать за счет карбонатов кальция самой почвы. Карбонатный слой у них, как прави-

ло, залегает на глубине 35–40 см. Этот агроприем называется самомелиорацией. Углекислая известь, а иногда и гипс карбонатного слоя перемещают в пахотный слой путем мелиоративной вспашки на глубину 40–50 см. Самомелиорацию используют, как правило, в районах с недостаточным увлажнением, т. е. с годовым количеством осадков менее 300 мм. Гипсование солонцов и мелиоративную вспашку необходимо сочетать с внесением органических удобрений, посевом трав, снегозадержанием на богарных землях и орошением.

Теоретической основой гипсования солонцов является их способность обменивать натрий почвенного поглощающего комплекса на кальций мелиоранта:



Одновременно устраняется щелочность почвенного раствора:



При образовании в почвенном растворе небольшого количества Na_2SO_4 он не оказывает вредного действия на растения. Однако при гипсовании солонцов, содержащих более 20 % натрия от емкости катионного обмена, в почвенном растворе появляется большое количество Na_2SO_4 , и его необходимо удалять из почвы орошением.

Внесенный в солонцовую почву гипс устраняет ее щелочную реакцию. Замена обменно-поглощенного натрия кальцием сопровождается коагуляцией почвенных коллоидов; образующиеся продукты разложения остатков биоценоза в присутствии кальция склеивают почвенные частицы, поэтому почва приобретает прочную комковатую структуру. Улучшаются физические и водно-физические свойства почвы, ее воздушный режим, облегчается механическая обработка. Устраняя щелочность и улучшая физические, водно-физические и физико-химические свойства почвы, ее воздушный и солевой режимы, гипсование создает благоприятные условия для жизнедеятельности почвенной микрофлоры. Оно способствует повышению численности почвенных микроорганизмов, в т. ч. азотобактера, нитрифицирующих, целлюлозоразрушающих и других микроорганизмов в пахотном слое солонца. Это в свою очередь, положительно влияет на содержание доступных растениям форм соединений биогенных элементов.

Для гипсования используют природные залежи гипса и других минералов, а также отходы промышленности. Из них наиболее широко в качестве химического мелиоранта используют гипс молотый и фосфогипс.

Гипс молотый ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) получается при размоле природных залежей гипса, содержит 32,56 % CaO , 46,51 % SO_4 и 20,93 % воды. Наиболее часто встречаются следующие разновидности гипса: гипсовый шпат (крупнозернистый или листоватый), волокнистый гипс (сединит), грубо- и мелкозернистый, чешуйчатый, плотный (залегающий монолитными и полупрозрачными массами), червеобразный и землистый (глиногипс, гажа).

В природном гипсе обычно присутствуют песок, глина, известь колчедан и другие примеси. В сельском хозяйстве используют так называемый сыромолотый гипс, получаемый без какой-либо дополнительной обработки добываемого в карьере материала (табл. 98).

Гипс – легкоизмельчаемый, безвредный для животных и растений продукт. Его растворимость в воде при 20°C составляет 2,05 г/л, при 32-41°C она повышается примерно на 10 %.

Таблица 98 – Основные показатели качества гипса, применяемого для гипсования солонцов

Показатель	Класс	
	А	В
Содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, %	≥ 85	≥ 70
Содержание влаги сверх кристаллизационной воды в пересчете на абсолютно сухое вещество, %	≤ 5	≤ 5
Плотный остаток (%) на сите с размером ячеек не более: 10 мм	нет	нет
5 мм	нет	2
1 мм	3,5	20
0,25 мм	25	48

Примечание. Если размалываемый камень имеет в своем составе ангидрид (CaSO_4), то его пересчитывают на двухводный гипс и учитывают в суммарном содержании двухводного гипса.

Фосфогипс – отход при производстве фосфорных удобрений. В соответствии с принятыми в Российской Федерации ТУ 113-08-418-94 фосфогипс должен соответствовать показателям, приведенным в таблице 99.

Таблица 99 – Агрохимическая характеристика фосфогипса

Показатель	Значение	
	1-й сорт	2-й сорт
Массовая доля $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в пересчете на сухой дигидрат, не менее	≥ 92	≥ 2
Массовая доля гигроскопической воды на момент отгрузки	≤ 6	≤ 20
Массовая доля водорастворимых фтористых соединений, в пересчете на фтор, не более	$\leq 0,4$	$\leq 0,3$
Массовая доля частиц (комков) размером:		
– более 10 мм*	нет	нет
– от 5 мм до 10 мм	≤ 1	≤ 20
– более 1 мм	≤ 6	не нормируется
Массовая доля кадмия, мышьяка, ртути, свинца и других токсичных элементов	должна выдерживать требования безопасности и охраны окружающей среды	

*При расчете норм фосфогипса его частицы крупнее 10 мм следует считать недействительными или балластом.

По своим характеристикам фосфогипс подразделяется на два класса, которые, имея одинаковую долю основного вещества ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), различаются по гранулометрическому составу и содержанию влаги. Следует отметить, что фосфогипс сорта 2 отличается менее благоприятными агрофизическими и химическими свойствами. Содержание макро- и микроэлементов в фосфогипсе, представлено в таблице 100.

Фосфогипс обладает хорошими агрофизическими свойствами (не слеживается, сыпуч, не гигроскопичен), позволяющими использовать его в качестве химического мелиоранта. При использовании фосфогипса в качестве химического мелиоранта следует отметить, что этот продукт обладает и ря-

дом отрицательных свойств, которые затрудняют его механизированное применение: при влажности выше 20 % он не сыпуч, при длительной транспортировке приобретает свойство разжижаться. Кроме того, фосфогипс может содержать вредные для растений соединения фтора. Поэтому технические условия на фосфогипс-дигидрат ограничивают содержание в нем влаги и водорастворимых соединений фтора (не более 0,3 % в пересчете на фтор).

Таблица 100 – Химический состав фосфогипса

Показатель	Содержание, % воздушно-сухой массы	Нормативные документы на методы испытаний
MgO	0,025	ПНД Ф* 16.1.42-04
SiO ₂	0,98	ПНД Ф 16.1.42-04
Р общ.(по P ₂ O ₅)	2,00	ПНД Ф 16.1.42-04
S общая	21,5	ПНД Ф 16.1.42-04
K ₂ O	<0,001	ПНД Ф 16.1.42-04м
CaO	37,12	ПНД Ф 16.1.42-04
TiO ₂	0,007	ПНД Ф 16.1.42-04
V	<0,001	ПНД Ф 16.1.42-04
Cr	<0,001	ПНД Ф 16.1.42-04
Mn	0,001	ПНД Ф 16.1.42-04
Ni	0,0002	ПНД Ф 16.1.42-04
Cu	0,0008	ПНД Ф 16.1.42-04
Zn	0,0003	ПНД Ф 16.1.42-04
Y	0,0014	ПНД Ф 16.1.42-04
Zr	0,0075	ПНД Ф 16.1.42-04
La	0,02	ПНД Ф 16.1.42-04
Ce	0,046	ПНД Ф 16.1.42-04

ПНД Ф – Природоохранные нормативные документы федеральные

Для химической мелиорации солонцов можно применять также *сернокислое железо, серу, серную кислоту* – отходы промышленности, действующие на солонцовых почвах так же, как гипс, только не обогащающие почву кальцием. Не менее эффективны дефекал и хлористый кальций. Количество мелиорантов, эквивалентных гипсу, определяют с помощью коэффициентов, представленных в таблице 101.

Для проведения гипсования, прежде всего, необходимо установить потребность в нем, рассчитать норму мелиоранта и определить приемы внесения. При определении потребности в гипсовании необходимы результаты агрохимических анализов почвы и полевых опытов в районе проведения гипсования.

Таблица 101 – Количество мелиорантов в виде чистых веществ, эквивалентное 1 т основного вещества гипса

Мелиорант	Химическая формула	Коэффициент эквивалентности гипсу
Гипс	CaSO ₄ ·2H ₂ O	1,00
Фосфогипс	CaSO ₄ ·2H ₂ O	1,00
Сульфат железа	FeSO ₄ ·7H ₂ O	1,62
Сера		0,19
Серная кислота	H ₂ SO ₄	0,57
Хлористый кальций	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,85
Дефекал	CaCO ₃	0,58

Норму гипса рассчитывают по содержанию обменного натрия в пахотном слое почвы или в солонцовом горизонте В₁, где его количество достигает максимальных значений. Однако экспериментально установлено, что не весь обменно-поглощенный натрий одинаково действует на свойства почвы и жизнедеятельность растений. Наиболее вреден натрий, связанный с почвенными коллоидами. Поэтому при расчете нормы гипса часть обменно-поглощенного натрия не принимается в расчет. Для луговых и лугово-степных солонцов за предел содержания неактивного натрия принимают 10 % от емкости катионного обмена почвы, для степных солонцов хлоридно-сульфатного типа засоления – 5 %. Существует несколько методов установления оптимальных норм гипса. Ее рассчитывают по:

- 1) количеству обменно-поглощенного натрия;
- 2) методу «донасыщения»;
- 3) порогу коагуляции коллоидной фракции почв.

1. Для расчета нормы гипса **по количеству обменно-поглощенного натрия** используют формулы И.Н. Антипова-Каратаева:

- а) для малонатриевых солонцовых почв хлоридно-сульфатного засоления:

$$H_{\Gamma} = 0,086 Na^{+} \cdot h \cdot dv;$$

- б) для средне- и многонатриевых:

$$H_{\Gamma} = 0,086 (Na^{+} - 0,1T) \cdot h \cdot dv;$$

- в) для солонцов содового засоления:

$$H_{\Gamma} = 0,086 [(Na^{+} - 0,1T) + (S - 1,0)] \cdot h \cdot dv;$$

г) для малонатриевых солонцов с повышенным содержанием обменно-поглощенного магния:

$$H_{\Gamma} = 0,086 [(Na^{+} + (Mg^{++} - 0,03T))] \cdot h \cdot dv;$$

где: H_{Γ} – норма гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), т/га;

Na^{+} – содержание обменно-поглощенного натрия, мг-экв/100 г почвы;

Mg^{2+} – содержание обменно-поглощенного магния, мг-экв/100 г почвы;

T – емкость катионного обмена, мг-экв/100г почвы;

h – мощность мелиорируемого слоя, см;

dv – плотность почвы, г/см³;

0,086 – содержание гипса, соответствующего его 1 мг-экв, г;

0,1 (0,03) – допустимое содержание обменно-поглощенного натрия (магния) в долях T (ЕКО);

S – содержание $CO_3 + HCO_3$ в водной вытяжке, мг-экв/100 г почвы.

При отсутствии данных по плотности почвы в расчетах нормы мелиоранта можно использовать величины: для надсолонцового и пахотного горизонта ($A_{\text{пах}}$) – 1,2 г/см³; солонцового (В1) и подсолонцового (В2) – 1,5 г/см³.

Содержание обменно-поглощенного натрия в солонцовых почвах определяют следующими методами:

1) при емкости катионного обмена (ЕКО) солонцовых почв <30 мг-экв/100 г – методом Пфедффера в модификации Молодцова и Игнатовой;

2) при ЕКО >30 мг-экв/100 г почвы и отсутствии гипса – предварительным удалением солей по Молодцову и Игнатовой с последующим вытеснением обменных катионов реактивом Таккера;

3) независимо от ЕКО любых горизонтов солонцовых почв – суммарным извлечением обменно-поглощенного и водорастворимого натрия реак-

тивами Гейдройца, Шолленбергера и Таккера с последующей коррекцией на содержание водорастворимого натрия по данным вытяжки (Хитров Н.Б., Познизовский А.А., 1990).

2. **Методом «донасыщения»** определяется потребность в кальции для конкретного солонцового пятна в сравнении со средней для зоны потребностью в нем несолонцовой зональной почвы (Березин Л.В., Градобоева В.Ф., Елкина В.С., 1973). Вычитая из величины потребности солонца в кальции величину его поглощения, типичную для почв данной зоны, рассчитывают необходимую норму мелиоранта для достижения оптимального соотношения поглощенных катионов в данном почвенно-мелиоративном районе:

$$НГ = 0,086(a-v) \cdot h \cdot dv;$$

где: $НГ$ – норма мелиоранта, т/га;

a – количество кальция, поглощенное солонцом, мг-экв/100 г почвы;

v – количество кальция, поглощенное зональной почвой, мг/100 г почвы;

h – мощность мелиорируемого слоя;

dv – плотность почвы, г/см³.

Для солонцов мощность мелиорируемого слоя (h) – 20 см. Мелиорировать слой большей мощности целесообразно с мелиоративной точки зрения, но экономически нерентабельно. При отсутствии данных по плотности солонцовых почв (dv) можно пользоваться средними показателями для: корковых солонцов – 1,3 г/см³; мелких – 1,2 г/см³; средних – 1,1 г/см³.

3. **По порогу коагуляции коллоидных фракций** можно рассчитывать норму мелиоранта для малонатриевых, но высокодисперсных солонцовых почв. Метод основан на определении минимальной нормы мелиоранта, необходимой для снижения дисперсности солонцовых почв.

Методика. Навески почвы по 0,5 г, пропущенную через сито с диаметром отверстий 0,25 мм, помещают в мерные цилиндры объемом 250 мл; добавляют насыщенный раствор гипса от 1 до 20 мл; перемешивают; оставляют на 1 ч для взаимодействия раствора гипса и почвы; после чего все цилиндры доливают до метки (250 мл) и оставляют на сутки. Через 24 ч сливают без взмучивания суспензию специальной пипеткой объемом 25 мл. Слитый из каждого цилиндра объем (25 мл) суспензии перемешивают и измеряют оптическую плотность (D) на приборе ФЭК-М или КФК-2 с желтым светофильтром № 7 при длине волны 580-610 нм, используя кюветы с толщиной измеряемого слоя в 1 см. По данным оптической плотности строят график дисперсионных кривых: на оси ординат откладывают значения оптической плотности (D), на оси абсцисс – количество мл насыщенного раствора гипса (мелиоранта).

На кривой остаточной дисперсности может быть не 1, а 2 порога коагуляции. 1-ый порог коагуляции соответствует минимальной норме мелиоранта, необходимой для снижения дисперсности солонцовых почв и улучшения ее агрофизических параметров; 2-ой порог коагуляции – максимальному замещению обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе. Норму гипса (мелиоранта) для коагуляции высокодисперсных частиц рассчитывают по формуле:

$$НГ = \frac{4,3 \cdot a \cdot v \cdot dv \cdot h \cdot 10}{C}$$

где: $НГ$ – норма гипса, т/га;

4,3 – коэффициент пересчета на гипс ($4,3 = (M \cdot CaSO_4 \cdot 2H_2O) / M \cdot Ca$, где: M – молекулярная масса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$; $M \cdot Ca$ – молекулярная масса Ca);

a – концентрация кальция в насыщенном растворе гипса, мг/л;
 v – объем насыщенного раствора гипса, соответствующий 1-му порогу коагуляции на дисперсионной кривой;
 dv – плотность почвы, г/см³;
 h – мощность мелиорируемого слоя, см;
 10 – коэффициент пересчета (в т/га);
 C – навеска почвы, г.

В мелиорантах применяемых для гипсования почв содержится неодинаковое количество сульфата кальция, поэтому для внесения вычисленной нормы гипса ($N_{д.в.}$) потребуется различное их количество удобрений в зависимости от содержания в них $CaSO_4$. Фактическую норму мелиоранта определяют ($N_{ф}$) по следующей формуле:

$$N_{ф} = \frac{N_{д.в.} \cdot 100}{\% \text{ д. в. удобрения}}$$

Если содержание обменно-поглощенного натрия в почве неизвестно, то можно применять следующие ориентировочные нормы гипса: в зоне каштановых и бурых почв на солонцеватых почвах 1–3 т/га, на средне- и глубокостолбчатых солонцах 3–5 и на корковых (хлоридно-сульфатные солонцы) 5–8 т/га; в зоне черноземных почв на средне- и глубокостолбчатых солонцах 3–4 т/га (a при наличии соды – 5–10), на корковых содовых солонцах 8–10 т/га и более (при незначительной щелочности 3–4); на солонцеватых почвах гипсование редко дает устойчивый эффект. Большие нормы гипса можно вносить постепенно, в течение 2–3 лет. В орошаемых почвах расчетные нормы мелиоранта снижают на 25–30 %.

Гипсование солонцов и солонцеватых почв в Черноземной зоне эффективно только при залегании грунтовых вод глубже 1,5 м, т. к. при более близком их расположении возможны вторичные процессы осолонцевания и образование вредных для растений сульфидов. Гипсование комплексных солонцовых массивов проводят поэтапно. Сначала вносят гипс, рассчитанный для солонцеватых и содово-солончаковых почв, затем такую же норму – на солонцовых пятнах. При общей площади солонцовых пятен более 50 % земельных угодий и их залегании на фоне сильносолонцеватых или сильносолончаковых содовых почв рассчитанную по солонцам норму гипса дают сразу на всю площадь.

В зависимости от глубины залегания солонцового горизонта рекомендуются разные способы внесения гипса в почву. На глубоких солонцах, где во время вспашки с оборотом пласта солонцовый горизонт не извлекается на поверхность почвы, $\frac{2}{3}$ установленной нормы гипса вносят под вспашку, $\frac{1}{3}$ – поверхностно под культивацию. На мелких, или корковых, солонцах весь гипс вносят после вспашки почвы и заделывают культиватором, на средне- и глубокостолбчатых солонцах, в которых солонцовый горизонт залегает на глубине 7–20 см, его применяют в два приема – часть вносят под вспашку, а другую часть – после вспашки и заделывают культиватором. Чем больше солонцового горизонта выворачивается при вспашке на поверхность, тем больше гипса вносят после вспашки. На глубокостолбчатых солонцах, где солонцовый горизонт расположен на глубине более 20 см, всю норму гипса вносят перед вспашкой и этот агроприем проводят плугом с предплужником.

Учитывая, что растворимость гипса сильно зависит от влажности почвы, необходимо правильно установить сроки гипсования солонцов и поле севооборота для выполнения этого агроприема. При богарном земледелии

лучшие условия для растворения гипса в почве создаются в чистых парах, поэтому весь гипс или его большую часть вносят непосредственно перед вспашкой парового поля. В сельскохозяйственных предприятиях, где в севооборотах нет чистых паров, гипс вносят под пропашные культуры осенью, при зяблевой вспашке. В кормовых севооборотах гипс следует вносить на поля, отводимые под посев многолетних трав.

Действие гипса наиболее полно проявляется на почве, богатой органическим веществом. Поэтому целесообразно сочетать гипсование солонцов с внесением навоза, компоста или с заашкой сидератов. Мелиоративное влияние гипса на почву в таких случаях резко возрастает благодаря увеличению количества углекислоты в почвенном воздухе и растворе.

Гипс вывозят в поле в день его заашки. Сначала разбрасывают навоз из расчета 30–40 т/га, а затем гипс. Агротехнические требования к внесению гипса такие же, как и к внесению известковых мелиорантов. Внесение гипса (фосфогипса), относящегося к слабопылящему мелиоранту, производятся кузовными разбрасывателями с центробежными рабочими органами – тракторными прицепами и автомобильными разбрасывателями. Наиболее оптимальный срок внесения мелиорантов – лето и начало осени. В зимний период на участках, где внесен гипс, обязательно проводят снегозадержание. На пологих склонах для повышения увлажненности гипсованных почв большое практическое значение имеет бороздование поперек склона. С этой же целью можно рекомендовать мульчирование.

Вопросы для самоконтроля

1. Отношение разных сельскохозяйственных культур и микроорганизмов к реакции почв и известкованию.
2. Действие извести на почву.
3. Влияние известкования на эффективность удобрений.
4. Баланс кальция в системе почва-растение и приемы его регулирования.
5. Определение нуждаемости почв в известковании.
6. Методы расчета норм извести.
7. Известковые удобрения.
8. Способы и сроки внесения извести в почву. Длительность действия извести.
9. Эффективность и особенности известкования в различных севооборотах.
10. Мелиорирование щелочных почв.
11. Методы расчета норм гипса.
12. Химические мелиоранты, используемые на засоленных почвах.

4. ФИЗИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Главная роль в повышении сбора высококачественной продукции принадлежит приемам рационального использования почвенного плодородия и удобрений.

Г.П. Гамзиков, 1989

Характерной особенностью наступившего XXI в. является сужение вследствие роста народонаселения, урбанизации и активной техногенной деятельности человека жизненного пространства, в том числе земельного фонда. Это еще больше обострило продовольственную проблему на планете. Для ее решения необходимо повысить продуктивность сельскохозяйственных культур. Одним из путей достижения этой цели является оптимизация питания растений путем совершенствования системы удобрения. Эта задача должна быть реализована одновременно с повышением коэффициента использования растениями элементов питания из удобрений. В этой ситуации важное значение приобретают внесение в почву цеолитов, применение бактериальных препаратов, ингибиторов нитрификации, регуляторов роста растений, а также широкого использования таких агрохимических приемов как дефолиация, десикация и сеникация.

4.1. Цеолиты, бактериальные препараты и регуляторы роста растений

4.1.1. Цеолиты

Цеолиты улучшают свойства почвы: они сорбируют ионы аммония и калия, сохраняют влагу, предотвращают заболевания корней растений, служат источником микроэлементов.

А.А. Ермолов, 1987

Цеолиты относятся к группе щелочных и щелочноземельных алюмосиликатов, преимущественно кальция и натрия, реже калия и бария. Их насчитывается около 40 видов: амицит, баррерит, бикитаит, брүстерит, гармотом, гарронит, гейландит, гмелинит, гоннардит, дакиардит, жисмондин, каулсит, клиноптилолит, левин, ломонтит, маццит, мезолит, мерлиноит, морденит, натролит, оффретит, паулингит, силикалит, сколецит, стеллерит, стильбит, томсонит, феррьерит, филлипсит, фожазит, шабазит, эдингтонит, эпистильбит, эрионит, югаваралит.

Цеолиты найдены в осадочных, вулканических и метаморфических породах во многих районах Земного шара. Они образуются при умеренных температурах и давлениях и имеют ограниченное поле стабильности, в связи с чем редко встречаются в породах древнее мезозойских. Наиболее широко распространены цеолиты в осадочных породах (морденит, клиноптилолит, филлипсит, шабазит, эрионит), где их протяженность и мощность может достигать несколько километров. Цеолиты встречаются во многих литических и полевошпатовых песчаниках в ассоциации с обломочными породами палеозойского и миоценового возраста. Цеолиты с хорошо развитыми кристаллическими агрегатами найдены в полостях и пустотах изверженных вулканиче-

ских пород, в основном в базальтах. Судя по всему, они являются результатом позднего отложения из флюидов, которые проникли в базальты после их кристаллизации. Метаморфические цеолиты образуются в основном за счет высокорекрационных вулканических стекол, ферромагнитных минералов и диагенетических цеолитов, которые могут присутствовать в первичных осадочных породах. Обнаруживают цеолиты и в морских илах, что свидетельствует об их образовании в водной среде при наличии соответствующих условий для синтеза из растворов. Это не единственный путь возникновения цеолитов, а может быть, и не главный. В илах находят также гейландит (клиноптилолит), но он имеет терригенное* происхождение и с поверхности суши смывается в водоемы. При этом в илах он сосредоточен в наиболее мелкой фракции (<2 мкм). Обнаружены цеолиты также в пресноводных и соленых озерах, лагунах. Возможно также образование цеолитов в результате взаимодействия поровых растворов.

В настоящее время известно около 1000 месторождений тех или иных разновидностей цеолитов более чем в 40 странах мира. Вулканоогенно-осадочные месторождения цеолитов, имеющие промышленное значение, впервые стали разрабатываться в США и Японии в середине 50-х гг. XX столетия. Богатые месторождения этих минералов обнаружены во Франции, Болгарии, Венгрии и многих странах африканского континента. На территории Российской Федерации и стран ближнего зарубежья потенциальные ресурсы цеолитов составляют несколько миллиардов тонн; разведанных запасов – более 1 млрд. 804 млн. т. Залегают они в основном в Закарпатье (Сокирницы, Водичи, Липча), Кемеровской области (р. Пегас), Приморском и Хабаровском краях (Чугуевское, Середочное и Угольное месторождения), на Сахалине (Лютюгское), Камчатке (Ягоднинское), в Туве, Якутии и Бурятии. На Северном Кавказе также широко распространены цеолитсодержащие породы, являющиеся сырьем многоцелевого использования. Наиболее изученными, перспективными и доступными являются цеолитсодержащие образования палеогена, которые прослеживаются с запада на восток (более 300 км) вдоль северных предгорий Кавказа. Большие залежи цеолитов встречаются вблизи г. Хадыженска и в Крымском районе Краснодарского края.

Представление о химическом составе природных цеолитов дают данные таблицы 102 (Яковлев Е.Н., Нагорокава Л.М., Завойская О.А. и др., 1990).

Таблица 102 – Содержание главных оксидов в цеолитах, %

Тип цеолитовых руд	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
Клиноптилолит	68,8	12,0	2,80	3,4	2,10	0,95	1,59
Морденит	71,8	12,7	1,47	5,8	1,43	0,34	1,88
Гейландит	70,1	10,6	1,70	6,0	3,30	0,80	4,40

Основным критерием, положенным в основу классификации цеолитов, служат структурные характеристики, связанные с морфологией кристаллов. Согласно этой классификации, цеолиты делятся на три основные группы: 1) трехмерные каркасные структуры типа филлипсита и шабазита; 2) волокнистые структуры, образованные цепями тетраэдров, слабо связанных между

* Терригенное – (от лат. terra – земля и греч. genes – рожденный) – обломочные составные части осадочных горных пород

собой в продольном направлении, – например, натролит; 3) пластинчатые структуры, образованные тетраэдрами, сильно связанными в одной плоскости и слабо – в перпендикулярном направлении, – например, гейландит, клиноптилолит. Существует и другая классификация цеолитов, основанная на топологии каркаса. В данном случае каждый каркас изображается в виде отдельных структурных единиц, например, колец тетраэдров. Далее эти конструкции группируются так, чтобы образовать легко идентифицируемые полиэдры или «блоки» структуры. Эта классификация представляет интерес с точки зрения промышленного использования цеолитов.

Термин «цеолиты» известен в научной литературе с середины XIX в. Так, Дж. Уэй в 1850 г. писал, что поглощение катионов почвами осуществляется за счет перегной и цеолитов. Под последними автор понимал компонент почвы, растворимый в соляной кислоте. Природу поглощения он объяснял химической реакцией между твердой фазой почвы и соевым раствором. Несколько позднее Ван Беммелен (1876) объяснял поглощение катионов присутствием в почве полуразложившихся останков организмов, гумуса, гидроксидов железа, коллоидной кремнекислоты и аморфных цеолитоподобных силикатов. В свою очередь, К.К. Гедройц (1935) считал, что главными носителями поглощательной способности почв являются органические, органо-минеральные и минеральные коллоиды. Последние он называл цеолитной частью почв. Из вышесказанного не вполне ясно, что же понималось первоначально под термином «цеолиты»: отдельные минералы или часть неорганических компонентов почв. Впервые ясность в этот вопрос внес К.Д. Глинка (1906), который называл цеолитами индивидуальные минералы определенного химического состава. По своей химической природе они представляют собой кристаллические алюмосиликаты каркасного строения.

Цеолиты состоят из алюмокислородного каркаса, содержащего пустоты и каналы, в которых расположены катионы щелочных и щелочноземельных металлов и молекулы воды. При осторожном нагревании «цеолитовую воду» можно полностью удалить без нарушения структуры минералов. В этом состоит коренное отличие цеолитов от минералов, содержащих конституционную воду, выделение которой возможно лишь при разрушении всей структуры. При нагревании цеолиты вспучиваются. Легкость, с которой вода выходит из цеолитов даже при незначительном нагревании, определила название этого минерала: от греч. *zeo* – «кипеть» + *litos* – «камень». Катионы и вода, связанные с каркасом, могут быть частично или полностью замещены или удалены в процессе ионного обмена и дегидратации. После удаления воды минерал становится как микропористая «губка» с объемом пор до 50 %. Это и создает высокую емкость катионного обмена, что предопределяет особую ценность этого минерала для обеспечения длительного питания растений. У различных цеолитов обменная емкость катионов достигает 1–5 ммоль-эк/г массы. Второе весьма важное свойство цеолитов – их селективность в отношении к катионам. Обмен катионов происходит с выраженной избирательностью к крупным катионам NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} . Отмечается также их постоянная избирательность к Na^+ . На цеолитах осаждаются остатки пестицидов, спирты, сероводород и ионы тяжелых металлов. Последнее особенно важно для сельскохозяйственной рекультивации земель вдоль автомагистралей с интенсивным движением, где содержание меди, цинка, свинца значительно превышает ПДК.

В целом цеолиты после насыщения NH_4^+ можно рассматривать, как комплексное удобрение длительного действия, включающие помимо азота

K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и многие микроэлементы самого цеолита. Осаждение иона аммония в каналах предотвращает его нитрификацию и снижает потери азота из внесенных удобрений и почвы. Велика роль цеолита и как пролонгатора минеральных и органических удобрений. Поглощая внесенные в почву химические элементы, он предохраняет их от вымывания и затем постепенно возвращает в почвенный раствор.

Молекулярно-ситовые и каталитические свойства цеолитов определяют широкие возможности использования их для повышения плодородия почв и продуктивности тепличных субстратов, а также для улучшения экологической обстановки окружающей среды. Особенно эффективно использование цеолитсодержащих субстратов в тепличном хозяйстве. С агрономической и производственной точек зрения цеолитовые субстраты отличаются хорошими физическими свойствами, длительностью эксплуатации, отсутствием сорняков, стерильностью и хорошим эстетическим видом. У тепличных растений формируется мощная корневая система, наблюдается более быстрое развитие и плодоношение. Причем, такие субстраты можно использовать на территориях, не пригодных для земледелия.

Весьма эффективным является применение цеолитов в орошаемом земледелии, в частности, в рисоводстве. Являясь активным сорбентом аммонийного азота, они обеспечивают его временную консервацию в почве и сокращение потерь с фильтрационными и сбросными водами. Согласно нашим данным, полученным в лабораторном опыте, внесение азотного удобрения в количестве, соответствующем полевой норме 120 кг/га, вместе с увеличением в почве подвижных его форм вызывало и повышение потерь (табл. 103). В сбросных водах количество аммонийного азота возрастало в 4,2 раза, а нитратного — в 1,5 раза по сравнению с вариантом без удобрений. Внесение цеолита (Ц) в количестве 50 % от массы азотного удобрения способствовало снижению потерь азота со сбросными водами. При использовании цеолита, измельченного до 0,5–1,0 мм, в сбросных водах было обнаружено 3,02 мг/л аммонийного азота и 19,1 мг/л — нитратного; до 1–2 мм — соответственно 2,91 и 18,75 мг/л. Внесение мелиоранта с частицами более крупного размера было менее эффективно.

Таблица 103 – Содержание азота в сбросных и фильтрационных водах рисовых оросительных систем при внесении цеолита, мг/л

Цеолиты	N–NH ₄			N–NO ₃		
	размер частиц цеолитсодержащей породы, мм					
	0,5–1	1–2	2–3	0,5–1	1–2	2–3
Сбросные воды						
Без удобрений	0,86	0,86	0,86	14,3	14,3	14,3
N ₁₂₀	3,64	3,64	3,64	21,13	21,13	21,13
N ₁₂₀ +Ц 50 %	3,02	2,91	2,99	19,1	18,75	19,00
N ₁₂₀ + Ц 100 %	2,64	2,34	2,40	18,80	17,70	17,80
N ₁₂₀ + Ц 150 %	2,61	2,31	2,36	18,15	17,12	17,24
Фильтрационные воды						
Без удобрений	0,91	0,91	0,91	15,06	15,06	15,06
N ₁₂₀	3,80	3,80	3,80	23,05	23,05	23,05
N ₁₂₀ +Ц 50 %	3,20	3,00	3,10	20,20	19,80	20,00
N ₁₂₀ + Ц 100 %	2,79	2,64	2,70	19,32	18,16	18,39
N ₁₂₀ + Ц 150 %	2,69	2,54	2,62	19,13	18,14	18,12

Увеличение нормы цеолита в 2 раза (100 % к физической массе азотного удобрения) способствует достоверному снижению потерь аммонийного азота: его количество в сбросных водах составляло 2,64 мг/л при использовании цеолита, размолотой до частиц 0,5–1,0 мм, 2,34 мг/л — 1–2 мм и 2,40 мг/л — до частиц размером 2–3 мм. Аналогичное влияние он оказывает и на потери нитратного азота. Исключение составил цеолит с частицами 0,5–1,0 мм. В этом варианте не было отмечено достоверного уменьшения его количества в сбросных водах по сравнению с вариантом $N_{120} + Ц 50 \%$. Частицы 1–2 и 2–3 мм способствовали снижению содержания нитратов в сбросных водах до 17,70 и 17,80 мг/л соответственно. Повышение нормы цеолита до 150 % от массы азотного удобрения уменьшает потери аммонийного и нитратного азота со сбросными водами по сравнению с нормой в 100 % от массы азотного удобрения, но незначительно.

Внесение цеолита положительно сказывается и на сокращении потерь азота с фильтрационными водами. Существенных различий по количеству аммонийного азота между вариантами с мелиорантом не обнаружено. Однако, независимо от нормы цеолита, сокращение потерь азота по сравнению с вариантом N_{120} было достоверным. Также не обнаружено значительных различий при использовании различных фракций цеолита. Вместе с тем, четко прослеживалась тенденция преимущества нормы в 100 % от массы азотного удобрения и тонины помола 1–2 мм. Цеолит способствует сокращению потерь нитратного азота с фильтрационными водами независимо от нормы и размера частиц. При размоле породы до 0,5–1,0 мм достоверных различий между нормами не обнаружено, хотя и отмечена тенденция в преимуществе варианта с внесением 100 % цеолита. При использовании цеолита с размером частиц 1–2 и 2–3 мм достоверно сокращаются потери нитратного азота в варианте $N_{120} + Ц 100 \%$, по сравнению с N_{120} , $N_{120} + Ц 50 \%$ и $N_{120} + Ц 150 \%$. При внесении цеолита уменьшается содержание аммонийного и нитратного азота в дренажных водах соответственно на 30,5–35,7 % и 16,0–21,2 %. Использование его под рис позволяет вносить азотные удобрения за один прием и уменьшить их норму на 25–30 % без снижения урожайности.

Внесение цеолитов под рис положительно сказывается на содержании в растениях элементов минерального питания и повышает вынос их урожаем основной и побочной продукции. Под их воздействием увеличиваются коэффициенты использования рисом азота на 6,2–24,6 %, фосфора 2,8–7,6 % и калия на 6,8–30,4 %. Включение цеолита в систему удобрения риса способствуют более интенсивному росту растений риса: у них увеличиваются высота стебля и длина корней, масса надземных и подземных органов, длина метелки и продуктивная кустистость. Цеолит усиливает фотосинтетическую деятельность растений в результате увеличения площади ассимиляционной поверхности листьев и обеспеченности их пластидными пигментами, повышения интенсивности и чистой продуктивности фотосинтеза.

Применение цеолитов способствует росту урожайности зерна риса на 5,0–5,7 ц/га. Увеличение урожая происходит в результате повышения продуктивности метелки за счет снижения пустозерности и возрастания выполненности зерновок. Внесение цеолитов под рис позволяет улучшить биохимические и технологические показатели качества зерна: содержание в зерне белка повышалось на 0,33–0,35 %; крахмала — 0,61–1,31; стекловидность — 0,5; выход крупы — на 1,5–2,0 %; трещиноватость снижалась на 0,5 %, пленчатость — 0,2–0,8, зольность на 0,18–20 %.

4.1.2. Бактериальные препараты

Бактериальные удобрения – препараты, в которых содержатся полезные почвенные микроорганизмы; при внесении бактериальных удобрений в почву в зоне корней растений создаются очаги этих микроорганизмов, что усиливает биохимические процессы в почве и улучшает корневое питание.

Л. Доросинский, 1969

Почва заселена огромным количеством микроорганизмов – бактериями, актиномицетами, грибами, водорослями, вирусами и бактериофагами. Общее число микроорганизмов в 1 г почвы доходит до десятков миллиардов, а их масса в 0–20 см ее слое составляет около 10 т/га. Микроорганизмам принадлежит ведущая роль в разложении растительных остатков, синтезе и деструкции гумуса, формировании фитосанитарного состояния почвы, накоплении в ней биологически активных веществ (регуляторы роста растений, а также соединения, подавляющие развитие патогенов), фиксации атмосферного азота. Во многих случаях, все эти вещества микроорганизмы синтезируют для себя, однако, выделяя их в почву в процессе жизнедеятельности, предоставляют жизненно важные соединения для растений. Известны симбиотические взаимодействия, когда растения и бактерии образуют взаимовыгодное сообщество. Уровень потенциального и эффективного плодородия почвы в значительной мере обуславливается интенсивностью и направленностью перечисленных выше процессов, что, в свою очередь, регулируется численностью соответствующих микроорганизмов в почве. Для ее увеличения применяют бактериальные препараты, содержащие определенные виды полезных бактерий. В настоящее время выделены из естественных условий и созданы методами микробиологической селекции штаммы ассоциативных микроорганизмов земледобрильных групп, которые, обитая в прикорневой зоне растений, способны повышать плодородие почвы за счет фиксации атмосферного азота и увеличения усвояемости фосфора и других биогенных элементов, переводя их в доступные формы соединений. Рациональное сочетание биосредств различной направленности позволяет получать стабильные урожаи, обеспечивая при этом воспроизводство почвенного плодородия и улучшение фитосанитарного состояния почвы. Включение в агротехнологии микробиологических препаратов способствует:

- оздоровлению семян, повышению всхожести и более быстрому появлению всходов;
- улучшению микробоценоза почвы;
- ускорению трансформации остатков биоценоза;
- очищению почвы от загрязнителей и увеличению ее эффективности;
- повышению содержания в почве легкоусвояемых растениями форм элементов;
- повышению устойчивости растений к неблагоприятным внешним воздействиям;
- самопроизвольной регуляции температурного режима почвы;
- увеличению эффективности минеральных удобрений;
- повышению качества продуктов и увеличению урожайности;
- снижению риска заражения корней грибковыми заболеваниями и растений вредителями;
- восстановлению естественного плодородия почвы.

В связи со свойствами отдельных видов микроорганизмов и особенностями их культивирования технология изготовления бактериальных препаратов не-

одинакова. Однако, несмотря на все различия, действующим началом в них являются микроорганизмы, жизнедеятельность которых в почве способствует улучшению условий корневого питания растений. Общей целью производства этих препаратов является стремление накопить в них возможно большее количество жизнеспособных, активных бактерий. Второе требование – все бактериальные препараты должны сохранять свои свойства не менее чем 9–12 месяцев со дня их изготовления. Наконец, технология производства бактериальных препаратов должна быть как можно более простой, нетрудоемкой, а используемые материалы – дешевы и недефицитны. Наиболее распространенными бактериальными препаратами являются нитрагин, азотобактерин, фосфобактерин, силикатные бактерии, АМБ и цианобактерин (сине-зеленые водоросли).

Нитрагин – бактериальный препарат, содержащий активные расы клубеньковых бактерий – *Bacterium radicicola*, которые живут на корнях бобовых растений и усваивают азот из воздуха, используя при этом поступающие к корням углеводы. Чистая культура клубеньковых бактерий была выделена М. Бейеринком в 1888 г., а в 1896 г. препарат нитрагин впервые получен в Германии. Клубеньковые бактерии – это грамотрицательные аэробные подвижные палочки размером 0,5–0,9×1,2–3,0 мкм. Каждой бобовой культуре соответствуют специфичные для нее клубеньковые бактерии, интенсивно поглощающий азот атмосферы. Поэтому в зависимости от культуры, под которую его используют, нитрагин должен содержать специфичные, высокой активности и вирулентности штаммы клубеньковых бактерий. *Под вирулентностью понимают способность бактерий проникать через корневые волоски внутрь корня бобового растения и вызывать образование клубеньков. Активность – способность клубеньковых бактерий в симбиозе с бобовыми растениями усваивать азот из атмосферы и снабжать им растения.*

По специфичности выделяются следующие группы бактерий: 1-я – для клевера; 2-я – гороха, вики, чины, чечевицы, конских бобов; 3-я – люцерны, донника и пажитника; 4-я – люпина, сераделлы; 5-я – сои; 6-я – фасоли; 7-я – маша; 8-я – арахиса и вигны; 9-я – нута; 10-я – для эспарцета.

Прививку клубеньковых бактерий бобовым культурам называют **инокуляцией**. Проводят ее путем обработки нитрагином семян бобовых растений, которые, прорастая, взаимодействуют с клубеньковыми бактериями, проникающими в корни растений.

Выпускают нитрагин трех видов: почвенный, сухой (**ризобин**) и торфяной (**ризоторфин**). Почвенный нитрагин представляет собой культуру клубеньковых бактерий, выращенную в стерильной садовой почве. Стерильную почву, обычно в стеклянных сосудах, инокулируют жидкой культурой клубеньковых бактерий выращивают в термостате при температуре 28°C. В 1 г такого препарата должно содержаться не менее 300 млн. клеток. Более совершенна технология производства сухого нитрагина – порошка высушенных клеток бактерий рода *Rhizobium* в смеси с наполнителем (каолин, бентонит, мел). В 1 г такого порошка при влажности 5–7 % содержится не менее 10 млрд. жизнеспособных клеток бактерий. Исходную культуру клубеньковых бактерий выращивают на одной из агаризированных сред, например, содержащей (г/л): отвар гороха – 100, сахарозы – 15, агар – 20, рН 6,8–7,0. Для получения ризотрофина торф освобождают от корней, высушивают до 25–30 % влажности и размалывают так, чтобы размер частиц не превышал 0,1 мм. Размолотый торф увлажняют до 35–40 %, прибавляют CaCO₃ в таком количестве, чтобы довести рН до 6,8–7,0, и расфасовывают в тонкие полиэтиленовые пакеты по 100–500 г. Запаянные пакеты с торфом сте-

рилизируют радиационным способом с использованием мощных гамма-установок. В пакеты со стерильным торфом в стерильном автоматизированном боксе специальной иглой вносят жидкую посевную культуру в количестве 80 мм на каждые 250 г торфа. Норму засева выбирают так, исходный титр бактерий в инокулированном торфе составлял около 1 млрд. клеток на 1 г препарата влажностью 50–60 %. Содержание клеток клубеньковых бактерий в ризоторфе через 6 мес. после его изготовления должно быть не ниже 3–4 млрд. в 1 г препарата. Нитрагин может быть заводского или местного производства. Заводской нитрагин – почвенный субстрат, обогащенный нужным штаммом клубеньковых бактерий, расфасован в пакеты или бутылки. Местный, приготовленный в хозяйстве, нитрагин – порошок, полученный из корней бобовых культур после их высушивания и растирания. Для этого корни растений берут с поля, на котором урожай бобовых был самым высоким. Для многолетних бобовых следует отбирать корни растений 2-3 года жизни с большим количеством клубеньков. В 1 г порошка местного нитрагина содержится до 20 млн. клубеньковых бактерий.

Обработку семян нитрагином проводят в день посева в местах, защищенных от попадания солнечных лучей. Для этого гектарную норму препарата разбавляют чистой водой из расчета 1 л воды на каждые 140–180 кг крупных семян (горох, фасоль, люпин) и на 40-50 кг мелких семян (клевер, люцерна). Нитрагин тщательно размешивают в воде и, не давая жидкости отстаиваться, полученной почвенной болтушкой опрыскивают семена и тщательно их перемешивают. После легкого подсушивания в течение 10–15 мин семена высевают. Нитрагин применяют для обработки семян именно того бобового растения, для которого он приготовлен. Это требование связано со специфичностью клубеньковых бактерий по отношению к растению-хозяину. Пакеты (бутылки) с нитрагином не следует открывать до момента его использования. Хранить его лучше всего в сухом помещении при температуре 0–10°C. Протравливание семян ядохимикатами необходимо проводить не позднее, чем за месяц до их инокуляции. Семена, не высеянные в день обработки бактериальным препаратом, на следующий день просушивают и вновь обрабатывают. Прибавка урожая от данного агроприема составляет 10–15 %.

Азотобактерин – бактериальный препарат, содержащий культуру азотобактера – *Azotobacter chroococcum* – микроорганизма, свободноживущего в почве и усваивающего атмосферный азот. Кроме того, азотобактерин выделяет витамины и ростовые вещества, оказывающие на растения стимулирующее действие, и обладает фунгистатическим действием, т.е. препятствует развитию грибов, тем самым предохраняя растения от заражения ими.

Азотобактерин применяется при выращивании любых сельскохозяйственных культур. Для использования в качестве удобрений изготавливается два вида азотобактерина: перегнойно-почвенный, или торфяной, и агаровый. В перегнойно-почвенном азотобактерине культура азотобактера сконцентрирована в богатой перегноем почве или некислом торфе, а в агаровом – в специальном плотном питательном студне – агаре. Перегнойно-почвенный азотобактерин вносят под зерновые, технические, кормовые и овощные культуры из расчета 3 кг/га, под картофель – 6 кг/га. Он вносится с посевным материалом, для чего перед посевом или посадкой семенной материал предварительно смачивают водой, затем посыпают азотобактерином и тщательно перемешивают. Агаровый азотобактерин для картофеля берут в количестве 2-3 бутылок, а для остальных культур – одной бутылки на 1 га. За день до посева в каждую бутылку наливают 150–200 мл воды и в течение суток взбалтывают

не менее 5–6 раз. Перед обработкой посевного материала гектарную норму азотобактерина разбавляют в 10 л воды. При правильном применении азотобактерин повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 10–13 %.

Азотовит. Входящие в состав азотовита бактерии относятся к группе азотфиксаторов. Именно с их помощью осуществляется переход азота атмосферы в связанное состояние. При обработке препаратом бактерии, входящие в его состав, начинают активно размножаться в почве, особенно в непосредственной близости от корневой системы. При этом их численность возрастает в десятки тысяч раз, и они начинают активно фиксировать атмосферный азот, используя его в процессе своей жизнедеятельности. За один вегетационный период бактерии азотовита способны накопить до 80 кг азота на 1 га в пересчете на действующее вещество. Таким образом, способность бактерий к азотфиксации позволяет обеспечить растения азотом.

Помимо фиксации атмосферного азота, бактерии азотовита выделяют в почву биологически активные вещества (БАВ), в частности, гетероауксины. БАВ стимулируют развитие корневой и проводящей систем у растений, повышают стрессоустойчивость, оказывают положительное влияние на образование продуктивных побегов у злаков и клубнеобразование у картофеля. Бактерии азотовита также синтезируют целый спектр витаминов, которые усваиваются и накапливаются в растениях, стимулируя их развитие и повышая качество продукции. А защитный эффект препарата достигается за счёт того, что бактерии, входящие в его состав, способны вырабатывать антибиотики, подавляющие деятельность патогенной микрофлоры (корневая гниль, парша, ризоктониоз, ржавчина, мучнистая роса). В данном случае, естественный в природе механизм борьбы грибов и бактерий, а также механизм межвидовой борьбы бактерий, может быть использован на благо человека.

Фосфобактерин – препарат, содержащий спороносную бактерию *Bacillus megaterium var. phospaticum* способную минерализовать фосфор органических соединений. Выпускается в сухом и жидком виде. Сухой фосфобактерин содержит споры бактерий в смеси с каолином. На 1 га посева берут 250 г порошкового фосфобактерина. Для приведения бактерий в активное состояние гектарную норму препарата разводят в 2,5–3,0 л теплой воды, взбалтывают и оставляют на 2–3 ч при комнатной температуре, периодически перемешивая. Этим количеством обрабатывают 150–200 кг семян зерновых культур. Разбавление исходного препарата для обработки семян других культур изменяется с таким расчетом, чтобы 250 г сухого препарата в растворенном виде были нанесены на гектарную норму семян. Жидкий фосфобактерин вносят в количестве 40 мл/га для картофеля и 20 мл/га для зерновых культур. В почве бактерии препарата переходят на развивающуюся корневую систему растений. Здесь их размножение и биохимическая деятельность вызывают разложение органических соединений фосфора, что улучшает питание растений. Фосфобактерин усиливает рост растений на 8–10 % и повышает урожайность. Препарат наиболее эффективен на черноземах и окультуренных почвах в зоне достаточного увлажнения.

Препарат АМБ – содержит микроорганизмы, разлагающие органические вещества и клетчатку с выделением аммиака и осуществляющие процесс нитрификации, фиксирующие атмосферный азот, а также мобилизующие фосфорную кислоту. Эта группа микроорганизмов способствует питанию растений азотом и зольными элементами. Свое название (АМБ) препарат получил от начальных букв названия группы – автохтонная микрофлора Б. В почве различают два основных сообщества микроорганизмов, жизнедеятельность которых имеет боль-

шое значение в повышении почвенного плодородия. Первое сообщество разлагает растительные остатки с образованием перегноя. В него входят грибы, ряд аэробных и анаэробных бактерий, в том числе и маслянокислые. Это сообщество микроорганизмов получило название автохтонной микрофлоры А. *Автохтонная* значит местная, т. е. в данном случае тесно связанная с условиями почвенной среды, присущая почве. Второе сообщество включает микроорганизмы, разлагающие перегной с образованием веществ минерального питания растений. Название этой группы микроорганизмов – автохтонная микрофлора Б (АМБ).

Препарат АМБ готовят на месте его использования из измельченного низинного торфа или торфяной почвы. На 1 т торфа прибавляют 1 ц мелко раздробленного известняка, 2 кг фосфоритной муки и 1 кг маточной культуры микроорганизмов. Компоненты смешивают, увлажняют и выдерживают в течение трех недель при температуре около 20°C, периодически перемешивая. Подготовленный препарат вносят под предпосевную обработку почв из расчета 0,5 т/га. Препарат рекомендуют применять прежде всего в закрытом грунте. Сложность изготовления препарата ограничивает широкое его использование.

Препараты «*силикатных*» бактерий – бактериальный препарат из «силикатных» бактерий, который представляет собой спорообразующую культуру – *Bacillus mucilaginosus siliceus*. Силикатные бактерии способны разрушать алюмосиликаты и переводить почвенный калий в усвояемую для питания растений форму. Разрушение алюмосиликатов происходит под влиянием кислот, выделяемых микроорганизмами. «Силикатные» бактерии лучше всего размножаются в условиях достаточной влажности, аэрации и близкой к нейтральной реакции среды. Кислые почвы не благоприятны для их развития. Препарат применяют путем бактеризации семян. В качестве бактериального удобрения приготавливают сухой споровый и агаровый препараты «силикатных» бактерий.

Микоплант (Mycoplant). Симбиоз растений и грибов существует миллионы лет. Более 90 % растений планеты вступают в симбиотические отношения с грибами. Микоризные эндогрибы проникают непосредственно в корень растения и образуют «грибницу» (мицелий), которая помогает корням укреплять иммунитет, бороться с возбудителями различных заболеваний, поглощать воду и элементы питания из почвы. С помощью гриба растение использует ресурсы почвы на полную мощность. Один корень с такой задачей не справился бы; без поддержки грибов растениям приходится направлять дополнительные резервы на увеличение корневой системы, вместо того, чтобы увеличивать наземную часть. Микориза улучшает качество почвы, аэрацию, пористость, а объем общей поглощающей поверхности корня растения многократно увеличивается. Микоризообразующие грибы снабжают растения элементами питания и влагой, получая взамен углеводы и растительные витамины, которые продуцируются зелеными растениями с помощью фотосинтеза. Микоризообразующие грибы значительно превосходят растения по способности извлекать из почвы минеральные вещества и влагу. Помимо этого, микоризация обеспечивает надежную защиту корней растений от патогенных микроорганизмов, а также повышает устойчивость растений к обезвоживанию, что особенно важно для выращивания культур в засушливых районах. У растений отмечается более быстрый рост, значительное увеличение биомассы, урожая и качества продукции. Грибы не только помогают растениям, но и меняют структуру почвы. Они вырабатывают в громадных количествах вещество, которое называется гломалин*.

* Гломалин – это гликопротеин, который обильно продуцируется на гифах и в спорах микоризообразующих грибов в почве и корнях растений. Будучи гликопротеином, гломалин запа-

В настоящее время существует только один препарат, содержащий споры микообразующих грибов – «Микоплант» (Mykoplant). В его состав входят споры гриба эндомикориза (семья Гломус): *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices*, *Glomus clarura*, *Glomus monosporus*, *Glomus deserticola*, *Glomus brasilianum*, *Glomus aggregatum*, *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum*, *Glomus fasciculatum*. В качестве носителя гриба применяются гранулы обожженной глины размером 2–4 мм. Препарат вносится только один раз из расчета 1–5 м³/га. При выращивании деревьев и кустарников микоплант необходимо вносить непосредственно в посадочную яму.

Азолла – водный папоротник, живущий в симбиозе с сине-зеленой водорослью *Anabaena azolla*, способный фиксировать атмосферный азот. Азолла быстро размножается и обогащает рисовые поля азотом. Впервые она была использована вьетнамской крестьянкой Ба-Хен. Эффект от применения азоллы был так велик, что после смерти этой крестьянки ее обожествили, и в деревне, где она жила, построили пагоду в честь «богини Азоллы». Для практического применения азоллу размножают в небольших водоемах, откуда переносят на залитые водой рисовые поля. С наступлением жаркой погоды, примерно в фазу кущения риса, зеленый ковер из размножившегося папоротника отмирает и растительная масса минерализуется. Азолла накапливает за вегетационный период около 120 кг/га азота, часть которого используется в текущем году. Помимо этого, продуцируется большое количество органического вещества, удобряющего почву. Во время вегетации азолла создает благоприятные условия для развития и роста риса.

В странах Юго-Восточной Азии иногда азоллу культивируют в течение трех недель в чеках, залитых на 3–5 см водой, перед посевом риса. За этот период ее масса достигает 10 т/га, в которой содержится около 20–25 кг азота. Папоротник запахивают и затем проводят посев риса.

4.1.3. Регуляторы роста растений и поликомпонентные удобрения

*Клетка должна не только поддерживать собственную целостность, но и функционировать согласованно с другими клетками организма растения, поэтому между клетками происходит обмен информацией. Одна группа клеток при этом становится «отправителями» сигнала, а другая воспринимает его. Если сигнал химической природы, молекулу с сигнальной функцией называют **первичным мессенджером** (от англ. message – послание)... Среди обширного списка первичных мессенджеров можно выделить гормоны растений.*

В.В. Чуб, 2005

В числе факторов, обеспечивающих жизнедеятельность растений, не последнюю роль играют гормоны. Являясь посредниками в физиологических процессах, они преобразуют специфические сигналы окружающей среды в биохимическую информацию. *Гормоны растений или фитогормоны (греч.*

сает углерод в виде протеинов и углеводов (в особенности, глюкозу). Содержит от 30 до 40 % углерода и формирует маленькие комки почвы. Эти гранулы разрыхляют почву и связывают в ней углерод, увеличивая содержание кислорода и влаги.

гормон – побуждающий, вызывающий) – низкомолекулярные органические соединения, с помощью которых осуществляется взаимодействие клеток, тканей и органов, необходимые в малых количествах для запуска и регуляции физиологических и морфологических программ онтогенеза растений.

Гормоны, образующиеся в клетках растения, называют *эндогенными*, а используемые человеком для обработки растения или его органов – *экзогенными*.

Потребность растения в гормонах обычно чрезвычайно мала – порядка 10^{-13} – 10^{-5} моль/л, и в большинстве случаев они синтезируются в достаточных количествах самим растением из аминокислот и органических кислот, т.е. из продуктов фотосинтеза и дыхания. Гормоны образуются в отдельных частях растения, но распространяются по всему организму, составляя своеобразное единое гормональное поле. Под их действием происходит общая стимуляция обмена веществ. Местом действия гормонов могут быть: а) ферменты и ферментные системы; б) белки, липиды, нуклеиновые кислоты, участвующие в молекулярной организации структур цитоплазмы и ядра; в) информационные и транспортные рибонуклеиновые кислоты; г) дезоксирибонуклеиновая кислота. Эффект, или «глубина», воздействия зависит от того, на что и в какой мере влияет то или иное физиологически активное вещество. В одних случаях это действие ограничивается лишь временным изменением интенсивности каких-либо ферментативных реакций, в других – оно проявляется в устойчивом отклонении физиолого-биохимических процессов, в третьих – в морфологических процессах, затрагивающих соматическую сферу организма, наконец, в четвертых, – в наследственных морфологических изменениях. К числу наиболее активных и изученных соединений гормонального действия растительного происхождения относятся ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, brassinosteroids и эндогенный этилен.

У растений, в отличие от животных, нет желез, секретирующих гормоны. *Ауксины* (ИУК) образуются преимущественно в зонах с высокой меристематической активностью: в апексах стеблей, в формирующихся семенах, откуда они передвигаются в базипетальном направлении, попадая в боковые побеги и листья. *Гиббереллины* (ГК) и *абсцизовая кислота* (АБК) синтезируются в основном в листьях и оттуда транспортируются вверх и вниз по стеблю. Кроме того, АБК образуется в корневом чехлике. Местом образования *цитокининов* (ЦК) являются корни, откуда они передвигаются вверх по стеблю в акропетальном направлении.

Ауксины – соединения преимущественно индольной природы. Они инициируют деление клеток и специфически влияют на скорость их растяжения, а также регулируют формирование проводящих пучков, обуславливают явления фото- и геотропизма у растений, связанные с несимметричностью их распределения. Активация растяжения клеток связана со стимулированной ауксином секрецией протонов в клеточную стенку. Возникающая при этом повышенная концентрация ионов H^+ вызывает более активное ферментативное расщепление поперечных связей, соединяющих между собой целлюлозные микрофибриллы. Среди других свойств ауксина следует отметить его способность вызывать партенокарпию, задерживать опадание листьев и завязей, активировать корнеобразование у черенков. Ткани, обогащенные ауксином, обладают аттрагирующим действием – способны притягивать питательные вещества. Кроме ростовых эффектов, ауксин обеспечивает корреляционное взаимодействие между органами растущего растения.

Гиббереллины – фитогормоны, преимущественно производные флуоренового ряда. Эти гормоны стимулируют деление и растяжение клеток апи-

кальных* и интеркалярных меристем†. Под их влиянием удлиняются листья, цветки и соцветия. Гиббереллины усиливают рост стеблей значительно сильнее, чем ауксины, но в отличие от них, практически не влияют на рост корней. Они играют важную роль в процессах прорастания семян и перехода длиннодневных растений к цветению, способствуют образованию партенокарпических плодов и способны смещать пол растений в мужскую сторону. Влияние гиббереллинов на метаболизм растения связано, прежде всего, с их участием в нуклеиновом обмене. Под действием гиббереллинов индуцируется синтез матричных РНК, которые кодируют образование большинства гидролитических ферментов, прежде всего α -амилазы.

Цитокинины – фитогормоны, преимущественно производные пуринов. Они стимулируют цитогенез, прорастание семян, а также способствуют дифференциации почек. Кроме того, цитокинины обладают способностью задерживать процессы старения растительных организмов и поддерживать нормальный обмен веществ у пожелтевших листьев, а также вызывать их вторичное позеленение. Большую роль они играют в мобилизации (притягивании) элементов питания к местам своей локализации: плодам, семенам, клубням. Цитокинины освобождают боковые почки от апикального доминирования, вызываемого ауксином, и стимулируют их рост. На молекулярном уровне цитокинины в комплексе со специфическим белковым рецептором усиливают активность РНК-полимеразы и матричную активность хроматина; при этом увеличиваются количество полирибосом и синтез белков. Цитокинины причастны к синтезу фермента нитратредуктазы, а также к транспорту ионов H^+ , K^+ , Ca^{2+} .

Абсцизины – естественные ингибиторы терпеноидной природы. Эти фитогормоны задерживают рост в фазе деления и растяжения клеток, не проявляя токсического действия даже в высоких концентрациях. Они индуцируют наступление состояния покоя у растений, ускоряют опадание листьев и плодов, тормозят рост coleoptилей, задерживают прорастание семян. Абсцизины, сдерживая избыточный рост стебля, направляют метаболиты на формирование фотосинтетического аппарата, иными словами, координируют ростовой процесс. Одна из наиболее важных функций абсцизинов – их участие в механизмах ответа на стресс путем регулирования устьичных движений. Абсцизовая кислота быстро накапливается в тканях при действии на растения неблагоприятных факторов внешней среды, особенно при водном дефиците, вызывая быстрое закрытие устьиц, что снижает транспирацию и сокращает энергетические затраты. На молекулярном уровне абсцизины могут ингибировать синтез ДНК, РНК и белков, а также снижать функциональную активность H^+ -помпы, что может иметь многообразные последствия.

Этилен – специфический гормон, синтезируемый во всех органах растения из метионина. Он вносит вклад в регуляцию роста и развития растений. В частности, этилен участвует в поддержании апикального изгиба у выращенных в темноте проростков, вызывает *эпинастию*‡ у листьев и лепестков, поэтому его используют для ускорения раскрытия цветков и опускания листьев, что уменьшает транспирацию. Этилен непосредственно отвечает за

* Апикальный – верхушечный, расположенный ближе к морфологически верхнему концу того или иного органа или образования.

† Интеркалярная меристема – образовательная ткань, расположенная не на верхушке органа, а между постоянными тканями.

‡ Эпинастия – это быстрый рост верхней стороны органа, в результате которого лист или лепесток изгибается книзу.

контролируемое ауксином подавление роста латеральных почек у растений, обнаруживающих апикальное доминирование. Он тормозит деление клеток и удлинение проростков, изменяет направление роста клеток с продольного на поперечное, что приводит к уменьшению длины и утолщению стебля. Этилен, способствуя старению тканей, ускоряет опадание листьев, увядание цветков и созревание плодов. Этот гормон увеличивает период покоя семян и клубней, способствует смещению пола растений в женскую сторону, а также играет роль медиатора гормонального комплекса в процессах корреляционных взаимодействий в растении. Этилен тормозит полярный транспорт ауксина и способствует образованию его конъюгатов. Кроме того, он регулирует реакцию на стресс в растениях. На молекулярном уровне этилен повышает проницаемость клеточных мембран и скорость синтеза белка.

Брассиностероиды – гормоны, поддерживающие в норме иммунную систему растения, особенно в стрессовых ситуациях, таких как понижение температуры, заморозки, затопление, засуха, болезни, действие пестицидов, засоление почвы. Стероиды входят в класс терпеноидов, к которым относятся гиббереллины и абсцизовая кислота. Брассиностероиды содержатся в каждой растительной клетке, но их природный уровень в изменившейся экологической ситуации часто оказывается недостаточно высоким для поддержания иммунитета и нормального развития в течение всей вегетации растений.

Таким образом, действие вышеперечисленных гормонов на обмен веществ растительного организма специфично: гиббереллины участвуют в *транскрипции*^{*}, цитокинины – в *трансляции*[†], ауксины – в изменении проницаемости мембран, абсцизины ингибируют ионный транспорт и связанные с ним процессы роста клеток, этилен выступает в качестве «разрешающего» фактора роста, контролируя баланс в системе стимуляторы–ингибиторы, брассиностероиды контролируют деление и элонгацию клеток, дифференциацию ксилемы, прорастание семян, вегетативный рост и апикальное доминирование, ризогенез, цветение, опадание листьев и цветков, созревание.

Регуляторы роста растений позволяют усиливать или ослаблять признаки и свойства растений в пределах нормы реакции генотипа. Вследствие этого они являются составной частью комплексной химизации растениеводства. С помощью регуляторов роста компенсируются недостатки сортов и гибридов культурных растений, поэтому они не имеют универсального значения и не могут заменить другие факторы формирования урожая. В связи с этим чрезвычайно важно точно знать механизм их действия на физиолого-биохимическом, молекулярном и генетическом уровнях. Его выяснение позволило синтезировать соответствующие препараты, которые нашли применение в растениеводстве. Современное сельское хозяйство не может обойтись без применения экологически безопасных, генетически безвредных регуляторов роста растений.

Фитогормоны – ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен, брассиностероиды и абсцизины непосредственно не получили экономического значимого практического распространения. Однако идея их использования в качестве экзогенных регуляторов роста и развития растений привела, в конечном итоге, к созданию синтетических препаратов аналогичного действия. К настоящему време-

* Транскрипция – перенос информации о нуклеотидной последовательности ДНК на информационную РНК в процессе синтеза белков.

† Трансляция – процесс перевода последовательности нуклеотидов информационной РНК в последовательность аминокислот синтезируемого полипептида.

ни обнаружено свыше 5 тыс. соединений, обладающих регуляторным действием, но в мировой практике используется лишь около 50. Это свидетельствует о том, что их широкое производственное применение только начинается.

К наиболее распространенным промышленным регуляторам роста растений относятся арил- и арилоксиалифатические карбоновые кислоты и их производные четвертичные соли аммония и фосфорные производные индола, пиридазина, пиримидина, пиразола. «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» на 2016 г. включает следующие регуляторы роста:

- (индолил-3) уксусная кислота;
- 1-метилциклопропен
- 1-метилциклопропен+адамantan;
- 1Н-индолил-3-этановой кислоты;
- 1-триактанол+24-эпибрассинолида;
- 1-этилсилатран;
- 2,6-диметилпиридин-N-оксид + продукты метаболизма симбионтного гриба *Cylindrocarpon magnusianum*;
- 24-эпибрассинолид;
- 2-хлорэтилфосфовая кислота;
- 3-индолилуксусная кислота + α -аланин + α -глутаминовая кислота;
- 4(индол-3ил) масляная кислота;
- 4-хлорфеноксиуксусная кислота;
- *Acremonium lichenicola* симбионтного гриба продукты метаболизма;
- L-аланин + L-глутаминовая кислота;
- *Pseudomonas fluorescens*, штаммы 7 Г, 7Г2К, 17-2;
- α -аминоглутаровая кислота + α -аминоуксусная кислота;
- Аммоний диметилфосфорнокислый диметилди (2-гидроксиэтил);
- Арахидоновая кислота;
- Ацетиленовый спирт;
- Гиббереллиновых кислот натриевые соли;
- Гидроксикоричная кислота;
- Гидрофильный диоксид кремния + сульфат меди + сульфат цинка + сульфат марганца + борная кислота;
- Гидрофобный диоксид кремния + сульфат меди + сульфат цинка + сульфат марганца + борная кислота;
- Грибов-эндофитов женьшеня продукт метаболизма;
- Гуминовых кислот калиевые соли;
- Гуминовых кислот натриевые соли;
- Дигидрокверцетин;
- Калиевая соль (индолил-3) уксусной кислоты;
- Коллоидное серебро+полигексаметиленбигуанид гидрохлорида;
- Лактат хитозана;
- Малеиновый гидразид (калиевая соль);
- Меламиновая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты;
- Многокомпонентный комплекс ростовых веществ – продуктов метаболизма микромицета, штамм *Cylindrocarpon magnusianum*;
- Ортокрезоксиуксусной кислоты триэтаноламмониевая соль;
- Ортокрезоксиуксусной кислоты триэтаноламмониевая соль + 1-хлорметилсилатран;

- Ортокрезоксиуксусной кислоты триэтаноламмониевая соль + магний азотнокислый + калий азотнокислый + монокалийфосфат + хелат железа + хелат марганца + хелат цинка + хелат меди + кислота борная + аммоний молибденовокислый;
- Пара-нитрофенолят натрия+орто-нитрофенолят натрия+5–нитрогваяколят натрия;
- Поли-бета-гидроксимасляная кислота + магний сернокислый + калий фосфорнокислый + калий азотнокислый + карбамид;
- Полидиаллилдиметиламмоний хлорид;
- Полиэтиленоксиды+гуминовые кислоты натриевых солей;
- Прогексадион кальция;
- Прогексадион кальция+мепикват-хлорид;
- Продукты метаболизма эндофитного гриба *Mycelium radicans* var.*Ledum*, штамм НЖ–13;
- Сахароза;
- Сукцинат хитозаний глютаминия;
- Тиаметоксам;
- Тринексапак-этил;
- Тритерпеновые кислоты;
- Флавоноиды ели;
- Хлормекватхлорид;
- Хлорпрофам;
- Этефон.

Регуляторы роста наиболее успешно используются в плодоводстве и садоводстве, а также для борьбы с полеганием посевов зерновых культур, предотвращения прорастания клубней, корнеплодов и луковиц во время их хранения, борьбы с сорной растительностью.

Для эффективного применения регуляторов роста растений необходимо соблюдать следующие условия:

- 1) положительный эффект может быть достигнут только в том случае, если в растении или в его отдельных органах не хватает эндогенных фитогормонов;
- 2) клетки, ткани и органы должны быть восприимчивы к фитогормонам;
- 3) строго выдерживать рекомендуемую норму, т. к. при передозировке наблюдается ингибирующий эффект;
- 4) необходимо достаточное снабжение растений водой и элементами питания, т. к. регуляторы роста растений не могут их заменить. По мнению М.Х. Чайлаханова (1976), они повышают «аппетит» растения и поэтому стимулируют ростовые процессы.

Регуляторы роста растений используют для:

- 1) стимуляции укоренения черенков;
- 2) получения партенокарпических, т. е. бессемянных плодов;
- 3) повышения производства бессемянных сортов винограда;
- 4) прореживания цветков и завязей у плодовых культур;
- 5) уничтожения сорняков;
- 6) торможения удлинения стебля;
- 7) регуляции покоя;
- 8) ускорения созревания плодов.

Из регуляторов роста ауксиновой природы в сельском хозяйстве получили наибольшее применение 1–нафтилуксусная кислота (1–НУК), индоме-

тил-3-масляная кислота (ИМК), 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д), 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота (2,4,5-Т), 2-нафтоксиуксусная кислота (2-НОУК), 4-хлорфеноксиуксусная кислота (4Х), гидразид малеиновая кислота (ГМК), 2-метил-4-хлорфеноуксусная кислота (2М-4Х) и 2,4-дихлорфеноксимасляная кислота (2,4-ДМ). 1-НУК и ИМК успешно применяются в садоводстве для укоренения черенков, повышения приживаемости саженцев на новом месте и восстановления корневой системы у пересаженных кустарников и деревьев. Для лучшего укоренения черенки погружают на 12-24 ч в водный раствор, содержащий 50-70 мл/л препарата. 2-НОУК и 4-Х нашли применение в овощеводстве для получения бессемянных плодов и стимуляции плодообразования. Для этого в период цветения растения опрыскиваются водным раствором названных препаратов из расчета 40-50 мл/л. 1-НУК и 2,4-Д успешно применяют в садоводстве для снижения предуборочного опадания плодов. Это достигается путем обработки кроны деревьев в период образования плодов 0,0001-0,001 % водным раствором этих препаратов. 1-НУК и ГМК широко используют для задержки прорастания клубней, корнеплодов и луковиц при хранении. Клубни картофеля перед закладкой на хранение обрабатывают 2-3 % метиловым эфиром 1-НУК смешанным с тщательно растертой глиной. Расход препарата на 1 т картофеля составляет 50-100 г. Более технологичным и эффективным для этих целей является ГМК, который применяется путем опрыскивания ботвы 0,2 %-ным водным раствором препарата за 2-3 недели до уборки урожая. Проникая в клубни, ГМК тормозит прорастание глазков в течение 8 месяцев при температуре хранения 10-15°C. ГМК способствует сохранению сахарозы в корнеплодах свеклы в буртах, тормозит прорастание моркови, лука и других овощных культур при их длительном хранении. Широкое практическое применение получил гиббереллин. Опрыскивание виноградных растений во время цветения водным раствором, содержащим 30-35 г/га гибберелловой кислоты, повышает урожайность бессемянных (кишмишных) сортов на 10-15 %. Этот препарат нашел применение и при выращивании цитрусовых. В частности, опрыскивание апельсиновых деревьев, когда плоды еще зеленые, водным раствором гиббереллина задерживает их созревание и улучшает механические свойства кожицы. Гиббереллин способствует выведению из состояния покоя свежесобранных клубней при вторичной летней посадке. Для этого разрезанные клубни на 30-60 мин погружают в водный раствор, содержащий 1-2 мг/л гибберелловой кислоты.

Поскольку гиббереллин способствует удлинению междоузлий и нарастанию вегетативной массы, его широко используют для повышения продуктивности кормовых трав. Двукратное опрыскивание конопли водным раствором из расчета 20 г/га в фазе четырех пар листьев и спустя 15 дней увеличивает выход волокна на 8-12 %. Гибберелловая кислота высокоэффективна и на посевах риса. Обработка семян гибберелловой кислотой в наших опытах приводила к повышению их полевой всхожести и увеличению плотности продуктивного стеблестоя посевов риса (табл. 104).

Цитокинины нашли применение в культуре ткани. Они являются обязательным фактором, необходимым для каллусообразования, а также для индукции затем органогенеза и соматического эмбриогенеза. Цитокинины необходимы и для поддержания функциональной активности многих изолированных тканей и органов. Он может быть использован для снижения апикального доминирования и получения более кустистых форм растений, для торможения старения, повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды, для индукции цветения и сдвига выраженности пола в женскую сторону.

Таблица 104 – Эффективность предпосевной обработки семян риса регуляторами роста

Препарат	Энергия прорастания, %	Дружность прорастания, шт./сут.	Скорость прорастания, сут.	Всхожесть, %		Урожайность зерна, ц/га
				лабораторная	полевая	
Контроль	71,4	11,6	3,0	92,6	27,2	64,9
Оксигумат	81,6	14,8	2,9	94,0	33,8	71,0
ГК*	86,0	15,2	2,8	98,5	38,3	74,8
ЯК*	75,5	14,1	2,9	91,6	29,6	66,5
Мивал	76,0	13,0	2,9	95,0	32,7	68,5
Карголин	74,0	12,5	2,9	93,5	30,6	68,3
Кротонолактон	80,6	13,6	2,9	92,5	32,4	70,1
Брассинолид	78,6	14,5	2,9	92,6	36,8	73,2
Квартазин	78,4	14,8	2,9	92,8	31,4	69,9

Примечание: ГК – гибберилловая кислота, ЯК – янтарная кислота

Этилен рекомендован в качестве стимулятора созревания плодов и овощей. Для этого закончившие рост, но еще зеленые плоды помещают в камеры с температурой 20–22°C, в которые периодически подается этилен из расчета 0,2–1,0 л/м³ в зависимости от вида плодов. Помидоры при этом созревают не за 10–12 сут., как обычно, а за 5–6, лимоны и апельсины достигают полной спелости за 4–5 вместо 20–25 сут.

Из многочисленных известных регуляторов роста растений наибольшую ценность в сельскохозяйственном производстве имеют синтетические ингибиторы роста и, в первую очередь, ретарданты.

Ретарданты – синтетические вещества, тормозящие биосинтез гиббереллинов, подавляющие рост стебля и вегетативных побегов, придающие растению устойчивость к полеганию.

Ретарданты избирательно тормозят рост стебля, не оказывая отрицательного воздействия на физиолого-биохимические процессы, происходящие в растениях. Действие их основано на торможении деления клеток срединной и верхушечной зон меристемы конуса нарастания, образующих стебель. На верхушечную зону меристемы, из которой развиваются листья и генеративные органы, ретарданты не оказывают существенного влияния. Эти регуляторы роста тормозят рост клеток стебля в длину и усиливают их деление в поперечном направлении, в результате чего стебель становится более коротким и толстым. Одновременно, как показали наши исследования, усиливается развитие механических тканей: утолщаются клеточные стенки, увеличивается число сосудисто-волокнистых пучков (табл. 105). Одновременно с этим ретарданты способствуют росту корней, увеличению площади ассимиляционной поверхности листьев и содержания в них пластидных пигментов, а также повышению устойчивости растений к полеганию. Все это позволяет сделать растение более устойчивым к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Благодаря уплотнению стебля снижается риск заражения посевов болезнями.

Таким образом, ретарданты позволяют:

- уменьшить полегание посевов;
- вносить научно-обоснованные нормы удобрений под планируемый урожай;

- снизить риск возникновения листостебельных болезней и болезней колоса (метелки);
- повысить количество и качество урожая;
- ускорить и облегчить уборку.

Таблица 105 – Анатомические показатели стебля растений риса при внесении ретарданта сумадик

Ретардант	Толщина кольца механической ткани, мк	Толщина вы-полненной части стебля, мк	Диаметр сосу-дисто-проводящих пучков, мк	Количество сосу-дисто-проводящих пучков, шт.
Контроль	39,2	1101,8	176,3	46,2
Сумадик	42,8	1152,4	188,7	50,8

В настоящее время синтезировано и изучено свыше тысячи химических соединений, обладающих ретардантными свойствами. Большинство из них относятся к четырем группам веществ, различающимся по химическому строению: 1) четвертичные ониевые соединения; 2) гидразинпроизводные; 3) триазолпроизводные; 4) этиленпродуцирующие. Среди ретардантов, созданных на основе четвертичных ониевых солей, наибольшее распространение получил хлорхололинхлорид (ССС). Из гидразинпроизводных препаратов практическое значение имеют 2,2-диметилгидразид янтарной кислоты и натриевая соль гидразид малеиновой кислоты. Этиленпродуцирующие препараты представлены 2-хлорэтилфосфоновой кислотой (2-ХЭФК) и ее солями. Из группы ретардантов, производных триазола, наибольшее распространение имеют пакробутразол и униказол. Морфологические проявления рострегулирующей активности всех ретардантов сходны, однако, имеются различия в механизме действия препаратов различных групп. Характерный *ретардантный эффект* препаратов из группы четвертичных ониевых солей обусловлен их способностью прерывать биосинтез гиббереллинов. Введением этих препаратов блокируются образование геранилгеранилпирофосфата и последующая циклизация его в энт-каурен, который у растений является одним из промежуточных звеньев биосинтеза гиббереллинов. Триазолпроизводные препараты блокируют биосинтез гиббереллинов, препятствуя окислению энт-каурена в кауреновую кислоту. В отличие от выше-названных ретардантов, этиленпродуцирующие препараты непосредственно не прерывают биосинтез гиббереллина, тем не менее, действие их связывают с антигиббереллиновым эффектом, который проявляется или при образовании гормон-рецепторного комплекса или на последующих этапах реализации гормональной активности гиббереллинов. Механизм действия гидразинпроизводных ретардантов также не связан с ингибированием биосинтеза гиббереллинов, а обусловлен подавлением их гормональной активности.

Из известных в нашей стране ретардантов наибольшее практическое значение имеет хлорхололинхлорид (ССС), известный под названием Тур. Этот ретардант дает хорошие результаты на посевах зерновых культур – пшеницы, овса, риса, ржи и ячменя. Для повышения устойчивости к полеганию названных культур хлорхололинхлорид вносят в период кущения – начала трубкования растений из расчета 3-12 кг/га. Данный агроприем не снижает качество зерна, но увеличивает урожай и уменьшает экономические затраты на уборку. Как показали наши исследования, высоким ретардантным эффектом и положительным влиянием на урожайность риса обладают препараты ориз и сумадик (табл. 106).

Таблица 106 – Урожайность риса при применении ретардантов

Ретардант	Высота растения, см	Длина метелки, см	Устойчивость к полеганию, балл	Урожайность зерна, ц/га
Контроль	118,5	17,1	2	52,6
ССС, 10 кг/га	112,3	17,3	4	56,9
Ориз, 30 кг/га	100,5	16,9	5	59,0
Сумадик, 30 кг/га	98,3	17,0	5	60,8

Способность ретардантов тормозить удлинение стебля используется и в других отраслях растениеводства. Так, обработка загущенных посевов рассады овощных культур 0,5 %-ным водным раствором хлорхолинхлорида предотвращает ее вытягивание, что способствует лучшей приживаемости пересаженных растений и повышению урожая. Обработка ретардантами плантаций гвоздики, пиона, хризантемы и других цветочных растений предотвращает чрезмерное удлинение цветоноса, вызванное недостатком света.

Круг применяемых регуляторов роста растений с каждым годом расширяется. Перед современным растениеводством стоит задача применения генетически и экологически безвредных регуляторов роста. Ниже приводим характеристики некоторых наиболее распространенных в растениеводстве регуляторов роста.

Аминофол NPK – антистрессовый препарат со свойствами иммунопротектора, содержащий макроэлементы (NPK) и аминокислоты:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Всего аминокислот	– 32,0 %	– 43,5 %
N всего	– 5,0 %	– 6,8 %
в т. ч. органический	– 5,0 %	– 6,8 %
P ₂ O ₅	– 15,0 %	– 20,4 %
K ₂ O	– 10,0 %	– 13,6 %

Применение Аминофола NPK помогает преодолевать не только стрессовые ситуации, стимулируя метаболизм, рост и развитие растений, но и повышает устойчивость ко многим заболеваниям, т. к. фосфор и калий присутствуют в форме фосфита калия, который обладает превентивным фунгицидным действием, стимулируя синтез фитоалексинов*.

Аминофол NPK эффективен в широком диапазоне температур, т. к. аминокислоты тирозин, аргинин, аланин, лизин, пролин, серин, треонин, валин и глютамин стимулируют рост растения, обеспечивая энергетическим резервом биологические процессы в стрессовых ситуациях, и являются хорошими транспортными агентами. Применение препарата существенно повышает урожай и качество продукции.

Инструкции по проведению некорневых подкормок:

– *плодовые культуры семечковые и цитрусовые*: 1,0–3,0 л/га, в фазе «розовый бутон», в начале образования завязи, в фазе плода «грецкий орех» и в фазе размера плода 5–6 см;

– *плодовые культуры косточковые*: 1,0–2,5 л/га, до наступления фазы цветения, в начале образования завязи и 1–3 раза в период роста плодов с интервалом 10–15 дней;

* Фитоалексины – защитные фенольные соединения, отсутствующие у здорового растения и образующиеся как ответная реакция на поражение возбудителем.

- *виноград*: 1,0 — 3,0 л/га, в фазе 3–5 листьев, в фазе начала цветения, в конце фазы цветения и 2–3 раза в период формирования и роста ягод;
- *земляника*: 1,0–3,0 л/га, осенью, в начале вегетации, в фазе бутонизации, в начале образования завязи и далее 2–3 раза с интервалом 15 дней;
- *овощные культуры*: 1,0–3,0 л/га, перед высадкой рассады, после высадки (или после 2 пары листьев) и далее 5–7 раз с интервалом 10–12 дней;
- *листовые овощи и капуста*: 1,0–3,0 л/га, от 3–х листьев, 3–4 раза за сезон;
- *картофель*: 1,0–3,0 л/га, полные всходы, начало цветения, и далее 1–2 раза с интервалом 10–15 дней;
- *лук, чеснок*: 1,0–3,0 л/га, в фазе 3–5 листьев и далее 3–4 раза каждые 10–14 дней
- *зерновые культуры и кукуруза* 0,5–2,0 л/га, 2–3 раза от фазы кущения (3–5 лист у кукурузы);
- *зернобобовые культуры, лен, горчица, рапс, гречиха*: 0,5–1,5 л/га, подкормка 1–2 раза до наступления фазы цветения с интервалом 7–10 дней и после цветения;
- *свекла сахарная, подсолнечник*: 0,5–3,0 л/га, от 2–х пар листьев, и далее 1–2 раза.

При фертигации:

- *овощные, бахчевые и плодово-ягодные культуры*: 3–6 л/га, периодическая подкормка в течение вегетации; или ежедневное внесение из расчета 0,2–0,3 л/га.

Минимальный интервал между подкормками – 7 дней. Не совмещать подкормку с обработкой медьсодержащими фунгицидами.

Аминофол Плюс – антистрессовый препарат с высоким содержанием аминокислот. Помогает растениям преодолевать стрессовые ситуации, стимулирует метаболизм и усвоение элементов питания, что существенно повышает урожай и качество продукции. Ряд аминокислот, таких как тирозин, аргинин, аланин, лизин, пролин, серин, треонин, валин и глутамин стимулируют физиологические процессы роста растения, обеспечивая готовым энергетическим резервом биологические процессы в стрессовых ситуациях.

Состав:	w/w – %	w/v – %
Всего аминокислот	– 50,0 %	– 59,0 %
Азот (N) всего	– 8,9 %	– 10,5 %
в т. ч. органический	– 8,0 %	– 9,4 %
амидный	– 0,9 %	– 1,1 %

Аминофол Плюс можно применять одновременно с некорневыми подкормками и обработкой пестицидами. При совмещении с листовыми подкормками он расширяет температурные границы их эффективности, повышает способность усвоения элементов питания, играя роль транспортного агента, т. к. те же аминокислоты являются хорошими хелаторами элементов питания. Аминофол Плюс, стимулируя обмен веществ, позволяет легко преодолевать гербицидный стресс культурному растению, в то время как сорные растения становятся более восприимчивыми к действию гербицида. Применяется путем некорневых подкормок и фертигации:

Некорневые подкормки:

- *свекла сахарная, свекла столовая, подсолнечник*: 0,5–3,0 л/га; в фазе 2-х пар листьев и далее 1–2 раза с интервалом 7–12 дней; расход рабочего раствора – 150–300 л/га;

– *зерновые культуры, кукуруза, сорго*: 0,5–2,0 л/га; 1–2 раза в период от начала кущения – до колошения (кукуруза от фазы 3–5 листьев); расход рабочего раствора – 150–300 л/га;

– *зернобобовые культуры, лен, горчица, рапс, гречиха*: 0,5–1,5 л/га; 1–2 раза до наступления фазы цветения с интервалом 7–10 дней и после цветения; расход рабочего раствора – 150–300 л/га;

– *плодовые культуры семечковые и цитрусовые*: 1,0–3,0 л/га; в фазе «розовый бутон», после опадения лепестков, в фазах плода «гречкий орех» и 6–7 см; расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;

– *плодовые культуры косточковые*: 1,0–2,5 л/га; до наступления фазы цветения, после опадения лепестков и 1–3 раза в период роста плодов с интервалом 10–15 дней; расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;

– *виноград*: 1,0–3,0 л/га; в фазе 3–5 листьев, в начале цветения, в конце цветения и 2–3 раза в период формирования и роста ягод; расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;

– *земляника*: 1,0–3,0 л/га; осенью в конце вегетации, в начале вегетации, в фазе бутонизации, в начале образования завязей и далее 2–3 раза с интервалом 15–20 дней; расход рабочего раствора – 200–400 л/га;

– *огурец, патиссон, кабачок, дыня, тыква, арбуз, томаты, перец, баклажан*: 1,0–3,0 л/га; перед высадкой рассады (или в фазе 4–5 листьев), после высадки и далее 5–7 раз с интервалом 10–12 дней; расход рабочего раствора – 200–400 л/га;

– *картофель*: 1,0–3,0 л/га; в фазе полных всходов, в начале цветения и далее 1–2 раза с интервалом 10–15 дней; расход рабочего раствора – 200–400 л/га;

– *зеленные культуры, капуста*: 1,0–3,0 л/га; подкормка в фазе 3–х листьев и далее 2–4 раза с интервалом 10–15 дней; расход рабочего раствора – 200–400 л/га;

– *лук, чеснок*: 1,0–3,0 л/га; в фазе 3–5 листьев и далее 3–4 раза с интервалом 10–14 дней; расход рабочего раствора – 200–400 л/га;

– *все культуры*: 1,0–4,0 л/га; накануне и после ожидаемых заморозков, при недостатке или избытке влаги и других негативных факторах 2–4 раза с интервалом 7–10 дней; расход рабочего раствора – 200–1000 л/га.

Фертигация:

– *овощные, бахчевые, плодово-ягодные культуры*: 3,0–6,0 л/га, (концентрация – 0,01–0,1 %); в течение вегетационного периода; расход рабочего раствора – в зависимости от нормы полива;

– *овощные, бахчевые, плодово-ягодные культуры*: 0,2–0,3 л/га; капельный полив, ежедневное внесение; расход рабочего раствора – в зависимости от нормы полива.

Примечание: Не совмещать подкормку с обработкой медьсодержащими фунгицидами. Для повышения эффективности любых листовых подкормок применяется из расчета 0,5 л/га.

Бенефит ПЗ – в состав входят нуклеотиды, стимулирующие деление клеток, аминокислоты (глицин, аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты), активизирующие наиболее важные метаболические реакции (особенно, синтез протеина), витамины, кофакторы, необходимые для клеточного метаболизма:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Азот (N) общий	– 6,0 %	– 7,2 %
в т. ч. органический	– 3,0 %	– 3,6 %
амидный	– 3,0 %	– 3,6 %
Органическое вещество	– 17,2 %	– 20,6 %
Органический углерод (C) биологического происхождения	– 10,0 %	– 12,0 %

Бенефит ПЗ стимулирует увеличение размера плода естественным путем, не снижая вкусовых и технологических качеств, скорость деления и образования новых клеток после образования завязи и в период активного роста плода. Применение на косточковых культурах, винограде, цитрусовых ускоряет вступление в период плодоношения. Некорневые подкормки проводят сразу после образования завязи:

– *плодовые косточковые*: 3,5–4,5 л/га; расход рабочего раствора не менее 800 л/га; 3 обработки каждые 7–10 дней.

– *киви*: 2,5–4,5 л/га; расход рабочего раствора не менее 800 л/га; 3 обработки каждые 7–10 дней.

– *виноград*: 3,5–4,5 л/га на 800 л/га воды; 3 обработки каждые 7–10 дней.

– *яблоня, груша*: 3,5–4,5 л/га; расход рабочего раствора не менее 800 л/га (эффективность препарата может быть снижена на сортах, обработанных гиббереллином в сочетании с цитокининами); 3 обработки каждые 7–10 дней.

– *цитрусовые культуры*: 3,5–4,5 л/га на не менее 800 л/га воды; 2 обработки каждые 7–10 дней.

– *тепличные культуры*: 300–400 мл/100 л; 2–3 обработки каждые 7–10 дней.

– *арбуз, дыня*: 3,5–4,5 л/га на не менее 500 л/га воды; 2–3 обработки каждые 7–10 дней.

– *овощные культуры*: 3,5–4,5 л/га на не менее 500 л/га воды; 2 обработки каждые 7–10 дней.

Применение Бенефит ПЗ с медьсодержащими препаратами, может привести в фитотоксическому шоку.

Брассинолид – 100 %-ный кристаллический порошок; химическая форма $C_{28}H_{48}O_6$. Препарат хорошо растворим в этаноле, но не растворим в воде, малотоксичен, не обладает мутагенным действием. Брассинолид повышает устойчивость растений к гербицидам, а также холодо-, болезне- и солеустойчивость. Рекомендуются для предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений.

Вива – жидкий биостимулятор биологической активности растений и почвы: улучшает рост растения благодаря комплексному синергическому действию, которое он оказывает на растение и его корневую систему. Вива рекомендуется для регенерации активности микрофлоры после химической обработки почвы (например, после применения нематоцидов, почвенных гербицидов). В состав его входят протеины, пептиды, аминокислоты, полисахариды, гуминовые кислоты, витаминный комплекс, кальций, магний:

Состав:	w/w – % [*]	w/v – % [†]
Органические вещества	– 12,0 %	– 14,9 %
Протеины, пептиды, аминокислоты	– 12,5 %	– 15,5 %
Полисахариды	– 1,5 %	– 1,9 %
Гуминовые кислоты	– 2,7 %	– 3,4 %
Витаминный комплекс (В ₁ , В ₆ , РР, фолиевая кислота, инозитол)	– 0,18 %	– 0,22 %
Общий азот (N)	– 3,0 %	– 3,7 %
в т. ч. органический	– 1,0 %	– 1,2 %
амидный	– 2,0 %	– 2,5 %
Оксид калия (K ₂ O)	– 8,0 %	– 9,9 %
Органический углерод (C)	– 8,0 %	– 9,9 %
Хелат железа Fe (EDDHSА)	– 0,02 %	– 0,03 %

* Массовый процент (масс.%) w/w — количество вещества в граммах в 1 кг продукта.

† w/v — количество вещества в граммах в 1 л продукта.

Применяется Вива, главным образом, путем фертигации – внесения с капельным поливом:

– *томаты, кабачок, дыня, баклажан, перец сладкий, огурец*: 20–40 л/га после высадки, в начале вегетативного роста, после образования завязи с интервалом 10–15 дней;

– *листовые овощи*: 1–2 подкормки по 20–40 л/га;

– *земляника*: 20–40 л/га после высадки, в начале вегетативного роста, после образования плодов;

– *бобовые культуры*: 2–3 лист 40–50 л/га каждые 15–25 дней 40–50 л/га;

– *луковичные*: начало роста стебля 40–50 л/га, перед цветением – 40–50 л/га;

– *цитрусовые культуры, виноград, киви, плодовые-семечковые культуры*: начало вегетации, цветение и образование завязи, после формирования плодов, 2–3 подкормки по 25–30 л/га;

– *плодовые-косточковые культуры*: 1–2 подкормки после формирования завязи по 25–30 л/га;

– *роза*: 60–70 л/га каждые 15–20 дней от начала вегетации;

– *гвоздика, хризантема, гербера*: 15–20 дней после высадки – 30–50 л/га перед цветением 30–50 л/га после первой срезки 30–50 л/г.

Для листовых подкормок полевых культур вива применяется в дозах от 0,5 до 2 л/га, для развития корневой системы и стимуляции вегетативного роста в начальные фазы вегетации.

Гармония – стимулятор роста растений из торфа. Содержит биологически активные компоненты гумусового комплекса. Препарат производится в промышленных масштабах в виде темной густой жидкости в Нижегородской области фирмой «Стрелец». Механизм действия препарата заключается в стимулировании биохимических процессов в период прорастания семян, роста и развития растений. Способ применения препарата – предпосевная обработка семян, опрыскивание вегетирующих растений или сочетание обработки семян с последующим опрыскиванием растений. Целесообразно совместить его применение с некорневой подкормкой макро- и микроэлементами, обработкой посевов и семян пестицидами. Норма расхода препарата – 0,4–4,0 л/га; перед использованием разводят водой в соотношении 1:100 (1 %) или 1:1000 (0,1 %).

Гетероауксин – препарат, относящийся к группе природных регуляторов роста и развития растений. Служит для улучшения корнеобразования у рассады, луковиц, растений в период их вегетации. Обработка гетероауксином посадочного материала тюльпанов, гладиолусов, крокусов и некоторых других культур сокращает срок укоренения в два раза, что особенно важно при вегетативном размножении цветов. Обилие корней способствует более быстрому развитию побегов и листьев. Препарат производят в виде раствора, порошка или пасты. Рабочие растворы готовят непосредственно перед употреблением. Оптимальные концентрации: 50–200 мг действующего вещества на 1 л воды.

Гиббереллин – продукт микробного синтеза, содержащий до 80–85 % действующего вещества – гибберелловой кислоты, которая является фитогормоном, вырабатываемым всеми растениями. Представляет собой порошок белого цвета, хорошо растворимый в спирте, щелочах и слабее в воде. Для приготовления рабочих растворов 1 г препарата растворяют в 20 мл спирта, затем полученный раствор разбавляют до соответствующего объема водой. Вместо спирта можно использовать также 0,5 %-й водный аммиак (нашатырный спирт) или раствор кальцинированной соды такой же концентрации. Водные растворы гиббереллина теряют активность при длительном хранении и хране-

нии в кислых и щелочных средах. Приготовленный раствор можно хранить не более 2 сут. в темном месте. Препарат оказывает специфическое действие на различные растения: усиливает рост побегов, плодов, регулирует процесс цветения, стимулирует прорастание стеблей и клубней. В связи с его высокой физиологической активностью для обработки семян и растений используют слабый раствор, содержащий от 1 до 200 мг гиббереллина на 1 л воды. Используют для обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений.

Гибберсиб (50 %-ный водный раствор) применяется на томатах открытого и защищенного грунта. Способ применения – двух-, трехкратное опрыскивание растений в начале цветения первой-третьей кистей 0,005–0,0075 %-ным раствором для ускорения созревания плодов, увеличения урожайности.

Гидразидмалеиновая кислота (ГМК) – белое кристаллическое вещество, слабо растворимое в воде. В сельскохозяйственной практике применяются препараты, приготовленные на основе хорошо растворимых в воде его солей – диэтаноламиновой (ГМК–Д), 3–этаноламиновой (ГМК–Т), натриевой (ГМК–Na) и аммониевой (ГМК–NH₄). ГМК–Д (МГ–Д) – концентрированный раствор ГМК в диэтаноламине, содержащий 30–33 % действующего вещества. ГМК–Т (МГ–Т) – раствор ГМК в 3–этаноламине, содержащий 30 % действующего вещества; вязкая темно-коричневая, жидкость почти без запаха. ГМК–Na (МГ–Na) – водный раствор белой кристаллической натриевой соли ГМК, содержит 40–80 % активного вещества. ГМК–NH₄ (МГ–А) – светло-коричневая, прозрачная жидкость содержит 20–25 % ГМК, рН 7–8. в его состав входит некоторое количество сульфата аммония, который не снижает активность препарата и в то же время служит удобрением. ГМК является системным регулятором, в зависимости от дозы действует как ингибитор или стимулятор роста растений, либо как гербицид сплошного действия. Его используют для улучшения прорастания семян и повышения лежкости клубней, корнеплодов, луковиц при хранении, а также для предотвращения чрезмерного роста побегов вегетирующих растений, для повышения урожая семян и сахаристости сахарной свеклы. Нормы расхода в среднем составляют 1,25–2,5 кг/га действующего вещества.

Гидрел (40 %-ный водный раствор) используется при возделывании продовольственного картофеля. Способ применения – опрыскивание клубней при закладке на хранение 0,5 %-ным раствором для предотвращения прорастания клубней. Реализация клубней спустя 5 месяцев после обработки. Препарат применяют также в открытом грунте на посевах огурца – разовое опрыскивание растений в фазе двух-трех настоящих листьев 0,025–0,03 %-ным раствором для ускорения начала плодоношения, повышения урожайности и томатов – опрыскивание растений при созревании 10–30 % плодов 0,1–0,25 %-ным раствором способствует дружному созреванию плодов и увеличению раннего урожая.

Иммуноцитофит – многоцелевой стимулятор защитных реакций, роста и развития растений. Предназначен для повышения устойчивости к болезням и неблагоприятным погодным условиям, ускорения роста и развития растений, созревания плодов, улучшения вкусовых и питательных качеств овощей и фруктов, снижения потерь урожая при хранении, увеличения урожайности на 20–30 %. Иммуноцитофит повышает болезнеустойчивость. Никаких отрицательных воздействий на растения не оказывает. Препарат не может вызывать отравлений, не нуждается в гигиенической регламентации условий труда при применении, транспортировке и хранении. Накопление его в объектах окружающей среды и возможность загрязнения грунтовых и поверхностных вод исключены. Препарат безопасен для пчел. Обезвреживание водного раствора

препарата не требуется, остаток иммуноцитифита и упаковка утилизируются в местах сбора бытового мусора. Способ применения – обработка семян, опрыскивание растений. Иммуноцитифит поставляется фирмой изготовителем, как правило, в таблетках с инструкцией по применению, где указываются дозы, сроки и способы применения под конкретные культуры. Водный раствор иммуноцитифита необходимо использовать в день приготовления. Не обрабатывать во время дождя или перед ним и по росе. Нельзя применять в смеси с перманганатом калия. В случае возможной эпифитотийной* ситуации (теплой и влажной погоде), способствующей развитию грибковых и бактериальных заболеваний, необходимо обработать растение фунгицидом через 2 недели после последней обработки иммуноцитифитом.

Кампозан М (в. р.) применяется для предотвращения полегания посевов. Озимую рожь обрабатывают в фазе колошения 0,8–1,0 %-ным раствором препарата при наземном опрыскивании и 2,4–6 %-ным – при авиационном, а озимый ячмень – за 10 дней до начала колошения соответственно 0,23–0,5 % и 1,4–4 %-ным раствором. Высокоэффективное совмещение его с хлорхолинхлоридом. Способ применения – наземное и авиационное опрыскивание. Дозы препарата Кампозан М (в. р.) + хлорхолинхлорид (60 %-ный в. р.) – 1,5–2,0 + 3–3,3 л/га для озимой ржи в фазе выхода в трубку, 1–2 + 3–5 л/га – для озимой пшеницы в период от начала выхода в трубку до середины фазы трубкования, 1–2 + 3 л/га – для озимого ячменя за 10–12 дней до начала колошения.

Квартазин – 95 % кристаллический хорошо растворимый в воде порошок. Действующим веществом этого препарата является хлорид, диметил (2-хлорэтил) – гидрозиния. Препарат легко поглощается и быстро трансформируется в растениях. Рекомендуется для предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений.

Кендал – препарат для повышения эндогенной защиты растения.

Состав:	w/w – %	w/v – %
Азот (N) всего:	– 3,5 %	– 4,5 %
в т. ч. органический	– 0,3 %	– 0,4 %
амидный	– 3,2 %	– 4,1 %
Калий (K ₂ O)	– 15,5 %	– 20,0 %
Органическое вещество (олигосахариды, глутатион и др.)	– 6,0 %	– 7,7 %
Органический углерод (C)	– 3,0 %	– 3,9 %

Входящие в состав препарата органические вещества «включают» систему эндогенной защиты растения до фактической атаки патогенов, олигосахариды способствуют синтезу фитоалексинов (внутренних растительных антибиотиков), глутатион нейтрализует действие токсинов различных патогенов, калий способствует естественному повышению иммунитета. Кендал повышает иммунитет, устойчивость к действию патогенов и позволяет лучше преодолевать стрессы; укрепляя стенки клеток растения, способствует усилению естественных физических барьеров для патогенов. Его применение позволяет сократить или даже устранить фунгицидную нагрузку на растение и окружающую среду. Кендал не позволяет патогенам вырабатывать резистентность к этим препаратам. Инструкции по применению:

Некорневая подкормка:

– *фруктовые деревья, виноградники*: 2,5–3,0 л/га, обработки с интервалом 7–10 дней;

* Эпифитотия – массовое, обычно внезапно возникающее заболевание растений, вызываемое грибами, бактериями, вирусами.

- овощные культуры: 1,5–2,0 л/га, обработки с интервалом 7–10 дней;
- листовые овощи: 1,5–2,0 л/га, обработки с интервалом 7–10 дней;
- цветочные культуры: 1,5 – 2,0 л/га, обработки с интервалом 7–10 дней;
- полевые культуры 0,5 – 1,0 л/га, 1–3 обработки за сезон.

Фертигация:

- овощные и плодовые культуры, виноград, цветочные культуры: 8–12 л/га.

Локальное внесение:

- деревья: 3,5–4,0 л/г (10 л питательного раствора на растение);
- овощи: 300–400 мл/г (100–200 мл рабочего раствора на 1 растение).

При использовании кендала вместе с медь-, или кальцийсодержащими препаратами может возникнуть фитотоксический шок у наиболее чувствительных растений. Препарат имеет кислую реакцию, поэтому не рекомендуется совмещать его применение с препаратами, имеющими сильную щелочную реакцию.

Кротонолактон – жидкость красно-желтого цвета с 50 % содержанием действующего вещества – 2-бутен-4-олит-оксо-2,5-дигидрофуран. Растворим в воде, бензоле, этаноле, эфире. Рекомендуется для предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений.

Препараты компании «МАКСИКРОП» (сокращенно МС). Компания основана в Англии в 1952 г., и была первой в мире производящей экстракт из морских водорослей и отдельные активные фитоингредиенты. В 1999 г. произошло слияние «Максикроп» с норвежским производителем биостимуляторов – компанией «Алгея» («ALGEA»), что привело к созданию альянса производящего агрохимические препараты на основе морской водоросли *Ascophyllum nodosum*. В настоящее время, Алгея и Максикроп в составе Валагро, используя опыт и научные исследования Валагро, сырье и оборудование компании Максикроп, были произведены инновационные препараты – МС лайн.

Линия Максикроп – **МС лайн**, представлена препаратами направленного действия на основе активных фитоингредиентов. Линия МС представлена продуктами: **МС сет** и **МС крем**, применение которых позволяет получать урожай высокого качества.

МС сет – создан на основе фитогормонов и активных соединений. Содержит цитокинин, аминокислоты, бетаин, маннитол, альгиновую кислоту и микроэлементы – цинк и бор:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Zn (ЭДТА)	– 1,5 %	– 1,7 %
B	– 0,5 %	– 0,6 %
Карбогидраты	– 3,5 %	– 4,0 %
Цитокинин	– 0,06 %	– 0,07 %
Бетаин	– 0,01 %	– 0,011 %
Маннитол	– 0,50 %	– 0,6 %
Альгиновая кислота	– 1,00 %	– 1,1 %

Потребность растения в компонентах препарата многократно возрастает в период цветения и завязывания плодов. Используют для стимуляции цветения, улучшения формирования и сохранения завязи, даже при неблагоприятных погодных условиях.

Инструкция по проведению некорневых подкормок:

– овощные культуры: 1,0–2,0 л/га, 2 обработки от начала цветения и до образования завязи.

– полевые культуры: 1,0–2,0 л/га, 1–2 обработки, перед цветением и после образования завязи.

– плодовые и ягодные культуры: 1,0–2,0 л/га, 2 обработки от начала конца цветения.

МС крем – антистрессовый препарат, наиболее насыщенная формуляция высококонцентрированных активных фитоингредиентов, содержащая бетаин, цитокинин, ауксин и гиббереллин, аминокислоты и альгиновую кислоту, мезо- и микроэлементы:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Карбогидраты	– 7,0 %	– 7,42 %
Альгиновая кислота	– 4,0 %	– 4,24 %
Mn	– 1,5 %	– 1,59 %
MgO	– 1,0 %	– 1,06 %
Zn	– 0,5 %	– 0,53 %
Цитокинин	– 0,010 %	– 0,011 %
Бетаин	– 0,004 %	– 0,0042 %
Гиббереллин	– 0,003 %	– 0,0032 %
Ауксин	– 0,001 %	– 0,0011 %

Состав специально разработан для преодоления стрессов (особенно низко и высокотемпературных, а так же при химических ожогах и механических повреждениях), стимуляции метаболизма, ростовой и фотосинтетической активности, и других факторов позволяющих восстановить и поддерживать высокий уровень продуктивности.

Инструкции по проведению некорневых подкормок:

– овощные культуры: 1,0–2,0 л/га, еженедельно, до выхода из стресса.

– полевые культуры: 0,5–2 л/га, 1–3 обработки, при возникновении стрессовых ситуаций.

– плодовые и ягодные культуры: 2 л/га, каждые 7–10 дней, до выхода из стресса.

– цветочные культуры: 1,0–2,0 л/га, каждые 7–10 дней, до восстановления нормального роста.

Линия **«МАКСИФОЛ»** разработана для экстремальных условий ведения сельского хозяйства в России. Одним из основных компонентов каждого из семи препаратов, входящих в линейку «Максифол», является экстракт бурых морских водорослей – *Ascophyllum nodosum*, содержащий макро- и микроэлементы, карбогидраты, аминокислоты, антиоксиданты, альгиновую кислоту и натуральные фитогормоны: цитокинин, ауксин, гиббереллин и бетаин. Эти активные компоненты усиливают устойчивость растений к стрессам различной этиологии, способствуют повышению количественных и качественных параметров урожайности. Каждый препарат линейки «Максифол» дополнительно обогащен необходимыми мезо- и микроэлементами, потребность в которых многократно возрастает в определенные периоды вегетации. Препараты **«Максифол Динамикс»** и **«Максифол Рутфарм»** дополнительно обогащены свободными специфическими аминокислотами, повышающими эффективность действия этих продуктов.

Максифол Динамикс – антистрессант с высоким содержанием аминокислот:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Экстракт <i>Ascophyllum nodosum</i>	– 10,0 %	– 11,7 %
Всего аминокислот	– 28,0 %	– 32,8 %
N всего:	– 6,6 %	– 7,7 %
в т. ч. органический	– 4,5 %	– 5,3 %
амидный	– 2,1 %	– 2,4 %
K ₂ O	– 1,2 %	– 1,4 %

Входящие в его состав аминокислоты (тирозин, аргинин, аланин, лизин, пролин, серин, треонин, валин и глутамин) стимулируют рост растения, обеспечивая готовым энергетическим резервом биологические процессы в стрессовых ситуациях (заморозки, низкая или высокая температура, градобитие, химический ожог, осмотический стресс). При совмещении с листовыми подкормками *Максифол Динамикс* расширяет температурные границы их эффективности, повышает способность усвоения элементов питания, играя роль транспортного агента, т. к. те же аминокислоты являются хорошими хелаторами элементов питания.

Инструкции по проведению некорневых подкормок:

– *зерновые, зернобобовые культуры, кукуруза*: 1–3 раза в фазе полных всходах, 0,5–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 200–300 л/га;

– *технические культуры*: 1–3 раза в начальные фазы развития культуры, 1,0–3,0 л/га, расход рабочего раствора – 200–300 л/га;

– *плодово-ягодные культуры*: 2–4 раза в течение вегетации, 2,0–3,0 л/га, расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;

– *овощные культуры (открытый грунт)*: 2–4 раза в течение вегетации, 2,0–3,0 л/га, расход рабочего раствора – 300–600 л/га;

– *овощные культуры (защищенный грунт)*: в течение вегетации каждые 10–15 дней, 1,0–2,5 л/га, расход рабочего раствора – 600–1000 л/га;

– *цветочно-декоративные культуры*: некорневая подкормка растений 2–3 раза в течение вегетации с интервалом 10–15 дней, 1,0–2,5 л/га, расход рабочего раствора – 300–1000 л/га;

– *все культуры*: 1,0–3,0 л/га, накануне и после ожидаемых заморозков, при недостатке или избытке влаги и других негативных факторах.

Совмещать подкормку с обработкой медьсодержащими фунгицидами недопустимо. Не комбинировать с обработками, где применяются минеральные масла. Минимальный интервал между листовыми подкормками – 7 дней.

Максифол Завязь – препарат для улучшения цветения и образования завязи, содержащий:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Zn (ЭДТА)	– 1,5 %	– 1,9 %
Mn (ЭДТА)	– 0,2 %	– 0,25 %
B	– 4,0 %	– 5,0 %
K ₂ O	– 1,2 %	– 1,5 %
Экстракт <i>Ascophyllum nodosum</i>	– 10,0 %	– 12,5 %

Применяют путем некорневой подкормки:

– *свекла сахарная, столовая*: в фазу 5–6 пар листьев, через 20–25 дней после первой подкормки и за 15–20 дней до уборки, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–400 л/га;

– *рис*: перед цветением, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

– *кукуруза, сорго*: перед цветением, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

– *подсолнечник*: перед цветением, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

– *зернобобовые культуры, лен, горчица, рапс, гречиха*: перед цветением, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

– *плодово-ягодные культуры, виноград, цитрусовые*: 1–2 раза перед цветением и после образования завязей, 1,5–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;

- *земляника*: 1–2 раза перед цветением и после образования завязей, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *огурец, патиссон, кабачок, дыня, тыква, арбуз*: 1–2 раза перед цветением и после образования завязей, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *томаты, перец, баклажан*: 1–2 раза перед цветением и после образования завязей, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *картофель*: в фазе полных всходов, в фазе бутонизации и за 15 дней до уборки, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *зеленные культуры, капуста*: в фазе 4–6 листьев и через 20–25 дней после первой подкормки, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *лук, чеснок*: в начале формирования луковицы и за 12–15 дней до уборки, 1,5–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 150–300 л/га.

Максифол Качество – препарат для повышения качества плодов, содержащий:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Экстракт <i>Ascophyllum nodosum</i>	– 10,0 %	– 12,4 %
N всего:	– 2,5 %	– 3,1 %
в т. ч. нитратный	– 2,5 %	– 3,1 %
K ₂ O	– 1,2 %	– 1,5 %
CaO	– 5,0 %	– 6,2 %
B	– 0,2 %	– 0,25 %
Mn(ЭДТА)	– 0,4 %	– 0,5 %

Применяется целенаправленно для улучшения процессов созревания, повышения количественных и качественных показателей урожайности. Улучшает окраску, текстуру и вкус плодов, повышает их лёжкость и транспортабельность.

Инструкции по проведению некорневых подкормок:

- *свекла сахарная, свекла столовая*: 1–2 раза в период роста корнеплода с интервалом 7–12 дней, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–400 л/га;
- *плодово-ягодные культуры, виноград, цитрусовые*: 2–3 раза в период роста плодов с интервалом 7–12 дней, 1,5–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;
- *земляника*: 2–3 раза в период роста плодов с интервалом 7–12 дней, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *огурец, патиссон, кабачок, дыня, тыква, арбуз*: 2–3 раза в период роста плодов с интервалом 7–12 дней, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *томаты, перец, баклажан*: 2–3 раза в период роста плодов с интервалом 7–12 дней, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *картофель*: 2–3 раза после цветения, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *зеленные культуры, капуста*: 2–3 раза в период активного роста, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *лук, чеснок*: 2–3 раза в период роста луковицы, 1,5–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 150–300 л/га.

Максифол Мега – препарат для роста плодов, содержащий:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Zn (ЭДТА)	– 2,0 %	– 2,5 %
Mn (ЭДТА)	– 1,5 %	– 1,9 %
Fe (ДТПА)	– 1,0 %	– 1,3 %
N всего:	– 4,6 %	– 5,8 %
в т. ч. амидный	– 4,6 %	– 5,8 %
K ₂ O	– 1,2 %	– 1,5 %
Экстракт <i>Ascophyllum nodosum</i>	– 10,0 %	– 12,7 %

Инструкции по проведению некорневых подкормок:

– *свекла*: 1–2 раза в период роста корнеплода с интервалом 7–12 дней, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–400 л/га;

– *зерновые культуры*: в фазе флагового листа, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

– *кукуруза, сорго*: в фазе 5–7 листьев, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

– *зернобобовые культуры, лен, горчица, рапс, гречиха*: в фазе бутонизации, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

– *плодово-ягодные культуры, виноград, цитрусовые*: 1–2 раза в период роста плодов с интервалом 7–12 дней, 1,5–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;

– *земляника*: 1–2 раза в период роста плодов, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *огурец, патиссон, кабачок, дыня, тыква, арбуз*: 1–2 раза в период роста плодов с интервалом 7–12 дней,

1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *томаты, перец, баклажан*: 1–2 раза в период роста плодов с интервалом 7–12 дней, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *картофель*: 1–2 раза после цветения, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *зеленные культуры, капуста*: 2–3 раза в период активного роста, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *лук, чеснок*: 2–3 раза в период роста луковицы, 1,5–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 150–300 л/га.

Максифол Рутфарм – препарат, содержащий экстракт водорослей *Ascophyllum nodosum*, аминокислоты, макро- и микроэлементы, разработанный для развития корневой системы растения. Препарат помогает растению пережить травмы при пересадке, а также неблагоприятные факторы: высокая температура, избыток влаги в воздухе и почве. Растения и семена, обработанные Максифол Рутфарм, быстро поглощают воду и элементы питания, тем самым иницируя более раннее прорастание, формирование мощной корневой системы, повышая фотосинтетическую активность и ускоряя созревание урожая. Кроме того, комплекс обогащен специальными аминокислотами (триптофан, аргинин, аспарагин, глютамин, фенилаланин, лизин, метионин и треонин), которые активизируют прорастание семян и стимулируют рост кончиков корней, повышают холодостойкость и устойчивость к засолению и стрессам.

Состав:	w/w – %	w/v – %
Экстракт <i>Ascophyllum nodosum</i>	– 17,5 %	– 20,3 %
Свободные аминокислоты	– 12,0 %	– 13,9 %
Комплекс витаминов (В ₁ В ₆ , РР)	– 0,05 %	– 0,06 %
Калиевая соль индолилуксусной кислоты	– 0,25 %	– 0,29 %
Азот всего:	– 4,0 %	– 4,6 %
в т. ч. органический	– 1,9 %	– 2,2 %
амидный	– 2,1 %	– 2,4 %
К ₂ О	– 2,1 %	– 2,4 %
Zn(EDTA)	– 0,20 %	– 0,23 %

Инструкции по применению:

Корневые подкормки (фертигация):

– *плодово-ягодные, декоративные культуры*: 0,2–0,3 л/100 л воды; расход рабочего раствора – в зависимости от нормы полива; в начале возобновления вегетации (или при посадке) и через 10–14 дней после первой подкормки;

– *овощные, цветочно-декоративные культуры*: 3,0–6,5 л/га (концентрация – 0,3–0,4 %); расход рабочего раствора – в зависимости от нормы полива; сразу после высадки рассады (или в фазе полных всходов) и через 7 дней после первой подкормки.

Овощные культуры без систем фертигации: – 300–400 мл/100 л воды. Полив питательным раствором под корень 0,3–0,5 л под растение, сразу после пересадки и через 7 дней. При использовании оборудованных рассадопосадочных машин – 300–400 мл/100 л.

Обработка посевного материала:

– *зерновые, зернобобовые, технические, кормовые культуры*: 0,2–0,5 л/т семян, расход рабочего раствора – 8–10 л/т.

Обработку посевного материала зерновых, зернобобовых, технических и кормовых культур следует совмещать с протравливанием: 0,2–0,5 л/т Максифол Рутфарм (на 8–10 л воды) + 100–200 г/т АгроМикс (концентрированный комплекс хелатов микроэлементов).

Максифол Старт – препарат для стимуляции и восстановления вегетативного роста, содержащий:

Состав:	w/w – %	w/v – %
Fe(ДТПА)	– 0,5 %	– 0,6 %
Zn(ЭДТА)	– 1,5 %	– 1,9 %
Mn(ЭДТА)	– 0,5 %	– 0,6 %
Mg ₂ O	– 1,0 %	– 1,3 %
К ₂ О	– 1,2 %	– 1,5 %
Экстракт <i>Ascophyllum nodosum</i>	– 10,0 %	– 12,7 %
N всего:	– 14,6 %	– 18,5 %
в т. ч. нитратный	– 0,7 %	– 0,9 %
амидный	– 13,9 %	– 17,6 %

Применяется для некорневых подкормок:

– *свекла сахарная, свекла столовая*: в фазе 2–х пар листьев и далее 1–2 раза с интервалом 10–14 дней, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–400 л/га;

– *зерновые культуры*: в фазе начала кущения – выхода в трубку и в начале налива зерна, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

– *кукуруза, сорго*: в фазе 3–5 листьев и далее 1–2 раза с интервалом 7–12 дней, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;

- *подсолнечник*: в фазе 2–3 пар листьев и далее 1–2 раза с интервалом 7–12 дней, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;
- *зернобобовые культуры, лен, горчица, рапс, гречиха*: до цветения и далее 1–2 раза с интервалом 7–12 дней, 1,0–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;
- *плодово-ягодные культуры, виноград, цитрусовые*: 1–2 раза до цветения, 1,5–2,0 л/га, расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;
- *земляника*: в начале возобновления вегетации и в фазе бутонизации, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *огурец, патиссон, кабачок, дыня, тыква, арбуз*: перед высадкой рассады (или в фазе 4–5 листьев) и через 7–12 дней после первой подкормки, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *томаты, перец, баклажан*: через 7–10 дней после высадки рассады и после образования 6-го листа, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *картофель*: в фазе полных всходов и через 7–12 дней после первой подкормки, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *зеленные культуры, капуста*: в фазе 3-х листьев и через 7–12 дней после первой подкормки, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;
- *лук, чеснок*: в фазе 3–5 листьев и через 7–12 дней после первой подкормки, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 150–300 л/га.

Максифол Экстра – содержит макро- и микроэлементы, карбогидраты, аминокислоты, антиоксиданты, альгиновую кислоту и натуральные фитогормоны: цитокинин, ауксин, гиббереллин и бетаин.

Состав:	w/w – %	w/v – %
Экстракт <i>Ascophyllum nodosum</i>	– 50,0 %	– 65 %
N всего:	– 1,0 %	– 1,3 %
в т. ч. амидный	– 1,0 %	– 1,3 %
K ₂ O	– 6,0 %	– 7,8 %

Активные компоненты препарата усиливают устойчивость растений к стрессам различной этиологии, способствуют повышению количественных и качественных параметров урожая. Повышает эффективность подкормок при добавлении к рабочему раствору из расчета 0,3–0,5 л/га.

Инструкции по проведению некорневых подкормок:

- *свекла сахарная и столовая*: в фазе 2-х пар листьев и далее 1–2 раза с интервалом 10–14 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–400 л/га;
- *зерновые культуры*: 2–3 раза в период от фазы начала кущения до фазы колошения, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;
- *кукуруза, сорго*: в фазе 3–5 листьев и далее 1–2 раза с интервалом 7–12 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;
- *зернобобовые культуры, лен, горчица, рапс, гречиха*: в фазе бутонизации и далее 1–2 раза с интервалом 7–12 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;
- *подсолнечник*: в фазе 2–3 пары листьев и далее 1–2 раза с интервалом 7–12 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 100–300 л/га;
- *плодово-ягодные культуры, виноград, цитрусовые*: до цветения, в период опадения лепестков – начало образования завязей и далее 2–3 раза в период роста плодов, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 800–1000 л/га;
- *земляника*: осенью (в конце периода вегетации), в начале возобновления вегетации, в фазе бутонизации, в начале образования завязей и далее 2–3 раза с интервалом 15–20 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *огурец, патиссон, кабачок, дыня, тыква, арбуз*: перед высадкой рассады (или в фазе 4–5 листьев) и далее 5–7 раз с интервалом 10–12 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *томаты, перец, баклажан*: через 7–10 дней после высадки рассады и далее 5–7 раз с интервалом 10–15 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *картофель*: в фазе полных всходов, в начале цветения и далее 1–2 раза с интервалом 10–15 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *зеленные культуры, капуста*: в фазе 3-х листьев и далее 2–4 раза с интервалом 10–15 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – 200–500 л/га;

– *лук, чеснок*: в фазе 3–5 листьев и далее 3–4 раза с интервалом 10–14 дней, 1,0–1,5 л/га, расход рабочего раствора – 150–300 л/га;

Фертигация:

– *овощные, цветочно-декоративные культуры (защищенный грунт)*: внесение с поливными водами каждые 7–14 дней, 0,5–1,0 л/га, расход рабочего раствора – в зависимости от нормы полива.

Не рекомендуется смешивать с высококислотными химикатами. Окислители и кислоты могут привести к деградации.

Мегафол – антистрессовый препарат, произведенный из растительных аминокислот в сочетании с калием, бетаином, полисахаридами и прогормональными соединениями. Основные компоненты Мегафола получены путем энзимного гидролиза из высокопротеиновых растительных субстратов. Повышает урожай и качество продукции.

Аминокислоты и бетаин в сочетании с другими соединениями стимулируют рост растения, обеспечивая энергетическим резервом биологические процессы в стрессовых ситуациях. При совмещении с подкормками Мегафол расширяет температурные границы их эффективности, повышает способность усвоения элементов питания, играя роль транспортного агента и поверхностно-активного вещества. Он может использоваться со всеми пестицидами, повышая их эффективность и, стимулируя обмен веществ, позволяет легко преодолевать гербицидный стресс растению.

Состав:	w/w – %	w/v – %
Всего аминокислот	– 28,0 %	– 35,0 %
N всего:	– 3,0 %	– 3,8 %
в т. ч. органический	– 1,0 %	– 1,3 %
амидный	– 2,0 %	– 2,5 %
K ₂ O	– 8,0 %	– 10,0 %
Органический углерод	– 9,0 %	– 11,3 %

Инструкция по проведению некорневых подкормок:

– *плодовые и ягодные культуры*: 2–3 л/га, перед цветением, завязью, формированием плода и во всех случаях вегетативных задержек и стрессов.

– *овощные культуры*: 2–3 л/га в открытом грунте. В защищенном грунте – 150–200 мл/гЛ, применяя каждые 10–15 дней, после высадки.

– *зерновые, зернобобовые*: 0,5–2,0 л/га (кущение – выход в трубку + колосшение, или стресс).

– *технические культуры*: 0,5–3,0 л/га.

Мегафол нельзя комбинировать с минеральными и белыми маслами (типа Корвет Ж). Комбинация Мегафола с медьсодержащими фунгицидами допустима только при применении на оливах, винограде, томатах и артишо-

ках. Перед обработкой слив необходимо протестировать препарат на небольшом количестве деревьев каждого сорта. При комбинации с удобрениями ряда АгроМастер, Плантафид расход Мегафол целесообразно сократить до 0,5–1,0 л/га. Для выведения плодовых и ягодных культур из состояния ступора, связанного с сильными морозами (ситуация января 2006 г.), применяется Мегафол 2–3 л/га + Брексил Zn 1–2 кг/га + карбамид 2–3 кг/га. Для усиления действия Глифосата и Глифосината – 1 л/га.

Нефтяное ростовое вещество представляет собой натриевую соль нафтеновых кислот. Под воздействием препарата повышаются энергия прорастания и всхожесть семян, рост и продуктивность растений. Рекомендуются для обработки семян зерновых культур, которую проводят непосредственно перед севом 0,01 % водным раствором полусухим способом – 10 л рабочего раствора на 1 т посевного материала.

Ориз – 0,6 % гранулированный препарат. Обладает ретардантным эффектом на рисе. Действующее вещество пакробутразол. Ориз слабо токсичен для теплокровных. ЛД₅₀ препарата для крыс 1500 мг/кг. Препарат не воспламеняется, не взрывоопасен, не слеживается, не вызывает коррозии. Срок хранения ориза 2 года. На посевах риса ориз в дозе 30 кг/га применяют в фазе выхода растений в трубку.

Радифарм® – комплекс растительных экстрактов, содержащий полисахариды, стероид глюкозида, аминокислоты и бетаин, обогащенный витаминами и микроэлементами. Стимулирует развитие корневой системы растения. Радифарм помогает растению пережить травмы при пересадке, а также неблагоприятные влаготермические факторы среды. Растения, обработанные этим препаратом, быстро поглощают воду и элементы питания, тем самым иницируя более раннюю фотосинтетическую деятельность и укорачивая вегетационный период.

Состав:	w/w – %	w/v – %
Всего органических веществ	– 30,0 %	– 36,0 %
Полисахариды	– 7,0 %	– 8,4 %
Стероиды глюкозидов (сапонины)	– 0,2 %	– 0,24 %
Протеиновые полипептиды	– 11,0 %	– 13,2 %
Свободные аминокислоты	– 1,0 %	– 1,2 %
Витаминный комплекс (В ₁ , В ₆ , D, H, PP)	– 0,04 %	– 0,05 %
Азот (N) всего:	– 3,0 %	– 3,6 %
в т. ч. органический	– 1,0 %	– 1,2 %
амидный	– 2,0 %	– 2,4 %
Оксид калия (K ₂ O)	– 8,0 %	– 9,6 %
Органический углерод (C)	– 10,0 %	– 12,0 %
Хелат цинка Zn (EDTA)	– 0,10 %	– 0,12 %

Применение:

– *овощные культуры: фертигация и гидропоника:* 500–650 мл/1000 м² почвы при высадке, через 7 дней: 300–400 мл/1000 м² почвы;

– *овощные культуры без систем фертигации:* 100–200 мл/100 л. Полив питательным раствором под корень 0,3–0,5 л под растение, сразу после пересадки Местный поверхностный полив через штангу, для развития корневой системы рассады (от образования 3-й пары листьев) и сразу после пересадки – 100–200 мл/100 л. При использовании оборудованных рассадопосадочных машин – 300–400 мл/100 л;

– *технические культуры:* 100–300 мл/100 л воды; наносить раствор на основание растения один раз при пересадке или сразу после нее;

- *цветочные культуры*: 500–600 мл/1000 м² почвы, через 7 дней: 300–400 мл/1000 м² почвы, либо 1,5–2,0 л/м³ воды;
- *горшочные растения или декоративные*: 2–3 применения каждые 7 дней после высадки, доза – 1,5–2,0 л/1000 л воды;
- *фруктовые и лесные деревья*: 200–300 мл/100 л, 2–4 л раствора под растение.

При совместном применении Радифарма 250 мл/100 л и Кендала 250 мл/100 л, за счет синергизма, существенно повышается эффективность подкормки, обеспечивается более быстрый выход из стресса и более высокая равномерность в развитии растений.

Обработка семян: при проведении протравливания семенного материала: 200–500 мл/т Радифарма (на 8–10 л воды) + 100–200 г/т АгроМикс (концентрированный комплекс хелатов микроэлементов).

Свит – раствор растительных моно-ди-три-полисахаридов и уроновых кислот в сочетании с мезо- и микроэлементами.

Состав:	w/w – %	w/v – %
Моно-ди-три-полисахариды	– 25,0 %;	– 33,8 %
Уроновые кислоты	– 0,2 %	– 0,27 %
Оксид кальция CaO	– 10,0 %	– 13,5 %;
Оксид магния MgO	– 1,0 %	– 1,35 %
Бор, В	– 0,1 %	– 0,14 %
Цинк, Zn (EDTA)	– 0,01 %	– 0,014 %

Ускоряет биохимические процессы созревания. При применении на последних стадиях налива плодов: улучшает их окраску; повышает концентрацию сахаров; укрепляет ткань плодов; повышает содержание сухих веществ; повышает лежкость и транспортабельность плодов; сокращает количество незрелых плодов при сборе урожая; позволяет получить более ранний урожай. Применение на цветочных культурах улучшает окраску и яркость бутона, повышает период сохранности после срезки.

Инструкция по применению для некорневых подкормок:

- *плодовые семечковые и косточковые*: 2,5–3,0 л/га при появлении окраски, 3,0 л/га за 20 дней до сбора урожая;
- *виноград*: 2,5–3,0 л/га при появлении окраски, 3,0 л/га за 20 дней до сбора урожая;
- *промышленные томаты на переработку*–2,5–3,0 л/га при 40–60 % зрелых плодов;
- *столовые томаты, перец сладкий, баклажан*: 1,5–2,5 л/га перед созреванием и периодически каждые 10–15 дней по 2,0–2,5 л/га;
- *цветы (гвоздика, лилия, гербера, роза)*: 0,2–0,3 л/100 л, перед цветением 1–2 обработки;
- *арбуз, дыня*: 2,0–2,5 л/га начало роста плода и через каждые 10–15 дней;
- *цитрусовые культуры*: 3–4 л/га в конце роста плода и 3–4 л/га перед созреванием;
- *свекла сахарная*: 1,5–2,5 л/га в период роста корнеплода, 1–2 обработки;
- *ячмень пивоваренный*: 1,0–1,5 л/га начало налива зерна.

Расход рабочего раствора: плодовые культуры – 800–1000 л/га, полевые культуры – 200 л/га.

Силк – природный регулятор роста растений; выделен методом экстракции из хвои пихты сибирской *Abies Sibirica Ledb.* Действующим веществом являются тритерпеновые кислоты: химическая формула – C₃₀H_{46–48}O₄.

Выпускается в нескольких препаративных формах – Силк ВЭ (50 г/л), Силк ТАБ (100 г/кг), Силк П (100 г/кг) и Силк Г (100 г/кг). Характеризуется четко выраженным ростстимулирующим иммунозащитным действием. Физиологическая активность тритерпеновых кислот проявляется в выведении семян из глубокого покоя и стимуляции их прорастания за счет инициации растяжения клеток в корне, coleoptиле, а затем в стеблях и листьях. Терпеноиды положительно воздействуют на фотосинтез, повышая фотохимическую активность хлоропластов и увеличивая интенсивность фотосинтетического фосфорилирования. Они также регулируют открывание устьиц. Силк стимулирует устойчивость растений к абиотическим стрессам и грибковым заболеваниям, что, вероятно, связано с ростом образования в клетках антистрессовых белков и других компонентов системы фитоиммунитета. Совмещается с гербицидами и фунгицидами. Начинает действовать через 4–6 сут. после применения. Не фитотоксичен, резистентности не наблюдается. Способ применения: обработка семян, опрыскивание вегетирующих растений.

Сумадик – 0,04 % гранулированный препарат. Обладает выраженным ретардантным эффектом на посевах риса. В фазе выхода растений в трубку, вносят из расчета 30 кг/га. Действующее вещество униканозол. Сумадик слабо токсичен для теплокровных. ЛД₅₀ препарата для крыс 2000 мг/кг. Препарат не воспламеняется, не взрывоопасен, не слеживается, не вызывает коррозий.

Фузикоцин (C₃₆H₅₆O₁₂) – метаболит фитопатогенного гриба *Fusicoccum amygdali* Del., получивший широкую известность как регулятор роста растений. Выделен из фильтрата культуральной жидкости. Это – гликозид карботрициклического дитерпена. В концентрации 10⁻¹⁶–10⁻⁴ М фузикоцин стимулирует прорастание семян и рост растений, индуцирует корнеобразование черенков.

Хлорхолинхлорид. Химически чистый хлористый (2-хлорэтил)-триметиламмоний (ССС) – белое кристаллическое гигроскопическое вещество с температурой плавления +245 °С, молекулярной массой 158,1. Хорошо растворяется в воде, спирте и других полярных растворителях. В водных растворах СССР полностью диссоциирует с образованием ионов хлора и β-хлорэтилтриметиламмония. Действие хлорхолинхлорида и его аналогов проявляется главным образом в торможении растяжения клеток субапикальной меристемы. Препарат обладает заметным ретардантным эффектом. При обработке растений хлорхолинхлоридом полость стебля злаковых растений на уровне нижних междоузлий почти вся заполняется паренхимной тканью и возрастает количество сосудисто-волокнистых пучков. Повышение удельного веса механических тканей и обуславливает упрочнение соломины. Под действием препарата увеличивается содержание клетчатки и лигнина в соломине. Опрыскивание хлорхолинхлоридом посевов зерновых культур проводят в фазе выхода растений в трубку. Рекомендуемые нормы действующего вещества 4 кг/га для низкорослых сортов и 6–8 кг/га для высокорослых; количество воды – 100 л/га при использовании наземной аппаратуры и 25 л/га при авиаопрыскивании.

ХЭФК, ВР – водный раствор, содержащий 480 г/л этифона. Препарат быстро проникает в растение и ускоряет биосинтез этилена в растительных тканях. За счет накопления этилена стимулируется рост корневой системы и сдерживается рост стебля, что приводит к укорачиванию стебля и утолщению второго и третьего междоузлия, повышению количества продуктивных стеблей. Предназначен для применения в качестве регулятора роста растений, ретарданта на посевах зерновых и других сельскохозяйственных культур. Его применение предотвращает полегание зерновых культур, стимулирует рост и

объем корневой системы, укрепляет стебель за счет сокращения длины междоузлий и увеличения диаметра стебля, повышает количество продуктивных стеблей, оказывает положительное влияние на урожай и его качество, создает благоприятные условия для уборки урожая. Влияние препарата проявляется в течение 7–10 дней с момента обработки. Период защитного действия – в течение вегетации или периода хранения после обработки.

Регламент применения препарата:

Культура	Цель обработки	Норма расхода, л/га		Способ, время обработки, сроки выхода для ручных (механизированных) работ	Срок ожидания (кратность обработок)
		препарата	рабочей жидкости		
Пшеница озимая и яровая, ячмень яровой, тритикале озимая и яровая, рожь озимая	повышение устойчивости посева к полеганию, ускорение созревания, повышение урожая, улучшение качества продукции	0,5–1,0	300	опрыскивание растений в конце фазы выхода в трубку, 1(1)	(1)
Томаты	ускорение созревания, повышение урожая плодов	1,5	400 – 600	опрыскивание растений за 21 день до уборки, 1(1)	21(1)
Лук репчатый	повышение сохранности урожая, снижение прорастания, повышение устойчивости к болезням при хранении	3,0–4,5	600 – 800		

Технология применения. Рабочий раствор готовят непосредственно перед опрыскиванием. Бак опрыскивателя на 1/3 заполнить водой, залить полную дозу препарата, долить оставшееся количество воды и перемешать. Перемешивание продолжается и во время обработки посевов для обеспечения однородности рабочего раствора. Приготовление рабочего раствора и заправку опрыскивателя проводить на специальных площадках, которые в дальнейшем подвергнуть обезвреживанию. Для опрыскивания применяются серийно выпускаемые наземные штанговые опрыскиватели.

Препарат 3 класса опасности (вещество умеренно опасное), не фитотоксичен в рекомендуемых нормах, случаев возникновения резистентности для препарата не выявлено. Хранить препарат в предназначенном для хранения пестицидов помещении. Температурный интервал хранения от минус 10°С до плюс 35°С.

Циркон – корнеобразователь, индуктор цветения, болезнестойчивости, получен из растительного сырья. Применение препарата обеспечивает увеличение всхожести и ускорение прорастания семян, роста и развития растений; увеличение урожая и улучшение качества полученной продукции, снижение накопления тяжелых элементов; стимулирование плодо- и корнеобразование; защиту растений от заморозков, засухи, избытка влаги, недостатка освещенности, ускоряет начало цветения декоративных культур, повышает выход стан-

дартной продукции. Использование циркона резко снижает степень поражения такими заболеваниями как: фитофтороз картофеля и томатов, парша картофеля и яблони, бактериоз и фузариоз овощных и цветочных культур, серая гниль земляники и, особенно мучнистая роса на розах и черной смородине. Препарат практически не опасен для человека, теплокровных животных, рыб, полезных насекомых, пчел (IV класс опасности), не накапливается в почвах, не загрязняет грунтовые и поверхностные воды, не фитотоксичен. Хранят его отдельно от пищевых продуктов при температуре не выше +25°C. Применяют при стрессовых условиях выращивания растений (пересадка, заморозки, болезни). Согласно рекомендациям фирмы-производителя, 1 мл циркона разводят в 10 л воды и равномерно опрыскивают растения (табл. 107).

Таблица 107 – Применения циркона на различных культурах

Культура	Норма	Норма, способ и срок обработки
1	2	3
Картофель	0,5 мл/л воды; расход 1 л/100 кг	Предпосевная обработка клубней
	0,33 мл/л воды; расход 3 л/100 м ²	Опрыскивание растений в фазе полных всходов и начала бутонизации
Огурец	0,22 мл/200 мл воды; расход 200 мл/200 г	Замачивание семян на 8 ч
	1 мл /10 л воды; расход 3 л/100 м ²	Опрыскивание растений в фазе бутонизации
Томаты	1,25 мл/100 г; расход 150 мл/100 г	Замачивание семян в течение 1 ч
Перец	0,04–0,06 мл/100 мл воды; расход 100 мл/100 г	Замачивание семян на 2 ч
	1 мл /10 л воды; расход 3 л/100 м ²	Опрыскивание растений в фазе цветения
Капуста	0,25 мл/10 л воды; расход 4 л/100 м ²	Опрыскивание растений в фазе завязывания кочана
Морковь	0,13 мл/10 л воды; расход 3 л/100 м ²	Опрыскивание растений в фазе пучковой спелости (8–10 листьев)
Горох	0,04 мл/100 мл воды; расход 100 мл/кг	Предпосевная обработка семян
	0,3 мл/10 л воды; расход 3,5 л/100 м ²	Опрыскивание растений в фазе бутонизации
Яблоня	0,1 мл/100 мл воды; расход 100 мл/20 черенков	Замачивание черенков на 18 ч
	1 мл /10 л воды; расход 5–10 л/дерево	Опрыскивание в фазе бутонизации
Черешня	2,5 мл /10 л воды; расход 5–10 л/дерево	Опрыскивание в фазе бутонизации
	0,5 мл/1 л воды; расход 100 мл/20 черенков	Замачивание черенков на 18 ч
Вишня	2,5 мл/10 л воды; расход 5–10 л/дерево	Опрыскивание в фазе бутонизации
	0,02 мл/100 мл воды; расход 100 мл/20 черенков	Замачивание черенков на 18 ч
Алыча	2,5 мл/10 л воды. Расход 5–10 л/дерево	Опрыскивание в фазе бутонизации

1	2	3
Земляника	0,3 мл/10 л воды; расход 3 л/100 м ²	Опрыскивание в фазе бутонизации
Смородина	0,4 мл/10 л воды; расход 4 л/100 м ²	Опрыскивание в фазе бутонизации
Роза	0,02 мл/100 мл воды; расход 100 мл/20 черенков 1–2 мл/10 л воды; расход 4 л/100 м ²	Замачивание черенков на 4 ч Опрыскивание в начале отращивания побегов
Хризантема	1 мл /1 л воды; расход 1 л/30 м ²	Опрыскивание перед формированием бутонов
Груша	0,05 мл/200 мл воды; расход 200 мл/40 черенков	Замачивание черенков на 18 ч
Туя, ель	0,05 мл/100 мл воды; расход 100 мл/10 черенков	Замачивание черенков на 14 ч

Эпин – препарат, относящийся к группе природных регуляторов роста растений. Повышает иммунитет у растений, сглаживает стресс от пересадки растения. Применяется как для замачивания семян и луковиц, так и для опрыскивания в фазе бутонизации и цветения растений (табл. 108).

Таблица 108 – Регламент применения эпина

Культура	Норма	Назначение	Способ, срок обработки
1	2	3	4
Картофель	1 мл/0,25 л воды; расход – 0,25 л/50 кг	Улучшение клубнеобразования, повышение урожая и качества клубней, стимулирование иммунной системы, повышение устойчивости к фитофторозу, снижение содержания нитратов, солей тяжелых металлов и радионуклеидов	Обработка клубней
	1 мл/5 л воды; расход – 3 л/100 м ²		Опрыскивание в фазе бутонизации
Томаты	0,5 мл/2 л воды; расход – 2 л/кг	Повышение энергии прорастания и всхожести, усиление защитных свойств к неблагоприятным условиям внешней среды Увеличение количества завязей, предотвращение их опадения, ускорение созревания плодов и улучшение их качества, повышение устойчивости к заболеваниям, фунгипротекторное действие, снижение содержания радионуклеидов, нитратов, солей тяжелых металлов	Замачивание семян на 2 ч
	1 мл/5 л воды; расход – 3–4 л/100 м ²		Опрыскивание в фазе бутонизации
Огурец	0,25 мл/1 л воды; расход – 1 л/кг	Повышение энергии прорастания и всхожести, усиление защитных свойств к неблагоприятным условиям внешней среды Ускорение образования и предотвращение опадения завязей, повышение урожая, стимулирование иммунной системы, повышение устойчивости к болезням, снижение содержания нитратов и тяжелых металлов	Замачивание семян на 2 ч
	1 мл/5 л воды; расход – 3–4 л/100 м ²		Опрыскивание в фазе 2–3 настоящих листьев и повторное в фазе бутонизации

1	2	3	4
Перец	0,1 мл/2 л воды; расход – 2 л/кг	Повышение энергии прорастания и всхожести семян, усиление защитных свойств к неблагоприятным условиям внешней среды	Замачивание семян на 2 ч
	1 мл/5 л воды; расход – 3–4 л/100 м ²	Ускорение образования завязей и предотвращение их опадения, повышение урожайности, стимулирование иммунной системы, снижение содержания радионуклеидов и тяжелых металлов	Опрыскивание в фазе их бутонизации и цветения
Яблоня	2 мл/5 л воды; расход – 5–6 л/100 м ²	Стимулирование образования завязей, предотвращение их опадения, повышение урожайности и засухоустойчивости, стимулирование иммунной системы, повышение устойчивости к парше обыкновенной, снижение содержания радионуклеидов и тяжелых металлов	Опрыскивание по розовому бутону и повторно через 20 дней

Эпин-экстра – ускоряет прорастания семян, способствует укоренению рассады при пикировке и пересадке; ускоряет созревание урожая; повышает устойчивость растений к неблагоприятным природным условиям, фитофторозу, парше, бактериозу и фузариозу. Способ применения:

1. Предпосевная или предпосадочная обработка. *Семена овощных культур* замачивают в растворе эпина-экстра (1–2 капли на 100 мл воды для томатов, огурца, перца и баклажан) 18–20 ч при температуре 20 °С. *Семена цветочных культур* – 4 капли эпина-экстра на 100 мл воды на 18 ч. *Луковицы цветочных культур* и черенки замачивают перед посадкой в растворе эпина-экстра (1 мл на 2 л воды) 24 и 12 ч соответственно. *Клубни картофеля* опрыскивают перед посадкой (1 мл на 250 мл воды на 50 кг клубней картофеля).

2. Опрыскивание вегетирующих растений. 1 мл эпина растворяют в 5 л воды и тщательно перемешивают. Вода со щелочной реакцией для приготовления раствора не допускается. Опрыскивание проводят, равномерно смачивая листья. Рабочий раствор используют в день приготовления. Обработка растений проводится в следующие фазы: *картофель, томаты* – бутонизация–начало цветения; *корнеплоды* – по всходам; *огурец* – 2–3 настоящих листа с повторением в фазе бутонизации; *перец* – в начале бутонизации с повторением в фазе цветения; *тюльпан* – при появлении бутонов; *плодово-ягодные культуры* – в фазе бутонизации с повторением через 20 дней. Расход рабочего раствора 2–5 л на молодое дерево и 5–8 л на взрослое. При стрессовых условиях выращивания (недостаток света, заморозки, болезни) опрыскивания проводят каждые 7–10 дней до полного исчезновения признаков болезни у растений.

Этилен – газ со сладковатым запахом, горит светящим пламенем; с кислородом и воздухом образует взрывчатую смесь; пределы взрывоопасных концентраций в воздухе составляют 3–34 объемных процента. Как природный регулятор роста растений способствует созреванию плодов, изменяет интенсивность дыхания и активность ферментов. Экзогенно примененный этилен также способствует ускорению созревания плодов, вызывает пожелтение листьев, дефолиацию. Применяется в герметичных камерах, куда пода-

ется один раз в сутки в таком количестве, чтобы обеспечить концентрацию его в воздухе 1:2000–1:5000 по объему. В камеру помещают недозревшие плоды и выдерживают их 2–3 сут. в присутствии этилена при температуре 18–22 °С и относительной влажности не ниже 85 %. Обработка плодов этиленом не влияет на их вкусовые и питательные качества.

Этрел – препарат американского производства, приготовленный на основе 2-хлорэтилфосфоновой кислоты (фосфонатр). Используется как ингибитор роста, дефолиант, стимулятор созревания плодов и отделения их от плодоножек. Каждый литр этрела содержит 480 г действующего вещества. Водный раствор этрела, распыленный на поверхность растений, поглощается им в течение суток, причем за первые 2–3 ч – 75 % его количества. В растительных тканях этрел разлагается с образованием соляной и фосфорной кислоты и этилена, который оказывает физиологическое воздействие на растение. Этрел – это жидкость с сильно выраженными кислотными свойствами. При pH более 4 препарат начинает разлагаться, поэтому при работе с ним нужно избегать контактов со щелочами, а растворы следует готовить непосредственно перед применением. При обработке препаратом рекомендуют хорошо смачивать растение, для чего используют около 1000 л/га раствора при концентрации не выше 0,07–0,1 %.

Янтарная кислота – биогенный регулятор роста; образуется в свободном виде в организме при распаде изолимонной кислоты и окислительном превращении кетоглутаровой кислоты. Одним из механизмов положительного влияния янтарной кислоты на жизнедеятельность растения считается стимулирование дыхания, интенсивность которого определяет уровень метаболизма растительного организма. Для получения янтарной кислоты обычно используют бактериальное брожение виннокислого аммония или яблочнокислого кальция. В качестве побочного продукта янтарную кислоту получают при перегонке отходов янтаря. Синтетическую янтарную кислоту получают из дибромэтана через соответствующий дицианид, а также каталитическим восстановлением малеиновой или фумаровой кислот. Разработана методика получения янтарной кислоты из отходов фурфурола (кубового остатка) гидролизных заводов – фурановых соединений. Фурфурол получают из гуза-паи и шелухи хлопчатника, а также из стеблей подсолнечника. Янтарная кислота, получаемая из этих отходов, содержит 2 % фумаровой кислоты. Смесь янтарной и фумаровой кислот по действию на растение не уступает чистой янтарной кислоте. Применяется в концентрациях 0,001–0,01 % для предпосевной обработки семян.

Агрикола. Удобрения «Агрикола» выпускаются в сухом и жидком виде. В сухом виде эти удобрения предназначены для цветоводства и для овощеводства. В серию «Агрикола» для цветоводства входят универсальное удобрение «Агрикола для комнатных растений», применяемое для аспарагусов, бальзаминов, бегониевых, гераниевых, диффенбахий, колеусов, колумней, марантов, плющей, традесканций, фиалок, фиттоний, фуксий, хлорофитумов, цикламенов, циссусов и других растений. В нем содержится 23 % азота, 11 – фосфора, 23 – калия, 0,08 – бора, 0,016 – меди, 0,16 – железа, 0,08 – марганца, 0,008 – молибдена, 0,016 % цинка. Для нецветущих видов (аспарагусы, кроттоны, плющи, пуансеттия, традесканции, хлорофитумы, циссусы) выпускается «Агрикола для декоративных листовых растений». Для цветущих видов, таких, как агератумы, афеляндры, бальзамины, бегонии, гардении, гераниевые, камелии, спатофилломы, фиалки, цикламены, цветущие луковичные растения и другие, можно использовать «Агриколу для цветущих

растений» с содержанием 23 % азота, 11 – фосфора и 23 % калия. Кроме названных элементов содержит бор, медь, цинк, марганец, железо и молибден. «Агрикола для кактусов и суккулентов» применяется для подкормок различных видов кактусов и близких к ним по режиму питания культур (агав, алоэ, гастерий, каланхоэ, мамиллярий, молочаев, нотокактусов, опунций, пахифитумов, эхинопсисов, эхинокактусов, рипсалидопсисов). Содержит: 12 % азота, 26 – фосфора, 20 – калия, 0,13 – бора, 0,03 – меди, 0,27 – железа, 0,13 – марганца, 0,06 – молибдена, 0,03 % цинка.

Выпускается «Агрикола для комнатных и садовых роз», «Агрикола для пальм», которые предназначены для подкормок большинства видов декоративных пальм и некоторых других растений (драцены, калатеи, ливистоны, маранты, монстеры, трихикарпусы, филодендроны, финики, хамадореи, хамеоропсы, ховеи, юкки). «Агрикола для фикусов» предназначена для подкормок аспер, дельтоидей, лират, пумил, религиоз, рубигенос, фикусов и эластиков.

В настоящее время выпускается ряд препаратов серии «Агрикола» в жидкой форме. Из этих препаратов для комнатного цветоводства предназначен препарат «Агрикола фантазия»; для выращивания рассады овощных и цветочных культур – «Агрикола форвард». Кроме того, под маркой «Зеленая планета» в серии «Агрикола» начато производство цветочных удобрений в коробочках по 200 г. В серию «Зеленая планета» вошли восемь видов удобрений для кактусов, фикусов, пальм, цветущих, декоративнолистных растений, комнатных цветов, ягод и садовых роз. Все они содержат оптимальный для каждой группы растений набор макро- и микроэлементов.

Удобрения серии «Агрикола» рекомендуется применять для полива цветов один раз в 10–14 дней из расчета 5 г/2 л воды. Возможно их использование и для некорневой подкормки растений.

Агровитаква АВА – «стеклообразное» (стеклоподобное) комплексное, безазотное, бесхлорное удобрение. Оно представляет собой высокотемпературный расплав различных солей метафосфорной кислоты. Содержит 55–60 % фосфора, 17–19 – калия, 12–14 – кальция, 4–5 – магния, 1,0–1,5 – бора, по 0,1–0,2 – кремния, цинка, меди, кобальта, железа, молибдена, хрома, никеля, 0,05 % селена. Производится в России.

Удобрение АВА обладает рядом существенных преимуществ перед традиционными поликристаллическими удобрениями. Специфика «варки» стеклообразной массы позволяет изменять число и соотношение входящих в удобрение макро- и микроэлементов, тем самым подбирать наиболее оптимальный его состав для отдельных культур и почв. Достоинством этого удобрения является то, что оно длительного действия и не теряет активность при однократном применении 2,5–3 года. Процесс растворения начинается при температуре выше +8°C, что соответствует температуре начала роста растений и периоду потребления элементов минерального питания из почвы. Растворение АВА прекращается при снижении температуры почвы ниже указанной, что соответствует уменьшению физиологических требований растений в элементах питания.

АВА устойчиво к вымыванию с полей, расположенных в пойме рек, на любой местности с пересеченным рельефом, на почвах с высокой водопроницаемостью и сезонной увлажненностью, а также из затопляемых рисовых почв. АВА можно применять без опасения потерь элементов питания, в любое время года. Удобрение выпускается в гранулированном, порошкообразном и жидком виде без снижения питательной ценности. Это позволяет в зависимости от биологических особенностей растений использовать различные формы этого

удобрения – порошкообразную, с быстрым растворением, или гранулированную, имеющую пролонгированное действие и период растворения в почве не менее трех лет. Экономические затраты на внесение AVA минимальные, учитывая срок действия и норму внесения. Гранулы удобрения AVA в почве растворяются постепенно под действием не только воды и температуры, но и под воздействием органических кислот, выделяемых корнями растений и почвенной микрофлорой. Это позволяет избежать отрицательного влияния повышенных концентраций солей на корневую систему и микроорганизмы почвы. Применение удобрений AVA приводит к активизации жизнедеятельности различных почвенных микроорганизмов, таких, как целлюлозоразрушители и симбиотические азотфиксаторы, активно связывающие атмосферный азот.

Микроэлементы, входящие в состав AVA, повышают активность ферментов, оказывают положительное влияние на фиксацию азота воздуха клубеньковыми бактериями. Кроме того, применение этого удобрения сопровождается повышением фунгистатичности почвы, т.е. подавлением развития патогенных грибов, а также приводит к накоплению гуматов и гуминовых кислот, способствующих повышению плодородия почвы. Немаловажно и то, что технология производства удобрения AVA, в отличие от традиционных технологий использующая метафосфорную кислоту, не наносит ущерба экологии окружающей среды и здоровью занятых в производстве людей.

Удобрение AVA вносится под овощные, плодово-ягодные культуры как основное припосевное и подкормка. *Под вегетирующие многолетние растения* вносится: земляника – от 3 до 5 г на куст, плодовые деревья – от 50 до 100 г по диаметру кроны, декоративные растения – до 20 г/м².

При посадке: земляника – не более 5 г на лунку. Этого хватит на 3 года. кусты ягодные и декоративные – не более 50 г на яму; деревья – 50–100 г на посадочную яму 100x100 см; томаты, перцы, картофель, капуста – 3–5 г на лунку, удобрение равномерно перемешать с подготовленным грунтом; комнатные растения – 1–3 г на 1 л почвы.

Акварин – водорастворимое минеральное удобрение. Наиболее распространенными из этой серии являются «Акварин-картофельный», «Акварин-плод», «Акварин-колор», «Акварин-юниор».

«Акварин-картофельный» содержит 12 % азота, 12 – фосфора, 35 – калия, 1,0 – магния, 0,7 – серы, 0,054 – железа (ЭДТА), 0,02 – бора, 0,042 – марганца (ЭДТА), 0,004 – молибдена, 0,01 – меди (ЭДТА), 0,014 % цинка (ЭДТА).

Применяется самостоятельно или совместно со средствами защиты растений. При добавлении в раствор пестицидов действует как антистрессант, помогая растениям легче переносить стресс от воздействия пестицидов. За вегетационный период возможно проведение 3–4-х обработок: 1-я и 2-я – перед окучиванием, 3-я – перед цветением, 4-я – после цветения. Доза внесения – 20–30 г/10 л воды на 100 м².

«Акварин-юниор» используют для подкормки овощных, плодово-ягодных и декоративных культур от рассады до начала цветения. Содержит 19,0 % азота (11,9 % – N–NO₃; 7,1 % – N–NH₄), 6 – фосфора, 20 – калия, 1,5 – магния, 1,4 – серы, 0,054 – железа (ЭДТА), 0,02 – бора, 0,042 – марганца (ЭДТА), 0,014 – молибдена, 0,01 – меди (ЭДТА), 0,014 % цинка (ЭДТА).

Способ применения: 20 г удобрения растворяют в 10 л воды. Этим раствором проводят корневые и некорневые подкормки. Периодичность подкормок: огурцы, перцы, томаты, баклажаны – раз в 10 дней; капуста, лук, редис и другие овощи – раз в 2 недели; плодовые и ягодные кустарники – 1 раз в месяц из расчета 5–10 л на куст, комнатные растения – через 10–15 дней.

«Акварин-плод» применяют для подкормки овощных, плодовых и декоративных культур в фазе плодоношения. Эффективен в фазе цветения растений. Содержит 12 % – азота (10 % – N–NO₃; 2 % – N–NH₄), 12 – фосфора, 35 – калия, 1,0 – натрия, 0,07 – серы, 0,054 – железа (ЭДТА), 0,014 – цинка (ЭДТА), 0,01 – меди (ЭДТА), 0,042 – марганца (ЭДТА), 0,04 – молибдена, 0,02 % – бора.

Способ применения: 20 г удобрения растворяют в 10 л воды. Проводят корневые и некорневые подкормки. Периодичность подкормок: овощные культуры – раз в 10 дней; плодовые и ягодные кустарники – 1 раз в месяц из расчета 5–10 л на куст; комнатные растения – через 10–15 дней.

«Акварин-кolor» предназначен для подкормки овощных, плодовых и декоративных растений в фазах цветения и начала плодоношения. Содержит 15 % азота (11,3 – N–NO₃; 3,7 – N–NH₄), 5 – фосфора, 30 – калия, 1,7 – магния, 1,3 – серы, 0,054 – железа (ЭДТА), 0,02 – бора, 0,042 – марганца (ЭДТА), 0,004 – молибдена, 0,01 – меди (ЭДТА), 0,014 % цинка (ЭДТА).

Способ применения: 20 г удобрения растворяют в 10 л воды. Проводят корневые и некорневые подкормки с периодичностью: овощные культуры – раз в 10 дней; плодовые и ягодные кустарники – 1 раз в месяц из расчета 5–10 л на куст; комнатные растения – через 10–15 дней.

Активейв (жидкое органоминеральное удобрение) – в состав входят: кайгидрин – сложная молекула, которая способствует проникновению и усвоению элементов питания корневой системой растения, бетаины – помогают растению преодолеть неблагоприятные условия внешней среды, альгиновая кислота – взаимодействует с элементами питания растений, делая их доступными, а также улучшает структуру и свойства почвы.

Состав:	w/w – %	w/v – %
N общий	– 3,0 %	– 3,9 %
в т. ч. органический	– 1,0 %	– 1,3 %
амидный	– 2,0 %	– 2,6 %
K ₂ O	– 7,0 %	– 9,0 %
Fe (EDDHSА)	– 0,50 %	– 0,65 %
Zn (EDTA)	– 0,08 %	– 0,1 %
Органический углерод (С)	– 12,0 %	– 15,5 %
Органическое вещество	– 17,0 %	– 22,0 %

Активейв ускоряет поглощение элементов питания растениями. Действует непосредственно на специфические механизмы в плазмалемме, на уровне клеточных мембран, регулируя усвоение и использование элементов питания, усиливая работу т. н. «протонных насосов». Способствует повышению урожайности, качества плодов, ускорению созревания и вступления растений в период плодоношения. Применяется, в основном, в системах капельного полива, что улучшает способность усвоения корневой системой элементов питания из удобрений, повышая биологическую и экономическую эффективность их применения.

Используют при организации питания в системах гидропоники и капельного полива (фертигация):

– *овощных культур*: препарат вносят 5 раз за вегетацию из расчета 10–15 л/га: 1-е применение – через 20 дней после пересадки (высадки). 2-е – через 10 дней после первого, 3-е – через 10 дней (первые стадии завязи) после второго, 4-е – через 15 дней после третьего, 5-ое применение через 15 дней после четвертого. В защищенном грунте, когда культура выращивается в продленном обороте, возможно применение продукта каждые 10–15 дней, 8–10 приме-

ний. Активейв стабилен в интервале pH 4–10, можно растворять в баке для нитратов. При ручном внесении расход рабочего раствора – 5–10 л/м³.

– *яблоня*: норма 10–15 л/га, 1-е применение перед цветением (фаза розовый бутон), 2-е – через 15–20 дней, 3-е – через 15–20 дней после второго, 4-е применение через 15–20 дней после третьего.

– *земляника*: норма 10–15 л/га, основная программа применения (холодозащитная) – два применения после пересадки и до осеннего покоя с интервалом 15 дней, при возобновлении вегетативного роста – 2–3 применения перед цветением. Применение препарата в период плодоношения земляники следует избегать, особенно на высоко плодородных почвах.

Альбатрос – высококонцентрированное безбалластное удобрение с полным набором макро- и микроэлементов. На российский рынок это удобрение поставляет норвежская фирма «Норск-Гидро». Азот содержится в амидной форме. Рекомендуются, в первую очередь, для некорневых подкормок в период вегетации растений.

Апион – удобрение, содержащее питательные вещества, которые, взаимодействуя с почвой в сфере корнеобитания, обеспечивают выделение в почву сбалансированного комплекса макро- и микроэлементов, биологически активных веществ в соответствии со скоростью потребления их растениями. Удобрение вносится вблизи корневой системы. Существует целая серия марок этого удобрения, среди которых наиболее широко распространены «Апион-3», «Апион-6», «Апион-30» и «Апион-50». Удобрения серии «Апион» применяются под различные культуры в открытом грунте и для горшечной культуры.

БИУД – быстродействующее органическое удобрение, произведенное на основе коровьего навоза, прошедшего биотермическое обеззараживание при температуре 53–57°C без доступа воздуха в течение 7–10 дней.

Основные особенности биоудобрения БИУД состоят в том, что оно обеззаражено в процессе изготовления без применения химических добавок; усваивается растением с момента внесения, предоставляя ему питание в сбалансированном виде; содержит стимуляторы роста растений, образующиеся при переработке навоза и птичьего помета; не содержит семена сорняков; улучшает структуру почвы и снижает ее кислотность; способствует размножению полезных почвенных микроорганизмов; улучшает приживаемость растений и их способность переносить неблагоприятные условия окружающей среды.

Применяют суперкомпост БИУД для проведения прикорневых подкормок комнатных цветов: жидкая подкормка – 20 г/0,5 л воды. Полив производится не чаще одного раза в месяц из расчета 150–200 мл/растение; сухая подкормка – 20 г/кг предварительно разрыхленной почвы, после внесения подкормки полив обязателен. Подкормка производится не чаще одного раза в месяц.

Брексил – полный ряд отдельных питательных микроэлементов, на основе лигнинполикабоксиловой кислоты, специально разработанный для предотвращения дефицита микроэлементов при фертигации и некорневых подкормках растений.

Фертигация: 8–12 кг/га. При внесении удобрений Брексил Fe и Брексил Mn нельзя превышать норму 150 г/гЛ для тепличных растений, а Брексил Zn – не превышать дозу 100 г/гЛ. Груши, абрикосы, киви – не обрабатывать после того, как плод вырастет наполовину. Не смешивать с веществами, содержащими кальций без предварительного тестирования.

Гербамин – экологически чистое удобрение и стимулятор роста растений. В его составе: экстракт 11 видов лекарственных растений. Содержит макро- и микроэлементы, ферменты, витамины, фитогормоны.

Используется в период вегетации при выращивании плодовых, овощных, декоративных культур. Применяют методом полива почвы или опрыскивания растений. Способствует сбалансированному питанию растений и увеличению их продуктивности, повышению устойчивости к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям произрастания.

Гидрокомплекс – удобрение с микроэлементами для предпосевного внесения и подкормок сельскохозяйственных культур. Содержит 12 % – азота, 11 – фосфора, 18 – калия, 3 – магния, 8 – серы, 0,2 – железа, 0,02 – цинка, 0,015 – бора, 0,02 % марганца.

Гидромикс – микроудобрение, содержащее бор, медь, железо, марганец, цинк, молибден. Применяется для стимулирования всхожести и энергии прорастания семян, увеличения сопротивляемости растений к болезням и неблагоприятным погодным условиям в начальные фазы роста.

В состав Гидромикса входят: В – 0,65; Cu (ЭДТА) – 0,27; Fe (ЭДТА) – 0,70; Fe (ЭДТА) – 6,30; Mn (ЭДТА) – 3,30; Zn (ЭДТА) – 0,60; Mo – 0,20 %. Хелатные формы микроэлементов хорошо совмещаются с протравителями семян и не закрепляются в почве. Его применение совмещается с централизованным протравливанием семян полусухим методом, с использованием машин типа ПС–10.

Кемира. Поставщиком удобрений является фирма «Кемира агро» (Финляндия). Удобрения этой серии производится и в нашей стране. Из удобрений торговой марки «Кемира» следует отметить следующие: «Кемира универсал», «Кемира универсал–2», «Кемира люкс», «Кемира супер», «Кемира комби», «Кемира цветочное», «Кемира газонное», «Кемира картофельное», «Кемира картофельное–5». Все эти удобрения легко и быстро растворяются в воде, содержат набор макро- и микроэлементов, подобранных для различных видов растений, хорошо смешиваются с другими туками. Технология изготовления удобрений «Кемира» такова, что каждая гранула содержит полный набор питательных элементов, что способствует равномерному внесению их в почву.

«Кемира универсал» содержит 10 % азота (6,2 % – N–NH₄; 3,8 % – N–NO₃), 10 – фосфора, 20,0–20,5 – калия, 11 – серы, 2,5 – магния, 1,0 – кальция, 0,1 – железа, 0,15 – бора, 0,1–0,15 – меди, 0,1–0,7 – марганца, 0,01–0,1 – молибдена, 0,1–0,7 – цинка и 0,0006 % селена; растворимость – 85–87 %.

«Кемира универсал» применяется в качестве основного удобрения для овощных культур защищенного и открытого грунтов при выращивании рассады и цветочных растений. Удобрения перемешивают с субстратом при обработке почвы заблаговременно до высадки, тогда питательные вещества успевают равномерно распределиться в субстрате до высадки рассады. Можно применять также во время вегетации растений. Для этого его рассыпают по поверхности почвы с последующим легким рыхлением.

Ниже приведены рекомендуемые производителем нормы применения удобрения «Кемира универсал» (табл. 109).

«Кемира универсал–2» содержит 12,0 % азота (9 % – N–NH₄; 3 % – N–NO₃), 8,0 – фосфора, 14 – калия, 2,0 магния, 8,0 – серы, 0,2 – железа, 0,1 – бора, 0,1 – меди, 0,2 – марганца, 0,1 – цинка, 0,01 % молибдена. Используют для выращивания садовых культур и овощей в открытом и закрытом грунтах. Оно разработано специально для использования при возделывании чувствительных к хлору овощных, плодовых и ягодных культур, картофеля и декоративных растений.

Таблица 109 – Ориентировочные нормы внесения удобрения «Кемира универсал»

Культура	Норма, кг/100м ²
Капуста, брюква, свекла столовая	8–10
Огурцы, сельдерей, лук, капуста пекинская	7–10
Пастернак	6–9
Картофель	5–8
Морковь, фасоль	5–7
Горох	3–6
Плодовые деревья	3–6
Малина, смородина	2–4
Земляника	1–3

«Кемира универсал-2» применяется как основное удобрение и в качестве подкормок в период вегетации растений. При основном внесении удобрения равномерно распределяют по поверхности почвы и заделывают на глубину 10–15 см. Подкормку овощных культур проводят спустя 25–30 дней после высадки рассады. Удобрения вносят, равномерно разбросав его на используемой площади, и заделывают в почву.

Ниже приведены рекомендуемые производителем нормы применения «Кемира универсал-2» для различных культур (табл. 110)

Таблица 110 – Ориентировочные нормы внесения «Кемира Универсал-2»

Культура	Норма, кг/100 м ²
Картофель	50–80
Томат, перец	60–80
Салат, шпинат, горох, укроп, петрушка	80–100
Морковь, репа, лук, редис, свекла	100–120
Капуста, брюква, огурец, тыква, сельдерей, ревень	120–160
Земляника	20–30
Смородина, малина	40–60
Молодые фруктовые деревья	30–60
Взрослые фруктовые деревья	70–90
Лиственные деревья, кустарники	100–120
Розы, цветы для клумб	80–100
Травы для газона	100–150

«Кемира люкс» содержит 16 % азота (7,9 % – N–NH₄; 8,1 % – N–NO₃), 21 – фосфора, 27 – калия, 0,1 – железа, 0,1 – марганца, 0,02 – бора, 0,01 – цинка, 0,01 – меди, 0,002 % молибдена; растворимость удобрения 100 %.

Рекомендации фирмы «Кемира-агро» по применению удобрения «Кемира Люкс»:

Выращивание рассады	20 г удобрения растворить в 20 л воды и поливать один раз в неделю
Комнатные растения	20 г удобрения растворить в 10 л воды и использовать летом при каждом поливе, зимой каждый третий-четвертый раз
Подкормки в теплице	20 г удобрения растворить в 10 л воды и поливать один раз в неделю
Подкормки в открытом грунте	20 г удобрения растворить в 10 л воды и поливать один раз в неделю

«Кемира супер» содержит 11 % азота, 24 – фосфора, 24 % калия; растворимость удобрения 100 %.

«Кемира комби» содержит 14 % азота, 10 – фосфора, 25 % калия; растворимость удобрения 100 %.

«Кемира цветочное» содержит 17,7 % азота (10,3 % – N–NO₃, 7,4 % – N–NH₄), 9,4 – фосфора, 11,2 – калия, 0,55 – кальция, 0,5 – магния, 0,7 – серы, 0,09 – бора, 0,08 – меди, 0,16 – железа, 0,16 – марганца, 0,08 – молибдена, 0,09 % цинка; растворимость удобрения 100 %.

Нормы применения:

Многолетние цветы	50–60 г/м ²
Розы, клематисы	80–90 г/м ²
Однолетние цветы	80–100 г/м ²
Луковичные растения	100–120 г/м ²

«Кемира газонное» содержит 11,3 % азота (4,4 % – N–NO₃, 6,9 % – N–NH₄), 12,0 – фосфора, 26,0 – калия, 0,55 – кальция, 0,7 – магния, 0,09 – бора, 0,08 – меди, 0,16 – железа, 0,16 – марганца, 0,08 – молибдена, 0,09 % цинка; растворимость удобрения 95–100 %. Перед закладкой газона удобрения вносят из расчета 1,0–1,5 кг/м³ грунта и тщательно перемешивают. После каждого второго скашивания разбрасывают удобрения из расчета 5–7 кг/100 м² газона и поливают. Весной для хорошего дружного отрастания трав подкармливают газон удобрением по 4–5–7 кг/100 м².

«Кемира картофельное» содержит 12,0 % азота, 14,0 – фосфора, 17,0 % калия; удобрение имеет 100 % растворимость в воде. Норма внесения 60–80 г/м². Если удобрение вносят в посадочную яму – норма 15–20 г на одно растение и с обязательным размешиванием с почвой. Подкормки в период вегетации производят перед рыхлением; норма – 30–40 г/м².

«Кемира картофельное-5» содержит 10,7 % азота (5 % – N–NO₃, 5,7 % – N–NH₄), 8,7 – фосфора, 16,0 – калия, 2,7 – магния, 2,7 % серы; растворимость в воде 100 %.

«Кемира осеннее» – гранулированное удобрение с макро- и микроэлементами для плодовых декоративных деревьев и кустарников, а также для луковичных растений. Содержит: 4,8 % азота, 20,8 – фосфора, 31,3 – калия, 0,55 – кальция, 0,5 – магния, 0,7 – серы, 0,09 – бора, 0,08 – меди, 0,016 – железа, 0,16 – марганца, 0,08 – молибдена, 0,09 % цинка. Удобрения вносят в посадочную яму перед посадкой саженцев плодовых и декоративных деревьев и кустарников из расчета 60–80 г; луковичных растений – 80–100 г/м². Для подкормки удобрения разбрасывают на приствольный круг из расчета 30–40 г.

«Кемира плюс» – полностью водорастворимое удобрение, содержащее 14,7 % азота (8,9 % – N–NO₃, 5,8 % – N–NH₄), 5,5 – фосфора, 33,8 – калия, 1,8 – кальция, 2,35 – серы, 0,02 – бора, 0,01 – меди, 0,1 – железа, 0,1 – марганца, 0,002 – молибдена, 0,01 – цинка, 0,001 % кобальта. Микроэлементы находятся в хелатной форме. Удобрение пригодно для корневых и некорневых подкормок. Для корневых подкормок 20–25 г удобрения растворяют в 10 л воды и этим раствором поливают один раз в неделю. Некорневые подкормки растений производят 1 % водным раствором (10 г на 1 л воды).

Корневая смесь – удобрение, содержащее обеззараженный куриный помет, полный комплекс органических и структурирующих веществ, макро- и микроэлементов: 4,9 % азота, 2,9 – фосфора, 2,7 – серы, 5,1 – калия, 1,0 – магния, 3,0 – кальция, 0,4 – железа, 0,05 – бора, 0,004 – меди, 0,01 – марганца, 0,08 – цинка, 0,01 – молибдена, до 5,0 – гуматов, до 35,0 % органических веществ.

«Корневая смесь» повышает плодородие и улучшает структуру почвы, способствует формированию гумусового слоя, обеспечивает благоприятный водно-воздушный режим. Внесение корневой смеси в почву способствует развитию почвенных микроорганизмов. «Корневая смесь» обладает слабым раскисляющим действием и не засоляет почву. В отличие от минеральных удобрений, коэффициент использования питательных веществ из «Корневой смеси» составляет 93–95 %. Удобрение обладает длительным действием и имеет гибкие сроки применения.

Если необходимо обеспечить длительное действие (6–8 месяцев), удобрения применяют в сухом виде из расчета 5 г/растение. Корневая смесь при этом равномерно распределяется по поверхности почвы. Перемешивания с почвой не требуется. Для быстрого действия (результат будет заметен через 3–5 дней) 7 г удобрения растворяется в 1 л воды, настаивается в течение 3–5 дней, после чего производится полив из расчета 0,1–0,2 л раствора под растение.

Корнепитатель КП-5; Корнепитатель КП-100 обеспечивают непрерывную контролируемую подачу веществ, необходимых для питания растений, что является одним из важных условий нормального их роста и развития. КП-5 представляет собой устройство в виде пакета-мембраны, площадью 20 см², заполненное питательной смесью, которая содержит: азот, фосфор, калий, магний, цинк, бор, марганец, молибден, железо, медь, гуматы, органические вещества.

Корнепитатель КП-5 дозирует элементы питания в зону корневой системы через корпус-оболочку, т.е. полупроницаемую мембрану постепенно, мягко воздействуя на корневую систему, не допуская повышения концентрации почвенного раствора, которое характерно для традиционных способов подкормки. Мембрана регулирует скорость подачи и количество выделяемых корнепитателем элементов питания в соответствии с потребностью растений и условиями внешней среды.

Пакет-мембрана с питательной смесью КП-5 исключает передозировку и вымывание питательных веществ, что обеспечивает эффективность действия корнепитателя в течение 1,5–2 лет без дополнительных подкормок. КП-5, обеспечивая локальное непрерывное поступление питательных веществ, способствует формированию растениями мощной корневой системы, улучшает приживаемость саженцев, повышает иммунитет растений к болезням, стойкость к неблагоприятным температурным перепадам. Технология применения КП-5 проста: достаточно поместить его, в соответствии с инструкцией, в зону корневой системы растения.

Корнепитатель КП-100 является аналогом КП-5, но отличается от него большим объемом.

Кристалон – водорастворимое удобрение. Наиболее распространенными из этой серии являются:

Кристалон «Криста-К» – универсальное удобрение для улучшения качества плодов; содержит 13,5 % азота и 46 % калия.

«Кристалон желтый» – содержит 13 % азота, 40 – фосфора, 13 – калия, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,024 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка. Рекомендуется для стимулирования развития корневой системы.

«Кристалон голубой» – рекомендуется для рассады и подкормки вегетирующих растений до начала фазы цветения. Содержит 19 % азота, 6 – фосфора, 20 – калия, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,04 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка.

«Кристалон белый» – рекомендуется для усиления цветения и завязи плодов. Содержит 15 % азота, 5 – фосфора, 30 – калия, 3 – магния, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,04 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка.

«Кристалон красный» – рекомендуется для усиления плодообразования. Содержит 12 % азота, 12 – фосфора, 36 – калия, 1 – магния, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,04 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка.

«Кристалон особый» – рекомендуется для развития вегетативной массы. Содержит 18 % азота, 18 – фосфора, 18 – калия, 3 – магния, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,04 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка.

«Кристалон сиреневый» – рекомендуется для применения на почвах с высоким содержанием калия. Содержит 20 % азота, 8 – фосфора, 8 – калия, 2 – магния, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,04 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка.

«Кристалон коричневый» – применяется в сочетании с кальциевой селитрой для приготовления сбалансированных питательных растворов, которые вносятся при выращивании растений в закрытом грунте на инертных субстратах (минеральной вате, торфе, песчанике, питательной пленке). Содержит 3 % азота, 11 – фосфора, 38 – калия, 4 – магния, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,04 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка.

«Кристалон оранжевый» – рекомендуется для плодовых культур, арбузов и других растений, когда высокое содержание азота нежелательно, например, во время созревания. Содержит 6 % азота, 12 – фосфора, 36 – калия, 3 – магния, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,04 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка.

«Кристалон лазурный» – специальная форма для медленно растущих декоративных растений. Применяется также для удобрения рассады, ягод и растений, выращиваемых в контейнерах. Содержит 20 % азота, 8 – фосфора, 8 – калия, 2 – магния, 0,07 – железа, 0,025 – бора, 0,04 – марганца, 0,004 – молибдена, 0,01 – меди, 0,025 % цинка.

Подкормка кристалоном совмещается с поливом цветочных растений 1–2 раза, овощных и плодово-ягодных культур – 2–4 раза в месяц; расход 20 г/1 л воды.

При выборе видов кристалона необходимо обращать внимание на особенности удобряемых растений. Для декоративно-лиственных растений важно либо преобладание азота над фосфором и калием, либо равенство пропорции, тогда как для остальных растений ситуация обратная. Цветущие и плодоносящие растения нуждаются в первую очередь в фосфоре и калии, т. к. эти элементы стимулируют образование цветочных почек и семян, а также обеспечивают хорошую окраску цветов, быстрое созревание семян и плодов. Поэтому, внесение удобрений с высоким содержанием фосфора и калия особенно важно перед цветением. Для этого перед наступлением фазы цветения растений рекомендуется использовать смесь кристалонов желтого и красного, а после цветения – кристалон белый и особый.

Мастер – растворимое микрокристаллическое удобрение. Благодаря своей способности полностью растворяться, «Мастер» может использоваться в самых сложных ирригационных системах и для некорневых подкормок. Удобрение содержит микроэлементы в хелатной форме ЭДТА (Zn, Cu, Mn, Fe). Каждый вид удобрения выкрашен в свой цвет. В отличие от других аналогичных продуктов, в которых хелатные соединения ЭДТА и ДТПА имеют устойчивость в диапазоне pH от 3 до 5,5, хелаты, используемые в «Мастере», устойчивы в более широком диапазоне значения pH от 3 до 11 (табл. 111).

Таблица 111 – Состав и физические свойства удобрений «Мастер»

NPK +Mg	18.18.18+3	13.40.13	3.11.38+4	15.5.30+2	17.6.18	9.0.46	10.18.32
N _{общ.}	18,0	13,0	3,0	15,0	17,0	9,0	10,0
N _{нитр.}	4,9	3,8	3,0	8,4	5,0	9,0	6,5
N _{аммон.}	3,3	9,2	–	3,6	12,0	–	3,5
N _{амид.}	9,8	–	–	3,0	–	–	–
P ₂ O ₅	18,0	40,0	11,0	5,0	6,0	–	18,0
K ₂ O	18,0	13,0	38,0	30,0	18,0	46,0	32,0
MgO	3,0	–	4,0	2,0	–	–	–
SO ₃	4,0	1,5	10,0	11,0	29,0	10,0	8,0
B	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Fe	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Mn	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Zn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cu	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Mo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Внешний вид	порошок	порошок	порошок	порошок	порошок	порошок	порошок
Цвет	голубой	оранжевый	белый	красный	зеленый	белый	белый
Плотность, г/см	0,77	1,11	1,22	0,84	0,98	1,33	1,1
pH (1 % водный р-р)	4,5	4,7	3,1	5,6	5,2	3,5	4,0
Растворимость, г/100сс	55	48	10	30	47	20	15
Влажность, %	0,5	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	0,2

Фертигация* производится 0,5–1,5 кг удобрения на 1000 м² в день. В случае, если она не производится ежедневно, доза увеличивается пропорционально количеству пропущенных дней.

Питательные комплексы «Мастер» (NPK + Mg + микроэлементы) отличаются от аналогов более высокой степенью химической чистоты и растворимости, что является решающим фактором эффективности некорневых подкормок. Применяются для коррекции минерального питания растений и повышения урожайности и качества. Вносятся они совместно с пестицидами, не требуя дополнительных затрат. При внесении их с гербицидами снижается стрессовое воздействие последних на культурные растения, не влияя на эффективность подавления сорняков.

Микрасса – универсальное микроудобрение для обработки семян и посадочного материала, подкормки в период вегетации цветочно-декоративных растений, газонов, овощных и плодово-ягодных культур.

Микроудобрение Микрасса производится на основе чистых солей микроэлементов (бор, медь, цинк, молибден, кобальт, марганец, иод) без наполнителей. Препарат одновременно стимулирует и обеззараживает семена, питает проростки микроэлементами и предотвращает их гибель от корневых гнилей на ранних стадиях развития. Выпускается в таблетках, что исключает передозировку и позволяет готовить слабokonцентрированные растворы, из

* внесение удобрений с поливной водой

которых микроэлементы легче и быстрее проникают внутрь клеток через оболочку семян и листовую поверхность и полностью усваиваются растениями, не вызывая ожогов.

Семена замачивают в Микрассе (1 таблетка или 0,2 г на 0,5 л воды) в течение 12 ч и высевают, не подсушивая. Для мелких семян замачивание заменяется мелкодисперсным поливом сразу же после посева до мульчирования. Некорневые подкормки рассады (1 таблетка или 0,2 г на 2–10 л воды) проводятся дважды: первый раз в фазе 1–2 настоящих листьев, второй – за неделю до высадки рассады на постоянное место.

Микрассу можно применять и в качестве добавки к азотным, фосфорным, калийным удобрениям, гуматам и стимуляторам роста (гетероауксину), а также антистрессовым препаратам (эпину, иммуноцитифиту). Это повышает усвояемость растениями макроэлементов из удобрений.

Тенсо-коктейль – содержит полный набор микроэлементов. Поставщиком этого удобрения является норвежская фирма «Норск-Гидро». Используется оно для некорневых подкормок в период вегетации растений. Применяют его 3 раза за период вегетации, обеспечивая сбалансированное питание растений микроэлементами.

МикроМикс – минеральное удобрение. Наиболее распространенными из этой серии являются «МикроМикс-овощи», «МикроМикс-люкс», «МикроМикс-универсал», «МикроМикс-газон».

«МикроМикс-универсал» – предназначен для подкормки рассады, овощных, плодовых, ягодных и цветочных культур в открытом и закрытом грунтах. Содержит 18 % азота, 18 – фосфора, 18 – калия, 2 % магния; микроэлементы: Fe, Mn, Cu, Co, B, Mo, Zn.

Применяют из расчета 20 г удобрения на 10 л воды. Этим раствором подкармливают растения путем полива или опрыскивания: овощные 1 раз в неделю, спустя 2 недели после посадки рассады в грунт, плодовые и ягодные культуры – 2–3 раза за сезон: рано весной, в фазу зеленой завязи и при необходимости через 2 недели после 2-й подкормки, цветочные и декоративные культуры – однолетние 1 раз в 10–15 дней; многолетние 2–3 раза за сезон: рано весной, в фазу бутонизации и после цветения.

«МикроМикс-люкс» – предназначен для подкормки рассады овощных, ягодных и цветочных культур, а также декоративных деревьев, кустарников и многолетних цветочных культур. Содержит 12 % азота, 35 – фосфора, 12 – калия, 2 % магния; микроэлементы: Fe, Mn, Cu, Co, B, Mo, Zn.

Применяют водный раствор – 20 г удобрения на 10 л воды, которым подкармливают растения один раз в неделю путем полива под корень, через системы капельного полива или опрыскивания. Нормы расхода рабочего раствора – общепринятые.

«МикроМикс-овощи» – предназначен для подкормки овощных культур. Содержит 9 % азота, 15 – фосфора, 30 – калия, 2 % магния; микроэлементы: Fe, Mn, Cu, Zn, B, Co, Mo.

Способ применения: 20 г удобрения растворяют в 10 л воды. Этим раствором подкармливают растения путем полива: томаты, перцы, огурцы – 1 раз в неделю, начиная через 10–15 дней после высадки рассады в грунт; лук – 2–3 раза за вегетацию; морковь свеклу, сельдерей 2 раза через 10–15 дней после прореживания, в фазу 3–4 пар настоящих листьев (начало формирования корнеплода); картофель – 1–2 раза (через 2 недели после появления всходов и в фазе бутонизации).

«МикроМикс-газон» – предназначен для подкормки газонов, спортивных кортов, лужаек и поддержания травостоя в здоровом состоянии. Содержит 20 % азота, 5 – фосфора, 20 – калия, 3 % магния; микроэлементы Fe, Mn, Cu, Co, B, Mo, Zn.

Растворяют 20 г удобрения в 10 л воды и поливают газоны: 1 раз рано весной, затем после каждого скашивания травостоя. Подкормки проводить до середины августа.

Мульти-NPK – хорошо растворимое в воде удобрение. Выпускается в кристаллическом и гранулированном виде фирмой «Хайфа Кемикалз» (Израиль). Содержит 12 % азота, 2 – фосфора и 44 % калия. Используется как для основного внесения в почву, так и для некорневых подкормок вегетирующих растений.

Пикса. Суперкомпост пикса содержит 3,5–5,6 % азота, 2,1–4,1 – фосфора, и 2,0–3,2 % калия. Торф и помет, используемый для его приготовления, подвергнуты биотермическому обеззараживанию, что практически полностью исключает попадание в суперкомпост пикса бактериальных инфекций.

Пикса рекомендуется для внесения в почву в качестве основного удобрения перед посадкой и в качестве подкормки комнатных цветов, овощных, плодовых и ягодных культур. Основное удобрение вносят равномерно на поверхность почвы и заделывают его на глубину максимального распространения корневой системы. Норма 5–10 кг на 100 м². На торфяных почвах вместе с пиксой рекомендуется добавлять почву более тяжелого гранулометрического состава в равном количестве или 10–20 % от рекомендуемой нормы минеральные удобрения.

Припосевное удобрение вносится в почву с последующим перемешиванием и заделкой: овощные – в лунки по 10–15 г, в рядки 25–50 г на погонный метр; плодовые в посадочные ямы 0,5–0,7 кг.

Для использования в качестве подкормки предварительно готовят рабочий раствор: разводят 400–500 г удобрений на 8–10 л воды. Подкормка овощных культур производится 3–5 раз за вегетационный период – 0,5–0,75 л раствора на растение; плодовых – 10–20 л на дерево 3–4 раза за сезон. Для подкормки комнатных цветов и выращивания рассады суперкомпост пикса можно использовать в качестве подкормки как в сухом, так и жидком виде. При жидкой подкормке цветов используют 20 г удобрения на 0,5 л воды. Расход раствора удобрения 150–200 мл/растение. Можно вносить поверхностно 5–10 г удобрения на 1 кг почвы с обязательной последующей заделкой и поливом.

Покон. Поставщиком удобрений серии «Покон» на российский потребительский рынок является фирма «Покон-Крисал» (Голландия). Ассортимент выпускаемой фирмой продукции включает:

Удобрение для балконных и террасных растений с содержанием 18 % азота, 6 – фосфора, 12 – калия, 0,04 – железа, 0,02 – бора, 0,02 – марганца, 0,002 – молибдена, 0,004 – меди, 0,004 % цинка. Норма расхода 300 г удобрения на 75 л горшечного грунта.

Удобрение для садовых растений с содержанием 18 % азота, 6 – фосфора, 12 – калия, 0,02 – бора, 0,004 – меди, 0,04 – железа, 0,02 – марганца, 0,002 – молибдена, 0,004 % цинка. Норма расхода 1 кг на 40 м².

Суперудобрение длительного действия для хвойных растений. Содержит 19 % азота, 6 – фосфора, 21 – калия, 3 % магния. Норма расхода 1 кг на 57 растений или на 20 м².

Суперудобрение длительного действия для роз. Содержит 20 % азота, 17 – фосфора, 17 % калия. Норма расхода 1 кг на 20 м².

Удобрение для газона с содержанием 20–30 % азота, 5–8 – фосфора, 7–8 % калия, 4 % магния. Норма расхода 1 кг на 50 м².

Удобрение для рододендронов и гортензий – содержит 19 % азота, 6 – фосфора, 26 % калия. Норма – 35–40 г на 1 растение.

Удобрение для комнатных растений. Содержит 17 % азота, 7 – фосфора, 13 – калия, 0,02 – бора, 0,004 – меди, 0,04 – железа, 0,02 – марганца, 0,002 – молибдена, 0,004 % цинка. Норма расхода 300 г удобрения на 75 л горшечного грунта.

Удобрение для роз. Содержит 9 % азота, 9 – фосфора, 9 – калия, 3 % магния. Норма расхода 1 кг на 20 м².

Удобрение для томатов с содержанием 8 % азота, 5 – фосфора, 8 – калия, 10 % магния. Норма расхода 1 кг на 15 м².

Удобрение для клубники с содержанием 4 % азота, 6 – фосфора, 12 – калия, 8 магния. Норма расхода 1 кг на 25 м².

Удобрение для хвойных растений со средством от потемнения. Содержит 5 % азота, 9 – фосфора, 16 – калия, 4 – магния + 15 % английской соли. Норма внесения – 0,9 кг удобрения и 0,1 кг средства от потемнения на 1 дерево.

Удобрение для горшечных растений «Экстра». Содержит 8 % азота, 3 – фосфора, 5 – калия, 0,02 – бора, 0,004 – меди, 0,04 – железа, 0,02 – марганца, 0,002 – молибдена, 0,004 % цинка. Норма расхода 300 г удобрения на 75 л горшечного грунта.

Удобрение для цветущих растений «Экстра». Содержит 5 % азота, 5 – фосфора, 7 – калия, 0,02 – бора, 0,004 – меди, 0,04 – железа, 0,020 – марганца, 0,002 – молибдена, 0,004 % цинка. Норма расхода 10 мл на ½ л воды.

Растворин – типичное сложно-смешанное удобрение отечественного производства. Выпускает Буйский химический завод (Костромская область). Рекомендуются для основного внесения, корневых и некорневых подкормок под плодово-ягодные культуры, цветочные растения и рассаду. Его можно использовать как в открытом, так и защищенном грунте. Выпускают несколько марок «Растворина». Из них наиболее распространены: марка А, марка Б и марка В. Соотношение в марке А – N:P₂O₅:K₂O:MgO = 10:5:20:6; марке Б – 18:6:18:0; марке В – 18:18:18:0. Все марки «Растворина» содержат необходимый для жизнедеятельности растений набор микроэлементов, хорошо растворяются в воде и не содержат вредных примесей. Однако это удобрение вызывает слабое подкисление почвы.

В начале вегетации, когда растения для нарастания вегетативных органов требуют повышенное количество азота, лучше применять удобрения марки Б. В период вегетации в качестве подкормок можно использовать марку А, а на бедных фосфором почвах марку В.

Рисовое – органо-минеральное удобрение на основе низинного торфа. Содержит 7,8 % азота, 10,9 – фосфора, 8,4 – калия, 1,4 – магния, 0,8 – цинка, 0,05 % молибдена. Изготовитель – Буйский химический завод (Россия, Костромская область) Ориентировочная норма внесения под рис 200–250 кг/га.

Рязаночка – водорастворимое удобрение для ягодных культур. Содержит 15 % азота, 7,5 – фосфора, 7,5 – калия, 1,9 – магния, 2,1 – марганца, 1,5 – цинка, 0,04 – кобальта, 0,25 – меди, 0,04 – молибдена, 1,5 % бора.

Способ применения: корневая и некорневая подкормки. Для корневой подкормки готовят рабочий раствор – 4 г удобрения на 10 л воды. Первую подкормку проводят в начале вегетации растений (2–4 л/2–3 м²), вторую – в период бутонизации – начало цветения (3 л/2–3 м²), третью – в фазе плодоношения (3–5 л/2–3 м²). Некорневую подкормку растений производят водным раствором, содержащим 2 г/10 л воды.

Свентовит-БИО – представляет собой экстракт лекарственных трав (одуванчик лекарственный, ромашка лекарственная, валериана, тысячелистник, корень лопуха, шалфей, лаванда, крапива). Удобрение содержит 4,5 % азота, 1,5 – фосфора, 4,5 % калия, железо, натрий, магний и микроэлементы. В состав удобрения входят также протеины, аминокислоты, витамины и регулятор роста – гибберсиб. Подбор трав сделан с учетом их действия на растения. Ромашка, тысячелистник и лаванда обладают инсектицидными свойствами. Крапива, шалфей и тысячелистник содержат большое количество витаминов (А, В и К), оказывающих благоприятное влияние на процессы жизнедеятельности. Корень лопуха содержит гликозиды, витамины и минеральные кислоты, обладает сильными адаптационными свойствами и способен повышать иммунитет растений в неблагоприятных условиях.

По своей сути, «Свентовит-БИО» является одновременно и быстродействующим удобрением, и биологически активным веществом, влияющим на физиолого-биохимические процессы жизнедеятельности растений. Предназначено оно для корневых и некорневых подкормок овощных, ягодных культур, цветочных и декоративных растений в качестве комплексного удобрения и стимулятора роста. Способствует сбалансированному минеральному питанию, улучшает декоративные качества, активизирует рост растений, обеспечивает защиту от вредителей и болезней, повышает адаптационные свойства.

«Свентовит-БИО» применяется для полива в период вегетации и для некорневых подкормок растений. Применение его для декоративных культур способствует более раннему цветению, повышению размера, количества и качества цветков, интенсивности их окраски.

Во время интенсивного роста комнатные растения нуждаются в регулярных подкормках один раз в 10–12 дней. Причем, более благоприятными считаются частые регулярные подкормки слабыми растворами удобрений. Для полива почвы рекомендуется применять 0,5 % концентрацию «Свентовит-БИО». Наряду с корневыми подкормками можно произвести несколько некорневых подкормок, опрыскивая листовую поверхность растений 0,3 % раствором этого препарата. Для выгонки луковичных культур почву под ними рекомендуется поливать препаратом «Свентовит-БИО» в концентрации 1,2 %. Это связано с тем, что при недостатке питания цветоносы у них становятся низкими, масса листьев небольшой, а цветы получаются мелкими, причем сильно укорачивается период цветения.

Сударушка – водорастворимое минеральное удобрение для овощных культур. Содержит 15 % азота, 7,5 – фосфора, 7,5 – калия, 1,9 – магния, 2,1 – марганца, 1,5 – цинка, 0,04 – кобальта, 0,25 – меди, 0,04 – молибдена, 1,5 % бора.

Рекомендовано для подкормки овощных культур. Способы применения – корневая подкормка, путем полива раствором 4 г/10 л воды. При подкормке в период активного вегетативного роста растений расход 1–2 л/м², бутонизации – 2–3 л/м²; формирования плодов – 2–3 л/м². Некорневую подкормку растений осуществляют опрыскиванием раствором, содержащим 2 г удобрения в 10 л воды, 2–3 раза за вегетационный период.

Удобрения фирмы «КОМПО». *Басфолиар Комби-Стинп* – азотно-кальциевое удобрение, предназначенное для некорневой подкормки растений. Удобрение препятствует распространению таких заболеваний, как горькая ямчатость (подкожная пятнистость) плодов и пятнистость листьев яблонь. Содержит: N – 9 %; Ca – 10,7; B – 0,2; Mn – 0,4; Zn – 0,01 %. Марганец и цинк находятся в виде хелатных соединений.

Фетрилон Комби-1 – водорастворимое удобрение, используется для компенсации недостатка микроэлементов у полевых и плодово-овощных культур. Содержит: Fe – 4,0 %; Cu – 1,5; MgO – 9; Mn – 4,0; Zn – 1,5; B – 0,5 и Mo – 0,15 %. Железо, медь, марганец и цинк находятся в виде хелатных соединений. Благодаря высокому содержанию железа это удобрение используется для борьбы с хлорозом растений. Применяется путем некорневых подкормок.

Нитрофоска Фолиар – комплексное удобрение в жидкой форме, применяется в полеводстве, садоводстве для некорневой подкормки растений в период их вегетативного роста. Особенно эффективно это удобрение в садоводстве. Содержит: N – 10,0 %; P – 4,0; K – 7,0; MgO – 0,02; S – 0,7; Mn – 0,01; Fe – 0,02; Zn – 0,002; B – 0,01 и Mo – 0,001 %. Микроэлементы находятся в хелатированной форме.

Нитрофоска Солуб – концентрированное легко растворимое минеральное удобрение с различным содержанием NPK (15–10–15 и 8–12–24). Оно содержит дополнительно магний, серу и микроэлементы в хелатированной форме. Хлор содержится в незначительных количествах (< 1 %). Нитрофоска Солуб, как и Нитрофоска Фолиар, не заменяет основного удобрения почвы, а является дополнительной эффективной мерой для стимулирования обмена веществ и компенсации недостатка макро- и микроэлементов на отдельных этапах вегетации растений, особенно до и после цветения растений.

Нитрофоска Солуб (8–12–24) содержит: N – 8,0 %; P – 12,0; K – 24,0; Mg – 4,0; S – 12,0; Fe – 0,05; B – 0,011; Cu – 0,019; Mn – 0,055; Zn – 0,0195; Mo – 0,001 %.

Нитрофоска Солуб (15–10–15) содержит: N – 15,0 %; P – 10,0; K – 15,0; Mg – 2; Fe – 0,05; B – 0,011; Cu – 0,019; Mn – 0,055; Zn – 0,019; Mo – 0,001 %.

Хортисул – растворимое калийное удобрение на сульфатной основе с низким содержанием хлора. Используется для некорневой подкормки всех сельскохозяйственных культур, с целью их обеспечения калием, главным образом, до и во время цветения, когда растения испытывают небольшую потребность в нем, а также при засухе, когда отмечается ограниченное поступление калия из почвы. Хортисул содержит: K – 52,0 % и S – 18,0 %.

Удобрения фирмы «ФАСКО». *Бордо* – высокоэффективное азотно-фосфорно-калийное удобрение, предназначенное специально для выращивания столовой свеклы. Содержит: 13 % азота, 16 – фосфора, 18 % калия, магний, натрий, серу, бор.

Газон – специально разработанное комплексное удобрение для газонов, спортивных травянистых полей, кортов, лугов. Содержит: 20 % азота, 10 – фосфора, 10 % калия. Применяется при подготовке почв к закладке газонов, для подкормки газонов в период вегетации растений.

Для луковичных (лук и чеснок) – удобрение, предназначенное специально для выращивания луковичных растений. Содержит: 7 % азота, 9 – фосфора, 12 – калия, 3 % магния. Применяется в качестве основного удобрения, подкормок и при подготовке почвы к высадке растений.

Для хвойных растений – специально разработанное высокоэффективное удобрение для ухода за хвойными деревьями (можжевельник, туя, ель, сосна, кипарис). Содержит: 10–17 % азота, 8–20 – фосфора, 20–22 – калия, 1 – магния, 2 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка. Удобрение также может использоваться для подкормки других декоративных культур: бересклет, кизильник, чубушник, рододендрон и др. Применяется в качестве основного удобрения при подготовке почвы к высадке растений и для проведения прикорневых подкормок.

Зелень – высокоэффективное азотно-фосфорно-калийное удобрение, предназначенное специально для выращивания зеленных культур: салата, укропа, кинзы, огуречной травы, петрушки, сельдерея, лука и чеснока. Содержит: 7 % азота, 7 – фосфора, 8 – калия, 2 % магния.

Кабачок – азотно-фосфорно-калийное удобрение, предназначенное специально для выращивания кабачков, патиссонов и других тыквенных растений. Содержит: 9 % азота, 13 – фосфора, 15 – калия, 3 % магний.

Капуста – азотно-фосфорно-калийное удобрение, предназначенное специально для выращивания капусты. Содержит: 11 % азота, 12 – фосфора, 12 – калия, 3 % магния.

Картофель – азотно-фосфорно-калийное удобрение, предназначенное специально для выращивания картофеля. Содержит 13 % азота, 19 – фосфора, 19 % калия. Применяется это удобрение под основную обработку почвы, при посадке и прикорневых подкормках.

Морковь – азотно-фосфорно-калийное удобрение, предназначенное специально для выращивания моркови. Содержит: 14 % азота, 15 – фосфора, 18 % калия, кроме того, в удобрение входят магний, натрий, хлор.

Рододендрон – смешанное органико-минеральное гранулированное удобрение, содержащее 7 % азота, 7 – фосфора, 8 – калия, 3 % магния. Применяется в качестве основного удобрения при посадке многолетних цветочно-декоративных культур, предпочитающих кислые почвы, и для подкормок в период их вегетации растений.

Глория – водорастворимое удобрение, разработанное специально для подкормки цветущих и декоративных кустарников роз, сирени, чубушника, калины. Содержит 7–14 % азота, 7–11 – фосфора, 8–24 – калия, 1–3 – магния, 1 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Для гортензии – водорастворимое удобрение, содержащее сбалансированный набор питательных элементов, необходимых для полноценного роста и развития гортензий, как в комнатных условиях, так и в открытом грунте. Содержит 14 % азота, 11 – фосфора, 24 – калия, 1 – магния, 1 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Для декоративно-лиственных культур – водорастворимое удобрение, содержащее сбалансированный набор элементов питания, предназначено для некорневой подкормки растений, выращиваемых как в защищенном, так и в открытом грунтах. Содержит 17 % азота, 17 – фосфора, 17 – калия, 1 – магния, 1 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Клубника – водорастворимое удобрение, предназначенное для основного внесения и подкормок земляники, клубники и других ягодных культур. Содержит 17–20 % азота, 10–17 – фосфора, 10–17 – калия, 1 – магния, 2 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Крепыш – водорастворимое удобрение, специально разработанное для выращивания рассады овощных и цветочно-декоративных культур. Содержит 17 % азота, 8 – фосфора, 22 – калия, 1 – магния, 2 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Малышок – водорастворимое удобрение, содержащее все элементы питания, необходимые для выращивания томатов, перцев и баклажанов. Содержит 11–14 % азота, 6–15 – фосфора, 15–29 – калия, 1 – магния, 1 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,001 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Оазис – водорастворимое удобрение, специально разработанное для пальм, драцен, фикусов, фатсий и монстер. Содержит 6–14 % азота, 4–11 – фосфора, 7–24 – калия, 1 – магния, 1 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Растворин – водорастворимое удобрение, предназначенное для подкормки рассады, овощных, плодово-ягодных, цветочно-декоративных культур в открытом и защищенном грунтах. Содержит 17 % азота, 17 – фосфора, 17 – калия, 1 – магния, 1 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,001 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Родничок – водорастворимое комплексное удобрение, содержащее необходимые элементы питания для выращивания огурцов. Содержит 8–9 % азота, 13–20 – фосфора, 15–25 – калия, 1 – магния, 1 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,001 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Цветочное – водорастворимое удобрение, содержащее сбалансированный набор питательных элементов, необходимых для роста и развития однолетних и многолетних цветочных культур, а также декоративных цветущих кустарников, выращиваемых на любых типах почв. Содержит 7–12 % азота, 6–7 – фосфора, 8–29 – калия, 1–3 – магния, 2 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Цветы – водорастворимое удобрение, содержащее сбалансированный набор питательных веществ. Содержит 17 % азота, 17 – фосфора, 17 – калия, 1 – магния, 2 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Весеннее – водорастворимое удобрение, специально разработанное для подкормки овощных, плодово-ягодных и цветочно-декоративных культур в начале вегетативного периода. Содержит: 20 % азота, 10 – фосфора, 10 % калия.

Летнее – удобрение, специально разработанное для подкормки овощных, плодово-ягодных и цветочно-декоративных культур в летний период. Содержит 13 % азота, 16 – фосфора, 18 % калия, + магний.

Осеннее – удобрение, специально разработанное для подкормки растений в конце вегетативного периода, что особенно важно для многолетних культур. Содержит 5 % азота, 15 – фосфора, 35 % калия.

Гомельское удобрение – смешанное азотно-фосфорно-калийное удобрение для применения под все выращиваемые культуры. Содержит 15 % азота, 15 – фосфора, 15 % калия.

Для декоративных кустарников – смешанное органо-минеральное, гранулированное удобрение. Содержит: 7 % азота, 7 – фосфора, 8 – калия, 3 % магния.

Для плодово-ягодных кустарников – высокоэффективное удобрение, специально разработанное для основного внесения при посадке плодово-ягодных деревьев и кустарников, а также для подкормки в период их вегетации. Содержит: 11 % азота, 12 – фосфора, 12 % калия.

Огородная №5 – удобрение, содержащее сбалансированный набор питательных веществ. Содержит 6 % азота, 9 – фосфора, 9 % калия.

Плодово-ягодная №7 – удобрение, специально разработанное для основного внесения при посадке плодово-ягодных деревьев и кустарников, а также для подкормки их в период вегетации. Содержит 8 % азота, 4 – фосфора, 13 – калия, 0,5 – магния, микроэлементы.

Предпосадочная №1 – удобрение, специально разработанное для подготовки почвы к посадке растений. Рекомендуется использовать под плодово-ягодные культуры: яблони, груши, сливы, вишню, малину, смородину, кры-

жовник, клубнику и землянику, цветы и декоративные растения, овощные культуры: помидоры, огурцы, картофель, капусту, лук, чеснок, петрушку, хрен, спаржу, сельдерей и др. Содержит 12 % азота, 6 – фосфора, 6 % калия.

Смесь по Миттлайдеру № 1 – предназначена в качестве составной части предпосадочного удобрения при выращивании культур по методу доктора Миттлайдера. Смесь №1 можно использовать также, как бор-кальциевое удобрение в традиционном выращивании садово-огородных культур. Содержит 55 % кальция, 0,14 % бора.

Смесь по Миттлайдеру №2 – предназначена для подкормок при выращивании культур по методу доктора Миттлайдера и как составная часть предпосевного удобрения (к смеси №1). Содержит 14,9 % азота, 8,1 – фосфора, 14,9 – калия, 3 % магния, кроме того, бор, молибден.

Урожай Super – концентрированное универсальное удобрение. Содержит 9 % азота, 13 – фосфора, 15 – калия, 3 % магния.

Для бегоний – концентрированное жидкое удобрение, содержащее сбалансированный набор элементов питания, необходимых для роста и развития как цветущих, так и декоративно-лиственных бегоний. Содержит 4 % азота, 3 – фосфора, 15 – калия, 1 – магния, 2 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Тропик – концентрированное жидкое удобрение, содержащее сбалансированный набор элементов питания, необходимых для роста и развития кактусов и суккулентов. Содержит 4–8 % азота, 3–20 – фосфора, 6–52 – калия, 1 – магния, 2 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Эффект весна – высококонцентрированное жидкое удобрение, содержащее сбалансированный набор элементов питания, необходимых для роста и развития растений овощных и плодово-ягодных культур, выращиваемых как в защищенном, так и в открытом грунтах. Содержит 10 % азота, 5 – фосфора, 5 – калия, 0,1 – магния, 0,1 – серы, 0,005 – бора, 0,01 – меди, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Эффект лето – высококонцентрированное жидкое удобрение, содержащее сбалансированный набор элементов питания, необходимых для роста и плодоношения овощных и плодово-ягодных культур, выращиваемых как в защищенном, так и в открытом грунтах. Содержит 5 % азота, 10 – фосфора, 5 – калия, 1 – магния, 2 – серы, 0,01 – бора, 0,003 – меди, 0,02 – железа, 0,01 – марганца, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Эффект осень – высококонцентрированное универсальное удобрение, подготовленное специально для подкормки многолетних растений в конце вегетативного периода. Содержит 2 % азота, 7 – фосфора, 7 – калия, 0,1 – магния, 0,1 – серы, 0,005 – бора, 0,01 – меди, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка.

Эффект цветочный – высококонцентрированное жидкое удобрение. Содержит 5 % азота, 10 – фосфора, 5 – калия, 0,1 – магния, 0,1 – серы, 0,005 – бора, 0,01 – меди, 0,001 – молибдена, 0,01 % цинка. Прекрасно подходит для подкормки всех комнатных растений, в том числе бегоний, азалий, сенполий, роз, жасминов, папоротников, цитрусовых, пальм и других тропических культур. Допустимо использовать для подкормки плодово-ягодных культур.

Универсал – органо-минеральное гранулированное удобрение на основе нейтрализованного аммонийного низинного торфа (40 %). Изготовитель – Буйский химический завод (Россия, Костромская область). Содержит 7 % азота, 7 – фосфора, 8 – калия, 1,5 % магния и микроэлементы. Предназначено для полноценного питания цветочно-декоративных растений, овощных и

плодово-ягодных культур открытого и защищенного грунтов, а также для выращивания рассады. «Универсал» не содержит хлора и свободных нитрат-ионов. Применение этого удобрения не вызывает подкисления почвы, способствует улучшению ее физических свойств, увеличивает содержание гуминовых кислот. Применяется в качестве основного и припосевного (припосадочного) удобрения, а также для подкормки в период вегетации растений.

Для основного внесения под обработку почвы норма 100 г/м^2 на окультуренных и 150 г/м^2 на неокультуренных почвах; под плодовые деревья – 90 г/м^2 приствольного круга с последующим рыхлением; под ягодные кустарники при рыхлении почвы вносить 60 г/м^2 ; при посадке картофеля и высадке рассады – 20 г в лунку; под многолетние цветочные растения – $80\text{--}100 \text{ г}$ на посадочную яму. При подкормках: под картофель и овощи – 30 г/м^2 с последующим рыхлением и поливом; под цветочно-декоративные растения – 50 г/м^2 с последующим рыхлением; землянику подкармливают ранней весной и после сбора урожая – 30 г на погонный метр рядка. При составлении субстрата (грунта) для выращивания рассады цветочно-декоративных растений и овощных культур удобрение перемешивается с песком, торфом, почвой и остальными компонентами. Норма расхода 10 г на 1 кг субстрата. В парниках и теплицах: ранней весной (или зимой) при подготовке грунтов (перекопка и рыхление) вносить 15 г/м^2 .

Унифлор. Из серии удобрений торговой марки «Унифлор» следует отметить следующие: «Унифлор-рост», «Унифлор-бутон» «Унифлор-кактус», «Унифлор-микро», «Унифлор-микро-Pro». В состав этих удобрений входят две группы элементов. Группа А, помимо необходимых растениям макроэлементов, содержит в своем составе железо, марганец, бор, цинк, медь, молибден, кобальт, иод и хром. Группа В, помимо названных микроэлементов, включает в свой состав никель, ванадий, литий, селен, титан, вольфрам, бром, натрий и рубидий.

«Унифлор-рост». Минеральное удобрение для комнатных растений и рассады. Содержит 70 г/л азота, 26 – фосфора, 70 – калия, 5 – магния, $6,6 \text{ г/л}$ – серы; 533 мг/л – железа, 310 – натрия, 133 – марганца, 100 – бора, 30 – цинка, 27 – меди, 12 – молибдена, 8 – кобальта, $6,7$ – иода, $3,3$ – никеля, $2,0$ – ванадия, $2,0$ – лития, $1,9$ – хрома, $1,6$ – селена, $1,3$ – вольфрама, $1,0$ – брома, $0,7$ – алюминия, $0,02 \text{ мг/л}$ – рубидия.

«Унифлор-рост» предназначен для подкормки всех комнатных растений и рассады, а также алоэ, пальм и фикусов. Рабочий раствор готовится из расчета $4\text{--}5 \text{ г}$ на 10 л воды или 5 мл на $1,5\text{--}2,0 \text{ л}$ воды. Подкормка производится раствором удобрения 1 раз в $10\text{--}15$ дней из расчета 1 л/м^2 .

«Унифлор-бутон» – минеральное удобрение для комнатных растений и рассады. Содержит 47 г/л азота, 32 – фосфора, 88 – калия, 5 – магния, $6,6 \text{ г/л}$ серы; 533 мг/л – железа, 310 – натрия, 133 – марганца, 100 – бора, 30 – цинка, 27 – меди, 12 – молибдена, 8 – кобальта, $6,7$ – иода, $3,3$ – никеля, $2,0$ – ванадия, $2,0$ – лития, $1,9$ – хрома, $1,6$ – селена, $1,3$ – вольфрама, $1,0$ – брома, $0,7$ – алюминия, $0,02 \text{ мг/л}$ рубидия. «Унифлор-бутон» предназначен для подкормки комнатных растений в период бутонизации, цветения и плодоношения. Рекомендован для азалий, лимонов, гипеаструмов и других пышноцветущих и плодоносящих видов, а также на последней стадии выращивания рассады овощных культур для полноценной закладки бутонов.

«Унифлор-микро» – минеральное удобрение, предназначенное для применения в открытом грунте, парниках и теплицах для составления полноценных питательных смесей и проведения некорневых подкормок; содержит 25 г/л азота, 15 – магния, $19,8 \text{ г/л}$ серы; 3200 мг/л железа, 2400 – натрия, 1600

– марганца, 1200 – бора, 80 – иода, 40 – никеля, 24 – ванадия, 24 – лития, 22 – хрома, 19 – селена, 8 – вольфрама, 12 – брома, 1,8 – алюминия, 0,24 мг/л рубидия. «Унифлор – микро» совместим с любыми удобрениями и может использоваться для приготовления питательных смесей с любыми требуемыми соотношениями азота, фосфора и калия.

«Унифлор-кактус» – минеральное удобрение, специально сбалансированное для выращивания кактусов и других видов суккулентов, содержащее хелатированный кальций для гармоничного развития игл и опушений. Содержит 25 мг/л азота, 31 – фосфора, 77 – калия, 0,7 – магния, 0,9 – серы, 2,7 – кальция; 533 – железа, 310 – натрия, 133 – марганца, 100 – бора, 30 – цинка, 27 – меди, 12 – молибдена, 8 – кобальта, 6,7 – иода, 3,3 – никеля, 2,0 – ванадия, 2,0 – лития, 1,9 – хрома, 1,6 – селена, 1,3 – вольфрама, 1,0 – брома, 0,7 – алюминия, 0,02 мг/л рубидия.

«Унифлор-микро-Prof» содержит 10000 мг/л железа, 2500 – марганца, 1800 – бора, 560 – цинка, 498 – меди, 224 – молибдена, 150 – кобальта, 124 – иода, 62 – никеля, 37 – ванадия, 37 – лития, 35 – хрома, 30 – селена, 25 – вольфрама, 19 – брома, 12 – алюминия, 0,36 мг/л рубидия. Совместим с любыми макроудобрениями; используется для приготовления полноценных питательных смесей с требуемыми параметрами азота, фосфора и калия.

«Унифлор-зеленый лист» – специальное удобрение с высоким содержанием азота и микроэлементов, предназначенное для зеленолистных комнатных растений и обеспечивающее быстрый и качественный рост зеленой массы.

«Унифлор-цветок» – специальное удобрение с высоким содержанием калия и микроэлементов, предназначенное для цветущих комнатных растений и обеспечивающее быстрый рост и обильное цветение.

«Унифлор-пестрый лист» – специальное удобрение с оптимальным содержанием азота, фосфора, калия и микроэлементов, предназначенное для пестролистных комнатных растений и обеспечивающее быстрый рост декоративной листвы.

При внесении в почву смесей макроэлементов в виде простых солей в почвенном растворе происходят химические реакции, приводящие к образованию нерастворимых соединений. В результате этого часть микроэлементов переходит в недоступные для растений формы. Для предотвращения этого процесса микроэлементы, за исключением бора, иода, селена, брома и рубидия, в состав удобрений серии «Унифлор» вводятся в виде хелатов. Это обеспечивает длительный срок хранения питательного раствора, что особенно важно при использовании гидропонных технологий или искусственных грунтов.

Для всех видов удобрений рабочий раствор готовят из расчета 2,5–3 мл препарата на 1 л воды. В период интенсивного роста подкормку производят рабочим раствором 1 раз в 10–15 дней в количестве, необходимом для нормального увлажнения земляного кома, как при обычном поливе. В осенне-зимний период при умеренном росте подкормку проводят реже. Для видов растений, вступающих в состояние покоя (обычно зимой), в этот период подкормки нежелательны. Для открытого грунта норма расхода рабочего раствора 1 л/м². Рабочий раствор удобрения для гидропоники используется в качестве питающего.

Хелафарм. Удобрения серии *Хелафарм* представляет ряд ЕДТА хелатных растворимых элементов в микрогранулах. Различают: Хелафарм кальций (10 %), Хелафарм медь (15 %), Хелафарм железо (13 %), Хелафарм магний (6 %), Хелафарм марганец (13 %), Хелафарм цинк (15 %). Эти удобрения особенно эффективны, когда вносятся в прикорневую зону во время посадки или в почву с помощью капельного полива или дождеванием. Нормы применения зависят от масштабов дефицита, климата, типа почвы и способа внесения (табл. 112, 113).

Таблица 112 – Фертигация удобрениями серии Хелафарм

Культуры	Хела-фарм кальций	Хела-фарм медь	Хела-фарм железо	Хела-фарм магний	Хела-фарм марганец	Хела-фарм цинк
Цитрусовые			25–150 г/раст.	30–50 г/раст.	30–100 г/раст.	30–100 г/раст.
Яблони, груши			25–150 г/раст.	30–50 г/раст.	30–70 г/раст.	30–70 г/раст.
Виноград, киви			10–25 г/раст.	10–20 г/раст.	10–25 г/раст.	10–25 г/раст.
Розы			5–10 г/раст.	5–10 г/раст.	10–25 г/раст.	5–10 г/раст.
Полевые культуры	6–10 кг/га	6–10 кг/га	6–10 кг/га	6–10 кг/га	6–10 кг/га	6–10 кг/га

Таблица 113 – Проведение некорневых подкормок удобрениями серии Хелафарм

Культуры	Хелафарм кальций	Хела-фарм медь	Хела-фарм железо	Хела-фарм магний	Хела-фарм марганец	Хела-фарм цинк
Цитрусовые	От образования завязи 100 г/гл* каждые 15–20 дней	100 г/гл	100 г/гл	100 г/гл	100 г/гл	100–150 г/гл
Косточковые	От образования завязи 80–100 г/гл каждые 15–20 дней	80–100 г/гл	80–100 г/гл	80–100 г/гл	70–100 г/гл	80–100 г/гл
Яблоня, груша	От образования плода 100 г/гл каждые 15–20 дней	100 г/гл	100 г/гл	100 г/гл	100 г/гл	100–130 г/гл
Виноград, киви	100 г/гл каждые 15–20 дней	100 г/гл	80–100 г/гл	100 г/гл	70–100 г/гл	80–100 г/гл
Овощи	50–80 г/гл	70–100 г/гл	50–100 г/га	75–100 г/гл	100 г/гл	70–100 г/гл
Злаковые		1–1,5 кг/га	1 кг/га	1–1,5 кг/га	1–2 кг/га	1–1,5 кг/га
Декоративные культуры			50–100 г/га			
Соя		1–1,5 кг/га			1–1,5 кг/га	1–1,5 кг/га
Хлопок		1–1,5 кг/га			1–1,5 кг/га	1–1,5 кг/га

* гл – 100 литров

Цитовит – содержит полный набор элементов питания: общего азота – 30 г/л, фосфора – 5, калия – 25 г/л; микроэлементов: магния – 10 г/л, серы – 40, железа – 35, марганца – 30, бора – 8, цинка и меди по 6, молибдена – 4, кобальта – 2 г/л. Цитовит предназначен для замачивания семян и подкормки растений. Замачивание семян овощных и цветочно-декоративных культур проводят в течение 10–12 ч в рабочем растворе, содержащем 1,5 мл цитовита в 1,5 л воды. Картофель, луковицы овощных культур, луковицы и корневища цветов опрыскивают или погружают в такой же раствор – 1,5 мл/1,5 л воды. Можно проводить некорневую подкормку растений, деревьев и кустарников, опрыскивая раствором микроудобрения: огурцы, томаты – 1 раз, в 2 недели раствором, содержащем

– 1,5 мл цитовита в 3 л воды; цветочно-декоративные культуры – 2 раза до фазы бутонизации – 1,5 мл на 1,5 л воды; земляника – после схода снега и в период бутонизации – 1,5 мл на 1,5 л воды; плодово-ягодные деревья и кустарники в период бутонизации, после образования завязей и после сбора урожая раствором, содержащим 1,5 мл цитовита в 1,5 л воды. Расход в зависимости от вида культуры и вегетативной массы: овощные, однолетние цветочные и земляника – 1–1,5 л/10 м²; малина, смородина и другие кустарники – 1,5–2 л на куст, плодовые деревья – 1 л на молодое и 2–3 л на взрослое дерево. Полив рассады после пикировки и укоренения – раствором, содержащим 1,5 мл Цитовита в 2 л воды. Цветочные и декоративные растения комнатного цветоводства и на балконах: полив или опрыскивание 3–4 раза в год – 1,5 мл/2 л воды.

4.1.4. Гуминовые удобрения и гуминовые препараты

Гуматы – группа естественных, высокомолекулярных, экологически безопасных регуляторов роста растений. Они не токсичны, не канцерогенны, не вызывают мутаций и не обладают эмбриологической активностью. Остаточные количества гуматов в растениях не обнаруживаются, т. к. они сравнительно легко и быстро включаются в метаболизм.

Гуминовые кислоты обладают разносторонней направленностью действия: активирование биоэнергетических процессов, стимуляция обмена веществ, синтетических процессов, улучшение проникновения элементов питания через плазмалемму, усиление ферментативных систем, повышение адаптационных свойств растительного организма. Структура гуминовых кислот как ароматических соединений с подвижными π -электронами и различными функциональными группами при ядре и боковых цепях, наличии парамагнитных центров, обуславливает их способность к ионному обмену, образованию комплексов, таутомерии, окислительно-восстановительным реакциям и при этом гуминовые кислоты, в зависимости от внешних условий, могут быть весьма стойкими и активными. Благодаря этим свойствам, гуминовые кислоты используются и как удобрение, и как стимуляторы роста растений.

Основной причиной физиологической активности гуминовых кислот считается воздействие их на биоэнергетическую систему растительного организма (Христьяева Л.А., 1973). Повышение энергетических запасов организма способствует активизации синтеза белка, являющегося основным строительным материалом. Эти изменения и создают условия для повышения устойчивости растений в экстремальных режимах, фотосинтетической способности.

Способность гуминовых кислот к комплексообразованию и их сорбционная активность позволяют использовать их для перевода тяжелых металлов в нерастворимые соединения на почвах, зараженных ими. По способности поглощаться гуминовыми кислотами катионы распределяются в следующий ряд: $\text{Cu}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{2+}$. Устойчивость комплексов с ионами различных металлов несколько иная: $\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Mn}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

Механизм взаимодействия гуминовых кислот с катионами металлов различен. Так, ионы кальция при взаимодействии с гуминовыми кислотами образуют солеобразные гуматы кальция, в которых наблюдается типично ионная форма карбоксильных групп. На ион цинка замещаются водородные атомы карбоксильных групп. Фенольные гидроксилы в обменную реакцию с цинком вступают не полностью. При взаимодействии с медью в обменную реакцию вступают как карбоксильные, так и фенольные гидроксилы. Во всех случаях происходит переосаждение гуминовых кислот в виде нерастворимых или малорастворимых в воде

солей металлов или их комплексов. Кроме того, гуматы участвуют в формировании почвенной структуры: на легких почвах осуществляют агрегатирование, на тяжелых препятствуют образованию корок и трещин, улучшают аэрацию почвы, ее водоудерживающую и водопроницающую способности.

При использовании гуминовых кислот в качестве регуляторов роста растений физиологической активностью обладают не гуминовые кислоты, а их соли одновалентных щелочных металлов и аммония. Это объясняется тем, что гуминовые кислоты не растворимы в воде и не могут поглощаться растениями, в то время как соли одновалентных щелочных металлов и аммония гуминовых кислот хорошо растворяются в воде и становятся доступными для растений.

При использовании гуматов в земледелии отмечается следующее: увеличивается урожайность зерновых, овощных и кормовых культур; повышается всхожесть и энергия прорастания семян; усиливается корнеобразование и обмен веществ у растений, поглощение и потребление элементов минерального питания; улучшается приживаемость рассады и растений при их пересадке; усиливается активность нитратредуктазы и, как следствие, увеличивается сопротивляемость растений болезням, заморозкам и засухе; снижается содержание в почве нитратов, пестицидов, ионов тяжелых металлов и радионуклидов.

Взаимодействие гуминовых веществ с пестицидами представляет собой комплексный процесс. В отдельных случаях исчезновение пестицидов из почвы возможно благодаря процессам иммобилизации, в других – адсорбции. В результате ассимиляции корнями растений комплексов гуминовых молекул с гербицидами может иметь место иммобилизация отдельных пестицидов. Наблюдается усиление ферментативной активности – увеличение активности уреазы, фосфатазы, малатиновой астеразы, отвечающей за деградацию пестицидов.

Используют гуматы трех модификаций: гумат натрия, гумат калия и гумат аммония. Гуматы натрия и калия готовятся путем насыщения соответственно едким калием или натрием. Гумат аммония получают путем обработки сырья аммиачной водой. Наиболее удобно и хорошо согласуется с агротехнологиями жидкая безбалластная форма препарата (5–10 % концентрации). Расход гумата невелик (5 %-й раствор для полива разбавляют в соотношении 1:1000, а для обработки семян – 1:500, и лишь при обработке клубней и семян зерновых культур расход выше – 1:250). Опрыскивание растений в период вегетации осуществляют 2–4 раза.

Агровиткор. Удобрение *Агровиткор* в своем составе имеет торф, птичий помет, природный грунт, биокомпоненты (ноу-хау). По данным производителя, 10–15 кг этого удобрения заменяет 1–1,5 т навоза в зависимости от состояния почвы. Норма внесения 3–6 кг удобрения на 100 м². Оно эффективнее в несколько раз всех видов органических, в 3–5 раз минеральных удобрений.

Хорошие результаты дает внесение в почву 2,5–6,0 кг/100 м² с последующей заделкой. При посеве семян овощных в лунку вносят 10–15 г или в рядки 25–50 г удобрения на погонный метр. При посадке ягодных культур в посадочные ямы вносят 0,2–0,3 кг удобрения; фруктовых – 0,5–0,7 кг. Для подкормки овощных, ягодных и фруктовых культур 150–200 г удобрения разводят на 8–10 л воды и выдерживают в течение 2–3 ч. Расход рабочей жидкости на овощных культурах – 0,5–0,75 л/растения (3–5 раза за сезон); ягодных – 3–5 л/куст (3,5 раза за период май-июнь); фруктовых 10–20 л/дерево (3–4 раза за период май-июнь).

Для сохранения и воспроизводства плодородия почвы в зависимости от состояния вносится с обязательной заделкой в количестве 3–6 кг/100 м².

Гумат+7 – комплексное органо-минеральное удобрение. Содержит 37 % гумата, 1,5 – азота, 5,0 – калия, 0,6 – бора, 2,0 – железа, 0,02 – кобальта, 0,04 – марганца, 0,4 % меди.

Его применяют для замачивания семян до наклевывания: 0,5 г препарата растворить в 1 л воды; при корневой подкормке: под каждое дерево (куст) плодовых или ягодных культур вносят 20–40 г удобрения, для овощных культур и земляники – 6–8 г удобрения под каждое растение и обильно поливают водой. При некорневой подкормке 3–4 г удобрения разводят в 10 л воды и обрабатывают растения из расчета 2 л рабочего раствора на 1 м². Осенью рекомендуется полив всех плодовых и ягодных насаждений для их благополучной зимовки – 6–8 г препарата на 10 л воды. Производят полив комнатных растений в период их активного роста 3–4 раза с интервалом 10–15 дней.

Удобрение **Гуми-30** – 30 %-ная водная паста для индивидуальных хозяйств. Содержит 60 % гумата натрия в пересчете на сухое вещество, 0,5–2,0 % азота, 0,5–2,0 – фосфора, 0,1–1,0 % калия и микроэлементы природного происхождения. Ускоряет созревание плодов и повышает продуктивность растений. Применяют Гуми-30 в виде водного раствора, который готовят путем растворения 300 г удобрения в 0,6 л воды. Весеннее и осеннее обогащение 1 м² почвы или компоста гуминовыми веществами – 15 мл рабочего раствора на 10 л воды. Для повышения всхожести и активного роста рекомендуется предпосевное замачивание семян.

Норма расхода рабочего раствора на 100 г семян – 100 мл воды + 2 капли маточного раствора. Для ускорения укоренения рассады и черенков эффективно 12–24 часовое замачивание в растворе удобрения из расчета 20 капель маточного раствора на 1 л воды. Полив и опрыскивание комнатных растений и цветов рекомендуется проводить каждые 2 недели (4 капли маточного раствора на 200 мл воды); полив и опрыскивание садово-огородных растений – каждые 2 недели (15 мл маточного раствора в 10 л воды на 2 и 100 м² соответственно); предпосадочная обработка (обмакивание) 10 кг клубней картофеля (65 мл маточного раствора на 1 л воды).

Гумат-80 – органо-минеральное удобрение; содержит не менее 80 % активных веществ. Используется для повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных растений путем предпосевной обработки семян и рассады, полива вегетирующих растений и внесения в почву. Для замачивания семян и саженцев Гумат-80 используют в виде разбавленного раствора. Сначала готовят концентрат – 10 г препарата (1 таблетка) растворяют в 10 л воды, затем, по мере необходимости, 1 л концентрата разводят в 9 л воды и полученный рабочий раствор используют по назначению. Семена цветочных и декоративных растений замачивают в течение 1 сут. при комнатной температуре, черенки – 1 сут., погружая их в раствор 1/3 длины. Семена капусты замачивают на 48 ч, огурцов – 24 ч, томатов – 72 ч. В период вегетации рекомендуется в течение всего сезона поливать растения через 10–12 сут., цветы – 1 раз в 7 сут., при норме расхода рабочего раствора 4–5 л/м² или 1 куст. Плодовые деревья или кустарники рекомендуется раствором Гумата-80 обрабатывать 4 раза за сезон: в период закладки цветочных почек, после цветения, в начале опадения завязи, во время роста плодов.

Гумисол – жидкий гуминовый препарат. Повышает всхожесть, энергию прорастания семян, стимулирует корнеобразование у растений, способствует быстрому укоренению черенков, стимулирует рост, развитие, цветение и плодоношение растений, оказывает положительное влияние на устойчивость растительных организмов к болезням и неблагоприятным факторам окружающей среды.

Лигногумат – концентрированное гуминовое удобрение, состоящее на 90 % из солей гуминовых кислот, в число которых входит 15–25 % низкомолекулярных кислот, из которых преобладающая часть – фульвокислоты. Кроме того, лигногумат содержит калий, серу, железо, магний, медь и марганец. Полностью растворим в воде, совместим с минеральными удобрениями и пестицидами. Вырабатывается из растительного сырья. Лигногумат является экологически чистым продуктом и выпускается в виде 15 %-го раствора объемом 15 мл. Используется для повышения плодородия почв и урожайности овощных и плодово-ягодных культур. Положительный эффект от применения лигногумата возрастает в условиях низких температур, недостатка или избытка влаги, засоления почвы.

Лигногумат применяют для замачивания семян и саженцев, растворяя 3 капли его в 100 мл воды. Отношение объема сухих семян к раствору 1:3. Продолжительность замачивания для культур, выращиваемых в закрытом грунте, – 24 ч, в открытом – 36 ч, кроме семян капусты, которые выдерживаются в растворе 12 ч. Саженцы замачивают в течение 24 ч, опустив в раствор корневую систему. Картофель обрабатывают непосредственно перед посадкой, погружая в раствор, приготовленный из расчета 40 мл препарата на 1 л воды. Рассаду опрыскивают в фазе 3–4 настоящих листьев за 12 ч до пикировки или высадки раствором лигногумата – 3 капли на 100 мл воды. Обработка растений в открытом грунте производится таким же раствором, как при замачивании семян. Для закрытого грунта концентрация раствора в 2 раза меньше (10 мл лигногумата развести в 20 л воды). Полив производится 3 раза с перерывом в 15 дней (первый – сразу после высадки рассады в грунт), расход раствора 5 л/м². Картофель опрыскивают водным раствором лигногумата 2 раза: первый – при высоте растений 8–12 см, второй – в фазе бутонизации. Для полива комнатных растений, 6 капель концентрата растворяют в 1 л воды; периодичность полива 1 раз в 3 месяца.

Окси- и гидрогумат – представляет собой темно-коричневую жидкость, содержащую 10 % действующих веществ. В химическом составе этих препаратов преобладают гуминовые кислоты (45–60 %), фульвокислоты (20–25 %), полисахариды (5–8 %), низкомолекулярные органические кислоты (15–18 %), среди которых идентифицированы уксусная, янтарная, глутаровая, гликолевая, молочная и левулиновая. Реакция среды щелочная. Окси- и гидрогумат не токсичен, не горюч, хранится при температуре от –5 до +30°С в течение 5 лет в закрытых емкостях. Для транспортировки пригодны металлические, полиэтиленовые и стеклянные емкости. Рекомендуются для предпосевной обработки семян и некорневой подкормки вегетирующих растений.

Торгум – комплексное гранулированное торфогуминовое удобрение. Его промышленное производство организовано на Бокситогорском биохимическом заводе при содействии фирмы «Флора-Болт». Торф, используемый на изготовление этого удобрения, контролируется на содержание солей тяжелых металлов и радионуклидов. Химическая обработка торфа агрохимически ценным калийным щелочным реагентом более чем в 200 раз повышает подвижность его активного вещества, а введение азота, фосфора (2–4 %) и микроэлементов позволяет получить комплексное удобрение, обладающее свойствами как минеральных удобрений – легкодоступностью элементов питания, так и органических – продолжительным поступлением азота, фосфора и калия в почвенный раствор. Удобрение содержит до 4 % солей гумата калия. Одно из достоинств удобрения – его долгодействие, исключая «залповые» выбросы питательных веществ и их вымывание осадками, грунтовыми и поливными водами. Поэтому торгум вносится за один прием. Последствие этого удобрения составляет 3–4 года.

Торгу можно применять в любой фазе роста и развития растений. Замачивание семян производится в водной вытяжке из удобрения, что значительно повышает их всхожесть, энергию, и скорость прорастания семян. При выращивании рассады и высадке ее в грунт улучшается приживаемость растений и хорошо развивается корневая система. При использовании удобрения под основную обработку почвы растения быстрее растут, раньше зацветают, урожайность повышается на 20–30 %.

Эффектон – гумифицированное, биологически активное удобрение – продукт переработки торфа микроорганизмами. Полезные микроорганизмы, находящиеся в удобрении Эффектон, создают благоприятную среду для роста и развития растений. При попадании вместе с удобрением в почву образуют в ризосфере очаги усиленной биохимической активности, в результате которой повышается снабжение растений азотом и фосфором. Кроме того, микроорганизмы, находящиеся в этом удобрении, вырабатывают значительное количество витаминов и стимуляторов роста, оказывающих положительное влияние на жизнедеятельность растений. Эффектон эффективно действует как при обработке семенного материала, так и при корневой и некорневой подкормках. Из серии органо-минеральных удобрений Эффектон для комнатного цветоводства специально предназначен Эффектон-ДЦ. Это удобрение содержит гумусовые вещества, биологически и физиологически активные компоненты, благодаря которым можно полностью отказаться от внесения других органических удобрений. Эффектон-ДЦ – концентрированное органо-минеральное удобрение для подкормки цветов, декоративных растений и цветочной рассады. В его состав входят: азот 9,4 г/л, фосфор – 17,4, калий 19,4 г/л, микроэлементы (рН 6,5–7).

4.1.5. Биоудобрения

Активит-МБ – высокоэффективный биологически активный комплекс. Предназначен он для корневой и некорневой подкормки плодово-ягодных, овощных культур, а также декоративных и комнатных растений. Способствует ускоренному росту и созреванию плодов при использовании его в небольших нормах.

Активит-МБ обеспечивает ускоренное прорастание семян, рост растений и созревание плодов. Препарат активизирует процесс фиксации атмосферного азота почвенными микроорганизмами, что значительно сокращает потребность в азотных удобрениях. В отличие от традиционных удобрений и минеральных добавок, он эффективно действует в минимальных дозах.

В состав препарата входит активизирующий клеточные процессы комплекс экологически безопасных компонентов, включающий биохимические активные вещества и микроэлементы.

Байкал ЭМ 1 – препарат состоит из комплекса микроорганизмов, которые обеспечивают питание растений и оздоровление почвы.

Применяется для приготовления компостов, замачивания семян и опрыскивания растений в период их роста. При поливе цветов раствором препарата Байкал ЭМ 1 (1:2000) они лучше цветут, увеличиваются в размере. При применении этого препарата происходит оздоровление почвы и повышается обеспеченность подвижными элементами питания.

Зимой с помощью Байкала ЭМ 1 в обычном ведре из кухонных отходов можно получить до 300 кг биогумуса, который в десять раз эффективнее навоза.

Возрождение – биоудобрение, предназначенное для выращивания, овощных и декоративных культур. Живые микроорганизмы, входящие в его

состав, позволяют получить хорошие результаты на различных почвах и за короткий период восстановить их плодородие. Молочнокислые бактерии вырабатывают молочную кислоту, которая является сильным стерилизатором и подавляет развитие *Fusarium*, ослабляющих растения и способствующих развитию нематод. Дрожжи, входящие в состав препарата, участвуют в разложении органических соединений, выделяя полезные для роста растения вещества, а также гормоны и ферменты, которые ускоряют деление клеток корней растений. Поэтому при посадке и пересадке растения легко приспосабливаются к новым условиям и хорошо приживаются. Актиномицеты расщепляют в растительных остатках сложные соединения. Они вырабатывают антимикробный материал, который подавляет вредные грибы и бактерии. Поэтому, применяя биоудобрение Возрождение, за 1–2 месяца можно избавиться от разнообразных грибковых гнилей. Грибы типа *Aspergillus* и *Penicillium* быстро разлагают органические вещества, устраняют неприятные запахи, предотвращают отложение яиц насекомых-вредителей и развитие их личинок. Кроме того, биоудобрение значительно упрощает приготовление компоста, улучшая его качество и снижая срок компостирования до двух месяцев.

Планта. В основе производства Планты лежит биоферментный процесс переработки куриного помета личинками мухи, имеющей суперактивный метаболизм. Полное комплексное усвоение питательных веществ в Планте стимулируется сложной комбинацией биоферментов. Улучшая обмен веществ внутри растительного организма, Планта ускоряет его рост и развитие, способствует более интенсивному окислительно-восстановительному процессу в клетке растений. Сложная композиция биоферментов способствует тому, что Планта гармонично сочетает свойства биоудобрения и биостимулятора роста. Способствует повышению урожайности и поддержанию иммунитета растительных организмов.

4.1.6. Почвенные грунты и сорбенты

Грунты серии Селигер-Агро. Среди грунтов серии Селигер-Агро наибольший интерес представляет ЭКЗО, предназначенный для проращивания семян всех видов культур, а также, при смешивании с дерновой землей, для выращивания овощных, плодово-ягодных, цветочных и декоративных растений. Грунт для цветов и комнатных растений предназначен для всех видов комнатных растений и цветов в открытом грунте.

Под торговой маркой Селигер-Агро выпускается ряд специализированных грунтов, предназначенных для выращивания растений с учетом их специфических требований к составу и обеспеченности почвы доступными элементами минерального питания. Также компанией Селигер-Агро выпускаются грунты для выращивания овощных растений и грунт «Последний долг» для посадки декоративных растений на местах захоронений (табл. 114; Пещеров А.В., 2003).

Основной составляющей грунтов Селигер-Агро является природный материал – торф, содержащий до 80 % гумуса. Главной особенностью грунтов серии Селигер-Агро является высокая биологическая активность. Микрофлора, которая вводится в грунты на стадии их приготовления, способствует активизации микробиологических процессов в почве. Грунты серии Селигер-Агро включают в себя полный набор питательных элементов, специально подобранных для развития растений и полностью готовых к непосредственному использованию.

Таблица 114 – Основные характеристики питательных грунтов Селигер-Агро

Наименование грунта	Состав, мг/л				рН
	азот	фосфор	калий	микро-элементы	
Последний долг	100–200	100–200	150–280	нет	5,5–6,5
Для юкки и драцены	125–225	125–225	185–335	есть	5,0–6,0
Для citrusовых	210–390	210–390	320–560	есть	5,0–6,0
Для фикусов	190–350	190–350	280–520	есть	5,0–6,0
Для пальм	175–325	175–325	260–480	есть	5,0–6,0
Для суккулентных растений	55–105	55–105	80–150	есть	5,0–6,0
Для лесных кактусов	70–130	70–130	105–185	есть	5,0–6,0
Для пустынных кактусов	50–90	50–90	75–135	есть	5,0–6,0
Для сенполии и цикламена	210–390	240–440	260–490	есть	5,5–6,5
Для бегонии и розы	140–260	160–300	180–380	есть	5,5–6,5
Для азалии и вереска	60–120	60–120	120–240	есть	4,2–4,5
Для цветов и комнат. растений	100–200	100–200	140–260	есть	5,5–6,0
Клубника	200–320	220–440	225–415	есть	5,6–6,5
Капуста	575–1065	385–715	255–475	есть	5,5–6,5
Газон	65–125	170–310	70–130	есть	5,5–6,0
Огурцы	130–250	250–450	280–520	есть	5,6–6,3
Томат и перец	180–320	350–650	350–650	нет	5,6–6,0
ЭКЗО	100–180	135–255	115–215	нет	5,5–6

«ЭКЗО». Универсальный грунт «ЭКЗО» – высококачественный грунт универсального назначения, готовый к использованию и приспособленный для выращивания рассады овощных и плодово-ягодных культур, цветов и комнатных растений, а также для улучшения почв и мульчи, создания и восстановления травяных газонов.

Состав грунта: верховой торф средней степени разложения, смешанный с органо-минеральными удобрениями и известью (рН 5,5–6), содержащий 100–180 мг/л азота, 135–255 – фосфора, 115–215 мг/л калия.

Грунт для цветов и комнатных растений – уникальный воздухоемкий субстрат многоцелевого использования для выращивания комнатных растений и цветочных культур.

Состав грунта: раскисленный верховой торф, стартовый комплекс минеральных удобрений, песок (рН 5,5–6). Содержит 100–200 мг/л азота, 100–200 – фосфора, 140–260 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для азалии и вереска – субстрат с ярко выраженной кислой реакцией для выращивания азалий, герани, рододендронов, синих гортензий, филодендрона, а также вереска, голубики, клюквы и других растений с большой потребностью в питательных элементах.

Состав грунта: моховой и низинный торф, песок, минеральные удобрения, молотый известняк (рН 4,2–4,5), содержащий 60–120 мг/л азота, 60–120 – фосфора, 120–240 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для бегоний и роз – грунт для выращивания бегоний, роз, а также других горшечных растений (глоксиний, колерий, традесканций и т.д.), рассады (гвоздики ремонтантной, герани, хризантемы, цикламена и т.д.) со средней потребностью в питательных веществах.

Состав грунта: верховой и низинный распушенный торф, смешанный с песком, удобрениями и известью (рН 5,5–6,5). Содержит 140–260 мг/л азота, 160–300 – фосфора, 180–380 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для сенполии и цикламена – специальный грунт для выращивания сенполий и цикламенов, а также других клумбовых, балконных и горшечных растений и цветов (гвоздики ремонтантной, герберы, красной гортензии, новогвинейской недотроги, хризантем и т.д.), требовательных к наличию питательных веществ.

Состав грунта: верховой и низинный распушенный торф, песок, удобрения, известь (рН 5,5–6,5). Содержит 210–390 мг/л азота, 240–440 – фосфора, 260–490 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для пустынных кактусов – пористый, готовый к использованию специальный грунт для содержания пустынных кактусов распространенных видов: аполло-, клейсто-, миртилло-, ното-, феро-, хамато-, эхинокактусов, гимнокалициумов, лобивий, мамиллярий, опунций, пародий, ребуций, хамецереусов, эхинопсисов и других.

Состав грунта: верхний раскисленный торф, речной и керамзитовый песок, комплексное минеральное удобрение в оптимальном количестве (рН 5–6). Содержит 50–90 мг/л азота, 50–90 – фосфора, 75–135 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для лесных кактусов – рыхлый, готовый к использованию специальный грунт для выращивания лесных (тропических) кактусов распространенных видов: зигокактус усеченный («декабрист»), рипсалис, рипсалидопсис, эпифиллум и другие.

Состав грунта: низинный и верховой торф, керамзитовый и речной песок, кальций и питательные вещества (рН 5–6). Содержит 70–130 мг/л азота, 70–130 – фосфора, 105–185 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для суккулентных растений – специальная земля для выращивания таких суккулентных растений, как агава, алоэ, бриофиллум, гастерия, горноколосник, каланхоэ, котиледон, крестовник, молодило, молочай, очиток, толстянка, фаукария, хавотия, циропегия, эчеверия и другие.

Состав грунта: низинный и верховой торф, керамзитовый и речной песок, молотый известняк, макро- и микроудобрения (рН 5–6). Содержит 55–105 мг/л азота, 55–105 – фосфора, 80–150 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для пальм – готовый к использованию специальный грунт для выращивания пальмовых растений (кокос, финик, ховея, сабаль, Вашингтония, юбея, хамадорей, саговая, веерная и другие виды пальм).

Состав грунта: низинный и верховой торф, керамзитовый гравий, речной песок, известь и комплексное удобрение (рН 5–6). Содержит 175–325 мг/л азота, 175–325 – фосфора, 260–480 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для фикусов – грунт для выращивания фикусов: каучуконосного, Бенджамина лировидного, бенгальского (баньян), треугольного, ржаволиственного, священного и других.

Состав грунта: низинный и верховой торф, керамзитовый гравий, речной песок, известь и комплексное удобрение (рН 5–6). Содержит 190–350 мг/л азота, 190–350 – фосфора, 280–520 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для цитрусовых – высокоэффективный грунт для выращивания цитрусовых растений: апельсина, грейпфрута, кинкана, лимона, мандарина, цитрона и других.

Состав грунта: низинный и верховой торф, керамзитовый гравий, речной песок, известь и комплексное удобрение (рН 5–6). Содержит 210–390 мг/л азота, 210–390 фосфора, 320–560 мг/л калия и микроэлементы.

Грунт для юкки и драцены – субстрат с хорошей зернистой структурой для выращивания ложных пальм: юкки, нолины, кордилины, драцены и других.

Состав грунта: низинный и верховой торф, керамзитовый и речной песок, молотый известняк, макро- и микроудобрения (рН 5–6). Содержит: азота 125–225 мг/л, фосфора – 125–225, калия 185–335 мг/л и микроэлементы.

Почвенные грунты фирмы «ФАСКО». Компания ФАСКО выпускает готовые специализированные и универсальные почвогрунты на торфяной основе, содержащие песок, известь и полный комплекс элементов питания, необходимых для роста и развития растений. Упаковка почвенных грунтов имеет черный светозащитный слой, который сдерживает развитие светолюбивых микроорганизмов и сохраняет свойство грунта.

Глория – полностью готовый к использованию грунт, содержащий оптимальный набор макро- и микроэлементов, необходимых для полноценного роста и развития растений. Применяется для выращивания любых видов роз. В его составе переходный торф, песок, керамзит, известь, нитроаммофоска бесхлорная. В грунте содержатся доступные для растений питательные элементы: N – 150–350 мг/кг, P – 250–400, K – 250–400 мг/кг, pH – 6,0–6,5.

Фирма «ФАСКО» производит грунты с таким же составом, содержанием питательных элементов и различным диапазоном значений pH для «Азалий», «Бегоний», «Луковичных», «Папоротников», «Цитрусовых», «Фиалок», «Фикусов», а также «Оазис», «Тропик».

Земля для ваших любимых растений – полностью готовый к использованию универсальный грунт, содержащий оптимальный набор макро- и микроэлементов, необходимых для полноценного роста и развития растений. Применяется для выращивания садовых и комнатных растений, при посадке роз, пионов, клематисов, декоративных и ягодных кустарников, хвойных культур, папоротников и аспарагусов, пальм и цитрусовых, бегоний, аглонем, юкк, драцен, кордилины и сансевиерий, монстер, шефлера, фатсий, фикусов, плющей и лиан. В его состав входят переходный торф, песок, дренаж керамзитовый, нитроаммофоска, известняковая мука. Содержание в нем доступных для растений питательных элементов: N – 150–350 мг/кг, P – 250–400, K – 250–400 мг/кг, pH – 6,0–6,5.

Крепыш – полностью готовый к использованию грунт, содержащий оптимальный набор макро- и микроэлементов, необходимых для полноценного роста и развития растений. Применяется для выращивания комнатных цветов, рассады любых овощных культур (томатов, перцев, огурцов, кабачков, капусты, баклажан, физалиса). Используется для «зимнего огорода» на подоконнике (зеленого лука, салата и другой пряной зелени), при пикировании рассады в отдельные горшочки и открытый грунт. В его составе переходный торф, песок, дренаж керамзитовый, известь, нитроаммофоска бесхлорная. В нем содержится доступных для растений питательных элементов: N – 250–300 мг/кг, P – 200–300, K – 300–400 мг/кг, pH – 6,0–6,5.

Мальшок – полностью готовый к использованию натуральный грунт, содержащий оптимальный набор макро- и микроэлементов, необходимых для полноценного роста и развития растений. Применяется для выращивания рассады и взрослых растений пасленовых культур (томатов, баклажан, перцев). В его составе переходный торф, песок, дренаж керамзитовый, известь, нитроаммофоска бесхлорная. Содержание доступных для растений питательных элементов в грунте Мальшок: N – 60±10 мг/кг, P – 190±40, K – 80±20 мг/кг, pH – 5,0–5,5,

Огородник – полностью готовый к использованию универсальный грунт, содержащий оптимальный набор макро- и микроэлементов, необходимых для полноценного роста и развития растений. Применяется для выращивания плодово-ягодных и цветочных культур, рассады овощных и комнатных растений, «зимнего огорода» на подоконнике, газонов в открытом и закрытом грунте. В своем составе имеет верховой и низинный торф, песок, известь, дренаж, полное минеральное удобрение. В нем содержится доступных для растений питательных элементов: N – 275 мг/кг, P – 250, K – 350 мг/кг, pH – 6,0.

Садовник – полностью готовый к использованию универсальный грунт, содержащий оптимальный набор макро- и микроэлементов, необходимых для полноценного роста и развития растений. Применяется для выращивания, при пикировании, высадке и присыпке тех же культур, что и питательный грунт «Садовник». Используется при укоренении черенков, пикировке и высадке рассады в открытый грунт, для подсыпки к стеблям огурцов, томатов, перцев. В его состав входит верховой и низинный торф, песок, известь, дренаж, полное минеральное удобрение. Содержание в нем доступных для растений питательных элементов: N – 150–300 мг/кг, P – 200–400, K – 300–450 мг/кг, pH – 5,5–6,5.

Цветочный – полностью готовый к использованию многоцелевой воздухоемкий грунт, содержащий оптимальный набор макро- и микроэлементов, необходимых для полноценного роста и развития растений. Применяется для выращивания комнатных растений и цветочных культур (рассады), таких как фиалка, герань, плющ, пахистахис, хлорофитум, циперус, монстера, бересклет, фатсия, а также для луковичных культур, таких как тюльпаны, крокусы, гиацинты, нарциссы, ирисы и другие. В его составе переходный торф, песок, дренаж керамзитовый, нитроаммофоска, известняковая мука. Содержание в этом грунте доступных для растений питательных элементов: N – 150–350 мг/кг, P – 250–400, K – 250–400 мг/кг, pH – 5,5–6,5.

Использование. Добавляют в коробочки для выращивания рассады по 3–7 г для кормки рассады, используют выдержанный 2–3 ч водный раствор 50–100 г/2–4 л; периодичность – 2 раза в месяц.

Вермикулит – природный сорбент, активная природная добавка для роста растений. Это легкий материал чешуйчатого строения. Получают его из горной породы низкосортной слюды обжигом при температуре более 800 °С. В результате обжига, порода вспучивается и легко разделяется на слои. В процессе эксплуатации вермикулит выделяет в почвенный раствор в небольших количествах калий и магний. Долговечность вермикулита невысокая. Со временем он сильно засоряется корневыми выделениями и накапливает инфекции. Он увеличивает срок использования торфо- и почвенных грунтов в 2–3 раза и время действия удобрений в грунтах 1,5–2 раза. Препятствует засолению и слеживанию грунтов, развитию плесени, грибов, размножению вредителей, повышению кислотности почвы. Вермикулит адсорбирует излишки питательных веществ. Содержит 38–45 % кремния, 10–16 – алюминия, 1–6 – калия, 6–13 – железа, 1–5 % кальция.

Применяют сорбент для выращивания рассады овощных культур и цветочных растений. Готовится смесь из вермикулита и грунта в соотношении 1:4. Субстрат из вермикулита и торфа в соотношении 1:1 используют для укоренения черенков различных культур. Кроме того, мульчируют приствольные круги плодово-ягодных культур. Расход вермикулита составляет 5–6 л/м². При посадке картофеля вермикулит вносится в лунку в количестве 30–60 г. Сорбент применяется в смеси с минеральными удобрениями в соотношении 1:3.

4.2. Дефолиация, десикация и сеникация

Возможность химического регулирования роста и развития растений не может быть ограничена только ранними этапами онтогенеза и основными периодами формирования урожая. Отдельные культуры не успевают полностью созреть до наступления осенней неблагоприятной погоды, что приводит к снижению количества и качества урожая. Для ускорения созревания в предуборочный период применяют химические препараты: дефолианты, десиканты и сениканты.

4.2.1. Дефолиация

Дефолиация – обезлиствение, предуборочное искусственное удаление листьев растений для облегчения механизированной уборки урожая. Проводят ее химическими веществами-дефолиантами, которые вызывают в растениях процессы, аналогичные происходящим при старении листьев и их естественном опадении.

К. Овчаров, 1971

Дефолиация – искусственное предуборочное удаление листьев у растений. Определение «*дефолианты*» происходит из сочетания отрицательной приставки «*de-*» (приблизительный синоним русского «*не*», «*от*») и корня латинского слова «*folium*» («*лист*»). Смысловой перевод термина – средства, освобождающие растения от листьев. На первый взгляд, действие дефолиантов и гербицидов представляется примерно одинаковым. Гербициды, распыляемые на надземные органы растений или вносимые в почву, действуют либо местно, либо проникают в ткани, приводя к определенным изменениям в обмене веществ и в итоге вызывая усыхание и гибель растения. Отличие дефолиантов состоит в том, что их использование не приводит к необратимым процессам, способствующим прекращению жизнедеятельности. В результате их влияния происходит опадение листьев, но позже растение снова восстанавливает свою зеленую массу (если оно многолетнее), его рост и другие характеристики в дальнейшем не страдают.

В процессах формирования возрастных изменений растения, созревания его плодов и опадения листьев лежит примерно одинаковый механизм. В его тканях происходит образование этилена – вещества из группы алкенов. Он выполняет функцию фитогормона, что и обуславливает его своеобразное влияние на физиологические процессы. Под действием дефолиантов этилен образуется в повышенных количествах, быстро приводя к соответствующим изменениям в растении. У основания листового черешка формируется несколько слоев клеток, носящих название отделительной зоны. Они имеют рыхлую структуру, что обуславливает постепенное уменьшение прочности крепления листовой пластинки к ветке. При этом сосудистая сеть, питающая лист, постепенно редуцируется и все хуже проводит к нему питательные вещества. Обменные процессы и фотосинтез замедляются, а затем сосуды ксилемы вообще закрываются, и лист отпадает. Перед опадением из листьев происходит отток ассимилятов и физиологически активных веществ протоплазмы клеток: аминокислот, продуктов гидролиза белков, витаминов, ферментов, органических кислот. Указанные вещества используются на построение созревающих плодов и семян.

Дефолианты наиболее широко применяются в хлопководстве. Наличие зеленых листьев на растениях во время сбора хлопка-сырца из раскрывшихся коробочек является препятствием для высокопроизводительной работы хлопкоуборочных машин. Рабочие органы обрывают листья и выжимают из них зеленый сок, пачкающий сырец. Попадая в хлопок-сырец, листья быстро засыхают, крошатся и засоряют его. Испаряющаяся из листьев влага поглощается волокном. При этом влажность убранного хлопка-сырца значительно повышается, что приводит к необходимости проведения дополнительной сушки хлопка-сырца машинного сбора. Проведение дефолиации устраняет причины, препятствующие механизированной уборке хлопчатника, не вступая в противоречие с биологией самого растения. По времени дефолиация совпадает с прекращением образования у хлопчатника плодоеlementов, замедлением роста стебля, почти полным прекращением

потребления элементов питания, прекращением накопления сухой массы, началом процесса естественного листопада. Дефолианты стимулируют образование отдельного слоя у черешка листьев, чем значительно ускоряют их опадение.

Широкое применение дефолианты получили и в виноградарстве. Здесь они используются на плодоносящих насаждениях для подготовки к механизированной уборке урожая, в питомниководстве – для удаления листьев у саженцев перед их выкопкой из школки и на маточниках привоя – для облегчения заготовки черенков в доморозный период. Обезлиственные саженцы винограда легче выкапывать, укладывать на хранение, в процессе которого уменьшается возможность развития грибковых заболеваний.

Высокие результаты показала дефолиация посевов клещевины (табл. 115; Анненкова Г.Н., Смирнова Р.И., 1968). Этот агроприем значительно облегчает уборку культуры, позволяет проводить ее в лучшие и сжатые сроки. Урожай клещевины с дефолированных посевов, как правило, на 6–8 % менее засорен посторонними примесями, влажность убранных семян на 7–10 % ниже, чем с необработанных участков.

Таблица 115 – Эффективность дефолиации посева клещевины

Дефолиант	Количество листьев перед уборкой шт./растение	Влажность семян перед уборкой, %
Контроль	10,7	12,8
Хлорат магния, 15 кг/га	3,4	5,7

Наиболее изученными дефолиантами являются цианамид кальция, хлорат магния, хлоратхлорид кальция. В мировой ассортимент входят также фолекс (C_4H_9S)₃P, бутифос ($C_{12}H_{27}OP S_3$), 2-хлорэтилфосфоновая кислота (эффон) $C_2H_6ClO_3P$, хлорат и бораты Na, какодиловая кислота $(CH_3)_2As(O)OH$, $CaCN_2$, диметипин (харвейд, П), паракват-дихлорид и эндотал.

Цианамид кальция ($CaCN_2$) – плохорастворимый в воде пылящий порошок темно-серого цвета с характерным ацетиленовым запахом. Содержит 50–55 % цианамида кальция, 18–20 % цианамидного азота и 0,5–1,5 % минерального масла. Он среднетоксичен для теплокровных животных, ЛД₅₀ для мышей равен 400 мг/кг, обладает раздражающим действием при попадании на слизистые оболочки, кожу и в дыхательные пути. При воздействии атмосферной влаги и росы на цианамид кальция образуются однозамещенный цианамид кальция и гидроксид кальция. Дальнейший гидролиз однозамещенного цианамида кальция приводит к образованию свободного цианамида. Свободный цианамид растворим в воде, и хорошо проникает в листья, что и вызывает их опадение. Для проявления дефолирующего действия цианамида кальция на растения необходимо, чтобы листья были увлажнены росой. В этом случае образование однозамещенного цианамида кальция и свободного цианамида, а также проникновение последнего в растения происходит довольно быстро – примерно в течение одного часа. На скорость проникновения цианамида в листья оказывает существенное влияние температура воздуха. Повышение температуры в диапазоне от 10 до 20°C увеличивает скорость его проникновения в листья более чем в 3 раза. Проникший в листья цианамид образует малорастворимые соли с медью, железом, цинком и другими металлами, и, таким образом, блокирует ферменты, регулирующие фотосинтез, разрушает хлорофилл и другие пластидные пигменты. В результате подавления фотосинтеза в листьях резко уменьшается содержание углеводов.

Одновременно с этим цианамид кальция разрушает белковые соединения и инактивирует фермент каталазу, что, в конечном итоге, приводит к резкому падению интенсивности дыхания. Образующиеся при распаде белковых соединений продукты оттекают в генеративные органы растения.

Цианамид кальция используется для дефолиации хлопчатника способом опыления растений за 10–15 дней до сбора урожая при норме расхода 35–60 кг/га. Обработка хлопчатника этим препаратом в оптимальные сроки не оказывает отрицательного влияния на технологическое качество волокна.

Хлорат магния $[Mg(ClO_3)_2 \cdot 6H_2O]$ – гигроскопичный порошок, хорошо растворимый в воде или бесцветное кристаллическое вещество с содержанием 58–62 % действующего вещества – гексагидрата хлората магния. Он не взрывается и безопасен в пожарном отношении; среднетоксичен для теплокровных животных; ЛД₅₀ для мышей 620 мг/кг.

Высокая дефолирующая активность хлората магния связана с его сильными окислительно-восстановительными свойствами. Под действием этого дефолианта в листьях нарушается водный режим, подавляется фотосинтез, разрушаются пластидные пигменты, нарушаются углеводный и белковый обмен. Гидролитические процессы в листьях начинают преобладать над синтетическими. Затем листья увядают, у основания их черешков образуется отделительный слой, и они опадают. Эти процессы происходят в листьях при воздействии на них хлората магния в сравнительно небольших дозах, порядка 10–15 кг/га. Повышенные дозы препарата вызывают сильный ожог растений, клетки в зоне отделительного слоя погибают, не образуя отделительный слой, и листья не опадают.

Хлорат магния применяется в виде водных растворов. Дефолирующая активность этого препарата проявляется при сравнительно низких температурах – порядка 9–10⁰С. Большим преимуществом хлората магния перед цианамидом кальция является возможность эффективного применения его в качестве дефолианта при полном отсутствии росы и при низкой влажности воздуха. Хлорат магния не является системным дефолиантом и проникает только в те листья, на которые наносится. При этом полное проникновение препарата происходит в течение одного часа. Листья под действием хлората магния опадают значительно быстрее, чем под влиянием цианамида кальция.

Хлорат магния используется для дефолиации хлопчатника путем опрыскивания растений за 6–12 дней до уборки урожая при нормах расхода препарата 10–12 кг/га. Этот препарат, как дефолиант, хорошо зарекомендовал себя и на посевах клещевины (табл. 116). Лучшим сроком обработки клещевины хлоратом магния является период побурения коробочек на центральной кисти, когда процессы накопления сухих веществ и масла в семенах заканчиваются. Оптимальная норма препарата при дефолиации – 15 кг/га. К уборке дефолированной клещевины приступают через 10–15 дней после обработки. Дефолиация, проведенная в оптимальный срок, не снижает урожая семян, а их посевные и товарные качества не ухудшаются.

Таблица 116 – Эффективность дефолиации посевов клещевины хлоратом магния (ХМ)

Вариант	Чистота семян, %	Влажность семян, %	Урожай семян, ц/га	Производительность комбайна, га/ч
Контроль	86,0	16,3	4,8	1,8
ХМ, 15 кг/га	93,4	9,1	5,7	2,7

Хлоратхлорид кальция $[Ca(ClO_3)_2 + CaCl_2]$ – светло-серая жидкость с содержанием 30–32 % хлората кальция. Последний хорошо растворяется в воде, гигроскопичен, малотоксичен для человека и теплокровных животных: ЛД₅₀ для мышей 1112 мг/кг. ПДК в воздухе рабочей зоны 2,5 мг/м³. Данный препарат в качестве дефолианта рекомендуется на хлопчатнике. Применяют путем опрыскивания посевов с нормой расхода препарата 20–30 кг/га в период раскрытия 1/4 коробочек на большинстве кустов. Дефолиацию хлоратхлоридом кальция рекомендуется заканчивать за 6 дней до сбора хлопка-сырца.

Хлоратхлорид кальция интенсивно поглощается листьями. Через 2–3 дня после обработки растений листья обезвоживаются и опадают. По своему действию препарат сходен с хлоратом магния, но оно проявляется более мягко.

Бутифос $[(C_4H_9S)_3PO]$. Действующее вещество – S,S,S–трибутилтрифосфат: $[(C_4H_9S)_3=O]$. Представляет собой жидкость светло-коричневого цвета с неприятным запахом, содержащую 70 % действующего вещества. Бутифос высокотоксичен для человека и теплокровных животных: ЛД₅₀ для крыс 177 мг/кг. ПДК в воздухе рабочей зоны 0,2 мг/м³. Как дефолиант, характеризуется высокой активностью, максимальная эффективность проявляется при температуре воздуха 18–20 °С. Препарат одинаково эффективен как во влажную, так и в сухую погоду. Бутифос – дефолиант контактного действия, т. е. проникает только в те листья, на которые наносится. Препарат показал хорошие результаты на хлопчатнике. Начинать обработку этим дефолиантом рекомендуется при раскрытии 1/4 коробочек на кусте хлопчатника. Оптимальная доза препарата 1,5–3,0 кг/га. Прекращать обработку бутифосом следует за 10 дней до уборки хлопчатника.

4.2.2. Десикация

Десикация – предуборочное подсушивание растений с целью ускорить их созревание и облегчить механизированную уборку урожая. Высыхание растений происходит под влиянием химических веществ-десикантов, которые необратимо повреждают коллоиды протоплазмы, что резко ослабляет вододерживающую способность клеток, уменьшает количество связанной воды и усиливает испарение. Десиканты быстро высушивают листья и стебли, не повреждая созревающих семян, корнеплодов и клубней.

К. Овчаров, 1971

В настоящее время *десикация* получила всеобщее признание. В частности, данный агроприем стал неотъемлемой частью подготовки хлопчатника к машинной уборке. Сочетание десикации и дефолиации значительно ускоряет темпы созревания и раскрытия коробочек, что происходит не только за счет их положительного влияния на растения, но и в результате изменения микроклимата куста, его осветления и уменьшения влажности воздуха и почвы, повышения температуры в приземном слое воздуха. Это позволяет более быстро и экономично убрать урожай, своевременно очистить поля от гуза-паи и провести зяблевую вспашку в оптимальные агротехнические сроки, что является залогом высокого урожая в следующем году. Кроме того, десиканты оказывают инсектицидное и акарицидное действие, в результате чего сокращается численность сосущих и грызущих вредителей к весне следующего года.

Десиканты могут быть использованы также в процессе возделывания других сельскохозяйственных культур. В частности, они широко используются для предуборочного удаления ботвы картофеля, на семенных посевах многолетних

трав, посадках сахарной свеклы, подсолнечнике, клещевине, конопле, люпине и рисе. В результате десикации ускоряется созревание семян и плодов, уменьшается их влажность, что позволяет механизировать уборку. Десикация особенно необходима в условиях неблагоприятной осенней погоды, при затяжных дождях, а также на высоких фонах удобрений и при орошении, когда может удлиниться вегетационный период. Десикацию, как прием высушивания растений на корню, рекомендуется осуществлять уже после формирования урожая, когда она не может оказать отрицательного влияния на его величину и качество.

Десикантами являются препараты контактного, т.е. местного, действия, обжигающие растения. Проникая в растительные ткани, они, в первую очередь, повреждают клеточные мембраны, нарушая их структуру и функции, вызывают необратимые изменения коллоидов растительных клеток, приводящие к резкому ослаблению их водоудерживающей способности. Далее под воздействием десикантов происходит денатурация белков из-за разрыва химических связей, усиления процессов гидролиза углеводов, ослабление устьичной транспирации и резкое снижение интенсивности дыхания. В результате этих изменений ткани растений усыхают, а содержащиеся в них пластические вещества оттекают в плоды и семена. Десиканты, повреждая листья и стебли, не оказывают отрицательного влияния на зародыши и семядоли семян, т.к. они защищены тканями семявместилищ и семенными оболочками. Ускоренное подсыхание семян, наблюдающееся под действием десикантов, является следствием быстрого обезвоживания материнского растения.

В качестве десикантов могут применяться различные вещества, но чаще всего рекомендуются хлорат магния, хлоратхлорид кальция, бутифос и реглон.

Хлорат магния является наиболее универсальным и надежным десикантом. К тому же он относится к числу наименее токсичных препаратов. Его применяют в виде водного раствора, который готовится в день опрыскивания в железных или деревянных чанах. Хлорат магния не обладает системным действием, поэтому необходимо точно придерживаться рекомендуемых доз (табл. 117; Груздев Г.С., Зинченко В.А., Калинин В.А. и др., 1980).

Таблица 117 – Применение хлората магния для десикации

Культура	Норма расхода, кг/га		Срок применения	Срок ожидания, дни
	препарата	действующего вещества		
Хлопчатник	25–35	15–21	раскрытие не менее 50 % коробочек	6
Рис	25–50	15–30	полная спелость 70–75 % зерновок в метелке	10
Пшеница	20–30	12–18	начало восковой спелости зерна	10
Подсолнечник	20–30	12–18	начало побурения корзинок	10
Картофель	25–30	15–18	окончание формирования клубней и огрубления кожуры	10
Клещевина	15–20	9–12	побурение коробочек на центральной кисти	10
Соя	20–30	12–18	побурение бобов на нижнем и среднем ярусах растений	10
Семенники сахарной свеклы	15–30	9–18	побурение 30–40 % клубочков	10
Зеленцовая конопля	12–18	7,2–10,8	окончание цветения мужских соцветий	10
Семенники редиса	25–33	15–20	восковая спелость при влажности семян 50–55 %	10

При правильном применении действие хлората магния проявляется уже через несколько часов. В первые 6 ч растения интенсивно теряют воду и через 48 ч листья становятся почти сухими (табл. 118; Ракитин Ю.В., 1983).

Таблица 118 – Скорость высыхания листьев фасоли после обработки хлоратом магния

Время после обработки, ч	Содержание воды, %	
	контроль	хлорат магния
4	6	24
48	83,6	85,7
85,7	83,4	76,0
68,3	53,5	39,2

Хлорат магния как эффективный десикант на посевах подсолнечника может быть использован только в тех районах, где в конце августа – первой половине сентября семена имеют влажность не более 35–40 %.

Десикация риса хлоратом магния позволяет вести уборку прямым комбайнированием и свести к минимуму потери зерна (табл. 119; Анненкова Г.Н., Смирнова Р.И., 1968).

Таблица 119 – Урожайность и потери зерна при десикации риса хлоратом магния

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Потери зерна при уборке, ц/га
Контроль	52,5	–	2,5
Хлорат магния, 20 кг/га	55,0	2,5	–

Десикация семенников сахарной свеклы не только увеличивает урожай, но и способствует повышению сахаристости корнеплодов (табл. 120; Анненкова Г.Н., Смирнова Р.И., 1968).

Таблица 120 – Урожайность и сахаристость сахарной свеклы при десикации хлоратом магния

Вариант	Урожайность, ц/га	Сахаристость, %
Контроль	275	16,8
Хлорат магния, 20 кг/га	287	17,0

Хлорат-хлорид кальция применяется для десикации хлопчатника за 6–12 дней до уборки при норме расхода препарата 45–50 кг/га.

Бутифос. Используют для десикации хлопчатника за 10 дней перед уборкой. Норма расхода препарата – 3–6 кг/га.

Реглон. Действующее вещество – дибромид–1,1–этилен–2,2–дипиридил. Хорошо растворимое в воде белое кристаллическое вещество. Относится к среднетоксичным препаратам, ЛД₅₀ для крыс 400 мг/кг. Выпускается в форме 20 %-ного водного раствора.

Возможны два пути воздействия дипиридилов на обмен веществ растения. Первый – через ингибирование переноса электронов в процессе фото-

синтеза. В растениях переносчиком электронов является железосодержащий белок ферредоксин, а дипиридилы способны заменять ферредоксин в реакциях фотосинтеза, что приводит к нарушению этого процесса и гибели растения из-за недостатка питания и потери энергии. Второй – в результате вторичного окисления дипиридилов молекулярным кислородом происходит накопление реакционно-способных гидроперекисных радикалов, которые и разрушают клетки растений.

Реглон является эффективным десикантом клещевины. Опрыскивание посевов этим препаратом из расчета 2 кг/га способствует повышению производительности комбайна, сокращению периода уборки, снижению потерь, а также затрат, связанных с сушкой семян.

Опрыскивание реглоном картофеля уменьшает распространение вирусных болезней и положительно влияет на процесс созревания клубней.

Десикация реглоном подсолнечника позволяет снизить влажность семян в 1,5–2 раза и начать уборку на 10–14 дней раньше по сравнению с необработанными посевами. Реглон вносится из расчета 3 кг/га по действующему веществу через 40–45 дней после массового цветения подсолнечника в начале побурения корзинок при влажности семян не более 40 %. Преждевременное опрыскивание ведет к снижению урожая семян и сбора масла.

Эффективна десикация реглоном семенников сахарной свеклы путем опрыскивания растений в период побурения 30–40 % клубочков с нормой расхода препарата 5–10 кг/га. Заканчивать обработку следует за 10 дней до уборки семян.

На семенниках люцерны опрыскивание реглоном допускается не позднее, чем за 7 дней до уборки в условиях орошаемого земледелия. Норма расхода препарата 2–4 кг/га.

Спрут Экстра, ВР – водный раствор, содержащий 540 г/л глифосата кислоты в виде калийной соли. Предназначен для десикации ряда зерновых культур, гороха, рапса, подсолнечника и других с целью снижения потерь при уборке и уничтожения сорняков. Его применение обеспечивает облегчение и ускорение уборки, снижение потерь при комбайнировании, повышение качества продукции за счет уменьшения влажности и засоренности семян, очистку полей от многолетних сорняков под последующие культуры. Попадая на растения, препарат проникает в листья и другие зеленые части и переносится по всем органам, включая корневую систему, блокируя синтез ароматических аминокислот. Видимые симптомы воздействия на культурные растения и однолетние сорняки становятся заметны через 4–5 дней, на многолетние сорняки – через 7–10 дней после обработки и проявляются в виде пожелтения, затем побурения растений, усыхания листьев.

Технология применения. Рабочий раствор готовят непосредственно перед применением и используют в день приготовления. Бак опрыскивателя на 1/3 заполняют водой, включают мешалку, заливают полную дозу препарата и доливают оставшееся количество воды. Затем весь объем тщательно перемешивают. Для опрыскивания применяются серийно выпускаемые наземные штанговые опрыскиватели, предназначенные для внесения гербицидов. При авиационной обработке для приготовления рабочей жидкости бак заполняют на 1/3 водой, при включенной мешалке добавляют расчетное количество препарата и оставшееся количество воды. Приготовление рабочего раствора и заправку опрыскивателя проводят на специальных площадках, заправочное агрегата – на стационарных заправочных станциях, которые в дальнейшем подвергают обезвреживанию.

Регламент применения препарата:

Культура	Норма расхода, л/га		Способ, время обработки, сроки выхода для ручных (механизированных) работ	Срок ожидания (кратность обработок)
	препарата	рабочего раствора		
Зерновые культуры	1,3–1,8	100–200 – наземное опрыскивание; 25–50 – авиационное опрыскивание	опрыскивание посевов за 2 недели до уборки (при влажности семян не более 30 %), –(3)	–(1)
Подсолнечник			опрыскивание посевов за 10–15 дней до уборки в фазе начала побурения корзинок (при влажности семян не более 30 %)	
Соя			опрыскивание посевов в фазе начала побурения бобов нижнего и среднего ярусов (при влажности бобов не более 30 %)	
Рапс			опрыскивание посевов в начале созревания при побурении 70 – 75 % стручков или влажности семян 25 – 35 %, но не позднее, чем за 10 дней до уборки, – (3)	
Горох			опрыскивание посевов за 2 недели до уборки при влажности семян 25 – 35 %, – (3)	

Препарат 3 класса опасности (вещество умеренно опасное); устойчивых видов растений не имеется, кроме трансгенных; случаев возникновения резистентности не выявлено. Хранить препарат в предназначенном для хранения пестицидов помещении при температуре от минус 15°С до плюс 30°С.

Тонгара, ВР – водный раствор, содержащий 150 г/л диквата. Неселективный контактный десикант для предуборочной десикации подсолнечника, гороха, рапса, семенных посевов зерновых культур, люцерны, моркови, капусты свеклы, клевера, турнепса, бобов кормовых, сои и редиса. Способствует быстрому подсушиванию растений, облегчает уборку урожая, обеспечивает быстрое и равномерное созревание, сокращает потери семян при уборке, облегчает уборку, снижает влажность семян. В процессе поглощения листьями растений происходит восстановление молекулы диквата, в результате чего образуется стабильный радикал, который может быть вторично окислен молекулярным кислородом. В результате присоединения электрона кислород превращается в высокореактивный супероксид-анион (O_2^-) и перекись водорода (H_2O_2), окисляющие ненасыщенные жирные кислоты. Образующийся при этом малоновый диальдегид инактивирует электронно-транспортную систему, что становится причиной быстрого разрушения тонопластов, деструкции клеточного содержимого (разрыв митохондрий, разрушение мембран тилакоидов в хлоропластах) и гибели растения в целом. В зависимости

от погодных условий признаки десикации обнаруживаются спустя 5–10 дней после обработки. Признаки действия препарата – постепенное увядание, пожелтение, затем и усыхание листьев растений.

Технология применения. Рабочий раствор готовят непосредственно перед применением и используют в день приготовления. При наземной обработке бак опрыскивателя наполняют примерно наполовину водой, вливают в него необходимое количество препарата, доливают водой до полного объема и перемешивают раствор гидравлическими мешалками. Заправочная площадка после работы подвергается обеззараживанию. При авиационной обработке – рабочий раствор готовится механизированным способом непосредственно перед опрыскиванием. Можно использовать стационарные заправочные станции СЗС–10 и передвижные агрегаты АПТ «Темп» или АПЖ–12. Для приготовления рабочей жидкости заполняется 1/2 бака заправочного агрегата чистой водой, включается мешалка, добавляется отмеренное количество препарата и продолжается заполнение бака водой с одновременным перемешиванием. В отдельных случаях при отсутствии специальных наземных средств приготовления и заправки возможно приготовление рабочей жидкости непосредственно в опрыскивателе воздушного судна (ВС). При этом сначала бак наполовину заполняется чистой водой, затем заливается необходимое количество препарата и добавляется вода до требуемого объема. Во время полета ВС к обрабатываемому участку включается гидромешалка для дополнительного перемешивания рабочей жидкости (время работы гидромешалки не менее 2 минут).

Регламент применения препарата:

Культура	Норма расхода, л/га		Способ, время обработки	Срок ожидания (кратность обработок)
	препарата	рабочего раствора		
1	2	3	4	5
Подсолнечник	1,5–2,0	200–300 – наземное опрыскивание; 50–100 – авиационное опрыскивание	начало побурения корзинок	7(1)
Горох	1,5–2,0		полная биологическая спелость за 7–10 дней до уборки культуры	7–10(1)
Рапс яровой и озимый	1,5–2,0		побурение семян в стручках среднего яруса	7(1)
Соя	1,5–2,0		побурение 50–70 % бобов за 7–10 дней до уборки культуры	7–10(1)
Зерновые колосовые культуры	1,5–2,0		созревание при влажности зерна не выше 30 %	7(1)
Люцерна (семенные посевы)	2,0–4,0		побурение 85–90 % бобов	
Картофель (семенные посадки)	2,0		окончание формирования клубней и огрубления кожуры	
Картофель (сильно облиственные сорта) (семенные посадки)	2,0		окончание формирования клубней и огрубления кожуры, с интервалом между обработками 3–5 дней	7(2)

1	2	3	4	5
Морковь (семенники)	2,5–3,0		начало полной спелости семян в зонтиках 2 порядка при влажности семян не выше 50 %	7(1)
Капуста (семенники)	2,0–3,0		в фазе полной восковой – начале биологической спелости семян при влажности не более 50 %	
Свёкла сахарная, столовая, кормовая (семенники)	3,0–4,0	200–300 – наземное	побурение 20–40 % клубочков	
Клевер красный ползучий (семенники)	2,0–4,0	опрыскивание;	побурение 75–80 % головок	
Турнепс (семенники)		50–100 – авиационное	восковая – начало полной спелости при влажности семян не более 45–50 %	
Бобы кормовые (семенники)		опрыскивание	при приобретении семенами в бобах нижнего яруса характерной для сорта окраски, семенной рубчик – черный	
Редис (семенники)			восковая спелость семян при влажности не выше 55 %	
Сорго (семенники)			восковая спелость	

Вещество высокоопасное (2 класс), десикант общего действия, устойчивых к его действию культур нет; случаев возникновения резистентности для препарата не выявлено. Хранить препарат в предназначенном для хранения пестицидов помещении при температуре от –15 до +30°C.

4.2.3. Сеникация

Сеникация улучшает условия налива зерновок и, соответственно, посевные качества семян. Это влияние значительнее на семена с низкими посевными качествами, т. е. сениканты способствуют сдвигу фенотипического проявления признака в благоприятную сторону в пределах нормы реакции генотипа.

Е.П. Алешин, 1981

В онтогенезе у растений последовательно сменяются конкурентные отношения между органами: побег–корень, лист–цветок, лист–плод, за обладание метаболитами. На каждом этапе развития у растения существует свой физиологически активный центр или свой «центр запасов», к которому направляется наибольшее количество ассимилятов. На последних стадиях развития растения конкурентные отношения в системе лист–плод складываются в пользу последнего и пластические вещества транспортируются именно к ним, как наиболее физиологически активному центру на данном этапе онтогенеза.

Перед формированием урожая в метаболизме листьев происходит резкий сдвиг в сторону усиления гидролитических процессов, приводящих к

распаду белков и крахмала на более простые соединения: аминокислоты и сахара, которые и передвигаются в генеративные органы – плоды и семена.

Целенаправленное регулирование оттока пластических веществ из листьев и стеблей в генеративные органы является узловым звеном управления продуктивностью растения. Как известно, пластические вещества аттрагируются в созревающие плоды и семена далеко не полностью, значительная их часть остается в вегетативных органах до их отмирания. К тому же затяжная «молодость» вегетативных органов, зачастую имеющая место из-за неблагоприятных погодных условий, сопровождается непроизводительной тратой пластических веществ в ущерб урожаю. Поэтому и зародилась идея ускорения старения листьев с целью более интенсивного «выкачивания» из них пластических веществ. В результате научных поисков были разработаны способы дефолиации и десикации, оказавшиеся полезными в хлопководстве, а также для клешевины, подсолнечника, картофеля, сахарной свеклы и ряда других сельскохозяйственных культур. Для зерновых культур самой полезной оказалась *сеникация* – агроприем, обеспечивающий ускоренное завершение растениями своего жизненного цикла и увеличение их продуктивности.

Сеникация, как и десикация, направлена на ускорение онтогенеза растений, но имеет отличный механизм действия. В основе механизма десикации лежит преимущественно физический процесс обезвоживания тканей растения в результате необратимого повреждения десикантом коллоидов протоплазмы клеток. Сеникация является физиологическим процессом ускорения метаболизма растения, усиление оттока ассимилятов из вегетативных органов в генеративные – плоды и семена. Сеникация является по существу поздней некорневой подкормкой растений макро- и микроэлементами. Она обеспечивает ускорение созревания и лучший налив зерновок. Причем, ускорение созревания является лишь сопутствующим и весьма полезным фактором при совпадении созревания урожая с неблагоприятными погодными условиями, препятствующими завершению онтогенеза. В качестве сениканта используются физиологически активные вещества, вызывающие усиление обмена веществ растения и ускорение созревания. На первых этапах поиска сеникантов испытывались 20 %-ые водные растворы двойного суперфосфата и аммофоса с микродозами аминной соли 2,4-Д. Использование их в качестве сеникантов на посевах риса приводило к усилению гидролитических процессов в растениях, повышению оттока пластических веществ в зерновки и сокращению периода вегетации посевов на 5–7 дней. Однако существенным недостатком этих сеникантов оказалась их плохая растворимость, а, следовательно, неравномерность физиологического действия на посевах. В этом плане более эффективным сеникантом оказались карбамид и аммонийная селитра в комплексе с регуляторами роста растений или с микроэлементами. Азот сениканта легко проникает в ткани растения и вызывает деструктивные процессы – гидролиз органических соединений, тем самым создает условия для ускоренного перемещения продуктов распада в зерновки и сам к тому же служит дополнительным источником.

В наших опытах сеникация посевов риса ускоряла созревание зерна на 4–6 дней, способствовала лучшему наливу зерновок – масса 1000 зерен возрастает на 3–7 %, снижению влажности зерна на 1,5–3,0 % и повышению урожайности на 5–7 ц/га (табл. 121). Этот агроприем проводили в фазе молочно-восковой спелости зерна. В качестве сениканта для риса использовали водный раствор мочевины (35 кг/га) с добавлением аминной соли 2,4-Д (22 мл/га) и борной кислоты (0,4 кг/га по д. в.). Норма расхода рабочей жидкости – 150 л/га.

Таблица 121 – Эффективность сеникации посевов риса

Показатели	Контроль	Обработка сеникантом
Вегетационный период, дни	116	110–112
Масса 1000 зерен, г	27,0	28,0–28,9
Влажность зерна, %	22,6	19,6–21,3
Урожайность зерна, ц/га	54,0	58,7–61,1

Наиболее эффективна сеникация пшеницы в начале восковой спелости зерна 5 % водным раствором аммиачной селитры с добавлением микродозы аминной соли 2,4-Д. При ее проведении урожайность возрастает на 3–5 ц/га и на 3–5 дней сокращается продолжительность вегетационного периода.

Сеникация может быть перспективной и при выращивании кукурузы на зерно. При ее проведении в фазе молочно-восковой спелости в листьях кукурузы усиливаются процессы гидролитического распада сложных соединений и их отток, характерные для естественного старения. В результате обработки листьев в зерне кукурузы усиливаются процессы синтеза углевода, белков, уменьшается содержание воды. Все это в конечном итоге приводит к увеличению урожая початков, ускорению созревания, повышению качества зерна. Лучшие результаты получаются при использовании в качестве сениканта смеси 0,1 % 2,4-Д и аммиачной селитры.

В качестве сеникантов используют и регуляторы роста растений из группы этиленпродуцентов – этефон, гидрел. Этиленпродуценты обладают «мягкостью» физиологического действия и в используемых для сеникации концентрациях не представляют опасности для окружающей среды и человека. Гидрел разрешен для применения с целью ускорения созревания томата и испытывался в качестве сениканта на посевах яровой пшеницы. Сеникацию проводили в конце фазы молочной спелости – начале восковой спелости в дозе 400 г/га. Как показали результаты эксперимента, мочевины и гидрел имеют равный сеницирующий эффект, ускоряя созревание зерновок по сравнению с контролем (опрыскивание водой) на 6–8 дней.

Все исследователи считают сеникацию высокоэффективным агроприемом, направленным на сокращение продолжительности воздействия на агроценоз экстремальных погодных условий при возделывании яровой пшеницы в зоне рискованного по климатическим условиям размещения посевов. Это особенно важно для зон достаточного и избыточного увлажнения, где повышенная относительная влажность воздуха и пониженные температуры приводят нередко к затягиванию и неравномерному созреванию, энзимомикозному истеканию, растягиванию периода уборки, отрицательно сказывающихся на физических, посевных и урожайных качествах семян. Сеникация эффективна на поздних посевах риса, а также при возделывании позднеспелых сортов. Однако отдельные вопросы, касающиеся данного агроприема, остаются слабоизученными. В частности, у исследователей нет единого мнения о сроках проведения сеникации. Так, В.Ф. Яковлева считает лучшим сроком проведения этого агроприема фазу молочной спелости зерна риса. Е.П. Алешин, Г.Г. Фанян и И.Н. Ступак рекомендуют проводить сеникацию через 10–11 суток после фазы цветения. А.А. Кушу считает оптимальным сроком применения сеникации на посевах риса фазу молочно-восковой спелости зерна.

Как уже неоднократно подчеркивалось, из всех факторов среды, оказывающих влияние на рост и развитие растений, наиболее значимым является температура воздуха и почвы. Именно ее величиной определяется скорость поступления в растения элементов питания и воды, физиологических процессов (фотосинтез и

дыхание), передвижение продуктов фотосинтеза в созревающие зерновки. Исследования агрометеорологов доказали зависимость продолжительности вегетационного периода и отдельных фаз вегетации от сумм эффективных температур. Для риса эффективной температурой является $+15^{\circ}\text{C}$. Суммы эффективных температур – хорошо идентифицируемый показатель. Ее легко рассчитать на основании среднесуточных температур, сведения о которых можно получить на ближайшей метеостанции или на одном из сайтов, например <http://rp5.ru>, <http://www.gismeteo.ru> и др.

Нами установлено, что показанием к проведению сеникации является понижение минимальных значений температуры воздуха до $+15\dots+16^{\circ}\text{C}$ на фоне высоких значений максимальных суточных температур. Сеникацию назначают на фазу конец молочной – начало восковой спелости зерна. Точных критериев наступления этой фазы нет. Принято считать, что зерновки в этой фазе спелости характеризуются влажностью от 60 до 20 %, причем единого мнения среди исследователей на этот счет нет. За период наших исследований дата проведения сеникации совпала с накоплением температур выше $+15^{\circ}\text{C}$ величины 750–850 $^{\circ}\text{C}$. Определение влажности зерновок трудоемко вследствие необходимости отбора среднего образца с каждого чека. Назначать агроприем на дату накопления эффективных температур удобнее, но для этого необходимо сузить диапазон оптимальных ее значений, если это имеет существенное значение. Для установления оптимального срока проведения сеникации посевов, проведено сравнительное изучение эффективности агроприема при его проведении в диапазоне сумм эффективных температур от 600 до 800 $^{\circ}\text{C}$ с интервалом 50 $^{\circ}\text{C}$.

Как уже отмечалось, завершающая стадия онтогенеза – созревание, – сложный биохимический процесс, связанный не только с поступлением ассимилятов в зерновку, но и с биосинтезом запасных веществ из низкомолекулярных соединений. При созревании происходит устойчивое снижение влажности на фоне увеличения массы сухого вещества и общего числа клеток, как зародыша, так и эндосперма. Основная масса воды на ранних этапах созревания теряется семенами метаболическим путем, а затем чисто физическим – за счет испарения. С биологической точки зрения созревшими принято считать семена, способные дать начало новому поколению. Техническая зрелость наступает несколько позднее. Условно, наступление полной спелости фиксируется при влажности метелок 25–30 %. Для понимания влияния сеникации на созревание растений проследили за изменением влажности и сухой массы вегетативных органов и зерновок риса. Сеникацию проводили 5 августа (609 $^{\circ}\text{C}$), 12 августа (669 $^{\circ}\text{C}$), 15 августа (701 $^{\circ}\text{C}$), 19 августа (752 $^{\circ}\text{C}$) и 23 августа (797 $^{\circ}\text{C}$). В год проведения исследований термический режим в период созревания риса, по крайней мере, в большей его части, был благоприятен для налива зерновок.

Сеникант, попадая на листовые пластинки и метелки, воздействует на них в первую очередь. Как в варианте без сеникации, так и с ней в процессе созревания отмечается устойчивое снижение оводненности листьев. Влажность листьев у растений риса снижается медленнее, чем у других злаковых культур вследствие их произрастания в затопленной водой почве. Практически всегда при созревании зерновок растения имеют еще довольно обширную листовую поверхность.

Проведенный анализ динамики влажности листьев, стеблей и метелок показал, что сеникация вносит существенные коррективы в процесс созревания зерновок. Степень воздействия сениканта определяется его составом и сроком обработки растений. В первые 1–2 недели после сеникации отмечается увеличение влажности листьев и стеблей. Одной из причин такого отклика растений на сеникацию может быть повышение азотного статуса растений. Затем у обработанных растений быстрее, чем у контрольных, снижается влажность вегетативных органов растений.

Воздействие сеникантов на динамику влажности зерновок более значительно, чем на вегетативные органы. В зависимости от срока проведения обработок 25 % влажности зерновки достигают на 3–10 дней раньше, чем в контроле.

Оптимальным сроком для сеникации следует считать дату достижения суммы температур выше $+15^{\circ}\text{C}$ в количестве $700\text{--}750^{\circ}\text{C}$. Проведенная в этот период, она не вызывает преждевременного обезвоживания листьев и зерновок и не замедляет их налив. Наиболее сильно ее воздействие в первые две недели после обработки, затем оно ослабевает. В конечном итоге это выражается в увеличении на 3,5–10 % по сравнению с контролем массы метелок. Более ранняя сеникация приводит к преждевременному завершению налива зерновок и, следовательно, снижению продуктивности растений. Поздняя сеникация не оказывает существенного воздействия на налив зерновок. Увеличение урожайности зерна риса на 0,36–0,39 т/га и 0,30–0,34 т/га отмечено под воздействием сеникации, проведенной при достижении суммы температур выше $+15^{\circ}\text{C}$ 700 и 750°C соответственно. Наиболее эффективными сеникантами были водные растворы аммонийной селитры и карбамидо-аммонийная смесь (КАС) модифицированные марганцем.

Достоверных различий между сеникантами «аммонийная селитра + Мп» и «КАС+Мп» не обнаружено, хотя тенденция к формированию большего урожая под воздействием последнего наблюдалась во все сроки сеникации. При несвоевременной сеникации ущерб также выше от сениканта на основе КАС. Это связано с его большим, чем аммонийной селитры, воздействием на снижение влажности листьев.

Таким образом, анализ динамики созревания зерновок риса после обработки растений сеникантами и урожайности показал, что сеникацию при необходимости следует проводить при наборе суммы температур выше $+15^{\circ}\text{C}$ в количестве $700\text{--}750^{\circ}\text{C}$. Использовать для этого целесообразно водные растворы аммонийной селитры из расчета 15 кг/га или карбамид-аммонийной смеси (КАС) в соотношении с водой 1:5 (КАС: H_2O) модифицированных добавлением 400 г/га марганца с расходом рабочего раствора 300 л/га.

4.3. Ингибиторы нитрификации

Для снижения потерь азота и устранения опасности загрязнения нитратами растениеводческой продукции и окружающей среды разрабатываются новые формы азотных удобрений – медленнорастворимые, капсулированные с контролируемой скоростью высвобождения азота, модифицированные ингибиторами нитрификации. Последние препараты при внесении в почву вместе с аммонийными, аммиачными удобрениями и мочевиной тормозят нитрификацию в течение 1,5–2,0 месяцев и сохраняют минеральный азот почвы и удобрений в аммонийной форме.

П.М. Смирнов, Э.А. Муравин, 1991

Ингибиторы нитрификации – химические соединения, задерживающие или подавляющие процессы нитрификации и денитрификации в почве и за счет этого снижающие потери азота вследствие выщелачивания.

В.Г. Минеев, 2004

В повышении продуктивности сельскохозяйственных культур ведущая роль принадлежит минеральным удобрениям, из которых первостепенное

значение имеют азотные. На их долю приходится, как правило, более 80 % суммарной прибавки урожая, получаемой от применения промышленных туков. Тем не менее, возможности азотных удобрений реализуются культурными растениями еще далеко не полностью. Растения усваивают азот в полевых условиях примерно на 40 %, в отдельных случаях – на 50–70 %. Около 20–30 % внесенных азотных удобрений иммобилизуется в почве. Определенная доля азота включается в состав гумусовых веществ, устойчивых к гидролизу. Потери азота за счет улетучивания различных газообразных соединений составляют в среднем 15–25 % от внесенного. Газообразные потери происходят как вследствие биологической денитрификации, т.е. восстановления нитратов до молекулярного азота, так и в результате химических реакций. Эти процессы находятся в тесной связи с почвенными условиями, ее кислотностью, влажностью, температурой, степенью аэрации, скоростью потребления азота растениями и микроорганизмами. Имеются данные, что из-за денитрификации суточные потери азота достигают 0,5 мг/кг почвы. Потери от вымывания также зависят от свойств почвы, климата, водного режима, формы и дозы удобрения, вида культуры и т. д. Например, в Европе 2/3 потерь азота приходится на зимний период и 1/3 – на летний. В России в Нечерноземной зоне за сезон в среднем вымывается 10–15 кг/га нитратного азота, на супесчаных почвах – 20–25 кг/га, на суглинистых – до 10 кг/га. Потери азота из почвы оказывают негативное воздействие на биосферу – почву, грунтовые воды, атмосферу и растения, а через них – на животных и человека. Трансформация мочевины в почве представлена на рисунке 3.

По данным немецкого ученого-агрохимика Нильса Бергера, потери азота из внесенных удобрений только из-за вымывания нитратов могут достигать 60 %. От 20 до 60 % в зависимости от почвенных условий и климата улетучивается в виде аммиака, 2–4 % в форме N_2O , 20–40 % в виде NO . Последние два газа наиболее опасны: закись азота – это парниковый газ, который влияет на глобальное потепление, а оксид азота разрушает озоновый слой.

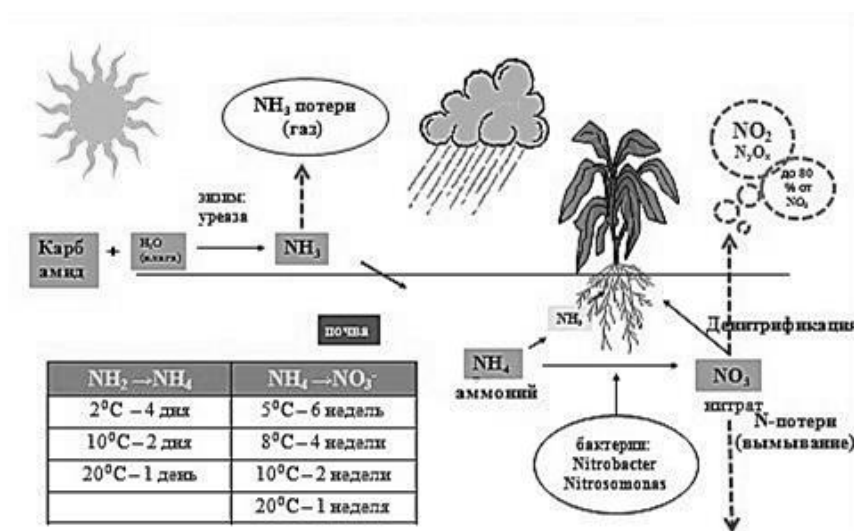


Рисунок 3 – Трансформация мочевины в почве (<https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xxi/stati-rastenievodstvo/udobrajate-bez-poter.html>).

Учитывая столь большие потери азота, под сельскохозяйственные культуры вносят заведомо завышенные дозы удобрений, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на санитарном состоянии окружающей среды, загрязнении ее токсичными остатками. В связи с этим удовлетворение потребности сельскохозяйственных культур в азоте путем повышения эффективности вносимых удобрений, а не за счет увеличения их доз, является важнейшей задачей агрохимии, имеющей большое народнохозяйственное и природоохранное значение.

Одним из экологически безвредных путей повышения эффективности азотных удобрений и увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур является применение *ингибиторов нитрификации*. Это химические препараты, которые при внесении в количестве 0,5–2,0 % от азота удобрений на 1–2 месяца подавляют жизнедеятельность нитрифицирующих микроорганизмов и тем самым способствуют сохранению азота в почве в аммонийной форме. Затормаживая процесс нитрификации, они снижают потери азота, как в газообразной форме, так и от вымывания нитратов из корнеобитаемого слоя почвы, вследствие чего устраняют опасность загрязнения этими соединениями водных источников и уменьшают их содержание в растениеводческой продукции. *Ингибиторы нитрификации должны подавлять жизнедеятельность нитрифицирующих микроорганизмов, осуществляющих лишь первый этап нитрификации; не быть токсичными для растений, животных и человека; ингибировать нитрификацию в строго определенный период; обладать избирательностью действия на микрофлору почвы; легко передвигаться в почве с удобрениями, чтобы охватить зону действия внесенного азота и быть недорогим. Они должны обеспечивать уменьшение кратности дробного внесения азотных удобрений, снижение потерь азота, предотвращение накопления нитритов и нитратов в продуктах питания человека и животных.*

В настоящее время в мире известно около 300 химических соединений нитрифицидного действия. Наиболее широко распространены и изучены нитрапирин, дициандиамид, производные аминометилпиримидина, пиразолы, тиазолы и триазины. Нитрифицидным действием обладают также сероуглерод, тиосульфат аммония, азид калия, азид натрия, анилиды, производные мочевины и ацетилена, а также микроэлементы. Небольшие дозы этих соединений селективно подавляют нитрификацию, не угнетая другие микробиологические процессы в почве.

Нитрапирин. Активным ингредиентом этого ингибитора нитрификации является 2-хлор-6 (трихлорметил) пиридин. Эмпирическая формула $C_6H_3NCl_4$; молекулярная масса 230,9; температура плавления около 63 °С. Нитрапирин представляет собой белое кристаллическое вещество с резким запахом, обладающее высокой летучестью и коррозионной активностью. Этот препарат практически не растворим в воде, но хорошо растворяется в ацетоне, хлористом метиле, ксилоле, безводном аммиаке. Нитрапирин относится к числу малотоксичных соединений, кумулятивные свойства выражены слабо. Препарат обладает специфическим тератогенным гонадо- и эмбриотоксическим действием. LD_{50} нитрапирина для крыс составляет 3500–3850 мг/кг. Препарат неустоек и быстро разлагается на воздухе, поэтому требует незамедлительной заделки.

ДЦДА – дициандиамид (циангуанидин). Эмпирическая формула $C_2H_4N_4$; молекулярная масса 84,1; температура плавления 210 °С. Это белый, негигроскопичный, нелетучий кристаллический порошок, имеющий неогра-

ниченное время хранения. Препарат хорошо растворим в воде и безводном аммиаке. ДЦДА в своем составе содержит 66,7 % азота, который после минерализации до аммония служит источником питания для растений.

АМ – 2-амино-4-хлор-6-метилпиримидин. Эмпирическая формула $C_5H_6N_3Cl$; молекулярная масса 143,6; температура плавления 182 °С. АМ представляет собой слабо растворимый в воде порошок желто-коричневого цвета. В рекомендуемых дозах нетоксичен для теплокровных.

ЦП – 2-циамино-4-гидрокси-6-метилпиримидин. Эмпирическая формула $C_6H_6N_4O$; молекулярная масса 150; температура плавления 196 °С. ЦП представляет собой слабо растворимый в воде белый кристаллический порошок, без запаха. В рекомендуемых дозах совершенно нетоксичен для теплокровных.

АТС. Химическое название активного ингредиента этого ингибитора нитрификации 4-амино-1,2,4-триазол. Эмпирическая формула $C_2H_4N_4$; молекулярная масса 84,1; температура плавления около 150 °С. Обладает избирательной способностью к торможению нитрификации на первой стадии процесса. Производится в виде водного раствора или вводится в виде кристаллического гидрохлорида в состав азотных и комплексных удобрений. Нелетуч, без запаха. Хорошо растворим в воде, слабо – в низкомолекулярных спиртах и ацетоне, нерастворим в бензоле, ксилоле и эфире. ЛД₅₀ для мышей составляет 6000 мг/кг.

АТГ – отечественный аналог японского ингибитора нитрификации АТС. В Дзержинском филиале ГИАП разработана новая технология производства 4-амино-1,2,4-триазола, которая, в отличие от известной технологии, позволяет получить продукт в кристаллическом виде. АТГ представляет собой белый кристаллический порошок с температурой плавления более 80 °С. Так как ингибитор этого типа не разлагается в расплаве карбамида, АТГ может быть введен в карбамид или его смеси с аммиачной селитрой на любой стадии их производства.

Тридаiazол (терразол) – 5-этоксифенил-3-трихлорметил-1,2,4-тиадиазол. Эмпирическая формула $C_5H_8ON_2$; молекулярная масса 106,2. Производится в виде смачивающегося порошка или жидкости с содержанием активного ингредиента соответственно 35 и 95 %. Терразол обладает высокой летучестью, поэтому требует немедленной заделки в почву после внесения. В рекомендуемых дозах нетоксичен для теплокровных.

КМП (ГММП – отечественный аналог) – 1-карбамоил-3(5)-метилпиразол. Эмпирическая формула $C_2H_7N_2O$; молекулярная масса 125,1; температура плавления около 130 °С. КМП представляет собой бесцветный или светло-серый мелкокристаллический порошок со слабым неспецифическим запахом. Хорошо растворим в ацетоне, этаноле, диэтиловом эфире, слабо – в воде и бензине. Этот препарат относится к группе умеренно опасных веществ. ЛД₅₀ для крыс составляет 5000 мг/кг. Многочисленными исследованиями, проведенными в нашей стране и за рубежом, установлена высокая эффективность применения ингибиторов нитрификации с азотными удобрениями в рисоводстве.

Из большого числа ингибиторов нитрификации наиболее полно изучен нитрапирин. Торможение с помощью этого препарата нитрификации азота аммонийных и амидных удобрений при возделывании риса и резкое снижение в связи с этим интенсивности денитрификации и вымывания нитратов подтверждено во многих странах. В нашей стране широкомасштабное изучение ингибиторов нитрификации, в том числе и нитрапирина как сред-

ства для снижения потерь азота удобрений и повышения их эффективности были начаты в 1964 г. под руководством П.М. Смирнова. За это время им и его учениками и последователями испытано более 60 различных препаратов и установлена целесообразность их применения под картофель, рис, зерновые и овощные культуры.

Применение ингибиторов нитрификации наиболее целесообразно в условиях орошаемого земледелия, в частности в рисоводстве. По нашим данным, при их внесении под рис происходила консервация азота удобрений в аммонийной форме в течение 6–8 недель, т. е. до создания постоянного слоя воды на рисовом поле, улучшалось азотное питание растений с самого начала вегетации. При этом под влиянием ингибиторов нитрификации коэффициент использования азота удобрений рисом повысился на 1,5–5,8 %, а урожайность зерна увеличилась на 2,1–3,3 ц/га по сравнению с производственным контролем (табл. 122).

Таблица 122 – Эффективность применения ингибиторов нитрификации под рис

Удобрение	Коэффициент использования азота удобрений, %	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка, ц/га
P ₆₀ K ₃₀ – фон	—	54,6	—
Фон + N ₉₀	29,1	61,7	7,1
Фон + N ₆₀ + N ₃₀	32,6	69,4	14,8
Фон + N ₉₀ + АТГ	34,1	71,5	16,9
Фон + N ₉₀ + ДЦДА	35,2	72,2	17,6
Фон + N ₆₀ + АТГ	37,3	71,6	17,0
Фон + N ₆₀ + ДЦДА	38,4	72,7	18,1

На посевах риса наиболее эффективным ингибитором нитрификации является ДЦДА (дициандиаמיד). Этот препарат обеспечивает наиболее полное использование азота удобрений и большую прибавку урожайности зерна риса. Применение ингибиторов нитрификации позволяет не только сократить дозу азотного удобрения, но и исключить азотные подкормки, т. е. дает возможность вносить азотные удобрения за один прием перед посевом риса, не опасаясь значительных потерь этого элемента питания.

Технология применения ингибиторов нитрификации на посевах сельскохозяйственных культур определяется их состоянием – включены они в состав азотного удобрения или находятся в препаративной форме. Если ингибитор введен в состав азотного удобрения, изготовленного на химическом комбинате, то технология его использования соответствует общепринятой для данной культуры технологии применения удобрений. Только азотные удобрения, модифицированные ингибитором нитрификации, вносятся в один прием перед или одновременно с севом разбросным или локальным способом. При внесении вразброс дозу азота уменьшают на 25–30 %. При локальном внесении таких удобрений усиливается ингибирующее действие на нитрификацию и в большей степени повышается их эффективность, что позволяет снизить дозу на 40–50 %.

При использовании препаративных форм ингибиторов нитрификации азотные удобрения вносят до посева разбросным способом дозой, уменьшенной на 25–30 %. Затем с помощью опрыскивателей на поверхность почвы

следом наносится водный раствор ингибитора нитрификации и заделываются на глубину 10–12 см тяжелыми дисковыми боронами в два следа. Концентрация препарата определяется видом опрыскивателя, т. е. дозу ингибитора растворяют в том количестве воды, которые обеспечит необходимый объем рабочей жидкости. Для поверхностного внесения рабочего раствора ингибитора нитрификации можно использовать опрыскиватели: ОВТ–1А, ОВТ–1В, ОП–450, ПОУ и другую имеющуюся в хозяйстве технику.

При использовании высоколетучих препаратов типа нитрапирина необходима немедленная заделка в почву. Нелетучие ингибиторы нитрификации, такие как АТГ и ДЦДА можно заделывать в почву в течение 1–2 сут. или наносить на гранулы удобрения в виде покрытия.

Дозы вносимых ингибиторов нитрификации определяются их ингибирующей способностью. Циангуанидин рекомендуется применять в количестве 10–15 %, нитрапирин и его аналоги – 2–3 % от дозы азота удобрения. При использовании в рекомендованных дозах депрессия микробиологических процессов может быть лишь в отдельных зонах, куда попадают значительные количества препарата из-за их неравномерного распределения в почве. Продолжительность действия препаратов зависит от почвенно-климатических условий и влажности почвы. В большинстве случаев их ингибирующее действие продолжается 6–8 недель, а при осеннем внесении значительно дольше. Опытные данные показывают, что азотные удобрения можно вносить совместно с ингибиторами нитрификации осенью, не опасаясь значительных потерь азота. Внесение ингибитора нитрификации с азотным удобрением в подкормку по вегетирующим растениям без заделки в почву совершенно недопустимо.

В настоящее время в Российской Федерации проводится большая работа по совершенствованию технологии применения минеральных удобрений, повышению качества работ, снижению непроизводительных потерь азота. Один из путей решения данной проблемы связывают с использованием новых форм удобрений с ингибиторами ENTEC® и UTEC®.

ENTEС — это инновационный продукт для стабилизации азотных удобрений, который снижает интенсивность процесса нитрификации аммиака с образованием нитрата в почве. UTEC — аналогичный продукт, блокирующий почвенный фермент уреазу и предотвращающий улетучивание аммиака в ходе гидролиза мочевины. Оба ингибитора сокращают потери внесенного азота, увеличивая эффективность использования азотных удобрений. В итоге средства, вложенные в минеральное питание растений, полностью используются на формирование урожая. Как показали первые полевые опыты по исследованию эффективности нитроаммофоски с ENTEС, введение в удобрение ингибитора нитрификации значительно увеличивает отдачу от внесения, что можно приравнять к дополнительному применению азотных туков. Благодаря равномерному высвобождению азота и его постепенному использованию исключается избыточное поступление этого элемента в растения в период вегетации, повышается степень его усвоения и происходит формирование высокого урожая. Удобрение с ингибитором ENTEС в зависимости от метода внесения подавляет процесс нитрификации от 20 до 65 дней, позволяя увеличить период усвоения аммонийного азота на 1,5–2 месяца и в 2–3 раза снизить потери азота в газообразной форме, а также из-за вымывания нитратов водой. По данным опытов, проведенных в различных регионах Российской Федерации на картофеле, удобрение N:P:K=14:14:23 ENTEС, напри-

мер, способствовало получению прибавки урожая до 21,3 % с максимальным выходом товарной фракции клубней (>50 мм в диаметре). Высокоэффективным оказалось применение их на сахарной свекле, ячмене и озимой пшенице.

ENTEС содержит действующее вещество ДМПФ – 3,4 диметилпиразол фосфат. Это – ингибитор нитрификации, который наносится на поверхность гранул аммонийных удобрений для защиты аммиака от преобразования в нитрат.

Действие ингибитора заключается в блокировании энзима почвенных бактерий *Nitrosomonas* – монооксигеназы аммония. При блокировке этого энзима ингибируется первый этап процесса нитрификации – окисление аммонийного азота до нитритного азота. Негативного воздействия на жизнедеятельность бактерий *Nitrosomonas* при этом не происходит. В итоге аммоний из удобрения сохраняется в почве длительное время.

Замедление нитрификации дает ряд преимуществ, способствующих повышению эффективности удобрений. Во-первых, сокращаются потери от вымывания нитратов, которые особенно велики при выпадении большого количества осадков в период вегетации. В результате вымывания загрязняются водоемы, и причиняется вред здоровью человека. Во-вторых, снижаются выбросы и потери азота в виде парникового газа N_2O или разрушающего озон газа NO . Как показывают исследования отечественных и зарубежных исследователей, использование ингибиторов нитрификации сокращает выбросы N_2O , который в 298 раз сильнее влияет на глобальное потепление атмосферы, чем CO_2 . Внедрение технологии ENTEС позволяет сделать применение удобрений экологически безопасным с точки зрения влияния на глобальные климатические изменения. И, в-третьих, аммонийная подкормка культур оказывает положительное физиологическое действие на рост урожая.

Как известно, растения поглощают и усваивают азот из удобрений в двух формах: аммонийной и нитратной. Хорошо подвижная в почве нитратная форма усваивается легче – она перемещается с транспирационным током воды из почвы в растение. Поглощение аммонийного азота происходит лишь в непосредственной близости к корню. И при поглощении одной единицы аммонийного азота корень выделяет в почвенный раствор один протон (H^+), чтобы предотвратить закисление цитоплазмы клетки.

Использование ингибиторов нитрификации заставляет культуры поглощать аммонийный азот после того, как нитраты будут исчерпаны в почве. Аммонийный азот положительно влияет на биосинтез белка, поскольку аммоний – это один из основных компонентов аминокислот и белков. При поглощении только нитратного азота культуре приходится тратить около 20 моль АТФ (единиц биологической энергии) на один моль нитратного азота, чтобы в процессе биосинтеза в клетке он превратился сначала в аммонийный азот и только после этого – в аминокислоты. При поглощении аммонийного азота требуемое для биосинтеза количество энергии снижается до 5 моль АТФ. Эта разница позволяет культуре давать более высокий урожай. Кроме того, благодаря выделению протонов в ризосферу, при поглощении аммония повышается доступность для растений некоторых элементов питания, таких как фосфор и микроэлементы.

В конечном итоге применение аммиачных удобрений с ингибитором нитрификации способствует повышению объема товарного урожая, улучшению его качественных характеристик, таких как размер и вес плодов, а также увеличению устойчивости к заболеваниям.

УТЕС – ингибитор уреазы, активный ингредиент НБТФТ – (н-бутил)тиофосфорный триамид. Он наносится на поверхность гранул мочевины. Механизм действия ингибитора уреазы прост: после внесения удобрения в почву НБТФТ защищает мочевины от атак уреазы во время ее гидролиза. Этот эффект длится до 15 дней, сокращая улетучивание аммиака, происходящее вследствие разложения мочевины. Трансформация мочевины с ингибитором уреазы УТЕС в почве показана на рисунке 4.

Снижение потерь азота в виде аммиака благодаря использованию ингибиторов уреазы УТЕС может достигать 60 % по сравнению с потерями из обычной мочевины. Эффективность ингибиторов уреазы зависит от факторов окружающей среды: рН почвы выше 7 увеличивает общую эмиссию NH_3 , а высокая температура ускоряет процесс гидролиза.

Применение мочевины, обработанной ингибитором, обеспечивает больше гибкости аграрию с точки зрения времени внесения удобрения. Предотвращение потерь азота в виде аммиака одинаково эффективно как в сухой период, так и во время кратковременных дождей. Благодаря действию ингибитора агроном имеет запас времени от внесения до усвоения азота растением. Если же впоследствии проходит дождь (14 мм и более), удобрение адекватно смывается в почву и действует в качестве подкормки культуры. Таким образом, условия питания растений не ухудшаются даже в стрессовых погодных условиях, а вложения в подкормки, полностью окупаются адекватными прибавками урожая.

Мочевину, обработанную ингибиторами уреазы, можно вносить на поверхность почвы без необходимости заделки. Риск потери азота из-за улетучивания при этом даже меньше, чем в случае заделки. При использовании обычной мочевины снизить потери аммиака настолько же эффективно можно только при условии заделки удобрения на глубину более 8 см.

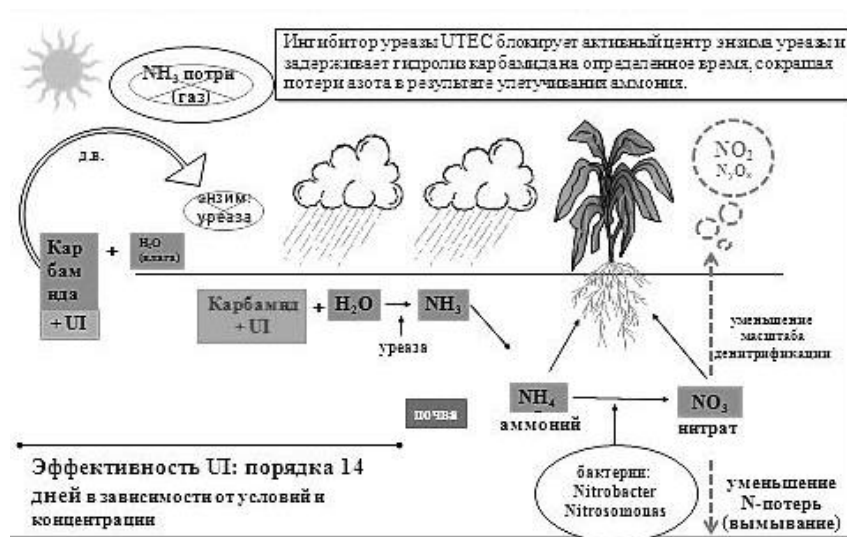


Рисунок 4 – Трансформация мочевины с ингибитором уреазы УТЕС в почве (<https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-xxi/stati-rastenievodstvo/udobryajte-bez-poter.html>)

Как показывает практика, применение карбамида с UTEC повышает его эффективность до 20 %. Для агронома это означает снижение норм внесения с сохранением урожайности или повышение урожайности в среднем на 4–6 % при тех же нормах внесения удобрений.

В Европе стабилизированные азотные удобрения применяются уже более 15 лет. Только в Испании, Италии, Франции, Греции и Германии их вносят около 400 тыс. т в год. Наибольшие объемы приходятся на подкормки зерновых и овощных культур, а также обработки древесных растений перед цветением. Европейские фермеры ценят удобрения с ингибиторами за то, что они увеличивают урожаи и улучшают их качество, повышают эффективность использования азота и уменьшают затраты труда за счет снижения количества обработок. Кроме того, росту применения стабилизированных удобрений в Европе способствует законодательство некоторых стран, ограничивающее концентрацию нитратов в грунтовых водах. Например, в Германии, Испании и Португалии допускается не более 50 мг/л, а в Швейцарии – 25 мг/л ионов NO_3 . ENTEC помогает фермерам в этих странах выполнять требования законодательства. Он сохраняет аммонийную форму азота в почве в течение многих недель после применения удобрений, препятствуя их преобразованию в нитраты, которые подвергаются вымыванию

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте общую характеристику сеникации, дефолиации, десикации.
2. Чем отличается дефолиация от десикации и сеникации?
3. Перечислите известные вам дефолианты, десиканты и сениканты.
4. Чем руководствуются при принятии решения о проведении сеникации?
5. Какие вещества могут быть регуляторами роста?
6. Чем отличаются эндогенные регуляторы роста от экзогенных?
7. От чего зависит успех при применении экзогенных регуляторов роста?
8. Какие известны синтетические регуляторы роста? Для чего их используют?
9. Какие внешние условия влияют на продолжительность вегетационного периода растений?
10. Как можно ускорить созревание плодов?
11. Какие внешние условия влияют на созревание и качество плодов?
12. Какие минералы называются цеолитами?
13. Расскажите о природоохранной роли цеолитов.
14. Какие критерии положены в основу классификации цеолитов?
15. Как влияют микробиологические препараты на плодородие и продуктивность почвы?
16. Перечислите наиболее распространенные в сельском хозяйстве бактериальные препараты.
17. Чем отличаются стимуляторы роста от ретардантов?
18. Какие химические соединения относятся к ингибиторам нитрификации?
19. Какие химические соединения являются действующими веществами у ENTEC и UTEC?
20. Каков механизм действия ингибиторов нитрификации на трансформацию азота удобрений?

5. ДИАГНОСТИКА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В УДОБРЕНИЯХ

5.1. Понятие о потребности в удобрениях

Абсолютная потребность растений в питательных веществах, ..., представляет собой единственное мерило производительности почвы, т. к. именно величиной этой потребности в питательных веществах должна определяться способность почв к их отдаче, а также вид и количество требуемого удобрения...

П. Фагелер, 1938

Под *потребностью в удобрениях* понимается разница между необходимым растению для формирования определенного уровня урожая количеством элементов питания и их наличием в почве:

$$Y = P - П,$$

где: Y – потребность в удобрениях;

P – количество элементов питания, необходимое растениям;

П – содержание элементов питания в почве.

Воспользовавшись этой формулой, можно представить два крайних случая: 1) если почва полностью обеспечивает потребность растений в питании, т. е. $P=P$, то удобрений не требуется ($Y=0$); 2) если почва практически не содержит доступных растениям элементов питания ($П=0$), то потребность растений полностью удовлетворяется за счет удобрений ($Y=P$). На практике мы сталкиваемся с самыми различными сочетаниями этих условий, которые и необходимо учитывать.

Количество удобрений с поправками на влияние внешних условий роста и развития растений, обеспечивающее получение запланированного урожая на данном поле, называется *нормой*. На каждом поле имеются свои особенности, требующие внесения различного количества удобрений. Например, одно поле может иметь повышенную кислотность почвы, другое – резко выраженный недостаток одного или нескольких элементов питания, третье – различные количества элементов питания, накопленных в пожнивно-корневых остатках. Для удовлетворения потребности растений в разные фазы их роста и развития норму удобрений вносят не одновременно, а частями, т. е. *дозами*.

Потребность растений в элементах питания определяют для всего периода вегетации для создания планируемого урожая. Норма удобрений зависит от: а) выращиваемой культуры и ее сорта; б) величины урожая – чем он выше, тем больше элементов питания необходимо для его формирования. Величина урожая, наряду с нормой удобрения, зависит также от: свойств почвы (ее кислотности и увлажнения; содержания доступных растениям форм элементов питания); погодных условий, как в предшествующем году, так и ожидаемых в текущем; применяемой агротехники. Непосредственная задача применения удобрений – получение запланированного урожая с высоким качеством в текущем году и воспроизводство плодородия почвы.

Для определения потребности предприятия в удобрениях необходимо: 1) определить требуемое количество элементов питания для каждой культуры, по каждому полю в отдельности на весь период вегетации; 2) для удовлетворе-

ния меняющихся по мере роста и развития потребностей данной культуры определить дозы, сроки и способы внесения каждого вида удобрения. Обе задачи решаются при составлении плана применения удобрений в предприятии.

Количество элементов питания, необходимое для создания запланированного урожая, определяется: а) величиной планируемого урожая; б) биологическим выносом из почвы элементов питания; в) коэффициентами использования растениями элементов питания из вносимых удобрений; г) последствием удобрений, внесенных под предшествующую культуру; д) содержанием элементов питания в пожнивных и корневых остатках.

Растения разных видов обладают различной способностью извлекать биогенные элементы из почвы. Произрастая на одной и той же почве, они поглощают из нее элементы питания с разной интенсивностью и в различных соотношениях. Эти видовые особенности сформировались в процессе филогенеза.

Растения за вегетационный период извлекают из почвы для своей жизнедеятельности определенное количество элементов питания. Значительная их часть отлагается в растениях и в сравнительно небольшом количестве может возвращаться через корни обратно в почву. Потребность растений в элементах питания характеризуется выносом с урожаем. Различают вынос биологический и хозяйственный.

Биологический вынос – количество элементов питания потребленного растением для создания биологической массы урожая (товарная и побочная продукция, пожнивные и корневые остатки, в т. ч. и частично возвращенные впоследствии в почву). Биологический вынос относится к физиологическим явлениям, т. е. к отправлению жизненных функций растений. Его разделяют на две части: хозяйственную и остаточную.

Хозяйственный вынос включает элементы питания, содержащиеся в товарной продукции, отчуждаемой с данного поля при уборке урожая. Если же на поле оставляют нетоварную часть урожая (солому, ботву, стебли) как отходы, то элементы, содержащиеся в этой продукции, не включают в хозяйственную часть выноса, а относят к *остаточной*.

Для определения потребности биоценоза в удобрениях необходимо определить содержание в почве элементов питания, провести наблюдение за ростом и развитием растений, а также потреблением ими элементов питания. Для этого разработаны методы растительной и почвенной диагностики.

5.2. Диагностика питания растений

Диагностика питания растений – определение в течение вегетации растений степени обеспеченности их отдельными элементами питания, либо по внешнему виду и биометрическим признакам, либо с помощью химического анализа растений и почвы.

Н.К. Болдырев

Перед проведением диагностических исследований в поле необходимо подробно ознакомиться с методами диагностики, тщательно изучить историю полей, на которых будет проводиться работа: агротехнику, агрохимические свойства почвы, погодные условия по данным ближайшей метеостанции.

При диагностике питания растений выполняются следующие учеты и наблюдения:

- рекогносцировочное обследование участка (расположение рельефа);

- фенологические наблюдения за ходом онтогенезом растений;
- визуальная оценка состояния растений;
- отбор и химический анализ образцов почвы и растений по фазам вегетации;
- фиксация погодных условий;
- учет биометрических показателей роста и развития растений по фазам вегетации;
- учет урожайности, анализ структуры и качества урожая.

На основании полученных данных рассчитывают норму и дозы внесения удобрений.

5.2.1. Растительная диагностика

Растительная диагностика – метод определения обеспеченности растений элементами питания по показателям самих растений. В отличие от почвенных анализов, интерес к растительной диагностике в значительной мере определен существующей при этом возможностью «спросить мнение самого растения». Метод растительной диагностики основан на предположении, что химический состав индикаторных органов растений отражает степень их обеспеченности теми или иными элементами питания в конкретных почвенно-климатических условиях. Растительная диагностика подразделяется на визуальную, биометрическую, химическую и функциональную.

5.2.1.1. Визуальная диагностика

Визуальная диагностика питания растений проводится по специфическим визуальным диагностическим признакам (симптомам) голодания – окраске, изменениям габитуса растения и отдельных его органов. Особое внимание уделяется окраске листьев: общая окраска; различие в цвете нижних и верхних (взрослых) листьев; особенности окраски в пределах листовой пластинки – различие в центре и по краям, наличие пятен, цвет засохшей ткани. При этом необходимо иметь в виду, что нижние листья могут приобретать нетипичный вид и по причинам, не связанным с обеспеченностью элементами питания (недостаток воды, затенение). При голодании растений пятна локализованы по краям листа или вдоль жилок, при заболеваниях они расположены хаотично. Заболевания могут проявляться на отдельных растениях, голодание – на определенной площади.

Этот вид диагностики имеет большое рекогносцировочное значение при осмотре агроценозов в регионах распространения деградационных изменений почв. Однако его применение требует большого опыта, навыков и наличия специальных цветных атласов, характеризующих основные симптомы голодания растений при недостатке тех или иных биогенных элементов. Следует также отметить, что наличие атласов полностью не решает этой проблемы, т. к. даже у разных сортов одного вида растений наблюдаются отличия в окраске при одном уровне обеспеченности элементами питания.

Недостаток элементов питания по-разному отражается на внешнем виде растений и отдельных их органов. А.В. Чумаков (1983) составил сводку визуальных симптомов у растений, испытывающих недостаток элементов питания (табл. 123). Из этой сводки видно, что общей реакцией растений на дефицит большинства элементов является хлороз листьев, поэтому визуальная констатация несбалансированного питания не указывают на конкретный элемент. Для идентификации типа голодания чаще всего привлекается химическая диагностика.

Таблица 123 – Диагностические признаки недостатка биогенных элементов питания у растений

Признаки недостатка элемента питания	Растения-индикаторы	Факторы, влияющие на подвижность и усвоение элемента растениями	Недостаток элемента встречается
1	2	3	4
<p>Признаки недостатка появляются главным образом на старых листьях или по всему растению – изменяется общий вид растения</p> <p><i>Признаки распространены по всему растению, окраска листьев изменяется от темно-зеленой до желтой, на старых листьях переходит в желтую или фиолетовую</i></p>			
<p>Азот – растения бледно-зеленые, нижние листья желтеют от кончика, могут появиться оранжевые или красные оттенки, стебель короткий, тонкий, твердый и хрупкий. Рост замедляется, кушение и цветение слабое, листья небольших размеров и преждевременно опадают. Раннее опадение завязей и ускоренное созревание семян и плодов. При большом недостатке растения сохнут. Корни длинные, боковые корешки развиваются плохо</p>	<p>Рожь, кукуруза, фасоль, капуста цветная, горох, картофель, капуста кочанная, фруктовые деревья</p>	<p>Холодная погода, уплотненная и холодная почва, слабая микробиологическая деятельность, запахи большого количества соломы, недостаток влаги</p>	<p>Почти на всех почвах, прежде всего легких и супесчаных</p>
<p>Фосфор – растения темно- или сине-зеленые, фиолетовые или пурпурные. На краях нижних листьев может появляться желтая, бурая или черная окраска. При большом недостатке рост замедляется, задерживается наступление фаз развития, особенно цветение и созревание, угнетается рост, молодые листья мелкие, отходят от побегов под острым углом. Признаки, появившиеся на нижних листьях, четко ограничены. Корни длинные, от бурого до черного цвета с малым количеством мелких черно-бурых корешков</p>	<p>Морковь, гречиха, пшено, овес, горох, фасоль, томаты</p>	<p>Низкая температура почвы и воздуха, избыток хлоридных и нитратных ионов в почве</p>	<p>Почти на всех почвах, суглинистых и глинистых, преимущественно кислых</p>
<p>Молибден – при слабом недостатке появляется желтая или бледно-коричневая окраска или некротические пятна. При сильном недостатке хлорозная ткань отмирает. У крестоцветных окраска зеленая или зелено-синяя, листовая пластинка искривляется и редуцируется. Точка роста и сердечко отмирают. Цветение и образование семян задерживаются. Уменьшается величина, количество и цвет клубеньковых бактерий</p>	<p>Люцерна, клевер, горох, бобы, вика, люпин, капуста цветная, шпинат, салат</p>	<p>Высокое содержание Mn, Fe, Cu и сульфатных ионов в почве, высокие дозы нитратного азота, уплотнение почвы</p>	<p>На сильнокислых, легких, серпентиновых почвах с большим содержанием органического вещества</p>

1	2	3	4
<p>Признаки недостатка появляются главным образом на старых листьях или по всему растению – изменяется общий вид растения</p>			
<p><i>Признаки преимущественно локализованы, на старых листьях хлороз может сопровождаться некрозом</i></p>			
<p>Калий – окраска листьев темно-зеленая, с голубоватым и бронзовым оттенком. Хлороз появляется на кончике и краях листьев, хлорозные участки изменяют окраску от бронзовой до темно-бурой и отмирают. Междоузлия укороченные, более тесное расположение долек листа, неравномерный рост листовой пластинки, морщинистость листьев, недостаточное развитие поддерживающих тканей, потеря тургора. Растения выглядят вялыми и отмирают. На листьях могут появиться пятна, которые сливаются. Корни длинные, слизистые, пожелтелые с малым количеством боковых корешков</p>	<p>Кукуруза, рожь, капуста, брюква, фасоль, овес, горох</p>	<p>Теплая и сухая погода, высокое содержание Са- и Mg-ионов в почве</p>	<p>На тяжелых, пойменных и торфяных почвах</p>
<p>Магний – в зависимости от вида растения окраска может меняться от желтой, оранжевой до красно-фиолетовой. Старые листья хлорозные, при сильном недостатке – с серыми пятнами отмирающей ткани, нерватура листа остается зеленой, цветение замедляется. У некоторых растений наблюдается ломкость листьев, связанная с повышенным содержанием в них воды. Растения запаздывают в развитии. Корни длинные с большим количеством боковых корешков</p>	<p>Рожь, пшеница, фруктовые деревья, виноград картофеля, табак</p>	<p>Высокие дозы удобрений, содержащих К-, Na-, NH₄-ионы</p>	<p>На легких песчаных и супесчаных преимущественно кислых почвах</p>
<p>Цинк – на листьях появляется хлороз, пожелтение и пятнистость, переходящая иногда и на жилки. При большом недостатке появляется некроз. Признаки голодания проявляются сразу после распускания листьев. Рост застывший, асимметричность листьев, укороченные междоузлия, розетчатость и мелколистность. Листья бывают свернутые, хрупкие и ломкие. На концах побегов деревьев появляется розетчатость. Рост корней слабый и замедленный</p>	<p>Кукуруза, фасоль, соя, лен, хмель, чеснок, абрикос, персик, слива, виноград</p>	<p>Высокие дозы P и N удобрений, обильное известкование, низкая температура, уплотненная почва, низкое содержание органического вещества</p>	<p>На почвах, разнообразных по гранулометрическому составу и разным по кислотности</p>

1	2	3	4
Признаки недостатка сосредоточены главным образом на молодых листьях, точке роста, признаки локализованы, точка роста может отмирать			
<i>Точка роста без признаков недостатка, хлороз может сопровождаться некрозом, нерватура от бледно-зеленой до темно-зеленой</i>			
<p>Железо – молодые листья бледно-желтые или лимонно-зеленые, старые листья имеют нормальную зеленую окраску. Нерватура в первое время остается зеленой. При длительном недостатке отмирают ткани на краях листьев и засыхают побеги на деревьях. Стебли короче и тоньше. На краях листьев может появиться некроз, при большом недостатке листья отмирают. Корни короткие, бурые с большим количеством маленьких белых корешков</p>	<p>Фруктовые деревья, виноград, малина, томаты, овес, кукуруза</p>	<p>Высокая влажность или переувлажнение почвы, обилие P и недостаток K в почве, низкая или высокая температура, избыток растворимых солей тяжелых металлов в кислых почвах, плохая аэрация</p>	<p>На почвах с высоким содержанием CaCO₃ и органического вещества</p>
<p>Марганец – на молодых листьях могут появиться хлоротические пятна желтой или палевой окраски. Позднее может появиться и некроз. У листьев, имеющих сетчатое строение, пятна имеют округлую, а у листьев с параллельным жилкованием – удлинненную форму. Кончики листьев часто зеленые, листья увядшие, в нижней части бывают надломленные и повисшие. У двудольных – хлороз в виде мозаики с серо-зеленым средним нервом. Образование корней слабое, корни малоразвитые и часто с коричневой окраской</p>	<p>Овес, ячмень, пшеница, свекла сахарная, кормовая и столовая, бобы, фасоль, горох, огурец, лук, шпинат, салат, чеснок, редиска, редька, яблоня, абрикос, черешня, вишня, виноград, персик, слива</p>	<p>Сухая погода, низкая температура почвы, низкая интенсивность освещения, высокое содержание ионов P, Fe, в почве</p>	<p>На почвах со щелочной и нейтральной реакцией, избытком CaCO₃, торфяных, тяжелых с большим содержанием органического вещества</p>
<p>Медь – у двудольных наблюдается свертывание молодых листьев около среднего нерва, потеря тургора и увядание растений, листья ломкие, кончики листьев желто-белой до желто-зеленой окраски. Образование колосьев слабое, колоски пустые и белые, задержка стеблевания. У двудольных могут образоваться желто-коричневые некротические пятна, генеративное развитие замедляется. Корни длинные и тонкие с белыми боковыми корешками</p>	<p>Пшеница, овес, ячмень, турнепс, бобы, травы, салат, лук, морковь, капуста цветная, редька, свекла столовая, шпинат, чеснок, укроп, груша, яблоня, слива, абрикос</p>	<p>В почве высокая концентрация P-, N- и Zn-ионов в почве, избыток растворимых соединений тяжелых металлов, жаркая погода</p>	<p>На почвах с высоким содержанием органического вещества, почвах кислых и песчаных, торфяных и рекультивированных</p>

1	2	3	4
Сера – самые молодые листья желтые, желто-коричневые или коричневые, часто с некротическими пятнами. Нерватура бывает бледнее, чем окружающая ткань. Стебель короткий, тонкий и хрупкий, рост скочанный. Нижние листья могут быть толще и тверже. Корни белые, сильно разветвленные, их кончики отмирают	Бобовые, крестоцветные и лилейные растения -	Избыточные дозы Р и N удобрений, высокая концентрация селена в почве, низкая температура	На почвах легких, выщелоченных с низким содержанием органического вещества

Признаки недостатка находятся главным образом на молодых листьях, точке роста, признаки локализованы, точка роста может отмирать

Точка роста отмирает, листья хлорозные, деформированные

Кальций – точка роста отмирает, молодые побеги сгибаются (образуют крюк), листья желто-белые или желтые, изменение окраски начинается с кончиков и краев листьев, черешок под соцветием ломается. Растения выглядят вялыми, на листьях может появиться опробкование, отмирание плодов начинается с чашечки. Корни короткие и слизкие, темно-коричневые или черные	Лен, томаты, капуста цветная, яблоня	Сухая и теплая погода, колебание влажности почвы, избытие NH ₄ , К и Mg удобрений	На почвах легких и кислых, торфяных и засоленных
Бор – листья бледнеют, хлороз распространяется от кончиков листьев. Листья прочные и хрупкие, уродливые, асимметричные, недоразвитые, междуузлия укороченные, точка роста отмирает. В кочанах и корнеплодах появляются пустоты. Корни слабые щетинистые с большим количеством боковых, на концах утолщенных корешков	Сахарная, кормовая и столовая свекла, турнепс, люцерна, клевер, белый донник, люпин, чина, подсолнечник, сурепка, капуста кочанная, шпинат, капуста цветная, яблоня	Длительная засуха, большая интенсивность освещения, избытие N и K удобрений	На почвах кислых и щелочных с избытием CaCO ₃ , на почвах легких и орошаемых

5.2.1.2. Биометрическая диагностика

Биометрическая диагностика – это диагностика реакции растений на экологические условия произрастания по биометрическим параметрам, характеризующим рост и развитие растений. Обычно оценку приурочивают к фенофазам. Учет проводят путем подсчета, измерения, взвешивания. Например, для зерновых культур в фазе всходов подсчитывают количество растений на единице площади, измеряют их высоту, сырую и сухую массу; в кущение – к отмеченным выше показателям добавляют число побегов (для оценки интенсивности кущения); в выметывание – количество продуктивных побегов, длина колоса (метелки), число колосков; в молочно-восковой спелости –

сти – число зерен и их массу. Заключение о состоянии питания растений делается с учетом величины и качества урожая.

Биометрическую диагностику особенно важно проводить в стационарных исследованиях при изучении реакции различных сортов культур на удобрения и при программировании урожаев с заданным качеством.

5.2.1.3. Химическая диагностика

Голодание растения в отношении того или иного элемента, указывает Ю.И. Ермохин, – это не мгновенный взрыв, а результат длительного процесса в развитии растительного организма. Иными словами, визуальные и биометрические симптомы голодания растений проявляются спустя некоторое время после появления дефицита элементов питания в почве. Чтобы предотвратить голодание необходимо «заглянуть», что делается внутри самого растения. Сделать это поможет химическая диагностика.

Химическая диагностика – это метод оценки реакции растений на условия произрастания или воздействия на них удобрений путем сравнения общего содержания биогенных элементов в индикаторных его органах с учетом их возраста и фазы развития с «эталонным» химическим составом. Этот метод диагностики часто еще называют листовой, т. к. в качестве индикаторных органов растений, как правило, используют листья. Термином химическая диагностика растений (*diagnostikos* – греч. – способный распознавать) называют весь процесс исследования растения, определения его состояния и рассуждения агрохимика при определении голодания растений. Распознавание голодания растений в отношении того или иного элемента питания составляет основу диагностики питания.

Между величиной урожая и химическим составом растений существует тесная связь. Различные условия питания растений, в том числе и обусловленные внесением удобрений, сказываются на их химическом составе. Эта связь используется для диагностики обеспеченности растений элементами питания и расчета потребности в удобрениях. Высокий урожай бывает при оптимальных условиях питания растений. Их химический состав можно принять за норму, т. е. достаточный для формирования высоких урожаев. Низкий урожай и низкое содержание элементов питания в растениях указывают на их недостаток для формирования высокого урожая. Если в молодых растениях содержание биогенных элементов оптимальное, а масса их при этом все же небольшая, то не питание, а какой-то иной фактор ограничивает рост растений. С целью оценки условий питания растений проводят тканевую или листовую диагностику.

5.2.1.3.1. Листовая диагностика

Листовая диагностика заключается в определении содержания биогенных элементов в листьях, которое позволяет оценивать обеспеченность ими растений.

Для анализа отбирают листья определенного яруса, чаще среднего, иногда – верхний взрослый лист (третий по счету сверху, начиная с разворачивающегося листа). Отобранные листья высушивают, измельчают и в них определяют содержание азота, фосфора и калия. Химический состав растений на обследуемом участке сравнивают с оптимальным уровнем содержания элементов, при котором в благоприятных экологических условиях роста и развития формируется высокий урожай высокого качества (табл. 124).

Таблица 124 – Оптимальное содержание азота, фосфора и калия в растениях, % сухой массы

Растение	Фаза развития	Орган растения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая	кущение	надземные органы	4,0–5,9	0,44–0,65	3,3–4,2
	трубкавание	листья	3,8–5,0	0,40–0,52	2,5–3,3
	колошение – цветение	листья	3,0–3,6	0,22–0,39	2,6–3,2
Пшеница яровая	кущение	надземные органы	4,0–5,5	0,39–0,57	3,3–4,4
	трубкавание	листья	3,5–4,4	0,39–0,52	2,9–3,7
	колошение – цветение	листья	2,9–3,0	0,35–0,44	2,5–3,3
Ячмень	кущение	надземные органы	4,7–5,0	0,52–0,78	3,3–4,2
	трубкавание	листья	4,2–4,7	0,42–0,62	2,9–4,0
	колошение – цветение	листья	3,0–3,5	0,30–0,44	2,3–2,7
Рис	кущение	надземные органы	2,6–3,5	0,22–0,28	2,01–2,25
		листья	3,6–4,4	0,26–0,37	2,30–2,40
	выметывание	надземные органы	0,9–1,1	0,19–0,24	2,00–2,25
Кукуруза	всходы	листья	2,1–2,9	0,22–0,25	2,30–2,50
		надземные органы	4,0–4,6	0,43–0,52	4,6–5,2
	3–5 листьев	надземные органы	3,0–3,6	0,30–0,65	2,8–3,3
	6–10 листьев, выметывание метелки	листья	3,8–4,0	0,35–0,57	3,2–4,2
Свекла сахарная	4–6 листьев	листья	5,2–5,5	0,44–0,52	4,1–6,0
	10–18 листьев	листья	3,4–3,7	0,33–0,37	3,5–4,5
	смыкание рядков	средние листья	3,6–4,0	0,33–0,40	3,0–5,0
Картофель	до бутонизации	надземные органы	5,2–6,0	0,39–0,61	4,0–4,2
		листья	4,5–5,0	0,26–0,57	4,0–4,2

Примечание. Урожайность зерна злаков > 4 т/га, зерна кукурузы > 5, ее зеленой массы > 50, корнеплодов сахарной свеклы > 30 т/га.

Оптимальные величины содержания в растении биогенных элементов являются физиологической его характеристикой, они мало изменяются в зависимости от места и условий возделывания. Отклонения от них являются, в основном, следствием изменений условий минерального питания. По разности между оптимальным и фактическим содержанием элемента делают вывод об обеспеченности им растений и корректируют норму (дозу) удобрения по формуле:

$$D = N \cdot \frac{C_{\text{оптим.}}}{C_{\text{факт.}}},$$

где: D – норма (доза) удобрения, уточненная по результатам анализа растений (кг/га д. в.);
 N – рекомендованная норма (доза) удобрений, принятая в производственных условиях (кг/га д. в.);
 C_{оптим} и C_{факт} – оптимальное и фактическое содержание элемента в растениях (% – при листовой диагностике, балл или мг/кг сырого вещества – при тканевой диагностике).

Недостаточная эффективность применяемых (норм) доз удобрений может быть вызвана несбалансированностью элементов питания. Поэтому целесообразно определять количество не одного элемента, а как минимум трех – азот, фосфор и калий. В случае несбалансированности соотношения между элементами в растении доза одного из них может быть уточнена относительно содержания другого элемента. Например, при недостатке азота и избытке фосфора или калия уточненная доза азота (D_N) составит:

$$D_N = H_N \cdot \frac{N_{\text{опт.}} \cdot P_{\text{факт.}} \cdot K_{\text{факт.}}}{N_{\text{факт.}} \cdot P_{\text{опт.}} \cdot K_{\text{опт.}}}$$

Аналогичные расчеты проводят при недостатке в растениях фосфора, калия и других биогенных элементов. По результатам листовой диагностики устанавливают вынос элемента питания из почвы с урожаем.

5.2.1.3.2. Тканевая диагностика

Тканевая диагностика предусматривает определение содержания неорганических форм соединений элементов питания в тканях или вытяжке из растений. Она включает целую группу разных методов химического анализа сока растений. Например, анализ пасоки (по Сабинину), анализ выжатого из тканей сока растений (по Магницкому), анализ среза свежих растений (по Церлинг), т. е. тканевая диагностика – это диагностика резерва питания, представленного в растительной ткани в виде минеральных форм, которые еще не использованы растением на построение органических соединений. Поэтому точность диагностики в этом случае сильно зависит от учета всех факторов, влияющих на метаболизм ионов, поступивших в растения, включая освещение, температурный режим, взаимоотношение ионов, возраст растительной ткани и другие, трудно учитываемые факторы. Это одна из причин, что несмотря на относительную простоту и возможность оперативного определения обеспеченности растений элементами питания непосредственно в поле, в мировой практике тканевая диагностика не получила широкого распространения. Кроме того, тканевая диагностика применима не для всех культур, не для всех фаз их развития и элементов питания.

Самым ответственным моментом в диагностике питания растений является правильный отбор проб для химического анализа. Учитывая вариабельность химического состава молодых растений в посевах, образцы отбирают так, чтобы были получены репрезентативные данные о содержании элементов питания в растениях на конкретном поле.

Пробы растений при всех методах химической диагностики отбирают на полях с не нарушенными какими-либо внешними факторами (повреждение посевов вредителями, поражение болезнями, недостаток или избыток воды и т. д.) ростом и развитием растений. Сроки отбора устанавливают по фазам вегетации, а не по календарю, что позволяет сравнивать данные за разные годы. Для анализа, как правило, отбирают: у картофеля черешки листьев среднего яруса, у кукурузы – центральную жилку у основания листа среднего яруса, у пшеницы – нижнюю часть растений, лишённую листовых пластинок.

При отборе проб растений всю площадь исследуемого производственного посева визуально делят на несколько участков в зависимости от состояния растений. С высокопродуктивных полей в богарных условиях при выравненном стеблестоем один образец берут примерно с 30 га, при невыравненном – 10 га, в условиях орошаемого земледелия – в зависимости от площади поливного участка с 1–3 га. Смешанный образец, предназначенный для анализа, составляют из 70–100 растений или индикаторных листьев. Пробы отбирают в утренние часы

по двум диагоналям исследуемого участка. Во время росы и после дождя пробы не отбирают. При отборе проб следует избегать загрязнения растений почвой. Если на выделенном участке имеются растения с признаками заболевания или замедленного роста, то на карте поля отмечают эти участки и с них отдельно отбирают пробы почвы и растений для выявления причин их плохого состояния. Отобранные растения протирают сырой ватой или марлей, удаляя пыль и грязь, взвешивают до и после сушки, чтобы вычислить их сырую и сухую массу. При листовой диагностике сушку проводят на воздухе, избегая прямого солнечного света, или в термостате при температуре 60–80°C. Для тканевой диагностики важно сохранить неизменными неорганические формы соединений в растениях, поэтому их анализируют свежими или фиксируют в термостате при температуре 90–100°C (избегая подгорания) в течение 40 мин. с последующим досушиванием при 60–80°C или на воздухе. Измельченные образцы хранят в банках с притертыми пробками или полиэтиленовых пакетах. Перед анализом определяют влажность пробы для пересчета результатов на абсолютно сухую массу. Химические анализы проводят по утвержденным ГОСТом методикам.

В настоящее время во многих странах мира наиболее популярны методы листовой диагностики, основанные на определении общего содержания элементов, что объясняется их более высокой, по сравнению с экспресс-методами, точностью. Тканевая диагностика проводится совместно с листовой. Разница между содержанием химического элемента (листовая диагностика) и количеством его неорганических форм показывает, какая часть поступившего элемента затрачена на синтез органических веществ.

5.2.1.4. Функциональная диагностика

Поглощение элементов питания растениями не всегда является следствием их необходимости. Это основной фактор, ограничивающий эффективность химических методов диагностики питания растений по общему химическому составу и содержанию неорганических форм различных элементов. Кроме того, недостаток или избыток одних элементов может нарушить усвоение растениями других элементов питания.

Функциональная диагностика питания растений проводится не по содержанию диагностируемого элемента в индикаторном органе на основе сравнения с эталоном, а по реакции растений на изменение количества элемента по физиолого-биохимическим критериям. Например, уровень обеспеченности растений азотом и потребность в нем определяют по способности тканей к восстановлению нитратов в нитриты, т. е. по активности фермента нитратредуктазы или активности хлоропластов в листьях. Метод фотохимической активности хлоропластов основан на измерении фотохимической активности суспензии хлоропластов средней пробы листьев диагностируемых растений, а затем проводят тот же анализ с добавлением элемента питания. При повышении фотохимической активности суспензии хлоропластов по сравнению с контролем (без добавления элементов) делается заключение о недостатке элемента, при снижении – об избытке, при одинаковой активности – об оптимальном содержании в питательной среде.

5.2.2. Почвенная диагностика

Основной источник элементов минерального питания растений – почва. В связи с этим по их содержанию в почве делают заключение об обеспеченности ими растений. Таким образом, определение обеспеченности растений элементами питания по их содержанию в почве называют *почвенной диагностикой*, на основании которой устанавливают норму и корректируют дозы вносимых минеральных удобрений.

Одним из основных условий получения достаточно точных данных для прогнозирования эффективности норм и доз удобрений является своевременный и правильный отбор проб почвы для анализа. Их отбирают и анализируют в соответствии с действующими методическими указаниями по агрохимическому обследованию почв сельскохозяйственных угодий.

Современные методы анализа позволяют определять в одной пробе 15–20 элементов. Из всех агрохимических показателей при почвенной диагностике, наиболее неустойчивым и быстроменяющимся даже в течение нескольких дней является содержание в почве минеральных форм соединений азота, в связи с этим при составлении агрохимических картограмм и паспортов полей он не используется. Тем не менее, для агроэкономического и экологически безопасного применения азотных удобрений необходимы оперативные данные о запасах минеральных форм соединений азота в почвах. Расчет их проводят по формуле:

$$X = (N - NO_3 + N - NH_4) \cdot h \cdot d \cdot 0,1$$

где: X – запас азота в исследуемом слое почвы, кг/га;

N–NO₃+N–NH₄ – содержание минерального азота в почве, мг/кг.

h – глубина исследуемого слоя, см;

d – плотность почвы, г/см³;

0,1 – коэффициент пересчета в кг/га.

Пример расчета запаса азота в слое 0–40 см. В слое почвы 0–20 см содержится 15 мг/кг N–NO₃ и 10 мг/кг N–NH₄. Плотность почвы в слое 0–20 см составляет 1,4 г/см³. В слое 20–40 см содержится 10 мг/кг нитратного азота и 5 мг/кг аммонийного азота. Плотность почвы в слое 20–40 см равен 1,5 г/см³.

Определяют запас азота в слое 0–20 см: X=(15+10)·20·1,4·0,1=70 кг/га; в слое 20–40 см: X=(10+5)·20·1,5·0,1=45 кг/га. Общий запас нитратного и аммонийного азота в 0–40 см слое почвы составляет: 70+45=115 кг/га.

Аналогичным путем рассчитывают запасы минерального азота и в более глубоких слоях почвы.

Пересчет содержания азота на абсолютно сухую почву проводят по формуле:

$$N_1 = \frac{N \cdot 100}{100 - B}$$

где: N₁ – содержание азота в абсолютно сухой почве;

N – содержание азота во влажной почве;

B – влажность почвы, %

Определение нитратного азота ведется дисульфифеноловым методом Гранвальд-Ляжа, а аммонийного – методом Несслера. На засоленных почвах нитратный азот целесообразно определять по методу Шаферштейна, Саввы и Липкинда.

Ориентировочно об эффективности применения азотных удобрений судят по содержанию доступных растениям форм соединений азота в почве (табл. 125).

Существует несколько модификаций коррекции или расчетов норм (доз) азотных удобрений по содержанию азота в почве. В первую очередь вычисляют запасы аммонийного и нитратного азота в определенном слое почвы на 1 га. Затем с учетом возможных коэффициентов использования азота из почвы конкретной культурой севооборота рассчитывают количество элемента, которое будет потреблено из почвы. Разность между потребностью культуры и наличием доступного для нее количества элемента в почве и будет означать норму удобрения.

Таблица 125 – Группировка почв по содержанию доступных растениям формами соединений азота

Гумус, %	Степень обеспеченности	Легкогидролизруемый азот, по методу Тюрина и Кононовой, мг/100 г почвы									Нитрификационная способность,				Отзывчивость на удобрения
		рН 5			рН 5–6			рН 6			по методу Кравкова			по методу Корнфильда рН 6–7	
		зерновые	корнеплоды, картофель	овощи	зерновые	корнеплоды, картофель	овощи	зерновые	корнеплоды, картофель	овощи	зерновые	корнеплоды, картофель	овощи		
до 2	Очень низкая	4	5	7	3	4	6	3	4	5	0,5	0,8	1,5		Высокая
2...3	Низкая	5	7	10	4	6	8	4	5	7	0,8	1,5	3,0	8	Высокая
3...4	Средняя	5–7	7–10	10–14	4–6	6–8	8–12	4–5	5–7	7–10	0,8–1,5	1,5–3,0	3,0–6,0	8–16	Средняя
>5	Высокая	7	10	14	6	8	12	5	7	10	1,5	3,0	6,0	>16	Низкая

В качестве иллюстрации приводим пример, заимствованный из книги Б.А. Ягодина, Ю.П. Жукова и В.И. Кобзаренко (2002). Содержание минерального азота определяют в пахотном слое почвы (0–20, 0–30 см) перед внесением азотных удобрений, полученный результат пересчитывают на 1 га (кг/га) и вычитают из ранее установленной нормы или общей потребности культуры в азоте без всяких коэффициентов, т. к. минеральный азот почвы ничем не отличается от минерального азота удобрений. Анализировать более глубокие слои почвы (20–40, 40–60 см и глубже) не целесообразно. Это трудоемкая и длительная работа, а кроме того, неизвестно какая будет погода и как при этом поведут себя нитратный и аммонийный азот более глубоких слоев: ведь за первый месяц после посева корни вряд ли сумеют проникнуть глубже пахотного горизонта. Такой подход позволяет ежегодно экономить в среднем до 30 кг/га азота минеральных удобрений при разовом их внесении в Нечерноземье, а при дробном внесении с коррекцией по результатам растительной диагностики может быть еще более значительной.

Определение минерального азота в почве возможно и осенью, особенно в районах, где почва промерзает на длительный срок. Для оценки обеспеченности почв азотом определяют также содержание его легкогидролизуемых форм в кислотных или щелочных вытяжках.

Для оценки обеспеченности растений фосфором в почве определяют его количество, переходящее в различные кислотные или солевые вытяжки (табл. 126). Обеспеченность почв калием оценивается по результатам определения обменного калия в одной вытяжке с фосфором. Подвижные формы микроэлементов определяют в кислотных, солевых, водных и оксалатных вытяжках.

Таблица 126 – Кислотные и солевые вытяжки, используемые для определения содержания подвижного фосфора

Почва	Метод	Растворитель
Дерново-подзолистая	Кирсанова	0,2н HCl
Чернозем выщелоченный	Чирикова	0,5н CH ₃ COOH
Чернозем обыкновенный	Мачигина	1 % (NH ₄) ₂ CO ₃
Краснозем и желтозем	Аррениуса	1 % лимонная кислота

Для оценки результатов анализов почв их сравнивают с оптимальными значениями содержания элементов, установленными экспериментальным путем и проверенными в производственных условиях. Наиболее широкие сведения по агрохимической характеристике почв приведены в многотомном издании «Агрохимическая характеристика почв СССР» (М.: Наука, 1962–1976). В настоящее время эти материалы пополняются и детализируются. Практическую значимость приобретают результаты агрохимических обследований сельскохозяйственных угодий, проводимые государственными станциями агрохимической службы Российской Федерации. Для оценки обеспеченности растений элементами минерального питания можно использовать приведенные ниже таблицы. Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия приведена в таблице 127, магния – 128, микроэлементов – 129. Для рисовых почв А.Х. Шеудженом (2016) предложена следующая группировка по обеспеченности растений риса микроэлементами (табл. 130). Имеющиеся отличия обусловлены, прежде всего, особенностями культуры риса и своеобразным окислительно-восстановительным режимом рисовых почв.

Диапазон применяемых для извлечения микроэлементов вытяжек чрезвычайно велик – от водных растворов до сильных кислот. Значительная часть их агрессивна и вряд ли извлекает только доступные растениям микроэлементы. Из количества микроэлементов в почве, извлекаемого агрессивными вытяжками, растениями используется менее 1 %.

Таблица 127 – Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия, мг/кг почвы

Группа	Содержание	Фосфор		Калий	
		по Мачигину	по Чирикову	по Мачигину	по Чирикову
1	Очень низкое	<10	<50	<100	0-30
2	Низкое	10-15	50-100	100-200	31-60
3	Среднее	15-30	100-150	200-300	61-90
4	Повышенное	30-45	150-200	300-400	91-120
5	Высокое	45-60	200-300	400-600	121-180
6	Очень высокое	>60	>300	>600	>180

Таблица 128 – Группировка почв по содержанию магния, мг/кг почвы

Группа	Содержание	Гранулометрический состав почв		
		легкие	средние	тяжелые
1	Низкое	<25	<35	<70
2	Среднее	25-50	35-70	70-120
3	Высокое	>50	>70	>120

Таблица 129 – Градации почв Российской Федерации по содержанию подвижных форм микроэлементов (Ягодин Б.А., Верниченко И.В., 2002)

Микроэлемент	Биохимическая зона	Почвенная вытяжка	Содержание, мг/кг почвы				
			очень низкое	низкое	среднее	высокое	очень высокое
В Cu Mo	Тажно-лесная	H ₂ O	0,2	0,2-0,4	0,4-0,7	0,7-1,1	1,1
		1,0 н. HCl	0,9	0,9-2,1	2,1-4,0	4,0-6,6	6,6
		Оксалатная вытяжка	0,08	0,08-0,14	0,14-0,30	0,30-0,46	0,46
		0,1 н. H ₂ SO ₄	1,0	1,0-25,0	25-60	60-100	100
		1,0 н. HNO ₃	0,4	0,4-1,0	1,0-2,3	2,3-5,0	5,0
		1,0 н. KCl	0,2	0,2-0,8	0,8-2,0	2,0-4,0	4,0
В Cu Mo Mn Co Zn	Лесостепная и степная	H ₂ O	0,2	0,2-0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	1,2
		1,0 н. HCl	1,4	1,4-3,0	3,0-4,4	4,4-5,6	5,6
		Оксалатная вытяжка	0,10	0,10-0,23	0,23-0,38	0,38-0,55	0,55
		0,1 н. H ₂ SO ₄	25	25-55	55-90	90-170	170
		1,0 н. HNO ₃	1,0	1,0-1,8	1,8-2,9	2,9-3,6	3,6
		1,0 н. KCl	0,15	0,15-0,30	0,3-1,0	1,0-2,0	2,0
Zn	Ацетатно-аммонийная	4,0	4,0-6,0	6,0-8,8	8,8	–	
В Cu Mo Mn Co Zn	Сухо-степная и полустепная	1,0 н. KNO ₃	0,4	0,4-1,2	1,2-1,7	1,7-4,5	4,5
		HNO ₃ (по Гюльбахмедову)	1,0	1,0-1,8	1,8-3,0	3,0-6,0	6,0
		То же	0,05	0,05-0,15	0,15-0,50	0,5-1,2	1,2
		«	6,6	6,6-12,0	12-30	30-90	90
		«	0,6	0,6-1,3	1,3-2,4	2,4	–
		«	0,3	0,3-1,3	1,3-4,0	4,0-16,4	16,4

Таблица 130 – Группировка рисовых почв по содержанию подвижных форм микроэлементов

Обеспеченность	Содержание микроэлементов, мг/кг											
	В		Мо		Mn		Cu		Zn		Co	
	водная вы-тяжка	оксалат-ная вытяжка	1	2	1	2	1	2	1	2		
Низкая	<0,5	<0,15	<20	<35	<0,3	<4,5	<3	<1	<0,1	<0,5		
Средняя	0,5-1,0	0,15-0,25	20-30	35-75	0,3-0,6	4,5-6,5	3-6	1-2	0,15-0,30	0,5-1,5		
Высокая	>1,0	>0,25	>30	>75	>0,6	>6,5	>6	>0	>0,30	>1,5		

1 – ацетатно-аммонийный буфер pH 4,8

2 – по Пейве-Ринькису

Необходимо отметить, что при оценке обеспеченности растений по содержанию в почве усвояемых форм микроэлементов и разработке на их основе практических рекомендаций по применению микроудобрений следует проявлять осторожность, т. к. имеются доказательства значительных изменений в содержании их подвижных фракций в зависимости от времени взятия образца. Эти колебания иногда могут быть столь существенными, что в разные сроки вегетационного периода почва оказывается хорошо или слабо обеспеченной усвояемыми растениями соединениями микроэлементов.

5.3. Определение норм удобрений

Питание – процесс взаимодействия организма с внешней средой, заключающийся в поступлении в организм биогенных элементов, необходимых для его жизнедеятельности; составная часть обмена веществ. В питании различают поступление в организм биогенных элементов и их усвоение.

Н.А. Максимов

Определение норм минеральных удобрений является одной из важнейших и трудных задач при их использовании. Все существующие способы их определения подразделяются на две группы: 1) метод полевого опыта и 2) расчетные.

5.3.1. Определение норм удобрений на основе прямого использования результатов полевых опытов и агрохимических картограмм

Основным методом установления оптимальных доз удобрений остается полевой опыт. На основе его результатов и определяют дозы удобрений под сельскохозяйственные культуры.

Ш.И. Литвак, 1990

Величина урожая является интегральным показателем, обусловленным воздействием сложной совокупности факторов жизни растений, поэтому результаты полевых опытов с удобрениями являются наиболее надежным способом установления их норм. Нормы удобрений устанавливаются по результатам многолетних полевых опытов, которые проводятся с различными культурами на определенных типах и подтипах почв в сравнимых условиях (агротехника, климат). Такие эксперименты проводятся в основном научными

учреждениями и уточняются в производственных условиях. Метод довольно точен, но не дает возможности учитывать плодородие почв отдельных полей.

При определении норм (доз) удобрений методом полевого опыта решают две задачи: 1) устанавливают плодородие почвы того поля, на котором выращивают данную культуру, чтобы знать запас элементов питания; 2) выясняют потребности выращиваемых культур в питании в течение всей вегетации растений. Только раздельное решение этих двух вопросов позволит внести ясность в установление норм удобрений.

Определение плодородия почв и эффективности удобрений обычно осуществляется проведением полевых опытов по восьмивариантной схеме французского агрохимика Ж. Вилля: 1 – контроль (без удобрения); 2 – N; 3 – P; 4 – K; 5 – NP; 6 – NK; 7 – PK; 8 – NPK. Эта схема считается полной, в ней имеются, все возможные комбинации из трех наиболее дефицитных элементов питания – азота, фосфора, калия.

Для сокращения затрат на проведение полевых опытов эту схему в большинстве исследований сокращают. Из коротких схем наиболее распространена следующая: 1 – контроль (без удобрения); 2 – PK (без азота); 3 – NK (без фосфора); 4 – NP (без калия); 5 – NPK. Эта схема не имеет вариантов с внесением каждого вида удобрений в отдельности. Их действие может быть оценено только по разности урожаев, полученных в варианте полного удобрения (NPK) и парным комбинациям (NP, NK, KP). Но при этом имеется возможность оценить доступные для растений запасы в почве азота, фосфора и калия, т. к. при внесении в удобрениях двух элементов питания урожай, как правило, лимитируется имеющимися в почве запасами третьего элемента, т. е. его количеством усвоенным растениями за весь вегетационный период. Так, запасы азота оценивают по урожаю в варианте PK, фосфора – NK, калия – NP.

Классическая полная схема предусматривает изучение трех норм трех наиболее дефицитных для растений элементов питания в севообороте или же в его звене с размещением культур по лучшим предшественникам. Выявить оптимальную норму каждого из трех элементов (N, P, K) можно только при полном обеспечении потребности культуры двумя другими элементами. Такая схема состоит из одиннадцати вариантов:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1) Контроль (без удобрений) | 7) $N_{60}P_{90}K_{60}$ |
| 2) $P_{60}K_{60}$ | 8) $N_{30}P_{60}K_{60}$ |
| 3) $N_{60}P_{60}$ | 9) $N_{90}P_{60}K_{60}$ |
| 4) $N_{60}K_{60}$ | 10) $N_{60}P_{60}K_{30}$ |
| 5) $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 11) $N_{60}P_{60}K_{90}$ |
| 6) $N_{60}P_{30}K_{60}$ | |

Проведение полевых опытов по этой схеме дает возможность выявить степень обеспеченности изучаемой культуры азотом, фосфором и калием за счет почвенных запасов по урожаям вариантов 2, 3 и 4-го, а также установить, какая норма из трех элементов питания дает лучший результат на фоне других элементов. Если нельзя провести опыты по развернутой схеме, то можно изучить нормы каждого элемента по блокам:

Схема А	Схема Б	Схема В
1) без удобрения	1) без удобрения	1) без удобрения
2) $P_{60}K_{60}$	2) $N_{60}K_{60}$	2) $N_{60}P_{60}$
3) $P_{60}K_{60}N_{30}$	3) $N_{60}K_{60}P_{30}$	3) $N_{60}P_{60}K_{30}$
4) $P_{60}K_{60}N_{60}$	4) $N_{60}K_{60}P_{60}$	4) $N_{60}P_{60}K_{60}$
5) $P_{60}K_{60}N_{90}$	5) $N_{60}K_{60}P_{90}$	5) $N_{60}P_{60}K_{90}$

Указанные выше схемы широко используют в полевых опытах для уточнения оптимальных норм удобрений под различные сельскохозяйственные культуры*. Однако эти схемы не являются совершенными. Основной их недостаток состоит в том, что действие возрастающих норм одного из трех элементов питания растений испытывается на одном неизменном уровне двух других. В ряде случаев при этом действие на урожай повышенных норм испытуемого элемента ограничивается недостаточной обеспеченностью потребности растений в остальных двух элементах питания. Поэтому в результате проведения опытов по таким схемам не всегда выясняются возможности эффективного использования повышенных норм минеральных удобрений. Более совершенны факториальные схемы опытов, в которых действие возрастающих норм одного вида удобрений, например азотных, изучают на фоне нескольких норм двух других видов удобрений – фосфорных и калийных.

Наиболее простой является факториальная схема с изучением двух доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на фоне двух доз каждого из этих видов удобрений. Такая схема удобрений может состоять из следующих девяти вариантов:

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| 1) Контроль | 4) $N_1P_2K_1$ | 7) $N_2P_1K_2$ |
| 2) $N_1P_1K_1$ | 5) $N_2P_2K_1$ | 8) $N_1P_2K_2$ |
| 3) $N_2P_1K_1$ | 6) $N_1P_1K_2$ | 9) $N_2P_2K_2$ |

Проведение полевых опытов по указанной схеме на почвах, где установлена необходимость внесения трех элементов питания под культуры, с которыми намечают провести опыты, позволяет выяснить эффективность двух норм одного вида удобрений на фоне одинарной и двойной норм двух других видов этих удобрений.

Для выяснения эффективности трех норм каждого из трех видов минеральных удобрений опыты необходимо проводить по более сложной факториальной схеме, имеющей 27 вариантов (три нормы каждого из трех видов удобрений на фоне трех норм двух других их видов – $3 \times 3 \times 3$). Пример такой сокращенной схемы приведен в таблице 131.

Таблица 131 – Факториальная схема опыта (три вида удобрений по три нормы*)

№	Вариант	Шифр	№	Вариант	Шифр
1	Контроль	000	14	$N_2P_1K_3$	213
2	$N_0P_1K_1$	011	15	$N_3P_1K_3$	313
3	$N_1P_1K_0$	110	16	$N_1P_2K_2$	122
4	$N_1P_0K_1$	101	17	$N_1P_3K_1$	131
5	$N_1P_1K_1$	111	18	$N_2P_2K_2$	222
6	$N_2P_1K_1$	211	19	$N_1P_2K_3$	123
7	$N_3P_1K_1$	311	20	$N_3P_2K_3$	223
8	$N_1P_2K_1$	121	21	$N_3P_1K_2$	312
9	$N_2P_2K_1$	221	22	$N_3P_2K_2$	322
10	$N_3P_2K_1$	321	23	$N_3P_3K_2$	332
11	$N_1P_1K_2$	112	24	$N_3P_3K_3$	333
12	$N_1P_1K_3$	113	25	$N_3P_3K_1$	331
13	$N_2P_1K_2$	212	26	$N_2P_3K_2$	232
			27	$N_2P_3K_1$	231

* Единичные нормы удобрений для большинства культур следующие: N, P_2O_5 , K_2O – 30–40 кг на 1 га, для хлопчатника N – 80, P_2O_5 – 50, K_2O – 40 кг на 1 га; площадь делянки – 100–200 м², повторность трехкратная.

* Величина нормы N, P и K определяется культурой, для которой она уточняется.

Проведение полевых опытов по факториальным схемам увеличивает объем работ, но позволяет полнее определить возможности увеличения урожая при внесении возрастающих количеств минеральных удобрений. Кроме того, результаты указанных опытов наиболее пригодны для статистической оценки полученных результатов с использованием современных автоматизированных программ, что позволяет установить зависимость урожаев и эффективности удобрений от ряда условий. На основе результатов полевых опытов научно-исследовательские учреждения определяют и рекомендуют сельскохозяйственным предприятиям средние нормы удобрений под главнейшие культуры на основных типах и разностях почв. Такие рекомендации к настоящему времени для всех сельскохозяйственных регионов страны и для большинства полевых сельскохозяйственных культур и природных кормовых угодий (табл. 132, 133: Литвак Ш.И., 1990).

Таблица 132 – Ориентировочные нормы минеральных удобрений (кг/га д. в.) под основные сельскохозяйственные культуры

Культура	Зона	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	Нечерноземная	100	90	90
	Лесостепная	85	80	65
	Степная	75	70	50
Рис	Северный Кавказ	150	100	75
	Кукуруза	100	80	70
Картофель	Степная	80	70	60
	Нечерноземная	95	90	110
	Лесостепная	90	90	90
Силосные культуры	Степная	85	80	70
	Нечерноземная	100	80	105
	Лесостепная	100	75	80
Сахарная свекла	Степная	65	60	55
	Нечерноземная	145	135	175
	Лесостепная	135	140	150
	Степная	120	120	105

Однако данные научных исследований и практика сельскохозяйственных предприятий убеждают, что в каждом почвенно-климатическом регионе, на любом типе и разности почв оптимальные нормы удобрений под отдельные культуры изменяются в зависимости от агрохимических свойств почв и уровня агротехники, который во многих сельскохозяйственных предприятиях отличается от существующего в научно-исследовательских учреждениях. Поэтому рекомендуемые средние нормы удобрений нуждаются в уточнении.

В каждом комплексе конкретных природных и хозяйственных условий территорий на основании группы (не менее 7–10) однородных опытов с одной культурой (лучше сортом) региональные учреждения Географической сети опытов и Агрохимслужбы определяют следующие количественные показатели эффективности удобрений:

- прибавку урожая от оптимальной нормы;
- вынос (затраты) элементов питания с единицей основной и соответствующим количеством побочной продукции и коэффициенты использования элементов из почв и удобрений;
- коэффициенты возврата или интенсивность баланса элементов;

- поправочные коэффициенты к нормам в зависимости от класса почвы;
- нормативы затрат удобрений для получения единицы прибавки и всего урожая;
- оптимальные уровни содержания элементов питания в почве;
- нормативы затрат удобрений на единицу изменения содержания в почве подвижных форм элементов;
- основные показатели качества продукции;
- экономические показатели эффективности применения удобрений;
- математические модели, описывающие связь между продуктивностью культур, плодородием почв, нормами удобрений, погодными и агротехническими факторами;
- уровни природоохранных ограничений при применении удобрений.

Таблица 133 – Нормы и способы внесения микроудобрений под основные культуры

Культура	Элемент	Внесение в почву, кг/га д. в.		Обработка семян, г/т д. в.	Некорневая подкормка, г/га д. в.
		до посева	при посеве		
Зерновые колосовые	B	–	0,2	30–40	20–30
	Cu	0,5–1,0	0,2	170–180	20–30
	Mn	1,5–3,0	1,5	80–100	15–25
	Zn	1,2–3,0	–	100–150	20–25
	Mo	0,6	0,2	50–60	100–150
Свекла (все виды)	B	0,5–0,8	0,15	120–160	25–35
	Cu	0,8–1,5	0,3	80–120	70
	Mn	2–5	0,5	90–100	20–25
	Zn	1,2–3,0	0,5	140–150	55–65
	Mo	0,5	0,15	100–150	100–200
Зернобобовые	B	0,3–0,5	–	20–40	15–20
	Cu	–	–	120–160	20–25
	Mn	1,5–3,0	–	100–120	–
	Zn	2,5	0,5	80–100	17–22
	Mo	0,3–0,5	0,06	150–160	25–30
Овощные и картофель	B	0,4–0,8	–	100–150	–
	Cu	0,8–1,5	–	–	20–25
	Mn	2–5	–	100–150	–
	Zn	0,7–1,2	–	–	–
	Mo	–	–	80–100	30–150
Лен	B	0,3–0,5	0,1	50–60	5–10
	Cu	1–6	–	100–120	–
	Mn	3,0	–	80–100	30
	Zn	3,5	–	–	–
	Mo	3,0	–	150–160	150–250
Бобовые травы	B	0,5–0,6	–	20–40	25–35
	Cu	3,0	1,5	150–160	20–35
	Mn	1,5–3,0	–	50–70	–
	Zn	1,3	–	100–120	55–65
	Mo	0,2–0,3	–	100–120	150–250
Злаковые травы	B	0,5–0,6	–	–	25–35
	Cu	0,8–1,5	–	–	25–35
	Zn	0,7–1,2	–	100–120	55–65
	Mo	0,2–0,3	–	150–200	150–250

Средняя норма принята за единицу и отнесена к определенной группе почв по содержанию в них подвижных форм фосфора и калия: для зерновых – к почвам с низким содержанием фосфора и калия, для более требовательных к почвенному плодородию пропашных – к среднему. Для овощных растений, получение высоких урожаев которых возможно лишь при возделывании на почвах с повышенным плодородием, средняя норма, принятая за единицу, отнесена к почвам с повышенным содержанием подвижного фосфора и калия. При ином содержании в почве подвижных форм элементов питания средние нормы удобрений соответственно изменяются: при более низком – увеличиваются, высоком – уменьшаются. Во всех случаях, чтобы определить уточненную норму удобрений, среднюю рекомендуемую норму (в кг д. в. на 1 га) умножают на поправочный коэффициент (табл. 134).

Таблица 134 – Поправочные коэффициенты к средним нормам удобрений на содержание в почвах Северного Кавказа подвижных форм элементов питания

Содержание в почве элемента	Органические удобрения	Минеральные удобрения								
		яровые зерновые, кукуруза, подсолнечник, люцерна			озимая пшеница, сахарная свекла			орошаемые и овощные культуры		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Очень низкое	1,5	1,2	1,5	1,3	1,3	1,5	1,3	1,3	1,5	1,5
Низкое	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	1,2	1,3
Среднее	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Повышенное	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7
Высокое	0	0,3	0,3	0	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
Очень высокое	0	0	0,2	0	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3

При массовом агрохимическом обследовании почв устанавливают содержание в почве главным образом подвижных форм фосфора и калия, а для кислых почв еще и степень кислотности. Получаемые при этом данные позволяют корректировать средние нормы внесения фосфорных и калийных удобрений и этим повышать их эффективность. Для установления норм азотных удобрений обычно ограничиваются данными полевых опытов.

Если потребность в удобрениях выражается небольшими нормами, то азотные удобрения вносят в подкормку, фосфорные – в рядки при посеве, калийные не применяют.

По результатам перечисленных показателей конкретизируют нормы и соотношения удобрений, но и в этом случае необходима дополнительная коррекция для каждого конкретного предприятия, агроценоза и поля.

5.3.2. Расчетные методы определения норм удобрений

Как бы ни были просты и скоры те или другие методы лабораторного исследования почв, понятно, ни один из них не заменит полевого опыта.

Д.Н. Прянишников

Несмотря на большие затраты средств и времени, методы установления норм удобрений по результатам полевых опытов являются неточными. В-первых, при определении оптимальных норм закладываются опыты с большим

количеством вариантов; при этом неизбежно сказывается пестрота плодородия почв. Во-вторых, используемые поправочные коэффициенты носят общий характер, поскольку экспериментально они обоснованы далеко не полностью. В-третьих, в связи с постоянно идущей в земледелии сортосменной, внедрением новых технологий и форм удобрений, получение результатов полевого опыта с учетом изменившихся условий осуществляется более медленно, чем это требуется для производства, поэтому рекомендации научных учреждений устаревают и имеют лишь ориентировочный характер. Определенные недостатки возникают и при планировании результатов применения удобрений, т. к. метод полевого опыта не позволяет ориентироваться на получение конкретной величины прибавки урожая. Все это вызывает необходимость искать более точные и оперативные методы установления норм удобрений, – так возникли расчетные методы. Из большого их разнообразия следует остановиться на нормативном, балансовом и математическом методах.

Нормативный метод. Его применение позволяет контролировать и регулировать плодородие почвы (при полной обеспеченности удобрениями). Недостатки метода обусловлены тем, что данные о выносе элементов питания с урожаем неточны (по справочнику), а поправочные коэффициенты, являясь производными от коэффициентов использования элементов питания из удобрений, существенно изменяются в зависимости от почвенно-климатических условий, возделываемой культуры и даже сорта (табл. 135).

Таблица 135 – Поправочные коэффициенты к нормам удобрений в зависимости от агрохимических свойств Предкавказских черноземов для различных культур

Содержание в почве элемента	Яровые колосовые, кукуруза, подсолнечник	Озимая пшеница, сахарная свекла	Овощные, плодовые, виноград
Фосфорные удобрения			
Очень низкое	1,2	1,4	1,5
Низкое	1,1	1,3	1,2
Среднее	1,0	1,0	1,0
Повышенное	0,5-0,7	0,7	0,7
Высокое	0,2-0,3	0,3	0,5
Очень высокое	0,2	0,2	0,3
Калийные удобрения			
Очень низкое	1,0	1,3	1,5
Низкое	1,0	1,1	1,3
Среднее	1,0	1,0	1,0
Повышенное	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7
Высокое	0	0,3	0,5
Очень высокое	0	0,2	0,3

Расчет норм удобрений по нормативам затрат на единицу урожая производится по формуле:

$$D = U_n \cdot H_1 \cdot K,$$

где: D – норма элемента под планируемую урожайность, кг/га;

U_n – планируемая урожайность, т/га;

H₁ – нормативы затрат элемента на создание единицы урожая по оптимальной норме;

K – поправка на агрохимические свойства почвы.

Для расчета норм удобрений по нормативам затрат на единицу прибавки урожайности пользуются формулой:

$$D = \Delta Y_{\text{п}} \cdot H_2 \cdot K,$$

где: D – норма элемента питания под планируемую урожайность, кг/га;
 $\Delta Y_{\text{п}}$ – планируемый прирост урожайности за счет удобрений, т/га;
 H_2 – нормативы затрат элемента питания на единицу прибавки урожая при оптимальной норме удобрений;
 K – поправка на агрохимические свойства почвы.

Прибавка урожайности за счет удобрения определяется по формуле:

$$\Delta Y = Y_{\text{п}} - B \cdot C_6,$$

где: $Y_{\text{п}}$ – планируемая урожайность, т/га;
 B – балл пашни;
 C_6 – цена балла пашни, т/га.

Балл пашни определяется по данным бонитировки земель. Цена балла рассчитывается по формуле:

$$C_6 = \frac{Y_{\text{к}}}{B} \cdot K,$$

где: $Y_{\text{к}}$ – урожайность без внесения удобрения по данным полевых опытов, т/га;
 B – балл пашни по данным оценки земель;
 K – поправочный коэффициент на агрохимические свойства почвы.

Балансовый метод. Существует несколько модификаций балансового метода расчета норм удобрений. Наибольшее распространение и признание получили лишь две: а) по запасу элементов питания в почве; б) на прибавку урожайности.

Расчет норм удобрений по запасу элементов питания в почве. Сущность метода заключается в том, что норму удобрений определяют по разности между предполагаемым выносом элементов питания запланированной урожайностью и имеющимся их запасом в пахотном слое почвы. При этом учитывают коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений. Для расчета используют формулу:

$$H = \frac{B - Z \cdot K_{\text{п}}}{K_{\text{у}}},$$

где: H – искомая норма удобрения, кг/га;
 B – предполагаемый вынос элемента питания с запланированным урожаем, кг/га;
 Z – запас элемента в пахотном слое почвы, кг/га;
 $K_{\text{п}}$ – коэффициент использования элемента растением из почвы;
 $K_{\text{у}}$ – коэффициент использования элемента растением из удобрения.

Метод очень простой, и если не углубляться в его сущность, то кажется, что он правильно отражает расчет нормы удобрения для покрытия потребностей выращиваемой культуры.

К недостаткам метода относится линейность уравнения баланса элементов, следствием чего является его способность аппроксимировать сравнительно узкий участок «кривой Митчерлиха»*. Практически это означает, что урав-

* Кривая Митчерлиха – математическое выражение логарифмической зависимости между величиной урожая и нормами удобрений.

нение элементарного баланса можно использовать при расчете питательного режима на урожай, не превышающий 35–40 % потенциально возможного.

Рассмотрим детальнее используемые в уравнении величины с точки зрения точности фактической информации. Вынос элементов питания единицей продукции и коэффициенты их использования из удобрений и почвы сильно варьируют в зависимости от плодородия почвы, биологических особенностей растений и погодных условий. Значения этих коэффициентов не всегда можно установить с необходимой точностью, поэтому отклонения расчетных норм удобрений от фактической потребности растений в элементах питания на планируемую урожайность иногда превышают 50 %. Планируемый урожай является также весьма неточным показателем, т. к. эту величину определяет весь комплекс агротехнических и почвенно-климатических условий, а не только удобрение. Обычно, руководствуясь интересами хозяйства, планируют получить по возможности более высокий урожай культуры и в соответствии с этим вносят удобрения. Отметим еще, что применение максимальных норм удобрений при средней урожайности культур ведет не только к нерациональному использованию удобрений, но также и к избыточному накоплению элементов в почве, снижающему урожай и усиливающему загрязнение окружающей среды.

Расчет норм удобрений на прибавку урожайности. Метод разработан с учетом того, что часть планируемого урожая создается за счет почвенного плодородия, а для его повышения до планируемого уровня необходимо внести дополнительное количество элементов питания с удобрениями. Норму минеральных удобрений устанавливают по тому их количеству, которое будет вынесено с планируемой прибавкой урожая.

Рассматриваемый метод определения норм удобрений отличается от метода расчета на запланированную урожайность тем, что эффективное плодородие почвы выражают не запасом подвижных элементов питания, а готовой продукцией, в частности, фактической средней урожайностью данной культуры, полученной за последние 3-5 лет. При этом учитывается фактическое количество удобрений, используемое для получения средней урожайности:

$$N = N_c + \frac{(Y_n - Y_c) \cdot B}{K_y},$$

где: N и N_c – соответственно искомая и фактическая средняя норма удобрения под сельскохозяйственную культуру, кг/га;

Y_n и Y_c – соответственно запланированная и средняя фактическая урожайность сельскохозяйственной культуры, ц/га;

B – вынос элемента 1 ц урожая данной культуры, кг;

K_y – коэффициент использования сельскохозяйственной культурой элемента питания из удобрений.

К достоинствам данного метода относятся его исключительная простота и то обстоятельство, что о количестве доступных растениям элементов питания в почве судят по урожаям при соответствующей агротехнике в хозяйстве.

Недостаток метода: одинаковый подход к расчету норм всех видов удобрений без учета: естественных источников поступления азота, фосфора, калия в почву и необходимости поддержания их баланса, а также применение неустойчивых коэффициентов использования элементов питания из удобрений, которые зависят от плодородия почвы, ее поглотительной способности, влажности и других физико-химических свойств; потребности отдельных культур в

элементах питания и их биологических особенностей; свойств самих минеральных удобрений и их взаимодействия с почвой; чередования культур в севообороте и удобрениях предшественников; норм, сочетаний, сроков и способов внесения удобрений. Поскольку сами эти условия непостоянны как в пространстве, так и во времени, то каждая конкретная ситуация характеризуется индивидуальным значением выноса элемента и коэффициента его использования из удобрений. Определить их все невозможно. Примеры установления норм удобрений балансово-расчетными методами приведены в таблицах 136 и 137 (Лисовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.Н., 1989).

Таблица 136 – Расчет норм удобрений на запланированную урожайность по запасу питательных веществ в почве (культура – сахарная свекла; урожайность – 40 т/га)

Показатель		Элемент питания		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос элементов питания	одной тонной, кг	5,0	1,3	5,0
	с урожаем, кг/га	200	52	200
Содержание подвижных соединений элементов питания в пахотном слое почвы	мг/кг	100	80	80
	кг/га	300	240	240
Использование элементов питания почвы культурой	%	30	8	30
	кг/га	90	19	72
Внесено элементов питания с 30 т навоза, кг/га		150	75	180
Использование элементов питания навоза культурой	%	30	40	60
	кг/га	45	30	108
Необходимо внести элементов питания с минеральными удобрениями, кг/га		50	3	20
Использование сельскохозяйственной культурой элементов питания из минеральных удобрений, %		60	10	40
Необходимо внести элементов питания с учетом их использования из минеральных удобрений, кг/га		84	30	50
Массовая доля элементов питания в минеральных удобрениях, %		34	18	40
Количество аммонийной селитры, суперфосфата и калийной соли, которые следует внести на 1 га, ц		2,5	1,7	1,3

Математические методы. Потребность растений в удобрениях можно определить с помощью математических моделей или производственных функций, которые описывают количественную зависимость между урожаем и нормами удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях. Эти уравнения позволяют установить оптимальную норму при любом сочетании удобрений. При внесении полного минерального удобрения зависимость урожая от норм азотного, фосфорного и калийного удобрения описывается следующим полиномом:

$$Y = a_0 + a_1 N^{0,5} + a_2 P^{0,5} + a_3 K^{0,5} + a_4 NP^{0,5} + a_5 NK^{0,5} + a_6 PK^{0,5} + a_7 (NP)^{0,5} + a_8 (NK)^{0,5} + a_9 (PK)^{0,5},$$

где: Y – урожайность, ц/га;

a_0 – свободный член, характеризующий урожайность без удобрений;

a_1, a_2, \dots, a_9 – коэффициенты регрессии, устанавливающие количественную связь между урожайностью и нормами удобрений.

Таблица 137 – Расчет норм удобрений на прибавку урожайности (культура – картофель, средняя урожайность за 5 лет – 15 т/га, планируемая прибавка – 5 т/га)

Показатель	Органические удобрения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Внесено органических (т/га) и минеральных (кг/га) удобрений под культуру в среднем за 5 лет	40	60	60	60
Вынос элементов питания:				
1 т урожая, кг		5,0	2,2	8,0
прибавкой урожая, кг/га		25	11	40
Будет внесено навоза для получения прибавки урожайности, т/га	10			
Поступит с навозом элементов питания, кг/га		50	25	60
Коэффициент использования элементов питания из навоза, %		30	40	60
Будет использовано элементов питания из навоза с учетом коэффициента использования, кг/га		15	10	36
Необходимо внести элементов питания с минеральными удобрениями, кг/га		10	1	4
Коэффициент использования элементов питания из минеральных удобрений (КИУ), %		50	20	70
Необходимо внести минеральных удобрений с учетом КИУ, кг/га		20	5	6
Уровень обеспеченности культуры элементами питания почвы		Низкий	Средний	Средний
Поправочные коэффициенты на обеспеченность		1,2	1,0	1,2
Будет внесено минеральных удобрений для получения прибавки урожайности с учетом обеспеченности, кг/га		24	5	7
Следует внести удобрений для получения запланированной урожайности:	50			
органических, т/га				
минеральных, кг/га		84	65	67
аммонийной селитры, суперфосфата и калийной соли, ц/га		2,5	3,6	1,7

Преимуществом производственной функции является возможность аппроксимации вследствие ее нелинейности, более широкого участка «кривой Митчерлиха» и, как следствие, расширяется диапазон применимости метода. К недостаткам метода относятся: жесткая привязанность производственной функции к почвенно-мелиоративным и агрометеорологическим условиям проведения опыта, на основании которого она составлена и необходимость набора ряда функций для программирования урожая даже для условий одного севооборота. Принципиальным недостатком метода является неоднозначность производственной функции, отражающей тот факт, что одинаковая урожайность может быть получена при различном сочетании норм азотно-фосфорно-калийных удобрений, а это нарушает принцип незаменимости основных жизнеобеспечивающих факторов.

Расчетные методы определения норм удобрений получили в последние годы широкое распространение. Практиков привлекает их сравнительная простота. Учет баланса элементов питания в земледелии лежащий в основе расчетных методов, является положительной их стороной. Вместе с тем, следует отметить и большие трудности в правильном установлении баланса. Они обусловлены тем, что в расчетах норм удобрений по балансу используют примерные средние данные размеров выноса и средние же величины коэффициентов использования элементов питания из валовых запасов почвы и удобрений, определенные научными учреждениями в целом для страны или отдельных крупных почвенно-климатических зон, которые в конкретных условиях отдельных хозяйств не всегда обеспечивают получение ожидаемых результатов. Существенным недостатком расчетных методов является также и то, что не всегда учитываются реальные возможности получения планируемых урожаев, хотя хорошо известно, что для их повышения недостаточно только внесения в почву необходимого количества элементов питания.

С учетом изложенных замечаний, расчет норм удобрений любым из описанных методов можно применять в практических целях лишь для ориентировочного определения потребности в удобрениях отдельных севооборотов, полей хозяйства с обязательной ежегодной проверкой этих расчетов по полученным в хозяйстве результатам и по данным производственных опытов с экономико-энергетической оценкой эффективности применяемой системы удобрения.

Вопросы для самоконтроля

1. Для каких целей проводят диагностику питания растений?
2. Перечислите методы диагностики питания растений.
3. Растительная диагностика минерального питания растений и ее использование для оптимизации питания растений.
4. Виды растительной диагностики.
5. Визуальная диагностика растений. Признаки недостатка азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы, марганца, железа, микроэлементов.
6. На каких ярусах листьев (органов) растений, прежде всего, будет проявляться дефицит азота, калия, кальция, фосфора? Объясните почему.
7. Биометрическая диагностика питания растений.
8. Индикаторные органы растений.
9. Химическая диагностика. В чем различия между листовой и тканевой диагностикой питания?
10. С помощью какого вида диагностики можно раньше установить нарушение питания растений?
11. Почему результаты химической диагностики необходимо сопоставлять с состоянием роста и развития растений?
12. Достоинства листовой диагностики потребности растений в удобрениях.
13. Функциональная диагностика.
14. Сущность почвенной диагностики потребности растений в удобрениях.
15. Перечислите способы установления норм удобрений.
16. Дайте оценку разным методам установления норм внесения удобрения.
17. Изложите сущность расчетных методов (нормативный, балансовый, математический) определения норм внесения удобрений.
18. Как определить норму удобрения на основе полевых опытов и агрохимических картограмм?

6. СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ

Рационально построенная система удобрения основывается на учете: 1) почв хозяйства; 2) агробиологических особенностей удобряемых культур; 3) свойств удобрений; 4) ресурсов удобрений в хозяйстве и 5) способов внесения удобрений.

А.В. Петербургский, 1967

Система удобрения культур в севообороте – это план размещения удобрений между культурами севооборота с установлением их видов, форм и наиболее эффективных доз под каждую культуру, составляемый на одну ротацию севооборота.

Н.Х. Дунина, 1985

Удобрения являются мощным средством повышения производительности сельского хозяйства, но лишь при условии правильного их применения в определенной системе под отдельные культуры и при их чередовании в севообороте.

6.1. Севооборот - основа экологизации земледелия и рациональной системы удобрения

Севооборот (букв. - оборот сева) - научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и пара во времени и пространстве или только во времени. Чередование культур во времени - это смена их по годам на одном поле. Чередование по полям означает, что каждая культура севооборота последовательно проходит через все поля.

Основоположник отечественной научной школы агрохимиков Д.Н. Прянишников на основе всестороннего анализа накопленного на рубеже XIX–XX столетий фактического материала по этому вопросу, все причины, вызывающие необходимость чередования культур, разделил на четыре группы: причины биологического, физического, химического и экономического порядка. Значение той или иной группы причин изменяется в зависимости от природных условий и уровня применяемой агротехники. Ведущую роль играют те, которые действуют КАК фактор жизни растений, находящийся в данных условиях в минимуме. При этом все севообороты должны иметь почвозащитную направленность.

Причины биологического порядка определяются различным отношением сельскохозяйственных культур к вредителям, болезням и сорным растениям. Они связаны с тем, что каждой культуре на полях сопутствуют свои, часто присущие только ей болезни, вредители и сорняки.

«Для истребления сорных трав, - писал более 200 лет тому назад знаменитый немецкий ученый-аграрник А.Д. Тэер (1808), - весьма нужно учредить плодосмен в посевах растений, ибо некоторые хлебные породы более других не препятствуют их росту и не мешают им созреть, между тем как другие не терпят подле себя сорных трав». На фитосанитарный эффект от чередования зерновых, пропашных и бобовых культур обращал внимание и наш соотечественник А.В. Советов в своей работе «О системах земледелия» (1867). Он считал накопление возбудителей болезней, вредителей и сорняков в пахотном слое почвы важнейшей причиной снижения урожаев при повторной и бессменной культуре. Фитосанитарная роль севооборота в условиях экологизации земледелия приобретает все большее значение.

Сельскохозяйственные культуры имеют разную биологическую способность противостоять сорным растениям. Сильнее засоряются и подавляются сорняками культуры с медленным начальным ростом, а также с менее развитой надземной частью и слабыми корнями. По степени конкурентной способности В.М. Передериева (2005) условно все полевые культуры разделила на три группы:

- с высокой конкурентной способностью (озимые зерновые, многолетние злаковые травы);
- со средней конкурентной способностью (яровой ячмень, овес, подсолнечник, кукуруза, люцерна);
- со слабой конкурентной способностью (просо, картофель, сахарная свекла).

Засоренность агроценоза в значительной степени зависит от предшественника и удобрений. Так, озимая пшеница в монокультуре засоряется в 4–5 раз больше, чем возделываемая в севообороте (табл. 138; Воробьев С.А., 1991).

Таблица 138 – Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от севооборота и удобрений

Предшественник	Без удобрений		С удобрениями	
	число сорняков на 1 м ²	сырая масса сорняков, г/м ²	число сорняков на 1 м ²	сырая масса сорняков, г/м ²
Картофель ранний	65	19,5	133	39,7
Клевер	79	21,1	95	66,7
Кукуруза на зеленый корм	64	18,5	63	43,3
Горох	65	20,8	111	72,3
Бессменный посев пшеницы (3–4 года)	248	87,2	327	278,3

Специфические сорняки особенно часто появляются при повторных и бессменных посевах, а севооборот для многих из них служит серьезным препятствием их распространения. Так, смена озимых культур яровыми устраняет распространение озимых и двулетних сорных растений. И, наоборот, в посевах озимых культур, а также многолетних трав подавляются растения ранних и поздних яровых сорняков.

Большую опасность при отсутствии севооборота представляют болезни и вредители сельскохозяйственных культур. При бессменных посевах специфические насекомые и болезни накапливаются непосредственно на растениях, послеуборочных остатках и в почве. Вследствие этого их численность и вредоносность растут из года в год. Важная биологическая особенность насекомых и болезней растений - наличие у них избирательности к биомассе, выработанной эволюционно. Учитывая это, легко понять многочисленные факты более сильного поражения и повреждения вредителями бессменных посевов. С другой стороны, смена произрастающих на данном поле растений ведет к их угнетению и даже гибели (Воробьев С.А., 1991; Лошаков В.Г., 2004; Передериева В.М., 2005).

Причины физического порядка необходимости севооборота обусловлены различным их влиянием на агрофизические свойства почвы, прежде всего ее оструктуренность, плотность, строение и мощность пахотного слоя. Они связаны с различиями в биологии и морфологии, в технологии возделываемых культур и, прежде всего, с массой и распространением корней в почве, условиями их разложения, с обработкой почвы.

Выдающийся советский агропочвовед В.Р. Вильямс (1914) разделил все культуры на улучшающие структуру почвы и ухудшающие ее. Он первым обосновал необходимость размещения в севообороте после растений, которые не оказывают положительного действия на структуру почвы или способствуют ее разрушению, культуры, улучшающей структуру почвы. Профессор Московского университета М.Г. Павлов в 1838 г. в работе «Плодопеременение как закон природы и первое правило для составления севооборота» подчеркивал, что севооборот нужен потому, что чередование различных по условиям агротехники (пропашных или сплошного посева) и биологическим особенностям культур улучшает физические свойства почвы, прежде всего ее оструктуренность, плотность, аэрацию, а потому замедляет ее истощение. По сути, М.Г. Павлов соединил два фактора чередования культур – физический и химический.

Наиболее благоприятное влияние на физические свойства почвы оказывают и защищают ее от эрозии культуры сплошного посева с хорошо развитыми надземными органами и корневой системой. К таковым относятся посевы многолетних трав – бобовых и злаковых и их смесей. У этих культур масса корневых и поукосных остатков примерно равна массе убираемого урожая. Большое количество растительных остатков многолетних трав существенно улучшает структуру почвы. Корневая система многолетних трав, проникая на большую глубину, своими многочисленными корешками пронизывает почву и разделяет ее на отдельные комочки. При отмирании корешков эти комочки пропитываются перегноем; в результате формируется водопрочная структура почвы (Лошаков В.Г., 2004).

Пропашные культуры в меньшей степени улучшают структуру почвы. Исключение составляет кукуруза, которая обладает хорошо развитой корневой системой и не уступает по эффективности структурообразования зерновым колосовым культурам и превосходит корнеплоды и картофель, после которых в почве остается очень мало корней. Кроме того, уборка их связана с сильным механическим воздействием на почву, вызывающим разрушение почвенных агрегатов, особенно при высокой или недостаточной влажности почвы, что усиливает опасность эрозии (Воробьев С.А., 1991). Внесение минеральных удобрений и навоза усиливает структурообразующее действие всех культур, но не изменяет их расположения по оказываемому эффекту (табл. 139; Доспехов Б.А., 1986).

Таблица 139 - Масса водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм в диаметре в пахотном слое почвы под посевами и чистым паром, %

Культура	Без удобрения	РК	Навоз
Клевер	37	44	55
Рожь озимая	28	31	38
Овес	27	29	36
Картофель	21	23	35
Пар чистый	4	5	10

В севооборотах с многолетними травами в период их произрастания, а также под первой однолетней культурой, высеянной после них, структура почвы сначала улучшается, а затем постепенно ухудшается. Структурно-агрегатный состав почвы, который в той или иной степени регулируется че-

редованием культур в севообороте, оказывает большое влияние и на другие ее физические свойства: сложение пахотного слоя (пористость и плотность). Так, уплотнение почвы при выращивании однолетних культур сплошного сева, таких как зерновые, зернобобовые, лен, однолетние бобово-злаковые смеси, приводит к повышению капиллярной пористости, снижению аэрации. В свою очередь, уменьшение воздухоемкости почвы влечет за собой усиление восстановительных реакций, что приводит к образованию закисных соединений железа, марганца, алюминия. Особенно сильно это сказывается на почвах тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава.

Культурные растения для создания урожая расходуют разное количество воды и отличаются по способности использовать ее из почвы. Если для растений кукурузы и проса транспирационный коэффициент составляет 200, то для пшеницы и ячменя – 400 и более, для клевера – 500–600, люцерны – 700–800. Озимая пшеница, горох, просо, суданская трава, кукуруза на силос для формирования урожая используют воды меньше, чем, например, кукуруза на зерно. Сахарная свекла, подсолнечник, многолетние травы, имея глубокую корневую систему, в состоянии использовать влаги больше, чем растения с мелко залегающей корневой системой. При подборе предшественников в севообороте важным является количество оставшейся после них влаги для последующих культур. В зоне неустойчивого увлажнения в пахотном слое почвы больше всего воды содержится на чистых и занятых парах, а также после уборки гороха (Передериева В.М., 2005).

Для лучшего использования складывающихся погодных условий важно иметь правильное соотношение в структуре посевных площадей культур пропашных и сплошного сева.

Причины химического порядка необходимости чередования культур связаны, прежде всего, с различиями в химическом составе почвы на полях после уборки различных культур. Это объясняется тем, что для формирования урожая культуры потребляют из почвы различное количество макро- и микроэлементов и в разном их соотношении. Зерновые культуры, кукуруза, многолетние и однолетние злаковые травы требуют больше азота, бобовые – фосфора, а картофель и сахарная свекла – калия. Унося из почвы много элементов питания, растения оставляют после уборки урожая разное количество корней и пожнивных остатков. Органические остатки имеют не только неодинаковую массу, но и химический состав. В результате культуры по-разному обогащают почву элементами питания, вследствие частичной компенсации их хозяйственного выноса.

Рост корневой системы сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от предшественников, которые часто определяют условия питания и водообеспеченности растений. По данным А.И. Задонцева и А.И. Колюжного, максимальная глубина проникновения корней озимой пшеницы при посеве по пару составила 230 см; после кукурузы, убранной в фазе выбрасывания метелки, – 150 см; после кукурузы, убранной в молочно-восковой спелости зерна, и после гороха на зерно – 140 см, а после озимых по пару – только на 100 см.

«Чем больше, – писал основатель теории минерального питания растений Ю. Либих, – поверхность корней, а также глубина, на которую они проникают, тем большее количество почвенных частиц приходит в соприкосновение с ними, поэтому тем легче растению покрыть свою потребность в пище. Если, наоборот, поверхность корней незначительна, а глубина распространения их ограничивается верхним слоем, то этот последний должен быть

очень богат усвояемыми питательными веществами; в этом случае корни вступают в соприкосновение лишь сравнительно с небольшим количеством почвенных частичек, а питательные вещества, заключающиеся в средних и более глубоких почвенных слоях, являются для них уже недоступными).

Культурные растения различаются также и по способности усваивать элементы питания из труднорастворимых соединений. Культуры, поглощающие элементы питания из труднорастворимых форм, часть их оставляют в корнеобитаемом слое почвы вместе с корневыми и пожнивными остатками. После разложения этих остатков элементы, содержащиеся в них, становятся доступными растениям со слабой усваивающей способностью корневой системы. Поэтому питательные вещества почвы полнее используются агроценозом в севообороте, чем при бессменном возделывании. Ю. Либих писал: «Путем чередования колосовых злаков с картофелем и клевером, т. е. с растениями, которые нуждаются в ином соотношении питательных веществ и которые способны брать нужные им питательные вещества из почвенных слоев, до которых не доходят корни колосовых, мы обеспечиваем себе возможность собирать с одного и того же поля большее количество растительного органического вещества растений».

Сельскохозяйственные культуры по-разному влияют и на биогенность почвы. Численность и видовой состав в почве грибов и ризосферных бактерий меняется в результате смены возделываемых растений. По общему количеству ризосферных микроорганизмов А.Н. Каштанов (1988) расположил культуры в следующем убывающем порядке: эспарцет – горох - кукуруза - озимая пшеница - ячмень. Поэтому при чередовании культур в севообороте и поступлении в почву растительных остатков различного химического состава их разложение активизируется, происходит новообразование гумуса, что создает более высокий уровень эффективного плодородия почвы.

При монокультуре отмечается снижение активности микробиологических процессов, имеет место биологическое закрепление азота. Поэтому при посеве зерновых по зерновым приходится вносить повышенные количества азотных удобрений, что в свою очередь ведет к увеличению содержания в хозяйственной части урожая вредных для организма человека и животных нитратов. Одновременно в почве накапливаются полуразложившиеся остатки зерновых культур, на которых поселяется грибная микрофлора, многие компоненты которой выделяют токсичные вещества. Вот почему монокультура зерновых имеет негативные последствия как для их урожайности, так и для плодородия почвы.

С другой стороны, биомасса таких культур, как бобовые, корнеплоды, содержит повышенное количество азота. Послеуборочные остатки этих культур интенсивно разлагаются, вследствие чего происходит быстрое высвобождение элементов питания. Вследствие этого при чередовании культур разных групп, например, озимые зерновые с горохом или люпином, корнеплоды с ячменем, за счет азота бобовых и корнеплодов повышается биогенность почвы, возрастает количество в ней микроорганизмов, обеспечивается ускоренное разложение биомассы зерновых. Следовательно, повышение биогенности почвы, достигаемое чередованием культур в севообороте, усиливает круговорот веществ, исключает возможность накопления токсинов и проявления почвоутомления. Севооборот создает благоприятное соотношение между процессами новообразования и разложения гумусового фонда почвы, что обеспечивает рост ее плодородия (Шелюто А.А., 1988).

Помимо азота имеются существенные различия в потреблении и выносе культурами из почвы и других элементов минерального питания растений. Так,

фосфора значительно больше, чем другие культуры, потребляют из почвы картофель, бобовые, а также пшеница и рожь. Калий в больших количествах потребляется из почвы картофелем, сахарной свеклой, кормовыми корнеплодами, овощами и хлопчатником. Повышенным потреблением кальция, серы и магния отличаются кукуруза, картофель, сахарная свекла и бобовые культуры.

В.И. Демкиным (1999), установлено, что использование элементов питания из почвы озимой пшеницей резко различается в зависимости от предшествующей культуры. После горохо-овсяной смеси из почвы использовано 45,1–48,0 % P_2O_5 и 7,1–7,8 % K_2O , после гороха – соответственно 39,4–40,7 и 6,0–7,0 %. При размещении озимой пшеницы после пшеницы, а также после кукурузы на силос происходит значительное снижение использования элементов питания из почвы: коэффициент использования P_2O_5 после озимой пшеницы составил 27,5–33,7 %, K_2O - 4,8–5,5 %, при размещении после кукурузы на силос - соответственно 19,4–31,8 и 5,5–6,0 %.

По количеству органического вещества, оставляемого в почве, растения полевой культуры располагают в следующей убывающей последовательности: для Нечерноземной зоны - многолетние травы - кукуруза на силос - озимые зерновые - яровые зерновые - зернобобовые культуры - картофель; для лесостепной зоны - многолетние травы - озимая пшеница - кукуруза на зерно и на силос – яровые зерновые - подсолнечник - зернобобовые культуры - сахарная свекла (Лошаков В.Г., 2004).

С помощью изменения структуры посевных площадей можно регулировать поступление растительных остатков в почву, а также степень их гумификации и минерализации. Непрерывное возделывание пропашных культур без внесения органических удобрений неизбежно приводит к уменьшению содержания в почве гумуса, тогда как бессменная культура многолетних трав увеличивает его накопление и вызывает недостаток растворимых соединений элементов питания. Количество растительных остатков, поступающих в почву за ротацию севооборота, можно увеличить путем посева промежуточных культур, которые в южных районах достаточного увлажнения или при орошении оставляют в 0–40 см слое почвы до 10 т/га растительных остатков, в юго-западной части Нечерноземной зоны - до 4–5 т/га (Воробьев С.А., 1991).

Экономические причины необходимости чередования культур обусловлены тем, что в результате повышения урожайности культур в севообороте по сравнению с повторными и бессменными посевами увеличивается выход продукции с 1 га севооборотной площади (табл. 140; Лошаков В.Г., 2004).

Таблица 140 - Урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте и при монокультуре, т/га

Культура	Без удобрений			С удобрениями		
	монокультура	севооборот	прибавка от севооборота, %	монокультура	севооборот	прибавка от севооборота, %
Озимая пшеница	2,03	3,38	6,65	2,88	4,42	5,34
Яровая пшеница	1,26	1,89	5,00	1,87	2,51	3,42
Озимая рожь	1,11	1,92	7,30	2,23	3,07	3,77
Ячмень	1,31	1,98	5,11	2,26	2,97	3,14
Овес	0,92	1,42	5,43	1,43	1,86	3,00
Картофель	10,94	14,05	2,84	18,94	23,05	2,17
Кукуруза на силос	16,47	19,95	2,11	29,21	31,37	0,74
Сахарная свекла	6,99	16,99	14,30	18,18	30,18	6,60

Для получения высоких урожаев в севобороте, исходя из принятой структуры посевных площадей, устанавливают чередование культур так, чтобы каждой из них соответствовал лучший предшественник. При прочих равных условиях в основе оценки сельскохозяйственных культур как предшественников лежит их влияние на:

- физические, химические и биологические показатели плодородия, на водный режим почвы;
- рост, развитие растений и урожайность последующих культур севооборота, на качество урожая;
- фитосанитарный потенциал севооборота;
- общую продуктивность севооборота, с учетом почвозащитной и экологической роли.

На сегодняшний день существующие севообороты не обеспечивают в полной мере экологическую безопасность ведения земледелия. В связи с чем сейчас стоит остро вопрос не только об адаптации севооборотов к местным почвенно-климатическим условиям, но и об увязке их с особенностями ландшафтов. В ландшафтном земледелии специфическая функция севооборотов состоит в том, что с помощью изменения состава, чередования и размещения культур организуется управление режимами использования, превращения и распределения природных и антропогенных потоков веществ и энергии. Чередование культур на конкретном поле обеспечивает рациональное использование агроценозами факторов жизни растений во времени, а особенности ландшафта влияют на перераспределение воды, тепла, элементов питания на территории.

В Центральной Черноземной полосе Российской Федерации, по данным В.Г. Минеева (1973), в среднем за 5 лет урожайность озимой пшеницы составил при посеве ее по черному пару 39 ц, после зернобобовых культур - 33,3, после кукурузы, убранной в фазе выметывания, - 32,9, после кукурузы, убранной в начале молочно-восковой спелости, - лишь 27,8 ц/га. При размещении же пшеницы повторно по озимой пшенице получено только 24 ц/га. На Кубани в среднем за 3 года урожай озимой пшеницы в зависимости от предшественников составил: после люцерны - 49,2 ц/га, по гороху - 48,7, после озимой пшеницы - 37,2, сахарной свеклы - 29,4, подсолнечника - 28,3, после кукурузы на силос - 29, кукурузы на зерно - 25,5 ц/га (Казанкова В.И., 1971).

Удобрения в определенной степени сглаживают различия между бессменными посевами и севооборотом и снижают эту разницу до 30,0–34,2 % у яровых и до 34,2–53,4 % у озимых зерновых культур. Это, по мнению В.Г. Лошакова (2004), открывает возможность повторных посевов зерновых культур на высоком фоне удобрений и после хороших предшественников в севообороте. С помощью севооборота, в сочетании с удобрениями, обработкой почвы, устойчивыми сортами можно снизить численность сорняков, вредителей, возбудителей болезней до уровня их безвредности (порог вредоносности) и значительно ограничить пестицидную нагрузку на почву, что снизит себестоимость производимой растениеводческой продукции и благоприятно отразится на экологии региона. В условиях рыночной экономики и острой конкуренции это весомый экономический аргумент в пользу преимуществ севооборота.

При переходе к экологически и экономически сбалансированным высокопродуктивным и устойчивым агроландшафтам роль правильного подбора культур и составления севооборотов как определяющего фактора воспроизводства плодородия почв возрастает. Севооборот служит организующим началом экологически чистого землепользования как внутри хозяйства, так и за его пределами в границах единых агроландшафтов.

В заключение следует подчеркнуть, что научно обоснованный севооборот - наиболее экологичный и экономически дешевый способ борьбы с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, сохранения и повышения плодородия почв, экономии удобрений и повышения урожайности.

На современном этапе земледелия оценку севооборота необходимо проводить с позиций биологизации по таким критериям, как регулирование режима органического вещества почвы и элементов питания, поддержание удовлетворительного структурного состояния почвы и водного баланса, предотвращение эрозии и дефляции, регулирование фитосанитарного состояния агрофитоценозов и почвы.

6.2. Понятие, цель и задачи системы удобрения

Система удобрения - это агрономически и экономически наиболее эффективное и экологически безопасное применение агрохимических средств в агроэкосистемах и агротехнологиях, основанное на знании свойств и взаимоотношений системы почва-климат-удобрение-растение. В этом определении слово "*удобрение*" используется в значении "процесс". В других определениях под системой удобрения понимается план размещения минеральных и органических удобрений, что также верно, но менее точно. Именно понимание системы удобрения как сочетания приемов, направленных на повышение урожая и плодородия почв, указывает путь разработки эффективных приемов внесения отдельных удобрений (нормы, сроки), то есть в первом случае определение раскрывает цель. Система удобрения - один из главных компонентов (звеньев) системы земледелия, наряду с системой обработки почвы, введением севооборотов и другими. Как компонент системы земледелия, она складывается из системы удобрения в севооборотах, системы удобрения многолетних насаждений, а также лугов, и является, таким образом, системой удобрения в хозяйстве. При разработке системы удобрения необходимо исходить из основного положения, сформулированного Д.Н. Прянишниковым: задачей агрохимии является изучение круговорота веществ в земледелии и выявление тех мер воздействия на химические процессы, протекающие в почве и растениях, которые могут повышать урожай или изменять его состав. Ее разрабатывают на основе организационно-хозяйственного плана, достижений агрономической науки и передового опыта. При разработке системы удобрений руководствуются основными законами земледелия:

- автотрофности зеленых растений;
- равнозначности и незаменимости факторов жизни растений, в т. ч. элементов питания, которые не могут быть взаимозаменяемыми и взаимокompенсироваться;
- минимума или ограничивающего урожайность фактора, в т. ч. элемента минерального питания, находящегося в минимуме, устранение недостатка которого приводит к повышению урожайности до величины, пока другой элемент питания не окажется в минимуме;
- толерантности: ограничивающее влияние на урожай оказывает не только недостаток, но и избыток факторов;
- возврата элементов питания, особенно при недостаточном их содержании в почве, без чего невозможно повышение плодородия почв, урожайности, улучшение качества продукции и агроэкологических условий;
- соответствия культуры земледелия уровню социально-экономического развития общества;

– совокупного действия факторов жизни растений, предусматривающего оптимальное и гармоничное соотношение всех факторов, в т. ч. сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами для обеспечения высокой продуктивности и устойчивости земледелия при хорошем качестве урожая;

– соответствия растительного сообщества своему местообитанию и необходимости соблюдения правильного чередования сельскохозяйственных культур во времени и пространстве.

Система удобрений включает:

- научно-организационную систему использования удобрений и химических мелиорантов в различных категориях сельскохозяйственных предприятий;

- систему применения агрохимических средств в севообороте как важнейшее звено научной системы земледелия;

- систему удобрения отдельных культур севооборота.

Цель системы удобрения - реализация биоклиматического и генетического потенциала выращиваемых сельскохозяйственных культур по количеству и качеству получаемой продукции и усиление экологических функций агрохимии в агроэкосистемах.

Задачами системы удобрения в хозяйстве являются:

- получение высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур и улучшение качества получаемой продукции;

- регулирование круговорота и баланса биогенных элементов в агроценозе;

- воспроизводство плодородия, улучшение свойств и гумусного содержания почв;

- оптимизация химических, физических и биологических процессов, а также увеличение в почвах содержания доступных растениям форм элементов питания, с учетом потребности выращиваемых культур;

- создание оптимальных условий питания и обмена веществ в процессе вегетации культурных растений;

- повышение устойчивости агроценоза к экстремальным условиям окружающей среды - устойчивость к высоким и низким температурам, засухе, полеганию, переувлажнению, засолению и загрязнению почв, болезням и вредителям;

- получение сертифицируемой продукции культур севооборота при контроле за изменением агрохимических показателей плодородия почв;

- рост экономической эффективности применения агрохимических средств, производительности труда всех работников организационно-хозяйственной управленческой деятельности - специалистов, руководителей, землепользователей;

- соблюдение требований по охране окружающей среды от загрязнения.

Степень достижения цели системы удобрения и указанных задач изменяется от биологических особенностей возделываемых сельскохозяйственных растений, почвенно-климатических условий, культуры земледелия, количества и качества применяемых удобрений и химических мелиорантов, т. е. от факторов жизни и продуктивности возделываемых культурных растений.

Система удобрения в хозяйстве - это комплекс агроэкологических, мелиоративных и организационно-экономических мероприятий по дифференцированному использованию удобрений и химических мелиорантов в севооборотах, многолетних насаждениях, лугах и пастбищах, направленных на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающий устойчивость агроландшафта и воспроизводство плодородия почвы.

Система удобрения в хозяйстве включает следующие звенья:

- накопление, приобретение, хранение и учет агрохимических средств;
- рациональное распределение агрохимических средств по объектам использования (севообороты, защищенный грунт, многолетние насаждения, луга, пастбища);
- подготовка, транспортировка и внесение удобрений и химических мелиорантов при комплексной механизации этих процессов в соответствии с принятой технологией возделывания культур, т. е. необходима тесная увязка всех мероприятий по применению агрохимических средств с общей организационно-хозяйственной деятельностью предприятия;
- контроль за действием удобрений и химических мелиорантов, учет их агрономической и экономической эффективности.

Основными факторами, определяющими агроэкономическую ценность системы применения удобрений, является разработка на высоком научном уровне организационно-хозяйственных мероприятий, полное соответствие комплексов машин прогрессивным технологиям производства сельскохозяйственной продукции с учетом различных типов товаропроизводителей и форм организации труда, а также правильное распределение удобрений по культурам. Последнее требует внимательного учета почвенно-климатических условий, специализации хозяйства, агротехники возделывания культур, ассортимента применяемых удобрений и биологических особенностей питания культур севооборота. В хозяйствах с установившимися севооборотами необходимо принимать во внимание соотношение и порядок чередования культур.

Практически все исследования по применению и разработке систем удобрений в Российской Федерации выполнены на базе крупных многоотраслевых сельскохозяйственных предприятий. В настоящее время в условиях рыночной экономики и новых земельных отношений особенно остро стоит вопрос о сохранении плодородия почв, применения удобрений, проведении почвозащитных и мелиоративных мероприятий, охраны окружающей среды. Это обусловлено, прежде всего, различием форм хозяйствования, специализацией предприятий, их размерами, финансовыми возможностями, материально-технической базой, обеспеченностью высококвалифицированными кадрами. Наличие мелких землепользований, а в большей мере недальновидная политика государства в области сельского хозяйства, которая привела к ликвидации крупных хозяйств, и отсутствие надлежащего контроля за ведением сельскохозяйственного производства, привели к резкому сокращению применения удобрений, особенно органических, севообороты практически повсеместно были нарушены, мелиоративные мероприятия по сохранению и повышению почвенного плодородия сведены к минимуму. При этом надо помнить, что агрохимическое обеспечение земледелия это самый мощный фактор повышения эффективности, в частности рентабельности, сельскохозяйственного производства. Оно не только обеспечивает рост урожайности и валового производства продукции, но и выполняет почвозащитные и экологические функции. В связи с этим разработка системы удобрения является обязательным для любого сельхозтоваропроизводителя.

Прежде чем приступить к составлению системы удобрения хозяйства, необходимо:

- установить структуру сельскохозяйственных угодий и посевных площадей, наличие севооборотов и их специализацию, ассортимент выращиваемых культур, их урожайность и сортовой состав;

– оценить почвенно-климатические условия, уровень потенциального и эффективного плодородия почв по данным комплексной агрохимической оценки, биологический потенциал агроландшафта и агроэкологические параметры земель по их пригодности к возделыванию сельскохозяйственных культур, определить биотические и абиотические факторы, лимитирующие рост урожая, а также возможность и последовательность их устранения посредством агротехнических, мелиоративных и агрохимических мероприятий;

– провести анализ результатов хозяйственной деятельности предприятия: специализация, фактические и планируемые показатели выхода товарной продукции, структура производственных затрат, рентабельность;

– изучить потребительский спрос на сельскохозяйственную продукцию, объемы и цены реализации, уделяя особое внимание прогнозу изменений на потребительском рынке;

– выбрать направление хозяйственной деятельности и набор выращиваемых культур, обеспечивающий соблюдение чередования культур, не допускающий накопление в почве возбудителей болезней, вредителей и семян сорной растительности;

– наметить базовые технологии возделывания выбранных видов сельскохозяйственных культур и запланировать мероприятия по их адаптации к конкретным почвенно-климатическим условиям;

– провести агроэкономический анализ итогов предшествующего использования удобрений в хозяйстве при сложившейся системе земледелия и уровня агротехники и по его результатам оценить состояние и наметить перспективы развития материально-технической базы химизации, включая выбор организационных форм агрохимического обслуживания, учет необходимости и объемов химической мелиорации почв;

– установить возможный выход навоза, птичьего помета, различных видов компоста и других органических удобрений в хозяйстве с учетом перспектив развития животноводства;

– разработать проект размещения органических удобрений в севообороте и на участках вне его с определением их реальных доз и учетом биологических особенностей отдельных культур и их отзывчивости на удобрения в данных почвенно-климатических условиях. Выбор культур, удобряемых навозом, определяется их значением в данном хозяйстве;

– оценить материально-технические возможности обеспечения потребности в минеральных удобрениях. Для этого подсчитывают потребность в минеральных туках, исходя из реальных экономических возможностей хозяйства с учетом цен на удобрения и поставляемого ассортимента, объемов обеспеченности органическими удобрениями. При составлении системы удобрения необходимо рассчитать потребность в складах для хранения удобрений, наличие машин для внесения основного удобрения, припосевного и подкормок. Для применения органических удобрений необходимы соответствующие машины для подготовки, транспортировки и внесения. Исходя из возможностей хозяйства, а также с учетом потребностей рынка и цены реализации сельскохозяйственной продукции рассчитывают экономически выгодный уровень урожайности каждой культуры севооборота. Дозы удобрений корректируются с учетом планируемой урожайности, естественного плодородия почвы и предшественника.

Система удобрения в хозяйстве должна базироваться на принятых научно-обоснованных специализированных севооборотах и бездефицитном балансе

элементов питания и гумуса в почве. Она эффективна лишь в том случае, если учтен весь зонально-провинциальный агрокомплекс - от сорта, севооборота до агротехники - с учетом технологии выращивания каждой сельскохозяйственной культуры. Таким образом, система удобрения в хозяйстве представляет собой генеральную схему организационно-хозяйственных мероприятий на определенный срок (в соответствии с перспективными планами развития предприятия), которая конкретизируется в системе удобрения в севооборотах и культуре.

Количественно система удобрения в хозяйстве характеризуется объемом органических (в тоннах) и минеральных (в кг д.в.) удобрений в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий. Качество системы удобрения хозяйства характеризуют показатели агрономической и экономической эффективности использования удобрений. Об уровне агрономической эффективности удобрений в целом по хозяйству судят по окупаемости прибавкой урожая всех культур (в кормовых единицах) 1 т органических и 1 кг д. в. минеральных удобрений (сумма NPK). К показателям экономической эффективности относят чистый доход с 1 га, рентабельность, а также окупаемость затрат, связанных с применением удобрений.

Система удобрения севооборота - это научно обоснованный, детально разработанный план распределения удобрений, химических мелиорантов и других агрохимических средств, рассчитанный на полную ротацию севооборота, в котором предусматриваются виды, формы, дозы, сроки и способы внесения удобрений в зависимости от физиологических особенностей питания культур, их чередования в севообороте, почвенно-климатических условий, экономики хозяйства и охраны окружающей среды. Планом учитывается также количество органических удобрений в хозяйстве, насыщение пашни минеральными удобрениями и предусматривается правильное сочетание их. Сочетание органических и минеральных удобрений создает, как отмечал основатель отечественной школы агрохимиков Д.Н. Прянишников (1934), идеальные условия для питания растений на всех стадиях их развития.

Система удобрения в севообороте должна быть биологической, технологичной, экономически выгодной и динамичной, т. е. она нуждается в систематическом совершенствовании и корректировке в зависимости от изменения плодородия почв, средств химизации, выращиваемых сортов и применяемых технологических приемов, а также с точки зрения охраны окружающей среды.

Система удобрения в севообороте является частью общей системы удобрения в хозяйстве. В ее основе должно быть наличие освоенных научно обоснованных севооборотов в хозяйстве. Это объясняется следующими причинами:

- во-первых, в связи с различным строением корневой системы сельскохозяйственных культур и их способностью по-разному усваивать трудно-растворимые формы элементов питания почвы и внесенных удобрений, при чередовании культур в севообороте достигается более полное усвоение элементов питания, чем при их бессменном возделывании;

- во-вторых, в севообороте создаются более благоприятные условия для проведения комплексных мер борьбы с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, чем в монокультуре.

Разные сельскохозяйственные растения имеют существенные различия в потреблении элементов питания. При чередовании культур в севообороте элементы питания почвы и удобрений используются более продуктивно. При посеве, например, озимой пшеницы по разным предшественникам потребность в удобрениях будет разной.

После уборки зернобобовых культур (например, гороха) почва легко обрабатывается, становится рыхлой. До посева озимых культур проходит много времени, потребность в удобрении азотом будет меньше. После поздно убираемой кукурузы на зерно в почве накапливается мало минерального азота и потребность в азотном удобрении резко возрастает.

Бобовые культуры требуют меньше азотных удобрений, а многолетние бобовые травы обогащают почву азотом. Поэтому под культуры, идущие после бобовых, азотных удобрений вносят меньше. Нельзя вносить много азота под покровную культуру (под которую подсевают многолетние травы).

При чередовании культур и меньших нормах внесения удобрений получают более высокие урожаи по сравнению с монокультурой, без чередования.

При длительном применении удобрений в севообороте потребность в азотных удобрениях увеличивается, а в фосфорных и калийных – уменьшается.

При проектировании системы удобрения используются следующие материалы: организационно-хозяйственный план, почвенная карта, агрохимические картограммы, фактическая урожайность за последние 5 лет и нормы применяемых удобрений, книга истории полей, организационно-технические возможности хозяйства. Уточняются севообороты, устанавливается потребность в химической мелиорации, количество производимых органических удобрений. На основании всех данных проводится распределение минеральных и органических удобрений под отдельные культуры.

При разработке системы удобрения в севообороте необходимо:

- рассчитать вынос элементов питания планируемым урожаем сельскохозяйственных культур;

- установить по данным хозяйственного выноса элементов питания планируемым урожаем и интенсивностью баланса потребность сельскохозяйственных культур севооборота в удобрениях;

- определить общую потребность всех культур севооборота в минеральных туках с учетом внесения органических удобрений и поступления биологического азота;

- рассчитать дозы удобрений для получения планируемого урожая отдельно под каждую культуру севооборота;

- рассчитать для оптимизации баланса элементов питания в севообороте поправочные коэффициенты к нормативным затратам азота, фосфора и калия;

- определить дозы минеральных удобрений для культур севооборота с учетом баланса элементов питания в почве;

- установить наиболее рациональные сроки и способы внесения удобрений с учетом агрохимической характеристики почв и особенностями возделываемых культур;

- распределить удобрения между полями и культурами на основе принятых схем размещения в севообороте и годовых планов их применения;

- дифференцировать использование доз удобрений для каждого поля севооборота в зависимости от предшественника, последствие ранее внесенных удобрений и данных агрохимической характеристики почв.

При составлении системы удобрения в севообороте необходимо учитывать влияние корневых и пожнивных остатков возделываемых культур. Наиболее сильное последствие показывают корневые и пожнивные остатки бобовых культур.

С помощью системы удобрения решается задача получения максимально возможной продуктивности севооборота, высоких и устойчивых урожаев всех

культур, а также обеспечивается производство биологически полноценной растениеводческой продукции необходимого технологического и коммерческого (товарный вид, конкурентоспособность) качества, рациональное использование плодородия почвы и пути его повышения при агрономически и экономически выгодном применении удобрений, сохранение и улучшение естественной экологической обстановки в агроценозах. Решение проблемы повышения плодородия почвы при этом должно пониматься не как механическое увеличение его слагаемых, а как разрешение проблемы оптимизации условий минерального питания культур севооборота, обеспечивающих прогрессивное возрастание их урожайности и улучшение качества продукции. Это на практике означает устранение факторов, оказывающих отрицательное влияние на жизнедеятельность и продуктивность культурных растений (гипсование - солонцовых, известкование - кислых, орошение - засушливых и удобрение - малоплодородных почв; участки с высоким рН подлежат кислотанию, пески - глинованию, тяжелые по гранулометрическому составу почвы - пескованию). Отсюда система удобрения в севооборотах на каждом своем этапе должна решать разные по характеру агрохимические задачи - последовательно устраняя отрицательное влияние факторов, ограничивающих рост и развитие растений, и тем самым решая задачу воспроизводства плодородия почвы и повышения продуктивности культур севооборота. В связи с этим на определенном этапе развития сельскохозяйственного производства нет ни какой нужды повсеместно достигать положительного баланса по всем элементам минерального питания растений без учета закона минимума, оптимума и максимума.

Конкретное содержание системы удобрения зависит от особенностей почвенно-климатических условий, которые в значительной степени обуславливают потенциальные возможности сельскохозяйственных культур, специализацию хозяйств, уровень применения и эффективность удобрений. Поэтому при разработке системы удобрения необходимо учитывать уровень естественного плодородия почв. Выбор форм удобрений должен проводиться с учетом свойств почв: химического и гранулометрического состава, степени окультуренности, реакции, содержания усвояемых форм элементов питания. На разных типах почв, в зависимости от содержания доступных форм элементов питания, отдельные виды минеральных удобрений имеют различное значение.

Гранулометрический состав почвы оказывает существенное влияние на передвижение элементов питания удобрений, поглощение и закрепление их. Поэтому гранулометрический состав учитывается при определении норм и доз удобрений, сроков внесения и глубины заделки. На почвах тяжелого гранулометрического состава (глинистых) удобрения поглощаются и закрепляются сильнее, а, следовательно, и передвигаются с водой меньше и медленнее, чем на почвах легкого гранулометрического состава (песчаных).

Учитывается также уровень потенциального плодородия почв – содержание гумуса, общее содержание азота, фосфора, калия и других элементов. Устанавливается необходимость химической мелиорации почв – известкования (реакция, гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, степень насыщенности основаниями) или гипсования (щелочность, емкость катионного обмена, содержание обменного натрия). Для оценки питательного режима почвы необходимо учесть содержание подвижного азота, фосфора и обменного калия.

Для учета свойств почв используют почвенные карты и агрохимические картограммы, в которых указано содержание подвижных форм элементов питания в почве и кислотность.

Климатические условия также оказывают большое влияние на эффективность удобрений. Водный режим зависит от количества осадков, их распределения в течение года, физических свойств почвы и является одним из важнейших факторов урожайности.

При резком недостатке воды в почве удобрения не дают положительного эффекта и даже могут оказать отрицательное действие на рост растений. При умеренном недостатке воды в почве удобрения способствуют более продуктивному ее использованию растениями.

При построении системы удобрения необходимо учитывать особенности климата и предусматривать соответствующие сроки внесения удобрений и глубину их заделки под отдельные культуры. Так, в районах с недостаточным или неустойчивым увлажнением особенно важна глубокая заделка удобрений, при которой они размещаются в слоях с более устойчивой влажностью, чем в поверхностном слое, который быстро пересыхает. В засушливый период применение удобрений в виде подкормок при поверхностном внесении может быть малоэффективным.

Необходимо учитывать также температурный режим. Это связано не только с продолжительностью вегетационного периода, набором культур и выносом элементов питания, но и со сроками обработки почвы и накоплением подвижных форм элементов питания, особенно азота.

При разработке системы удобрения в севообороте необходимо учитывать форму действующего вещества, растворимость удобрения и доступность элементов питания, особенно взаимодействие удобрения с почвой, а также и влияние удобрения на агрохимические свойства почвы.

Важным условием является последствие удобрений, от которого зависят нормы внесения удобрений под последующие в севообороте культуры. Особенно длительное последствие оказывают органические и фосфорные удобрения.

При разработке системы удобрения в севообороте необходимо учитывать систему почвозащитной обработки почвы, особенности предшественников, количество поступающих в почву пожнивных и корневых остатков, их влияние на агрохимические, водно-физические свойства, микробиологическую активность, специфическую отзывчивость отдельных культур на элементы питания на разных почвах.

Соблюдение агротехники существенно повышает эффективность удобрений. Сроки и глубина обработки почвы влияют на накопление элементов питания в доступной для растений форме. При ранней обработке накапливается значительно больше минерального азота. Следовательно, потребность в азотных удобрениях уменьшается.

Особое внимание при внесении удобрений следует уделить засоренности посевов и борьбе с сорной растительностью в агрофитоценозе. Если не принять должных мер, то при внесении удобрений можно увеличить засоренность и не только снизить прибавку урожая от внесения удобрений, но и вообще снизить урожайность. Как правило, засоренность возрастает при мелкой заделке удобрений, изреженности посевов. В ряде случаев на сильно засоренных полях следует временно отказаться от внесения удобрений, особенно азотных.

Эффективность удобрений изменяется в зависимости от сорта возделываемой культуры. Наиболее отзывчивые сорта более продуктивно используют как элементы питания почвы, так и вносимых удобрений. У таких сортов больше доля продуктивной части урожая и под них выгоднее вносить удобрения.

Несоблюдение оптимальных сроков сева, несоответствующая густота посевов приводят к снижению эффективности применения удобрений. Обыч-

но при внесении удобрений, особенно в повышенных нормах, густота стояния растений должна быть меньше. На удобренных посевах растения сильнее кустятся (или ветвятся), листья получаются крупнее, возрастает их площадь, что может приводить к их затенению в нижнем ярусе. Оптимальная площадь листьев – 40–60 тыс. м²/га. Поэтому система удобрений в севообороте отражает научно обоснованную оптимизированную систему удобрения каждой культуры данного севооборота (Минеев В.Г., 2004).

Система удобрения в севообороте должна совершенствоваться и корректироваться в зависимости от изменения плодородия почвы, имеющихся в хозяйстве ресурсов и средств химизации, внедрения новых высокопродуктивных сортов и технологических приемов, а также требований охраны окружающей среды.

Система удобрения в севообороте и многолетнем насаждении, как многолетний план применения удобрений, корректируется в годовых и календарных планах. Это обусловлено различием в плодородии отдельных полей и участков агроценоза, погодными и агротехническими условиями, изменением планов производства, экономическими условиями.

При составлении годового плана (проекта) устанавливается необходимое количество минеральных и наличие органических удобрений, учитываются имеющиеся в хозяйстве технические средства, результаты агрохимического обследования полей.

Определяется возможное производство органических удобрений, количество которых должно быть доведено до необходимого уровня для поддержания почвенного плодородия, прежде всего, сохранения запасов гумуса.

Устанавливается планируемая прибавка урожайности от применения удобрений. На основе результатов агрохимического обследования полей и результатов полевых опытов, проведенных в данной зоне, устанавливаются нормы минеральных и органических удобрений. Определяются формы минеральных удобрений и, с учетом содержания действующего вещества в них, рассчитываются нормы в физической массе. Рассчитывается общая потребность в отдельных видах и формах удобрений по срокам внесения.

На основе потребности в удобрениях уточняется потребность в складах для хранения удобрений, составляется план хранения органических удобрений в прифермских и полевых хранилищах. Определяется потребность в сельскохозяйственной технике по внесению удобрений и в других материально-технических ресурсах.

При разработке годового плана применения удобрений составляется план организационно-хозяйственных мероприятий по рациональному применению удобрений, включающий технологию применения удобрений и природоохранные меры. В годовом плане рассчитывается ожидаемая экономическая эффективность применения удобрений.

Календарный план внесения удобрений составляется на основе годового плана с целью определения по основным срокам потребности в удобрениях для отдельных культур. В нем рассчитывается производство органических удобрений, накопление и приобретение минеральных удобрений и мелиорантов по видам и формам, указывается объем складов, определяется потребность машин и орудий для транспортировки и внесения удобрений по срокам сельскохозяйственных работ.

Дозы азотных удобрений еще раз корректируют до посева по результатам почвенной, и в подкормках – по результатам растительной диагностики питания растений.

Количественно систему удобрения севооборота характеризует средняя насыщенность одного гектара севооборотной площади органическими (т) и минеральными (кг д. в.) удобрениями, качественно - окупаемость 1 кг д. в. минеральных и 1 т органических удобрений урожаем всех культур севооборота в пересчете на кормовые единицы.

В общей схеме системы удобрения, составляемой для хозяйства и на ротацию каждого севооборота, сенокосов, пастбищ, многолетних насаждений, принимается во внимание средний уровень плодородия почвы на всей площади севооборота (объекта) и не учитываются различия в плодородии отдельных полей, а также складывающихся погодных условий. Эту задачу решают при ежегодном составлении плана использования удобрений на основе системы удобрения в соответствии с фактическим размещением культур в севообороте, почвенно-агрохимической характеристикой каждого отдельного поля, обеспеченности минеральными и органическими удобрениями и средствами механизации для их внесения. Таким образом, годовой план применения удобрений в хозяйстве является составной, неотъемлемой частью системы удобрения, конкретным воплощением системы удобрения культур.

Система удобрения культур - научно обоснованная технология применения минеральных и органических удобрений с учетом предшественника, почвенно-климатических условий (агрохимической характеристики почв, их естественного плодородия и состояния погоды конкретного года) и биологических особенностей культуры и сорта. Она включает в себя определение потребности культуры в органических и минеральных удобрениях, выборе видов и форм удобрений, установлении приемов, способов и сроков внесения, оплаты удобрений прибавкой урожая. Следовательно, система удобрения отдельных культур является составной частью системы удобрения севооборота в целом и представляет собой годовой план применения удобрений, в котором предусматриваются конкретные уточненные дозы, формы, сроки и способы их внесения с учетом уровня планируемых урожаев, агротехнологий, погодных условий, биологических особенностей культур и чередования их в севообороте. Количественно ее характеризует доза внесения удобрений в расчете на 1 гектар, но - оплата 1 кг д. в. NPK и 1 т органических удобрений прибавкой урожая (в кг).

В конечном итоге система удобрения в севообороте является планом удобрения отдельных культур, составляющих севооборот. Поэтому при разработке системы удобрения должны быть учтены, прежде всего, биологические особенности питания этих культур. При этом учитываются потребности возделываемых культур в элементах питания. Например, подсолнечник и сахарная свекла поглощают калия больше, чем зерновые культуры. Бобовые культуры потребляют больше молибдена, чем другие.

Далее нужно учесть периодичность потребления элементов питания. Например, зерновые культуры больше потребляют элементов питания в первой половине вегетации – от кущения до колошения. Зернобобовые культуры потребляют элементы питания более равномерно.

В начале вегетации растения потребляют элементов питания немного, но недостаток их отрицательно сказывается на всем остальном периоде вегетации и не может быть восполнен усилением питания в более поздний период. В дальнейшем потребление возрастает и достигает максимума, который у разных растений приходится на разное время роста.

При разработке системы удобрения под отдельные культуры, в соответствии с их потребностью в элементах питания в разные периоды роста,

устанавливают дозы, сроки и способы внесения удобрений, учитывают отношение к реакции среды. Затем необходимо учитывать усваивающую способность корневой системы растений в отношении элементов питания, чтобы подбором соответствующих форм удобрений создать наиболее благоприятные условия для роста растений и формирования урожая.

Устанавливая сроки внесения удобрений, глубину их заделки, необходимо учитывать характер развития корневой системы растений, глубину ее проникновения в почву и способность образовывать дополнительные корни. У зерновых культур корневая система распространяется неглубоко, у зернобобовых и других, имеющих стержневую корневую систему, проникает значительно глубже.

Способы внесения и заделки удобрений определяются биологическими особенностями культуры, ее агротехники, а также климатическими, почвенными условиями и свойствами удобрений.

Общее количество удобрений, предусмотренных под отдельные культуры, вносят в один или несколько сроков с применением различных способов внесения и заделки.

Основное удобрение предназначено для улучшения питания растений в течение всего периода вегетации, особенно в период интенсивного роста растений и максимального потребления элементов питания. Поэтому используется большая часть нормы, вносимая, как правило, под вспашку. В этом случае удобрения размещаются в глубокий, более влажный слой почвы и поэтому эффективно используются в течение всего или большей части вегетационного периода. В районах достаточного увлажнения глубокая заделка имеет меньшее значение. Азотные удобрения в этих условиях часто вносят весной. Учитывается также влияние орошения.

Припосевное удобрение предназначено для улучшения питания растений в начальный период роста. Поэтому дозы его невелики, размещаются удобрения вблизи от семян, то есть локально. Следует учитывать, что эффективность удобрений при локальном его внесении в 2–3 раза выше, чем при разбросном.

Подкормки проводятся, как правило, для устранения недостатка какого-либо элемента в период роста и развития растений (по диагностике питания). В подкормку целесообразно выделять часть удобрений при высоких нормах. Подкормку также следует провести, если по каким-либо причинам удобрения не были внесены до посева. Перенос части удобрений в подкормку целесообразен на легких почвах в районах достаточного увлажнения, на почвах с высоким уровнем грунтовых вод.

Таким образом, система удобрения отдельных культур в севообороте должна решать две крупные взаимосвязанные задачи: установить наиболее эффективные способы и сроки внесения удобрений, а также их материально-техническое обеспечение; разработать систему удобрения конкретной сельскохозяйственной культуры с учетом комплекса условий с целью реализации потенциальной продуктивности данной культуры и воспроизводства плодородия почвы. Основная задача комплекса приемов по внесению удобрений - обеспечение оптимальных условий питания растений в течение всей вегетации. При этом важно знать потребность культуры в отдельных элементах питания по фазам вегетации и возможность размещения их в корнеобитаемом слое почвы.

«Система удобрения в севообороте и отдельных культур, – писал В.Г. Минеев (2004), – находится в тесной неразрывной связи. Если на основе оптимизации питания растений макро- и микроэлементами разработана система удобрений, позволяющая реализовать потенциальную продуктивность

культуры севооборота, то и от севооборота в целом будет получена максимальная продуктивность. Однако между системой удобрения отдельной культуры и севооборотом нельзя ставить знак равенства, т. к. культуры севооборота существенно различаются: по отзывчивости на отдельные макро- и микроэлементы и их соотношения в зависимости от характера корневой системы и биологических требований к формам азотных и фосфорных удобрений, способам заделки удобрений, к органическим удобрениям, известкованию, кислотности почвы. Система удобрений в севообороте - это не просто суммирование удобрений отдельных культур, а сложное взаимодействие биологических, физиолого-биохимических факторов растений с физическими, физико-химическими и биологическими факторами самой почвы и воздействиями человека на условия роста и развития растений».

В производственных условиях в зависимости от специализации хозяйства, удаленности полей от животноводческих ферм и численности скота фактически формируются три типа системы удобрения:

- комбинированная, основанная на сочетании органических удобрений с минеральными;

- органическая, предусматривающая использование навоза с максимальной локализацией площадей применения и предельно допустимыми нормами нагрузки его на гектар пашни и сельскохозяйственных угодий;

- минеральная, основанная на применении минеральных удобрений, в которых органическое вещество почвы пополняется за счет корневых и пожнивных остатков культур севооборота, главным образом многолетних трав, заправки сидератов и соломы.

Совместное применение органических и минеральных удобрений является одним из основных положений системы удобрения. Д.Н. Прянишников по этому поводу писал: "Максимальные же урожаи достигаются комбинацией навоза и минеральных удобрений, которая позволяет обильно снабдить растения усваиваемой пищей на первых стадиях развития и дать в то же время в виде навоза резерв постепенно приходящих в действие питательных веществ" (Избр. соч., т. 1, 1952, с. 563).

Сочетание навоза с минеральными удобрениями в большинстве случаев превосходит по своей эффективности действие этих удобрений при раздельном внесении в эквивалентных количествах элементов питания, что связано с усилением микробиологической деятельности в почве. Также уменьшается закрепление в почве фосфора минеральных удобрений.

Совместное применение навоза и минеральных удобрений наиболее желательно при возделывании культур, чувствительных к повышенной концентрации почвенного раствора (огурец, лук, чеснок и другие).

Чтобы получить от удобрений необходимую эффективность и не допустить загрязнения окружающей среды, необходимо разработать ряд мер. Прежде всего нужно не допустить потерь минеральных удобрений на пути от завода до поля, вносить их так, чтобы они не попадали в грунтовые воды, водоемы, не накапливались в избыточном количестве в продукции. Опасность существует при использовании органических удобрений, особенно жидких.

При разработке мер определяются пути возможного загрязнения окружающей среды при осуществлении разработанных технологий и намечаются способы недопущения такого загрязнения. Эти меры корректируются в годовых и календарных планах применения удобрений.

6.3. Географические закономерности действия удобрений

Науку часто смешивают со знанием, это грубое недоразумение. Наука есть не только знание, но и сознание, т. е. уметь пользоваться знанием как следует.

В.О. Ключевский

Работа крестьянина напоминает мне шахматную партию, в которой погода имеет преимущество первого хода. Своевременный ответный ход возможен в том случае, если он к нему подготовлен.

Т.С. Мальцев

Эффективность применения удобрений в значительной степени определяется почвенно-климатическими условиями местности. Это особенно наглядно проявляется на территории Российской Федерации, отличающейся большим разнообразием рельефа, почвенного покрова и гидротермическими условиями.

Для изучения закономерности действия удобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур на обширной территории нашей страны в 1926 г. под руководством Д.Н. Прянишникова, А.И. Лебеяднца и А.И. Левицкого была организована Географическая сеть полевых опытов с удобрениями, которая успешно функционирует сегодня и находится в ведении Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. Обобщение полученных обширных экспериментальных данных позволило установить основные географические закономерности эффективности удобрений. В общем виде они формулируются следующим образом: на Европейской части Российской Федерации эффективность применяемых удобрений снижается с северо-запада на юго-восток, а в Сибири – с востока на запад. Это связано главным образом с уменьшением в этом же направлении влагообеспеченности. Наибольшие прибавки урожая от применения удобрений получены на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны. Отзывчивость растений на удобрение связана здесь с незначительным содержанием в почве гумуса и элементов питания, достаточным количеством влаги и умеренным количеством тепла. Высокая эффективность удобрений отмечена и в лесостепной зоне на серых лесных почвах, а также выщелоченных и оподзоленных черноземах, особенно на хорошо обеспеченных влагой черноземах Предкавказья (Краснодарский край). В степной зоне на обыкновенных и южных черноземах и в зоне сухих степей на каштановых почвах эффективность удобрений резко снижается, что связано с дефицитом влаги. На Юго-Востоке Европейской части и в Южном Заволжье применение удобрений на богаре неэффективно из-за часто повторяющихся засух. Высокая эффективность удобрений в этом регионе отмечена только в условиях орошаемого земледелия. Всем видам удобрений присущи вышеперечисленные общие закономерности действия на продуктивность сельскохозяйственных культур и, вместе с тем, у каждого существуют отличительные особенности.

На эффективность азотных удобрений большое влияние оказывает генезис почв. По мере продвижения с севера на юг снижается их эффективность. Окупаемость азота удобрений на дерново-подзолистых и каштановых почвах различается в 5 раз. Это хорошо проиллюстрировали В.Г. Сычев, Е.Н. Ефремов и А.А. Завалин со своими коллегами (табл. 141). При этом внутри каждого типа (подтипа) почв эффективность применения азотных удобрений зависит от содержания в них доступных растением соединений

азота, фосфора и калия: с увеличением в почве количества азота она снижается, а фосфора и калия, наоборот, – повышается. Следовательно, применение азотных удобрений должно быть строго дифференцированным в зависимости от содержания в почве этих элементов.

Таблица 141 – Окупаемость азотных удобрений прибавкой урожая озимой пшеницы, кг/кг

Тип и подтип почвы	Доза азота, кг/га				
	30	60	90	120	150
Дерново-подзолистая	26,8	15,2	10,6	7,8	5,7
Серая лесная	17,4	9,7	6,7	4,9	3,7
Чернозем выщелоченный	14,0	8,1	5,8	4,2	3,0
Чернозем типичный	12,8	7,2	5,0	3,7	2,7
Чернозем обыкновенный	9,4	5,3	3,6	2,9	2,0
Чернозем карбонатный	7,6	4,4	3,2	2,3	–
Каштановая	5,1	3,0	2,1	1,5	–

Эффективность фосфорных удобрений большей мере зависит от содержания в почве подвижного фосфора, чем от генетических ее особенностей (табл. 142).

Таблица 142 – Окупаемость фосфорных удобрений (P₄₅) прибавкой урожая озимой пшеницы, кг/кг

Тип и подтип почвы	Содержание подвижного фосфора в почве				
	низкое	пониженное	среднее	повышенное	высокое
Дерново-подзолистая	13,6	5,6	3,3	1,9	0,8
Серая лесная	11,1	4,8	2,7	1,5	0,7
Чернозем выщелоченный	9,3	4,0	2,2	1,3	0,7
Чернозем типичный и обыкновенный	6,7	2,9	1,6	0,9	0,3
Чернозем карбонатный	7,6	3,3	1,8	1,1	0,4
Каштановая	6,7	5,3	4,7	2,9	2,2

Наибольшую окупаемость калийных удобрений при внесении под зерновые культуры можно получить лишь на почвах с низким содержанием подвижного калия. Таких почв в Российской Федерации насчитывается около 10 % (табл. 143).

Таблица 143 – Окупаемость калийных удобрений (K₆₀) прибавкой урожая озимой пшеницы, кг/кг

Тип и подтип почвы	Содержание подвижного калия в почвах		
	низкое	среднее	повышенное и высокое
Дерново-подзолистая	5,5	1,8	0,8
Серая лесная	6,2	2,3	1,0
Чернозем выщелоченный	–	2,5	1,3
Чернозем обыкновенный	–	2,3	0,8

На почвах с более высоким содержанием подвижного калия калийные удобрения эффективны при использовании под картофель, сахарную свеклу, лен и другие калиефильные культуры.

На почвах, характеризующихся повышенной кислотностью, применение минеральных удобрений должно сопровождаться внесением извести. Комплексное применение минеральных удобрений и химических мелиорантов на таких почвах позволит повысить эффективность этих агрохимических средств и снизить затраты элементов питания на получение единицы урожая.

Эффективность органических удобрений зависит от природно-климатических условий и, как правило, уменьшается с севера на юг и с запада на восток, т. е. зависит от влагообеспеченности; она всегда выше при орошении. На действие органических удобрений влияют также свойства почвы: реакция почвенного раствора, гранулометрический состав, степень окультуренности, поэтому важно правильно определять нормы, сроки и способы внесения органических удобрений.

Все системы земледелия имеют общие характерные для региона составные части (звенья). Они включают системы: организации землепользования хозяйства, машин, обработки почвы, севооборотов, удобрений, защиты растений от вредителей, сорняков и болезней сельскохозяйственных культур, защиты почвы от эрозии и охраны окружающей среды, семеноводства, организации и оплаты труда. Кроме этих звеньев, могут быть включены и другие, необходимые для условий конкретной зоны. Например, на малоплодородных почвах Нечерноземной зоны – система их окультуривания, на переувлажненных землях – осушения, в засушливых условиях при наличии орошения – орошения, на засоленных и кислых почвах – химической мелиорации. Поэтому и освещать вопросы применения агрохимических средств в каждой конкретной зоне необходимо с учетом всех особенностей применяемой системы земледелия (Лебедева Л.А., Едемская Н.Л., 2005).

6.3.1. Нечерноземная зона

Нечерноземье – это территория Российской Федерации, протянувшаяся от берегов Балтики до Урала и от Ледовитого океана на 2 тысячи с лишним километров к югу. Понятие «Нечерноземье» вошло в речь, как антоним слова «Черноземье». Оба слова характеризовали состав почвенного покрова этих географических местностей.

По почвенно-климатическим условиям Нечерноземье находится в таежной и лесостепной зонах Европейской территории Российской Федерации. Таежная зона делится на подзоны северной, средней и южной тайги. Наиболее распространены в таежной зоне подзолистые, дерново-подзолистые, подзолисто-болотные и болотные почвы. В северной подзоне преобладают подзолистые, а в средней и особенно южной подзонах – дерново-подзолистые почвы. Кроме того, имеются небольшие площади дерново-карбонатных почв. В южной части Центрального, Волго-Вятского и Уральского регионов преобладают серые лесные почвы (24–30 %) в комплексе с оподзоленными и выщелоченными черноземами (8–17 %). Заболоченные почвы занимают от 10 % пашни в Уральском и до 30 % в Северо-Западном районе. Наиболее плодородные дерново-карбонатные почвы распространены в Северо-Западном районе, но занимают здесь не более 10 % общей площади пашни. В Центральном, Волго-Вятском районах значительная площадь почв (до 40 %) подвержена водной эрозии. Это в основном дерново-подзолистые и серые лесные почвы.

Климат Нечерноземья характеризуется умеренно-холодной неустойчивой зимой, затяжными весной и осенью, нежарким коротким летом. Здесь характерны поздние весенние и ранние осенние заморозки. Продолжительность периода вегетации в северной части – 60–70 дней, южной – 140–150 дней. Сумма активных температур колеблется от 600–800°C до 1000–1200°C и до 2300°C в самых южных частях зоны. Годовое количество осадков составляет 450–700 мм и во всей зоне превышает величину испарения, определяя промывной тип водного режима почвы.

Нечерноземная зона занимает 9 млн. км², или 52,7 % территории Российской Федерации, на нее приходится около 40 % населения страны. Здесь имеется 42,6 млн. га сельскохозяйственных угодий, или всего 17,4 % от общего фонда страны.

В составе Нечерноземья 4 природно-сельскохозяйственные зоны, существенно отличающиеся по географическому положению, почвенно-климатическим условиям, облесенности, населенности и экономическому развитию:

1. Полярно-тундровая природно-сельскохозяйственная зона занимает площадь в 1,98 млн. км², или 11,6 % территории Российской Федерации. Европейская часть зоны отличается от сибирской меньшим развитием вечной мерзлоты и значительным распространением торфяников. Однако торфяно-перегнойный горизонт, который подстилает глеевый, неглубок. В южной части тундры имеются торфяно-болотные почвы.

Среднесуточная температура воздуха июля – от 5 до 11°C. Число дней с температурой выше 10°C за год составляет не более 30–40, а сумма физиологически активных температур не превышает 400°C. Снежный покров сохраняется в течение 220–250 дней. Среднегодовое количество осадков от 150 до 400 мм. Большая часть их выпадает зимой, однако из-за низкой испаряемости зона признана избыточно увлажненной.

Суровый климат и наличие вечной мерзлоты затрудняют здесь ведение сельского хозяйства. Сельскохозяйственные угодья, преимущественно естественные сенокосы и пастбища, занимают менее 0,03 % территории зоны. Земледелие практически отсутствует. Из растениеводческих отраслей получило развитие овощеводство в условиях защищенного грунта.

2. Лесо-тундрово-северотаежная природно-сельскохозяйственная зона занимает территорию 2,34 млн. км², или 13,7 % площади Российской Федерации. Она отличается от полярно-тундровой большей облесенностью (37,7 % территории) и заболоченностью (14 %). Среди болот преобладают верховые. Низинные болота, пригодные для сельскохозяйственного использования, составляют не более 11 % общей площади заболоченных массивов.

Период вегетации составляет 40–90 дней с суммой активных температур 1200–1400°C. Среднегодовое количество атмосферных осадков – 400–600 мм, в том числе за теплый период – 150–200 мм. Снежный покров достигает 60–90 см.

В зоне преобладают глеево-подзолистые и мерзлотно-таежные почвы в сочетании с болотно-подзолистыми и болотными. Более легкие по гранулометрическому составу почвы расположены на западе региона, а в центральной и восточной ее частях преобладают суглинистые почвы на моренных отложениях. По берегам рек имеются пойменные почвы, наиболее пригодные для сельскохозяйственного использования.

Сельскохозяйственные угодья занимают малую часть территории зоны и расположены преимущественно на супесчаных подзолистых почвах с более

благоприятными водно-воздушным и тепловым режимами. Земледелие развито по долинам рек около крупных населенных пунктов и дорог. Здесь возделывают скороспелые сорта ячменя, кормовые культуры, картофель и овощи.

3. Среднетаежная природно-сельскохозяйственная зона занимает площадь в 2,23 млн. км², или 13 % от территории страны. Зона относится к умеренному климатическому поясу со средней степенью континентальности. Облесенность зоны составляет 76,4 % от общей территории зоны. Сумма активных температур здесь достигает 1600°С, а период возможной вегетации растений составляет 90–110 дней. Среднегодовое количество атмосферных осадков – 500–800 мм. Они обеспечивают достаточное увлажнение почвы на протяжении всего периода вегетации, но их количество возрастает от весны к осени. В связи с невысокими температурами этого периода наблюдаются избыточное увлажнение и заболачивание почв.

Почвенный покров зоны представлен в основном подзолистыми почвами, большая часть которых по гранулометрическому составу относится к легко- и среднесуглинистым. Значительную часть территории занимают болотные почвы. В Прионежье имеются дерново-карбонатные почвы с более высоким плодородием. По долинам рек распространены пойменные почвы.

Природные условия среднетаежной зоны пригодны для животноводства и полеводства; ведущими культурами являются рожь, пшеница, овес и ячмень. Среди кормовых культур преобладают многолетние травы. В южных районах выращивают лен-долгунец. Вокруг городов развито картофелеводство и овощеводство. В сельскохозяйственное производство вовлечено около 6 %. В этой зоне имеются большие возможности для расширения фонда земель сельскохозяйственного назначения за счет мелиорации. Для повышения плодородия почв в этой зоне особое значение имеют их известкование, внесение удобрений, создание глубокого окультуренного корнеобитаемого слоя.

4. Южно-таежная природно-сельскохозяйственная зона занимает обширную территорию в 2,45 млн. км², или 14,4 % всей территории Российской Федерации. Здесь сосредоточены основные площади сельскохозяйственных угодий Нечерноземья – 42385 тыс. га, из них пашня составляет 25480 тыс. га, естественные кормовые угодья – 16905 тыс. га, или 39,9 % – от площади сельскохозяйственных угодий. Территория южно-таежной зоны делится на две природно-сельскохозяйственные провинции: Прибалтийскую и Средне-Русскую.

Климат Прибалтийской провинции слабоконтинентальный. Период возможной вегетации растений составляет 105–140 дней, сумма активных температур – 1600–2200°С. Среднегодовое количество атмосферных осадков – 500–800 мм, которые равномерно распределены по временам года. Леса занимают 40 % территории, болота – около 9 %, причем на долю низинных приходится 43 % общей площади болот. Сельскохозяйственные угодья составляют 34 % общей территории провинции, половина из них – пашня. В Прибалтийской провинции преобладают дерново-подзолистые суглинистые почвы на морене, песчаные и супесчаные – на ледниковых отложениях. Одна треть пашни расположена на болотно-подзолистых и болотных почвах. Суглинистые болотно-подзолистые почвы избыточно увлажнены; супесчаные, песчаные и дерново-карбонатные увлажнены в меньшей степени. Значительная часть пахотных почв, расположенных на моренных и известковых отложениях, содержит много камней. Для повышения плодородия этих почв большое значение имеют их осушение, известкование, очистка от камней и внесение

удобрений. Природные условия Прибалтийской провинции благоприятствуют интенсивному развитию животноводства. В структуре посевных площадей преобладают кормовые культуры, особенно многолетние травы, рожь, ячмень и овес. Развито льноводство, картофелеводство и овощеводство.

Средне-Русская провинция занимает 24 % территории всей Нечерноземной зоны страны. По климатическим условиям она относится к умеренному среднеконтинентальному поясу, отличающемуся мягкой зимой в западной части и холодной – в восточной, и умеренно прохладным летом. Сумма активных температур здесь составляет 1600–2200°C, а продолжительность периода вегетации – 110–140 дней. В среднем за год выпадает 525–650 мм атмосферных осадков, т. е. увлажнение достаточное. Вероятность избыточно влажных лет 25–40 %, полусухих и засушливых – 12–20 %. В отдельные годы на юго-востоке провинции бывают сезонные засухи. Температура воздуха для развития сельскохозяйственных растений здесь менее благоприятна по сравнению с Прибалтийской провинцией (ранние заморозки, более суровые зимы). Сумма температур выше 10°C на юго-западе – 2200–2300°C, на северо-востоке – 1700–1800°C, вегетационный период соответственно 140–145 и 120–125 дней. В центральной части зоны увлажнение по сравнению с западной и северо-западной частями менее устойчивое, наблюдается значительная неравномерность выпадения осадков по годам и в течение периода вегетации. Переувлажненные периоды нередко сменяются засушливыми.

Земельные ресурсы провинции представлены почти 9 млн. га, что составляет 35,5 % пашни Нечерноземной зоны. Распаханность территории убывает с юга на север. Более 85 % пашни расположено на различных дерново-подзолистых почвах, до 10 % – на серых лесных. Супесчаных почв в пахотном фонде более 20 %, песчаных – 3 %, каменистых – около 7 %. Более 75 % почв имеют кислую реакцию, менее 25 % – близкую к нейтральной. Содержание подвижных форм фосфора и калия в них низкое и среднее, почв с высоким содержанием этих элементов всего лишь 12–15 %. Под болотами находится менее 3 %, свыше 40 % из них – низинные. Наряду с закустаренными землями и мелколесьем эти болота – резерв увеличения пахотных земель. Под сельскохозяйственные угодья используется 38 % территории провинции, свыше 60 % их занимает пашня. В северной части провинции (Вологодская, Костромская и Ярославская области) общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет 15–20 %, а в южной (Брянская, Калужская области и часть Рязанской) – более 45–50 % общей территории.

Распространенный тип почв – дерново-подзолистые. В южной части небольшие площади заняты светло-серыми лесными почвами. К низменностям приурочены большие массы болотных торфяников. Из-за низкого плодородия почвы Средне-Русской провинции нуждаются в дальнейшем окультуривании: углублении корнеобитаемого слоя, известковании, внесении удобрений, внедрении севооборотов с многолетними бобовыми травами.

Дерново-подзолистые почвы имеют небольшую мощность гумусового горизонта и низкое содержание гумуса (1,5–2,5 %), кислую реакцию, недостаток подвижных форм элементов питания, неблагоприятный водно-воздушный режим. Самым низким плодородием отличаются подзолистые, дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы. Серые лесные почвы в отличие от дерново-подзолистых характеризуются повышенным содержанием гумуса (3–4 %) и более мощным гумусовым горизонтом (30–40 см). Для них характерны слабокислая реакция среды, низкая обеспеченность фосфо-

ром и калием. Черноземы выщелоченные и оподзоленные отличаются более высоким содержанием гумуса (4–5 %) и более мощным гумусовым горизонтом (60–70 см). Они наиболее благоприятны для выращивания сельскохозяйственных культур. По агрохимическим показателям дерново-подзолистые почвы Нечерноземной зоны отличаются повышенной кислотностью и низкой обеспеченностью фосфором и частично – калием (табл. 144).

Таблица 144 – Физико-химические показатели почв Нечерноземной зоны

Почва	Гумус, %	N общ, %	S, (Ca+Mg)	Hг	V, %
			мг-экв./100 г почвы		
Дерново-подзолистая, суглинистая	1,5–2,5	0,1–0,2	5–10	4–7	40–60
Дерново-подзолистая, песчаная и супесчаная	1–1,5	0,08–0,15	5–2	2–3	30–40
Серая лесная	2–5	0,1–0,25	12–15	4–6	70–80
Чернозем оподзоленный	5–6	0,2–0,35	15–25	5–22	70–80

При размещении культур и планировании агромероприятий необходимо учитывать не только физические и физико-химические свойства, но и тепловые характеристики почв Нечерноземья. Они изменяются по мере увеличения континентальности климата. С продвижением на восток безморозный период сокращается, зима становится более суровой, почва длительное время находится в замерзшем состоянии, поздно оттаивает, в связи с чем, в ней преобладают процессы накопления органического вещества над его минерализацией, поэтому в северных районах возможно образование торфа. С продвижением на запад период для вегетации растений удлиняется, зима становится более мягкой, имеются условия для полной минерализации остатков биоценоза, поэтому почвы здесь менее гумусированные и имеют более мощный гумусовый горизонт, чем в восточных и северо-восточных районах. Этим обусловлена более высокая эффективность удобрений в западных районах Нечерноземной зоны, чем в восточных.

По степени обеспеченности теплом все типы почв Нечерноземной зоны Н.Н. Розов подразделяет на следующие три агроклиматические группы.

Первая группа – почвы южной и западной частей зоны, недостаточно обеспеченные теплом (сумма температур выше 10°C колеблется в пределах 1200–2200°C). В эту группу включены дерново-карбонатные, дерново-подзолистые, подзолистые, болотные, пойменные и горные дерново-подзолистые почвы. В этой зоне встречаются также серые лесные почвы, среднеобеспеченные теплом (сумма среднесуточных температур выше 10°C колеблется от 2000 до 2350°C), бурые лесные и оподзоленные черноземные почвы. На эту группу почв приходится примерно 22 % площади земель сельскохозяйственного назначения нашей страны. На этих почвах возделываются среднеспелые и среднеранние сорта культурных растений.

Вторую группу составляют почвы, распространенные севернее первой группы. В нее входят подзолистые иллювиально-гумусовые и глееподзолистые почвы. По гранулометрическому составу первые – супесчаные и песчаные. Вторая группа почв занимает около 18 % территории страны, однако почти 1/3 из них приходится на неудобные для земледелия горные почвы. Эта группа почв малообеспечена теплом (сумма активных температур колеблется

в пределах 800–1200°C), поэтому на них возделывают, главным образом, раннеспелые овощи, картофель и травы.

Третья агроклиматическая группа – почвы крайнего севера и высокогорных районов, необеспеченные теплом в открытом грунте. В земледелии из этой группы используются пойменные тундровые, горно-луговые и горно-степные почвы. Почвы этой группы занимают около 30 % площади страны, однако в земледелии используется всего около 300 тыс. га (в том числе пойменно-тундровые – 36 тыс. га).

Бедность почв Нечерноземной зоны Европейской части Российской Федерации элементами питания растений, с одной стороны, и сравнительно хорошая обеспеченность их влагой и теплом, с другой, обуславливают благоприятные условия для эффективного действия удобрений (табл. 145).

Таблица 145 – Оплата 1 кг действующего вещества минеральных удобрений (N+P₂O₅+K₂O) урожаем основной продукции сельскохозяйственных культур

Природно-экономический район	Зерновые	Картофель	Лен-долгунец
	кг		
Северо-Западный	5,4	21,8	6,8
Центральный	4,4	25,0	4,8
Волго-Вятский	4,2	21,7	6,0
Уральский	3,7	21,4	4,7

В пределах Нечерноземной зоны эффективность удобрений снижается с запада на восток, что связано с уменьшением количества тепла и влаги в этом направлении. Характерной особенностью системы удобрения в Нечерноземной зоне является доминирующее значение азотных удобрений. Известное высказывание Д.Н. Прянишникова: «Вся история земледелия в Западной Европе свидетельствует о том, что главным условием, определяющим среднюю высоту урожая в разные эпохи, была степень обеспеченности сельскохозяйственных растений азотом» особенно справедливо для Нечерноземной полосы. В большинстве случаев азотные удобрения в Нечерноземье занимают первое место по эффективности. Мобилизация почвенных запасов азота здесь составляет одну из важных задач системы земледелия в целом, осуществляемой путем внедрения рациональных систем обработки, осушения переувлажненных почв, устранения их излишней кислотности и другими приемами, способствующими усилению деятельности микроорганизмов, минерализующих органический азот. Однако усиленная минерализация приводит к значительной потере органического вещества, что особенно нежелательно для подзолистых почв с низким содержанием гумуса. Для устранения отрицательных последствий этого процесса необходимо увеличить поступление в пахотный слой почвы органического вещества. Значительная роль здесь принадлежит и «биологическому» азоту, т. е. азоту атмосферы, фиксированному клубеньковыми бактериями и свободно живущими микроорганизмами почвы. Почти на всей территории Нечерноземной полосы климатические условия вполне благоприятны для выращивания и получения высоких урожаев многолетних бобовых растений.

Практика земледелия и результаты многолетних опытов показывают, что в Нечерноземной зоне на многих подзолистых и заболоченных почвах недостаток фосфора настолько значителен, что весьма существенно ослабляет использование растениями других биогенных элементов, в том числе и азота. Ес-

ли в эти почвы систематически не вносятся достаточного количества фосфорных удобрений или навоза, то количество доступного для растений фосфора катастрофически снижается. Это наблюдается и в отношении калия. Прежде всего дефицит доступного для растений калия проявляется при возделывании «калиелюбивых» культур – картофеля, корнеплодов, бобовых культур, льна.

В.Д. Панниковым и В.Г. Минеевым приведены примерные системы удобрения в зернотравяном и кормовом севообороте Нечерноземной зоне (табл. 146).

Все культуры, возделываемые в Нечерноземной зоне, нуждаются во внесении фосфорных удобрений, озимые – в весенней подкормке азотом. Эффективно сочетание органических и минеральных удобрений. Средняя норма азотных удобрений под зерновые культуры составляет N_{40-60} , для более требовательных культур – N_{90-120} . Эффективно рядковое внесение фосфорных удобрений в дозе P_{10} . На кислых почвах применяется фосфоритная мука. Калийные удобрения требуются прежде всего под картофель, лен, овощные и силосные культуры. Отмечается высокая потребность в борных, медных, кобальтовых и молибденовых удобрениях. В целом для огромной территории Нечерноземной зоны, несмотря на значительное варьирование условий увлажнения и температуры, характерна не только высокая, но и относительно устойчивая по годам эффективность удобрений.

Обязательным условием научно обоснованной системы удобрения в Нечерноземной зоне является *известкование кислых почв*, поскольку кислотность является здесь одной из важнейших причин низкого плодородия дерново-подзолистых почв, как и низкой эффективности применяемых удобрений. Разработку системы удобрения в севооборотах этой зоны следует начинать с определения полей севооборота для известкования и норм известковых удобрений. Так как максимальное положительное действие на растения минеральные удобрения оказывают на почвах с нейтральной и слабокислой реакцией, то их применению на кислых почвах должно предшествовать известкование. В связи с тем, что почвы Нечерноземной зоны бедны гумусом, применение органических удобрений обязательно. Их отсутствие неизбежно приводит к дегумификации и снижению в почве содержания азота. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в дерново-подзолистых почвах насыщенность органическими удобрениями севооборота должна составлять от 8–10 до 18–20 т/га. На хорошо окультуренных супесчаных почвах применяют относительно невысокие нормы навоза. На тяжелосуглинистых, а также на легких по гранулометрическому составу почвах при их коренном улучшении или только осваиваемых нормы органических удобрений повышенные. Частота их внесения и сами нормы зависят от насыщенности севооборота пропашными культурами.

На почвах тяжелоглинистых навоз разлагается медленнее и его действие длится в течение 4–6 лет, на легких – 2–3 года; последствие возрастает с увеличением нормы. Продолжительность последствия навоза в севооборотах без пропашных культур в 1,5 раза выше, чем прямое его влияние. Действие бесподстилочного навоза и навозных стоков более кратковременное – 1–3 года. В первый год внесения его эффективность составляет 80 %. Слабое последствие объясняется большим содержанием легкоразлагаемых веществ. Если органические удобрения полноценные, то микроудобрения можно не вносить, поскольку, например, с 40 т качественного навоза в почву поступает 200–220 г бора, 150–170 г меди, 2000–2200 марганца, 1000 г цинка.

Таблица 146 – Примерная система удобрения севооборотов на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в Нечерноземной зоне

Культура севооборота	Навоз, т/га	Предпосевное внесение			Припосевное			Подкормка		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Восьмипольный севооборот (вариант 1)										
Пар чистый или занятый	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая рожь с подсевом бобовых трав	–	30	80	90	–	10	–	30	–	–
Травы 1-го года	–	–	–	–	–	–	–	–	40	40
Травы 2-го года	–	–	–	–	–	–	–	40	40	40
Лен	–	30	60	60	–	–	–	–	–	–
Картофель	20	90	60	60	20	20	20	–	–	–
Яровые (ячмень, пшеница)	–	60	40	40	–	10	–	–	–	–
Овес	–	40	40	40	–	10	–	–	–	–
Восьмипольный севооборот (вариант 2)										
Занятый пар (картофель ранний)	30	60	60	90	20	20	20	–	–	–
Озимая пшеница	–	30	40	40	10	–	15	60	–	–
Ячмень + клевер	–	40	90	120	10	–	15	–	–	–
Клевер	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Картофель	30	60	60	90	20	20	20	–	–	–
Зернобобовые	–	30	60	60	–	10	–	–	–	–
Озимые	–	30	50	60	10	–	15	60	–	–
Яровые	–	60	40	40	–	–	–	–	–	–
Семипольный севооборот										
Вико-овес	–	40	60	40	–	–	–	–	–	–
Озимые	–	30	50	60	–	1	–	60	–	–
Картофель	40	90	60	60	20	20	20	–	–	–
Лен	–	30	60	60	–	–	–	–	–	–
Зернобобовые	–	40	60	60	–	10	–	–	–	–
Силосные	–	120	60	60	–	10	–	–	–	–
Яровые	–	40	40	40	–	10	–	–	–	–
Кормовой севооборот										
Однолетние травы	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Многолетние травы 1-го года	–	60	120	120	–	–	–	–	–	–
Многолетние травы 2-го года	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

На севере Нечерноземной зоны навоз вносят в первую очередь под овощные (капуста), пропашные (картофель, кормовые корнеплоды), силосные и озимые культуры, на юге – под сахарную свеклу. В севооборотах с чистыми парами навоз вносят осенью под вспашку, рано весной при подъеме пара или летом при его перепашке. В среднем с каждой тонной навоза КРС, содержащегося на соломенной подстилке, в почву поступает 5 кг азота, 2,5 кг фосфора, 6 кг калия. Коэффициент использования азота из такого навоза первой культурой составляет 20–25 %, фосфора – 30–40 и калия – 60–70 %, а из навоза с торфяной подстилкой – ниже, т. к. органическое вещество торфа сильно гумифицировано и консервативно, но последствие его выше. Эквивалент подстилочного навоза по азоту составляет 0,62. Это значит, что 1 кг азота, внесенного в виде навоза, равен 0,62 кг азота, внесенного в виде минеральных удобрений. Этот показатель используют при определении нормы внесения минеральных удобрений на полях, удобренных навозом (табл. 7).

Таблица 147 – Содержание элементов питания в органических удобрениях

Удобрение	Азот (N)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Калий (K ₂ O)
Навоз подстилочный КРС	0,62	1,00	1,00
Навоз бесподстилочный КРС	0,61	1,00	0,88
Птичий помет	0,70	0,98	0,65

В основу рекомендаций по внесению бесподстилочного навоза положено среднегодовое внесение азота с этим удобрением. При внесении рекомендованной нормы жидкого навоза на посевы зерновых культур поступает 140 кг/га азота, озимой ржи на зеленый корм – 140 (при подкормке – 100), картофеля столового и фуражного – соответственно 120–180 и 240–280, сахарной свеклы – 200–240, кукурузы на зеленый корм и силос – 240–320, однолетних трав – 120–180, многолетних злаковых и бобово-злаковых травосмесей на сено и зеленый корм – 240–320, луга – 200–240, пастбища – 200–240 кг/га.

Действие органических и минеральных удобрений на рост и развитие растений различно. Элементы питания из минеральных удобрений используются растениями почти сразу после их внесения, а из органических удобрений – постепенно, по мере минерализации органического вещества. При низких температурах почвы, плохой аэрации, избытке или недостатке влаги разложение органического вещества идет медленно и растения в начальный период развития могут страдать от недостатка элементов питания, особенно азота. Коэффициент использования элементов питания растениями из минеральных удобрений при их применении совместно с навозом выше, чем без него. Поэтому система удобрения, включающая органические и минеральные удобрения, эффективнее, чем основанная на применении любого из них в отдельности.

Таким образом, несмотря на большое разнообразие природных условий на обширной территории Нечерноземной полосы, различные системы удобрения имеют ряд общих характерных черт: 1) главенствующая роль системы удобрения в окультуривании подзолистых почв; 2) тесная взаимосвязь между системой удобрения и гидромелиорацией (в условиях избыточного увлажнения); 3) систематическое применение удобрений не только на полях, но и на естественных кормовых угодьях; 4) большое значение известкования для почв с кислой реакцией; 5) устойчивая и высокая эффективность сочетания мине-

ральных и органических удобрений; 6) различные пути решения проблемы азота в земледелии, среди которых особенно важное место принадлежит биологической фиксации атмосферного азота; 7) большое значение, которое имеют наряду с азотными также фосфорные и калийные удобрения, потребность в которых будет возрастать по мере интенсификации земледелия.

6.3.2. Центральнo-Черноземная зона

Центральнo-Черноземный район – крупнейший агроэкономический регион страны, располагающий большими потенциальными возможностями производства сельскохозяйственных продуктов. В него входят пять областей – Воронежская, Белгородская, Липецкая, Курская, Тамбовская. Земельный фонд района составляет 16,8 млн. га, в том числе сельскохозяйственных угодий 13,2 млн. га (около 80 %). В составе сельскохозяйственных угодий: пашни – 10,8 млн. га (81,4 %), сенокосов – 0,6 (4,5 %), пастбищ – 1,7 млн. га (12,6 %). Леса и кустарники занимают 1,7 млн. га (10,1 %). Преобладающие почвы – черноземы. Территория расположена в лесостепной (83,3 %) и степной (16,7 %) природно-климатической зоне и делится примерно на две равные части рекой Дон, протекающей с севера на юг.

Климат Центральнo-Черноземного региона характеризуется умеренной континентальностью, усиливающейся с северо-запада на юго-восток и проявляющейся в резком колебании температуры и относительной влажности воздуха, неравномерности распределения осадков в течение года и по годам, наличием выраженных засушливо-суховеяных периодов. В регионе складывается преимущественно антициклональный тип погоды. Он формируется в массах континентально-умеренного воздуха, который преобладает здесь в течение всего года. В летний период из Казахстана и Средней Азии часто проникают воздушные массы континентально-тропического происхождения. Существенные различия имеются и в количестве суммарной радиации: от 90 ккал/см² на северо-западе до 103 ккал/см² на юге и юго-востоке зоны. Фотосинтетически активная радиация изменяется соответственно от 29 до 35 ккал/см². Продолжительность безморозного периода в лесостепи 150–155 дней, в степи 160–165 дней. Период вегетации с устойчивыми эффективными температурами воздуха 5°С и выше продолжается 185–195 дней, а активной вегетации (со среднесуточной температурой 10°С и выше) – 165–170 дней. Среднегодовое количество осадков на юго-востоке – 450 мм, а на северо-западе – 560 мм. Больше всего их выпадает в июне-июле. На долю весенне-летних осадков (апрель-июль) приходится 40–44 %, летне-осенних – 33–35 %, твердых осадков в виде снега – 25–30 % годовой нормы. Значительная часть территории (Курская, Тамбовская, Липецкая область, северные районы Белгородской и Воронежской областей) по влагообеспеченности относятся к зоне умеренного увлажнения. В зону недостаточного увлажнения входят южная часть Белгородской и Воронежской областей.

В регионе в среднем раз в 3–4 года повторяются засухи и суховеи, частота повторения которых возрастает по мере движения с северо-запада на юго-восток. Гидротермический коэффициент составляет в среднем 0,9–1,3, что указывает на достаточно засушливые условия. Различия климатических условий определяются особенностями рельефа и большой протяженностью региона с запада на восток. Среднегодовая температура воздуха на северо-западе составляет +4°С, а на юго-востоке – +6–7°С. Средняя температура ян-

варя соответственно равна –8 и –10°C, а июля – 18 и 22°C. Сумма среднесуточных температур +10°C и более на крайнем северо-западе составляет 2300–2400°C, а на юго-востоке – 3000°C.

Почвенный покров Центрально-Черноземной зоны характеризуется заметной пестротой, которая объясняется сильно расчлененным рельефом и многообразием условий почвообразования. Общий тип почвенного покрова региона определяется прежде всего расположением его в пределах двух природных зон – лесостепной (с подзонами северной, типичной и южной лесостепи), занимающей большую часть территории, и степной (южная и юго-восточная части Воронежской и Белгородской областей). В связи с этим почвенный покров зоны характеризуется ярко выраженной зональностью. В северной лесостепи сформировались серые лесные и дерново-подзолистые почвы, в типичной лесостепи – выщелоченные и типичные черноземы, в южной – обыкновенные черноземы, а в степной зоне – обыкновенные маломощные и южные черноземы. Серые лесные почвы занимают 756 тыс. га (7 % пашни), выщелоченные черноземы – 4424 тыс. га (41,3 %), типичные – 3728 тыс. га (34,8 %), обыкновенные – 1560 тыс. га (14,6 %), южные черноземы – 42 тыс. га (0,39 %) и прочие – 195 тыс. га (1,9 % пашни). Агрохимическая характеристика пахотного (0–30 см) слоя почв зоны представлена в таблице 148.

Таблица 148 – Агрохимическая характеристика почв Центрально-Черноземной зоны

Показатель	Серая лесная	Чернозем				
		оподзоленный	выщелоченный	типичный	обыкновенный	южный
pH _{водный}	5,6	5,9	6,2	6,8	7,0	7,2
Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы	5,5	6,0	5,2	2,8	1,9	1,0
Обменные катионы, мг-экв./100 г почвы:						
Ca ²⁺	17,1	24,8	33,8	49,0	42,0	35,6
Mg ²⁺	3,2	4,2	4,9	6,3	6,2	5,0
Степень насыщенности основаниями, %	75,0	83,0	88,0	95,4	96,0	97,4
Валовое содержание, %:						
гумуса	3,7	5,6	6,7	8,4	6,6	5,0
азота	0,20	0,29	0,36	0,45	0,35	0,25
фосфора	0,10	0,12	0,18	0,32	0,27	0,13
калия	1,5	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4
Подвижные формы, мг/100 г:						
легкогидролизуемый азот	10,8	18,9	21,5	23,0	18,6	13,1
фосфор	7,1	9,6	10,4	12,8	11,1	6,7
калий	14,3	21,2	24,1	33,5	34,4	34,6

Серые лесные почвы (светло-серые, серые, темно-серые) сформировались под широколиственными лесами, с чем связаны особенности их состава, свойств и признаков. Они представлены самостоятельной зоной, вытянутой с юго-запада на северо-восток в пределах Курской области. Отдельные массивы серых почв встречаются также среди черноземов других агропочвенных районов. В пахотном слое светло-серых почв содержится гумуса 1,5–3 %, се-

рых – до 4 % и темно-серых – 5,5 %, а общего азота – соответственно 0,10, 0,20 и 0,25 %. Эти почвы слабо обеспечены подвижными формами элементов питания, слабокислые (рН 5,0–6,0), степень насыщенности основаниями равняется 70–84 %, гидролитическая кислотность составляет 5–6 мг-экв./100 г почвы. Гранулометрический состав серых лесных почв зависит от почвообразующей породы и варьирует от песчаного до легкоголинистого, но преобладают средне-суглинистые почвы. С гранулометрическим составом почв связаны их водно-физические свойства и емкость поглощения катионов, которые зависят от наличия илистых частиц и органического вещества. Емкость поглощения колеблется в пределах от 9,8 до 22,2 мг-экв./100 г почвы.

Черноземы оподзоленные распространены юго-восточнее серых лесных почв в виде узкой прерывистой полосы и встречаются небольшими массивами в смежных агропочвенных районах. Они богаты гумусом (5–7 %), имеют слабокислую или близкую к нейтральной реакцию почвенного раствора (рН 5,5–6,5), значительно насыщены основаниями (82–90 %) и имеют несколько повышенную гидролитическую кислотность (6–7 мг-экв./100 г почвы). Структура черноземов оподзоленных ореховато-комковатая с большим количеством пыли, при увлажнении быстро размывается. С целью улучшения структуры этих почв и создания оптимальных условий развития растений необходимо известкование, внесение органических и минеральных удобрений, выращивание многолетних трав.

Большинство почв Центрально-Черноземной зоны характеризуются низким содержанием фосфора, поэтому наблюдается высокая эффективность фосфорных удобрений. Они лучше обогащены калием, поэтому эффективность калийных удобрений невысокая. Их вносят под корнеплоды, клубнеплоды, подсолнечник и другие калиелюбивые культуры. Отмечается высокая эффективность основного внесения полного минерального удобрения под озимую пшеницу, сахарную свеклу и кукурузу. Широко практикуется припосевное удобрение. На посевах пшеницы применяются азотные подкормки в дозе N_{40-60} ; большое значение имеет внесение удобрений под кормовые культуры.

В системе удобрения культур севооборота для оподзоленных почв и сильно выщелоченных черноземов один раз за ротацию следует предусматривать проведение известкования. Лучшим местом внесения мелиоранта в севообороте является поле, где размещаются сахарная свекла, озимые по пару или зернобобовые культуры. В качестве мелиоранта используют дефекационную грязь – отходы свеклосахарного производства. Известкование выщелоченных и типичных черноземов Центрально-Черноземной зоны улучшает их физико-химические свойства, нейтрализуют кислотность, оптимизирует азотный и фосфорный режимы. На карбонатных черноземах в связи с их слабощелочной реакцией более эффективны физиологически кислые удобрения. На солонцеватых почвах, для улучшения их физических свойств, один раз в 8–10 лет вносят сыромолотый гипс под сахарную свеклу или предшествующую ей озимую пшеницу.

Органические удобрения целесообразно использовать в севооборотах с 9–10 полями дважды за ротацию, а в 6–7-польных – один раз. Навоз вносят под сахарную свеклу, овощные, картофель и кукурузу. В полевых севооборотах лесостепи навоз вносится в нормах: под озимую пшеницу и рожь – 20–30 т/га; под кукурузу, сахарную свеклу и картофель – 30–40 т/га. В районах достаточного увлажнения кроме навоза необходимо широко применять также

различные торфяные и другие компосты. В почвозащитных севооборотах на склонах многолетние травы выращивают не менее 3–4 лет, в связи с этим для обеспечения высоких урожаев трав за 1–2 года до их посева под озимую пшеницу или кукурузу рекомендуется вносить навоз из расчета 40–60 т/га. Вносить органические удобрения эффективнее в паровое поле, под однолетние травы, кукурузу на зеленый корм.

Минеральные удобрения применяют под озимую пшеницу из расчета $N_{60-80}P_{60}K_{40-60}$, сахарную свеклу – $N_{90-120}P_{120-150}K_{90-120}$, кукурузу на зерно и силос – $N_{80-100}P_{80-100}K_{80-100}$, картофель – $N_{60}P_{90}K_{120}$, кормовые – $N_{30-40}P_{40-60}K_{40-60}$, подсолнечник – $N_{60}P_{60}K_{60}$, а при орошении – под все сельскохозяйственные культуры. В год внесения растения используют из минеральных удобрений примерно 20–25 % P_2O_5 , 50–60 % N и K_2O ; из навоза – 20–30 % N, 30–40 – P_2O_5 , 70 % – K_2O .

Для оптимизации питания растений в начале вегетации удобрения вносят при посеве в рядки: на серых лесных почвах из расчета $N_{10}P_{15}K_{10}$, на черноземах – $N_{10}P_{20}K_{10}$. При сочетании основного удобрения с рядковым их эффективность повышается.

В полевых севооборотах под пшеницу, не уменьшая дозы основного и припосевного удобрения, дают азотную подкормку из расчета N_{40-60} . В прифермских севооборотах при выращивании растений на зеленые и сочные корма рекомендуют вносить азотные удобрения из расчета N_{150} и K_{120} . В кормовых севооборотах, особенно при орошении, в структуре посевных площадей значительное место отводят многолетним травам (>50 %) и однолетним полевым культурам. В этих севооборотах азот должен преобладать над другими элементами питания. Под многолетние травы весной вносят $N_{60}P_{60}K_{60}$, а после каждого стравливания – N_{30} перед поливом или с поливными водами. Под озимую рожь, ячмень и горох вносят основное удобрение в виде навоза и полного минерального удобрения. На 1 га пашни полевого севооборота приходится 3,5–4,0 т навоза, кормового – до 6 т.

Для черноземов лесостепной зоны оптимальная норма удобрений составляет 150–160 кг/га д. в. и соотношение в них $N:P_2O_5:K_2O$ зависят от насыщенности севооборота культурами, требовательными к высокому уровню минерального питания (сахарная свекла, озимые, кукуруза).

В.Д. Панников и В.Г. Минеев приводят следующую примерную систему удобрения для двух областей Центральной Черноземной зоны – Воронежской и Липецкой (табл. 149).

Следовательно, в Центрально-Черноземном регионе основой повышения плодородия почв, количества и качества урожая выращиваемых культур является органо-минеральная система удобрения. Система удобрений здесь предусматривает внесение навоза и фосфорно-калийных удобрений на паровых полях и под пропашные культуры, суперфосфата или аммофоса в рядки при посеве зерновых культур, полного удобрения под сахарную свеклу, кукурузу, подсолнечник и азотные подкормки посевов озимых культур.

Таблица 149 – Система удобрения в Центральной Черноземной зоне

Культура	Навоз, т/га	Предпосевное удобрение	Припосевное удобрение	Подкормка
Воронежская область*				
Зернобобовые	–	–	P ₁₀ , молибден, нитрагин	–
Озимые	–	N ₆₀₋₉₀ P ₆₀ K ₄₀₋₆₀	–	–
Сахарная свекла	–	N ₉₀ P ₁₃₀ K ₆₀₋₉₀	–	–
Яровые зерновые	–	–	P ₁₀	–
Пар чистый или занятый	30	–	–	–
Озимые	–	–	P ₁₀	N ₃₀
Подсолнечник	–	N ₆₀ P ₆₀ **	–	–
Яровые зерновые	–	–	P ₁₀	–
Кукуруза на силос	–	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	–
Яровые зерновые	–	–	P ₁₀	–
Липецкая область*				
Клевер или эспарцет	–	–	молибден, нитрагин	–
Озимая пшеница	20	–	P ₁₀	N ₃₀
Сахарная свекла	–	N ₉₀ P ₁₂₀ K ₉₀	–	–
Яровые зерновые	–	–	P ₁₀	–
Горох + однолетние травы	–	–	P ₁₀ , нитрагин, молибден	–
Озимые	–	N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	–	–
Пар чистый или занятый	20	–	–	–
Озимые	–	–	P ₁₀	N ₃₀ ***
Кукуруза на силос	–	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	–	–
Яровые зерновые+ клевер или эспарцет	–	–	P ₁₀	–

* Количество минеральных удобрения на 1 га севооборотной площади: в Воронежской области 3,7–4,1 ц, навоза 3 т, в Липецкой соответственно 3,4 ц и 4 т.

** На легких почвах вносят N₆₀P₆₀K₆₀.

*** Применяется в первую очередь на посевах озимых культур по занятым парам и непаровым предшественникам

6.3.3. Поволжье

Поволжье – один из крупных сельскохозяйственных районов страны. Площадь сельскохозяйственных угодий района составляет 40,6 млн. га, в том числе пашни – 24,7 млн. га. В районе около 5 млн. га, или 20 % пашни, которая характеризуется наличием солонцовых и засоленных почв, что отрицательно сказывается на величине урожая сельскохозяйственных культур, особенно в засушливые годы. Особая проблема для земельных ресурсов Поволжья – их подверженность водной (7,1 млн. га, или 28,6 %) и ветровой (6,2 млн. га или 25 %) эрозии. В этой связи необходимо повсеместно внедрять в производство комплекс противоэрозионных мероприятий. Ведущая отрасль растениеводства – зерновое хозяйство. Здесь выращивают сильные и твердые пшеницы, качество которых признано лучшим в мире.

Климат в Поволжском районе континентальный. Здесь наблюдаются существенные колебания летних и зимних температур: средние температуры января колеблются от – 13,6°С в Казани до – 6°С в дельте Волги, июля – от +20 до +25°С соответственно. Количество осадков убывает с севера на юг и с запада на восток от 500 до 300 мм. Минимальное количество осадков выпадает в Прикаспийской низменности – от 200 до 170 мм. В Среднем и Нижнем Поволжье, особенно его заволжской части, преобладают антициклоны, что вызывает частые засухи, отрицательно влияющие на сельское хозяйство.

Поволжье лежит вдалеке от водных просторов Атлантики и Средиземноморья и сравнительно близко к центру огромного материка Евразия. Климат Поволжья, характеризующийся жарким сухим летом и холодной малоснежной зимой, формируется в основном под влиянием континентальных воздушных масс, а влажные морские, идущие с запада, попадают сюда, потеряв по пути над обширными пространствами суши значительную часть влаги. Засушливость и континентальность климата нарастают к югу и востоку, что в первую очередь сказывается на уменьшении в этом направлении количества атмосферных осадков. Наиболее увлажненная часть территории зоны за год получает 500–600 мм атмосферных осадков. Местами годовая сумма осадков превышает 600 мм (северо-восток Кировской области). Южнее, между Казанью и устьем Камы, их выпадает в среднем 450–500 мм, в степной зоне (Нижнее Поволжье) – 280–320 мм, на юге Нижнего Поволжья (в Прикаспии) – количество осадков еще меньше – от 200 до 160 мм. Таким образом, осадки распределяются очень неравномерно и уменьшаются в направлении с северо-запада на юго-восток.

На территории Поволжья выделяют следующие почвенно-климатические подзоны: лесостепь, засушливая черноземная степь, сухая степь и полупустынная степь.

Лесостепь включает Ульяновскую, Пензенскую области, северные районы Самарской области. Климат здесь с умеренным температурным режимом. Среднегодовое количество осадков – около 400 мм. Коэффициент влагообеспеченности (по Селянинову) равен 0,7–0,8. Количество осадков за вегетационный период меняется, но засухи бывают реже, чем в степных районах. В целом за теплый период года дефицит осадков составляет около 100 мм. Неравномерность увлажнения почвы увеличивается из-за значительной расчлененности рельефа. От недостатка влаги больше страдают склоны южной экспозиции.

Засушливая черноземная степь охватывает центральные и южные районы Самарской и Саратовской областей (левобережье), северные и центральные рай-

оны Волгоградской области. Среднегодовое количество осадков 300–350 мм. Дефицит влаги в теплый сезон достигает 200 мм. Корнеобитаемый слой почвы при этом иссушается на значительную глубину – до 50 см. Повторяемость сухих лет составляет 70–75 %. Зимы чаще малоснежные. В летний период температура воздуха более высокая, чем в лесостепи, чаще наблюдаются засухи и суховеи. Гидротермический коэффициент здесь колеблется от 0,5 до 0,7; относительная влажность воздуха в июне-июле нередко снижается до 15–20 %.

Сухая степь включает юго-восточные районы Самарской и Саратовской областей, центральные и часть южных районов Волгоградской области. Среднегодовое количество осадков здесь составляет 275–350 мм. Дефицит влаги только за май-июнь достигает 250 мм. Гидротермический коэффициент не превышает 0,4–0,5. Осенних и зимних осадков обычно не хватает для увлажнения всего корнеобитаемого слоя. Наблюдаются частые суховеи и периоды с очень низкой относительной влажностью воздуха (15–20 %).

Полупустынная степь занимает территорию Астраханской области (кроме Ахтубы), районы юго-востока Саратовской, правобережья и Заволжья Волгоградской области. Климат острозасушливый. Среднегодовая сумма осадков составляет на севере 250–300 мм, на юге 180–200 мм. Дефицит влаги за вегетационный период превышает 350–400 мм. В отдельные годы осадков в летний период практически не бывает. Уже в июне естественная растительность, как правило, выгорает. Поэтому большое значение здесь имеет орошение.

Почвенный покров Поволжья весьма разнообразен. В лесостепи преобладают черноземы выщелоченные и обыкновенные, часто в сочетании с серыми лесными и бурыми песчаными почвами. Встречаются и подзолы. Черноземы выщелоченные распространены главным образом на северо-востоке Пензенской, в Ульяновской и Самарской областях, черноземы обыкновенные – на юге и юго-западе Поволжья.

В засушливой степи распространены преимущественно черноземы обыкновенные, глинистые и суглинистые по гранулометрическому составу. В острозасушливой степи преобладают каштановые, светло-каштановые, бурые, солонцеватые почвы в комплексе с солонцами. Эти почвы содержат в пахотном слое от 4 до 8 % гумуса, мощность гумусового горизонта не превышает 40–80 см. Почвы солонцового комплекса в естественных условиях малоплодородны и нуждаются в гипсовании.

В сухой степи распространены темно-каштановые и каштановые почвы различной степени солонцеватости, эродированности и гранулометрического состава. Преобладают суглинистые и тяжелосуглинистые разности. На пашне пятна солонцов охватывают до 20–25 % площади. Вдоль крупных рек (Волга, Дон) значительные площади заняты песками и супесчаными почвами, легко подверженными ветровой и водной эрозии. Каштановые почвы в пахотном слое содержат 3–4 % гумуса, мощность гумусового горизонта составляет 30–40 см. Они склонны к уплотнению и ухудшению водного режима.

Полупустынная степь отличается резко выраженной комплексностью почвенного покрова. Здесь встречаются каштановые, светло-каштановые, бурые почвы и пятна степных солонцов. Последние занимают от 15–20 до 40–50 % всей площади пашни, что осложняет ведение земледелия. В светло-каштановых и бурых почвах содержится 1,5–3 % гумуса, мощность гумусового горизонта небольшая – 13–25 см. Естественное плодородие солонцеватых светло-каштановых и бурых почв невысокое.

Поволжье отличается разнообразием режимов увлажнения, что накладывает отпечаток на отзывчивость сельскохозяйственных культур на применяемые удобрения. В засушливые годы лучше действуют фосфорные и калийные удобрения, в годы с достаточным количеством атмосферных осадков – азотные. В засушливых южных районах Поволжья эффективность удобрений на неорошаемых почвах низкая и нестабильная.

При разработке системы удобрения в Поволжье необходимо учитывать, что при недостаточном количестве осадков особенно важна глубокая заделка удобрений, чтобы они попадали в увлажненные слои почвы. Наибольшую отдачу от удобрений получают при локально-ленточном способе их внесения. Для повышения эффективности основного внесения удобрения необходимо проводить снегозадержание.

В Поволжье важное место в системе удобрения отводится органическим удобрениям: их вносят осенью под зяблевую вспашку, в первую очередь под технические культуры, картофель, овощи, затем под озимую пшеницу и рожь, яровую пшеницу и кукурузу. Рекомендуют вносить перепревший навоз, в отличие от Нечерноземной зоны, где лучше применять полуперепревший навоз. Примерные системы удобрений для Поволжья приведены в монографии В.Д. Панникова и В.Г. Минеева (таблицы 150–154).

Таблица 150 – Система удобрения в 10-польном полевом севообороте северной и центральной части Приволжской возвышенности (черноземы обыкновенные, южные, карбонатные)

Чередование культур	Предпосевное удобрение			Припосевное удобрение			Подкормка			
	на-воз, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		кг/га								
Пар черный	40	–	P ₆₀	K ₄₀	–	–	–	–	–	–
Озимая пшеница	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–
Яровая пшеница	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
Кукуруза	–	40	40	40	–	–	–	–	–	–
Яровая пшеница	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
Зернобобовые (занятый пар)	–	30	40	30	–	–	–	–	–	–
Озимая рожь	–	–	–	–	–	10	–	30	–	–
Яровая пшеница	–	40	60	40	–	–	–	–	–	–
Ячмень	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
Подсолнечник	–	10	–	–	10	20	10	–	–	–

Таблица 151 – Система удобрения в 7-польном полевом севообороте северной части Сыртового Заволжья (черноземы террасовые, черноземы южные)

Чередование культур	Предпосевное удобрение			Припосевное удобрение			Подкормка			
	навоз, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		кг/га								
Пар чистый	20	–	60	–	–	–	–	–	–	–
Озимая рожь	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–
Яровая пшеница	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
Кукуруза	–	40	40	40	–	–	–	–	–	–
Яровая пшеница	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–
Яровая пшеница	–	40	60	40	–	10	–	–	–	–
Ячмень	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–

Таблица 152 – Система удобрения в зерно-кормовом севообороте Поволжья

Культура	Норма удобрения				В т. ч. N в подкормку
	навоз, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
		кг/га			
Каштановые почвы					
Озимая пшеница + + летний посев люцерны	–	150	90	60	45
Люцерна 2-го года	–	60	120	–	–
Люцерна 3-го года	–	–	30	30–60	–
Озимая пшеница	–	90	60	60	45
Озимая пшеница + +пожнивная культура	–	60	60	60	15
Яровая пшеница + +пожнивная кукуруза	–	60	–	–	–
Яровая пшеница + +пожнивная кукуруза	–	90	50	–	–
Кукуруза на силос	40	60	–	–	70
Озимая пшеница	–	150	60	45	45
Темно-каштановые почвы					
Яровая пшеница с подсевом люцерны	–	90	90	60	–
Люцерна 2-го года	–	30	60	30–60	30
Люцерна 3-го года	–	–	60	30–60	–
Яровая пшеница	–	60	60	45	–
Озимая пшеница + +пожнивная кукуруза	–	150	60	60	45
Яровая пшеница	–	60	40	–	–
Яровая пшеница	–	120	60	45	–
Кукуруза на силос	40	150	60	–	70
Озимая пшеница + +пожнивная кукуруза	–	150	90	45	45
Озимая пшеница + +пожнивная кукуруза	–	60	–	–	–

Таблица 153 – Система удобрения для полевых севооборотов сухой степи
Нижнего Поволжья

Культура	Удобрение			
	навоз, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		кг/га		
Темно-каштановая почва				
Пар черный	20	–	40–60	–
Озимые	–	30	–	–
Яровая пшеница	–	–	10	–
Яровая пшеница	–	30	10	–
Кукуруза	–	30–40	30–40	30
Яровая пшеница	–	–	10	–
Однолетние травы, просо	–	–	10	–
Яровая пшеница	–	30–40	40–60	30–40
Ячмень	–	–	10	–
Светло-каштановая почва				
Пар черный	20	–	60	40
Озимые	–	30	–	–
Яровая пшеница	–	30	10	–
Кукуруза	–	30	45	–
Озимая рожь	–	60	40	–
Яровая пшеница	–	30	10	–
Просо	–	–	10	–
Ячмень	–	–	10	–

Таблица 154 – Система удобрения в зерно-кормовом севообороте на каштановых
и светло-каштановых почвах Поволжья

Культура	Норма				В том числе	
	навоз, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅ в рядки	N в под- корм- ку
		кг/га				
Заволжье						
Яровая пшеница с подсевом люцерны	–	90	90	60	15	–
Люцерна 2-го года	–	30	60	30-60	–	30
Люцерна 3-го года	–	–	60	30-60	–	–
Яровая пшеница	–	60	60	40	15	–
Озимая пшеница + +пожнивные культуры	–	150	90	40	15	45
Кукуруза на силос	–	60	40	–	–	–
Кукуруза на силос	–	120	60	40	15	–
Озимая пшеница+ + пожнивная кукуруза	40	150	60	–	–	70
Озимая пшеница+ + пожнивная кукуруза	–	150	90	40	15	–
Правобережье Волги						
Озимая пшеница + люцерна	–	150	90	60	15	45
Озимая пшеница + люцерна	–	60	120	–	–	–
Люцерна 2-го года	–	–	30	30-60	–	–
Люцерна 3-го года	–	–	30	30-60	–	–
Озимая пшеница	–	90	60	60	15	45
Озимая пшеница+ + пожнивные культуры	–	120	60	60	15	45
Озимая пшеница+ + пожнивные культуры	–	60	–	–	–	–
Яровая пшеница + +пожнивная кукуруза	–	90	50	–	15	–
Яровая пшеница + +пожнивная кукуруза	–	60	–	–	–	–
Кукуруза на силос	40	150	60	–	15	70
Озимая пшеница	–	15	60	45	15	45

Эффективно внесение навоза в чистом пару из расчета 20–25 т/га и под пропашные культуры – 30–40 т/га; под плодово-ягодные и овощные культуры, выращиваемые при орошении – не менее 10–15 т/га. На богаре в полевых севооборотах с небольшим количеством полей навоз вносится один раз за ротацию, а в 8–10-польных – 2 раза за ротацию.

В Поволжье в годы с недостаточным увлажнением прямое действие удобрений существенно меньше, чем их последствие. Эффективность основного удобрения (НРК) значительно выше в западной и юго-западной части, где осадков выпадает 400–450 мм и больше.

В северных районах Поволжья все культуры, возделываемые на серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах, в первую очередь нуждаются в азотных удобрениях. Эффективность фосфорных удобрений здесь значительно ниже и проявляется лишь при совместном внесении с азотными.

Роль фосфорных удобрений возрастает по мере усиления континентальности климата и перехода от серых лесных почв к черноземам обыкновенным и каштановым почвам, т. е. с северо-запада на юг и юго-восток, где ощущается недостаток подвижного фосфора. В южной части лесостепи и черноземной степи на черноземах типичных, обыкновенных и южных, а также каштановых почвах требуется дополнительное внесение фосфорных удобрений. Калийные удобрения необходимо применять здесь лишь в составе полного минерального удобрения, а также на почвах легкого гранулометрического состава и под калиелюбивые культуры. На почвах с гидролитической кислотностью более 2,5 мг-экв./100 г почвы, значительные площади которых имеются в Самарской, Ульяновской и Пензенской областях, эффективно применение фосфоритной муки.

6.3.4. Сибирь

Сибирь – часть Азиатской территории Российской Федерации от Урала на западе до горных хребтов Тихоокеанского водораздела на востоке и от берегов Северного Ледовитого океана на севере до возвышенных степей Казахстана и границы с Монголией на юге. Протяженность с запада на восток 7000 км и с севера на юг – около 3500 км. Площадь – около 10 млн. км². На этой территории расположены республики Бурятия, Хакасия, Алтай, Тыва, Саха; Алтайский и Красноярский края; Тюменская, Курганская, Омская, Новосибирская, Томская, Кемеровская, Иркутская и Читинская области. Сибирь делится на Западную Сибирь – от Урала до р. Енисей, и Восточную Сибирь – от р. Енисей до хребтов Тихоокеанского водораздела.

Восточная Сибирь – один из крупнейших регионов страны, в него входят Красноярский край, Иркутская и Читинская области, Республики Тыва, Бурятия и Хакасия. Общая площадь 4173 тыс. км². На ее территории выделяют земельные зоны: тайга, подтайга, лесостепь и степь. Климат резко континентальный. В зонах южная тайга и подтайга сумма активных температур – 1200–1800°С. Здесь могут выращиваться озимая рожь, овес, пшеница, горох, многолетние и однолетние травы, кормовые корнеплоды, овощи. В лесостепной и степной зонах, где размещено основное сельскохозяйственное производство, сумма положительных температур воздуха составляет 1800–2400°С. Здесь возможно выращивание различных зерновых и зернобобовых культур, кукурузы на силос, корнеплодов, многолетних и однолетних трав. В степной зоне имеются благоприятные условия для возделывания высокопродуктивных сортов яровой пшеницы с высоким содержанием белка в зерне. По количеству тепла и суровости зимы земледельческий пояс

не везде одинаков. С запада на восток среднегодовые температуры понижаются. Средние температуры июля возрастают с севера на юг, с запада на восток они изменяются слабо. Продолжительность зимнего периода составляет 180–200 дней. Лето жаркое и сухое, продолжается 85–100 дней.

Для Восточной Сибири характерны относительно небольшое количество осадков и неравномерное их распределение в течение года. Разные зоны обеспечены осадками неодинаково. Южная тайга и подтайга относятся условно к влажной зоне. Здесь выпадает 450–500 мм осадков. Более засушлива западная островная лесостепь Красноярского края – Ачинская и Красноярская лесостепи, где осадков выпадает 360–380 мм, Канская лесостепь и лесостепные участки Минусинской котловины, Республик Тыва и Бурятия, Иркутской и Читинской областей относятся к зоне недостаточного увлажнения. Осадков здесь выпадает еще меньше – 300–350 мм. Наиболее засушливы степные районы Минусинской котловины, Республик Тыва и Бурятия и Читинской области, где количество осадков редко превышает 190–300 мм. На большей части территории основное количество осадков (около 2/3) выпадает в теплый период, причем наблюдается увеличение увлажнения от лета к осени. Растения испытывают недостаток влаги в начале лета, в самый критический для зерновых культур период – в фазу кущения. Обилие осенних дождей часто мешает уборке урожая.

По характеру рельефа Восточная Сибирь относится к горным районам, причем здесь преобладают горы средней высоты и обширные плоскогорья, тогда как низменности занимают лишь небольшие пространства. Почвенный покров весьма разнообразен. Здесь широко распространены выщелоченные и оподзоленные глубоко промерзающие черноземы и серые лесные почвы, для степной зоны этого региона характерны каштановые, солончаки, лугово-черноземные, аллювиально-луговые почвы, черноземы обыкновенные и южные. В южных районах встречаются черноземы обыкновенные, выщелоченные и оподзоленные, каштановые почвы и солонцы.

Каштановые почвы в пахотном слое содержат общего азота 0,10–0,22 %, гумуса – 1,5–4 %, отношение гуминовых кислот к фульвокислотам (ГК:ФК) – 0,8–0,9; емкость поглощения – 15–20 мг-экв./100 г; поглощающий комплекс почти полностью насыщен кальцием и магнием. Реакция слабощелочная или нейтральная. Содержание азота гидролизуемого 60–80, подвижного фосфора 150–200 и обменного калия 100–200 мг/кг.

Черноземы содержат общего азота 0,26–0,40 %, гумуса – 4–7 %, соотношение гуминовых кислот к фульвокислотам – 1,2–1,4; емкость поглощения – 20–30 мг-экв./100 г; поглощающий комплекс почти полностью насыщен щелочноземельными основаниями: реакция нейтральная, иногда слабощелочная; гидролизуемого азота – 70–100, подвижного фосфора – 50–300, обменного калия – 100–250 мг/кг.

Лугово-черноземные почвы содержат общего азота 0,20–0,35 %, гумуса – 4–8 %, отношение гуминовых кислот к фульвокислотам – 1,4–1,0. Емкость поглощения – 30–40 мг-экв./100 г почвы; реакция близка к нейтральной. Содержание гидролизуемого азота 80–150, подвижного фосфора 20–60, обменного калия 100–200 мг/кг.

Лугово-лесные почвы содержат общего азота 0,25–0,35 %, гумуса – 6–8 %, соотношение гуминовых кислот к фульвокислотам – 1,5–1,8. Емкость поглощения – 25–40 мг-экв./100 г; реакция обычно слабокислая. Содержание гидролизуемого азота 70–100, подвижного фосфора 40–80, обменного калия 80–200 мг/кг.

Серые лесные почвы содержат общего азота 0,15–0,25 %, гумуса 3–6 %, отношение гуминовых кислот к фульвокислотам менее единицы. Емкость поглощения – 20–30 мг-экв./100 г; реакция слабокислая. Содержание гидролизуетого азота 40–80, подвижного фосфора 80–150, обменного калия 100–200 мг/кг.

Аллювиальные луговые почвы содержат гумуса 3–6 %, общего азота 0,12–0,35 %. Емкость поглощения 20–40 мг-экв./100 г. Реакция слабощелочная и нейтральная. Количество гидролизуетого азота 40–60, подвижного фосфора 100–200, обменного калия 40–80 мг/кг.

Основное направления сельского хозяйства Восточной Сибири – производство продукции животноводства, зерна и кормов. Главная зерновая культура – яровая пшеница, наряду с которой соответствующее место отводится возделыванию озимой ржи, ячменя, овса, гороха в сочетании с кормовыми культурами: многолетними и однолетними травами, подсолнечником, кукурузой на силос, рапсом, картофелем, корнеплодами и овощами.

Для районов Восточной Сибири характерны раннее и глубокое осеннее промерзание почвы, позднее весеннее оттаивание и медленное прогревание. На большей части ее территории сохраняется «вечная» мерзлота подпочвы. В этих условиях весной питательный режим почвы складывается неблагоприятно, и применение удобрений является фактором, быстро воздействующим на рост и развитие растений. Длительная сезонная мерзлота, с одной стороны, играет положительную роль как аккумулятор влаги для растений, что особенно важно для засушливых районов. С другой стороны, мерзлота ухудшает температурный режим почв. Из-за низких температур в первой половине лета сдерживается интенсивность нитрификационного процесса в почвах, что приводит к замедленному развитию растений. В связи с этим применение азотных удобрений обязательно для улучшения их питательного режима.

Эффективность фосфорных удобрений различна по регионам зоны. На выщелоченном и обыкновенном черноземе под яровую пшеницу вносят P_{30-40} , а в Красноярском крае на выщелоченном черноземе – P_{60} , на серой лесной почве Иркутской области – P_{80-90} . На легких каштановых и серых лесных почвах Бурятии фосфорные удобрения имеют невысокую эффективность.

Калийные удобрения в Сибири действуют слабее, чем фосфорные и азотные, и норма K_{40} оказывается достаточной.

В зоне сухих степей распространены в основном каштановые почвы. Под зерновые здесь эффективны фосфорные и фосфорно-азотные удобрения, а под пропашные при орошении вносят полное минеральное удобрение. Припосевное внесение суперфосфата или аммофоса (P_{10-20}) под зерновые культуры эффективно так же, как и в других почвенно-климатических зонах страны. В лесостепи Восточной Сибири на серых лесных почвах и выщелоченных черноземах более эффективны азотные удобрения.

Эффективность органических удобрений особенно высока в суровых климатических условиях Восточной Сибири, где преобладают подзолистые, дерново-подзолистые и торфяные почвы. Эффективность навоза возрастает от степной к таежной зоне. В засушливые годы действие органических удобрений резко снижается. Внесение навоза увеличивает урожайность озимых зерновых культур, а последствие его – урожай яровой пшеницы и многолетних трав. Необходимо внесение органических удобрений под кукурузу и сахарную свеклу.

В Восточной Сибири в целях повышения плодородия почв необходимо, прежде всего, ликвидировать дефицит в отношении подвижного фосфора на

холодных лесостепных и степных почвах. Следует улучшить азотный режим почв, что обеспечивается разработкой научно обоснованных систем земледелия, увеличением посевов бобовых культур внесением органических, азотных и фосфорных удобрений.

В монографии В.Д. Панникова и В.Г. Минеева приведена примерная система удобрения для Восточной Сибири (табл. 155).

Таблица 155 – Система удобрения зерно-кормового севооборота в Восточной Сибири

Культура	Удобрение				
	предпосевное			припо- севное	под- кормка
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O кг/га	P ₂ O ₅	N
Таяжная и подтаяжная зоны					
Занятый пар (горох+овес)	60	–	–	–	–
Пшеница +клевер	30	40	60	10	–
Клевер 2-го года	–	–	–	–	60
Клевер 3-го года	–	–	–	–	60
Пшеница	–	30	30	20	–
Кукуруза	90	60	60	–	–
Ячмень	30	–	–	10	–
Центральная лесостепь					
Занятый пар (горох + овес)	60	–	–	–	–
Пшеница	30	–	30	20	–
Ячмень+люцерна	40	60	90	20	–
Люцерна 2-го года	–	–	–	–	60
Люцерна 3-го года	–	–	–	–	60
Люцерна 4-го года	–	–	–	–	60
Пшеница	–	30	40	20	–
Пшеница	40	I	–	20	–

Западная Сибирь – крупнейшая равнина мира, 85 % ее территории лежит в пределах самой крупной аллювиально-аккумулятивной равнины Земного шара – Западно-Сибирской низменности, которая расположена в глубине Азиатского континента, поэтому удалена от влияния теплых течений Атлантики и вместе с тем открыта для холодных арктических воздушных масс. Это обуславливает формирование на ее просторах более сурового, нежели на Средне-Русской равнине, континентального климата и весьма яркое проявление широтной зональности, нарушаемое лишь на приподнятых расчлененных окраинах воздействием горных сооружений Урала, Алтая и Саян, где наблюдается сочетание вертикальной поясности с широтной зональностью. Средняя январская температура воздуха на территории Западной Сибири изменяется от – 25°С на севере до –18°С на юге. Среднеиюльская – от +2°С на побережье Карского моря до +22°С на крайнем юге.

Западная Сибирь по природным условиям существенно отличается от регионов Европейской части страны тем, что природные зоны имеют четкое расположение с севера на юг: таяжная, подтаяжная, лесостепная, степная. В каждой природной зоне преобладает соответствующий тип почвы: в таяжной – подзолистые и дерново-подзолистые, в подтаяжной – серые лесные, в северной лесостепи – серые лесные и лугово-черноземные в комплексе с солонцами, в

южной лесостепи – выщелоченные и обыкновенные черноземы, лугово-черноземные солонцеватые, в степной – обыкновенные и южные черноземы.

В Западной Сибири пахотные земли находятся в лесостепной и степной зонах, где распространены серые лесные и черноземные почвы. Основное направление растениеводства – выращивание яровой пшеницы, а также кормов для животноводства, в северной части – производство картофеля, ржи, овощей, проса и гороха.

В Западной Сибири сельскохозяйственные угодья занимают 32,7 млн. га в том числе пашня – 18,1, природные сенокосы и пастбища – 13,7 млн. га. Под пашней находится 56,3 % всех сельскохозяйственных угодий, на которых размещается свыше 18 млн. га посевных площадей. Под кормовыми культурами в регионе занято более 4,5 млн. га, в том числе около 40 % – многолетними травами.

В большинстве районов Западной Сибири отмечается высокая эффективность азотных удобрений на посевах яровой пшеницы. Наиболее эффективны на выщелоченных черноземах фосфорные удобрения, калийные – действуют слабее. Органические удобрения рекомендуется вносить на паровое поле и под пропашные культуры. Л.А. Лебедева и Н.Л. Едемская считают оптимальными для основных сельскохозяйственных культур следующие нормы удобрений (табл. 156).

Таблица 156 – Ориентировочные нормы удобрений под основные культуры для разных зон Западной Сибири

Почва	Культура	Органические удобрения, т/га	Минеральные удобрения, кг/га		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Тайга и подтайга					
Дерново-подзолистая	зерновые	–	60	60	60
	рожь озимая	20	60	60	60
	пропашные	20	70	70	70
	овощные	30–40	80	90	80
Серая лесная	зерновые	–	40	40	40
	рожь озимая	20	40	40	40
	пропашные	20	50	60	40
	овощные	30–40	70	80	60
Северная лесостепь					
Чернозем выщелоченный	зерновые	–	40	60	30
	рожь озимая	15–20	40	60	30
	пропашные	20	60	60	40
	овощные	30	70	80	60
Южная лесостепь					
Чернозем обыкновенный и солонцеватый	зерновые	–	30	60	–
	пропашные	15–20	40	60	30
	овощные	20–30	60	60	40
Степь					
Чернозем южный, обыкновенный, карбонатный	зерновые	–	30	60	20
	пропашные	15–20	40	40	20
	овощные	20–30	50	60	20

Примерная система удобрения в Западной Сибири приведена в монографии В.Д. Панникова и В.Г. Минеева (табл. 157).

Таблица 157 – Базовая система удобрения севооборота в Западной Сибири

Культура	Навоз, т/га	Предпосевное удобрение, кг/га			Припо- севное удобре- ние (P ₂ O ₅), кг/га	N в под- корм- ку, кг/ га
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Таяжная и подтаяжная зоны, зернотравопропашной севооборот						
Пар чистый	30	–	–	–	–	–
Озимая рожь	–	–	–	–	10–15	20–30
Яровые зерновые++ клевер	–	45–60 (весной)	60	40	10–15	–
Клевер 2-го года	–	–	–	–	–	–
Клевер 3-го года	–	–	–	–	–	–
Яровая пшеница	–	40	60	40	10–15	–
Яровые зерновые	–	40 (весной)	–	–	10	–
Северная лесостепь, зернопропашной севооборот						
Кукуруза на силос	25	–	–	–	–	–
Яровая пшеница	–	30	40	20	10–15	–
Зернобобовые	–	–	–	–	10–15	–
Яровая пшеница	–	40	60	30	10–15	–
Зернофуражные	–	–	–	–	–	–
Степная зона, зернопаровой севооборот						
Пар чистый	20	–	40	–	–	–
Яровая пшеница	–	–	–	–	10–15	–
Яровая пшеница	–	30	40	–	–	–
Яровые зерновые	–	–	–	–	10–15	–

6.3.5. Дальний Восток

Дальний Восток занимает огромную территорию Российской Федерации, граничащую с Восточной Сибирью на западе, Тихим океаном – на востоке, Ледовитым океаном – на севере, Китаем и Кореей – на юге. В него входят следующие административные районы: Приморский и Хабаровский края, Амурская, Камчатская, Магаданская и Сахалинская области, часть территории Республики Саха (Якутия) и Читинской области.

Климат Дальнего Востока определяется взаимодействием континентальных и морских воздушных масс умеренных широт. Огромная протяженность территории с севера на юг (почти на 3900 км) и с запада на восток (на 2500–3000 км) обуславливает его изменение от резко континентального (вся Якутия, колымские районы Магаданской области) до муссонного (юго-восток). В северной части он исключительно суровый. Зима малоснежная, продолжается до 9 месяцев. В южной части климат носит ярко выраженный муссонный характер. Зима малоснежная, с преобладанием ясных солнечных дней. Средняя годовая температура января –16–24°С. Лето теплое – среднесуточная температура июля 18–22°С. Продолжительность безморозного периода 140–172 дня, вегетационного (с температурой выше +5°С) – 125–157 дней. Сумма положительных температур за вегетационный период составляет 2150–2800°С. Осенние заморозки наступают 14–29 сентября, а весенние

заканчиваются 9–30 мая. Годовое количество осадков колеблется от 400 мм на севере, до 800–900 мм в горных районах. В основных земледельческих районах выпадает 500–700 мм, из них зимой около 10 %. Весной и в первой половине лета часты засухи, а вторая половина отличается обилием осадков, нередко в виде ливней. Отличия Дальнего Востока от Сибири связаны с преобладанием в его пределах муссонного климата на юге и муссонообразного и морского на севере, что является результатом взаимодействия между Тихим океаном и сушей Северной Азии. Заметно воздействие и окраинных морей Тихого океана, особенно холодного Охотского моря. Большое влияние на климат оказывает сложный, преимущественно горный рельеф.

Основные земледельческие районы Дальнего Востока сосредоточены в трех административных подразделениях – Амурская область, Хабаровский и Приморский края. Наибольшие площади пашни расположены в Амурской области и Приморском крае. В сельскохозяйственном отношении наибольшее значение в регионе представляет производство сои, риса, картофеля, овощей и продукции животноводства.

Почвенный покров Дальнего Востока формировался в условиях периодического переувлажнения, проявления водной эрозии и ее отложений. Он представлен дерново-подзолистыми, оглееными и лугово-глеевыми почвами тяжелого гранулометрического состава. В низменных равнинах наиболее распространены лугово-болотные и болотные почвы, а в таежно-лесной зоне – торфоглеевые, светло-бурые лесные малогумусные. На Зейско-Буреинской равнине преобладают луговые черноземовидные почвы с мощностью гумусового горизонта 16–25 см и содержанием гумуса в пахотном слое 6–10 %. Кислотность (pH_{col}) 4,8–5,2 единиц. В долинах рек распространены относительно плодородные легкие по гранулометрическому составу аллювиальные почвы, а на водоразделах и слабопологих склонах – каменистые и щебенчатые почвы. В южной части Дальнего Востока, на Уссурийско-Ханкайской и Среднеамурской равнинах, по шлейфам сопок размещены бурые лесные почвы с содержанием гумуса до 2,5 %. Они имеют кислую реакцию, бедны фосфором – не более 2,5 мг/100 г почвы. Большинство почв Дальнего Востока тяжелого гранулометрического состава, содержат мало органического вещества, бедны фосфором, имеют кислую реакцию и слабовыраженную структуру. Это обуславливает их плохую водопроницаемость, неудовлетворительный водный и питательный режимы, а также необходимость коренного окультуривания и борьбы с водной эрозией. Свыше половины пахотных земель Дальнего Востока систематически подвергаются переувлажнению. Повышение продуктивности почв путем применения агрохимических средств в этих условиях является особо важной задачей.

Сельскохозяйственные районы Дальнего Востока располагаются в основном в зоне муссонного климата, где преобладает буроземный почвообразовательный процесс. Большинство используемых в земледелии почв отличается невысоким уровнем плодородия. Годовая сумма осадков в наиболее важных сельскохозяйственных районах составляет около 600 мм, что, казалось бы, достаточно для получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, но неравномерность распределения осадков по месяцам отрицательно сказывается на земледелии. Сельскохозяйственные культуры часто страдают от весенних и раннелетних засух и от переувлажнения почв в позднелетнее и осеннее время. Глубокое промерзание почв в зимний период и сравнительно медленное нарастание положительных температур весной задерживают активизацию биологических процессов и мобилизацию элементов питания в начале вегетацион-

ного периода. Поэтому без внесения минеральных удобрений на большинстве почв в этом регионе невозможно получать высокие урожаи.

Неблагоприятный питательный режим почв в весенние месяцы обуславливает особо высокую эффективность припосевного рядкового внесения минеральных удобрений на Дальнем Востоке. Специфические особенности почв этого региона, отличающихся тяжелым гранулометрическим составом, кислой реакцией среды, обилием подвижных форм алюминия и железа, частым переувлажнением в летне-осенний период, обуславливают усиленную иммобилизацию элементов питания из вносимых удобрений. В связи с этим необходимо возможно большее количество минеральных удобрений вносить в гранулированном виде.

На Дальнем Востоке одним из решающих условий получения высоких и устойчивых урожаев и достаточной эффективности минеральных удобрений является создание глубокого, хорошо окультуренного пахотного слоя почвы. Это достижимо только при систематическом пополнении почвы органическими удобрениями. Экспериментально установлено, что в среднем их нужно вносить около 5 т/га в год.

Основным органическим удобрением на Дальнем Востоке является навоз. Каждая его тонна за ротацию полевого севооборота дает дополнительно 60–95 кг/га кормовых единиц. Затраты на его приготовление и внесение окупаются за 1–2 года. Навоз используют в первую очередь под овощные культуры из расчета 60 т/га и картофель – 40 т/га с повторным внесением через 2 года. В полевых севооборотах его применяют один раз за ротацию по 30–40 т/га. Высоко отзывается на навоз соя; его вносят как непосредственно под культуру, так и под предшественник по 30–40 т/га.

Минеральные удобрения в условиях Дальнего Востока повышают урожай сельскохозяйственных культур на 25–70 %. Особенно отзывчивы зерновые, кукуруза, картофель, овощные культуры, злаковые многолетние травы, а при благоприятных метеорологических условиях и соя. При правильном применении удобрений на окультуренных почвах соя способна формировать высокую урожайность – до 20–25 ц/га. На дерново-подзолистых почвах Дальнего Востока в первом минимуме находится фосфор, во втором – азот, затем калий. В связи с этим обязательно внесение фосфорных и фосфорно-азотных удобрений. Наибольшие урожаи сои получают здесь при внесении полного (NPK) удобрения. Нормы минеральных удобрений под сою зависят от климатических условий и почв, на которых она выращивается. Так, в Амурской области под эту культуру рекомендуют вносить на лугово-бурых оподзоленных и подзолисто-бурых лесных почвах $N_{30}P_{60-90}K_{30}$, на лугово-черноземовидных – $N_{30}P_{60-90}$, на пойменных аллювиальных, бурых лесных – $N_{30}P_{60-90}$. В Хабаровском крае лучшими почвами для возделывания сои являются бурые подзолистые. Здесь целесообразно вносить $N_{30-40}P_{60-90}$ и $N_{30-40}P_{60-90}K_{30-45}$. В Приморском крае на буро-подзолистых, лугово-бурых оподзоленных и луговых глеевых почвах рекомендуют вносить $N_{30-40}P_{60-90}K_{30-45}$; на аллювиальных наносных – $N_{45-60}P_{60}K_{45-60}$. При посеве вносят простой суперфосфат в дозе P_{15-20} , а на бедных гумусом почвах к нему добавляют азотное удобрение из расчета N_{10-15} . Эффективно внесение 20–25 кг/га (в пересчете на фосфор) аммофоса.

Препятствует повышению урожая и эффективности применения удобрений повышенная кислотность почв Дальнего Востока, из которых более 70 % нуждается в известковании. Известь следует вносить в летне-осенний период, после уборки парозанимающих и зерновых культур, а также перед запашкой клеверных и соевых сидератов. Для улучшения фосфорного режима кислых почв рекомендуют в качестве фосфорного удобрения применять фосфоритную муку в дозе 1–2 т/га.

6.3.6. Северный Кавказ

Природные условия Северного Кавказа весьма разнообразны. К наиболее крупным орографическим элементам рельефа региона относятся: на севере – равнины Нижнего Дона и Предкавказья, на юге – горная система Большого Кавказа. Территория Нижнего Дона является естественным продолжением Восточно-Европейской равнины. По геоморфологическому строению она представлена в северной части Калачской возвышенностью, в центральной – Донской равниной, которая на юге ограничивается Донецким кряжем, имеющим абсолютную высоту 200–220 м над уровнем моря. Обширная территория к северу от Ростова-на-Дону занята Северо-Приазовской эрозионно-аккумулятивной равниной, полого спускающейся к правому берегу р. Дон и Азовскому морю. Юго-западная часть степной зоны – это бессточная Предкавказская равнина. Характерная особенность поверхности правобережья Дона – наличие огромного числа овражно-балочных систем.

Предкавказье включает Азово-Кубанскую равнину, Ставропольское плато и Прикаспийскую низменность. Азово-Кубанская равнина представляет собой почти плоскую, слабонаклоненную к северо-западу аккумулятивную равнину. Большая часть ее поверхности имеет абсолютные отметки ниже 100 м, и лишь на юго-востоке она полого поднимается до 200 м, постепенно переходя в склон Ставропольского плато.

Прикаспийская низменность представляет собой типичную полупустыню, большая часть которой лежит ниже уровня мирового океана. Благодаря тому, что низменность защищена от влияния черноморской депрессии и открыта для проникновения континентального воздуха из Казахстана, зима здесь более устойчива. Влияние Каспийского моря сказывается на территории, непосредственно прилегающей к прибрежной зоне.

Ставропольское плато с отметками до 832 м служит водоразделом Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов, а также циркуляционной границей между Западным и Восточным Предкавказьем.

Главная орографическая особенность Большого Кавказа – зональное развитие основных форм рельефа, то есть чередование горных хребтов и межгорных депрессий. Основной частью Большого Кавказа является Главный хребет, представляющий собой единую горную цепь с вершинами до 2000 м в западной его части и до 3000–5000 м в центральной и восточной частях. Наибольшей высоты он достигает у истоков р. Черек – 5201 м (г. Шхара). К северу от центральной части Главного хребта между истоками рек Кубань и Ардон находятся несколько горных хребтов, объединенных общим названием – Боковой хребет, имеющих самые высокие вершины Северного Кавказа и среди них наивысшую – потухший вулкан Эльбрус (5642 м). Система Кавказских хребтов оказывает существенное влияние на общую циркуляцию атмосферы, задерживая холодные массы воздуха с севера и теплые – с юга и замедляя движение атмосферных фронтов.

Северо-Кавказский регион характеризуется большим разнообразием почв. В равнинной его части хорошо прослеживается широтная зональность, а в горных – ясно выражена вертикальная. С увеличением увлажненности с северо-востока на юго-запад почвы переходят от светло-каштановых к темно-каштановым и далее к черноземам. Черноземы карбонатные степей в более увлажненной предгорной зоне сменяются выщелоченными, а местами оподзоленными. Среди равнинных почв наибольшую площадь занимают черноземы (около 38 %). На них расположено около 64 % всей пашни экономического района (табл. 158).

Таблица 158 – Состав почвенного покрова Северо-Кавказского региона

Почва	Сельскохозяйственные угодья,		Пашня,	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Чернозем обыкновенный	6801	26,3	5897	37,1
Чернозем типичный	904	3,5	765	4,8
Чернозем выщелоченный	801	3,1	693	4,4
Чернозем южный	3426	13,3	2733	17,2
Темно-каштановая	2084	8,1	1794	11,3
Каштановая	1613	6,2	854	5,4
Светло-каштановая	1025	4,0	466	2,9
Бурая полупустынная	132	0,5	–	–
Лугово-черноземная	841	3,3	724	4,6
Лугово-каштановая	653	2,5	336	2,1
Аллювиальная луговая	334	1,3	89	0,6
Луговая	675	2,6	238	1,5
Лугово-болотная	462	1,8	1	–
Горный чернозем	338	1,3	284	1,8
Горная серая лесная	323	1,2	181	1,1
Горная бурая лесная	1068	4,1	153	0,9
Горная дерново-карбонатная	258	1,0	82	0,5
Горная коричневая	273	1,1	44	0,3
Горный желтозем	45	0,2	21	0,1
Горно-луговая	1421	5,5	–	–
Солонец	1175	46	525	3,3
Солончак	18	0,1	7	–
Пески	248	0,9	4	–
Прочие	910	3,5	10	0,1

На территории Северо-Кавказского региона выделяют черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные. Особенности этих почв: небольшое содержание гумуса (от 3,2 до 5,5 %), значительная мощность гумусового слоя (до 2 м) и большие запасы гумуса (до 600 т/га). Черноземы имеют благоприятные химические и физические свойства (табл. 159).

Около 14 % территории занято каштановыми почвами, которые сформировались в условиях засушливого климата. Они характеризуются низким содержанием гумуса в горизонте А (1,5–3,5 %), небольшой мощностью гумусового слоя (0,35–0,55 м) и невысокими запасами гумуса (до 300 т/га). Каштановые почвы подразделяют на темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые. На них расположено около 30 % пашни региона. К отрицательным свойствам этих почв относятся: близкое залегание легкорастворимых солей (1,0–1,5 м), ухудшение по сравнению с черноземами химических и физических свойств.

Существующая на Северном Кавказе гидрографическая сеть способствовала развитию в поймах рек аллювиальных и луговых типов почв, которые занимают около 10 % территории региона. Они отличаются сравнительно высоким плодородием, и поэтому здесь расположено около 10 % пашни региона. Гумуса в этих почвах содержится от 2,0 до 4,5 %. Мощность гумусового горизонта – 1,5 м. Постоянное грунтовое увлажнение нижних горизонтов луговых и аллювиальных луговых почв ведет к образованию двухвалентных форм полуторных оксидов, отрицательно влияющих на рост и развитие растений. В таких условиях можно возделывать только культуры, корневая система которых распространяется в верхнем слое почвы. Кроме того, вследствие паводков почвам пойм свойственно повышенное поверхностное увлажнение или заболачивание, из-за чего на них практически невозможно выращивать озимые культуры.

Таблица 159 – Характеристика основных почв Северного Кавказа

Показатель	Темно-каштановая	Каштановая	Светло-каштановая	Чернозем				Лугово-степная	Серая лесная
				южный	обыкновенный	выщелоченный	горный		
Мощность гумусовых горизонтов (A+B+OC), см	70–90	45–70	35–45	70–110	90–160	120–180	60–140	60–90	70–110
Содержание гумуса в горизонте A, %	2,5–3,5	2,4–2,9	1,8–2,4	3,5–4,5	3,8–5,0	4,5–6,0	6,0–10,0	2,0–3,5	3,0–5,0
Гранулометрический состав	тяжелосуглинистый	тяжело- и среднесуглинистый	тяжело- и среднесуглинистый	тяжело- и среднесуглинистый	тяжелосуглинистый	легкоглинистый	глинистый	средне- и легкосуглинистый	глинистый
Валовое содержание в слое 0–25 см, %									
азот	0,18	0,16	0,15	0,18	0,19	0,25	0,23	0,20–0,25	0,18–0,22
фосфор	0,17	0,14	0,13	0,16	0,17	0,19	0,20	0,16–0,22	0,10–0,18
калий	1,87	1,72	1,32	1,80	1,80	1,90	1,90	1,7–1,9	1,6–1,8

Горные почвы занимают около 22 % территории Северного Кавказа и представлены черноземами, серыми лесными, бурыми лесными, дерново-карбонатными, коричневыми и луговыми почвами. Плодородие этих почв весьма различно. На Черноморском побережье Краснодарского края, в районе Сочи, формируются желтоземы. Распаханность этих почв невелика, что в значительной степени обусловлено рельефом. Здесь расположено около 5 % всей пашни региона. Значительные площади (около 9 %) заняты малоплодородными почвами: лугово-болотными, солонцами, солончаками и песками, их используют преимущественно под пастбища.

По физико-географическим условиям, с учетом тепло- и влагообеспеченности, а также характерных почвенных разностей территорию Северного Кавказа, используемую в настоящее время в сельскохозяйственном производстве, Ачканов А.Я., Хомутов Ю.В., Эйсерт Э.К. (1984) условно разделили на восемь агроклиматических макрзон (табл. 160).

Таблица 160 – Характеристика природно-сельскохозяйственных зон Северного Кавказа

Зона	Сумма активных температур (выше +10 °С), °С	Количество осадков, мм	Гидротермический коэффициент	Рельеф*	Почва*
I – Северная	2800–3000	370–480	0,7–0,8	волнистая равнина	черноземы южные
II – Центральная	3000–3400	420–500	0,7–0,8	волнистая равнина, осложненная возвышенностями	черноземы южные, темно-каштановые почвы
III – Восточная	3200–4500	260–400	0,4–0,7	пологоволнистая равнина и низменность	каштановые, светло-каштановые в комплексе с солонцеватыми
IV – Юго-Западная	3400–3600	450–600	0,7–0,9	пологоволнистая равнина	черноземы обыкновенные, типичные и выщелоченные
V – Восточная Прикаспийская	3500–4500	150–300	0,3–0,5	волнистая равнина, низменность	светло-каштановые солонцеватые, луговые, лугово-каштановые солончаковатые
VI – Предгорная	2600–3400	400–700	0,7–1,5	склоны с отметками до 600 м, речные долины	серые и бурые горно-лесные, черноземы, коричневые почвы
VII – Горная	800–2600	450–2500	0,8–2,0	склоны и горные плато с отметками 600–1000 м и более	горно-луговые
VIII – Черноморское побережье	3600–4200	330–1500	0,7–1,5	приморские террасы, пологие склоны, речные долины	бурые лесные, дерново-карбонатные, черноземы южные

* Преобладающие

I. Северная зона включает северо-западные и центральные районы Ростовской области. Она характеризуется умеренно-холодной зимой и теплым засушливым летом. Длительность вегетационного периода здесь наименьшая, что, с одной стороны, укорачивает период интенсивных почвенно-микробиологических процессов, с другой – ограничивает возможности для выращивания таких теплолюбивых и влаголюбивых культур, как кукуруза на зерно, некоторые технические, плодовые и овощные культуры. Значительная расчлененность рельефа овражно-балочной сетью обуславливает распространение водной и ветровой эрозии. В зоне преобладают черноземы южные, местами (в северной части) встречаются черноземы обыкновенные, а также массивы песчаных почв.

II. Центральная зона распространяется от устья Дона до предгорий Дагестана, пересекая регион с северо-запада на юго-восток. По характеру почвенно-климатических условий зона переходит от степной к полупустынной. Рельеф ее значительно расчленен (Маньчская впадина, Ставропольская возвышенность, долины степных речек). Преобладает ветровая эрозия, которая в ряде районов имеет интенсивный характер. Основные почвы – черноземы обыкновенные мощные и темно-каштановые. Климат засушливый. Главное направление сельского хозяйства – зерново-животноводческое.

III. Восточная зона включает восточные районы Ростовской области. Зона узкой полосой проходит в Чеченской Республике в пределах долины р. Терек и Терско-Сунженской возвышенности. Почвы – каштановые, часто встречаются в комплексе с солонцами. Эффективное земледелие возможно при проведении орошения и агрохимических мероприятий по повышению плодородия почв. Преобладает ветровая эрозия. Значительные площади заняты пастбищами. Основное направление сельского хозяйства – зерново-овцеводческое.

IV. Юго-западная зона включает основную часть равнинной территории Краснодарского края и юго-западную часть Ставропольского края. Рельеф – пологоволнистая равнина, которую с востока на запад пересекают долины степных рек. На востоке рельеф осложнен отрогами Ставропольской возвышенности. Среди равнинных зон она имеет наиболее благоприятные почвенно-климатические условия, что позволяет получать высокие урожаи зерновых, кормовых и технических культур. Преобладающие почвы – черноземы обыкновенные сверхмощные, это наиболее плодородные почвы региона. В дельте р. Кубани значительные массивы болотных почв. Основная форма эрозии – ветровая, которая наиболее существенно проявляется в восточной части (так называемый Армавирский ветровой коридор).

V. Восточная прикаспийская зона включает несколько районов Ставропольского края, Чеченской Республики, Республики Ингушетия, а также районы Дагестана, расположенные в пределах Дагестанской низменности. Это типичная полупустынная зона со светло-каштановыми почвами, большими массивами маломощных песчаных почв и развеиваемых песков, солонцов и солончаков. Интенсификация сельскохозяйственного производства возможна при условии мелиорации почв.

VI. Предгорная зона протянулась от Черного до Каспийского моря по северным склонам и отрогам Кавказского хребта. Южную границу зоны можно условно провести на высоте 400–600 м над уровнем моря. Рельеф зоны – предгорные наклонные равнины, невысокие куэстовые гряды с асимметричными склонами и хребты, рассеченные речными долинами, балками и оврагами. Климат умеренный, смягченный влиянием высокогорной зоны, в западной части – Черного моря. В результате этого при общем продолжи-

тельном вегетационном периоде снижены температурные максимумы летом, повышены количество осадков и влажность воздуха. Почвы: черноземы, серые лесные, бурые лесные, перегнойно-карбонатные. Развита водная эрозия, особенно на пашне при возделывании пропашных культур и на виноградниках при расположении рядов вдоль склона. В пределах этой зоны выделены три подзоны, отличающиеся увлажненностью и почвенным покровом:

1. Западная подзона включает предгорные части Краснодарского края. Увлажненность в подзоне возрастает с запада на восток. Почвы – черноземы сильновыщелоченные и слитые, серые и бурые лесные, перегнойно-карбонатные. Естественная растительность – широколиственные леса. Подзона отличается благоприятными условиями для развития плодового, виноградарства (западная часть), выращивания технических (табак, эфиромасличные лекарственные) и овощных культур.

2. Центральная подзона включает предгорные районы Ставропольского края, Карачаево-Черкесской республики, северной части районов Республики Северная Осетия. Естественная растительность – лесостепь. Основные сельскохозяйственные угодья – многолетние насаждения, пашня, сенокосы и пастбища. Преобладающие почвы – черноземы различной степени выщелоченности.

3. Восточные предгорья включают северные части районов Северной Осетии, некоторые районы Республики Дагестан. Эта подзона отличается более высокой сухостью климата. Естественная растительность – лесостепь и кустарниковая степь с преобладанием засухоустойчивых видов деревьев, кустарников и трав. Почвы – черноземы, серые лесные, в Дагестане – коричневые и каштановые. Сельскохозяйственные угодья – пастбища, многолетние насаждения и пашня. В юго-восточной прикаспийской части развито виноградарство.

VII. Горная зона занимает все северные склоны Большого Кавказа, расположенные выше предгорной зоны. В западной части горная зона включает и южные склоны, примыкая к Черноморскому побережью. Рельеф – горные хребты, межгорные котловины, речные долины. Климат разнообразен и обусловлен высотой местности, расположением хребтов и долин. Общая закономерность климата – снижение увлажненности с запада на восток. В этом же направлении уменьшается площадь горных лесов, уступая место горным лугам. Земледелие в основном сосредоточено в горных долинах. На склонах расположены большие площади пастбищ. В эту зону входят горные части районов Краснодарского, Ставропольского краев и республик Северного Кавказа.

VIII. Черноморское побережье – зона занимает небольшую площадь на юге Краснодарского края. Эта зона имеет большое значение в производстве винограда, плодовых культур, чая и субтропических культур. Климатические условия разнообразны. Увлажненность увеличивается с запада на восток, от сухих степей Таманского полуострова до влажных субтропиков в районе Сочи. Зона делится на три подзоны:

1. Анапо-Таманская подзона характеризуется засушливым климатом, смягченным влиянием Черного моря. Это позволяет возделывать виноград без укрытия лозы на зиму. Рельеф – равнина, пересеченная невысокими грядами в западной оконечности Главного Кавказского хребта. Почвы – черноземы южные, местами солонцеватые (на Таманском полуострове). Основное направление сельского хозяйства – виноградарство.

2. Новороссийско-Туапсинская подзона занимает Абрауский полуостров, склоны приморских хребтов, приморские террасы и долины горных рек, впадающих в Черное море. Климат более увлажненный, что позволяет наряду

с виноградом возделывать плодовые культуры, особенно восточнее Геленджика. Почвы – дерново-карбонатные и перегнойно-карбонатные, серые и бурые лесные, в долинах рек – аллювиально-луговые.

3. Субтропическая подзона, западная граница которой проходит в районе поселка Лазаревского. Рельеф – приморские террасы, склоны приморских хребтов и долины горных рек. Количество осадков достигает 2000 мм. Почвы – бурые лесные, желтоземы, перегнойно-карбонатные. Зона специализируется на производстве теплолюбивых плодовых культур, чая и овощей.

Таким образом, климатические и почвенные ресурсы Северного Кавказа в целом благоприятны для выращивания сельскохозяйственных культур. В общей сложности их возделывается здесь около 100 наименований. Большое разнообразие почвенно-климатических условий вызывает и существенные различия в системах удобрения. Во всех зонах Северного Кавказа исключительно важно приостановление снижения запасов гумуса в почве путем применения удобрений, травосеяния, сидерации и использования растительных остатков. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве в севообороте необходимо вносить навоз из расчета 8–10 т/га пашни, или 6–8 т/га с внесением минеральных удобрений. Эти нормы зависят от почв, севооборотов, количества и видов удобрений.

Примерные нормы и способы применения удобрений под сельскохозяйственные культуры на Северном Кавказе приведены в таблице 161 (Ачканов А.Я., Хомутов Ю.В., Эйсерт Э.К., 1984).

На Северном Кавказе высокая эффективность удобрений отмечена на посевах озимой пшеницы, сахарной свеклы и подсолнечника. В зоне достаточного и неустойчивого увлажнения высокая потребность в азотных удобрениях, особенно под озимую пшеницу в качестве подкормки. Наибольшая потребность в фосфорных удобрениях в зоне недостаточного увлажнения на черноземах обыкновенных и каштановых почвах. На всех почвах эффективность калийных удобрений невысокая. Отдельно калийные удобрения нигде не требуются. При внесении азотно-фосфорных удобрений калийные удобрения требуются в небольших количествах. На почвах, имеющих кислую реакцию, необходимо проводить известкование. Имеются значительные площади солонцеватых почв, нуждающихся в гипсовании. Основное удобрение целесообразно вносить под зяблевую вспашку. Предпосевное внесение под культивацию менее эффективно, т. к. зачастую слой почвы, в который заделывается удобрение, иссушен. Припосевное удобрение эффективно под все культуры, особенно под зерновые (фосфорное), сахарную свеклу (азотно-фосфорно-калийное), кукурузу, картофель, овощные (азотно-фосфорное). Эффективны подкормки посевов по результатам диагностики обеспеченности растений элементами питания при наличии влаги в почве. В предгорных районах эффективно удобрение лугов. Значительны здесь площади многолетних насаждений – садов, виноградников, ягодников и субтропических культур (на Черноморском побережье), требующих внесения удобрений в большом количестве.

При проектировании систем удобрения необходимо исходить из следующего. Органические удобрения вносят раз в 3–5 лет. Дозы основного удобрения рассчитывают по результатам агрохимического обследования полей в зависимости от содержания в почве доступных растениям форм соединений элементов питания, а также по данным многолетних полевых опытов, проведенных в производственных условиях. Потребность в подкормках посевов определяют с учетом данных почвенной и растительной диагностик. Система удобрения должна уточняться в зависимости от возможностей хозяйства, особенностей возделываемых сортов и других условий.

Продолжение таблицы 161

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Кукуруза на силос и зеленый корм	150–200	40	30	30	–	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Однолетние травы	130–140	–	30	30	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		30	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимые на зеленый корм	110–120	–	40	40	30	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Пар черный	0–0	–	–	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		30	–	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник (подъем плантажа)	0–0	–	–	30	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
				0	0																	
		40	–	30	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
				0	0																	
Виноградник, вступающий в пло- доношение	20–30	–	60	90	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		15	40	60	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник плодоносящий	50–80	–	90	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		25	90	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сад молодой	30–35	–	90	60	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	90	60	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сад плодоносящий	140–160	–	12	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			0																			
		30	12	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			0																			
Черноземы южные и темно-каштановые почвы (I–II зон)																						
Озимая пшеница по предшественни- ку первой группы	40–45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимая пшеница по предшествен- нику второй группы	30–40	–	40	40	40	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
		30	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимая пшеница по предшественни- ку третьей группы	25–30	–	60	40	60	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	30
		40	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимый ячмень	30–35	–	40	60	40	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ячмень яровой	28–30	–	40	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая рожь	25–30	–	30	40	30	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		30	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кукуруза на зерно	30–40	–	40	40	40	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Тритикале на зерно	26–30	–	40	40	30	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Овес	25–28	–	30	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 161

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Сад плодоносящий	140–160	–	120	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник (подъем плантажа)	–	–	–	300	300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник молодой	20–30	–	60	90	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник плодоносящий	50–80	–	60	60	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Черноземы обыкновенные																						
Озимая пшеница по предшественнику первой группы	40–45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая пшеница по предшественнику второй группы	35–40	–	40	60	40	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимая пшеница по предшественнику третьей группы	30–35	–	60	60	60	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимый ячмень	30–35	–	40	60	40	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кукуруза на зерно	40–45	–	60	60	40	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Яровой ячмень	30–35	–	40	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Овес	25–30	–	30	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая рожь	30–35	–	40	40	30	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Зернобобовые	23–25	–	30	40	30	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сорго на зерно	25–30	–	40	60	30	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сорго на зеленый корм	160–180	–	60	60	30	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сахарная свекла	250–300	–	110	130	110	–	–	–	–	10	20	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Подсолнечник	18–20	–	40	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Конопля (волокно)	40–45	–	60	60	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Конопля (семена)	3,5–4,5	–	80	90	70	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Соя	13–15	–	60	40	40	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кориандр	11–12	–	60	50	40	–	–	–	–	–	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Клещевина	10–15	–	40	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Овощи (семенники)	7-8	-	70	70	70	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		40	50	50	50	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Картофель	100-120	-	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		40	40	40	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Бахчи продовольственные	180-200	-	40	40	40	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Корнеплоды кормовые	300-400	-	90	70	70	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		40	50	50	50	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Бахчи кормовые	250-300	-	60	40	40	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кукуруза на силос и зелёный корм	250-300	-	60	50	40	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
		40	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
Многолетние травы (посев)	-	-	40	90	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Многолетние травы прошлых лет	250-300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	-	-	-	-	-	-	-
Злакобобовая смесь на зелёный корм	140-160	-	30	50	30	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Озимые на зелёный корм	100-120	-	40	40	30	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		40	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Рапс озимый на зелёный корм	60-70	-	40	40	40	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Однолетние травы	150-200	-	40	40	40	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		40	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сад (подъем плантажа)	-	-	-	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		50	-	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сад молодой	-	-	90	60	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		30	90	60	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сад плодоносящий	140-160	-	12	90	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		40	12	90	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			0																			
			0																			
Виноградник (подъем плантажа)	-	-	-	300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		40	-	300	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Виноградник, вступающий в плодоношение	20-30	-	90	90	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Виноградник плодоносящий низкоурожайный	40-60	-	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	20	20	20	-	20	20	-	-	-	-
Виноградник плодоносящий высокоурожайный	100-150	-	90	90	120	-	-	-	-	-	-	-	30	30	40	-	30	40	-	-	-	-
		20	90	90	120	-	-	-	-	-	-	-	30	30	40	-	30	40	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Черноземы выщелоченные, черноземы горные, лугово-черноземные почвы (IV зона)																						
Озимая пшеница по предшественнику первой группы	50–60	–	–	–	–	–	–	–	20	–	–	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимая пшеница по предшественнику второй группы	40–45	–	70	40	40	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимая пшеница по предшественнику третьей группы	35–40	–	90	60	50	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимая рожь	30–35	–	40	40	30	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимый ячмень	40–50	–	40	40	30	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кукуруза на зерно	45–50	–	40	60	60	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кукуруза на семена	36–40	–	40	60	60	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Овес	30–40	–	40	40	40	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сорго на зерно	30–35	–	40	60	30	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Зернобобовые	28–30	–	60	40	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Высадка сахарной свеклы	16–20	–	100	110	100	–	–	–	–	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Безвысадочная сахарная свекла первого года	–	–	40	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Безвысадочная сахарная свекла второго года	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	40	50	30	20	30	20	–	–	–	–
Сахарная свекла фабричная	350–400	–	60	80	80	–	–	–	–	10	20	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Соя	18–20	–	40	60	40	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Подсолнечник	20–22	–	40	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Конопля (волокно)	45–50	–	40	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Клещевина	13–15	–	40	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Эфиромасличные	40–60	–	40	60	40	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Картофель	120–150	–	40	60	40	–	–	–	–	–	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		–	40	60	60	–	–	–	–	–	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		–	40	60	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Огурец	100–120	–	50	60	60	–	–	–	–	–	–	–	40	30	30	–	–	–	–	–	–	–
		60	40	50	50	–	–	–	–	–	–	–	40	20	20	–	–	–	–	–	–	–
Томаты	140–190	–	70	70	70	–	20	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		60	40	40	40	–	20	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Баклажаны	70–80	–	50	60	60	–	–	–	–	–	–	–	40	30	30	–	–	–	–	–	–	–
Перец	60–70	–	50	50	50	–	30	30	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кабачки	120–140	–	–	40	40	–	40	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	30	30	–	40	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Бахчи продовольственные	180–200	–	45	45	30	–	–	–	–	15	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Чеснок	40–50	–	40	50	50	–	–	–	–	10	10	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	30	40	40	–	–	–	–	10	10	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Чеснок на семена	35–45	–	40	50	50	–	–	–	–	–	–	–	40	20	20	–	–	–	–	–	–	–
		40	30	40	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Горох овощной	40–45	–	40	40	40	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Морковь	85–100	–	45	45	60	–	–	–	–	15	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Свекла столовая	160–180	–	30	30	45	–	–	–	–	15	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Тыква	250–300	–	60	40	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	40	30	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кормовые корнеплоды	400–500	–	100	70	60	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	60	40	40	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Бахчи кормовые	300–350	–	60	60	40	–	–	–	–	20	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кукуруза на силос	300–350	–	90	80	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30
		40	60	40	40	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Многолетние травы (закладка)	0-0	–	60	90	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Многолетние травы 2-го года	220–300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Однолетние травы	200–250	–	60	40	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимые на зеленый корм	120–150	–	40	20	–	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Рапс на зеленый корм и силос	130–150	–	40	40	–	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сад (подъем плантажа)	0-0	40	–	250	250	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сад молодой (300–400 деревьев на 1 га)	20–40	–	30	60	60	–	30	–	–	–	–	–	30	20	20	–	–	–	–	–	–	–
		30	30	60	60	–	30	–	–	–	–	–	25	15	15	–	–	–	–	–	–	–
Сад молодой (500 деревьев на 1 га)	20–40	–	30	60	60	–	30	–	–	–	–	–	30	20	20	20	20	20	20	–	–	–
		30	30	60	60	–	30	–	–	–	–	–	30	20	20	20	20	20	–	–	–	–

Продолжение таблицы 161

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Сад плодоносящий (300–400 деревьев на 1 га)	120–130	–	50	90	120	–	50	–	–	–	–	–	40	20	30	–	–	–	–	–	–	–
Сад плодоносящий (500 деревьев на 1 га)	160–180	–	60	90	120	–	60	–	–	–	–	–	40	30	40	40	30	40	–	–	–	–
Виноградник (плантаж)	0–0	–	–	300	300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник плодоносящий	80–120	–	60	90	120	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Земляника (посадка)	–	–	90	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Земляника молодая	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45	–	–	45	45	45	–	45	45	–
Земляника плодоносящая	80–120	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	60	40	45	45	45	–	45	45	–
Малина (закладка плантации)	0–0	40	90	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Малина плодоносящая	60–80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90	90	90	–	–	–	–	–	–	–
Черноземы слитые, луговые почвы																						
Озимая пшеница по предшественнику первой группы	40–50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимая пшеница по предшественнику второй группы	40–45	–	60	60	60	–	–	–	–	–	–	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимая пшеница по предшественнику третьей группы	35–40	–	70	60	60	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30
Озимый ячмень	37–40	–	80	60	60	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая рожь	30–35	–	40	40	30	–	–	–	–	–	–	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кукуруза (участки размножения)	20–25	–	90	60	60	–	–	–	–	20	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кукуруза на зерно	45–50	–	120	80	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ячмень яровой	27–33	–	40	40	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Овес	30–40	–	60	40	40	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Зернобобовые	20–23	–	40	40	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Продолжение таблицы 161

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Свекла столовая	250–350	–	40	40	40	–	–	–	–	–	–	–	20	20	20	–	–	–	–	–	–	–
		40	40	40	40	–	–	–	–	–	–	–	20	20	20	–	–	–	–	–	–	–
Корнеплоды кормовые	350–400	–	90	90	60	–	–	–	–	10	20	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		60	60	60	60	–	–	–	–	10	20	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Кукуруза на силос	200–250	–	60	40	40	–	–	–	–	–	–	–	30	30	–	–	–	–	–	–	–	40
		40	–	–	–	–	–	–	–	10	20	–	30	30	–	–	–	–	–	–	–	40
Многолетние травы (закладка)	0–0	–	90	90	90	–	–	–	–	–	–	–	30	30	30	–	–	–	–	–	–	–
Многолетние травы прошлых лет	220–240	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	30	30	30	30	30	30	30	30	–
Однолетние травы	200–220	–	60	60	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Злаково-бобовая смесь на зеленый корм	190–200	–	40	60	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимые на зеленый корм и силос	80–110	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	–	–	–	–	–	–	–	20	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Рапс на зеленый корм и силос	140–160	–	40	40	–	–	–	–	–	–	20	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Тыква кормовая	340–380	–	50	60	60	–	–	–	–	–	–	–	40	30	30	–	–	–	–	–	–	–
		40	50	70	70	–	–	–	–	–	–	–	40	10	10	–	–	–	–	–	–	–
Бахчи кормовые	300–330	–	50	60	60	–	–	–	–	–	–	–	40	30	30	–	–	–	–	–	–	–
		40	50	70	70	–	–	–	–	–	–	–	40	20	20	–	–	–	–	–	–	–
Сорго на силос	150–180	–	60	40	–	–	–	–	–	–	–	–	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сенокосы	50–70	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	30	30	30	30	30	30	30	30	–
Пастбища	50–70	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	30	30	30	30	30	30	30	30	–
Однолетние травы на семена	9–10	–	60	60	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сад (подъем плантажа)	–	–	–	300	300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	200	200	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сад молодой (300–400 деревьев на 1 га)	20–40	–	30	60	60	–	30	–	–	–	–	–	30	20	20	20	20	20	–	–	–	–
		30	30	60	60	–	40	–	–	–	–	–	30	20	20	20	20	20	–	–	–	–
Сад молодой (500 деревьев на 1 га)	20–40	–	30	60	60	–	30	–	–	–	–	–	30	20	20	20	20	20	–	–	–	–
		–	30	60	60	–	30	–	–	–	–	–	30	20	20	20	20	20	–	–	–	–
Сад плодоносящий (300–400 деревьев на 1 га)	120–130	–	50	90	120	–	50	–	–	–	–	–	40	20	30	–	–	–	–	–	–	–
		40	50	60	90	–	50	–	–	–	–	–	40	20	30	–	–	–	–	–	–	–
Сад плодоносящий (500 деревьев на 1 га)	140–160	–	60	90	120	–	60	–	–	–	–	–	40	30	40	40	30	40	–	–	–	–
		40	60	90	120	–	60	–	–	–	–	–	40	30	40	40	30	40	–	–	–	–
Виноградник (плантаж)	–	–	–	300	300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Чай молодой (7–9 лет)	–	–	120	120	100	–	–	–	–	–	–	–	80	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Чай низкоурожайный	20–35	–	150	120	100	–	–	–	–	–	–	–	100	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Чай среднеурожайный	36–50	–	180	150	150	–	–	–	–	–	–	–	120	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Чай высокоурожайный	50–100	–	210	150	150	–	–	–	–	–	–	–	140	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Мандарины	250–350	–	180	220	90	–	–	–	–	–	–	–	180	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Хурма	300–400	–	120	120	120	–	–	–	–	–	–	–	120	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Фундук молодой	–	–	60	60	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Фундук, вступающий в плодоношение	3,0–3,5	–	120	120	120	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Фундук плодоносящий	10–15	–	120	120	120	–	–	–	–	–	–	–	120	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник (плантаж)	–	–	–	400	400	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	300	300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник молодой	40–50	–	–	60	60	–	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник плодоносящий низкоурожайный (предгорье)	40–60	–	45	65	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник плодоносящий среднеурожайный (предгорье)	60–80	–	65	80	65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		25	65	80	65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник высокоурожайный (предгорье)	80–100	–	45	120	120	–	–	–	–	–	–	–	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		30	45	120	90	–	–	–	–	–	–	–	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник плодоносящий низкоурожайный (Анапо-Геленджикская зона)	40–60	–	45	45	65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник среднеурожайный (Анапо-Геленджикская зона)	60–80	–	45	65	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		30	35	50	65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник высокоурожайный (Анапо-Геленджикская зона)	80–100	–	50	90	120	–	–	–	–	–	–	–	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		30	30	65	120	–	–	–	–	–	–	–	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Виноградник столовых сортов (субтропическая зона)	100–120	–	–	120	180	–	–	–	–	–	–	–	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		40	–	120	180	–	–	–	–	–	–	–	60	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Земляника (закладка)	–	–	–	160	160	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		50	–	160	160	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Земляника молодая	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45	–	–	45	45	45	–	45	45	–
Земляника плодоносящая	80–120	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	70	60	40	45	45	45	–	45	45	–
Малина (закладка)	–	–	90	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
		50	90	90	90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Малина плодоносящая	80–100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45	45	45	45	45	45	–	–	–	–

6.3.7. Особенности применения удобрений в Краснодарском крае

Краснодарский край располагает уникальными природно-климатическими условиями. Главное его богатство – это почвы, которые по своим характеристикам несравнимы с другими регионами России. Краснодарский край занимает западную часть Кавказа и Предкавказья. Протяженность края с севера на юг – 378 км, с востока на запад – 300 км. Внутри административных границ края находится Республика Адыгея. Общая площадь составляет 7,5 млн. га, из них 4,3 млн. га занимают сельскохозяйственные угодья, в том числе пашня – 3,7 млн. га (табл. 162).

Таблица 162 – Структура сельскохозяйственных угодий Краснодарского края

Сельхозугодия	1985 г.	1995 г.	2005 г.	2015 г.
Всего сельхозугодий, тыс. га	4993,8	4471,7	4264,0	4216,2
в т. ч. пашни, тыс. га	4228,7	3781,7	3761,3	3738,0
% сельхозугодий	84,7	84,6	88,2	88,6
естественных кормовых угодий, тыс. га	617,2	577,1	398,0	373,4
прочих сельхозугодий, тыс. га	147,9	112,9	104,7	104,8
облесенность, % сельхозугодий	3,3	3,3	3,0	3,0

По рельефу Краснодарский край делится на северную – равнинную, южную – предгорную и горную части. Равнинная часть занимает более половины всей территории. Здесь сосредоточены наиболее плодородные почвы. Большие массивы занимают черноземы малогумусные сверхмощные и мощные и черноземы слабогумусные сверхмощные.

Предгорная и горная части края занимает холмистые предгорья, подгорные равнины и верхние террасы левобережья реки Кубани и распространяется на территории около 1200 тыс. га. Почвенный покров представлен в основном черноземами выщелоченными и типичными (слабовыщелоченными) лесостепной зоны. Кроме того, имеются лугово-черноземные почвы (670 тыс. га), черноземы слитые (200 тыс. га), серые лесные почвы (300 тыс. га). Около 150 тыс. га занимают пойменные и прочие почвы.

Характерной особенностью почв Краснодарского края является большая мощность гумусовых горизонтов, которая достигает нередко 150–170 см, а также глубокая перерытость червями, насекомыми и животными-землероями. Содержание гумуса в пахотном слое среднее (3,5–5,0 %), его запасы исчисляются в полуторометровой толще до 670 т/га. Бонитет сельскохозяйственных угодий и пашни Краснодарского края самый высокий в России.

Почвенный покров Краснодарского края во многом уникален. Здесь можно найти практически все типы почв умеренного пояса (табл. 163). Различные природно-территориальные комплексы обуславливают разнообразие почвенного покрова. В степных ландшафтах широко распространены различные виды и разновидности черноземов (54,1 % территории). Далее идут луговые и аллювиально-луговые почвы (5,3 %); за ними серые и бурые лесные, дерново-карбонатные и желтоземы.

В предгорной части Краснодарского края распространены менее благоприятные для земледелия слитые черноземы, отличающиеся сильным уплотнением. В связи с этим они часто переувлажняются и заплывают, а при высыхании становятся плотными.

Таблица 163 – Основные типы и подтипы почв Краснодарского края
(по данным «Кубаньгипрозем»)

Наименование почв	Площадь, тыс. га		
	всего	в сельхозугодиях	в пашне
Чернозем обыкновенный	2996,6	2354,6	2244,0
Чернозем типичный	645,1	531,0	515,3
Чернозем выщелоченный	240,1	219,5	160,2
Чернозем выщелоченный слитой	70,5	61,3	53,4
Чернозем южный	157,6	121,6	66,5
Прочие черноземы	4,2	4,2	1,3
Серая лесостепная	69,0	54,1	38,8
Серая лесная	65,4	37,1	12,0
Дерново-карбонатная	78,4	44,2	10,1
Бурая лесная	143,5	17,9	5,8
Луговато-черноземная	336,1	278,2	257,1
Луговая	153,0	128,3	94,2
Аллювиально-луговая	241,6	188,2	106,4
Лугово-болотная	125,0	59,5	39,6
Перегноино- и торфяноглебовая	80,5	33,3	27,0
Прочие почвы (солончаки, солонцы, горно- луговая, земли заповедников)	1963,3	139,1	12,6

Черноземы Краснодарского края, за исключением слитых, характеризуются рыхлым сложением и хорошими водно-физическими свойствами. Гранулометрический состав их тяжелосуглинистый. При значительном гумусовом горизонте в верхнем слое содержится 3,5–6,0 % гумуса. Эти почвы имеют значительные валовые запасы элементов питания: в пахотном слое содержится 0,17–0,26 % азота, 0,16–0,23 % фосфора и 1,8–2,0 % калия.

В черноземах обыкновенных слабовыщелоченных, выщелоченных, слитых из активных минеральных форм фосфора преобладают фосфаты кальция, меньше содержится фосфатов железа и алюминия. В пахотном слое фосфатов полуторных оксидов содержится больше. С глубиной их количество уменьшается, а фосфатов кальция – возрастает. В верхних горизонтах черноземов от 18 до 41 %, а книзу до 56 % валового запаса фосфора представлено восстановлено-растворимыми окклюдируемыми фракциями и в составе первичных минералов. Неодинаковый состав фосфатов по профилю черноземов предопределяет различия в запасах подвижного фосфора и степени его подвижности. Слабощелочная реакция черноземов обыкновенных, вызванная наличием в твердой фазе почвы углекислых солей кальция и отчасти магния, обуславливает преобладание в почвенном растворе дифосфат-ионов, менее доступных для растений, и образование малорастворимых соединений фосфора. Слабокислая реакция черноземов выщелоченных обуславливает преобладание в почвенном растворе монофосфат-ионов и образование более растворимых форм почвенных фосфатов. Вот почему для черноземов обыкновенных характерна высокая эффективность фосфорных удобрений в отличие от выщелоченных, где прежде всего проявляется отзывчивость растений на внесение азотных удобрений.

Черноземы обыкновенные и южные северной степной зоны Краснодарского края по физико-химическим и водно-физическим свойствам отличаются от выщелоченных и типичных черноземов. Они менее влагообеспечены, что обуславливает более низкую урожайность сельскохозяйственных культур.

Климат Краснодарского края формируется под воздействием множества взаимосвязанных физико-географических условий, важнейшими из которых являются солнечная радиация, циркуляция атмосферы и рельеф. Непосредственное влияние на перенос воздушных масс и различие климатических поясов на территории края оказывают сложные физико-географические условия, разнообразие ландшафтов, близость незамерзающих морей и система Кавказских гор.

Территория края по природно-климатическим условиям размещена в границах поясов умеренного и субтропического климата. На большей части его территории климат умеренно-континентальный, на Черноморском побережье – субтропический. Количество выпадающих осадков распределено очень неравномерно: в равнинной зоне за год выпадает от 400 до 600 мм, предгорье – 700–800 мм, в горах – до 2000 мм.

В Краснодарском крае выделены семь агроклиматических зон: Северная, Центральная, Западная, Анапо-Таманская, Южно-предгорная, Черноморская, Горно-лесная (табл. 164).

I. Северная зона наиболее крупная по площади сельскохозяйственных угодий и пашни. Она разделена на три подзоны: северо-западную – Ейский и Щербиновский районы; северную – Староминской, Ленинградский, Каневской, Тихорецкий районы и западная часть Павловского района; северо-восточную – Кущевский, Крыловский, Белоглинский, Новопокровский районы, восточная часть Павловского района. Рельеф территории Северной зоны равнинный, но с балочной сетью. Климат континентальный, более суровый и засушливый, чем в других степных зонах края. Зона с частыми засухами, пыльными бурями при высокой их интенсивности. Здесь периодически наблюдается вымерзание озимых колосовых культур. Средний из абсолютных минимумов температуры почвы на глубине залегания узла кущения ниже -16°C . В зоне преобладают черноземы обыкновенные слабогумусные мощные и сверхмощные. Система земледелия – почвозащитная интенсивного типа с усиленными влагосохраняющими и почвозащитными мероприятиями.

Среднегодовое количество осадков 480–550 мм. Сумма температур выше 10°C составляет 3200–3800 $^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура воздуха 9– 10°C . Подзоны Северной агроклиматической зоны отличаются среднегодовой температурой воздуха, суммой эффективных температур, количеством осадков, мощностью гумусового горизонта, содержанием гумуса (табл. 165).

Сельскохозяйственные предприятия Северной зоны специализируются на производстве зерна озимой пшеницы, озимого и ярового ячменя, кукурузы. Основными техническими культурами являются подсолнечник и сахарная свекла. Значительные площади заняты кормовыми культурами, основные из которых кукуруза на силос и многолетние травы. В северо-западной подзоне в ряде хозяйств получают хорошие урожаи семян льна и кориандра. В северной подзоне, как наиболее влагообеспеченной относительно других в этой зоне, многие хозяйства занимаются производством сои. В крестьянских хозяйствах на значительных площадях выращиваются бахчевые культуры. Производство овощей и картофеля возможно во всех подзонах, однако получение стабильных экономически оправданных урожаев возможно только при наличии орошения, в связи с чем, посевы овощных культур, как правило, размещаются вблизи источников поливной воды, из-за высокой минерализации которой наиболее эффективно капельное орошение.

Таблица 164 – Характеристика сельскохозяйственных агроклиматических зон Краснодарского края

Показатель	Северная (I)	Центральная (II)	Западная (III)	Анапо-Таманская (IV)	Южно-предгорная (V)	Черноморская (VI)
Земельная площадь, тыс. га	1923	1730	559	319	2272	752
в т. ч. сельхозугодия, тыс. га	1642	1401	364	127	678	52
из них пашня, тыс. га	1503	1286	337	95	539	5
Преобладающие почвы	черноземы обыкновенные слабогумусные мощные и сверхмощные	черноземы типичные и выщелоченные	лугово-черноземные, лугово-болотные с наличием солонцеватых и засоленных	черноземы южные, дерново-карбонатные	черноземы южные, дерново-карбонатные	серые и бурые лесные, дерново-карбонатные
Балл бонитета почв по урожайности:						
озимых зерновых	76	89	74	68	70	–
сахарной свеклы	90	93	77	70	77	–
Среднегодовое количество осадков, мм	480–550	550–650	550–650	420–500	650–900	700–1500
Коэффициент увлажнения (КУ)	0,25–0,30	0,30–0,40	0,30–0,40	0,30	0,40–0,60	0,60
Сумма температур выше 10 ⁰ С за период вегетации, ⁰ С	3200–3800	3000–3800	3400–3800	3500–3800	2400–3400	3200–4300
Среднегодовая температура воздуха, ⁰ С	9,0–10,0	10,0–10,5	10,5–11,0	11,0–12,0	10,6	13,5
Почвозрушительные процессы	сильная и очень сильная дефляция	слабая дефляция, слабая водная эрозия	очень слабая дефляция	слабая и средняя водная эрозия	сильная водная эрозия	сильная и очень сильная водная эрозия

Таблица 165 – Характеристика подзон Северной агроклиматической зоны Краснодарского края

Показатель	Северо-западная (I)	Северная (II)	Северо-восточная (III)
Территория (%) с уклоном местности:			
до 1°	до 90	84	73
1–3°	–	10	23
3–5°	–	–	3
Расчлененность территории, км/км ²	0,02	0,05	0,18
Среднегодовая температура, °С	9,7–10,0	9,7–10,4	8,3–9,1
Безморозный период, дней	184	183	177
Сумма эффективных температур, °С	3389	3479–3643	3200–3315
Годовая сумма осадков, мм	425–456	500–530	479–495
Коэффициент увлажнения	0,25	0,25–0,30	0,25
Преобладающие виды черноземов обыкновенных слабогумусных	мощный	сверхмощный и мощный	мощный
Мощность гумусового горизонта, см	80–110	110–133	80–110
Содержание гумуса в горизонте А, %	3,5–3,8	3,8–4,0	3,0–3,5
Запасы гумуса в почве, т/га	350–400	400–470	330–350
Почворазрушительные процессы	сильная дефляция	сильная дефляция, слабая водная эрозия	очень сильная дефляция, слабая и средняя водная эрозия

II. Центральная зона, в ее составе выделено четыре подзоны: северо-западная – Приморско-Ахтарский, Брюховецкий и Выселковский районы; центральная – Тимашевский, Усть-Лабинский, Кореновский и часть Динского района; южная – Динской район, г. Краснодар, южная часть Тимашевского района; восточная – Тбилисский, Кавказский районы, г. Кропокин, Гулькевичский, Курганинский, Новокубанский районы, г. Армавир. Эта зона Краснодарского края отличается ровным рельефом. На правобережье р. Кубань встречаются многочисленные степные впадины, на левобережье – балки и уклоны местности колеблются от 1 до 8 (табл. 166). Климат Центральной зоны края умеренно-континентальный, более теплый и влажный, чем Северной зоны. Среднегодовая температура воздуха в зоне от +10,0 до +11,8°С. Среднегодовая сумма выпадающих осадков 570–583 мм. Безморозный период достигает 188–195 дней. Сумма активных температур выше +10°С составляет 3450–3650°С. Зона с недостаточным увлажнением: коэффициент увлажнения равен 0,25–0,30. В северо-западной и восточной подзонах осень чаще всего бывает засушливой. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет –36°С. Среди зимы бывают оттепели (+5, +10°С), которые часто повторяются и вызывают сход снега.

Среднесуточная температура воздуха переходит через отметку в +5°С в третьей декаде марта, а через +10°С – в середине апреля. Влияние сухих северо-восточных ветров особенно ощутимо в северо-западной и восточной подзонах. За лето насчитывается 70–85 дней, сопровождающихся суховеями, из них 5–7 дней приходится на интенсивные и очень интенсивные. При снижении количества пыльных бурь до 1 раза в 2–3 года наблюдается их значительная продолжительность. Почвы всех подзон подвергаются ветровой эрозии, а восточной и закубанской еще и водной. В Центральной зоне Краснодарского края, как и по всей территории края, преимущественно летом, отмечается интенсивная грозовая деятельность с сильными ливнями, шквалистым ветром и градом.

Таблица 166 – Характеристика подзон Центральной зоны Краснодарского края

Показатель	Северо-западная (I)	Центральная (II)	Южная (III)	Восточная (IV)
Территория (%) с уклоном местности:				
до 1°	85	92	93	73
1–3°	15	7	5	19
3–5°	–	–	–	4
5–8°	–	–	–	2
Расчлененность территории, км/км ²	0,12	0,02	0,02	0,40
Среднегодовая температура, °С	10,3–10,4	10,4–10,6	10,8	10,0–10,4
Безморозный период, дней	188–194	194–195	197	188–193
Сумма эффективных температур, °С	3532	3543–3618	3654	3450–3470
Годовая сумма осадков, мм	515	570–583	570–613	500–587
Коэффициент увлажнения	0,25–0,30	0,3–0,4	0,3–0,4	0,25–0,30
Преобладающие подтипы и виды черноземов	обыкновенные мало-гумусные сверхмощные и мощные	обыкновенные и типичные мало-гумусные сверхмощные	выщелоченные и типичные мало-гумусные сверхмощные	выщелоченные, типичные и обыкновенные мало-слабо-гумусные мощные и сверхмощные
Мощность гумусового горизонта, см	80–130	125	130–150	100–130
Содержание гумуса в горизонте А, %	3,4–4,2	4,1–4,5	4,0–4,5	3,8–4,2
Запасы гумуса в почве, т/га	350–480	640–700	640–700	400–500
Почворазрушительные процессы	слабая и средняя дефляция	слабая дефляция, локально слабая водная эрозия	слабая дефляция	слабая и средняя водная эрозия, средняя, сильная и очень сильная дефляция

Системы земледелия – интенсивные с дополнительным использованием пашни за счет возделывания промежуточных культур. Почвенно-климатические условия Центральной зоны наиболее благоприятны и позволяют получать высокие урожаи всех сельскохозяйственных культур. Хозяйства центральной зоны специализируются на производстве зерна озимой пшеницы и кукурузы, а также производстве технических культур. Основными техническими культурами, выращиваемыми в зоне, являются подсолнечник, сахарная свекла и соя. На хозяйства этой зоны приходится большая часть посевов озимого рапса и овощных культур, возделываемых в крае. Производство овощей и картофеля наиболее развито в районах, входящих в центральную и восточную подзоны, овощной горох выращивается вблизи консервных заводов.

III. Западная почвенно-климатическая зона края включает в себя Калининский, Славянский и Красноармейский районы. Зона отличается теплым и влажным климатом. Рельеф ровный, низменный. Повсеместно отмечается низкое залегание грунтовых вод – 0,8–1,2 м. Почвы отличаются большим

разнообразием, в основном малоплодородные лугово-черноземные, лугово-болотные, в том числе засоленные и солонцеватые. За год выпадает 560–650 мм осадков. Сумма эффективных температур – до 3800°C.

Основная специализация сельскохозяйственных предприятий – производство риса. Кроме того, возделываются озимая пшеница, кукуруза на зерно, кормовые культуры. Из технических культур возделываются подсолнечник, соя, рапс, а также сахарная свекла в Калининском районе. Многие хозяйства занимаются производством овощей, в том числе овощного гороха. В крестьянских и личных подсобных хозяйствах традиционно развито производство ранних овощей и картофеля. Земледелие ведется как с орошением, так и без него.

IV. Анапо-Таманская зона находится вдоль западной границы края, включает Таманский полуостров, делится на три подзоны: таманскую (большая часть Темрюкского района), анапскую (Анапский район) и приазовскую (восточная часть Темрюкского района). Рельеф зоны – низкогорные параллельные гряды, осложненные сопками.

Сельскохозяйственными предприятиями выращиваются, в основном, зерновые и кормовые культуры. Значительные площади занимает сорго на зерно. Крестьянские и личные подсобные хозяйства производят овощи и бахчевые культуры. В восточной части Темрюкского района выращивается рис. Однако наиболее эффективными отраслями зоны являются виноградарство и садоводство.

Преобладающие почвы черноземы южные, дерново-карбонатные. Балл бонитета почв низкий – 68–70. Выпадает самое малое количество осадков, но высокая сумма эффективных температур – до 3800°C и среднегодовая температура воздуха до 12°C (табл. 167).

Таблица 167 – Характеристика подзон Анапо-Таманской зоны Краснодарского края

Показатель	Таманская (I)	Анапская (II)	Приазовская (III)
Территория (%) с уклоном местности:			
до 1°	30	24	95
1–3°	57	33	–
3–5°	10	9	–
5–8°	3	7	–
Расчлененность территории, км/км ²	>1	<1	0,02
Среднегодовая температура, °C	10,9	11,9	10,6
Безморозный период, дней	190	199	193
Сумма эффективных температур, °C	3822	3675	3822
Годовая сумма осадков, мм	436–459	452	436
Коэффициент увлажнения	0,25	0,3	0,3–0,4
Преобладающие почвы	черноземы южные	дерново-карбонатные и коричневые	болотные и лугово-степные
Мощность гумусового горизонта, см	70–90	50–100	50–80
Содержание гумуса в горизонте А, %	2,5–3,2	3,0–4,0	2,0–6,0
Запасы гумуса в почве, т/га	200–360	170–200	250–300
Почворазрушительные процессы	слабая дефляция, слабая и средняя эрозия	слабая дефляция, средняя эрозия	нет

V. Южно-предгорная зона отличается огромным разнообразием почвенно-климатических условий и в связи с этим разделена на шесть подзон: прикубанскую (северная часть Крымского, Абинского и Северского райо-

нов), западно-предгорную (южная часть Крымского, Абинского и Северского районов), майкопскую (Белореченский район), центрально-предгорную (Апшеронский район, г. Горячий Ключ), горную (южная часть Мостовского, Лабинского и Отрадненского районов) и восточно-предгорную (Успенский район, северная часть Мостовского, Лабинского и Отрадненского районов). Отличительной особенностью зоны является большая протяженность рельефа, разнородность почвенного покрова, теплый и влажный климат. Высокая интенсивность и большое годовое количество осадков, а также горный рельеф и масса других факторов обуславливают развитие водной эрозии в западно-предгорной, центрально-предгорной и горной подзонах, а сильные и продолжительные ветры восточного направления – ветровую эрозию в восточно-предгорной подзоне. Подзоны кроме этого отличаются годовым количеством осадков, которое изменяется от 557–762 мм в горной до 700–911 мм в центрально-предгорной. Почвы зоны, как правило, мало плодородные с малой мощностью гумусового горизонта от 50 до 130 см. Это черноземы выщелоченные лесостепные, черноземы выщелоченные уплотненные и слитые, лугово-степные и болотные, лесные и лесостепные, черноземы обыкновенные, типичные и выщелоченные. Содержание гумуса в почвах зоны находится в диапазоне 1,8–4,6 %. При этом самое большое его количество, 4,3–4,6 %, содержится в почвах восточно-предгорной зоны (табл. 168).

Сельскохозяйственные предприятия Южно-предгорной зоны специализируются на выращивании озимых зерновых культур, кукурузы, сои и подсолнечника. В восточно-предгорной подзоне – еще и сахарной свеклы. Повышенная обеспеченность влагой и умеренный температурный режим делают эту зону наиболее благоприятной для выращивания картофеля, а наличие устойчивого снежного покрова в зимний период – для озимого рапса. В прикубанской подзоне сахарная свекла не возделывается. В этой подзоне значительные площади занимают посевы риса. Выращивается овощной горох. Фермерские хозяйства традиционно специализируются на выращивании овощей. Почвенно-климатические условия центрально-предгорной зоны благоприятны для развития табаководства, однако в настоящее время здесь выращиваются, в основном, кормовые культуры. Хозяйства западно-предгорной подзоны специализируются на садоводстве и виноградарстве. Системы земледелия в этой зоне интенсивные, почвозащитные и мульчирующие.

VI. Черноморская зона включает территории между Кавказским хребтом и Черным морем, расположенные узкой полосой общей протяженностью более 250 км. Здесь выделены две подзоны: геленджикская – г. Геленджик, г. Новороссийск, Туапсинский район; сочинская – г. Сочи. Климатические условия разнообразны и предопределены высотой и рельефом местности. В сочинской подзоне в приморской полосе до высоты 200 м климат субтропический. Среднегодовая температура воздуха 13–14°C, годовая сумма осадков 1200–1600 мм. В геленджикской подзоне осадков выпадает меньше, безморозный период короче.

Рельеф зоны низкогорный, постепенно переходящий к средневысотным возвышенностям, пересечен долинами рек. Большое количество осадков и рельеф способствуют сильной эрозии.

Почвенный покров представлен бурыми лесными, дерново-карбонатными, коричневыми, желтоземами и пойменными аллювиальными почвами. Зона специализирована на промышленном виноградарстве, горном садоводстве, цветоводстве и овощеводстве. В сочинской подзоне выращиваются чай, цитрусовые и субтропические культуры. Системы земледелия – почвозащитная и экологическая.

Таблица 168 – Характеристика подзон Южно-предгорной зоны Краснодарского края

Показатель	Прикубанская (I)	Западно-предгорная (II)	Майкопская (III)	Центрально-предгорная (IV)	Горная (V)	Восточно-предгорная (VI)
Территория (%) с уклоном местности:						
до 1°	88	35	64	34	30	28
1–3°	–	10	24	8	30	28
3–5°	–	54	6	11	24	17
5–8°	–	–	–	12	5	21
Расчлененность территории, км/км ²	0,02	0,75	0,25	0,40	0,75	0,90
Среднегодовая температура, °С	10,6	10,1	10,5	10,1–10,7	9,0	10,4
Сумма эффективных температур, °С	3545–3814	3348	3514–3530	3348	3075	3446
Безморозный период, дней	192	199	194–200	185–194	180	194
Годовая сумма осадков, мм	630–657	730–850	645	702–911	557–762	634
Коэффициент увлажнения	0,3–0,4	0,4–0,6	0,3–0,4	0,4–0,6	0,3–0,4	0,3–0,4
Преобладающие почвы	лугово-степные и болотные	черноземы выщелоченные, лесостепные	черноземы выщелоченные уплотненные и слитые	лесные и лесостепные	лесные, черноземы обыкновенные, в том числе мочковатые и мочковатые	черноземы обыкновенные, типичные и выщелоченные, в том числе мочковатые и скелетные
Балл бонитета почв	75	69–79	73–80	62–74	76–83	80–88
Мощность гумусового горизонта, см	50–100	50–136	110–140	50–80	50–100	70–130
Содержание гумуса в горизонте А, %	2–5	2,1–3,7	3,4–4,5	1,8–4,6	2,5–6,0	4,6
Запасы гумуса в почве, т/га	270–350	150–450	450–560	150–300	300–700	450–700
Почвозрушительные процессы	нет	средняя и сильная водная эрозия	слабая дефляция, слабая и средняя водная эрозия	средняя и сильная водная эрозия	средняя и сильная водная эрозия	средняя и сильная дефляция и водная эрозия

VII. Горно-лесная зона. Здесь нет условий для возделывания сельскохозяйственных культур. Имеются незначительные площади используемые под сенокосы и пастбища. Почвы сильно подвержены эрозии. На территории зоны находятся Кавказский государственный биосферный заповедник, многочисленные туристские маршруты и базы, государственный лесной фонд.

Таким образом, агроклиматические условия Краснодарского края в годы с благоприятным сочетанием тепла и влаги обеспечивают возможность получения наивысшей урожайности сельскохозяйственных культур. Например, у озимых колосовых культур в Центральной зоне она достигает 80–90 ц/га зерна, Северной и Анапо-Таманской – 50–60, Южно-предгорной – 60–70, в Западной – 70–80 ц/га.

В целом черноземы Краснодарского края имеют сравнительно благоприятный азотный режим, хорошо обеспечены доступным для растений калием и недостаточно – подвижным фосфором. Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и повышения эффективного плодородия почв в них необходимо возвращать азот и калий в среднем на 80 %, а фосфор на 100–110 % от выноса их с урожаями (Прянишников Д.Н., 1945). На черноземных почвах уровень возврата элементов питания с удобрениями должен примерно составлять для азота 80 %, фосфора – 130–150 %, калия – 80–100 %. Положительный баланс биофильных элементов, обусловленный внесением оптимальных норм удобрений, обеспечивает повышение плодородия почв и создает условия для последовательного роста урожайности сельскохозяйственных культур. Если потери элементов питания в результате их выноса с урожаями не возмещаются внесением удобрений, происходит постепенное агрогенное истощение почвы и, как следствие, снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Баланс азота, фосфора и калия в земледелии Краснодарского края до 80-х годов XX столетия был ниже приемлемых значений, рассчитанных Д.Н. Прянишниковым. В 1965 г. дефицит азота составлял 33,7 кг/га, фосфора – 15,3 кг/га и калия – 54,3 кг/га, интенсивность баланса, соответственно, – 51, 49 и 24 % и емкость баланса – 103,3; 44,9; 88,9 кг/га. Напряженным оставался баланс биофильных элементов и в 1970 г., хотя четко просматривается его улучшение. Интенсивность баланса за 5 лет по азоту возросла на 10 %, фосфору – на 16 %, калию – на 8 %, емкость баланса азота, фосфора и калия, соответственно, – на 24,3 кг/га, 10,9 и 19,5 кг/га. Увеличение производства, поставок и внесения минеральных туков, а также усиление использования органических удобрений под сельскохозяйственные культуры уже к 1980 г. обеспечило практически равновесный баланс биофильных элементов в земледелии Краснодарского края. В 1990 г. баланс азота, фосфора и калия в земледелии региона стал положительным 8,0; 10,6 и 2,2 кг/га. Интенсивность и емкость баланса достигли, соответственно, 106, 120, 103 % и 257,0; 114,2; 163,4 кг/га (табл. 169).

В последнее десятилетие XX в. применение минеральных и органических удобрений резко сократилось, что отразилось на агрохимических показателях плодородия почв. В 2000 г. баланс элементов питания в земледелии Краснодарского края стал дефицитным – по азоту на 56,2 кг/га, фосфору – 28,4 и калию – 57,8 кг/га. Вынос азота урожаями сельскохозяйственных культур возмещался удобрениями лишь на 60 %, фосфора – 29 и калия – 22 %, а емкость баланса составила соответственно 133,6; 51,2 и 90,6 кг/га.

Дефицитный баланс элементов питания в земледелии Краснодарского края сохраняется и в последующие годы. В 2005 г. по азоту он составил 53,5 фосфору – 28,1, калию – 59,5 кг/га, в 2010 г., соответственно – 47; 36 и 25 %. Емкость баланса азота, фосфора и калия в эти годы оставалась также на низком уровне – 138,7; 52,1; 42,1 кг/га и 144,5; 56,3 и 98,3 кг/га соответственно.

Таблица 169 – Баланс азота, фосфора и калия в земледелии Краснодарского края

Элемент питания	Приход, кг/га	Расход, кг/га	Баланс (+ –), кг/га	Интенсивность баланса, %	Емкость баланса, кг/га
1965 г.					
N	34,8	68,5	–33,7	51	103,3
P ₂ O ₅	14,8	30,1	–15,3	49	44,9
K ₂ O	17,3	71,6	–54,3	24	88,9
1970 г.					
N	48,2	79,4	–31,2	61	127,6
P ₂ O ₅	22,0	33,8	–11,8	65	55,8
K ₂ O	26,0	82,4	–56,4	32	108,4
1980 г.					
N	104,7	106,4	–1,7	98	211,1
P ₂ O ₅	47,1	46,4	+0,7	102	93,5
K ₂ O	82,4	81,5	+0,9	101	163,9
1990 г.					
N	132,5	124,5	+8,0	106	257,0
P ₂ O ₅	62,4	51,8	+ 10,6	120	114,2
K ₂ O	82,8	80,6	+2,2	103	163,4
2000 г.					
N	38,7	94,9	–56,2	60	133,6
P ₂ O ₅	11,4	39,8	–28,4	29	51,2
K ₂ O	16,4	74,2	–57,8	22	90,6
2005 г.					
N	42,6	96,1	–53,5	43	138,7
P ₂ O ₅	12,0	40,1	–28,1	30	52,1
K ₂ O	16,3	75,8	–59,5	22	42,1
2010 г.					
N	46,5	98,0	–51,5	47	144,5
P ₂ O ₅	14,8	41,5	–26,7	36	56,3
K ₂ O	19,5	78,8	–59,3	25	98,3
2015 г.					
N	64,8	102,0	–37,2	64	168,8
P ₂ O ₅	27,6	46,2	–18,6	60	73,8
K ₂ O	24,1	80,6	–56,5	30	104,7

Баланс биофильных элементов в земледелии Краснодарского края с ростом применения минеральных удобрений в 2015 г. несколько улучшился, хотя все еще остается отрицательным – по азоту на 37,2, фосфору – 18,6, калию – 56,5 кг/га. Вынос азота, фосфора и калия урожаями сельскохозяйственных культур возмещается удобрениями только на 64, 60 и 30 % соответственно. Анализ баланса элементов питания в земледелии Краснодарского края показывает, что для предотвращения обеднения почв биофильными элементами и повышения урожайности сельскохозяйственных культур требуется значительно увеличить количество вносимых минеральных удобрений. Разнообразие почвенно-климатических условий Краснодарского края обуславливает значительные зональные различия в использовании удобрений.

В полевых севооборотах с большой насыщенностью озимой пшеницей система удобрения имеет следующие особенности. Основную часть удобрений используют до посева под глубокую основную обработку. Внесение удобрений весной под культивацию допустимо лишь в районах обильного увлажнения и на орошаемых землях. Широко применяют рядковое (припосевное) удобрение и подкормки. В полевых севооборотах на черноземах слабовыщелоченных и вы-

щелоченных центральной части Краснодарского края, имеющих нейтральную и слабокислую реакцию среды, накапливается несколько меньше нитратного азота, чем в Северной зоне, и несколько больше вымывается зимой. Поэтому в этой зоне должно преобладать азотное удобрение. Под озимую пшеницу рекомендуется вносить $N_{90-120}P_{60-90}K_{40-60}$, сахарную свеклу – $N_{90}P_{90}K_{90}$ или навоз в норме 40–50 т/га. Ведущим приемом использования удобрений является основное удобрение, но можно применять их как припосевное и в подкормки. Соотношение N : P : K в минеральных удобрениях должно быть 1 : 0,8 : 0,4 или 1 : 0,7 : 0,4.

Научно-обоснованную систему удобрения севооборота в засушливых зонах Северного Кавказа рекомендуется строить следующим образом: один раз в 3–4 года вносить органические и минеральные удобрения под вспашку (основное удобрение), в последующие годы уменьшенными дозами при посеве, предпосевной культивации или в подкормку применяются минеральные удобрения. В планируемых системах удобрения зоны предусматривают улучшение фосфорного питания. На каштановых почвах вносят средние нормы органических и минеральных удобрений под основную обработку почвы с учетом их действия в течение ряда лет. Основное удобрение дополняют рядковым для создания благоприятных условий питания культуры в начальный период роста и развития растений. Примерные системы удобрения в севооборотах, приведенные в таблицах 170–172, должны постоянно совершенствоваться, исходя из уровня обеспеченности сельскохозяйственных культур доступными элементами минерального питания и планируемой урожайности.

Система удобрения овощных культур также свои особенности. Примерные системы удобрения в овощных севооборотах при орошении и без орошения, зерно-овощном и зерно-картофельном севооборотах, разработанные А.И. Столяровым, приведены в таблицах 173–177.

В этих схемах показаны дозы основного, припосевного удобрения и подкормок с учетом почвенно-климатических условий и особенностей питания возделываемых культур. В зависимости от предшественника и его удобренности дозы удобрений под культуру изменяют. Основное удобрение вносится с осени под зяблевую вспашку. При этом вносится органическое удобрение и половина или 2/3 нормы фосфорных и калийных удобрений. Азотные удобрения лучше вносить весной и в подкормки. Перед посевом вносят удобрения под поздно высеваемые культуры под предпосевную культивацию с целью усиления питания растений в первой половине вегетации. В качестве припосевного удобрения, улучшающего питание растений в начале онтогенеза, вносят аммонийную селитру, суперфосфат, хлористый калий или комплексные удобрения. Подкормки применяют для усиления питания овощных культур. Обычно на посевах овощных культур принято проводить две подкормки азотно-фосфорно-калийными удобрениями, приурочивая их к критическим периодам в отношении элементов минерального питания. Эффективность подкормки возрастает при орошении. В севооборотах без орошения, в зонах с недостаточным увлажнением проводить подкормки не рекомендуется. В этом случае норму удобрения распределяют между основным (осенним) и предпосевным (рано весной) удобрением. Удобрения нужно заделывать на достаточную глубину во влажный слой почвы.

В зоне субтропиков благоприятные климатические условия позволяют выращивать овощи круглый год. Интенсивное использование земель сельскохозяйственного назначения обуславливает неоднократное применение удобрений. Здесь особенно важно контролировать действие удобрений на урожай и качество получаемой продукции.

Таблица 170 – Примерная система удобрения в полевом 12-польном севообороте Северной зоны Краснодарского края на черноземе обыкновенном

№ поля	Культура	Прием использования удобрений					Всего действующего вещества
		основное	припо- севное	подкормка			
				1-я	2-я	3-я	
1	Люцерна 1-го года	–	–	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀
2	Люцерна 2-го года	–	–	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀
3	Озимая пшеница	N ₄₀ P ₈₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₁₀₋₁₇₀ P ₁₂₀ K ₆₀
4	Озимая пшеница	N ₆₀ P ₁₀₀ K ₄₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₃₀₋₁₉₀ P ₁₂₀ K ₄₀
5	Подсолнечник	N ₄₀ P ₈₀	–	–	–	–	N ₄₀ P ₆₀
6	Пар черный	Навоз 60 т/га + P ₈₀ K ₄₀	–	–	–	–	Навоз 60 т/га + P ₈₀ K ₄₀
7	Озимая пшеница	–	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₇₀₋₁₃₀ P ₂₀
8	Озимая пшеница	N ₆₀ P ₈₀ K ₄₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₃₀₋₁₉₀ P ₁₀₀ K ₄₀
9	Сахарная свекла	N ₁₃₀ P ₁₄₀ K ₁₃₀	P ₂₀	–	–	–	N ₁₃₀ P ₁₆₀ K ₁₃₀
10	Кукуруза на зерно	Навоз 40 т/га	P ₂₀	N ₃₀	–	–	Навоз 40 т/га + N ₃₀ P ₂₀
	Кукуруза на силос	Навоз 40 т/га	P ₂₀	–	–	N ₄₀	Навоз 40 т/га + N ₄₀ P ₂₀
11	Озимая пшеница	N ₄₀ P ₈₀ K ₄₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₁₀₋₁₇₀ P ₁₀₀ K ₄₀
12	Яровой ячмень с подсевом люцерны	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	–	–	–	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀

Таблица 171 – Примерная система удобрения в полевом 11-польном севообороте Центральной зоны Краснодарского края на черноземах типичном и выщелоченном

№ поля	Культура	Прием использования удобрений					Всего действующего вещества
		основное	припосевное	подкормка			
				1-я	2-я	3-я	
1	Люцерна 1-го года	–	–	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀
2	Люцерна 2-го года	–	–	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀
3	Озимая пшеница	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₀₀₋₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀
4	Озимый ячмень	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	–	–	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₆₀
5	Подсолнечник	Навоз 40 т/га	–	–	–	–	Навоз 40 т/га
6	Озимая пшеница	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₃₀₋₁₉₀ P ₈₀ K ₄₀
7	Кукуруза на силос	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₂₀	–	–	N ₄₀	N ₁₀₀ P ₈₀ K ₆₀
8	Озимая пшеница	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₃₀₋₁₉₀ P ₈₀ K ₆₀
9	Сахарная свекла	Навоз 50 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	–	–	–	–	Навоз 50 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
10	Кукуруза на зерно	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	–	N ₃₀	–	–	N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀
11	Озимая пшеница с подсевом люцерны	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₃₀	–	N ₃₀	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₆₀

Таблица 172 – Примерная система удобрения в полевом 11–польном севообороте Центральной зоны Краснодарского края на черноземе выщелоченном слитом, серых лесных и лесостепных почвах

№ поля	Культура	Прием использований удобрений					Всего действующего вещества
		основное	припосевное	подкормка			
				1-я	2-я	3-я	
1	Люцерна 1-го года	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	–	–	–	–	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀
2	Люцерна 2-го года	–	–	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀
3	Озимая пшеница	N ₄₀ P ₈₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₁₀₋₁₇₀ P ₁₀₀ K ₆₀
4	Озимая пшеница	N ₄₀ P ₈₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₁₀₋₁₇₀ P ₁₀₀ K ₆₀
5	Овощные культуры	Навоз 40 т/га + P ₄₀ K ₄₀	N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₃₀ P ₁₀ K ₁₀	–	Навоз 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
6	Горох	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	–	–	–	–	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀
7	Озимая пшеница	N ₄₀ P ₈₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₁₀₋₁₇₀ P ₁₀₀ K ₆₀
8	Подсолнечник	навоз 50 т/га	–	–	–	–	Навоз 50 т/га
9	Озимая пшеница	N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₃₀₋₁₉₀ P ₈₀ K ₄₀
10	Кукуруза на силос	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	–	N ₄₀	N ₁₄₀ P ₈₀ K ₆₀
	Кукуруза на зерно	N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	–	–	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₆₀
11	Озимая пшеница	N ₆₀ P ₈₀ K ₆₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₀₋₆₀	N ₃₀	N ₁₃₀₋₁₉₀ P ₁₀₀ K ₆₀

Таблица 173 – Примерная система удобрения в овощном севообороте при орошении

Чередование культур	Удобрение				
	основное	предпосевное (предпосадочное)	при посеве (посадке)	подкормки	всего
Многолетние травы	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	–	–	–	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀
Многолетние травы	–	–	–	P ₃₀ K ₃₀	P ₃₀ K ₃₀
Капуста белокочанная поздняя	P ₆₀ K ₅₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₀₀
Томаты (безрассадная культура)	P ₆₀ K ₄₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	–	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₀₀
Огурец (грунтовая культура)	навоз 30 т/га+ P ₅₀ K ₅₀	N ₅₀ P ₂₀ K ₂₀	–	N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	навоз 30 т/га+ N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Лук, чеснок	P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀	–	N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀
Картофель	перегной 40 т/га + P ₅₀ K ₅₀	N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	–	N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	перегной 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Корнеплоды	P ₄₀ K ₄₀	N ₅₀ P ₂₀ K ₂₀	–	N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀
Капуста белокочанная ранняя + зеленные	P ₅₀ K ₃₀	–	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₉₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀
Томаты	P ₆₀ K ₅₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	–	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₀₀

Таблица 174 – Примерная система удобрения в овощном севообороте при орошении

Чередование культур	Удобрение				
	основное	предпосевное (предпосадочное)	при посеве (посадке)	подкормки	всего
Многолетние травы	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	–	–	–	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀
Многолетние травы	–	–	–	P ₃₀ K ₃₀	P ₃₀ K ₃₀
Томаты (рассадная культура)	P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₄₀	–	N ₆₀ P ₃₀ K ₂₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀
Лук, чеснок	P ₄₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₂₀ K ₃₀	–	N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀
Капуста белокочанная ранняя, поздняя	навоз 50 т/га + P ₅₀ K ₅₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₁₀	N ₈₀ P ₃₀ K ₃₀	навоз 50 т/га + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₀₀
Корнеплоды	P ₅₀ K ₄₀	N ₄₀ P ₂₀ K ₁₀	–	N ₄₀ P ₁₀ K ₁₀	N ₅₀ P ₈₀ K ₆₀
Томаты, перец, баклажан	навоз 30 т/га + P ₆₀ K ₅₀	N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₂₀ P ₁₀ K ₁₀	N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	навоз 30 т/га + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₀₀
Огурец, кабачок, патиссон + летний посев многолетних трав	P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₁₀ K ₁₀	–	N ₃₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀

Таблица 175 – Примерная система удобрения в зерно–овощном севообороте без орошения

Чередование культур	Удобрение			
	основное	предпосевное	подкормки	всего
Многолетние травы	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	–	–	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀
Многолетние травы	–	–	P ₃₀ K ₃₀	P ₃₀ K ₃₀
Озимая пшеница	–	P ₃₀ K ₃₀	N ₄₀	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀
Томаты	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Кукуруза овощная	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀
Озимая пшеница	Навоз 30 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	N ₃₀	Навоз 30 т/га + N ₉₀ P ₇₀ K ₄₀
Томаты	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Горох овощной	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	–	–	N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀
Озимая пшеница	N ₆₀ P ₇₀ K ₆₀	–	N ₃₀	N ₉₀ P ₇₀ K ₆₀
Томаты	навоз 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	–	навоз 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Озимые колосовые	N ₆₀ P ₇₀ K ₆₀	–	N ₃₀	N ₉₀ P ₇₀ K ₆₀

Таблица 176 – Примерная система удобрения в овощном севообороте для Центральной и Западной зон Краснодарского края

Чередование культур	Удобрение				
	основное	предпосевное (предпосадочное)	при посеве (посадке)	подкормки	всего
Многолетние травы	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	–	–	–	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀
Многолетние травы	–	–	–	P ₃₀ K ₃₀	P ₃₀ K ₃₀
Томат (рассадная культура)	P ₅₀ K ₅₀	–	N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₄₀ P ₂₀ K ₃₀	N ₈₀ P ₉₀ K ₁₀₀
Огурец	P ₄₀ K ₄₀	N ₅₀ P ₂₀ K ₂₀	–	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Лук, чеснок	P ₅₀ K ₅₀	N ₅₀ P ₂₀ K ₂₀	–	N ₃₀ P ₁₀ K ₁₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀
Томаты	P ₆₀ K ₅₀	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	–	N ₆₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₁₀
Капуста белокочанная среднепоздняя, поздняя	навоз 50 т/га + P ₃₀ K ₃₀	P ₃₀ K ₃₀	N ₂₀ P ₁₀ K ₁₀	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	навоз 50 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Корнеплоды	P ₃₀ K ₃₀	N ₄₀ P ₁₀ K ₁₀	–	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
Томаты	перегной 40 т/га + P ₄₀ K ₄₀	N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	–	N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀	перегной 40 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Капуста белокочанная ранняя	P ₅₀ K ₅₀	–	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₇₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀

Таблица 177 – Примерная система удобрения в зерно–картофельном севообороте Предгорной зоны

Чередование культур	Удобрение				
	основное	предпосевное (предпосадочное)	при посеве (посадке)	подкормки	всего
Многолетние травы	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	–	–	–	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀
Многолетние травы	–	–	–	P ₃₀ K ₃₀	P ₃₀ K ₃₀
Озимая пшеница	N ₄₀ P ₃₀ K ₄₀	–	P ₃₀	N ₃₀	N ₂₀ P ₆₀ K ₄₀
Картофель весенней посадки	P ₄₀ K ₄₀	N ₅₀ P ₂₀ K ₂₀	–	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Кукуруза на силос	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	–	N ₃₀ P ₃₀	–	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀
Озимая пшеница	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	–	N ₃₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀
Картофель весенней посадки	Навоз 60 т/га + P ₅₀ K ₅₀	N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀	–	N ₅₀ P ₂₀ K ₂₀	Навоз 60 т/га + N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Пропашные культуры	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	–	–	N ₂₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₅₀ P ₈₀ K ₈₀
Яровые колосовые	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	–	–	–	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀
Картофель весенней посадки	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀	–	N ₄₀ P ₂₀ K ₂₀	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀

6.4. Питание и удобрение сельскохозяйственных культур

6.4.1. Зерновые культуры

Кукуруза

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Лучшими для возделывания кукурузы являются суглинистые почвы с хорошей водоудерживающей способностью и воздухопроницаемостью. Самые высокие урожаи она дает на темно-каштановых почвах, черноземах и наносных почвах речных долин. В северных районах возделывания кукурузы предпочтение следует отдавать полям, защищенным от ветра и расположенным на южных склонах, но во избежание водной эрозии угол уклона не должен превышать 5° . Почвы тяжелые по гранулометрическому составу, легко уплотняющиеся, засоленные, легко переувлажняющиеся в связи с близким залеганием грунтовых вод, с повышенной кислотностью менее пригодны для возделывания кукурузы. Оптимальная реакция почвенного раствора для нее находится в интервале $\text{pH}=6,5-8,2$ (табл. 178; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 178 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для кукурузы

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	не установлен
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,5	8,2–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,70
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–45	45–70	70–80
Обменный Na, % от ЕКО	не установлен	2–3	не установлен
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	не установлен	0,1–0,2	0,2–0,4
Содержание CaCO ₃ , %	не установлен	0–5	5–10

Кукуруза лучше произрастает и формирует урожай с высоким его качеством на тех почвах, которые по содержанию Элементов питания наиболее полно отвечают типу обмена веществ в растении. Плодородные черноземы с высоким содержанием гумуса и азота более пригодны для зерновых культур, в т. ч. кукурузы, с белковым типом обмена веществ, а подзолистые почвы – для культур с углеводным типом обмена. В районах с благоприятными климатическими условиями влияние особенностей почвы заметно ослабляется. Так, в условиях достаточного увлажнения растения кукурузы прекрасно мирятся с повышенной плотностью почв. В Краснодарском крае на глинистых слитых почвах получают урожаи не меньше, чем на черноземах выщелоченных и типичных, отличающихся рыхлостью и хорошей оструктуренностью. Плотность корнеобитаемого слоя почвы порядка 1,45–1,55 г/см³ не оказывает на почвах Кубани заметного угнетающего воздействия на жизнедеятельность и продуктивность растений кукурузы, хотя оптимальной для нее является 1,2–1,4 г/см³ (Вальков В.Ф., 1986).

Кукуруза, как C₄-растение, эффективно использует солнечную энергию, что обуславливает высокую потребность в элементах питания. На создание 1 ц зерна с соответствующим количеством листостебельной массы растения куку-

рузы потребляют 2,4–3,0 кг азота, 1,0–1,2 – фосфора и 2,5–3,0 кг калия. При урожае зерна 50–60 ц/га или зеленой массы 500–600 ц/га эта культура извлекает из почвы 150–180 кг азота, 60–70 кг P₂O₅ и 160–190 кг K₂O.

Растения кукурузы потребляют элементы питания из почвы на протяжении почти всего вегетационного периода (табл. 179; Лисовал А.П., Макаренко В.М., Кравчук С.Н., 1989).

Таблица 179 – Динамика накопления сухого вещества и потребления элементов питания растениями кукурузы, % от максимального

Фаза вегетации	Сухое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
4–5 листьев	0,1	0,3	0,2	0,2
9-10 листьев	1,2	4,2	2,5	4,4
Выбрасывание метелки	24,2	43,5	33,3	69,0
Цветение	35,0	61,4	61,0	78,6
Спелость: молочная	80,0	89,1	87,8	95,0
восковая	100,0	100,0	94,4	100,0
полная	94,0	93,3	100,0	81,8

Поглощение элементов питания растениями кукурузы в общем соответствует ходу накопления сухого вещества. Азот, фосфор и калий поступают в растения с различной скоростью, и это наблюдается уже на самых ранних этапах онтогенеза. Так, в период прорастания семян – формирование проростков кукурузы из почвы наиболее интенсивно поглощается калий: содержание его увеличивается в 8–10 раз – с 0,5 % в семенах до 5 % в проростках, тогда как содержание азота за этот период возрастает в 2,8 раза. В дальнейшем поступление калия в растения идет опережающими темпами по сравнению с накоплением сухого вещества. Поглощение калия достигает максимума за 10–12 дней до фазы выметывания растений кукурузы и затем начинает быстро убывать, а сухая масса продолжает интенсивно нарастать. В связи с этим относительное содержание калия в растениях постепенно снижается. К молочной спелости зерна растения кукурузы поглощают до 95 % калия от максимального потребления, а после окончания этой фазы поступление его в растения прекращается. Наибольшая потребность растений кукурузы в калии наблюдается в фазы выбрасывания метелок, цветения и налива зерна.

Азот поглощается растениями кукурузы в начале вегетации весьма интенсивно, хотя и не так быстро, как калий. Наибольшая скорость поглощения этого элемента наступает в период выметывания–цветения початков и затем начинает постепенно снижаться. Поступление азота в растения полностью прекращается в фазу восковой спелости зерна.

Фосфор потребляется растениями кукурузы в значительно меньших количествах, чем азот и калий. Причем, этот элемент поглощается растениями медленнее и равномернее, особенно в период всходы–цветение, после чего он поступает более высокими темпами, вплоть до окончания вегетации. Максимум содержания фосфора в листьях кукурузы приходится на первые 10 дней после фазы цветения растений; после чего, до конца вегетации, отмечается его снижение. В стеблях максимальное содержание фосфора наблюдается несколько раньше, чем в листьях. Динамика накопления фосфора в обертках початков примерно такая же, как в листьях.

На формирование и налив зерна кукурузы используется до 59 % азота, 36 % фосфора и 82 % калия за счет реутилизации из вегетативных органов растения, а остальное поступает из почвы. Надо иметь в виду, что поступление азота и фосфора в зерно, как правило, идет не непосредственно из корней в зерно, а по пути: почва—корни—стебель—листья—стебель—початок—зерно (Володарский Н.И., 1975).

В развитии растений кукурузы выделяют два важных периода по отношению к элементам питания: период образования 5–7 листа и период от появления 9–10 листа до полного выбрасывания метелки. В первый из названных периодов происходит закладка репродуктивных органов растений. От наличия элементов питания, особенно фосфора, зависит количество початков на растении и количество на них зерен. В это время кукуруза растет слабо, элементов питания использует мало. Корневая система ее еще недостаточно развита и не может извлекать элементы питания из труднодоступных соединений. В первые месяцы 80 % фосфат-ионов достигают поверхности корней кукурузы благодаря диффузионному передвижению по градиенту концентрации и лишь 20 % соприкасаются с корнями вследствие непрерывного роста последних и передвижения к ним H_2PO_4^- и HPO_4^{2-} с массовым потоком воды, возникающим в почве в результате транспирации растениями. Поэтому кукуруза в это время очень требовательна к наличию в почве легкоусвояемых форм соединений фосфора. Через 10–15 дней после появления всходов кукурузы наступает критический период в отношении фосфора. При его недостатке листья становятся темно-зелеными, с краев приобретают фиолетовую окраску, начиная с верхушки, становятся коричневыми и отмирают. На нижних листьях эти признаки более заметны. Початки образуются небольшие, часто уродливой формы с искривленными рядами зерен. При умеренном голодании растений признаки отставания в росте и изменения в окраске могут исчезнуть в фазу 6–10 листьев. Холодная, дождливая погода после появления всходов усиливает признаки фосфорного голодания растений кукурузы. Последствия недостатка этого элемента в начале вегетации не могут быть компенсированы за счет внесения его в более поздние сроки. Избыточное фосфорное питание растений кукурузы задерживает ростовые процессы, ускоряет развитие и несколько снижает урожай вегетативной массы и зерна. Оптимизация питания растений фосфором стимулирует развитие корневой системы, усиливает использование растением элементов питания из почвы и удобрений, ускоряет закладку репродуктивных органов, повышает засухоустойчивость, количество и качество урожая кукурузы.

Второй период (9–10 листьев) характеризуется интенсивным ростом растений кукурузы. Он длится 17–20 дней. За такое короткое время накапливается основная биомасса растения и используется значительное количество элементов питания: азота и фосфора – 50 %, калия – 70 % от общего потребления. Этот период является критическим для кукурузы по отношению к азотному питанию. Растения в это время часто испытывают недостаток азота вследствие его выщелачивания из корнеобитаемого слоя и слабой минерализации азотсодержащих органических соединений почвы. Недостаток азота на ранних этапах развития растений, особенно в холодные весны, замедляет развитие кукурузы, задерживает образование метелок. При недостатке этого элемента листья формируются мелкие, светло-зеленой и желтовато-зеленой окраски, постепенно они желтеют и засыхают. Признаки дефицита азота больше заметны на нижних листьях растений. Если голодание растений продолжительное, формируются мелкие початки, или вовсе не образуются. Недостаток азота у растений кукурузы может иметь место не только на неудоб-

ренных, бедных почвах и после плохих предшественников, но и в случае переуплотнения почвы от переувлажнения или весенних допосевных обработок по неспелой почве, в результате чего ограничивается поступление воздуха в почву, подавляются процессы нитрификации (Толорая Т.Р. и др., 2003).

При избыточном содержании азота в почве семена кукурузы медленнее прорастают, появление всходов запаздывает, они бывают изреженными. В дальнейшем интенсивно развивается вегетативная масса в ущерб урожаю зерна, усиливается расход воды на транспирацию, повышается склонность посевов кукурузы к полеганию, снижается устойчивость растений к вредителям и болезням. Растения-гиганты, как показывает опыт, становятся жертвами засухи во второй половине лета; для образования початков им не хватает влаги. При избытке азота на более поздних этапах вегетации начинают усиленно формироваться боковые побеги (пасынки), а на обертке початков – листовые пластинки. Это ведет к увеличению урожая зеленой массы, но обычно в ущерб урожаю зерна.

Оптимизация питания растений кукурузы азотом оказывает большое влияние на скорость и характер физиологических и биохимических процессов, на рост растений, органообразовательные процессы, сроки прохождения отдельных фаз вегетации, величину, структуру и качество урожая.

Калий играет большую роль в течение всей вегетации кукурузы, способствуя образованию и перемещению углеводов, повышению устойчивости растений к заболеваниям, ускоренному образованию и созреванию зерна. При недостатке этого элемента замедляется передвижение углеводов, снижается синтетическая деятельность листьев, у растений формируются укороченные междоузлия, уменьшается высота, ослабляется корневая система и понижается устойчивость посевов кукурузы к полеганию. Характерный признак недостатка калия у растений кукурузы – краевой «ожог» листьев, при котором края пластинок листьев и верхушки приобретают желтую или желто-коричневую окраску с красными крапинками, напоминающими симптому поражения ржавчиной. При калийном голодании у растений ухудшаются процессы оплодотворения, початки бывают недоразвитыми с пустыми верхушками, созревание зерна задерживается, масса 1000 зерен заметно снижается. На пойменных и торфяных почвах калийное голодание у кукурузы часто проявляется в молодом возрасте, когда растения имеют 4–6 листьев. На глинистых почвах признаки калийного голодания не проявляются.

Помимо макроэлементов растения кукурузы нуждаются в мезо- и микроэлементах. Она много потребляет кремния, серы, кальция, магния и железа. Недостаток меди и бора тормозит образование сахаров, витамина С, а нехватка серы сдерживает накопление белка. Особая роль в жизнедеятельности растений кукурузы принадлежит цинку. Он оказывает положительное влияние на жаро-, морозо- и солеустойчивость растений. Кукуруза нуждается в цинке чаще на черноземах. При его недостатке в растениях снижается содержание белкового азота и аминокислоты триптофана. У кукурузы недостаток цинка известен как болезнь «белые ростки» за очень бледную окраску молодых распускающихся листьев вскоре после появления всходов. Признаки цинкового голодания начинают проявляться в фазе 6-7 листьев. Между зелеными жилками листа образуются светлые желтоватые полосы, в дальнейшем на нижних листьях появляются красновато-фиолетовые пятна. По мере роста растений признаки могут сглаживаться, но початки образуются мелкие, плохо развитые. Хлороз, связанный с недостатком цинка, чаще проявляется на почвах с повышенным содержанием подвижного фосфора, или при внесении больших количеств фосфорных удобрений. Это в

большей степени характерно для районов северной зоны Краснодарского края и Ростовской области на черноземах обыкновенных и чаще при размещении кукурузы в севообороте после сахарной свеклы. Кремний, кальций и марганец укрепляют механическую ткань стебля, что повышает устойчивость посевов кукурузы к полеганию. Магниевое голодание растений кукурузы может проявиться в ранние фазы, при 4–6 листьях. Магний повышает урожайность зерна и устойчивость к холоду. Нижние листья приобретают светло-зеленую окраску, причем на них наблюдается резкая полосчатость. Зеленые полосы по длине листа (жилки и прилегающие к ним ткани) чередуются с желтыми. У кукурузы, растущей на кислых почвах, часть листьев может иметь красно-фиолетовую окраску, позднее между жилками появляются продолговатые светло-серые и бледно-коричневые пятна. Недостаток в магнии наблюдается обычно на кислых дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава. Бор способствует лучшему цветению и завязыванию плодов, увеличивает озерненность початка, повышает урожай и улучшает его качество.

Удобрение. Агрохимическое обеспечение посевов кукурузы является обязательным условием получения высоких урожаев. Оно предусматривает: 1) возделывание в севооборотах, в которых осуществлено комплексное агрохимическое окультуривание полей; 2) обработку семян протравителями, микроудобрениями и пленкообразующими препаратами; 3) внесение требуемого по периодам роста и развития растений количества минеральных удобрений на основе почвенной и листовой диагностики; 4) программирование высокой урожайности на орошаемых землях.

При подготовке полей отведенных под кукурузу по методу комплексного агрохимического окультуривания в соответствии с проектно-сметной документацией удобрения и химические мелиоранты применяют в объемах, необходимых для создания уровня почвенного плодородия, гарантирующего получение запланированной урожайности в течение всей ротации или звена севооборота.

Кукуруза очень отзывчива на внесение органических удобрений. При внесении навоза растения лучше переносят неблагоприятные почвенно-климатические условия и быстрее проходят отдельные фазы вегетации. Норма внесения навоза составляет 25–30 т/га на глинистых и 30–40 т/га на песчаных и супесчаных почвах (табл. 180; Мухин А.А., 1984).

Таблица 180 – Примерные нормы внесения навоза под посевы кукурузы

Зона, район	Почва	Норма, т/га
Нечерноземная	дерново-подзолистая:	
	супесчаная	30-40
	суглинистая	20-35
	пойменная и серая лесная	20-30
	чернозем выщелоченный	15-20
Центрально-Черноземная	чернозем выщелоченный	20
	Северный Кавказ	15-20
Юго-восток	чернозем выщелоченный	20-30
Сибирь	подзолистая	30-40
	чернозем	15-20
	Дальний Восток	чернозем

Примечание. Если под посевы кукурузы не вносят минеральные удобрения, то дозы органических удобрений увеличивают примерно в 1,5–2 раза.

Увеличивать нормы навоза сверх рекомендуемых нецелесообразно, так как урожай кукурузы при этом, как правило, возрастает незначительно, а оплата каждой тонны удобрения прибавкой урожая заметно снижается. Лучше вносить его в рекомендуемых нормах на большей площади.

Органические удобрения под кукурузу вносят перед основной обработкой почвы. В районах достаточного увлажнения и при орошении хорошо перепревший навоз можно вносить весной под перепашку зяби или культивацию. Слаборазложившийся навоз весной под кукурузу применять не следует. Весенняя глубокая заделка навоза приводит к резкому снижению его эффективности, а иногда и к уменьшению прироста урожая. Для снижения потерь азота из навоза интервал между внесением и заделкой его в почву должен быть минимальным. Запахивать его следует немедленно, т. к. в течение только одних суток из незапаханного навоза теряется до 30 % азота. В том случае, когда почвы сильно заплывают, органические удобрения вносят под перепашку зяби.

Под кукурузу применяют и довольно успешно зеленое удобрение. Для этой цели в качестве подсевной или пожнивной культуры используют бобовые: горох, чину, сою, маш, сераделлу, пажитник. На зеленое удобрение можно высевать не только бобовые культуры – азотособиратели, но и небобовые растения: рапс, горчицу, гречиху, фацелию.

Действие органических удобрений на продуктивность кукурузы возрастает по мере перехода от черноземных почв к подзолистым. На последних без внесения навоза получить высокие урожаи кукурузы практически не удастся. Эффективность органических удобрений возрастает при совместном внесении с минеральными удобрениями. Окупаемость урожаем 1 кг элементов питания в минеральных удобрениях в зависимости от почвенно-климатических условий колеблется от 4 до 13 кг, а при орошении – доходит до 19 кг зерна. Кукуруза хорошо отзывается на последствие органических удобрений.

Наибольший эффект фосфорные, калийные удобрения и 50–70 % общей дозы азотных дают при их внесении осенью под вспашку с равномерным перемешиванием по всему пахотному слою почвы. Основную часть азотных удобрений вносят весной при посеве или в подкормку с междурядными обработками почвы. Эффективность всех форм азотных удобрений, как твердых, так и жидких примерно одинаковая. По диапазону сроков применения жидкие азотные удобрения превосходят твердые формы. Для внесения при посеве кукурузы может быть использована аммиачная вода, которая содержит 20–25 % аммиака или 16,0–20,5 % азота и безводный аммиак, имеющий в действующем веществе концентрацию азота 82,3 %. Расчет дозы азотных удобрений выполняют с учетом количества азота, внесенного с органическими удобрениями, и коэффициента его использования. В таблицах 181 и 182 приведены справочные данные для их расчета.

Таблица 181 – Химический состав органических удобрений, %

Удобрение	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Вода
Свежий навоз КРС	0,45	0,23	0,5	77
Свежий навоз свиной	0,45	0,19	0,6	72
Птичий помет	1,6	1,5	0,9	56

Таблица 182 – Использование элементов питания из почвы и удобрений растениями кукурузы, %

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Для формирования 1 ц зерна с учетом побочной продукции требуется, кг	3	1	3
из почвы	60-80	$\frac{5-10^*}{30}$	$\frac{25-30^*}{10}$
из органических удобрений:			
первый год	15-30	15-30	30-60
второй год	10-20	10-15	10-15
из минеральных удобрений:			
первый год	50-60	15-25	50-65
второй год	5	10-15	20

* В числителе при определении по Чирикову, в знаменателе – по Мачигину.

При учете содержания элементов питания в органических удобрениях необходимо учитывать, что потери азота при рыхлом хранении навоза в течение 4 месяцев достигают 30 %; в бесподстилочном навозе с увеличением влажности до 94 % содержание элементов питания снижается в 1,5–2 раза, до 98 % – в 3,5–7 раз. Коэффициент использования элементов питания зависит от влажности почвы, реакции почвенного раствора, глубины гумусового горизонта и содержания гумуса, биологических особенностей сортов и гибридов. Данные о выносе элементов питания с урожаем, содержании и коэффициенте использования их из почвы и удобрений должны быть уточнены на проектно-изыскательских станциях химизации.

Азотные удобрения ускоряют развитие растений кукурузы. Особенно они необходимы в фазу появления 5-8 листа, когда закладываются метелки и початки, и за 10–14 дней до выметывания, когда начинается интенсивное нарастание вегетативной массы. Повышенные требования к азотному питанию кукуруза предъявляет в фазу 2–3 листьев при холодной погоде, так как низкая температура почвы (+5–7°C) препятствует поступлению азота в растения и в этот период очень важна подкормка кукурузы жидкими азотными удобрениями, навозной жижей, жидким навозом и разбавленным водой куриным пометом. Подкормки проводят культиватором в середину междурядья или с поливной водой.

Потребность растений в азотной подкормке можно определить как по их внешнему виду посевов, так и при помощи листовой диагностики. Оптимальным содержанием азота в листьях кукурузы до фазы цветения растений считается 3–4 % при соотношении N:P=10:1. Подкормку азотными удобрениями, как правило, проводят совместно с применением пестицидов и микроудобрений.

Дозы фосфорных и калийных удобрений под кукурузу зависят от уровня обеспеченности почвы подвижными формами P₂O₅ и K₂O. В таблице 183 приведены примерные дозы фосфора и калия, которые нужно вносить с удобрениями для получения высоких урожаев кукурузы в условиях Юга России (Подколзин А.И., 2008).

В северной зоне Краснодарского края, первой и четвертой подзонах центральной зоны наиболее эффективны дозы N₆₀₋₉₀P₆₀K₆₀, в остальной части центральной зоны, в южно-предгорной и западной зонах края при лучшей обеспеченности влагой – N₉₀₋₁₂₀P₆₀₋₈₀K₆₀ кг/га.

Дозу фосфорных и калийных удобрений корректируют в зависимости от применения органических удобрений и с учетом почвенного плодородия: при среднем содержании этих элементов применяют коэффициент 1,3–1,5, высоком – 0,5–0,7, очень высоком – 0,3–0,5.

Таблица 183 – Дозы удобрений под кукурузу на основных типах (подтипах) почв Юга России

Тип (подтип) почвы	Доза удобрений (т/га – навоз, кг/га – NPK)			
	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Чернозем:				
выщелоченный	20–30	60	60–80	30–45
типичный	20–30	60	60	30–45
обыкновенный	20–30	<u>30–90</u> 100*	<u>45–60</u> 100*	60–80*
южный	20–30	30–45	45–60	0–30
Каштановые				
темно-каштановые	20	30–45	45–60	0–30
каштановые	15–20	30–45	45–60	0–30
светло-каштановые	20*	90–120*	100–120*	30–60*

* В числителе на богаре, в знаменателе – при орошении.

Основное фосфорное удобрение необходимо сочетать с припосевным его внесением из расчета 10 кг/га P₂O₅, что улучшает питание растений этим элементом в начальный период, стимулирует рост корней и повышает устойчивость посевов кукурузы к неблагоприятным условиям произрастания, ускоряют созревание зерна. Усвоение фосфора в холодную погоду резко замедляется. Это приводит к фосфорному голоданию растений, особенно на кислых почвах, к резкому ослаблению роста. Позднее, в возрасте 8–10 листьев у кукурузы, признаки голодания могут исчезнуть, однако задержка в росте растений приведет в условиях короткого вегетационного периода к снижению величины урожая. Внесение фосфорных удобрений при посеве в виде суперфосфата или комплексных удобрений полностью обеспечивает в начальный период роста потребность растений в фосфоре. Подкормки растений фосфором в течение вегетации в большинстве случаев малоэффективны. При подкормке посевов кукурузы в фазе 7–8 листьев у растений ускоряется формирование зачаточных початков, в результате чего они могут быть более мелкими, с меньшим числом зерен, а более поздние подкормки бывают недостаточно эффективны из-за недостаточной влажности верхних горизонтов почвы, трудной растворимости и малой подвижности в почве фосфорных удобрений.

Калийные удобрения вносят под основную обработку почвы, однако может возникнуть необходимость в проведении подкормки. Чаще дефицит калия наблюдается в фазы 4–8 листьев у растений кукурузы. Калийные удобрения способствуют защите растений от чрезмерных потерь влаги в период засухи, предохраняют от вредного воздействия низких температур. На солонцовых комплексах калийные удобрения не вносят.

При внесении удобрений необходимо помнить, что кукуруза отрицательно реагирует на повышение концентрации почвенного раствора, особенно в начальный период развития, поэтому при внесении удобрений с семенами ухудшается их всхожесть и угнетается развитие растений. Наиболее сильно снижается энергия прорастания и всхожесть семян кукурузы при внесении азотных и калийных удобрений. Менее вредны для формирующихся проростков кукурузы фосфорные удобрения. Поэтому необходима правильная заделка удобрений, которая позволила бы избежать повышения концентрации почвенного раствора в зоне размещения семян и обеспечила бы эффективное использование элементов питания припосевного удобрения.

При основном внесении лучшей формой азотных удобрений являются аммонийные и аммиачные, фосфорных – суперфосфат, калийных – бесхлорные. При посеве кукурузы вносят суперфосфат, аммофос, если необходимо внести полное минеральное удобрение – нитроаммофоску. Для подкормки используют аммиачную воду, безводный аммиак, аммонийную селитру, мочевины, нитроаммофоску. Из местных удобрений в подкормку вносят 4–5 т/га навозной жижи.

Жидкие комплексные удобрения можно применять как для основного внесения, в том числе с поливной водой при проведении влагозарядкового полива, так и подкормки в сочетании с азотными и микроудобрениями, навозной жижей. Для их внесения при посеве и в подкормку имеются приспособления с объемно-ленточным распределением по профилю почвы.

Для нормального роста и развития кукурузе нужны не только азот, фосфор и калий, поглощаемые растениями в больших количествах, но и микроэлементы, которые характеризуются специфической биохимической активностью. Кукуруза имеет высокую потребность в марганце и цинке и среднюю – в боре и меди. Дефицит микроэлементов может возникнуть из-за недостатка их в почве или при содержании недоступной для растений форме. Это чаще всего случается при нейтральной и щелочной реакции (В, Мп) почвенного раствора. В качестве микроудобрений чаще применяют борную кислоту, медный купорос, марганцовокислый калий, сернокислый кобальт, сернокислый магний. Эти микроэлементы присутствуют в почве, но часто в небольшом количестве или труднодоступные, что приводит к нарушению обмена веществ в растениях и их заболеваниям. Кукуруза характеризуется относительно высокой потребностью в железе. С урожаем 6 т зерна и соответствующим количеством побочной продукции она выносит с 1 га 8 кг Fe, 800 г Мп, 400 г Zn, 70 г В и 50 г Cu. Учитывая высокую потребность кукурузы в указанных элементах и невысокую их подвижность при нейтральной и щелочной реакции почвы, часто возникает необходимость проведения некорневой подкормки посевов кукурузы растворами их солей. Улучшение питания растений микроэлементами достигается и путем смачивания семян водными растворами солей микроэлементов или включением микроэлементов в состав макроудобрения, обычно гранулированного суперфосфата.

При недостатке цинка в почве необходимо вносить навоз в дозе 40–60 т/га или сернокислый цинк 2,7–3,5 кг/га по препарату. Эффективна также, а чаще и равнозначна, обработка посевного материала 0,1 % водным раствором сернокислого цинка. При появлении признаков цинкового голодания у растений кукурузы посевы опрыскивают водным раствором сернокислого цинка из расчета 250–300 г/га при расходе рабочей жидкости 400–450 л/га. Обработку следует сочетать с некорневой подкормкой мочевиной в дозе 10–15 кг/га.

Марганцевые удобрения вносят под кукурузу, прежде всего на черноземах слабовыщелоченных, серых лесных, солонцеватых каштановых и других почвах, содержащих мало доступного для растений марганца. В качестве марганцевых удобрений применяют марганезированный суперфосфат и сернокислый марганец. Потребность растений в марганце можно удовлетворить за счет обработки семян сернокислым марганцем или внесения его при некорневой подкормке посевов кукурузы из расчета 150–200 г/га.

Кроме перечисленных микроэлементов на кислых почвах может проявиться потребность в молибдене, на торфяных – в меди, на известкованных кислых почвах – в боре. Поэтому рекомендуется при обработке семян кукурузы

протравителями и пленкообразующими веществами включать в рабочий раствор микроэлементы. Для конкретных полей обеспеченность микроэлементами устанавливаются проектно-изыскательские станции химизации на основе данных почвенного обследования. В борных удобрениях кукуруза часто нуждается на дерново-подзолистых, дерново-глеевых, красноземных, перегнойно-карбонатных почвах, черноземах выщелоченных, сероземах, болотных почвах. Особенно сильно проявляется действие борных удобрений на известкованных почвах. Их вносят в почву (борсуперфосфат, бормагниевое удобрение, борная кислота), обрабатывают ими семена, проводят некорневые подкормки посевов.

Для поддержания положительного баланса магния в почвах бедных этим элементом ежегодно требуется вносить 30–40 кг/га MgO. Примерно такое количество его содержится в 30 т полуперепревшего навоза.

Кукуруза хорошо растет, развивается и дает высокий урожай на почвах со слабокислой и нейтральной реакцией. Поэтому кислые почвы перед посевом этой культуры следует известковать по полной гидролитической кислотности. В качестве известкового материала лучше всего использовать магнийсодержащий доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$.

Овес

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Овес растет на любых почвах, если удовлетворена его потребность в воде и элементах минерального питания. Лучше всего он развивается на почвах суглинистого и легкосуглинистого гранулометрического состава. На сухих песчаных почвах недостаток влаги влечет за собой мелкозерность, плохую выполненность и повышенную пленчатость. Овес дает неплохой урожай на средне- и тяжелосуглинистых почвах, если они дренированы и имеют не высокий уровень грунтовых вод. Он слабо чувствителен к кислотности почвы и может удовлетворительно расти при кислой и слабощелочной реакции (табл. 184; Вальков В.Ф. и др., 2007). Отрицательное действие высокой кислотности на жизнедеятельность и продуктивность растений овса связано с повышенной растворимостью соединений алюминия, железа и марганца в почве.

Таблица 184 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для овса

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	<2	2–6	не установлен
pH водной суспензии	4,0–5,0	5,0–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см ³	1,0–1,25	1,25–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20–60	65–75
Обменный Na, % от ЕКО	не установлен	<3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	не установлен	<0,2	0,2–0,6
Содержание CaCO_3 , %	не установлен	<5	5–20

В то же время овес отзывчив на плодородие почвы, хорошие урожаи зерна высокого качества получают на черноземах при достаточной влагообеспеченности. Овес является пионером зерновых культур. На низинных торфяниках это единственная зерновая культура – озимая рожь страдает от

заморозков в фазу цветения, пшеницу уничтожает ржавчина, а ячмень – мучнистая роса. Неблагоприятны для овса южные склоны – с одной стороны, с них стекает дождевая вода, с другой стороны, солнце выжигает почву; мало пригодны также целинные земли с мелким пахотным слоем. Овес чувствителен к солонцеватости и засоленности почв.

На формирование 1 т зерна посеvy овса выносит из почвы 24–30 кг азота, 9–14 – фосфора и 29–50 кг калия. Характерным для этой культуры является продолжительный период поглощения элементов питания растениями. Наибольшая интенсивность их потребления у овса приходится на период от выхода растений в трубку до фазы цветения.

К фазе выметывания метелки растения овса потребляют более половины азота и калия. После фазы цветения овес прекращает поглощать из почвы калий, а фосфор поступает в растения до начала созревания зерна (табл. 185; Дерюгин И.П., 1991). В зерне овса максимальное количество азота накапливается в фазе молочной спелости, калия и магния – в восковую, фосфора и кальция – в полную спелость.

Таблица 185 – Динамика поступления элементов питания в растения овса, % максимального

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Выход в трубку	30	28	29
Выметывание	51	36	54
Цветение	82	71	100
Полная спелость	100	100	83

Овес наиболее требователен к азоту в первый период роста и развития растений. При недостатке этого элемента он плохо растет, листья приобретают светло-зеленую окраску. К дефициту фосфора овес особенно чувствителен в раннем возрасте – до образования вторичной корневой системы; в последующие фазы роста и развития растений он поглощается более или менее равномерно. Растения овса примерно до четырехнедельного возраста усваивают фосфор преимущественно из припосевного удобрения, а в дальнейшем, по мере развития корневой системы, используют его из почвы.

При фосфорном голодании замедляется рост растений овса и задерживается его созревание. Недостаток этого элемента приводит к уменьшению содержания в зерне нуклеопротеидного фосфора и особенно фитина (табл. 186; Соколов А.В., 1957).

Таблица 186 – Содержание фосфора и формы его соединений в зерне овса в зависимости от обеспеченности растений этим элементом

Общий фосфор и формы его соединений	Количество P ₂ O ₅ в питательной среде, мг/г сухого вещества	
	0,2 г P ₂ O ₅ на сосуд	0,04 г P ₂ O ₅ на сосуд
Фосфатиды	0,95	1,12
Фитин	3,10	0,85
Нуклеопротеиды	3,43	1,80
Минеральный фосфор	0,94	0,80
Общий фосфор	8,42	4,57

Обеспечение овса калием – необходимое условие для нормального роста и развития растений. При недостатке этого элемента листья буреют, на них появляются ржавые пятна. Потребность в калии одинакова во все фазы роста и развития растений.

Удобрение. Под овес, как правило, непосредственно не вносят органические удобрения. Он использует последствие, внесенного под предшествующую культуру навоза.

Эффективность разных видов минеральных удобрений зависит от их дозы и формы, от почвенных условий и содержания в почве элементов питания. Ориентировочные нормы минеральных удобрений: $N_{30-60}P_{40-60}K_{40-60}$.

Контроль за обеспеченностью посевов овса элементами питания осуществляют по содержанию их в листьях в разные фазы вегетации (табл. 187).

Таблица 187 – Оптимальное содержание элементов питания в листьях овса, % сухой массы

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение	5-6	2-2,4	6-7
Выход в трубку	3,5-4,5	1,6-2,2	3,5-4
Выметывание	2,2-3	1-1,7	2,5-3

При расчете норм удобрений на заданный урожай овса используют данные о выносе элементов питания с урожаем и коэффициенты использования их из доступных запасов в почве и из минеральных удобрений (табл. 188). Внесение азотных удобрений резко повышает урожай, улучшает качество зерна, а также оказывает положительное влияние на накопление белка в зерне. Однако высокие дозы азота в дождливое лето могут привести к сильному полеганию посевов, снизить количество и качество урожая вследствие плохого налива зерновок, повышения пленчатости.

Таблица 188 – Использование элементов питания растениями овса

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы, кг	2,95	1,31	2,58
Коэффициент использования из почвы, %	22	8	12
Коэффициент использования из минеральных удобрений, %	60	35	70

Азотные удобрения наиболее эффективны на бедных органическими веществами дерново-подзолистых и серых лесных почвах. На этих почвах они обеспечивают высокую прибавку урожая за счет повышения продуктивной кустистости растений, озерненности метелки и крупности зерна. Азотные удобрения вносят за один прием перед посевом, или в два срока: 2/3 дозы перед посевом под культивацию и 1/3 в подкормку в фазу полных всходов. При дробном их внесении уменьшается полегаемость посевов овса. В качестве предпосевного удобрения используют аммонийные формы азота. Нельзя применять непосредственно перед посевом цианамид кальция; его обычно вносят в почву за 10–14 дней до посева, в противном случае проростки овса могут быть повреждены свободным цианамидом, образующимся после его

распада в почве. Эффективность азотных удобрений определяется следующими величинами: при внесении N_{40} каждый килограмм его обеспечивает прибавку урожая зерна овса в 20 кг, N_{50} – 18 кг и N_{60} – прибавку в 17 кг (Митрофанов А.С., Митрофанова К.С., 1972).

На почвах с низким содержанием подвижного фосфора для получения высоких урожаев необходимо вносить фосфорные удобрения. Из фосфорных удобрений применяют простой и двойной суперфосфат, фосфоритную муку. Суперфосфат – универсальное фосфорное удобрение, которое используют на всех почвах под эту культуру. На дерново-подзолистых, серых лесных почвах, черноземах оподзоленных и выщелоченных высокую эффективность показывает фосфоритная мука, которая по своему действию практически не уступает суперфосфату. Последствие фосфоритной муки в севообороте продолжается в течение 5–7 лет. Каждый центнер этого удобрения обеспечивает прирост урожая до 2 ц/га. Фосфоритная мука способствует снижению кислотности почвы. Используют ее обычно в качестве основного удобрения и при вспашке глубоко заделывают.

Дозы фосфорных удобрений под овес зависят от плодородия почвы, содержания в ней подвижного фосфора, от выноса урожаем этого элемента из почвы (табл. 189).

Таблица 189 – Дозы внесения фосфорных удобрений под овес в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве

Обеспеченность почв	Содержание P_2O_5 , мг/100 г почвы	Доза удобрений от рекомендуемой средней
Очень низкая	< 2,5 мг	$1\frac{1}{3}$ – $1\frac{1}{2}$
Низкая	2,5–5,0	1
Средняя	5,1–10,0	$\frac{2}{3}$ – $\frac{3}{4}$
Повышенная	10,1–15,0	$\frac{1}{4}$ при рядковом внесении
Высокая	> 15,0	Не вносят

Основное фосфорное удобрение под овес вносят под зяблевую вспашку. На кислых почвах при внесении растворимых форм фосфорных удобрений, наряду с образованием двузамещенных фосфатов кальция, образуются также фосфаты аммония и железа, усвояемость которых овсом очень низка. Вследствие этого следует избегать длительного взаимодействия суперфосфата с кислой почвой. Для почв с реакцией, близкой к нейтральной, срок внесения растворимых фосфорных удобрений не имеет значения, так как потеря фосфора от выщелачивания не наблюдается, а химическое связывание ограничивается образованием дифосфата кальция, который доступен растениям овса. Фосфорные удобрения при основном их внесении необходимо глубоко заделывать. Это особенно важно в засушливых лесостепных и степных районах.

Овес хорошо отзывается на внесение суперфосфата в рядки при посеве. Удобрения при этом вносят из расчета P_{10-20} . Внесение гранулированного суперфосфата в рядки увеличивает урожайность зерна на 2,5–3 ц/га. При этом резко повышается окупаемость затрат на удобрения.

При возделывании овса известное значение имеют и калийные удобрения. Наиболее эффективны калийные удобрения на супесчаных, песчаных и торфянистых почвах. При установлении времени внесения калийных удобрений следует иметь в виду, что калийные соли и содержащиеся в них примеси $NaCl$ и $MgCl_2$ хорошо растворимы в воде. При этом значительная часть калия

связывается в ППК, а в почвенный раствор вытесняются Cl, Mg и другие катионы. При внесении удобрений с низким содержанием действующего вещества – сильвинита, каинита – в почвенном растворе может накопиться значительное количество ионов хлора. Поэтому калийные удобрения следует применять не перед самым посевом, а заблаговременно под зяблевую вспашку. Потребность в калийных удобрениях значительно возрастает при высоких урожаях в севооборотах, насыщенных многолетними травами и техническими культурами.

Наибольший эффект калийные удобрения дают при одновременном их внесении с азотными и фосфорными. Торфянистые почвы очень бедны калием, на них невозможно получать высокие урожаи овса без внесения калийных удобрений.

Несмотря на толерантность к высокой кислотности почвы, известкование способствует росту урожайности овса. Дозы извести зависят от уровня кислотности и гранулометрического состава почвы. При pH 4,5–5,0 на легких почвах вносят 3–4 т/га извести, а на тяжелых глинистых почвах – 5–7 т/га, при pH 5,1–5,5 – соответственно 2–3 и 4–5 т/га. Известь в полной дозе лучше вносить под основную вспашку, а неполные – под предпосевную обработку почвы.

При возделывании овса на осушенных торфяниках хорошие результаты получают от медьсодержащих удобрений.

Пшеница озимая

Требования к почвам и особенности минерального питания растений. Экологический оптимум почвенных характеристик для озимой пшеницы можно определить следующими показателями: содержание гумуса >3–4 %, запасы органического вещества 300–600 т/га, что обеспечивает потенциальное богатство почв азотом и фосфором, плотность корнеобитаемой толщи около 1,35 г/см³, хорошая оструктуренность профиля, близкая к нейтральной реакция среды и связанная с этим слабая выщелоченность почв от щелочноземельных катионов, высокое содержание доступных растениям форм соединений кальция, магния, калия, кремния, серы, железа и микроэлементов. Такие условия характерны для хорошо оструктуренных легко- и тяжелосуглинистых почв. Легкие, особенно песчаные и супесчаные, почвы для пшеницы малоплодородны. Снижается продуктивность и на тяжелых бесструктурных почвах. Недостаточно благоприятны для нее различные типы слитоземов – черноземы слитые, смольницы, тырсы, регуры. На этих почвах озимая пшеница склонна к вымоканию. Для нее неблагоприятны заболоченные, пониженные места рельефа. Надежнее всего размещать озимую пшеницу на участках с незначительным восточным или западным склонами (табл. 190; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 190 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для озимой пшеницы

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	не установлен
pH водной суспензии	5,0–6,55	6,5–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см ³	1,0–1,25	1,25–1,40	1,40–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–45	45–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	не установлен	3–5	5–15
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	не установлен	<0,2	0,2–0,6
Содержание CaCO ₃ , %	не установлен	<5	6–20

В Российской Федерации основные посевы озимой пшеницы сосредоточены на черноземах. Они имеют благоприятные для роста и развития этой культуры агрохимические и водно-физические свойства. В них содержится в среднем 5–10 % гумуса. Черноземы отличаются от других типов почв большой мощностью гумусового горизонта, достигающей иногда до 1,0–1,5 м. Характерная особенность черноземов в том, что количество гумуса в них убывает постепенно от верхних горизонтов к нижним. Почвенно-поглощающий комплекс черноземных почв насыщен кальцием и магнием, причем преобладает кальций, на долю которого приходится более 90 % суммы обменных катионов. Черноземы, как правило, хорошо оструктурены, благодаря большому количеству водопрочных агрегатов не уплотняются, не заплывают, их равновесная плотность находится в оптимальных пределах для роста корневой системы – около 1,2 г/см³. «Немногие почвы, – пишут И.Ф. Гаркуша и М.М. Яцук (1974), – в природе обладают столь совершенной агрономически ценной структурой, как черноземы». Сложение черноземных почв и их физико-химические свойства способствуют мощному развитию корневой системы, более экономному расходу воды и элементов питания. На таких почвах корни озимой пшеницы проникают на глубину до 250–300 см и используют элементы питания и воду из нижних горизонтов почвенного профиля.

Большинство черноземных почв страны имеют нейтральную или слабощелочную реакцию (рН 6,0–7,5), наиболее отвечающую потребностям растений озимой пшеницы. Высокие урожаи пшеницы, по мнению Д.Н. Прянишникова (1931), можно получать именно при реакции почвенного раствора близкой к нейтральной (рН 6,8–7,0). В плодородных черноземах Северного Кавказа, Центрально-Черноземной зоны и Поволжья этот показатель в течение вегетационного периода колеблется от 7,0 до 7,4, на некоторых почвах повышается до 7,8–7,9. Такие значения рН не препятствуют получению высоких и устойчивых урожаев озимой пшеницы.

В южных и юго-восточных районах Российской Федерации значительные площади посевов озимой пшеницы размещены на каштановых почвах, которые по содержанию гумуса и элементов питания несколько уступают черноземам. В большинстве случаев количество гумуса в них колеблется от 2 до 5 %, а мощность гумусового горизонта равна 35–55 см. Содержание общего азота составляет 0,15–0,20 %, валового фосфора и калия – соответственно 0,06–0,15 % и 0,5–1,0 %. Количество подвижного фосфора в этих почвах небольшое и колеблется в пределах 50–100 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах преимущественно слабощелочная: рН 7,2–7,5.

На серых лесных и подзолистых почвах в стране размещены относительно небольшие площади посева озимой пшеницы. Высокие урожаи на серых лесных почвах получают лишь при внесении органических и минеральных удобрений. На подзолистых почвах Нечерноземной зоны хорошие урожаи озимая пшеница дает после внесения удобрений и известкования.

Пшеница – среднесолеустойчивая культура. Для нее характерны следующие показатели порога токсичности солей и их ионов, снижающих урожай на 25 %: содово-хлоридное засоление (сумма) – 0,11 %, HCO_3^- – 0,05 %, Cl^- – 0,01 %; хлоридно-сульфатное засоление (сумма) – 0,17 %, Cl^- – 0,02 %, SO_4^{2-} – 0,08 %. При высокой обеспеченности элементами минерального питания солеустойчивость растений озимой пшеницы (порог токсичности) увеличивается: сумма – 0,40 %, HCO_3^- – 0,05 %, Cl^- – 0,07, SO_4^{2-} – 0,14 % (Синицкая Н.П., 1972).

Озимая пшеница весьма требовательна к условиям питания. Особенно это относится к высокопродуктивным современным сортам, отличающимся повышенной потребностью в элементах минерального питания. Чем выше урожай озимой пшеницы, тем больше вынос элементов питания.

В жизнедеятельности растений озимой пшеницы исключительно большое значение имеет *азот*. При оптимальном питании растений этим элементом повышается синтез белковых веществ, усиливаются метаболические процессы, ускоряется рост и несколько замедляется старение листьев. Растения образуют мощные стебли и листья, имеющие интенсивно-зеленую окраску, хорошо растут и кустятся, улучшается формирование и развитие репродуктивных органов. В результате повышаются урожай и содержание белка в зерне. Как недостаток, так и избыток азота в питательной среде отрицательно сказывается на росте и развитии растений озимой пшеницы, что в конечном итоге приводит к недобору урожая и снижению его качества.

При недостатке азота в питательной среде снижаются темпы роста растений, листья приобретают бледно-зеленую окраску и нередко преждевременно отмирают. Это явление можно наблюдать в ранневесенний период на переувлажненных западинах. Азотное голодание растений озимой пшеницы отрицательно сказывается на таких элементах структуры урожая как продуктивная кустистость растений, величина и озерненность колоса, масса 1000 зерен. При недостатке азота в питательной среде, особенно во вторую половину вегетации, снижается накопление протеина в зерне, ухудшаются его хлебопекарные качества.

Чрезмерное азотное питание вызывает избыточный рост вегетативных органов, при ранней засухе такие растения быстро истощают запасы почвенной влаги, много боковых побегов отмирает, зерно образуется щуплое, низкого качества. В загущенных посевах и влажную пасмурную погоду при недостатке фосфора и ослабленном фотосинтезе в растениях возникает несбалансированность между поглощением азота и продуктами фотосинтеза, не весь поглощенный азот вовлекается в обмен веществ и накапливается в форме нитратов и аммиака. Такие растения более подвержены заболеваниям, рано полегают, много стеблей отмирают; в полегших посевах ухудшаются условия налива и созревания зерна, величина и качество урожая также резко снижаются.

В ходе роста и развития поглощение азота растениями озимой пшеницы изменяется, т. к. в нем меняется характер биохимических процессов и формируются органы с иным химическим составом, чем у образовавшихся раньше. Выделяют период максимальной потребности в азоте, когда среднесуточное потребление достигает своего максимума, и критический, когда недостаток или отсутствие элемента особенно отрицательно сказывается на росте и развитии растений. Период максимального среднесуточного потребления азота совпадает со временем наибольшего накопления сухой массы. У озимой пшеницы максимум среднесуточного поступления азота в растения приходится на период выход в трубку–колошение (табл. 191).

Критическими в отношении питания растений озимой пшеницы азотом являются: 1) период раннего развития растений – от всходов до ухода в зиму, когда режим питания должен обеспечивать нормальное развитие и рост растений и способствовать хорошей их перезимовке; 2) ранневесенний период – от возобновления весенней вегетации до выхода растений в трубку; 3) период налива зерна.

Поступление азота в растения начинается с первых дней роста и продолжается до конца вегетации пшеницы. Обеспечение растений азотом уже в осен-

ний период оказывает положительное влияние на кущение и величину будущего урожая. Именно в этот период озимая пшеница наиболее нуждается в азотном питании, т. к. важно, чтобы посеы ушли в зиму хорошо раскустившимися. Высокая потребность в азотном питании у пшеницы проявляется и в период весеннего кущения, когда происходит закладка и дифференциация колоса. Если в начале весенней вегетации растения не получают достаточного количества азота, то в колосках развиваются только первые цветки. Усиление азотного питания в последующие периоды не способствует увеличению числа развитых цветков в колосках. Недостаток азота во время налива зерновок озимой пшеницы приводит к заметному ухудшению качества урожая и особенно к уменьшению накопления в зерне белка. Накопление белка в зерне происходит за счет двух важнейших источников: поглощения азота из почвы в период налива и его реутилизации из вегетативных органов. Наибольшая часть азота поступает в зерновки из листьев и лишь 18–26 % из корней (Малюга Н.Г., 1992).

Таблица 191 – Потребление элементов питания растениями озимой пшеницы

Фаза вегетации	Потребление, % от максимального		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение: осенью	14	8	11
весной	24	14	23
Выход в трубку	42	33	59
Колошение	78	72	94
Цветение	86	97	100
Восковая спелость зерна	96	100	98
Полная спелость зерна	100	98	95

Фосфор необходим растениям озимой пшеницы на всех этапах роста и развития. Он активизирует развитие всходов и корневой системы, способствует дифференциации клеток перед фазой покоя. Оптимизация питания озимой пшеницы фосфором обуславливает лучшее использование азота, ускоряет рост и развитие, оказывает положительное влияние на формирование генеративных органов, улучшает озерненность колоса, а недостаток этого элемента в питательной среде приводит к его череззернице. При оптимизации питания растений фосфором повышается их зимостойкость, ускоряется созревание, увеличивается урожай и повышается его качество.

При недостатке фосфора в питательной среде растения озимой пшеницы отстают в росте и развитии, нижние листья приобретают окраску пурпурно-фиолетовых оттенков, скручиваются и преждевременно засыхают, созревание зерна задерживается, снижается урожай и ухудшается его качество. Избыточное фосфорное питание приводит к накоплению в растениях минеральных соединений этого элемента, что вызывает ускоренное развитие, раннее отмирание листьев и созревание.

Озимая пшеница на протяжении вегетации потребляет фосфор неравномерно: относительное содержание его в растениях больше в начале вегетации, меньше – в конце. Содержание фосфора в надземных вегетативных органах озимой пшеницы в фазу кущения 0,55–0,60 %, трубкования – 0,45–0,50 %, колошения – 0,35–0,45 %, цветения – 0,30–0,40 % сухой массы считается оптимальным для реализации потенциальной продуктивности растений (Агеев В.В. и др., 1999).

В жизнедеятельности растений озимой пшеницы по отношению к фосфору наблюдается два критических периода. Первый из них – от всходов до выхода растений в трубку приходится на осень и начало весенней вегетации. Недостаток или избыток его в этот период существенно влияет на рост и развитие растений. В.Г. Минеев (1973) придает фосфору особо важное значение в биохимических процессах прорастающих семян и проростков пшеницы. Фосфорное голодание в раннем возрасте нарушает метаболизм органических веществ, в частности синтез аминокислот, что не может быть в дальнейшем исправлено более поздним внесением удобрений. Растения озимой пшеницы, не получившие в эти первые дни жизни фосфор, не выколашиваются даже если в последствие имеют обильное фосфорное питание. Второй критический период совпадает с периодом интенсивного роста вегетативных органов и формирования колоса и включает фазы трубкования и цветения. На этот период приходится максимум среднесуточного потребления фосфора. В конце вегетации (созревание зерна) его содержание в растениях может уменьшаться по сравнению с фазой восковой спелости зерна в результате оттока в корневую систему.

Калий поступает в растения озимой пшеницы с первых дней роста и продолжается до фазы цветения, но большее его потребление наблюдается в период выход в трубку–колошение. Он усиливает образование боковых корней и увеличивает общую поглощающую поверхность корневой системы. Наряду с кальцием и магнием, этот элемент оказывает влияние на дисперсность, оводненность и вязкость коллоидов протоплазмы.

Содержание калия в надземных вегетативных органах растений озимой пшеницы в фазу кущения – 3,5–4,2 %, трубкования – 3,3–4,0, колошения – 2,8–3,4, цветения – 2,5–2,9 % сухой массы считается благоприятным условием для получения высокого урожая (Агеев В.В. и др., 1999).

Оптимальное обеспечение озимой пшеницы калием повышает холодостойкость и устойчивость растений к грибковым заболеваниям – корневым гнилям, ржавчине. Калий благоприятствует образованию более прочной соломины, усиливает отток углеводов из вегетативных органов к колосу, вследствие чего повышается крупность и выполненность зерновок. Достаточная обеспеченность этим элементом ослабляет негативное действие избыточного азотного питания, повышая прочность стеблей озимой пшеницы и их устойчивость против полегания.

Отсутствие калия в питательной среде после фазы цветения растений не сказывается на величине урожая и его качестве. Если же озимая пшеница испытывает его дефицит в фазу выхода в трубку, то это влечет за собой снижение продуктивности растения.

Исследованиями, выполненными В.Г. Минеевым (1973), показано, что калий, как и фосфор, оказывает большое влияние на использование растениями озимой пшеницы азота. При его недостатке растения практически не могут усваивать аммонийный азот, в них накапливается большое количество аммиака, что ведет к аммиачному отравлению и отмиранию. При нитратном источнике азота недостаток калия, хотя и ведет к снижению урожая, но растения все же могут расти. Потребность растений в фосфоре более резко выражена при нитратном источнике азота; потребность же в калии, наоборот, сильнее проявляется при аммонийном источнике азота. При недостатке калия в питательной среде снижаются темпы накопления белков и углеводов, замедляется рост растений, снижается урожай, ухудшаются технологические качества зерна. Симптомом калийного голодания растений озимой пшеницы является «ожог» краев

листьев. Верхушки и края наиболее старых листьев желтеют, а затем буреют и отмирают. Позже в результате калийного голодания растений к фазе созревания зерна слабеют и стебли. При резком недостатке этого элемента посевы озимой пшеницы полегают, зерно бывает невызревшим и щуплым.

Признаки недостаточного питания растений озимой пшеницы калием проявляются не только при критически низком его содержании в питательной среде, но и при нарушении соотношения элементов питания, часто наблюдаемом при избыточном поступлении азота, известковании, резких изменениях температуры окружающей среды и влажности почвы. Еще Ю. Либих (1936) писал, что внесенные удобрения действуют наиболее благоприятно в том случае, если при их посредстве устанавливается в почве правильное соотношение элементов питания, от которого зависит урожай. Д.Н. Прянишников (1952) указывал, что действие калийных удобрений зависит от обеспеченности растений азотом и другими элементами минерального питания.

Избыток калия в питательной среде нарушает поступление и снижает содержание в растениях кальция, что отрицательно сказывается на развитии корневой системы. На корнях перестают образовываться корневые волоски, через которые в растения из почвы поступает основная масса элементов минерального питания и воды. Наружные клетки корня при этом разрушаются. Избыточное калийное питание растений вызывает кальциевое голодание, приводит к гибели всходов (отмирают точки роста) перекручиванию и засыханию листьев. Избыток калия в питательной среде вызывает снижение урожая озимой пшеницы. Причем, в большей мере уменьшается урожай зерна, чем вегетативной массы. Однако в полевых условиях при внесении повышенных доз калийных удобрений не зафиксировано значительного снижения урожая озимой пшеницы, хотя при таких условиях иногда отмечаются нарушения в обмене веществ, связанные с ухудшением качества зерна.

Необходимыми и незаменимыми элементами питания для растений озимой пшеницы являются *магний, кальций, кремний, железо, сера*, требующиеся растениям в довольно больших количествах, и микроэлементы – *бор, кобальт, марганец, медь, молибден и цинк*. Потребность в микроэлементах резко возросла в последнее десятилетие вследствие увеличения в 3 раза и более урожайности новых сортов пшеницы, для формирования которой их естественных запасов в почве недостаточно. Встал вопрос о разработке доз, сроков и способов их внесения в почву, а также о производстве этих удобрений. Роль марганца, цинка, меди, кобальта, бора, молибдена и других микроэлементов в росте, развитии и продуктивности растений озимой пшеницы чрезвычайно велика. Однако недостаточное количество разработок и отсутствие комплексных исследований не дает возможности построить стройную систему применения микроудобрений под озимую пшеницу. Сложность этого определяется еще и тем, что сами микроэлементы, попадая в почвенный раствор, угнетают или, наоборот, активизируют друг друга. Так, из-за взаимодействия между кобальтом, цинком, марганцем и медью внесение одного из них может подавить поглощение другого. Оптимизация питания растений микроэлементами способствует повышению урожая и качества зерна озимой пшеницы, а также предохраняет посевы от ряда заболеваний, поэтому применение соответствующих микроудобрений высокоэффективно.

Удобрение. Корневая система пшеницы, хотя хорошо ветвится и глубоко проникает в почву, обладает невысокой усваивающей способностью,

слабо использует элементы питания из почвы. Поэтому озимая пшеница отзывчива на внесение органических и минеральных удобрений. В нашей стране долевое участие удобрений в формировании урожаев в засушливых районах без орошения составляет 10–15 %, в степной зоне при орошении – 40 %, в лесостепи – 40 %, в Нечерноземной зоне – 60 % (Ягодин Б.А., 1987). Особенно высокие требования к обеспеченности элементами минерального питания предъявляют интенсивные сорта. Действие любого удобрения выше тогда, когда растения более полно обеспечены всеми необходимыми и незаменимыми элементами питания. Недостаток одного из них может привести к снижению эффективности другого.

Действие минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы зависит от многих условий, главные из которых уровень плодородия почвы, вид предшественника и степень его удобренности, сроки и способы внесения удобрений. При правильном применении удобрений по определенной системе растения озимой пшеницы хорошо развиваются с осени, лучше перезимовывают, весной дружно отрастают, затем формируют стебли и колосья и дают высокий урожай зерна.

Удобрения не устраняют отрицательного воздействия засухи на жизнедеятельность и продуктивность растений, но в значительной мере ослабляют ее негативное воздействие. Они исправляют неблагоприятное соотношение элементов питания, поступающих в растение, снижают транспирационный коэффициент и позволяют более эффективно использовать почвенную воду для создания урожая. При правильном применении удобрений усиливается сопротивляемость растений обезвоживанию тканей и даже в засушливый год существенно снижается коэффициент водопотребления. Под правильным применением удобрений понимается определенное сочетание элементов питания, различных видов удобрений между собой и с другими приемами агротехники. Это обеспечивает их эффективное использование и получение высоких урожаев при наименьших затратах труда и материальных средств. Система удобрения озимой пшеницы в севообороте включает распределение удобрений по полям с этой культурой, сочетание органических и минеральных удобрений, дозы, способы и сроки внесения удобрений в зависимости от биологических особенностей сорта, почвенных условий и величины планируемого урожая.

Агрохимическое обеспечение посевов озимой пшеницы предусматривает:

- комплексное агрохимическое окультуривание полей;
- внесение удобрений в корнеобитаемый слой почвы;
- обработку семян микроэлементами, регуляторами роста и пленкообразующими веществами;
- обеспечение растений по фазам развития необходимым минеральным питанием на основе данных почвенной и растительной диагностики;
- обработку посевов ретардантами против полегания;
- некорневую подкормку посевов азотными удобрениями и микроэлементами для повышения качества зерна;
- совместное применение удобрений, регуляторов роста и пестицидов.

Основным технологическим документом, определяющим сроки, дозы и способы применения средств химизации является Агрохимический и фитосанитарный паспорт поля.

За период вегетации агроном-агрохимик и специалист по защите растений проводят до 12–15 обследований посевов на обеспеченность растений

элементами минерального питания, возможность полегания, засоренность, поражение вредителями и болезнями на каждом поле, результаты которых и рекомендации по применению удобрений, ретардантов и пестицидов заносят в Агрохимический и фитосанитарный паспорт поля.

Рекомендуемые примерные уровни плодородия почв, гарантирующие заданную урожайность озимой пшеницы, приведены в таблице 192 (Се-мин А.С., Французов А.С., 1988).

Таблица 192 – Рекомендуемые агрохимические показатели плодородия почв при возделывании озимой пшеницы

Почвы	рН _{KCl}	Гу-мус, %	Содержание, мг/кг		Метод определения
			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Дерново-подзолистые	5,6–6,0	2–3	100–150	120–170	Кирсанову
Серые лесные	5,6–6,0	3–5	100–150	120–170	То же
Черноземы выщелоченные и оподзоленные	5,6–6,0	4,5–6	100–150	80–120	Чирикову
Черноземы обыкновенные и типичные	6,0–7,0	6–8	100–150	80–120	То же
Черноземы южные и карбонатные	6,3–7,5	4–6	20–30	200–300	Мачигину
Каштановые	7,0–8,0	3,5–5	20–30	200–300	То же

Регулирование агрохимических показателей плодородия почвы путем внесения минеральных удобрений должно базироваться на трех основных показателях: на потребности растений в элементах питания, их содержании в почве и эффективности использования удобрений растениями.

Система удобрения озимой пшеницы складывается из трех приемов: основного, припосевного внесения и подкормок. Эффективность применения удобрений определяется способом их заделки, сроком внесения и временем нахождения в почве, погодными условиями, прежде всего влагообеспеченностью и термическим режимом, сроками сева, уровнем почвенного плодородия, предшественником, состоянием и биологическими особенностями выращиваемой культуры.

Минеральные удобрения заделывают в почву на определенную глубину: под вспашку на 20–25 см, под культивацию на 10–12 см, а также практикуется поверхностное внесение с последующей заделкой боронами на глубину до 5 см. Кроме того, применяются локальная заделка удобрений в область развития корневой системы растений, а также некорневая подкормка посевов.

Эффективность минеральных удобрений зависит от влагообеспеченности почвы – чем лучше увлажнена почва, тем выше их эффективность. Именно поэтому Д.Н. Прянишников указывал, что «по мере роста засушливости заделку удобрений необходимо производить в более глубокие и, следовательно, более влажные слои». Повышение эффективности минеральных удобрений может быть достигнуто локальным внесением их в гранулированном виде непосредственно в область расположения корневой системы растения. В зонах с достаточным и особенно избыточным увлажнением следует воздерживаться от применения подвижных форм удобрений. Нежелательно внесение нитратных форм азотных удобрений по снегу или замерзшей почве, т. к. значительная их доля смывается поверхностным стоком и загрязняет воды рек, прудов, озер.

При определении доз минеральных удобрений для озимой пшеницы необходим дифференцированный подход с тем, чтобы создавать оптимальное количество и соотношение элементов питания в почве с учетом биологических особенностей питания этой культуры. Основное удобрение, его дозы и сочетание элементов питания в большой степени зависят от предшественника, который обуславливает не только питательный режим, но и в значительной мере режим влажности почвы. Это существенно влияет на осеннее развитие растений, их перезимовку и урожайность.

Исследованиями Е.Н. Мишустина установлено, что содержание азота, фосфора и калия в черноземных почвах хватило бы для получения среднего урожая зерновых культур в течение нескольких десятков и сотен лет, но элементы питания находятся здесь в труднодоступной для растений форме. Этим, по его мнению, объясняется необходимость внесения различных видов удобрений, чтобы активизировать микробиологические процессы в почве и улучшать питание растений. Нормальное снабжение их элементами питания в различные фазы развития повышает продуктивность озимой пшеницы: увеличиваются длина колоса, число колосков и зерен в колосе, масса 1000 зерен.

Зная потребности озимой пшеницы в элементах питания в разные фазы ее роста и развития, можно более правильно подойти к применению удобрений в зависимости от биологических особенностей растений. Для формирования урожайности 50–70 ц/га озимая пшеница использует 200–280 кг азота (3–4 кг/ц зерна). В паровом поле накапливается 80–120 кг/га нитратного и аммонийного азота, по многолетним бобовым – 60–80, по зерновым и пропашным предшественникам – 30–60 кг/га. Во время вегетации озимой пшеницы за счет минерализации гумуса количество азота увеличивается дополнительно на 20–50 кг/га. Коэффициент использования растениями азота почвы – 0,6–0,8 в зависимости от влагообеспеченности. При внесении органических удобрений надо учитывать, что в 1 т полуперепревшего навоза содержится до 5 кг азота, из которого растения в первый год усваивают 1–1,5 кг (20–30 %). Недостающее количество азота вносят в виде минеральных удобрений (коэффициент использования азота из удобрений – 0,7). На полях с плоскорезной обработкой мобилизация почвенного азота проходит медленнее, поэтому расчетные дозы азота увеличивают на 15–20 %.

Единого универсального агрохимического метода определения общей дозы азотного удобрения не существует. В связи с отсутствием картограмм, характеризующих степень обеспеченности почв азотом, Т.Н. Кулаковская предлагает определять дозы главным образом на основании потребности растений и вносить азотные удобрения по средним рекомендованным научно-исследовательскими учреждениями дозам. Ф.М. Пруцков и И.П. Осипов рекомендуют использовать для этих целей формулу:

$$D = U_n H,$$

где: D – доза азота, необходимая для получения заданного урожая;

U_n – запланированный урожай, ц/га;

H – нормативный расход азота на 1 ц зерна, кг.

М.К. Каюмов предлагает рассчитывать годовую дозу азота по его выносу планируемым урожаем озимой пшеницы с использованием агрохимических показателей по уравнению баланса.

При обосновании доз удобрений под озимую пшеницу на всех типах почв положительные результаты дает учет следующих агрохимических показателей:

химического состава (содержания NPK) основной и побочной продукции; выноса элементов минерального питания единицей урожая; обеспеченности почв доступными для растений азотом, фосфором, калием и микроэлементами; использования NPK почвы и удобрений в зависимости от типа почвы, погодных условий и уровня заданных урожаев; окупаемости 1 кг NPK урожаем (табл. 193).

Таблица 193 – Содержание, вынос и соотношение элементов питания в урожае озимой пшеницы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Содержание NPK, %:				
в зерне	2,50	0,85	0,5	3,85
в соломе	0,50	0,20	1,0	1,7
Затраты на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы, кг	3,25	1,15	2,00	6,4
Соотношение NPK:				
в долях единицы:				
азот принят за 1	1,00	0,354	0,616	2,97
фосфор принят за 1	2,826	1,00	1,739	5,565
калий принят за 1	1,625	0,575	1,00	3,20
в процентах	50,78	17,97	31,25	100

Зная содержание элементов питания в растениях, определяют вынос NPK планируемым урожаем. Для получения 50 ц/га зерна озимой пшеницы потребуется 125 кг/га азота ($50 \cdot 2,5$), 42,5 – фосфора ($50 \cdot 0,85$) и 25 кг/га калия ($50 \cdot 0,5$). Этому урожаю зерна соответствует 75 ц/га соломы ($50 \cdot 1,5^*$), с которой растениями будет вынесено из почвы 37,5 кг/га азота ($75 \cdot 0,5$), 15 – фосфора ($75 \cdot 0,2$) и 75 кг/га калия ($75 \cdot 1$). Общий вынос равен сумме выносов элементов питания основной и побочной продукции: 162,5 кг/га азота ($125+37,5$), 57,5 – фосфора ($42,5+15$) и 100 кг/га калия ($25+75$). Для удобства расчета норм удобрений пользуются обычно выносом NPK 1 ц зерна. Тогда общий вынос элементов питания делят только на заданный урожай зерна. Озимая пшеница на 1 ц зерна с соответствующим ему количеством соломы выносит (кг): N – 3,25 ($162,5:50$), P₂O₅ – 1,15 ($57,5:50$), K₂O – 2 ($100:50$). С увеличением урожая общий вынос элементов питания возрастает; но даже при больших колебаниях урожаев расход элементов питания на 1 ц зерна – величина довольно постоянная, которой можно пользоваться при расчете норм удобрений на заданный урожай.

Технология получения запрограммированных урожаев озимой пшеницы предусматривает обоснование экономически выгодных доз удобрений для культуры (сорта), доля участия которых в получении заданной продуктивности иногда достигает 60–70 %. Логическая схема расчета доз удобрений на заданный урожай зерна озимой пшеницы при наличии картограмм обеспеченности почв элементами питания, предложенная М.К. Каюмовым (1990), показывает, что для получения 50 ц/га зерна на данном поле потребовалось внести N₁₂₃P₁₀₁K₅₂, или в сумме 276 кг/га NPK (табл. 194).

* Отношение солома:зерно

Таблица 194 – Расчет норм элементов питания на заданный урожай зерна озимой пшеницы 50 ц/га (глубина расчетного слоя почвы – 22 см; 1 мг/100 г почвы NPK=30 кг/га)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на 1 ц зерна и соответствующее ему количество соломы (В ₁), кг	3,25	1,15	2,00
Общий вынос на заданный урожай (В _{об} =УВ ₁), кг/га	162,5	57,5	100
Содержание элементов в почве: мг/100 г (П) кг/га (ПК _м)	11,8	13,4	22,1
Коэффициент использования NPK из почвы (К _п)	0,25	0,08	0,10
Возможный вынос из почвы (В _п = ПК _м К _п), кг/га	88,5	32,2	66,3
Недостающее количество (В _у = В _{об} – В _п), кг/га	74,0	25,3	33,7
Коэффициент использования элементов питания из удобрений в год их внесения (К _у)	0,60	0,25	0,65
Потребуется внести с учетом коэффициента использования NPK туков, (Д _{д.в} = В _у : К _у), кг/га	123	101	52

Коэффициент перевода элементов питания почвы из мг/100 г в кг/га (К_м): 1 мг/100 г почвы NPK для глубины пахотного слоя 22 см равен 34 кг/га, 28 см – 38 кг/га, 30 см – 41 кг/га. При указанных агрохимических показателях почвы за счет эффективного ее плодородия можно получить 27,2 ц/га (88,5 кг/га N: 3,25 кг/ц) зерна по азоту, 28 (32,2 кг/га P₂O₅ : 1,15 кг/ц) – по фосфору и 33,1 ц/га (66,3 кг/га K₂O : 2 кг/ц) зерна по калию.

Возможный вынос растениями азота, фосфора и калия из почвы (В_п) определяют на основе картограмм обеспеченности этими элементами по формуле:

$$V_{п} = PK_{м}K_{п},$$

где: П – содержание элемента питания в почве, мг/100 г;

К_м – коэффициент для перевода элемента питания из мг/100 г в кг/га;

К_п – коэффициент использования элемента питания из почвы.

Например, по картограмме в 100 г почвы содержится 10 мг легкогидролизуемого азота (П). Если он используется на 25 % (К_п) из пахотного слоя 0–22 см (К_м = 30 кг/га), то растениями может быть усвоено 75 кг/га этого элемента питания:

$$V_{п} = 10 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,25 = 75 \text{ кг/га N.}$$

Схема расчета норм элементов питания, представленная в таблице 8, может быть выражена формулой:

$$D_{д.в.} = \frac{УВ_1 - PK_{м}K_{п}}{K_{у}}$$

Подставив в формулу данные таблицы 8₂ рассчитывают дозу азота, необходимого для формирования 50 ц/га зерна озимой пшеницы:

$$D_{д.в.} = \frac{(50 \text{ ц/га} \cdot 3,25 \text{ кг/ц} \cdot 11,8 \text{ мг/100 г} \cdot 30 \text{ кг/га} \cdot 0,25)}{0,6} = 123 \text{ кг/га}$$

Как показали многолетние исследования М.К. Каюмова (1989), схема расчета необходимых норм элементов питания и формула оправдывают себя до урожайности озимой пшеницы 75–80 ц/га. Если она превышает этот уровень, вносят соответствующие коррективы к методике расчета доз NPK и в первую очередь – на эффективное плодородие почвы, урожайная способность которой будет постоянно возрастать. Большая часть элементов питания почвы примет участие в формировании урожая, что позволит снизить потребность растений озимой пшеницы в NPK минеральных удобрений. Доза удобрений окажется меньше и в том случае, когда при расчете будет использована большая глубина пахотного слоя почвы.

Далее рассчитанную дозу удобрения распределяют по фазам роста и развития растений озимой пшеницы. При малых запасах минерального азота в 0–60 см слое почвы и, особенно в слое 0–30 см (менее 30–40 кг/га), что обычно бывает после зерновых и пропашных предшественников, 20–30 % общей потребности его вносят осенью под основную обработку почвы. Необходимость внесения азотных удобрений после бобовых возникает лишь в тех случаях, когда проходит мало времени от уборки парозанимающей культуры до посева озимой пшеницы, необходимого для того, чтобы достаточно накопилось азота в процессе разложения пожнивных и корневых остатков. Кроме того, отсутствие осадков и высокая температура, а также сильное переувлажнение в сочетании с низкой температурой в этот период могут быть причиной слабого разложения органических веществ и недостаточного накопления минеральных соединений азота в почве. Допосевное внесение 20–30 % дозы удобрений дает лучшие результаты, чем перенесение этой части азота в подкормки.

Для основного внесения используют односторонние и комплексные минеральные удобрения, готовят необходимые тукосмеси, применяют жидкий аммиак, аммиачную воду, жидкие комплексные удобрения (ЖКУ), азотные растворы (КАС). На почвах с промывным режимом с осени аммонийную селитру и другие удобрения, содержащие азот в нитратной форме, не вносят.

Самым доступным способом снабжения растения азотом в критические по отношению к элементу периоды их развития является подкормка. Именно поэтому система удобрения озимой пшеницы предусматривает дробное внесение азотных удобрений. Причем, при переходе от засушливой северной зоны к влажной южно-предгорной увеличивается кратность внесения этих удобрений. Внесение азота в подкормку в ранневесенний период способствует увеличению числа колосков и озерненности колоса. Более поздние подкормки оказывают положительное влияние не только на величину урожая, но и на качество зерна.

В степных и лесостепных зонах эффективность весенней подкормки озимой пшеницы азотом зависит от увлажнения. Так, при весенних запасах продуктивной влаги в метровом слое средних и тяжелых суглинистых почв меньше 60 мм создаются крайне неблагоприятные условия; только в 10 % случаев подкормка азотными удобрениями дает положительные результаты. Когда запасы влаги составляют 60–100 мм, можно ожидать повышения урожая за счет подкормки в 20–30 % случаев. При запасах влаги от 100 до 150 мм в 40–60 % случаев наблюдаются положительные результаты. Если же запасы влаги в метровом слое почвы достигают 150–180 мм, создаются благоприятные условия и в 80–90 % случаев от подкормки получают высокий эффект. В Нечерноземной зоне Российской Федерации целесообразность ежегодной весенней подкормки посевов озимой пшеницы азотом не вызывает сомнения. Однако здесь семь лет из десяти имеет место внутривсходовый

сток, который может продолжаться до 2 дней. При ранневесенней подкормке до прекращения внутрипочвенного стока вместе с гравитационной водой иногда вымывается 30–40 % азота из внесенных удобрений, что недопустимо с точки зрения охраны окружающей среды и экономии удобрений. На полях, где запасы влаги в слое почвы 0,5 м соответствуют наименьшей полевой влагоемкости, внутрипочвенного стока не бывает. В этом случае подкармливать посевы озимой пшеницы надо сразу после прекращения поверхностного стока. Большое значение имеет вторая весенняя подкормка, проводимая в период завершения кущения. В это время азотные удобрения усиливают облиственность стеблей и, что особенно важно, увеличивают фотосинтетическую поверхность последнего листа-флага. На его долю приходится 50–60 % прироста сухого вещества (Юркин С.Н., 1979).

Подкормки посевов озимой пшеницы азотными удобрениями проводятся дробно с учетом результатов почвенной и растительной диагностики. Лучшие сроки подкормок – ранневесенняя (возобновление вегетации), начало фазы трубкования, колошение, начало формирования зерновки. При внесении азотных удобрений в начале возобновления весенней вегетации (II этап органогенеза) – 20 % общей дозы стимулируется весеннее кущение, формируются дополнительные побеги. При внесении 25–30 % установленной под озимую пшеницу дозы азотных удобрений в начале выхода растений в трубку (IV этап органогенеза) обеспечивается формирование повышенного числа продуктивных стеблей. Внесение 20–25 % дозы азота в период формирования последнего листа, когда колос в пазухе набух, но еще не появился, и до окончания колошения (VII–VIII этапы органогенеза) способствует росту озерненности колоса, увеличению массы 1000 зерен и повышению качества урожая. Следует помнить, что повышение озерненности колоса на одно зерно – это прибавка урожая на 100–120 кг/га. Увеличение массы 1000 зерен на 1 г – это также прирост еще 100–120 кг/га зерна (Никитин Ю.А., Орманджи К.С., Бурченко П.Н., 1988).

Эффективность весенних подкормок посевов озимой пшеницы, как было уже отмечено, зависит от сроков их проведения и погодных условий, прежде всего влагообеспеченности. Весенние азотные подкормки усиливают регенерацию отмерших стеблей, кущение, ускоряют рост и формирование фотосинтезирующего аппарата. Оптимизация азотного питания растений в этот период увеличивает количество продуктивных стеблей, ускоряет и усиливает процессы дифференциации и формирования репродуктивных органов, а затем образование более озерненных колосьев, повышает массу зерна одного колоса и в итоге урожай озимой пшеницы. Максимальные прибавки урожая зерна достигают от азотных подкормок, проводящихся в начале активного отрастания озимой пшеницы, когда температура почвы на глубине 10 см составляет 7–9°C, а сумма положительных среднесуточных температур за период после схода снега превысит 200°C. Именно в этот период активизируются ростовые процессы и увеличивается скорость поглощения растениями озимой пшеницы азота и, как следствие, – посеvy более полно используют удобрения. При слишком раннем проведении азотных подкормок – по мерзлой почве в конце таяния снега – по таломерзлой почве, так называемому «черепку», возрастает опасность потерь внесенного азота за счет поверхностного стока, особенно на склонах, внутрипочвенной миграции и денитрификации нитратов и загрязнения грунтовых вод. Запаздывание с подкормкой также снижает ее эффективность из-за иссушения почвы, а при хорошей влагообеспеченности из-за усиления, с повышением температуры, мобилизации азота почвы. Для прогноза оптимального срока подкормок посевов используют данные метеорологической службы о времени окончательного схода снега и начале весенней вегетации расте-

ний озимой пшеницы. В Нечерноземной зоне подкормку следует начинать спустя 10—15 дней, в лесостепной зоне – 7–10 дней после полного схода снега, заканчивать ее проведение необходимо соответственно за 8–10 и 4–5 дней.

Высокий эффект от ранневесенней азотной подкормки посевов озимой пшеницы объясняется тем, что растения трогаются в рост рано весной и в это время особенно нуждаются в азоте, который осенью и весной вымывается из корнеобитаемого слоя, а накопление его из-за подавленности микробиологических процессов вследствие низкой температуры происходит слабо. Поэтому чем позже проводят весной подкормку посевов азотными удобрениями, тем ниже ее эффективность, так как с повышением температуры усиливается мобилизация азота почвы микроорганизмами. Своевременная подкормка посевов озимой пшеницы азотными удобрениями усиливает рост растений, которые более интенсивно используют воду, накапливающуюся в почве за осенне-весенний период, способствует лучшему усвоению посевами элементов питания и ранее внесенных удобрений.

Урожай озимой пшеницы и ее отзывчивость на внесение азотных удобрений тесно связаны с содержанием в почве доступного растениям минерального азота, поэтому доза удобрений для весенней подкормки устанавливается с учетом запаса аммонийного и нитратного азота в 0–1 м корнеобитаемом слое почвы. Почвенную диагностику в Поволжье и Центрально-Черноземной зоне проводят осенью, после того как среднесуточная температура установится ниже +10°C, на глубину до 40–60 см, в Нечерноземной зоне и на Северном Кавказе – весной, после оттаивания почвы на глубину 60–100 см. В отобранных образцах определяют содержание аммонийного и нитратного азота и с учетом объемной массы почвы рассчитывают запас минерального азота в слое 0–40, 0–60 и 0–100 см. Запас азота в слое 0–60 см обычно составляет 60–70 % от его содержания в метровом слое. При осенней диагностике целесообразно выборочное весеннее обследование на полях, типичных по применению удобрений, предшественнику и обработке почвы.

Запасы минерального азота в дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах в слое 0–100 см в Нечерноземной зоне и 0–40 см в южных районах Российской Федерации, обеспечивающие получение планируемых урожаев озимой пшеницы, должны быть следующими:

Содержание минерального азота, кг/га	Урожайность, ц/га
80	26-30
90	31-35
110	36-40
120	41-45
140	46-50
160	51-55
180	56-60

Определение запаса минерального азота в почве позволяет уточнить дозы азота, вносимые в первую подкормку посевов озимой пшеницы, и, следовательно, способствует более рациональному использованию азотных удобрений. Величину первой подкормки определяют по формуле:

$$Д = N_1 - N_2,$$

где: Д – доза азота для первой подкормки, кг/га;

N_1 – содержание минерального азота в слое почвы в зависимости от зоны, обеспечивающее запланированный уровень урожая, кг/га;

N_2 – фактическое содержание минерального азота в соответствующем слое почвы, кг/га.

При расчетной дозе азота, составляющей более 80 кг/га, в первую подкормку вносят 40–50 кг/га. Более высокие разовые дозы азота могут вызвать интенсивное кущение и образование непродуктивных побегов.

Основным критерием для дифференциации вносимых под озимую пшеницу доз азотных удобрений при дробном внесении их в период весенне-летней вегетации является густота стояния растений и количество синхронно развитых побегов перед уходом в зиму и при возобновлении весенней вегетации в конкретных почвенно-климатических зонах. В таблице 195 указаны рекомендуемые для Нечерноземной зоны Российской Федерации дозы азота, вносимого в весеннюю подкормку озимой пшеницы, с учетом содержания этого элемента в почве и густоты стояния растений.

Таблица 195 – Дозы азота для первой весенней подкормки посевов озимой пшеницы в зависимости от содержания минерального азота в почве и густоты стояния растений

Запас азота в слое почвы 0-60 см, кг/га		Дозы азота, кг/га		
		число растений на 1 м ²		
N-NO ₃ + N – NH ₄	в том числе N-NO ₃	< 300	300-400	>400
90-120	< 20	60–70	60	30
	20–50	30–40	30	0
120-150	< 30	60	30	20
	30–60	30	0	0
150-180	30–40	20	0	0
	>40	0	0	0

Почвенную диагностику, особенно рано весной, оперативно провести весьма трудно. Поэтому установить необходимую дозу азота для первой ранневесенней подкормки посевов озимой пшеницы можно по результатам химического анализа растений (листовой или тканевой диагностики) в фазы весеннего кущения и трубкования. Содержание общего азота в листьях верхнего яруса озимой пшеницы в фазы колошения и цветения растений, выращенных в разных географических зонах, очень близко, химический состав озимых зерновых культур – довольно устойчивая величина, отклонения от него, как правило, – следствие изменения условий питания (табл. 196; Малюга Н.Г., 1992).

Таблица 196 – Содержание азота в растениях озимой пшеницы в фазу кущения и трубкования и дозы подкормки азотными удобрениями для повышения урожая зерна

Содержание азота в растениях, % абсолютно сухого вещества		Обеспеченность растений азотом	Потребность в подкормке	Доза азота для подкормки, кг/га д.в.
кущение	трубкование (середина выхода в трубку)			
< 3,0	< 1,5	Очень низкая	Очень сильная	60–80
3,1–3,5	1,6–2,0	Низкая	Сильная	40–60
3,6–4,0	2,1–2,5	Средняя	Средняя	30–40
4,1–4,5	2,6–3,0	Ниже оптимальной	Слабая	20-30
> 4,5	> 3,0	Оптимальная	Отсутствует	0

По величине отклонения содержания азота от оптимальных значений можно судить об обеспеченности растений озимой пшеницы этим элементом. Учитывая, во сколько раз оптимальное содержание в растениях больше или меньше фактического, дозу удобрений для подкормок во время вегетации определяют по формуле:

$$D = D_y \frac{C_{\text{опт}}}{C_{\text{факт}}},$$

где: D – уточненная доза азота по результатам анализа растений, кг/га;
 D_y – установленная доза азота для первой весенней подкормки на конкретном поле, кг/га;
 $C_{\text{опт}}$ – оптимальное содержание элемента, %;
 $C_{\text{факт}}$ – найденное содержание элемента, %.

Оперативное диагностическое, заключение о назначении подкормки делают исходя из содержания нитратного азота в листьях озимой пшеницы (табл. 197; Церлинг В.В., 1978).

Таблица 197 – Содержание нитратного азота в вегетативных органах растений озимой пшеницы в фазе кущения и выхода в трубку, мг/кг сырой массы

Группа по обеспеченности	Обеспеченность растений	Кущение (3-й лист)	Выход в трубку (4-5-й лист)
1–2	Очень слабая	< 100	< 50
3	Слабая	100–200	50–100
4–5	Средняя	201–710	101–220
6	Высокая	> 710	>220

Некорневые подкормки проводят аммонийной селитрой, карбамидом, КАС, ЖКУ, а корневые – комплексными удобрениями.

Вторая азотная подкормка посевов озимой пшеницы в фазе выхода в трубку проявляет свое положительное действие, если имеются реальные условия для формирования урожая более 4 т/га и при диагностике выявлено избыточное потребление растениями фосфора и калия и особенно, если по каким-либо причинам растения не подкармливали в период кущения. Диагностику питания растений проводят по содержанию в растениях общего азота или по концентрации NO_3^- в клеточном соке (табл. 198). Аналогично ведут диагностику для фосфора и калия.

Таблица 198 – Потребность посевов озимой пшеницы в азотной подкормке в фазе трубкования

Показатель содержания NO_3^- в основании стеблей*	Обеспеченность, балл	Необходимость подкормки и доза
Нет окраски	0	3-1 балл; подкормка азотом – 30-60 кг/га
Бледно-голубая окраска	1	1-2 балла; подкормка азотом – 20-30 кг/га при планировании урожая свыше 2,5 т/га
Ярко-синяя окраска	2	То же
Темно-синяя окраска	3	Подкормка нецелесообразна

* Окрашивание сока дифениламином.

Вторую подкормку посевов озимой пшеницы проводят поверхностно аммонийной селитрой, удобрения вносят с помощью наземной техники по технологической колее. В сухую погоду более эффективна некорневая подкормка растений мочевиной, но при этом нужно избегать ожога листьев. Уберечь листья от ожогов можно, внося за один прием не более 30 кг д. в. азота. В случае необходимости увеличения дозы более 30 кг подкормку посевов проводят в два приема с разрывом не менее 8 дней. Эффективность азотных подкормок можно значительно повысить добавлением к рабочему раствору мочевины гумата натрия (300 г/га), сернокислой меди (80 г/га), сернокислого марганца (220 г/га) и детергентов, т. е. смачивателей. Регуляторы роста и микроэлементы повышают урожай и улучшают его качество. Детергенты увеличивают площадь смачивания листьев, улучшают усвоение элементов питания (Пруцков Ф.М., Осипов И.П., 1990).

Потребность в подкормке посевов озимой пшеницы и доза удобрения устанавливаются на основании содержания азота в листьях. В таблице 199 приведены уровни обеспеченности озимой пшеницы азотом в период колошение-цветение, по которым устанавливается потребность растений в азотных удобрениях и их оптимальные дозы (Малюга Н.Г., 1992).

Таблица 199 – Обеспеченность растений озимой пшеницы азотом в период колошение-цветение и потребность в поздней подкормке для получения сильной пшеницы

Содержание азота в листьях, % сухого вещества			Обеспеченность растений азотом	Потребность в подкормке	Доза азота для подкормки, кг д.в. на 1 га
массовое колошение-начало цветения	полное цветение	конец цветения-начало формирования зерновки			
< 3,0	<2,5	< 2,0	Низкая	Очень сильная	60–80
3,1–3,5	2,6–3,0	2,1–2,5	Средняя	Сильная	40–60
3,6–4,0	3,1–3,5	2,6–3,0	Оптимальная	Средняя	30–40
> 4,0	>3,5	> 3,0	Выше оптимальной	Слабая или отсутствует	20–30

Основной фактор, сдерживающий синтез белка и клейковины в зерновках озимой пшеницы, – недостаток азота во второй критический период (конец трубкования–начало восковой спелости зерна). К фазе восковой спелости в зерне накапливается около 80 % азота от максимального его количества. Остальная часть этого элемента поступает уже во время восковой спелости зерна. Если растения испытывают недостаток азота, в зерновках замедляется синтез белка и клейковины. В этот период азот поступает только в зерновки, чем и объясняется существенное влияние поздних азотных подкормок на качество зерна озимой пшеницы. Чаще всего поздние азотные подкормки проводят на посевах твердых и сильных пшениц. Они позволяют повысить содержание белка в зерне на 2–3 %, клейковины – на 4–8, стекловидность зерна – на 15–50 %. Кратность поздних подкормок определяется уровнем запланированного урожая и содержанием азота в фазе колошения растений. Если азота в листьях недостаточно, а урожай формируется высокий, то поздние

некорневые азотные подкормки проводят дважды: одну – в фазе цветения растений, другую – в молочную спелость зерна. Суммарная доза азота при этом не должна превышать 60–70 кг/га д.в.

Эффективность некорневых азотных подкормок посевов озимой пшеницы тесно связана с влажностью пахотного слоя почвы в день проведения этого агроприема. Содержание протеина в зерне увеличивалось на 1–3 %, снижения белковистости зерна не наблюдалось, когда влажность почвы составляла 70–80 % от наименьшей полевой влагоемкости. Отсюда практический вывод: некорневую подкормку азотными удобрениями после колошения нужно выполнять при влажности почвы 70–80 % от наименьшей полевой влагоемкости. При некорневой подкормке посевов озимой пшеницы существенная часть элементов питания из минеральных удобрений используется растениями через листья и другие надземные органы, от степени обводненности которых зависят величина и скорость усвоения азота (Юркин С.Н., 1979).

Однако никогда не следует преувеличивать значимости дробного внесения азотных удобрений, особенно в зоне неустойчивого увлажнения, так же как и недооценивать этот прием. При влажности почвы менее 25 % или более 80 % наименьшей влагоемкости (НВ) подкормка неэффективна. Три подкормки эффективны только в годы достаточного и сильного увлажнения на почвах с содержанием нитратного азота менее 60 кг/га в слое 0–100 см (табл. 200; Андриеш С.В., Гожинецкая А.К., 1989). Обычно при нормк азотных удобрений менее 60–70 кг/га целесообразность дробного внесения их невелика.

Таблица 200 – Прогноз эффективности азотных подкормок озимой пшеницы в зависимости от влагообеспеченности и содержания нитратного азота в почве

Увлажнение (количество осадков за сентябрь-март)	Содержание N—NO ₃ в 0-100 см слое почвы, кг/га		
	< 60	60–100	> 100
Очень засушливые годы (<120 мм)	не требуется	не требуется	не требуется
Засушливые годы (120–200 мм)	1 подкормка	не требуется	не требуется
Годы со средним увлажнением (200–280 мм)	2 подкормки	1 подкормка	не требуется
Годы с достаточным увлажнением (280–360 мм)	3 подкормки	2 подкормки	не требуется
Годы с сильным увлажнением (>360 мм)	3 подкормки	2 подкормки	не требуется

Если подкормка посевов озимой пшеницы азотными удобрениями необходима (решение о ее целесообразности принимается на основании тканевой и/или листовой диагностики), ее проводят в период колошение–молочная спелость водным раствором карбамида или карбамидом и аммонийной селитрой (плавом) или же выпускаемыми промышленностью растворами азотных удобрений. Лучшей формой из азотных удобрений для подкормки является мочевины. Водный раствор ее имеет нейтральную реакцию, благодаря чему концентрация азота может быть более высокой. Дозу мочевины в рабочем растворе доводят до 20–30 %. Азот в мочеvine содержится в амидной форме, которая, проникая в растения, сразу же используется ими на синтез аминокислот. Мочевина является не только источником азотного питания, но и физиологически

активным веществом, существенно усиливает фотосинтез и, увеличивая гидролиз азотсодержащих органических веществ в вегетативных органах, способствует более полному оттоку азотистых веществ из них в колос. Водный раствор мочевины, близкий к насыщенному, не вызывает ожога вегетативных органов растений в фазу цветения. Аммонийная селитра, в отличие от мочевины, дает сильные ожоги растений при 2–5 %-ной концентрации раствора.

Рабочие растворы для некорневых подкормок посевов готовят на стационарных растворных узлах и в мобильных емкостях. При внесении водного раствора мочевины на ассимиляционную поверхность листьев озимой пшеницы необходимо стремиться к тому, чтобы образовывались капли не больше 50–100 мк, т. к. более крупные стекают, а мелкие не долетая до растения могут испаряться. Раствор карбамида применяют 30 %-ной концентрации (65 кг карбамида на 150 л воды). Для приготовления плава 45 кг карбамида и 22 кг аммонийной селитры растворяют в 40 л воды. За концентрацией рабочего раствора устанавливается контроль с помощью ареометра. Удельный вес раствора мочевины 1,1 г/см³, плава – 1,3. Норма расхода раствора карбамида – 200, плава – 100 л/га. При некорневой подкормке посевов озимой пшеницы эффективно добавление к азотным удобрениям микроэлементов, а также гумата натрия из расчета 50 г/га.

При авиаобработке посевов озимой пшеницы максимальная ширина рабочего захвата самолета при норме 200 л/га – 22 м, 100 л/га – 30 м. Высота полета самолета – 5 м, скорость ветра – до 5 м/с. Некорневую подкормку посевов следует проводить в пасмурную погоду, а также рано утром или к вечеру при температуре воздуха до 22°C. При более высокой температуре воздуха целесообразно применять плавы, т. к. его раствор медленнее испаряется. Если вслед за подкормкой посевов пройдет дождь, то эффективность ее резко снижается. Корневая подкормка дает худший результат, чем некорневая. Подкормка эффективна на высоких агрофонах, при хорошем удобрении до посева.

Важная роль в системе удобрения озимой пшеницы принадлежит фосфору. Оптимальное содержание подвижного фосфора в почвах для озимой пшеницы находится в следующих пределах:

- в дерново-подзолистых суглинистых южно-таежной лесной зоны и почвах лесостепной зоны – 180–200 мг/кг (по Кирсанову);
- в черноземах обыкновенных – 140–160 мг/кг (по Чирикову);
- в карбонатных почвах – 30–34 мг/кг (по Мичигину).

При низком содержании подвижного фосфора урожайность озимой пшеницы по сравнению с оптимальным снижается на дерново-подзолистых суглинистых почвах на 43 %; дерново-подзолистых супесчаных – 22 %, почвах лесостепной зоны – на 38–53 %, степной – на 39–68, сухостепной – на 34–60 %.

Для получения 50–70 ц/га зерна озимой пшеницы на почвах со средней обеспеченностью фосфором требуется внести 125–175 кг/га Р₂О₅. На формирование 1 т зерна озимой пшеницы в лесостепной и предгорной зоне необходимо 23–30 кг фосфора, в степной – 26–30, сухостепной – 24 кг. Доза внесения фосфорных удобрений под озимую пшеницу корректируется в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве: при повышенном содержании применяется коэффициент 0,7, при высоком – 0,5, при низком – 1,3.

Фосфор малоподвижен в почве и практически весь закрепляется в том слое, в который были внесены удобрения, поэтому удобрения применяют под основную обработку почвы, причем максимальный эффект достигается при

послойно-ленточном их расположении на глубину до 20 см и с расстоянием между лентами около 20 см. Недопустима заделка фосфорных удобрений культиватором или дисковой бороной, т. к. при этом до 90 % гранул остается в верхнем (3 см) быстро пересыхающем слое почвы.

Усвоение фосфора растениями озимой пшеницы в холодную погоду резко замедляется. Это приводит к фосфорному голоданию, особенно на кислых почвах, и ослаблению роста растений. Позднее признаки голодания у растений могут исчезнуть, однако задержка в росте снижает урожайность. Внесение фосфорных удобрений в рядки при посеве полностью обеспечивает потребность растений в фосфоре в начальный период роста. В качестве стартового удобрения применяют 10–20 кг/га P_2O_5 в виде суперфосфата, аммофоса или ЖКУ, а по зерновым и пропашным предшественникам в зоне достаточного увлажнения – в составе комплексных удобрений. Гранулированные фосфорные удобрения при внесении в рядки необходимо предварительно просеять. Слежавшиеся и влажные удобрения непригодны для внесения. Припосевное внесение гранулированного суперфосфата имеет большое значение для обеспечения растений фосфором в начальный период, когда они еще слабо усваивают его из удобрений, внесенных раньше под предпосевную обработку, и из почвы. Гранулированный суперфосфат особенно выгоден в экономическом отношении. При рядковом внесении оплата каждого центнера удобрений в 2–3 раза выше, а денежные и трудовые затраты в 3 раза меньше, чем при внесении вразброс порошковидного суперфосфата.

Высокая эффективность локального размещения удобрений в пределах корнеобитаемого слоя почвы обусловлена его приближением к сфере деятельности корневой системы растений. Коэффициент использования элементов питания растениями озимой пшеницы из удобрений при этом резко возрастает и может достигать 30–40 % против 12–15 % при разбросном внесении. Происходит это за счет интенсивного нарастания мелких ветвящихся корешков в зоне повышенной концентрации элементов питания. Эффективность припосевного удобрения суперфосфатом усиливается при сочетании его с основным удобрением и подкормками. Снижение эффективности этого приема возможно при систематическом внесении повышенных доз фосфорных удобрений, а также при отсутствии достаточного количества в почве других элементов питания, особенно азота. Поэтому внесение гранулированного суперфосфата в рядки более эффективно при посеве озимой пшеницы после чистого и занятого пара, бобовых трав, зернобобовых культур. Слабое действие суперфосфата при посеве озимой пшеницы после зерновых культур связано с большим дефицитом в почве минерального азота. Аммофос, нитроаммофос, нитроаммофоска и нитрофоска имеют преимущество перед суперфосфатом после стерневых и поздноубираемых предшественников, что связано с недостаточной обеспеченностью растений озимой пшеницы азотом.

Если с осени не было внесено необходимое количество фосфорных удобрений, то необходимо весной провести корневые или некорневые путем опрыскивания посевов жидкими комплексными удобрениями по технологической колее подкормки. Однако они менее эффективны, чем предпосевное внесение фосфорных удобрений.

Фосфорные удобрения повышают зимостойкость озимых культур, на 15–20 % снижают расход воды на единицу урожая.

Для получения 50–70 ц/га зерна озимой пшеницы калийные удобрения вносятся из расчета K_{20-60} . Их действие на урожайность озимой пшеницы за-

висит от общего содержания калия в почве и внесения навоза, в котором содержится значительное его количество. Калием более богаты глинистые и тяжелосуглинистые почвы, меньше его содержится в супесчаных почвах. Потребность в калийных удобрениях посевов озимой пшеницы зависит также от планируемого урожая и предшествующих культур, которые потребляют большое количество калия (подсолнечник, кукуруза, картофель).

В зависимости от зоны возделывания на формирование 1 т зерна растения озимой пшеницы расходуют 13–32 кг д.в. калия: в лесной – 28–32 кг, лесостепной и предгорной – 15–26, степной – 15–19, сухостепной – 13–17 кг.

Доза внесения калийных удобрений корректируется в зависимости от содержания калия в почве: при повышенном содержании применяется коэффициент 0,7, при высоком – 0,5, при низком – 1,3. При внесении органических удобрений следует учитывать, что из каждой тонны полуперепревшего навоза растения в год внесения усвоят 3 кг K_2O , на второй год (последствие) – 1,5 кг K_2O . На солонцовых комплексах калийные удобрения не применяют.

Калийные удобрения вносят вместе с фосфорными под основную обработку почвы. Это позволяет расположить калий в корнеобитаемом слое, а при внесении хлористого калия и калийной соли вымыть хлор, поступающий с удобрениями, осенне-зимними осадками в более глубокие слои почвы. Калийные удобрения легкорастворимы и поэтому сразу взаимодействуют с почвой. Большая часть калия поглощается обменно, но при обильных осадках он постепенно вымывается из пахотного слоя. Эффективность калийных удобрений значительно возрастает при сочетании их с азотными, фосфорными и органическими удобрениями.

Отзывчивость озимой пшеницы на калийные удобрения ослабляется при продвижении с севера на юг, особенно в степных районах на черноземах обыкновенных и южных. Это происходит из-за повышения концентрации солей в почве под воздействием калийных удобрений, что при недостатке влаги ухудшает рост растений и их продуктивность. На осушенных торфяных почвах эффективность калийных удобрений возрастает.

Микроудобрения, содержащие медь и бор, вносят на дерново-подзолистых и серых лесных почвах; марганец, кобальт, молибден и цинк лучше вносить на черноземных и каштановых почвах. Способ внесения – обогащение семян и некорневая подкормка растений. Дозы внесения микроудобрений для предпосевного смачивания семян озимой пшеницы следующие: сульфат меди – 800–900 г/т, сульфат цинка – 800–1000, сульфат марганца – 700–800, сульфат кобальта – 600–700, молибдат аммония – 700–800, борная кислота – 800–900 г/т семян. Обработку семян микроэлементами можно совмещать с протравливанием, применением регуляторов роста и пленкообразующих веществ. При некорневой подкормке растений озимой пшеницы рекомендуются следующие дозы: молибдат аммония – 600 г/га, сульфат марганца – 220, борная кислота – 110, сульфат меди – 130, сульфат кобальта – 160, сульфат цинка – 150 г/га. Внесение микроудобрений целесообразно совмещать с подкормкой посевов озимой пшеницы азотными удобрениями, ЖКУ, применением гербицидов и регуляторов роста, а при обогащении семян – с их протравливанием. Для предпосевной обработки семян и некорневой подкормки посевов применяют один из видов микроудобрений, предпочтительно содержащийся в почве в недостаточном количестве.

Наряду с минеральными удобрениями в получении высоких урожаев озимой пшеницы важное значение имеют органические. Обычно даже на чер-

ноземах при внесении в пару 20 т/га навоза урожай зерна может повышаться на 0,4–0,5 т/га, а при использовании более высоких доз – на 0,8–1 т/га. При систематическом применении навоза улучшается структура и усиливается биологическая активность почвы, повышаются поглотительная способность и буферность почв. Органические удобрения, усиливая биологическую деятельность, в целом положительно влияют на превращение неусвояемых растениями соединений элементов питания в усвояемые. Навоз в процессе минерализации органического вещества выделяет углекислоту. Считается, что при разложении 30 т навоза в 1 м³ надпочвенной атмосферы поступает 1,2 л СО₂ (среднее же количество не превышает 0,3 л/м³). Благодаря такому многостороннему влиянию навоза достигается более высокое и устойчивое действие минеральных удобрений. Поэтому рациональная система удобрения должна строиться на правильном сочетании органических и минеральных удобрений.

При внесении навоза дозы минеральных удобрений можно уменьшить соответственно внесенному количеству доступных элементов питания. Расчет ведут по формуле:

$$D = УНК - \frac{D_H C_H K_H}{100},$$

где: D – доза удобрений, необходимая для получения запланированного урожая, кг/га по д. в.;

У – планируемый урожай, ц/га;

Н – нормативный расход элементов питания на 1 ц зерна, кг;

К – поправочный коэффициент на агрохимические свойства почвы;

D_H – количество внесенного навоза, т/га;

C_H – содержание элемента питания в 1 т навоза, кг;

K_H – коэффициент использования элемента питания из навоза в первый год.

Могут быть различные виды навоза, и содержание элементов питания в нем изменяется в зависимости от способов содержания скота. В 1 т навоза с соломенной подстилкой крупного рогатого скота принято считать в среднем: 4,5 кг N, 2,3 – P₂O₅, 5 – K₂O и 4 кг СаО. В безподстилочном навозе коров и молодняка на откорме содержится: сухого вещества – 14,5 %, общего азота – 0,77 %, фосфора – 0,44 % и калия – 0,5 %; в экскрементах свиней на комплексах – соответственно 9,8; 0,72; 0,47 и 0,21 %. При гидросмыве навоза экскременты скота разбавляются в 4–6 раз, получаемый при этом жидкий навоз содержит меньше элементов питания и требуются большие емкости для его хранения (Васильев В., Полунин С., 1975).

Навоз обеспечивает озимую пшеницу элементами питания примерно в отношении N:P₂O₅:K₂O=1:0,6:3, а в урожае эти элементы содержатся в соотношении 3:1:3. Неблагоприятное соотношение доступных элементов питания в навозе для озимой пшеницы может быть исправлено внесением минеральных удобрений в рядки, при посеве и в подкормку. Величина прибавок урожая озимой пшеницы от навоза зависит от предшественников, по которым она размещается. По данным Я.В. Губанова и Н.Н. Иванова (1983), в среднем за 9 лет внесение навоза в дозе 20 т/га в черном пару дало прибавку зерна 7,3 ц/га, после кукурузы на силос – 11,1, после гороха – 7,8, после многолетних трав – 6,9 ц/га. Существенное значение имеют глубина заделки навоза и компостов и степень их перемешивания с почвой, зависящие от гранулометрического состава почвы и состояния ее увлажнения. На тяжелых почвах, как правило, заделка должна быть мельче (10–14 см) и на супесчаных и легкосуглинистых глубже (16–18 см).

Органические удобрения дают высокий эффект и при внесении их под предшественники озимой пшеницы. Последствие удобрений в сочетании с прямым действием позволяет получать повышенные урожаи и предшественника, и озимой пшеницы. При этом растения меньше ощущают недостаток воды по сравнению с внесением высоких доз навоза непосредственно под озимую пшеницу.

Наиболее эффективен навоз в качестве удобрения в Нечерноземной зоне при внесении 30–40 т/га. Более высокие дозы навоза, особенно применяемого в чистом пару, могут ухудшать перезимовку растений и усиливать полегание посевов. Обычно из навоза в первый год усваивается 15–20 % азота, 30–40 % фосфора и 45 % калия, во второй год – по 10–15 % фосфора и азота и 10 % калия, в третий – до 10 % азота и калия. Поэтому расчет потребности озимой пшеницы, как и других культур, в минеральных удобрениях ведут с учетом использования элементов питания из навоза (Дерюгин И.П., 1991).

Последствие навоза на черноземах выражено сильнее, чем на дерново-подзолистых почвах, а в степных районах оно несколько даже выше, чем прямое действие на озимые. Применение навоза, кроме повышения урожайности культур, способствует борьбе с засухой, поскольку расход воды на образование 1 ц зерна на хорошо удобренном поле в 2 раза меньше, чем на неудобренном. В засушливых условиях и при повышенном содержании гумуса в почве общая прибавка урожая трех культур от 20 т навоза снижалась с 12,4 до 9,5 ц/га (Гулякин И.В., 1977).

Урожайность озимой пшеницы зависит от кислотности почвы: при рН водной вытяжки ниже 6,0 и солевой ниже 5,0 озимая пшеница проявляет признаки слабого развития и положительно реагирует на известкование почв. Известь вносят под вспашку или перед культивацией. Расчет дозы известки на 1 га проводят по гидролитической кислотности. Для нейтрализации 1 мг водорода в 100 г почвы (так называемой скрытой кислотности) на 1 га требуется внести 1,5 т известки. Для глинистых почв вносимую дозу известки следует несколько увеличить, а для песчаных – уменьшить. При известковании почва обогащается кальцием и магнием. В севообороте известковые материалы следует вносить в почву 2–3 раза за ротацию из расчета 3–5 т/га под вспашку и 0,5–1,0 т/га – при культивации в зависимости от кислотности почвы (Ковтун И.И., Гойса Н.И., Митрофанов Б.А., 1990).

Известкование повышает эффективность минеральных и органических удобрений. Как следует из приведенных Ф.М. Пруцковым и И.П. Осиповой (1990) данных, урожайность озимой пшеницы в среднем за 4 года без удобрений составила 9,1 ц/га, при внесении 3 т/га известки – 10,8; 3 т/га известки + 0,5 ц/га суперфосфата в рядки при посеве – 10,7 ц/га; 3 т/га известки + 3 ц/га фосфоритной муки + 1 ц/га хлористого калия под вспашку + 0,5 ц/га суперфосфата в рядки при посеве + 0,7 ц/га аммиачной селитры при подкормке – 20,3 ц/га, а при внесении дополнительно к последнему варианту 20 т навоза – 26,8 ц/га. Самая высокая прибавка урожая озимой пшеницы (17,7 ц/га) получена от совместного внесения навоза, известки и минеральных туков.

Для различных типов почв и в зависимости от предшественников, рекомендуют следующую систему удобрения (табл. 201; Агеев В.В. и др., 1999).

Рекомендованная система удобрения корректируется в хозяйстве, особенно дозы удобрений, с учетом содержания элементов питания в почве, в зависимости от планируемого урожая, а также экономических условий. При ограниченных ресурсах удобрений обязательным и необходимым агротехническим приемом счи-

тается рядковое внесение фосфорного удобрения и проведение некорневой азотной подкормки посевов озимой пшеницы в фазе выхода растений в трубку-колошение по благоприятным предшественникам, а ранневесенней, по возможности, – по непаровым. В основное удобрение следует вносить имеющийся в хозяйстве навоз, выращивать промежуточные культуры на зеленое удобрение.

Таблица 201 – Примерная система удобрений озимой пшеницы на разных почвах (основное + припосевное + ранневесенняя подкормка + поздняя подкормка), кг/га д.в.

Почва	Предшественник			
	чистый пар	занятый пар	озимая пшеница	пропашные культуры
Чернозем карбонатный	$P_{60}+0+0+N_{30}$	$N_{30}P_{60}K_{30}+0+0+N_{30}$	$N_{60}P_{40}K_{40}+P_{20}+N_{30}+N_{30}$	$N_{60}P_{40}K_{40}+0+P_{20}+N_{30}+N_{30}$
Чернозем солонцеватый	$P_{40}+0+0+N_{30}$	$P_{60}K_{30}+0+0+N_{30}+N_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{30}+0+N_{30}+N_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}+0+N_{30}+N_{30}$
Чернозем выщелоченный	–	$N_{60}P_{90}K_{30}+0+0+N_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}+0+N_{30}+N_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}+0+N_{30}+N_{30}$
Темно-каштановая	$P_{90}+0+0+N_{30}+N_{30}$	$0+P_{20}+N_{30}+N_{30}$	$0+P_{20}+N_{30}+N_{30}$	$P_{40}K_{40}+0+N_{30}+N_{30}$
Каштановая	$P_{60}+0+N_{30}+N_{30}$	$P_{30}K_{40}+0+0+N_{30}$	$P_{30}+P_{20}+0+N_{30}$	$P_{30}+P_{20}+0+N_{30}$
Светло-каштановая	$P_{40}+0+0+N_{30}$	$0+P_{20}+0+N_{30}$	$0+P_{20}+N_{30}+N_{30}$	–

Примечание: * – возможно внесение под предпосевную культивацию.

Схемы системы удобрения озимой пшеницы после различных предшественников могут быть следующие:

Пар чистый. При размещении по чистому пару на дерново-подзолистых почвах под озимые вносят основное удобрение в виде навоза или навоза совместно с фосфорно-калийными туками. На черноземах выщелоченных лесостепи применяют навоз или фосфорные и калийные удобрения. На черноземах обыкновенных и южных целесообразно к навозу добавлять фосфорные удобрения. При посеве в рядки вносят суперфосфат.

Пар, занятый картофелем, кукурузой и другими пропашными культурами. Если парозанимающие растения получили навоз, то под озимые вносят до посева фосфорные и калийные удобрения, в рядки при посеве – суперфосфат и проводят азотную подкормку.

Пар, занятый викой, горохом, клевером и другими бобовыми культурами. Под озимую пшеницу вносят фосфорные и калийные удобрения до посева и при посеве фосфорные (суперфосфат) в рядки. В случае низкого урожая бобовых культур, а также слабого разложения остатков парозанимающих растений целесообразно в рядки или до посева озимой пшеницы внести азотные удобрения. При уборке парозанимающих бобовых растений на сено и зеленый корм под озимую пшеницу следует вносить навоз.

Пар, занятый не бобовыми культурами сплошного посева. Под озимую пшеницу вносят полное минеральное удобрение (дозу азота уменьшают), а при посеве в рядки – суперфосфат. На всех видах паров озимая пшеница получает азотные удобрения в виде подкормки рано весной или поздно осенью. На черноземах солонцеватых действие калийных удобрений очень слабое, поэтому здесь применять их под озимые нецелесообразно.

Таким образом, фосфорные и калийные удобрения в звене севооборота под озимую пшеницу вносят за один прием до посева, а азотные – в три-четыре приема: осенью – перед посевом, весной – в начале вегетации, при завершении весеннего кушения и в период колошения. Последняя подкормка применяется для улучшения качества зерна, а вторая весенняя – рассчитана на улучшение облиственности стеблей и более мощное развитие верхнего флагового листа на стебле, формирующего более половины урожая зерна.

Пшеница яровая

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Яровая пшеница очень требовательна к почвам. Хорошо растет на подзолистых и серых лесных почвах, если они окультурены и удобрены, но лучшими для нее являются плодородные черноземные и каштановые почвы. Тяжелые глинистые и легкие песчаные почвы для этой культуры не пригодны. Существенное значение для яровой пшеницы имеет глубина пахотного слоя почвы, которая не должна быть меньше 16–18 см. Чем больше глубина пахотного слоя, тем мощнее развивается корневая система, больше создается в почве запасов легкоусвояемых элементов питания и влаги для растений.

Яровая пшеница не выносит повышенной засоленности и кислотности почв. Хорошие урожаи она дает на почвах, имеющих слабокислую или слабощелочную реакцию (рН 6,0–7,5). В таблице 202 приводятся экологические оптимумы почвенных характеристик для яровой пшеницы.

Таблица 202 – Оптимальные для выращивания яровой пшеницы агрохимические показатели почв

Тип почвы	рН _{ксл}	Гумус, %	Содержание (по Чирикову), мг/кг	
			P ₂ O ₅	K ₂ O
Черноземы выщелоченные и оподзоленные	6–7	4,5–6,0	100	120
Черноземы обыкновенные и типичные	6–7	6,5–8,0	100	120
Черноземы южные	6–7	4,5–6,0	100	120
Каштановые	6–7	3,5–5,0	100	120

Яровая пшеница предъявляет повышенные требования к условиям минерального питания. В основном это объясняется сравнительно коротким вегетационным периодом и менее развитой, по сравнению с озимой пшеницей, корневой системой.

Содержание азота, фосфора и калия в растениях яровой пшеницы в течение вегетационного периода значительно варьирует. Количество общего азота в фазу всходов достигает 5–6 %. Примерно столько же накапливается калия. Фосфора в это время значительно меньше, всего 0,6–1,2 % сухого вещества, но роль его в жизнедеятельности растений исключительно велика.

Потребление элементов минерального питания растениями яровой пшеницы начинается с первых дней прорастания семени, когда развиваются корешки и первый листочек, а запасы эндосперма использованы, и продолжается 50–55 дней. Именно в самом начале вегетации на образование каждого грамма своей биомассы она потребляет в 2–3 раза больше элементов питания, чем более взрослые растения (табл. 203; Чижов Б.А., Рахлеев В.Д., Славин П.С. и др., 1939).

Таблица 203 – Динамика потребления яровой пшеницей элементов минерального питания, мг/г сухого вещества

Фаза вегетации	Азот	Фосфор	Калий
Кущение	48	9	54
Трубкавание	37	8	52
Молочная спелость зерна	19	7	16
Восковая спелость зерна	16	6	12

Максимальное поступление азота в растения яровой пшеницы отмечается в период кущение-колошение, когда за 25–30 дней потребляется 50–60 % элемента, а от начала вегетации – 70–80 %, тогда как сухой массы к этому времени создается лишь 50–60 %. В последующем, т. е. в период формирования и налива зерновок, также необходим азот. Потребность в элементе в этот период удовлетворяется за счет аттракции из вегетативных органов. Решающее значение в обеспечении растений яровой пшеницы азотом имеют его весенние запасы в почве. Дефицит азота проявляется обычно очень быстро и легко обнаруживается визуально: растения приобретают бледно-зеленую окраску, нижние листья желтеют и отмирают, при острой азотной недостаточности снижаются темпы роста, подавляется кущение, листья вырастают мелкими, формируется слабый колос.

Азот поглощается растениями пшеницы в восстановленной (аммонийной) и окисленной (нитратной) форме. Преобладает нитратное питание, поскольку аммонийный азот в почве быстро окисляется до нитратов, даже при внесении жидких азотных удобрений в степных районах элемент поступает в растения преимущественно в форме нитратов. На почвах с нейтральной или слабощелочной реакцией обе формы азота равноценны.

С самого начала вегетации количество доступных растениям элементов питания в почве должно быть высоким. Особенно это касается фосфора, на который яровая пшеница в первые дни роста и развития более отзывчива, чем на другие элементы. Период прорастания семян-всходы в отношении фосфорного питания растений – критический. Благодаря особому значению в энергетике растений фосфор положительно влияет на усвоение ими азота, окисленная нитратная форма которого, прежде чем войти в состав белков и других органических соединений, должна быть восстановлена, что требует значительных затрат энергии. Поэтому на черноземах и каштановых почвах, относительно богатых азотом, но менее обеспеченных подвижным фосфором, очень эффективно припосевное внесение фосфорных удобрений в рядки. При недостатке фосфора в растениях яровой пшеницы накапливаются свободные нитраты, восстановление которых, а следовательно, и синтез белков, задерживаются. Еще одна важная особенность этого элемента состоит в том, что он поступает в растения только в виде анионов ортофосфорной кислоты, которая присутствует в почве преимущественно в форме труднорастворимых кальциевых солей. Это затрудняет поглощение растениями фосфора из почвы, особенно при низкой ее влажности. Поэтому припосевное внесение фосфорных удобрений эффективно даже на хорошо обеспеченных фосфором почвах.

Недостаток фосфора в начале развития растений не покрывается последующим внесением удобрений и вызывает снижение урожая. Обусловлено это тем, что фосфор ускоряет формирование корневой системы и тем самым способствует повышению засухоустойчивости растений. В фосфорном пита-

нии яровая пшеница нуждается до фазы полного колошения растений. В процессе формирования генеративных органов (IV–VI этапы органогенеза) растения положительно реагируют на усиление азотного и калийного питания. Азот им наиболее необходим от начала кущения до молочной спелости зерна. Это обусловлено формированием боковых побегов, вторичной корневой системы и зачаточного колоса. Калий поступает в растения с первых дней роста и развития до фазы цветения. При его недостатке в почве, он легко реутилизируется и сосредотачивается в молодых органах и тканях растений.

Наибольшее количество фосфора и калия растения яровой пшеницы потребляют в период от выхода в трубку до цветения. В это время формируется более 60 % сухого вещества и потребляется до 70 % фосфора и более 80 % калия. Второй максимум потребления элементов питания наблюдается в фазу формирования и налива зерна.

Для нормального роста и развития яровой пшеницы важное значение имеет сбалансированность минерального питания, особенно между азотом и фосфором. Как недостаток, так и избыток этих элементов приводит к нарушению белкового обмена в растениях и значительному снижению урожая. В период налива зерна необходимы условия, способствующие аттракции азотистых веществ в колос.

Основные элементы структуры урожая яровой пшеницы – продуктивная кустистость и озерненность колоса. На озерненность колоса сильно влияют условия минерального питания растений. При этом действие отдельных элементов проявляется по-разному. Недостаток элементов питания в период цветения и оплодотворения яровой пшеницы – частая причина отмирания цветков. Дефицит азота в это время обуславливает стерильность пыльцы, а фосфорное голодание приводит к уменьшению числа цветков. Все это снижает озерненность колоса.

Удобрение. Потребность яровой пшеницы в удобрениях определяется на основании агрохимической характеристики почв, величины планируемого урожая, биологических особенностей сорта. Средние данные о выносе элементов питания единицей урожая, коэффициенты их использования из почвы и удобрений помещены в таблице 204.

Таблица 204 – Средние данные для расчета доз удобрений на планируемый урожай яровой пшеницы

Регион	Вынос на 1 ц зерна, кг			Коэффициент использования из почвы			Коэффициент использования из удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Поволжье	3,8	1	2	0,7	0,15	0,1	0,6	0,15	0,4
Южный Урал	4,2	1,2	2,4	0,7	0,12	0,1	0,1	0,2	0,4
Сибирь	3,5	1	1,8	0,8	0,15	0,08	0,6	0,2	0,4
Алтай	4,5	1,2	2,4	0,7	0,14	0,1	0,5	0,2	0,4
Северный Кавказ	4,4	1,2	2,5	0,8	0,14	0,1	0,5	0,2	0,5

Фосфорно-калийные удобрения вносят под основную обработку почвы, причем максимальный эффект получается при послойно-ленточном их расположении в почве. При посеве яровой пшеницы по пару в рядки вносят P₁₀₋₂₀ в форме суперфосфата, аммофоса или диаммофоса, по зерновым и пропашным предшественникам в зоне достаточного увлажнения – в составе комплексных удобрений.

Дозу азотных удобрений уточняют по данным почвенной диагностики и вносят до посева. Уровень потребности посевов яровой пшеницы в азотном питании определяют с учетом обеспеченности посевов влагой за счет ее запасов в метровом слое почвы перед посевом и прогноза осадков в июне-июле (табл. 205).

Таблица 205 – Уровень потребности растений яровой пшеницы в азоте в зависимости от влагообеспеченности

Группа влагообеспеченности, мм	Урожайность, ц/га	Потребность в азоте, кг/га
< 120	< 16	< 100
120–200	16–25	100–150
> 200	> 25	> 150

Необходимое для жизнедеятельности и реализации своей потенциальной продуктивности яровой пшеницы количество азота обеспечивается за счет его весенних запасов в почве, дополнительного накопления от минерализации в период вегетации и внесения удобрений (табл. 206).

Таблица 206 – Содержание нитратного азота в слое почвы глубиной 0–100 см в зависимости от предшественника яровой пшеницы, кг/га

Вид почвы	Перед посевом			В период вегетации		
	пар	пшеница по пару	кукуруза	пар	пшеница по пару	кукуруза
Чернозем:						
выщелоченный	100	60	50	90	50	60
обыкновенный	150	70	60	80	50	60
южный	200	90	90	80	60	80
Темно-каштановая	140	80	90	70	50	70

Доза азота рассчитывается с учетом планируемой урожайности, нормативного расхода этого элемента на формирование 1 ц зерна и коэффициента использования азота из удобрений, равного 0,7. При определении потребности яровой пшеницы в азотных удобрениях необходимо учитывать осенний или ранневесенний запас нитратного азота в 0–40 см корнеобитаемом слое почвы (табл. 207; Гамзиков Г.П., 1981, 1987).

Таблица 207 – Потребность яровой пшеницы в азотных удобрениях в зависимости от содержания нитратного азота в 0–40 см слое почвы

Содержание нитратного азота в почве, мг/кг	Потребность в удобрениях	Дозы азота, кг/га	
		степь	лесостепь
< 5	очень сильная	40–60	80–100
5–10	сильная	30–40	60–80
10–15	средняя	20–30	40–60
> 15	отсутствует	–	–

В степной и сухостепной зоне Российской Федерации при запасах продуктивной влаги в метровом слое почвы менее 50 мг применять азотные удобрения под предпосевную обработку нецелесообразно.

При расчетной дозе азота более 40 кг/га, $\frac{2}{3}$ ее вносят до посева, а остальное количество – в подкормку. Положительные результаты дает подкормка посевов яровой пшеницы во время вегетации и особенно в увлажненных районах. Максимальное повышение урожая яровой пшеницы обеспечивает подкормка в фазу кущения. В это время формируется колос, и величина его зависит от обеспеченности растений доступными элементами питания. Поздние подкормки азотными удобрениями (в начале фазы цветения) повышают содержание протеина в зерне, улучшая его качество.

Необходимость подкормок посевов яровой пшеницы в фазу кущения устанавливается по результатам тканевой диагностики, а в фазы колошения и цветения – на основании листовой диагностики. Доза азота для подкормки определяется с учетом содержания в листьях азота (табл. 208).

Таблица 208 – Определение потребности яровой пшеницы в некорневой подкормке азотными удобрениями на основании листовой диагностики

Содержание азота в листьях		Потребность в подкормке	Доза азота для подкормки, кг/га
в фазу кущения, %	в фазу колошения, %		
≤ 3,5	≤ 2,5	очень сильная	подкормка не рекомендуется, вероятность получения высокобелкового зерна мала
3,6–4,5	2,6–3,0	сильная	N _{30–35} – в фазу колошения-цветения N _{30–35} – в фазу налива зерна
4,6–5,5	3,1–3,5	средняя	N _{30–35} – в фазу колошения-цветения
> 5,5	> 3,5	слабая или отсутствует	возможно получение высокобелкового зерна без подкормки

Некорневая азотная подкормка посевов яровой пшеницы проводится с помощью авиации в период колошения-цветения растений. При содержании азота в листьях 2,6–3,0 % необходимо провести две подкормки по 30 кг/га азота: первую – в фазу колошения, вторую – в фазу молочной спелости. При содержании в листьях 3,1–4,0 % азота проводится одна подкормка (N₃₀) в фазу колошения. Для этого 65 кг мочевины растворяют в 150 л воды. На гектар расходуются 200 л 30 %-го раствора. Наибольший эффект получается от подкормки в утреннее или вечернее время при температуре воздуха не выше 20°C.

Минеральные удобрения создают лучшие условия для использования почвенной влаги яровой пшеницей, могут обеспечивать урожаи зерна в Поволжье 20,0–28,0 ц/га, на Южном Урале – 18,0–30,0, в Западной Сибири – 15,0–25,0, в Восточной Сибири – 22,0–33,0 ц/га. Доля участия удобрений (NPK) в формировании урожая зерна пшеницы при размещении по пару составляет около 20 %, пропашным культурам – около 25, по зерновым – 30 % (Дерюгин И.П., 1991).

Яровая пшеница практически во всех районах возделывания слабо отзывается на непосредственное внесение органических удобрений. Однако урожай зерна бывает заметно выше, когда навоз вносят под предшественник. Полупе-

репревший навоз и компосты вносят в чистые пары прицепными навозоразбрасывателями. В лесостепной зоне страны их запахивают, в степной – заделывают культиваторами, на легких почвах – плоскорезными орудиями.

Яровая пшеница хорошо отзывается и на последствие удобрений. Прибавка урожая зерна от последствия минеральных удобрений в благоприятные по погодным условиям годы в условиях Воронежской области достигала 5,9 ц/га, в неблагоприятные – 1,9–2,6 ц/га, а от последствия 20 т навоза – 5,2 ц/га. Последствие органических и минеральных удобрений оказывает положительное влияние и на качество зерна яровой пшеницы: увеличивается содержание белка в зерне 1,5–2,0 % и клейковины – 7–9 % (Арташкова Н.А., Вахромеев Ю.И., Грызлов В.П. и др., 1983).

Примерная схема системы удобрения яровой пшеницы при возделывании по разным предшественникам приведена в таблице 209 (Дерюгин И.П., 1991).

Таблица 209 – Система удобрения яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии

Предшественник, планируемая урожайность	Виды и дозы удобрений при внесении		
	основном (допосевном)	припосевном	в подкормку
Озимые колосовые, 3,5–4,0 т/га	Аммиачная селитра – N ₆₀ , суперфосфат – P ₆₀ , хлористый калий – K ₉₀	Суперфосфат гранулированный – P ₁₀ (аммофос, нитрофоска)	Первая – в фазе кущения пшеницы – N _{30–35} ; вторая – в фазе колошения – N _{30–35} ; третья в фазе молочной спелости – N ₃₀ для получения сильного и ценного зерна
Пропашные культуры, удобренные навозом и минеральными удобрениями, 3,5–4 т/га	Аммиачная селитра – N ₄₀ , суперфосфат – P ₆₀ , хлористый калий – K ₆₀	Суперфосфат гранулированный – P ₁₀ (аммофос, нитрофоска и др.)	Первая – в фазе кущения – N ₃₀ ; вторая – в фазе колошения – N ₃₀

Дозы удобрений дифференцируют с учетом почвенного плодородия. Оптимальное содержание подвижного фосфора и обменного калия в почве для яровой пшеницы составляет 150–170 мг/кг, выше этого предела калийные, а также фосфорные удобрения перестают действовать.

Яровая пшеница плохо растет на кислых почвах: она формирует мелкий колос и низкий урожай. На кислых почвах удобрения, внесенные под яровую пшеницу, не дают ожидаемого результата. Предварительное известкование кислых почв (рН_{KCl} < 6) из расчета сдвига реакции до оптимальной нейтрализует кислотность и связывает вредные для растений подвижные формы алюминия, способствует улучшению физических свойств почвы и активизации микробиологических процессов. Минеральные удобрения, внесенные которых возрастает с каждым годом, подкисляют почву, поэтому систематическое известкование способствует получению высоких стабильных урожаев яровой пшеницы (табл. 210; Беляков И.И., 1983).

Таблица 210 – Дозы внесения извести на различных по кислотности и гранулометрическому составу почвах

Почва	Дозы извести, т/га, при рН солевой вытяжки					
	до 4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4–5,5
Супесчаная	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,5
Легкосуглинистая	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5
Среднесуглинистая	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистая	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5
Глинистая	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5

Известь вносят в паровое поле – 65–75 % дозы под вспашку, а остальную часть под предпосевную культивацию и заделывают послойно. На избыточно увлажненных почвах дозу мелиоранта увеличивают: на легких почвах на 1,0–1,5 т/га, на средних и тяжелых на 1,5–2 т/га. В качестве известкового материала используют молотый известняк (известковая мука), содержащий 95–98 % углекислого кальция, гашеную известь, известковый туф и доломитовую муку. Они не растворяются в воде, поэтому их можно вносить поверхностно в различное время года, однако зимой известкуют только участки, не подверженные эрозии, для предотвращения смыва талыми водами.

Рожь

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Озимая рожь отличается большой экологической приспособленностью к различным почвам. Ее выращивают на черноземах, серых лесных, дерново-подзолистых и каштановых почвах. Ввиду мощного развития корневой системы и высокой ее усваивающей способности озимая рожь может обеспечивать себя элементами питания и влагой на весьма малоплодородных почвах. В то же время она очень отзывчива на плодородие почвы и на высокую культуру земледелия.

Озимая рожь легко переносит кислотность почвы. Она формирует сравнительно хорошие урожаи при рН 5,0, при этом снижение кислотности почвы весьма положительно сказывается на перезимовке растений и урожайности культуры. Наиболее благоприятны для роста и развития растений ржи почвы со слабокислой и нейтральной реакцией. При сильнокислой реакции почвенного раствора растения озимой ржи значительно хуже растут и развиваются осенью, их первые листья закручиваются и краснеют, они уходят в зиму ослабленными и плохо переносят ее. Урожайность озимой ржи снижается пропорционально рН почвы: при рН 5 – на 11,2 %–22,3 %, а при рН 4 – на 33,4–44,5 % по сравнению с урожайностью на участках с нейтральной реакцией (Саранин К.И., Беляков И.И., 1986). В таблице 211 приводятся экологические оптимумы почвенных характеристик для выращивания ржи (Вальков В.Ф. и др., 2007).

Особенно требовательна рожь к гранулометрическому составу, аэрации и влагоемкости почвы. Предпочтительнее для этой культуры легкие супесчаные почвы, которые часто называют «ржаными». Лучше всего озимая рожь растет на теплых склонах с легкой и даже слегка каменистой почвой. Вполне подходят для нее супесчаные почвы, с содержанием песчаной фракции до 90 %. На легких плодородных почвах растения озимой ржи обычно бывают мощными, развиваются они более интенсивно, чем растения, выращиваемые на тяжелых почвах. Малопригодны для озимой ржи тяжелые глинистые и заболоченные почвы.

Таблица 211 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для ржи

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	<2	2-6	не установлен
pH водной суспензии	4,5-5,05	5,0-8,5	8,5-8,7
Плотность, г/см ³	1,0-1,25	1,25-1,45	1,45-1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10-25	25-65	65-75
Обменный Na, % от ЕКО	не установлен	<3	3-5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	не установлен	<0,2	0,2-0,6
Содержание CaCO ₃ , %	не установлен	<5	5-20

Яровая рожь – культура особенно не требовательная к почве. Она дает хороший урожай на самых разнообразных почвах; даже на легких супесях и песках. На песчаных почвах она более урожайна, чем другие зерновые культуры. Для этой культуры пригодны и сильно оподзоленные кислые почвы, а также осушенные торфяники. Ее можно возделывать как предварительную культуру при освоении новых земель. В лесостепи яровую рожь размещают на тяжелосуглинистых почвах.

При возделывании ржи большую роль играет обеспечение растений за весь период их роста и развития достаточным количеством элементов питания. Проблема обеспечения растений ржи во время вегетации всеми необходимыми и незаменимыми элементами питания на первый взгляд может показаться теоретически разработанной, технологически простой, общедоступной и легко осуществимой. Однако на деле это очень сложная задача, требующая знания потребности растений в элементах питания, их физиологической роли и значения в жизнедеятельности на определенных этапах роста развития. Она еще осложняется необходимостью учитывать динамику содержания элементов питания в почве и связанных с ней особенностей поступления их в растения и степень их усвоения. В поле зрения надо постоянно держать физические, химические и технологические параметры самих удобрений, методы и способы их применения.

Растения озимой ржи наиболее интенсивно поглощают элементы питания в первые фазы роста и развития. Осенью они создают не более, 3–4 % сухого вещества, но успевают усвоить 12–20 % фосфора и 20–25% азота и калия от потребляемого количества. Дефицит азота в указанный период замедляет рост корней, приводит к задержке наступления фазы кущения, что снижает зимостойкость растений. Особенно это проявляется при ее возделывании после яровых зерновых, пропашных, льна, гречихи и других поздноубираемых не бобовых предшественников (табл. 212; Гулякин И.В., 1977).

Таблица 212 – Накопление элементов питания растениями озимой ржи по фазам вегетации

Фаза вегетации	Содержание, % от максимального		
	азот	фосфор	кали
Выход в трубку	76	58	52
Цветение	93	78	99
Восковая спелость	100	100	100

Наиболее сильно недостаток азота растения озимой ржи испытывают весной, с возобновлением вегетации, когда начинают отрастать корни, побеги и листья, происходит формирование стебля и колоса. В это время из-за низкой температуры в почве очень медленно идут процессы нитрификации и образование доступных растениям соединений азота. Нитраты, накопленные в корнеобитаемом слое почвы с осени, под влиянием осенних осадков и весенних талых вод сравнительно легко вымывается. Вследствие недостатка азота листья растений начинают желтеть, затем краснеют и отмирают, задерживается развитие корневой системы, ослабляется рост надземных органов.

Максимальное поступление азота в растения ржи отмечается в конце фазы колошения перед цветением. В последующем растениями поглощается из почвы незначительное количество азота, на формирование зерна используется ранее накопленный в вегетативных органах азот. Наибольшее потребление ими фосфора приходится на период фазы выхода растений в трубку–колошение. Этот элемент поступает в растения более равномерно в течение всей вегетации. Период максимального потребления калия растениями ржи приходится на время от фазы выхода в трубку до колошения. Интенсивное поглощение его растениями начинается весной, вскоре после начала отрастания, и непрерывно возрастает до колошения.

Поглощение растениями озимой ржи азота в значительной степени зависит от содержания в почве фосфора. Кроме того, недостаток фосфора снижает перемещение азота из корней в надземные органы растения. Повышенной потребностью в фосфоре отличаются растения озимой ржи, получившие азот в нитратной форме (табл. 213; Бушук В. и др., 1980).

Таблица 213 – Влияние содержания фосфора в питательной среде на поглощение растениями озимой ржи азота

Источник азота	Содержание P_2O_5 , мг/сосуд	Содержание азота, мг/растение				
		надземная часть			корни	
		небелковый N	структурный белок N	растворимый белок N	небелковый N	белковый N
$Na^{15}NO_3$	21,3	20,4	27,9	21,6	10,2	14,8
$Na^{15}NO_3$	213,0	41,3	54,1	26,4	11,4	20,0
$(^{16}NH_4)_2SO_4$	21,3	27,3	35,9	24,1	17,1	25,8
$(^{16}NH_4)_2SO_4$	213,0	45,8	54,7	30,4	19,1	25,1

Из приведенной таблицы видно, что в случае недостатка фосфора в питательной среде нитратный азот поглощается растениями ржи значительно слабее, чем аммонийный. Это особенно четко проявляется осенью, когда температура почвы и воздуха понижается. Негативное воздействие низких температур на поглощение азота можно ограничить косвенным путем, улучшив в этот период обеспеченность растений фосфором. Фосфор способствует синтезу соединений богатых энергией, которая используется на поглощение и ассимиляцию, облегчая, таким образом, более интенсивное потребление азота растениями и его включение в азотистые соединения.

Отличительная особенность озимой ржи состоит в том, что она по сравнению с другими зерновыми культурами легче использует фосфор из

почвенных запасов. Недостаток фосфора приводит к слабому росту растений, задержке цветения и созревания, в некоторых случаях наблюдается скручивание листьев, с образованием на них фиолетово-красных пятен. Такие участки на листьях в последующем отмирают.

Недостаток калия в питательной среде ослабляет ассимиляционную деятельность растений ржи, тормозит процессы синтеза, замедляет отток пластических веществ из листьев в стебли, корни и репродуктивные органы. Значительный дефицит этого элемента осенью приводит к ослаблению энергии кущения растений.

Озимая рожь нуждается в магнии, кальции, сере, кремнии, железе и микроэлементах. Потребность в них, как правило, удовлетворяется за счет почвенных запасов. Однако внесение мезо- и микроудобрений в почву или в виде некорневой подкормки дает положительный эффект. Это связано с тем, что с ростом урожая вынос их из почвы увеличивается и с возрастом производства концентрированных комплексных удобрений, содержащих меньше этих элементов по сравнению с простыми, поступление их в почву сокращается.

Удобрение. При внесении удобрений под озимую рожь необходимо учитывать, что в ее питании существуют два ответственных периода: критический, совпадающий с начальной фазой развития, и максимального потребления элементов питания (выход в трубку–колошение). В связи с этим вносить удобрения следует дробно, правильно сочетать основное внесение с припосевным и подкормкой. При определении системы удобрений для озимой ржи необходимо учитывать влияние предшественников, тип почвы, степень ее окультуренности, гранулометрический состав, содержание в почве доступных растениям элементов питания.

На формирование 1 т зерна растения ржи затрачивают 19–38 кг азота, 21–35 – фосфора и 16–32 кг калия (табл. 214; Шарифуллин Л.Р., Кольцов А.Х., Марьин Г.С., 1989). Фактический расход элементов питания на создание урожая озимой ржи значительно выше тех количеств, которые содержатся в растениях к моменту уборки. Это обусловлено частичным оттоком их из надземных органов в корневую систему и потерями их с отмирающими листьями и побегами в поздние фазы развития.

Таблица 214 – Затраты элементов питания при выращивании озимой ржи на почвах со средним содержанием подвижного фосфора и калия, кг/т зерна

Зона возделывания	Азот	Фосфор	Калий
Нечерноземная зона	38	28	32
Поволжский район	28	30	25
Уральский район	32	35	30
Западно-Сибирский район	19	24	16
Центрально-Черноземный район	23	21	19

Отчуждение с урожаем озимой ржи элементов питания должно быть компенсировано внесением удобрений. Однако в связи с тем, что вынос их растениями из почвы, особенно при высоком уровне урожайности, характеризуется значительными колебаниями, нормативные показатели выноса не всегда пригодны в качестве основы для разработки конкретных рекомендаций по внесению удобрений. Такие показатели позволяют лишь сделать приблизительную оценку потребности в удобрениях для получения определенного предполагаемого урожая. Здесь необходимо учитывать следующие факторы: 1) степень использования

внесенных с удобрениями элементов питания (50–70 %); 2) запасы элементов питания в почве; 3) последующее поступление элементов питания из почвы в течение вегетационного периода; 4) газообразные потери азота вследствие денитрификации поздней весной и летом, а также перемещение с фильтрационными водами элементов питания в более глубокие слои почвы в течение зимнего периода, откуда они уже не могут быть извлечены корнями.

При расчете норм удобрений вводятся поправочные коэффициенты, учитывающие содержание элемента в почве. Для азотных удобрений они составляют 0,5–0,6 в нечерноземной зоне, 0,7–0,8 – в других регионах. Для фосфорных удобрений этот коэффициент равен 0,7 при повышенном ($P_2O_5=10-15$), 0,5 – высоком ($P_2O_5=15-25$) и 0,3 – очень высоком ($P_2O_5>25$) содержании подвижного фосфора в почве; для калийных – 0,8 при повышенном ($K_2O=12-17$), 0,6 – высоком ($K_2O=17-25$) и 0,3 – очень высоком ($K_2O>25$) содержании в почве обменного калия. При использовании органических удобрений дозы минеральных уменьшают: на каждые 10 т/га высококачественных органических удобрений дозу минерального азота снижают на 10–15 кг/га, фосфора – на 5–10, калия – на 10–20 кг/га (Шарифуллин Л.Р., Кольцов А.Х., Марьин Г.С., 1989).

Система удобрения ржи является составной частью системы удобрения всего севооборота. В условиях Северо-западной зоны Российской Федерации может быть принята система удобрения севооборота с рожью, приведенная в таблице 215 (Стихин М.Ф., Денисов П.В., 1977).

Таблица 215 – Примерная схема применения удобрений под предшественники и озимые в условиях северо-западной зоны

Культура	Планируемый урожай, ц/га	Вид и доза удобрений, кг/га		
		до посева	при посеве	в подкормку
Горохо-овсяная смесь (занятой пар)	180–200	5–6 т извести, 40 т торфонавозного компоста, $N_{30-40}P_{60}K_{80}$	P_{10}	—
Озимая рожь	30–35	$N_{30-40}P_{60}K_{60}$	P_{10}	N_{50-60}^*
Картофель ранний (занятой пар)	150–175	40 т навоза $N_{30-40}P_{60}K_{60}$	$P_{10}N_{20}$	
Озимая рожь	30–35	$N_{30-40}P_{60}K_{60}$	P_{10}	N_{50-60}^*
Клевер с тимофеевкой:				
1-го года пользования	50–60	—	—	$N_{20}P_{60}K_{60}$
2-го года пользования	45–50	—	—	$N_{40}P_{60}K_{60}$
Озимая рожь	30–35	$N_{20-30}P_{90}K_{90}$	P_{10}	N_{40-50}^*

* Доза для двух подкормок: ранней весенней и летней в фазе колошения примерно в равных долях.

В увеличении урожайности ржи важную роль играют органические удобрения: навоз, торф, сидераты и торфонавозные компосты. Навоз вносят из расчета 20–40 т/га под перепашку в чистом пару, а в занятом пару – при подъеме зяби под парозанимающую культуру. На легких почвах навоз целесообразно применять непосредственно под рожь. Эффективность его как удобрения

повсеместно высокая. Прибавка урожая озимой ржи от 18–36 т/га навоза составляла в нечерноземной зоне 6–8 ц/га, в черноземных районах – 4–8 ц/га, а в засушливых – 3–4 ц/га. В качестве органического удобрения в нечерноземной зоне большое значение имеет также низинный торф. Его вносят в пару в виде компоста с навозом, фосфоритной мукой или известью. Применяют довольно широко и торфонавозный компост из расчета 30–40 т/га. Прибавка урожая озимой ржи при этом лишь немного уступает чистому навозу.

На легких песчаных и супесчаных почвах весьма ценным является зеленое удобрение, которое обогащает почву органическим веществом и улучшает ее агрохимические и физические свойства: легкие почвы становятся более связными и удерживают больше влаги и элементов питания. Зеленые удобрения запахивают за 15–20 дней до посева озимой ржи. Для этих целей используют однолетний и многолетний люпин. Применяют также сераделлу, донник. Зеленая масса люпина содержит около 0,5 % азота, т. е. до времени заделки (фаза блестящих бобов) накапливает 100–350 кг/га азота. Виды люпина для посева на удобрение под рожь подбирают дифференцированно, в зависимости от почвенно-климатических условий. На почвах легкого гранулометрического состава при продолжительной сухой осени более выгодно возделывать желтый люпин, а на связных почвах предпочтение отдают узколистным горьким люпинам.

По многолетним данным Новозыбковской опытной станции на песчаных почвах люпин при заделке его зеленой массы повышал урожай озимой ржи больше, чем навоз. По чистому неудобренному пару урожай зерна составлял 13,2 ц, по чистому удобренному 40 т/га навоза – 24,5 ц, по чистому удобренному 40 т торфа – 18,8 ц, по люпиновому при заделке 21,5 т/га зеленой массы – 25,4 ц с 1 га (Лукьянюк В.В., 1975).

При выращивании озимых по чистым парам и после многолетних трав доступного азота для развития всходов бывает достаточно, поэтому использовать азотные удобрения осенью на таких посевах не рекомендуется. В занятых парах, и особенно после парозанимающих культур сплошного посева и непаровых предшественников, образуется недостаточное количество подвижных форм азота для нормального развития растений в осенний период. Наибольший дефицит нитратов наблюдается на бедных почвах и при недостатке влаги. Поэтому под озимую рожь после названных предшественников целесообразно вносить азотные удобрения из расчета N_{20-30} (20–30 % общей дозы азота) до посева под вспашку или под предпосевную культивацию (Зиганшин А.А., Шарифуллин Л.Р., 1981).

На основании результатов почвенной и листовой диагностики проводят осеннюю и весенние подкормки посевов озимой ржи аммонийной селитрой или карбамидом. Первую азотную подкормку проводят весной в фазу кущения растений (III этап органогенеза) после полного схода снега и оттока талых вод с посевов. Дозу азота рассчитывают, исходя из запасов минерального азота в почве во время возобновления весенней вегетации растений. Остальное количество – вносят при второй подкормке в фазе выхода растений в трубку (V–VI этапы органогенеза) с учетом растительной и почвенной диагностики. В зонах недостаточного увлажнения и в условиях быстрого высыхания почвы весной первую и вторую подкормки совмещают и проводят в начале отрастания растений в сжатые сроки. При этом удобрения вносят на глубину 2–4 см прикорневым способом зерновыми сеялками поперек или по диагонали посева (Шарифуллин Л.Р., Кольцов А.Х., Марьин Г.С., 1989).

Фосфорно-калийные удобрения вносятся под основную обработку почвы, причем максимальный эффект получается при послойно-ленточном их расположении в почве. Хорошие результаты в качестве основного удобрения под озимую рожь дает фосфоритная мука из расчета $P_{120-160}$, особенно на кислых почвах с низким содержанием подвижного фосфора (рН ниже 5,0, P_2O_5 менее 50 мг/кг почвы). Небольшую часть фосфорного удобрения (P_{15-20}) вносят локально в рядки при посеве озимой ржи. Для этих целей используют суперфосфат и комплексные фосфорсодержащие удобрения.

Наибольшую потребность в калии растения озимой ржи испытывают на торфяниках, пойменных темноцветных, песчаных и супесчаных почвах. На черноземах они меньше нуждаются в калийных удобрениях. Их необходимо в первую очередь вносить в форме калийной соли, хлористого калия или сульфата калия под озимую рожь, размещенную после картофеля, гречихи, гороха, подсолнечника и кукурузы, т. е. культур усваивающих большое количество калия. Хорошим калийным удобрением для озимой ржи является сухая печная зола, особенно стеблей подсолнечника и гречихи. Ее вносят под вспашку или под предпосевную культивацию в дозе 3–6 ц/га. В золе, кроме калия, содержится целая гамма зольных элементов питания.

Озимая рожь страдает от избыточной кислотности. Известкование по полной гидролитической кислотности повышает плодородие кислых почв, улучшает их физические свойства, создает более благоприятные условия для деятельности микрофлоры, способствует повышению урожая озимой ржи. Полной дозой мелиоранта принято считать: для легкосупесчаных почв – 2–3 т/га, среднесуглинистых – 5 и тяжелоглинистых – 5–7 т/га.

Длительность действия известки зависит от нормы ее внесения. При дозе 3–4 т/га продолжительность действия ее составляет 5–7 лет; 6–8 т/га – 10–15 лет. Затем по мере вымывания из почвы и потребления кальция растениями кислотность почвы начинает постепенно восстанавливаться до исходного состояния.

Микроэлементы оказывают положительное влияние на количество и качество урожая озимой ржи, способствуют повышению устойчивости растений к засухе, низким температурам, поражению болезнями и другим неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам. Особенно хорошо озимая рожь отзывается на внесение микроэлементов на почвах с низким их содержанием. Борные удобрения вносят на черноземах выщелоченных и оподзоленных, дерново-подзолистых, дерново-глеевых, торфяных и серых лесных почвах. На этих же почвах необходимо применять и медные удобрения. Цинковые удобрения необходимо вносить на черноземных, дерново-карбонатных и дерново-подзолистых почвах в первую очередь на полях с высоким содержанием фосфора и хорошо произвесткованных. Эффективность микроэлементов проявляется как при предпосевном внесении в почву в виде специального удобрения или в составе сложных удобрений, при некорневых подкормках растений, так и при обработке семян. Дозы бора при внесении в почву составляют 0,4–0,5 кг/га, меди – 0,8–1,0, цинка – 2,5–3,0 кг/га. Для предпосевной обработки семян используют борную кислоту – 0,2–0,4 кг/т, сернокислую медь и сернокислый цинк – по 0,8–1,0 кг/т.

Наилучший эффект от вносимых удобрений получают при их применении регулярно, на всех полях севооборота в соответствии с потребностями выращиваемых культур, рассчитывая дозы на запланированные урожаи.

Ячмень озимый

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Корневая система ячменя обладает относительно слабой способностью усваивать элементов питания из почвы. В связи с этим предъявляет повышенные требования к структуре почвы ее плодородию. Лучшими почвами для него являются черноземы всех подтипов и темно-каштановые почвы с нейтральной и слабощелочной реакцией (рН 6,8–7,5). Малопригодны для озимого ячменя засоленные и солонцеватые почвы. Он плохо переносит временное переувлажнение почвы, нежелательно размещение его в пониженных местах. Почвы тяжелого гранулометрического состава, избыточно увлажненные, с плохими физическими и водно-физическими свойствами не подходят для культуры ячменя. Экологический оптимум почвенных характеристик для него колеблется довольно в широких пределах (табл. 216; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 216 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для ячменя

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	не установлен
рН водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см ³	1,0–1,25	1,25–1,40	1,40–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–45	45–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	не установлен	3–10	10–15
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	не установлен	<0,4	0,4–0,6
Содержание CaCO ₃ , %	не установлен	<5	6–20

Озимый ячмень характеризуется высокой интенсивностью ростовых процессов на начальных этапах онтогенеза. На формирование 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции этой культуре необходимо 24–30 кг азота, 14–17 – фосфора и 19–26 кг калия. Потребление элементов питания отличается неравномерностью – максимальное – приходится на период кущения-колошения. В этот период растения озимого ячменя поглощают до 70 % элементов питания от максимального их выноса. К фазе колошения растений потребление азота растением достигает 90 %, фосфора – 75 %, а калия – заканчивается.

Больше всего растения ячменя в азоте нуждаются в период от начала кущения до выхода в трубку. В этот период идет развитие побегов кущения, ассимилирующего аппарата и формирование колоса. Недостаток азота в этот период приводит к нарушению обмена веществ. В более старых листьях преждевременно распадаются белковые вещества, продукты распада переносятся в молодые листья растений. Поэтому старые листья раньше желтеют и отмирают. Растения, недостаточно обеспеченные азотом, рано переходят в репродуктивную фазу, имеют характерную окраску от светло-зеленой до желтоватой, иногда красновато-желтой. Избыточное его содержание в почве отрицательно сказывается на устойчивости растений к полеганию. При оптимальном обеспечении азотом растения лучше усваивают элементы минерального питания.

Фосфор необходим ячменю в течение всего периода роста и развития растений, т. к. этот элемент входит в состав органических и минеральных со-

единений растительной клетки. Оптимальная обеспеченность молодых растений этим элементом способствует хорошему развитию корневой системы и заложению крупного колоса; недостаток – задерживает рост и развитие растений. Фосфор повышает устойчивость растений ячменя к болезням и засухе. Внешним признаком фосфорного голодания у молодых растений является красновато-фиолетовая окраска листьев.

Важную роль в жизни растений ячменя, особенно в физико-биохимических процессах, играет калий. Он способствует передвижению продуктов ассимиляции из листьев в стебли, корни и репродуктивные органы. Калий регулирует водный и азотный обмен, повышает устойчивость к засухе, полеганию, болезням, ускоряет созревание зерна. Ячмень потребляет наибольшее количество калия в начальный период развития растений. В процессе онтогенеза растений из старых листьев калий перемещается в более молодые, недостаток его задерживает нормальный процесс образования углеводов и резко снижает урожай. Признаки недостатка калия – отставание растений в росте, бурая окраска краев нижних листьев, которые затем высыхают.

Удобрение. Полная обеспеченность растений озимого ячменя элементами питания – азотом, фосфором, калием кальцием и магнием – является важнейшей предпосылкой получения высоких и стабильных урожаев. В то же время внесение высоких норм азотных удобрений приводит к перерастанию вегетативной массы, что, в свою очередь, вызывает раннее полегание растений и ограничивает возможность роста урожая. При внесении с осени повышенных норм азота снижается и без того слабая зимостойкость ячменя. Фосфорно-калийные и оптимальные нормы азотных удобрений повышают его зимостойкость. Внесенные под основную обработку почвы, они способствуют лучшему укоренению растений, усиливают сопротивляемость посевов к полеганию, поражению ржавчиной и ускоряют созревание.

При определении эффективности удобрений необходимо учитывать следующие положения (табл. 217; Райнер Л., Шайнбергер И., Дееке У. и др., 1980): вынос элементов питания из удобрений озимым ячменем при уровне урожайности, обычном для данной местности; содержание их в почве по результатам агрохимического анализа. В балансе элементов питания учитываются также применяемые органические удобрения; особенности погодных условий и зональная технология возделывания как факторы, определяющие превращение элементов питания в почве.

Азотные удобрения под озимый ячмень вносят дробно с учетом плодородия почвы и потребностей растений в этом элементе питания по фазам роста и развития (рис. 5; Найденов А.С., Задорожний А.А., 1988). Это значительно повышает их эффективность и предотвращает возможность загрязнения окружающей среды. Под основную обработку почвы при размещении озимого ячменя после колосовых предшественников рекомендуется вносить азота до N_{30} , а после пропашных – до N_{60} .

Наиболее эффективна ранневесенняя азотная подкормка посевов из расчета N_{30-40} . Дозу вносимого азота уточняют по данным почвенной диагностики и состояния посевов. Необходимость второй подкормки посевов ячменя определяется в фазу трубкования растений по данным стеблевой диагностики.

Расчетные нормы калийных и фосфорных удобрений вносят под основную обработку почвы и одновременно с севом (P_{15-20}). Фосфорно-калийные удобрения усиливают закалку растений, улучшают перезимовку и повышают их устойчивость к полеганию.

Таблица 217 – Вынос элементов питания из почвы озимым ячменем

Элемент питания	Урожайность, ц/га	Вынос, кг/га			Вымывание, кг/га
		зерно	солома	всего	
N	40	60–80	20–40	80–120	5–45
	50	75–100	25–50	100–150	
	60	90–120	30–60	120–180	
	70	105–140	35–70	140–210	
P ₂ O ₅	40	24–40	5–20	30–60	Незначительное
	50	30–50	5–25		
	60	36–60	6–30	42–90	
	70	42–70	8–35	50–105	
K ₂ O	40	16–32	55–90	80–120	2–15
	50	20–40	80–110	100–150	
	60	24–48	96–132	120–180	
	70	28–56	112–154	140–210	
CaO	40	2–8	23–32	25–40	20–200
	50	3–10	17–40	30–50	
	60	3–12	33–48	36–60	
	70	4–14	38–56	42–70	
MgO	40	6–12	6–8	12–20	5–40
	50	7–15	8–10	15–25	
	60	9–18	9–12	18–30	
	70	10–21	11–14	21–35	

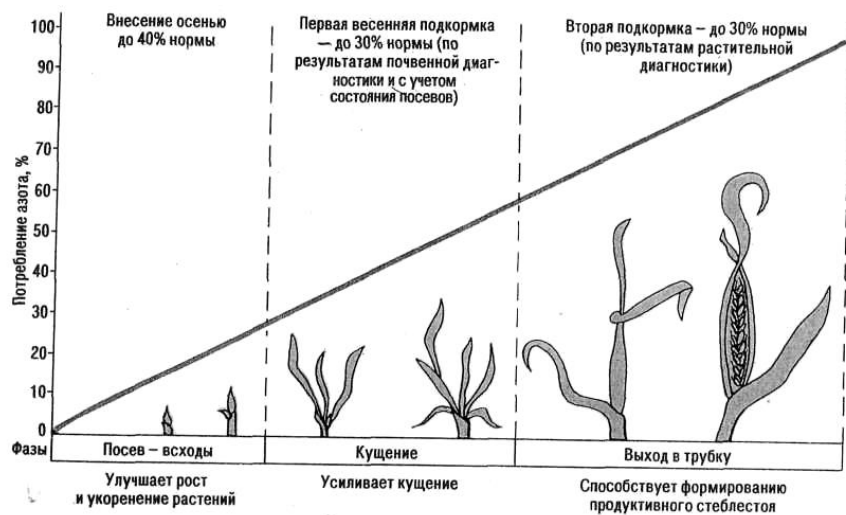


Рисунок 5 – Потребление растениями и сроки внесения азота под озимый ячмень

Примерная схема системы удобрения озимого ячменя на различных почвах Северокавказского региона Российской Федерации приведена в таблице 218 (Агеев В.В, Подколзин А.И., 2006).

Таблица 218 – Система удобрения озимого ячменя на различных почвах Северного Кавказа

Почва	Предшественник	Удобрение			Всего
		основное	припосевное	подкормки	
Чернозем карбонатный	оз. пшеница	N ₄₀ P ₄₀	P ₂₀	-	N ₄₀ P ₆₀
Чернозем выщелоченный и слабывщелоченный	оз. пшеница	N ₆₀ P ₆₀	-	N ₄₀	N ₁₀₀ P ₆₀
Чернозем выщелоченный слитой	оз. пшеница	N ₆₀ P ₆₀	-	N ₄₀	N ₁₀₀ P ₆₀
Чернозем обыкновенный	кукуруза на силос	N ₃₀ P ₄₀ K ₃₀	-	-	N ₃₀ P ₄₀ K ₃₀
Чернозем солонцеватый	оз. пшеница	-	P ₂₀	-	P ₂₀
Чернозем мицеллярно-карбонатный	корнеплоды	N ₃₀ P ₃₀	P ₂₀	N ₄₀	N ₇₀ P ₅₀
	кукуруза на силос	N ₃₀ P ₅₀ K ₃₀	P ₂₀	-	N ₃₀ P ₇₀ K ₃₀

При недостаточном содержании в почве микроэлементов их внесение в значительной мере повышает урожайность и качество зерна. В виде некорневых подкормок на посевах озимого ячменя в первую очередь применяют борные удобрения из расчета на д.в. 0,4–0,5 кг/га, медные – 0,8–1,0, цинковые – 2,5–3 кг/га.

Ячмень яровой

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Огромный ареал распространения ярового ячменя в мировом земледелии характеризует его приспособленность к различным почвам. Однако наиболее высокие урожаи ячменя получают на плодородных почвах с глубоким пахотным слоем, с нейтральной реакцией почвенного раствора. Хорошие почвы для ячменя – черноземы, из дерново-подзолистых – слабо оподзоленные суглинистые средней связанности. Малопригодны для возделывания ячменя супесчаные и песчаные почвы. Такие почвы обычно мало содержат усвояемых растениями элементов питания. Лишь при внесении органических и минеральных удобрений такие почвы можно при необходимости отводить под посев ячменя. Не пригодны для ячменя почвы кислые и торфянистые. Такие почвы могут быть использованы под посев ячменя лишь после известкования. Совсем непригодны для ячменя почвы легкие маловлагодомки.

Почвы, отводимые под ячмень, должны быть однородными по содержанию элементов питания, влагоемкости и водопроницаемости. При возделывании ячменя на дерново-подзолистых и серых лесных оподзоленных почвах предпочтительны поля, где рН_{КС1} 6-6,5, гумуса содержится не менее 2,2 %, подвижного фосфора и обменного калия 15–20 мг/100 г.

Получение высоких и устойчивых урожаев ячменя зависит от обеспеченности растений элементами питания. У ячменя более короткий период интенсивного потребления элементов питания, чем у других зерновых культур, у него слабее развита корневая система, меньше усвояющая способность, поэтому он предъявляет повышенные требования к наличию в почве легкодоступных расте-

ниям элементов питания. Для получения высоких урожаев ячменя очень важно, чтобы растения были обеспечены в полной мере доступными элементами с самого начала их развития. Компенсировать недостаток питания позже практически невозможно. Ячмень интенсивнее всего усваивает элементы питания в период всходы-кущение. Максимальное потребление азота и фосфора приходится на межфазный период всходы-выход в трубку-колошение, а калия – от всходов до выхода в трубку (табл. 219; Дерюгин И.П., 1991).

Таблица 219 – Динамика поступления элементов питания в растения ячменя, % максимального

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Всходы	6-10	5-7	6-8
Кущение	30-33	20-24	28-32
Выход в трубку	72-75	50-52	84-88
Колошение	98-100	75-78	100
Полная спелость	80	100	60
Вынос на 1 т зерна, кг	28,4	10,2	24,4

Удобрение. Удобрения повышают урожай ячменя во всех районах его возделывания. Как правило, эффективность их в нашей стране возрастает с юга на север и с востока на запад. Обусловлено это постепенным переходом от плодородных черноземов и сероземов к менее плодородным серым лесным и дерново-подзолистым почвам, а также лучшей влагообеспеченностью в северных и западных районах в сравнении с южными и восточными. Коэффициент использования растениями элементов питания из удобрений составляет для азота 30–55 %, фосфора 11–25, калия 31–60 %. Одним из главных резервов повышения эффективности органических удобрений является применение их в системе севооборотов. Высокая эффективность удобрений достигается при правильном их использовании с учетом почвенно-климатических условий, уровня плодородия почвы и предшественников.

В основных районах возделывания ячменя органические удобрения вносят под предшествующие культуры. В этом случае ячмень хорошо использует их последствие - прибавка урожайности достигает 3–5 ц/га.

Применение навоза непосредственно под ячмень, целесообразно лишь на малоплодородных подзолистых и дерново-подзолистых почвах нечерноземной зоны, где он является основной хлебной культурой. В этих районах, а также в хозяйствах с интенсивным развитием животноводства навоз вносят из расчета 20 т/га в полуперепревшем виде осенью под зяблевую вспашку. Не следует вносить неперепревший навоз, т. к. это может привести к засорению полей и полеганию растений ячменя. Эффективность навоза может быть повышена добавлением фосфоритной муки и торфа. От внесения чистого навоза урожай зерна ячменя увеличился на 16,6 %, от навоза с добавлением фосфоритной муки – на 29,6 %, от торфо-навозного компоста – на 32,2 %. Яровой ячмень хорошо реагирует на прямое действие и последствие жидкого навоза, элементы питания которого более доступны растениям и лучше усваиваются. Последствие 60 т/га жидкого навоза, внесенного осенью под вспашку зяби или зимой по снегу, обеспечивало увеличение урожая ячменя на 3,0 ц/га (Беляков И.И., 1983).

На подзолистых, серых лесных почвах, черноземах деградированных или оподзоленных ячмень хорошо отзывается на азотные и фосфорные удобрения.

На супесчаных и осушенных болотных почвах наиболее хорошие результаты дает калий. На сероземах и каштановых почвах используют азотные и фосфорные удобрения. На черноземах особенно эффективны фосфорные удобрения.

Нормы удобрений под ячмень дифференцируют в зависимости от параметров почвенного плодородия, условий его выращивания, вида предшественника, его удобренности, особенностей сорта. Примерные нормы внесения минеральных удобрений под ячмень на 1 га д. в.: на черноземных почвах – 20–30 кг азотных, 45–50 фосфорных и 30–45 кг калийных, на подзолистых – 45–60 кг азотных, 60–75 фосфорных и 40–45 кг калийных. Однако каждое отдельное хозяйство при внесении этих норм минеральных удобрений должно учитывать плодородие почвы, сложившиеся метеорологические условия, агротехнику и другие факторы.

Определение норм удобрений для получения заданного урожая ячменя предполагает, как и в случае с озимыми и яровой пшеницей, использование данных агрохимического паспорта поля, выноса элементов питания с единицей урожая, коэффициентов использования растениями элементов питания из удобрений и почвенных запасов (табл. 220). Оптимальное соотношение элементов питания ячменя (N:P:K—1:0,4:0,7) учитывается при определении норм удобрений. Такое соотношение наиболее полно отвечает биологическим требованиям культуры.

Таблица 220 – Использование элементов питания растениями ячменя

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на 1 ц зерна с соответствующим количеством соломы, кг/ц	2,5	1,09	1,75
Коэффициент использования из почвы, %	20	7	8
Коэффициент использования из минеральных удобрений, %	55	25	60

Для контроля за балансом элементов питания в посевах ячменя в период вегетации определяют их содержание в листьях и при необходимости вносят удобрения. Оптимальное содержание элементов питания в листьях ячменя приведено в таблице 221.

Таблица 221 – Оптимальное содержание элементов питания в листьях ячменя, % от сухой массы

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кущение	4,7-5	1,2-1,8	5
Выход в трубку	4,7	1,2	5
Колошение, цветение	3-3,5	0,7-1	2,8-3,2

Для ярового ячменя характерна двучленная система удобрения, состоящая из основного и припосевного внесения туков. Минеральные удобрения под ячмень вносят под зяблевую вспашку. Это очень важно, если учесть раннее и быстрое потребление им элементов питания. На почвах супесчаных и песчаных, а также на склонах во избежание вымывания элементов питания минеральные удобрения вносят весной. Ячмень должен получать удобрения в виде легкорастворимых солей (суперфосфата, калийной соли, селитры), поскольку корни его обладают пониженной усваивающей способностью.

На кислых почвах в качестве фосфорного удобрения с успехом может быть использована фосфоритная мука. Она очень эффективна на дерново-подзолистых серых лесных почвах, черноземах оподзоленных и выщелоченных. По своему действию фосфоритная мука не уступает суперфосфату, а последствие ее сказывается в севообороте в течение 5–7 лет. Фосфоритную муку обычно используют в качестве основного удобрения, глубоко заделывая ее при вспашке. Она хорошо нейтрализует кислотность почвы; при систематическом ее внесении снижается кислотность, уменьшается содержание подвижного алюминия в почве и создаются более благоприятные условия для роста и развития растений.

В системе применения удобрений под яровой ячмень имеет важное значение припосевное внесение гранулированного суперфосфата. Его можно вносить вместе с семенами при посеве обычными сеялками, если нет специальных комбинированных сеялок. В южных и центральных районах черноземной зоны рекомендуется вносить в рядки при посеве ячменя по 40–50 кг гранулированного суперфосфата на 1 га. Смешивать семена с соответствующей нормой удобрений для высева обычной зерновой сеялкой нужно перед самым высевом; заблаговременное смешивание семян с суперфосфатом может привести к снижению их всхожести. После посева повышенная кислотность, образующаяся в зоне расположения гранул суперфосфата, быстро нейтрализуется в черноземной почве, и потому полевая всхожесть семян ячменя не снижается. На подзолистых почвах кислотность в месте расположения гранул суперфосфата может оказаться повышенной, что отрицательно сказывается на всхожести семян. Поэтому на подзолистых почвах удобрения лучше вносить в рядки при посеве комбинированной сеялкой, обеспечивающей размещение семян на некотором расстоянии от удобрений.

В увлажненных районах ячмень сильно отзывается на азотные подкормки. Они эффективны и при размещении ярового ячменя на бедных по плодородию почвах легкого гранулометрического состава. Проводят подкормку посевов в фазу полных всходов, что усиливает процесс кущения, увеличивает густоту продуктивного стеблестоя и повышает урожай ячменя. Доза удобрения для подкормки ячменя зависит от состояния посевов. На ослабленных, бледно-зеленых посевах вносят 25–30 кг/га азотных удобрений. С целью повышения количества белка в зерне ячменя применяют поздние (перед колошением) подкормки азотными удобрениями на посевах, устойчивых к полеганию.

Дробное внесение азотных удобрений позволяет: 1) избежать интенсивного развития в начальных фазах роста и тем самым исключить или отодвинуть его сроки; 2) обеспечить лучшее использование азота (около 20 %) внесенного после фазы колошения растений (до середины фазы молочной спелости зерна); 3) удовлетворить повышенную потребность ячменя в азоте в фазе молочной спелости; 4) обеспечить накопление в зерне ячменя азота удобрений, внесенных после завершения вегетативного роста.

При выращивании ячменя, используемого на корм, с повышенным содержанием белка в зерне лучшие результаты в западноевропейских странах с высокой культурой земледелия, получают при внесении азотных удобрений по следующей схеме:

1. Первая подкормка – в фазе кущения N_{30-40} в виде 10 %-ного раствора аммонийной селитры с мочевиной (раствор КАС), содержащего 28–30 % азота или чистого раствора мочевины. Внесение удобрений можно проводить совместно с гербицидами и микроэлементами.

2. Вторая подкормка – в фазе формирования флагового листа N_{20-30} в виде 4–5 %-ного раствора мочевины или КАС. Внесение удобрений совмещают (при необходимости) с применением фунгицидов.

3. Третья подкормка – в фазе молочной спелости зерна, вносят N_{20} в виде 3–4 %-ного раствора КАС или мочевины.

При возделывании пивоваренного ячменя дробное внесение азотных удобрений может ухудшить качество зерна. Поэтому под пивоваренные сорта ячменя обычно допосевное применение азотных удобрений обеспечивает получение зерна более высокого качества по сравнению с дробным внесением азота. Для пивоваренного ячменя большое значение имеют фосфорно-калийные удобрения, так как они способствуют лучшему накоплению крахмала и снижению белка в зерне (Дерюгин И.П., 1991).

Под ячмень применяют также борные, марганцевые, молибденовые, медные, кобальтовые и цинковые удобрения. Эти удобрения имеют важное значение в улучшении питания и развития растений на почвах, где микроэлементы в дефиците. Наибольшая потребность в борных удобрениях проявляется на дерново-подзолистых и торфяных почвах. Их вносят в почву в виде борно-датолитового удобрения (1–1,5 кг/га), а также использовать для предпосевной обработки семян. Семена замачивают в растворе микроэлемента (10 г на 100 кг семян). На осушенных торфянистых почвах, в которых недостаточно меди, внесенные под ячмень медные удобрения значительно повышают урожай зерна ячменя. Нормы удобрения вносят из расчета 4–5 кг/га действующего вещества. Последствие меди сказывается в течение 3–4 лет.

Наибольшие урожаи ячмень дает при нейтральной реакции почвенного раствора, поэтому на кислых подзолистых, дерново-подзолистых почвах для повышения урожая большое значение имеет известкование. Нормы внесения извести зависят от кислотности (рН) почвы, ее гранулометрического состава, степени насыщенности основаниями. При рН менее 4,5 на супесчаных и легкосуглинистых почвах вносят 4–5 т/га извести, на суглинках и тяжелосуглинистых почвах 6–8 т/га. Если кислотность рН 4,5–5, требуется соответственно 3–4 т/га и 5–7 т/га, а при рН 5,1–5,5 вносят 2–3 т/га и 4–5 т/га. Известь можно вносить во все поля севооборота, но лучше всего – под покровные для многолетних трав культуры. В хозяйствах, где высевают многолетние травы под озимые, известь вносят под пар, а при подсева трав под яровые – под зяблевую вспашку. Ячмень лучше использует последствие извести, чем ее прямое действие. Наибольший эффект при известковании отмечается от извести тонкого помола, частицы которой имеют большую поверхность соприкосновения с почвой и почвенным раствором (Беляков И.И., 1983).

6.4.2. Крупяные культуры

Гречиха

Требования к почве и особенности минерального питания растения. При прорастании семян гречиха выносит семядоли на поверхность почвы. Корневая система стержневая, сильно разветвленная, проникает на глубину до 100 см, однако основная масса её расположена в 25-30 см слое почвы. На подземной части гипокотилия образуются придаточные корни. Глубина проникновения и нарастание общей массы корней зависят от условий произрастания – плодородия и гранулометрического состава почв, сроков и способов посева, погодных условий в период вегетации, а также сор-

та, качества и глубины заделки семян. Корневая система лучше развивается на высокоплодородных почвах.

Благодаря разветвленной корневой системе и сильной кислотообразующей способности гречиха интенсивно усваивает элементы питания из почвы. Из всех полевых культурных растений гречиха обладает наибольшей способностью синтезировать органические кислоты: 7,01 мг кислот на 1 г сухого вещества, для сравнения, кукуруза – лишь 1,038 мг. Считается, что по усваивающей способности она уступает лишь люпину. По массе корней на единицу площади посева гречиха уступает пшенице в 2,4 раза, ячменю – в 1,6 раза, а по поглотительной способности, наоборот, превосходит в 2,7 раза пшеницу и в 5,5 раза ячмень. За один день корни озимой пшеницы в расчете на 1 г корней усваивают 4,9 мг, ржи – 4,8, ячменя – 7,0, овса – 2,8, проса – 22,0, а гречихи – 33,8 мг элементов питания (Каргальцев Ю.В., Пруцков Ф.М., 1986). Среднесуточная скорость потребления растениями гречихи фосфора более низкая, чем скорость поступления азота и калия. По среднесуточному выносу элементов питания и воды гречиха значительно превосходит другие культуры (табл. 222; Анохин А.Н., 1962).

Таблица 222 – Среднесуточное потребление элементов питания и воды растениями гречихи, ячменя и овса в период вегетации, кг/га

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Вода
Гречиха	0,46	0,23	0,62	8300
Ячмень	0,36	0,14	0,46	3400
Овес	0,37	0,15	0,32	6700

Гречиха может возделываться на разных типах почв, начиная с черноземов и кончая солонцеватыми лугово-болотными и подзолистыми. Однако лучшими для нее являются легкие по гранулометрическому составу черноземы и окультуренные подзолистые почвы, хорошо обеспеченные элементами питания и влагой. Ее считают растением влажных долин. Высокие урожаи она формирует на почвах со слабокислой и слабощелочной реакцией, может расти и при колебаниях рН в довольно широких пределах (табл. 223).

Наименее пригодны для произрастания растений гречихи тяжелые по гранулометрическому составу заплывающие почвы. При образовании почвенной корки проростки семян погибают, не имея возможности пробиться на поверхность почвы, или всходы появляются ослабленными. Это ведет к изреживанию посева, зарастанию его сорняками и снижению урожая.

Таблица 223 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для гречихи

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	0,5–1,5	1–3	3–8
рН водной суспензии	5,5–6,5	6,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–35	30–45	45–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,2	0,2–0,4
Содержание СаСО ₃ , %	–	0–6	6–10

Гречиха потребляет и выносит с урожаем большое количество элементов питания, что позволяет отнести ее к числу культур, требовательных к минеральному питанию. Поэтому высевая ее на почвах, богатых гумусом и доступными растениям формами элементов питания, получают более высокий урожай, чем на бедных. При урожае 20 ц/га растения гречихи выносят из почвы 86 кг азота, 61 – фосфора, 151 – калия, 62 кг – кальция, в то время как яровая пшеница при урожае зерна 25 ц/га и соответствующем количестве побочной продукции выносит почти столько же азота, в 2 раза меньше фосфора, в 3 калия и кальция – в 5 раз меньше. Поступившие в растения гречихи элементы минерального питания распределяются по органам не равномерно (табл. 224; Соколов О.А., 1980).

Таблица 224 – Динамика содержания элементов питания в растениях гречихи, % сухой массы

Орган растения	Фаза вегетации			
	ветвление	бутонизация	цветение	созревание
Азот (N)				
Корни	1,30–1,90	1,20–1,80	0,90–1,70	0,50–1,60
Стебли	1,06–3,51	0,59–2,08	0,29–1,23	0,27–0,84
Листья	3,46–5,42	3,22–4,88	1,60–3,42	0,80–1,80
Бутоны	–	2,80–4,73	–	–
Цветки	–	–	2,10–2,97	–
Плоды	–	–	–	1,10–2,77
Фосфор (P ₂ O ₅)				
Корни	0,40–0,90	0,40–0,70	0,30–0,60	0,20–0,30
Стебли	0,72–1,84	0,49–1,33	0,43–1,00	0,07–0,69
Листья	1,08–2,30	0,80–1,40	0,60–1,10	0,44–0,90
Бутоны	–	1,15–1,80	–	–
Цветки	–	–	0,91–1,13	–
Плоды	–	–	–	0,60–0,84
Калий (K ₂ O)				
Корни	0,80–1,50	0,70–1,40	0,55–0,99	0,21–0,41
Стебли	5,21–9,21	3,28–5,39	3,01–4,43	2,32–4,41
Листья	1,50–4,60	2,30–4,20	2,00–3,60	2,00–3,20
Бутоны	–	2,44–3,01	–	–
Цветки	–	–	1,77–2,11	–
Плоды	–	–	–	0,80–1,21

Содержание азота, фосфора и калия в органах растения колеблется в широких пределах. Максимальное количество их находится в молодых тканях и затем постепенно снижается в процессе онтогенеза. Наибольшее количество азота и фосфора содержится в листьях, а калия в стеблях. Минимальное количество биогенных элементов питания находится в корнях гречихи. В надземных вегетативных органах содержится в 2,5-3,0 раза больше фосфора и калия, чем в соломе любой другой зерновой культуры, что свидетельствует о требовательности гречихи к элементам питания. Потребление элементов питания гречихой в разные периоды роста и развития не одинаково (табл. 225).

Наибольшее количество элементов питания растениями гречихи потребляется до фазы цветения: 60–70 % азота, 40–45 – фосфора и 70–75 % калия. В начальный период вегетации она наиболее интенсивно потребляет

азот, используемый растениями для образования белков, большое количество которых расходуется при формировании вегетативных и генеративных органов. Достаточная обеспеченность азотом способствует лучшему развитию растений гречихи и получению высокого урожая. Слабо обеспеченные азотом растения вытягиваются, окраска листьев становится желтовато-зеленоватой, переходящей в желтую, стеблей – пурпурно-зеленоватой. Избыток азотного питания вызывает у растения излишнее развитие надземной вегетативной массы в ущерб корневой системе и образованию зерна, а также удлиняет вегетационный период. При наступлении жаркой сухой погоды такие растения сильно страдают от недостатка влаги и не образуют полноценных плодов.

Таблица 225 – Динамика потребления элементов питания растением гречихи, % от максимального

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Ветвление	4,8	4,1	3,9	1,1
Бутонизация	46,5	32,8	41,4	18,3
Цветение	68,9	45,4	72,3	44,1
Плодообразование	98,5	80,0	96,4	81,8
Созревание	100	100	100	100

Гречиха известна как растение с повышенной требовательностью к фосфорному питанию, оптимизация которого способствует лучшему развитию корневой системы и генеративных органов, а так же равномерному созреванию урожая. Наибольшее количество фосфора растения гречихи потребляют в период бутонизация-налив зерна. Низкое содержание в почве доступных растениям его соединений в период цветения приводит к увеличению удельного веса моносахаров в стеблях, что не благоприятно сказывается на углеводном и белковом обмене и в конечном итоге снижает урожай. Признаки фосфорного голодания у гречихи: темно-зеленая со слабо-пурпурным оттенком окраска листьев. При остром недостатке фосфора верхушки более старых листьев растений отмирают.

Калий необходим растениям гречихи для образования углеводов, повышает их устойчивость к полеганию. Наибольшая потребность гречихи в этом элементе наблюдается в фазы бутонизация и цветения. Обеспеченность им в этот период способствует формированию высокого урожая. Недостаток калия в питании растений гречихи проявляется в виде «ожога» краев листьев, которые вначале желтеют, буреют и затем отмирают. Стебли растений становятся чахлыми и склонны к полеганию.

Максимум потребления кальция и серы приходится на период образования генеративных органов и налива плодов, хотя они поступают в растения в течение всей вегетации.

Наряду с макро- и мезоэлементами растения гречихи для роста и развития нуждаются в микроэлементах. При недостатке в почве бора растения гречихи медленно растут, отмечается отмирание тычинок и пестиков, в большом количестве появляется стерильная пыльца. Дефицит марганца вызывает пожелтение листьев у растений при сохранении зеленой окраски жилок. Это ухудшает усвоение ими углекислоты, снижает интенсивность синтеза сахаров, в результате чего снижаются питание завязей (они опадают), озернен-

ность растений и урожай. Симптомы недостатка марганца у растений гречихи чаще всего наблюдаются на сильно известкованных и кислых почвах ($pH > 6,5$). При возделывании гречихи на черноземах недостаток цинка проявляется в образовании у растений мелких узких листьев и укорочении междоузлий, появлении белесого оттенка или крапчатости. В случае недостатка меди в фазе цветения растений наблюдается пониклость цветоносов и, вследствие этого, образование меньшего количества семян.

Удобрение. Для формирования 1 ц зерна и соответствующего количества вегетативной массы растения гречихи выносят из почвы 5 кг азота, 2,4 кг фосфора и 8 кг калия. С учетом наличия элементов питания в почве и коэффициентов их использования разработаны нормативы затрат удобрений на единицу продукции (табл. 226).

Таблица 226 – Затраты элементов питания на формирование 1 т зерна гречихи

Зона	Затраты, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Лесолуговая	35–40	50–60	30–45
Лесостепная и предгорная	35–40	40–50	20–40
Степная	25–35	30–40	20–30

Высокая потребность растений гречихи в элементах питания связана с интенсивным нарастанием вегетативной массы, быстрым вступлением в генеративный период, образованием большого числа цветков при продолжительном периоде цветения и формирования вегетативных органов. Поэтому удобрениям отводится главенствующая роль в системе мероприятий по повышению урожайности гречихи. Потенциальные возможности удобрений очень велики: при правильном их использовании на фоне высокой агротехники они обеспечивают примерно половину всего прироста урожая. Эффективность внесения органических и минеральных удобрений под гречиху в большой мере зависит от способа и времени их внесения, почвенно-климатических условий хозяйства и общего уровня культуры земледелия. На почвах с низким естественным плодородием (дерново-подзолистые и серые лесные почвы) гречиха положительно реагирует на прямое внесение перепревшего навоза, а также торфо-фосфоритных и навозо-фосфоритных компостов. Норма внесения определяется климатическими условиями зоны, плодородием и гранулометрическим составом почвы, но чаще всего составляет 15–20 т/га. На малоплодородных песчаных почвах эффективно использование в качестве органических удобрений сидератов. На черноземных почвах органические удобрения под гречиху, как правило, не вносят, применяя их под озимую пшеницу и сахарную свеклу. Гречиха же хорошо использует их последствие. Минеральные удобрения при непосредственном внесении повсеместно повышают урожай гречихи, но наибольшая их эффективность проявляется на почвах с pH выше 5,6 и низким уровнем естественного плодородия, расположенных в условиях достаточного увлажнения.

Применение минеральных удобрений повышает урожайность гречихи в среднем по различным почвенно-климатическим зонам страны на 3–5 ц/га, или на 20–45 %. Наиболее высокие прибавки отмечены на дерново-

подзолистых и светло-серых оподзоленных почвах, бедных элементами питания и расположенных в зоне достаточного увлажнения. При движении с севера на юг изменяется не только эффективность системы удобрения, но и отдельных видов удобрений. По мере ослабления выщелоченности почв заметно снижается эффективность азотных и повышается роль фосфорных удобрений. Однако на всех типах почв – от дерново-подзолистых до черноземов выщелоченных, где эффективен азот, лучшие результаты дает совместное внесение азотно-фосфорных удобрений, а также применение полного минерального удобрения.

Нормы удобрений под гречиху в первую очередь зависят от типа почвы, содержания в ней подвижных форм элементов питания, предшественника. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах, содержащих мало гумуса и хорошо обеспеченных подвижными формами фосфора и калия, для получения высокой урожайности гречихи эффективно полное минеральное удобрение с соотношением N : P : K соответственно 2:1:1 или 1,5:1:1. На черноземных почвах гречиха дает высокие урожаи при внесении NPK в соотношении 1:1:1 или 0,5:1:0,5 в зависимости от гранулометрического состава и обеспеченности почв подвижными формами фосфора.

На дерново-подзолистых и серых лесных почвах удобрения применяют из расчета $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$, а на черноземных – $N_{30-45}P_{45-60}K_{20-30}$. При этом коэффициент компенсации выноса азота за счет удобрений составляет 0,5; фосфора в зависимости от его содержания в почве от 1,0 до 1,5; калия – от 0,3 до 0,8.

Поукосные и пожнивные посевы гречихи обеспечивают наибольшую продуктивность в случае внесения удобрений в повышенных дозах под предшественник. В условиях Предкавказья максимальный прирост продуктивности гречихи достигнут при внесении под предшественник $N_{90}P_{90}K_{90}$.

Система удобрения гречихи включает основное, припосевное и подкормки.

Основное удобрение. В большинстве случаев, особенно в засушливых условиях, основное удобрение дает наибольший эффект, т. к. элементы питания при этом полностью заделываются в почву на глубину вспашки, где всегда есть влага. Основное удобрение вносят под зяблевую вспашку или первую культивацию зяби. Осеннее внесение полного минерального удобрения обеспечивает более высокую прибавку урожая, чем весеннее, особенно в зоне неустойчивого увлажнения на черноземах глубоких малогумусных и мощных.

Доза основного удобрения зависит от плодородия почвы, удобрений внесенных под предшественник, и общего уровня культуры земледелия. Обычно на черноземных почвах вносят N_{30-45} , P_{45-60} и K_{20-30} , на серых, темно-серых и черноземах оподзоленных – $N_{45}P_{60}K_{40}$ и на дерново-подзолистых почвах – N_{45-60} , P_{45-60} и K_{50-60} . Дозы фосфорных и калийных удобрений корректируют в зависимости от содержания этих элементов в почве: при среднем – применяется коэффициент 1,3, высоком – 0,7, очень высоком – 0,5. Важнейшим условием высокой эффективности основного удобрения является заделка его с осени под вспашку.

Азотные удобрения применяют весной под предпосевную обработку почвы из расчета 30–50 кг/га азота. Формы азотных удобрений оказывают определенное влияние на урожайность гречихи. Применение сульфата аммония имеет преимущество перед другими формами удобрений (табл. 227).

Положительное действие сульфата аммония обусловлено наличием в нем сульфат-иона. К сказанному о возможном положительном влиянии сульфат-иона можно добавить следующее. Одна из причин низкого урожая гречихи – недостаточное количество полноценной завязи при обильном цвете-

нии. Нормальному формированию завязи способствует интенсивное опыление пчелами, которое наблюдается при высоком содержании нектара. Последний образуется в нектарниках в результате восстановительных процессов. Аммонийная форма азота создает более благоприятные условия для восстановительных реакций, что и приводит к увеличению количества нектара.

Таблица 227 – Влияние азотных удобрений на урожайность зерна гречихи

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка,	
		т/га	%
Без удобрений	1,55	–	–
P ₆₀ K ₄₅ (фон)	1,62	0,07	4,5
Фон + сульфат аммония	1,77	0,22	14,2
Фон + аммонийная селитра	1,65	0,10	6,5
Фон + мочевины	1,58	0,03	1,9

На внесение фосфорных удобрений гречиха положительно реагирует почти на всех типах почв, но наибольшие прибавки они обеспечивают на черноземах. Роль фосфорных удобрений увеличивается по мере уменьшения выщелоченности почв. Из фосфорных удобрений под гречиху используют преимущественно суперфосфат и фосфоритную муку. Фосфоритную муку следует вносить осенью под зяблевую вспашку из расчета 1–1,5 т/га в физическом весе. Водорастворимые фосфорные удобрения применяют под зябь и предпосевную культивацию из расчета P₄₀₋₆₀.

Гречиха хорошо усваивает элементы питания из труднорастворимых фосфатов, поэтому под ее посевы в первую очередь нужно применять фосфоритную муку – наиболее дешевое и в то же время полноценное фосфорное удобрение, особенно на кислых дерново-подзолистых, серых лесных почвах, а также на черноземах выщелоченных и оподзоленных. При правильном использовании фосфоритная мука по удобрительной ценности не уступает суперфосфату и, кроме того, она нейтрализует повышенную кислотность почвы, что повышает эффективность других видов удобрений.

При использовании хлорсодержащих калийных удобрений (хлористый калий, калийная соль) необходимо учитывать повышенную отрицательную реакцию гречихи на хлор. В связи с этим хлорсодержащие калийные удобрения необходимо вносить заблаговременно, под основную обработку почвы, что обеспечивает вымывание хлора за пределы корнеобитаемого слоя. Лучше использовать калийные удобрения, не содержащие хлор, т. е. сульфат калия, калимагнезию или калийно-магниевый концентрат.

Рядковое удобрение. Наряду с основным удобрением большое значение в повышении урожая гречихи имеет рядковое или припосевное. Оно обеспечивает растения элементами питания в начальный период, способствует лучшему развитию корневой системы и усвоению основного удобрения. Наибольший эффект при внесении в рядки дает гранулированный суперфосфат. Это объясняется тем, что с момента прорастания семян и выхода семядолей на поверхность почвы растения гречихи нуждаются в легкоусвояемых солях фосфорной кислоты, которых в это время в почве недостаточно. Поэтому молодые растения могут испытывать недостаток фосфора, что отрица-

тельно сказывается на их последующем развитии и продуктивности. При внесении же суперфосфата в рядки фосфор усваивается в начальные фазы роста и развития, что значительно улучшает режим питания растений и обуславливает высокую эффективность этого приема внесения удобрений.

Подкормка посевов – обязательный агротехнический прием, даже если удобрения в достаточном количестве вносили под предшествующую гречихе культуру или непосредственно перед ее посевом. Критический период у растений гречихи, определяющий во многом уровень ее урожайности, сравнительно короткий. С началом плодообразования растения продолжают ветвиться, накапливают вегетативную массу, усиленно цветут и предъявляют повышенные требования к пищевому, водному, тепловому, воздушному режимам. Чтобы обеспечить оптимальные условия для развития растений, посеvy подкармливают минеральными удобрениями или птичьим пометом, навозной жижей, разбавленной водой. Для подкормки целесообразно использовать сложные удобрения в дозах 10–20 кг/га д.в. При подкормке посевов вносят 4–5 ц/га птичьего помета, разведенного в шести-восьми частях воды, или 4–5 т/га навозной жижи, разбавленной в трех-четыре части воды. Если необходимо задержать ростовые процессы у гречихи и усилить плодообразование, подкормку нужно проводить одним суперфосфатом или древесной золой. Подкормку лучше всего сочетать с междурядной обработкой широкорядных посевов, при этом одновременно с первым рыхлением вносят местные удобрения, а во время второго рыхления – минеральные, используя культиваторы-растениепитатели. При этом вносят удобрения на глубину 8–10 см. При сплошных посевах подкормку следует проводить с помощью авиации или по технологической колее. Лучший срок подкормки гречихи – межфазный период бутонизация–начало массового цветения

На посевах гречихи весьма эффективна и некорневая подкормка растений водными растворами минеральных удобрений. Прибавка урожайности зерна от подкормки составляет 1,4–2,9 ц/га (табл. 228; Алексеева Е.С., 1976).

Таблица 228 – Влияние некорневой подкормки растений на урожайность зерна гречихи, ц/га

Удобрение	Урожайность	Прибавка
Вода (контроль)	25,6	–
Мочевина	27,0	1,4
Аммонийная селитра	28,5	2,9
Суперфосфат	28,5	2,9

Некорневую подкормку посевов гречихи следует проводить в фазу бутонизация–начало массового цветения. Её проводят во второй половине дня или после небольшого дождя, так как влажные листья лучше поглощают элементы питания. Подкормка в сухую и дождливую погоду не дает эффекта.

Под гречиху наряду с твердыми удобрениями широко рекомендуется применение жидких (жидкий аммиак и жидкие комплексные) удобрений. Использование жидких комплексных удобрений (ЖКУ) в производстве имеет ряд существенных преимуществ. ЖКУ представляют собой раствор, содержащий два наиболее важных элемента минерального питания (азот и фосфор) в оптимальном соотношении – 10 и 34 % по массе. Во время погрузки и разгрузки полностью исключается ручной труд, а при транспортировке, хране-

нии и внесении в почву предотвращаются потери элементов питания. Эти удобрения в своем составе не содержат свободный аммиак, в связи с чем отпадает необходимость использования для их транспортировки и хранения герметических емкостей, а также внесения в почву на определенную глубину с целью предотвращения возможных потерь азота. Применение ЖКУ выгодно тем, что они быстро усваиваются растениями и имеют высокий коэффициент использования элементов питания. С точки зрения технологических процессов внесения и требований технологии возделывания ЖКУ имеют следующие преимущества: снижение потерь (по сравнению с твердыми удобрениями) в 10–15 раз; возможность равномерного распределения по площади поля (неравномерность 10–15 %); получение абсолютно точных соотношений элементов питания в растворах; при правильном комплектовании машин увеличение производительности в 1,5–2 раза по сравнению с разбросным способом.

В зависимости от используемых машин и требований агротехники удобрения можно вносить поверхностно с последующей заделкой или внутрипочвенно. Дозу внесения и соотношение элементов питания устанавливают по данным картограмм обследования полей, исходя из планируемого урожая и наличия удобрений в хозяйстве. При внесении жидких удобрений необходимо соблюдение следующих агротехнических требований: глубина заделки при внутрипочвенном способе внесения — 12–18 см; влажность почвы не должна превышать 22 %; расстояние между лентами при локальном способе — не более 35 см; нельзя применять поверхностный способ, если скорость ветра превышает 10 м/с; при температуре воздуха ниже 18°C ЖКУ следует подогревать. В зонах неустойчивого увлажнения жидкие азотные удобрения лучше вносить под вспашку, в зонах достаточного увлажнения на заплывающих почвах — поздней осенью при безотвальной обработке зяби. ЖКУ можно вносить одновременно с лущением жнивья, а также поздней осенью при культивации. Гречиха малочувствительна к почвенной кислотности, однако, для более эффективного использования удобрений почвы с повышенной кислотностью известкуют, внося по 1–1,2 т/га извести. На легких почвах следует вносить магний в виде доломитовой муки от 30 до 60 кг на 1 га.

Гречиха высоко отзывается на микроудобрения. Применение их на посевах гречихи улучшает обмен веществ в растениях, повышает урожай и качество зерна. При применении микроудобрений под гречиху используют один из микроэлементов, находящийся в минимуме.

В почву микроудобрения вносят в составе сложных минеральных удобрений (табл. 229). Предпосевная обработка семян проводится растворами солей микроэлементов, которая хорошо совмещается с протравливанием и применением пленкообразующих веществ.

Таблица 229 – Нормы и способы внесения микроудобрений

Микроэлемент	В почву, кг д. в. на 1 га		Предпосевная обработка семян, г/т
	до посева	в рядки	
B	–	0,2	200–300
Cu	0,5–1,0	–	200–350
Mn	1,5–3,0	1,5	150–250
Zn	1,2–3,0	–	200–250
Mg	0,5–0,6	–	200–300

Некорневую подкормку растений гречихи проводят водными растворами микроэлементов: В – 0,01-0,05 %-ный, Мп – 0,02-0,03%-ный и Мо – 0,1%-ный, в вечерние часы при расходе жидкости 500 л/га.

Микроэлементы, внесенные в подкормку, способствуют усилению фотосинтеза и дыхания, более интенсивному усвоению азота, фосфора и калия из удобрений, лучшему развитию и ускорению созревания репродуктивных органов, повышению устойчивости растений гречихи к заболеваниям.

Просо

Требования к почве и особенности минерального питания растения. Просо произрастает на различных почвах – черноземных, каштановых, солонцеватых, солонцовых, лугово-болотных, серых лесных и подзолистых. Лучшие почвы для его возделывания – структурные, хорошо аэрируемые, с высоким содержанием легкорастворимых форм элементов питания, чистые от сорняков. По гранулометрическому составу наиболее пригодны средне- и легко суглинистые почвы. Уплотнение почвы, переувлажненность, глеевые явления, слитость – неблагоприятны. Малопригодны для проса скелетные каменистые почвы. Среди зерновых эта культура является одной из наиболее устойчивых к засолению. Лучшая почвенная среда для проса – нейтральная или слабощелочная (табл. 230; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 230 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для проса

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–8	–
pH водной суспензии	6,5–7,0	7–8	8,0–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины(<0,01 мм), %	10–30	30–45	45–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,2	0,2–0,6
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–10

В засушливых условиях просо целесообразнее высевать на более связанных, а в районах достаточного увлажнения – на более легких, хорошо прогреваемых почвах. На заплывающих землях всходы появляются поздно, изреживаются, а иногда совсем не появляются.

На формирование 1 ц зерна и соответствующего количества соломы просо потребляет 2,8–4 кг N, 1–2 кг P₂O₅, 2,3–3,4 кг K₂O. По количеству потребляемых элементов питания оно близко к яровой пшенице (табл. 231; Сараев П.И., 1942). Больше всего просо выносит калия, затем азота и фосфора. Наибольшее количество азота и фосфора (60-70 %) выносится с зерном, а калия, наоборот, более 90 % выносится с соломой.

В начальный период своего развития растения просо больше всего нуждаются в азотном питании, затем – в калийном и фосфорном. Максимальная потребность в азоте и калии приходится на период кущения-цветения растений, а в фосфоре – выметывание метелки-молочная спелость зерна (табл. 232; Лысов В.Н., 1968).

Таблица 231 – Хозяйственный вынос элементов питания зерновыми культурами

Культура	Вынос, кг/га			
	азот (N)	фосфор (P ₂ O ₅)	калий (K ₂ O)	кальций (CaO)
Просо	45,0	21,0	53,0	15,4
Рожь озимая	34,5	20,6	39,0	10,0
Пшеница яровая	47,8	18,8	31,5	8,2
Ячмень	35,5	14,0	29,8	8,1

Таблица 232 – Динамика потребления элементов питания растением проса, % от максимального

Показатель	Фаза вегетации		
	кущение	цветение	спелость
Сухое вещество	3	38	100
Вынос: азота	8	60	100
калия	7	97	100
кальция	5	55	100
фосфора	4	43	100

Внешние симптомы недостатка азота у растений проса – желтовато-зеленая, переходящая в желтую, окраска листьев и их отмирание с кончика; фосфора – замедленный рост растений и темно-зеленая окраска листьев; калия – «ожог» краев листьев; на ранних стадиях верхушки и края наиболее старых листьев сначала буреют, а затем отмирают.

В питании растений проса существенное значение имеют мезоэлементы: кальций, магний, железо и микроэлементы: бор, марганец, цинк медь, молибден. Они повышают активность различных ферментов, ускоряют биохимические процессы в растениях, способствуют синтезу аминокислот, белков, витаминов и углеводов.

Недостаток марганца наблюдается чаще на карбонатных почвах. Листья покрываются хлоротичными пятнами разных тонов («серая пятнистость»). Симптомы недостатка цинка проявляются обычно на черноземах и выражаются в формировании листьев с белесым оттенком или крапчатостью.

Оптимизация питания растений способствует более производительному использованию воды, повышению фотосинтетической активности ассимиляционного аппарата, количества и качества урожая.

Удобрение. Просо весьма требовательно к уровню плодородия почвы. Для его нормального развития необходимо достаточное количество доступных растениям форм элементов питания в почве (табл. 59; Мартыненко Б.П., Осадчук А.П., 1986).

Научно обоснованную систему удобрения проса составляют для каждого поля, учитывая:

- результаты агрохимического обследования участка и его агрохимического паспорта;
- систему мероприятий по комплексному агрохимическому окультуриванию поля, включающую внесение известковых и органических удобрений;

- потребность растений в элементах питания на основе агрохимического обследования почв и результатов растительной диагностики;
- комплексную обработку семян фунгицидами, пленкообразующими препаратами и микроэлементами.

Таблица 233 – Рекомендуемые величины агрохимических показателей почвы при выращивании проса

Тип почвы	Содержание подвижных форм, мг/кг почвы		Метод определения
	фосфор	калий	
Серые лесные	160	160	по Кирсанову
Черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные и обыкновенные	160	160	по Чирикову
Черноземы предкавказские и приазовские	35	300	по Мачигину
Каштановые	30	300	по Мачигину

Эффективность внесения удобрений под просо в большой мере зависит от почвенно-климатических условий хозяйства, способа внесения и общего уровня культуры земледелия.

Система удобрения проса включает в себя основное удобрение, предпосевное, припосевное, или рядковое, и подкормку (рис. 6).

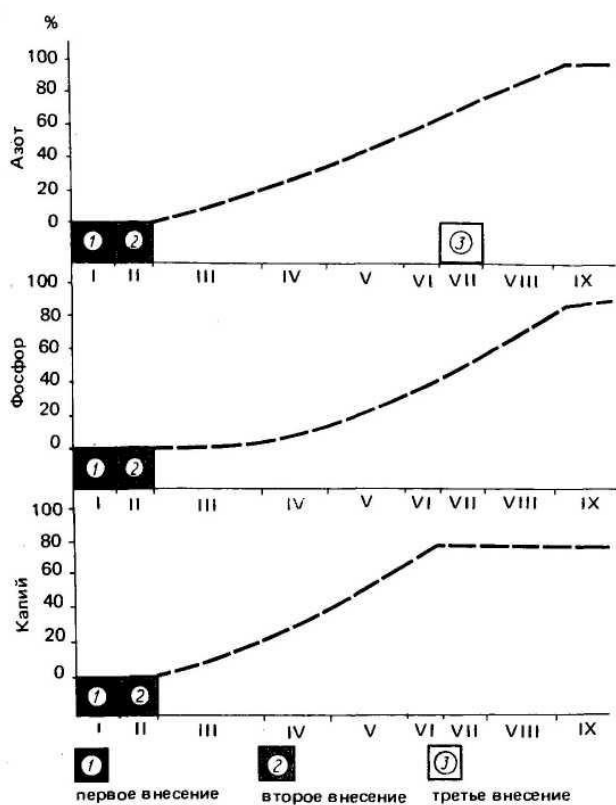


Рисунок 6 – Сроки внесения удобрений по фазам развития проса в зависимости от потребления растениями из почвы основных элементов питания, % общей потребности:
 I – до сева; II – в рядки; III – прорастание семян – всходы; IV – кушение; V – выход в трубку; VI – выметывание; VII – цветение; VIII – формирование зерна; IX – созревание

Создание оптимальных условий минерального питания растений можно предусмотреть при расчете норм удобрений. Затраты на получение 1 т основной продукции с учетом побочной приведены в таблице 234.

Таблица 234 – Затраты элементов питания на 1 т продукции, кг д.в.

Природно-экономический район	Всего	в том числе		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Центрально-Черноземный район	81	29	29	23
Поволжье	71	24	27	20
Северный Кавказ	73	25	31	17

Нормы фосфорных и калийных удобрений корректируют в зависимости от содержания фосфора и калия в почве: при высоком содержании применяется коэффициент 0,7, при среднем – 1,3. Расчет норм минеральных удобрений для каждого конкретного поля целесообразно проводить балансовым методом на основании выноса элементов минерального питания.

Основное удобрение. Основное удобрение обычно вносят осенью под зяблевую вспашку. При этом применяют как органические, так и минеральные удобрения. Из органических – наиболее распространенным является навоз, а также перегной, птичий помет и всевозможные компосты из органических отходов. Хорошим органическим удобрением для проса является запаханная зеленая масса люпина. Особенно сильно реагируют растения проса на внесение навоза в северных районах его возделывания, на более бедных почвах. Просо очень хорошо использует последствие навоза. Поэтому в районах, где широко возделывают озимую пшеницу, сахарную свеклу, кукурузу, картофель, навоз вносят под эти культуры, а после них размещают просо.

Дозы основного удобрения дифференцируют в зависимости от предшественника, планового урожая и содержания элементов питания в почве. Под основную обработку рекомендуются примерно следующие дозы при посеве проса после озимых и ранних зерновых культур: 30-40 кг/га азота, 30-50 – фосфора и 40 кг/га калия. Доза внесения навоза определяется типом почвы: на черноземах – 15-25 т/га, на лесных суглинках – 30-35 и подзолистых почвах – 40 т/га.

Главное условие высокой эффективности основного удобрения – его заделка с осени под вспашку. В засушливых зонах с осени целесообразно применение полного удобрения, в увлажненных зонах и на почвах легкого гранулометрического состава фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под вспашку, а азотные – под предпосевную культивацию. Внесение минеральных удобрений под культивацию зяби весной дает меньший эффект, чем под вспашку осенью. Лишь азотные удобрения лучше применять весной под культивацию, так как они могут вымываться из почвы. При плоскорезной обработке почвы наибольший эффект дает внесение минеральных удобрений зерновыми сеялками на глубину 3-4 см и более или сеялками, оборудованными для наклонно-ленточного внесения туков.

Лучшими формами минеральных удобрений для проса являются аммонийная селитра, суперфосфат и хлористый калий. При плоскорезной обработке почвы целесообразно использовать сложные удобрения: аммофос, нитрофоску, нитроаммофос.

Рядковое удобрение. Важное звено в системе удобрения проса – внесение удобрений в рядки при посеве. Сразу после прорастания семян эта культура

остро нуждается в усвояемых формах фосфора. Поэтому рядковое фосфорное удобрение улучшает питание растений в первые фазы их развития, усиливает рост корневой системы и дает значительную прибавку урожая. В этом случае повышается коэффициент использования растениями фосфора. При рядковом внесении наиболее эффективен гранулированный суперфосфат в дозе P_{10-15} .

Следует отметить, что внесение удобрений в рядки при посеве не может заменять основное удобрение, а лишь дополняет его. Только правильное сочетание основного и рядкового удобрений создает благоприятные условия питания растений и обеспечивает наиболее высокий урожай проса. Удобрения, внесенные в рядки, усиливают рост и развитие растений в начальных фазах, а затем, с ростом корневой системы вглубь почвы, растения интенсивно используют элементы питания, внесенные в основной прием.

Подкормка. Растянutosть потребления растениями просо элементов питания и высокая потребность в них во второй половине вегетации обуславливают необходимость подкормок. Их проводят в фазе кущения и начала выхода растений в трубку. Примерные дозы минеральных удобрений при первой подкормке: $N_{20}P_{30}K_{20}$, второй – $N_{10}P_{15}K_{15}$. На широкорядных посевах сочетают подкормку с междурядной обработкой культиваторами-растениепитателями. Удобрение вносят на глубину 8-10 см на расстоянии 8-10 см от рядка. При сплошном посеве подкормку можно проводить с помощью авиации или по постоянной технологической колее.

Подкормка особенно эффективна в случае, когда удобрения не вносились ни под зяблевую вспашку, ни под культивацию зяби, ни при посеве проса. Ее целесообразно применять при достаточной увлажненности верхнего слоя почвы. В засушливых условиях, когда верхний слой почвы иссушается, подкормка неэффективна. Возможно проведение некорневой подкормки растворами минеральных удобрений.

Микроудобрения. В почву микроудобрения вносят в составе сложных минеральных удобрений. Дозы и способы приведены в таблице 235.

Таблица 235 – Дозы и способы внесения микроудобрений на посевах проса

Микроэлемент	Внесение с макроудобрениями, кг/га		Предпосевная обработка семян, г/т
	до посева	в рядки	
B	–	0,2	200–300
Cu	0,5–1,0	–	200–350
Mn	1,5–3,0	1,5	150–200
Zn	1,2–3,0	–	200–250
Mg	0,5–0,6	0,2	–

Предпосевная обработка семян проводится солями микроэлементов и хорошо совмещается с протравливанием и пленкообразующими веществами.

В фазе налива зерна рекомендуются некорневые подкормки посевов проса поликомпонентными удобрениями, содержащими в своем составе азот и микроэлементы. Для этих целей используются мочевины (N_{5-10}) и 0,05 % водные растворы микроэлементов (Mo, B, Cu, Zn, Co, Mn). Норма расхода рабочей жидкости 200 л/га. Агроприем способствует повышению содержания белка в зерне.

Рис

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Рис можно возделывать на самых разнообразных почвах. При определении пригодности почвы для его посева риса необходимо учитывать ее гранулометрический состав и водопроницаемость. Самыми подходящими для этой культуры почвами являются наносные почвы речных долин и приречных низменностей и вообще почвы среднетяжелые, богатые глинистыми и иловатыми частицами с водонепроницаемой подпочвой. Почвы для риса должны обладать: а) небольшой водопроницаемостью, исключающей излишний расход оросительной воды (при наличии водопроницаемой подпочвы оросительную воду удержать невозможно и поэтому такие участки не пригодны для использования под рис), б) большой поглотительной способностью, в) плодородием.

Лучшими для размещения посевов риса являются почвы, которые сформировались при участии гидрофитной растительности и богатых органическим веществом: луговые, лугово-болотные, перегнойно-глеевые, различные слитые почвы. Рис хорошо растет на черноземах слитых суббореального пояса, смольницах и тырсах субтропиков, регурах и черных слитых почвах тропиков. Совершенно не пригодны под эту культуру солончаки, песчаные и каменистые почвы. На таких почвах рис не растет, или требует огромных расходов оросительной воды при общей их бедности элементами питания. Не пригодны для него легкие почвы, так как они обладают провальной водопроницаемостью. Однако если легкие почвы подстилают маловодопроницаемые глины, то их можно использовать под рис при оптимизации режима питания. В таких условиях культивируют рис на Кубе, на приморских террасах с супесчаными латеритными почвами, на аллювиально-делювиальных тяжелых глинах.

Немаловажное значение для риса имеет реакция почвенного раствора. Рисовое растение более чувствительно к отклонению в сторону щелочности, чем кислотности почвы, т. к. при затоплении активная кислотность почвы падает. При полной обеспеченности элементами питания оптимальная для риса кислотность почвы колеблется в пределах рН 6,5–8,7 (табл. 236; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 236 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для риса

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	0,5–1,5	1,5–4,0	4,0–8,0
рН водной суспензии	3,5–6,5	6,5–8,7	8,7–9,0
Плотность, г/см ³	1,30–1,40	1,40–1,50	1,50–1,65
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	45–55	55–65	65–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–8	8–15
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,9	0,9–1,5
Содержание СаСО ₃ , %	–	0–5	5–15

Несмотря на возможность возделывания риса как мелиорирующей культуры на засоленных почвах, следует учитывать, что проростки риса погибают при исходном содержании в них хлористого натрия >0,3 %, а углекислого натрия >0,1 % от сухой массы почвы.

Недопустимо использовать под рис черноземы, не осложненные явлениями слитости. Эти почвы водопроницаемы и при затоплении быстро дегра-

дируют. Проблематично длительное использование под рис каштановых и других почв с сульфатным засолением глубоких горизонтов. В результате затопления в нижних слоях почвы создаются анаэробные условия, что приводит к восстановлению сульфатов с образованием ядовитого для растений сероводорода. На почвах сухостепных территорий урожаи риса в первые годы освоения оросительных систем не стабильны. Со временем урожайность риса резко снижается, что связано с деградацией почв: подъем грунтовых вод, повышение их минерализации, вторичное засоление, осолонцевание и ошелачивание почв, интенсивное оглеение, развитие слитизации. Для предотвращения этих явлений необходимы глубокий дренаж, химическая мелиорация, глубокое рыхление, щелчевание, посеы люцерны, внесение органических и физиологически кислых минеральных удобрений. С другой стороны, многие малоценные засоленные почвы можно окультурить при возделывании на них затопляемого риса в севообороте с многолетними травами.

Основная масса корней риса располагается в поверхностном 0–10 см слое почвы, и поэтому эта культура легко переносит почвы с неблагоприятными свойствами в нижней части почвенного профиля, глубже 40 см, такими как слитость, солонцеватость, латеритность. Вместе с тем рис весьма чувствителен к недостатку элементов питания в почве. Всасывающая поверхность корней невелика, т. к. имеется мало корневых волосков. Это предопределяет необходимость повышенного уровня эффективного плодородия пахотного слоя почвы, высокое содержание в нем органического вещества и включение в севооборот полей с многолетними травами (Вальков В.Ф., 1986).

Специфические почвенные условия, создающиеся в затопленном рисовом поле, обуславливают многие особенности пищевого режима почв, вызванные тем, что вскоре после затопления из почвы исчезает свободный кислород и начинают развиваться сильно выраженные восстановительные процессы. Это сказывается на условиях питания растений. Практически полностью исчезают из корнеобитаемого слоя почвы такие важные источники минерального питания растений как нитраты и сульфаты. В то же время затопление почвы рисового поля создает благоприятные условия для повышения подвижности и доступности растениям фосфора, калия и целого ряда других макро- и микроэлементов.

На формирование 1 т зерна и соответствующего количества соломы растения риса потребляют 20,8 кг азота, 12,4 – фосфора, 21,5 – калия, 3,3 магния, 2,6 – кальция, 0,4 кг железа, 159,2 г марганца, 39,6 – цинка, 7,8 – меди, 3,8 – бора, 0,8 – молибдена и 0,7 г кобальта. Эти элементы питания рис усваивает на протяжении всего вегетационного периода, хотя их поступление в растения неравномерно (табл. 237).

Таблица 237 – Динамика потребления элементов питания растением риса, % от максимального

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Всходы	3,0	2,2	2,6
Кушение	31,5	15,6	27,5
Выметывание	90,2	94,8	92,6
Созревание зерна: молочная	97,0	98,5	99,2
восковая	99,6	100	100
полная	100	99,3	97,6

В период от прорастания семян до формирования 3–4-х листьев растениями поглощается очень незначительное количество элементов питания. В это время корневая система еще слабо развита и молодые растения очень требовательны к наличию в почве легкоусвояемых форм элементов питания. Недостаток их приводит к необратимому нарушению биохимических процессов в растении, что отрицательно отражается на их развитии и формировании урожая. В связи с этим период всходы-начало фазы кущения растений считается для риса критическим периодом по отношению к элементам минерального питания.

С наступлением фазы кущения потребность риса в элементах питания резко возрастает. Максимальное их поступление в растения приходится на период кущения-выметывания. При достижении фазы молочно-восковой спелости зерна поступление элементов питания в растения из почвы практически прекращается.

Для создания оптимальных условий роста и развития растений риса необходимо обеспечить их сбалансированное питание всеми элементами. Это достигается применением макро- и микроудобрений с учетом сортовых особенностей, предшественника, технологии выращивания и почвенно-климатических условий. Окупаемость полного минерального удобрения при оптимальном соотношении N:P:K в благоприятных условиях составляет 12–15 кг зерна на 1 кг элементов питания, а прибавка на 1 кг азота может достигать 25–30 кг зерна.

Применение удобрений. Для обеспечения сбалансированного питания растений риса в период вегетации необходимы органические и минеральные удобрения.

Азотные удобрения. Из минеральных удобрений, вносимых под рис, ведущая роль в повышении урожайности культуры принадлежит азотным удобрениям. Они обеспечивают 80–90 % прибавки урожая, получаемой от применения удобрений.

Азот из удобрений в течение нескольких часов поступает в растения и включается в состав белков. Эффективное действие азотных удобрений продолжается в течение 10–15 дней, поэтому под рис их применяют дробно. За 2–3 дня перед посевом вносят 25 % от нормы. Этого достаточно для создания в почве доминирования фосфора над азотом, что создает благоприятные условия для питания проростков риса. В результате возникают благоприятные условия для получения дружных всходов. Кроме того, уменьшаются потери азота из-за денитрификации при просушке почвы и выноса со сбросными и фильтрационными водами. Потребность растений риса в азоте резко возрастает при их переходе к кущению, что совпадает с появлением 3–4 листа. Для стимулирования процесса кущения и улучшения условий для закладки конуса нарастания в этот период необходимо внести 50 % от нормы азотных удобрений. Более раннее применение азота неэффективно, т. к. до этого времени хватает основного удобрения. При запаздывании с подкормкой появляется значительное количество непродуктивных побегов. Для формирования продуктивного стеблестоя, повышения озерненности и выполненности зерновок в возрасте 7–9 листьев, т. е. к началу фазы трубкования растений, необходимо внести оставшиеся 25 % от нормы азота. Такая схема внесения азотных удобрений наиболее полно соответствует физиологическим потребностям растений риса, существенно снижает непроизводительные потери азота и загрязнение окружающей среды нитратами и нитритами. Лучшими формами удобрений являются сульфат аммония и карбамид.

Норму азота рассчитывают с учетом планируемой урожайности, нормативного расхода азота на формирование 1 ц зерна и поправочного коэффициента на агрохимические свойства почвы по формуле:

$$O_N = Y_{\Pi} \cdot H \cdot K,$$

где: O_N – норма азота, кг/га;

Y_{Π} – планируемая урожайность, ц/га;

H – нормативный расход азота на формирование 1 ц зерна (составляет 2,08 кг в условиях Кубани);

K – поправочный коэффициент на предшественник: пласт многолетних трав – 0,8, оборот пласта многолетних трав – 1,0; пар – 1,1.

Фосфорные удобрения. Фосфор способствует хорошему развитию корневой системы, усиливает использование растением элементов минерального питания из почвы и удобрений, ускоряет закладку репродуктивных органов. При применении фосфорных удобрений под рис необходимо учитывать не только потребность растений в фосфоре и специфику превращений фосфорных соединений в почвах рисовых полей, но и количество внесенного азота. В хорошо аэрированной почве содержание подвижных фосфатов, как правило, невысокое. После затопления, в результате нарастания восстановительных процессов, фосфаты слаборастворимого окисного железа переходят в форму хорошо растворимого закисного железа, и содержание подвижного фосфора в почве значительно возрастает, что повышает обеспеченность риса этим элементом. Разное содержание подвижных фосфатов в почве до и после затопления определяет достаточно высокую эффективность фосфорных удобрений при внесении их до посева риса, и слабую – при применении в виде подкормок в фазы кущения и трубкования растений, хотя максимальное поглощение фосфора приходится именно в этот период.

Почвы зоны рисосеяния Кубани по содержанию подвижного фосфора разделены на четыре группы (табл. 238). На почвах с низкой и средней обеспеченностью подвижным фосфором отзывчивость риса на фосфорные удобрения высокая, с повышенной – слабая.

Норму фосфорных удобрений рассчитывают по формуле:

$$O_P = 2/3 \cdot D_N \cdot K,$$

где: O_P – норма фосфора, кг/га;

D_N – норма азота, кг/га;

K – поправочный коэффициент, отражающий содержание подвижного фосфора в почве (приведен в табл. 238).

Таблица 238 – Группировка почв зоны рисосеяния Кубани по содержанию подвижных форм фосфора, мг/кг почвы

Обеспеченность	Содержание фосфора в почве при определении по:				Поправочный коэффициент к нормам удобрений для учета агрохимических свойств почвы
	Труогу	Чирикову	Мачигину	Аррениусу	
Низкая	<40	<25	<15	<75	1,50
Средняя	40–80	25–50	15–30	75–150	1,00
Повышенная	81–120	51–75	31–45	151–175	0,50
Высокая	>120	>75	>45	>175	0,00

Фосфорные удобрения под рис целесообразно вносить за один прием до посева сплошным способом или локально вместе с семенами, в последнем случае рекомендуется дозу фосфора уменьшить на 50 %.

Калийные удобрения. Калий является третьим по значимости элементом питания риса, содержание которого в почве необходимо регулировать путем внесения калийных удобрений. Калий поступает в растения непрерывно в течение всего периода вегетации. Он способствует активному поглощению кислорода молодыми растениями, участвует в формировании конуса нарастания, а следовательно, повышает озерненность метелки. Калий, внесенный в подкормку перед цветением, способствует перераспределению элементов питания в органах растений и их интенсивному оттоку в метелку, что и определяет его влияние на массу зерновок риса. Норма калийных удобрений под рис зависит от содержания в почве обменного калия и обеспеченности растений азотом.

Почвы зоны рисосеяния Кубани по содержанию обменного калия разделены на четыре группы: с низкой, средней, повышенной и высокой обеспеченностью (табл. 239). На почвах с низким и средним содержанием обменного калия отзывчивость риса на внесение калийных удобрений высокая, с повышенным – слабая.

Таблица 239– Группировка почв зоны рисосеяния Кубани по содержанию обменного калия, мг/кг почвы

Обеспеченность	Содержание калия в почве при определении по:			Поправочный коэффициент к нормам удобрений для учета агрохимических свойств почвы
	Чирикову	Масловой	Мачигину	
Низкая	<100	<150	<300	1,50
Средняя	100–150	150–250	300–500	1,00
Повышенная	151–200	251–300	501–600	0,75
Высокая	>200	>300	>600	0,00

Норму калийного удобрения рассчитывают по формуле:

$$O_K = 1/2 D_N \cdot K,$$

где: O_K – норма калия, кг/га;

D_N – норма азота, кг/га;

K – поправочный коэффициент, отражающий содержание обменного калия в почве (приведен в табл. 68).

Калийные удобрения дают наибольший эффект при внесении их в два срока: одну половину нормы до посева, а вторую – в виде подкормки в фазу трубкования.

Примерная система удобрения риса в восьмипольном рисовом севообороте представлена в таблице 240.

Микроудобрения. Рисовые почвы из-за значительных различий по геоморфологии, литологии, гидрологии, а также существенных техногенных воздействий, неизбежных при организации рисовых оросительных систем, отличаются по содержанию подвижных форм микроэлементов – бора, кобальта, марганца, меди, молибдена, цинка (табл. 241; Шеуджен А.Х., 2016).

Таблица 240 – Примерная система удобрения в восьмипольном рисовом севообороте

Культура	Основное удобрение	Подкормка	Всего
На лугово-черноземных, луговых и аллювиально-луговых почвах			
Люцерна	N ₄₀ P ₉₀ K ₄₀	–	N ₄₀ P ₉₀ K ₄₀
Люцерна	–	N ₄₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀
Рис	N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀
Рис	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₃₀ P ₃₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀
Рис	N ₁₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀	N ₅₀	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₉₀
Занятый пар	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₃₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀
Рис	N ₁₀₀ P ₁₂₀ K ₉₀	N ₅₀	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₉₀
Рис	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₃₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₉₀
На лугово-болотных почвах			
Люцерна	N ₄₅ P ₆₀	–	N ₄₅ P ₆₀
Люцерна	–	N ₄₅ P ₆₀ K ₃₀	N ₄₅ P ₆₀ K ₃₀
Рис	N ₉₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₃₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀
Рис	N ₁₀₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₅₀	N ₁₅₀ P ₉₀ K ₆₀
Рис	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₃₀	N ₁₈₀ P ₉₀ K ₉₀
Занятый пар	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₃₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀
Рис	N ₁₀₀ P ₁₂₀	N ₅₀	N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₉₀
Рис	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₃₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₉₀

Наибольшее количество водорастворимого бора обнаружено в рисовой лугово-черноземной солонцеватой почве, несколько меньше — в перегнойно-глеевой. Луговая, лугово-черноземная и аллювиальная лугово-болотная почвы по его содержанию несколько уступают вышеназванным и существенно не различаются между собой. Меньше всего водорастворимого бора содержит аллювиальная луговая почва. Во всех почвах наблюдается четко выраженная тенденция его накопления в подпахотном горизонте. Такой характер распределения водорастворимого бора в рассматриваемых почвах объясняется его миграцией вниз по профилю вместе с глинистыми частицами и, прежде всего, с илистой фракцией.

Подвижным кобальтом лучше обеспечена рисовая лугово-черноземная солонцеватая почва. Наиболее бедны им аллювиальная лугово-болотная и аллювиальная луговая почвы. Близки по содержанию подвижного кобальта луговая, лугово-черноземная и перегнойно-глеевая почвы, содержащие его меньше, чем лугово-черноземная солонцеватая, но значительно больше, чем луговая и аллювиальная луговая. В рисовых почвах, за исключением лугово-черноземной солонцеватой, наблюдается тенденция снижения количества подвижного кобальта в пахотном слое. Содержание его в пахотном слое лугово-черноземной солонцеватой почвы выше, чем в подпахотном горизонте.

Высоким содержанием подвижного молибдена характеризуется рисовая перегнойно-глеевая почва. Сравнительно мало его в лугово-черноземной солонцеватой и аллювиальной луговой почвах. Содержание подвижного молибдена в луговой, лугово-черноземной и аллювиальной лугово-болотной почвах приблизительно одинаковое. По содержанию подвижного молибдена они занимают промежуточное положение между перегнойно-глеевой и аллювиальной луговой почвами. В целом, количество его в рисовых почвах невелико и слабо дифференцировано по профилю. Этому способствовали, по-видимому, ежегодно проводимые планировки чеков, а также длительное нахождение поля под слоем воды при выращивании риса.

Таблица 241 — Содержание подвижных форм микроэлементов в рисовых почвах Кубани, мг/кг

Микро- элемент	Слой почвы, см	Лугово- черноземная		Лугово-черно- земная солонце- ватая		Луговая		Аллювиальная луговая		Аллювиальная лугово-болотная		Перегнойно- глеевая	
		\bar{x}	V, %	\bar{x}	V, %	\bar{x}	V, %	\bar{x}	V, %	\bar{x}	V, %	\bar{x}	V, %
B	0-20	0,92	37	1,86	29	0,81	49	0,78	63	0,96	50	1,02	14
	20-40	1,26	40	1,93	28	0,93	37	0,81	62	1,04	13	1,21	20
Co	0-20	0,89	38	1,26	37	0,92	13	0,75	65	0,62	44	0,96	47
	20-40	0,92	36	1,23	19	1,02	33	1,02	38	0,86	40	0,98	61
Mn	0-20	48,6	45	64,2	43	60,6	38	42,6	24	56,6	40	56,0	21
	20-40	50,4	50	66,8	45	63,4	19	54,4	65	58,2	30	62,3	14
Cu	0-20	4,24	27	6,71	60	5,16	26	5,07	60	4,11	22	6,62	26
	20-40	4,22	30	6,68	49	5,15	29	5,02	48	4,98	39	6,34	39
Mo	0-20	0,21	13	0,17	28	0,20	20	0,17	50	0,22	26	0,34	42
	20-40	0,20	29	0,17	17	0,20	30	0,19	44	0,21	23	0,28	14
Zn	0-20	0,84	56	0,64	54	0,86	86	0,78	95	0,90	30	1,88	55
	20-40	0,82	42	0,63	56	0,86	86	0,82	70	0,89	10	1,85	45

Подвижным цинком наиболее бедны рисовые лугово-черноземная солонцеватая и аллювиальная луговая почвы, лучше обеспечена — перегнойно-глеевая. Луговая, лугово-черноземная и аллювиальная лугово-болотная почвы по количеству подвижного цинка практически не отличаются друг от друга и занимают промежуточное положение между лугово-черноземной солонцеватой и перегнойно-глеевой. Наблюдается слабая аккумуляция подвижных форм этого элемента в пахотном слое лугово-черноземной, аллювиальной лугово-болотной и перегнойно-глеевой почв. Цинк по профилю луговой почвы распределен равномерно. В аллювиальной луговой почве обнаружено больше цинка в подпахотном слое. Видимо, это связано с особенностями почвообразовательного процесса данных почв.

Наблюдается существенное различие почв зоны рисосеяния по обеспеченности подвижным марганцем. Сравнительно богаты этим элементом лугово-черноземная солонцеватая почва, несколько уступает ей луговая. За луговой следуют аллювиальная лугово-болотная и перегнойно-глеевая почвы. Замыкают этот ряд лугово-черноземная и аллювиальная луговая. Во всех почвах отмечается обеднение пахотного слоя подвижным марганцем.

Больше подвижных форм меди обнаруживается в рисовой перегнойно-глеевой и лугово-черноземной почвах, несколько меньше — в луговой и аллювиальной луговой. Лугово-черноземная и аллювиальная лугово-болотная почвы наиболее бедны этим элементом. Наблюдается слабая аккумуляция подвижной меди в пахотном слое лугово-черноземной, луговой, аллювиальной луговой и перегнойно-глеевой почв. Подпахотный горизонт аллювиальной лугово-болотной почвы больше содержит подвижной меди, чем пахотный.

Необходимо отметить, что практически все рисовые почвы низко- и среднеобеспеченны подвижными формами микроэлементов. Богарные почвы той же исходной генетической принадлежности отличаются лучшей обеспеченностью ими. Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах одного подтипа или рода значительно колеблется. В этом отношении особенно выделяется аллювиальная луговая почва. Коэффициент вариации содержания в ней подвижных форм микроэлементов в отдельных случаях достигает почти 100 %. Следовательно, эффективное применение микроудобрений возможно только после обследования каждого поля на содержание подвижных форм микроэлементов. Считать, что вариация содержания подвижных форм микроэлементов в почвах зоны рисосеяния Кубани вызвана неодинаковой удобренностью, окультуренностью полей, различным количеством так называемых «остаточных элементов», — нет никаких оснований, т. к. микроудобрения под рис практически не применялись. Здесь нет также и почв, регулярно удобряемых органикой. Судя по всему, вариация в содержании микроэлементов в почвах вызвана особенностями генезиса и неогенезиса почв дельты р. Кубань и, не в последнюю очередь, изменениями их гранулометрического и в большей мере — минералогического состава. По обеспеченности подвижными формами микроэлементов превосходство имеет перегнойно-глеевая почва. Однако, из-за малой мощности самой почвы содержание микроэлементов в корнеобитаемом слое недостаточно для получения высокого урожая зерна риса с хорошим качеством. Следовательно, практически все рисовые почвы Кубани слабо обеспечены подвижными формами бора, кобальта, молибдена, цинка, марганца и меди.

По обеспеченности почв отдельными микроэлементами и соответственно потребности их во внесении микроудобрений различают три группы: низко-, средне- и высокообеспеченные (табл. 242; Шеуджен А.Х., 2016).

Таблица 242 – Группировка рисовых почв Кубани по содержанию подвижных форм микроэлементов

Обеспеченность	Содержание микроэлементов, мг/кг									
	B	Mo	Mn		Cu		Zn		Co	
	водная вытяжка	оксалатная вытяжка	1	2	1	2	1	2	1	2
Низкая	<0,5	<0,15	<20	<35	<0,3	<4,5	<3	<1	<0,1	<0,5
Средняя	0,5-1,0	0,15-0,25	20-30	35-75	0,3-0,6	4,5-6,5	3-6	1-2	0,1-0,3	0,5-1,5
Высокая	>1,0	>0,25	>30	>75	>0,6	>6,5	>6	>2	>0,3	>1,5

1 – ацетатно-аммонийный буфер pH 4,8

2 – по Пейве-Ринькису

Технология применения микроудобрений под рис. В настоящее время разработаны три способа внесения микроудобрений: непосредственно в почву, предпосевная обработка семян, некорневая подкормка растений.

Внесение микроудобрений в почву наиболее целесообразно при низкой обеспеченности ее подвижными формами микроэлементов. При этом бор, кобальт и молибден вносятся в дозах 2 кг/га, медь – 3, марганец и цинк 4 кг/га. На среднеобеспеченных микроэлементами почвах рекомендуемые нормы микроудобрений уменьшаются на 50 %. Обязательным условием достижения высокой эффективности микроудобрений в рисоводстве является высокий агрофон. Микроудобрения вносятся в почву перед посевом риса одновременно с другими минеральными удобрениями. Так как в микроудобрениях действующего вещества содержится меньше 100 %, расчет количества внесения их на 1 га следует вести по формуле:

$$D = \frac{A \cdot 100}{B},$$

где: A – норма микроэлемента, кг/га;

B – содержание микроэлемента в удобрении, %;

D – норма микроудобрения, кг/га.

Если для предпосевного внесения в почву используются чистые соли микроэлементов, их непосредственно перед применением необходимо тщательно перемешать с калийно-фосфорными туками для равномерного распределения по площади посева или вносить отдельно в виде водного раствора наземной техникой или с помощью авиации. Все районированные на Кубани сорта риса хорошо отзываются на внесение микроудобрений в почву. Прибавка урожайности зерна от внесения микроудобрений в почву составляет 3–6 ц/га.

Обработка семян. Наиболее эффективным способом применения микроудобрений в рисоводстве является обработка семян. Ее рекомендуется проводить при пониженном содержании микроэлементов в посевном материале: бора меньше 2,6 мг/кг, кобальта – 0,3, молибдена – 0,5, цинка – 28,0, марганца – 42,0, меди – 5,6 мг/кг (табл. 243; Шеуджен А.Х., 2016).

Таблица 243 – Обеспеченность семян риса микроэлементами и ожидаемая эффективность от применения микроудобрений

Обеспеченность семян	Содержание микроэлемента, мг/кг						Ожидаемая эффективность
	Cu	Mo	B	Mn	Co	Zn	
Низкая	<3,3	<0,3	<1,9	<26	<0,2	<19	Высокая
Средняя	3,3-5,6	0,3-0,5	1,9-2,6	26-42	0,2-0,3	19-28	Средняя
Высокая	>5,6	>0,5	>2,6	>42	>0,3	>28	Низкая

Зависимость урожая зерна риса (Y) от содержания микроэлементов в высеваемых семенах (X) выражается следующими уравнениями регрессии:

Бор (B)	$Y=6,9+0,64 \cdot X$ ($r=0,95$)
Кобальт (Co)	$Y=7,11+2,88 \cdot X$ ($r=0,90$)
Молибден (Mo)	$Y=6,11+5,74 \cdot X$ ($r=0,94$)
Цинк (Zn)	$Y=3,11+0,25 \cdot X$ ($r=0,97$)
Марганец (Mn)	$Y=5,51+0,10 \cdot X$ ($r=0,89$)
Медь (Cu)	$Y=5,98+0,58 \cdot X$ ($r=0,95$)

Обработку посевного материала следует проводить одним, наиболее дефицитным в семенах микроэлементом, что эффективнее смеси микроэлементов, использование которой оправдано лишь при низком обеспечении семян одновременно несколькими микроэлементами.

Содержание микроэлементов в семенах достаточно тесно коррелирует с их силой роста, в частности с количеством и массой проростков. Нами введен дополнительный показатель, объединяющий эти важнейшие составляющие силы роста — бонитет прорастания семян (Шеуджен А.Х., 2016). Результаты исследования приведены в таблице 244.

Таблица 244 – Бонитет прорастания семян и урожайность риса при предпосевной обработке посевного материала микроэлементами

Показатель	Контроль	Микроэлемент					
		B	Co	Mn	Cu	Mo	Zn
БПС	186	200	226	217	241	238	223
Урожайность, ц/га	68,5	72,1	74,5	72,7	76,6	74,7	73,9

Установлена высокая корреляционная зависимость между бонитетом прорастания семян и урожайностью зерна риса, во все годы проведения полевых экспериментов. Это дает нам основание широко рекомендовать определение бонитета прорастания семян (БПС) для установления наиболее дефицитного в семенах микроэлемента с целью их обогащения перед посевом.

Обработку семян риса проводят 0,5 % водным раствором бора, кобальта, молибдена, меди и 1,0 % – марганца, цинка полусухим способом – 10 л водного раствора микроэлементов на 1 т посевного материала. Количество микроудобрений необходимое на одну заправку машины, рассчитывается по следующей формуле:

$$Д = \frac{К - 1000}{П} \cdot Б,$$

где: К – рекомендуемая концентрация раствора, %,

П – содержание действующего вещества в микроудобрении,

Б – емкость резервуара для рабочей жидкости (для ПНШ-3 она составляет 50 л,

ПС-10 – 250 л, ПСК-20К-4 – 300 л).

Для обработки семян расчетную дозу микроэлемента, растворенную в большом объеме воды, вливают в резервуар машины, из которого подается рабочая жидкость в смесительную камеру, и доводят водой до заданного объема. В течение 2–3 мин компоненты перемешиваются и затем приступают к обработке семян. Все водорастворимые формы микроудобрений обеспечивают примерно одинаковую прибавку урожая и пригодны для обработки семян независимо от сорта риса. Экономически наиболее оправдано проведение обработки семян микроэлементами в единой технологии с протравливанием их ядохимикатами, что не снижает полезного действия микроэлементов и токсичности ядохимиката. Семена риса, обработанные микроэлементами, можно хранить в течение двух месяцев, если их влажность не превышает нормы, допустимой для посевного материала, при этом эффект от данного агроприема не снижается. При посеве «свежеобработанными» семенами возможен их недосев из-за снижения сыпучести, поэтому специалистам необходимо следить за нормой высева при посеве риса такими семенами. Предпосевная обработка семян риса способствует повышению полевой всхожести семян риса на 3–5 %, снижает пустозерность материала на 2–3 % и увеличивает урожайность зерна на 4–8 ц/га.

Некорневая подкормка вегетирующих растений. Высокоэффективным приемом внесения микроудобрений является также и некорневая подкормка растений. В данном случае микроэлемент наносится непосредственно на фотосинтетический аппарат растения, где происходит его усвоение. Микроэлементы воспринимаются через листья, стимулируют обмен веществ в растениях, тем самым оказывая положительное влияние на потребление и усвоение рисом элементов питания из почвы, что приводит к повышению эффективности использования минеральных и органических удобрений, росту урожая зерна и улучшению его качества. Проведению некорневой подкормки рисового агроценоза микроудобрениями должна предшествовать растительная диагностика. Некорневую подкормку проводят в фазе кущения растений при содержании в листостебельной массе бора меньше 3,48 мг/кг, кобальта – 1,10, молибдена – 0,66, цинка – 36,0, марганца – 270,0, меди меньше 8,1 мг/кг сухой массы (табл. 245; Шеуджен А.Х., 2016).

Таблица 245— Оптимальные уровни содержания микроэлементов в растениях риса

Микроэлемент	Кущение	Выметывание	Ожидаемое содержание микроэлемента в зерне, мг/кг
B	3,48–3,70	3,05–3,62	2,48–2,68
Co	1,10–1,50	0,52–0,50	0,32–0,30
Mo	0,66–0,74	0,56–0,62	0,44–0,46
Zn	36,2–44,1	34,4–37,5	25,6–26,7
Mn	270,2–284,3	222,4–254,0	40,0–41,3
Cu	8,10–8,90	7,10–8,20	5,30–5,80

Функциональная зависимость между ожидаемым содержанием микроэлементов в зерне риса и их количеством в листостебельной массе в предыдущие фазы вегетации растений описывается уравнениями регрессии (табл. 246; Шеуджен А.Х., 2016). Коэффициенты корреляции между рассматриваемыми показателями, в фазе выметывания составляют 0,82–0,96, что указывает на достаточно тесную связь.

Таблица 246 — Зависимость содержания микроэлемента в зерне (Y) от его количества в листостебельной массе растений риса (X)

Микроэлемент	Фаза вегетации	
	кущение	выметывание
B	$Y = -0,634 + 0,909 \cdot X$ $r = 0,90$	$Y = 1,400 + 0,351 \cdot X$ $r = 0,95$
Co	$Y = 0,210 + 0,100 \cdot X$ $r = 0,84$	$Y = -0,200 + 1,00 \cdot X$ $r = 0,89$
Mo	$Y = 0,275 + 0,250 \cdot X$ $r = 0,88$	$Y = 0,253 + 0,333 \cdot X$ $r = 0,90$
Zn	$Y = 20,275 + 0,139 \cdot X$ $r = 0,79$	$Y = 13,395 + 0,355 \cdot X$ $r = 0,82$
Mn	$Y = 15,068 + 0,920 \cdot X$ $r = 0,74$	$Y = 37,440 + 0,013 \cdot X$ $r = 0,79$
Cu	$Y = 0,238 + 0,625 \cdot X$ $r = 0,88$	$Y = 2,090 + 0,453 \cdot X$ $r = 0,96$

Для некорневой подкормки растений используют 0,1 % водные растворы микроэлементов из расчета 400 л/га при использовании наземной аппаратуры. Лучшее время для ее проведения – утренние и вечерние часы. В пасмурную и прохладную погоду можно работать в течение всего дня. Некорневую подкормку посевов риса целесообразно проводить при пониженном слое воды в чеках – 5–7 см. При возможности следует совмещать этот агроприем с обработкой посева риса пестицидами и регуляторами роста растений, смешивая рабочий раствор пестицидов или регуляторов роста с раствором микроэлементов непосредственно перед началом работы. Для некорневой подкормки посевов риса пригодны как хелатные, так и водорастворимые соли микроэлементов, но эффективность последних несколько ниже. Некорневая подкормка посевов риса микроудобрениями положительно влияет на озерненность метелки и выполненность зерновок, повышает качество зерна, увеличивает урожайность риса на 3–5 ц/га.

Воздушно-тепловой обогрев обогащенных микроэлементами семян риса. Воздушно-тепловой обогрев посевного материала положительно сказывается на энергии, скорости и дружности прорастания семян риса. Этот агроприем позволяет на 2–3 дня раньше получить полноценные всходы риса и повысить урожайность на 2,5–4,5 ц/га. Наибольший эффект воздушно-тепловой обогрев дает при предварительной обработке семян риса микроэлементами.

Воздушно-тепловой обогрев проводится в специальных камерах при температуре 35°C в течение 24 ч.

Органические удобрения. Органическое вещество является одним из наиболее важных и характерных компонентов почвы и значение его для почвообразования и плодородия исключительно огромно и многообразно. При

минерализации органического вещества высвобождаются все необходимые растениям элементы питания. Поэтому большое значение имеет систематическое пополнение почв рисовых полей органическим веществом за счет пожнивных и корневых остатков культур севооборота и внесения органических удобрений. Они повышают биологическую активность почвы, способствуют мобилизации доступных растениям риса форм элементов питания, улучшают агрегатный состав и водно-физические свойства почвы, создают благоприятные окислительно-восстановительные условия в почвенной среде. Свежее органическое вещество, заделываемое в почву рисового поля, является источником энергии для жизнедеятельности полезной микрофлоры, материалом для образования гумусовых веществ и способствует улучшению физических и физико-химических процессов в почве.

Растения риса в 0–20 см слое почвы накапливают растительных остатков более 1,2 т/га. Наибольшее их количество на удобренном фоне остается при выращивании по пласту и обороту пласта люцерны, а наименьшее – в бесменном посеве. Внесение минеральных удобрений вызывает увеличение надземной массы растений риса и их корневой системы на 12–16 %. В среднем двухлетняя люцерна оставляет до 13,8 т/га воздушно-сухой растительной массы, в том числе 11,7 т/га в слое 0–20 см. Из парозанимающих культур больше растительных остатков оставляет озимая рожь и ее смеси с горохом зимующим – 9,4–10,6 т/га воздушно-сухой массы. По количеству оставленного в почве свежего органического вещества промежуточные культуры распределяются по следующему убывающему ряду: а) при летнем посеве: горчица – рапс – овес – вика – горох зимующий; – рапс + горох, – рапс + вика, – горчица + вика, – горчица + горох, – овес + вика, – овес + горох; б) при летнем посеве в занятом пару: рапс + рожь, – горох зимующий; – рожь + горох, – рожь + рапс; в) при осеннем посеве после уборки риса: рожь – рапс – горох зимующий; рожь + горох, – рожь + рапс (Уджуху А.Ч., Шашенко В.Ф.. 2008).

Пополнение почвы органическим веществом также зависит от соотношения и совокупного действия культур в рисовом севообороте. В шестипольном рисовом севообороте с многолетними травами за ротацию в почву поступает 37,4 т/га сухой растительной массы или 6,2 т/га органического вещества в год, содержащего 89 кг азота. Несколько меньше органических остатков и азота накапливается в пятипольном севообороте без промежуточных культур. Наименьшее среднегодовое количество органического вещества и заключенного в нем азота (4,8 т/га и 42,6 кг/га) поступает в почву на удобренном бесменном посеве риса.

Для сохранения плодородия почвы необходимо ежегодное пополнение ее свежими органическими остатками в количестве 10–12 т/га, независимо от уровня минерального питания. Это достигается насыщением рисовых севооборотов промежуточными и сидеральными культурами. Количество растительных остатков можно увеличить путем выращивания промежуточных культур в то время, когда поля не заняты основными культурами. Это сидеральные посевы озимых культур самолетом в созревающий рис или их прямой посев после его уборки, а также введение в севооборот вместо люцерны занятого пара, в том числе и двухлетнего. Но в этом случае только в одном поле надземная масса промежуточных культур может использоваться в качестве корма, а в другом – в качестве зеленого удобрения.

Возделывание в таких севооборотах промежуточных культур, в основном на сидеральные цели, позволяет накопить достаточное количество свежего органического вещества, которое обеспечит сохранение почвенного

плодородия без снижения урожайности риса. Выращивание промежуточных культур в то время, когда поля не заняты рисом, возможно после его уборки или в паровом поле. В занятом пару их можно возделывать в летнем и осеннем поукосном или пожнивном посевах, а в рисовом поле только при осеннем посеве в неубранный рис или пожнивном после его уборки.

После озимой пшеницы для летних посевов в занятом пару пригодны горох, вика, горчица, рапс в чистом виде или в смеси с овсом. Продолжительность теплого периода для вегетации этих культур около трех месяцев, что достаточно для получения укосной спелости. Вегетация растений, посеянных в занятом пару пожниво в конце июля начале августа, проходит при уменьшающемся дне и коротковолновой радиации, что задерживает развитие культур длинного дня (овса, гороха, вики, рапса) и препятствует нарастанию зеленой массы. Но для целей сидерации этой массы вполне достаточно.

На удобренном фоне при посеве после занятого пара продуктивность риса в случае использования надземной массы промежуточных культур на кормовые цели, а также и запашке всего урожая в качестве зеленого удобрения, существенно не различаются.

Лучшими промежуточными культурами для осеннего посева в занятом пару являются озимая пшеница, рожь и озимый рапс. Весной эти культуры быстро формируют надземную массу, и к концу апреля она достигает 15–17 т/га. Промежуточные культуры формируют значительное количество корней. Озимая рожь при урожайности зеленой массы 20 т/га оставляет в слое 0–20 см до 3,2 т/га сухих корней, а озимый горох и рапс соответственно 0,8 и 1,0 т/га. При запашке всего урожая промежуточных культур на зеленое удобрение озимая рожь увеличивает количество сухого органического вещества в почве до 8,7 т/га, рапса – 5,1 и зимующего гороха до 3,0 т/га.

Ценность растительной массы промежуточных культур как органического удобрения определяется также сравнительно высоким содержанием в ней элементов питания. Так, по данным А.Ч. Уджуху и В.Ф. Шащенко (2003) при запашке 32,2 т/га зеленой массы смеси озимой ржи и гороха зимующего в почву поступает 5,41 т/га сухого вещества содержащего 116,8 кг азота, 35,4 фосфора и 240,3 кг калия, что равноценно 30 т навоза (цит. по: Титков А.А., Кольцов А.В., 2007).

Выращивание многолетних трав, промежуточных и сидеральных культур не заменяет внесение навоза. Под рис его вносят в полуперепревшем или перепревшем виде весной под перепашку. При возделывании риса в севообороте норма внесения навоза составляет 20–40 т/га. На песчаных, малопродуктивных почвах, а также на срезках норму внесения навоза повышают до 60–80 т/га. Глубина заделки навоза – 10–15 см. Размер комков вносимого навоза не должен превышать 60 мм, а содержание крупных фракций – не более 30 % от нормы внесения.

В навозе в среднем содержится 0,5 % азота, 0,25 % фосфора и 0,6 % калия. В нем в небольшом количестве находятся элементы питания в легкоусвояемой форме, большей же частью они становятся доступными после его разложения. В первый год растения усваивают 20–30 % аммонийного азота, 50–55 % фосфора и 60–70 % калия от общего их содержания в навозе. Помимо макро- и мезоэлементов, в навозе имеются микроэлементы, количество которых колеблется в очень широких пределах в зависимости от содержания их в почве, на которой выращены кормовые культуры. Кроме того, под влиянием органического вещества усиливаются микробиологические процессы в почве, в результате повышается растворимость, а, следовательно, и доступность растениям элементов минерального питания. Внесение навоза способствует улучшению

водно-физических свойств почвы: снижается объемная масса, повышается влагоемкость, увеличивается степень насыщенности основаниями.

Важный источник пополнения почвы органикой – внесение рисовой соломы. Ее широко используют в отечественной и зарубежной земледельческой практике. Солома примерно на 85 % состоит из органического вещества, причем, очень ценного для повышения плодородия почвы. Целлюлоза, пентозаны, гемицеллюлоза и лигнин (до 80 %) являются углеродистым энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов. Это основной строительный материал для синтеза гумуса почвы. В соломе также имеется 1–5 % протеина, 0,7–2,0 % декстрина и всего лишь 3–7 % золы.

В состав органических веществ соломы входят все необходимые растениям элементы питания, которые под воздействием микроорганизмов почвы минерализуются в легкодоступные формы. Химический состав соломы довольно широко изменяется в зависимости от почвенных и погодных условий. При урожае зерна 50 ц/га на поле остается примерно 5 т/га соломы. Рисовая солома содержит 0,7 % азота, 0,2 % фосфора, 1,8 % калия, 50 % углерода, 2 мг/кг бора, 0,3 – кобальта, 0,4 – молибдена, 200 – марганца, 20 – цинка, 3 мг/кг меди. При заделке 5 т/га измельченной соломы осенью запасы азота в почве повышаются на 20–25 кг, фосфора – на 4–7, калия – на 60–90 кг. О качестве соломы, как органического удобрения, судят по отношению в ней углерода к азоту: чем оно меньше, тем ценнее органическое удобрение.

Ценными органическими удобрениями являются гидролизный лигнин и отходы производства кормовых дрожжей. Эффективность использования лигнина и продуктов его модификации в рисоводстве во многом определяется их адсорбционными свойствами, которые создают условия для удержания элементов питания и их постепенного выделения в почвенный раствор. Лигнин имеет кислую реакцию, а влажность его достигает 63–75 %. Сухая масса представлена более чем на 90 % органическими веществами. Гидролизный лигнин богат органическим веществом, имеет благоприятные водно-физические свойства, но содержит мало элементов минерального питания для растений. От общего содержания 18–28 % органических веществ являются ближайшими прототипами гуминовых и фульвокислот. Среди зольных элементов большое количество серы (1,1 %) и кальция (0,7 %). Причем, около 30 % их общего количества находится в водорастворимой форме. Фосфора и калия содержится в среднем 0,06 и 0,09 % от сухого вещества. Содержание азота невысокое – 0,34–0,39 % сухого вещества, и только 14 % от общего количества составляет легкогидролизуемая фракция. Отношение C:N очень широкое (75–117). Лигнин химически поглощает нитраты из почвенного раствора, причем, воспрепятствовать этому можно путем нейтрализации его кислотности. Аммонийный азот он поглощает слабо, следовательно, более эффективен на почвах с высокой аммонифицирующей способностью, и его целесообразно применять в сочетании с азотными удобрениями.

Внесение под рис лигнина в чистом виде не рекомендуется из-за низкого содержания в нем элементов питания и высокой кислотности. В то же время на основе гидролизного лигнина получают целый ряд биологически активных веществ и удобрений. Кроме этого, его используют для приготовления различного рода компостов, структурообразователей и мелиорантов.

Сорго

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Почвы родины сорго саванные (красно-бурые и красно-коричневые латеритизированные) малогумусны и не отличаются высоким плодородием. Их большая ожелезненность из-за ферраллитизованности и латеритизованности создает эффект псевдопеска, легкости гранулометрического состава. Поэтому сорго растет на супесчаных, легкосуглинистых и суглинистых почвах. Сорго не требуется высокое содержание в почве органического вещества. Однако это не значит, что структурные хорошо гумусированные почвы, глинистые и тяжелосуглинистые – неблагоприятны для его выращивания.

Большую роль в экологическом приспособлении растений сорго к почвам играет очень мощная мочковатая сильно разветвленная корневая система, проникающая вглубь до 2,5 м. Масса корней у сорго больше, чем у других однолетних растений, и намного превышает биомассу надземных органов. Это позволяет считать сорго культурой, которая облагораживает почвы, повышает их гумусированность и плодородие.

Сорго устойчиво к засоленности и солонцеватости почв. Обладает большой пластичностью к реакции почвенного раствора (табл. 247; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 247 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для сорго

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–3	3–6	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–30	30–45	45–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,1–0,2	0,2–0,4
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–10

Из зональных почв в суббореальном поясе для сорго благоприятны все черноземы южно-европейской фации, черноземы южные, каштановые, бурые полупустынные почвы. В субтропическом поясе для его возделывания пригодны коричневые, серо-коричневые почвы и сероземы. Таким образом, эту культуру возможно возделывать почти на всех почвах, кроме заболоченных и холодных, с близким стоянием грунтовых вод.

Зерно сорго отличается высоким содержанием макро- и микроэлементов в сравнении с кукурузой и ячменем (табл. 248; Шепель Н.А., 1989).

Потребность растений сорго в азоте, фосфоре и калии определяется целями его возделывания и влагообеспеченностью. В наибольшем количестве оно поглощает азот. Период максимального потребления этого элемента растениями наступает на 20–35 день после появления всходов. Интенсивное поглощение азота продолжается до начала цветения растений. При азотном голодании в молодом возрасте у растений сорго отмечается отставание в росте, слабое развитие ассимиляционной поверхности и сокращение жизнедеятельности листьев. А при чрезмерном азотном питании в начале вегетации растения фор-

мируют большую ассимиляционную поверхность и при наступлении засушливой погоды сильно страдают от недостатка влаги. Избыточное азотное питание в конце вегетации (за исключением растений сорго, возделываемых на кормовые цели) растений также недопустимо, так как приводит к уменьшению озерненности метелки и увеличению продолжительности вегетационного периода.

Таблица 248 –Содержание макро- и микроэлементов в зерне сорго, кукурузы и ячменя

Культура	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Cu	I	Mn	Mo	Zn
	%				мг/кг				
Сорго	0,117	0,297	1,072	0,126	2,960	0,080	28,40	0,600	2,6
Кукуруза	0,078	0,300	0,279	0,094	0,187	0,014	1,07	0,091	19,5
Ячмень	0,161	0,396	0,607	0,103	3,423	0,220	22,25	0,410	21,4

Интенсивное поглощение корнями сорго фосфора наблюдается с первых дней роста и развития растений. К фазе выметывания ими поглощается около 50 % от общего количества этого элемента. При недостатке фосфора и на высоком азотном фоне у растений сорго чрезмерно развивается вегетативная масса, затягивается период вегетации и запаздывает созревание, что крайне не желательно. Калий усваивается растениями более равномерно в течение всего периода вегетации. На образование единицы урожая зерна растение сорго расходует 75 % азота, 60 % фосфора и 90 % калия от того количества, которое потребляет кукуруза.

Удобрение. Внесение удобрений улучшает питание, рост и развитие растений и в конечном итоге способствует получению более высоких урожаев. Повышенные требования предъявляет растение сорго к азотному и фосфорному питанию. Калийные удобрения более эффективны при совместном внесении с азотными и фосфорными.

Удобрения не только повышают урожай сорго, но и влияют положительно на его качество. Так, фосфорные удобрения способствуют ускорению созревания и снижают содержание синильной кислоты в растениях, калийные – придают растениям устойчивость к полеганию и ускоряют созревание, азотные, наоборот, вызывают чрезмерный рост вегетативных органов в ущерб урожаю, замедляют созревание и повышают в молодых растениях содержание глюкозидов. Поэтому при выборе доз и соотношений удобрений должны обязательно учитываться такие факторы, как цель и особенности возделывания, содержание элементов питания в почве, биологические особенности сорта или гибрида.

На формирование 1 ц зерна сорго расходует азота 1,7–4,0 кг; фосфора 0,35-0,95 и калия 1,8-2,7 кг.

Система удобрений сорго включает основное и припосевное внесение. Ориентировочные нормы: N₃₀₋₆₀P₄₀₋₆₀K₂₅₋₆₀, навоза 15-30 т/га. Навоз вносят под основную обработку почвы. Фосфорные и калийные удобрения, как правило, применяют под зяблевую вспашку или весной под одну из ранних обработок почвы, азотные – весной под предпосевную культивацию и при подкормке. Гранулированный суперфосфат в дозе P₂₀ целесообразно вносить в рядки при посеве. Для определения дозы удобрений следует учитывать содержание элементов питания в почве. С этой целью проводят почвенную диагностику, что значительно повышает экономический эффект от применения минеральных удобрений.

Проростки сорго чувствительны к концентрации почвенного раствора, которая повышается при внесении удобрений в предпосевной или припосевной периоды. Ингибирующее воздействие удобрений на прорастание семян наблюдается особенно при их совместном внесении. Во избежание отрицательного эффекта рекомендуется вносить азотные и азотно-фосфорные удобрения глубже семян и в стороне от них.

Определенный интерес представляет обработка семян сорго микроэлементами. Для этих целей используются 0,5 % водные растворы бора, кобальта, молибдена, цинка, марганца и меди. Норма расхода рабочего раствора 10 л/т посевного материала.

6.4.3. Зерновые бобовые культуры

Бобы

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Бобы лучше всего удаются в приморских и предгорных районах, во влажных низинах и местностях с равномерным распределением атмосферных осадков. На кислых почвах они растут плохо. Критической для этой культуры является рН 4,1. Высокий и стабильный урожай бобов можно получить на дерново-карбонатных и дерново-подзолистых почвах, а также на чернозёмах с рН 6-7. При достаточной водообеспеченности эту культуру также выращивают на супесчаных почвах. Очень плохо бобы растут на песчаных почвах. Они успешно развиваются и дают хорошие урожаи на осушенных торфяниках (при известковании).

Бобы очень требовательны к выровненности поверхности поля. Даже в небольших впадинах они раньше всходят, но позже созревают. Очень неравномерно созревают на холмистых и родниковых почвах.

Бобы требовательны к элементам питания в течение всего периода вегетации. Для формирования 1 т урожая зерна и соответствующего количества побочной продукции им необходимо 60-70 кг азота, 15-21 – фосфора, 25-28 – калия, 22-28 – кальция, 3-5 кг магния. При урожайности зерна 3-3,5 т/га эта культура выносит из почвы 40-50 кг фосфора, 120-150 кг калия, по 50 кг кальция и азота. Бобы, как и другие зернобобовые, потребляют вдвое больше элементов питания по сравнению с зерновыми (табл. 73; Савенкова Л.М., 1991). Таким образом, на полях одинакового плодородия для получения равного с ячменем урожая под кормовые бобы следует вносить калия в 2,8 раза, фосфора – в 2,4 раза больше. Потребность растений в минеральных элементах питания в значительной степени зависит от погодных условий: в засушливое лето фосфора используется меньше, а калия – больше, чем во влажное.

Таблица 249 – Максимальное потребление элементов питания (кг) 1 т основной продукции и соответствующим количеством органической массы

Культура	Вид продукции	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Бобы кормовые	семена	65	26	55
Горох	–	64	21	29
Ячмень	зерно	30	11	20
Пшеница озимая	–	35	13	23

Удобрение. Из всех зерновых бобовых культур бобы в наибольшей степени нуждаются во внесении органических удобрений. Во всех зонах возделывания на дерново-подзолистых, черноземных и серых лесных почвах они дают высокие прибавки урожая при внесении навоза. При их возделывании следует вносить 25-30 т/га навоза под зябь, но в особенно прохладных и дождливых погодных условиях органические удобрения лучше применять под предшественник. Высокоэффективны и минеральные удобрения (табл. 250; Боднар Г.В., Лавриненко Г.Т., 1977).

Таблица 250 – Влияние удобрений на урожайность кормовых бобов

Почва	Урожайность зерна без удобрений, ц/га	Прибавка, ц/га	
		РК	НРК
Дерново-подзолистая	10,8	4,9	4,9
Темно-серая лесная	18,6	1,7	3,3
Чернозем оподзоленный	14,2	1,8	2,0
Чернозем выщелоченный	17,0	4,5	5,3
Чернозем обыкновенный	12,9	2,5	3,9

Бобы, благодаря мощной корневой системе хорошо используют элементы питания из почвы. Однако они предъявляют повышенные требования к наличию их легкорастворимых форм соединений. Если навоз не вносят, то для удовлетворения высокой потребности бобов в азоте в начале роста необходимо вносить перед посевом азотное удобрение из расчета 40-50 кг/га. Стартовые дозы азота для бобов способствуют более интенсивному росту растений и формированию листовой поверхности. Под эту культуру эффективны фосфорно-калийные удобрения, способствующие лучшему развитию семян и ускоряющие созревание растений. По сравнению с другими однолетними бобовыми культурами у бобов слабее выражена способность усваивать фосфор и калий из труднорастворимых соединений, что вызывает необходимость применения под них относительно высоких доз фосфорно-калийных удобрений. Под вспашку рекомендуется вносить по 45-60 кг/га фосфорных и калийных удобрений. Зарубежный опыт показал, что хорошая обеспеченность фосфором и калием уменьшает поражение бобов болезнями.

Большое значение в повышении урожайности бобов имеет известкование кислых почв. Его проводят при значениях $pH < 6,0$. В зависимости от степени кислотности почвы нормы известки колеблются от 3-4 до 4-6 т/га.

Подготовка семян к посеву бобов ничем не отличается от подготовки других зернобобовых культур. С осени они должны быть доведены до посевных кондиций по чистоте, влажности и всхожести. Обязательна обработка семян микроудобрениями, нитрагином и ядохимикатами. Из микроэлементов бобы в первую очередь отзываются на молибден, кобальт, бор, марганец и медь.

Микроэлементы применяют путем предпосевной обработки семян и некорневой подкормки посевов в фазе бутонизации растений: доза 50 г д. в. на 1 т семян и 200 г д. в. на 1 га; расход рабочего раствора соответственно 10 и 50-100 (при авиаобработке), 300-400 л/га (надземном способе).

Горох

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Горох – культура высокоплодородных «пшеничных» почв. Он предъявляет повышенные требования к сложенности почвы. Плохо растет на плотных и бесструктурных почвах тяжелого гранулометрического состава, не выносит заболочивания. Лучшие для него почвы – черноземы различных подтипов. Отрицательно реагирует на почвенную засуху. Угнетается на кислых почвах и нечувствителен к карбонатности. Хорошо растет в интервале рН от 6,0 до 8,5 (табл. 251; Вальков В.Ф. и др., 2007). Для гороха неблагоприятны песчаные и супесчаные почвы. Эта культура высоко чувствительна к солонцеватости и засолению почвы.

Таблица 251 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для гороха

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
рН водной суспензии	5,5–6,0	6,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	15–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	<3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	<0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–3	3–6

Для формирования 1 т зерна и соответствующего количества вегетативной массы горох потребляет 4,5–6,0 кг азота, 17–20 – фосфора, 35–40 – калия, 25–30 – кальция, 8–13 кг магния и микроэлементы.

Элементы питания растения гороха на протяжении всего вегетационного периода усваивают неравномерно (табл. 76). Максимальное потребление растениями гороха элементов питания и накопление органического вещества совпадают с фазой налива зерна, когда нижние бобы начинают желтеть. В период от всходов до фазы бутонизации потребляется около половины азота и фосфора, а калия – 70 % от максимального накопления этих элементов в растениях. С переходом растения в репродуктивный период развития, особенно от налива до созревания зерна, накопление этих элементов резко возрастает. К фазе образования бобов потребление растениями гороха азота достигает 90 % от максимального, фосфора – 70 %; калия полностью завершается.

Таблица 252 – Динамика потребления элементов питания растением гороха, % от максимального

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Всходы	2,0	2,2	5,8
Ветвление стебля	12,5	10,0	24,5
Бутонизация	50,4	48,8	70,2
Образование бобов	89,6	70,0	100
Полная спелость	100	100	98

Основной биологической особенностью питания растений гороха является фиксация азота воздуха за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями *Rhizobium leguminosarum* Baldwin et Fred, поселяющимися на его корнях. Около 75 % фиксированного азота используется растением и 25 % остается с клубеньками в почве. Недостаток азота приводит к слабому росту растений, а избыток – усиленному нарастанию вегетативной наземной массы в ущерб урожаю семян, приводит к полеганию и повышает восприимчивость растений к болезням и вредителям.

Фосфор стимулирует рост корневой системы у растений гороха, повышает активность клубеньковых бактерий, а также уменьшает вредное действие азота при его избыточном содержании в питательной среде. Клубеньковые бактерии переводят труднорастворимые соединения фосфора в почве в легко усвояемые для растений формы, в результате чего улучшается фосфорное питание гороха.

Калий способствует лучшему использованию азота и фосфора, повышает засухоустойчивость растений гороха. Недостаток его в почве снижает азотфиксирующую способность клубеньковых бактерий, отрицательно сказывается на формировании репродуктивных органов у растений гороха, а в период образования бобов – задерживается отток азотистых веществ из листьев к репродуктивным органам. Одновременно недостаток калия задерживает превращение моноз в дисахариды и полисахариды, что влечет за собой повышение содержания глюкозы и снижение ее реакционной способности. При калийной недостаточности у растений гороха снижается оводненность коллоидов протоплазмы. Обеспеченные этим элементом растения легче переносят кратковременный дефицит влаги. Калий в растениях положительно влияет на потребление ими серы и ее накопление в листьях.

Большое значение в жизни растений гороха имеют мезо- и микроэлементы. Магний входит в состав хлорофилла, положительно влияет на жизнедеятельность клубеньковых бактерий, участвует во многих звеньях обмена веществ. При недостаточном содержании этого элемента в почве растения гороха сильно угнетаются, листья преждевременно стареют и опадают, ухудшается снабжение репродуктивных органов азотом, резко снижается фотосинтез. Все это ведет к низкой продуктивности растений. При недостатке в питательной среде железа происходят структурные нарушения в хлоропластах, а при избытке – деградация их фотоактивных структур.

Микроэлементы входят в состав ферментов, витаминов, активизируют важнейшие звенья обмена веществ, изменяют углеводный и белковый обмен, влияют на жизнедеятельность и активность клубеньковых бактерий. Молибден принимает участие в азотном обмене растения и повышает активность клубеньковых бактерий. Бор способствует росту растений гороха, особенно корневой системы, и образованию клубеньков, усиливает азотфиксирующую способность бактерий. Недостаток этого микроэлемента вызывает снижение скорости оттока ассимилятов из листьев в репродуктивные органы. Марганец уменьшает дневную депрессию фотосинтеза. Кобальт входит в состав витамина В₁₂, который стимулирует образование пигмента леггемоглобина, необходимого для клубеньков активных рас бактерий.

Удобрение. Размещение гороха на окультуренных почвах после удобренных предшественников при содержании доступных растениям форм фосфора и калия более 15 мг на 100 г почвы обеспечивает получение урожайности зерна более 30 ц/га без внесения удобрений практически во всех зонах его возделывания. На почвах с содержанием гумуса менее 2 %, фосфора и калия менее 5 мг/100 г необходимо вносить под посевы гороха фосфорные, калийные и азотные удобрения. Фосфорные и калийные удобрения применяют в полном объеме

для получения планируемого урожая, а азотные – с учетом уровня симбиотической фиксации азота воздуха, составляющего 50–70 % общей потребности.

Для реализации потенциальной продуктивности растений гороха важное значение имеет рациональная система удобрения всего севооборота, а также реализация комплекса мероприятий по повышению плодородия почвы. Для гороха очень важно не вообще наличие элементов питания в почве, а их соотношение. На песчаных почвах оно равно примерно 1:1,5:2 (N:P:K), а на более плодородных – 1:1:1,5.

Эффективность удобрений в различных почвенно-климатических условиях обширной зоны возделывания гороха неодинакова. Их действие, прежде всего, зависит от физических, химических и физико-химических свойств почвы, ее влажности, сроков, способов и доз внесения удобрений, уровня удобрения предшественника и степени засоренности участка сорняками.

Горох не следует размещать на поле, где внесено свежее органическое удобрение. В этом случае у растений развивается мощная надземная масса в ущерб зерновой продуктивности, они сильно и рано полегают, удлиняется их вегетационный период, создаются предпосылки для большого повреждения посевов тлей, плодовой жоржкой и другими вредителями, а также восприимчивости к болезням. Лучше всего органические удобрения вносить в предшествующих гороху полях: паровых – в свекловичных севооборотах, под картофель – в картофельных, коноплю – в конопляных, кукурузу на силос и корнеплоды – в кормовых севооборотах. В этом случае значительно повышается эффективность минеральных удобрений, внесенных непосредственно под горох, увеличивается азотфиксирующая способность этой культуры.

Систематическое применение навоза в севообороте оказывает положительное влияние на агрохимические показатели, а также физические и физико-химические свойства почвы – увеличивается содержание гумуса, уменьшается гидролитическая кислотность, создаются благоприятные условия для сохранения почвенной влаги. Все это повышает количество и качество урожая гороха.

Несмотря на азотфиксирующую способность, растения гороха нуждаются во внесении небольших «стартовых» доз азотных удобрений весной, когда подавлена деятельность клубеньковых бактерий в почве. Фиксация азота начинается лишь через 10–14 дней после посева, поэтому следует признать целесообразным этот прием для усиления питания проростков гороха в первый период их жизни.

Горох относится к растениям, которые сравнительно хорошо используют запасы фосфора в почве. Однако в начальный период роста и развития, пока у растений слабо развита корневая система, они хорошо реагируют на внесение фосфорных удобрений.

Калийные удобрения эффективны как на дерново-подзолистых почвах, так и на черноземах. Наибольшая потребность посевов гороха в калийных удобрениях наблюдается на легких песчаных и торфяно-болотных почвах.

Система удобрения гороха включает основное и припосевное. Дозы основного удобрения составляют $N_{20-40}P_{40-60}K_{0-60}$. Во всех зонах возделывания гороха наиболее эффективным является осеннее применение фосфорно-калийных удобрений под зяблевую вспашку. По сравнению с весенним внесением под предпосевную культивацию оно обеспечивает прибавку урожая на 10–30 %, а в сухие годы эта разница нередко доходит до 40–50 %. Если их осенью не внесли, то вносят весной под культивацию с заделкой в почву на глубину 12–16 см.

Обязательный прием на почвах всех типов и во всех зонах возделывания гороха – внесение в рядки при посеве гранулированного суперфосфата из расчета

P₁₀₋₁₅. При посеве в февральские «окна» вместо суперфосфата лучше использовать комплексные гранулированные удобрения, поскольку в их состав входит азот, необходимый гороху в начальные фазы его роста и развития. Доза комплексных удобрений (марки 1:1:1) при внесении его в рядки должна составлять 10-20 кг/га.

Фосфорные удобрения не только повышают урожай гороха, но и ускоряют созревание семян, что особенно важно для северных и восточных районов возделывания культуры. При этом улучшается развариваемость семян и повышается содержание белка. При рядковом внесении удобрений применять высокие дозы не следует, так как молодые ростки плохо переносят высокую концентрацию почвенного раствора. В качестве основного удобрения под горох используют: из азотных – все формы; из фосфорных – суперфосфат, фосфоритную муку и томасшлак; из калийных – в основном бесхлорные формы. В рядки вносят суперфосфат и аммонийную селитру.

Большое значение в повышении урожайности гороха имеет известкование кислых почв. Эффективность его повышается при внесении мелиорантов под предшественники гороха, особенно в паровом поле. Дозы устанавливают в зависимости от исходной кислотности почвы и ее гранулометрического состава. Так, для нейтрализации кислотности почвы легкого гранулометрического состава от уровня рН солевого 4,1–4,5 до 5,6–6,0 необходимо внести СаО по 4,5-5,0 т/га, средних суглинков – 5,6-6,2 т/га, тяжелых – 6,5–7,0 т/га. Нейтрализация почвенной кислотности в севообороте способствует увеличению урожайности гороха и повышает эффективность действия минеральных и органических удобрений на горох.

Урожай гороха зависит от азотфиксирующей способности клубеньковых бактерий. Несмотря на широкое распространение в почвах, ряд факторов ограничивает их численность и обуславливает слабую вирулентность и эффективность. К таковым относятся: недостаточная увлажненность почв в отдельные периоды (оптимальная влажность почвы для клубеньковых бактерий 40-60% полной влагоемкости); высокая актуальная кислотность; слишком высокая или пониженная температура (оптимальная 20-28°C); плохая аэрация; недостаток органического вещества или отдельных химических элементов; избыточное азотное питание; неблагоприятное воздействие бактерий ризосферы. Вследствие этого на корнях растений гороха не развивается достаточного количества клубеньковых бактерий, поэтому необходимо прибегнуть к дополнительному их заражению активными штаммами клубеньковых бактерий. Этот прием называется нитрагинизацией.

Нитрагинизацию гороха следует рассматривать как важнейший агроприем. Он является страхующей операцией для всех без исключения зон горохосеяния. Инокуляция семян гороха ризоторфином не только повышает урожай, но и улучшает его качество, увеличивает содержание белка в семенах. Нитрагинизацию проводят непосредственно перед посевом. Делают это в закрытом помещении или на крытом току, куда не проникают прямые солнечные лучи.

Обязательным компонентом системы удобрения гороха являются микроэлементы – молибден, бор, цинк, кобальт, марганец, медь, ванадий, которые должны обязательно вноситься с учетом их содержания и соотношения с другими элементами питания в данной почве. Недостаток микроэлементов приводит к заболеваниям растений, нарушению обмена веществ, снижению урожая и его качества.

Из микроэлементов растения гороха наиболее отзывчивы на молибден. Недостаток этого элемента наблюдается в почвах с кислой реакцией, содержащих большое количество полуторных оксидов, обменного алюминия, по-

движных форм железа и марганца. Повышению усвояемости молибдена способствует внесение фосфорных удобрений и известкование кислых почв. Но при систематическом возделывании гороха и других бобовых культур в севооборотах и снижении содержания в почве молибдена извлекаемого в оксидной вытяжке ниже 0,15-0,30 мг/кг появляется необходимость во внесении молибденовых удобрений. Наибольший эффект молибденовые удобрения дают на серых лесных, кислых дерново-подзолистых и дерново-глеевых почвах, а также на всех типах почв в предгорных и горных районах Северного Кавказа. Их используют в том случае, если не планируется внесение молибденизированного суперфосфата в рядки во время сева или для протравливания семян гороха не использовался фентиурам-молибдат. Молибденом обогащают семена путем предпосевного смачивания или замачивания в водном растворе микроэлемента. При молибденизации в семенах нового урожая накапливается столько молибдена, что его бывает достаточно для следующей репродукции. Чаще всего для этого используют молибденовокислый аммоний, содержащий 50 % д.в., из расчета 250 г/т семян. Молибденовое удобрение растворяют в воде (10 л на 1 т семян). Затем в раствор добавляют необходимую порцию ризоторфина и этой суспензией обрабатывают лишь те семена, которые протравлены не позже, чем за две недели до нитрагинизации. Для этих целей используют те же машины, что и для протравливания. Предварительно их следует хорошо очистить от протравителя и промыть водой.

Молибденовые удобрения вносят в почву в дозе 1 кг д. в./га. При некорневой подкормке посевы гороха опрыскивают водным раствором молибдена. Лучший срок некорневой подкормки растений – период бутонизация–начало цветения. Для некорневой подкормки посевов расходуют 100 г действующего вещества на 1 га. При наземном внесении это количество молибдена растворяют в 300–400 л воды, при авиаопрыскивании – в 50–100 л.

Люпин

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Люпин лучше растет и развивается на достаточно окультуренных супесчаных и суглинистых почвах. Эта культура дает низкие урожаи на тяжелых, переувлажненных, слабопроницаемых глинистых почвах, а также на почвах с близким залеганием грунтовых вод. Малопригодны для выращивания люпина сильно оподзоленные почвы.

Белый люпин характеризуется наибольшей требовательностью к почве. Ему лучше подходят черноземы; хорошо растет на светло-серых лесных, дерново-среднеподзолистых супесчаных и суглинистых почвах. Желтый люпин менее требователен к почве, чем узколиственный, а их обоих ниже, чем белого. Он лучше всего развивается на песчаных и легких суглинистых почвах, на которых можно сеять лишь рожь, овес и картофель. Узколиственный люпин предпочитает более связные почвы с большей водоудерживающей способностью. Но на тяжелых глинистых почвах он растет хуже.

Переувлажненные торфянистые почвы из-за сильного развития на них сорняков не пригодны для люпина, так же как и почвы, образовавшиеся при выветривании известняков. На торфяниках и степных песчаных почвах люпина могут страдать от недостаточности меди.

Люпин характеризуется повышенной чувствительностью к реакции почвенного раствора. Лучшими для него являются почвы с умеренно кислой реакцией. Переход через нейтральную реакцию (рН=7) даже до слабощелочной

оказывает на него отрицательное влияние. Лучше люпин развивается при рН почвы от 5 до 6. Нижняя граница роста и развития растений находится при рН=3,5, а верхняя – рН=7,5. Для повышения продуктивности всех видов люпина при рН<5 необходимо вносить известь. Оптимальная реакция почвенного раствора для люпина значительно зависит от содержания в почве кальция. Принято считать, что все виды люпина отрицательно реагируют на его повышенное содержание. Одной из главных причин отрицательного действия кальция на люпины является фосфорное голодание растений. Такое голодание обуславливается переходом водо- и цитраторастворимых форм фосфора в трехзамещенный фосфат кальция, который слабодоступен для растений.

Люпин имеет хорошо развитую и глубокопроникающую (2,5-3 м) корневую систему, поэтому, а также вследствие кислых выделений, он использует элементы питания из труднорастворимых соединений и обогащает ими пахотный слой почвы.

Для своего роста и развития люпин потребляет больше азота и калия и меньше фосфора. На формирование 1 т/га урожая зерна люпин расходует 60-68 кг азота, 17-19 – P₂O₅ и 38-47 кг K₂O. Он усваивает в среднем азота в 2, а фосфора в 1,5 раза больше, чем кукуруза, озимая пшеница и ячмень. Кормовой люпин выносит из почвы много калия, примерно в 1,5-2 раза больше, чем зерновые культуры.

Люпин удовлетворяет свои потребности в азоте из двух источников – атмосферы и почвы. Примерно 65 % азота полной потребности люпин использует за счет фиксации его из атмосферы и примерно 35 % поглощает из почвы. В зависимости от условий размножения и жизнедеятельности клубеньковых бактерий это соотношение между источниками азота может изменяться. При неблагоприятных условиях (недостаток макро- и микроэлементов, щелочная реакция среды, плохая аэрация) клубеньковые бактерии развиваются плохо и, как следствие, растения больше используют азота из почвы и меньше фиксированного бактериями.

Люпин потребляет элементы питания из почвы довольно равномерно до фазы цветения, когда потребность в них возрастает вследствие формирования бобов и налива семян (табл. 253; Бровенко Ф.М. и др., 1971). Разные виды люпина различаются по характеру потребления элементов питания. Усвоение азота у белого люпина непрерывно усиливается по мере роста и развития растений, тогда как у желтого и узколистного в период цветения наступает замедление темпа его потребления, увеличивающегося только после его завершения.

Усвоение калия у желтого люпина в фазу цветения также несколько сокращается, а у белого и узколистного – ускоряется. Наибольшей интенсивности потребление калия у всех видов достигает в период после цветения. Фосфор потребляется желтым люпином более равномерно, а белым и узколистным – с возрастающей интенсивностью.

Таблица 253 – Потребление элементов питания растениями люпина, % максимального количества

Фаза вегетации	Элемент питания		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Всходы–бутонизация	32	38	45
Цветение	65	65	80
Цветение-созревание	100	100	100

Калий растения люпина потребляют более интенсивно, чем азот и фосфор, потому что этот элемент играет важную роль в образовании углеводов, используемых живущими в симбиозе с ними клубеньковыми бактериями. Фосфор необходим особенно в первый период вегетации для образования клубеньков и повышения азотфиксирующей способности клубеньковых бактерий. Недостаток его в этот период приводит к образованию клубеньков с большим опозданием или же они вообще отсутствуют. Это одна из основных причин недобора урожая зерна и зеленой массы люпина.

Удобрение. Люпин хорошо реагирует на органические удобрения. Следует только иметь в виду, что в северных районах при обильных осадках навоз может стать причиной позднего созревания семян. Потому, непосредственно под люпин их не выносят. Он хорошо использует последствие органических удобрений. Для удобрения люпина можно использовать торф (30-40 т/га), эффективность которого на песчаных почвах довольно высока.

В связи со способностью растений люпина использовать при помощи клубеньковых бактерий атмосферный азот под эту культуру обычно не применяют азотные удобрения. С другой стороны, серьезное повышение урожайности люпина, особенно желтого и узколистного, без внесения под него азотных удобрений весьма затруднительно. Едва ли создание даже очень благоприятных условий для жизнедеятельности клубеньковых бактерий и внесение даже самых активных их рас может обеспечить такой подъем урожая. Азотные удобрения под люпин в первую очередь применяются на очень бедных песчаных и супесчаных почвах и в годы с холодной и затяжной весной. Внесение 20-30 кг/га азота обеспечивает им молодые растения и клубеньковые бактерии до тех пор, пока последние не передут на его фиксацию из воздуха. Этот, так называемый, стартовый азот вносят обычно перед посевом.

Внесение фосфорных и калийных удобрений в нужных соотношениях весьма сильно влияют на развитие зеленой массы растений и содержание в ней азота, на образование на корнях клубеньков, а в связи с этим на связывание атмосферного азота и, следовательно, на общую продуктивность растений. На песчаных и супесчаных почвах под люпин в первую очередь вносят калийные удобрения в норме K_{70-90} . Калий повышает устойчивость растений против болезней и ускоряет созревание семян. Калийные удобрения, применяемые при пониженных температурах ($10^{\circ}C$ и ниже), особенно в пасмурное лето, наиболее заметно повышают урожай. Люпин положительно реагирует на все формы калийных удобрений, однако наибольший эффект дают сульфат калия и калийно-магниевые удобрения. Повышенное содержание хлора в почве угнетает развитие на корнях люпина клубеньковых бактерий. При применении хлорсодержащих калийных удобрений их целесообразно вносить в почву не весной, а с осени. Особенно велико значение калийных удобрений для люпинов на песчаных почвах.

Хорошо отзывается люпин и на фосфорные удобрения. Средняя норма их внесения составляет P_{60-70} . Из фосфорных удобрений лучшими формами являются фосфоритная мука, томасшлак и фосфат-шлак. Внесение под люпин физиологически кислых удобрений вызывает подкисление почвы, особенно при мелкой их заделке, что создает неблагоприятные условия для азотфиксирующей деятельности клубеньковых бактерий. Такие случаи нередко отмечаются при весеннем внесении под люпин суперфосфата.

При выращивании люпина на зерно фосфорные и калийные удобрения вносят в соотношении 1:1, если на зеленую массу – 1:1,2. Удобрения не вносят, когда содержание доступных форм фосфора и калия в почве выше

100 мг/кг. Фосфорные и калийные удобрения целесообразно вносить под зяблевую вспашку. Если их в это время не внесли, тогда вносят весной под культивацию ($P_{45-60}K_{45-60}$). На слабокультуренных почвах, а также на почвах, где под основную обработку было внесено недостаточное количество фосфорных удобрений, весьма эффективно их внесение (P_{10}) в рядки при посеве.

Подкормка посевов кормового люпина фосфорно-калийными удобрениями не всегда дает положительные результаты. Однако если удобрения под люпин не вносили до посева и во время посева, необходимо проводить подкормку фосфорными и калийными удобрениями ($P_{30}K_{30}$). Подкормку проводят в возрасте четырех настоящих листочков, более поздние подкормки неэффективны. Прежде всего, подкармливают широкорядные посевы кормового люпина.

Важное значение в питании люпина имеет магний. Магниевые удобрения увеличивают его урожайность, улучшают качество, положительно влияют на фиксацию атмосферного азота. Внесение магнийсодержащих удобрений особенно необходимо на глубоких песчаных почвах, имеющих низкое содержание магния по всему профилю. При внесении магнийсодержащих удобрений или доломитовой муки возрастает эффективность минеральных удобрений.

Накануне посева люпина обязательно обрабатывают его семена нитрагином. Обработка семян нитрагином, как показали многочисленные опыты, заметно повышает урожай зеленой массы и семян люпина в годы с хорошей обеспеченностью влагой. В сухие же годы, при явном недостатке влаги в почве, данный прием оказывается безрезультатным.

На рост и развитие растений, а также качество получаемого урожая оказывают существенное влияние некоторые микроэлементы – бор, молибден, кобальт и цинк. Бор играет существенную роль в процессе плодообразования. При его недостатке в растениях нарушается углеводный и белковый обмен. Борные удобрения повышают массу надземных органов и корней растений люпина, увеличивают количество клубеньков на корнях и урожай семян, способствуют более раннему их созреванию. Молибден, кобальт и цинк способствуют повышению содержания белка и снижению количества алкалоидов в семенах. Они оказывают положительное влияние на их энергию прорастания и всхожесть.

Микроэлементы применяют путем предпосевной обработки семян и некорневой подкормки в фазе бутонизации растений люпина. Оптимальные дозы 25-50 г/т и 100-150 г/га соответственно. Молибденсодержащие удобрения вносят на кислых дерново-подзолистых почвах, осушенных кислых торфяниках, серых лесных и других почвах, бедных усвояемыми формами молибдена.

Нут

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Лучшими почвами для нута являются черноземы, серые лесные, каштановые и сероземные. Нут не требователен к гранулометрическому составу, легко приспосабливается как к легким, так и к тяжелым глинистым почвам при условии их хорошей оструктуренности. В то же время он отрицательно реагирует на слитость, заболачивание, близкое залегание грунтовых вод. Оптимальная реакция почвенного раствора для растений нута – нейтральная или слабощелочная – рН 6,5-8,4 (табл. 254; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Нут может произрастать на солонцеватых и слабозасоленных почвах. Требователен он к наличию элементов питания в почве. Высокую потребность в азоте нут может удовлетворять за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями и поглощением из почвы. При оптимальных условиях для жизне-

деятельности клубеньковых бактерий растения нута могут фиксировать из воздуха 70 % своей потребности в азоте. Недостаток азота растения испытывают тогда, когда запасы его в семядолях исчерпываются раньше, чем клубеньковые бактерии разовьются (от 20 до 30 дней после появления всходов) и начнут фиксировать азот из воздуха для удовлетворения нужд растений хозяев. С 1 т основной продукции нут выносит: 66 кг N; 16 кг P₂O₅; 20 кг K₂O.

Таблица 254 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для нута

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1-2	2-8	8-9
pH водной суспензии	6,0-6,5	6,5-8,4	8,5-8,7
Плотность, г/см ³	1,10-1,35	1,35-1,45	1,45-1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10-30	30-60	60-70
Обменный Na, % от ЕКО	-	3-5	5-10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	-	0,2-0,3	0,3-0,5
Содержание CaCO ₃ , %	-	0-4	4-8

Удобрение. Нут отзывчив на удобрения. Навоз непосредственно под него вносить не рекомендуется. Несмотря на азотоусваивающую способность, растения нута в первые фазы роста и развития нуждаются в этом элементе, и потому положительно отзываются на азотные удобрения. На бедных азотом почвах их вносят из расчета 30-45 кг/га действующего вещества. На богатых органическим веществом почвах применять азотные удобрения следует осторожно, т. к. избыток азота ведет к значительному увеличению вегетативной массы растения и снижению урожая семян. На черноземных и темно-каштановых почвах нут особенно хорошо отзывается на фосфорные удобрения. Их следует вносить под зяблевую вспашку или в виде гранулированного суперфосфата весной в рядки при посеве. Это в значительной мере обуславливается и тем, что нут, по сравнению с другими зерновыми бобовыми культурами, менее чувствителен к кислотности почвы. Повышенная потребность в калийных удобрениях наблюдается при возделывании нута на легких почвах. Вносят их осенью под зяблевую вспашку. Нормы фосфорных и калийных удобрений в значительной степени определяются уровнем плодородия почвы и биологическими особенностями районированных сортов, и составляют P₆₀₋₇₅K₃₀₋₄₅.

Нут отзывчив на внесение молибденовых, кобальтовых и цинковых удобрений. Их применяют путем предпосевной обработки семян и некорневой подкормки растений в фазе бутонизации. Семена обрабатывают 0,25 % водными растворами микроэлементов из расчета 10 л/т. Некорневую подкормку растений проводят 0,05 % водными растворами из расчета 300 л/га.

Высокоэффективна инокуляция семян нута бактериями рода *Rhizobium* штамма Н-18.

Соя

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Сою возделывают на черноземах, каштановых и подзолистых почвах. Подходят для неё желтоземы и бурые лесные почвы.

Благоприятные для роста и развития растений сои условия создаются, если плотность почвы находится в пределах 1,15–1,35 г/см³ (табл. 255), некапиллярная порозность почвы составляет не менее 20–22 % и общая – около 52 %. Нижняя критическая граница аэрации почвы при достаточной влажности – около 9 %. Кроме того, чрезмерно уплотненная почва оказывает механическое сопротивление росту корней. Коэффициент корреляции между плотностью почвы и урожаем зерна сои равен – 0,77.

Таблица 255 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для сои

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2-4	4-8	-
pH водной суспензии	4,0-6,0	6,0-7,5	7,5-9,5
Плотность, г/см ³	0,90-1,15	1,15-1,35	1,35-1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10-20	20-60	60-70
Обменный Na % от ЕКО	-	<3	3-5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	-	<0,2	0,2-0,3
Содержание CaCO ₃ , %	-	0-2	2-5

Соя малотребовательна к гранулометрическому составу и приспосабливается как к супесчаным, так и к глинистым почвам. Не предъявляет высоких требований к содержанию гумуса, хорошо растет на средне- и малогумусных почвах. Она относится к группе несолеустойчивых растений. На засоленных почвах сильно угнетается развитие клубеньковых бактерий на корнях сои. Засоление почвы порядка 0,1–0,4 % снижает урожай на 50 %. Для суглинистых почв с влажностью до 80 % НВ, порог токсичности ионов легкорастворимых солей составляет: $\text{HCO}_3^{-2} < 0,05 \%$ (0,8 мг/экв); $\text{Cl}^- < 0,01$ (0,3 мг/экв); $\text{SO}_4^{+2} < 0,08 \%$ (1,7 мг/экв). На почвах, содержащих соли в количествах, превышающих эти величины, снижается полевая всхожесть семян и урожай сои. Она мирится с достаточно высоким залеганием грунтовых вод и с pH почвенного раствора от 5,5 до 9,5, но оптимальным для нее является pH 6,0–7,5. На почвах с pH выше 9,5 и ниже 4,0 соя не растет, хотя семена прорастают. На кислых почвах угнетается развитие клубеньковых бактерий и корней, замедляется рост растений, снижается урожайность и масличность семян. Щелочная реакция почвенного раствора тоже угнетает рост растений и снижает урожайность, но в меньшей степени, чем кислая. Однако на почвах со щелочной реакцией соя растет лучше, чем сорго, просо, люцерна и хлопчатник, а на кислых – лучше, чем люцерна и клевер; она удаётся на осушенных болотных почвах при условии их нейтрализации.

Плохо растет соя на слабопрогреваемых почвах. При выборе участков под эту культуру следует избегать крутых склонов, отдавая предпочтение равнинным с небольшим уклоном территориям. Рыхлые, легко прогреваемые почвы, с высоким содержанием гумуса и нейтральной реакцией среды –

наиболее пригодны для ее возделывания, именно такие условия являются оптимальными для развития клубеньковых бактерий, живущих на корнях сои и обеспечивающих ее азотом. Хорошая обеспеченность растений сои азотом позволяет ей развить мощную корневую систему, что, в свою очередь, способствует более полному усвоению других элементов питания.

Соя потребляет на формирование урожая больше элементов питания, чем другие культуры (табл. 256; Демолон А., 1961).

Таблица 256 – Вынос элементов питания с урожаем, кг/га

Культура	Азот	Фосфор	Сера	Калий	Кальций	Магний
Соя	180	80	90	80	300	100
Пшеница	95	45	30	120	35	15
Гречиха	70	55	20	90	80	25
Кукуруза (зерно)	110	45	30	90	25	25
Кукуруза (зел. масса)	110	50	50	120	45	-
Картофель	130	55	20	250	125	25
Сахарная свекла	180	70	35	250	60	-
Люцерна (сено)	210	60	85	150	230	40

Среди зернобобовых культур по выносу азота и калия соя уступает лишь фасоли и кормовым бобам, а по выносу фосфора – занимает первое место (табл. 257; Лещенко А.К. 1978).

Таблица 257 – Вынос элементов питания зерно-бобовыми культурами

Культура	Урожайность, ц/га		Вынос, кг/га			
	семян	соломы	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca
Соя	18	16	157	65	112	128
Кормовые бобы	24	38	165	48	120	95
Горох	24	36	140	35	72	75
Фасоль	18	16	165	70	137	140
Вика посевная	18	28	116	30	58	75
Люпин желтый	16	28	120	32	75	42
Чечевица	10	13	75	20	25	38

На формирование 1 т урожая зерна соя расходует 50–55 кг азота, 15–20 кг – фосфора и 20–25 кг калия.

Характерная особенность минерального питания растений сои – неравномерное потребление элементов питания по фазам вегетации растений. В фазе всходов проявляется наибольшая потребность растений сои в фосфоре; в фазе ветвления – в азоте и калии, в бутонизацию – в азоте. Начиная с фазы цветения, возрастает потребность во всех элементах. По интенсивности потребления растениями сои элементов питания выделяют три периода. От всходов до цветения – первый период, в течение которого она потребляет 5,9–6,8 % азота, 4,6–4,7 % фосфора и 7,6–9,4 % калия от суммарного количества за вегетацию; второй период – от цветения до начала налива семян, –57,9–59,7 % азота, 59,4–64,7 % фосфора, 66,0–70,7 % калия; третий период – от начала налива до конца созревания семян – 33,7–36,3 % азота, 30,6–36,0 % фосфора и 18,9–26,4 % ка-

лия. По характеру потребления элементов питания так же выделяют три периода: первый – совпадает с I–IV этапами органогенеза, когда растениям для лучшего развития корней, клубеньков и надземных органов необходимо наличие фосфора, кальция, кобальта и молибдена; второй (V–VIII этапы органогенеза) – требуется больше азота, калия и бора; третий (IX–XII этапы органогенеза) – проявляется максимальная потребность в элементах питания, особенно в азоте, фосфоре, сере, магнии (Кононович А.И., 1980).

Азот. Количество атмосферного азота, фиксируемого соей в течение вегетационного периода, колеблется в пределах 40–180 кг/га. За счет азота фиксированного клубеньковыми бактериями обеспечивается 50–75 % потребности сои в этом элементе. Интенсивность азотфиксации в посевах сои зависит от почвенно-климатических условий, уровня агротехники, а также генетических особенностей сорта сои и штамма клубеньковых бактерий.

У сои максимальное поглощение растениями азота не совпадает с критическим периодом потребности в нем, который охватывает 2–3 недели до фазы цветения растения и 2 недели после цветения. Недостаток азота в это время ведет к заметному снижению урожая сои и не может компенсироваться внесением азотных удобрений в более поздние фазы ее вегетации.

При недостатке азота листья у сои остаются мелкими и приобретают желто-зеленую окраску; первый тройчатый лист имеет светло-зеленую окраску, равномерную по всему листу, второй – желто-зеленую, неравномерную. При дальнейшем развитии растений в условиях азотного голодания новые только что появившиеся листья также приобретают неравномерную желто-зеленую окраску. Есть и другие более специфичные и в то же время общие для всех растений симптомы азотного голодания: 1) одревеснение стеблей; 2) расположение листьев к стеблю под острым углом; 3) слабое цветение: сокращается количество цветков, и они быстро опадают; 4) плоды мелкие, ненормально окрашенные); 5) ускорение прохождения фазы фенотипа.

Фосфор. Условия фосфорного питания растений сои являются важным фактором регулирования развития растений особенно тогда, когда в нем происходит внутренняя подготовка к изменениям в обмене веществ, связанным с переходом к формированию репродуктивных органов. Повышенный уровень фосфора в питании растений в фазу цветения сои ускоряет процесс этого переустройства, что сопровождается более ранним прекращением роста листьев и стеблей и ускорением формирования бобов. Снижение обеспеченности растений сои фосфором в начале фазы цветения, наоборот, несколько замедляет образование репродуктивных органов и обуславливает усиленный рост вегетативных органов. Оптимизация фосфорного питания растений в начале фазы плодообразования приводит к формированию более высокого урожая семян.

Критическим периодом в отношении фосфора у сои является первый месяц ее вегетации. При недостатке этого элемента рост растений замедляется, хотя они остаются зелеными или темно-зелеными. Листья, образующиеся в условиях фосфорного голодания, остаются мелкими, удлинненными, при этом они рано отмирают, становясь полностью бурыми. На примордиальных листьях быстро появляются бурые пятна, отмершей ткани. Если дефицит фосфора не устранен, продолжается побурение и отмирание листьев все выше по растению. При недостатке фосфора особенно сильно страдает репродуктивная функция растений: задерживается наступления фаз бутонизации и цветения, образуются мелкие неполноценные соцветия, опадают цветки. В холодную погоду вероятность фосфорной недостаточности у растений сои возрастает.

Калий. Интенсивность фотосинтеза, биосинтез органических кислот и водоудерживающая способность растений сои в значительной степени определяются наличием калия в почве. Калий координирует азотный, углеводный и фосфорный обмен в растениях. При его недостатке урожай семян сои снижается. Самый общий признак калийного голодания у растений сои – краевой «ожог» («запал») листьев, а также их морщинистость и закручивание. Замедляется рост растений, задерживается наступление очередных фенофаз и созревание семян.

Сера. Показателем недостатка серы для растений сои является задержка образования клубеньков на корнях, преждевременное, слабое цветение и бледно-зеленая окраска листьев.

Кальций. Показатель дефицита кальция у растений сои – появление темных с синевой пятен на краях нижних листьев, их морщинистость, укорочение междоузлий, слабое одревеснение тканей стебля, отмирание верхушечных почек и корней, темно-зеленая окраска бобов, замедленное опадание листьев при созревании.

Магний. Признаки магниевой недостаточности у растений сои – межжилковый хлороз, начиная с нижних листьев, их пожелтение, некроз, гибание краев, появление на них бронзового, красноватого и фиолетового у краев оттенка, прекращение роста и ускорение созревания.

Железо. Симптомы недостатка железа у растений сои – хлороз между жилками листьев, бледно-зеленая и желтая их окраска без отмирания.

Марганец. Признаки марганцевой недостаточности у растений сои – светло-зеленая или желтая пятнистость между жилками и пожелтение их, появление коричневых пятен на листьях, преждевременное их опадание и морщинистость. Чаще недостаток его проявляется на почвах с нейтральной реакцией и после известкования, а также с высоким содержанием органического вещества и плохо дренированных. При снижении температуры и увеличении количества осадков потребность в марганце усиливается. При недостатке его уменьшается устойчивость к бактериальным гнилям корней.

Молибден. Хлороз между жилками листьев с отмиранием пожелтевших участков, укорочение черешков, побурение листьев – главные признаки недостатка молибдена у растений сои.

Кобальт. Потребность растений в кобальте удовлетворяется при концентрации его в питательном растворе 0,001 мг/л. При концентрации 1 мг/л у растений возникают симптомы токсикоза и тормозится рост. Недостаток кобальта характерен для почв, сформированных на кислых изверженных породах, а также песчаных и болотных.

Бор. Признаки борной недостаточности у растений сои – ломкость черешков листьев, отмирание верхушечных почек, задержка роста стебля и корней, опадание бобов, шуплость семян, утолщение стебля и укорочение междоузлий, разрастание узлов стебля, задержка цветения, уменьшение числа цветков и опадание завязей, хлоротичные пятна с нижней стороны листьев, небольшая их морщинистость, отмирание тканей по краям, замедленное старение.

Цинк. Появление по краям и в середине листьев буро-желтых хлоротичных пятен, задержка образования бобов являются симптомами цинковой недостаточности у растений сои.

Медь. Признаки дефицита меди у растений сои – задержка развития точек роста, появление на листьях желтых и буро-желтых пятен, их хлороз, преждевременное увядание и опадание, слабая озерненность бобов.

Удобрение. Система удобрения сои включает основное, припосевное и подкормки, обеспечивающие потребность растений в элементах питания в течение вегетации. Решающее значение имеет основное внесение минеральных удобрений в сочетании с органическими, известью и микроэлементами. В период вегетации сои, учитывая изменения пищевого режима почвы, интенсивность развития растений и потребность их в дополнительном питании, проводят корневые и некорневые подкормки посевов.

Наиболее эффективно внесение под сою 30–40 т/га навоза под предшествующую культуру или в паровое поле 1–2 раза за ротацию севооборота. При внесении минеральных удобрений необходимо учитывать ее биологические особенности и прежде всего способность как бобовой культуры использовать азот воздуха.

Азотные удобрения следует применять под сою тогда, когда растения в большей степени нуждаются в них, когда не обеспечиваются потребности растений в азоте за счет почвенных запасов и биологического симбиоза с клубеньковыми азотфиксирующими бактериями. В случаях отсутствия условий для активной жизнедеятельности клубеньковых бактерий (пересыхание почвы, высокая кислотность, недостаток тепла, переуплотнение) эффективность азотных удобрений возрастает и их внесение необходимо.

Очень важно применять азотные удобрения в оптимальные сроки. Их следует вносить в два приема: 50 % в фазе всходов, когда формируются вегетативные органы, и 50 % – в период бобообразования, когда потребность в азоте у растений максимальная, а фиксация атмосферного азота практически прекращается и исчерпываются его почвенные запасы. Если применяется инокуляция, то дозы азотных удобрений снижают на 30–50 %. Внесение азотных и комплексных удобрений весной под культивацию или при посеве (аммофоска, динитроаммофос) позволяет получить растения с более длинными нижними междоузлиями, что способствует увеличению высоты прикрепления нижних бобов на 2–4 см и уменьшению потерь зерна при уборке. При корневых подкормках удобрения вносят до смыкания рядков сои культиваторами-растениепитателями в междурядья на глубину 8–12 см.

Фосфорные удобрения вносят осенью под основную обработку. Калийные удобрения применяют только на почвах с содержанием обменного калия менее 150 мг/кг.

Минеральные удобрения в зависимости от уровня плодородия почвы и условий зоны применяют в нормах $N_{30-40}P_{60-90}K_{40-60}$. В Амурской области при возделывании сои рекомендуется вносить азотные и фосфорные удобрения на подзолисто-бурых лесных и лугово-бурых оподзоленных почвах в дозе $N_{30}P_{60-90}$; на лугово-черноземовидных – $N_{30}P_{60-90}$; на пойменных аллювиальных, бурых лесных, луговых глеевых – $N_{30}P_{60-90}$. В Хабаровском крае лучшие результаты получают при выращивании сои на бурых подзолистых почвах, на которых необходимо вносить $N_{30-40}P_{60-90}K_{30-45}$; в Приморском крае – на буро-подзолистых, лугово-бурых оподзоленных и луговых глеевых почвенных разностях рекомендуется вносить $N_{30-60}P_{60-90}K_{30-45}$. В Европейской части Российской Федерации при выращивании сои под основную обработку почвы вносят $N_{40-60}P_{60}$.

На черноземах выщелоченных и карбонатных Краснодарского края рекомендуется вносить осенью под зяблевую вспашку фосфорные удобрения по 40–60 кг/га д.в. при среднем содержании P_2O_5 в почве и по 80–90 кг/га – при низком. Азотные удобрения по 20–30 кг/га вносятся локально в рядки при посеве. На высокоплодородных почвах достаточно применение только ризоторфина.

При расчете норм азотных удобрений под сою необходимо учесть, что до 70-80 кг/га азота она получает от клубеньковых бактерий (при инокуляции), поэтому учитывается 1/3 часть выноса элемента единицей продукции, т. е. 20–30 кг/т, в среднем – 26 кг/т. Эти данные учитывают при составлении нормативов затрат удобрений. При расчете норм внесения под сою фосфорных и калийных удобрений учитывают содержание подвижных форм фосфора и калия в почве (табл. 258).

Таблица 258 – Дозы внесения удобрений под сою, кг д.в./га

Содержание фосфора и калия в почве, мг/кг (по Чирикову)			Фосфорные			Калийные		
группа	P ₂ O ₅	K ₂ O	основное	рядковое	подкормка	основное	рядковое	подкормка
Очень низкое	<20	<20	60–90	40	40	40–60	30	30
Низкое	21–50	21–40	40–60	30	30	30–40	20	20
Среднее	51–100	41–80	30–40	20	20	20–30	10	10
Повышенное	101–150	81–120	Удобрения вносить не требуется					
Высокое	151–200	121–180	Удобрения вносить не требуется					
Очень высокое	>200	>180	Удобрения вносить не требуется					

Применение фосфорных удобрений под сою эффективно на всех почвах с низким и средним содержанием P₂O₅. На большинстве типов черноземов, богатых валовым калием, соя не отзывается на внесение калийных удобрений.

Эффективность удобрений на посевах сои в значительной мере зависит от сбалансированности их по всем необходимым элементам питания. Наряду с азотом, фосфором и калием для нормального роста и развития растений важны сера, кальций, магний, микроэлементы.

Внесение серых удобрений из расчета S₁₀₋₂₀ положительно влияет на образование клубеньков, количество и качество урожая сои. Для устранения недостатка железа рекомендуется опрыскивать растения или обрабатывать семена сернокислым железом или хелатными его соединениями.

Из микроудобрений соя наиболее высоко отзывается на молибденовые. Их вносят в почву из расчета 1 кг д.в. на 1 га. Но наиболее эффективные способы – предпосевная обработка семян и некорневая подкормка растений. Расход микроэлемента при обработке семян составляет 25–50 г/т, при некорневой подкормке растений – 100-150 г/га. Обработку семян проводят перед посевом, а некорневую подкормку посевов – в период бутонизации–цветения.

Борные удобрения эффективны на почвах легкого гранулометрического состава и в тех случаях, когда проводят известкование. Их вносят вместе с основным удобрением из расчета 1–2 кг/га

Медные удобрения целесообразно вносить на торфяных почвах, а также на черноземах карбонатных с высоким содержанием кальция и песчаных почвах.

Недостаток кобальта характерен для песчаных и болотных почв с повышенной кислотностью. На черноземах слабовыщелоченных и каштановых почвах с нейтральной реакцией почвенного раствора отмечен недостаток марганца.

Некорневую подкормку растений сои микроэлементами проводят путем опрыскивания в периоды максимального развития вегетативной массы, в начале цветения и плодообразования. Примерные концентрации растворов следующие: борная кислота – 0,03–0,05 %; сернокислый цинк – 0,03–0,05; марганцовокислый калий – 0,06–0,1; сернокислая медь – 0,02–0,05 %. Расход раствора – 75–150 л/га. Для предпосевной обработки семян используют 0,1 % водные растворы этих микроэлементов. Норма расхода рабочего раствора 10 л/т.

При выращивании на кислых почвах соя очень хорошо реагирует на их известкование. Учитывая эффективности этого приема и наличие извести, в первую очередь известкуют почвы с рН менее 4,5, затем – с рН 4,6–5,0 и 5,1–5,5. Нормы углекислой извести зависят от кислотности и гранулометрического состава почвы (табл. 259). Известь вносят осенью под зяблевую вспашку. На переувлажненных почвах ее целесообразно применять в 2–3 приема в течение 4–6 лет.

Таблица 259 – Норма извести в зависимости от кислотности и гранулометрического состава почвы, т/га

Почва	Сильнокислые		Среднекислые		Слабокислые	
	рН 4,5 и <	рН 4,6	рН 4,8	рН 5,0	рН 5,2	рН 5,4
Супесчаная и легкосуглинистая	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
Среднесуглинистая	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистая	8,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Инокуляция семян. Обязательным элементом технологии возделывания сои является предпосевная инокуляция семян препаратами клубеньковых бактерий. К ним относятся нитрагин и ризоторфин, при правильном применении которых можно значительно повысить урожай семян сои.

Промышленные препараты нитрагина могут быть жидкими, сухими, агаровыми, почвенными и торфяными. В нашей стране изготавливается два вида нитрагина – сухой (ризобин) и торфяной (ризоторфин). Наиболее широкое применение получил ризоторфин. При хорошем качестве в 1 г препарата содержится около 5 млрд. клеток бактерий. Ризоторфин расфасован, как правило, в герметические полиэтиленовые пакеты. Срок годности препарата – 6–9 месяцев. Хранить его следует при температуре не выше +15°C в темном и сухом помещении, отдельно от ядохимикатов. Препарат не токсичен.

Основной способ применения ризоторфина – предпосевная обработка семян. Расход препарата – 300–400 г на гектарную норму семян. Пакеты вскрывают непосредственно перед применением. Семена обрабатывают в день посева в складе или под навесом во избежание воздействия прямых солнечных лучей. В расчете на 1 т семян используют 2,5–3,0 кг ризоторфина, разведенного в 10 л чистой воды. С целью лучшего прилипания ризоторфина к семенам при подготовке раствора препарата можно вместо воды использовать неразбавленный обрат. Не давая суспензии отстояться, наносят ее на семена и тщательно перемешивают семенную массу для равномерного распределения препарата.

В настоящее время основным методом инокуляции является предпосевное инкрустирование семян, при котором ризоторфин применяется в сочетании со специальным прилипателем, стимуляторами роста растений и микроэлементами (КПИС – комплекс препаратов для инкрустирования семян). Инкрустиро-

вание позволяет почти вдвое повысить эффективность инокуляции за счёт активизации симбиотрофного процесса и стимулирования ростовых процессов растений. Применение КПИС повышает технологичность этой операции, так как позволяет проводить обработку крупных партий семян с сохранением жизнеспособности бактерий на них до 7-10 дней. Обработку семян можно проводить ручную или механизировано. При ручном способе семена рассыпают на асфальтовой площадке, брезенте или полиэтиленовой пленке, затем с помощью ранцевого опрыскивателя наносят необходимое количество приготовленного препарата, тщательно перемешивают, подсушивают и вывозят в поле для посева. Механизированную обработку семян бактериальными препаратами проводят двумя способами. Первый – с использованием шнекового погрузчика и ленточного транспортера. Для этого в начале транспортера устанавливают емкость с раствором препарата, из которой при помощи лейки обрабатывают семена на транспортере. Раствор ризоторфина в емкости необходимо периодически перемешивать во избежание образования осадка. Второй – с использованием машины для протравливания семян по технологии обработки семян протравливателем. Перед работой необходимо тщательно очистить машину от ядохимикатов, промыть и обезвредить согласно санитарным правилам.

Необходимым условием активной жизнедеятельности клубеньковых бактерий является оптимальное увлажнение (без периодов иссушения) и рыхлость почвы, наличие кислорода и оптимального уровня питания. На Северном Кавказе рекомендуется применять следующие штаммы: 6346 (эталонный штамм), 645, 654 и другие, выпускаемые в жидком виде или в виде порошка торфа – ризоторфина.

Очень важно следить, чтобы инокулированные семена сои были высеяны до того, как их семенная оболочка подсохнет, так как на влажной оболочке удерживается до 83 % инокулята, а на сухой – лишь 8 %. Соблюдение технологии применения ризоторфина гарантирует выживание клубеньковых бактерий в почве, колонизацию ими корневой системы и формирование симбиотического сообщества.

Фасоль

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Фасоль предъявляет более высокие требования к почвам, чем другие зернобобовые культуры. В южных районах Российской Федерации хорошо удается на черноземных и аллювиальных почвах в поймах рек. В Нечерноземной полосе под эту культуру отводят хорошо прогреваемые супесчаные и суглинистые почвы. При этом, чем севернее расположен район возделывания культуры, тем больше для нее подходят легкие по гранулометрическому составу почвы.

Фасоль не реагирует на карбонатность почв. При условии обеспеченности элементами питания, хорошо растет на коричневых и серо-коричневых, бурых и желто-бурых лесных почвах, красноземах и желтоземах даже легкого гранулометрического состава. Благоприятны для фасоли суглинистые почвы всех типов и оструктуренные тяжелосуглинистые и легко-глинистые сероземы. Слитость и солонцеватость переносит так же плохо, как засоление и заболачивание. Сырые и тяжелые почвы не пригодны для выращивания фасоли. На холодных, глинистых, с близким залеганием грунтовых вод почвах она дает низкие урожаи.

Посевы фасоли можно размещать на пониженных элементах рельефа после осушения. Однако на плохо дренированных, сырых почвах растения фасоли желтеют, плохо плодоносят. На сухих песчаных, каменистых и сырых

торфяных почвах фасоль сильно снижает урожай. При этом на окультуренных торфяниках может хорошо расти и формировать высокие урожаи. Фасоль мирится с небольшой кислотностью, но более высокие урожаи дает на нейтральных и слабощелочных почвах (табл. 260; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 260 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для фасоли

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–7,5	7,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	<3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	<0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–3	3–5

Оптимальная величина pH почвенного раствора для фасоли находится в пределах от 6,5 до 7,5. На сильно кислых почвах она не дает высокого урожая. На таких почвах задерживается развитие клубеньковых бактерий и снижается эффективность нитрагина. Особенно нежелательно размещение посевов фасоли на кислых почвах в северных районах возделывания. Однако при хорошей культуре земледелия, достаточном внесении органических и минеральных удобрений фасоль дает высокие урожаи и на почвах с pH от 5,5 до 6,0.

Фасоль среди всех зернобобовых культур наиболее требовательна к плодородию почвы. Это объясняется тем, что около 90–95 % потребляемых растениями элементов питания поглощается из почвы в очень короткий период, примерно за 60–70 дней, считая от фазы всходов. От всходов до первого настоящего листа фасоль потребляет только 7,4 % азота, 3,9 – фосфора и 5,2 % калия. К фазе цветения растения фасоли потребляют до 50,7 % азота, 40 – фосфора и только 37,2 % калия. В межфазный период от цветения до полного налива зерна растения потребляют 49,3 % азота и около 60 % фосфора и калия.

Для формирования 1 т зерна и соответствующего количества вегетативной массы растениям фасоли необходимо 52,2–58,0 кг азота, 14,1–14,4 кг фосфора и 46,7–54,3 кг калия. Азот и фосфор накапливаются в основном в зерне, калий, кальций и магний в вегетативных органах. Содержание калия в надземной вегетативной массе в фазе созревания составляет 3,83–4,23 %, кальция – 0,86–0,90 % и магния – 0,67–0,74 %, что соответственно в 2,1–2,2 раза 5–6 и 2,4–2,8 раза больше, чем в зерне (Минюк П.М., 1991).

Удобрение. В отличие от других зернобобовых культур под фасоль можно вносить, наряду с минеральными, и органические удобрения, т. к. она хорошо отзывается даже на небольшие их дозы. Особенно хорошо действуют органические удобрения в Нечерноземной полосе. Высокие урожаи фасоли здесь можно получить только при внесении органических и минеральных удобрений. Особенно большую прибавку урожая дает навоз, внесенный непосредственно под фасоль. Действие его усиливается подщелачиванием почвы, что улучшает условия для развития клубеньковых бактерий, а также для роста и развития самой фасоли, так как ее всходы, проростки и взрослые растения плохо переносят кислую реакцию почвенного раствора.

Навоз рекомендуют вносить на черноземных почвах из расчета 15-20 т/га, на дерново-подзолистых и серых лесных почвах – 25-30 т/га. Хорошо отзывается фасоль на внесение навозно-фосфоритных компостов, а также куриного помета.

Фасоль отличается повышенной отзывчивостью на внесение полного минерального удобрения. Внесение азотных удобрений под фасоль на дерново-подзолистых почвах значительно повышает урожай зерна. Особенно эффективно действует азот, внесенный в небольших дозах при весенней обработке почвы. Молодые растения фасоли испытывают азотное голодание, т. к. запасы азотистых веществ семени уже израсходованы, а клубеньковые бактерии еще не начали фиксацию азота из воздуха и живут за счет растений фасоли. Азотные удобрения применяются в количестве 30–60 кг/га. На черноземных почвах их внесение малоэффективно.

Фосфорные и калийные удобрения под фасоль вносят в зависимости от типа почв из расчета 45–60 кг, а на мало плодородных подзолистых почвах и торфяниках – 90–120 кг/га д.в. каждого элемента. Вносят удобрения обычно осенью под зяблевую вспашку. Фасоль отзывчива на подкормки. Хорошие результаты дает подкормка суперфосфатом на черноземных почвах до появления бутонов в дозе P_{20-30} . На подзолистых почвах эффективны фосфорно-калийные подкормки: первая – через 14–20 дней после всходов, вторая – в начале цветения из расчета $P_{30-40}K_{30-40}$.

Фасоль весьма чувствительна к формам минеральных удобрений. Как ни у одной другой зерновой бобовой культуры урожай ее резко повышается при замене порошковидного суперфосфата гранулированным. При возделывании на сравнительно бедных обменным калием почвах она особенно хорошо отзывается на калийные удобрения, не содержащие хлора. На высокоплодородных черноземах калийные удобрения мало эффективны.

Для нормального роста и развития растений фасоли необходимы молибден, бор, марганец, кобальт, цинк и медь. Особое значение имеют молибден и кобальт, которые содержатся не только в семенах, но и в клубеньках бобовых растений. Лучший способ применения этих микроэлементов – предпосевная обработка семян. Норма расхода – 50 г/т. Высокоэффективна и некорневая подкормка посевов молибденом и кобальтом в фазе бутонизации. Оптимальная доза 100 г/га д.в.

Хорошо действуют также гранулированный молибденизированный суперфосфат и обогащенные кобальтом удобрения при их предпосевном внесении в почву. Борные удобрения применяют на дерново-подзолистых и особенно на известкованных почвах Нечерноземной полосы, а также на почвах с пониженным содержанием усвояемых форм бора. Вносят их в количестве 0,4–0,5 кг/га д.в. Марганцевые удобрения применяют на черноземах карбонатных и солонцеватых почвах. Марганец ускоряет прорастание семян и способствует лучшему росту. На низинных торфяниках эффективны медные удобрения. Их вносят один раз в 4-5 лет из расчета 2-4 кг/га д.в. Потребность в цинковых удобрениях возникает у растений на карбонатных и легких по гранулометрическому составу почвах. На этих почвах применяют водные растворы сульфата цинка для некорневой подкормки растений и предпосевной обработки семян. Доза цинка для некорневой подкормки растений – 100 г/га, д.в., а для предпосевной обработки семян – 500 г действующего вещества на 1 т семян.

Растения фасоли положительно реагируют на нейтрализацию даже слабокислой реакции почвенного раствора, поэтому кислые почвы перед посевом этой культуры следует известковать. На кислых супесчаных почвах рекомендуется вносить 2,5-3,5 т/га извести, на суглинистых 4-5 т/га.

Чечевица

Требования к почве. Хорошие урожаи чечевица дает на рыхлых суглинистых и супесчаных богатых кальцием почвах. Песчаные почвы, а также кислые и солонцеватые непригодны для ее выращивания. По сравнению с другими зерновыми бобовыми культурами, чечевица предъявляет повышенные требования к плодородию почвы.

Удобрение. При возделывании чечевицы на зерно навоз вносят в норме 30–35 т/га под предшествующие культуры, а если на корм – непосредственно под нее.

В зонах недостаточного увлажнения минеральные удобрения, внесенные непосредственно под чечевицу, малоэффективны. Фосфорно-калийные удобрения из расчета $P_{45}K_{45}$ лучше применять под предшествующую культуру. Если чечевицу размещают по унавоженному предшественнику, азот вообще исключают из системы удобрения. На юге Нечерноземной зоны и севере Центральной черноземной зоны, где годовая сумма осадков достигает 450–500 мм, эффективность минеральных удобрений значительно выше. В этих районах под посевы чечевицы осенью под зябь следует вносить фосфорно-калийные удобрения по 30–45 кг/га действующего вещества и весной в рядки при посеве гранулированный суперфосфат в норме P_{10-15} . На легких почвах дозу калийных удобрений увеличивают. Очень хорошим удобрением для чечевицы является зола. Ее вносят из расчета 0,6–0,8 т/га.

На кислых почвах чечевица развивается плохо, растения растут медленно, азотфиксирующая способность клубеньковых бактерий ослабевает. При ее размещении на таких почвах следует проводить известкование. Известь лучше вносить под предшествующую культуру.

Чина

Требования к почве и особенности минерального питания растений. В сравнении с другими зернобобовыми растениями чина, за исключением люпина, менее требовательна к почве. Она дает хорошие урожаи на супесчаных и суглинистых почвах; удается на каштановых, частично засоленных почвах. Наиболее высокие урожаи она дает на черноземах. Плохо растет на тяжелых по гранулометрическому составу влажных и бедных песчаных почвах. Не выносит чина заболоченных почв и солончаков. Чина требует нейтральной или слабощелочной реакции почвенного раствора. Плохо удается она на участках с близким стоянием грунтовых вод. При посеве на вновь распаханых землях у растений формируется мощная надземная масса, что ведет к медленному созреванию.

Удобрение. Чина хорошо отзывается на удобрения. Под нее вносят полное минеральное удобрение из расчета $N_{45}P_{45}K_{45}$. Наибольший эффект дают фосфорные и калийные. Удобрения, кроме припосевного внесения гранулированного суперфосфата (P_{10-15}) в междурядья, применяют осенью под зябь. Весеннее внесение минеральных удобрений резко снижает их эффективность.

Навоз непосредственно под чину вносить не рекомендуется, особенно при возделывании на зерно, т. к. в этом случае растения формируют большую вегетативную массу, полегают и образуют мало бобов. Положительное влияние на урожай чины оказывает известкование почвы.

Обязательным приемом в технологии выращивания чины является применение микроудобрений (молибденовых, кобальтовых, борных), а также нитригинизация, резко повышающая азотфиксирующую способность растений и эффективность использования минеральных удобрений.

6.4.4. Масличные культуры

Арахис

Требования к почвам и особенности минерального питания растений. К почвенному плодородию арахис умеренно требователен и лучше растет на хорошо гумусированных почвах легкого гранулометрического состава. Это черноземы, коричневые почвы субтропиков, ферраллитные красно-коричневые и красно-бурые почвы тропических саванн. При выращивании на легких по гранулометрическому составу почвах на корнях арахиса образуются колонии клубеньковых бактерий, поэтому арахис считается культурой, повышающей плодородие почв. На тяжелых по гранулометрическому составу почвах урожайность его снижается. Высокие урожаи арахиса на тяжелых почвах возможно получить лишь при условии тщательного их разрыхления и дренирования. На тяжелых почвах, например на черноземах выщелоченных Предкавказья, клубеньковые бактерии не развиваются. Весьма требователен арахис к рыхлости пахотного слоя, поэтому все почвы, склонные к образованию корки, неблагоприятны для этой культуры. Это и черноземы тяжелосуглинистые и глинистые с сильно разрушенной структурой пахотного слоя, солонцеватые и заболоченные почвы. На почвах с высоким содержанием карбонатов арахис страдает хлорозом, непригодны для него сильноокислые почвы. Оптимальная реакция почвенного раствора для роста и развития растений арахиса находится в интервале $pH = 6,5-8,0$ (табл. 261; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 261 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для арахиса

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1,0–2,5	2,5–5,0	
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,0	8,0–8,7
Плотность, г/см ³	1,0–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–25	25–60	60–80
Обменный Na, % от ЕКО	0,1–0,2	3–5	5–8
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %		0,2–0,5	0,5–0,8
Содержание CaCO ₃ , %		0–5	5–10

На сухих каштановых и серо-коричневых почвах не рекомендуется выращивать арахис без орошения, так как он требует повышенной влажности, особенно в период от фазы цветения и до конца образования плодов, однако в конце вегетации легко переносит засуху.

Арахис требователен к элементам питания. При урожае 15 ц бобов и 30 ц вегетативной массы с 1 га он выносит из почвы азота 107 кг и калия 57 кг.

Удобрение. Арахис принадлежит к числу азотонакопителей. При благоприятных условиях после него в почве остается до 100 кг/га азота. Однако до образования клубеньков на корнях растений арахис нередко испытывает азотное голодание. Поэтому внесение азотных удобрений из расчета N_{15-25} весьма эффективно. Их вносят во время образования двух настоящих листьев – примерно через две недели после посева. В районах средних широт норму удобрения увеличивают N_{60} . Кустовые сорта по сравнению со стелющимися более отзывчивы на внесение азотного удобрения. Весьма эффективно зара-

жение семян арахиса перед посевом бактериальной культурой ризобиум (Rhizobium). Высокий эффект дает внесение 20–30 т/га навоза совместно с фосфорными или фосфорно-калийными удобрениями (P₄₀K₃₀), а также полное минеральное удобрение – N₄₀P₆₀K₄₀. Калийные удобрения вносят только на почвах с низким содержанием обменного калия. На черноземах они малоэффективны. Хорошие результаты дает внесение небольших доз гранулированного суперфосфата при посеве (P₁₀) и азотно-фосфорных удобрений в начале плодообразования. На поливных землях применяют подкормку арахиса перед цветением (N₄₀P₃₀) и в период массового плодообразования (N₆₀P₃₀), которую назначают по результатам листовой диагностики.

Азотную подкормку назначают при содержании азота в листьях менее 4 % сухой массы. Критический уровень содержания в листьях фосфора – 0,21–0,22 %. Однако если азота в листьях содержится менее 3 %, то критический уровень фосфора снижается до 0,17 %. Фосфорные удобрения обеспечивают устойчивую прибавку урожайности при содержании азота в листьях более 4 %. Критический уровень K₂O в листьях – менее 1 %.

Горчица

Отношения к почвам и особенности минерального питания растений. Наиболее высокие урожаи семян получают при посеве горчицы сарептской на черноземах. Хорошо удается она и на каштановых почвах. Малоприспособлены для нее тяжелые, заплывающие и засоленные почвы. Горчица белая менее требовательна к почвам, чем горчица сизая. Может произрастать на подзолистых почвах, так как имеет корневую систему с высокой усваивающей способностью, но благоприятны для нее черноземы суглинистые и супесчаные. В отношении требований к свойствам почвы также нужно отметить известную приспособляемость горчицы, которая, однако, ограничена двумя факторами. Первый из них – это наличие достаточного количества кальция в почве, к которой горчица весьма требовательна. Поэтому для ее посевов не пригодны песчаные и глинистые почвы с резко выраженной кислой реакцией. Второй – это требования белой горчицы к влажности почвы. На избыточное увлажнение и чрезмерную сухость культура отзывается низкими урожаями. Она хорошо удается как на легких суглинках, так и на хорошо разложившихся низинных торфяниках и аллювиальных почвах с подпочвой из богатых известью ракушечников. Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений горчицы создаются при pH=7,0–8,5 (табл. 262; Вальков В.Ф. и др., 2003).

Таблица 262 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума почвенных характеристик для горчицы

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1,0–2,5	2,5–5,0	
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–25	25–60	60–80
Обменный Na % от ЕКО		3–6	6–10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засоле	0,1–0,2	0,2–0,5	0,5–0,8
Содержание CaCO ₃ , %		0–5	5–10

На образование 1 т семян горчица выносит из почвы 70–75 кг – азота, 25–30 – фосфора и 50–60 кг калия. Благодаря высокой физиологической активности корневой системы горчицы способны усваивать фосфор и калий из труднорастворимых соединений почвы. Наибольшие их количества растения потребляют до фазы цветения: 75–85 % азота, 45–55 – фосфора и 70–80 % калия.

Удобрение. Горчица хорошо отзывается на последствие навоза и прямое действие минеральных удобрений. Внесение навоза непосредственно под горчицу ввиду ее короткого вегетационного периода не рекомендуется.

Примерные нормы минеральных удобрений под сизую горчицу следующие: $N_{30-35}P_{45-60}K_{45-60}$. Следует отдавать предпочтение щелочным формам удобрений. Под белую горчицу, отличающуюся большой усвояющей способностью корней, целесообразно вносить фосфоритную муку взамен примерно 1/3 нормы суперфосфата. Удобрение вносят под зяблевую вспашку. При посеве в рядки эффективны фосфорные удобрения в дозах P_{15-20} , которые обеспечивают прибавку урожая семян 150-200 кг/га.

Клещевина

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Центр происхождения клещевины – саванны восточной Африки с красно-бурыми и красно-коричневыми почвами. Для этих почв характерен гумусовый горизонт небольшой мощности с низким содержанием гумуса, железисто облегченный гранулометрический состав, реакция среды близкая к нейтральной, промытость от легкорастворимых солей. Такие же условия необходимы для культурных растений. Наиболее благоприятны для клещевины черноземы теплой южно-европейской фации. Они встречаются в Краснодарском и Ставропольском крае, а также на юге Ростовской области. Песчаные почвы для нее менее пригодны. Плохо удается клещевина на засоленных, глинистых, заболоченных почвах. Не подходят для нее участки с близким залеганием грунтовых вод, где интенсивный рост вегетативной массы ведет к запаздыванию созревания и затрудняет уборку урожая. Оптимальная реакция почвенного раствора – pH 6-8 (табл. 263; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 263 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума характеристик почвы для клещевины

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1,0–2,5	2,5–5,0	
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,0	8,0–8,6
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–15	15–60	60–80
Обменный Na, % от ЕКО		< 5	5–8
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	0,1–0,2	0,2–0,5	0,5–0,8
Содержание CaCO ₃ , %		0–5	5–8

Клещевина требовательна к минеральному питанию и почвенному плодородию. По выносу элементов питания из почвы на единицу урожая она в 2–4 раза превосходит озимую пшеницу. Для формирования 1 т семян затрачивает 64–68 кг азота, 14–20 – фосфора и 52–56 кг калия. Интенсивность потребления элементов питания в различные периоды вегетации растений неодинакова. Больше их расхо-

дуются во второй половине вегетации. Усиленное азотное питание перед образованием кистей значительно повышает урожай. Клещевина обладает повышенной способностью усваивать фосфор, железо, кальций из труднодоступных форм.

Удобрение. Клещевина отзывчива на внесение органических и минеральных удобрений. Навоз в норме 20–30 т/га повышает урожай и создает хорошие условия для последующих культур.

При внесении минеральных удобрений необходимо учитывать плодородие почвы, погодные условия и биологию сортов. На черноземах выщелоченных наиболее высокие прибавки урожая семян обеспечивает азотно-фосфорное удобрение, а на черноземах карбонатных и обыкновенных – фосфорное или азотно-фосфорное. Лучшие результаты дает основное внесение удобрения под клещевину в дозе $N_{40}P_{60}$ или P_{60} . Увеличение доз на неорошаемых землях дает примерно такие же или несколько большие прибавки урожая семян, однако окупаемость удобрения и коэффициент использования элементов питания при этом снижаются. Увеличение дозы удобрений ($N_{60}P_{90}$) может быть оправдано лишь в увлажненной зоне на черноземах выщелоченных.

Внесение калийных удобрений под клещевину как отдельно, так и в смеси с азотно-фосфорными, на черноземных почвах не повышает урожай, т. к. эти почвы богаты калием.

Лучшие результаты при разбросном способе дает осеннее внесение удобрений под вспашку зяби. Внесение туков весной в разброс под культивацию зяби нецелесообразно, т. к. их по сравнению с осенним внесением под зябь значительно снижается, а в годы с недостаточным количеством осадков прибавок вообще нет. Вызвано это тем, что при рассеивании удобрений под культивацию зяби основная масса их распределяется в поверхностном слое почвы вне зоны активной деятельности корневой системы растений. Особенно это касается фосфорных удобрений, так как фосфор даже под влиянием обильных осадков перемещается от места внесения на незначительное расстояние.

Припосевное удобрение клещевины дает значительно меньшие прибавки урожая, чем основное. Однако если в хозяйстве удобрений не достаточно, то эффективнее их внести при посеве в дозах $N_{10}P_{20}$ на черноземах выщелоченных и P_{20} на карбонатных. Клещевина отзывчива на подкормки. Если основное удобрение было внесено под вспашку, то растения подкармливают в фазе образования центральной кисти. Если же основное удобрение не внесено, подкормку проводят после прорывки при междурядной обработке. Для подкормки используют аммонийную селитру или сульфат аммония и суперфосфат (по 20–30 кг/га д.в.).

Подкармливают клещевину местными удобрениями: 3–4 ц птичьего помета и 3–5 т навозной жижи на 1 га. Под клещевину можно использовать сухие, жидкие, простые или комплексные туки, обязательно выравнивая в них соотношение азота и фосфора согласно указанным выше дозам. В условиях поливного земледелия эффективность удобрений значительно возрастает.

Кунжут

Требования к почвам. Лучшими для кунжута являются черноземные почвы, легкие суглинистые и супесчаные по гранулометрическому составу. Хорошо растет он на почвах речных долин (аллювиально-луговые, луговые, лугово-черноземные). Не пригодны для него заболоченные, засоленные почвы с близким залеганием грунтовых вод. Черноземы слитые малопригодны для кунжута, так как образуют почвенную корку, затрудняющую появление всходов кунжута. Оптимальная реакция почвенного раствора для кунжута находится в интервале рН 6,5–7,5 (табл. 264; Вальков В.Ф., и др., 2007).

Таблица 264 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для кунжута

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1,0–2,5	2,5–5,0	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,5
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–25	25–50	50–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	1–5	5–8
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении	–	0,1–0,4	0,4–0,5
Содержание CaCO ₃ , %	–	0,1–1,0	1,0–3,0

Удобрение. Кунжут предъявляет повышенные требования к плодородию почвы. На образование 1 т семян и соответствующего количества вегетативной массы он потребляет из почвы 80–90 кг азота, 20–25 – фосфора и 90–100 кг калия.

Эффективность полна высокая. При содержании в листьях: азота – 2 %, P₂O – 0,2, K₂O – 0,8, Ca – 0,6 % растениях кунжута нуждаются во внесении минеральных удобрений, а при содержании в листьях: N – 3,9 %, P₂O₅ – 0,34, K₂O – 2,2% эта культура практически не реагирует на их внесение. Навоз вносят под предшествующую культуру.

Нормы, сроки и способы внесения минеральных удобрений зависят от уровня естественного плодородия почвы. Ориентировочно следующие N₆₀P₆₀K₆₀ или 20–25 т/га навоза совместно с минеральными удобрениями N₃₀P₃₀K₃₀. Эффективно припосевное внесение в рядки гранулированного суперфосфата из расчета P₂₀.

Кунжут относят к растениям с растянутым периодом потребления элементов питания. Примерно 65-70 % азота, фосфора и калия поступает в растение в фазе цветения, поэтому кунжут отзывчив на подкормки, которые проводят в фазе бутонизации. Рекомендованные дозы минеральных удобрений при проведении такой подкормки N₂₀P₃₀K₃₀.

Лен масличный

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Лучшими почвами для льна масличного являются черноземы и каштановые; малопригодны – солонцеватые и кислые торфянистые почвы; непригодны для его выращивания песчаные, болотистые, известковые и почвы с застойной влагой. Оптимальная кислотность почв (pH) с тяжелым гранулометрическим составом 6,0–6,7, с легким – 5,5–6,0. При повышенной кислотности лён страдает от токсического действия ионов алюминия, а на карбонатных почвах – от избытка кальция и дефицита бора, что может привести к различным бактериальным заболеваниям. Неблагоприятное действие на лён оказывают ионы хлора, что необходимо учитывать при выборе форм минеральных удобрений.

До фазы бутонизации бутонизации растения льна растут медленно, а в период бутонизация-цветение – усиленно. Корневая система у него обладает низкой способностью усваивать элементы питания из труднодоступных соединений, что и обуславливает повышенные требования льна к содержанию в почве легкодоступных элементов питания. Вынос элементов питания льном зависит от почвенно-климатических условий, агротехники и биологических

особенностей сортов. На образование 1 т семян он расходует до 60–75 кг азота, 15–25 кг фосфора и 40–55 кг калия.

Поглощение элементов питания льном масличным происходит неравномерно. Относительно небольшое количество их усваивается в период всходы-бутионизация, а максимума потребление достигает в фазе цветения. Так, до фазы цветения лён поглощает около 30 % азота и 15 % фосфора, а за короткий период от начала до массового цветения их потребление достигает 90 % и 50 % соответственно.

Несмотря на относительно небольшое потребление азота льном масличным в начале вегетации, для получения высокого урожая семян необходимо достаточное поступление его в растения. Критическим в питании азотом является период от фазы «ёлочки» до бутонизации. Азот способствует лучшему росту растений, повышению урожайности семян, но удлиняет период вегетации. Дефицит азота отрицательно сказывается на формировании урожая, а его избыток негативно влияет на устойчивость к полеганию и масличность семян, ведет к задержке образования бутонов и цветков, неравномерному созреванию.

Недостаток фосфора в период от появления всходов до образования 5–6 пар листьев отрицательно сказывается на росте растений, ведет к резкому снижению урожайности семян и не исправляется дополнительным внесением в более поздние сроки. Дефицит фосфора после образования 5–6 пар листьев также отрицательно сказывается на развитии растений льна, но в меньшей степени, чем в начале вегетации. Максимум поступления фосфора в растения льна приходится на фазу налива семян.

Первый максимум поглощения калия растениями льна масличного приходится на период бутонизация-цветение, а второй – на фазу налива семян. При калийном дефиците в тканях растения происходит накопление азота.

Для нормального развития растений льна масличного необходимо обеспечение его микроэлементами. На недостаток цинка, бора и железа лён реагирует недоразвитием и отставанием в росте. Возникают симптомы кальциевого, карбонатного или комплексного хлороза. Признаками дефицита микроэлементов являются крапчатый, краевой или общий хлороз, отмирание точки роста, образование густой розетки, отмирание бутонов, пожелтение и отмирание верхушки растений. На обеспеченность растений микроэлементами влияют погодные условия, при засухе их недостаток и вызываемые симптомы усиливаются.

Удобрение. Состав и нормы удобрения для льна масличного определяются уровнем содержания в почве доступных элементов питания и предшественниками. Как правило, наиболее эффективно полное минеральное удобрение. При низкой обеспеченности почвы элементами питания оптимальной нормой удобрения для льна масличного является $N_{60}P_{60}K_{60}$, при средней – $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Большое значение имеют способы и сроки применения удобрений. Лучше всего их вносить осенью под основную обработку почвы, когда они довольно равномерно распределяются в пахотном слое и хорошо используются корневой системой растений. При весеннем внесении под культивацию зяби большая часть удобрений сосредотачивается в верхнем слое почвы и при его подсыхании элементы питания могут быть малодоступны растениям. Совершенно неэффективно внесение фосфорных и калийных удобрений под предпосевную обработку почвы, которая проводится на глубину 3–5 см. Высокий эффект дает припосевное внесение фосфорных удобрений в дозах P_{10-20} в форме суперфосфата или 50 кг/га органоминерального удобрения (ОМУ). Если удобрения не были внесены до сева или одновременно с ним, посевы

льна масличного можно обрабатывать в фазу «елочки» мочевиной в дозе N_{30} . Внесение такой дозы удобрения в эту фазу не вызывает увеличения продолжительности вегетационного периода растений льна масличного.

Формы азотных и фосфорных удобрений для льна большого значения не имеют, а лучшей формой калийного удобрения является сульфат калия, так как при систематическом внесении хлористых удобрений происходит накопление в почве хлора, который отрицательно действует на растение льна.

Для роста и развития льна масличного необходимы микроэлементами. Дефицит их устраняется при предпосевной обработке семян или внесением микроудобрений в подкормку в фазу «елочки». В последнем случае их можно применять отдельно в составе комплексного удобрения (кристалон, акварин и др.) или баковой смесью с мочевиной.

Для предпосевной обработки семян льна рекомендуется использовать 0,05 %-ный раствор бора, 0,02 %-ный – меди и 0,3 %-ный раствор цинка, а для некорневой подкормки льна рекомендуют применять 0,02-0,025 %-ный раствор бора и 0,02-0,05 %-ный раствор меди. На темноцветных заболоченных и на известкованных почвах под лён следует вносить борные удобрения (0,5–1,0 кг/га бора), на почвах с низким содержанием меди – медные удобрения (20–25 кг/га сульфата меди). Наиболее эффективным приемом использования микроэлементов является предпосевная обработка семян и некорневая подкормка вегетирующих растений. Важность этих способов усиливается и возможностью их совместного применения с пестицидами для защиты растений.

Ляллеманция

Требования к почвам. К почвам ляллеманция не предъявляет особых требований. Ее можно возделывать на многих почвах, но наиболее высокие урожаи дает на черноземах.

Удобрение. Ляллеманция наиболее отзывчива на внесение под нее 20–30 т/га навоза или минеральных удобрений в норме $N_{45}P_{45}K_{45}$. Как минеральные, так и органические удобрения вносят под зябь.

Мак масличный

Требования к почвам. Лучшими для мака масличного являются легкие супесчаные, суглинистые каштановые почвы и черноземы. Не пригодны для его возделывания солонцы, а так же тяжелые по гранулометрическому составу заплывающие почвы с близким уровнем стояния грунтовых вод.

Удобрение. Под зяблевую вспашку вносят 20–30 т/га навоза или минеральные удобрения в норме $N_{30-45}P_{40-60}K_{30-45}$. Высокоэффективно припосевное внесение фосфорных удобрений в рядки из расчета P_{20-30} . При недостатке фосфора в фазе бутонизации растений проводят подкормку. Ориентировочная доза для корневой подкормки P_{20-30} . Удобрение заделывают в почву на глубину 8–10 см.

Перилла (Судза)

Требования к почвам. Лучшие почвы для периллы – хорошо оструктурные черноземы и наносные почвы речных долин. Не пригодны для нее засоленные, а также песчаные и супесчаные почвы.

Удобрение. Перилла отзывчива на внесение удобрений. Применение 30 т/га навоза под посевы периллы удваивает урожай. Примерные нормы минеральных удобрений $N_{45}P_{60}K_{40}$. Навоз или полное минеральное удобрение вносят под зяблевую вспашку; удобрения можно применять весной под культивацию.

Подсолнечник

Требования к почвам и особенности минерального питания растений. Подсолнечник может нормально развиваться на почвах различного гранулометрического состава: от супесчаных и песчаных до тяжелоглинистых. Однако в крайних случаях необходимы мелиорирующие мероприятия – на тяжелых почвах требуется дренирование, особенно при избыточном увлажнении, а на песчаных почвах – внесение удобрений.

Оптимальная плотность почвы для подсолнечника составляет 1,25–1,35 г/см³ при уплотнении до 1,5 г/см³ урожай снижается на 30 %. В почву с плотностью 1,8 г/см³ корни вообще не проникают, а при рыхлом сложении почвы ($d=1,1$) урожайность снижается на 8–10 %, (табл. 265; Вальков В.Ф., и др., 2007).

Таблица 265 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для подсолнечника

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	
pH водной суспензии	6,0–7,0	7,0–8,0	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,25	1,25–1,35	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–40	4–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	менее 5	3–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	менее 0,5	0,5–0,8
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–6	6–15

При недостаточной глубине промокания почвы в засушливые годы корни подсолнечника не проникают ниже ее границы, и вся масса корней остается в поверхностном слое, чем значительно снижается его способность противостоять летней засухе.

Подсолнечник является культурой, неустойчивой к засолению, и снижает урожай уже при 0,1–0,4 % засолении.

При выращивании на кислых почвах, необходимо обязательно проводить их известкование. Известь вносят непосредственно под подсолнечник или под предшествующую культуру. Наиболее благоприятные условия для роста при pH 7–8.

Подсолнечник отличается повышенной требовательностью к аэрации почвы: его корни не проникают в оглеенные горизонты болотных и плавневых почв. При избыточном увлажнении почвы, особенно в период от прорастания до цветения, растения также страдают от дефицита кислорода.

Лучшими для подсолнечника являются черноземы всех подтипов, близкие к ним лугово-черноземные и темно-каштановые почвы. Хороши для него также аллювиально-луговые и луговые почвы речных долин. Количество потребляемых подсолнечником элементов питания из почвы зависит от биологических особенностей сортов и гибридов, продолжительности их вегетационного периода и ассимиляционной активности листьев, погодных и почвенных условий, влагообеспеченности и плодородия почвы, а также от технологии возделывания.

На формирование 1 т семян растения подсолнечника расходуют 50–60 кг азота, 20–25 кг фосфора и 100–120 кг калия. Подсолнечник потребляет азот, фосфор и калий на протяжении всей вегетации. Содержание их в растениях неодинаково и значительно изменяется по фазам вегетации (табл. 266; Васильев Д.С., 1990).

Таблица 266 – Содержание в растениях подсолнечника азота, фосфора и калия по фазам вегетации, % сухой массы

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Краснодарский край (чернозем выщелоченный)			
4–6 настоящих листьев	3,83	0,81	5,83
Образование корзинки	2,57	0,62	3,99
Цветение	1,59	0,48	2,93
Созревание	1,21	0,53	2,40
Ростовская область (чернозем карбонатный)			
4–6 настоящих листьев	3,96	0,84	6,23
Образование корзинки	1,50	0,47	4,01
Цветение	1,45	0,39	3,86
Созревание	1,03	0,23	4,38

Азот усиливает рост растений подсолнечника, способствует формированию более крупных растений и корзинок. Наиболее интенсивное потребление азота происходит в межфазный период от начала образования корзинки до окончания цветения – одним растением в среднем за сутки потребляется около 50 мг, в другие периоды оно составляет 20-30 мг. К фазе цветения растения подсолнечника поглощают из почвы 60 % азота (Андрюхов В.Г., Иванов Н.Н., 1975; Васильев Д.С., 1990). При его недостатке листья становятся бледно-зелеными, а иногда желтеют и отмирают. Недопустимо для подсолнечника и избыточное азотное питание. Оно неблагоприятно сказывается на накоплении масла в семенах потому, что содержание белка в семенах повышается, а их масличность резко снижается.

Наиболее сильное отрицательное действие на урожай семян подсолнечника оказывает недостаток азота в фазу образования корзинки. Даже краткосрочное исключение его из питания в эту фазу снижает урожай семян подсолнечника. Причем внесение азота в последующие периоды уже не может полностью поправить возникшие в растении нарушения. Исключение азота из питания после цветения растений не оказывает существенного влияния на величину урожая.

Фосфор способствует развитию корневой системы, ускорению образования листьев, повышению чистой продуктивности фотосинтеза, заложению репродуктивных органов, увеличению количества цветков в корзинке. Фосфорное питание ускоряет развитие растений, повышает устойчивость их к засухе, оказывает положительное влияние на процесс маслообразования. Критическим в потреблении этого элемента растением подсолнечника является период от всходов до образования корзинки. Недостаток фосфора в это время приводит к нарушению азотного обмена и снижению урожая семян.

Подсолнечник калиелюбивая культура. Он необходим для интенсивного маслообразования в семенах. Накопление большого количества калия в растениях подсолнечника в значительной степени обуславливает его высокую засухоустойчивость. Активное поглощение воды корнями и передвижение пасоки на $\frac{3}{4}$ обусловлены накоплением осмотически активных ионов калия в сосудах ксилемы в результате функционирования ионных насосов. Высокое содержание калия в клетках повышает гидратацию белков цитоплазмы, устойчивость тканей растения к обезвоживанию. Особенно важно накопление калия в растущих клетках для обеспечения необходимого уровня их тургора даже при недостаточной влагообеспеченности растений.

Подсолнечник относят к числу растений-накопителей кальция. Основной его функцией является участие в формировании срединных пластинок клеточных стенок. Связываясь с полигалактуроновой кислотой, он превращает желеобразный пектин в нерастворимую соль – пектат кальция, обеспечивая этим прочность связи клеток в тканях и, в частности, устойчивость подсолнечника к возбудителям серой и белой гнилей. Кроме того, ионы кальция усиливают активность ряда ферментных систем и проницаемость клеточных мембран. При дефиците кальция снижается способность мембран препятствовать свободной диффузии ионов, поэтому усиливается транспирация, снижается водный потенциал всех органов подсолнечника и его засухоустойчивость.

Минеральное питание подсолнечника по физиологической потребности растений можно разделить на три периода: в первый период (от всходов до образования корзинки) – умеренное питание азотом и калием и усиленное – фосфором; во второй период (от образования корзинки до цветения) – усиленное питание всеми тремя элементами; в третий период (от цветения до созревания) – умеренное питание азотом и фосфором и усиленное калием.

В первые 30 дней жизни растения потребляют из почвы сравнительно мало элементов питания: азота – 16 %, фосфора – 10 и калия – 9 %. К началу фазы цветения подсолнечник поглощает из почвы 60 % азота, 80 % фосфорной кислоты и 90 % калия по отношению к общему выносу из почвы за период вегетации. Остальное количество этих веществ поступает в растение в период от цветения до созревания. После цветения урожай семян формируется в основном за счет элементов питания, ранее накопленных в растении. Во время созревания в семенах сосредоточено 60 % азота, до 70 % фосфора и до 10 % калия, остальное количество этих элементов находится в вегетативных органах.

Удобрение. Подсолнечник отзывчив на внесение органических и минеральных удобрений. В качестве органических удобрений под подсолнечник, как правило, применяют навоз, навозную жижу, птичий помет и компосты с фосфоритной мукой. Оптимальной нормой навоза является на дерново-подзолистых почвах 30–40 т/га, на пойменных и серых лесных почвах – 20–30, на черноземах выщелоченных – 15–20 т/га. Навоз вносят под зяблевую вспашку и под весеннюю перепашку зяби. Внесение 20–40 т/га навоза под зябь на черноземных почвах повышает урожайность подсолнечника на 0,2–0,5 т/га и положительно влияет в течение 2–3 лет на последующие культуры. Подсолнечник хорошо отзывается на прямое действие и последствие навоза.

В хозяйствах, где не возделывают сахарную свеклу, а озимую пшеницу высевают после пропашных, навоз наиболее целесообразно вносить под подсолнечник. Если в севообороте имеется сахарная свекла, навоз вносят под эту или предшествующую ей культуру.

Система удобрения подсолнечника складывается из следующих способов внесения:

- а) основного – удобрения вносят осенью под зяблевую вспашку;
- б) предпосевного и припосевного – удобрения вносят под предпосевную культивацию и в рядки сбоку гнезд одновременно с посевом;
- в) подкормки – удобрения вносят в междурядья одновременно с междурядной культивацией.

Наилучшие результаты основное удобрение дает при внесении осенью под зяблевую вспашку. Заделка его весной под предпосевную культивацию менее эффективна.

Дозу основного удобрения под подсолнечник устанавливают в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве, по результатам почвенной диагностики (табл. 267).

Таблица 267 – Шкала почвенной диагностики потребности подсолнечника в минеральных удобрениях

Диагностический показатель – содержание P_2O_5 , мг/100 г почвы		Обеспеченность почвы фосфором	Потребность подсолнечника в удобрениях	Рекомендуемая доза основного удобрения при внесении	
по Чирикову	по Мачигину			осенью под зябь	локально, ленточным способом при посеве весной
До 20	до 2,5	низкая	сильная	$N_{40-60}P_{60-90}$	$N_{40}P_{60}$
20–25	2,5–3,5	средняя	средняя	$N_{40}P_{60}$	$N_{20}P_{30}$
Более 25	более 3,5	высокая	отсутствует	0	0

При содержании подвижного фосфора в почве до 20 мг на 100 г (по Чирикову) или до 2,5 мг на 100 г (по Мачигину) оптимальная доза основного удобрения составляет $N_{40}P_{60}$, при содержании P_2O_5 20–25 мг (по Чирикову) или 2,5–3,5 мг на 100 г почвы (по Мачигину) доза основного удобрения уменьшается до $N_{20}P_{30}$. При содержании подвижного фосфора более 25 мг (по Чирикову) или более 3,5 мг на 100 г почвы (по Мачигину) подсолнечник практически не отзывается на удобрения, поэтому вносить их в таких случаях нецелесообразно.

Если минеральные удобрения не вносили осенью под зяблевую вспашку, их следует внести в полной или половинной норме весной при посеве локально-ленточным способом. При этом удобрения располагают одной или двумя лентами на расстоянии 6–10 см от рядка на глубину 10–12 см. Такой способ применения удобрений не уступает по эффективности внесению их осенью под зябь.

При рядковом припосевном внесении эффективны азотные и особенно фосфорные удобрения. Внесение их не только повышает урожай, но и увеличивает устойчивость растений к болезням. Рекомендуется в качестве припосевного рядкового удобрения вносить при достаточном увлажнении почвы на 1 га по 10 кг действующего вещества азотных и по 15 кг фосфорных удобрений, а при недостатке влаги – только по 15 кг действующего вещества фосфорных удобрений.

После появления всходов подсолнечника (через 10–12 дней) необходимо провести обследование посевов и отобрать пробы растений для проведения растительной диагностики. Особо необходима эта работа на полях, не получивших удобрений осенью под вспашку зяби или весной локально-ленточным способом одновременно с посевом этой культуры. Указанная работа крайне нужна также и для проведения контроля за действием ранее внесенного основного удобрения. По результатам растительной диагностики необходимо, если это требуется, провести подкормку подсолнечника минеральными удобрениями из расчета $N_{20}P_{30}$ в период образования у растений 2–3 пар настоящих листьев, что обычно совпадает с проведением первой культивации междурядий (табл. 268). При этом удобрения нужно вносить двумя лентами по обе стороны рядка растений на расстоянии 10–12 см от них на глубину 10–12 см.

Таблица 268 – Шкала растительной диагностики потребности подсолнечника в минеральных удобрениях

Обеспеченность почвы фосфором	Нуждаемость в удобрениях	Диагностический показатель		Рекомендуемая доза удобрений
		содержание общего фосфора в 10 – 12-дневных растениях, %	содержание P ₂ O ₅ в растениях, в баллах (экспресс-метод по Церлинг)	
Низкая	сильная	до 0,8	до 2,0	N ₂₀ P ₃₀
Средняя	средняя	0,8–1,1	2,0–3,5	0
Высокая	отсутствует	более 1,1	более 3,5	0

Подкормка посевов подсолнечника, проведенная в ранние сроки, усиливает рост молодых растений в фазе листообразования, что благоприятно сказывается на заложении репродуктивных органов.

Обобщенные данные опытных учреждений позволяют сделать следующие выводы.

1. На черноземах выщелоченных и обыкновенных лесостепных районов и прилегающих к ним степных районов, более обеспеченных влагой, наибольшее повышение урожая достигается при внесении фосфорных удобрений совместно с азотным (N₄₀P₆₀).

2. Внесение калийных удобрений на черноземных почвах, за исключением супесчаных, даже в сочетании с азотно-фосфорными положительными результатов не дает, так как черноземы богаты калием, а корневая система подсолнечника хорошо усваивает его природные запасы из почвы. В отдельных случаях калийные удобрения снижают урожай из-за неблагоприятного воздействия повышенной концентрации солей в почвенном растворе на растения в молодом возрасте. Лишь в отдельных районах лесостепной зоны на черноземах мощных и на почвах легкого гранулометрического состава (супесчаных) совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений (N₄₀P₆₀K₄₀) дает положительный результат.

3. В более засушливых степных районах зоны недостаточного увлажнения на черноземах обыкновенных, карбонатных и южных наибольшее повышение урожая подсолнечника достигается от внесения под зяблевую вспашку одного суперфосфата (P₄₀₋₆₀).

Интенсивная технология возделывания подсолнечника в Краснодарском крае предусматривает внесение: при очень низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором (до 10 мг/кг) – N₆₀P₉₀, низкой (11–20 мг/кг) – N₄₀P₆₀, средней (21–35 мг/кг) – N₂₀P₃₀; на черноземах глубокомиллярных карбонатных Ставропольской возвышенности в зоне неустойчивого увлажнения – N₃₀P₄₀K₂₀. Дальнейшее увеличение норм не обеспечивает существенной прибавки урожая или даже снижает ее по сравнению с контролем. В благоприятные по влагообеспеченности годы норма удобрений может быть увеличена до N₆₀P₆₀₋₇₀K₃₀₋₄₀; на черноземах типичных и обыкновенных рекомендуются следующие нормы удобрений: N₄₅P₆₀; N₆₀P₆₀; N₄₅P₆₀K₃₀; N₆₀P₆₀K₂₀; N₆₀P₆₀K₆₀.

Действие минеральных удобрений резко снижается при недостатке влаги в районах, где среднегодовое количество осадков составляет 380–450 мм. В этих условиях орошение в полтора – два раза повышает эффективность минеральных удобрений.

В условиях орошения вносят $N_{70-90}P_{90-120}K_{70-90}$ трети фосфорных и калийных удобрений заделывают под зяблевую пахоту, азот ($1/2-2/3$ нормы) вносят при вспашке зяби или при влагозарядке. При использовании навоза (30 т/га) вносят $N_{30-40}P_{50-60}K_{20-30}$. Подкормку дают при образовании корзинки – N_{20-30} или $N_{20-30}P_{30}$, на темно-каштановых почвах добавляют K_{20} .

При удобрении подсолнечника используют твердые и, жидкие азотные удобрения, из фосфорных – суперфосфат, из калийных – хлористый калий; применяют также сложные удобрения.

Для подкормки можно использовать простые и сложные, сухие жидкие удобрения или органо-минеральные смеси. Важно строго выдерживать правильное отношение азота к фосфору – 1:1,5. Для подкормки, например, часто используют жидкие комплексные удобрения (ЖКУ). Однако в промышленных ЖКУ соотношение N:P составляет 1:3, то есть неблагоприятно для подсолнечника. Поэтому в ЖКУ добавляют растворы мочевины, аммонийной селитры с таким расчетом, чтобы обеспечивать соотношение 1:1,5.

Наиболее рациональное соотношение использования минеральных удобрений по времени внесения следующее: 65–75 % осенью вразброс под основную вспашку, 20–25 % весной при посеве в рядки и около 5 % в виде подкормки при междурядной обработке.

В повышении урожая семян подсолнечника и содержания в них масла большое значение имеет применение микроудобрений. Эта культура в первую очередь реагирует на борные и молибденовые удобрения. Их вносят в почву перед посевом из расчета 2–3 кг/га по д. в. Эффективны на посевах подсолнечника некорневые подкормки растений микроудобрениями. Оптимальный срок их проведения – период от образования корзинки до фазы цветения. Для некорневой подкормки используют 0,05 % водные растворы микроэлементов при расходе рабочей жидкости 350–400 л/га.

Рапс

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Высокий и устойчивый урожай рапса получают при размещении его на почвах со следующей агрохимической характеристикой: содержание гумуса не менее 1,1 %, фосфора – 6–8 мг/100 г почвы, калия – 8–11, магния – 5–6, бора – 3–6, марганца 1,5 мг/100 г почвы, кислотность почвы (рН) 6,0–6,5.

Рапс хорошо произрастает на черноземах, серых лесных, темно-серых и серых оподзоленных почвах. Песчаные и супесчаные почвы для него из-за недостатка влаги малопригодны. Очень сырые почвы с близким залеганием грунтовых вод совершенно непригодны, т. к. корни на них загнивают. Непригодны засоленные почвы, заболоченные кислые, с глинистой подпочвой, участки с ложбинами и блюдцами.

Большое значение для получения высоких урожаев рапса имеет рельеф. Лучшими участками являются открытые равнины и небольшие склоны, защищенные от северных и восточных ветров. В предгорьях лучшее место для посевов озимого рапса – ровные плато, восточные и западные склоны. Южные склоны для него опасны из-за резких колебаний температур.

Рапс яровой является культурой, менее требовательной к плодородию и влажности почвы. Он может успешно произрастать на почвах разного гранулометрического состава, за исключением тяжелых глинистых и песчаных. Не переносит кислых почв. Для получения высокого урожая необходимо, чтобы растения рапса ярового росли в умеренно влажной почве, при достаточной влажности воздуха.

Рапс особенно требователен к уровню *азотного* питания и срокам внесения азотных удобрений. На участках с большим дефицитом азота в почве растения развиваются очень медленно и часто превращаются в карликовые со слабой зимостойкостью, листья становятся красновато-фиолетовыми. Озимый рапс в большинстве случаев не испытывает недостатка в азоте в осенний период, а его внесение, особенно на ранних и загущенных посевах, снижает зимостойкость растений. Весной с возобновлением вегетации потребность в азоте резко возрастает, но его избыток в почве ведет к полеганию растений, снижению устойчивости к вредителям, болезням и неблагоприятным погодным условиям. Наиболее интенсивное поглощение азота отмечено в фазы бутонизации, цветения и образования боковых побегов. В межфазный период «всходы – образование розетки» растения рапса поглощают 20–25 % азота от общего количества его потребляемого за весь вегетационный период; «весеннее образование – цветение» – 50–70 % и в «цветение – созревание» – 10–20 %.

Фосфор влияет на фотосинтез, дыхание, формирование ядра и деление клетки, образование жира и белка, рост корней, ускоряет созревание, повышает устойчивость растений рапса к болезням. При недостатке этого элемента в начале вегетации у растений подавляется рост, листья приобретают темно-зеленую окраску, позднее они становятся розово-лиловыми по краям, а при значительном дефиците – вся пластина листа краснеет. Благодаря развитой корневой системе рапс хорошо усваивает фосфор из труднорастворимых соединений почвы. Кроме этого, его корни обладают мобилизующими фосфор свойствами.

Потребность в фосфоре в течение вегетации у растений озимого рапса изменяется следующим образом: от появления всходов до образования розетки она составляет 10 %, от отрастания весной до конца цветения – 70 %, от конца цветения до созревания – 20 % общей потребности, равной 80–90 кг P_2O_5 .

Калий – необходимый элемент питания рапса. Он поддерживает устойчивость коллоидных структур, обеспечивающих оптимальный режим функционирования ферментных систем, необходимых для синтеза и передвижения углеводов, восстановления нитратов, дыхания, влияет на энергетические процессы в растении и значительно повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям среды – пониженным температурам, засухе, засоленности почвы, снижает их восприимчивость к заболеваниям. При недостатке калия старые листья растений сначала сморщиваются, становятся краснокоричневыми, затем края и кончики листовых пластинок желтеют, и эта окраска распространяется к середине листа. Цветы вянут и опадают, при сильном дефиците калия растения могут погибнуть. Интенсивность поглощения калия повышается весной (до 10–15 кг/га в день) и остается высокой до конца фазы цветения. В период от появления всходов до образования розетки листьев растения озимого рапса потребляют 20 % калия, от отрастания весной до конца цветения – 80 % общей потребности, равной 120–150 кг K_2O для среднеобеспеченных калием почв.

Рапс весьма чувствителен к наличию в почве мезоэлементов: *серы, магния и кальция*. Сера входит в состав белка и способствует лучшему перевариванию животными концентрированных кормов. Будучи высокобелковой культурой, рапс выносит немало этого элемента. При недостатке серы в почве наблюдается общее пожелтение молодых листьев, а в дальнейшем – всего растения. На средней жилке листа или обратной его стороны может появиться розоватая окраска. Молодые листья плохо развиваются, старые становятся бледными, с пурпурными краями, курчавятся или скручиваются вовнутрь. На вер-

хушке растений образуется мало стручков, они короче обычных и плохо выполнены. Цветение и созревание задерживается. Семена получаются сморщенными и щуплыми, а при сильном голодании – совсем не завязываются. При недостатке серы в растениях могут накапливаться нитраты и нитриты. При внесении азотных удобрений, не содержащих серу, признаки серного голодания усиливаются. Серное голодание проявляется, прежде всего, на легких серых лесных оподзоленных и каштановых почвах. При подкормке посевов рапса азотными удобрениями, содержащими серу (сульфат аммония), можно полностью удовлетворить потребность растений в этом элементе питания.

Наряду с макро- и мезоэлементами важное значение для рапса имеют микроэлементы – бор, марганец, молибден, цинк, медь, кобальт.

Бор способствует повышению содержания каротина, протеина и связанной воды в клетках, улучшает водный и пищевой режимы, процессы обмена веществ в растениях. Благодаря этому усиливается засухо- и зимостойкость, устойчивость к болезням и увеличивается масличность семян рапса. Недостаточное содержание бора в тканях меристемы листьев, стебля и корня, генеративных органах замедляет транспирацию, ростовые процессы, вызывает гофрированность молодых листьев, ослабляет передвижение пластических веществ. При недостатке бора молодые листья рапса растут медленно, становятся блестящими, заворачиваются наружу, а старые – жесткими и приобретают желтовато-оранжево-красную окраску по краям, стебель утолщается, цветение задерживается, в стручке образуется мало семян.

Марганец снижает восприимчивость растений рапса к болезням, увеличивает содержание жира в семенах и их урожай за счет большого числа стручков и семян.

Удобрение. Рапс отзывчив на органические и минеральные удобрения. Органические удобрения, обладающие последствием, способствуют улучшению физических и химических свойств почв, повышению продуктивности посевов рапса. Под предшествующую рапсу культуру вносят 30–40 т/га полуперепревшего или 50–60 т/га жидкого навоза. На черноземах эффективность органических удобрений в богарных условиях уступает действию минеральных, а на подзолистых почвах примерно равноценна.

На формирование каждой 1 т зеленой массы растения потребляют 4–5 кг азота, 1,5–2 – фосфора, 6–7 – калия и до 3 кг кальция, а для получения 1 т семян требуется соответственно 54–62, 24–34, 39–94 и 54–116 кг.

При рН почвы менее 6–6,5 ед. в почву необходимо внести 0,5–1 т/га извести. Нормы удобрений под рапс в различных почвенно-климатических условиях представлены в таблице 269 (Агеев В.В. и др., 1998).

Таблица 269 – Рекомендуемые нормы удобрений под рапс в зависимости от почвенно-климатических условий, кг/га

Почва	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Чернозем выщелоченный, типичный и обыкновенный (Северный Кавказ)	90–120	60–90	60–90
Чернозем типичный мощный (Кубань)	60	60	60
Чернозем выщелоченный среднегумусный (ЦЧЗ)	60–90	60–90	–

Норму азотного удобрения под рапс рассчитывают, исходя из 4–5 кг д.в. азота на 1 ц урожая семян в зависимости от плодородия почвы. Достаточным является внесение N_{90-120}

Способ внесения и норма азотных удобрений определяется исходя из хозяйственного назначения этой культуры. При использовании озимого рапса на зеленый корм осенью или как сидерата их вносят перед посевом в дозе N_{60-80} . Если посевы скашивают только весной, они возрастают до N_{90-120} (с внесением 1/3 части перед посевом, а остальной части ранней весной).

Осеннее внесение азотных удобрений приводит к сильному кущению рапса, что уменьшает опасность вымерзания. При использовании посевов на зеленый корм осенью и весной и на семена норма азотных удобрений увеличивается до $N_{120-150}$ на богаре и до $N_{200-220}$ при орошении. Вносить их надо перед возобновлением весенней вегетации (1/2). На семенных участках полезна подкормка посевов перед бутонизацией (N_{30}). Если рапс в течение вегетационного периода скашивают несколько раз, то после каждого укоса необходима подкормка растений азотными удобрениями в дозе N_{20-50} . Это повышает урожай зеленой массы и увеличивает содержание в ней аскорбиновой кислоты до 6 мг/100 г массы, белка – на 5,5 и сухого вещества – на 1,8 % и улучшает использование удобрений.

На дерново-подзолистых и лесных почвах рапс хорошо реагирует на припосевное внесение азота в составе комплексных удобрений (до 10 кг/га азота). Особенно эффективно локальное внесение азотных удобрений ниже семян и в сторону от них на 2,5–3 см. Все виды азотных удобрений, как жидкие, так и твердые, практически равноценны. Исключение составляет сульфат аммония, содержащий серу, на которую хорошо отзывается рапс. Подкармливают растения как твердыми удобрениями, так и их растворами с поливной водой или при опрыскивании посевов пестицидами. Это не только сокращает число обработок, но и повышает эффективность средств защиты растений. При промывном водном режиме почвы азотные удобрения, особенно нитратные формы, с осени вносить нельзя. Излишнее азотное питание задерживает созревание семян. В зоне недостаточного увлажнения долю азота под основную обработку почвы следует увеличить.

В зависимости от уровня обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и планируемого урожая нормы его под озимый рапс составляют на черноземных почвах P_{30-100} . Применяют фосфорные удобрения летом под основную обработку почвы, а небольшую часть заделывают при посеве. На кислых почвах следует вносить фосфорные удобрения в виде двузамещенного фосфата кальция, а на щелочных почвах – в виде суперфосфата.

Полную норму калийных удобрений нужно применять вместе с фосфорными под основную обработку почвы или послойно-ленточным способом. Предпочтение отдают сульфату калия. В зоне недостаточного увлажнения допустимо внесение калия с семенами в составе сложных удобрений в небольших дозах – до K_{10} . На солонцовых комплексах калийные удобрения не используют. Высокое содержание подвижного калия в почве часто снижает эффективность калийных удобрений под рапс на Кубани и в других районах страны.

Рапс предъявляет большие требования к обеспеченности почв серой, особенно на легких серых лесных и каштановых почвах. Оптимальная норма серы – 30–50 кг/га. Необходимое количество серы может быть внесено с простым суперфосфатом, сульфатом аммония, а на кислых почвах – с сульфатом кальция. Сера поступает в почву с навозом, а также при гипсовании и применении фосфогипса как в чистом виде, так и в составе навозных и пометных компотов. В 1 т

навоза содержится 4–6 кг серы, в 1 ц суперфосфата – 64, сульфата аммония – 32, сульфата калия – 32, в 1 ц сульфата кальция – 32 кг, в 1 т фосфогипса – 200 кг. Серные удобрения можно внести осенью, часть их – весной в период отрастания до цветения, в начале стеблевания (при резком дефиците серы). При появлении признаков недостатка серы растения до фазы цветения опрыскивают раствором сульфата аммония (на 1 га 100 кг растворяют в 800 л воды). При низкой температуре и дождливой погоде обработку повторяют.

Потребность растений рапса в магнии (MgO) составляют 30–50 кг/га, удовлетворяется внесением магниевых удобрений.

Определенное значение для формирования урожая и особенно улучшения его качества имеют и микроудобрения.

Микроудобрения, содержащие молибден и медь, используют в первую очередь на дерново-подзолистых, серых лесных и торфяных почвах, марганец и цинк – на черноземах и каштановых почвах. Потребность в боре может проявиться на полях, прошедших известкование. Микроудобрения применяют для обработки семян, основного и рядкового внесения в составе макроудобрений, а также при некорневых подкормках. Дозы микроудобрений для предпосевной обработки семян: молибдат аммония – 100–200 г соли на 1 т семян; сульфат меди – 200–350; сульфат цинка – 200–250; сульфат марганца – 150–250; сульфат кобальта – 150–250; борная кислота – 200–300 г/т.

Обычно используют один из микроэлементов, который находится в почве в минимуме. Обработку совмещают с протравливанием и обработкой росторегуляторами и пленкообразующими веществами. При некорневых подкормках в растворы азотных удобрений и ЖКУ добавляют сульфат цинка (100 г/га), сульфат марганца (200–300 г/га), сернокислый кобальт (100 г/га), борную кислоту (200–300 г/га), молибденовокислый аммоний (400–600 г/га), сернокислую медь (200–400 г/га).

Борные удобрения вносят при его содержании в почве <30 мг/кг. Под рапс применяют одно из следующих удобрений: борнодатолитовое, борный суперфосфат, бормагниевое, нитроаммофоску с добавлением бора, буру, борную кислоту, борный концентрат. Норма их внесения – 0,25–1,0 кг/га д. в.

Рыжик

Требования к почвам. Рыжик может произрастать на легких супесчаных и солонцеватых почвах, хуже переносит заплывающие тяжелые почвы. Он растет плохо на тяжелых глинистых и кислых почвах.

Удобрение. Рыжик хорошо отзывается на внесение минеральных удобрений. В зависимости от уровня плодородия почвы их вносят в полной норме под зяблевую вспашку из расчета $N_{30-45}P_{30-45}K_{30-45}$.

Сафлор

Требования к почвам. Сафлор хорошо растет на каштановых почвах, черноземах южных, серо-коричневых почвах. Глубокая стержневая сильно ветвящаяся корневая система проникающая на глубину 1,5–2,0 м способна хорошо усваивать влагу и элементы питания из большой толщи почвы. Сафлор не предъявляет высоких требований к плодородию почв и содержанию гумуса. Он не переносит избыточной увлажненности, заболоченности, кислотности почв, близких грунтовых вод. Не оптимальны для сафлора и автоморфные влажные почвы – желтоземы и красноземы, черноземы выщелоченные и оподзоленные, бурые лесные почвы. Сафлор относят к солеустойчивым культурам.

Удобрение. Сафлор на формирование 1 т семян потребляет 60–70 кг азота, 24–26 – фосфора и 140–180 кг калия. Характеризуется растянутым периодом потребления элементов питания. Максимальное количество фосфора растениями сафлора потребляется от всходов до фазы цветения; азота – от начала образования корзинки до цветения; калия – от образования корзинки до созревания. Сафлор отзывчив на внесение азотно-фосфорных удобрений, особенно во влажные годы. Ориентировочные нормы удобрений: $N_{45}P_{60}$, на почвах с низким содержанием калия – $N_{45}P_{60}K_{45}$.

6.4.5. Эфиромасличные культуры и хмель

Анис

Требования к почве. Корневая система аниса в основном находится в слое 0–30 см, а глубина проникновения корней ограничивается слоем до 60–70 см. В связи с этим анис предъявляет высокие требования к плодородию и влажности почвы. Лучшие условия для него складываются на черноземах обыкновенных, типичных, выщелоченных, оподзоленных. Хорошие урожаи дает на темно-серых и бурых лесных почвах. Оптимальная реакция среды 6,5–7,2 (табл. 270; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 270 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для аниса

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,2	7,2–8,5
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины(< 0,01 мм), %	30–40	40–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	2–4	4–6
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 0,2	0,2–0,4
Содержание CaCO ₃ , %	0–0,5	бескарбонатность	0,5–1,0

Анис плохо растет на бесструктурных глинистых почвах и на легких песчаных и супесчаных. Не выносит засоления, солонцеватости и заболачивания. Отрицательно реагирует на карбонатность почв. Плохо растет на каменистых и скелетных почвах, особенно известкового происхождения. Чувствителен к недостатку в почве азота и калия.

Удобрение. На формирование 1 т зерна в среднем требуется 35 кг азота, 12 – фосфора и 40 кг калия. Максимум поглощения элементов питания приходится на межфазный период от стеблевания до цветения растения.

Удобрения из расчета $N_{40-60}P_{60-90}K_{40-60}$ вносят под зяблевую вспашку. При посеве по хорошо удобряемым предшественникам нормы удобрений уменьшают в 1,5–2 раза. При весеннем внесении под предпосевную культивацию эффективность удобрений снижается на 20–25 %.

Навоз надо вносить под предшествующую культуру во избежание развития вегетативной массы в ущерб урожаю семян. При посеве в рядки вносят гранулированный суперфосфат из расчета P_{10} , а при образовании розетки листьев растения подкармливают азотно-фосфорными удобрениями из расчета $N_{15-20}P_{15-20}$. В засушливые годы подкормки малоэффективны.

Базильник евгенольный

Требования к почве и особенности минерального питания растения. Отводимые под посадку базилика почвы должны быть плодородными. Лучше всего он растет на черноземах, аллювиальных, лесных почвах с хорошей аэрацией; тяжелые, заплывающие и образующие корку почвы для этой культуры не пригодны.

Базилик на формирование 1 т биомассы потребляет 5,5 кг азота, 1,1 – фосфора, 10,6 кг калия. До фазы бутонизации базилик растет медленно: в течение 60–63 дней образует всего 6–23 % урожая зеленой массы. Основная часть урожая – 77–94 % накапливается за вторую половину вегетации: бутонизация–техническая спелость, за 53–60 дней. Аналогичным образом потребляются элементы питания: 72–91 % азота, 77–94 % фосфора и 73–94 % калия поступает в базилик в межфазный период бутонизация–техническая спелость.

Удобрение. В качестве основного удобрения под базилик применяют 30–40 т/га навоза и минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. В рядки при посадке рекомендуется вносить фосфорные удобрения из расчета P_{20-30} . Припосадочное (рядковое) удобрение повышает урожай базилика и на удобренном фоне. В период вегетации растений проводят, как правило, три подкормки: первую – через 25–30 дней после посадки, т. е. перед ветвлением (N_{20}); вторую – через 15–20 дней после первой, т. е. перед бутонизацией ($N_{20}P_{20}$); третью – перед началом фазы цветения (N_{30}). Удобрения вносят непосредственно перед поливом в середину междурядий на глубину 10–12 см.

Для выращивания высоких урожаев базилика на орошаемых лугово-черноземных почвах Кубани необходимо рекомендовать следующее. Минерального удобрения в почву под базилик необходимо исходить из расчета – $N_{90-120}P_{60-90}K_{60}$. В качестве основного удобрения целесообразно вносить под культуру 20–25 т/га полуперепревшего навоза совместно с $N_{60}P_{60}$.

Дробное внесение удобрения обеспечивает наибольшую прибавку урожая базилика. Поэтому при возможности хозяйствам лучше с осени вносить только половину фосфорного и калийное удобрения ($P_{30-45}K_{60}$), а азотное (N_{90-120}) и вторую половину нормы фосфорного удобрения (P_{30-45}) перенести в подкормки.

Для улучшения питания и усиления роста растений в первые периоды после посадки обязательно проведение припосадочного удобрения базилика из расчета $N_{10}P_{15-20}$.

Кориандр

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Кориандр происходит из Средиземноморья, поэтому его почвенно-экологический оптимум определяется почвами близкими к коричневому субтропическому типу. В России это черноземы типичные и обыкновенные восточно-европейской фации и особенно черноземы южно-европейской фации на Северном Кавказе (табл. 271; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Лучшие почвы для кориандра – тяжелосуглинистые и легкосуглинистые хорошо оструктуренные черноземы всех подтипов, а также среднесуглинистые темно-серые и бурые лесные почвы. Глинистые почвы лесных типов почвообразования менее благоприятны для кориандра, так как склонны к заплыванию. Непригодны для кориандра слитые почвы, переувлажняемые и различные роды оглеенных почв. Отрицательно реагирует на легкий гранулометрический состав, высокую кислотность (рН ниже 6,0), скелетность почвенного профиля, высокую карбонатность. При малом содержании в почве

известии (менее 2 %) развивается хорошо, например, на черноземах карбонатных Предкавказья. Предел щелочных условий для кориандра – рН 8,5.

Таблица 271 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для кориандра

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	
рН водной суспензии	5,5–6,5	6,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (< 0,01 мм), %	30–40	44–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО		3–5	5–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %		< 0,2	0,2–0,4
Содержание CaCO ₃ , %		0–2	2–4

Глубокая корневая система позволяет переносить недлительную почвенную засуху, поэтому кориандр удаётся и на темно-каштановых почвах. Неустойчив к солонцеватости и засолению.

Максимум содержания азота и зольных элементов в растениях приходится на начальные фазы их развития и на молодые органы. В дальнейшем, по мере накопления органической массы, содержание их постепенно снижается. В фазу цветения растений наибольшее количество азота и зольных элементов, кроме фосфора, находится в листьях. Фосфор к этому времени сосредотачивается в соцветиях. К моменту созревания основная масса элементов питания сконцентрирована в семенах, за исключением кальция, большая часть которого перемещается в стебли.

Для формирования 10 т семян кориандр выносит из почвы в среднем 42 кг азота, 16 – фосфора и 40 кг калия. По выносу азота и калия он приближается к колосовым хлебам, а по выносу калия значительно превосходит пшеницу.

Удобрение. Во всех зонах возделывания кориандра основная роль в повышении его урожая принадлежит азотно-фосфорным удобрениям, а также навозу. Калийные удобрения действуют слабо. На подзолистых, серых лесных, черноземах оподзоленных и некоторых разновидностях черноземов выщелоченных калийные удобрения, особенно в сочетании с физиологически кислыми азотными удобрениями, увеличивают кислотность почвы, что приводит к снижению урожайности кориандра. Во избежание этого на кислых почвах калийные удобрения вносят, как правило, совместно со щелочными формами других удобрений или почву предварительно известкуют.

Нормы удобрений составляют на черноземах оподзоленных и серых лесных почвах N₈₀P₆₀K₄₀, на черноземах выщелоченных N₆₀P₆₀K₄₀, черноземе обыкновенном (типичном) N₄₀P₈₀, черноземе карбонатном и каштановых почвах N₆₀P₈₀. Азотные, калийные и большую часть фосфорных удобрений лучше применять осенью под вспашку. При посеве в рядки рекомендуется вносить фосфор из расчета 10–15 кг действующего вещества на 1 га.

В фазе 4–5 листьев растения кориандра подкармливают азотными и фосфорными удобрениями из расчета по 20 кг действующего вещества на 1 га. Подкормка кориандра в период вегетации дает положительный эффект лишь в годы с высокой влажностью почвы. В остальных случаях подкормка малоэффективна и не окупает затрат на ее проведение.

Навоз вносят непосредственно под кориандр или предшествующую культуру в дозе 15–20 т на 1 га вместе с 2–3 ц суперфосфата или 3–4 ц фосфоритной муки. Кориандр недостаточно использует последствие удобрений, внесенных под предшествующую культуру. Однако при посеве кориандра по хорошо удобренному предшественнику дозы удобрений могут быть уменьшены в 1,5–2 раза.

Рекомендуемые нормы и соотношения удобрений должны корректироваться по имеющимся в хозяйствах картограммам обеспеченности почв подвижными формами элементов питания. Для кориандра большое значение имеют также формы минеральных удобрений: при высокой степени насыщенности почвы основаниям – выше 90 %, нитратная и аммонийная формы азотных удобрений по своему действию равноценны; при меньшей насыщенности основаниями – ниже 90 %, под эту культуру следует вносить азотные удобрения в нитратной форме. На таких почвах нитрат аммония лучше сульфата аммония. Однако на солонцеватых почвах предпочтение следует отдать сульфату аммония. Из фосфорных удобрений – суперфосфат пригоден для всех почв. На почвах с более или менее кислой реакцией можно применять нерастворимые фосфаты, например, фосфоритную муку. Хлористый и сернокислый калий равноценны по влиянию на урожай кориандра, но на черноземах солонцеватых лучше вносить сернокислый калий. Сложные малобалластные удобрения, выпускаемые нашей промышленностью, не уступают по эффективности обычным тукам, внесенным в эквивалентных количествах.

Лучшим способом использования удобрений является осеннее под зяблевую вспашку. При весеннем внесении под культивацию эффективность удобрений снижается, особенно в засушливых районах. В сильно увлажненных районах нитратные формы азотных удобрений желательно вносить весной во избежание их вымывания в нижние слои почвы. Положительные результаты дает обработка семян кориандра фосфоробактерином.

Содержание эфирных масел в семенах кориандра заметно повышают микроудобрения: борные, кобальтовые, цинковые, молибденовые, медные, марганцовые.

Мята перечная

Требования к почве. Родина мяты – Англия. Это растение умеренно-холодных и влажных почв. Хорошие условия находит на аллювиально-луговых почвах с близким стоянием грунтовых вод, но обязательно не застойных и минерализацией менее 0,7 г/л. Благоприятны низинные осушенные торфяники, а также почвы лесных типов при условии обогащенности органическим веществом. Предпочтителен среднесуглинистый гранулометрический состав. Однако, при использовании черноземов типичных, выщелоченных и оподзоленных возможна более тяжелая гранулометрия. Оптимум увлажнения 60–80 % от полевой влагоемкости. Крайне чувствительна к засолению и солонцеватости, не выносит и очень кислых почв. Отрицательно относится и к известковым почвам. Оптимальная реакция почвенной среды pH 6–7,5 (табл. 272; Вальков В.Ф. и др., 2007). Песчаные, каменистые тяжелые и заболоченные почвы отводить под эту культуру не следует.

Удобрение. Мята отзывчива на удобрения. На формирование 1 т зеленой массы мяты потребляет 2–2,5 кг азота, 7,8 – фосфора и 10,1 кг калия. Эти элементы питания растения усваивают на протяжении вегетационного периода, хотя их поступление в растения неравномерно.

Внесение удобрений под мяту должно проводиться с учетом плодородия почвы, условий увлажнения района возделывания, вида и количества удобрений, внесенных под предшественник, а также потребности растений в элементах питания.

Таблица 272 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для мяты

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–10	
pH водной суспензии	5,0–6,0	6,0–7,5	7,5–8,5
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (< 0,01 мм), %	30–40	40–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО		2–4	4–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %		< 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %		0–0,5	0,5–1,5

В качестве основного удобрения рекомендуется вносить 20–60 т/га навоза совместно с минеральными удобрениями в дозе N₄₅P₄₅K₄₅ или одни минеральные удобрения из расчета 90–120 кг азота, фосфора и калия на 1 га. Эффективно также внесение удобрений при посадке сбоку рядков N₄₅₋₉₀P₆₀₋₁₂₀K₄₅₋₉₀. При первой и второй культивации проводят корневые подкормки в дозе N₃₀P₃₀K₃₀. Для корневых подкормок лучше использовать нитратные формы азота, чем аммонийные. На 2–3-й годы вносят N₁₃₅P₁₂₀K₁₃₅. Фосфорно-калийные удобрения под мяту вносят осенью, азотное – весной.

Роза эфиромасличная

Требования к почве. Роза – растение умеренно-влажных южных суббореальных и субтропических почв. Высокопродуктивные плантации розы располагаются на всех подтипах черноземов южно-европейской фации на коричневых почвах, на темно-серых и насыщенных бурых лесных почвах. Оптимум pH 6,5–8,5 (табл. 273; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 273 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для розы эфиромасличной

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–4	4–6	
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,0	8,0–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (< 0,01 мм), %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО		2–3	3–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %		< 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %		0–1,5	1,5–3,0

Сильнокарбонатные, особенно уплотненные, почвы типа рендзин для розы непригодны. В этих условиях она болеет хлорозом, становится малоурожайной или полностью погибает. Роза не чувствительна к скелетности

почвы, если щебнисто-хрящеватая часть почвы не имеет мергелисто-известняковое происхождение. Для нее неблагоприятны заболоченные почвы. При уровне грунтовых вод ближе 150 см корневая система начинает загнивать, и насаждения погибают. Нельзя производить посадки розы на различных типах слитоземов, а также на серых лесостепных почвах со слитым горизонтом. Неприемлемы и глеевые роды лесных и долинных почв.

Удобрение. Роза эфиромасличная предъявляет повышенные требования к наличию в почве элементов питания. С годичным приростом цветков, листьев и побегов она выносит из почвы в среднем 50 кг/га азота, 10 – фосфора и 80 кг калия, а за время существования плантации соответственно 700–800, 200–300 и 900–1000 кг/га.

Для удовлетворения потребностей розы в элементах минерального питания перед закладкой питомника под плантажную вспашку в почву вносят 30–40 т/га навоза совместно с P_{20-30} в форме суперфосфата. Для создания благоприятных условий приживаемости и роста молодых растений практикуется припосевное внесение органических и фосфорных удобрений. Припосевное внесение удобрений обеспечивает растение элементами питания в первые годы жизни. В последующие годы роза нуждается в подкормках. В период эксплуатации плантации рекомендуется один раз в 2–3 года под осеннюю перепахку междурядий вносить навоз в количестве 20–30 т/га. Ежегодно при осенней или весенней обработке почвы растения подкармливают минеральными удобрениями из расчета $N_{50}P_{50}K_{50}$.

На плантациях 3–7–8-летнего возраста удобрения вносят в две щели на глубину 20–25 см вдоль рядов, отступив от них на 55–60 см. На плантациях старше 7–8-летнего возраста – в три щели на глубину 25–30 см вдоль рядов, отступив от них на 60–65 см, и в середине междурядий (третья щель) – на глубину 40–45 см.

При глубоком внесении удобрений неизбежно частичное повреждение корней. Чтобы избежать этого, на плантациях старше 7–8-летнего возраста удобрения следует вносить через одно междурядье, то есть с одной стороны каждого ряда розы. Срок глубокого внесения удобрений – октябрь–ноябрь. Рекомендуемый способ глубокого внесения удобрений не исключает поверхностной подкормки розы азотными удобрениями при осенней или весенней обработке почвы. Рекомендуемые формы удобрений: сульфат аммония или аммонийная селитра, суперфосфат, сульфат калия или хлористый калий.

Тмин

Требования к почве. Культура тмина хорошо удается на многих почвенных разностях, но лучшие результаты получают при возделывании его на черноземах. Благоприятны для тмина серые и бурые лесные, а также дерново-подзолистые почвы. Почвы лесных типов для тмина нуждаются в известковании и интенсивном окультуривании. Тмин не выносит кислой реакции среды, рН ниже 5,5 (табл. 274; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Тмин вполне мирится с карбонатностью и успешно растет на дерново-карбонатных и луговых мергелистых почвах. Не требователен к гранулометрическому составу, хорошие урожаи получают на легких почвах, если обеспечен оптимальный пищевой режим.

При влаголюбивости тмин не переносит переувлажнения и заплывающих почв, а также слитых и глеевых. Крайне неустойчив к засолению и солонцеватости.

Таблица 274 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для тмина

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,6
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (< 0,01 мм), %	10–20	20–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО		2–4	4–6
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении		< 0,2	0,2–0,4
Содержание CaCO ₃ , %		0–2	2–4

Удобрение. При посеве тмина после озимых зерновых культур под него вносят осенью $N_{30-40}P_{40-50}K_{20-30}$. Если под предшественник удобрения не применяли, то помимо минеральных удобрений вносят навоз из расчета 20–30 т/га. Основной способ внесения удобрений под тмин – заделка их под плуг во время зяблевой вспашки. Гранулированные минеральные удобрения целесообразно вносить под эту культуру в рядки одновременно с посевом. Тмин также хорошо использует минеральные удобрения в виде подкормки. Под последнюю осеннюю междурядную культивацию дают $P_{30}K_{20}$, после перезимовки под боронование – N_{20-30} . Для подкормки можно использовать навозную жижу. Ее разбавляют водой в соотношении 1:6 и вносят в количестве 5–7 т/га. Подкормку минеральными и местными удобрениями рекомендуется проводить в самые ранние сроки по мерзлой почве, используя для этого утренние заморозки.

Фенхель

Требования к почве. Лучшие почвы для фенхеля – хорошо окультуренные, плодородные черноземы, наносные пойменные земли. Непригодны для него тяжелые глинистые, заплывающие и заболоченные почвы.

Удобрение. Фенхель отзывчив на органические удобрения, но непосредственное внесение навоза под эту культуру нецелесообразно, так как при этом растение развивает большую вегетативную массу в ущерб урожаю плодов. Поэтому навоз лучше вносить под предшественники. Что касается минеральных удобрений, то их следует вносить в год посева в виде основного удобрения из расчета $P_{40-50}K_{40-50}$. Азотные удобрения вносят весной под культивацию из расчета N_{40-50} . Фенхель положительно отзывается на припосевное внесение суперфосфата в дозе P_{20} . Чтобы не понизилась всхожесть, семена смешивают с суперфосфатом непосредственно перед их высевом.

Хмель

Требования к почве. Выбор участка под посадку хмеля – ответственная работа, определяющая на многие годы рост, развитие и урожай. Поэтому выбирать участок необходимо с учетом биологических особенностей хмеля, и в первую очередь мощного развития его корневой системы, которая проникает на глубину до 2–3 м. Необходимо также учитывать потребность хмеля в элементах питания, отношение его к теплу, влаге, свету. Почвы под хмель необходимо отводить рыхлые и плодородные. Лучшими для него являются черноземы, суглинистые и супесчаные слабодерново-подзолистые почвы, со слабокислой реакцией почвенного раствора (pH 5,6–6), обладающие высоким

плодородием, хорошей структурой, легкой проницаемостью для воды и воздуха. Непригодны глинистые, каменистые, заболоченные почвы. Уровень грунтовых вод не должен быть ближе 3 м к поверхности почвы.

Удобрение. Хмель предъявляет повышенные требования к наличию в почве элементов минерального питания. С урожаем шишек 1 т он выносит из почвы 100 кг азота, 40 – фосфора, 110 – калия, 120 кг кальция, что 2–3 раза больше, чем выносят с 1 га зерновые культуры.

Азот оказывает наибольшее влияние на образование шишек хмеля. При его недостатке растения растут медленно, стебли и листья развиваются слабо и приобретают бледно-зеленую окраску; цветение слабое, урожай низкий; шишки бледно-желтой окраски и недоразвитые, с грубыми черешками, незначительным содержанием лупулина и слабым ароматом. Избыток азота также отрицательно влияет на рост и развитие растений: всходы получаются угнетенными, цветение и созревание затягивается, шишки образуются плохого качества – рыхлые, проросшие листьями, с незначительным содержанием лупулина. При нормальном питании растений азотом стебли и листья хмеля хорошо развиты и имеют зеленый цвет. У таких растений шишки хорошо формируются, имеют золотисто-зеленую окраску с приятным хмелевым запахом.

При недостатке фосфора корни хмеля развиваются слабо. На листьях растений появляются коричневые пятна, которые впоследствии темнеют и увеличиваются в размерах, что приводит к увяданию и подсыханию листьев. Цветение слабое, шишки образуются мелкие низкого качества.

При дефиците калия нарушается фотосинтез, по краям листьев появляются красновато-коричневые пятна. Впоследствии листья свертываются и подсыхают. Шишки образуются рыхлые, плохого качества.

Потребление хмелем элементов питания происходит неравномерно. От всходов до образования боковых ветвей потребляется относительно небольшое количество элементов питания. С фазы цветения усвоение элементов питания растениями снижается. При технической спелости шишек увеличивается их отток в корни растений.

Система удобрения хмеля включает основное, припосевное и подкормки. Основное удобрение вносится под плантажную вспашку (100–120 т/га навоза и $P_{200-240}K_{200-240}$). Азотные удобрения в дозе $N_{180-210}$ вносят под культивацию. Перед посадкой саженцев в одну посадочную ямку вносят 5–8 кг перепревшего навоза и 50–60 г суперфосфата. В зависимости от состояния почвы и развития хмеля в течение лета проводят 1–2 подкормки. При хорошей окультуренности почвы, обеспеченности элементами питания и хорошим развитием растений можно применять одну подкормку ($N_{35-25}K_{20-25}$) при первом окучивании хмеля. На почвах, не достаточно окультуренных, слабообеспеченных элементами питания, при слабом развитии растений проводят две подкормки. Вторую подкормку проводят при втором окучивании ($N_{20-30}P_{20-25}K_{20-40}$). Подкормку вносят с двух сторон рядков хмеля на расстоянии 30 см от растений растениепитателями или же в борозды при окучивании на глубину 16–18 см с последующей заделкой.

Возделывание хмеля на дерново-подзолистых почвах часто связано с отрицательным влиянием избыточной почвенной кислотности. На таких почвах одним из важнейших мероприятий по повышению урожая хмеля и улучшению его качества является известкование. Известь наряду с уменьшением кислотности почвы благоприятно действует на ее физические и химические свойства, улучшает структуру, способствует развитию полезных микроорганизмов.

Норму извести устанавливают лабораторным анализом по величине гидролитической кислотности с учетом насыщенности основаниями и гранулометрического состава почвы. При отсутствии данных анализа почвы примерные нормы извести в виде молотого известняка или известкового туфа могут быть следующие: на дерново-подзолистых суглинистых почвах 2,5–3,5 т и на супесчаных почвах 2–2,5 т на 1 га.

При внесении жженой и гашеной извести нормы могут быть снижены на 20–25 %. Известкование проводят в среднем один раз в 4–5 лет. Вносить известь лучше осенью, при окучивании хмеля на зиму. Хорошо измельченную известь рассеивают равномерно в междурядьях и заделывают на глубину пахотного слоя. Весной известь вносят под вспашку почвы в междурядьях перед обрезкой хмеля. Известкованию обязательно должно сопутствовать удобрение хмеля органическими и минеральными удобрениями.

Для хмеля наряду с органическими и минеральными удобрениями большое значение имеют микроудобрения. При недостатке в почве микроэлементов рост и развитие растений замедляются, урожай, и качество их снижаются.

Потребность в боре под хмель ощущается почти на всех почвах, особенно при достаточном обеспечении растений азотом, фосфором и калием. Недостаток в марганце больше проявляется на слабокислых, нейтральных и слабощелочных почвах, чаще всего при легком гранулометрическом составе.

Из борных удобрений под хмель можно применять: борно-датолитовое, содержащее 1,6 % бора, бормагниевое, содержащее около 1,2 % бора, и осажженный борат магния, содержащий 1,6 % бора. По внешнему виду это порошки белого цвета. Борные удобрения лучше вносить весной в междурядья при распашке почвы перед обрезкой хмеля, из расчета в среднем до 4 кг/га по д.в.

В качестве марганцовых удобрений можно использовать: марганцовый шлам, порошок черного цвета, в котором содержится 10–17 % марганца, и марганизированный суперфосфат, содержащий 1,2 % марганца и 15–17 % фосфорной кислоты. Марганцовые удобрения под хмель следует вносить из расчета по 2–3 кг марганца на 1 га, так же как и борные удобрения.

Из молибденовых удобрений на дерново-подзолистых почвах применяют молибденовый суперфосфат и молибденово-кислый аммоний из расчета до 3 кг молибдена на 1 га.

Шалфей мускатный

Требования к почве. Лучшие почвы для шалфея – черноземы выщелоченные и карбонатные, суглинистые, сформированные на галечниково-глинистых отложениях или на среднесуглинистых щебенчатых желтых глинах с нейтральной или слабощелочной реакцией. Неплохие условия для шалфея складываются на аллювиально-луговых и лугово-черноземовидных почвах речных долин, а также на коричневых почвах. Успешно осваивает нейтральные насыщенные бурые лесные почвы и рендзины, даже при их высокой щебневатости. Почвы слабопроницаемые, заболоченные, с близким залеганием грунтовых вод для шалфея непригодны. Оптимальная реакция среды рН 6,8–8,5 (табл. 275; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Удобрение. Шалфей предъявляет определенные требования к минеральным удобрениям и их формам. Это обусловлено слабым развитием корневой системы в начальный период роста, с одной стороны и интенсивным развитием вегетативных и репродуктивных органов в последующие фазы – с другой. Поэтому внесение удобрений должно соответствовать потребностям растений на определенных этапах органогенеза.

Таблица 275 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для шалфея мускатного

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–6	
pH водной суспензии	6,0–6,8	6,8–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО		3–5	5–7
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %		< 0,2	0,2–0,4
Содержание CaCO ₃ , %		0–2,5	2,5–5,0

Данные по содержанию элементов питания в растениях шалфея мускатного представлены в таблице 276.

Таблица 276 – Содержание элементов питания в растениях шалфея мускатного, % сухой массы

Фаза вегетации	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Фаза розетки	4,55	0,58	1,65
Стеблевание	3,65	0,40	2,10
Цветение	2,75	0,35	2,42
Техническая спелость соцветий	1,62	0,27	2,77

Из приведенных данных видно, что молодые растения содержат больше азота и фосфора, чем созревающие. На следующих этапах развития (от фазы розетки до цветения) количество этих элементов убывает, а содержание калия, наоборот, повышается. Несмотря на то, что в фазе цветения процент азота и фосфора в вегетативных органах снижается, абсолютное накопление этих элементов возрастает в соответствии с увеличением массы растения. В этом можно убедиться по данным усвоения шалфеем элементов питания в расчете на 1 г сухой массы корня (табл. 277).

Таблица 277 – Усвоение азота, фосфора и калия шалфеем мускатным по фазам вегетации растения, г сухой массы корня

Фаза вегетации	Масса растения, % к контролю	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		мг	%	мг	%	мг	%
Розетка (контроль)	100	653	100	57	100	262	100
Стеблевание	186	800	123	78	137	568	218
Цветение	450	1085	166	214	376	1227	468
Техническая спелость соцветий	346	510	78	128	224	710	272

Общее усвоение элементов питания начинает повышаться с фазы стеблевания, а максимум наступает к цветению, когда потребление шалфеем азота, фосфора и калия по сравнению с розеткой возрастает соответственно на

66, 276, и 368 %. Недостаток элементов питания в это время может резко снизить урожай сырья. В среднем от биологического выноса на 1 ц соцветий приходится 1,78 кг азота, 0,29 кг фосфора и 2,37 кг калия. Зная это, можно легко установить норму удобрений на запланированный урожай с учетом использования элементов питания из почвы.

Удовлетворение потребности шалфея в элементах минерального питания осуществляют путем внесения удобрений. Для этих целей на серых лесных почвах, черноземах оподзоленных и выщелоченных рекомендуется вносить $N_{40}P_{60}K_{40}$. Для припосевного удобрения используется гранулированный суперфосфат в дозе P_{10} , вносимый отдельно от семян. В период вегетации растений проводят корневые подкормки азотно-фосфорными удобрениями из расчета $N_{30}P_{30}$. В первый год вегетации шалфея мускатного подкормку проводят в фазе двух пар настоящих листьев, во второй – в начале отрастания розетки. Удобрения вносятся на глубину 10-12 см на расстоянии 15 см от рядка.

В условиях Кубани при размещении шалфея по не удобренному предшественнику лучшие результаты дает внесение полного минерального удобрения под основную обработку почвы в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$. Если же под предшественник вносилось полное минеральное удобрение, ограничиваются внесением азотно-фосфорного удобрения ($N_{30}P_{45}$), так как в этом случае повышение доз азотно-фосфорных удобрений или добавление к ним калия не дает положительных результатов.

Внесение гранулированного суперфосфата (P_{15}) в рядки при посеве шалфея является обязательным приемом. Оно увеличивает урожай соцветий и содержание эфирного масла в сырье.

В условиях Кубани на посевах шалфея мускатного, особенно второго года жизни, эффективны также азотно-фосфорные подкормки, их вносят из расчета $N_{20-30}P_{20-30}$. Наилучшими формами удобрений для обеспечения шалфея азотом и фосфором являются гранулированный суперфосфат, аммонийная селитра и мочевины. Действие этих легкорастворимых форм удобрений на развитие вегетативных и репродуктивных органов проявляется более четко, чем труднорастворимых удобрений.

6.4.6. Прядильные культуры

Хлопчатник

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Характер роста и развития растений хлопчатника детерминируется сложным взаимодействием температурного, светового, водного и «пищевого» фактора. Хлопчатник в целом «непривередлив» в питании и растет на довольно большом спектре почв – от галечниковых, песчаных и глинистых лёссовых почвах Китая и Средней Азии до богатых органикой почв Мексики и восточной и западной части хлопкового пояса США – с большим разнообразием почв до черноземов Юга России и Украины. Не подходят ему только явно заболоченные почвы, луговые с близким залеганием грунтовых вод, почвы с сильным уплотнением.

Для возделывания хлопчатника наиболее пригодны черноземы, каштановые почвы и сероземы. Хорошо растет на такырах и лугово-такырных почвах, на тырсах, регурах и других черных слитых тропических почвах. Регуры – это индийское название черных веритисолей. В мировой практике их часто называют «черные хлопковые почвы». Наилучшими считаются почвы с pH 7-8,5 (табл. 278).

Таблица 278 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для прядильных культур

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см ³	1,20–1,35	1,34–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	25–40	40–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 5	–
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,20–0,40	0,40–0,60
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–10

Оптимальная влажность почвы для хлопчатника находится на уровне 70 % от полевой влагоемкости, а при влажности <40 и >90 % урожаи снижаются. Поэтому, естественное дренирование корнеобитаемой толщи – непременное условие успешной культуры хлопчатника. Почва должна быть способной к удалению гравитационной влаги.

Важным показателем пригодности почвы для хлопчатника является содержание солей. Засоленные почвы менее пригодны для него. При возделывании хлопчатника на этих почвах приходится проводить промывные поливы. Особенно большой вред наносят ионы Cl⁻ и SO₄²⁻. Содержание в 0–50 см слое почвы 0,2–0,3 % SO₄, 0,012 % хлора и 0,4–0,5 % плотного остатка губительно для молодых растений хлопчатника. Более взрослое растение легче переносит засоление. Нормальное развитие хлопчатника происходит при наличии не более: плотного остатка – 0,20–0,35 %, хлора – 0,005–0,012 %, SO₄ – 0,06–0,16 %.

В Краснодарском крае, наиболее благоприятные для хлопководства являются массивы земель в Анапском, Темрюкском, Славянском, Приморско-Ахатарском и Ейском районах. Общая площадь, пригодная под посевы хлопчатника – около 150 тыс. га, это менее 5 % общей пашни Краснодарского края. В Ставропольском крае для хлопководства наиболее благоприятны земли восточных районов и вокруг г. Буденновска, где в 40–50-е гг. XX столетия находился Институт хлопководства. На Ставрополье может быть освоено свыше 300 тыс. га пашни. В Астраханской области и в Дагестане, где была опытная станция в Хасавюрте, может быть занято под хлопчатником свыше 150 тыс. га, но здесь уже нужна ирригация. В перспективе к возделыванию хлопчатника могут быть привлечены некоторые районы Калмыкии.

В среднем с урожаем 1 т хлопка-сырца вместе с соответствующим количеством надземной массы, средневолокнистый хлопчатник выносит из почвы 50 кг азота, 15 – фосфора и 50 кг калия. Из других элементов необходимо 50 кг кальция, по 10 кг серы, магния и натрия, до 2 кг железа, 1,5 кг хлора, до 200 г бора, не менее 50 г меди. На создание такого же урожая хлопка-сырца тонковолокнистый хлопчатник расходует элементов питания на 25–30 % больше, что объясняется более мощным его кустом.

Хлопок-сырец в зависимости от условий выращивания и сортовых особенностей составляет от 25 до 50–60 % урожая надземной массы. Чем выше урожай хлопка-сырца, тем выше и его содержание в общей фитомассе. Причем при высоком урожае расход азота, фосфора и калия на 1 т хлопка-сырца бывает в 2 раза меньше, чем при низком. Потребление элементов минерального питания по фазам развития хлопчатника происходил неравномерно. От

появления всходов до фазы бутонизации растения потребляют около 2-3 % калия и 3-5 % азота и фосфора от общего их количества в урожае. От начала бутонизации до массового цветения хлопчатник поглощает около 25-30 % азота и 15-20 % фосфора и калия, а от цветения до массового созревания усваивается наибольшая часть элементов питания, то есть около 65-70 % азота, 75-80 % фосфора и калия. Таким образом, в период после цветения хлопчатник предъявляет особенно высокие требования к наличию элементов питания в почве, особенно фосфора и калия (табл. 279).

Таблица 279 – Динамика поступления элементов питания в растения хлопчатника, % от общего выноса

Срок	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
От появления всходов до бутонизации	8,4	8,1	10,0
От бутонизации до плодообразования	59,7	56,1	63,6
От плодообразования до конца вегетации	31,9	35,8	26,4

По данным П.В. Протасова, общее накопление азота сильно повышается в период цветения и плодообразования и продолжается до конца вегетации (рис. 7).

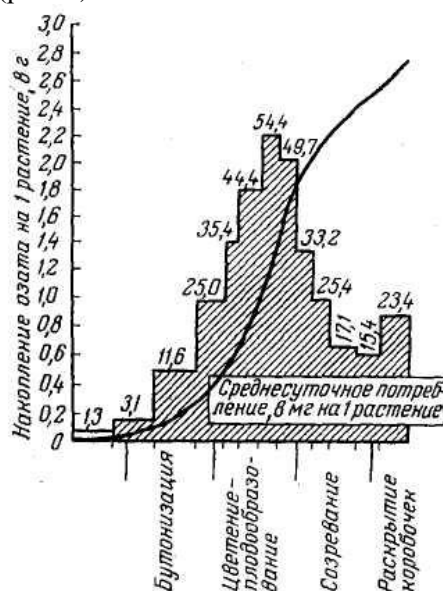


Рисунок 7 – Динамика поглощения азота и среднесуточное его потребление растениями хлопчатника

Суточное поглощение азота растениями хлопчатника при созревании резко снижается. В начальный период развития хлопчатник чувствителен к недостатку легкоусвояемого в почве фосфора и азота, несмотря на сравнительно небольшое их потребление. Наилучший прирост в этот период наблюдается у растений при внесении в почву фосфорных удобрений. Ко времени цветения и плодообразования лучше растут и развиваются растения, обеспеченные азотом и особенно азотом и фосфором. Несмотря на небольшое потребление азота, фосфора и калия на первых этапах развития, эти элементы питания оказывают в этот период очень большое влияние на подготовку к переходу в репродуктивную фазу и на дальнейшее развитие.

Недостаток фосфора в начальный период замедляет развитие корневой системы и задерживает переход растений в репродуктивную фазу. Большая концентрация азота при прорастании семян замедляет появление всходов и угнетает развитие корневой системы. Избыток азота в период до бутонизации, особенно в самом начале этого периода, увеличивает высоту закладки первого симподия и задерживает наступление фаз развития. Нормальное же питание азотом в период до бутонизации ускоряет ее наступление и последующих фаз развития.

В фазах бутонизации и цветения, когда хлопчатник наиболее интенсивно растет и потребляет очень много элементов питания, избыток азота вызывает интенсивный вегетативный рост растений в ущерб плодоношению, затягивает начало созревания коробочек и замедляет темпы их раскрытия. Недостаток азота приводит к слабому росту растений и образованию небольшого числа плодовых ветвей, а следовательно, и недостаточному плодоношению с уменьшенной крупностью коробочек.

Поскольку в фазе цветения растений хлопчатника одновременно происходит образование коробочек и большое количество потребляемого фосфора идет на формирование семян (зародышей), достаточное питание фосфором в этот период ускоряет образование коробочек с семенами и их созревание. Это особенно сильно проявляется, если в самые начальные этапы развития фосфора было достаточно.

Калий ускоряет наступление фаз бутонизации, цветения, повышает вододерживающую способность тканей растений и их засухоустойчивость, снижает транспирацию.

Хлопчатник высоко отзывается на микроудобрения. Их влияние на рост и развитие хлопчатника изучено всесторонне. Внесение борного, марганцевого, медного и других микроудобрений повышает оплодотворяемость, устойчивость растений к ряду заболеваний, а также урожай хлопка-сырца.

Удобрение. Система удобрения хлопчатника включает применение органических и минеральных удобрений. Однако хлопчатник, размещаемый после распашки люцерны, хорошо использует элементы питания, накопленные в почве этой культурой, и меньше нуждается в органических удобрениях, чем хлопчатник, который возделывают на полях, более отдаленных от времени распашки люцерны. Поэтому в течение 2-3 лет после люцерны под хлопчатник органические удобрения обычно не вносят, а применяют минеральные удобрения.

Органические удобрения рекомендуется вносить под хлопчатник во второй половине ротации севооборота, начиная с 3-го или 4-го после распашки пласта, когда начинает снижаться положительное влияние люцерны или на участках, где проводятся капитальные планировки. Особенно хорошее действие оказывают органические удобрения на эродированных и дренированных почвах.

При бессменной культуре органические удобрения лучше вносить один раз в 2-3 года. Нормы их зависят от типа почв, уровня урожаев и предшественников хлопчатника. Навоз вносят под хлопчатник из расчета 20-40 т/га под зяблевую вспашку и запахивают на глубину 28-30 см. Навоз-сыпец, а также сухой пылевидный овечий навоз, в виде подкормок используют в фазе цветения перед культивацией. Во многих хозяйствах сточные воды животноводческих предприятий применяют для жидких подкормок, проводимых во время полива хлопчатника. Такие подкормки способствуют повышению урожая. В качестве органических удобрений можно использовать также птичий помет (2-3 т/га), экскременты шелкоичных червей (150-200 кг/га вместе с минеральными удобрениями), а также шортупраки, цветные земли, ил пресных вод (10-15 т/га).

При недостатке в хлопкосеющих хозяйствах органических удобрений рекомендуется сеять сидеральные культуры на зеленое удобрение. Однолетние бобовые растения (промежуточная культура) могут накопить от 100 до 350 ц/га зеленой массы, которая содержит 50–140 кг азота, 20–50 кг фосфора и 40–80 кг калия. Зеленую массу запахивают после предварительного ее измельчения дисковыми боронами, обычными или двухъярусными плугами на глубину не менее 28-30 см. При запашке небобовых культур обязательно до посева вносят азотные удобрения. Возможности применения сидератов в значительной мере определяются обеспеченностью поливной водой, так как для накопления достаточного количества зеленой массы необходим хороший предпосевной или предпахотный полив и 2-4 полива после посева.

Нормы минеральных удобрений и способы их внесения под хлопчатник сильно изменяются в зависимости от типа почвы, формы удобрения и положения данного поля в севообороте. На каждую тонну урожая рекомендуют внести 50 кг азота, 15 кг фосфора и 50 кг калия. При определении годовой нормы минеральных удобрений все расчеты ведут по азоту. При этом из количества планируемого урожая вычитают урожай, который можно получить без внесения удобрений.

Нормы фосфора и калия устанавливают по азоту, используя соотношения между N : P : K с учетом почвенной разности. Так, по хлопковой старопашке на автоморфных почвах (сероземные, светло-луговые, такырные) лучшим соотношением N : P : K признано 1:0,7:0,5, а на гидроморфных (темно-луговых, лугово-болотных) 1:0,8:0,6.

Соотношение этих трех элементов питания при расчете норм удобрений изменяется также в зависимости от количества и качества вносимого навоза, давности распашки люцерны и от содержания подвижных форм фосфора и калия в почве. При установлении годовых норм фосфора и калия должны приниматься во внимание данные агрохимических картограмм по содержанию подвижных форм фосфора и калия (табл. 280).

Таблица 280 – Поправочные коэффициенты к годовым нормам фосфорных и калийных удобрений в зависимости от обеспеченности почвы фосфором и калием

Обеспеченность почвы фосфором и калием	Содержание согласно картограмме, мг/кг почвы		Поправочный коэффициент
	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Очень низкая	< 15	< 100	1,25
Низкая	16–30	101–200	1,00
Средняя	31–45	201–300	0,75
Повышенная	46–60	301–400	0,50
Высокая	> 60	> 400	0,25

При возделывании хлопчатника после трехлетней люцерны норму азотных удобрений следует снизить на 25-30 %. На почвах, содержащих более 60 мг/кг усвояемой фосфорной кислоты, целесообразно годовую дозу фосфорных удобрений также снизить на 25-30 %, а на участках с низким содержанием P₂O₅, наоборот увеличить на 25-30 %.

В таблице 281 приведены ориентировочные рекомендуемые под хлопчатники нормы удобрений. Из удобрений, внесенных в первый год, хлопчатник может усвоить: 60 % азота, 25 – фосфора, 40 % калия.

Таблица 281 – Примерные нормы удобрений под хлопчатник на различных почвах, кг/га

Почвы	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Темные сероземы	140–185	110–120	40–45
Темно-луговые	120–165	120–130	60–80
Типичные сероземы	150–200	110–120	40–45
Светлые	160–250	110–120	40–60

Относительно высокое содержание калия в почвах районов орошаемого хлопководства, а также скопление азота в поверхностном слое почвы, обусловленное восходящим током воды, создают условия для достаточной обеспеченности азотом и калием молодых растений хлопчатника.

Сроки внесения удобрений под хлопчатник устанавливают в соответствии с потребностью растений и свойствами самих удобрений. Для более стабильного обеспечения растений элементами питания удобрения вносятся дробно:

1. Основное удобрение – вносят под вспашку из расчета общей потребности – фосфора – 75 % от общего внесения, азота – 25 %, калия – 80 %.
2. Предпосевное удобрение – в предпосевную культивацию – азотно-фосфорное (при этом вносится оставшееся количество фосфора).
3. Остальное удобрение равномерно вносится в виде подкормок культиватором-растениепитателем по числу культивации.

Такая схема должна применяться на богарных участках. На орошаемых – схема та же, но азот вносится под поливы, меньшими дозами, но чаще.

Наиболее сильно реагирует хлопчатник на внесение азотных удобрений. Прирост урожая хлопка-сырца при внесении 1 кг азота и соответствующего количества фосфора равен в среднем 8 кг/га, а при высокой агротехнике – 10-15 кг/га. Азотные удобрения не рекомендуется заделывать под зяблевую вспашку на полях с близким залеганием грунтовых вод, на засоленных почвах, требующих осенне-зимних промывных поливов, и на почвах, расположенных на галечнике и песке. На таких полях их рекомендуется вносить по вспаханной почве до посева. До посева азот вносят в форме аммонийной селитры, мочевины. МФУ, сульфата аммония. Перед вспашкой азотные удобрения разбрасывают по полю и запахивают, перемешивая с почвой. До посева хлопчатника их вносят в почву с помощью культиваторов-удобрителей или удобрения, смонтированного на чизеле. Это позволяет заделать удобрения лентой на глубину 10-15 см. Припосевное внесение удобрений осуществляют с помощью культиватора-растениепитателя, смонтированного на тракторе. Удобрения вносят на глубину 10-12 см, на расстоянии 8-10 см от ряда.

В зависимости от свойств почвы азотные удобрения в подкормках вносят до полива или при междурядной обработке после полива. На сильнодренированных почвах во избежание возможных потерь азота подкормку азотными удобрениями следует проводить после полива во время междурядной обработки, на менее дренированных почвах – до полива во время нарезки борозд.

Эффективность подкормок зависит от глубины заделки удобрений. Первую раннюю подкормку (в фазе 2-3 настоящих листьев) приближают к ряду растений на 15-18 см, вторую (бутонизация) делают на 20-22 см сбоку ряда; в период цветения – в середину междурядья, ниже дна поливной борозды на 5 см. Своевременное проведение подкормок азотными удобрениями имеет большое значение для урожая хлопчатника. Поздние подкормки азотом

затягивают период вегетации растений и замедляют созревание и раскрытие коробочек, которые попадают под заморозки, в результате снижаются общий урожай и сбор хлопка до наступления заморозков. При этом увеличивается послеморозный сбор хлопка-сырца очень низкого качества. Подкормки азотными удобрениями следует заканчивать к периоду наступления фазы цветения.

Из фосфорных удобрений лучшими для хлопчатника являются простой и двойной суперфосфат, аммонизированный суперфосфат, аммофос. При посеве хлопчатника в рядки рекомендуется вносить 15-20 кг P_2O_5 и 5-10 кг азота на 1 га. Внесение суперфосфата, особенно гранулированного, в рядки вместе с семенами значительно повышает урожай хлопка-сырца. Этот прием позволяет увеличить содержание доступного растениям фосфора в зоне молодых корней, что положительно влияет на развитие хлопчатника.

Хлопковые почвы обычно достаточно обеспечены калием, однако, на староорошаемых почвах реакция хлопчатника на внесение этого элемента высокая. Эти удобрения следует применять в первую очередь на незасоленных почвах, а также на лугово-болотных почвах с высоким стоянием грунтовых вод. Необходимость внесения калийных удобрений на промытых и незасоленных почвах обусловлена положительным влиянием калия при поражении хлопчатника вилтом на плодообразование, технологические качества волокна, энергию прорастания семян.

Хлопчатник положительно отзывается на внесение кальциевых, серных, борных, марганцевых, цинковых и молибденовых удобрений.

Лен-долгунец

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Лен-долгунец требует постоянно влажных почв с оптимумом 70 % от полевой влагоемкости. Предъявляя повышенные требования к влажности, лен не переносит избытка воды в почве и близкого уровня грунтовых вод. Наибольший урожай льна получают при уровне зеркала пресных грунтовых вод на глубине 80–130 см. Высокая требовательность к оптимальной влажности проявляется и в особенностях отношения льна к почвам разного гранулометрического состава. Тяжелосуглинистые и глинистые почвы лесных типов маловодопроницаемы и склонны к переувлажнению после дождей, поэтому на них лен удаётся плохо. Песчаные и супесчаные почвы быстро иссушаются в верхних горизонтах, и при неглубокой и слабо развитой корневой системе лен страдает от недостатка влаги. Кроме этого, они имеют низкий уровень потенциального плодородия. Лучшими для льна-долгунца являются легко- и среднесуглинистые почвы. Очень жестки требования льна к реакции среды: благоприятны условия в пределах 6,0–6,5 (табл. 282). На более кислых почвах урожайность резко снижается, а на нейтральных и сильно известкованных почвах получается грубое и хрупкое волокно. На кислой почве лен-долгунец страдает в первую очередь от наличия в почве подвижного алюминия, который оказывает отрицательное действие на растения в большей степени, чем водород. Почвы, содержащие подвижного алюминия больше 2,5 мг/100 г, для льна мало пригодны.

Для льна используются хорошо окультуренные лесные почвы – серые, бурые, дерново-подзолистые, а также осушенные торфяники.

На формирование урожая лен расходует сравнительно небольшое количество элементов питания. Однако эта культура весьма требовательна к наличию в почве достаточного количества элементов питания в легко усвояемой форме. Это обусловлено, прежде всего, слабо развитой корневой системой рас-

тений, не отличающейся высокой усваивающей способностью, а также тем, что большую часть элементов питания для формирования урожая лен потребляет за довольно короткий промежуток времени (около 20–15 дней): в период бутонизации – цветения, когда он быстро растет и образует большое количество органической массы. На 1 ц волокна лен выносит из почвы в среднем около 7–8 кг азота, 3–4 – фосфора, 7–10 кг калия, а на образование 1 ц воздушно-сухого вещества общего урожая (соломки, семян и мякины) лен использует из почвы 1,11–1,17 кг азота, 0,31–0,33 – фосфора, 1,45–1,72 кг калия.

Таблица 282 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для льна-долгунца

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–6	6–8
pH водной суспензии	5,5–6,0	6,0–6,5	6,5–7,0
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,34–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–50	50–65
Обменный Na, % от ЕКО		< 3	
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолений, %		< 0,2	
Содержание CaCO ₃ , %		< 0,3	0,3–1,0

Поступление элементов питания в растения льна долгунца происходит в соответствии с физиологическими особенностями каждой фазы роста и развития. От всходов до начала фазы «елочки» общая потребность растений льна в элементах питания очень невелика, так как стебель растет медленно, а лубяные волокна только начинают появляться. Однако в этой фазе быстро развивается корневая система, идет усиленное образование в клетках сложных белковых веществ, в том числе и нуклеиновых кислот, которые играют решающую роль в сохранении и проявлении наследственных свойств сорта. В этот период жизни, до образования 5–6 пар листьев, для льна долгунца критический период потребности в фосфоре. Первые три недели роста критические и в отношении калия. Недостаток этих элементов питания в период всходы – «елочка» приводит к необратимому и неисправимому нарушению биохимических процессов роста и развития, снижает устойчивость льна к болезням, отрицательно отражается на урожае соломы, семян и качестве волокна. В фазе «елочки» быстро увеличиваются число и размер листьев, возрастает и количество элементарных волокон. В это время для тканей льна-долгунца характерно высокое содержание минеральных веществ и повышенное осмотическое давление, что указывает на интенсивный обмен веществ. Растения в этой фазе содержит 2,4–4,3 % азота, 0,6–0,9 % фосфора и 3–4,5 % калия.

В зависимости от погоды, условий агротехники и содержания в почве элементов питания в фазе «елочки» растения льна-долгунца усваивают 16–36 % азота, 6–15 % фосфора и 11–12 % калия от общего количества этих элементов, необходимо для формирования всего урожая соломы семян. Критический период потребности в азоте у льна-долгунца от фазы «елочки» до полного цветения. Потребление элементов питания растениями в это время резко возрастает. Наряду с энергичным приростом стебля в высоту и накоплением органической массы в процессе фотосинтеза идет усиленное образование элементарных волокон и лубяных пучков.

Важная характеристика питания льна-долгунца – суточное поглощение элементов в определенные фазы. Наиболее интенсивное суточное потребление азота, фосфора и калия наблюдается в период бутонизация-цветения (рис. 8; Дерюгин И.П., 1998), существенно опережая накопление органической массы. При внесении полного минерального удобрения суточное потребление элементов питания, особенно азота и калия, значительно возрастает. Отмеченные закономерности поглощения элементов питания льном и характер их потребления по фазам вегетации свидетельствуют о высокой требовательности этой культуры к условиям питания. Для получения максимально возможного урожая с высокими качественными показателями основное количество удобрений должно быть дано в начальные фазы роста и развития льна. Это чаще всего обеспечивается, когда удобрения вносят до посева. В случае, например, недостатка азота рост льна задерживается, растения быстро стареют. К недостатку азота особенно чувствительны молодые растения. Однако избыточное азотное питание усиливает полегание, увеличивает продолжительность вегетации; при этом качество волокна резко снижается. Излишнее поступление азота приводит к расстройству углеводного обмена и является причиной образования крупноклеточных тканей, неоднородности и плохой (не граненой) формы элементарных волокон, рыхлого расположения волокон с пониженной прочностью на разрыв.

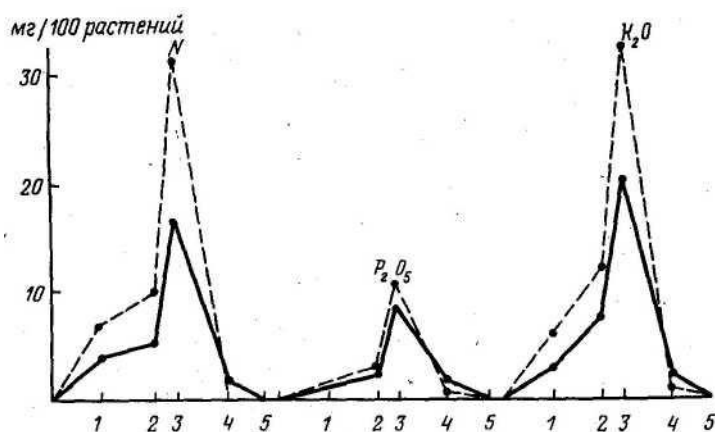


Рисунок 8 – Динамика поглощения элементов питания льном-долгунцом за сутки по фазам роста и развития:

1 – «елочка»; 2 – бутонизация; 3 – цветение; 4 – зеленая спелость; 5 – желтая спелость.

Сплошная линия – без удобрений; пунктирная – при внесении N₆₀P₆₀K₆₀.

В первые периоды жизни растения испытывают большую потребность в фосфоре, который способствует более быстрому созреванию льна, повышению урожайности, как волокна, так и семян и улучшению качества продукции. Недостаток фосфора задерживает рост и созревание льна-долгунца и ограничивает длину и толщину стеблей, а также число клеток волокон. Таким образом, фосфор повышает тонкость и прочность волокон. На рост льна калий влияет в меньшей степени, чем азот и фосфор, однако сильное влияние он оказывает на формирование внутренней структуры стеблей. Калий обеспечивает усиленный синтез углеводов и передвижение их из листьев в стебли, где они являются источником образования гемицеллюлозы и целлюлозы. Следовательно, калий способствует формированию крепости, гибкости и но-

мерности волокна льна. При недостатке калия (в период от фазы елочки до фазы цветения) элементарные волокна образуются овальные с большими просветами и тонкими стенками, лубяные пучки получаются рыхлые, волокно легкое и грубое, т. е. резко снижается качество волокна льна. Кроме того, понижается устойчивость льна к грибным заболеваниям.

Лен очень чувствителен к недостатку микроэлементов. Так для благоприятного развития анатомической структуры стебля, а также современного образования и созревания семян необходимо, чтобы в течение всего периода вегетации лен-долгунец был обеспечен бором. Он выполняет важную роль в структурной организации клеток всех тканей, оказывает решающее влияние на развитие корней, имеет большое значение в процессах развития пыльцы, оплодотворения и образования семян. Недостаток бора растения льна особенно ощущают на почвах, имеющих $pH=6,6-7,5$. При такой реакции почвенного раствора снижается поступление бора в растения в связи с тем, что уменьшается его подвижность. Потребность льна в боре усиливается в сухую и жаркую погоду, на почвах известкованных и дерново-карбонатных, а также при внесении под лен высоких доз минеральных удобрений.

Окислительно-восстановительные процессы в клетках и активность ферментов полифенолоксидазы и аскорбиноксидазы определяет медь. Практика показала, что недостаток меди может служить препятствием в получении высокого урожая при размещении льна на осушенных торфяных почвах. Критический уровень содержания доступной меди в почве 0,35 мг/кг для льна и 0,40 мг/кг для пшеницы. На фоне резко выраженного недостатка меди снижено содержание хлорофилла в листьях льна, побеги в фазе «елочки» образуют розетку листьев вследствие подавления роста междоузлий стебля, не формируются репродуктивные органы.

Положительно влияют на растения льна марганец, кобальт, молибден и цинк. Молибден необходим для ассимиляции азота, так как входит в состав активного центра нитратредуктазы, а также является кофактором реакций аминирования. В составе фермента карбоангидразы цинк обеспечивает равновесие между H_2CO_3 и CO_2 , поддерживая запасы углекислоты для фотосинтеза. Цинк является также активатором ряда ферментов начальных этапов окисления углеводов. Кроме того, он активизирует синтез триптофана – предшественника ауксина индолилуксусной кислоты, поэтому оказывает большое влияние на регуляцию роста растений. Марганец является кофактором фермента супероксиддисмутазы и играет важную роль во многих окислительных реакциях. В фотосистеме II хлоропластов марганец играет важную роль в связывании и разложении молекул воды на водород и кислород.

Удобрение. Правильная система льна долгунца удобрения осуществляется путем внесения органических и минеральных удобрений в поля севооборота с учетом плодородия почв, биологических особенностей культуры и экономической возможности хозяйства. Непосредственно под лен органические удобрения обычно не применяют из-за опасения вызвать его полегание, нарушение равномерности стеблестоя и засорения сорняками. Навоз вносят в паровое поле под озимые, картофель, сахарную свеклу, кукурузу, овощные и другие культуры. Он обладает последствием на протяжении нескольких лет. Под лен применяют хорошо перепревший некислый торф, торфонавозные компосты, птичий помет и люпин на зеленое удобрение. Лишь на песчаных, очень бедных элементами питания почвах можно вносить осенью 10–15 т/га хорошо перепревших сыпучих торфонавозных компостов. Весной хо-

рошо использовать под лен птичий помет в сухом измельченном виде из расчета 0,5–0,6 т/га. Эффективно внесение под лен осенью 10–15 т/га торфа, закомпостированного с фосфоритной мукой.

Наиболее высокие урожаи льна-долгунца получают при внесении под него полного минерального удобрения. Для одновременного повышения урожая и улучшения качества волокна отношение между азотом, фосфором и калием должно составлять на почвах, бедных азотом, 1:2:2 и на почвах, богатых азотом, 1:3:3 и даже 1:3:4. В зависимости от уровня плодородия почвы и планируемого урожая дозы минеральных удобрений под лен составляют: $N_{30-45}P_{60-90}K_{60-120}$. При выращивании льна на торфянистых почвах вносят фосфорно-калийные удобрения. На слабокультуренных торфянистых почвах вносят $P_{90}K_{120}$, на хорошо окультуренных $P_{60}K_{120}$.

Следует очень внимательно подходить к определению норм азотных удобрений под лен. Норму этих удобрений устанавливают в зависимости от предшественника и уровня урожайности. Лен чаще всего высевают после многолетних трав, картофеля и зерновых культур. В зависимости от урожайности клевера нормы азота удобрений корректируют следующим образом. При урожайности сена клевера свыше 40 ц/га вносят удобрения в норме N_{15} или не вносят совсем; при такой урожайности клевера в почве накапливается азота столько, что он может обеспечить получение урожайности 8–10 ц/га волокна. Если урожайность сена клевера меньше 40 ц/га, рекомендуется вносить удобрения в норме N_{20-25} . При урожайности сена клевера 20–30 ц/га норму удобрений увеличивают до N_{30-45} .

После хорошо унавоженного картофеля под лен рекомендуется вносить N_{20-30} , а после зерновых культур – N_{30-50} . Норма азотных удобрений изменяется в зависимости от окультуренности почвы, например, на высококультуренных почвах под лен рекомендуется вносить N_{30} , на среднекультуренных – N_{40} и слабокультуренных – N_{50} .

Дозу азотного удобрения уточняют по запасам минерального азота в слое 0–40 см. Если его более 50–60 кг/га, а доля нитратного азота составляет более 70 %, то допосевное внесение азотных удобрений не проводят, а дают подкормку в фазе елочки из расчета N_{15-20} по результатам растительной диагностики, когда содержание основных элементов питания ниже оптимальных значений (N – 3,6–4,8 %; P_2O_5 – 0,9–1,3; K_2O – 3,7–4 % на сухое вещество).

Фосфорно-калийные удобрения необходимо вносить с учетом агрохимических показателей почв. Поправочные коэффициенты для льна в зависимости от обеспеченности почв калием и фосфором, приведены в таблице 283.

Таблица 283 – Поправочные коэффициенты к средним нормам удобрений

Содержание в почве фосфора и калия	Удобрения	
	фосфорные	калийные
Очень низкое	1,3–1,5	–
Низкое	1	1,5–2,0
Среднее	0,6–0,7	1,0–1,5
Повышенное	0,5	0,8–1,0
Высокое	0,2–0,3	0,7–0,8
Очень высокое	рядковое удобрение	

Азотные удобрения под лен на всех почвах вносят под предпосевную обработку. При недостаточном внесении азотных удобрений под культивацию эффективно проведение ими подкормки в фазу елочки. Оптимальная доза N_{25-30} . Из азотных удобрений лучшими являются аммиачные, аммонийные и амидные, способствующие большему накоплению целлюлозы, чем нитратные формы. Нитратные формы сильнее повышают урожай, чем аммиачные, и амидные, но качество волокна при этом несколько снижается. На кислом фоне лучший результат дает натриевая селитра, на нейтральном – аммиачная селитра и сульфат аммония. Внесение хлористого аммония снижает содержание целлюлозы.

Фосфорные и калийные удобрения лучше всего вносить осенью или рано весной. При этом наибольший эффект достигается при послойном распределении этих удобрений в пахотном горизонте почвы, когда часть их вносится осенью под зяблевую вспашку, а другая часть – весной под культивацию. Почти во всех случаях отмечается положительный эффект от внесения на 1 га 25–50 кг гранулированного суперфосфата в рядки при посеве льна. Фосфорные и калийные удобрения используются для подкормки в тех случаях, когда они до посева не вносились или вносились в недостаточных количествах, при этом дозы определяются также с учетом обеспеченности почв этими элементами. При решении провести подкормку необходимо помнить, что подкормки посевов льна-долгунца минеральными удобрениями позднее 15–20 дней после всходов почти бесполезны. Обусловлено это тем, что стебель являющийся целью его возделывания, формируется в первой половине вегетации. Из форм фосфорных удобрений, кроме гранулированного суперфосфата, можно применять обесфторенный фосфат, термофосфат, преципитат и фосфоритную муку. Из фосфорных удобрений, вносимых под лен на почвах с повышенной кислотностью, можно сочетать фосфоритную муку и суперфосфат, при этом необходимо учитывать, что хотя лен и выращивается на кислых почвах, но он плохо усваивает элементы питания из труднодоступных форм. Поэтому поступают так: при $pH=5-5,5$ вносят половину дозы (основного удобрения) суперфосфата и половину дозы фосфоритной муки; при $pH<5$ вносят 25 % суперфосфата и 75 % фосфоритной муки; при $pH>5$ вносят 75 % суперфосфата и 25 % фосфоритной муки. В начале своего развития растения льна используют фосфор из суперфосфата, а затем – из фосфоритной муки.

Под лен лучше применять бесхлорные калийные удобрения (избыток хлора ухудшает качество волокна): сульфат калия, калийную селитру, калимаг и калимагнезию. Из хлорсодержащих удобрений лучшим является хлористый калий, который необходимо вносить с осени под зяблевую вспашку, т. к. за осенне-весенний период хлор легко вымывается из пахотного слоя почвы.

Очень эффективное калийное удобрение под лен – древесная зола, в которой, кроме калия, содержится фосфор, а так же значительное количество извести и бора. Вносят золу перед весенней культивацией.

Элементы питания, вносимые под лен в виде удобрений, растения усваивают неодинаково азота – до 90 %, калия – 60, фосфора – до 20 %. Фосфор значительно лучше усваивается из гранулированных фосфорных удобрений. На темноцветных, испытывающих избыток влаги почвах, а также на известкованных, где лен испытывает недостаток в боре или поражается бактериозом, следует вносить по 15–20 кг/га борно-датолитового удобрения. На болотных почвах хорошее действие на лен оказывают медные удобрения: по 20–25 кг/га сульфата меди или 4–6 кг/га пиритных огарков. Лен лучше растет на почвах, имеющих слабокислую реакцию с незначительным содержанием (до 2 мг/100 г почвы) подвижного алюминия. Он отрицательно реагирует на полные и повы-

шенные нормы извести. При доведении известкованием реакции почвенного раствора до нейтральной, даже если урожайность льна не снижается, то возрастает заболеваемость растений бактериозом и ухудшается качество волокна. Вредное влияние повышенных норм известковых удобрений обусловлено нарушением нормального питания растений, прежде всего калием и бором.

Доведение pH_{KCl} дерново-подзолистых почв до 7,2 обуславливает увеличение продолжительности вегетации растений на 7–14 дней и снижение качества продукции. При известковании почвы непосредственно под лен-долгунец происходит усиление одревеснения волокон. В севооборотах с льном известь вносят или в паровом поле, или под покровную для многолетних трав культуру. Нормы извести рассчитывают с учетом кислотности и механического состава почвы.

Известкуют в первую очередь почвы, имеющие pH 4,5 и ниже, затем почвы с pH 4,6–5,0 и в последнюю очередь – с pH 5,1–5,5. Для известкования чаще всего используют известь и доломитовую муку. Норму извести, необходимую для уменьшения кислотности пахотного слоя почвы до слабокислой реакции, при которой хорошо развивается большинство сельскохозяйственных культур (pH солевой вытяжки 5,6–5,8), называют полной или нормальной нормой, которая зависит от кислотности почвы. Полную норму извести ($CaCO_3$ в т/га) можно вычислить по гидролитической кислотности, выражаемой в мг-экв. на 100 г почвы, которую умножают на коэффициент 1,5, т. е. доза $CaCO_3 = H_f \cdot 1,5$. Нормы извести в пересчете на $CaCO_3$ в льняных севооборотах рекомендуются следующие (табл. 284).

Таблица 284 – Норма извести в льняных севооборотах в зависимости от pH почвы

Гранулометрический состав почвы	Норма извести при pH KCl-вытяжки, т/га $CaCO_3$		
	$\leq 4,5$	4,6–5	5,1–5,5
Суглинки супесчаные и легкие	2	1,5	1
Суглинки средние и тяжелые	3	2,5	2

Норма извести, рассчитанная по гидролитической кислотности, должна составлять на тяжелых по механическому составу почвах 1/2 и легких 1/4 полной дозы. Для известкования кислых почв в льняных севооборотах чаще всего применяют известковую или доломитовую муку. Кроме этих удобрений, поставляемых промышленностью, для известкования можно применять рыхлые известковые породы местного значения – известковый туф, мергель, озерную известь, торфотуфы, а также отходы промышленности – сланцевую золу, дефекаат, отзол и др.

В таблице 285 приведена примерная схема системы удобрения в льняном севообороте, рекомендуемая Всесоюзным научно-исследовательским институтом льна (Долгов и др., 1968).

Таблица 285 – Примерная схема системы удобрения в льняном севообороте

Поля севооборота	Доза удобрения на 1 га
1	2
1. Пар чистый или занятый	Навоз, торфо-навозные и другие компосты – 20-40 т, хлористый калий – 0,5–1 ц, фосфоритная мука – 3–5 ц, на кислых почвах – 1–2 т извести. При посеве озимых – гранулированный суперфосфат в рядки 0,3–0,7 ц

1	2
2. Озимые с подвесом многолетних трав	Ранневесенняя подкормка посевов аммиачной селитрой – 0,5–1 ц. Обработка семян молибденовым удобрением по 25–50 г/ц. При посеве клевера внесение в рядки 0,3–0,5 ц/га гранулированного суперфосфата. На кислых почвах, не известкованных в пару, внесение 5–10 ц извести до боронования озимых или в рядки с семенами клевера по 1,5–3 ц
3. Многолетние травы первого года пользования	Ранневесенняя подкормка P ₃₀₋₉₀ и K ₃₀₋₉₀
4. Многолетние травы второго года пользования	Ранневесенняя подкормка P ₄₅ K ₄₅ , а также борнодатолиловыми удобрениями 20–50 кг
5. Лен-долгунец	Внесение до посева, при посеве и в подкормку полного минерального удобрения N ₁₅₋₄₅ P ₄₀₋₉₀ K ₆₀₋₁₂₀ . Борнодатолиловое удобрение по 20–30 кг
6. Картофель	Органические удобрения до 30 т в сочетании с минеральными – N ₃₀₋₆₀ P ₆₀₋₉₀ K ₃₀₋₉₀
7. Яровая пшеница или горох	Для яровой пшеницы – полное минеральное удобрение: N ₃₀₋₆₀ P ₃₀₋₉₀ K ₃₀₋₉₀ ; для гороха P ₃₀₋₉₀ K ₃₀₋₉₀ ; обработка семян гороха молибденовыми удобрениями по 25–50 г/ц семян
8. Овес	Использует последствие удобрений, внесенных под предшествующие культуры

Конопля

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Наиболее полно отвечают биологическим особенностям конопли низинные почвы и осушенные торфяники с уровнем грунтовых вод не ближе 0,75 м от поверхности. Лучшими для конопли считаются черноземы средние гумусированные различной степени выщелоченности и темно-серые оподзоленные почвы. Менее пригодны – серые оподзоленные и дерново-подзолистые почвы. По гранулометрическому составу лучшими для конопли являются суглинистые и супесчаные почвы. Конопля очень чувствительна к повышенной кислотности почвы. Оптимальная реакция почвы для нее при pH 6,5-7,5 (табл. 286).

Таблица 286 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для конопли

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–7,5	7,5–8,6
Плотность, г/см ³	1,10–1,30	1,30–1,40	1,40–1,55
Содержание физической глины, %	20–30	30–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–6
Плотный остаток, %	–	< 0,2	–
Содержание CaCO ₃ , %	–	0,3	3–6

Солонцеватые, засоленные, слитые почвы для конопли непригодны. Из-за низкого потенциального плодородия она не возделывается на легких песчаных и супесчаных почвах.

Важнейшей биологической особенностью растений конопли является высокая потребность в легкодоступных элементах питания. Высокая требовательность этой культуры к элементам питания связана с коротким периодом их усвоения и сравнительно слабо развитой ее корневой системой. На 1 т сухой массы урожая она выносит из почвы азота 12-20 кг, фосфора 4-6 и калия 6-12 кг. Интенсивность поступления элементов питания на протяжении вегетационного периода значительно изменяется. Основное количество их поглощается растениями конопли в период от всходов до цветения (табл. 287).

Таблица 287 – Динамика потребления элементов питания растением конопли, % от максимума

Фаза развития	Число дней от всходов	Накопление		
		азота	фосфора	калия
Три пары листьев	23	27	18	29
Бутонизация	48	60	45	61
Цветение	65	94	95	96
Созревание семян	131	100	100	100

В отдельные периоды роста конопля по-разному реагирует на различные элементы питания. Положительное влияние азота на рост конопли начинает проявляться с фазы трех пар листьев. Наиболее интенсивное поглощение этого элемента растениями конопли наблюдается от начала фазы бутонизации до цветения. Внесение азотного удобрения в фазе трех-четырех пар листьев обеспечивает нормальный рост и развитие растений конопли. Применение их позднее этой фазы за счет уменьшения его дозы при внесении до посева нецелесообразно, т. к. урожай конопли при этом снижается.

В начале роста конопля поглощает фосфора сравнительно мало, однако недостаток его в это время ослабляет последующее развитие растений. Конопля от появления всходов до образования 5-6 пар листьев чувствительна к недостатку усвояемого фосфора в почве. Опыты показывают, что в этот период кратковременное исключение или снижение содержания фосфора в питательной среде уменьшает урожай, и последующее его внесение не исправляет отрицательного влияния на растения дефицита в начале роста. Большое влияние фосфор оказывает и в период образования семян. Сбалансированное азотно-фосфорное питание способствует получению высокого урожая хорошего качества.

Калий наиболее интенсивно потребляется коноплей в первой половине вегетации. При его недостатке в почве в этот период ослабляется интенсивность роста, задерживается развитие генеративных органов, снижается урожай волокна. В сочетании с азотом и фосфором он оказывает положительное влияние на рост и развитие конопли в течение всего периода вегетации. Калий способствует повышению содержания и улучшению качества волокна, оказывает сильное влияние на образование органов плодоношения и урожай семян.

Удобрение. Хороший урожай может быть получен только на плодородных почвах при систематическом внесении органических и минеральных

удобрений. Важнейшим органическим удобрением под коноплю является навоз, который вносят под зяблевую вспашку или при весенней перепахке. Применение навоза повышает содержание легкодоступных элементов питания в почве, улучшает ее агрофизические свойства, что в конечном итоге обеспечивает оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур. На систематически удобрявшихся почвах средней окультуренности после пропашных культур, удобренных навозом, под коноплю рекомендуется вносить не более 20 т/га навоза, на черноземах выщелоченных и серых лесных почвах – 20-30, на оподзоленных суглинистых почвах и среднеокультуренных полевых почвах – 30-40, на заливных пойменных почвах и черноземах выщелоченных Северного Кавказа – 10-20 т/га. навоз применяют или непосредственно под коноплю, или под предшественник. Его последствие продолжается 6-8 лет. Из других органических удобрений вносимых под коноплю имеют значение торфонавозные и торфофекальные компосты (20-30 т/га), птичий помет в сухом измельченном виде (6-8 ц/га) или разведенный в воде (в отношении 1:5) и разбавленная навозная жижа (10 т/га). Птичий помет чаще используют для подкормки посевов конопли. На песчаных и супесчаных почвах под коноплю используется также зеленое удобрение.

Для получения высоких урожаев конопли в основных районах ее возделывания могут быть рекомендованы следующие примерные нормы органических и минеральных удобрений (табл. 288).

Таблица 288 – Примерные нормы удобрений под коноплю

Почвы	Минеральные удобрения, кг/га			Навоз, компосты, т/га
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Дерново-подзолистые, серые оподзоленные суглинистые	120	90-120	90-120	40-50
Серые и темно-серые оподзоленные суглинистые	90-120	60-90	60-90	30-40
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	60-90	60-90	60-90	20-30
Черноземы выщелоченные Северного Кавказа	45-60	45-60	45-60	20
Почвы заливных пойм рек (минеральные почвы)	60-90	60	60	–

В конкретных условиях нормы удобрений необходимо устанавливать с учетом агрохимических показателей почвы и удобренности предшественника. На темно-серых оподзоленных почвах, содержащих весной перед севом в слое 0-40 см 8-10 мг/100 г почвы (по Корнфилду) подвижного азота, эффективной нормой азотного удобрения под коноплю является 120 кг/га, на почвах, содержащих 14-15 мг подвижного азота, – 90 кг/га. Оптимальные нормы фосфорных и калийных удобрений на темно-серых оподзоленных почвах и черноземах выщелоченных в зависимости от содержания подвижных форм фосфора и калия в них приведены в таблице 289.

Эффективность различных нормы соотношений минеральных удобрений на фоне навоза изменяется в зависимости от почвенно-климатических

условий и уровня плодородия почвы. Наиболее эффективные нормы минеральных удобрений под коноплю на фоне внесения 30 т/га навоза: на темно-серой оподзоленной среднекультуренной почве – $N_{90}P_{60}K_{60}$; на менее окультуренной – $N_{120}P_{60}K_{60}$; на черноземе выщелоченном среднекультуренном – $N_{60}P_{60}K_{60}$; на черноземе оподзоленном – $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Таблица 289 – Оптимальные нормы фосфорных и калийных удобрений под коноплю

Содержание, мг/100 г почвы		Рекомендуемая норма удобрений, кг/га	
подвижного фосфора	обменного калия	фосфора	калия
< 5	< 5	90	90
5–10	5–10	60	60
>10	>10	30	30

Эффективность удобрений на торфяно-болотных почвах зависит от степени их окультуренности. На давно освоенных почвах необходимо вносить $P_{45-60}K_{150-180}$, на вновь освоенных – $N_{30-60}P_{60}K_{120-150}$. Один раз в 4–5 лет на торфяно-болотных почвах следует вносить микроудобрения: по 5–6 кг/га меди в форме медного купороса или пиритного огарка и там, где необходимо, – 1–1,5 кг/га бора в форме борнодатолитового или бормагниевого удобрения.

Эффективность минеральных удобрений наиболее высокая на подзолистых, серых и темно-серых лесных почвах, а также на черноземах выщелоченных. На черноземах обыкновенных положительное действие удобрений несколько снижается, что объясняется небольшим количеством осадков в зоне расположения этих почв. При орошении эффективность удобрений значительно увеличивается. Эффективность минеральных удобрений в значительной степени зависит от сроков и способов их внесения. Лучшие результаты получаются при внесении фосфорных и калийных удобрений осенью под зяблевую вспашку, а азотных весной под предпосевную культивацию. Влияние удобрений на урожай может быть значительно повышено, если азотные удобрения вносить примерно за две декады до посева конопли.

Аммонийные формы азотных удобрений рекомендуется вносить под вспашку зяби, за исключением почв легкого гранулометрического состава. На заливных и торфяноболотных почвах все удобрения вносят весной.

Во всех коноплесеющих районах страны целесообразно использовать фосфорные удобрения в два приема: суперфосфат или фосфоритную муку под основную обработку почвы, а гранулированный суперфосфат – в рядки при посеве. В рядки при посеве используют гранулированный суперфосфат из расчета P_{10-15} .

Подкормки применяют исключительно при недостатке основного удобрения в фазу 2–3 пары листьев в дозе $N_{30}P_{20}K_{20}$, или 5–7 ц/га птичьего помета, или 5–6 т/га навозной жижи, или 10 т/га фекалий, разбавленных водой соответственно в 5–6, 2–3 и 3–4 раза. Эффективность подкормки значительно возрастает при заделке удобрений в почву на глубину 10–12 см на расстоянии 10–12 см от рядка, что возможно только на широкорядных посевах.

Лучшими формами азотных удобрений на посевах конопли являются сульфат аммония и аммонийная селитра, фосфорных – суперфосфат (на кислых почвах фосфоритная мука), калийных – хлористые и сернокислые соли.

Сложные удобрения (нитрофоска азотносульфатная, нитроаммофоска, диаммонитрофоска, аммофос, диаммофос), внесенные под предпосевную культивацию на темно-серых оподзоленных почвах и черноземах выщелоченных, оказывают такое же действие на урожай и качество конопли, как эквивалентная им по содержанию элементов питания смесь простых удобрений. Дозу сложных удобрений в качестве основного определяют по элементу, который находится в составе удобрений в большем количестве. Недостающие элементы питания вносят в виде простых удобрений.

В связи с высокой требовательностью конопли к плодородию почвы и необходимостью внесения больших доз органических и минеральных удобрений в хозяйстве целесообразно иметь специальные севообороты. В них конопля должна занимать не менее 50 % площади. В качестве примера приведем следующую схему системы удобрения на черноземе выщелоченном (табл. 290).

Таблица 290 – Схема системы удобрения в севообороте с коноплей

Культура	Навоз, т/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		кг/га		
Вика с овсом на зеленый корм с подсевом трав	40	50	200	400
Травы 1-го года	–	–	–	–
Травы 2-го года	–	–	–	–
Конопля	–	200	120	120
Конопля	60	150	90	60
Кукуруза	–	150	90	100
Конопля	60	150	60	60
Конопля	–	200	90	100

Значительная часть посевов конопли размещена в зоне, где почвы характеризуются кислой реакцией. При систематическом применении физиологически кислых форм минеральных удобрений на оподзоленных почвах повышается почвенная кислотность и изменяется состав поглощенных оснований, что приводит к снижению эффективности минеральных удобрений. К тому же конопля очень чувствительна к кислотности почвы. Основным средством для устранения этих нежелательных явлений является известкование, которое проводят на предшественнике или непосредственно под коноплю.

Норму извести устанавливают, исходя из гидролитической кислотности почвы. Норму извести находят умножением показателя гидролитической кислотности, выраженного в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы, на коэффициент 1,5. На песчаных и супесчаных почвах следует вносить половину нормы извести, установленной по гидролитической кислотности, а на более тяжелых суглинистых и глинистых почвах – 0,75 нормы. Лучшим известковым удобрением является доломитовая мука, которая содержит углекислый кальций и магний. Необходимо помнить, что под влиянием извести снижается усвоение растениями калия. Поэтому известкование не только кислых, но и слабокислых светло-серых и темно-серых оподзоленных почв под коноплю следует проводить с одновременным внесением повышенных (против обычных в два раза) норм калия. Азотные и фосфорные удобрения в этом случае вносят в обычных нормах.

Джут

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Успешная культура джута возможна на различных почвах за исключением песчаных и тяжелых глинистых. В Индии и Пакистане основные плантации джута размещаются на глинистых аллювиальных почвах, которые обычно достаточно обеспечены кальцием, фосфором и калием. После паводка такие почвы обогащаются органическими минеральными элементами питания. Джутовые почвы в Индии часто кислые ($pH \leq 5$). В Бразилии джут выращивают на низинных заливных берегах Амазонки.

Для образования 1–1,5 т волокна джут потребляет 110–260 кг азота, 110–120 – фосфора (P_2O_5), 160–200 кг калия (K_2O). Недостаток азота вызывает пожелтение и опадение листьев, торможение роста стебля; фосфорное голодание проявляется в появлении бледно-зеленой окраски листьев, уменьшении количества завязей и снижении качества волокна. При недостатке калия растения теряют устойчивость к стеблевой гнили и легко поражаются различными грибковыми заболеваниями, ухудшается качество волокна, по краям листьев появляется коричневая окраска. Реакция джута на различные элементы питания неодинаковая. Отзывчивость на азот у джута на всех почвах и во всех районах культуры довольно высокая; на фосфор и калий джут реагирует только на почвах, бедных этими элементами.

Удобрение. Органические удобрения – навоз или компосты – вносят под вспашку в норме до 10 т/га. Ориентировочные нормы минеральных удобрений: $N_{80-100}P_{60-90}K_{100-180}$. Наиболее высокий эффект от удобрений получают при внесении половины их нормы в фазу всходов (на 14-й день после посева), а другой половины – 20 дней спустя. На кислых почвах рекомендуется внесение извести – примерно 1,5 т на 1 га (один раз в 4 года).

Кенаф

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Кенаф предпочитает легкосуглинистые высокогумусированные почвы. Хорошо удаётся на сероземах, луговых и аллювиально-луговых почвах. Оптимальная величина pH почвы для него 6–6,8. Непригодны для кенафа засоленные и заболоченные почвы.

При урожае 100 ц воздушно-сухих стеблей с 1 га кенаф выносит из почвы 120–150 кг азота, 60–80 – фосфора и 120–160 кг калия. Наиболее высокая потребность в элементах питания проявляется у него в период интенсивного роста растения, особенно от начала фазы бутонизации до массового цветения. В начальный период вегетации кенаф проявляет наибольшую потребность в фосфоре и калии. Недостаток этих элементов обычно приводит к угнетению растений и приостановке роста. Положительная роль азота особенно на фоне фосфора и калия проявляется на всем протяжении жизни растений. Вместе с тем избыток азота в начальный период роста и развития растений может привести к изреживанию посевов, а в период интенсивного роста – к снижению прочности волокна.

Удобрение. Под кенаф применяют органические и минеральные удобрения. Навоз в хорошо перепревшем виде из расчета 15–20 т/га вносят осенью под зяблевую вспашку. Нормы минеральных удобрений дифференцируют в зависимости от плодородия почвы, агротехники и планируемой урожайности кенафа. Годовая норма внесения удобрений под кенаф составляет $N_{120-150} P_{150-180} K_{90-120}$.

Удобрения под кенаф применяют дробно: 50 % фосфорных и калийных удобрений вносят осенью под зяблевую вспашку, остальные удобрения, включая азотные, – при посеве и в подкормки. Обычно практикуют две подкормки растений. Первую дают через 25–30 дней после появления всходов, вторую – через 25–30 дней после первой, то есть в фазе бутонизации.

6.4.7. Сахароносные культуры

Свекла сахарная

Требование к почве и особенности минерального питания. Свекла сахарная – культура требовательная к плодородию почвы. Посев свеклы сахарной должен осуществляться на выровненных участках с уклоном не более 5° , без признаков эрозии, хорошо оструктуренных, с гидролитической кислотностью не более 2 мг-экв/100 г почвы, без влияния грунтовых вод, не засоленных, с содержанием гумуса не менее 2 %, с содержанием подвижных форм фосфора не ниже 50 мг/кг, калия – 80 мг/кг почвы, рН солевой – не ниже 5,5.

Наиболее пригодны для возделывания сахарной свеклы почвы, обладающие мощным гумусовым горизонтом, высоким содержанием элементов питания, хорошими водно-физическими свойствами. Это черноземы оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные, коричневые выщелоченные и типичные почвы, brunizемы, лугово-черноземные почвы, руброземы аллювиально-луговые и луговые почвы. Оптимальная реакция почвенного раствора (рН) колеблется для этой культуры от 6,5 до 8,2 (табл. 291; Вальков В.Ф., и др., 2007).

Таблица 291 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для сахарной свеклы

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	–	3-8	
РН водной суспензии	5,5-6,5	6,5-8,2	8,2-8,6
Плотность, г/см ³	1,10-1,30	1,30-1,35	1,35-1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20-30	30-45	45-70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 6	6-8
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,2-0,4	0,4-0,8
Содержание CaCO ₃ , %	–	0-5	5-8

Сахарная свекла, особенно семенники, плохо переносит переувлажнение и близкое стояние грунтовых вод. Такие почвы малопригодны для ее возделывания. Для нее большое значение имеют плотность сложения почвы и ее агрегатный состав. Для роста сахарной свеклы более пригодны структурные почвы с преобладанием водопрочных агрегатов размером 1-3 мм. По гранулометрическому составу предпочтительнее суглинистые. На песчаных, а также тяжелых глинистых почвах темпы роста сахарной свеклы снижаются. Более благоприятные условия для ее роста и развития складываются при следующих показателях объемной массы почвы: черноземов – 1,0–1,2 г/см³, каштановых и серых лесных – 1,2–1,3, дерново-подзолистых – 1,2–1,4 г/см³.

Сахарная свекла отличается солевыносливостью и на солонцеватых почвах может давать довольно высокие урожаи с хорошим качеством корнеплодов. Корневая система ее хорошо развита, использует элементы питания из разных слоев почвы и накапливает большую органическую массу. Уже через 2 месяца после посева корневая система растений проникает на глубину 1,0–1,2 м, к концу вегетации до 2,0–2,5 м, а в стороны разрастается более чем на 1 м. В процессе вегетации сахарная свекла выносит довольно большое количество элементов питания. На каждую тонну корнеплодов и соответствующее количество ботвы она выносит из почвы 5–7 кг азота, 2–3,5 – фосфора (P₂O₅) и

6–8 кг калия (K_2O). Кроме того, сахарная свекла потребляет много кальция, натрия, магния, серы, железа, а также микроэлементов – бора, марганца, кобальта, меди, цинка, йода, молибдена. Отношение $N:P_2O_5:K_2O$ в урожае обычно составляет 1:0,2:1,3. Эта культура характеризуется растянутым потреблением элементов питания, продолжающимся почти до уборки. Наибольшее поступление их в растения происходит в период усиленного роста корней и листьев. Количество азота и зольных элементов в урожае свеклы подвержено значительным колебаниям и зависит от соотношения ботвы и корнеплодов.

В первоначальный период развития растений сахарной свеклы, когда их корневая система развита слабо, необходимо наличие в почве легкодоступных форм элементов питания в непосредственной близости к прорастающему семени. Наличие их в почве обеспечивает дружные всходы, повышает устойчивость растений против поражения болезнями и вредителями. Недостаток элементов питания в этот период отрицательно сказывается на дальнейшем росте и развитии корнеплода и накоплении в нем сахарозы.

Азот. Растения сахарной свеклы нуждаются в азоте на протяжении всей вегетации, но наиболее чувствительны к его недостатку в первой половине вегетации, когда происходит интенсивное нарастание ассимилирующей поверхности. При недостатке азота листья у сахарной свеклы приобретают светло-зеленый оттенок, становятся бледно-желтоватыми, прекращается рост и ускоряется их отмирание, угнетается развитие корневой системы, прирост корнеплода уменьшается, все это приводит к преждевременному созреванию свеклы и снижению ее урожая. При избыточном азотном питании усиливается развитие листьев, затягивается созревание свеклы, сахаристость корнеплода уменьшается, в нем повышается содержание азота и зольных элементов, что снижает технологические качества свеклы. Чтобы получить высокий урожай корнеплодов с хорошими технологическими качествами, необходимо обеспечить на ранних фазах вегетации свеклы умеренное питание растений азотом, в период формирования основной массы листьев нужно удовлетворить потребности растений во всех элементах минерального питания, а по мере приближения растений к созреванию следует несколько ограничить их азотное питание.

Фосфор. Критический период в отношении фосфора отмечен в начальный период развития, когда растения сахарной свеклы очень слабо усваивают его из труднорастворимых форм. При фосфорном голодании листья у растений приобретают тусклую темно-зеленую окраску с синеватым оттенком. На них появляются темно-бурые пятна, края подсыхают, образуя бурую кайму. Резко тормозится рост листьев и корнеплода, наблюдается преждевременное старение листьев и их отмирание. Избыточное содержание фосфора в питательной среде, особенно при недостатке азота, также приводит к ослаблению темпов роста листьев и корнеплода и интенсивности сахаронакопления. Оптимизация питания растений фосфором способствует быстрому образованию листьев, нарастанию корнеплодов и ускорению их созревания, повышению сахаристости и улучшению технологических качеств.

Калий. Сахарная свекла – калиелюбивое растение. Она в первый год жизни потребляет калия в 1,5–2 раза больше, чем азота, и в 4–5 раз больше, чем фосфора.

Потребление этого элемента из почвы растениями сахарной свеклы начинается с прорастания семян и продолжается до уборки урожая корнеплодов. Однако относительно высокую потребность в нем растения испытывают в молодом возрасте, то есть до образования третьей-четвертой пары настоящих листьев. Больше всего калия расходуется в период интенсивного роста листьев

и корнеплодов. От обеспеченности растений этим элементом в значительной мере зависит и накопление сахара в корнеплодах. Калий способствует повышению холодостойкости и засухоустойчивости растений. На фоне достаточного калийного питания повышаются устойчивость растений к болезням, качество и лежкость корнеплодов. Недостаток его в почве приводит к ослаблению роста листьев и корнеплодов, потере тургора, нарушению оттока пластических веществ, снижению устойчивости растений к грибковым и бактериальным болезням. О неудовлетворительном обеспечении растений калием можно судить по их внешнему виду. При его недостатке между боковыми жилками листьев появляются светлые пятна, а сами жилки; остаются зелеными, края листьев желтеют и засыхают, приобретая темно-коричневый цвет.

В первые два месяца жизни растения свеклы используют около 26 % азота, 17 – фосфора (P_2O_5), 15 % калия (K_2O) от общего количества, поступающего за вегетацию. В дальнейшем потребность в элементах питания резко возрастает. В третий месяц вегетации свекла потребляет: азота – 48 %, P_2O_5 – 41, K_2O – 46 %. В последние месяцы вегетации, когда ростовые процессы ослабляются (4-6-й месяц вегетации), резко сокращается потребление азота (26 % поступающего за вегетацию), а использование фосфора (42 %) и калия (39 %) остается на высоком уровне до созревания и уборки.

Магний. Нормальное обеспечение растений сахарной свеклы магнием ускоряет ее рост и повышает содержание сахара в корнеплодах.

Кальций. Недостаток кальция задерживает преобразование крахмала в сахар, листья обедняются хлорофиллом, а в корнеплодах снижается накопление сахарозы. Для нормальной жизнедеятельности растений свеклы необходимо определенное соотношение кальция и магния. Лучше всего растения развиваются, когда отношение между кальцием и магнием составит 3:1-5:1.

Сера. Растения сахарной свеклы усваивают серу в виде иона SO_4^- . Она может поступать в растения и через листья в виде сернистого газа SO_2 или в форме элементарной серы при опыливания растений молотой серой. При недостатке этого элемента растения свеклы развиваются плохо, листья их покрываются бурыми пятнами и желтеют, корни буреют.

Железо. Видимым патологическим состоянием свекловичного растения при недостатке железа является хлороз, выражающийся в пожелтении листьев. Без железа невозможно образование хлорофилла, хотя в состав последнего этот элемент непосредственно и не входит. Значительное его количество, содержится в молодых органах растения. Железо является кофактором целого ряда ферментов, определяющих физиологическую активность метаболических процессов в растениях сахарной свеклы. Оно активизирует дыхание, способствуя поглощению кислорода. При недостатке этого элемента у растений распадаются ростовые вещества, влияющие на общий рост растения и корнеобразование.

Натрий. Урожай и сахаристость корнеплодов в значительной степени зависят от обеспеченности растений натрием. Этот элемент улучшает усвоение растением фосфора и калия. Натрий может частично заменить калий, способствует его передвижению из отмерших частей растения в точки роста, а следовательно, и повторному использованию. Натрий усиливает отток углеводов из листьев в корни, чем и обуславливает повышение сахаристости корнеплодов при его внесении.

Хлор. Исключение хлора из питательной среды снижает сахаристость свеклы. Лучшее развитие и более высокая сахаристость ее наблюдается при использовании хлоридов натрия и магния, чем при применении сульфатов. Положительная роль хлора сказывается в его влиянии на миграцию углево-

дов. Хлориды калия, натрия и магния оказывают положительное действие в период листообразования и созревания свеклы.

Бор влияет на оплодотворение, плодоношение и рост корнеплодов. При его отсутствии клетки перестают делиться. При нормальном обеспечении растений этим элементом увеличивается долговечность листьев, повышается сахаристость и урожай, а также улучшаются технологические качества корнеплодов сахарной свеклы. Недостаток бора приводит к заболеванию растений гнилью сердечка, которое проявляется в том, что молодые листочки внутренней части розетки закручиваются, буреют или чернеют и отмирают, ткань корнеплода сначала около шейки, а затем глубже загнивает. Болезнь распространяется от центра листовой розетки к ее периферии.

Марганец способствует лучшему усвоению элементов питания. Он оказывает положительное влияние на отток углеводов из листьев в корнеплод, что приводит, в конечном итоге, к повышению сахаристости и урожая свеклы.

Медь важна как компонент веществ окислительных ферментов. Несомненна ее роль в процессах дыхания и фотосинтеза, а также в азотном обмене, в частности, в синтезе белков. При недостатке меди свекловичные высадки не образуют семян, что часто наблюдается при возделывании их на освоенных торфяниках.

Удобрение. Сахарная свекла как интенсивная культура очень отзывчива на внесение органических и минеральных удобрений.

Органические удобрения вносят осенью под зяблевую вспашку без разрыва между разбрасыванием и запашкой. Из органических удобрений наиболее широко используют навоз. Его вносят под сахарную свеклу из расчета 40–50 т/га, на черноземах слитых и при орошении – 60 т/га под предшествующие озимые или непосредственно под свеклу. Навоз должен быть хорошо подготовленным и не содержать всхожих семян сорняков, что особенно важно при внесении непосредственно под сахарную свеклу.

Хорошо приготовленный навоз содержит в среднем 0,5 % азота, 0,25 – фосфора (P_2O_5) и 0,6 % калия (K_2O). При внесении 30 т/га навоза в почву поступает около 150 кг азота, 75 – P_2O_5 и 180 кг K_2O . Кроме того, в навозе содержатся марганец, бор, медь, молибден и другие необходимые и незаменимые для жизнедеятельности растений сахарной свеклы микроэлементы. С указанным количеством навоза, в почву вносится около 1 т зольных веществ, в том числе 0,5 т углекислых соединений кальция и магния. Навоз обогащает почву органическим веществом, активизирует микробиологические процессы в почве, улучшает физические и физико-химические свойства ее, а также воздушное питание растений диоксидом углерода. Применение органических удобрений позволяет снижать нормы минеральных удобрений на 30 %.

Хорошо зарекомендовал себя на посевах свеклы сахарной биокомпост на основе куриного помета. Его применение в дозе 400–600 кг/га под предпосевную обработку почвы способствует повышению урожайности корнеплодов на 8,0–9,5 т/га и увеличению сбора сахара на 0,80–1,05 т/га. Возможно использовать и птичий помет в дозе 4–5 т/га с равномерным распределением по полю и тщательной заделкой в почву.

Рекомендуемые нормы минеральных удобрений представлены в таблице 292. Приведенные нормы – примерные, их уточняют с учетом содержания элементов питания в почве каждого поля, принимая во внимание также уровень агротехники, дозы и место внесения навоза.

Таблица 292 – Примерные нормы минеральных удобрений для сахарной свеклы

Почва	Азот (N)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Калий (K ₂ O)
Зона достаточного увлажнения			
Черноземы обыкновенные мощные мало- и среднегумусные	120–140	160–170	140
Черноземы мощные выщелоченные мало- и среднегумусные	140–170	160	180–190
Черноземы предкавказские выщелоченные	90–120	100	90–100
Черноземы предкавказские смытые и оподзоленные почвы	110–130	130	110–120
Темно-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные	150–190	160	190–200
Серые лесные почвы	160–190	160–170	200–210
Дерново-подзолистые почвы	150–170	190	170–200
Дерново-перегнойно-карбонатные почвы	120–150	180	200–220
Торфяно-болотные почвы	50	160	220
Зона неустойчивого увлажнения			
Черноземы обыкновенные мощные мало- и среднегумусные	100–130	170	100–120
Черноземы мощные мало- и среднегумусные выщелоченные	110–140	150	150–160
Черноземы предкавказские карбонатные	90–110	140	110–120
Черноземы предкавказские слабовыщелоченные	90–120	120	110–120
Черноземы солончаковатые и солонцеватые	100–120	140	–
Черноземы осолоделые и черноземно-луговые почвы	110–130	160	80–90
Темно-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные	130–150	140–150	160–170
Серые лесные почвы	140–160	140–150	160–170
Зона недостаточного увлажнения			
Черноземы обыкновенные мало- и среднегумусные	80–110	150	90–100
Черноземы мощные мало- и среднегумусные выщелоченные	90–120	130	130
Черноземы предкавказские карбонатные	80–100	130	100–110
Черноземы солончаковатые и солонцеватые	90–110	130	–
Черноземы осолоделые и черноземно-луговые почвы	100–120	140	70–90
Темно-серые лесные почвы и черноземы оподзоленные	120–140	130	140–150
Серые лесные почвы	130–150	135–140	165–170

В таблице 293 приведены поправочные коэффициенты к дозам минеральных удобрений.

На подзолистых, серых лесных почвах, черноземах оподзоленных наибольшие прибавки урожая свеклы обеспечивают азотные удобрения в сочетании с фосфорными и калийными, на черноземах выщелоченных – азотные с фосфорными, на черноземах обыкновенных и карбонатных наиболее эффективны фосфорные удобрения. Самые высокие и устойчивые прибавки урожая корнеплодов с хорошими технологическими качествами достигаются при внесении всех трех элементов питания, то есть полного минерального удобрения. Наиболее благоприятное соотношение в питательной среде между азотом, фосфором и калием в период создания листового аппарата 6:1:6; в период интенсивного роста корнеплода 4:1:5; в период сахаронакопления 1,5:1:5.

Таблица 293 – Поправочные коэффициенты к дозам минеральных удобрений

Содержание элементов питания	Фосфор подвижный, мг/кг почвы	Калий подвижный, мг/кг почвы	Поправочный коэффициент		
			метод Чирикова		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Среднее	<100	<80	1,00	1,00	1,20
Повышенное	100–150	80–120	0,90	0,75	1,00
Высокое	151–200	121–180	0,70	0,50	0,70
Очень высокое	>200	>180	0,25	0,25	0,50

Удобрения обеспечивает следующую среднюю прибавку урожая корнеплодов в расчете на 1 кг действующего вещества: азота – около 36 кг, фосфора – 38, калия – 19 кг, или около 3 т/га на 100 кг действующего вещества.

Для более эффективного использования минеральных удобрений под сахарную свеклу их следует вносить на различную глубину пахотного слоя и в разные сроки. Для послойного размещения удобрения вносят в несколько приемов: основное – под вспашку, рядковое – при посеве, подкормки – во время вегетации растений

Основное удобрение вносят под глубокую зяблевую вспашку, и оно играет главную роль в корневом питании сахарной свеклы. При глубокой заделке удобрений они размещаются в увлажненном слое почвы, что благоприятно влияет на рост и развитие растений. Рядковое удобрение вносят одновременно с высевом семян из расчета N₁₀P₂₀K₁₀. Оно обеспечивает первоначальное питание растений, когда у них еще очень слабо развита корневая система, и они не могут использовать элементы питания из глубоко запаханного основного удобрения.

Подкормка является дополнительным средством питания растений свеклы и в большинстве случаев ее проводят вслед за вторым боронованием по всходам. Иногда при недостаточном внесении удобрений с осени и хорошей увлажненности почвы проводят вторую подкормку, которая должна быть закончена до смыкания рядков. Вторая подкормка практикуется при недостаточном внесении удобрений осенью на сероземах и каштановых орошаемых почвах. Нормы удобрений в подкормку – N₂₅₋₃₀P₂₅K₃₀. Калий используют только на незасоленных сероземах и каштановых почвах.

Эффективность различных форм минеральных удобрений, применяемых под сахарную свеклу, неодинакова. Из азотных удобрений можно применять аммиачную, аммонийную, нитратную, аммонийно-нитратную и амидную формы азота. Учитывая большую подвижность нитратных форм в почве, особенно легкого гранулометрического состава, в зоне достаточного увлажнения аммонийную селитру необходимо вносить весной под культивацию и в подкормки. В зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения все формы азотных удобрений лучше применять под основную обработку почвы. Аммонийные удобрения в большей степени локализуются в местах их внесения в почву и при оптимальных условиях влажности и температуры легко переходят в наиболее доступную для растений нитратную форму.

Под сахарную свеклу применяют также жидкие формы азотных удобрений – безводный аммиак, аммиакаты, аммиачную воду, а также сложные жидкие удобрения, содержащие азот. Безводный аммиак вносят в почву на глубину не менее 10–15 см, тщательно заделывая щель, образуемую проходом рабочего

органа. При правильном внесении безводный аммиак не уступает другим формам азотных удобрений. В зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения его лучше применять под основную обработку почвы, а в зонах достаточного увлажнения и при орошении – и в раннюю подкормку. Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ марки 8:24:0 и 10:34:0) позволяют полностью механизировать процесс подготовки и внесения, обеспечивая равномерность их распределения по площади поля. Эти удобрения не уступают по действию эквивалентной смеси простых удобрений. Их вносят в те же сроки, что и твердые.

Дробление норм азотных удобрений при внесении их на тяжелых по гранулометрическому составу почвах нецелесообразно. Если под сахарную свеклу азотные удобрения вносят в несколько приемов, то не следует применять их в поздние сроки, т. к. это приводит к ухудшению качества урожая.

Из фосфорных удобрений во всех зонах свеклосеяния с успехом применяют суперфосфат. Необходимо иметь в виду, что в почве фосфорные удобрения претерпевают многообразные превращения с образованием минеральных и органических фосфатов. Общая направленность этих процессов состоит в переходе водорастворимых форм в труднорастворимые. Труднорастворимые фосфаты более эффективны на кислых почвах при внесении под основную обработку почвы, поэтому на оподзоленных и серых лесных почвах, черноземах выщелоченных суперфосфат можно заменить фосфоритной мукой.

Под сахарную свеклу можно применять все формы калийных удобрений. Последние на средних и тяжелых по гранулометрическому составу почвах дают под глубокую осеннюю вспашку. На легких почвах применение калийных удобрений переносят на весеннее время.

При использовании на посевах сахарной свеклы сложных удобрений следует учитывать растворимость содержащейся в них фосфорной кислоты. Нитрофоски, в которых фосфор содержится преимущественно в лимоннорастворимой форме, лучше вносить под зяблевую вспашку, прежде всего, на кислых почвах. На всех типах почв эффективно применение сложных удобрений (аммофос, диаммофос, нитроаммофоска), в которых фосфорная кислота содержится в легкоусвояемой форме.

В настоящее время земледельцы часто сталкиваются при выращивании сахарной свеклы с признаками магниевого голодания. Недостаток этого элемента весьма заметно ограничивает получение высокого урожая корнеплодов, тормозит накопление сахаров в них и повышает содержание растворимого азота. Нормальные условия магниевого питания создают путем систематического применения органических удобрений и магнийсодержащих известковых и калийных удобрений. Если количество подвижного магния в почве меньше 5 мг/100 г, то под вспашку нужно вносить до 70 кг магния на 1 га.

Большое влияние на жизнедеятельность и продуктивность свекловичного растения оказывают борные, медные, марганцевые и цинковые микроудобрения. Их применяют путем опудривания и замачивания семян, а также при совместном внесении с минеральными удобрениями в рядки при посеве и в подкормку. Борные удобрения рекомендуется вносить во всех районах свеклосеяния, где наблюдается повреждение корней гнилью сердечка. На почвах с содержанием водорастворимого бора ниже 0,2-0,3 мг/кг почвы целесообразно предпосевная обработка семян: смачивание 0,05 % раствором микроэлемента (2 л рабочего раствора на 1 ц семян). Можно проводить предпосевную обработку семян опудриванием бормагниевым удобрением (300-500 г/ц семян). Недостаток бора можно возместить и внесением борных удобрений весной под

культивацию: борного суперфосфата (3-3,5 ц/га) или бормагнезиевого удобрения (1 ц/га). На торфяно-болотистых почвах, как правило, растения сахарной свеклы испытывают недостаток меди. Из медных удобрений используют пиритные огарки и медный купорос. Норма внесения пиритных огарков – 5-6 ц/га (2,2–2,7 кг/га меди), медного купороса – 20-25 кг/га. Медные удобрения вносят один раз в 4–5 лет. Марганцевые удобрения дают значительный эффект на черноземах, серых лесных, солонцеватых почвах. Марганцевый шлам (12–22 % Mn) рекомендуется вносить под глубокую вспашку (3–4 ц/га), а марганцированный суперфосфат (1,5–2,5 % Mn) – под вспашку и при посеве в обычных нормах, как для гранулированного суперфосфата.

Сахарная свекла чувствительна к кислотности почвы, которая оказывает угнетающее действие на рост и развитие растений. Она хорошо растет и дает высокие урожаи при нейтральной или слабощелочной реакции почвенного раствора. В связи с этим сахарная свекла сильно отзывается на известкование кислых почв. Для известкования кислых почв используют дефекат (отход свеклосахарного производства), мел, мергель, известковые туфы и другие формы известковых материалов. В зависимости от кислотности почвы на 1 га вносится 3–6 т извести. Известковые удобрения применяются под предшествующую культуру или непосредственно под сахарную свеклу при вспашке зяби. Если известковые удобрения под свеклу не были внесены осенью, то их в размере $\frac{2}{3}$ нормы вносят весной под культивацию.

Нормы известковых материалов в физическом весе с учетом их влажности, примесей и содержания крупных частиц определяют по формуле:

$$Д = \frac{Н \times 100 \times 100 \times 100}{(100 - В)(100 - К) \times П},$$

где: Д – норма известкового материала, т/га;

Н – доза чистого и сухого углекислого кальция (CaCO_3), т/га;

В – влажность известкового материала, %;

К – содержание частиц более 1 мм для известковой и доломитовой муки и более 4–5 мм для гажы, туфа, практически не снижающих кислотности, %;

П – содержание CaCO_3 , % на абсолютно сухое вещество.

Сахарный тростник

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Сахарный тростник возделывают на разных типах почв. Наиболее высокие урожаи получают на суглинистых и глинистых по гранулометрическому составу почвах, достаточно воздухо- и водонепроницаемых, хорошо дренированных, богатых доступными растениям элементами минерального питания. Этим условиям отвечают разнообразные варианты окультуренных красных и желтых аллитных и красных ферралитно-кальциевых почв, различные аллювиальные, а также красно-бурые и красно-коричневые почвы. Возделывают сахарный тростник и на черных слитых почвах (вертисоли), однако эти тяжелые почвы ограничивают продуктивность и долговечность плантаций. Не удовлетворительны для роста и развития растений тростника сильнокислые почвы с рН 4,5–5,5. Оптимум считается рН 6,0–7,5 (табл. 294; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Почвы каменистые, содержащие более 40 % каменистой фракции в пахотном слое, для сахарного тростника не пригодны. Карбонатность профиля не является препятствием для его возделывания. Сахарный тростник требует хорошего увлажнения почвы, переносит избыточную сезонную влагу.

Таблица 294 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для сахарного тростника

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %		2–4	
pH водной суспензии	4,5–6,0	6,0–7,5	7,5–8,5
Плотность, г/см ³	1,1–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–50	50–70
Обменный Na, % от ЕКО		< 3	
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %		< 0,2	
Содержание CaCO ₃ , %		0–3	3–5

Сахарный тростник в период вегетации потребляет большое количество элементов питания. С каждой 1 тонной стеблей выносятся в среднем: 0,7–1,5 кг азота (N), 0,4–1,0 – фосфора (P₂O₅), 1–3 кг калия (K₂O). С возрастом содержание азота и зольных элементов в вегетативных органах растений снижается. Ко времени уборки количество элементов питания в стеблях составляет: 0,1 % азота, 0,3 – фосфора, 1,4 % калия. Верхняя часть побега более богата азотом и зольными элементами. Наиболее активно поглощение элементов питания растением сахарного тростника идет в молодом возрасте – в фазе кущения. При недостатке азота, особенно в первой половине вегетации, окраска листьев изменяется от бледно-зеленой до желто-зеленой, а в дальнейшем листья приобретают фиолетово-красную окраску и быстро засыхают, урожай тростника снижается. При избыточном азотном питании растения обильнее кустятся, размеры листьев увеличиваются, продолжительность фазы кущения удлиняется, при этом старые и самые молодые побеги быстро отмирают. При недостатке азота в конце вегетации, в результате которого тормозится рост растений и увеличивается содержание сахара в стеблях, является полезным. В фазе кущения растений при интенсивном образовании новых побегов потребление азота растениями сахарного тростника достигает максимума. Ко времени смыкания рядков в растении накапливается до 50 % общего количества азота, потребляемого за вегетацию. После смыкания рядков кущение замедляется, и поглощение азота стабилизируется. В первой половине вегетации (до шести месяцев) азот накапливается главным образом в листьях и междоузлиях стеблей.

При недостатке фосфора старые листья приобретают серовато-зеленую окраску, а молодые темнеют. Недостаток фосфора в ранний период вегетации, когда формируется корневая система, не восполняется более поздним внесением фосфорных удобрений. Потребление фосфора отличается большей равномерностью и длительностью по сравнению с азотом. В первые месяцы вегетации в сахарном тростнике накапливается фосфора до 30 % максимума, а в следующие 3–6 месяцев – до 50 % (к девятимесячному возрасту – около 70 %).

Признаки калийного голодания у сахарного тростника заметно проявляются в молодом возрасте растений (второй-третий месяц вегетации): стебли утончаются, листья по краям желтеют, а затем белеют. В центре листовой пластинки появляются красные пятна. Дефицит калия наиболее часто проявляется на легких супесчаных, а также на сильнокарбонатных почвах. Максимальное потребление калия – в первые шесть месяцев вегетации и перед уборкой.

Удобрение. Сахарный тростник наиболее сильно реагирует на внесение азотных удобрений. Прибавка урожая от азотных удобрений примерно в 2 раза

выше, чем от фосфорных и в 3 раза выше, чем от калийных. На каждый внесенный килограмм азота сборы сахара увеличиваются на 10–40 кг/га. При интенсивной культуре тростника наиболее эффективны следующие средние нормы азота: в первый год вегетации – 120 кг/га, во второй – 240, в третий – 270 кг/га.

Для определения оптимальных норм фосфорных удобрений необходимо учитывать биологические особенности сорта, содержание доступных растениям форм фосфора в данном типе почв. Содержание общего фосфора в тропических почвах колеблется от 0,1 до 0,3 % от массы почвы. Почвы, формирующиеся на карбонатных породах, бедны доступным фосфором. Отзывчивость сахарного тростника на внесение фосфорных удобрений определяется не только содержанием фосфора в почве, но и ее способностью переводить в неусвояемую форму подвижные соединения фосфора (ретроградация фосфатов). Наиболее сильно выражена ретроградация фосфатов на кислых красных, желтых ферраллитных, карбонатных почвах. Поэтому в тропиках не всегда отмечается положительная реакция тростника при внесении суперфосфата на бедных фосфором ожелезненных почвах. В отличие от азота, нормы которого под 2–3-й урожай принято увеличивать, максимальное количество фосфорных удобрений вносят под первый урожай. Под сахарный тростник фосфорного удобрения рекомендуется вносить в количестве 45–120 кг/га.

Наиболее эффективны в условиях тропиков легкорастворимые, концентрированные и гранулированные фосфорные удобрения. На кислых почвах действенными фосфорными удобрениями являются томашлак, труднорастворимые соли или фосфоритная мука. Коэффициент использования фосфатов повышается при совместном внесении фосфорных и органических удобрений. Фосфорные удобрения вносят при посадке в борозды – в зону наибольшего распространения корней.

Реакция сахарного тростника на внесение калийных удобрений проявляется не столько в значительном росте урожая стеблей, сколько в улучшении его качества. Однако при недостатке в почвах калия урожай резко возрастает после его внесения. Наибольшая отзывчивость сахарного тростника на калийные удобрения проявляется на почвах, содержащих не более 7–9 мг K_2O на 100 г почвы. При средней (7–15 мг на 100 г почвы) обеспеченности почв этим элементом эффективность калийных удобрений значительно снижается. Нормы калийных удобрений на различных типах почв варьируют от 150 до 300 кг/га. Почвы, используемые для культуры сахарного тростника, как правило, слабо или средне гумусированы (1–3 %). Учитывая, что скорость минерализации органического вещества в тропиках значительно выше, чем в умеренной зоне, возникает необходимость его систематического восполнения. Для этих целей используют навоз, компосты, отходы уборки и переработки тростника – листья, качаса, богаса.

Качаса – отходы переработки тростника – содержат примерно 1,5 % азота, 3–5 % фосфора, 0,3 % калия и до 60 % органического вещества (на сухое вещество). При внесении качасы за 2–3 месяца до посадки при норме 30 т и более на 1 га урожай стеблей повышается на 18–25 %.

Система удобрения сахарного тростника включает основное удобрение (под основную обработку) и подкормку (в середину междурядий в период вегетации). При закладке новых плантаций тростника перед обработкой почвы вносят органические, органо-минеральные или минеральные удобрения. Подкормки практикуют в первой половине вегетации – до смыкания рядков. Разработка системы удобрения сахарного тростника проводится в каждом

конкретном случае по-разному. Важно, чтобы достаточное количество азота было внесено в начале вегетации, когда у растений идет интенсивный обмен веществ и усиленное кущение (особенно 2–3-й месяцы вегетации). При продолжительности периода вегетации растений 20–24 месяца наибольший эффект получен при внесении основной нормы азота в междурядья 8–9 месячного тростника. Органические формы азота наиболее эффективны при их внесении за 3–6 недель перед обработкой почвы. Фосфорные удобрения вносят перед посадкой в борозды и частично в подкормку; калийные – примерно такие же сроки, что и азотные.

6.4.8. Клубненосные культуры

Картофель

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Требования картофеля к почве связаны с его биологическими особенностями: относительно слабо развитой корневой системой и формированием столонов и урожая клубней в почве. Интенсивность дыхания корней картофеля составляет 7–12 мл O_2 ·ч/г сухого вещества, что в 5 раз выше интенсивности дыхания корней подсолнечника и многих других культур. Этим объясняется его высокая требовательность к пористости почвы. Корни у растений картофеля, выращиваемых на рыхлой почве (объемная масса [плотность], 1,1 г/см³), хорошо ветвятся, пронизывают весь пахотный слой и уходят в подпахотный. Рыхлая почва нужна и для хорошего развития столонов и молодых клубней, которые в уплотненной почве получают мелкими и зачастую сильно деформированными.

Картофель лучше растет на черноземах супесчаных и суглинистых, хорошо окультуренных дерново-подзолистых и серых лесных почвах, пойменных участках, а также на осушенных торфяниках, особенно при выращивании семенного материала. При внесении удобрений дает хорошие урожаи клубней на песчаных почвах. Тяжелые суглинистые и глинистые почвы малопригодны для его выращивания. На дерново-подзолистых, средне- и тяжелосуглинистых почвах хорошие условия для формирования высокого урожая клубней создаются при плотности почвы 1-1,2 г/см³; на черноземных – 0,9-1,1 г/см³. При плотности 1,4-1,5 г/см³ большинство клубней имеют уродливую форму. Картофель хорошо растет на почвах с pH 6-7 (табл. 295; Вальков В.Ф. и др., 2007).

На почвах с сильноокислой и щелочной реакцией рост растений картофеля ухудшается. Не подходят для него и засоленные почвы. Картофель характеризуется слабой солевыносливостью.

Таблица 295 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для картофеля

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	–	2–4	–
pH водной суспензии	–	6–7	–
Плотность, г/см ³	1,0–1,20	1,20–1,35	1,35–1,45
Содержание физической глины, %	5–15	15–25	25–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–5
Плотный остаток, %	–	< 0,2	0,3–0,4
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–3	2–4

Минеральное питание растений картофеля имеет свои особенности. В среднем на каждые 10 т клубней картофель (ботва и клубни) выносит из почвы 50 кг азота, 20 – фосфора, 90 – калия, 40 – кальция, 20 кг магния. Таким образом, из элементов питания картофель потребляет больше всего калия, затем азота и меньше фосфора, что необходимо учитывать при расчете норм удобрений.

Элементы питания необходимы картофелю в течение всего вегетационного периода. Однако интенсивность их потребления растениями зависит от фазы вегетации. Это объясняется неоднородностью химического состава различных органов и различной интенсивностью ростовых процессов. Так, азота и фосфора больше содержится в листьях, чем в стеблях, калия, наоборот, больше в стеблях, чем в листьях; содержание фосфора в листьях возрастает от нижних ярусов к верхним. По мере формирования тех или иных органов с различным химическим составом и разными физиологическими функциями растение поглощает из почвы больше тех элементов питания, которые необходимы ему для образования этих органов. Химический состав органов растений меняется с их возрастом. Так, в начале онтогенеза листьях и стеблях больше азота, калия и фосфора; в растущих клубнях – азота, фосфора и калия и меньше – крахмала, тогда как зрелые клубни обычно более крахмалисты, но в них содержится меньше азота, фосфора и калия.

Отличной особенностью развития растений картофеля является то, что интенсивные ростовые процессы проходят не только в период формирования надземных органов, но и во время клубнеобразования. Этим объясняется его потребность в элементах питания в течение всего вегетационного периода. Как известно, формирование надземных органов у картофеля начинается сразу же после появления всходов и продолжается до фазы цветения, а рост клубней проходит от начала образования бутонов на растениях и почти до уборки урожая. Следует, однако, отметить, что со второй половины вегетации растений картофеля, после того как фотосинтетический аппарат достигает максимальной величины и начинает отмирать, потребление элементов питания из почвы значительно снижается. В этот период происходит их передвижение из листьев и стеблей в клубни.

Наиболее интенсивно элементы минерального питания поступают в растения в фазы бутонизации и цветения, что соответствует периоду максимального роста надземных органов и образования клубней. По периодам роста и развития в растения картофеля поступает следующее количество азота, фосфора и калия (табл. 296).

Азот. Потребность в азоте у растений картофеля проявляется с начала прорастания клубня, образования корешков и ростков. На начальных этапах роста растений новообразование клеток обеспечивается азотом из клубней, а после выхода стеблей на поверхность – поглощается из почвы. Хорошая обеспеченность картофеля этим элементом на ранних этапах развития растений – от появления всходов до клубнеобразования, – способствует быстрому формированию фотосинтетического аппарата. Это дает растению возможность продуктивнее использовать весенние запасы влаги в почве и формировать урожай клубней в более благоприятных температурных условиях. Однако нельзя допускать избыточного одностороннего питания растений азотом. При этом усиливается рост ботвы, задерживается отток углеводов в клубни, тормозится их рост и накопление крахмала. Оптимальное содержание азота в листьях составляет в фазе всходов 4,8-5,2 %, бутонизации – цветения 4,2-5,5; в физиологически зрелых клубнях – 1,6-1,8 % сухой массы.

Таблица 296 – Динамика поступления элементов питания в растения картофеля, % от максимального

Период роста	Азот (N)	Фосфор (P ₂ O ₅)	Калий (K ₂ O)
От всходов до бутонизации	13	10	11
цветения	40	30	31
наибольшего роста клубней	80	67	70
уборки	100	100	100

Фосфор. Оптимизация фосфорного питания картофеля способствует развитию более мощной корневой системы, сдерживает рост надземных органов, ускоряет процесс развития и созревания клубней. Кроме того, фосфор положительно влияет на водный режим растений и способствует их большей устойчивости против вредного действия засухи и механическими повреждениями, повышает фитотроустойчивость и вирусоустойчивость, понижает поражаемость паршой, увеличивает выход клубней средних размеров.

Калий. Калийное питание картофеля имеет большое значение как в период формирования фотосинтетического аппарата, так и во время образования и роста клубней. Калий способствует интенсивному усвоению углекислоты листьями, ускоряет передвижение углеводов из листьев в клубни, повышает засухоустойчивость и холодостойкость, устойчивость картофеля к грибковым и бактериальным болезням, улучшает лежкость клубней при хранении, снижает степень потемнения мякоти при кулинарной обработке. Оптимальное содержание калия в листьях в фазе всходов 4,0-5,2 %, бутонизации – 4,1-5,6 %, в физиологически зрелых клубнях – 2,7-3,1 % сухой массы.

Кальций играет важную роль в восстановлении уравновешенности почвенного раствора, от чего зависит поступление элементов минерального питания в корневую систему растений картофеля. Он способен обезвреживать избыток иона NH₄ в почвенном растворе, улучшать структуру почвы. Оптимизация питания растений кальцием повышает их болезнеустойчивость и оказывает положительное влияние на интенсивность клубнеобразования и крахмалонакопления.

Магний. Важную роль в жизнедеятельности растений картофеля играет магний. Он входит в состав хлорофилла и выполняет ответственные функции в углеводном обмене. В золе надземных вегетативных органов содержится в среднем 16,5 % магния, а в золе клубней – 4,7 %. Он накапливается главным образом в молодых частях растения. Магний положительно влияет на клубнеобразование и синтез крахмала в клубнях. Минимальное количество этого элемента, обеспечивающее потребность картофеля на различных почвах, составляет: на песчаных и супесчаных – 5-7 мг/100 г почвы, на суглинистых – 7-10 и на глинистых – 12 мг/100 г почвы. Недостаток магния особенно проявляется на почвах легкого механического состава.

Сера. Для нормального роста и развития растений картофеля необходима сера. Поступая в растения, она включается в состав аминокислот, нуклеопротеидов, белков и других органических соединений. Содержание этого элемента в растениях картофеля сильно колеблется в зависимости от наличия ее в почве. Наиболее богаты серой клубни картофеля – 150–152 мг/100 г. С урожаем в 200-250 ц/га картофель выносит из почвы около 10-12 кг серы. Качество и вкус клубней улучшаются, если в составе удобрений имеется не ме-

нее 30-60 кг/га серы. Усвоение растениями серы происходит в виде высшего окисла, т. е. аниона серной кислоты. Поэтому источником серы для растения могут служить такие соли серной кислоты, как CaSO_4 , MgSO_4 и K_2SO_4 . При внесении сернокислых форм минеральных удобрений потребность растений картофеля в сере удовлетворяется полностью.

Железо. Важную роль в окислительно-восстановительных процессах, играет железо. Этот элемент необходим растениям картофеля также для образования хлорофилла, в процессе дыхания. В почве железо содержится, как правило, в достаточном количестве, но в виде труднорастворимых соединений. Лучше усваивается растениями в окисной форме. Наиболее бедны железом карбонатные (черноземы и сероземы) и легкочесчаные почвы.

Хлор. Для нормальной жизнедеятельности растений необходимы весьма небольшие количества хлора. От недостатка этого элемента растения, как правило, не страдают. Напротив, высокие дозы его, вносимые с хлорсодержащими удобрениями, для картофеля вредны. Они уменьшают урожай клубней, ухудшают их вкус, снижают крахмалистость. Поэтому хлористые соединения при выращивании картофеля рекомендуется заменять бесхлорными формами, такими, как сернокислый калий или калимаг.

Бор. В нуклеиновом обмене и синтезе важнейших нуклеопротеидов принимает участие бор. Под его влиянием уменьшается поглощение растениями картофеля фосфора и азота, увеличивается поглощение калия. Оптимальное обеспечение растений бором положительно влияет на деление клеток, углеводный и белковый обмен. При борном голодании нарушается нормальный отток углеводов, вследствие чего в листьях происходит накопление сахаров, крахмала и растворимых соединений азота, задерживается развитие меристемы. Бор не реутилизируется, поэтому при борном голодании происходит заболевание и отмирание верхушечной части стебля, т. е. точки роста, листья скручиваются, куст приобретает угнетенный вид, урожай клубней резко снижается. Одновременно отмечена токсичная роль бора при использовании его в больших нормах. Избыток бора чаще всего наблюдается при кислой реакции почвы, недостаток – на дерново-подзолистых почвах и черноземах выщелоченных.

Марганец. Недостаток марганца ослабляет дыхание и угнетает фотосинтез, снижает содержание хлорофилла в листьях картофеля, нарушает использование нитратов, задерживает их восстановление. Этот элемент влияет на окислительно-восстановительные превращения железа. При его недостатке значительная часть железа, содержащегося в клетках, оказывается в закисной, ядовитой для растений форме. При избытке марганца все железо окисляется, становится физиологически неактивными, что вызывает хлороз. От обеспеченности растений этим элементом во многом зависит усвоение картофелем азота. Эффективно применение марганцевых удобрений на карбонатных почвах, а также на почвах, имеющих реакцию, близкую к нейтральной (на черноземах и сероземах).

Медь, входя в состав окислительных ферментов участвует в регулировании реакций окисления-восстановления пластоциамин. Недостаток меди картофель чаще испытывает на торфяных и песчаных почвах. Содержится она в почве преимущественно в виде карбонатов, сульфатов, в составе труднорастворимых гуминов или в обменной форме. Возможность потребления меди растениями зависит от гумусированности почвы и количества осадков. Сухость почвы ослабляет поглощение ее корнями. Реакция почвы не оказывает существенного влияния на поглощение меди картофелем. Дефицит ее снижает интенсивность фотосинтеза и нарушает обмен веществ. Медь повы-

шает устойчивость картофеля к фитофторозу, поэтому входит в состав многих препаратов, применяемых в борьбе с этой болезнью.

Цинк, входя в состав ряда ферментов и витаминов, регулирует углеводный и белковый обмен и положительно влияет на образование ростовых веществ и хлорофилла. При его недостатке снижается активность усвоения растениями картофеля диоксида углерода, вследствие чего они плохо развиваются. Оптимизация питания растений цинком положительно сказывается на поглощении и включении в метаболизм азота, калия, марганца и других элементов. Недостаток его испытывается чаще на черноземах карбонатных, осушенных торфяниках и почвах, имеющих реакцию, близкую к нейтральной.

Обеспеченность растений элементами питания диагностируется визуально (табл. 297).

Таблица 297 – Диагностические признаки обеспеченности растений картофеля элементами питания

Элемент питания	Внешние признаки	Почвы
1	2	3
Недостаток элемента		
Азот	<p>Стебли тонкие, доли листа мелкие, окраска растений светло-зеленая.</p> <p>Изменение окраски начинается с верхушек и краев долей нижних листьев, постепенно все листья становятся более светлыми, при длительном голодании ботва бледно-желтая, края нижних листьев закручиваются и отмирают. Характерны сильная задержка роста и опадение листьев, отсутствие боковых стеблей. Недостаток азота у растений может наблюдаться в отдельные периоды роста на всех типах почв, особенно весной, когда нитраты могут быть вымыты в глубокие слои почвы при таянии снега и микробиологические процессы протекают еще слабо. В летнее время растения нередко страдают от недостатка азота на песчаных и супесчаных почвах в результате вымывания его ливневыми дождями.</p>	<p>Слабокультуренные, кислые, легкие по гранулометрическому составу, при минеральной системе удобрения, при зафосфачивании.</p>
Фосфор	<p>Листья морщинистые, темно-зеленые. При остром голодании нижние листья фиолетовые, края их долей закручиваются кверху и доли имеют чашеобразную форму. Растения жесткие, прямые. Листья мелкие. Рост растений замедленный. Цветение ослабленное, запаздывает, бутоны осыпаются. На клубнях появляются коричневые пятна, крахмалистость их уменьшается, а вкусовые качества ухудшаются.</p>	<p>Недостаток фосфора может быть на всех почвах, но чаще всего – на кислых, богатых подвижными соединениями алюминия и железа, суглинистых и глинистых почвах.</p>

1	2	3
Калий	<p>Нижние листья желтеют, начиная с верхушек и краев – «краевой ожог». Междуузлия укороченные. Растения имеют искривленную форму. Листья мелкие, куполообразные, морщинистые. При длительном голодании все растение приобретает бронзовую окраску, которая отчетливо видна в массе растений. При калийном голодании нарушаются рост и развитие картофеля и его анатомо-морфологическое строение, стебли имеют укороченные междуузлия и становятся непрочными, а листья хрупкими. Куст отстает в росте, приобретает развалистую форму, задерживается цветение. Клубни при недостатке калия приобретают несколько удлиненную форму, бывают мелкими и плохо хранятся в зимний период.</p>	<p>На почвах легкого гранулометрического состава с щелочной реакцией, на перегнойных и торфяных. Недостаток калия может быть и на песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почвах.</p>
Кальций	<p>Листья на верхушке с трудом распускаются, нормально не развиваются, по краям молодых листьев появляется светло зеленая полоска, ткани которой отмирают, придавая доле сморщенный вид. При остром голодании верхушечная почка отмирает, края долей листа закручиваются кверху. В мякоти клубней появляются участки отмерших тканей, корни буреют и не растут, отсутствуют корневые волоски.</p>	<p>Кислые, легкого гранулометрического состава.</p>
Магний	<p>Нижние листья имеют более светлую окраску, хлороз начинается с верхушек и краев самых нижних листьев и постепенно распространяется к центру листа между жилками. Жилки остаются зелеными. При длительном голодании участки ткани между жилками буреют и отмирают, образуя выпуклости. Листья становятся хрупкими. Содержание крахмала в клубнях снижается на 1-1,5 %. Недостаток магния чаще проявляется в период быстрого развития листьев, особенно при выпадении обильных дождей. Повреждения появляются на верхних листьях.</p>	<p>Кислые, слабокультурные и при внесении больших норм калийных и кальциевых удобрений. Магниевое голодание чаще всего наблюдается в дождливые годы на песчаных и супесчаных почвах, на дерново-подзолистых почвах чаще проявляется при высокой их кислотности.</p>
Железо	<p>На всех молодых листьях разливается слабый хлороз. Верхушки, края листьев и главные жилки остаются зелеными. Хлоротичная ткань постепенно становится бледно-желтой. В исключительных случаях верхние листья белеют. Участков отмершей ткани нет.</p>	<p>Нейтральные и близкие к нейтральным, избыточно произвесткованные. Голодание растений картофеля от недостатка железа чаще встречается на почвах, Обилие фосфора и недостаток калия в питательной среде усиливают голодание растений железом богатых кальцием.</p>

1	2	3
Бор	Молодые листочки светло-зеленые. При остром недостатке бора точки роста отмирают, листья верхнего яруса гофрированные, уродливые. Междоузлия укороченные, отчего куст кажется густым. Может развиваться антоциановая окраска и отмирание верхних листьев. Цветение отсутствует. Точки роста корней отмирают; корни коричневатые, ветвятся. Клубни мелкие с трещинами.	На почвах легкого гранулометрического состава, а также на избыточно произвесткованных почвах.
Марганец	Между жилками верхних листьев более светлая окраска, появляются мелкие бурые крапинки. Черешки и жилки листа остаются не поврежденными. При сильном голодании по краям долей верхних листьев появляются ржавые пятна.	Карбонатные, нейтральные и избыточно произвесткованные.
Сера	Старые листья сохраняют зеленую окраску, а молодые становятся желто-зелеными, в том числе и жилки, листья не отмирают, рост прекращается.	Нейтральные и щелочные с низким содержанием органических веществ.
Цинк	Серовато-бурые пятна на верхних листьях, черешках и верхушках стеблей. Ткань таких пятен как бы проваливается, а затем отмирает. Междоузлия укороченные. Верхние листья принимают слегка вертикальное положение, края долей сложных листьев загибаются вверх.	Карбонатные, избыточно произвесткованные и зафосфаченные.
Медь	Молодые листья теряют тургор и кажутся увядшими, цветочные почки поникают. Резко выраженный хлороз отсутствует.	Торфяные и богатые слаборазложившейся органикой.
Азот	<p style="text-align: center;">Избыток элемента</p> <p>Ботва темно-зеленого цвета, стебли длинные, лежащие, листья поникшие, с крупными долями и дольками. Бутонизация и цветение запаздывают. Избыточное азотное питание нежелательно, так как чрезмерное развитие ботвы вызывает большой расход образующихся в процессе фотосинтеза пластических веществ. В результате они в меньшем количестве оттекают в клубни, что приводит к задержке клубне- и крахмалообразования и удлинению периода вегетации. Особенно опасно это в районах с коротким летом. При повышенном азотном питании картофель в большей степени повреждается тлями, сильнее поражается вирусом Х, к уборке клубни, как правило, не вызревают, имеют неокрашенную кожуру, содержат мало крахмала, легко повреждаются и плохо хранятся. Все это приводит к ухудшению вкусовых качеств картофеля: увеличивается потемнение мякоти сырых и варенных клубней, уменьшается мучнистость, ухудшается вкус и запах приготовленного продукта.</p>	Высококультурные и при одностороннем внесении больших норм азота и навоза

1	2	3
Марганец	На черешках и жилках верхних листьев появляются черные пятнышки	Кислые
Хлор	Общее посветление окраски ботвы, начиная сверху, скручивание листьев на верхушках стеблей.	Все почвы при внесении высоких норм хлоросодержащих удобрений или почвы хлоридного засоленные.
Железо	Коричневую пятнистость стеблей, которые сплошь покрываются коричневыми пятнами, а внутри них образуются участки, состоящие из опробковевшей ткани.	
Бор	Отмирание ростков, слабое развитие корней и всходов, побеление листьев, значительное снижение урожая.	При внесении высоких норм борных удобрений, при нарушении соотношений с другими элементами и высокой кислотности.

Удобрение. Картофель является культурой, разрушающей гумус почвы. Для восполнения потерь гумуса (0,8–1,5 т/га) ежегодно необходимо вносить высокие нормы органических удобрений, исходя из того, что на 1 т качественного навоза в почве приходится 5 кг/га гумуса. Наиболее эффективна норма внесения навоза в большинстве районов страны под картофель 30–40 т/га. Сроки и способы внесения его зависят от типа почвы и климатических условий района. На песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны эффективно весеннее внесение навоза под перепахку. При внесении его на легких песчаных почвах осенью некоторая часть элементов питания навоза вымывается, что снижает эффективность навоза. На легких суглинистых почвах его под картофель целесообразнее также вносить весной. На среднесуглинистых и глинистых дерново-подзолистых почвах существенной разницы в эффективности навоза в зависимости от срока внесения не отмечено. На этих почвах его можно вносить как весной, так и осенью. В Центральной черноземной области, а также на юге и юго-востоке нашей страны навоз под картофель лучше вносить с осени. При осеннем его внесении под вспашку отвальными плугами весной зябь не перепахивают, а проводят только глубокое безотвальное рыхление.

Для эффективного использования минеральных удобрений под картофель очень важно правильно установить их нормы. Чем выше планируется урожай, тем обычно больше предусматривается норма удобрений. Нормы удобрений в хозяйствах устанавливают по рекомендациям научно-исследовательских учреждений зоны. Эти рекомендации разработаны по результатам полевых опытов на основных типах и разностях почв и рассчитаны на среднюю обеспеченность почвы элементами питания (табл. 298). Минеральные удобрения на черноземах Кубани вносят из расчета $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$.

Приведенные в таблице 299 нормы удобрений следует рассматривать как примерные, ориентировочные. Количество удобрений, необходимое для каждого поля, следует установить с учетом планируемого урожая, качества вносимых удобрений, а также агрохимических свойств почв (табл. 129). Для этого используют имеющиеся в каждом хозяйстве картограммы кислотности и обеспеченности почв элементами питания.

Таблица 298 – Усредненные нормы минеральных удобрений под картофель на различных почвах.

Почва	Без навоза			При внесении навоза		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистая: супесчаная	60–90	45–60	60–90	45–60	30–45	45–60
суглинистая	45–60	45–60	45–60	30–45	30–45	30–45
Серая лесная	45–60	30–45	45–60	30–45	20–30	30–45
Чернозем: выщелоченный	45–60	60–90	30–45	30–45	45–60	20–30
типичный слабовыщелоченный	30–45	60–90	20–30	20–30	45–60	–
Торфяная	30–45	45–60	60–90	20–30	30–45	45–60
Пойменная	20–30	30–35	60–90	20–30	20–30	45–60

Таблица 299 – Группировка почв по степени кислотности и содержанию элементов питания

Группы почв по степени кислотности	рН солевой вытяжки	Группы почв по содержанию P ₂ O ₅ и K ₂ O	Содержание P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы по методам			Содержание K ₂ O, мг/100 г почвы по методам		
			Кирсанова	Чирикова	Мачигина	Кирсанова	Чирикова	Мачигина
Сильнокислые	≥4,5	Очень низкое (I)	≤2,5	≤2,0	≤1,0	≤4,0	≤2,0	≤5,0
Среднекислые	4,6-5,0	Низкое (II)	2,6-5,0	2,1-5,0	1,1-1,5	4,1-8,0	2,1-4,0	5,1-10,0
Слабокислые	5,1-5,5	Среднее (III)	5,1-10,0	5,1-10,0	1,6-3,0	8,1-12,0	4,1-8,0	10,1-20,0
Близкие к нейтральным	5,6-6,0	Повышенное (IV)	10,1-15,0	10,1-15,0	3,1-4,5	12,1-17,0	8,1-12,0	20,1-30,0
Нейтральные	≥6,0	Высокое (V)	15,1-25,0	15,1-20,0	4,6-6,0	17,1-25,0	12,1-18,0	30,1-40,0
		Очень высокое (VI)	>25,0	>20,0	>6,0	>25,0	>18,0	>40,0

Если обеспеченность почвы подвижным фосфором и обменным калием высокая, то рекомендуемые нормы следует на $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ уменьшать, если низкая – на $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ увеличивать. При повышенном содержании в почве подвижных форм соединений элементов питания можно ограничиться внесением небольших норм фосфорно-калийных удобрений в рядки при посадке картофеля. При использовании калийных удобрений необходима поправка на гранулометрический состав почв: легкие почвы в большей степени нуждаются в калийных удобрениях, чем тяжелые. Все рекомендуемые нормы удобрений необходимо вносить до посадки при основной или предпосевной обработке почвы, или часть их при посадке. При посадке картофеля минеральные удобрения вносят в норме N₂₀₋₄₀P₂₀₋₄₀ или N₂₀₋₄₀P₂₀₋₄₀K₂₀₋₄₀ в виде комплексных удобрений (нитроаммофос, нитроаммофоска, нитрофоска) или P₂₀₋₄₀ гранули-

рованного суперфосфата. Это удобрение используется весь период питания. Наибольший эффект получается при сочетании основного удобрения до посадки с местным, при посадке клубней. У растений, получивших припосадочное удобрение, быстрее развиваются надземные вегетативные органы и формируется более мощная корневая система.

При внесении удобрений до посадки и при посадке картофеля нет необходимости в его подкормке. Однако если в эти сроки удобрения не применялись или вносили в недостаточном количестве проводят подкормку азотными удобрениями в дозе 20–50 кг/га, причем ее надо проводить не позднее, чем через 6–7 дней после появления всходов. Удобрение необходимо заделывать в почву на глубину 10–12 см. На песчаных и супесчаных почвах в годы с большим количеством осадков в летний период происходит вымывание из почвы азота и наблюдается угнетение растений. В этом случае подкормка азотом также целесообразна. Положительный результат дает подкормка и при орошении.

При использовании удобрений под картофель необходимо учитывать его скороспелость. Ранние сорта более отзывчивы на минеральные удобрения, чем позднеспелые, которые лучше используют элементы питания навоза. Нормы минеральных удобрений для ранних сортов картофеля примерно такие же, как и для более поздних.

Фосфорные и калийные удобрения наиболее целесообразно вносить осенью под зяблевую вспашку. Азотные удобрения в связи с опасностью их вымывания и потерь в процессе денитрификации следует вносить весной под предпосевную культивацию.

Под картофель вносят все формы азотных удобрений. Из фосфорных удобрений в большинстве районов лучше других форм зарекомендовал себя гранулированный суперфосфат. На кислых почвах наряду с внесением суперфосфата в основное удобрение можно применять и фосфоритную муку. Из калийных удобрений следует отдать предпочтение бесхлорным формам. На почвах легкого гранулометрического состава особенно эффективны калийно-магниевые удобрения, так как эти почвы бедны магнием. При отсутствии таких удобрений можно использовать хлористый калий, но вносить его следует с осени, чтобы успел вымыться хлор. Хлорсодержащие удобрения в большей мере влияют на качество картофеля и могут не снижать урожая. На черноземах хлористый калий и сульфат калия по эффективности одинаковы.

Весьма ценным, преимущественно калийным удобрением является древесная зола. Калий здесь находится в углекислой форме без хлора. Это соединение калия наиболее благоприятно влияет на урожай и качество картофеля. Помимо калия в золе содержатся фосфор и кальций, а также микроэлементы, которые необходимы для питания растений. Вносить золу под картофель следует осенью под зябь или весной под весновспашку из расчета 4–8 ц/га в зависимости от почвы. Для более экономного использования золы ее лучше всего вносить при посадке картофеля в борозды. В этом случае количество вносимой золы может быть уменьшено в 2–2,5 раза. Ценным калийным удобрением под картофель является и гранулированная цементная пыль, содержащая не менее 14 % K_2O в основном в виде сернокислого и углекислого калия.

Положительно отзывается картофель и на внесение кальциевых, магниевых, серных и железных удобрений. Внесение кальциевых удобрений под картофель дает положительный результат, когда содержание кальция в почве не превышает 100 мг/кг почвы. Кальций чаще всего вносят для известкования кислых почв и в качестве щелочных добавок к физиологически кислым удоб-

рениям. Магниевые и серные удобрения применяют из расчета 29–40 кг/га действующего вещества. Удобрения, содержащие железо, применяют в виде сульфата железа и его хелатов. В почву вносят в составе компостов или торфа из расчета 1–3 кг/га. Опрыскивают также вегетирующие растения 0,5–1 % -ным раствором железного купороса.

Картофель, помимо макро- и мезоэлементов нуждается в микроэлементах. В качестве медных удобрений чаще используют медный купорос, нитратные и хлористые соединения, пиритные огарки. Вносят их в почву один раз в 4–5 лет из расчета 5–6 кг/га. Высокоэффективна некорневая подкормка плантаций картофеля водными растворами меди. Ее проводят по всходам и в фазе бутонизации растений 0,01 % раствором микроэлемента; норма расхода 300 л/га. Такая обработка также эффективна в борьбе с фитофторозом.

Борные микроудобрения наиболее эффективны на дерново-подзолистых почвах. Малоэффективны они на кислых почвах. При известковании положительная роль бора резко возрастает как по действию на прибавку урожая, так и на снижение поражения клубней паршой. При низких нормах известки от внесения бора полностью подавляется развитие парши на клубнях. Высокое действие борных удобрений отмечается на дерново-глеевых, перегнойно-карбонатных и торфяных почвах. Наиболее распространенными борными удобрениями являются техническая борная кислота, бура и борсуперфосфат. Норма внесения их равна 1,1–1,7 кг/га. При опрыскивании вегетирующих растений используют 0,02–0,05 % -ный раствор микроэлемента; норма расхода 300 л/га. Высокоэффективно предпосадочное опрыскивание или намачивание клубней 0,01–0,9 % -ным раствором борной кислоты. Марганцевые удобрения высокоэффективны на пойменных и сильно известкованных почвах. Они обеспечивают повышение крахмалистости и содержание витамина С в клубнях.

Марганцевые удобрения вносят в виде сернокислого марганца (10–15 кг/га) или отходов марганцевой промышленности – марганцевых шламов (2–3 ц/га). Более доступна обработка клубней до посадки 0,15 % -ным раствором сернокислого марганца. На кислых дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах марганец не оказывает положительного влияния на урожай картофеля.

На картофельных плантациях применяют сульфат и хлорид цинка, а также отходы цинковой промышленности из расчета 3–5 кг/га цинка. При некорневой подкормке используют 0,02–0,05 % -ный раствор. Перед посадкой клубни картофеля обрабатывают 0,05 % -ным раствором сернокислого цинка, повышая урожай и его качество.

При выращивании картофеля на кислых почвах проводят известкование. Нормы известки зависят от кислотности почв (табл. 300).

Таблица 300 – Нормы известки для дерново-подзолистых почв, т/га

Почва	рН солевой вытяжки					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Песчаная	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	–
Супесчаная	5,0	4,5	4,0	3,0	2,0	1,5
Легкосуглинистая	6,0	5,5	5,0	4,5	3,5	2,5
Среднесуглинистая и тяжелосуглинистая	7,0	6,0	5,5	5,0	4,0	3,0

В севооборотах картофельной специализации известь вносят непосредственно под картофель, перед вспашкой поля, можно поверхностно по всходам или после картофеля. Эффективность извести, вносимой зимой, на 14 % ниже, чем вносимой весной. При вынужденной необходимости зимнего внесения следует избегать использования пылевидных известковых удобрений при морозе и ветре скоростью 4–6 м/с и более. Известкование зимой допустимо лишь на ровных полях, а при неровном рельефе – на склонах крутизной не более 5–6.

Топинамбур

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Топинамбур может произрастать на почвах всех типах, за исключением солонцов, солончаков и заболоченных почв. Однако наилучшими для него являются суглинистые и супесчаные почвы с глубоким и окультуренным пахотным слоем. В отличие от картофеля топинамбур не переносит кислых почв. С урожаем зеленой массы 1 т топинамбура выносит из почвы около 3 кг азота, 1,2–1,4 – фосфора (P_2O_5), 4,0–4,5 кг калия (K_2O).

Поступление азота в растения топинамбура происходит менее интенсивно, чем у картофеля. Максимальное его количество наблюдается лишь ко времени уборки, т. е. осенью. Установлено, что идет интенсивный отток фосфора из надземных органов и корней в клубни, к концу вегетации в клубнях накапливается до 50 % этого элемента. Максимальное количество калия поступает в растения к концу лета. По мере завершения роста и старения тканей содержание калия уменьшается. С урожаем клубней выносятся до 70 % общего количества калия, поступившего в растения.

Удобрение. При закладке плантаций топинамбура обычно вносят навоз в норме 30–40 т/га и минеральные удобрения из расчета $N_{45-90} P_{45-90} K_{45-90}$. Нормы удобрений зависят от уровня плодородия почвы, условий увлажнения и планируемых урожаев.

Органические и фосфорно-калийные удобрения, а на кислых почвах и известь вносят осенью под основную вспашку, а азотные удобрения – весной, под перепашку и культивацию. При дальнейшей культуре топинамбура внесение минеральных удобрений повторяют ежегодно. Если плантации сохраняются многие годы (10–12 лет), то через 4–5 лет повторяют внесение и органических удобрений.

Результаты проведенных экспериментальных исследований в лесостепной зоне Республики Северная Осетия – Алания на дерново-гелевых почвах позволяют рекомендовать под топинамбур применение $N_{45}P_{45}K_{45}$ + подкормка гуматом калия (0,1 % раствор), которое существенно повышает урожайность и качество продукции (Татрова М.Т., 2009).

6.4.9. Наркотические и стимулирующие растения

Махорка (тютюн)

Требования к почве. Лучшие почвы для махорки – супесчаные и суглинистые черноземы и дерново-подзолистые почвы. Махорка хорошо удаётся в долинах рек, не сильно затопляемых весенним паводком. Для этой культуры пригодны как слабокислые, так и слабощелочные почвы с колебанием рН в пределах 6,5–8,5 (табл. 301; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Оптимальной влажностью почвы для махорки является 60–70 % НВ. При недостатке влаги она плохо растет и развивается, а в период технической зрелости наблюдается и подгар листьев. М нуждается в рыхлых почвах, хорошо обеспеченных воздухом. Застой воды приводит к вымоканию растений.

Таблица 301 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для махорки

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2-4	4-8	
рН водной суспензии	6,0-6,5	6,5-8,5	8,5-8,7
Плотность, г/ см ³	1,10-1,35	1,35-1,45	1,45-1,53
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20-30	30-60	60-70
Обменный Na, % от ЕКО		< 3	3-5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолений, %		< 0,2	0,2-4,3
Содержание CaCO ₃ , %		1-3	3-6

Удобрение. Для образования 1 т сырья растения махорки потребляют из почвы 3 кг азота, 1 – фосфора, 3,5 – калия и 6 кг кальция.

Махорка отзывчива на внесение органических и минеральных удобрений. В зависимости от плодородия почвы вносят 40-60 т/га навоза. На черноземах обыкновенных, мощных и аллювиальных минеральные удобрения вносят из расчета N₉₀P₆₀K₆₀; на темно-серых, выщелоченных и оподзоленных почвах – N₉₀₋₁₂₀P₉₀K₁₂₀; на торфяных – N₂₀P₉₀K₁₂₀. При недостаточном содержании фосфора и калия в почве нормы минеральных удобрений увеличивают на 30 %.

При выращивании махорки в течение двух лет на одном поле необходимо ежегодно вносить полную норму минеральных удобрений. Навоз и 2/3 фосфорно-калийных удобрений вносят осенью под зяблевую вспашку. Азотные и оставшуюся часть фосфорно-калийных удобрений используют для подкормок. Первую подкормку махорки-сеянки проводят через 5-6 дней после прорывки. В этот период растения успевают хорошо укорениться и имеют 4-5 настоящих листьев. Вторую – выполняют через 10-15 дней, после первой подкормки. При выращивании махорки саженкой первую подкормку проводят с поливной водой при высадке рассады в поле, вторую – через 20-25 дней после посадки. В каждую подкормку независимо от способа культуры необходимо давать N₃₀₋₃₅P₁₅₋₂₀K₂₀₋₃₀. Удобрения в первую подкормку вносят на глубину 8-10 см, на расстоянии 10-15 см от рядка; во вторую – на глубину 10-12 см, на расстоянии 20-25 см от рядка.

Табак

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Родиной табака является Центральная Америка с различными типами саванновых ожелезненных (псевдопесчаных) почв, характеризующихся низким содержанием гумуса. Существуют почвы, на которых при благоприятных условиях температуры, водного режима, питания нельзя получить сырье высокого качества. И есть типичные «табачные» почвы на которых при правильной агротехнике получают высококачественное сырье. Лучшие по качеству табаки выращивают на легких и средних по гранулометрическому составу почвах с невысоким содержанием гумуса – 2,0-2,5 %, характеризующихся благоприятным водным и воздушным режимами, с достаточной влагоемкостью и водопроницаемостью. Для ароматических сортов табака пригодны малогумусные, легкие по гранулометрическому составу почвы на склонах с примесью мелкой гальки или щебня. Табак скелетной группы дает доброкачественную продукцию на серых лесных, подзолистых бурых, легких и средних по гранулометри-

ческому составу почвах Северного Кавказа. Для табака пригодны как слабо-кислые, так и слабощелочные почвы с колебанием рН 4,5-8,5 (табл. 302).

Таблица 302 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для табака

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	–	1,0-2,5	2,5-3,0
рН водной суспензии	4,1-5,5	5,5-8,5	8,5-8,7
Плотность, г/см ³	1,10-1,30	1,30-1,45	1,45-1,55
Содержание физической глины, %	15-20	20-45	45-60
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3,0	3-5
Плотный остаток, %	–	< 0,2	0,2-0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0-15	15-30

Песчаные почвы с низким содержанием гумуса и влагоемкостью не пригодны для возделывания табака – сырье получается невысокого качества при низком урожае. Неблагоприятны также тяжелые по гранулометрическому составу легко переувлажняющиеся почвы. Слабая аэрация таких почв вызывает угнетение растений и резкое ухудшение химического состава листьев. Особенно плохо удаётся табак на тяжелых по гранулометрическому составу почвах со слитым горизонтом. Не следует возделывать его на засоленных и заболоченных землях. Хлористые соединения натрия и особенно кальция снижают горючесть табака.

На плотных почвах с высоким содержанием гумуса получают высокие урожаи, но качество табачного сырья бывает низким; чем тяжелее по гранулометрическому составу почва, тем ниже качество табака (табл. 303; Бучинский А.Ф., 1979).

Таблица 303 – Химический состав табака в зависимости от содержания в почве гумуса в условиях Кубани, % сухой массы

Почва	Белки	Никотин	Угле-воды	Зола	Число Шму-ка
Подзол (гумуса 2-2,6 %)	8,92	1,98	11,61	14,4	1,3
Лесостепная (гумуса 4,1-5 %)	9,22	2,16	10,44	14,0	1,1
Чернозем деградированный (гумуса 5-6 %)	11,67	2,38	6,02	15,8	0,5
Чернозем западно-предкавказский, выщелоченный (гумуса 4,5-6 %)	10,94	2,74	4,00	16,7	0,4

Обычно типичные «табачные» почвы, на которых получают высококачественное сырье, содержат не более 2,5 % гумуса. Исключение, пожалуй, составляют только перегнойно-карбонатные почвы влажных субтропических районов Закавказья, содержащие до 9 % гумуса и дающие высокое качество табака.

Лучшими для получения высококачественного табака считаются следующие почвы табачководческих районов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья: красно-бурые, известково-скелетные, структурные, щелочные (рН 7,5-8,5), насыщенные поглощенными кальцием и магнием почвы Южного берега Крыма, подзолистые скелетные и некоторые перегнойно-карбонатные почвы субтропиков Черноморского побережья Кавказа, серые

лесные и легкие наносные почвы Закавказья, подзолистые, серые лесные, легкие и средние по гранулометрическому составу почвы Краснодарского края и Молдавии, сероземы, светлые и типичные каштановые средне- и легкосуглинистые почвы Средней Азии и Казахстана.

Для образования 1 т табачного сырья, т. е. высушенных листьев растения, табак потребляет из почвы 40 кг азота, 20 - фосфора и 70 кг калия. Поступление элементов питания в надземные органы табака происходит неравномерно. Впервые 3 недели после посадки, когда сухая масса растения увеличивается медленно, наиболее интенсивно поглощается растениями фосфор. В последующие 3 недели резко возрастают прирост сухой массы растения и потребление азота и калия. Качество табака в значительной степени зависит от содержания этих элементов в листьях.

Оптимальное содержание азота в листьях колеблется в пределах 2–3 %, а белковых веществ – 9-12 % сухой массы. Большое количество белковых веществ снижает качество листьев табака, в этом случае затруднена сгораемость и присутствует неприятный запах. При недостатке азота в почве табак медленно растет, поздно зацветает, образует мелкие листья и приобретает тускло-желтую окраску; значительное число верхних листьев вследствие их малого размера не убирают. В результате урожай и качество табака сильно снижаются. Явные признаки азотного голодания табака обнаруживаются на низко плодородных старопашотных деградированных почвах.

Фосфора в хорошем табаке содержится 0,4-0,7 % сухой массы. При его недостатке растения задерживаются в росте и развитии, листья приобретают темно-зеленую окраску, качество продукции резко снижается.

Оптимальное содержание калия в листьях составляет 3-5 % сухой массы. При недостатке его листья табака становятся грубыми и морщинистыми, края листьев загибаются вниз и покрываются медно-красными пятнами отмершей ткани. Такое резкое проявление недостатка калия – явление редкое.

Содержание хлора в растениях табака не должно превышать 0,5% сухой массы. При повышенном его накоплении листья гигроскопичнее, быстрее плесневеют при хранении, а курительные свойства табачного сырья резко ухудшаются (особенно горючесть). Горючесть табака является функцией коэффициента $\frac{K}{Ca+Mg}$. При внесении калия в почву увеличивается численность и уменьшается знаменатель, что в результате способствует улучшению горючести табачного сырья.

Минимальное содержание магния в листьях табака, при котором не проявляются симптомы недостаточности, около 0,25 % сухой массы. Недостаток этого элемента приводит к разрушению хлорофилла, вследствие чего листья теряют зеленую окраску. При дальнейшем голодании разрушаются также желтые пигменты – каротиноиды и листья становятся светло-кремовыми, но ткань листьев при этом не отмирает. Обесцвечивание листа начинается с верхушки и краев, распространяется в направлении основания и центральной жилки, причем вдоль жилок долго сохраняется нормальная окраска. Изменение окраски начинается с нижних листьев и распространяется на верхние, но верхушка побега всегда остается зеленой. Сырье получается низкого качества – высушенные листья бывают темными, пятнистыми, малоэластичными, зола – темной. Недостаток магния обнаруживается чаще всего на бедных песчаных почвах, особенно в годы с обильными осадками.

Оптимизация магниевое питания растений способствует улучшению углеводного объема, горючести, эластичности и окраски листьев. Основные

признаки борного голодания растений табака: отмирание точки роста побега, прекращение роста стебля, усиленное развитие боковых побегов (пасынков), которые повторяют характер заболевания главного побега. Листья деформируются – вспучиваются между жилками, скручиваются от верхушки к основанию, становятся твердыми и хрупкими. На изломе жилок обнаруживается темная окраска проводящих тканей. При внесении высоких норм калийных удобрений замедляется поступление в растения бора, и это может служить одной из причин борной недостаточности.

Кобальт, марганец, цинк, литий, медь и молибден оказывают значительное положительное влияние на обмен азотистых веществ и углеводов в листьях табака во время вегетации и при их сырьевой обработке.

Удобрение. Культура табака отзывчива на удобрения. Они не только значительно повышают урожайность, но и оказывают существенное влияние на качество табачного сырья, изменяя цвет, химический состав и технологические свойства листьев.

Под табак на черноземах слитых, темно-серых лесных почвах средней нормой минеральных удобрений является $N_{60}P_{50}K_{100}$. Фосфорно-калийное удобрение вносят под зяблевую вспашку, азотное – весной под культивацию зяби. На остальных почвах вносят $N_{45}P_{90}K_{100}$. На бурых лесных почвах полную норму удобрений вносят весной под культивацию зяби. Из фосфорных удобрений предпочтение имеет суперфосфат гранулированный. При удобрении табака нельзя допускать избытка азота.

Под табак можно вносить любые азотные удобрения, кроме хлористого аммония, резко отрицательно влияющего на горючесть табака. На почвах с кислой реакцией (подзолы) лучшие результаты получаются при использовании аммонийной селитры. Физиологически кислые удобрения сильно подкисляют почву и могут привести к ухудшению качества и снижению урожая табака при длительном их применении. Лучшим калийным удобрением для этой культуры является сернокислый калий. Хлористый калий и калийную соль можно использовать под табак скелетной группы, но при условии внесения в почву не более 30 кг/га хлора. Под табак ароматичной группы хлорсодержащие удобрения не применяют.

По действию на урожай и качество табака, комплексные удобрения равноценны действию эквивалентного количества простых туков. Комплексные удобрения вносятся весной под предпосадочную культивацию или чизелевание.

Положительное влияние навоза на урожай и качество табака проявляется на всех почвах, нуждающихся в улучшении физических свойств и в обогащении органическим веществом. Навоз вносят из расчета 20-30 т/га под предшествующую культуру или обязательно с осени, под основную вспашку, с тем, чтобы ко времени высадки табака он успел достаточно разложиться. При отсутствии достаточного количества навоза можно использовать птичий помет. Вносят его в сухом измельченном виде весной под культиватор из расчета 5-6 ц/га.

Промежуточные посевы из люпина, вики с овсом или гороха с овсом используют в качестве зеленого удобрения. Их прикапывают и запахивают на глубину 14-16 см за 15-20 дней до высадки рассады табака. В этом случае применяют только фосфорно-калийные удобрения.

Большое значение имеет получение хорошей рассады табака, что достигается подбором хорошей парниковой земли с содержанием перегноя до 50 % и внесением минеральных удобрений из расчета на 1 м²: 10-12 г двойного сульфата аммония или 7-8 г аммонийной селитры, 12 г двойного супер-

фосфата и 2–3 г сульфата калия, которые равномерно рассеивают по поверхности парника и тщательно заделывают вручную граблями.

Рассаду необходимо подкармливать минеральными удобрениями или птичьим пометом в виде их водного раствора. Используемый для присыпок рассады перегной одновременно является и подкормкой ее. Подкормка птичьим пометом способствует быстрому росту рассады и делает ее более устойчивой против заболеваний рябухой. Растворы помета готовят из расчета ведро помета на 8-10 л воды. Раствор в емкостях оставляют на солнце до сбраживания, после чего процеживают его через мешковину и при внесении разбавляют вдвое.

Минеральные удобрения при подкормке рассады растворяют в воде. На 1 м² рассадника на одну подкормку берут 2 г азота, по 2 г P₂O₅ и K₂O. Рассаду подкармливают 3-4 раза, приурочивая к поливам. После удобрительного полива необходимо давать легкий полив чистой водой, чтобы смыть удобрения с листочков табака. Последний удобрительный полив целесообразно проводить не позднее 10–12 дней до начала первой выборки рассады.

При выборе рассады из парников ее корневая система сильно повреждается и плохо усваивает элементы питания почвы. Поэтому при посадке рассады вносят удобрения с поливной водой в рядки из расчета N₇₋₁₀P₁₅₋₂₀. Вместо минеральных удобрений при первой подкормке можно вносить навозную жижу в количестве 5–6 тыс. л/га.

Чай

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Лучшей почвой, на которой получают хорошие урожаи высококачественного чайного листа, является почва с мелкокомковатой структурой, с мощным пахотным слоем, богатым органическим веществом, рыхлая и с хорошей водопроницаемостью. По гранулометрическому составу наименее благоприятны глинистые и песчаные почвы, на которых получают чайный лист невысокого качества. Слишком высокое залегание грунтовых вод и значительная плотность нижележащего слоя также неблагоприятны для нормального развития чайных растений. Они очень восприимчивы к реакции почвы. Наиболее благоприятными для них являются почвы с pH от 4,5 до 5,5 (табл. 304), причем не только в верхнем слое, но и на глубине 0,7-1,0 м. На нейтральных почвах с pH 7 они хотя и не погибают, но развиваются очень плохо. На щелочных или известковых почвах чайные растения почти не развиваются и обычно гибнут.

Таблица 304 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для культуры чая

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	0,5-1,0	1-4	4-6
pH суспензии:			
водной	3,0-4,5	4,5-5,5	5,5-6,5
солевой	2,0-2,5	2,5-3,5	3,5-5,5
Плотность, г/см ³	1,10-1,35	1,35-1,45	1,45-1,55
Содержание физической глины, %	10-30	30-50	50-65
Обменный Na	Содержание не допустимо		
Плотный остаток водной вытяжки	В пределах почв кислого почвообразования		
Содержание CaCO ₃	Недопустимо ни в почве, ни в породе до глубины 150-200 см		

Оптимум рН солевой для чайного растения колеблется от 2,5 до 3,5. Однако, кроме актуальной кислотности, необходимо учитывать и степень насыщенности почв основаниями ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$). Величины насыщенности более 60 % являются негативными, а при значениях около 80 % от емкости катионного обмена чайное растение погибает даже при сильно кислых условиях актуальной кислотности (рН солевой 3,9-4,7). В связи с этим для чайных плантаций совершенно не пригодны почвы, представляющие элювий известняковых и мергелистых пород, содержащие CaCO_3 ближе 150 см от поверхности почвы.

Лучшими почвами для чая в субтропических районах Краснодарского края являются бурые лесные почвы, развитые на красно-бурых глинах. Пригодны для него и бурые лесные почвы, развитые на желтовато-бурых глинах. Желтоземные почвы, расположенные в прибрежной полосе, под чай используются лишь небольшими участками, так как бедны гумусом и элементами питания. Чайные растения, заложенные на желтоземных почвах без длительного предварительного их окультуривания и проведения мелиоративных мероприятий, даже при сравнительно благоприятных условиях вегетационного периода плохо растут и дают низкий не только по величине, но и качеству урожай.

С урожаем чайного листа 4-5 т/га из почвы выносятся в среднем 80 кг азота, 35 – фосфора и 46 кг калия; приблизительно такое же количество элементов питания выносятся с урожаем грубого листа (материала для приготовления лаоча) и с подрезочным материалом.

При выращивании чая особенно большое значение имеет азот, что связано с характером культуры, выращиваемой для получения вегетативной массы. Содержание этого элемента в листьях достигает 4–5 %. При недостатке его в почве листья чайного растения желтеют, побегообразование происходит слабо и урожай листа невысокие. При избытке азота – наблюдается интенсивный рост побегов, листьев и корней. Окраска листьев становится темно-зеленой.

Фосфор способствует ускорению вызревания тканей растений в конце вегетации, нормальному развитию корневой системы, усиливает рост побегов, положительно влияет на качество собираемого зеленого чайного листа. Содержание фосфора в зеленом листе колеблется от 0,8 до 1 %. При его недостатке листья чая приобретают специфическую темно-синюю окраску. Снижается количество вегетативных почек на ветках, крона таких кустов слабеет, побеги становятся тонкими. Фосфорное голодание сильно тормозит синтез белков.

Растение, хорошо обеспеченное калием, более устойчиво к морозам, болезням и вредителям. Калий особенно необходим растению чая после тяжелой подрезки, так как способствует быстрому росту куста. Недостаток в почве усвояемых форм калия вызывает так называемый калийный голод, при котором со второй половины лета листья на ветвях нижних ярусов куста, на кончиках и по периферии, начинают желтеть, затем принимают ржаво-коричневую окраску. За осенне-зимний период калийное голодание усиливается, ржаво-коричневый цвет распространяется по всей пластинке листа. Одновременно признаки голодания переходят на листья верхних ярусов. На поврежденных листьях поселяются различные грибы, коричневый цвет листьев переходит в серый с бронзовым налетом. Листья скручиваются и становятся похожими на обгоревшие. При длительном недостатке калия растение оголяется перед началом новой вегетации и становится похожим на засохший куст.

Существенное значение для культуры чая имеет магний. При недостатке этого элемента усиливаются процессы окисления, хлорофилл разрушается, нарушается нормальный обмен веществ, и как следствие всего этого листовые пла-

стинки обесцвечивается, сильно снижается морозо- и засухоустойчивость чая. Диагностирование недостатка элементов питания по внешним признакам голодания растений наряду с химическими анализами почвы и растений служит мероприятием, дающим возможность своевременно и правильно вносить удобрения.

Удобрение. Рациональное использование удобрений на чайных плантациях увеличивает урожайность, улучшает качество чайного листа и повышает зимостойкость растений.

Растение чая очень отзывчиво на применение как минеральных, так и органических удобрений. В качестве органических удобрений на чайных плантациях применяют торф, навоз, навозную жижу, птичий помет, сидераты и различные отходы производства (срезанную растительную массу, отходы чайных фабрик). Прежде всего, навоз следует вносить на молодых листовых плантациях из расчета 40-80 т/га раз в 4 года под осенне-зимнюю обработку. Птичий помет вносится в чистом виде или в виде торфо-пометного компоста (10:1). В первую очередь органические удобрения вносят на плантациях, расположенных на склонах, особенно со смытыми почвами. Предварительно здесь выполняют противоэрозионные мероприятия. На равнинах органические удобрения начинают вносить сначала на участках тяжелых по гранулометрическому составу почвах.

Для чайных плантаций Краснодарского края и Республики Адыгея рекомендуются следующие нормы минеральных удобрений при средней обеспеченности элементами питания:

На молодых плантациях:

до 3 лет $N_{75}P_{100}$

4–5 лет $N_{150}P_{120}K_{100}$

7–9 лет $N_{200}P_{120}K_{100}$

На полновозрастных плантациях с урожаем:

до 3,5 т/га $N_{250}P_{120}K_{100}$

3,6–5 т/га $N_{300}P_{150}K_{150}$

>5 т/га $N_{350}P_{150}K_{150}$

При низкой обеспеченности почвы доступными для растений элементами питания нормы минеральных удобрений увеличивают на 30-50 %, при высокой – снижают на 30-50 % (табл. 305; Воронцов В.В., Штейман У.Г., 1982).

Таблица 305 – Примерные индексы обеспеченности полновозрастных чайных плантаций Краснодарского края элементами питания, в слое 0-30 см, мг/100 г почвы

Элемент питания	Степень обеспеченности		
	низкая	средняя	высокая
N легкогидролизуемый, по Тюрину и Кононовой	<10	20–30	30–50
P ₂ O ₅ подвижный: по Чирикову, по Ониани	<10	10–20	>20
K ₂ O обменный: по Масловой, по Ониани	8–15	15–30	>30
	<10	10–20	>20
	5–10	10–15	>15

Оценку питательного режима также проводят методом листовой диагностики, используя флешы (табл. 306; Воронцов В.В., Штейман У.Г., 1982).

Таблица 306 – Оптимальные уровни обеспеченности полновозрастных чайных плантаций элементами питания по их содержанию в трехлистных флешах

Элемент питания	Содержание, % сухой массы		
	май	июнь	сентябрь
Азот (N)	5,2–5,6	5,0	4,8
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,8–1,0	0,8	0,75
Калий (K ₂ O)	2,0	2,0	2,0

Лучшими формами азотных удобрений для насаждений чая являются сульфат аммония, аммонийная селитра и мочевины. Однако длительное внесение кислых удобрений способствует значительному подкислению почвы. Поэтому наиболее правильно чередовать применение кислых и щелочных удобрений. Эффективность форм азотных удобрений зависит от возраста насаждений: до 10 лет – лучше вносить сульфат аммония, от 10 до 20–25 лет – аммонийную селитру, старше 25 лет – мочевину.

Наибольший эффект от азотных удобрений получается при внесении их в два срока: 60 % вносится в начале и 40 % – в виде летней подкормки при культивации междурядий и мотыжении рядков. При внесении азотных удобрений, особенно аммиачной селитры, следят, чтобы они не попадали на кусты чая, так как растворы данных удобрений обжигают листья, особенно покрытые росой.

Из фосфорных удобрений в чайных хозяйствах Краснодарского края применяется чаще всего суперфосфат. Сроки внесения фосфорных удобрений совпадают с проведением осенне-зимней обработки почвы. На молодой чайной плантации удобрение вносится на расстоянии 10-15 см от корневой шейки растений, полосой шириной около 40 см, и заделывается в почву на глубину 15-20 см. На пятилетних чайных плантациях удобрение можно рассеивать по всей ширине междурядий и затем заделывать на ту же глубину. Если на чайной плантации выращивают травы на зеленое удобрение и вносят фосфорное удобрение, то необходимость в других удобрениях отпадает.

Калийные удобрения вносят обычно в форме хлористого калия, калийной соли или сернокислого калия при зимней обработке почвы вместе с фосфорными, на ту же глубину по всей ширине междурядья, отступя от корневой шейки на 20...25 см. Если почвы чайной плантации не подлежат зимней обработке, калийные удобрения вносят под культиватор или мотыгу на глубину 5–6 см.

До последнего времени магний в системе удобрения чая не предусматривался. Лишь после установления его влияния на жизнедеятельность растения чая были определены индексы и для этого элемента питания. Если в 100 г почвы содержится меньше 4 мг магния, а в чайном; листе – меньше 0,2–0,3 %, вносят магнийсодержащие удобрения из расчета 200 кг/га, при 4–8 мг – 150, при 8–12 мг – 100 кг/га. Используют такие формы магниевых удобрений, которые не смещают pH почвы в нейтральную сторону (аммошениит, доломит, серпентинит, плавленный фосфат магния). Труднорастворимые формы магниевых удобрений (аммошениит, серпентинит) лучше вносить осенью или ранней весной под перекопку на глубину 10–15 см, легкорастворимые – весной одновременно с азотными с заделкой на 5–6 см.

Система удобрения чайных плантаций Краснодарского края и Республики Адыгея состоит из основного удобрения (осенне-зимний срок внесения) и подкормок. Удобрения вносят ленточным способом. На полновозрастных плантациях удобрения разбрасывают по всей ширине междурядья: фосфор и калий осенью под основную обработку; азотные – 60 % в марте в форме сульфата аммония и 40 % в июне в форме аммонийной селитры или карбамида. На неорошаемых площадях азотные удобрения вносят в один срок. Из фосфорных удобрений вносят под чай суперфосфат простой и двойной, из калийных – калийную соль и хлористый калий. Применяют также комплексные удобрения.

На участках, отведенных под семенные плантации чая, фосфорные удобрения вносят на всю глубину пахотного слоя (0-45 см) при первичной обработке почвы: на черноземах – 500 кг/га, на подзолистых почвах – 300 кг/га по д. в. При закладке семенных плантаций в каждую посадочную яму дают от 10 (на богатых почвах) до 15 кг (на бедных) навоза или торфокомпоста. В дальнейшем на семенных участках вносят минеральные и органические удобрения тех же видов и форм, что и на листосборных плантациях.

Насаждения чая, которые используют для заготовки черенков, удобряют высокими дозами азотных, фосфорных и калийных удобрений ($N_{400}P_{300}K_{200}$) чтобы довести уровень обеспечения почвы двумя последними элементами до высокого значения. Внесение расчетной нормы азота в 300 кг/га необходимо сопровождать дополнительными мероприятиями – поливом водой, навозной жижей или внесением навоза. При вегетативном размножении чая черенкованием удобрения вносят периодически в течение года, начиная с процесса черенкования и до получения стандартных саженцев. При выращивании саженцев нормы азотных, фосфорных и калийных удобрений рассчитывают на 1 т грунта или на 1000 саженцев. Эти нормы составляют 500 г аммонийной селитры, 1500 – суперфосфата, 200 г хлорида калия. Суперфосфат и калийное удобрение вносят в субстрат перед засыпкой его в мешочки (контейнеры). Азот в виде подкормки вносят три-четыре раза равными дозами.

6.4.10. Кормовые культуры

6.4.10.1. Многолетние бобовые травы

Донник

Требования к почве. Одна из особенностей донника – широкое разнообразие почвенно-экологических условий, к которым приспосабливается это растение. Лучше всего донник растет на легко- и тяжело суглинистых по гранулометрическому составу черноземах и каштановых почвах. Хорошо растет на солонцеватых, карбонатных и слабокислых почвах (табл. 307).

Донник каспийский хорошо растет на песчаных почвах Нижнего Поволжья, где он успешно переносит недостаток влаги и образует большую зеленую массу. Донник волжский, лучше других видов растет на известковых почвах, а донник зубчатый – на засоленных почвах, в то время как донник крымский хорошо себя чувствует на хрящеватых почвах Крыма.

В культуре наиболее распространены донник белый и донник желтый. Они могут расти на самых разнообразных почвах – на черноземах, суглинистых, подзолистых, карбонатных, засоленных. Но все виды донника не выносят избыточно сырых и сильнокислых почв и предпочитают почвы с достаточной аэрацией и наличием известки.

Таблица 307 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для донника

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	0,5–2,0	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,6	8,6–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,55
Содержание физической глины, %	20–30	30–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	1–10	10–15
Плотный остаток, %	–	0,2–0,5	0,5–0,6
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–15

Донник способен хорошо расти на почвах с низким содержанием элементов питания. Это обуславливается способностью корневой системы донника поглощать их из трудно растворимых соединений. Несомненно, на таких почвах культура донника представляет большую ценность. Исключительное значение возделывание его заслуживает на засоленных, бросовых почвах, на которых другие сельскохозяйственные растения либо совсем не растут, либо растут гораздо хуже донника. Это делает его важнейшим компонентом агробиологической мелиорации солонцеватых и засоленных почв. Отчуждаемая зеленая масса, аккумулирующая в себе легкорастворимые соли, способствует рассолению почв. Концентрация солей 1,0 % при хлоридно-сульфатном засолении для всех видов донника является вредной, при 0,5-0,6 % допустимой.

Урожайность донника неразрывно связана с развитием клубеньковых бактерий на его корнях, которые развиваются неодинаково на различных почвах. Более активно они размножаются на почвах с хорошим доступом воздуха, достаточно обеспеченных элементами питания, влагой и при определенной температуре. Кислые почвы губительно действуют на эти бактерии. Обязательным условием возделывания донника на таких почвах является искусственное заражение азотфиксирующими бактериями, т. е. нитрагинизация.

Удобрение. Донник обладает способностью усваивать элементы питания из труднорастворимых соединений почвы и одновременно способностью накапливать при помощи бактерий большое количество азота из воздуха, поэтому он хорошо развивается и на сравнительно бедных, мало плодородных почвах. В этом его ценность. Но, как и всякое другое растение, донник хорошо отзывается на внесение удобрений, под влиянием которых резко повышает урожай зеленой массы. Следует иметь в виду, что донник особенно хорошо реагирует на фосфорные удобрения, которые значительно увеличивают урожай его как в 1-й, так и во 2-й годы жизни. Он хорошо отзывается и на калийные удобрения, особенно при одновременном внесении их с фосфорными.

Удобрения вносятся под озимую покровную культуру из расчета P₄₀₋₆₀K₃₀₋₄₀, и под яровую покровную культуру соответственно – P₆₀₋₈₀K₄₀₋₆₀. Если из-под покрова данник вышел слаборазвитым, то его следует сразу же подкормить азотно-фосфорно-калийным удобрением в дозах N₁₀₋₂₀P₂₀₋₂₅K₁₅₋₂₀.

На почвах, хорошо заправленных под предшествующую культуру, вносить удобрения непосредственно под донник нет необходимости. Он вполне довольствуется теми количествами удобрений, которые остаются в почве после предшествующей культуры.

На кислых почвах необходимо проводить известкование, так как на таких почвах донник растет плохо. Положительное действие известки на урожай

донника продолжается в течение 8–10 лет, особенно сильно она влияет со 2–3-го годов внесения и меньше – в год внесения. Поэтому чем раньше была внесена известь до посева данника, тем сильнее ее влияние на повышение урожайности. Лучшим местом внесения извести считается паровое поле под озимые культуры. В паровом поле известь вносится с осени, лучше перед лущением стерни, когда она заделывается глубоко, а затем при вспашке на полную глубину пахотного слоя равномерно распределяется по всему слою. Под яровые культуры ее следует вносить также с осени перед вспашкой на зябь.

Нормы внесения извести колеблются в пределах 2-8 т/га в зависимости от кислотности и гранулометрического состава почвы. Поэтому количество вносимой извести устанавливается в каждом отдельном случае на основании почвенных карт и карт известкования или на основании специального определения кислотности почвы.

Клевер

Требования к почве и особенности минерального питания растений. В районах клеверосеяния почвы разные. Хорошие урожаи клевера получают на черноземах оподзоленных, на серых лесных, на окультуренных и произвесткованных дерново-подзолистых и подзолистых почвах. В нечерноземной полосе хорошие посевы клевера наблюдаются на рендзинах выщелоченных, подбурах, дерново-мерзлотно-таежных почвах, а также в речных долинах на аллювиально-луговых и луговых почвах. Клевер хорошо осваивает осушенные торфяники. В суббореальном поясе высокие урожаи клевера получают на разных подтипах бурых лесных почв, буровато-серых лесных почвах и серых лесостепных со слитым горизонтом. Клевер, переносит повышенное уплотнение и слитость. В предгорных и среднегорных условиях Северного Кавказа прекрасные посевы клевера наблюдаются на черноземах выщелоченных слабослитых, черноземах слитых, тяжелых глинистых темно-серых и серых лесостепных почвах. Непригодны для выращивания клевера кислые почвы, торфянистые или болотные земли с высоким уровнем грунтовых вод и почвы с оглеенной или каменистой, непроницаемой для корней подпочвой. Лучше клевер растет и развивается на среднесуглинистых, хуже – на тяжелых и совсем плохо – на песчаных почвах. На почвах с малым содержанием гумуса клевер растет и развивается плохо, на засоленных совсем не растет. Лучше всего клевер удается на почвах с рН=5,5-6,5 (табл. 308).

Таблица 308 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для клевера

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	0,5–2,0	2–4	4–6
рН водной суспензии	5,0–5,5	5,5–6,5	6,5–7,5
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины, %	30–45	45–65	65–80
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	–
Плотный остаток, %	–	< 0,2	–
Содержание CaCO ₃ , %	Содержание CaCO ₃ не допустимо		

На сильнокислых почвах с высоким содержанием подвижного алюминия клевер растет плохо: при pH ниже 4,7 начинает резко снижать урожай, при содержании 3–4 мг/100 г почвы подвижного алюминия и pH=4,8 отмечается угнетение клевера, оно усиливается при 7–8 мг, при 10–12 мг подвижного алюминия растения сильно угнетаются и к осени первого года жизни очень изреживаются. На кислых почвах в посевах клевера в большом количестве появляется полевой хвощ, щавелек и другие сорные растения, обычно произрастающие на этих почвах. Кислая реакция отрицательно сказывается на развитии клубеньковых бактерий, вследствие чего нарушается нормальное азотное питание растений, снижается зимостойкость. Для нормального произрастания клевера большое значение имеет подпочва. На полях с дренированной подпочвой клевер развивается значительно лучше, чем на участках с избыточной увлажненностью. На супесчаных и песчаных почвах урожай клевера сильно колеблется, что зависит главным образом от наличия влаги и элементов питания в почве. Особенно неустойчивы посевы клевера на супесчаных почвах с песчаной подпочвой.

Для образования 1 т сена клевер расходует: 450–475 кг углерода, 15,9–19,8 – азота, 4,8–5,7 – фосфора, 15,6–16,9 – калия, 15,5–16,9 – кальция, 4,9–5,3, – магния, 1,3–1,6 кг серы. Кроме того, в корневой системе и в пожнивных остатках клевера соответственно каждой тонне сена в среднем содержится 160–200 кг углерода, 5,5–10 – азота, 7,2–9 – кальция, 2,2–3,0 – калия, 1,4–2,0 – магния, 0,7–1,2 – фосфора, 0,6–0,9 – натрия, 0,7–1,0 – серы. На каждый центнер семян клевер дополнительно расходует по 25–30 кг азота, по 10–14 кг фосфора и калия (Травина И.С., Щербачева В.Д., 1941).

Клевер требует достаточной обеспеченности медью, бором и молибденом. Молибден входит в состав ферментного комплекса нитрогеназы, фиксирующего азот воздуха, а бор способствует лучшему развитию сосудисто-проводящей системы, достаточному обеспечению симбиотической системы энергетическими материалами и максимальной биологической фиксации азота воздуха. Медь оказывает положительное действие на синтез хлорофилла в растениях клевера.

Удобрение. Клевер значительно повышает урожай при внесении под предшествующую или покровную культуру органических и минеральных удобрений, так как они способствуют лучшему росту и развитию и повышению устойчивости его в период засухи и неблагоприятной зимовки.

При подсеве клевера под озимые покровные культуры рекомендуется вносить 20–30 т/га навоза. При внесении навоза под парозанимающую культуру, убираемую на зеленый корм или силос, его норму увеличивают в 1,5 раза. На плодородных почвах более высокие нормы навоза могут вызвать полегание покровных растений и изреживание или гибель всходов клевера. Обычно элементы питания из навоза используются в следующем количестве (в %): в первый год N – 25, P₂O₅ – 30, K₂O – 40, на второй год N – 10, P₂O₅ – 10 и K₂O – 15. В последующие годы последствие навоза постепенно снижается. Чем ближе в севообороте клевер размещают к культуре, под которую вносят навоз, тем больше повышается его урожай. В том случае, если в навозе содержится повышенное количество семян сорняков, его целесообразнее вносить под предшествующую клеверу культуру в полуперепревшем виде. В качестве органического удобрения применяют также торф и торфяно-навозные компосты. Ценность этих удобрений зависит от способа их приготовления и хранения, а также от качества исходного материала. Хорошо приготовленный торф по своему действию приближается к навозу. Для компостирования навоза, прежде всего, используют торф низинных болот, в кото-

ром содержится 1,8–3,3 % азота, 0,11–0,6 – фосфора, 0,1–0,25 – калия и 2,5–6,0 % извести. Если другие типы торфа характеризуются повышенной кислотностью и меньшим содержанием элементов питания, то низинный торф, напротив, имеет реакцию, близкую к нейтральной, и он не подкисляет почву, что особенно важно при возделывании клевера.

Применение органических удобрений не может полностью компенсировать выноса элементов питания с товарной продукцией культур севооборота, поэтому для устранения возникающего их дефицита в почве требуется вносить минеральные удобрения. Эффективность их при выращивании клевера зависит от удобрения предшественника, свойств почвы, норм, способов, места и времени их внесения. Потребность клевера в азоте при благоприятных условиях удовлетворяется за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями. Однако на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, если под покровные культуры или непосредственно под клевер органические удобрения не применяли, вносят азотные удобрения из расчета N_{30-45} . При выращивании клевера на протяжении 2–3 лет на слабокультуренных и песчаных почвах необходимо вносить N_{45-60} в подкормку. Это способствует лучшему росту и развитию растений, заметно уменьшает изреженность посевов клевера. При внесении азотных удобрений на посевах клевера и клеверо-злаковых травосмесей необходимо принимать во внимание складывающиеся погодные условия, содержание бобового компонента в травосмеси, обеспеченность растений фосфором и калием, уровень ожидаемого урожая.

Потребность клевера в азоте при благоприятных условиях удовлетворяется за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями, поэтому для формирования корневой системы и урожая надземной массы растения чаще всего нуждаются в фосфорных и калийных удобрениях. Так, при выращивании на черноземах и серых лесных почвах клевер нуждается во внесении фосфорных удобрений, на дерново-подзолистых суглинистых почвах – в фосфорных и калийных, на песчаных, супесчаных и торфяных почвах – в калийных удобрениях. Потребность растений клевера в фосфорно-калийных удобрениях определяют по содержанию в почве подвижных форм фосфора и калия. Например, при содержании в дерново-подзолистой почве больше 100 мг/кг почвы подвижного фосфора (по Кирсанову) и такого же количества обменного калия (по Масловой) клевер не нуждается в дополнительном внесении фосфорно-калийных удобрений. При содержании 70–80 мг подвижного фосфора он еще слабо реагирует на фосфорные удобрения и начинает хорошо отзываться на них при содержании 30–50 мг P_2O_5 и ниже. Калийные удобрения необходимо вносить, если содержание обменного калия в почве ниже 100 мг/кг почвы.

В Нечерноземной зоне фосфорные и калийные удобрения вносят под озимую покровную культуру из расчета: $P_{40-50}K_{30-40}$, и под яровую покровную культуру соответственно – P_{60-70} и K_{40-50} . Если из-под покрова клевер вышел слаборазвитым, то его сразу же следует подкормить фосфорно-калийными удобрениями, которые улучшают развитие растений осенью и значительно повышают зимостойкость. Подкормка фосфорными и калийными удобрениями сразу после скашивания травостоя первого и второго годов пользования способствует их лучшему развитию, перезимовке и повышению урожая. Доза удобрений: фосфора $P_{40}K_{40-60}$.

При основном внесении удобрений под покровную культуру клевер не всегда получает необходимое количество элементов питания в начальный период роста и развития. Поэтому весьма эффективно вносить удобрения, особенно фосфорные (P_{8-10}), в рядки при посеве клевера или покровной культуры.

Кроме основного и припосевного удобрения, проводят подкормку клевера в различные сроки: сразу после уборки покровной культуры; весной, в первый год использования клевера; после первого укоса; по клеверу второго года пользования. При подкормке вносят фосфорные или фосфорно-калийные удобрения. Фосфорными и калийными удобрениями клевер подкармливают осенью после уборки покровной культуры, поскольку в таких условиях удобрения лучше растворяются, становятся более доступными для клевера и повышают его зимостойкость. Их вносят по 45–60 кг/га поверхностно вразброс с дальнейшим боронованием. Более поздние подкормки клевера менее эффективны.

При выращивании клевера на дерново-подзолистых почвах лучшие результаты получают при использовании щелочных форм фосфорных удобрений, таких, как термофосфаты и томасшлак. Из калийных удобрений предпочтение следует отдавать сульфату калия и хлористому калию.

Клевер относится к числу растений, требовательных к магнию. Магниевое голодание чаще всего проявляется на песчаных и супесчаных почвах, а также на кислых почвах при внесении физиологически кислых удобрений, а также при увеличении содержания калия в питательном растворе. Поэтому на песчаных и супесчаных почвах в среднем на одно поле севооборота вносят 20–40 кг/га оксида магния, а на кислых почвах растворимые магнийсодержащие удобрения применяют ежегодно. Растворимые магнийсодержащие удобрения на легких почвах лучше вносить весной. При появлении признаков магниевого голодания на уже растущем травостое клевера удобрения используют в виде подкормки. Лучшей формой магниевых удобрений для кислых почв является доломитовая мука, которая одновременно служит известковым материалом.

При выращивании клевера существенное влияние на его продуктивность оказывает применение микроэлементов.

Недостаток бора сильно ощущается при возделывании клевера на произвесткованных дерново-подзолистых и карбонатных почвах борное удобрение вносят из расчета 1,5–2,5 кг/га по д.в.

Медное удобрение вносят осенью или ранней весной совместно с фосфорно-калийными удобрениями из расчета 1–2 кг/га по д.в.

Молибденовые удобрения хорошие результаты дают на кислых и слабо известкованных дерново-подзолистых суглинистых почвах. Лучшим способом их применения является предпосевная обработка семян. Опрыскивают или опудривают молибденом семена из расчета 250–400 г/ц. Кроме того, растения клевера в фазу стеблевания подкармливают 0,02–0,03 % раствором молибдата аммония. Норма расхода рабочей жидкости 300 л/га.

Для устранения повышенной кислотности почвы и увеличения эффективности удобрений необходимо проводить их известкование. Нормы известки зависят от степени кислотности почвы и ее гранулометрического состава (табл. 309).

Известь вносят в паровое поле, если покровная культура клевера – озимые. Если клевер подсевают под яровые, тогда известкуют почву предыдущей осенью или в год посева ранней весной. Под клевер эффективны небольшие дозы известки, составляющие $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ полной нормы. Такие дозы известки действуют кратковременно, и через несколько лет известкование надо повторять. Действие полной дозы известки продолжается 12–15 лет, причем известкование отражается на урожае не только клевера, но и других культур. Для известкования используют известковые туфы, доломитовую муку, мергель, молотый известняк или известковую муку, жженую и гашеную известь,

сланцевую и торфяную золу, отходы сахарной (дефекационная грязь) и кожевенной промышленности и другие виды известковых удобрений.

Таблица 309 – Нормы CaCO_3 при известковании в зависимости от кислотности почвы, т/га

Гранулометрический состав почвы	рН _{КС1}					
	4,5 и меньше	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4–5,5
Супесчаный и легкосуглинистый	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Средне и тяжело суглинистый	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

На солонцеватых почвах проводят гипсование. Гипс в норме 3–4 т/га (на солонцах 8–10 т/га) вносят под предшественник или непосредственно осенью под клевер перед зяблевой вспашкой. Эффективно также внесение его поверхностно по 3–4 ц/га после уборки покровной культуры или рано весной на посевах прошлых лет.

Козлятник восточный

Требования к почве. Для козлятника предпочтительны плодородные, рыхлые и влажные почвы. Посевы его удаются не только на черноземных, но и на дерново-подзолистых и дерново-карбонатных суглинистых и супесчаных почвах. Растения можно возделывать на осушенных мелиорированных торфяниках и пойменных землях. В любом случае почва должна быть окультуренной, чистой от сорняков, богатой органическим веществом и иметь достаточно глубокий пахотный слой. На бедных элементами питания почвах козлятник растет плохо. Реакция почвенного раствора должна быть близкой к нейтральной: рН – 6,5–7,0.

Удобрение. В первый год жизни козлятник развивается сравнительно медленно, дает не более одного укоса (около 4,3 т/га), причем его не рекомендуется скашивать в первый год жизни, если к концу вегетации растения имеют высоту менее 20 см. Начиная со второго и во все последующие годы козлятник дает по 2–3 полноценных укоса в год, сохраняя высокую продуктивность в течение всего времени его использования.

На формирование 1 т сухого вещества, козлятник потребляет 27–35 кг азота, 2–4 – фосфора, 5–11 кг калия. Потребность растений в азоте удовлетворяется за счет симбиотической азотфиксации, которая активно происходит при рН почвы близком к нейтральной, хорошей влагообеспеченности и аэрации, наличии активных штаммов клубеньковых бактерии и средней и повышенной обеспеченности макро- и микроэлементами, особенно бором и молибденом.

Основные приемы подготовки семян к посеву: скарификация, протравливание, обработка молибденовыми препаратами. Инокуляция активными, вирулентными и конкурентоспособными штаммами – обязательный агроприем, без которого получение высоких урожаев и белковой продуктивности невозможно. Инокуляцию можно совмещать с внесением молибденового удобрения.

Под предшественник вносят навоз в норме 30–40 т/га, непосредственно под козлятник $\text{N}_{20-40}\text{P}_{40-60}\text{K}_{40-60}$. На второй и последующие годы жизни козлятника проводят подкормки из расчета $\text{N}_{10-20}\text{P}_{30-40}\text{K}_{30-40}$. Обязательным агроприемом при закладке плантации козлятника на кислых почвах является их известкование.

Люцерна

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Лучше всего люцерна растет на хорошо воздухо- и водопроницаемых черноземах, каштановых и бурых почвах, на сероземах, темно-серых лесостепных суглинках, на супесях с плодородной подпочвой. Она плохо удаётся при высоком уровне стояния грунтовых вод, а также на заболоченных и дерново-подзолистых с неглубоким пахотным горизонтом, каменистых и хрящеватых почвах. Основной ее ареал – нейтральные и щелочные почвы как бескарбонатные, так и карбонатные, причем содержание CaCO_3 может достигать больших значений (до 15–20 %) без заметного негативного воздействия на растения. Следует считать оптимальным для люцерны pH 7,0–8,6 (табл. 310; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 310 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для люцерны

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	0,5–2,0	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,6	8,6–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины, %	35–45	45–75	75–80
Обменный Na, % от ЕКО		1–5	5–8
Плотный остаток, %		0,2–0,7	0,7–1,0
Содержание CaCO_3 , %		0–10	10–20

При pH 5 клубеньки на корнях люцерны почти не развиваются, а в единичных клубеньках бактерии практически не фиксируют азот из воздуха. Положительная особенность люцерны – ее солевыносливость, способность рассаливать почвы, предупреждая вторичное засоление, что важно при возделывании ее в орошаемых севооборотах.

Корни люцерны активно участвуют в создании почвенного плодородия. Они вовлекают в почвообразовательный процесс большую массу органического вещества после своего отмирания и особенно азота, синтезированного клубеньковыми бактериями. Почти все учебники по растениеводству приводят классическое сравнение Д.Н. Прянишникова: люцерна после трех лет оставляет на 1 га такое же количество органического вещества и азота, какое содержится примерно в 60 т навоза. Корни люцерны способствуют улучшению физического состояния почвы. Хорошо развиваясь в уплотненных слоях и горизонтах, люцерна рыхлит их, делает более благоприятными для последующих культур. Важная экологическая особенность люцерны – слабая чувствительность к уплотнению почв. Поэтому для люцерны вполне пригодны все слитые почвы и почвы со слитыми горизонтами. Люцерна прекрасно удаётся на тяжелых по гранулометрическому составу глинистых почвах, даже заплывающих и бесструктурных. Эти почвы улучшаются после люцерны. Эта культура для формирования 1 т сена потребляет: N – 39 кг, P_2O_5 – 10, K_2O – 24, CaO – 15, Mg – 8 кг. Особенно чувствительна люцерна к уровню фосфорного питания в период первых 20–25 дней после прорастания семян и до появления 6–7-го листа. При этом известно, что в первый период жизни она плохо усваивает труднорастворимые в воде формы фосфатов. В более поздних фазах развития люцерны усваивающая способность ее коневой системы повышается.

Удобрение. Система удобрения люцерны определяется биологическими особенностями культуры, величиной планируемых урожаев, почвенно-климатическими условиями и обеспеченностью люцерны, агрономическим фоном возделывания. Главная особенность люцерны – циклический характер ее роста и развития, то есть в течение всего вегетационного периода у нее отрастают и развиваются побеги, и это происходит в течение 2–3 лет.

Люцерна хорошо отзывается на органические удобрения, внесенные под покровную культуру. Норма навоза – 15–20 т/га в степных районах и в увлажненных – 25–40 т/га. На сильно засоленных почвах хорошее положительное действие оказывают гипс и органические удобрения. В ранний период развития растения люцерны высоко отзываются на фосфорные удобрения.

При выращивании люцерны на неорошаемых землях в случае ее посева под покров других культур, кроме удобрений, предусматриваемых для покровной культуры, надо дополнительно вносить фосфорные удобрения из расчета P_{30-45} . При беспокровном посеве люцерны количество вносимого до посева фосфорного удобрения целесообразно увеличить до P_{60-90} . В случае выращивания люцерны на поливных землях целесообразно дозу увеличить до P_{90-120} . Рекомендуется вместе с семенами вносить гранулированный суперфосфат из расчета P_{15-20} .

При выращивании люцерны и травосмесей с ней на неорошаемых землях необходимо вносить до посева трав и покровной культуры дополнительно вносить K_{30-45} . При посеве люцерны без покрова норму увеличивают до K_{50-60} . На поливных землях под люцерну необходимо вносить K_{60-90} .

Не следует вносить калийные удобрения под люцерну на солонцеватых почвах. При хорошем развитии клубеньковых бактерий люцерна не нуждается в минеральном азотном удобрении. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах с повышенной кислотностью, бедных органическим веществом и не удобренных навозом в самом начале развития, люцерна нуждается в доступных ей минеральных азотных соединениях. Внесение перед посевом люцерны и травосмесей с ней необходимого количества минерального азотного удобрения (30–60 кг/га) дает положительные результаты. Однако под действием азота даже при его совместном внесении с фосфором отмечается вытеснение люцерны из травостоя. Поэтому для повышения урожайности бобово-злаковых травосмесей азот применяют со 2–3 го года пользования.

Если под покровную культуру и люцерну не вносили удобрений и люцерна после уборки покровного растения плохо растет вследствие бедности почвы элементами питания в легкодоступных формах, необходима осенняя подкормка ее. Осенью люцерну целесообразно подкармливать фосфорными и калийными удобрениями по 30–45 кг/га каждого элемента при возделывании без орошения и по 60–90 кг при выращивании в условиях орошения. Осенью второго и последующих лет жизни посева подкармливают из расчета фосфорных и калийных удобрений по 30–45 кг/га. Одновременно посева люцерны подкармливают после каждого укоса.

Для хорошего развития клубеньковых бактерий на корнях люцерны перед посевом необходимо проводить нитрогенизацию семян. Особенно она необходима на новых участках.

Люцерна сильно реагирует на недостаток молибдена и бора. Недостаток молибдена вызывает нарушение азотного и белкового обмена в растениях и замедляет фиксацию азота клубеньковыми бактериями. При низком содержании молибдена в почве можно предотвратить снижение урожая люцерны

внесением в почву 1-4 кг/га молибдата аммония. Хороший эффект дает также предпосевное опудривание семян молибдатом аммония. Необоснованного внесения этого элемента надо избегать, так как слишком высокое его содержание в корме может привести к заболеванию животных.

Бор способствует формированию цветков и семян люцерны и поэтому имеет особое значение для семеноводства. Недостаток его в почве можно устранить внесением 1-2 кг/га борного удобрения в пересчете на д.в.. На черноземах выщелоченных Кубани борные, кобальтовые, марганцевые, медные, молибденовые и цинковые микроудобрения вносятся перед посевом люцерны из расчета 3 кг/га в пересчете на д.в.

Лядвенец рогатый

Требования к почве. Культура лядвенца имеет очень широкий диапазон приспособляемости к почвенным условиям. Его возделывают на черноземных и серых лесных почвах, в Центральной и Северо-Западной областях Нечерноземья, на дерново-подзолистых, палево- подзолистых и бурых лесных почвах, в условиях Черноморского побережья Кавказа, на бурых ненасыщенных, желто-бурых почвах, красноземах и желтоземах, в центральных и южных районах, на солонцеватых почвах. Наилучшего развития лядвенец достигает при достаточном увлажнении почв, хотя он и более засухоустойчив, чем клевер. Растет на кислых, нейтральных и слабощелочных почвах при рН 5,5-8,3 (табл. 311; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 311 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для лядвенца рогатого

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–5	5–8
рН водной суспензии	5,0–5,5	5,5–8,3	8,3–8,6
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины, %	10–20	20–50	50–65
Обменный Na, % от ЕКО		<3	3–5
Плотный остаток, %		< 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %		0–1	1–2

Лядвенец осваивает песчаные, супесчаные и другие малоплодородные почвы. Его включают в травосмеси на эродированных землях. Но эта культура не солеустойчива, хотя и может произрастать на слабосолонцеватых почвах. Не переносит переувлажненности, но вполне мирится с почвами повышенного уплотнения.

Удобрение. Лядвенец рогатый отзывчив на внесение удобрений. Перед вспашкой в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения вносят Р₄₀₋₆₀К₄₀₋₆₀, в зоне достаточного увлажнения Р₆₀₋₉₀К₄₀₋₆₀. Азотные удобрения вносят под предпосевную культивацию из расчета N₂₀₋₃₀, при посеве Р₁₀. На второй год посева подкармливают рано весной N₁₅₋₂₀Р₂₀₋₃₀К₂₀₋₃₀ или внести ЖКУ 180–200 кг/га. При орошении в полевых севооборотах норму удобрений увеличивают на 30–50 %.

Эспарцет

Требования к почве. Эспарцет – растение сухих условий, это типичный ксерофит. Он совершенно не переносит кислых почв и растет только на нейтральных и щелочных почвах с pH 7,0-8,6 (табл. 312; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 312 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для эспарцета

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	–	1–3	3–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,6	8,6–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,60
Содержание физической глины, %	10–20	20–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–5
Плотный остаток, %	–	< 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	1–6	6–12

Эспарцет прекрасно удаётся на карбонатных почвах, в том числе с высоким содержанием извести, до 15-20 %. Ареал возделывания эспарцета практически совпадает с ареалом люцерны. Однако эспарцет заменяет люцерну на почвах слишком сухих, легкого гранулометрического состава, скелетных и маломощных. Это камневыносливая культура. В этих условиях эспарцет – незаменимая культура. Корневая система эспарцета способна усваивать элементы питания из труднодоступных соединений для других растений. Эспарцет раньше отрастает весной и даёт более высокий урожай, чем люцерна. Общая закономерность: чем суше условия, т. е. меньше мощность и сильнее щебенчатость почв, тем более эспарцет превосходит люцерну по продуктивности.

Эспарцет является ценной культурой для восстановления плодородия рекультивируемых земель. Он образует мощную корневую систему огромной протяженности и поверхности. На 1 м² почвы общая поверхность корней эспарцета достигает более 90 тыс. см², а общая протяженность корневой системы находилась в пределах 5-13 км. При этом характерно, что чем беднее рекультивируемый субстрат породы, тем активнее воздействует на нее эспарцет, развивая большую поверхность и длину корневой системы. Весьма эффективен на рендзинах карбонатных, так как предпочитает почвы, богатые CaCO₃.

Эспарцет неустойчив к засолению, хотя и продуктивен в сухих условиях. Хлоридно-сульфатное засоление 0,05-0,10 % концентрации снижает энергию произрастания семян в 2-3 раза. Плохо переносит он переувлажненность, близкий уровень грунтовых вод, слитость и избыточную уплотненность почвенного профиля (Вальков В.Ф. и др., 2007).

Удобрение. Эспарцет, в отличие от люцерны и клевера, слабо реагирует на внесение органических и минеральных удобрений. Это связано с биологическими свойствами корневой системы и условиями, в которых произрастает эспарцет – недостаток влаги.

Исследования, проведенные на различных типах черноземов, имеющих достаточные запасы фосфора, калия и азота, показали слабое влияние удобрений на эспарцет. Мощная корневая система, обладающая интенсивной азотфиксирующей способностью, обеспечивает растения азотом. Глубокое проникновение корневой системы и расположение мелких, всасывающих корней в глубоких горизонтах

почвы (50-70 см) позволяет усваивать труднорастворимых соединения фосфора и калия из большого объема почвы, чем это наблюдается у люцерны и клевера, у которых основная масса корней расположена в пахотном горизонте.

Эспарцет хорошо уживается с однолетними и многолетними злаковыми культурами, так как основная всасывающая зона корней у них расположена в пахотном горизонте, а у эспарцета – в подпахотном. Создание благоприятных условий для развития корневой системы, клубеньковых бактерий – основное условие улучшения пищевого режима для эспарцета. Достаточная аэрация почвы, умеренное увлажнение, нейтральная реакция почвенного раствора – наиболее благоприятные условия для азотфиксации. Поэтому на почвах тяжелого гранулометрического состава, бедных смытых почвах, эффективны подкормки (Салфетников А.А., 2008).

На формирование 1 т сена эспарцет потребляет из почвы 6-7 кг фосфора, 18-20 – калия, 11-12 – кальция, 1,5-1,7 кг магния.

Непосредственно под эспарцет навоз вносить не рекомендуется. Его в количестве 40-60 т/гавносятпод предшествующую культуру. На плодородных почвах после зерновых и пропашных предшественников под эспарцет минеральных удобрений не вносят; на бедных почвах без орошения применяют фосфорно-калийные удобрения в дозе $P_{40-60}K_{40-60}$; на черноземе тяжелосуглинистом при орошении – $N_{60}P_{120}K_{120}$.

Практикуется припосевное рядковое внесение суперфосфата (P_{10-15}). Перед посевом семена эспарцета следует обрабатывать нитрагином и молибденом. Инокуляция семян способствует интенсивному росту корней, увеличению количества и массы клубеньков на корнях, уменьшению изреженности посевов, более интенсивному росту наземной массы и, как следствие, – увеличению урожайности. На 1 ц семян требуется 2-3 л нитрагина и 200 г молибденовокислого аммония.

Для интенсификации фотосинтеза и повышения продуктивности эспарцета в современной земледелии широко используют регуляторы роста растений. К регуляторам роста растений, усиливающим образование клубеньков и симбиотическую азотфиксацию, относятся пшеничный экстракт, гумисол, лентехнин, эмистим С, агростимулин, синтетические фитогормоны (триман, ДГ-67, ДГ-82) и бактериальные препараты комплексного действия (агрофил, флавобактерин, ФМБ-32,3), которые можно применять путем предпосевной обработки семян совместно с препаратами клубеньковых бактерий (Толкачев Н.З., Дидович С.В., 2003).

С целью улучшения фосфорного питания растений и повышения степени использования труднодоступных фосфатов почвы и удобрений созданы препараты фосфатмобилизирующих микроорганизмов – микоптил и ФИК-32-3. Их применение совместно с ризобифитом усиливает не только биологическую мобилизацию фосфатов, но и симбиотическую азотфиксацию (Салфетников А.А., 2008).

Высокоэффективна некорневая подкормка посевов эспарцета в фазе бутанизации растений 0,01 % водными растворами бора, марганца, меди, молибдена, кобальта и цинка. Норма расхода рабочего раствора – 100 л/га.

6.4.10.2. Многолетние злаковые травы

Волоснец сибирский

Требования к почве. Растет на черноземных, темно-каштановых, песчаных, подзолистых и засоленных почвах.

Удобрение. На формирование 1 ц сена волоснец сибирский потребляет 1,8-2,0 кг азота, 0,5-0,7 – фосфора и 2,0-2,4 кг калия. Отзывчив на внесение удобрений. Основное удобрение вносят под зяблевую вспашку: навоз в норме 30-40 т/га, минеральные удобрения – из расчета $N_{30-60}P_{45-50}K_{30-45}$. При посеве вместе с семенами вносят гранулированный суперфосфат в дозе P_{10-15} . Подкорм посевов минеральными удобрениями проводят после укосов. Для этих целей рекомендуется $N_{20-30}P_{10-20}K_{15-25}$.

Ежа сборная

Требования к почве. Ежа сборная – влаголюбивое растение, дает высокий урожай зеленой массы на хорошо увлажненных почвах, однако затопление и переувлажнение переносит плохо и склонна к вымоканию. Хорошо растет на осушенных низинных болотных почвах. Может осваивать малопродуктивные эродированные земли, входя в состав травосмесей вместе с лядвенцем рогатым, костром безостым и люцерной. К типу почв ежа сборная нетребовательна. Прекрасный рост наблюдается как на дерново-подзолистых, серых и бурых лесных, так и на черноземах и каштановых почвах. Хорошо растет на увлажненных почвах речных долин. Эта культура удается на почвах со слабокислой реакцией (рН 4,7–5,5), на более кислых уплотненных почвах быстро выпадает. Оптимум рН от 5,5 до 8,0 (табл. 145; Вальков В.Ф. и др., 2007). Ежа сборная чувствительна к засолению и солонцеватости почв. Предпочитает суглинистые и глинистые по гранулометрическому составу почвы.

Удобрение. На формирование 1 т сена ежи сборная потребляет 23-25 кг N, 4-5 P_2O_5 и 36-38 кг K_2O . Она отзывчива на внесение органических и минеральных удобрений. Навоз вносится в Лесной зоне под предшествующие культуры в норме 30-40 т/га, под покровную культуру – 20-30 т/га; в Лесостепной и степной зонах по 15-20 т/га. Нормы фосфорных и калийных удобрений устанавливают, исходя из содержания доступных растениям форм фосфора и калия в почве. Ориентировочные нормы основного внесения: $P_{60-100}K_{60-100}$. На второй год посева проводят подкормки из расчета $P_{35-45}K_{40-60}$.

Азотные удобрения вносятся под покровную культуру в норме N_{30-60} на второй год пользования в зависимости от состояния бобового компонента весной проводят подкормки: при слабом изреживании бобовых трав вносят N_{30-40} , сильном изреживании – N_{60-90} .

Житняк

Требования к почве. Житняки возделываются в степных, сухостепных и полупустынных районах с нейтральными, слабощелочными и щелочными почвами. Они прекрасно переносят высокое содержание карбонатов, солеустойчивы, противостоят солонцеватости. Не переносят временного переувлажнения, слитости, кислой реакции, близких грунтовых вод. Оптимум рН 7,0-8,5 (табл. 313; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Житняк ширококолосьый (гребневидный) – наилучшая культура для травосмесей на черноземах типичных, обыкновенных, южных, на темно-каштановых почвах. Хорошо растет на тяжелосуглинистых, суглинистых и

глинистых почвах, хуже на песчаных и супесчаных. Отличается высокой солеустойчивостью, может осваивать солонцы и солонцеватые почвы. Житняк гребенчатый – более засухоустойчив, чем ширококолосый, переносит засушливое лето. Хорошо произрастает на почвах каштанового типа, в том числе засоленных и солонцеватых. На черноземах уступает по продуктивности житняку ширококолосому. Житняк сибирский (песчаный) – менее засухоустойчив, чем другие виды житняков. Хорошо осваивает почвы легко гранулометрического состава в зонах черноземных степей, сухих степей с каштановыми почвами и полупустынных степей с бурыми почвами. Отличается от других видов житняков меньшей солеустойчивостью. Житняк пустынный – самый засухоустойчивый вид житняка. Поэтому он возделывается в сухих и полупустынных степях Арало-Каспийской низменности на светло-каштановых, каштановых и бурых пустынно-степных почвах. Предпочитает глинистые и суглинистые разновидности. Отличается высокой солевыносливостью.

Таблица 313 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для житняка

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %:			
житняки ширококолосый и гребенчатый	30–40	40–60	60–70
житняки сибирский и пустынный	5–10	10–30	30–45
Обменный Na, % от ЕКО	–	3–5	5–10
Плотный остаток, %	–	0,1–0,4	0,4–0,6
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–20

Удобрение. На формирование 1 т сена житняк потребляет из почвы 14-25 кг азота, 4-5 – фосфора, 16-25 кг калия. Высоко отзывается на внесение органических и минеральных удобрений. Навоз вносится осенью под весенний посев житняка в норме 20-30 т/га.

Минеральные удобрения рекомендуется вносить из расчета N₃₀₋₆₀P₄₅₋₆₀K₃₀₋₄₅ под зяблевую вспашку. Желательно вместе с семенами трав вносить по 50 кг/га гранулированного суперфосфата. На второй и последующие годы пользования проводят подкормки – N₂₀₋₃₀P₂₀₋₃₀K₃₀₋₄₀.

Костер безостый

Требования к почве. Костер безостый может произрастать на самых разнообразных почвах, однако наилучшими для него считаются рыхлые наносные почвы речных пойм, а также черноземные супесчаные или суглинистые. Плохо растет на тяжелых каштановых, глинистых почвах и не выносит заболоченных и засоленных. Оптимум pH 6,5-8,0 (табл. 314; Вальков В.Ф. и др., 2007).

На глинистых бесструктурных заплывающих почвах, а также на слитых почвах всех подтипов сильно изреживается.

Удобрение. Хорошие результаты дает внесение удобрений. Основное удобрение (минеральное и органическое) следует заделывать под зяблевую вспашку, а подкормку применять после укосов.

Таблица 314 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для костра безостого

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,0	8,0–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 5	5–10
Плотный остаток, %	–	< 0,2	0,2–04
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–15

Навоз в норме 30-40 т/га вносится под предшествующую культуру или под покровную культуру из расчета 20-30 т/га. Минеральные удобрения вносятся под покровную культуру из расчета N₃₀₋₆₀P₆₀₋₁₀₀K₆₀₋₉₀. Подкормки проводятся на второй и последующие годы пользования после скашивания травостоя.

Лисохвост луговой

Требования к почве. Лисохвост луговой дает хорошие урожаи сена на пойменных почвах – аллювиально-луговых, луговых, лугово-черноземовидных суглинистого гранулометрического состава. Требователен к рыхлости и хорошей оструктуренности почв. Не чувствителен к карбонатности. Плохо переносит кислую реакцию среды, каменистость и сильную скелетность почв. Не переносит засоления.

Удобрения. Навоз вносится под предшествующую культуру в норме 30-40 т/га, минеральные удобрения под покровную культуру из расчета N₃₀₋₄₀P₆₀₋₉₀K₄₅₋₆₀. На второй и последующие годы пользования травостоя проводят подкормки азотно-фосфорно-калийными удобрениями в дозе N₁₅₋₂₀P₃₀₋₄₅K₃₀₋₄₅. Лучший срок подкормок – после скашивания травостоя.

Овсяница луговая

Требования к почве. Растет в самых разнообразных почвенно-климатических условиях. Чаще всего встречается в поймах рек, по опушкам лесов, обочинам дорог, на суходолах и остепененных лугах, в лесной зоне, лесостепи, в лесном и лесостепном поясах гор. Типичные для овсяницы почвы – дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные, бурые лесные почвы. Лучший гранулометрический состав – глинистый и суглинистый. Успешно произрастает также на осушенных болотах. Хорошо развивается в широком диапазоне pH 5,5 до 7,5 (табл. 315; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 315 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для овсяницы луговой

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	–	2–4	–
pH водной суспензии	4,5–5,5	5,5–7,5	7,5–8,0
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %	20–30	30–50	50–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	–
Плотный остаток, %	–	< 0,2	–
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–0,5	–

Овсяница луговая плохо удаётся на легких супесчаных и песчаных почвах с низким залеганием грунтовых вод, не мирится с засолением и солонцеватостью.

Удобрение. Для формирования 1 т сена овсяница луговая потребляет 15-20 кг азота, 5-10 – фосфора и 20-25 кг калия. Культура очень отзывчива на минеральные удобрения. В среднем под покровную культуру вносят: 30-40 кг азота, 40-60 – фосфора и 30-40 кг калия. Ежегодно проводят подкормки: $N_{15-20}P_{20-30}K_{20-25}$.

Пырей бескорневищный

Требования к почве. Пырей бескорневищный обладает высокой способностью осваивать солонцы и солонцеватые почвы. Солеустойчив. Предпочитает нейтральные и щелочные почвы тяжелосуглинистого и суглинистого гранулометрического состава. Плохо переносит кислотность почвы, переувлажнение и слитость. Оптимум для этой культуры рН 7,0-8,5 (табл. 316; Вальков В.Ф. и др.. 2007). Пырей бескорневищный не выдерживает длительного затопления полыми водами, хорошо реагирует на орошение.

Таблица 316 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для пырея бескорневищного

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
рН водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,34–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины, %	20–45	45–60	60–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 5	5–15
Плотный остаток, %	–	< 0,2	0,2–0,6
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–15

Удобрение. На формирование 1 т сена пырей бескорневищный потребляет из почвы 12-15 кг азота 7-9 – фосфора и 20-25 кг калия. Отзывчив на удобрения. Навоз в норме 30-40 т/га вносится под предшествующую культуру. Минеральные удобрения из расчета $N_{30-40}P_{40-60}K_{40-50}$ – под покровную культуру. Во 2-й и последующие годы пользования проводят подкормки: $N_{15-20}P_{30-40}K_{30-40}$.

Райграс высокий

Требования к почве. Наилучшими для райграса высокого являются черноземные почвы. На пойменных землях дает очень высокие урожаи сена. Не переносит кислых и сильно уплотненных почв. Удаётся на солонцах и на проницаемых почвах заливных лугов, а также на суглинистых, богатых перегноем.

Удобрение. На формирования 1 т сена райграс высокий потребляет 15–20 кг азота, 5–10 – фосфора и 25–30 кг калия. Навоз рекомендуется вносить в норме 30–40 т/га под предшествующую культуру, а минеральные удобрения под покровную культуру из расчета $N_{30-60}P_{60-90}K_{45-60}$.

Тимофеевка луговая

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Тимофеевка луговая хорошо растет на различных почвах. Высокопродуктивна на почвах лесных типов в Нечерноземной зоне, где она сопровождается в травосмесях клевер красный. В этих условиях она приспособляется к кислым

почвам с рН 4,5-6,5. Хорошо развивается тимOFFеевка и в зоне распространение черноземов, в долинах и поймах рек на аллювиально-луговых, луговых и лугово-черноземных почвах, с реакцией среды 6,5-8,0. Здесь тимOFFеевка мирится с некоторой слитостью почвенного профиля. Высокую продуктивность она проявляет в зоне лесостепи на серых лесных почвах и на черноземах оподзоленных и выщелоченных. Оптимум рН почвенной среды для нее находятся в пределах 5,5-7,5 (табл. 317; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 317 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для тимOFFеевки луговой

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–6	6–8
рН водной суспензии	4,5–5,5	5,5–7,5	7,5–8,0
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины, %	20–45	45–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	–
Плотный остаток, %	–	< 0,2	–
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–0,5	0,5–1,0

По гранулометрическому составу для тимOFFеевки лучше подходят тяжелые почвы, а также суглинистые разновидности. Она плохо удаётся на песчаных и супесчаных почвах. Не переносит солонцеватости, засоленности и заболоченности.

На образование 1 ц сена тимOFFеевка выносит из почвы 1,3-1,4 кг N, 0,6-0,8 – P₂O₅ и 1,9-2,0 кг K₂O; при семенной культуре для создания 1 ц семян и соответствующего количества надземной массы – 22,7 кг N, 6,3 –P₂O₅ и 25,6 кг K₂O. Основную массу минеральных веществ тимOFFеевка луговая потребляет в период от фазы кущения до выхода растений в трубку.

Удобрение. ТимOFFеевка предъявляет повышенные требования к элементам питания и отзывчива на внесение удобрений. Для уменьшения засоренности травостоя тимOFFеевки луговой навоз лучше вносить под предшествующую культуру – 30-40 т/га.

ТимOFFеевка очень отзывчива на азотные удобрения. Их вносят под пкровную культуру из расчета N₃₀₋₉₀ в зависимости от уровня плодородия почвы. На второй и последующие годы пользования травосмесью посевы подкармливают азотными удобрениями. Нормы в зависимости от изреженности бобового компонента составляют N₃₀₋₆₀. Фосфорно-калийные удобрения вносят дробно: в виде основного удобрения из расчета P₆₀₋₉₀K₆₀₋₉₀ и подкормок – P₃₀₋₄₀K₄₀₋₆₀. Подкормки проводят на второй и последующие годы жизни весной и осенью после укосов.

Известкование подзолистых кислых почв в значительной степени повышают урожай. Норма внесения известки – в среднем 2,5-5 т/га.

6.4.10.3. Однолетние кормовые бобовые травы

Вика

Требования к почве. Вика удается на разных почвах, но наиболее высокие урожаи дает на черноземах, серых лесных и хорошо окультуренных дерново-подзолистых лесных, супесчаных, суглинистых и глинистых почвах. Очень хороши для нее осушенные торфяники с нейтральной реакцией почвенного раствора (рН 6-6,5). На песчаных почвах урожаи вики резко снижаются. Плохо она удается на кислых и засоленных почвах; лучше всего вика растет и развивается на почвах с нейтральной или слабокислой реакцией (табл. 318; Вальков В.Ф. и др., 2007). На почвах с рН ниже 4,5 вика обычно дает низкие урожаи семян или совсем не зацветает. Неблагоприятны для нее и карбонатные почвы.

Таблица 318 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для вики

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–5	5–8
рН водной суспензии	5,0–5,5	5,5–7,5	7,5–8,0
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины, %	10–20	20–50	50–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	–
Плотный остаток, %	–	< 0,2	–
Содержание CaCO ₃ , %	Содержание CaCO ₃ не допустимо		

Удобрение. Вика, как в чистом посеве, так и в смеси с другими культурами хорошо отзывается на удобрения. На формирование 1 т семян и соответствующего количества надземной массы она потребляет из почвы 65–120 кг N, 15 –P₂O₅, 18 кг – K₂O.

Вико-овсяная смесь, а также посевы вики с другими злаковыми компонентами отзывчива на внесение навоза, который вносят в норме 20-30 т/га под зяблевую вспашку, и фосфорно-калийные удобрения.

Злаковые культуры являются более сильным конкурентом в усвоении вносимых удобрений. При недостатке в почве фосфора и калия они угнетают вику. С внесением достаточного количества этих элементов питания в почву вика хорошо развивается, повышаются ее азотфиксирующая способность и урожай. Внесение повышенных норм азотных удобрений усиливает рост злаковой культуры, создает благоприятные условия для усвоения им фосфора и калия, угнетает развитие вики и уменьшает количество ее в урожае. Внесение под вико-злаковые смеси фосфора и калия по 45-60 кг/га повышает урожай зеленой массы на 30-40 %. Наибольшее влияние оказывает внесение удобрений с осени под вспашку. Хороший эффект обеспечивает рядковое внесение P₁₀₋₁₅ в форме гранулированного суперфосфата вместе с семенами.

Обычно азота, содержащегося в почве и фиксированного из воздуха, достаточно для формирования высокого урожая вики. Поэтому азотные удобрения непосредственно под нее не вносят. Не следует применять их и на ее посевах в смеси с зерновыми культурами в районах с достаточным и повышенным количеством влаги, поскольку в этом случае вика может сильно угнетаться злаковым компонентом. Лишь на малоплодородных дерново-подзолистых и подзолистых почвах в условиях холодной затяжной весны, а

также на посевах вики со злаковым компонентом после зерновых культур целесообразно под предпосевную культивацию внести азотные удобрения из расчета N_{20-30} , что обеспечит растения этим элементом до образования клубеньков. В аналогичных условиях при возделывании вики в смеси с горчицей белой вносят N_{15-25} . В этом случае их используют для ускоренного роста горчицы в начальный период развития.

Вика, как другие бобовые культуры, обладает повышенной способностью извлекать фосфор из труднодоступных соединений. Поэтому все виды фосфорных удобрений для нее равноценны.

Урожай вики мохнатой в смеси с рожью или озимой пшеницей резко возрастает при весенней подкормке, которую обычно проводят сразу же после схода снега. Средние нормы внесения удобрений: азота 20 кг, фосфора и калия по 45 кг/га д.в.

Микроудобрения на посевах вики, особенно бор- и молибденсодержащие, очень эффективны. Они повышают устойчивость растений к заболеваниям и активизируют процесс азотфиксации. Если микроэлементы не были внесены при предпосевной обработке семян, то их применяют в основном в виде молибденизированного и борного суперфосфата при посеве в рядки в дозах 1-1,5 кг/га д.в. Можно обрабатывать вегетирующие растения вики растворами молибденово-кислого аммония и борной кислоты (по 0,2-0,3 кг/га препарата, растворенного в 150-200 л воды).

Вика большую часть азота необходимого ей извлекает из воздуха благодаря функционированию клубеньковых бактерий. До начала ветвления стебля клубеньки образуются в основном на главном стебле. Потом этот процесс продолжается на корнях второго порядка. Наибольшее количество клубеньков формируется к началу цветения, а в период образования бобов их численность уже снижается. В зависимости от условий произрастания вика 40-60 % потребности в азоте обеспечивает за счет азотфиксации. Поэтому применение нитрагина, содержащего активные штаммы бактерий, – обязательный прием в технологии возделывания вики, как в чистом, так и в смеси со злаковым компонентом. В качестве высокоэффективного нитрагина применяют ризоторфин – культуру клубеньковых бактерий, размноженных в стерильном торфе с частицами не более 0,25 мм. В 1 г заводского ризоторфина содержится не менее 2,5 млрд. клубеньковых бактерий.

Посевы вики в смеси со злаковыми культурами хорошо реагируют на известкование кислых почв. Нормы известки устанавливают по гидролитической кислотности почвы. Более эффективно вносить под доломитовую муку, являющуюся дополнительным источником магния. Результативность известкования возрастает при своевременном его проведении за 2-3 года до посева.

Люпин

Требования к почвам и особенности минерального питания растений. Люпин дает низкие урожаи на тяжелых, переувлажненных, слабопроницаемых глинистых почвах, а также на почвах с близким залеганием грунтовых вод. Малопригодны для выращивания люпина также сильно оподзоленные почвы. Требования к почве желтого люпина меньше, чем узколистного, а их обоих ниже, чем белого. Желтый люпин лучше всего развивается на песчаных и легких суглинистых почвах, т. е. на почвах, на которых можно сеять лишь рожь, овес и картофель. Узколистный люпин предпочитает более связные почвы с большей водоудерживающей способностью. Но на тяжелых глинистых почвах он растет хуже. Вследствие глубокого проникновения в почву

его корня он часто страдает от избыточной влажности почвы и высокого расположения грунтовых вод. Белый люпин характеризуется наибольшей требовательностью к почве. Ему лучше подходят суглинистые и супесчаные почвы, отлично растет он на лессовых глинах и на черноземах. Люпин характеризуется повышенной чувствительностью к реакции почвенного раствора. Растения люпина лучше растут и развиваются при рН почвы от 5 до 6.

Для образования 1 т урожая зерна люпин потребляет 60-68 кг азота, 17-19 – фосфора и 38-47 кг калия. Элементы питания он потребляет из почвы довольно равномерно на протяжении первого периода вегетации до наступления бутонизации и цветения (табл. 319; Бровенко Ф.М. и др., 1971).

Таблица 319 – Потребление элементов питания растениями люпина, % максимального количества

Фаза вегетации	Элементы питания, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Появление всходов – начало цветения	32	38	45
Цветение	65	65	80
Цветение-созревание	100	100	100

В межфазный период бутонизация-формирование бобов у растений люпина наблюдается повышенная потребность в элементах питания, так как в этот период при продолжающемся росте необходимо обеспечить еще образование и развитие генеративных органов. Указанные изменения потребности в элементах питания несколько различны у видов люпина в связи с особенностями их биологии. В этом отношении следует выделить белый люпин, который сильно ветвится после начала цветения. Усвоение азота у белого люпина непрерывно усиливается по мере роста и развития растений, тогда как у желтого и узколистного люпинов в период цветения наступает замедление темпа усвоения азота, увеличивающегося только после цветения. Усвоение калия у желтого люпина в фазу цветения также несколько сокращается, а у белого и узколистного люпинов ускоряется. Наибольшей интенсивности потребление калия у всех видов достигает в период после цветения. Фосфор у желтого люпина потребляется более равномерно, а у белого и узколистного люпинов – с возрастающей интенсивностью. Кальций поглощается всеми видами люпина больше всего в период цветения.

Удобрение. Люпин кормовой хорошо реагирует на органические удобрения. Он хорошо использует последствие органических удобрений. Для удобрения люпина можно использовать торф (30-40 т/га), эффективность которого на песчаных почвах довольно высока.

Азотные удобрения под люпин применяют лишь на очень бедных песчаных и супесчаных почвах и в годы с холодной и затяжной весной. Внесение 20-30 кг/га обеспечивает молодые растения азотом клубеньковыми бактериями и люпин не перейдет на собственное самообеспечение этим элементом питания. Этот так называемый стартовый азот вносят обычно перед посевом.

На песчаных и супесчаных почвах под люпин в первую очередь вносят калийные удобрения в норме K₇₀₋₉₀. Хорошо отзывается люпин и на фосфорные удобрения. Средняя норма их составляет P₆₀₋₇₀. Фосфорные и калийные

удобрения целесообразно вносить под зяблевую вспашку. Если их в это время не внесли, тогда вносят весной под культивацию ($P_{45-60}K_{45-60}$). На слабокультуренных почвах, а также на почвах, где под основную обработку было внесено недостаточное количество фосфорных удобрений, весьма эффективно их внесение (P_{10}) в рядки при посеве.

Подкормка кормового люпина фосфорно-калийными удобрениями не всегда дает положительные результаты. Однако, если удобрения под люпин не вносили до посева и во время посева, необходимо проводить подкормку фосфорными и калийными удобрениями ($P_{30}K_{30}$). Подкормку проводят в фазу четырех настоящих листьев. Подкормку прежде всего проводят при широко-рядном посеве кормового люпина.

Магниевые удобрения увеличивают урожайность люпина, улучшают качество, положительно влияют на фиксацию атмосферного азота. Внесение их необходимо при возделывании люпина на почвах, имеющих низкое содержание магния по всему профилю. Накануне посева люпина обязательно обрабатывают его семена нитрагином. Заражение семян нитрагином, как показали многочисленные опыты, заметно повышает урожай зеленой массы и семян люпина в годы с хорошей обеспеченностью влагой. В сухие же годы, при явном недостатке влаги в почве, данный прием оказывается безрезультатным.

На продуктивность посевов люпина оказывает существенное влияние микроэлементы. При недостатке бора в растениях нарушается углеводный и белковый обмен. Бор играет существенную роль в процессе плодообразования, повышает урожай надземной массы люпина, количество клубеньков на корнях. Молибден, кобальт и цинк оказывают положительное влияние на энергию прорастания и всхожесть семян, количество и качество урожая. Микроэлементы применяют путем предпосевной обработки семян и некорневой подкормки в фазу бутонизации растений люпина. Оптимальные дозы 25-50 г/т и 100-150 г/га соответственно.

Пелюшка

Требования к почве. Произрастает на различных почвах, за исключением кислых и сырых, с близким стоянием грунтовых вод. Лучше всего удается на легких почвах – супесчаных и суглинистых средней связности.

Удобрение. Под пелюшку вносят примерно такие же удобрения и в таких же количествах, что и под вику яровую. Под основную обработку почвы вносят фосфорно-калийные удобрения из расчета $P_{45-60}K_{45-60}$. При посеве в смеси со злаковыми культурами под предпосевную культивацию рекомендуется применять азотные удобрения в дозе N_{20-30} . Высокоэффективным приемом технологии производства пелюшки следует считать рядковое внесение суперфосфата во время посева из расчета P_{10-15} .

Сераделла

Требования к почве. Сераделла хорошо растет на легких по гранулометрическому составу почвах, а также на осушенных торфяниках. Особенно хорошо растет на песчаных почвах. Ее называют клевером песчаных почв. Дает высокие урожаи на супесях и легких суглинистых почвах, пригодны красноземы субтропиков. Реакции почвенного раствора сераделла нетребовательна, но на кислых почвах положительно отзывается на слабое известкование, на почвах с повышенной щелочностью наблюдается замедление роста.

Удобрение. Сераделла отзывчива на органические и минеральные удобрения. Навоз следует вносить под предшествующую культуру в норму

30-40 т/га. На песчаных почвах большее значение имеют калийные удобрения, при переходе к более связным почвам возрастает роль фосфорных. Фосфорно-калийные удобрения вносятся под основную обработку почвы, азотные – под предпосевную культивацию в дозах $N_{30-40}P_{40-60}K_{40-60}$.

Хорошо влияют на урожай сераделлы микроудобрения, особенно бор-, молибден-, марганец- и медьсодержащих. Их вносят путем предпосевной обработки семян 0,05 % водными растворами микроэлементов, при норме расхода рабочего раствора 10 л/т семян. Известковые удобрения в посевах сераделлы довольно эффективны, особенно содержащие магний.

6.4.10.4. Однолетние кормовые злаковые травы

Могар

Требования к почве. Широкий ареал возделывания могоара показывает, что его можно возделывать с успехом на разнообразных почвах, в том числе на легких песчаных и осушенных торфяниках. Лучшие почвы – черноземные и каштановые почвы. На каштановых и светло-каштановых почвах Поволжья могоар не уступает суданской траве по урожаю сена или превосходит ее. На черноземных почвах, где выпадает больше осадков, чем, например, в Нижнем Поволжье, суданская трава превосходит могоар по урожаю сена примерно в 2 раза. Непригодны для этой культуры сильноокислые и заболоченные почвы.

Удобрение. Могоар на формирование 1 т сена потребляет из почвы 17–20 кг азота, 4–5 – фосфора и 15–17 кг калия.

Органические удобрения вносят под предшествующую культуру или под основную зяблевую вспашку в норме 30-40 т/га. Ориентировочные нормы минеральных удобрений $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$. Фосфорно-калийные удобрения вносят под основную обработку почвы, а азотные – под предпосевную культивацию.

Суданская трава

Требования к почве. Суданская трава хорошо произрастает на всех разновидностях черноземных почв, на темно-каштановых почвах, пойменных землях и осушенных торфяниках. Непригодными для посева суданской травы являются сильно подзолистые, супесчаные и бедные органическими веществами почвы. На таких почвах она дает низкие урожаи, значительно ниже, чем другие однолетние травы и кормовой люпин.

Суданская трава может расти на слабокислых почвах. Оптимальные условия для ее роста и развития складываются в широком диапазоне реакции почвенной среды (табл. 320; Вальков В.Ф. и др., 2007). Суданская трава растет на засоленных и солонцеватых почвах. Не переносит переувлажнение, затопление, слитость.

Удобрение. Суданская трава развивает мощные растения и дает особенно высокие урожаи тогда, когда выращивается на плодородных хорошо удобренных почвах, имеющих достаточные запасы элементов питания, необходимых для ее роста и развития. На образование 1 т сухого вещества потребляет из почвы 25–30 кг азота, 6–7- фосфора и 15–17 кг калия.

Органические удобрения вносятся под предшествующие культуры. Минеральные удобрения вносят под суданскую траву из расчета $N_{45-50}P_{30-45}K_{30-45}$. На черноземах выщелоченных лучшими удобрениями являются азотные и фосфорные, а на легких супесчаных и песчаных – полное минеральное удобрение.

Таблица 320 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для суданской травы

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–2	2–4	4–6
pH водной суспензии	5,5–6,0	6,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,55
Содержание физической глины, %	10–20	20–50	50–75
Обменный Na, % от ЕКО		< 5	5–15
Плотный остаток, %		<0,2	0,2–0,6
Содержание CaCO ₃ , %		0–5	5–15

Для суданской травы характерна повышенная потребность в азотных удобрениях в так называемые критические периоды – в период кушение – выметывание метелки, а также интенсивного наращивания массы. Азотные подкормки, проводимые после очередного стравливания или скашивания, при нормальном обеспечении растений водой создают благоприятные условия для их дружного отрастания. Высокую прибавку урожая обеспечивают азотно-фосфорные подкормки в дозе 20–30 кг/гад. в., проводимые после каждого укоса. Из местных удобрений весьма эффективны навозная жижа, разбавленная водой в соотношении 1:3–4 непосредственно перед подкормкой, птичий помет или печная зола.

6.4.10.5. Зернофуражные культуры

Кукуруза. Трудно переоценить значение кукурузы, культуры высокоурожайной и многостороннего использования. Но особенно ценна она в кормовом отношении. Зерно ее незаменимый компонент комбикормов. В зерне кукурузы содержится 65–70% крахмала, 8–9 – протеина, а в зародыше до 40 % жира, в 1 кг зерна – 1,34 кормовой единицы, в то время как в 1 кг овса – 1 кормовая единица, ячменя – 1,27 и озимой ржи – 1,18 кормовой единицы. Белок кукурузы содержит незаменимые аминокислоты, имеющих важное значение для откармливания животных, особенно молодняка.

Наиболее высокие урожаи кукуруза дает на рыхлых воздухопроницаемых почвах, обеспеченных элементами питания и влагой. Хорошие урожаи получают на суглинистых, супесчаных и песчаных почвах при обеспечении их водой и элементами питания. Пойменные земли и осушенные торфяники также пригодны для возделывания кукурузы. Плохо удается она на засоленных почвах, сильно кислых и с близким залеганием грунтовых вод.

Кукуруза отзывчива на органические и минеральные удобрения и при их внесении повышает урожай зерна даже на плодородных Кубанских черноземах. Рекомендации по возделыванию кукурузы в Краснодарском крае предусматривают внесение удобрений с осени под зяблевую вспашку на черноземах выщелоченных в центральных и южных увлажненных районах в количестве 15–20 т/га полуперепревшего навоза или минеральные удобрения N₃₀P₂₀K₃₀, на карбонатных почвах зоны недостаточного увлажнения: 15–20 т/га навоза или N₃₀P₃₀K₂₀. Кроме того, при посеве кукурузы во всех районах края рекомендуется вносить в рядки гранулированный суперфосфат в дозе P₁₀.

Ячмень по сравнению с другими зерновыми культурами обладает лучшими кормовыми достоинствами. Особенно высоко ценится зерно, выращен-

ное в южных районах страны. Хорошим грубым кормом для скота служат солома и мякина ячменя, которые по питательности превосходят пшеничную.

Ячмень культура требовательная к плодородию почвы. В первый период рей он нуждается в большом количестве легкоусвояемых элементов питания.

Система удобрений, разработанная с учетом наличия в почве подвижных соединений фосфора и калия, а также потребности растений в элементах питания, – важный резерв повышения урожайности.

При определении вида и нормы удобрений под ячмень следует учитывать хозяйственный вынос элементов питания, и наличие их в почве в доступной форме. На формирование 1 т зерна ячмень расходует 26 кг азота, 11 – фосфора и 20 кг калия. Из вносимых удобрений он использует 50–60 % азота, 25–28 – фосфора – 42 % калия. Кроме того, из почвы, растения ячменя потребляют 10 % фосфора и 15 % калия. С учетом запасов элементов питания в почве и планируемого урожая рекомендуются следующие примерные нормы удобрений под ячмень (табл. 321).

Таблица 321 – Примерные нормы удобрений под ячмень

Планируемая урожайность, ц/га	Азот(N)			Фосфор (P ₂ O ₅)			Калий (K ₂ O)		
	окультуренность почвы			содержание, мг/100 г почвы			содержание, мг/100 г почвы		
	хорошая	средняя	слабая	15–25	10–15	<8	>20	20–10	<10
16–20	–	30	40	10*	40	50	–	30	50
24–28	30	50	70	40	50	70	40	60	80
32–36	50	70	–	60	80	–	60	80	–
40–45	70	100	–	70	90	–	80	100	–

* Вносится в рядки при посеве

Овес – ценная высокоурожайная культура. Зерно его – прекрасный концентрированный корм для сельскохозяйственных животных. Зерно овса содержит около 40 % крахмала, 11–16 % сырого белка, 4,4–6,9 % жира, витамины. Белки овса отличаются от белков пшеницы и ячменя повышенным содержанием незаменимых для организма человека и животных аминокислот – аргинина, цистина, лизина, триптофана. По содержанию жира зерно овса превосходит другие злаковые зернофуражные культуры. Жир овса в основном состоит из глицеридов, олеиновой и линоленовой кислот и хорошо усваивается животными. Зерно богато также соединениями кальция, фосфора и железа.

Овсяная солома – хороший корм для лошадей, крупного рогатого скота и других сельскохозяйственных животных, содержит более 4 % переваримого белка, около 2 % жира и ряд других элементов питания. Особенно ценным кормом для сельскохозяйственных животных является сено и зеленая масса вико-овсяных и горохо-овсяных смесей.

Овес хорошо растет на всех почвах, но более высокие урожаи дает на участках, имеющих в гумусном горизонте достаточное количество элементов питания. Размещение овса по лучшим предшественникам резко повышает его урожаи. Хорошие урожаи овса получают при размещении его посевов после зернобобовых культур. Хорошие предшественники – пропашные культуры.

Система питания растений овса играет решающую роль в получении высоких и устойчивых урожаев. Хотя эта культура менее требовательна к

пищевому режиму почвы, чем пшеница и ячмень. Вместе с тем он дает значительные прибавки урожая при внесении удобрений. Ориентировочные нормы минеральных удобрений $N_{30-60}P_{40-60}K_{40-60}$.

Сорго. В засушливых районах высокие урожаи зерна дает сорго. Это культура поистине больших возможностей. По химическому составу зерно сорго близко к зерну кукурузы. В 1 ц зерна сорго содержится 12–15% протеина, 3,5–4,5 – жира, 71–82 – безазотистых экстрактивных веществ, 2,4–4,8 – клетчатки, 1,2–3,2 % золы и 118–130 кормовых единиц.

Просо широко используется на кормовые цели. Зерно его высокопитательный концентрированный корм для сельскохозяйственных животных, особенно для птиц. Оно содержит около 70 % крахмала, 12,9 – сырого протеина, 3,8 % жира. Жир состоит преимущественно из олеиновой и линолевой кислот. Зерно проса – источник необходимых организму зольных элементов: калия, натрия, кальция, магния, фосфора, а также витаминов. В размолотом виде просо – хороший корм при откорме свиней. Просяная солома и солома – ценный корм для крупного рогатого скота и других сельскохозяйственных животных. Первая по кормовым достоинствам приближается к сене однолетних трав. В ней содержится 6,9 % протеина, 1,8 – жира и 27,8 % клетчатки, в овсяной соломе соответственно 3,9; 1,9; 33,9 %.

Просо требовательно к плодородию почвы. Наиболее пригодны для него хорошо аэрируемые структурные почвы, содержащие элементы питания в легкорастворимой форме. Оно выносит из почвы элементов питания больше, чем другие зерновые культуры, уступая лишь пшенице по выносу азота.

Наиболее высокие урожаи просо дает при размещении посевов после озимой пшеницы, зернобобовых, кукурузы, убранной на силос, и других пропашных культур.

Просо – культура высокого агрофона. Она хорошо отзывается на внесение органических и минеральных удобрений. Система удобрения включает основное ($N_{30-40}P_{30-50}K_{30-40}$), припосевное (P_{10-15}) и подкормки: первая ($N_{20}P_{30}K_{20}$) и вторая ($N_{10}P_{15}K_{15}$).

Повышение содержания белка в кормах – важнейшая задача сельскохозяйственного производства. Дефицит его в кормовом рационе снижает продуктивность животных, и ведет к крайне непроизводительному использованию кормов. Поэтому при совершенствовании структуры посевных площадей необходимо повысить удельный вес зернобобовых культур, улучшить агротехнологию их выращивания.

Соя – один из самых значительных источников увеличения производства кормового белка. Кормовая ценность сои определяется высоким содержанием в ее семенах белка (40 %), жира (20 %), углеводов (25 %), а также витаминов (А, В, С, Д, Е), и минеральных солей. При средней урожайности семян 15 ц/га она дает 500–600 кг/га протеина и 250–300 кг/га жира. Никакая другая культура не может подобно сое за 3–4 месяца дать такое количество белка и жира.

Система удобрения сои включает основное, припосевное и подкормки. Ориентировочные нормы удобрений $N_{30-40}P_{60-90}K_{40-60}$.

Горох. Повышения содержания белка в кормовых рационах можно добиться путем увеличения производства гороха. Его зерно широко используют в комбикормовой промышленности для приготовления концентрированных кормов. В нем содержится до 30 % белка, 43–48 – крахмала, 1,2–1,5 – жира, 10 % сахара, растворимые органические кислоты, витамины и минеральные вещества. Белок горо-

ха содержит почти все аминокислоты, необходимые для животных, хорошо усваиваемые организмом – лизин, цистин, тирозин, аргинин, гистидин, триптофан.

Горох хорошо отзывается на внесение минеральных, особенно фосфорно-калийных удобрений. Ориентировочные нормы удобрений: $N_{20-40}P_{40-60}K_{30-60}$.

Вика является важным источником повышения белковой питательности корма. В зрелых семенах ее содержится 28–34 % белка, а в сене – 15–26 %. Размолотые семена вики в лесостепных районах используют как высокопитательный концентрированный корм.

Органические и минеральные удобрения в севообороте в основном вносят под предшествующие культуры. Непосредственно под яровую вику используют фосфорно-калийные минеральные удобрения и небольшие дозы азотных. При определении норм внесения минеральных удобрений учитывают степень окультуренности почвы и содержание в ней элементов питания. Азотные удобрения под вику вносят под предпосевную культивацию, фосфорно-калийные – под зяблевую вспашку. Чтобы избежать сильного полегания и увеличения периода вегетации вики, не рекомендуется вносить под нее навоз или известь. Ориентировочные нормы удобрений $N_{20-30}P_{45-90}K_{30-60}$.

6.4.10.6. Силосные культуры

Силосные культуры занимают 30–35% площади всех кормовых культур на полевых землях. Силосованные корма составляют около 30% годовых рационов крупного рогатого скота, а в зимний, стойловый, период в зависимости от почвенно-климатических условий зоны – до 50 %. Для заготовки силоса практически используют все виды травянистых растений, кроме ядовитых. Подбор и выращивание культур на силос определяются, прежде всего, почвенно-климатическими условиями зоны, специализацией животноводства, биологическими свойствами растений и их продуктивностью.

Кукуруза – основная силосная культура. Она отличается высокой урожайностью и питательностью, хорошо силосуется. В 1 ц силоса из стеблей и листьев кукурузы с початками в фазе молочной спелости содержится 1,0–1,5 кг переваримого протеина и 18–20 кормовых единиц, в фазе молочно-восковой спелости соответственно 1,1–1,3 и 23–26. Богатая сахаром кукурузная масса может быть использована для силосования в смеси с трудно силосующимися (донник, лебеда, осоки) или с несилосующимися (ботва арбуза, тыквы, люцерна, вика) кормовыми культурами. В зерне кукурузы содержится 65–70 – крахмала, 9–12% белка, 4–6% жира, а также витамины, минеральные соли. Килограмм его содержит 1,34 кормовой единицы. Початки, засилосованные в молочно-восковой спелости, по кормовому достоинству равноценны спелому зерну.

Практическое значение имеет использование стеблей кукурузы, которая в сравнении с соломой зерновых колосовых культур отличается повышенным содержанием белка и лучшей переваримостью, может использоваться для силосования в смеси со свекловичной ботвой, зеленой массой пожнивной кукурузы и другими культурами.

Широкий ареал кукурузы в нашей стране свидетельствует о возможности возделывания ее на почвах разного плодородия. Однако лучшая для кукурузы почва – чернозем легко суглинистый. Неплохие урожаи дает она на каштановых почвах, суглинистых, подзолистых и песчаных почвах. Хуже растет на сырых местах и тяжелых глинистых почвах, не выносит сильно солонцеватых почв, склонных к заболачиванию, с плохой водо- и воздухопроницаемостью.

Важное значение для кукурузы имеет реакция почвенного раствора. На участках, имеющих рН ниже 5,0, без предварительного известкования она дает низкие урожаи. Известкование таких почв высокоэффективно. Лучшие предшественники для кукурузы – озимые зерновые и зернобобовые культуры, картофель, корнеплоды, пласт и оборот пласта многолетних трав.

В системе агротехнических мероприятий, обеспечивающих повышение урожая и его качества, а также улучшение плодородия почвы, большое значение имеет рациональное использование удобрений. Практика возделывания кукурузы показывает, что внесение удобрений обеспечивает высокую прибавку урожая зеленой массы в различных почвенно-климатических зонах страны.

Удобрения повышают устойчивость растений к низким температурам, ускоряют темп роста и созревания, увеличивают процент початков в урожае, повышают выход белка и крахмала с единицы площади.

Органические удобрения (навоз) под посевы кукурузы рекомендуется внести из расчета 30–40 т/га. При внесении 30 т/га навоза в почву поступает 150 кг азота, 75 кг фосфора, 180 кг калия, 60 г марганца, 10 г бора, 60 г меди, 12 г молибдена, 6 г кобальта, 1 т зольных веществ. Действие навоза продолжается в течение ряда лет. В первый год используется в среднем 25–60 % элементов питания.

Примерные нормы внесения минеральных удобрений в разных зонах при выращивании кукурузы на силос установлены и рекомендованы зональными научно-исследовательскими учреждениями (табл.322).

Таблица 322 – Примерные дозы основного удобрения в различных зонах, обеспечивающие получение высоких урожаев зеленой массы кукурузы

Зона	Доза			Урожайность, ц/га
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Нечерноземная	90–120	60–90	60–12	400–600
Лесостепная	90–120	60	60	300–400
Степная	30–60	30–60	30	200–300
Орошаемые районы	120–150	60–90	–	500–700

Эти нормы следует считать ориентировочными и применять их творчески, потому что почвенные, климатические условия зон очень разнообразны. Неодинаковы и условия увлажнения. Для расчета доз удобрений можно пользоваться таблицей 323.

При установлении дозы удобрений, рассчитанной по выносу элементов питания, их количество должно быть изменено в соответствии с обеспеченностью почвы. Средняя обеспеченность почвы одним из элементов питания позволяет понизить норму соответствующего удобрения на 1/3–1/4. высокая – наполовину; при очень высокой обеспеченности можно ограничиться местным внесением и подкормкой. Дозу азотных удобрений устанавливают по результатам полевых опытов с учетом сведений по нитрификационной способности данной почвы и предшественника.

Кукуруза хорошо отзывается на внесение борных, цинковых и марганцевых микроудобрений. Растения приобретают устойчивость неблагоприятным условиям среды, в них повышается содержание элементов питания. Высокая эффективность микроудобрений достигается только на фоне азотных, фосфорных и калийных удобрений. Бором бедны дерново-подзолистые, дер-

ново-глеевые, красноземные, перегнойно-карбонатные почвы, черноземы выщелоченные, сероземные, торфяно-болотные почвы. Действие борных удобрений особенно проявляется на известкованных почвах.

Таблица 323 – Примеры расчета потребности в удобрениях по выносу элементов питания планируемым урожаем кукурузы на силос* и обеспеченности почвы отдельными элементами питания

Показатель	Элементы питания		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Примерный вынос элементов питания на 1 т основной продукции, кг	5,2	1,0	2,8
Вынос элементов питания запланированной прибавкой урожая, кг/га	86	16	46
Внесено навоза, т/га		10	
Содержание элементов питания в навозе, кг	60	25	60
Усвоение элементов питания в первый год, %	25	30	75
Использование элементов питания из навоза в первый год, кг	12,5	7,5	45,0
Предусматриваемое увеличение выноса элементов питания за счет минеральных удобрений, кг/га	72,0	8,5	1,0
Использование элементов питания из минеральных удобрений в первый год, %	65	20	70
Необходимая норма элементов питания, кг/га	111,0	42,5	1,0
Содержание элементов питания в туках, %	34	20	66
Рассчитанная по выносу элементов питания доза туков, ц/га	3,3 аммиачная селитра	2,1 суперфосфат	0,5 хлористый калий
Обеспеченность почвы отдельными элементами питания	низкая	средняя	низкая
Возможное изменение дозы	–	снизить	–
Рекомендуемая доза туков в соответствии с показателями агрохимической карты, ц/га	3,3	1,5	0,5

*Планируемая урожайность в данном примере 300 ц/га, урожай культуры на неудобренных полях в среднем за 2-3 года составлял 135 ц/га, следовательно, необходимо обеспечить прибавку 165 ц с 1 га.

Марганцевые удобрения вносят на черноземах слабовыщелоченных, серых лесных, солонцеватых, каштановых и других почвах, содержащих менее 20 мг марганца в 1 кг почвы. Эффективность цинковых удобрений отмечена на дерново-подзолистых, дерново-карбонатных, каштановых почвах, бурых сероземных, а также песчаных почвах. При повышенном уровне азотного и фосфорного питания потребность растений в цинке возрастает.

Сорго. В Российской Федерации сорго получило распространение как кормовое растение, которое используют на силос, зеленую массу, зерно, сено, комбикорм, пасту, патоку. В засушливых районах страны при высокой агротехнике получают 400-600 ц/га зеленой массы. Основное направление в использовании сорго – силосное. Корма из него характеризуются высокой питательностью (табл. 324).

Таблица 324 – Химический состав и питательность различных видов кормов из сахарного сорго

Химический состав	Содержание, %		
	в зеленой массе	силосе	сене
Вода	70,0	70,0	15,5
Протеин	3,5	2,4	110,3
Белок	2,3	1,7	7,2
Жир	0,8	0,9	2,3
Клетчатка	8,2	8,6	23,5
Безазотистые экстрактивные вещества	45,3	14,8	36,7
Зола	2,2	6,3	9,7
Содержание в 100 кг корма: кормовых единиц	25,3	22,8	50,3
Переваримого протеина, кг	2,4	1,0	3,9

Содержание протеина у сорго выше, чем у кукурузы. Минеральные вещества преимущественно представлены солями калия, фосфора и магния.

К почве сорго нетребовательно. Хорошо растет на легких песчаных и тяжелых глинистых по гранулометрическому составу почвах, лучшими являются черноземные и каштановые. Непригодны переувлажненные почвы с близким стоянием грунтовых вод.

Сорго – одно из наиболее солевыносливых растений. При возделывании на зеленый корм и силос посеvy сорго следует размещать на почвах, где концентрация солей 0,6–0,8%, при выращивании на семена – <0,6 %.

Сорго отличается высокой отзывчивостью на внесение удобрений, они способствуют повышению урожая силосной массы и улучшают качество продукции.

При выращивании сорго на силос в зависимости от целей его использования, возможности орошения, предшественника, плодородия участка под основную обработку почвы рекомендуется вносить 15–30 т/га навоза, $N_{30-45}P_{45-60}K_{25-50}$.

Подсолнечнику принадлежит одно из первых мест среди культур, возделываемых на силос. Для этой цели используют сорта с большой вегетативной массой. При правильной агротехнике они дают высокие урожаи зеленой массы – до 300–500 ц/га.

Подсолнечник хорошо силосуется в чистом виде и в смеси с другими растениями. Силос из него охотно поедают все сельскохозяйственные животные. Кормовые свойства подсолнечникового силоса довольно высокие. Он содержит легкопереваримые белки, углеводы, минеральные соли и витамины. При 75% влажности 1 ц силоса содержат 16,2 кормовой единицы и 0,7 кг переваримого протеина.

Подсолнечник можно выращивать на самых разнообразных почвах. Лучшие для него черноземы среднего гранулометрического состава, а также наносные почвы речных долин. Хорошие урожаи получают и на дерново-подзолистых, среднесуглинистых и супесчаных почвах, богатых перегноем, а также осушенных низинных торфяниках. Малопригодны для него тяжелые глинистые и легкие песчаные почвы. Непригодны для возделывания подсолнечника кислые, заболоченные, с близким стоянием грунтовых вод, а также почвы с высоким содержанием извести. Нейтральная или слабокислая реакция почвенного раствора является лучшей для подсолнечника. При pH ниже 5 необходимо известкование почвы.

Высокие урожаи силосной массы подсолнечника получают только при внесении в почву органических и минеральных удобрений. Основное органическое удобрение под подсолнечник – перепревший навоз. Можно использовать также торф, использованный в качестве подстилки для скота или компстированный вместе с навозом, навозной жижей и фосфоритной мукой, и другие компосты. Из минеральных удобрений наибольшее значение имеют азотные, фосфорные и калийные. Ориентировочные нормы удобрений: органических – 20-40 т/га, минеральных $N_{30-60}P_{60-90}K_{30-60}$.

Рапс хорошо силосуется, имеет высокую питательную ценность. По содержанию протеина, жира и золы он значительно превосходит такие силосные культуры, как кукуруза и подсолнечник. В нем в 1,5–2,0 раза меньше клетчатки, а по содержанию безазотистых экстрактивных веществ он не уступает кукурузе и подсолнечнику. Рапс богат минеральными веществами. В 1 кг зеленой массы содержится 2,58 г кальция, 0,75 – фосфора, 0,28 – магния, 0,96 – серы, 0,23 – натрия, 4,46 – калия и 0,75 – хлора (табл. 325).

Таблица 325 – Химический состав рапса озимого и других силосных культур

Культура	Содержание, % сухой массы				
	сырого протеина	жира	клетчатки	безазотистых экстрактивных веществ	золы
Рапс озимый	18,4	4,0	12,7	65,1	6,0
Подсолнечник	11,3	2,9	18,6	65,2	5,0
Кукуруза	10,2	3,4	24,3	54,9	3,9
Капуста кормовая	16,7	3,5	15,4	54,3	6,7
Вика-овес	13,8	2,6	26,7	48,4	4,4

Рапс озимый очень отзывчив на удобрения. Лучшие результаты получают от совместного внесения навоза и минеральных удобрений под вспашку. Ориентировочные нормы удобрений: органические (навоз) – 30-40 т/га, минеральные $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$.

Рожь можно возделывать на корм в самых различных почвенно-климатических условиях Российской Федерации. Она дает высокие урожаи, зеленой массы на черноземах, каштановых и дерново-подзолистых почвах – 200-250 ц/га. И, что особенно важно, рожь дает ранний зеленый корм весной, когда рационы животных бедны витаминами. Из зеленой массы ржи готовят самый ранний силос. Его можно использовать для подкормки скота во вторую половину лета, когда пастбища выгорают и хозяйства испытывают недостаток кормов. Рожь хорошо удается при выращивании ее в смеси с бобовыми культурами. В этом случае получают корм, более богатый питательными веществами, чем от чистых посевов. Для кормовых целей наибольшее значение, имеет зеленая масса ржи. Ее используют на корм животным в свежем или силосованном виде. По кормовым достоинствам она приравнивается к зеленой массе однолетних и многолетних злаковых трав. В сухом веществе ржи, убранной в период выхода растений в трубку, содержится 11,56 % протеина, 4,21 – жира, 28,56 – клетчатки, 6,41 % золы и 40-70 мг/кг каротина. В 1 ц силоса из такой зеленой массы содержится 16,5-17,5 кормовой единицы.

При внесении удобрений и известковании рожь резко повышает урожай и его качество. Благодаря мощной корневой системе она довольно хоро-

шо усваивает элементы питания, особенно фосфорные, даже из труднорастворимых соединений. Поэтому под нее можно вносить, все виды удобрений, в том числе и фосфоритную муку.

При выращивании ржи на силос или зеленый корм особое значение приобретают азотные удобрения. Они способствуют развитию большой вегетативной массы, повышают содержание протеина в растениях и удлиняют сроки использования ржи.

Ориентировочные нормы удобрений при выращивании ржи на силос: органических (навоз) – 20-30 т/га, минеральных – $N_{60-90}P_{40-60}K_{40-60}$.

6.4.10.7. Бахчевые кормовые культуры

Арбуз кормовой

Требования к почве. Арбуз требователен к плодородию почвы и чистоте полей. Хорошо удается на целинных и залежных землях. Лучшие почвы – темно цветные супеси и черноземы супесчаные.

Удобрение. Арбуз кормовой отзывчив на органические и минеральные удобрения. Навоз вносят в норме 30–40 т/га минеральные удобрения из расчета $N_{30-45}P_{30-45}K_{30-45}$. Навоз и фосфорно-калийные удобрения вносят под основную, а азотные – под предпосевную обработку почвы.

Кабачки

Требования к почве. Кабачки хорошо произрастают на черноземах суглинистых, серых лесных почвах в условиях достаточного увлажнения. Их можно возделывать на окультуренных дерново-подзолистых почвах, имеющих углубленный пахотный горизонт.

Удобрение. Навоз вносят из расчета 30-40 т/га, минеральные удобрения – $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$.

Тыква кормовая

Требования к почве. Наиболее высокие урожаи тыквы кормовой получают на черноземных почвах, но для нее пригодны и другие легкосуглинистые и супесчаные плодородные почвы.

Удобрение. Кормовая тыква отзывчива на удобрения. Особенно эффективно внесение навоза в норме 40-60 т/га и минеральных удобрений из расчета $N_{40-60}P_{40-60}K_{40-60}$.

6.4.10.8. Кормовые корнеплоды, клубнеплоды и листовые

Брюква

Требования к почве. Брюква предпочитает суглинистые почвы с хорошей водоудерживающей способностью, может с успехом возделываться на тяжелых почвах, но плохо удается на песчаных. Лучшие почвы – плодородные, пойменные и хорошо окультуренные дерново-подзолистые. Пригодны также осушенные торфяники. Для брюквы предпочтительна слабокислая реакция почвенного раствора ($pH_{\text{сол}} 6,0-6,5$), но они удовлетворительно выдерживают и повышенную кислотность ($pH_{\text{сол}} < 4,3$). При более высокой кислотности у брюквы начинаются усиленное ветвление корней и израстание головок корнеплода. Щелочные почвы переносит плохо. На кислых подзолистых почвах положительное действие на урожай оказывает известь.

Удобрение. На каждые 10 т корнеплодов брюква выносит из почвы 40 кг азота, 25 – P₂O₅, 75 – K₂O и 25 кг CaO. Под эту культуру вносят перепревший навоз, компост, торф, навозную жижу и минеральные удобрения.

Из всех элементов питания брюква наиболее требовательна к калию. Потребность в нем соответствует примерно потребности картофеля.

Очень высокие дозы азота или слишком поздние сроки его внесения вызывают дуплистость корней, которая частично связана с сортовыми особенностями и снижает лежкость. Потребность в фосфорной кислоте составляет примерно одну треть потребности калии. При возделывании на торфяно-болотных почвах обязательно внесение микроэлементов – бора и меди.

Недостаток меди на вновь распаханых землях, в особенности степных почвах, вызывает у брюквы дуплистость корнеплодов. Внесением медных удобрений можно предотвратить или восстановить нарушенный обмен веществ. К недостатку бора брюква более чувствительна, чем свекла. Вызываемое им заболевание, которое наблюдается в ряде стран, проявляется в изменении цвета мякоти корня и стекловидности его, что значительно ухудшает качество урожая. Такие корни из-за плохой лежкости, а главное из-за неприятного вкуса нельзя использовать в качестве пищевого продукта.

В таблице 326 приведены примерные нормы удобрений под кормовую брюкву.

Таблица 326 – Нормы удобрения под брюкву кормовую

Планируемая урожайность, ц/га	Норма навоза, т/га	Азотные удобрения при окультуренности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы					Калийные удобрения при содержании K ₂ O, мг/100 г почвы				
		хорошей (60)	средней (40-60)	слабой (20-40)	>25	15,1-25	10,1-15	5,0-10	<5	>25	17,1-25	8,1-17	4,0-8	<4
400-500	30-40	60	90	110	60	90	100	130	160	80	100	120	140	170
500-600	50-60	70	100	*	70	100	120	140	170	90	110	130	150	180

* Высокая урожайность не планируется до окультурения почвы.

Навоз и 70-80 % общей нормы минеральных удобрений следует внести под основную обработку почвы. При посеве для улучшения фосфорного питания растений на первых этапах роста вместе с семенами вносят в рядки P₁₅₋₂₀ в виде гранулированного суперфосфата. При подкормке вносят по 20-30 кг д.в. азотных, фосфорных и калийных удобрений. Ее проводят сразу после прорывки или высадки рассады. Удобрения вносят на глубину 10-12 см в междурядьях во влажный слой почвы культиваторами-растениепитателями.

При всех условиях выращивания брюква очень хорошо отзывается на известкование. При нейтральной и слабо щелочной реакции почвы она слабее поражается килой.

Морковь кормовая

Требования к почве. Морковь предпочитает черноземы супесчаные и суглинистые с глубоким пахотным слоем. Хорошо удается на песчаных почвах при обеспечении их влагой и элементами питания, на пойменных и

окультуренных торфяниках. Плохо переносит тяжелые, глинистые, быстро заплывающие почвы. Оптимальная кислотность почвы рН 5,5–7,0.

Удобрение. Для формирования 1 т корнеплодов и соответствующего количества листьев кормовая морковь расходует 3,0–3,5 кг азота, 1,0–1,5 – фосфора, 5–10 – калия и 1,5–1,8 кг кальция .

При недостатке азота листья хилые, тонкие, палево-зеленого цвета, переходящего в желтый и красный оттенки; при недостатке фосфора ботва развита слабо, листья вялые с пурпурным оттенком, при недостатке кальция листья с беловатыми пятнами, подсыхают и опадают.

Морковь хорошо использует последствие навоза, а непосредственно под нее следует вносить хорошо разложившийся навоз в норме 20–30 т/га. На пойменных землях под кормовую морковь вносят: N – 35–40 кг/га, P₂O₅ – 40–80, K₂O – 100–125 кг/га. Фосфорно-калийные удобрения вносят под зяблевую вспашку, а азотные – под предпосевную культивацию (табл. 327).

Таблица 327 – Примерные нормы удобрений под кормовую морковь

Планируемая урожайность, ц/га	Норма навоза, т/га	Азотные удобрения при окультуренности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ (в мг/100 г почвы)					Калийные удобрения при содержании K ₂ O (в мг/100 г почвы)				
		хорошей (60)	средней (40-60)	слабой (20-40)	>25	15,1–25	10,1–15	5,0–10	<5	>25	17,1–25	8,1–17	4,0–8	<4
250–300	20–30	80	100	*	40	60	80	100	120	70	90	110	140	160

* Высокая урожайность не планируется до окультурения почвы.

Свекла кормовая

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Наиболее пригодны для возделывания кормовой свеклы рыхлые, структурные, среднесвязные, а также суглинистые и супесчаные почвы. Кормовая свекла относится к группе растений, наиболее чувствительных к кислотности, поэтому для нее необходима нейтральная или слабо щелочная реакция почвы с рН 6,2–7,5. Повышенная кислотность угнетает рост свеклы и резко снижает урожай. Лучшие для нее почвы – Западно-Предкавказские черноземы карбонатные, отличающиеся хорошей скважностью, водо- и воздухопроницаемостью. Благоприятны каштановые почвы – а также черноземы слабовыщелоченные и выщелоченные. Черноземы сильновыщелоченные и слитые, а также подзолистые и серые лесные почвы менее пригодны для выращивания кормовой свеклы.

На формирование 10 т корнеплодов и соответствующего количества листьев кормовая свекла потребляет 25 кг азота, 10 – P₂O₅, 75 – K₂O, 10 – MgO и 10 кг CaO. Отношение N:P:K в урожае составляет 1:0,4:3. Из приведенного соотношения элементов питания видно, что кормовая свекла – калиелюбивая культура.

Кормовая свекла имеет растянутый период поглощения элементов питания. Поступление азота в растение свеклы начинается с первых дней роста и продолжается до конца вегетации. Наибольшую потребность в этом элементе кормовая свекла испытывает в первую половину вегетации и особенно в период максимального роста корня и листьев. Недостаток азота угнетает

рост свеклы, листья утрачивают темно-зеленую окраску, бледнеют, не увеличиваются в размерах, рост корня замедляется. Избыток азота также нежелателен. Высокие дозы азота усиливают рост ботвы непропорционально росту корня, что может привести к большим потерям воды на испарение и к снижению урожая. Кроме того, снижается сопротивляемость растений заболеваниям и низким температурам, удлиняется вегетационный период.

Фосфор равномерно поступает в течение вегетационного периода. Недостаток его тормозит рост листьев и корнеплода, подавляет синтез белка, снижает интенсивность передвижения углеводов по тканям и органам растения. Все это отрицательно сказывается на величине и качестве урожая. При недостатке фосфора на листьях появляется антоциановое окрашивание, переходящее затем в темно-бурое. Недостаток этого элемента задерживает формирование и созревание семян. Неблагоприятное влияние на рост и развитие растений кормовой свеклы оказывает и избыток фосфора – приводит к преждевременному отмиранию листьев на растении, сокращению периода вегетации, нарушает процессы обмена веществ в растении, что непременно ведет к снижению величины урожая и его качества.

Калий поступает в растение кормовой свеклы на протяжении всей его вегетации, но больше во вторую половину роста. Недостаток этого элемента приводит к увяданию растений, к усилению поражения их церкоспорозом и другими болезнями, снижает их устойчивость к засухе. При недостатке калия ускоряется старение и отмирание листьев, плохо развивается корнеплод, снижается урожай и содержание сухих веществ и сахара. Созревание семян затягивается. На недостаток калия указывает антоциановое окрашивание листьев, а в дальнейшем отмирание их без пожелтения, начиная с верхушки. Снижается продуктивность свеклы и избыток калия. При этом у растений понижается устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды.

Удобрение. Эффективность удобрений на посевах корневой свеклы в значительной степени зависит от срока и способа их внесения. Навоз, фосфорные и калийные удобрения вносят в основном под вспашку, и только на легких почвах фосфор и калий необходимо вносить под предпосевную обработку почвы. Азотные удобрения чаще всего вносят под предпосевную обработку почвы. Основное и предпосевное удобрение (до – 70 % нормы) глубоко заделываются в почву, охватываются большей массой корней и используются растением в течение всей вегетации.

В начале роста растений кормовой свеклы, когда корневая система слабо развита, а процессы нитрификации в почве проходят медленно, эффективно внесение небольших доз минеральных удобрений при посеве. Рядковое удобрение вносят одновременно с посевом. В Нечерноземной зоне его вносят в норах $N_{20}P_{20}K_{20}$. Лучше всего для рядкового внесения использовать сложные удобрения в норах: нитрофоски 0,15 т/га, нитроаммофоски 0,1 т/га. На полях Центрально-Черноземной зоны доза внесения рядкового удобрения для кормовой свеклы $N_{10}P_{20}K_{10}$. В условиях Северного Кавказа при посеве вносят в рядки гранулированный суперфосфат из расчета P_{10-15} .

На посевах кормовых корнеплодов эффективны подкормки. Первую – проводят при образовании первой пары настоящих листьев азотом и фосфором из расчета по 15-20 кг или навозной жижей 1,5-2 т/га, птичьим пометом 3-4 ц/га. Во вторую подкормку – перед смыканием ботвы вносят фосфорно-калийное удобрение по 20-30 кг/га.

Нормы внесения удобрений под кормовую свеклу примерно те же, что и для сахарной свеклы. Однако надо учитывать, что кормовая свекла больше всего нуждается в азотных и калийных удобрениях.

Норму азота, фосфора и калия рассчитывают по нормативам затрат удобрений или по балансу элементов питания. При выращивании кормовой свеклы на черноземах выщелоченных, серых лесных и дерново-подзолистой почвах норму удобрений вычисляют и по критерию баланса:

$$D=BK-CP,$$

где D – доза N, P₂O₅, K₂O, кг/га;

B – вынос азота, фосфора и калия с планируемым урожаем, кг/га;

K – критерий баланса, или коэффициент возврата;

C – количество элементов питания (N, P₂O₅ или K₂O), которое вносится под свеклу с навозом или компостом, кг/га;

P – коэффициент распределения действия элементов питания навоза по годам.

Критерий баланса при расчете норм азота при выращивании кормовой свеклы на черноземе выщелоченном, серой лесной и дерново-подзолистой почвах составляет соответственно 1,0–1,1; 1,1–1,2 и 1,2–1,3. При расчете норм фосфора критерий баланса зависит от количества подвижного P₂O₅ в почве. При низком, среднем, повышенном и высоком содержании в почве подвижного фосфора критерии баланса для получения урожая более 60 т/га составляет соответственно 3; 2; 1,5 и 1. При очень высоком содержании в почве подвижного фосфора вносят только органические удобрения и небольшие дозы P₂O₅ в рядки (около 10 кг/га). Критерии баланса по K₂O зависят от количества подвижного калия в почве и ее гранулометрического состава (табл. 328).

Таблица 328 – Критерии баланса при расчете норм калия

Гранулометрический состав почвы	Содержание подвижного калия в почве				
	низкое*	среднее	повышенное	высокое	очень высокое
Легкий	–	0,9	0,7	0,4	–
Средний и тяжелый	–	1,0	0,8	0,5	–

* При низком содержании в почве подвижного калия кормовую свеклу выращивать не рекомендуется.

При выращивании кормовой свеклы на других почвах нормы элементов питания устанавливают на основе данных полевых опытов, проведенных в аналогичных почвенно-климатических условиях. В таблице 329 приведены примерные нормы удобрений под кормовую свеклу. Под эту культуру лучше применять натриевую селитру, мочевины, калийную соль.

Таблица 329 – Примерные нормы удобрений под кормовую свеклу

Урожай жайность, ц/га	Норма навоза, т/га	Азотные удобрения при окультуренности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы					Калийные удобрения при содержании K ₂ O, мг/100 г почвы				
		хорошей (60)	средней (40-60)	слабой (20-40)	>25	15,1-25	10,1-15	5,0-10	<5	>25	17,1-25	8,1-17	4,0-8	<4
400-500	50-60	70	110	*	60	70	80	100	120	90	100	110	120	140

* Высокая урожайность не планируется до окультуривания почвы.

При известковании кислых почв под свеклу норма внесения извести колеблется от 2 до 7 т на 1 га, при рН от 5,5 до 6,0 ее следует вносить в количестве 2-3 т, а при рН от 4,5 до 5,0 норму извести необходимо увеличить до 5-7 т/га. При внесении извести и на нейтральных почвах свекла нуждается в боре, внесение которого предотвращает заболевание корнеплода сердцевинной гнилью. Бор вносят в норме 1-1,5 кг/га.

Турнепс

Требования к почве. Турнепс хорошо удается на суглинистых и супесчаных почвах. Лучшие почвы – плодородные пойменные и хорошо окультуренные дреново-подзолистые и черноземы. Пригодны также осушенные торфяники. Предпочтительна слабокислая реакция почвенного раствора (рН 6-6,5), но турнепс можно возделывать также на почвах с рН до 4,3. Не переносит щелочные и известковые почвы.

Удобрение. На формирование 1 т корнеплодов и соответствующего количества листьев турнепс выносит из почвы: азота 2,5 кг, фосфора – 1 и калия 4 кг. Под эту культуру вносят перепревший навоз, компосты, торф и навозную жижу. На болотных и торфяных почвах хорошие результаты дают медные и борные удобрения. В таблице 330 приведены примерные нормы удобрений под турнепс.

Таблица 330 – Примерные нормы удобрений под турнепс для черноземных и лугово-черноземных почв

Планируемая урожайность, в ц/га	Норма навоза (в т/га)	Азотные удобрения при окультуренности (бонитете) почвы			Фосфорные удобрения при содержании P ₂ O ₅ (в мг/100 г почвы)					Калийные удобрения при содержании K ₂ O (в мг/100 г почвы)				
		хорошей (60)	средней (40-60)	слабой (20-40)	>25	15,1-25	10,1-15	5,0-10	<5	>25	17,1-25	8,1-17	4,0-8	<4
500-600	50-60	60	80	100	40	60	80	100	120	80	100	120	140	170

Капуста кормовая

Требования к почве. Для нормального роста и развития кормовая капуста требует плодородных почв с нейтральной или близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора. Кислые почвы (рН_{сол} ниже 5,0) непригодны из-за возможности заболевания растений килой.

Почти все типы почв, за исключением легких песчаных и кислых, пригодны для выращивания. Лучшими являются супесчаные и суглинистые по гранулометрическому составу суглинистые почвы. Очень хорошо растет капуста на пойменных землях. Из торфянистых почв могут быть использованы только низинные торфяники.

На бедных песчаных, тяжелых суглинистых и недостаточно окультуренных болотных почвах капуста кормовая растет несколько хуже, однако при высокой агротехнике и на таких почвах получают хорошие урожаи.

Удобрение. На 1 ц зеленой массы кормовая свекла потребляет азота 285 г, фосфора 100 г, калия 460 г, кальция 285 г.

Все виды минеральных и органических удобрений повышают урожай зеленой массы капусты. Из органических удобрений под ее посевы можно использовать навоз, компосты, навозную жижу и птичий помет. Особенно эффективно внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Более сильная отзывчивость капусты на внесение минеральных удобрений, чем навоза, объясняется биологическими особенностями этой культуры. Значительную часть элементов питания, необходимых для полного развития, капуста потребляет в первый год вегетации, навоз же разлагается медленно и даже при высоких нормах не обеспечивает ее легкорастворимыми элементами питания. Большие прибавки урожая дает фосфорное удобрение, несколько ниже – калийное. Наибольший эффект получен при внесении полного минерального удобрения.

Система удобрения кормовой капусты включает основное, припосевное и подкормки. Навоз и основное удобрения вносят под зяблевую вспашку из расчета 30-40 т/га навоза и $N_{30-60}P_{60-90}K_{30-60}$. В качестве припосевное удобрения рекомендуют P_{10-15} в виде гранулированного суперфосфата. Подкармливают аммонийной селитрой в дозе N_{15-25} после прореживания растений.

6.4.10.9. Удобрения сенокосов и пастбищ

Одним из решающих условий повышения урожая трав на сенокосах и пастбищах, а также сохранения их долгодельней продуктивности являются удобрения. Эффективность их применения зависит от почвенно-климатических условий, биологических особенностей растений, состава и способа использования травостоя.

Потребность луговых трав в элементах питания. Отличительной особенностью луговых трав являются повышенные требования к элементам питания. Это объясняется продолжительным вегетационным периодом и многократным использованием травостоя (сенокосение и скармливание) на ранних фазах развития, когда растения интенсивно потребляют элементы питания.

В травостой сенокосов при своевременной уборке на сено содержит 1,5–2,0 % азота, 1,5–3,0 – калия и 0,5–0,6 % фосфора. С 1 т сена отчуждается до 20 кг азота, 5–6 – фосфора и 20–25 кг калия. Трава пастбищ отличается более высоким содержанием элементов питания по сравнению с травой сенокосного использования. На пастбищных травостоях с 1 т зеленой массы отчуждается (скармливание) 5-6 кг азота, 0,5-0,7 – фосфора и 4-6 кг калия (Мееровский А.С., Бирюкович А.Л., 2009). Поэтому пастбища нуждаются в большем количестве удобрений, чем сенокосы. Химический состав сена в большей степени зависит от ботанического состава луговых травостоев и степени удобрения угодий. Так, группа злаковых растений больше потребляет азот и калий, разнотравье – калий и азот (табл. 331; Шкель М.П. и др., 1989).

Кроме макроэлементов в луговых травах на 1 кг сухого вещества содержатся мезоэлементы 0,7–0,8% кальция, 0,2–0,3 – магния, 0,2–0,3 – серы, 0,06–0,2 – натрия, 0,08–0,1 – железа, 0,1–0,15 % алюминия, а также микроэлементы: меди 3–5 мг/кг, 40–60 – марганца, 3–5 молибден, 1,0–1,5 кобальта, 15–20 – цинка, 10–15 мг/кг бора в злаковых и 20–30 мг в бобовых (Шкель М. П. и др., 1989).

Вынос элементов питания отдельными видами трав значительно варьирует. Поэтому состав травостоя во многом диктует требования к нормам удобрения, а режим использования – к срокам их внесения.

Таблица 331 – Содержание азота, фосфора и калия в сене и вынос их с урожаем

Состояние лугового угодья	Содержание, %			Вынос с 1 т сена, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Неудобренный луг:						
злаково-разнотравный	1,6	0,37	1,4	16	3,7	14
бобово разнотравно-злаковый	2,1	0,52	2,1	21	5,2	21
Среднеудобренный луг:						
разнотравно-злаковый	2,5	0,46	2,0	25	4,6	20
бобово-разнотравно-злаковый	2,8	0,57	2,3	28	5,7	23
Интенсивно удобренный злаковый луг	3,6	0,60	2,8	36	6,0	28

Использование растениями элементов питания из удобрений. Потребление элементов питания растениями из удобрений на сенокосах и пастбищах определяется многими факторами, и в первую очередь правильно установленной нормой, соотношением между элементами питания и их содержанием в почве, составом травостоя, способом использования (на пастбищах выше, чем на сенокосах), числом укосов и циклом стравливания, но особенно зависит от условий увлажнения. На естественных и сеянных лугах коэффициент использования растениями из удобрений азота составляет 60–65%, фосфора – 15–20%, калия – 55–60%. При орошении коэффициенты использования азота из вносимых минеральных удобрений на лугах повышаются до 80 % фосфора – 30, калия – 70 %. Этими ориентировочными величинами можно пользоваться при планировании урожая трав на лугах.

Удобрение. Почти все луговые почвы природных угодий бедны усвояемыми растениями формами азота независимо от количества, содержащегося в них гумуса. Объясняется это низкой микробиологической активностью этих почв. Поэтому азотные удобрения при достаточном увлажнении почв оказывают наибольшее влияние на урожай трав. Они имеют решающее значение в повышении урожайности трав почти на всех типах лугов. Исключение составляют сенокосы и пастбища на окультуренных торфяно-болотных почвах, а также луга с высоким содержанием в травостое бобовых растений. В среднем внесение 1 кг азота обеспечивает получение 10–12 корм. ед. при сенокосном и 20–24 корм. ед. при пастбищном использовании луга.

Азотные удобрения лимитируют в значительной степени продуктивность сенокосов и пастбищ и являются одним из основных звеньев в решении проблемы растительного белка. Резкий рост цен на минеральные удобрения, наблюдающий во всем мире, побуждает к максимальному использованию биологического азота. Известно, что 1 т белка, созданного за счет биологического азота, обходится в 8–10 раз дешевле, чем промышленного минерального. Поэтому стратегия развития луговодства в стране ориентирует на всемерное расширение участия бобовых трав в травосмесях. Тем не менее, в обозримом будущем азотные удобрения будут оставаться основой системы питания луговых трав.

Нормы азотных удобрений, рекомендуемые для ежегодного внесения при уходе за сенокосами и пастбищами, устанавливаются с учетом ботанического состава травостоя, способа использования и увлажнения почвы (табл. 332; Ларетин Н. А. и др., 1987).

Таблица 332 – Нормы минеральных удобрений для сенокосов и пастбищ, кг/га

Тип угодья	Травостой	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низинные луга с органо-минеральными почвами	Природный злаково-разнотравный	120–180	30–45	60–90
	Сеяный злаковый	180–240	40–70	70–180
	Сеяный бобово-злаковый	–	45–60	60–120
Осушенные низинные и переходные торфяники	Сеяный злаковый	135–180	45–60	90–120
	Сеяный бобово-злаковый	–	45–60	100–150
Среднепойменные луга с деятельным аллювием	Природный злаково-разнотравный	120–180	30–45	60–90
	Сеяный злаковый	180	45–60	90–120
	Сеяный бобово-злаковый	–	45–60	90–120
Слабопойменные луга без деятельного аллювия	Природный злаково-разнотравный	120–135	45–60	60–90
	Сеяный злаковый	180	45–60	90–120
	Сеяный бобово-злаковый	–	45–60	90–120
Суходольные луга нормального увлажнения	Природный злаково-разнотравный	90–135	30–45	45–60
	Сеяный злаковый	120–135	45–60	60–90
	Сеяный бобово-злаковый	–	45–60	90–120
Неорошаемые сенокосы				
Низинные луга с органо-минеральными почвами и осушенные торфяники	Природный злаково-разнотравный	60–90	30–45	40–60
	Сеяный злаковый	90–120	30–45	60–90
	Сеяный бобово-злаковый	–	45–60	45–90
Заливные луга среднего и низкого уровня	Природный злаковый и злаково-разнотравный	90–120	0–30	30–45
	Сеяный злаковый	90–120	30–45	45–60
Слабопойменные луга без деятельного аллювия	Природный злаково-разнотравный	60–90	30–45	40–60
	Сеяный злаковый	90–120	30–60	60–90
	Сеяный бобово-злаковый	–	45–60	60–90
Суходольные луга с нормальным увлажнением	Сеяный злаковый	90–120	30–60	60–90
	Сеяный злаковый	90–120	30–60	60–90
	Сеяный бобово-злаковый	–	45–60	60–90
Орошаемые сенокосы				
Везде, где возможно создание сеяных травостоев	Злаковый	240–300	60–90	150–240
	Бобово-злаковый	–	60–90	100–150
Орошаемые пастбища				
Везде, где возможно создание сеяных травостоев	Злаковый	240–300	60–90	90–180
	Бобово-злаковый	–	45–60	100–150

Применение азотных удобрений наиболее эффективно на культурных пастбищах со злаковыми травами полуверхового (ежа сборная, овсяница луговая и тростниковая) и верхового типа (костер безостый). При удовлетворительном естественном увлажнении рациональная норма азота на полуверховых и верховых злаках составляет $N_{180-240}$, а на низовых (райграс многолетний, мятлики луговой) – $N_{150-180}$. Продуктивность пастбищ при внесении $N_{150-180}$ и полном соблюдении всей технологии создания, ухода и использования в пересчете на сухое вещество достигает 50–65 ц/га, при норме N_{240} – 60–70 ц/га. На орошаемых пастбищах с полуверховыми и верховыми злаками оптимальная норма азота N_{240} при четырех циклах стравливания и N_{300} – при пяти (продуктивность достигает 7–8 тыс. корм. ед.), на пастбищах с низовыми злаками – $N_{180-240}$, а сбор сухого вещества достигает соответственно 90–100 и 70–80 ц/га. Повышенные нормы азота вносят весной в период отрастания трав, под второй и третий укосы на сенокосах, весной и после каждого цикла стравливания – на пастбищах. Максимально допустимая доза азота для разового внесения – N_{60-70} пастбища и не более N_{90} – при сенокосном использовании луга.

Весной азотные удобрения целесообразно вносить во время активного отрастания растений при среднесуточной температуре воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$, что повышает коэффициент использования ими азота удобрений. При более раннем внесении (по снегу или по «черепку») и медленном повышении температуры значительная часть азота теряется в результате денитрификации смыва. Под урожай следующего укоса или стравливания азотные удобрения следует вносить следом после уборки трав.

Сезонную норму азотных удобрений (N_{180}) целесообразно вносить в один прием, что позволит уменьшить повреждение дернины. Двукратное их применение необходимо при высоких нормах удобрения (свыше N_{220}). Целесообразность применения азотных удобрений необходимо определять в зависимости от содержания в травостое бобовых. При их содержании более 40% азотные удобрения вносить не рекомендуется, так как за счет биологической фиксации за год с 1 га они способны накапливать азота 100–120 кг и обеспечивать получение 4,0–4,5 тыс. корм. ед.

На эффективность азотных удобрений в значительной степени влияет степень увлажнения почвы и ботанический состав травостоя. По мере улучшения влагообеспеченности луговых трав действие азотных удобрений возрастает. Их эффективность повышается по мере увеличения в фитоценозе злаковых растений. На лугах с содержанием бобовых растений больше 20 % эффективность азотных удобрений снижается.

Особую роль играет обеспечение луговых трав фосфором. При его недостатке, особенно в пастбищных травах, происходит накопление нитратов. Внесение фосфорного удобрения способствует лучшему кущению и развитию корневой системы трав, что в дальнейшем повышает устойчивость растений к экстремальным погодным явлениям. Применение фосфорных удобрений оптимизирует в кормах соотношение Ca:P и K:(Ca+Mg) . Фосфорные удобрения способствуют синтезу и передвижению белковых веществ в клетках растений.

Эффективность фосфорных удобрений колеблется в широком интервале, поскольку луговые почвы имеют различные запасы фосфора. Здесь встречаются почвы с высоким содержанием доступного для растений фосфора, например низинные торфяники с включением вивианита, а также плодородные почвы центральных пойм крупных рек и некоторые суходольные луга с глинистыми почвами. Наряду с этим горные черноземовидные луговые поч-

вы, торфяники переходного и особенно верхового типа, многие карбонатные почвы отличаются низким содержанием подвижных форм фосфора. В связи с этим самое высокое действие фосфорных удобрений наблюдается на торфяниках и низинных лугах с оторфованным поверхностным слоем почвы. В порядке убывающего эффекта от фосфорных удобрений луга можно расположить следующим образом: луга на переходных торфяниках, низинные, луга на торфяниках низинного типа, субальпийские, горно-степные, суходольные с карбонатными почвами, суходольные и долинные суходолы с дерново-подзолистыми почвами, луга на супесчаных почвах прирусловой части пойм.

Калийные удобрения усиливают фотосинтез, обмен веществ, содействуют накоплению запасных углеводов и белковых веществ, повышая зимостойкость растений. Наибольшее действие калийных удобрений наблюдается на лугах с торфяными почвами и на низинных лугах европейской части Российской Федерации. Однако на торфяниках Западной Сибири (Барабинская низменность), в той или иной мере солонцеватых, эффективность их резко снижается; на этих почвах особенно эффективны фосфорные удобрения. К группе среднего действия калийных удобрений следует отнести суходольные луга временно избыточного увлажнения, нормальные суходолы и близко стоящие к ним долинные суходолы, незаливаемые или слабо заливаемые луга по долинам рек лесолуговой и лесостепной зон. По мере понижения лугов по рельефу потребность растений в калии возрастает. Объясняется это улучшением водного режима и азотного питания растений, а также обеднением почв калием в связи с торфообразовательным процессом на низинных лугах. В европейской части Российской Федерации эффективность калийных удобрений на лугах повышается с востока на запад. Это связано с высоким содержанием калия в почвообразующих породах почв восточных областей и более легким гранулометрическим составом почв на западе страны; определенное значение имеют и лучшие условия увлажнения в западных областях и более высокое содержание в травостоях бобовых растений.

Рекомендуемые для ежегодного внесения при уходе за сенокосами и пастбищами нормы фосфорных и калийных удобрений устанавливаются в соответствии с уровнем обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия и планируемой урожайностью (табл. 333).

При среднем уровне содержания в почве P_2O_5 и K_2O (почвы III и IV группы) нормы удобрений должны быть равны выносу фосфора и калия с планируемым урожаем трав. При низком – превышать вынос этих элементов с урожаем (на почвах I группы обеспеченности – на 30 %, II группы – на 20 %), чтобы почва постепенно окультуривалась. При высоком (почвы V и VI группы) – нормы удобрений снижаются по отношению к выносу фосфора и калия с урожаем пастбищной травы соответственно на 20 и 30 %.

Фосфорные удобрения в полной норме и калийные – до K_{60} на сенокосах и пастбищах вносят за один прием осенью или рано весной. Калийные удобрения в норме K_{90-120} – в два приема: по K_{45-60} рано весной и после второго цикла стравливания. Более высокие нормы их ($K_{150-180}$) во избежание избыточного накопления калия в травостое вносят в три приема: рано весной, после первого и третьего стравливания.

На пастбищах с небольшим содержанием бобового компонента в составе травостоя менее 30 % для повышения продуктивности 1 га до 6–7 тыс. корм. ед. и 10–12 ц/га сырого протеина при сохранении бобовых компонентов необходимо применять следующую технологию:

- а) внесение азотных удобрений в норме не более N_{90} ;

- б) для ослабления отрицательного влияния азота на бобовые растения проведение подкормки по N_{45} после второго и третьего стравливания;
 в) применение мочевины вместо аммонийной селитры;
 г) обеспечение соотношения компонентов в смеси удобрений N:P:K, равным 1,5:1:2.

Таблица 333 – Примерные нормы внесения фосфорных и калийных удобрений на культурных сенокосах и пастбищах, кг/га действующего вещества

Планируемая продуктивность, ц/га корм. ед.	Содержание					
	P_2O_5			K_2O		
	низкая (I, II гр.)	средняя (III, IV гр.)	высокая (V, VI гр.)	низкая (I, II гр.)	средняя (III, IV гр.)	высокая (V, VI гр.)
Бобово-злаковые травостой						
30	40	30	20	90	75	45
40	55	45	35	110	90	60
50	65	55	45	135	110	75
60	75	65	55	160	135	100
70	80	70	65	190	150	120
80	90	80	70	210	170	130
Злаковые травостой						
30	30	25	15	80	65	40
40	45	30	25	100	80	55
50	50	40	30	125	100	70
60	60	50	40	150	120	90
70	70	60	50	175	140	105
80	80	70	60	200	160	120

При содержании в травостое бобовых растений 30—40% применение низких норм азота (N_{90}) неэффективно. Для повышения продуктивности травостоя до 7–8 тыс. корм. ед/га норма должна быть N_{180} , по N_{60} после первого, второго и третьего стравливания.

Для применения на сенокосах и пастбищах пригодны все формы твердых и жидких удобрений. Основной способ внесения удобрений — наземный с помощью специальных туковых сеялок и разбрасывателей. На крупных массивах лугов применяют авиацию.

Почвы сенокосов и пастбищ, как правило, содержат больше органического вещества по сравнению с пахотными. Дернина многих природных лугов обогащена растительными остатками. При проведении коренного улучшения часть растительных остатков минерализуется, однако одновременно происходит и гумификация их. В почвах, где содержание гумуса достигает или превышает 3–4 %, продуктивность лугов составляет до 30 ц/га корм. ед., а баланс органического вещества бездефицитный. Однако большая часть сенокосов и пастбищ расположена на суходолах с маломощной дерниной и низким содержанием гумуса, на вновь осваиваемых территориях, где при технических и мелиоративных работах нарушен гумусовый горизонт, на почвах низкого естественного плодородия. В этих случаях, а также при создании культурных пастбищ, особенно орошаемых, на пашне внесение органических удобрений является важнейшим фактором окультуривания почв.

На пастбищах благодаря животным в почву поступает часть элементов питания. Их количество зависит от нагрузки скота, продолжительности пастбы, содержания элементов питания в пастбищном корме. При выпасе корова покрывает твердыми экскрементами за 1 день до 0,7 м² почвы, но их воздействие распространяется на площадь, в 7 раз большую. Примерно такая же площадь покрывается жидкими экскрементами. Чтобы экскременты смогли оказать свое действие на всю площадь пастбища, требуется при стаде 100 голов 2,5 года. Если считать, что при интенсивном использовании культурного пастбища на каждый гектар приходится 2 коровы, то на пастбище в виде экскрементов останется такое количество органических удобрений, которое соответствует 10 т навоза (Тоомре Р.И., 1966).

Значение органических удобрений для культурных пастбищ состоит не только в увеличении количества элементов питания в почве, но и в активизации микробиологических процессов, при помощи которых запасы трудно усваиваемых элементов питания превращаются в доступные для растений формы. Благодаря органическим удобрениям увеличиваются запасы азота в почве. Это, в свою очередь, повышает потребность растений в фосфорно-калийных удобрениях и способствует лучшему их усвоению.

Органическими удобрениями целесообразно обеспечить все вновь закладываемые или обновленные травостои, внося их под вспашку. Их выгодно применять периодически через 3–4 года по 15–30 т/га. Эффективность органических удобрений мало зависит от времени внесения, но с точки зрения организации труда выполнение этих работ осенью наиболее целесообразно. Поверхностное применение органических удобрений допустимо только на лугах с песчаными и супесчаными почвами при недостатке минеральных туков. Эффективность их поверхностного внесения на лугах зависит от уровня плодородия почв и проявляется в основном в первый год, а в дальнейшем она резко снижается. Потребность сенокосов и пастбищ в органических удобрениях зависит от содержания гумуса в почве, продуктивности луга, применения азотных туков. В опытах Л.И. Рааве установлено, что богатые злаковые травостои сенокосов и пастбищ, в почвах которых содержится гумуса выше 3 % и вносятся азотных удобрений более 100 кг/га д. в., не нуждаются в органических удобрениях. Однако они необходимы на тех же почвах для бобово-злаковых травостоев.

На сенокосах и пастбищах рекомендуются применять дифференцированные нормы органических удобрений в зависимости от содержания гумуса в почве (табл. 334; Шкель М.П. и др., 1987).

В качестве органических удобрений используют навоз или компосты. На бедных гумусом (< 2 %) почвах соотношение навоза и торфа в торфяно-навозных компоста должно быть 1:1 или 1:2, на дерново-глеевых – от 1:4 до 1:6.

Таблица 334 – Нормы органических удобрений на сенокосах и пастбищах

Содержание гумуса в почве, %	Норма, т/га	Прибавки урожая на 1 т органических удобрений, корм. ед.
3–4	До 30	20–40
2–3	30–40	50–150
1,5–2	40–50	150–200
< 1,5	50–60	100–130

Навозную жижу в количестве 20–30 т/га, рекомендуют вносить в начале роста трав весной и до конца лета. Травостои из низовых злаков и белого клевера подкармливают навозной жижой один раз за вегетационный период, тогда как злаковые можно подкармливать несколько раз. Весной навозную жижу применяют без разбавления, после первого и второго стравливания на пастбищах разбавляют водой. Соотношение воды и жижи составляет от 1:0,5 до 1:2. При внесении навозной жижи калийные удобрения применять не рекомендуется. Луговые травы хорошо произрастают и дают высокие урожаи при рН=4,5–8,0. Для клевера красного оптимальное значение рН=5,6–6,5; клевера белого – 5,5–6,5; люцерны синей – 7,5–8,0; злаковых – 5,5–5,9. На кислых почвах в травостое ценные кормовые травы вытесняются сорными. В первую очередь выпадают бобовые растения, затем тимopheевка и овсяница луговая. Вместо них развивается полевица обыкновенная, щучки и осоки, что способствует снижению урожая и качества кормов.

Эффективность удобрений, подсева трав, перезалужения и других агротехнических мероприятий, связанных с коренным улучшением лугов и пастбищ, резко снижается, если почвы имеют кислую реакцию. На почвах с очень кислой реакцией (рН 3,2–3,4) вообще невозможно создать культурные луга и пастбища высокой продуктивности с ценными травостоями. Поэтому при улучшении природных кормовых угодий и освоении площадей с кислыми почвами под культурные луга и пастбища одно из первых агротехнических мероприятий – известкование почв. Особенно большое значение оно имеет при создании лугов и пастбищ с бобово-злаковыми травостоями, поскольку бобовые наиболее чувствительны к реакции и на кислых почвах быстро выпадают. Нормы внесения известковых удобрений зависят от типа почв и их гранулометрического состава и кислотности (табл. 335).

Таблица 335 – Нормы CaCO₃ для известкования кислых почв пастбищ, т/га

Группа почв по гранулометрическому составу	рН солевой вытяжки							
	≤ 4,25	4,26–4,50	4,51–4,75	4,76–5,00	5,01–5,25	5,26–5,50	5,51–5,75	≥ 5,76
Рыхлосупесчаный	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	–	–
Связносупесчаный	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	–	–
Легко- и среднесуглинистый	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0
Тяжелосуглинистый и глинистый	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0
Торфяные	8,0	6,5	5,5	3,0	–	–	–	–

Учитывая продолжительный период использования культурных пастбищ без перезалужения и более низкую эффективность поверхностного известкования, кислые почвы известкуют доломитовой мукой после вспашки. Известкование пастбищ проводят при перезалужении с заделкой известкового удобрения в почву или поверхностно каждые 5 лет. В этом случае применяется половинная норма известки, рассчитанная по гидролитической кислотности. Однако только одно известкование не всегда дает положительный эффект. Кислые

почвы в процессе образования, выщелачиваясь, обедняются необходимыми растениям макро- и микроэлементами. При перезалужении старовозрастных сеяных травостоев, особенно на низкоплодородных землях, в зависимости от содержания гумуса для окультуривания и повышения микробиологической активности почвы наряду с химическими мелиорантами целесообразно внести 20–40 т/га навоза или компоста и минеральные удобрения из расчета $P_{45-60} K_{60-90}$. Из микроудобрений на культурных пастбищах применяют борные, кобальтовые, медные, марганцевые, молибденовые и цинковые.

Бор необходим для нормального роста и развития животных в очень незначительных («следовых») количествах. Однако при низком его содержании в почве у растений развиваются специфические заболевания, снижается продуктивность трав сенокосов и пастбищ. Недостаток бора можно обнаружить по ряду морфологических признаков, характерных для каждого вида растений. При борном «голодании» прежде всего наблюдается остановка роста корня и стебля. Затем появляется хлороз верхушечной точки роста, за которым при сильном борном голодании следует полное его отмирание. Наибольшая потребность в боре проявляется у растений, выращиваемых на дерново-подзолистых, дерново-глеевых и торфяно-болотных почвах. Недостатки в этом элементе особенно остро испытывают клевер и люцерна на карбонатных почвах. Критический уровень содержания подвижного бора в почве, ниже которого появляется потребность растений в борных удобрениях, колеблется в довольно значительных пределах. Ориентировочно можно принять, что отзывчивость наиболее требовательных к бору растений на борные удобрения проявляется при содержании подвижного бора в почве менее 0,7 мг/кг. Минимальная потребность животных в кобальте 0,07–0,08 мг/кг сухих веществ корма. При недостатке этого элемента животные заболевают акобальтозом. Наблюдается снижение аппетита, лизуха; на пастбищах также животные поедают малосъедобную растительность и часто ложатся. Кожа становится сухой, мало эластичной, шелушится; волосяной покров взъерошенный, редкий, без блеска. У крупного рогатого скота задерживается линька; у овец в начале заболевания шерсть начинает терять извитость, становится ватообразной, непрочной и легко выпадает. У больных животных наблюдается резкое малокровие, кахексия (худосочие). Кобальтовые удобрения эффективны при содержании этого элемента в почве менее 1 мг/кг. Однако для выращивания полноценных кормов для скота необходимо применять кобальтовые удобрения даже при среднем (до 2,3 мг/кг) содержании кобальта в почве. Выявлено положительное влияние кобальтовых удобрений на продуктивность растений, произрастающих на карбонатных, а так же известкованных почвах. Роль этих удобрений возрастает по мере окультуривания почв.

Ориентировочная потребность животных в марганце 40–70 мг/кг сухого вещества корма. Первые признаки недостатка марганца в организме – задержка роста и формирования скелета вследствие нарушения процессов окостенения. Дефицит марганца в организме взрослого животного вызывает изменения, аналогичные авитаминозу E: теряется способность к размножению, многие коровы становятся бесплодными. Недостаток этого элемента в рационе коров вызывает общую дистрофию, сопровождаемую снижением молочной продуктивности и репродуктивности – увеличением процента яловых коров. Недостаток марганца может иметь место на богатых известью почвах низинных болот, а так же на орошаемых пастбищах, расположенных в песчаных почвах.

При содержании в травах сенокосов пастбищ меди менее 1–5 мг/кг сухой массы животные испытывают медную недостаточность. К патологическим состояниям, этиологической причиной которых является медная недостаточность, относятся нарушения тканевых окислительных процессов и связанных с ним изменений веществ, нарушения роста и пигментации шерсти, анемия, поносы, эндемическая (энзоотическая) атаксия, заболевания сердца и желудочно-кишечного тракта, угнетение воспроизводительной функции. Эндемическая атаксия является заболеванием нервной системы животных, встречающаяся в определённых районах земного шара. Эта болезнь известна под различными местными названиями: «свейбек» (Англия), «ламкрус» (Южная Африка), «рэнгуера» (Перу), «джинджинский рахит» (Австралия), «буранг», «белянги» (Узбекистан). Медные удобрения наиболее эффективны на осушенных торфяно-болотных и дерново-глеевых почвах, а так же на почвах лёгкого гранулометрического состава. Хорошо отзываются на них тимофеевка, клевера. Роль медных удобрений повышается в годы с неблагоприятными погодными условиями. Дефицит меди усиливается при известковании кислых почв, так как при этом идёт более быстрое образование комплексов органических соединений с медью. Потребность растений в этом элементе возрастает в условиях применения высоких норм азотных удобрений.

Минимальная потребность животных в молибдене 0,02–0,2 мг/кг сухих веществ корма. При его недостатке в рационе животные поражаются энзоотической атаксией, у них наблюдается остеопороз, нарушение координации движения, депигментация шерсти. В растениях молибден входит в состав фермента нитраредуктазы и является необходимым компонентом в восстановлении нитратов. Участие этого микроэлемента в фиксации молекулярного азота атмосферы объясняет его особое значение для роста и развития бобовых трав. Под влиянием молибдена в клубеньках бобовых культур усиливается активность ферментов, обеспечивающих непрерывный приток водорода, который необходим для связывания азота атмосферы. Высокая действенность молибденовых удобрений установлена на кислых дерново-подзолистых и торфяно-болотных почвах, бедных легкодоступными для растений соединениями. Особую роль они приобретают на орошаемых пастбищах при более высоких нормах азота. Молибден ограничивает накопление нитратов в пастбищном корме в количествах, токсичных для животных.

Потребность животных в цинке составляет 40–60 мг/кг сухого вещества корма. Недостаток его в кормах оказывает отрицательное влияние на рост и развитие животного, его воспроизводительную способность, повышает возбуждаемость нервной системы, ослабляет процессы торможения. Животные быстро утомляются, худеют, шерсть становится матовой, появляются облысения, отёк слизистых оболочек. Дефицит цинка в рационе взрослых животных приводит к бесплодию. Недостаток цинка имеет место на чернозёмах карбонатных, серозёмах, каштановых и бурых почвах. Для обеспечения кормовых трав сенокосов и пастбищ микроэлементами применяют соответствующие микроудобрения: их вносят в почву из расчёта 1–3 кг/га по действующему веществу или проводят опрыскивание травостоя 0,005 % водными растворами – 300 л/га наземной аппаратурой.

Таким образом, применение агрохимических средств на сенокосах и пастбищах является высокоэффективным агроприёмом сохранения и повышения их продуктивности.

6.4.11. Овощные культуры

6.4.11.1. Крестоцветные

Капуста

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Капуста может произрастать и дать высокий урожай на различных почвенных разностях за исключением очень лёгких песчаных и щебенистых. Весьма благоприятны для нее суглинистые почвы. Высокие урожаи она дает на торфяных почвах. Оптимальная реакция почвенного раствора (pH_{KCl}) для раннеспелой капусты белокочанной составляет 5,8–6,5, среднепоздней – 6–7,2, а на торфянистых почвах – 5,0–5,5; для капусты цветной – 5,3–6,0.

Капуста – культура с «большим аппетитом». На образование 10 т товарной продукции белокочанной капусте необходимо 41 кг азота, 14 – фосфора и 49 кг калия. Цветной капусте этих элементов питания требуется еще больше 84 кг азота, 29 – фосфора и 83 кг калия на 10 т продукции.

Наибольшая потребность капусты в элементах питания бывает в период завязывания и роста кочана (табл. 336). К фазе формирования кочана растения потребляют 30,5 % азота, 21,8 фосфора и 24,2 % калия от максимального их содержания в урожае.

Таблица 336 – Динамика поступления элементов питания в растения капусты, % от максимального

Фаза вегетации	От начала вегетации			В последующий период		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Рассада	0,17	0,14	0,12	-	-	-
Розетка	3,68	2,64	3,10	3,51	2,50	2,98
Формирование кочана	30,50	21,80	24,20	26,82	19,16	21,10
Рыхлый кочан	96,40	100,0	96,60	65,90	78,20	72,40
Хозяйственная спелость	100,0	90,50	100,0	3,60	-	3,40

При недостатке азота задерживается рост капусты, изменяется цвет листьев – они становятся бледно-зелеными. При азотном голодании нижние листья у капусты краснеют или синеют. Это явление чаще наблюдается у ранней капусты весной, в холодную дождливую погоду, когда вследствие слабой нитрифицирующей деятельности почвенных микроорганизмов азот из почвы почти не поступает.

Недостаток фосфора вызывает задержку фаз развития, особенно цветения и созревания семян. Характерный признак фосфорного голодания – резкое ослабление роста, задержка образования кочана, а у цветной капусты – головки. Листья у растений мельчают, окраска их изменяется от темно-зеленой до фиолетовой. На усвоение фосфора оказывает влияние кислотность почвы. На кислых почвах у растений даже при внесении фосфорных удобрений могут проявиться признаки фосфорного голодания. Известкование почвы способствует лучшей обеспеченности растений капусты фосфором.

При недостатки калия на нижних листьях капусты образуются хлоротичные пятна, более отчетливо проявляющиеся по краям листа. Появление хлоротичных пятен обусловлено накоплением в клетках аммиачного азота. Он вызывает отмирание тканей и их обезвоживание. Характерные признаки сильного калийного голодания у капусты – пожелтение и отмирание тканей листа начиная

с верхушки листа, вниз по краю, в виде ожога. Растения становятся менее стойкими к повреждению грызущими насекомыми-вредителями. Установлено, что известкование кислых почв усиливает потребность растений в калии.

При выращивании на суглинистых почвах капуста не испытывает магниевого голодания (за исключением кислых почв), так как содержание магния в этих почвах высокое. Значительно меньше содержится магния в песчаных и супесчаных почвах, и у капусты, выращиваемой на таких почвах, наблюдаются случаи магниевого голодания. Характерный признак его – межжилковый хлороз (ткань нижних листьев становится светлой начиная с верхушки листа, а около жилок она остается зеленой, создается мраморность листа). При сильном голодании происходит отмирание тканей между жилками (некроз). Опасно для капусты и избыточное количество магния в почве. Оно токсично для растений капусты. Снизить токсичность почвенного раствора можно известкованием почвы. Декальцирование в почвы приводит к ее подкислению. При недостатке в почве кальция приостанавливается рост капусты, пластинка листа обесцвечивается до бело-зеленого цвета, а затем появляется коричневая окраска листьев.

Удобрение. Все виды капусты хорошо отзываются на органические и минеральные удобрения, особенно азотные. Потребность в фосфоре наиболее высока у цветной капусты, брокколи и поздней белокочанной капусты. Больше всего калия требуется среднепоздним и поздним сортам белокочанной и краснокочанной капусты.

Капуста белокочанная. Имеет растянутый период поглощения элементов питания из почвы. Наибольшая потребность в них – в период завязывания кочанов. Раннеспелые сорта капусты потребляют элементы питания в более сжатые сроки, позднеспелые сорта имеют более растянутый период. На образование 10 т товарной продукции белокочанной капусте требуется в среднем 41 кг азота, 14 – фосфора и 49 кг калия. Поэтому для получения хорошего урожая требуются высокие нормы удобрений. Эффективность внесения различных видов удобрений под капусту зависит не только от типа почвы, но и от ее окультуренности, содержания в ней элементов питания, длительности применения удобрений, полива. Чем выше окультуренность почвы, тем меньшее количество элементов питания нужно вносить.

Высокие урожаи белокочанной капусты хорошего качества нельзя получить без применения органических удобрений. При этом под раннюю капусту вносят перегной 30–40 т/га или размещают ее по последствию навоза; под средне- и позднеспелые сорта непосредственно вносят 40 – 60 т/га навоза. Примерные средние нормы минеральных удобрений под капусту приведены в таблице 337 (Журбицкий З.И., 1955).

Для пойменных почв рекомендуются более высокие нормы калия: для позднеспелых сортов 180–260 кг, скороспелых – 120–180 кг/га. Для низинных торфяников нечерноземной полосы примерными нормами удобрений при возделывании среднеспелых и позднеспелых сортов являются (в кг действующего начала на 1 га): фосфора 40–60, калия 180–260, азота до 50 кг (Гусев М.И., 1963).

Нормы удобрений на черноземах: $N_{90-135}P_{90-135}K_{80-120}$, навоза 20–30 т/га. Под позднюю капусту нормы удобрений несколько выше. Хороший эффект дает внесение перепревшего навоза в лунки при посадке рассады. Подкормки проводятся при образовании розеток и в начале образования кочана. Если капуста поздняя высаживается после многолетних трав, то вносят полное минеральное удобрение. Одну треть фосфорно-калийного удобрения вносят

осенью под зяблевую вспашку, остальное – весной и в подкормки. Нормы фосфорных и калийных удобрений рассчитывают по содержанию подвижных форм P_2O_5 и K_2O в почвах, а азотистых – в соответствии с окультуренностью участков. Степень обеспеченности почв элементами питания определяют методами анализов, принятыми в зоне. Нормы удобрений – ориентировочные и должны быть уточнены в конкретных условиях.

Таблица 337 – Примерные нормы минеральных удобрений под капусту на разных типах почв

Сорта	Супесчаные и суглинистые почвы			Пойменные почвы		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
<i>Нечерноземная полоса</i>						
Позднеспелые и среднеспелые	90–120	60–90	90–120	60–90	40–60	120–180
Скороспелые	60–90	40–60	60–90	60–90	40–60	60–90
<i>Черноземная полоса</i>						
Позднеспелые и среднеспелые	60–90	60–90	90–120	60–90	60–80	60–90
Скороспелые	60–90	60–90	90–120	60–90	60–80	60–90

Лучшие формы фосфорных удобрений под капусту считаются простой и двойной гранулированный суперфосфат. Из форм азотных удобрений под позднюю капусту на подзолистых почвах лучшими являются аммонийная и натриевая селитра, из калийных – хлористый калий, а на пойменных землях наиболее эффективно внесение сульфата аммония и калийной селитры. Различия в эффективности форм азотных удобрений под капусту на разных почвах объясняются тем, что в нейтральной или слабощелочной среде (луговая пойменная почва) растения лучше усваивают аммиачный азот, а в слабокислой (дерново-подзолистая почва) – нитратный.

Капуста краснокочанная. Является разновидностью кочанной. Отличительная ее особенность – красно-фиолетовая окраска наружных и внутренних листьев. Характер роста и развития, а также требования к плодородию почвы и удобрениям краснокочанной капусты такой же как у белокочанной.

Капуста брюссельская. У брюссельской капусты в пищу употребляют небольшие кочанчики. Среди всех видов капусты брюссельская отличается более высоким содержанием сухого вещества (4,5–5,5 %), белка (3,5–5,5 %), сахара (4,5–5,5 %). Брюссельская капуста очень требовательна к плодородию почв и условиям минерального питания. Лучше всего она растет на окультуренных легких и среднесуглинистых почвах с pH 6,5–7,5. Особенностью брюссельской капусты является ее способность использовать более активно элементы питания почвы благодаря мощной корневой системе. При урожайности 60 ц/га она выносит 196–210 кг азота, 26–52 кг P_2O_5 и 136–191 кг K_2O . Брюссельская капуста хорошо отзывается на органические удобрения, внесенные с осени или под предшественник. Непосредственное внесение свежего органического удобрения под эту культуру нецелесообразно.

Нормы минеральных удобрений под эту культуру на среднеобеспеченных почвах $N_{150-180}$, P_{45-60} , K_{200} . Согласно результатам полевых опытов

О.В. Студенцова (1977), проведенных на Кубани, примерные нормы минеральных удобрений составляют: $N_{100-180}$, P_{60-80} , $K_{120-200}$. На легких по гранулометрическому составу почвах обязательно внесение магниевых удобрений из расчета 50 кг/га MgO). Их рекомендуют применять на почвах с содержанием подвижного магния менее 4 мг/100 г. Бор вносят в почву в количестве 1,0–1,2 кг/га, в форме борно-доломитового удобрения (60 кг/га) или осажженного бората магния (75 кг/га) под культивацию. В качестве медного удобрения используют пиритный огарок (на торфяниках 5–6 ц/га, один раз в 4–5 лет) под зяблевую вспашку. Марганец вносят в виде марганцового шлама (2 ц/га) вместе с минеральными удобрениями при основной обработке почвы или марганезированного суперфосфата, используя его в подкормках (0,5–1,0 ц/га). Молибден вносят в форме молибденизированного суперфосфата в подкормках в норме, содержащей 50 г/га молибдена. Все перечисленные микроэлементы применяют и в виде водных растворов при некорневых подкормках. Указанное количество удобрений растворяют в 400 л воды и вносят на 1 га посевов.

Капуста савойская. Внешне савойская капуста отличается от белокочанной морщинистыми, гофрированными листьями. Как и у белокочанной, у этой капусты в пищу употребляют кочаны. Раннеспелые сорта савойской капусты на формирование 10 т кочанов потребляют в среднем азота на 31 %, фосфора – 7, калия – 23 % больше, чем аналогичные сорта белокочанной. Среднеспелые и среднепоздние сорта обоих видов капусты предъявляют одинаковые требования к плодородию почвы. Согласно данным О.В. Студенцова (1977), полученным на Кубани, для скороспелых сортов савойской капусты оптимальные нормы азота лежат в пределах 60–90, фосфора – 40–60, калия – 60–90 кг/га, среднеспелых и среднепоздних сортов – $N_{80-120}P_{50-80}K_{80-120}$.

Капуста цветная. По своим требованиям к условиям почвенного плодородия и минеральному питанию цветная капуста превосходит остальные разновидности капусты, так как ее корневая система слабее развита. Под нее надо отводить плодородные, окультуренные участки преимущественно легкого гранулометрического состава с высоким содержанием органического вещества. На образование 10 т товарной продукции цветной капусте требуется 84 кг азота, 29 – фосфора и 83 кг калия. Цветная капуста хорошо отзывается на последнее действие навоза, особенно на легких почвах. Свежий навоз, использованный непосредственно под эту культуру весной, малоэффективен: из-за короткого вегетационного периода цветная капуста не успевает усвоить элементы питания навоза. Под цветную капусту желательно вносить осенью навоз (40–50 т/га) и минеральные удобрения в нормах $N_{90-150} P_{60-120} K_{90-150}$ в зависимости от типа почвы и ее обеспеченности элементами питания. Спустя 10–15 дней после высадки цветной капусты необходимо подкормить растения азотно-калийными удобрениями из расчета $N_{20}K_{15}$ на дерново-подзолистых почвах.

Примерные нормы азота на черноземных почвах Кубани для среднеспелых сортов цветной капусты колеблются от 110 до 160 кг/га, фосфора – от 60 до 90, калия – от 110 до 140 кг/га.

На богатых азотом низинных торфяниках цветная капуста плохо завязывает головку, страдает от молибденового голодания, развивает большую листовую массу, затягивает вегетацию и дает продукцию низкого качества. При выращивании рассады цветной капусты используют такую же питательную смесь, что и для ранней капусты.

При появлении всходов сеянцы цветной капусты обязательно опрыскивают 0,02 %-ным раствором борной кислоты, в фазу трех-четырех настоящих листьев – 0,02 %-ным раствором молибденовокислого аммония.

Брокколи (спаржевая капуста). Является разновидностью цветной капусты. Головка у брокколи состоит из разветвленных стеблевых образований, заканчивающихся видоизмененными бутонами зеленого, синего, фиолетового или белого цвета, собранными в виде пучков. Период вегетации 135–150 дней. К почвенным условиям брокколи менее требовательна, чем цветная капуста. Она может успешно произрастать на тяжелых влажных почвах, но лучше развивается на легкосуглинистых, богатых перегноем. Пригодными являются пойменные и пониженные участки. Капуста брокколи по потреблению элементов питания, близка к цветной капусте. Поэтому нормы и способы внесения удобрений под брокколи аналогичны таковым для цветной капусты, хотя урожайность брокколи на 20–40 % выше, чем цветной капусты.

Кольраби. Пищевое значение у кольраби имеет шаровидно разросшийся стебель. Он содержит в 1,5 раза больше азотистых веществ и аскорбиновой кислоты, чем капуста белокочанная. По количеству питательных веществ кольраби превосходит белокочанную капусту, аскорбиновой кислоты (витамина С) в ней не меньше, чем в лимонах и апельсинах. Поэтому кольраби иногда называют «северным лимоном». Кольраби – наиболее скороспелая капуста. Она поспевает через 70–80 дней после всходов, или на 20–30 дней раньше белокочанной капусты.

Кольраби – почти не отзывается на органические удобрения, под нее лучше вносить минеральные удобрения или возделывать ее по последствию навоза. Кольраби хорошо отзывается на внесение щелочных форм азотных удобрений, а применение физиологически кислых азотных удобрений (сульфата аммония) значительно снижает урожайность и скороспелость этой культуры.

Кольраби при урожае 200 ц/га выносит около 100 кг азота, 80 – фосфора и 160 – калия, 60 кг кальция, то есть она требует несколько меньше элементов питания, чем другие виды капусты. Нормы минеральных удобрений под кольраби на среднеобеспеченных почвах $N_{90-120}P_{60-90}K_{120-150}$. Примерные нормы удобрений на черноземах Кубани: $N_{75-100}P_{30-40}K_{85-140}$. Вследствие скороспелости растений фосфорные и калийные удобрения следует полностью давать в предпосевную обработку, а азотные – до посадки (2/3 нормы) и в подкормку, которую делают по достижении стеблеплодами диаметра около 1,5 см. Все виды капусты хорошо отзываются на известкование кислотных почв, которое значительно уменьшает заболевание растений капустной килой и повышает их скороспелость. Известь целесообразно вносить в севообороте под предшественники капусты.

Брюква

Требования к почве. Наиболее пригодны для брюквы суглинистые почвы, богатые органическим веществом, с невысоким уровнем грунтовых вод; может давать хорошие урожаи и на глинистых почвах, осушенных болотах или торфяниках. На легких супесчаных почвах она дает высокие урожаи лишь при внесении удобрений. Для брюквы предпочтительна слабокислая реакция ($pH_{\text{сол.}} 6,0-6,5$) почвенного раствора. Щелочные почвы брюква переносит плохо.

Удобрение. На формирование 10 т товарной продукции брюква выносит из почвы 21,1 кг азота, 2,8 – фосфора и 37,1 кг калия. Столовая брюква хорошо отзывается на внесение минеральных удобрений, а также натрия, бора и меди. Удобрения под брюкву вносят из расчета $N_{40-60}P_{60-90}K_{60-120}$ на фоне 30–40 т/га перепревшего навоза. Органические удобрения, а также 2/3 нормы минеральных туков вносят под зяблевую вспашку, остальные минеральные удобрения – под предпосевную обработку почвы. У брюквы еще раньше, чем у других корнеплодных растений проявляются симптомы борной недостаточности, которая проявляется в стекловидности мякоти корнеплода.

Репа

Требования к почве. Лучшие почвы для репы – супесчаные и суглинистые с нейтральной и слабокислой реакцией. Из всех овощных культур только репа переносит повышенную кислотность почвы, удовлетворительно произрастая при рН 5,5 и даже 5.

Удобрение. Репа отзывчива на фосфорные и калийные удобрения. При высокой обеспеченности почвы азотом и низкой – фосфором и калием снижается устойчивость репы к заболеваниям, повышается количество нитратов в корнеплодах и уменьшается концентрация в них сахаров. На формирование 10 т товарной продукции репа расходует 18,4 кг азота, 2,9 – фосфора и 36,9 кг калия. Под нее не рекомендуется вносить свежий навоз или большие нормы азотных удобрений, так как это вызывает образование пустотелых корнеплодов, излишний рост ботвы и ухудшает вкусовые свойства. Репу лучше выращивать по второму или третьему году после внесения органических удобрений. Оптимальная норма минеральных удобрений на окультуренных высокогумусированных почвах для этой культуры $N_{40-60}P_{60-90}K_{90-120}$. Под зяблевую вспашку на малопродуктивных почвах вносят органические удобрения из расчета 40–60 т/га.

Редис

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Лучшими почвами для весенне-летних сортов являются окультуренные супеси, для осенних – кроме того, легкие окультуренные суглинки. Редис имеет очень короткий вегетационный период, но высокая интенсивность поглощения им элементов питания делает эту культуру требовательной к плодородию почвы. Он хорошо растет на структурной почве, имеющей нейтральную или слабокислую реакцию (рН 5,5–7,3). На кислой почве редис сильнее поражается килой. На бесструктурной, бедной элементами питания почве корнеплоды у редиса не формируются. Недостаток азота приводит к плохому развитию и листовой розетки и корнеплода. На листьях появляется розовато-малиновая окраска. При недостатке калия корнеплод не образуется, хотя листья и не имеют внешних признаков калийного голодания растений.

Удобрение. На формирование 10 т урожая редис расходует 16,8 кг азота, 7,3 – фосфора, 34,2 – калия и 5,7 кг кальция. При таком малом выносе элементов питания эта культура отличается интенсивным их потреблением в единицу времени. Поэтому он хорошо отзывается на внесение удобрений.

Редис не переносит удобрение свежим навозом, который лучше вносить под предшественник. На малогумусных супесчаных и песчаных почвах под предшественник вносят 40–50 т/га навоза или с осени непосредственно под редис 15–20 т/га перепревшего навоза. На почвах, содержащих гумуса свыше 2–2,5 %, редис можно выращивать без внесения органических удобрений.

В первоначальный период развития редис требует усиленного фосфорного питания, поэтому хорошо отзывается на внесение фосфорных удобрений в рядки при посеве семян.

Оптимальные нормы минеральных удобрений под редис $N_{30-120}P_{60-100}K_{90-150}$ в зависимости от обеспеченности почв элементами питания, и планируемой урожайности (табл. 338).

При применении удобрений под редис следует учитывать, что ввиду короткого вегетационного периода под него лучше вносить нитратные быстродействующие формы азотных удобрений. Из калийных удобрений лучше применять калимагнезию, так как супесчаные почвы обычно недостаточно

Таблица 338 – Примерные нормы внесения минеральных удобрений под редис

Планируемая урожайность, ц/га	Азотные (N)			Фосфорные (P ₂ O ₅)				Калийные (K ₂ O)			
	окультуренность почв			обеспеченность почв подвижным фосфором				обеспеченность почв обменным калием			
	средняя	хорошая	высокая	низкая	средняя	хорошая	высокая	низкая	средняя	хорошая	высокая
100	60	60	30	80	60	10**	10*	150	120	90	60
150	90	60	60	100	80	60	10**	180	150	120	90
200	90	60	30	80	60	40	10**	180	150	120	90
300	120	90	60	100	80	60	10**	200	180	150	120

* По последствию 30–40 т органических удобрений на 1 га (под предшественник) на малогумусных почвах.

** Внесение гранулированного суперфосфата в рядки при посеве.

обеспечены магнием. Рекомендуется использование удобрений с низким содержанием хлора. Примерная норма удобрений на черноземах Кубани под редис N₄₀₋₆₀P₃₀₋₄₀K₄₀₋₆₀, перегной 20–30 т/га.

Редька

Требования к почве. Лучшее почвы для редьки – суглинистые, с нейтральной реакцией почвенного раствора; удовлетворительно растёт она при слабокислой реакции почвы.

Удобрение. На формирование 10 т редька расходует 30,4 кг азота, 2,6 – фосфора, 35,7 – калия и 3,5 кг кальция. Примерная норма удобрений на черноземах Кубани под редьку N₄₀₋₉₀P₄₀₋₆₀K₄₀₋₉₀, перегной 30–40 т/га. Меньшие нормы удобрений рекомендуются под скороспелые, большие – под позднеспелые сорта редьки. Она хорошо отзывается на внесение гранулированного суперфосфата в рядки при посеве. При ожидаемом появлении черной гнили редьки следует предпочитать удобрения, снижающие рН почвенного раствора. Навоз нельзя вносить непосредственно под редьку, поскольку это способствует формированию корнеплодов аномальной формы.

Катран

Требования к почве. Катран неприхотлив, хорошо приспосабливается к почвенно-климатическим условиям, что облегчает введение его в культуру. В отличие от обычного хрена, катран размножается семенами. Хорошо растет на окультуренной, богатой органическим веществом суглинистой почве. Кислые почвы для выращивания катрана непригодны. Оптимальная реакция почвенного раствора (рН) – 6,5–7,0.

Удобрение. Катран отзывчив на удобрения. Под зяблевую вспашку желательно внесение полуперепревшего навоза из расчета 40–60 т/га. Минеральные удобрения применяют в соответствии с типом почвы и агрохимической картограммой. Ориентировочная норма – N₆₀₋₉₀P₆₀₋₁₂₀K₆₀₋₁₂₀. Минеральные удобрения вносятся в три приема. Половину запланированной нормы удобрений вносят перед посевом под предпосевную обработку почвы. Оставшуюся часть удобрений дают в две подкормки. Первую подкормку проводят через неделю после прореживания растений. В фазу 3–4 листьев растения подкармливают вторично. В первую подкормку вносят N₃₀ P₃₀ K₃₀, а вторую – N₁₅ P₃₀ K₃₀ т. е. дозу азота снижают наполовину.

Хрен

Требования к почве. Хрен может расти на малопродуктивных почвах, но высокие урожаи получают только на хорошо окультуренных участках, расположенных вблизи водоема. Для возделывания этой культуры непригодны почвы песчаные, глинистые тяжелого гранулометрического состава, дерново-подзолистые с неглубоким пахотным слоем, расположенные на водоразделах, заливных поймах и в низинах. На тяжелых почвах товарные и вкусовые свойства хрена ухудшаются, на песчаных он страдает от недостатка влаги, кроме того корни теряют острый вкус. Оптимальная реакция почвенной среды для этой культуры рН-6,0-6,5.

Удобрение. Участок под хрен готовят с осени. Под глубокую зяблевую вспашку (27–29 см) вносят 40–50 т/га полуперепревшего навоза. Если осенью навоз внести не удалось, то ранней весной под перепахку зяби дают 30–40 т/га перегноя и минеральные удобрения из расчета $N_{90-120}P_{60-90}K_{60-90}$. Первую междурядную обработку посевов хрена сочетают с подкормками минеральными удобрениями. В первую подкормку вносят 40–50 кг/га аммонийной селитры, 75–100 – простого суперфосфата и 40–50 кг/га калийной соли, во вторую подкормку, которую совмещают с окучиванием, дозы удобрений удваивают. Следует иметь в виду, что при одностороннем удобрении азотом урожайность хрена снижается. Нормы минеральных удобрений корректируют в соответствии с данными агрохимического анализа почвы. Корни хрена потребляют большее количество серы, которая требуется для синтеза алкалоидов, придающий корням острый вкус. Поэтому при выборе формы удобрений под эту культуру предпочтение следует отдавать серосодержащим удобрениям – сульфату аммония, сернокислому калию, простому суперфосфату.

Кресс-салат

Требования к почве. Кресс-салат выращивают на любых огородных почвах, но лучше растет на легких по гранулометрическому составу увлажненных почвах. При недостатке влаги в почве у растения очень быстро начинается стеблевание, они не образуют хорошей розетки листьев, снижая урожай и ухудшая качество зелени.

Удобрение. Кресс-салат выращивают на хорошо заправленных органическими удобрениями почвах. В качестве органического удобрения под эту культуру чаще вносят под зяблевую вспашку 30–40 кг/га перепревшего навоза. Под кресс-салат основное минеральное удобрение не вносят. Для получения качественной продукции растения подкармливают азотными удобрениями. Для этих целей чаще используют аммонийную селитру. Ориентировочная норма удобрения N_{20-40} .

6.4.11.2. Зонтичные

Морковь

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Лучшими для моркови являются почвы, богатые органическим веществом. Она дает высокий урожай на черноземах, окультуренных дерново-подзолистых суглинках и супесчаных почвах. Высокий урожай моркови получают также на осушенных низинах окультуренных торфяниках. Тяжелосуглинистые и глинистые, заплывающие почвы непригодны для возделывания этой культуры. На почвах с рН 5 и ниже морковь растет плохо. Оптимальная

реакция почвенной среды (рН) для моркови находится в пределах 6,0–7,0, на низинных торфяниках – 5,0–5,5.

Непременным условием для получения высокого урожая корнеплодов моркови является наличие в почве достаточного количества элементов питания. На создание 10 т товарной продукции эта культура потребляет 20,8 кг азота, 2,7 – фосфора, 39,3 – калия и 6,3 кг кальция. Требования моркови к минеральному питанию изменяются по фазам вегетации растений. В первый период своего развития она требует повышенного фосфорного питания. Фосфорное голодание моркови в раннем возрасте приводит к нарушению обмена веществ, заметному угнетению проростков и не может быть компенсировано более поздним снабжением их фосфором. Особенно тяжелые последствия для развития растений могут быть на слабокультурных, кислых, бедных фосфором почвах при одностороннем азотно-калийном питании.

Растения моркови усиленно начинают потреблять азот в период интенсивного образования надземной вегетативной массы. При недостатке азота у нее задерживается развитие листового аппарата, уменьшается интенсивность фотосинтеза, что сказывается на урожае корнеплодов. Особенно сильный дефицит азота для растений бывает в холодный, дождливый весенне-летний период, когда резко замедляются процессы нитрификации в почве. В этот период морковь потребляет в сутки до 4 кг/га азота. Как показали многолетние исследования А.И. Столярова (1985), при недостатке его в почве нарастание площади листьев идет медленно, они рано желтеют и отмирают. Наоборот, при избытке азота наблюдается интенсивный рост листьев в ущерб корнеплодам. В период максимального роста корнеплода усвоение азота растением уменьшается, а к концу вегетации снова усиливается. Особенно часто избыток азота встречается на торфяных и тяжелых по гранулометрическому составу пойменных почвах. Морковь – калиелюбивая культура. Потребление калия растениями моркови в период вегетации постепенно нарастает. При недостатке этого элемента в почве наблюдается курчавость молодых листьев и краевой опал на старых листьях.

Удобрение. Значительную часть элементов питания растения моркови используют из почвенных запасов. Имея глубокую проникающую корневую систему, она лучше, чем другие культуры, способна усваивать фосфор и калий из труднорастворимых соединений почвы. Для расчета нормы удобрений под планируемый урожай корнеплодов моркови необходимо пользоваться коэффициентом использования фосфора и калия из почвы и из удобрений, данными выноса элементов питания на единицу продукции. Безусловно, что прежде всего необходимо учесть и содержание доступных форм элементов питания в почве, используя для этих целей данные агрохимических картограмм. Коэффициенты использования фосфора растениями моркови из удобрений составляют 15 %, из почвы – до 5 %, а калия – соответственно 67 % и 20 %. Морковь следует возделывать по последствию органических удобрений. Внесение свежего навоза непосредственно под эту культуру задерживает формирование и созревание урожая, ухудшает качество корнеплодов – получают плохие на вкус, уродливые и разветвленные корнеплоды бледно-желтой окраски. Фосфорные удобрения под морковь обязательны на всех почвах, так как они способствуют сохранению правильной формы корнеплодов, обеспечивают их высокий выход. При содержании подвижного фосфора более 25 мг по Кирсанову и более 15 мг по Чирикову на 100 г почвы можно ограничиться внесением под эту культуру малых доз гранулированного суперфосфата (Р₁₀) в рядки при посеве. Одностороннее обильное питание азо-

том и калием на фоне низкого содержания подвижного фосфора в почве угнетает молодые растения, способствует повреждению первичного корешка, что приводит к резкому увеличению нестандартных, уродливых корнеплодов. Норма минеральных удобрений на черноземах Кубани под морковь составляет N_{60-90} , P_{60-120} , K_{60-90} . Две трети фосфорно-калийных удобрений под морковь необходимо вносят осенью под зяблевую вспашку, остальные – весной. Дополнительное питание растений в период вегетации моркови обеспечивают подкормками. В течение вегетации растений по мере необходимости проводят две подкормки: первая – через две–три недели после всходов; вторая – через три–четыре недели после первой. Лучшие формы удобрений под морковь – аммонийная селитра, гранулированный суперфосфат и кали-магнезия (на легких почвах), а также хлористый калий.

Морковь положительно реагирует и на внесение борных и цинковых микроудобрений. Их вносят из расчета 1-2 кг/га д. в. под предпосевную обработку почвы.

Пастернак

Требования к почве. Пастернак хорошо растет в различных климатических условиях, но наивысшие урожаи получают в морском климате и при средних температурах (минимальная температура 4°C, оптимальная – 16–18°C). Для него наиболее пригодны почвы среднего и тяжелого гранулометрического состава, имеющие нейтральную или слабокислую реакцию (рН 5,5–7,0).

Удобрение. Пастернак формирование 10 т корнеплодов пастернак использует 16,8 кг азота, 7,3 – фосфора, 34,2 – калия и 5,7 кг кальция. Он хорошо отзывается на внесение удобрений под предшествующую культуру или осенью, и на внесение суперфосфата или аммофоса в рядки при посеве, а также на подкормку минеральными удобрениями. Навоз вносят под предшествующую культуру или осенью из расчета 30–40 т/га, минеральные удобрения – N_{60-90} P_{60-90} K_{90-120} . Оптимальная норма минеральных удобрений на основных почвах юга нашей страны для пастернака составляет N_{40-60} P_{30-40} K_{60-90} , перегной 20-30 т/га.

Петрушка

Требования к почве. Лучшими почвами для петрушки являются супесчаные и легкосуглинистые по гранулометрические почвы с глубоким пахотным слоем.

Удобрение. По своим биологическим особенностям петрушка близка к столовой моркови. На формирование 10 т товарной продукции петрушка корневая расходует 41,6 кг азота, 9,5 – фосфора, 34,0 калия и 24,5 калия.

Петрушка отзывчива на внесение органических удобрений. В овощном севообороте после внесения в почву навоза петрушка идет второй культурой. Если предшественник не удобряли, то осенью или под весеннюю вспашку вносят 30–40 т/га перегноя или торфоминерального компоста и полное минеральное удобрение. Под корневую петрушку вносить свежий навоз не рекомендуется, чтобы не вызвать ветвления корнеплодов. Для листовых сортов петрушки требуется больше азота, они хорошо отзываются на непосредственное внесение органических удобрений. Оптимальная норма удобрений: N_{60-90} , P_{90-120} , K_{60-90} ; 2/3 фосфорного удобрения вносится до посева под основную обработку почвы, оставшаяся часть – в рядки при посеве. Под предпосевную обработку почвы вносится половина норм азотных и калийных удобрений, оставшаяся половина – в подкормках. Первую подкормку петрушки проводят в период образования растениями 2–3 настоящих листьев, вторую – через 20–25 дней. Для растений поздних сроков уборки полезно дать еще одну калийную подкормку.

Сельдерей

Требования к почве. Сельдерей особенно хорошо растет на суглинистых окультуренных почвах, обеспеченных влагой (лугово-болотные или торфяные почвы притеррасной поймы, осушенные низинные торфяники, лугово-черноземные). Страдает от повышенной кислотности почв и требует нейтральной реакции среды (оптимальная рН 6,6–7,0).

Удобрение. Сельдерей предъявляет высокие требования к наличию в почве как макро- так и микроэлементов. На формирование 10 т товарной продукции эта культура расходует 20,8 кг азота, 2,7 – фосфора, 39,3 – калия, 6,3 кг кальция, т.е. очень высока потребность у сельдерея в азоте и калии. Азот способствует ускоренному формированию листовой розетки, фосфор ускоряет созревание растений и улучшает качество продукции, калий стимулирует накопление сахаров и крахмала, а также повышает устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Как галофит, сельдерей слабо чувствителен к хлору, содержащемуся в калийных удобрениях. Примерная норма удобрений на черноземах Кубани под сельдерей: $N_{40-60}P_{30-50}K_{40-90}$, перегной 30–40 т/га. Органические и фосфорные удобрения вносят под основную обработку почвы, калийные – перед посевом. Поскольку потребление больших количеств азота для роста листьев на очень ранних этапах их формирования может привести к повышению содержания нитратов в корнеплодах, азотные удобрения вносят в 2–3 приема. Перед посевом вносят половину расчетной нормы. Оставшаяся часть – в подкормках: в начале июля и в середине августа.

На почвах со слабощелочной и щелочной реакцией в период возможной засухи в июле растения сельдерея могут испытывать недостаток бора (коричневый цвет сердечка). Снижение содержания этого элемента менее 1 мг/кг почвы является критическим. Первый симптом борной недостаточности у сельдерея – появление коричневых пятен в тканях корнеплода. Позднее в нем образуются пустоты, на самых молодых листьях появляются желтые пятна, середина листа отмирает, на черешках образуются поперечные трещины, разрывается конус нарастания корнеплода. Для профилактики вносят борные удобрения (из расчета до 2–3 кг/га по д. в.). При остром недостатке бора проводят некорневую подкормку растений 0,5 % водным раствором микроэлемента при норме расхода рабочего раствора 400 л/га.

Укроп

Требования к почве. Укроп – культура сравнительно малотребовательная к плодородию почвы. Хорошо растет на среднеокультуренных дерново-подзолистых и пойменных землях. Наиболее высокие урожаи он дает на черноземных и наносных аллювиальных почвах.

Удобрение. Укроп выносит с урожаем небольшое количество элементов питания. Ориентировочные нормы удобрений: навоз – 30–40 т/га, $N_{60-80}P_{40-60}K_{60-90}$. Одну треть азотно-калийных удобрений целесообразно давать в подкормку. При выращивании укропа на раннюю зелень весной полезно провести азотную подкормку, а для получения укропа на засолку желательно дополнительно усилить фосфорно-калийное питание растений.

6.4.11.3. Маревые

Свекла столовая

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Свекла столовая лучше всего растет на окультуренных дерново-подзолистых и пойменных почвах. На низинных торфяниках с близким залеганием грунтовых вод растет плохо. Оптимальная реакция почвенной среды для свеклы нейтральная или слабощелочная (рН 6,2–7,5), поэтому кислые почвы необходимо известковать.

Одним из основных условий получения высококачественного урожая стандартных корнеплодов является обеспечение ее элементами питания в течение всего периода вегетации растений. Для получения урожая корнеплодов 400–500 ц/га растения свеклы используют из почвы 30–45 кг фосфора, 100–130 – азота, 210–260 – калия и 70–90 кг кальция.

Требования столовой свеклы к условиям минерального питания неодинаковы по фазам вегетации растений. В первую половину развития растения свеклы больше всего нуждаются в азоте, а в конце вегетации в калии. Азот способствует быстрому росту растений, вызывает появление новых листьев. Недостаток этого элемента ограничивает рост растений, существенно снижает урожай. Избыточное поступление азота в растения во второй половине вегетации приводит к чрезмерному росту листьев в ущерб урожаю корнеплодов. Поэтому азотная подкормка свеклы в поздние сроки нецелесообразна. Калий необходим для фотосинтеза, усиливает ростовые процессы и развитие корнеплодов. При недостатке этого элемента листья преждевременно желтеют, а корнеплоды вянут. Необходимость потребления фосфора растениями свеклы начинается с момента формирования корневой системы и продолжается в течение всего вегетационного периода. Недостаток фосфорного питания приостанавливает рост растений и задерживает формирование корнеплодов, так как наряду с азотом и серой фосфор необходим для образования белков.

Удобрение. Столовая свекла отзывчива на внесение органических и минеральных удобрений. Под эту культуру можно использовать любые органические удобрения. Их внесение под свеклу, почти повсеместно, повышают урожай. Если под предшествующую культуру навоз не был внесен, то необходимо внести 20–50 т/га перегноя под зяблевую вспашку. Сидераты в сочетании с минеральными удобрениями также обеспечивают высокие урожаи свеклы, не уступающие иногда урожаю по навозу. Потребность в минеральных удобрениях зависит от плодородия почвы в хозяйстве и от способов их внесения.

Свекла столовая хорошо отзывается на азотные удобрения, даже на торфяных почвах, богатых азотом. У свеклы хорошо развита вегетативная масса, поэтому недостаток этого элемента резко снижает урожайность корнеплодов.

Свекла требует большого количества калия, который способствует оттоку пластических веществ из листьев в корнеплоды, ускоряет созревание корнеплодов и повышает его качество. Особенно большое количество калия эта культура потребляет на пойменных и торфяных почвах, поэтому здесь необходимы высокие нормы калийных удобрений. На черноземных и каштановых почвах, при высокой насыщенности почвенного поглощающего комплекса натрием, эффективность калийных удобрений снижается, так как свекла может использовать вместо калия натрий. Свекла столовая хорошо отзывается на натрийсодержащие удобрения, под нее можно вносить сырые калийные соли без ущерба для качества корнеплодов.

На черноземных и каштановых почвах свекла столовая положительно реагирует на фосфор, часто этот элемент находится в первом минимуме и повышает урожай корнеплодов.

Лучшими нормами минеральных удобрений под свеклу столовую (на почвах, среднеобеспеченных элементами питания) являются: на дерново-подзолистых почвах $N_{120-180} P_{60-90} K_{120-150}$, на пойменных – $N_{120-180} P_{30-60} K_{120-180}$, на низинных торфяных $N_{0-60} P_{60-90} K_{180-240}$. Примерная норма удобрений на черноземах Кубани под свеклу столовую составляет $N_{60-100} P_{60-100} K_{60-90}$. Под зяблевую вспашку вносят обычно 2/3 нормы фосфорных и калийных удобрений, под весеннюю обработку почвы и в подкормки остальное количество, в том числе и азотные.

При посеве свеклы столовой целесообразно заделывать в рядки 0,5 ц/га гранулированного суперфосфата или 1 ц/га нитрофоски. Это увеличивает полевую всхожесть семян, усиливает рост растений в начальный период и повышает выход пучкового товара.

Подкормку посевов свеклы столовой при недостаточной заправке почв удобрениями проводят через 2–3 недели после всходов [в возрасте 3–4-го настоящего листа] (азотно-фосфорная) и в период начала роста корнеплодов [когда его диаметр достигает 2,5 см] (азотно-калийная). При появлении признаков калийного голодания (бурая кайма на нижних листьях) с поливной водой вносят 0,5–1 ц/га калийных удобрений. Из минеральных удобрений под свеклу лучше всего использовать мочевины, натриевую селитру, простой и двойной суперфосфат, калийную соль, на легких почвах – калимагнезию.

На пойменных и известкованных дерново-подзолистых почвах свекла столовая часто болеет гнилью сердечка (дуплистость) из-за недостатка бора, поэтому рекомендуется применять под нее 5–7 кг/га д. в. борного удобрения.

Свекла чувствительна к кислой реакции почвы. Она сильно отзывается на известкование.

Шпинат

Требования к почве. Корневая система у шпината слабо развита и располагается на глубине 20–25 см. Поэтому эта культура хорошо растет только на богатых органическим веществом, плодородных, обеспеченных влагой не кислых почвах. На сильнокислых почвах растения гибнут. В то же время на карбонатных, а также известкованных почвах шпинат может страдать от недостатка железа.

Место в севообороте. В севообороте шпинат размещают на высокоплодородных участках после культур, под которые вносили органические удобрения. Лучшие предшественники: картофель, томаты, капуста огурцы. При выборе предшественника важно выдержать определенный промежуток времени: при возделывании шпината по шпинату или при наличии в севообороте сахарной свеклы и других маревых возможно заражение свекольной нематодой и желтухой свеклы. Не рекомендуется размещать посеы шпината и по картофелю из-за возможности поражения нематодой.

Удобрение. При коротком вегетационном периоде – 65–70 дней и урожайности 250 ц/га шпинат потребляет 73 кг азота, 36 – фосфора и 105 кг калия. По уровню потребления элементов питания за сутки шпинат намного превосходит поздние овощные культуры. Поэтому в почве должно быть достаточное количество азота, фосфора и калия в усвояемой растениями форме, а из микроэлементов должен присутствовать бор. Содержание азота в корнеобитаемом слое почвы должно соответствовать требуемым нормам прироста и допустимому содержанию нитратов в продукции (рис. 9; Круг Г., 2000).

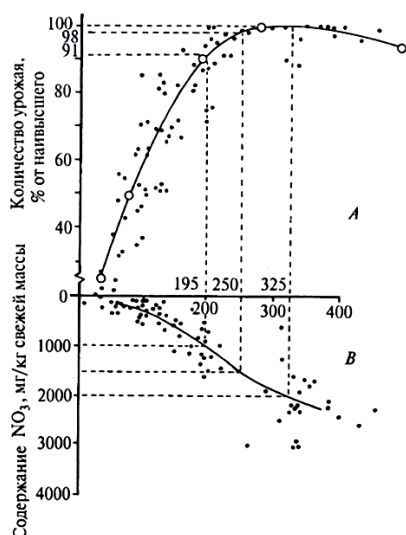


Рисунок 9 – Влияние обеспечения азотом растений шпината на урожай и содержание нитратов

Высокий прирост листовой массы можно обеспечить внесением $N_{200-250}$. Содержание нитратов в продукции при таких нормах может составлять 3000 мг/кг, тогда как предельно допустимая концентрация составляет 2000 мг/кг. Так как нельзя допустить превышения содержания нитратов ПДК, нормы внесения азота следует уменьшить с 200–250 до 100–150 кг/га. При этом максимально возможный урожай снижается на 40 %. Содержание нитратов в определенной степени можно регулировать не только изменением норм, но сроков внесения. На почвах с высокой сорбционной способностью азот можно вносить всей нормой за неделю до посева. При использовании почв с низкой сорбционной способностью следует учитывать, что шпинат в фазе всходов солечувствителен, поэтому перед посевом азот вносят не больше 100 кг/га, а оставшуюся часть – в фазе третьего настоящего места. Дробное применение азотных удобрений способствует повышению содержания нитратов в урожае, особенно когда часть из них вносят непосредственно перед уборкой для придания растениям темно-зеленого цвета. При зимнем возделывании 30 % азота вносят осенью, остаток – весной при отрастании. При потреблении шпината необходимо помнить, что нитраты накапливаются преимущественно в сосудистых пучках, поэтому их больше всего в стеблях и листовых черешках. Нитраты как таковые не оказывают непосредственного воздействия на человека и животных. Вредоносность проявляется при бактериальном восстановлении нитратов во время транспортировки или хранения в свежем либо переработанном виде. Опасность заключается в том, что при восстановлении нитратов до аминов или амидов образуются канцерогенные нитрозоамины и нитрозоамиды.

Фосфорные удобрения вносят осенью под основную обработку почвы, а калийные туки предпочтительнее вносить весной в хлоридной форме под предпосевную обработку. Нормы минеральных удобрений под шпинат необходимо дифференцировать в зависимости от окультуренности почвы и ее обеспеченности элементами питания. На дерново-подзолистых почвах вносят удобрения из расчета $N_{90-120}P_{40-60}K_{90-120}$; на черноземах – $N_{60-120}P_{60-80}K_{60-90}$, на пойменных землях – $N_{60-120}P_{40-60}K_{120-150}$. Учитывая короткий период вегетации этой культуры и ее склонность к накоплению нитратов, проводят лишь ограниченное число подкормок – один, редко два раза. Подкормки обычно проводят азотно-калийными удобрениями. Подкармливают, как правило, озимые посадки шпината. Этот агроприем выполняют один раз рано весной, сразу после схода снега.

6.4.11.4. Гречишные

Ревень

Требования к почве. Плантацию ревеня закладывают на длительный срок (10–15 лет). Чтобы обеспечить хороший рост растений, выбирают участки с суглинистой или глинистой почвой. На супесчаных, и особенно на песчаных, почвах ревень растет плохо, плантация быстро стареет, и ее приходится обновлять уже на пятый – седьмой год. Оптимальный уровень грунтовых вод – 1–1,5 м. В северных районах выбирают участки, защищенные от ветра, открытые с южной стороны для лучшего прогревания почвы. Ревень может хорошо расти на кислых почвах при pH 4,5–5,0. Оптимальное значение pH для него 6,5–7,0.

Ревень выносит из почвы в годы высокой урожайности 230–250 кг азота, 80–100 – фосфора и 200–230 кг/га калия. Большая часть элементов питания выносятся в первой половине вегетации.

Удобрение. Ревень чрезвычайно отзывчива на минеральные и органические удобрения, так как растения развивают очень большую вегетативную массу. Навоз вносят под зяблевую вспашку из расчета 80–100 т/га; минеральные удобрения – в норме $N_{90-150}P_{80-100}K_{150-250}$ в зависимости от содержания в почве элементов питания. Вся норма фосфорных, 1/3 азотных и калийных удобрений вносятся перед посевом, а оставшаяся часть – в подкормки. Подкормку дают весной – по отрастающим листьям, вторую через две недели, третью – осенью после последнего сбора черешков. Раз в три года в междурядья вносят весной 20–30 т/га навоза или компоста и заделывают культиватором на глубину до 15 см.

Щавель

Требования к почве. Щавель хорошо растет на почвах разного генетического происхождения, легко- и среднесуглинистых, не песчаных по гранулометрическому составу, богатых органическим веществом; не требователен к реакции почвенного раствора. Для него одинаково подходят как кислые почвы с pH 4,5–5,5, так и нейтральные. На создание 10 т урожая щавель потребляет 45 кг азота, 15–20 – фосфора и 45–55 кг калия.

Удобрение. Плантации щавеля закладывают на 3–4 года. Малогумусные почвы удобряют навозом из расчета 40–50 т/га и вносят минеральные удобрения из расчета $N_{90-120}P_{60-80}K_{60-90}$. Весной после каждого сбора растения подкармливают азотными удобрениями (N_{30-45}). Для лучшей перезимовки осенью целесообразно подкормить щавель фосфорно-калийными удобрениями ($P_{30}K_{30}$).

6.4.11.5. Сложноцветные

Артишок

Требования к почве. Артишок может произрастать и давать высокий урожай на различных почвенных разностях. Весьма благоприятны для него черноземные и наносные аллювиальные почвы. Оптимальная реакция почвенного раствора ($pH_{\text{сол.}}$) составляет 6,5–7,5. Тяжелоглинистые и песчаные почвы малопригодны для этой культуры.

Удобрение. Артишоки лучше всего растут на суглинистой почве. Пахотный слой почвы должен иметь толщину не менее 20–25 см. С осени под вспашку вносят 80–100 т/га навоза. Минеральные удобрения применяют из расчета $N_{100-140}P_{90-120}K_{80-180}$. Осенью под зяблевую вспашку вносят 75 % фосфорно-калийных удобрений, а перед посевом всю норму азотных удобрений

и остальную часть фосфорно-калийных. При необходимости через две недели после посадки растения подкармливают минеральными удобрениями. Ориентировочные дозы $N_{30-40}P_{40-50}K_{30-40}$.

Салат

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Для салата наиболее пригодны суглинистые и супесчаные почвы среднего гранулометрического состава; тяжелые и склонные к заплыванию почвы менее благоприятны. Салат очень плохо переносит даже небольшую кислотность почв и физиологически кислые удобрения; для него оптимальная рН 6,8–7,2. Он очень чувствителен к повышенной концентрации солей: уже при содержании солей 0,3–0,4 % (200 мг КСl/100 г почвы) можно ожидать повреждений. Поэтому салат является хорошим тест-объектом на повышенную концентрацию солей в почве.

Салат – скороспелая, интенсивная культура, потребляющая сравнительно большое количество элементов питания за короткий вегетационный период. За сутки салат, потребляет в 1,5–2 раз больше элементов пищи, чем капуста или свекла.

Удобрение. На создание 10 т продукции растение салата расходует 22 кг азота, 10 – фосфора и 44 кг калия. Для удовлетворения потребности в элементах питания применяют удобрения. Салат хорошо реагирует на азотные удобрения, особенно на почвах, обеспеченных другими элементами питания. Однако избыток азота на бедных слабокультуренных почвах может вызвать угнетение растений, а у кочанного салата – рыхлость кочанов. Азотные подкормки салата лучше проводить в начале интенсивного роста растений и прекращать не позднее чем за месяц до уборки урожая. При запоздалых подкормках имеет место накопление нитратов в товарной части продукции. По нормативу Всемирной организации здравоохранения допустимая суточная доза нитратов для человека – 5 мг/кг его массы. Допустимые Минздравом Российской Федерации уровни нитратов в зеленных овощах – до 2000 мг/кг зеленой массы.

Из-за слабого развития корневой системы салат плохо использует почвенный фосфор и нуждается во внесении фосфорных удобрений, даже на хорошо обеспеченных подвижным фосфором почвах. При посеве салата рядковое удобрение гранулированным суперфосфатом значительно повышает всхожесть семян и способствует наилучшему развитию корневой системы. При недостатке фосфора рост салата слабый, растение приобретает темную окраску.

В ряде регионов отмечена магниевая недостаточность при выращивании салата. Недостаток этого элемента обнаруживается в виде сильного хлороза, который проявляется между краями листьев. Для устранения магниевой недостаточности перед посевной вносят магниевые удобрения из расчета Mg_{10-15} .

Высоко отзывается салат на микроудобрения. Их внесение способствует росту урожая и улучшает качество салата.

Эстрагон

Требования к почве. Эстрагон лучше растет на плодородных почвах легкого гранулометрического состава. Для него не подходят тяжелосуглинистые и глинистые почвы.

Удобрение. При возделывании эстрагона следует избегать избыточного внесения азотных удобрений: это может снизить содержание эфирных масел в растениях. Вкусовые качества его улучшают фосфорные и калийные удобрения.

Участок под эстрагон готовят осенью перед закладкой плантации: вносят 40–50 т/га перепревшего навоза и производят глубокую зяблевую вспашку. Через каждый год выращивания в междурядья вносят перегной из расчета 20–30 т/га и заделывают культиваторами. Минеральные удобрения вносят перед посевом из расчета $N_{50-70}P_{70-90}K_{40-70}$. Подкормку проводят во второй и последующие годы ранней весной минеральными удобрениями: $N_{40-60}P_{50-90}K_{40-50}$.

Спаржа

Требования к почве. Лучшими для спаржи являются легкие, по гранулометрическому составу богатые органическим веществом, хорошо обогреваемые солнцем, почвы с глубоким пахотным слоем. Хорошо размещать спаржу на пойменных почвах со сравнительно высоким стоянием грунтовых вод. Реакция почвенного раствора должна быть близкой к нейтральной или слабощелочной.

Удобрение. Система удобрения спаржи предусматривает применение органических и минеральных удобрений. Перед закладкой плантации в почву заделывают 250–300 т/га навоза или 200 т/га перегноя и минеральные удобрения из расчета $N_{100-150}P_{200-300}K_{250-300}$. При весенней выгонке спаржи ежегодно необходимо вносить осенью 100–150 т/га навоза (укрывать сверху), весной проводить подкормку минеральными удобрениями из расчета $N_{90-130}P_{90-150}K_{80-100}$. На второй год перед выгонкой почву рыхлят и одновременно вносят минеральные удобрения в дозах $N_{30-60}P_{30-45}K_{30-45}$. На третий год, в начале сбора урожая проводят подкормки – $N_{30-60}P_{30-60}K_{40-60}$. После окончания сбора урожая растения окучивают и вносят минеральные удобрения из расчета $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Лук

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Все виды лука в большей или меньшей степени требовательны к почве и ее плодородию.

Лук репчатый. Лучшими для лука репчатого являются богатые органическим веществом суглинистые и супесчаные почвы, а также черноземы с мелкокомковатой структурой. Тяжелые по гранулометрическому составу почвы малопригодны для выращивания лука, особенно из семян, так как на них образуется корка, препятствующая появлению всходов и росту луковиц. Непригодны болотистые и торфянистые почвы из-за возможной кислой реакции почвы. Оптимальная кислотность для лука репчатого колеблется в пределах рН 6,0–7,0, но даже небольшое увеличение кислотности сильно вредит развитию и росту лука: листья становятся мелкими, светло-зелеными с желтеющими верхушками. Такие ослабленные растения раньше поражаются переноспорой и сильнее страдают при заболеваниях. Совершенно не подходят для него холодные сырые почвы с близким залеганием грунтовых вод, точно так же, как и очень сухие почвы. Вместе с тем чрезмерно богатые гумусом, переувлажненные почвы не способствуют хорошему росту и вызреванию луковиц.

У лука репчатого небольшая корневая система. Растения, особенно в молодом возрасте, очень чувствительны к повышенной концентрации солей и не выдерживают больших доз удобрений. Чтобы слабая корневая система в сравнительно короткий срок (45–60 дней) смогла обеспечить растение элементами питания и в достаточном количестве, необходимо бесперебойное снабжение ими в течение всей вегетации.

Интенсивность усвоения элементов питания растениями лука репчатого зависит от сорта, способа посева (семенами или севком), а также целей выращивания (табл. 339; Дерюгин И.П., Кулюкин А.Н., 1998).

Таблица 339 – Затраты элементов питания растениями лука на формирование 10 т продукции в зависимости от сорта и целей выращивания, кг

Сорта	При посеве семенами			При посадке севком			При выращивании на перо		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Острые	54	16	40	44	12	21	32	9	16
Сладкие	42	13	48	30	11	11	19	5	25

Острые сорта лука в среднем на 10 т продукции потребляют на 14 кг больше азота и на 11 кг меньше калия, чем сладкие сорта. Значительное преобладание потребления азота над калием у острых луков связано с более высоким содержанием сахаров. При реализации урожая вместе с пером растения выносят меньше элементов питания, чем при уборке зрелого лука.

Наращение биомассы у лука усиливается со времени образования луковички. Этот период наступает значительно раньше при высадке лука севком, чем при посеве семенами. Наибольшая интенсивность усвоения элементов питания у лука репчатого совпадает с периодом максимального нарастания сухого вещества. В период вегетации луковичного растения изменяется потребность в различных элементах питания. В первую половину жизни лук больше потребляет азота, а во время формирования луковички – фосфора и калия. При недостатке азота развиваются слабые растения со светло-зеленой окраской, при достаточном количестве этого элемента в почве листья у лука приобретают темно-зеленую окраску и имеют мощный восковой налет. Избыток азота задерживает созревание луковички, уменьшает содержание сахаров, одновременно повышая количество в них воды. У растений, страдающих от избыточного содержания азота в почве, луковички становятся рыхлыми, отчего урожай снижается. Фосфор способствует более ускоренному развитию корневой системы и формированию более крупных, плотных луковички. При его недостатке растения плохо усваивают азот из почвы, резко снижается урожай и качество луковички. Калий необходим для фотосинтеза и транспортировки пластических веществ по проводящим сосудам к луковичке. Недостаток его ведет к преждевременному отмиранию листьев и снижению урожая товарной продукции. Небольшой избыток калия в почве не оказывает отрицательного воздействия на жизнедеятельность и продуктивность луковичного растения. Важное значение для роста и развития растений лука играет кальций. Он способствует росту корней, нейтрализует кислотность почвы и улучшает усвоение фосфора, серы и бора растениями лука. При недостатке этого элемента в почве у растений отмирают листья и в конце концов они погибают. Помимо азота, фосфора, калия и кальция, лук предъявляет повышенные требования к сере. Этот элемент необходим луковичным растениям для образования ароматических веществ.

Лук-шалот – разновидность лука репчатого, которая видоизменилась в культуре. Основной его отличительной способностью является многодетковость. Луковички в гнезде бывает, как правило, 2–10 у отдельных форм и более 20. По сравнению с луком репчатым у шалота листья и цветоносы несколько короче и последние не вздутые. Лук-шалот формирует ложное перо и рано созревающие луковички. Широко распространен на Северном Кавказе в частном секторе. Лук-шалот хорошо растет на легких, богатых органическим ве-

ществом почвах. Хорошие урожаи этой культуры можно получить при выращивании его на одном участке до четырех лет. Для шалота оптимальной является нейтральная реакция почвы.

Лук-порей отличается от лука репчатого широкими плоскими листьями, круглым, высотой до 2-х м цветоносом и отсутствием в вегетативном состоянии ярко выраженной луковицы. У лука-порея, как и у лука репчатого, отмечается очень низкая скорость роста в период прохождения ювенильной фазы. При посеве семян в открытый грунт в конце марта интенсивное нарастание вегетативной массы начинается только в июле, при посеве в конце мая – в августе. Росту лука-порея способствует наличие в почве необходимого количества элементов питания в легкоусвояемой растениями форме. Этому требованию наиболее полно отвечают окультуренные, богатые органическим веществом почвы с легким или средним гранулометрическим составом. Песчаные, супесчаные, тяжелосуглинистые и глинистые почвы для него малопригодны. Лук-порей чувствителен к недостатку кислорода, поэтому следует избегать мест с высоким уровнем стояния грунтовых вод. Эта культура совершенно не переносит даже очень слабнокислых почв, на таких почвах и самый богатый агрофон не позволяет получить высокий урожай товарной продукции. На почвах с высоким рН порей развивается щуплым, с жесткими листьями, плохого вкусового качества. Лук-порей сильно истощает почву. На создание 100 ц товарной продукции он расходует 40 кг азота, 14 – фосфора, 30 – калия и 15 кг кальция. Поэтому высокие урожаи этой культуры удаются лишь на почвах, обеспеченных элементами питания в достаточном количестве.

Лук-слизун не имеет острого вкуса, присущего репчатому, и относится к салатным видам лука. У этого растения в пищу используется не только листья, но и ложная луковица. Лук-слизун – многолетнее растение, на одном месте растет до 5–6 лет, поэтому участок под него подбирают с учетом длительной культуры. Хорошо растет на богатых органическим веществом почвах с легким и средним гранулометрическим свойством. Лук-слизун предпочитает нейтральные почвы с рН 6,4–6,8. На кислых почвах его лучше размещать на второй год после известкования.

Шнитт-лук – многолетнее растение, образующее мелкие трубчатые листья; луковиц не образует. Отличается сильным ветвлением – на 3–4 й год жизни растение формирует до 100 ветвей с 3–4 листьями каждое. По сравнению с другими видами лука он имеет самые нежные и вкусные листья, но при перерастании они становятся травянистыми. Шнитт-лук лучше удается на гумусированных суглинистых почвах с рН 6,5–7,0. Высокие урожаи можно получать при его выращивании на одном участке до четырех лет. Однако быстрый рост и хорошее качество продукции возможны только при достаточной обеспеченности растений элементами питания.

Лук душистый – многолетнее растение; возделывают, как лук-батун; луковицу не образует; листья срезают не более 2-х раз. Лучшие условия для роста и развития растений создаются на почвах с легким и средним гранулометрическим составом. Хорошие урожаи этой культуры можно получить при выращивании на одном участке не более 3–4-х лет. Для душистого лука оптимальной является нейтральная реакция почвы.

Лук-батун называют еще дудчатым или песчаным. Это многолетнее, в отличие от других разновидностей лука, очень зимостойкое растение. По вкусу листья батун несколько хуже, чем перо репчатого лука, но по химиче-

скому составу, по содержанию витаминов они близки к нему. Лук-батун образует небольшую луковичу, имеет полые дудчатые листья. Выращивают на одном месте в течение четырех-пяти лет. Лук-батун хорошо растет на суглинистых, супесчаных, и полностью освоенных торфяно-болотных почвах. Плохо растет на тяжелых глинистых и переувлажненных почвах. Возделывается в однолетней и многолетней культуре. Первую срезку производят при достижении растением высоты 20–25 см. Последние срезки делают через 30–35 дней. За сезон проводят 3–4 срезки. Последнюю срезку надо делать не позднее сентября с тем, чтобы растения окрепли перед зимовкой.

Удобрение. Корневая система всех наиболее распространенных съедобных видов лука развита довольно слабо и располагается она в поверхностном слое почвы, поэтому особенно важно снабжать растения элементами питания именно в начальный период жизни и в период формирования луковиц, а у многолетних видов – в период развития вегетативной массы.

Все виды лука очень отзывчивы на удобрения, но при внесении последних необходимо учитывать биологические особенности каждого вида.

Репчатый лук хорошо реагирует на минеральные удобрения. Установлено, что калийные и фосфорные удобрения ускоряют созревание луковиц, повышают их плотность, массу и лежкость. Одностороннее применение азотных удобрений, особенно высоких норм, наоборот, ухудшает лежкость луковиц, способствует их прорастанию и загниванию.

Внесение высоких норм органических удобрений приводит к усиленному нарастанию вегетативной массы и задерживает вызревание луковиц, поэтому их лучше заделывать под предшественник. Под репчатый лук вносят перегной или перепревший навоз – 40–60 т/га. Нормы минеральных удобрений – $N_{60-90}P_{60-120}K_{60-120}$, в зависимости от степени окультуренности почв и обеспеченности их элементами питания. Оптимальные нормы удобрений на черноземах $N_{80}P_{80}K_{80}$. Результаты опытов показывают, что лук репчатый использует из минеральных удобрений 60–70 % азота, 20–30 – фосфора и 40–50 % калия. Минеральные удобрения под лук лучше вносить дробно: 60 % нормы фосфорно-калийных удобрений осенью под зяблевую вспашку, остальные – перед посевом и в подкормках; азотные удобрения 30 % при рыхлении почвы перед посевом, остальные – в виде подкормок. Первую подкормку проводят в начале образования луковиц, вторую спустя 20–25 дней. Проведение подкормки позволяет, с одной стороны, избежать высокой концентрации почвенного раствора, а с другой – удовлетворить потребность лука в период наибольшего потребления им элементов питания.

Потребность в элементах питания шнитт-лука удовлетворяют внесением органических и минеральных удобрений. Под эту культуру ориентировочно вносят 60–80 т/га перепревшего навоза в сочетании с $N_{90-120}P_{60-90}K_{90-120}$. Внесение свежего навоза под лук нецелесообразно из-за ухудшения созревания и лежкости луковиц. Органические удобрения и 60 % нормы фосфорных и калийных туков – под зяблевую вспашку, оставшаяся часть фосфора и калия, а также 30 % запланированной дозы азота – под предпосевную обработку почвы. В период вегетации проводят подкормки азотными удобрениями. Как правило, их вносят в 2–3 приема в зависимости от состояния посевов.

Лук-порей отзывчив на органические удобрения и может выращиваться первой культурой после их внесения. Предъявляет довольно высокие требования к азотному питанию и средние – к фосфорному и калийному. В зависимо-

сти от плодородия почвы под эту культуру вносят 60–100 т/га навоза или 40–50 т/га перегноя. Примерные нормы минеральных удобрений – $N_{90-120} P_{60-120} K_{60-120}$. Удобрения вносят дробно: 60 % фосфорных и калийных удобрений – под основную и 40 % под предпосевную обработку почвы. Азотные удобрения вносят в три приема: 30 % перед посевом, остальные в виде двух подкормок. Первую подкормку проводят через 10–15 дней после появления всходов или через такой же срок после посадки рассады. Вторую подкормку дают спустя 20–25 дней после первой. Следует иметь в виду, что высокие нормы азотных удобрений повышают урожай порея, но снижают лежкость лука.

Система удобрения лука-шалота складывается из внесения до посева 80–120 т/га перепревшего навоза и подкормок в норме $N_{60-90} P_{60-120} K_{60-120}$. Первую подкормку проводят в начале фазы образования луковиц, вторую – спустя 20–25 дней.

Лук-слизун положительно отзывается на внесение органических удобрений. Полуперепревший навоз вносят под зяблевую вспашку из расчета 80–100 т/га. Ориентировочная норма минеральных удобрений $N_{90-120} P_{90-120} K_{90-120}$. Для равномерного снабжения растений элементами питания минеральные удобрения вносят дробно: под основную обработку почвы $\frac{3}{4}$ всей нормы фосфорных и калийных удобрений, а оставшуюся $\frac{1}{4}$ этих удобрений вносят непосредственно под предпосевную обработку почвы или в подкормках в течение вегетации. Азотные удобрения в силу своей легкой растворимости и возможных потерь вносят в подкормки: $\frac{2}{3}$ их вносят перед посевом под культивацию или боронование, а оставшуюся $\frac{1}{3}$ дают в виде подкормок.

Система удобрения для душистого лука складывается из внесения до посева 80–120 т/га перепревшего навоза и подкормок минеральными удобрениями. Первую подкормку дают после схода снега, вторую и третью после срезок. Ориентировочные нормы удобрений для проведения подкормок $N_{30-40} P_{30-40} K_{30-40}$.

Лук, очень отзывчив на внесение микроэлементов. Так, на каштановых и лугово-каштановых почвах с различной степенью засоления под лук рекомендуется вносить медь в форме сернокислых солей. При этом повышается урожай лука и улучшается его качество – возрастает содержание сахаров и витаминов, повышается устойчивость против различных заболеваний. В опытах Краснодарской овоще-картофельной опытной станции в условиях лугово-черноземных почв при орошении лук хорошо реагировал на внесение борных, марганцевых, цинковых и молибденовых удобрений. Удобрения вносились из расчета 2 кг/га по д. в.

Чеснок

Требования к почве. Чеснок – одно из наиболее требовательных овощных растений к плодородию почвы и, что особенно важно, к уровню грунтовых вод. Для него наиболее пригодны почвы с глубоким пахотным слоем: для озимого чеснока – супесчаные, для ярового – средние и легкосуглинистые. Оптимальная реакция среды для чеснока рН 6,5–7,9. Кислые земли обязательно известкуют (под предшественников). Под посадки следует отводить участки, защищенные от северных и северо-восточных холодных ветров и суховеев. На пониженных участках рельефа чеснок вымокает и выпревает, а на подверженных ветровой эрозии – вымерзает и выгорает. На незаливных поймах или поймах рек, пересыхающих в летнее время, чеснок растет хорошо. Яровой чеснок может произрастать и на легких солонцеватых почвах.

Удобрение. Чеснок на 10 т товарной продукции потребляет 40–50 кг азота, 10–15 – фосфора и 35–45 кг калия. Эта культура очень отзывчива на

органические и минеральные удобрения. Непосредственно под него вносят 40–60 т/га перегноя, а под предшествующую культуру или в пар – навоз крупного рогатого скота или конский 60–80 т/га, свиной 40 т/га, птичий помет 10–15 т/га. Норму внесения минеральных удобрений рассчитывают в соответствии с показателями почвенных картограмм и данными зональных работ научно-исследовательских учреждений. В целом нормы минеральных удобрений под чеснок такие же, как и под лук репчатый. Примерные нормы удобрений на черноземах $N_{80} P_{80} K_{80}$. Фосфорные и калийные удобрения способствуют лучшему вызреванию луковиц и бульбочек, повышают содержание углеводов и белка в зубках чеснока. Это особенно важно в северных районах культивирования озимого чеснока, поскольку ускоряет осеннее корнеобразование и повышает зимостойкость, а у ярового чеснока – лежкоспособность. Весной, в начале вегетации, когда интенсивно отрастают листья, чеснок больше нуждается в усиленном азотном питании. При осенней посадке половину фосфорно-калийных удобрений вносят под зяблевую вспашку, азотные – в подкормку весной в конце схода снегового покрова. Оставшуюся половину фосфорно-калийных удобрений вносят в подкормку в фазу начала формирования луковиц.

6.4.11.6. Злаковые

Кукуруза сахарная

Требования к почве. Под кукурузу сахарную желательно выбирать участки с южным или юго-западными склонами. Следует избегать пониженных, плохо дренируемых, склонных к заболачиванию участков, солонцеватых, тяжелосуглинистых и глинистых почв. Уровень залегания грунтовых вод не должен превышать 1 м. Посевы сахарной кукурузы не следует размещать ближе 50 м к посевам кормовой кукурузы. Если такую пространственную изоляцию невозможно выдержать, то початки с полосы, прилегающей к посевам кормовой кукурузы исключают из товарных, так как на них появится много зерен кормового типа, что отрицательно отразится на вкусовых качествах продукта.

Лучшими для кукурузы сахарной являются плодородные водо- и воздухопроницаемые почвы. Малопригодны солонцеватые, кислые и склонные к заболеванию почвы. Оптимальная реакция почвенного раствора для нее находится в интервале рН 6,5–7,5.

Удобрение. При выращивании кукурузы сахарной важно получить выполненные хорошо озерненные початки. Обеспечивается это при внесении сбалансированных норм органических и минеральных удобрений.

Наиболее важное удобрение для сахарной кукурузы навоз. Его лучше всего вносить осенью под зяблевую вспашку в виде из расчета 40–60 т/га. При внесении навоза в таких количествах, применение минеральных удобрений следует ограничить припосевным внесением $N_{15-20} P_{15-20} K_{15-20}$. При недостатке органических удобрений вносят минеральные удобрения – фосфорно-калийные туки осенью под вспашку в зависимости от содержания элементов питания в почве. Азотные удобрения применяют весной при посеве и при первой культивации в подкормку. В Центральной зоне Краснодарского края удобрения вносят из расчета $N_{60-80} P_{60} K_{60}$. В Северной зоне – с распространением обыкновенных черноземов применяются удобрения в дозе $N_{60-90} P_{60} K_{60}$. Примерно такие же дозы этих элементов вносятся в первой и четвертой подзонах Центральной зоны. В остальной части Центральной зоны и в Южно-

Предгорной, а также Западной зонах при лучшей обеспеченности влагой дозы азота увеличивают до 90–120, а фосфора – до 80 кг/га. Откладывание сроков внесения фосфорно-калийных удобрений до весны приводит к снижению их эффективности на 35–40 %.

При недостаточном содержании в почве того или иного микроэлемента семена сахарной кукурузы обрабатывают одноименным элементом. Наиболее высокое и постоянное положительное действие на урожайность сахарной кукурузы оказывают цинковые удобрения. Обработка семян 0,1 % водным раствором сернокислого цинка повышает урожайность початков сахарной кукурузы на 7-14 %. При проявлении цинкового голодания у растений кукурузы посевы опрыскивают водным раствором сернокислого цинка из расчета 250-300 г/га при расходе рабочей жидкости 400-500 л/га. Обработку следует сочетать с некорневой подкормкой мочевиной в дозе 10-15 кг/га.

6.4.11.7. Бобовые

Горох овощной

Требования к почве. Овощной горох – лучше растет на суглинистых почвах средней степени окультуренности. На почвах с высоким содержанием органического вещества и азота горох образует большую зеленую массу, но затягивает вегетацию. Песчаные и супесчаные почвы также нежелательны для него из-за неблагоприятных водно-физических свойств. В первый период развития горох слабо отзывается на азот. Избыток его приводит к угнетению и гибели клубеньков, затягивает период цветения и созревания. Горох овощной удовлетворительно растет при довольно широком интервале реакции почвенной среды (рН 5,5–7,0), но все же лучше отводить под эту культуру нейтральные почвы. На кислых почвах горох резко снижает урожайность.

Удобрение. Внесение навоза непосредственно под горох нежелательно – его лучше возделывать второй или третьей культурой после внесения органических удобрений.

Растения гороха выносят из почвы сравнительно небольшое количество элементов питания. В среднем на 1 ц зерна гороха с соответствующим количеством вегетативной массы выносят 3–5 кг азота, 0,8–1 кг фосфора и 1,5–2 кг K_2O . Особенности корневого питания гороха является способность использовать труднодоступные минеральные соединения и фиксировать азот воздуха с помощью клубеньковых бактерий. За вегетационный период посеvy гороха накапливают более 100 кг/га азота. Для интенсивной фиксации атмосферного азота необходимо, чтобы наряду с благоприятными условиями температуры, влажности почвы в питательной среде было достаточное количество фосфора и калия. На внесение фосфорных удобрений горох отзывается весьма эффективно, а на фоне их – и на калийные удобрения.

Эффективно при выращивании овощного гороха применение микроэлементов (молибдена – на слабокислых почвах, бора – на известкованных землях) и бактериальных препаратов.

Нормы минеральных удобрений под овощной горох зависят от плодородия почв и планируемого урожая. На суглинистых почвах целесообразно вносить $N_{30-60} P_{60-120} K_{60-90}$. На участках с пониженным содержанием подвижных форм фосфора эффективно рядковое удобрение гранулированным суперфосфатом из расчета P_{10-20} . Небольшая доза азотного удобрения, внесенная в подкормку перед цветением гороха (N_{15-20}), может значительно увеличить урожайность гороха и повысить содержание белка в нем.

Бобы овощные

Требование к почве. Лучшие для бобов почвы – черноземы, серые лесные и каштановые. Для его возделывания пригодны также окультуренные торфяники и иловато-пойменные почвы. На переувлажненных почвах, где грунтовые воды залегают ближе 1 м от поверхности бобы овощные растут плохо; не выносят засоленных, сильно кислых почв (рН ниже 5,5), а также содержащих избыток (свыше 0,6 мг/100 г почвы) подвижного алюминия.

Удобрение. Овощные бобы выносят из почвы до 350 кг/га азота, 60 – P_2O_5 , 130 – K_2O и 250 кг/га CaO . Бобы очень хорошо усваивают P_2O_5 из труднорастворимых почвенных фосфатов, поэтому больших доз фосфорных удобрений под них не требуется. Калийные удобрения необходимо вносить даже на почвах, обеспеченных обменным K_2O . Под бобы полезно вносить хлористый натрий, который частично замещает калийные удобрения. Система удобрения бобов заключается в применении навоза (30–40 т/га, с осени), а также внесении минеральных туков – $N_{90-120}P_{40-60}K_{90-120}$.

Фасоль овощная

Требования к почве. Фасоль овощной возделывают на черноземных, каштановых и серных лесных почвах. Подходят для нее и бурые лесные почвы. Лучше растет на суглинистых и оструктуренных и тяжелоглинистых по гранулометрическому составу почвах. Слитость, солонцеватость, засоление и заболачивание переносит плохо. Оптимальной для этой культуры является рН 6,5–7,5.

Удобрение. Фасоль овощной положительно отзывается на органические удобрения, внесенные с осени или под предшественник. В начале вегетации, когда клубеньковые бактерии еще недостаточно развиты, высока потребность фасоли в азоте. Фосфор и калий требуются главным образом в период цветения и созревания. Фасоль относится к культурам, нуждающимся в калийных удобрениях.

Избыток азотных удобрений может вызвать чрезмерный рост вегетативной массы и ослабить плодоношение растений. Поэтому рекомендуется вносить под эту культуру на среднеплодородных почвах удобрения из расчета $N_{45-60}P_{90-120}K_{150-200}$. Часть азотных удобрений можно давать в подкормку (с поливом) перед началом цветения.

6.4.11.8. Пасленовые

Баклажан

Требования к почве. Лучшими для баклажана являются легкие, структурные, плодородные почвы. Реакция среды – нейтральная или близкая к нейтральной. Лучше всего для него подходят черноземы, суглинистые и песчаные почвы. Тяжелые глинистые почвы с близким уровнем грунтовых вод непригодны для выращивания баклажанов.

Удобрение. Растения баклажана весьма требовательны к условиям минерального питания: на формирование 10 т продукции потребляют 45–60 кг азота, 10–15 – фосфора и 60–80 кг калия. Поэтому баклажаны хорошо отзываются на внесение минеральных удобрений. Они больше нуждаются в азоте, чем перец – при его недостатке прирост всех вегетативных органов резко замедляется. Однако высокие нормы азотных удобрений для баклажан опасны – они затягивают рост растений в ущерб плодообразованию. Фосфорные удобрения способствуют росту корней, образованию генеративных органов, ускорению созревания пло-

дов баклажана. Недостаток фосфора приводит к приостановке роста растений, опадению бутонов, плохому развитию завязи. Калий способствует активному передвижению элементов питания по растению, повышает его сопротивляемость болезням и вредителям. Хорошие урожаи баклажана получают при внесении в почву органических удобрений под зяблевую вспашку. Внесение перепревшего навоза в норме 20–30 т/га увеличивает урожайность плодов на 20–35 %. При наличии органических удобрений в достаточном количестве их вносят под баклажаны до 60 т/га. Нормы удобрений под баклажаны: на черноземах – $N_{120-180} P_{60-100} K_{30-60}$; на желтоземно-подзолистых почвах – $N_{80-120} P_{60-90} K_{60-120}$; на черноземно-луговых почвах – $N_{80-120} P_{40-60} K_{30-60}$. Большое влияние на урожай баклажанов оказывают также сроки внесения удобрений. Высокую прибавку урожая обеспечивает внесение удобрений дробно: органическое удобрение и одну треть фосфорно-калийных следует вносить осенью под зяблевую вспашку, одну треть полного минерального удобрения – весной под культивацию и остальное – в подкормку во время бутонизации.

Перец

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

Растения перца требовательны к почве и ее плодородию. Они плохо растут и плодоносят на тяжелых глинистых почвах и на участках с сильно минерализованными почвенными разновидностями. Неблагоприятна для них повышенная кислотность. Оптимальной считается реакция почвенного раствора pH 6,0–6,6. Наибольшие урожаи перца получают на черноземах супесчаных и легкосуглинистых, хорошо оструктуренных богатых гумусом почвах, содержащих элементы питания в легкодоступной форме. Важную роль в питании растений перца играет азот, который улучшает рост вегетативных органов – корней, стеблей, листьев. Наибольшая требовательность перца к азоту проявляется до фазы цветения и при формировании и – созревании плодов. В это время при недостатке у растений азота отмирают нижние листья. Избыток же азота вызывает буйный рост стеблей и листьев, задержку образования и созревания плода перца. Фосфор благотворно влияет на рост корневой системы, на ускорение образования завязей и плодов. Калий необходим в течение всей жизни, он повышает холодоустойчивость растений, ускоряет созревание плодов перца. Критический период в потреблении калия – от завязывания плодов и до конца их созревания. В кальции растения перца нуждаются относительно равномерно на протяжении всего периода вегетации. Этот элемент способствует укреплению в почве органических веществ и оказывает нейтрализующее действие. Благодаря ему происходит нормальный рост как корневой системы, так и надземных органов растений. При его избытке некоторые элементы питания переходят в труднорастворимую форму и это приводит к слабому развитию верхушечных почек и пожелтению листьев. Очень требователен перец к магнию. Сильный дефицит этого элемента в почве вызывает отмирание листьев и в конечном итоге снижает урожай и ухудшает его качество. На жизненные процессы растений перца большое влияние оказывает железо. При его недостатке листья теряют способность ассимилировать углекислоту и обесцвечиваются. Марганец необходим для образования плодов и семян, в связи с чем, его недостаток в питании перца – одна из причин опадения цветочных бутонов.

На формирование 10 т продукции перец тратит 45–60 кг азота, 10–45 – фосфора и 70–85 кг калия. Вынос элементов питания перцем из почвы зависит от степени созревания убираемых плодов. При сборе урожая в биологи-

ческой спелости поглощение минеральных веществ на единицу массы почти удваивается. Отмечено также, что острые сорта выносят из почвы элементов питания на единицу урожая больше, чем сладкие.

Удобрение. Нормы минеральных удобрений для перца на черноземах – $N_{120-180}P_{30-60}K_{60-90}$, на лугово-черноземных почвах – $N_{80-120}P_{30-60}K_{30-60}$, на подзолистых почвах – $N_{120}P_{60-120}K_{90-120}$.

Перец хорошо отзывается на внесение перегноя, но отрицательно реагирует на свежий навоз. Это связано с тем, что под влиянием свежего навоза и отдельных его фракций в корнях накапливается органический кислоторастворимый фосфор при одновременном уменьшении нуклеинового фосфора. Поэтому слаборазложившиеся органические удобрения вносят под предшествующую культуру. Примерная норма полуперепревшего навоза для перца 20–40 т/га. Наибольший урожай и наилучшее его качество получают при совместном внесении органических и минеральных удобрений.

Фосфорные и калийные удобрения на $2/3-3/4$ вносят под зяблевую вспашку. Остальную часть дают перед посадкой или во время посадки и при первой подкормке. Половину азотных удобрений заделывают в почву осенью в качестве основного удобрения или вносят весной перед посадкой. Остальную часть распределяют равными частями при посадке и последующих 2–3 подкормках.

При высадке рассады перца в открытый грунт вместе с водой, используемой для увлажнения почвы в рядках, вносят азотные, фосфорные и калийные удобрения из расчета 10–15 кг/га д. в. каждого из элементов. При ручной посадке практикуют внесение в лунки под каждое растение смеси: перегноя 4–5 т/га, суперфосфата 100 кг/га и аммонийной селитры 30–50 кг/га.

Первая подкормка должна следовать через 2–3 недели после посадки перца, когда растения хорошо приживутся и начинают активно накапливать вегетативную массу. В это время вносят оставшуюся часть калийных удобрений и $N_{10-15}P_{10-15}$. Для второй подкормки, проводимой в период массового плодообразования, когда наиболее активно идет нарастание органической массы, используют оставшуюся часть фосфорных N_{10} . Третья подкормка обычно заключительная. Ее дают через 2–3 недели после второй, при этом вносят в почву N_{10} .

Положительно реагируют растения перца на внесение микроэлементов – бора, йода, кобальта, марганца, меди, молибдена, цинка. Особенно чувствителен перец к недостатку микроэлементов на высоком агрофоне.

Томат

Требования к почве и особенности минерального питания растений. К почвам томат менее требователен, чем другие овощные культуры. Он может расти на почвах с разной кислотностью, но при pH не выше 5,5. Наиболее высокие урожаи эта культура дает на хорошо прогреваемых плодородных почвах, богатых органическим веществом, – на черноземах и незатопленных или рано освобожденных от воды пойменных почвах с pH 5,5–6,5. Хорошие урожаи томатов можно также получить на супесчаных и суглинистых почвах при внесении удобрений и поддержании почвы в рыхлом состоянии. Малопригодны для них пониженные участки с близким уровнем залегания грунтовых вод, плохо прогреваемые. Томаты требовательны к содержанию элементов питания в почве, хорошо отзывчивы на удобрения. На каждые 10 т товарной продукции они выносят из почвы и удобрений 32 кг азота, 11 – фосфора и 40 кг калия. Эти величины несколько изменяются от уровня агротехники, сорта и высоты урожая.

В первый период вегетации растения томата слабо используют элементы питания из почвы – лишь 5–7 % общего потребляемого количества элементов питания. В фазе плодоношения растений потребление элементов питания резко возрастает. Поэтому по мере нарастания вегетативной массы и особенно в период интенсивного образования плодов отзывчивость томатов на удобрения резко повышается. Так, по данным З.И. Журбицкого (1963), у 30–дневных растений томатов на 100 частей азота расходовалось фосфора – 24, калия – 70 и кальция – 89, а в период плодоношения соответственно 48, 291 и 199, т.е. количество фосфора и кальция увеличивалось вдвое, а калия – в 4 раза. Следует иметь в виду также, что для молодых растений требуется хотя и меньше удобрений, но в более усвояемой форме и бесперебойном их поступлении. Из органических удобрений можно вносить перегной и перепревший навоз. Из минеральных – томат наиболее отзывчив на фосфорные удобрения.

Особенно чувствительны растения томата к недостатку фосфора в первые фазы вегетации. В этот период его следует вносить в легкоусвояемой форме, что способствует усилению роста и развития растений, более раннему наступлению плодоношения, увеличению урожая и улучшению качества продукции. Почти весь потребляемый растениями фосфор идет на формирование плодов. При недостатке этого элемента растения томата слабее усваивают азот, что вызывает остановку их роста. Стебель и черешки листа приобретают синеватую окраску, пластинки листа сначала становятся сине-зелеными, позднее – сероватыми. Верхние, физиологически более молодые листья становятся узкими и направляются вверх под острым углом по отношению к стеблю. В дальнейшем, если не будет проведена подкормка растений фосфорными удобрениями, листья по главной жилке скручиваются наружу вниз, а доли листьев свертываются внутрь, плоды плохо созревают, приобретают бронзовую окраску, корни покрываются ржавым налетом. При дальнейшем фосфорном голодании растения остаются карликовыми. Фосфорная недостаточность и отсутствие положительного действия от внесения под томаты фосфорных удобрений могут быть вызваны и недостатком азота в почве.

Азот – необходим для формирования вегетативных органов растений томата. Поэтому особо чувствительны к недостатку азота растения томата в начальный период вегетации и в фазе налива плодов. При недостатке азота приостанавливается рост стебля, листьев и плодов. Листья и стебли приобретают бледно-зеленую окраску, потом желтеют и в нижней части стебля опадают. Пожелтение листьев начинается с середины и переходит к краям. У растений, испытывающих недостаток азота, плоды, как правило, мелкие, деревянистые, бледно-зеленые, при созревании ярко окрашенные. Вместе с тем избыточное питание растений томата азотом способствует интенсивному нарастанию вегетативной массы в ущерб плодоношению.

Калий необходим для формирования стеблей и завязей томатов. Велика его роль в синтезе и передвижении ассимилянтов – углеводов и белковых веществ. Калий участвует в ферментных системах, катализирующих превращение фосфорорганических соединений. При калийном голодании передвижение ассимилянтов замедляется; в листьях накапливается аммиачный азот, что приводит к их обезвоживанию и увяданию; приостанавливается рост стеблей, растения начинают подсыхать; по краям листьев появляются желтовато-коричневые точки, листья скручиваются и отмирают. На кислых почвах у растений нижняя сторона листьев сначала приобретает фиолетовую окраску, а затем появляются коричневые пятна.

К числу наиболее дефицитных элементов для роста и развития растений томатов относится *кальций*. Он стимулирует корнеобразование и формирование наземных вегетативных органов, устраняет вредное действие веществ, повышающих кислотность почвы, и улучшает усвояемость других элементов минерального питания. При недостатке кальция наблюдается увядание растения, отмирание верхушек стеблей и точек роста у томатов.

Железо входит в состав хлорофилльных зерен, и при отсутствии его листья обесцвечиваются (хлороз) и, следовательно, не могут ассимилировать углекислоту воздуха. После подкормки томатов железными удобрениями хлоротические растения начинают зеленеть, ассимиляция восстанавливается, на растениях появляется завязь, в плодах повышается содержание витамина С.

Магний увеличивает прирост корневой системы растений томата, способствует передвижению элементов питания, и прежде всего фосфора, из старых листьев и ветвей к растущим органам. При недостатке магния усвоение растениями фосфора снижается, хлорофилльные зерна теряют свою активность, что сказывается на ослаблении фотосинтеза; стебли становятся тонкими, удлинёнными и жесткими на концах. Листья поднимаются вверх, приобретают чашевидную форму, а в средней части растения у них замечается пожелтение между жилками, но сами жилки остаются зелеными; окраска пораженных листьев в дальнейшем не восстанавливается. При сильном магниевом голодании пожелтевшие участки между жилками листа начинают буресть, и листья преждевременно засыхают.

Сера необходима для биосинтеза белков. Однако от избытка серы корни томата темнеют, особенно на сырых участках, где может образоваться сероводород, губительно действующий на ткани растений; нижние листья становятся грубобугристыми и завертываются внутрь, края их усыхают, а верхние листья приобретают серовато-желтый цвет. При недостатке серы растения светлеют, жилки молодых листьев с верхней стороны приобретают светло-желтую окраску, а с нижней – лиловую.

Хлор способствует передвижению веществ внутри растений, повышает устойчивость их к болезням, особенно на ранних этапах развития. При недостатке хлора кончики листьев у томата увядают, возможно появление крапчатости на листьях (хлороз) и их отмирание.

Бор усиливает рост плодов, снижает опадение цветков и завязей. При борной недостаточности задерживается приток углеводов к генеративным органам и точкам роста, последние чернеют; растение выглядит кустистым вследствие появления листьев на нижней части стебля; бутоны приобретают коричневый цвет и опадают. Пластинка листьев у основания желтеет, а затем разрывается или разрушается, сохраняется лишь кончик листа. При дальнейшем борном голодании и особенно при недостатке извести стебли становятся хрупкими, черешки листьев приобретают ярко-коричневую окраску, по всей поверхности плодов появляются темные пятна, концы корней отмирают.

Марганец необходим для образования плодов и особенно семян. Растения томата с нормой этого микроэлемента приобретают большую устойчивость против вирусных болезней, при недостатке его листья приобретают узорчатую пеструю окраску с зелеными жилками. Молодые побеги и почки слабо развиваются, имеют светло-желтую окраску, бутоны приобретают коричневый цвет и опадают, раскрывшиеся цветки не оплодотворяются.

Медь способствует образованию хлорофилла, повышает устойчивость растений томата к болезням и общий урожай плодов и семян. Вместе с тем

созревание плодов несколько запаздывает при использовании медных удобрений для подкормки томатов, но листья приобретают более интенсивную – темно-зеленую окраску.

Молибден способствует повышению содержания сухого вещества и аскорбиновой кислоты в плодах томата. При его недостатке на листьях появляются светлые пятна, хлоротичные ткани отмирают, листья искривляются.

Цинк вызывает повышение осмотического давления в клетках растений. При недостатке этого элемента листья становятся бледно-зелеными, меньшего размера, рост растений приостанавливается.

Йод ускоряет цветение и созревание томата, урожай повышается за счет развития большего количества плодов и повышения среднего веса плода.

Удобрение. С учетом видов и степени окультуренности почв под томаты рекомендуется удобрения из расчета $N_{90-120} P_{90-120} K_{90-120}$, навоз 40 т/га. Навоз вносят под зяблевую вспашку как основное удобрение, куриный помет, навозную жижу – при подкормках, перегной и компосты – при посадках и посеве. Фосфорные и калийные удобрения вносят в два приема: 60–70 % от нормы под зяблевую вспашку и оставшуюся часть – при посеве (посадке) и в подкормку. Азотные удобрения применяют путем внесения в почву перед весенней культивацией и при посадке и подкормки. Первую подкормку проводят через 10–15 дней после высадки рассады по 15–20 кг/га действующего начала азотных и фосфорных удобрений, вторую – в начале завязывания плодов такой же дозой удобрений.

Томаты хорошо отзываются на внесение микроудобрений. Борные удобрения эффективны на дерново-глиево-песчаных почвах; цинковые – на дерново-подзолистых; марганцевые – на черноземных почвах. В качестве основного удобрения вносят 3 кг/га бора, 5–8 цинка, 1–2 кг/га марганца, подкормку проводят 0,02–0,1 %-ми водными растворами солей этих микроэлементов. Потребность томатов в меди обычно удовлетворяется опрыскиванием препаратами медного купороса при борьбе с болезнями.

Физалис

Требования к почве. Под физалис отводят окультуренные, хорошо освещаемые солнцем участки, не подверженные затоплению талыми и дождевыми водами. Его можно выращивать на всех типах почв, за исключением кислых (рН ниже 4,5). На почвах с повышенной кислотностью растения плохо развиваются и болеют. Поэтому такие почвы заранее известкуют. Не следует высаживать физалис на почвах, сильно заправленных навозом. По свежому навозу у физалиса вырастает массивная ботва, а формирование и созревание плодов задерживается. Для этой культуры малопригодны песчаные почвы. На бедных песчаных почвах урожай получается значительно ниже, чем на плодородных почвах, хотя плоды созревают раньше, гораздо вкуснее и содержание сахаров в них выше.

Удобрение. Физалис хорошо отзывается на внесение органических и минеральных удобрений. Органические удобрения (навоз) из расчета 30–40 т/га вносят под зяблевую вспашку. Ориентировочные нормы минеральных удобрений $N_{90-120} P_{90-120} K_{90-120} \cdot \frac{2}{3}$ общего количества вносят под зябь или под предпосевную культивацию, остальные – в подкормки. Первую подкормку растений проводят в период массового цветения, вторую – во время плодообразования, третью – через 2–3 недели.

6.4.11.9. Тыквенные

Арбуз

Требование к почве. Родина арбуза – Южная Африка, где распространены красно-бурые и красно-коричневые почвы сухих саванн. Ожелезненность этих почв создает эффект опесчаненности. Особенностью почв саванн является также наличие длительных периодов почвенной засухи, сменяющейся влажными периодами. Культура арбуза во многом унаследовала экологические особенности своей Родины. Арбуз практически безразличен к содержанию в почве гумуса. Высокие урожаи этой культуры получают и на черноземах высокогумусных, и на малогумусных сероземах, светло-каштановых, серо-бурых пустынных и бурых полупустынных почвах при условии обеспечения их влагой. При достаточной рыхлости и структурности почв растения арбуза дают неплохие урожаи на почвах тяжелосуглинистого и легкосуглинистого состава, например, на черноземах различных подтипов. Однако экологическая особенность арбуза – давать высокую продуктивность и хорошее качество на почвах легкого гранулометрического состава, в том числе и на песчаных. Нечувствительность арбуза к бедным легким почвам объясняется мощным развитием корневой системы, ее высокой способностью использовать большие объемы почвы и материнской породы. Корни арбуза проникают на глубину 4–5 м и охватывают объем 7–10 м³ почвенной массы. Мощная корневая система обеспечивает относительную засухоустойчивость этой культуры, однако арбуз положительно реагирует резким возрастанием урожайности и на достаточную влажность почвы (Вальков В.Ф. и др., 2007).

Арбуз – культура нейтральных и слабощелочных почв – рН 6,0–8,6. Однако оптимальная реакция почвенного раствора для этой культуры несколько уже и находится в интервале рН 7,0–8,5 (табл. 340; Вальков В.Ф. и др., 2003).

Таблица 340 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для арбуза

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	–	1–6	–
рН водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,1–1,3	1,3–1,5	1,5–1,6
Содержание физической глины, %	5–10	10–40	40–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	менее 3	3–5
Плотный остаток, %	–	менее 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–10

Растет арбуз хорошо на карбонатных почвах. Не выносит солонцеватости. Плохо удается на слитых и других тяжелых заплывающих почвах.

Удобрение. Оптимальные нормы удобрений для арбуза определяют с учетом выноса из почвы элементов питания. На формирование 1 кг товарной продукции растение арбуза расходует 2,08–2,87 г азота, 0,56–0,62 – фосфора и 2,16–3,08 г калия. Фосфорные удобрения больше требуются в начальный период роста и развития растений. Азотно-калийные – влияют на образование генеративных органов – женских цветков. Избыток азота задерживает формирование цветков. Калий способствует ускорению созревания, особенно влияет на харак-

тер плодообразования. Фосфорно-калийные удобрения улучшают качество плодов арбуза и содержание в них сахара. Отсутствие мезоэлементов кальция и железа в почвенном растворе снижает усвояемость растениями фосфора.

Система удобрения арбуза включает органические и минеральные удобрения. Перегной или перепревший навоз вносят из расчета 20–30 т/га в сочетании с минеральными удобрениями. Внесение свежего навоза под арбузы снижает полевую всхожесть семян, товарные и вкусовые качества плодов, способствует образованию грубой консистенции мякоти, задержке созревания, большому поражению растений болезнями. На Северном Кавказе чаще практикуется выращивание арбузов без внесения органических удобрений.

Годовая норма минеральных удобрений в Волгоградской области составляет $N_{60}P_{90}K_{60}$, Астраханской области – $N_{10-120}P_{80-100}K_{20-25}$, на Северном Кавказе $N_{100-150}P_{150-200}K_{60-80}$. Это количество вносят в несколько приемов: в качестве основного удобрения в Астраханской области $N_{50-60}P_{40-50}K_{20-25}$, Волгоградской области – $P_{60}K_{60}$; при посеве в Астраханской области – P_{20-25} , на Северном Кавказе P_{50-70} ; подкормки – Астраханской области – $N_{25-30}P_{25-30}$ (первая подкормка), N_{25-30} (вторая подкормка); Волгоградской области составляет $N_{30}P_{15}$ (первая подкормка) $N_{30}P_{15}$ (вторая подкормка), на Северном Кавказе $N_{50-75}P_{50-70}K_{30-40}$ (первая подкормка) $N_{50-75}P_{50-70}K_{30-40}$ (вторая подкормка). Первую подкормку проводят при появлении 2–3 настоящих листьев, вторую – перед появлением женских цветков. Азотные удобрения, внесенные в поздние сроки, особенно в начале формирования плодов, задерживают их созревание и снижают сахаристость. При этом азот, поступая в растения, полностью не перерабатывается ими в полноценный белок, в результате чего накапливается в виде нитратов в плодах. При подкормках удобрения заделывают с двух сторон растений на расстоянии 25–30 см при первой и 60–70 см при второй. При внесении удобрений в сухую почву они остаются недоступными растениями, и при больших дозах создается высокая концентрация почвенного раствора, особенно при местном их внесении. В этом случае удобрения могут оказать отрицательное влияние на растения.

Дыня

Требования к почве. Родина дыни – Средняя Азия, Афганистан и Иран, где она произрастала на коричневых и северо-коричневых почвах, и многие столетия культивировалась при орошении на сероземах. Это сравнительно богатые почвы среднего и тяжелого гранулометрического состава, поэтому дыня требовательна к плодородию почв. Кроме субтропических коричневых, серо-коричневых почв и сероземов, дыня хорошо растет на черноземных почвах разных подтипов, на почвах речных долин, не отличающихся засолением, солонцеватостью и заболоченностью. Крайне отрицательно реагирует на слитые и тяжелые заплывающие почвы. Дыня развивает меньшую по объему корневую систему и более требовательна к влаге, чем арбуз. Хорошо растет на карбонатных почвах. Оптимальная реакция среды – 7,0–8,5 (табл. 341; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Удобрение. На создание 1 кг товарной продукции дыня расходует в среднем 1,12 г азота, 0,58 – фосфора и 2,95 г калия.

На посевах дыни наиболее эффективно сочетание минеральных и органических удобрений. Из органических удобрений под эту культуру вносят перепревший навоз или перегной. Навоз вносят под зяблевую вспашку из расчета 50–60 т/га, а в сочетании с минеральными на плодородных черноземных почвах норму сокращают до 20–30 т/га. Минеральные удобрения, внесенные

Таблица 341 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для дыни

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	1–4	4–8	–
pH водной суспензии	6,5–7,0	7,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,45	1,35–1,50	1,45–1,60
Содержание физической глины, %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–5
Плотный остаток, %	–	< 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–8

в полной норме, по эффективности не уступают органическим. Нормы минеральных удобрений зависят от плодородия почвы и величины планируемого урожая. Для черноземных почв Северного Кавказа ориентировочные нормы $N_{70-90}P_{60-100}K_{30-50}$, пойменных почв – $N_{50-60}P_{60-100}K_{30-50}$. При сочетании минеральных удобрений с органическими количество компонентов уменьшают примерно в два раза. Всю норму калийных, половину – фосфорных и азотных удобрений рекомендуется вносить осенью под основную обработку почвы, а оставшиеся азотные и фосфорные удобрения используют для местного внесения при посеве (особенно фосфор), и для подкормок.

Огурец

Требования к почве и особенности минерального питания растений.

При выборе под посев огурца участка необходимо строго учитывать биологические особенности этой теплолюбивой культуры. Его лучше размещать на окультуренных, с южным склоном, хорошо прогреваемых участках, защищенных от холодных господствующих ветров. Наиболее подходящими по гранулометрическому составу являются супесчаные и легкие суглинистые почвы, с высоким содержанием гумуса. На заплывающих тяжелых по гранулометрическому составу почвах корни растут медленно, растения слабо поглощают воду и элементы питания и дают низкие урожаи. Благоприятными для выращивания огурца являются плодородные пойменные земли, богатые легкоусвояемыми элементами питания. Огурец лучше развивается при слабокислой или нейтральной реакции почвы (pH 6,5–7,0), допустимы колебания pH от 4,0 до 7,6.

Для образования 10 т плодов и соответствующего количества вегетативных органов огурец потребляет примерно 30 кг азота, 15 кг P₂O₅ и 45 кг K₂O. В соотношении элементов питания в урожае огурцов в южных районах относительно повышается удельная масса азота, а в более северных районах – фосфора и калия. В урожае тепличных огурцов соотношение элементов питания другое, чем в открытом грунте. В условиях тепличной почвенной культуры на образование 10 кг плодов огурцов требуется в среднем 21 г азота, 11 – фосфора (P₂O₅) и 48 г – калия (K₂O).

В связи со специфическим поверхностным расположением корневой системы в почве и высокой интенсивностью (70-80 %) потребления элементов питания в период плодоношения огурец относят к культурам, требовательным к условиям минерального питания. Поступление элементов питания у огурца соответствует темпам накопления сухого вещества, самое интенсивное образование которого происходит в период плодоношения. Характер потребления

отдельных элементов питания имеет специфические особенности. Когда происходит интенсивное образование стеблей и листьев у огурца, то сильнее потребляется азот, а затем, когда начинают формироваться плоды, увеличивается накопление калия. Впоследствии может наблюдаться второй максимум преобладания поступления азота над калием в связи с новым нарастанием плетей.

Первые 10–15 дней после появления всходов огурец медленно поглощает фосфор в последующем при быстром росте вегетативных органов и в дальнейшем в период плодообразования происходит интенсивное усвоение этого элемента (табл. 342). Эти особенности потребления азота, фосфора и калия огуречным растением обуславливают эффективность подкормки в начале образования плодов. Хорошее питание огурца в первый период – до начала плодоношения, способствуя быстрому формированию вегетативных органов, положительно сказывается на урожае плодов. Прием дробного внесения удобрений важен еще потому, что огурец относится к культурам, которые отрицательно реагируют на повышенную концентрацию минеральных солей, особенно на легких по гранулометрическому составу почвах.

Таблица 342 – Поглощение элементов питания огурцом, % от максимального

Число дней после появления всходов	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
16	6	8	3
30	28	24	16
44	56	47	41
58	76	75	69
75	100	100	100

Удобрение. Огурец является одной из самых отзывчивых овощных культур на органические удобрения. Внесение их повышает рыхлость и воздухопроницаемость почвы, улучшает условия минерального питания растений, а выделяющаяся при разложении органического вещества углекислота является дополнительным источником воздушного питания. Все это благоприятствует росту корневой системы и надземных органов огуречного растения.

Оптимальные условия питания огуречного растения создаются при достаточном содержании в почве элементов питания невысокой концентрации. Поэтому хорошие урожаи получаются при совместном внесении органических и минеральных удобрений. Нормы удобрений на черноземах N₆₀₋₉₀ P₆₀₋₉₀ K₆₀₋₉₀, навоз 40–60 т/га. Органические удобрения под огурцы при зяблевой вспашке заделывают на глубину пахотного 18–20 см слоя почвы, а весной на глубину 13–15 см. Однако органические удобрения медленно разлагаются в почве. Поэтому для лучшего обеспечения растений элементами питания, особенно в молодом возрасте, необходимо применять совместно органические и минеральные удобрения. Нормы минеральных удобрений зависят от типа почвы и планируемой урожайности огурца (табл. 343).

При выявлении с помощью растительной и почвенной диагностики в течение вегетации огурцов недостатка в почве элементов питания необходимо проводить их подкормку минеральными удобрениями. Ее осуществляют только на нейтральных почвах в период появления первого настоящего листка и в период образования первых завязей. Оптимальная доза минеральных удобрений для под-

кормки $N_{10}P_{20}K_{20}$. Первую корневую подкормку семенной культуры проводят через две недели после всходов с использованием нитрофоски или ЖКУ. Возможна и вторая подкормка в начале массового плодоношения (для продления этой фазы) калийной селитрой или смесью мочевины, калимагнезии, хлористого калия. Необходимость второй подкормки контролируют тканевой диагностикой.

Таблица 343 – Ориентировочные нормы минеральных удобрений под огурец, кг/га д. в.

Почва	Планируемая урожайность, ц/га	Навоз, т/га	Азотные			Фосфорные			Калийные		
			окультуренность почв			обеспеченность почв подвижным фосфором			обеспеченность почв обменным калием		
			средняя	хорошая	высокая	низкая	средняя	высокая	низкая	средняя	высокая
Дерново-подзолистые	100–200	60–80	60	30	0	80	60	40	90	60	30
	200–300		90	60	30	–	80	60	–	90	60
Пойменные	100–200	40–80	60	30	0	80	60	40	120	90	60
	200–300		90	60	30	–	80	60	–	120	90
Черноземы южные и каштановы	100–200	20–40	75	60	45	60	45	30	60	30	0
	200–300		90	75	60	75	60	45	80	60	30

При образовании нестандартных (уродливых) огурцов следует применять борные удобрения для некорневой подкормки (200–250 г/га бора). Аналогичный результат дает также и обработка семян огурцов 0,1 %-м раствором бора.

Тыква

Требования к почве. Тыква хорошо растет на всех подтипах черноземов суглинистого, тяжелосуглинистого и легкосуглинистого гранулометрического состава. Может произрастать также и на супесях в зонах каштановых и черноземных почв. В Нечерноземной полосе на серых и бурых лесных почвах лучшим составом является суглинистый, а тяжелые глины и супеси неудовлетворительны. В субтропических условиях тыквы возделывают практически на всех почвах от сероземов до красноземов и желтоземов. Очень широкий предел оптимальной реакции среды характерен для тыквы, от 5,5 до 8,5 (табл. 344; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 344 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для тыквы

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	2–4	4–8	–
pH водной суспензии	5,0–5,5	5,5–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,55
Содержание физической глины, %	15–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	менее 3	3–5
Плотный остаток, %	–	менее 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–8

Тыква очень хорошие условия находит на суглинистых почвах речных долин (аллювиальные, лугово-аллювиальные, луговые, лугово-черноземовидные). Она легко мирится как со слабокислыми, так и со щелочными карбонатными почвами.

Удобрение. Тыква отличается высокими темпами нарастания вегетативной массы, в результате чего у нее повышенная потребность в элементах питания. На образование 1 кг урожая она в среднем потребляет 1,6 г азота, 2,6 – фосфора и 2,6 г калия. Из бахчевых культур тыква – самая отзывчивая на внесение органических удобрений. Лучшее органическое удобрение для нее – перепревший навоз. Можно использовать также перегной. Норма внесения навоза 50–100 т/га, перегноя 30–40 т/га. На тяжелых и бесструктурных почвах вносят большие, на легких – меньшие нормы. Нормы минеральных удобрений под тыкву устанавливают в зависимости от содержания элементов питания в почве. На черноземах ориентировочные нормы удобрений: $N_{90-120}P_{100-140}K_{50-70}$, на пойменных почвах: $N_{60-100}P_{80-120}K_{40-60}$. Калийные и половину фосфорных удобрений вносят под основную обработку почвы, а оставшиеся фосфорные и азотные удобрения используют перед посевом и на подкормки. Как правило, проводят две подкормки: первую в фазе 3–5 листьев, вторую – в начале образования плетей.

Система удобрения кабачков и патиссонов базируется на следующих этапах: внесение навоза по 60–80 т/га на дерново-подзолистых и 40–60 т/га на пойменных почвах, применение минеральных удобрений в нормах $N_{120-150}P_{90-120}K_{120-180}$. Кабачки и патиссоны очень отзывчивы на подкормки, особенно азотными удобрениями. Поэтому половину азотных удобрений целесообразно вносить в 2–3 подкормки (с поливом) – в период цветения и в начале плодоношения. На супесчаных почвах, бедных обменным калием, целесообразно применять калийные подкормки.

6.4.12. Плодовые культуры

Плодовые культуры – группа древесных, кустарниковых, полукустарниковых растений и лиан, дающих сочные или твердые съедобные плоды. Объединяет растения, относящиеся к разным хозяйственно-ботаническим группам – семечковые, косточковые, орехоплодные.

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Велико разнообразие почв, использующихся под плодовые семечковые культуры. Это подзолистые и дерново-подзолистые почвы, серые лесные и бурые лесные, все подтипы черноземов, каштановые коричневые, желтоземы, желтобурные лесные, красноземы, почвы речных долин и дельт. При нормальном уходе они прекрасно растут и плодоносят практически на всех типах почв, от подзолов до сероземов, исключая явно заболоченные, засоленные и солонцеватые почвы. Малопригодными являются подтипы глеево-подзолистых и глееводерново-подзолистых почв, различные подтипы болотных почв. В суббореальном биоклиматическом поясе непригодными являются бурые лесные глеевые почвы, солонцы и солонцеватые почвы, солончаки и солончаковые почвы разных типов. Неудовлетворительны ортштейновые псевдоподзолы и бурые лесные ортштейновые псевдоподзолистые почвы. В субтропиках неудовлетворительны глеевые желтоземные почвы, субтропические ортштейновые подзолы, солонцеватые и солончаковатые серо-коричневые почвы.

Уровень плодородия почв для плодовых культур определяется во многом запасами органического вещества и мощностью гумусовых горизонтов (табл. 345; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 345 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для плодовых семечковых культур

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
<i>Яблоня, груша</i>			
Мощность корнеобитаемого слоя, см			
а – влажные условия ($K_y > 0,8$);	50–90	90–100	
б – полувлажные условия ($K_y < 0,8$)	150–250	250–300	-
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	-
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,6
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,40	1,40–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–65	65–70
Обменный Na, % от ЕКО	–		3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–10	10–20
Каменистость, % от объема	–	< 5	5–30
<i>Айва</i>			
Мощность корнеобитаемой толщи, см			
а – влажные условия ($K_y > 0,8$);	60–80	80–100	
б – полувлажные условия ($K_y < 0,8$)	80–100	100–150	
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	-
pH водной суспензии	6,0–7,0	7,0–8,5	8,5–8,6
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–30	30–55	55–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 5	5–15
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 0,2	0,2–0,6
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–10	10–20
Каменистость, % от объема	–	< 5	5–20

Лучшие по гранулометрическому составу почвы для яблони в условиях с коэффициентом увлажнения менее 1,0 – средне- и тяжелосуглинистые, а черноземы даже легкосуглинистые – с содержанием физической глины от 30 до 65 %. В лесных почвах влажного климата оптимум сдвигается в сторону более легкого гранулометрического состава. Это легко- и среднесуглинистые почвы с содержанием физической глины 25–45 %. Лучшие условия создаются при плотности почвы 1,35–1,40 г/см³.

Яблоня растет в широких пределах реакции среды: pH от 5,5 до 8,5 но экологический оптимум составляет 6,9–7,5. Негативно сказывается на росте и плодоношении яблони повышенная карбонатность, и сады не следует закладывать, если в корнеобитаемой толще наблюдаются горизонты с содержанием CaCO₃ более 12–15 %. Яблоня неустойчива к солонцеватости и чувствительна к засолению почвы. Она не переносит заболачивания, и все глеевые роды и подтипы лесных почв непригодны для яблони без мелиорации по водорегулированию. Близкий уровень грунтовой воды с повышенной концентрацией солей также неблагоприятен. Слабая скелетность корнеобитаемого слоя оказывает благоприятное влияние на рост и развитие яблони.

Требования к почвам груши практически аналогичны яблони. Некоторые экологические особенности создают подвой. Груша, привитая на груше,

требовательна к влаге, чувствительна к засолению и уплотнению почвы, не переносит близкого уровня грунтовых вод. Но если груша привита на айве, то она может успешно расти и на слабозасоленных почвах с близким уровнем грунтовых вод. Груша на айве удастся также и на уплотненных почвах. Груша хорошо растет в пределах рН от 0,5 до 8,5. В кислых условиях она менее устойчива к болезням, хуже прививается, уменьшает рост надземной части и корневой системы. При рН <5,0 почвы нуждаются в известковании.

Айва влаголюбива, переносит некоторое избыточное переувлажнение. На сухих почвах плоды получаются мелкие. В хорошо увлажняемых почвах, в том числе и при орошении айва формирует густую поверхностно расположенную корневую систему на глубине 10–70 см. Не требовательна культура к гранулометрическому составу: в различных регионах успешно произрастает от песчаных до глинистых почв. Айва солонцезащитна. Ее можно размещать на солонцеватых почвах с содержанием обменного Na до 15 % от ЕКО. Устойчива айва к засолению: приемлемы слабо- и средnezасоленные почвы разного состава засоления. Айвовый сад лучше всего закладывать на пойменных участках с аллювиальными почвами, характеризующимися высоким естественным плодородием (Вальков В.Ф. и др., 2007).

Культура плодовых деревьев ведется не только в ареале их диких предков, но и далеко за этими пределами. Чем больше отличаются общие климатические условия, в которых высажено плодородное дерево, от климата его естественного местообитания и от условий, в которых этот сорт выведен, тем выше требования к почвам.

Рост и развитие плодовых растений зависит, прежде всего, от их питания. К числу жизненно важных элементов минерального питания относятся азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо, натрий, хлор, марганец, медь, цинк, кобальт, кремний, бор, бром, молибден, йод, селен и литий. Каждый из них играет определенную роль в жизни растения и не может быть заменен другим элементом. При длительном недостатке или избытке того или иного элемента в почве в тканях растений глубоко нарушается ход биохимических процессов, что сопровождается изменением характера роста и развития, различными изменениями морфологического и анатомического порядка, а также появлением характерных симптомов заболевания на листьях и других органах, по которым определяют потребность растения в элементе питания (Савицкий И.Л., 1980).

Азот. Достаточное питание плодовых растений азотом в фазу усиленного роста способствует интенсивному синтезу аминокислот и белков, нормальному прохождению ростовых процессов и ускорению развития растений. Недостаток его ведет к задержке синтеза белков растением, вызывает приостановку роста. Плодовые растения при недостатке азота используют запасные азотистые органические вещества, содержащиеся в корнях, стволе и ветвях и обеспечивают, таким образом, некоторый рост побегов. Однако содержание этого элемента в них резко пониженное, что в дальнейшем отрицательно отражается на фотосинтетической деятельности растений и плодоношении. При недостатке азота листья бледнеют, становятся светло-зелеными, затем желтыми, потом на них появляются темно-красные, красные или пурпурные пятна, преждевременно прекращают рост и остаются мелкими, рано опадают, на побеге занимают вертикальное положение. Симптомы проявляются раньше всего на листьях, расположенных у основания побегов, а затем и на верхушках. Пожелтение листьев сочетается с замедлением и ослаблением роста всего растения, особенно боковых побегов. Побеги остаются тонкими,

короткими, кора их вначале желтеет, затем приобретает красноватый оттенок. Цветение, слабое, цветки усиленно опадают, плодов мало завязывается и они мелкие, сильноокрашенные, а впоследствии опадают. При избыточном азотном питании, особенно в более поздние сроки вегетации окраска листьев становится темно-зеленой, развитие вегетативных органов мощное, цветение и созревание плодов замедленное, древесина побегов невызревшая. Плоды мелкие, плохо окрашенные, перед уборкой опадают, непрочные, восприимчивы к грибным заболеваниям, плохо хранятся, засухоустойчивость и холодостойкость дерева снижена, особенно в молодом возрасте. Из-за буйного роста молодых деревьев задерживается вступление в плодоношение.

Фосфор. Оптимизация фосфорного питания плодовых растений улучшает качество плодов, снижает предуборочное их опадение, увеличивает размеры и окраску, повышает устойчивость деревьев к физиологическим заболеваниям. Недостаток фосфора ослабляет рост побегов и листьев, оказывает отрицательное влияние на закладку плодовых почек и плодоношение растений. У растений испытывающих недостаток фосфора листья мелкие, тусклой синевато-зеленой окраски, иногда с пурпурным оттенком, располагаются на побеге под более острым углом, чем обычно, а черешки и жилки принимают красноватый оттенок, рано осыпаются. При недостатке фосфора увеличивается восприимчивость плодов к гниению и внутреннему побурению. При избытке фосфора угнетаются процессы фотосинтеза, нарушается азотный обмен. На сильно зафосфаченных почвах появляется «розеточность».

Калий. Плодовые растения, хорошо обеспеченные калием, обладают повышенной засухо-, морозо- и болезнестойкостью. Калий способствует утолщению штамбов растений, росту корневой системы, увеличению площади листьев, ускоряет закладку генеративных почек, увеличивает урожай, ускоряет рост и созревание плодов, улучшает их вкус, окраску, аромат и лежкость. Недостаток калия у плодовых растений снижает интенсивность прироста штамбов, ветвей и побегов, нарушаются водный баланс растений и регулирование транспирации. При калийном голодании листья приобретают желтовато-зеленую окраску, а побеги желтеют или даже краснеют. При сильном голодании листья по краям сначала желтеют, затем буреют и отмирают, образуя коричневую кайму (краевой ожог). В дальнейшем листья закручиваются вверх и рано опадают. Плоды и ягоды созревают неравномерно, недоразвиты, преждевременно опадают, имеют низкие вкусовые качества, мякоть деревянистая и кислая. При высоком урожае побеги тонкие и в конце лета или начале осени отмирают. Летом могут развиваться новые почки и отрастать новые побеги. Зимостойкость деревьев низкая. Вызывается азотное голодание. Избыток калия негативно сказывается на качестве плодов. При этом происходит ослабление поглощения кальция и магния, что повышает восприимчивость плодов к заболеваниям при хранении.

Кальций. Потребность плодовых растений в кальции проявляется на самых ранних стадиях их развития. Наличие ионов кальция в питательном растворе является необходимым для нормального роста корней. Характерная особенность кальция – это невозможность повторного использования его растением в процессе жизнедеятельности. Поэтому основная масса кальция накапливается в старых, отживших частях растений. Кальций как антагонист калия играет важную роль в водном балансе клеток растения. Кроме того, он необходим для упрочения тканей. Антагонизм между катионами кальция и катионами NH_4 , K и Mg весьма значителен. Исследования показывают, что эти катионы

сильно влияют на обеспечение растений кальцием. Поэтому с усилением азотного или калийного питания растения содержание кальция и магния в листьях может резко снизиться. Кальций в плодах снижает развитие внутреннего побурения и горькой ямчатости плодов, увеличивает продолжительность их хранения. При остром голодании растений кальцием корни замедляют рост, становятся короткими, похожими на обрубки, проникают в почву неглубоко; на них появляется слизь, после чего они погибают. На листьях появляются желтые пятна, они приобретают затем багрово-красную окраску, закручиваются кверху и отмирают. Первыми заболевают и раньше осыпаются верхние листья. У растений отмирают точки роста, верхушки побегов. Плоды плохо хранятся, поражаются горькой ямчатостью. На солнечной стороне плода, развивается янтарно-золотистая окраска, чечевички становятся темно-коричневыми с почти белым наружным ободком. При сильном голодании плоды растрескиваются. Избыток кальция вызывает физиологическую сухость, суховершинность, преждевременный выпад деревьев, «известковый» хлороз листьев.

Магний. Входя в состав хлорофилла, магний имеет большое значение для ассимиляции плодовыми растениями углекислоты. Недостаток магния вызывает остановку роста и своеобразный хлороз растения – листья становятся пестрыми, участки между жилками бледнеют, а вдоль жилок сохраняется нормальная окраска. У яблони в связи с недостатком магния появляется коричневая пятнистость листьев. Острый же недостаток магния вызывает у плодовых преждевременный листопад, причем верхушки побегов остаются облиственными. Избыток магния в плодах повышает поражение горькой ямчатостью.

Сера. Симптомы серного голодания плодовых растений малозаметны, сходны с симптомами недостатка азота – пожелтение нижней части листа. При избытке серы наблюдаются ожоги всасывающих корней и их отмирание. На стволе и ветвях выступают продольные темно-коричневые полосы пораженных тканей.

Железо. Содержание железа в растении является необходимым для нормального образования хлорофилла. Недостаток железа вызывает задержку роста растений и появление у них хлороза (образование светло-желтых и даже белых листьев). Плоды приобретают палево-землистый цвет. Пораженные хлорозом молодые деревья могут погибнуть, плодоносящие – перестать плодоносить. При избытке железа тормозится рост, отмирают корни и листья.

Бор в растении является малоподвижным, так как его, как кальций и железо, растение повторно не использует. При борном голодании у плодовых растений отмирает точка роста и разрушается проводящая система. Из всех органов растения сравнительно более богаты бором цветки, причем при недостатке бора нормального оплодотворения цветков не происходит, поскольку ослабляется рост пыльцевых трубок и прорастание пыльцы. Без бора нарушается процесс созревания семян. При отсутствии бора ослабляется также развитие корневой системы. У плодовых растений установлен ряд болезней, связанных с недостатком бора: у яблони и груши – побурение или опробковение внутренних тканей плода. При сильном недостатке бора кожица плодов утолщается и на ней появляются характерные темно-зеленые вдавленности. У яблони, наряду с поражением плодов, наблюдается отмирание концов побегов, нарушение характерной формы листа, у груши – несвоевременное засыхание цветков и деформация плодов. Общие характерные для семечковых плодовых растений симптомы борной недостаточности: листья утолщенные, гофрированные с желтыми опробковевшими жилками. Моло-

дые веточки прекращают рост, и на них образуются многочисленные почки и розетки. Внутренние ткани плодов опробкованные. Плоды буреют и растрескиваются, приобретают уродливую форму, на их поверхности появляются темно-зеленые вдавленности. Верхушки побегов отмирают. При избытке бора листья вначале желтеют, затем засыхают, напоминая своеобразные ожоги.

Марганец. При недостатке марганца наблюдается хлороз нижних, более старых листьев, верхние молодые остаются зелеными. Пожелтение идет с краев листа, в то время как ткани у жилок имеют нормальную зеленую окраску. Наряду с хлорозом происходит засыхание и отмирание верхушек веток.

Медь. Недостаток меди у плодовых деревьев вызывает заболевание растений суховершинностью или экзантемой. У заболевших растений в начале вегетации образуется большое количество сильнорослых побегов, затем на верхних листьях появляется пятнистость и хлороз, на коре образуются вздутия, наполненные камедью и трещины, верхние побеги отмирают. Плоды покрываются темно-бурыми и черными наростами и опадают.

Молибден. На листьях плодовых деревьев испытывающих молибденовую недостаточность появляются бледно-оранжевые пятна на фоне желто-зеленой окраски. Края листьев закручиваются внутрь и постепенно отмирают.

Цинк. Недостаток цинка вызывает у плодовых культур заболевание «розеточной болезнью», мелколистностью, проявляющееся в том, что на концах побегов образуются очень мелкие розетки желтоватых листьев, позднее отмирающих. На заболевших деревьях образуются мелкие плоды уродливой формы. После 3–4 лет голодания деревья погибают.

Под абрикос пригодны все почвы с относительно легким гранулометрическим составом и неплотным сложением, водо- и воздухопроницаемые, слабосолонцеватые и слабокарбонатные, лишенные избытка азота и токсичных солей. Почвообразующие породы предпочтительнее рыхлые осадочного или аллювиально-делювиального происхождения на равнине и делювиального – в гористой местности. Наилучшие почвы под абрикос – суглинистые и легкосуглинистые, а также слабо- и среднещелеватые, слабокарбонатные, незаселенные, с pH почвенного раствора от нейтрального (pH 7,0) до слабощелочного – pH 7,9–8,2 (табл. 346; Вальков В.Ф. и др., 2007).

Таблица 346 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для плодовых косточковых культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
1	2	3	4
Слива, вишня			
Мощность корнеобитаемого слоя, см			
а – влажные условия ($K_y > 0,8$);	50–80	80–100	–
б – полувлажные условия ($K_y < 0,8$)	100–150	150–200	–
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см ³	1,20–1,35	1,35–1,50	1,50–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–45	45–70	70–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	<0,2	0,2–0,3
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	<3	3–6

Продолжение таблицы 346

1	2	3	4
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	15–20
Каменистость, % от объема	–	0–10	10–35
Черешня			
Мощность корнеобитаемого слоя, см			
а – влажные условия ($K_y > 0,8$);	50–90	90–100	–
б – сухие условия ($K_y < 0,8$)	150–250	250–300	–
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	5,0–6,0	6,0–7,5	7,5–8,6
Плотность, г/см ³	–	<1,35	1,35–1,45
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–25	25–45	45–60
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 0,2	0,2–0,3
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	<3	3–6
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–15
Каменистость, % от объема	–	0–10	10–20
Абрикос			
Мощность корнеобитаемого слоя, см			
а – влажные условия ($K_y > 0,8$);	60–80	80–100	–
б – сухие условия ($K_y < 0,8$)	150–200	200–250	–
Содержание гумуса, %	1–2	2–6	–
pH водной суспензии	6,0–7,0	7,0–8,2	8,2–8,6
Плотность, г/см ³	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,55
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20–55	55–65
Обменный Na, % от ЕКО	–	<0,2	0,2–0,4
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	<3	3–8
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–6	6–40
Каменистость, % от объема	–	0–5	5–25
Алыча			
Мощность корнеобитаемого слоя, см			
а – влажные условия ($K_y > 0,8$);	50–80	80–100	i
б – сухие условия ($K_y < 0,8$)	100–120	120–180	–
Содержание гумуса, %	1–3	3–8	–
pH водной суспензии	6,0–6,5	6,5–8,2	8,2–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,60
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	30–45	45–65	65–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	<0,2	0,2–0,3
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	<3	3–6
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–6	15–20
Каменистость, % от объема	–	0–5	10–35
Персик			
Мощность корнеобитаемого слоя, см			
а – влажные условия ($K_y > 0,8$);	40–70	70–100	–
б – сухие условия ($K_y < 0,8$)	100–130	130–150	–
Содержание гумуса, %	1–3	3–6	–
pH водной суспензии	5,5–6,5	6,5–7,5	7,5–8,5
Плотность, г/см ³	1,10–1,35	1,35–1,50	1,50–1,60

1	2	3	4
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	<0,2	0,2–0,4
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 5	5–7
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–8	8–30
Каменистость, % от объема	–	0–20	20–40

Для продуктивного выращивания абрикоса содержание гумуса допустимо в широком интервале, но лучше, если запасы его в метровой толще почвы будут не ниже 150 т/га. Содержание азота и фосфора тоже может быть разным, но количество калия обязательно должно быть высоким. Достаточным содержанием азота и фосфора в почве можно считать 0,1–0,2 %, а калия – от 1,5 до 2 и очень хорошим – до 3 %.

Алыча произрастает в широком диапазоне почв. Для этой культуры пригодны разные подтипы черноземов, коричневые, бурые и серые лесные почвы. Она относительно легко переносит высокое содержание карбонатов в почве. Не требовательна к плотности почв и легко переносит близкий уровень грунтовых вод.

Вишня. Под вишню пригодны практически все почвы от черноземов, коричневых, желтоземов, желтоземов, красноземов до серых лесных почв. Произрастает в широком диапазоне pH – от 6,0 до 8,7, легко переносит высокое содержание карбонатов. Оптимум уплотнения составляет 1,35–1,50 г/см³.

Персик. Наиболее подходящими для персика являются почвы, имеющие средне- и тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Произрастает в широком диапазоне pH от 5,5 до 8,5; карбонатуостойчив.

Слива. Слива хорошо растет на всех подтипах черноземов, коричневых, каштановых, сероземных, бурых и серых лесных почвах. Для нее пригодны почвы с слабокислой (pH 6,0–6,5) и слабощелочной (pH 8,2–8,7) реакцией. Карбонатуостойчив. Особенностью сливы является меньшая чувствительность к уплотнению почвы, чем у всех плодовых пород. Хорошее развитие деревьев наблюдается при уплотнении корнеобитаемой толщи 1,40–1,50 г/см.

Черешня. Требования к почве черешни совпадают с таковыми семечковым плодовым культурам. Для нее предпочтительны почвы легко- и средне-суглинистого гранулометрического состава. Лучшие условия для жизнедеятельности деревьев черешни создаются при плотности 1,25–1,35 г/см³. На экологическую приспособляемость черешни оказывает влияние подвой. В засушливых районах, на незасоленных почвах лучше всего прививать на вишню антипку, а на почвах влажных и несколько уплотненных – местные дикорастущие формы черешни.

Грецкий орех. Культура грецкого ореха лучшие условия для произрастания находит в условиях субтропического пояса с коричневыми почвами, а также в зоне черноземов южно-европейской фации. На этих почвах грецкий орех развивает мощную корневую систему, которая может противостоять временной почвенной засухе.

Культура ореха успешно развивается и на почвах влажного ряда в субтропиках и в суббореальном поясе. Здесь хорошие посадки ореха встречаются на различных подтипах бурых лесных почв, па желто-бурых и буровато-серых лесных почвах. При культуре ореха на влажных почвах мощность корнеобитаемой толщи, необходимой для роста деревьев, сокращается до 60–

80 см. Во всех случаях лучшим гранулометрическим составом является суглинистый, а у черноземов и коричневых почв – также тяжелосуглинистый и легкосуглинистый. Рыхлость профиля – обязательное условие. Оптимум уплотнения составляет 1,35–1,45 г/см³ (табл. 347; Вальков В.Ф. и др., 2010).

Таблица 347 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для орехоплодных культур

Почвенные характеристики	Минимум	Оптимум	Максимум
Грецкий орех			
Мощность корнеобитаемого слоя, см			
а – влажные условия ($K_y > 0,8$);	40–60	60–80	
б – полувлажные условия ($K_y < 0,8$)	150–200	200–30	–
Содержание гумуса, %	1–2	2–6	–
pH водной суспензии	5,0–6,0	6,0–8,5	8,5–8,7
Плотность, г/см ³	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	20–30	30–65	65–75
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–5	5–20
Каменистость, % от объема	–	0–15	15–30
Фундук			
Мощность корнеобитаемого слоя, см	40–50	50–100	–
Содержание гумуса, %	1–2	2–6	–
pH водной суспензии	5,0–5,5	5,5–8,0	8,0–8,6
Плотность, г/см ³	1,10–1,30	1,30–1,45	1,45–1,50
Содержание физической глины (<0,01 мм), %	10–20	20–60	60–70
Обменный Na, % от ЕКО	–	< 3	3–5
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	< 0,2	0,2–0,3
Содержание CaCO ₃ , %	–	0–10	10–25
Каменистость, % от объема	–	0–20	20–40

Растет грецкий орех в широком диапазоне реакции среды (pH от 5,6 до 8,6), однако, большей частью его посадки встречаются на нейтральных и слабощелочных почвах. Орех прекрасно переносит умеренную карбонатность (CaCO₃ менее 8–10 %). Грецкий орех неустойчив к засолению. Предельная степень засоления корнеобитаемой толщи составляет 0,25 % .

Фундук. Хорошо растет на дерново-подзолистых, серых и бурых лесных почвах. Лучшие условия создаются для фундука складываются на черноземах. Однако фундук – растение неприхотливое и может расти на самых разнообразных вариантах этих почв, даже на маломощных и сильно смытых. Конечно, лучшие полноразвитые почвы более благоприятны, но тот факт, что фундук успешно растет на почвах малоценных для других культур, должен учитываться при качественной оценке земельного фонда. Поэтому для фундука рациональнее использовать смытые малоценные почвы различной степени скелетности и гранулометрического состава, расположенные большей частью на склонах. Почвы могут быть и кислыми и щелочными, но не избыточно увлажненными, так как заболачивание фундук переносит очень плохо (Вальков В.Ф. и др., 2010).

Удобрение. Плодовые растения – многолетние культуры и удобрения, внесенные в текущем году, будут действовать и в последующие годы, оказывая влияние на закладку цветочных почек и создавая запасы элементов питания в вегетативных органах. Следует учитывать также действие удобрений, вносимых перед посадкой или в прошлом году.

В связи с тем, что внести удобрения близко к корням, не повреждая их, трудно, применяют предпосадочное удобрение навозом и фосфорно-калийными туками. Элементы питания, содержащиеся в навозе, слабо передвигаются в почве и поэтому обеспечивают растения питанием в течение нескольких лет. Это не относится к азотным минеральным удобрениям. Из-за высокой подвижности азота, особенно нитратной формы, их вносят ежегодно и даже 2–3 раза в год. На почвах тяжелого гранулометрического состава целесообразно часть минеральных удобрений вносить осенью, при этом азотом обогащается весь верхний слой почвы до глубины 0,5–1,0 м.

Корни плодовых деревьев продолжают поглощать элементы питания в зоне их расположения до замерзания почвы и начинают свою деятельность после оттаивания ее ранней весной, что способствует подготовке растения к новой вегетации. Весенний рост обеспечивается в основном запасами, накопленными в предыдущем году. В первую половину вегетации элементы питания расходуются на рост корней, побегов, цветение и формирование плодов. В это время плодovому дереву необходимы азотные, фосфорные и калийные удобрения. Во второй половине лета прекращается рост побегов. Элементы питания расходуются на рост плодов, закладку цветочных почек, а также запасаются в зимующих частях дерева. В это время азотные удобрения не вносят, так как избыток азота не дает возможности растениям своевременно завершить рост, что может, пагубно отразиться на зимостойкости дерева. Чтобы улучшить рост растений весной следующего года, можно внести азотные удобрения в самом конце вегетации.

Эффективность применения удобрений под плодовые культуры зависит от реакции почвенной среды, содержания в почве подвижных форм макро- и микроэлементов, норм органических и минеральных удобрений, соотношения элементов питания во вносимых удобрениях, способов и сроков их внесения, погодных условий, системы орошения, фитосанитарного состояния посадок и других агротехнических условий.

Группировка почв по содержанию подвижных форм P_2O_5 и K_2O представлена в таблицах 348–349.

Таблица 348 – Группировка почв по обеспеченности плодовых культур подвижным фосфором, мг/кг почвы

Группа	Степень обеспеченности	Метод		
		Кирсанова	Чирикова	Мачигина
1	Очень низкая	<30	<30	<7
2	Низкая	31-60	31-80	8-22
3	Средняя	61-90	81-100	23-27
4	Повышенная	91-120	161-130	27-38
5	Высокая	121-150	131-150	39-50
6	Очень высокая	>150	>150	>50

Таблица 349 – Группировка почв по обеспеченности плодовых культур обменным калием, мг/кг почвы

Группа	Степень обеспеченности	Метод	
		Кирсанова, Чирикова	Мачигина
1	Очень низкая	<40	<50
2	Низкая	41-70	51-140
3	Средняя	71-90	141-210
4	Повышенная	91-120	211-270
5	Высокая	121-150	271-340
6	Очень высокая	>150	>340

Почвы Кубани сгруппированы по обеспеченности их элементами питания для плодовых культур и разработаны рекомендации по индексации уровней обеспеченности яблони элементами питания для основных зон плодородства края (табл. 350; Попова В.П. и др., 2005).

Таблица 350 – Группировка почв Кубани по обеспеченности их элементами питания

Уровень содержания	Черноземы выщелоченные, долинные почвы предгорной зоны	Черноземы карбонатные
Нитрификационная способность, мг/кг		
Очень низкая	5-15	до 10
Низкая	16-30	10-15
Средняя	31-60	16-20
Повышенная	>60	21-25
Высокая		>25
Подвижный фосфор, мг/кг		
Очень низкая	50-150	<15
Низкая	160-250	15-25
Средняя	260-350	26-35
Повышенная	360	36-50
Высокая		>50
Обменный калий, мг/кг		
Очень низкая	200-300	<80
Низкая	310-400	80-150
Средняя	410-500	160-200
Повышенная	>500	210-300
Высокая		>300

Удобрения вносят перед посадкой, при посадке и после посадки плодовых культур в соответствии с зональными рекомендациями. На орошаемых участках минеральные удобрения целесообразно вносить с поливной водой, для чего используют водорастворимые формы. Для этих целей предварительно готовят 30-50 % маточные растворы. Для предотвращения ожога при дождевании и капельном надкронном орошении применяют 1 % рабочие растворы, а при бороздном, внутривпочвенном, капельном и подкронном орошениях концентрации рабочих растворов повышают в 2-3 раза.

Наряду с основным внесением минеральных удобрений в почву, важную роль в удобрении многолетних насаждений играют некорневые под-

кормки, являющиеся наиболее целесообразным способом внесения микроудобрений. Для этих целей растворами солей необходимых микроэлементов проводят обработку растений.

В качестве органических удобрений для плодовых насаждений используют навоз, навозную жижу и птичий помет, различные компосты на их основе, сидераты, а также солому, сточные воды, осадки сточных вод, городской мусор, сапрпель при строгом соблюдении экологических требований.

Дозы предпосадочного удобрения зависят от содержания элементов питания в почве, биологических особенностей плодовых культур, способов их посадки. Виды и дозы предпосадочного удобрения устанавливают с учетом конкретных условий по рекомендациям зональных научных учреждений. Рекомендуемые дозы предпосадочного удобрения для этих целей приведены в таблице 351, а дозы фосфорно-калийных удобрений в зависимости от содержания подвижных форм соответствующих элементов в почве – в таблице 352.

Таблица 351 – Рекомендуемые дозы удобрений под плантажную вспашку для закладки плодовых насаждений

Культуры	Дерново-подзолистые почвы			Черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные и обыкновенные			Черноземы южные, каштановые почвы		
	навоз, компост, т/га	минеральные удобрения, кг/га		навоз, компост, т/га	минеральные удобрения, кг/га		навоз, компост, т/га	минеральные удобрения, кг/га	
		P ₂ O ₅	K ₂ O		P ₂ O ₅	K ₂ O		P ₂ O ₅	K ₂ O
Семечковые	60-80	300	350	40-60	120	120	40-60	250	250
Косточковые	60-80	250	400	40-60	120	160	40-60	250	300

Таблица 352 – Рекомендуемые дозы фосфорно-калийных удобрений перед посадкой плодовых культур в зависимости от содержания элементов питания в почве, кг/га

Группа по содержанию (P ₂ O) в почве	Вид удобрений	
	фосфорные, кг/га P ₂ O ₅	калийные, кг/га K ₂ O
Низкое	240	240
Среднее	180	180
Высокое	120	120

Удобрения в молодых неплодоносящих многолетних насаждениях применяют в случае недостаточного внесения удобрений перед их посадкой. При неудовлетворительном состоянии насаждений на второй год после посадки вносят полное минеральное удобрение в дозах, рекомендуемых для плодоносящих садов при уровне урожайности 200 ц/га, скорректированных по данным почвенно-растительной диагностики.

Дозы удобрений в плодоносящих многолетних насаждениях устанавливают по нормативам затрат удобрений (N, P₂O₅, K₂O) на единицу урожая с введением поправочных коэффициентов к дозам фосфорных и калийных удобрений в зависимости от содержания подвижных форм соответствующих элементов в слое почвы 0-40 см (табл. 353–354).

Таблица 353 – Затраты минеральных удобрений плодовыми насаждениями, кг д.в. на 1 т урожая

Природно-экономический регион	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без орошения			
Центральный	9	8	7
Центрально-Черноземный	7	7	8
Поволжский	5	5	5
Северо-Кавказский	6	4	5
С орошением			
Поволжский	5	6	5
Северо-Кавказский	6	4	5

Таблица 354 – Корректирующие коэффициенты к дозам фосфорных и калийных удобрений для плодовых культур в зависимости от содержания подвижных форм фосфора и калия в почве

Группы содержания P ₂ O ₅ (K ₂ O) в почве					
1	2	3	4	5	6
1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,25

Минеральные удобрения в плодоносящих многолетних насаждениях следует сочетать с органическими. Рекомендуемые дозы удобрений в плодоносящих многолетних насаждениях приведены в таблице 355.

Таблица 355 – Рекомендуемые дозы удобрений в плодоносящих многолетних насаждениях (при средней обеспеченности почв элементами питания)

Зона; почва	Органические удобрения, т/га (1 раз в 3 года)	Минеральные удобрения, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Семечковые культуры				
Нечерноземная зона; дерново-подзолистые, серые лесные	40	120	80	120
Центрально-Черноземная зона; черноземы выщелоченные, обыкновенные	20	60	60	60
Северный Кавказ, равнинная зона				
черноземы карбонатные	20	80	50	70
черноземы выщелоченные	20	80	90	80
каштановые	40	120	120	120
луговые	30	180	90	90
Горно-предгорная зона				
черноземные	40	90	40	30
каштановые	40	75	50	120
луговые	40	120	120	120
Косточковые культуры				
Нечерноземная зона				
Дерново-подзолистые, серые лесные	60	120	90	120
Центрально-Черноземная зона				
Черноземы выщелоченные, обыкновенные	40	40	40	40

Приведенные дозы фосфорных и калийных удобрений корректируются с помощью поправочных коэффициентов в зависимости от содержания в почве подвижных форм фосфора и калия, а дозы азотных удобрений уточняют по данным листовой диагностики (табл. 356).

Таблица 356 – Оптимальное содержание элементов питания в листьях плодоносящих плодовых культур, % сухой массы

Культура	N	P	K	Ca	Mg
Яблоня	1,3–2,5	0,13–0,29	1,2–1,3	1,1–1,3	0,24–0,45
Груша	2,0–2,6	0,13–0,2	1,4–2,83	1,4–1,3	0,24–0,45
Вишня	2,0–2,5	0,17–0,22	1,3–1,5	0,9–3,0	0,49–0,74
Слива	2,4–3,2	0,15–0,22	2,3–2,6	1,5–3,0	0,27–0,70

При оптимальном уровне содержания в почве или листьях растений элементов питания применяют средние нормы удобрений. Если количество элементов питания меньше или больше оптимального, то нормы удобрений увеличивают или уменьшают согласно поправочным коэффициентам. При избыточном содержании фосфора и калия в листьях фосфорные и калийные удобрения в садах не вносят.

Показатель нуждаемости (Т) рассчитывают по формуле:

$$T = \frac{A}{B},$$

где А – оптимальное содержание элемента питания в листьях, %;
 Б – фактическое содержание элемента питания в листьях, %.

Если нарушено правильное соотношение элементов питания в листьях, то показатель нуждаемости рассчитывают по формуле:

$$T = \frac{P_{\text{опт}} \times K_{\text{факт}}}{P_{\text{факт}} \times K_{\text{опт}}},$$

где $P_{\text{опт}}$ – оптимальное содержание фосфора в листьях, %;
 $K_{\text{факт}}$ – фактическое содержание калия в листьях, %;
 Р – фактическое содержание фосфора в листьях, %;
 К – оптимальное содержание калия в листьях, %.

Среднюю норму удобрений умножают на показатель нуждаемости, получают скорректированную для каждого случая норму удобрения.

Плодовые культуры не предъявляют особых требований к формам азотных удобрений. Однако следует учитывать, что на некислых и известкованных почвах наиболее пригодны аммонийная селитра, сульфат аммония, хлористый аммоний, мочевины; на кислых и известкованных – натриевая и калиевая селитра, безводный и водный аммиак.

Труднорастворимые формы фосфорных удобрений (фосфоритная мука), цитратнорастворимые (преципитат, обесфторенный фосфат, термофосфат) лучше вносить в запас в период предпосадочной подготовки почвы, а воднорастворимые (суперфосфаты) – для основного удобрения и в подкормки.

При использовании калийных удобрений следует иметь в виду отношение плодовых культур к хлору, входящему в состав ряда калийных туков. Среднечувствительны к хлору – яблоня, слива, вишня, малочувствительна –

груша. Исходя из этого, удобрения с высоким содержанием хлора (сильвинит, карналлит, каинит) нельзя использовать под культуры, чувствительные к нему, так как ухудшается развитие растений, снижается их продуктивность. Калийные удобрения с более высоким содержанием хлора (хлористый калий и др.) на почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава лучше вносить осенью, что обеспечит вымывание хлорид-иона атмосферными осадками из слоя почвы, где размещена основная масса корней растений. Так как на легких почвах срок внесения калийных удобрений ограничен весной, то под культуры, чувствительные к хлору, нужно использовать бесхлорные формы калийных туков (сернокислый калий, калимаг, углекислый калий – поташ, цементную калийную пыль, калимагнезию, шенит). На легких по гранулометрическому составу почвах с низким содержанием магния отдается предпочтение магнийсодержащим калийным удобрениям – калимагнезии, калимагу, особенно на культурах, требовательных к магнию.

Ограничений по использованию форм сложных удобрений под плодовые культуры нет. Следует обратить внимание лишь на сроки их внесения. Все сложные удобрения, содержащие азот в нитратной форме (нитрофос, нитроаммофос, нитрофоски, нитроаммофоски) нельзя вносить осенью из-за потерь нитратного азота.

Сложные удобрения, содержащие азот в аммонийной форме (аммофос, аммофоска, диаммофос), на суглинистых и глинистых почвах вносят и поздней осенью так же, как безводный аммиак и аммиачную воду. На почвах легкого гранулометрического состава все формы сложных удобрений надо вносить весной.

Наиболее эффективно и экономично применение на плодовых культурах удобрений пролонгированного действия (органно-минеральных, гранулированных и таблетированных, цеолитсодержащих, на основе гидрогелей, бисмочевина вместо обычной мочевины), а также совместное их использование с биоудобрениями (бамил, экуд, пудпет) или бактериальными удобрениями (азотвит, бактофосфин, АПМ).

Лучший эффект от внесения органических и минеральных удобрений получается тогда, когда их вносят в зону залегания основной массы всасывающих корней. Мощность развития, глубина залегания, ширина распространения корневой системы плодовых культур зависит от особенностей сорта подвоя, гранулометрического состава и плодородия почвы, местоположения сада и возраста дерева.

При обычных схемах посадок предпосадочное удобрение вносят полосами по линии будущих рядов плодовых деревьев; при плотных – применяют сплошное внесение удобрений.

Подвижность элементов питания входящих в состав удобрений в почве разная. Наименее подвижен фосфор. Он закрепляется в местах внесения удобрения по причине физического и химического поглощения почвенным комплексом. Подвижность калийных, а также аммонийных и амидных удобрений зависит от гранулометрического состава почвы и степени их увлажнения. Азот нитратных форм в почве подвижен. Нитраты могут передвигаться с капиллярной и гравитационной водой, а также путем диффузии. Отсюда следует, что оптимальным для плодовых насаждений является локальный способ внесения удобрений, когда они размещаются отдельными очагами, вокруг которых почва довольно длительное время насыщается доступными для плодовых деревьев элементами питания. Там, где плотность корней наибольшая,

удобрения усваиваются лучше. Положительное воздействие удобрений на растения проявляется уже в год их внесения.

Немаловажным для повышения эффективности применения удобрений в плодовых садах является вопрос о возможности создания «прерывистых» очагов питания растений на глубине 30–50 см с помощью специальных орудий укалывающего или ковшового типа. При отсутствии таких орудий, удобрения предпочтительно вносить в строку, используя послыйный способ их внесения. В зависимости от типа и возраста плодового сада удобрения вносят в 1–3 строки с каждой стороны ряда на глубину 15–20 см, каждая следующая строка может быть глубже на 5–10 см. В садах с междурядьями в 3,5 м и менее достаточно внести удобрения в одну строку.

В садах, размещенных на склонах, подверженных водной эрозии, применяют поочередное залужение междурядий (через междурядье). При этом машины проходят по незалуженному междурядью, а удобрения вносят на всей площади равномерно.

Важным компонентом системы удобрения являются мезо – и микро-элементы. Необходимость в них может возникнуть на любых почвах при несбалансированном удобрении макроэлементами, недостаточном применении органических удобрений. На карбонатных или переизвесткованных почвах может проявиться дефицит марганца, бора, цинка, зафосфаченных – цинка, кислых – молибдена, на супесчаных почвах и при засухе – меди.

Магниевые удобрения. Плодовые культуры нуждаются в магнии на почвах с низким содержанием этого элемента. На почвах с очень низким содержанием обменного магния в качестве магниевых удобрений вносят доломитовый известняк, дунит, магнезит, вермикулит. На почвах с низким и средним содержанием этого элемента хорошие результаты дает опрыскивание после фазы цветения деревьев 2–4 раза с интервалами в 10 дней 1–2 %–ным водным раствором сернокислого магния (100–200 г/10 л воды). Эту обработку целесообразно совмещать с опрыскиванием химическими препаратами против вредителей и болезней.

Железосодержащие удобрения. В южной зоне плодоводства Российской Федерации преобладают карбонатные и сильноизвесткованные почвы, где железо находится в трудноусвояемой форме для растений, поэтому плодовые в этом регионе часто страдают от недостатка железа («известковый хлороз»). Для устранения недостатка железа деревья опрыскивают весной, после распускания почек, с интервалом в 10 дней 2–3 раза 0,5 %–ным водным раствором сернокислого железа (50 г/10 л воды) или 0,05–0,1 %–ным раствором комплексных органических удобрений, содержащих железо, так называемых «хелатов», или «комплексонатов». Также можно смешать компост или торф с железным купоросом (1–3 кг/100 кг компоста) и вносить очагами, чтобы было меньше контакта с почвой.

Борные удобрения. В качестве подкормки вносят борный суперфосфат, бормагний сульфат – 0,5–1,0 кг/га. Раствором 0,02–0,30 %–ным борной кислоты или буры (2–10 г/10 л воды) опрыскивают растения весной в фазе бутонизация-начало цветения. Источниками бора являются навоз, зола и торф.

Марганцевые удобрения. Плодовые деревья при марганцевой недостаточности опрыскивают 5 %–ным водным раствором сернокислого марганца (500 г/10 л воды) до распускания почек, во время вегетации 0,05–0,10 %–ным (5–10 г/10 л воды) или под вспашку дают 2–3 ц/га марганцированного суперфосфата.

Медные удобрения. Применяют сернокислую медь в виде некорневой подкормки. Растения опрыскивают весной после цветения 0,05–0,10 %–ным водным раствором (5–10 г/10 л воды); по спящим почкам опрыскивают 1–3 %–ным раствором. В качестве удобрений используют отходы промышленности (пиритные огарки) – 0,5–0,6 т/га раз в 4–5 лет. Медь вносят также при опрыскивании садов 1 %–ной бордоской жидкостью или ее медьсодержащими заменителями (хлорокисью меди, купрозаном, хомецином).

Цинковые удобрения. Плодовые деревья опрыскивают 0,5 % водным раствором сернокислого цинка (50 г/10 л воды) с добавлением 0,2–0,5 %–ной гашеной извести, чтобы избежать ожога листьев. По спящим почкам обрабатывают 5–6 %–ным раствором сернокислого цинка. Цинковые полимикродобreenия (ПМУ–7) содержат около 20 % окиси железа, а также небольшие количества алюминия, меди, марганца, молибдена и других микроэлементов. Их вносят в почву из расчета 20 кг/га. В качестве цинковых удобрений могут служить цинкосодержащие заменители бордоской жидкости (цинеб, поликарбацин).

Рациональное применение удобрений должно сочетаться с рекомендованной системой содержания почвы, борьбой с вредителями и болезнями, орошением, формированием и обрезкой кроны и другими агроприемами в саду.

6.4.13. Ягодные культуры

К группе ягодных культур относятся плодовые породы из разных ботанических семейств. Объединяющим началом этой группы являются сочные плоды ягоды обычно не выдерживающие длительного хранения и часто малотранспортабельные. Ягодные культуры отличаются высокой урожайностью и десертными вкусовыми качествами плодов. Плоды употребляют в свежем виде и в большом количестве используют для переработки. К важнейшим ягодным культурам Северного Кавказа относятся виноград, малина, ежевика, земляника, клубника, смородина, крыжовник.

Требования к почве и особенности минерального питания растений. *Виноград.* Под виноград выбирают легкие по гранулометрическому составу почвы: суглинистые, песчаные, которые содержат большое количество щебня, хряща, камней. Грунтовые воды должны находиться не ближе 1,25–1,50 м от поверхности почвы. Виноград хорошо растет в широких пределах реакции среды: рН от 5,0 до 8,8, но экологический оптимум составляет 6,5–8,5 (табл. 357; Вальков В.Ф. и др., 2010).

Таблица 357 – Показатели оптимума, экономически допустимого минимума и максимума почвенных характеристик для винограда.

Показатель	Минимум	Оптимум	Максимум
Содержание гумуса, %	0,5–2,5	2,5–3,5	3,5–6,0
рН водной суспензии	5,5–6,5	6,5–8,5	8,5–8,8
Плотность, г/см ³	–	1,1–1,35	1,35–1,50
Содержание физической глины (< 0,01 мм), %	< 10	30–40	40–65
Na обменный, % от ЕКО	–	3–7	> 10
Плотный остаток при хлоридно-сульфатном засолении, %	–	0,4–0,6	0,6–1,0
Содержание СаСО ₃ , %	–	0,3–40,0	40–60

В Ростовской области наиболее пригодны для возделывания винограда мощные наносные почвы подножий южных склонов в долине Дона. Лучшими почвами для виноградников в Ростовской области являются черноземы с известковым щебнем.

Лучшими почвами для виноградников в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края являются наносные черноземы надпойменных террас с неглубоким залеганием грунтовых вод. В черноморской зоне вдоль берега Черного моря от Таманского полуострова до Абхазии на залегающих узкой полосой луговых песчаных почвах, подстилаемых приморскими песками, при систематическом внесении удобрений возможно получение высоких урожаев винограда. В предгорной зоне Краснодарского края лучшими для виноградников являются перегнойно-карбонатные и бурые лесные почвы

Для возделывания винограда в Ставропольском крае наиболее пригодны подножия Ставропольской возвышенности с черноземновидными делювиальными почвами легкого гранулометрического состава. В предгорной зоне Северного Кавказа лучшими для виноградарства являются пологие склоны и равнины с черноземами предгорными, черноземно-известковыми и бурными горнолесными почвами. Лучшими для виноградарства почвами в Дагестане являются луговые каштановые почвы террасы Самура, а на восточных склонах Кавказских гор – суглинистые лесные почвы без известки со слабнокислой или нейтральной реакцией почвенной среды. В горных районах Дагестана под виноградники предпочтительнее использовать мощные разности горностепных почв каштанового типа на южных склонах и на равнинных, удобных для орошения участках.

Крыжовник требователен к плодородию почвы. Лучшие почвы для него в Центрально-Черноземной зоне – суглинистые и супесчаные, средние по гранулометрическому составу, с высоким содержанием гумуса, рыхлые. Очень легкие песчаные и тяжелые глинистые почвы нежелательны для этой культуры. На Кубани крыжовник хорошо растет на оструктуренных почвах с высоким содержанием гумуса, что является одним из условий создания высокоурожайных и долговечных насаждений.

В зоне распространения дерново-подзолистых почв лучшими для крыжовника считаются дерново-, средне- и слабоподзолистые почвы среднего гранулометрического состава с мощностью гумусированного горизонта до 30–40 см, в зоне распространения серых лесных почв – темно-серые и светло-серые. Важное значение имеет подпочва. Она должна пропускать воду, но вместе с тем и задерживать ее, поэтому лучшая подпочва – суглинок. Непригодны в качестве подпочвы песок, не держащий воду, и глина, задерживающая ее избыток.

Для *земляники* пригодны все виды супесчаных почв, а также и песчаные почвы, если обеспечены элементами питания и водой. Легкие почвы особенно важны для ранних сортов, так как они быстро прогреваются, и это соответственно ускоряет созревание ягод. Богатые органическими веществами почвы также во многих местах оказались пригодными для культуры земляники. Благоприятным местообитанием могут быть участки, освобожденные от леса, поскольку известно, что земляника очень хорошо растет на слегка кислой почве, и как раз на таких почвах ее ягоды отличаются исключительным вкусом.

Малина и *ежевика* высокотребовательны к почвенному плодородию. Лучшие по гранулометрическому составу для них – хорошо дренированные средние суглинки. Можно возделывать рассматриваемые ягодные культуры

на различных типах почвы в зависимости от района возделывания: дерново-подзолистых, серых лесных, черноземных, темно-каштановых, сероземных и др. При использовании под малину и ежевику песчаных и глинистых почв требуется хорошая заправка органическими удобрениями, причем песчаные почвы нуждаются, кроме того, в регулярных и обильных поливах. Наименее требовательны к почвенным условиям сорта стелющейся ежевики, но и сорта с пряморослыми побегами дают высокие урожаи только на достаточно плодородных и хорошо увлажненных почвах.

Для растений малины и ежевики предпочтительна слабокислая реакция почвенного раствора (рН 5,7–6,5). Указанные культуры не выносят повышенного содержания в почве карбоната кальция (известняк), способствующего превращению многих элементов питания в труднодоступные для растений соединения и вызывающего хлороз листьев. Малина и ежевика болезненно реагируют и на засоление почвы. Даже небольшое содержание хлоридов, сульфатов и других вредных солей приводит к общему угнетению растений, резкому снижению их продуктивности и даже гибели.

Большое влияние на температурный и водно-воздушный режим почвы оказывает рельеф местности. Так, в условиях средней полосы России равнинные участки с небольшими склонами (до 5–6°) имеют определенные преимущества перед низменными вследствие благоприятного воздействия воздушного дренажа.

Удобрение. Виноград. Для жизнедеятельности винограда в значительных количествах требуются азот, фосфор, калий; в меньших – кальций, магний, сера. В очень небольших количествах нужны бор, марганец, медь, молибден, железо, цинк, кобальт и другие микроэлементы.

Азот входит в состав всех аминокислот и белков, фосфатидов, нуклеиновых кислот, хлорофилла, алкалоидов, многих витаминов глюкозидов, гормонов играющих ведущую роль в процессах обмена веществ. Именно поэтому азот часто является фактором, ограничивающим рост урожая винограда. Известный российский ученый микробиолог В.Л. Омелянский, подчеркивая значимость азота, писал, что азот более драгоценен с общебиологической точки зрения, чем самые редкие из благородных металлов. При недостатке азота в почве отмечается слабый рост побегов, недостаточное развитие соцветий, осыпание завязей; листья принимают бледную окраску и быстро желтеют. Избыток азота приводит к затягиванию роста: ткани побегов, листьев и корней становятся рыхлыми, созревание ягод замедляется, вызревание побегов ухудшается, зимостойкость снижается. Обильное и одностороннее применение азотных удобрений, особенно на богатых почвах, приводит к увеличению в вине белковых веществ. Эти вина имеют травянистый привкус, медленно осветляются и не отличаются прозрачностью и блеском.

Фосфор входит в состав нуклеопротеидов, нуклеиновых кислот, фосфатидов, фитина, фосфорных эфиров. Фосфор содержится преимущественно в соцветиях, прорастающей пыльце, завязях, семенах винограда и играет важную роль в передаче наследственных признаков. Он необходим для фотосинтеза, дыхания, а также для превращения сахара в крахмал и крахмала в сахар; имеет большое значение для обмена азотистых веществ в растении. Недостаток фосфора ослабляет энергию роста побегов, приводит к появлению мелких листьев тусклого темно-зеленого цвета и к несвоевременному их опадению. При этом ослабляется развитие корней, плохо проходят закладка плодовых почек и оплодотворение соцветия. Установлено, что если почва содержит достаточное

количество фосфора и азота, то дополнительное внесение фосфора не оказывает на виноград отрицательного влияния. Многочисленные данные показывают, что преобладание фосфора по сравнению с азотом в удобрениях способствует лучшему качеству вина и быстрому его осветлению.

Калий. Виноград – калиефильное растение. Физиологическая роль этого элемента в жизни виноградного растения проявляется прежде всего в поддержании благоприятных физико–химических свойств протоплазмы – ее оводненности, вязкости, эластичности. Калий содержится, главным образом, в молодых побегах винограда, в почках и в листьях. Содержание его в винограде выше, чем в других плодовых растениях. Калий имеет большое значение для образования крахмала и формирования белковых соединений, повышает устойчивость растений к заболеваниям, засухе и морозам, увеличивает сахаристость сока ягод и одновременно уменьшает его кислотность. Недостаточное количество этого элемента прежде всего сказывается на листьях средней части побегов: вначале они теряют зеленую окраску по краям, затем – между главными жилками, а затем на пластинках листа образуются бурые пятна. Листья опадают преждевременно, особенно на кустах с большой нагрузкой. При недостатке калия гроздья бывают небольшие, плотные, с мелкими, неравномерно созревающими ягодами; плохо утолщаются побеги и штамб куста. Наибольшая потребность винограда в калии наблюдается в первый период роста куста и во время созревания ягод. Высокое содержание калия в почве снижает рост побегов и листьев винограда, повышает качество ягод.

Кальций. Растения испытывают нехватку кальция на сильнокислых почвах, а иногда и на солонцеватых почвах. Этот элемент накапливается в стареющих клетках преимущественно в виде оксалата кальция, поэтому симптомы нарушения питания им обнаруживаются раньше всего на верхних молодых частях растения. Однако страдает все растение, так как в условиях дефицита кальция поражается корневая система растений: перестают образовываться корневые волоски, корни покрываются слизью, загнивают. Причина этого явления – растворение без кальция пектиновых веществ и липоидов, пропитывающих стенки клеток растений. Основная функция кальция – нейтрализация образующихся в растении органических кислот. Кроме того, он способствует усвоению азота. Важную роль играет кальций в процессах обмена, он способствует передвижению углеводов, превращению азотистых веществ, ускорению расхода запасных белков в период возобновления ростовых процессов. Кроме того, кальций благоприятно влияет на растения косвенно, так как его наличие в почве улучшает ее физические и химические свойства. При недостатке кальция проявляются все признаки азотного голодания, рост листьев задерживается и на них появляются коричневые пятна. В результате заметно снижается качество винограда и вина. Избыток кальция в почве ведет к появлению хлороза листьев, в первую очередь на подвойных и изабелльных сортах винограда. Поэтому при подборе этих сортов надо учитывать содержание кальция в почве. Сера, магний, железо имеют небольшое значение для винограда: потребность винограда в них очень невелика и обычно обеспечивается за счет имеющихся в почве подвижных форм этих элементов. Однако на песчаных почвах или почвах с высоким содержанием извести нередко наблюдается хлороз винограда, вызванный пониженным содержанием в растении подвижных форм железа, серы и магния.

Бор, цинк, медь, марганец. При дефиците бора нарушается обмен веществ винограда, в результате чего значительно снижается его урожай. Бор

способствует уменьшению хлороза винограда. Недостаток бора для винограда чаще наблюдается на легких песчаных и супесчаных почвах, чем на тяжелых глинистых и суглинистых. Цинковое голодание влечет за собой слабый рост побегов и осыпание цветков. Недостаток цинка чаще всего проявляется на карбонатных, легких по гранулометрическому составу почвах и особенно там, где содержится большое количество медленно разлагающегося органического вещества. Установлено, что цинковые удобрения улучшают корнеобразование у виноградных прививок и срастание привоя с подвоем. Недостаток меди и марганца может отрицательно сказываться на росте, развитии и продуктивности растений. Достаточное количество меди обычно попадает в почву виноградников при обработке против милдью препаратами, содержащими медь, поэтому медная недостаточность на виноградниках проявляется редко.

В отдельных случаях возникает необходимость внесения *магниевого* удобрений на песчаных почвах; *марганцевых* – на богатых известью и *железистых* – на карбонатных.

На формирование 1 т гроздей винограда используется 5–8 кг азота, 1,5–4 – P_2O_5 , 5–10 – K_2O , 0,5–0,8 – CaO , 0,2–0,4 кг MgO , 40 г меди, 14 – марганца, 7 – бора, 6 – цинка, 0,28 – кобальта, 0,06 г молибдена. Высококачественные технические сорта винограда потребляют микроэлементов на единицу урожая больше, столовые – меньше.

Поступление элементов минерального питания в виноградное растение начинается во время «плача» и значительно возрастает в период роста побегов. С увеличением массы листьев, соцветий и побегов содержание в них элементов питания снижается. Максимальное накопление элементов питания наблюдается к фазе цветения. Во второй половине вегетации поступление элементов питания в растение винограда снижается вследствие ослабления ростовых процессов и подсыхания почвы на виноградниках. Эти меняющиеся по периодам роста и развития потребности виноградного растения в элементах питания удовлетворяются сочетанием предпосадочного внесения удобрений с подкормками в период вегетации.

Технология применения удобрений на виноградниках предусматривает внесение удобрений под плантажную вспашку, припосадочное внесение, удобрение молодых и плодоносящих виноградников. До проведения плантажной вспашки участки с кислыми почвами известкуют, а солонцеватые – гипсуют.

Фосфорно-калийные удобрения в неукрывной зоне под виноград вносят осенью и весной, в укрывной – перед укрытием или после раскрытия винограда рано весной. При внесении фосфорно-калийных удобрений в запас нормы их увеличивают на кратное число лет по сравнению с годовой нормой. Азотные удобрения вносят ежегодно. Периодичность внесения органических удобрений зависит от содержания в почве гумуса. Виноград хорошо реагирует на использование сидератов.

Предпосадочное внесение удобрения на почвах с низкой обеспеченностью растений элементами питания под плантажную вспашку вносят 80 т/га навоза, $P_{400-600}K_{600-800}$, со средней обеспеченностью – 60 т/га навоза, $P_{400}K_{400}$, с повышенной обеспеченностью – 40 т/га навоза, $P_{200}K_{400}$ (табл. 358–359; Смирнов К.В., Малтабар Л.М., Раджабов А.К., Матузок Н.В., 1998). На смытых почвах с низким плодородием нормы навоза увеличивают до 100 т/га. Внесение удобрения повышает урожай и улучшает качество ягод в течение 6–10 лет.

Таблица 358 – Обеспеченность растений винограда азотом, фосфором и калием, мг/кг почвы

Обеспеченность элементами питания	Низкая	Средняя	Повышенная	Высокая	Очень высокая
Гумус (по Тюрину), %	2–4	4,1–6	6,1–8	8,1–10	>10
Легкогидролизующий азот по Корнфилду	100–150	151–200	>200	–	–
по Тюрину и Кононовой	30–40	40,1–50	50,1–70	70,1–100	>100
Нитрификационная способность (по Кравкову)	5–8	8,1–15	15,1–30	30,1–60	>60
Фосфор:					
по Чирикову	51–100	101–150	151–200	201–250	>250
по Мачигину	15–30	30,1–45	45,1–60	60,1–80	>80
Калий:					
по Чирикову	40–80	80,1–120	120,1–180	180,1–250	>250
по Мачигину	200–300	301–400	401–500	501–600	>600

Таблица 359 – Нормы удобрений под плантажную вспашку в зависимости от обеспеченности почвы элементами питания

Удобрения	Обеспеченность почв элементами питания				
	очень низкая	низкая	средняя	повышенная	высокая и очень высокая
Органические, т/га	80–100	60–80	40–60	30–40	0
Фосфорные, кг/га	600–800	400–600	200–400	200–300	0
Калийные, кг/га	800–1000	600–800	400–600	200–400	0

Припосадочное внесение удобрений. Внесение удобрений под плантажную вспашку предусматривает доведение до оптимального уровня содержания элементов питания. Если удобрения под плантажную вспашку не вносят, то их вносят за 1–2 недели до посадки винограда лентами на глубину 35–40 см на расстоянии 30–40 см от будущего ряда.

При гидромеханизированной посадке винограда удобрения вносят в виде водного раствора (по 80 г азота, фосфора и калия на 100 л воды). При ручной посадке вносят в посадочные ямы 1–2 кг перегноя, 10–20 г аммонийной селитры, 50 г простого суперфосфата, 10–20 г хлористого калия или сульфата калия. Удобрения предварительно перемешивают с почвой и засыпают на 5–10 см слоем почвы.

Удобрение молодых виноградников. При внесении удобрений под плантажную вспашку молодые виноградники первые 2–3 года не удобряют, на 3–4-й год вносят азотные удобрения. Под неудобренные при закладке виноградники ежегодно вносят азотные, фосфорные и калийные удобрения (табл. 360).

При орошении на почвах легкого гранулометрического состава рекомендуют дробное внесение удобрений – 50 % в основном, остальное – в виде 2–3 подкормок. Нормы удобрений и периодичность внесения корректируют на основании результатов почвенной и растительной диагностики. При ленточном внесении удобрений место рядка или очага изменяют.

Таблица 360 – Нормы удобрений для молодых виноградников, кг/га

Элементы питания	Обеспеченность виноградников			
	очень низкая	низкая	средняя и повышенная	высокая и очень высокая
N	60–80	40–60	20–40	0
P ₂ O ₅	60–80	40–60	20–40	0
K ₂ O	60–80	40–60	20–40	0

Удобрение плодоносящих виноградников. Определение видов и норм удобрений зависит от состояния конкретного массива виноградника, планируемой урожайности и показателей качества, погодных условий, обеспеченности влагой, элементами питания (табл. 361). На хорошо обеспеченных влагой виноградниках применяют более высокие нормы удобрений, на недостаточно обеспеченных (неорошаемые, в зоне недостаточного увлажнения, на маловлагодоемких почвах, на крутых склонах) – более низкие.

Таблица 361 – Ориентировочные нормы удобрений для плодоносящих виноградников в зависимости от состояния растений, уровня почвенного плодородия, влагообеспеченности и планируемой урожайности, кг/га д. в.

Обеспеченность почвы элементами питания	Обеспеченность влагой	Интенсивность роста побегов			
		сильная	средняя	слабая	
Азотные удобрения					
Очень низкая	достаточная	70*/90**	90/120	120/150	
Низкая		60/80	80/100	100/120	
Средняя		45/60	60/80	90/100	
Высокая		30/45	45/60	60/90	
Низкая		недостаточная	45/60	60/80	90/100
Средняя			36/50	45/60	60/80
Высокая	30/45		40/50	45/60	
Фосфорные удобрения					
Очень низкая	достаточная	100/120	120/150	150/180	
Низкая		90/100	100/120	120/150	
Средняя		70/90	90/100	100/120	
Высокая		60/80	80/90	90/100	
Очень низкая		недостаточная	90/100	100/120	120/150
Низкая			70/90	90/100	100/120
Средняя	60/80		80/90	90/100	
Высокая	45/60		60/80	80/90	
Калийные удобрения					
Очень низкая	достаточная	100/120	120/140	140/150	
Низкая		90/100	100/120	120/140	
Средняя		70/90	90/100	100/120	
Высокая		60/80	80/90	90/100	
Очень низкая		недостаточная	90/100	100/120	120/140
Низкая			70/90	90/100	100/120
Средняя	60/80		80/90	90/100	
Высокая	50/70		60/80	70/90	

* – числитель – для урожайности 8–10 т/га;

** – знаменатель – для урожайности 12–15 т/га.

При оценке состояния растений винограда необходимо учитывать прирост, урожайность и его качество в предыдущем году. Полноценными являются побеги, у которых диаметр более 6 мм, а длина 100–150 см. Сильно развитые, «жирующие» побеги относятся к группе полноценных и один жирующий побег принимают за два полноценных:

Интенсивность роста кустов	Число полноценных побегов, тыс./га
Слабая	<30
Средняя	30–50
Сильная	> 50

Нормы удобрения корректируют с учетом сортовых особенностей винограда и целей выращивания. Для удобрения высоко- и среднепродуктивных сортов и участков необходимы более высокие нормы удобрений.

На почвах с низким содержанием гумуса вносят 30–40 т/га навоза раз в 2–3 года, при высоком содержании – через 4–5 лет. На смытых почвах нормы навоза увеличивают. Высокоэффективным является применение навозной жижи (40–60 т/га) на глубину 30–40 см перед распусканием почек, после цветения и в период налива гроздей. При обновлении плантажа вносят органические удобрения.

На плодоносящих виноградниках применяют и расчетные методы определения норм удобрений по выносу элементов питания на единицу продукции с учетом агрохимических свойств почвы. Усредненные нормы минеральных удобрений для зон промышленного виноградарства Краснодарского края рассчитаны кубанскими учеными-виноградарами.

Азотные удобрения вносят ежегодно. Если насаждения размещены на плодородных участках, их доза может быть сведена к минимуму – 20–40 кг/га д. в. Периодичность внесения фосфорных и калийных удобрений определяется плодородием почвы. При очень низкой обеспеченности фосфором и калием их применяют со 2-го года произрастания, низкой – 4-го, средней и высокой – с 6-го. Внесение фосфорно-калийных удобрений производится в запас один раз в 2–3 года.

Наилучшее сочетание удобрений, дающее наибольший экономический эффект, – полное минеральное с преобладанием элемента, находящегося в минимуме. Для черноземов всех типов это фосфор, для дерново-карбонатных почв – калий. Периодичность внесения: при очень низкой обеспеченности – ежегодно, низкой – один раз в 2 года, средней – один раз в 3 года, высокой – один раз в 3–4 года. Часть основных удобрений переходит в трудноусвояемую для растений форму. Поэтому в наиболее важные периоды вегетации винограда необходимо проводить подкормку. Подкормка способствует усиленному плодоношению винограда и лучшему формированию соцветий в почках под урожай будущего года. Подкормка винограда дает хорошие результаты на фоне основного удобрения, однако не заменяет его. Различают корневые и некорневые подкормки винограда.

Подкормки следует давать в жидком виде. Рекомендуется проводить две подкормки: первую – за 10–15 дней до цветения и вторую – до начала созревания ягод. Первую подкормку проводят полным удобрением из расчета $N_{20}K_{20}P_{20}$, вторую фосфорно-калийным. В производственных условиях виноград подкармливают специальными подкормочными машинами на глубину около 25 см (можно и глубже) или гидробурами. Указанная выше норма удобрений должна быть разбавлена не меньше чем в 3000–4000 л воды.

На орошаемых виноградниках удобрения для подкормки можно вносить на дно поливных борозд. При наличии соответствующих приспособлений это делают одновременно с нарезкой борозд. Некоторые хозяйства вносят удобрения

в оросители, откуда они поступают на виноградник с поливной водой. При небольших площадях подкормочные растворы можно вносить в небольшие ямки, вырытые в междурядьях против кустов, на глубину 20–25 см, или под кусты в лунки. В последнем случае нужно подкармливать более слабыми растворами, чем те, которые были указаны для подкормочных машин и гидробуров.

При первой подкормке по лункам на 1 куст вносят 25–30 г аммонийной селитры, 20–25 г сернокислого калия и 50–60 г суперфосфата. Это количество удобрений разводят в ведре воды. Если этих удобрений нет, можно взять другие: вместо аммонийной селитры сульфат аммония (40 г на куст) или мочевины (20 г на куст), вместо сернокислого калия калийную соль (25 г на куст) или хлористый калий (15–17 г на куст). При второй подкормке азотные удобрения исключают, остальные берут в той же дозе.

Вместо минеральных удобрений при первой подкормке хорошо использовать органические: птичий помет, коровий навоз и другие. Особенно ценен птичий помет. Его намачивают в двух частях воды в течение 1–2 суток, а перед использованием разбавляют еще в 5–10 раз. При использовании коровьего навоза его также сначала намачивают в небольшом количестве воды, а потом разбавляют в 3–6 раз.

При некорневых подкормках минеральные соли наносятся на поверхность листьев, откуда они проникают во внутренние ткани. Это наиболее быстрый путь доставки элементов питания к ассимилирующим органам – листьям. Подкормку проводят в 3 срока: до цветения, после цветения и перед созреванием ягод. Эту работу проводят в утренние, а лучше в вечерние часы, чтобы предотвратить быстрое высыхание раствора на листьях после опрыскивания.

Некорневые подкормки проводят калийными, фосфорными удобрениями, а также микроэлементами в соответствующих концентрациях (табл. 362; Рубцова В.В., 1969). Некорневую подкормку фосфором и калием легко совместить с опрыскиванием кустов бордоской жидкостью против милдью. Однако при смешивании суперфосфата с бордоской жидкостью растворимость фосфатов кальция снижается, поэтому для комбинирования подкормок берут суперфосфат с хлористым калием. При этом в бордоскую жидкость добавляют предварительно смешанные растворы хлористого калия и суперфосфата. При подкормках увеличивается кислотность бордоской жидкости, поэтому для нейтрализации раствора необходимо добавлять известковое молоко.

Таблица 362 – Приготовление растворов для некорневых подкормок

Удобрение	Концентрация раствора, %	Количество удобрения на 10 л воды, г
Суперфосфат	4,0–5,0	400–500
Хлористый калий	0,5–1,0	50–100
Борная кислота	0,1–0,2	10–20
Сернокислый марганец.	0,1–0,2	10–20
Сернокислый цинк	0,02–0,05	2–5

Внесение микроэлементов сочетают с внесением основного удобрения при корневых и некорневых подкормках.

Смородина, крыжовник, малина, земляника. Удобрения под эти культуры вносят до посадки, при посадке и в период вегетации.

Предпосадочное внесение. Перед закладкой ягодников почву глубоко пахут с внесением органических и минеральных удобрений (табл. 363). Дозы фосфорных и калийных удобрений под плантажную вспашку дифференцируют в зависимости от содержания подвижных форм фосфора и калия в почве. Для устранения избыточной кислотности подзолистых почв (рН ниже 5,5) вносят известковые удобрения (известняковую муку, молотый известняковый туф, доломитовую муку) под смородину и землянику из расчета полной гидролитической кислотности, под малину – 0,75 и крыжовник – 0,5 гидролитической кислотности. Под землянику известь применяют за год или два до ее посадки (под предшественник). В ягодниках почву известкуют через каждые 8–10 лет.

Таблица 363 – Примерные дозы удобрений под глубокую вспашку для закладки ягодников

Культура	Обеспеченность почвы фосфором и калием	Навоз, компост, т/га	Доза удобрения, кг/га			
			на легких почвах		на тяжелых почвах	
			P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Смородина	низкая	100	250	200	300	250
	средняя	80	175	150	200	175
	повышенная	40–60	120	100	150	120
Крыжовник	низкая	100	200	250	250	300
	средняя	80	150	175	175	200
	повышенная	40–60	100	120	120	150
Земляника и малина	низкая	80	150	120	150	150
	средняя	60	100	80	120	100
	повышенная	40	60	50	70	60

На легких почвах норму извести (доломитовую муку) снижают на одну треть. Если в качестве калийного удобрения используют золу, то норму извести уменьшают в соответствии с содержанием углекислого кальция в ней, а под крыжовник – совсем не применяют.

При недостатке извести в хозяйстве ее вносят небольшими нормами вместе с минеральными удобрениями в следующем соотношении: на 1 ц аммонийной селитры – 0,7 ц углекислой извести, на 1 ц сульфата аммония – 1,3, на 1 ц мочевины – 0,8 и на 1 ц хлористого калия – 0,5 ц.

Удобрение плодоносящих ягодников. Удобрения применяют на всей площади: навоз, компост один раз в 2–3 года, минеральные удобрения ежегодно. Средние нормы органических и минеральных удобрений для плодоносящих ягодников в зависимости от их возраста и урожайности культур представлены в таблице 364.

Нормы удобрения уточняют применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям ягодника. Сначала их корректируют исходя из степени обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия с учетом уровня урожайности насаждений (табл. 365). Для этого используют поправочные коэффициенты к средним ориентировочным нормам (табл. 366).

Отсутствие достаточно надежного метода для определения подвижных форм азота в почве и оценки обеспеченности ее этим элементом не позволяет корректировать нормы азотного удобрения по данным почвенного анализа. Оставлять же норму азота без изменения при уточнении норм фосфора и калия,

а, следовательно, резком изменении соотношения N:P:K в сторону превалирования фосфора и калия над азотом будет неправильным, ибо азотное удобрение в садоводстве является наиболее важным. Поэтому, если нормы фосфора или калия с учетом содержания их в почве увеличены, то нормы азота тоже повышают до их уровня. При снижении норм фосфора или калия (при повышенном содержании этих элементов в почве) норму азота оставляют без изменения.

Таблица 364 – Ориентировочная норма удобрений и срок их внесения под ягодные культуры

Насаждения	Органические, т/га	Минеральные, кг/га			Срок внесения
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Богара					
Ягодные кустарники:					
До посадки	40	40	120	120	под предпосадочную вспашку ежегодно, весной
1–2–летние	–	60	–	–	
3–летние и старше	–	90	75	50	
Маточники	30	90	60	60	ежегодно: N – 50 % весной, 50 % осенью; РК – осенью органические – через каждые 2 года осенью; минеральные – ежегодно: N – 50 % весной и 50 % летом; РК – осенью
Орошение					
Ягодные кустарники:					
До посадки	40	40	120	120	под предпосадочную вспашку, осенью
1–2–летние	–	60	–	–	
3–летние и старше	–	100	75	60	
Маточники	40	100	60	60	ежегодно: N – 50 % весной, 50 % осенью; РК – осенью
Земляника:					
До посадки	40	40	120	120	под предпосадочную вспашку, осенью
Плодоносящая	–	100	–	–	
Маточники	40	120	60	50	
					ежегодно, август органические и РК – под предпосадочную вспашку, осенью; N – 50 % осенью и 50 % летом

Таблица 365 – Уровень урожайности ягодных насаждений в различные возрастные периоды, ц/га

Уровень урожайности	Смородина		Крыжовник		Малина	Земляника
	плодоношение					
	начальное	полное	начальное	полное		
Средний	15–30	30–60	25–50	50–150	30–60	50–100
Высокий	30–60	60–120	50–100	150–250	60–100	100–200

Таблица 366 – Поправочные коэффициенты к средним ориентировочным нормам удобрений в зависимости от обеспеченности почв элементами питания и величины урожая

Уровень обеспеченности почвы подвижными формами элементов	Уровень урожайности					
	смородина		крыжовник		малина	земляника
	средний	высокий	средний	высокий	средний	высокий
Фосфор						
Низкий	1,5	1,8	1,3	1,5	1,3	1,5
Средний	1,0	1,3	1,0	1,2	1,0	1,2
Повышенный	0,8	1,0	0,7	0,9	0,5	0,7
Высокий	–	0,6	–	0,5	–	0,5
Очень высокий	–	–	–	–	–	–
Калий						
Низкий	1,3	1,5	1,5	1,8	1,3	1,5
Средний	1,0	1,3	1,0	1,4	1,0	1,3
Повышенный	0,7	0,9	0,8	1,0	0,6	0,8
Высокий	–	0,5	–	0,6	–	0,5
Очень высокий	–	–	–	–	–	–

После уточнения норм удобрений по показателям обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия, а также планируемой урожайности насаждений, их вторично корректируют по результатам листовой диагностики (табл. 367). Средняя из этих уточненных норм удобрений (по показателям почвы и листьев) является той дифференцированной нормой, которая используется в конкретном насаждении.

Таблица 367 – Обеспеченность ягодных культур элементов питания по их содержанию в листьях растений, % сухого вещества

Элемент	Уровень содержания элементов питания				
	низкий	недостаточный	оптимальный	выше оптимального	избыточный
Крыжовник					
N	ниже оптимального на 20–30 % и >	ниже оптимального до 15–20 %	2,4±0,2	выше оптимального до 15–20 %	выше оптимального на 20–30 % и >
P ₂ O ₅			0,55±0,1		
K ₂ O			2,3±0,3		
Малина					
N	ниже оптимального на 20–30 % и >	ниже оптимального до 15–20 %	2,6±0,3	выше оптимального до 15–20 %	выше оптимального на 20–30 % и >
P ₂ O ₅			0,60±0,05		
K ₂ O			1,7±0,4		
Земляника					
N	ниже оптимального на 20–30 % и >	ниже оптимального до 15–20 %	2,6±0,4	выше оптимального до 15–20 %	выше оптимального на 20–30 % и >
P ₂ O ₅			0,60±0,05		
K ₂ O			2,2±0,4		
Смородина					
N	ниже оптимального на 20–30 % и >	ниже оптимального до 15–20 %	2,7±0,3	выше оптимального до 15–20 %	выше оптимального на 20–30 % и >
P ₂ O ₅			0,7±0,1		
K ₂ O			2,0±0,3		

Использование данных растительной диагностики для уточнения норм удобрений состоит в том, что при низком содержании в листьях элементов питания средние нормы удобрений увеличивают на 50 %, недостаточном – применяют рекомендуемые средние нормы, оптимальном уровне содержания – средние нормы удобрений уменьшают на 25 %, при уровне содержания выше оптимального не более чем на 15–20 % используют половинные нормы от средних рекомендуемых, а при избыточном содержании элементов питания (на 20–30 % и более по сравнению с оптимальным) удобрения не дают.

Органические, фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под зяблевую обработку почвы, азотные – ранней весной до начала вегетации под первую культивацию, фосфорные и калийные удобрения целесообразно применять в борозды на глубину 40 см 1 раз в 3 года в тройных дозах.

Минеральные удобрения под ягодники вносят ежегодно, органические – раз в 2 года. В годы, когда вносят органические удобрения, норму минеральных удобрений уменьшают вдвое. Под малину после уборки урожая целесообразно вносить половину нормы фосфорно-калийных удобрений.

На легких почвах, а также при намечающемся высоком урожае азотное удобрение лучше вносить в два срока: 70 % годовой нормы – ранней весной и 30 % – в фазы физиологического осыпания завязи в плодовом саду и зеленой завязи в ягодниках. При слабоинтенсивной окраске листьев на ягодных растениях 20–30 % весенней нормы азотного удобрения применяют дополнительно в июне в виде аммиачной селитры, мочевины, аммиачной воды и безводного аммиака.

Аммиачную воду, которая для ягодных культур равноценна аммонийной селитре, можно вносить и поздней осенью специальными культиваторами-растениепитателями на глубину 10–12 см.

Земляника является культурой, требовательной к минеральному питанию, но ее потребность меняется в течение вегетационного периода. Для этой культуры характерны два периода интенсивного поглощения элементов питания: первый – весенне-летний, когда у растений происходит нарастание листового аппарата, формирование цветоносов и ягод; второй – летне-осенний, когда идет усиленный рост корней, усов, смена листового аппарата и, вместе с тем, закладка цветочных почек для урожая будущего года. Эти периоды и определяют основные два срока внесения удобрений: весной (конец апреля – начало мая) и в послеуборочный период (июль–август). Следовательно, годовая норма удобрений вносится двумя равными частями в указанные сроки.

В год весенней посадки земляники половину ($N_{50}P_{50}$) годовой нормы ($N_{100}P_{100}K_{50}$) вносят после полной приживаемости растений (июнь), вторую – в августе. В это же время проводится внекорневая подкормка (0,02 %-ным раствором бора).

Для малины решающее значение имеет предпосадочная заправка почвы. Однако в 3–4-летних насаждениях у растений появляется потребность в дополнительном удобрении. Ежегодно с урожаем и отплодоносившими стеблями безвозвратно теряется азота, фосфора, калия, кальция эквивалентно 250 кг сульфата аммония, 80 кг суперфосфата, 130 кг сульфата калия, 60 кг известняка. Кроме того, большое количество элементов питания вымывается и удаляется с сорняками. Все эти потери должны быть возмещены.

Нормы удобрений определяют в каждом конкретном случае в зависимости от типа почвы, экономической эффективности и уровня агротехники. Так, например, мульчирование вызывает накопление в почве фосфора и ка-

лия, а содержание азота при этом уменьшается. На орошаемых плантациях необходимо вносить более высокие нормы калийных удобрений.

Особенно осторожно надо обращаться с азотными удобрениями. Лишний азот в весенний период провоцирует быстрый рост молодых побегов, и к моменту сбора урожая они затевают плодоносящие стебли, снижая качество ягод и затрудняя уборку. В конце лета в присутствии большого количества азота в почве побеги долгое время не прекращают рост, не вызревают и повреждаются осенними низкими температурами. Весной такие стебли отстают в развитии. Недостаток азота сдерживает рост побегов, и они не достигают нормальной для сорта высоты. Листья на таких побегах мелкие, светло-желтые. Продуктивность растений резко снижается.

Очень чувствительны растения малины к калийным удобрениям. При недостатке калия листья мельчают, края их становятся темно-бурыми, ткани между жилками некротизируются. Побуревшие края коробятся, как при ожоге.

При фосфорном голодании развиваются тонкие побеги, в средней части которых листья приобретают пурпурный цвет и быстро отмирают.

Для поддержания плодородия почвы и получения ежегодно высоких урожаев вносят органические и минеральные удобрения в течение всех лет возделывания крыжовника. В том случае, если перед посадкой почва была достаточно заправлена удобрениями, то на второй–третий год после посадки можно ограничиться только подкормкой азотными удобрениями (аммонийная селитра, птичий помет, навозная жижа). На плодоносящих плантациях ежегодно применяют органические либо полное минеральное удобрение, либо те и другие, уменьшив их нормы.

6.4.14. Субтропические культуры

Субтропические культуры – многолетние вечнозеленые реже листопадные деревья, кустарники или травянистые растения, возделываемые в субтропиках. По биолого-производственной классификации это группа плодовых культур, которым для роста и плодоношения требуется продолжительный, равный почти целому году вегетационный период. Субтропические плодовые культуры подразделяются на:

1. Цитрусовые: мандарин, апельсин, лимон, грейпфрут – основные промышленные виды. Все относятся к семейству рутовые (*Rutaceae*).

2. Разноплодные: маслина (семейство маслиновые [*Oleaceae*]), инжир (семейство тутовые [*Moraceae*]), гранат (семейство гранатовые [*Punicaceae*]), хурма (семейство эбеновые [*Ebenaceae*]), фейхоа (семейство миртовые [*Myrtaceae*]), унаби (семейство крушиновые [*Rhamnaceae*]), мушмула (семейство розановые [*Roosaceae*]), авокадо (семейство лещиновые [*Ceryloidaceae*]), орех грецкий, пекан (семейство ореховые [*Juglandaceae*]), каштан настоящий (семейство буковые [*Fagaceae*]).

Требования к почве и особенности минерального питания растений. Цитрусовые культуры (апельсин, мандарин, лимон, грейпфрут) по требованию к почвенным условиям очень близки между собой. Их родная стихия – Средиземноморье с коричневыми почвами.

Деревья цитрусовых очень пластичны в отношении почвенно-экологических условий. Хорошо растут на карбонатных почвах с содержанием извести до 5–6 % и с рН до 8,5 (коричневые и серо-коричневые карбонатные почвы, лугово-аллювиальные карбонатные, сероземы). Они успешно плодоно-

сят и на кислых почвах с рН от 5,5 до 6,5 (красноземы, желтоземы, желто-бурые лесные почвы, а также оподзоленные и лессивированные их варианты). Цитрусовые осваивают, показывая высокую продуктивность, различные под-типы мелиорированных болотных почв (Колхидская низменность), произрастают на рендзинах и красно-цветных известковых почвах субтропиков. Не требовательны цитрусовые и к гранулометрическому составу, встречаются и на супесчаных, и на глинистых почвах, однако на крайних значениях гранулометрического состава качество плодов снижается. Грунтовые засоленные воды не должны быть ближе 2,0 м, а пресные – 1,0–1,5 м. Не пригодны для цитрусовых засоленные и солонцеватые почвы, сильно скелетные разновидности, сильно оглеенные роды, латеритные рудяковые псевдоподзолы, слитоземы, болотные почвы, временно избыточно переувлажняемые без естественного или искусственного водорегулирования (Вальков В.Ф. и др., 2010).

Из почв лучшими для *мандарина* являются красноземы, перегнойно-карбонатные и их слабоподзоленные разновидности. После мелиорации и окультуривания можно использовать аллювиальные почвы при уровне грунтовых вод ниже 75 см и ортштейновом горизонте не ближе 50 см от поверхности.

Апельсин лучше развивается и плодоносит на богатых гумусом, рыхлых, водо- и воздухопроницаемых почвах. После коренной мелиорации и окультуривания можно использовать выщелоченные подзолы, щебенчатые и известково-мергелистые почвы (Микеладзе А.Д., 1988).

Из всех цитрусовых культур *лимон* наиболее влаголюбив; оптимальная влажность почвы в период вегетации должна быть около 60 % полной влагоемкости. Растения лимона привитые на трифолиате, не выносят щелочных почв с $\text{pH} > 8$, хорошо растут на рыхлых, богатых гумусом, водо- и воздухопроницаемых почвах. Непригодны для них сильноосмытые, тяжелые, избыточно влажные, сильноскелетные, засоленные и сильнощелочные почвы.

Инжир к почвам нетребователен, хорошо растет и плодоносит как на богатых известью почвах, так и на кислых желтоземах и красноземах. Растения инжира можно встретить на каменистых осыпях, трещинах скал, когда ветром заносит небольшое количество почвы с семенами инжира. Он произрастает на типичных сероземных, богатых известью почвах полупустынь, на кислых красноземах влажных субтропиков, на аллювиальных и тяжелых глинистых и слабозасоленных почвах. Однако на тяжелых по гранулометрическому составу почвах с застоем поверхностных вод инжир заметно снижает урожай и плоды у него мельчают. Малопригодны – песчаные, засоленные и заболоченные почвы. Лучшими для этой культуры являются суглинистые почвы, с глубоким стоянием грунтовых вод.

К почвам *фейхоа* малотребовательна, но не выносит избытка воды и извести. На переувлажненных почвах угнетается, грунтовые воды должны быть не ближе 60–70 см. Лучше растет и развивается на аллювиальных, суглинистых и супесчаных почвах.

Маслина малотребовательна к почвам. Она произрастает на любых почвенных разностях при отсутствии застоя грунтовых вод. Особенно хорошо маслина отзывается на легкие водо- и воздухопроницаемые почвы, обогащенные известью.

Растение *граната* к почве нетребовательно. Хорошо растет как на кислых разновидностях, так и на карбонатных, как на глинистых, так и на песчаных, хотя на последних урожайность несколько ниже. Хорошо переносит сухие почвы и

совершенно плохо растет на почвах избыточно увлажненных с близким уровнем грунтовых вод (не ближе 70–100 см). Гранат более склонен к сухим почвам.

Лучшие почвы для хурмы тяжелосуглинистые, хорошо она удаётся на глинистых и среднесуглинистых почвах с pH 5,5–7,5. Плохо растет на песчаных разновидностях. Не переносит избытка влаги и уровня грунтовых вод ближе 70 см. Лучшие для хурмы почвы лесного типа (Вальков В.Ф. и др., 2010).

Удобрение. Мандарин. Внесение органических и минеральных удобрений важное агротехническое мероприятие на плантациях мандарина. В качестве органических удобрений применяют навоз, сидераты, тофонавозно-минеральные и торфоминерально-аммиачные удобрения (ТМАУ). Торфоминерально-аммиачные удобрения вносят под молодые насаждения мандарина 1–5 лет по 10–15 кг, 5–10 лет – по 15–25 кг, а старше 10 лет – по 40 кг/растение. В качестве осенне-зимних сидератов на почвах с кислой реакцией высевают люпин с 25 августа по 15 сентября на аллювиальных и карбонатных почвах – чину танжерскую, горох и вино-овсяную смесь с 1 сентября по 15 октября. В междурядьях молодых садов (до 5–6 лет) высевают сидераты (лядвенец рогатый, люцерна) с 1 по 15 сентября или однолетние весенние сидераты (соя, горох) с 15 апреля до 15 мая. Зеленую массу многолетних сидератов заделывают при первой весенней (не позднее конца марта) обработке почвы.

Минеральные удобрения вносят ежегодно с учетом возраста деревьев по нормам, установленным агрохимическими картограммами. Сульфат аммония вносят в один прием – ранней весной, аммонийную селитру – в два приема: 60 % до фазы цветения и 40 % после цветения. Нормы удобрений зависят от возраста плантации и агрохимических характеристик почвы (табл. 368; Воронцов В.В., Штейман У.Г., 1982).

Таблица 368 – Примерные нормы удобрений под карликовые мандарины в субтропических районах Краснодарского края, г д. в. на одно растение

Вид удобрения	При посадке	Возраст					
		до 5 лет		6–10 лет		старше 10 лет	
		весной	в июне	весной	в июне	весной	в июне
Азотные	–	50	30	70	50	96	64
Фосфорные	40	120	–	160	–	200	–
Калийные	–	50	–	60	–	60	–
Навоз или компост	12	10	–	16	–	20	–
Куриный помет	2	2	–	4	–	6	–

В первые годы после посадки удобрения вносят в приствольные круги, а с 4-х летнего возраста – полос не ближе 12–15 см от ствола. В более старшем возрасте деревьев удобрения разбрасывают по всей ширине междурядий.

Апельсин. Для апельсина принята следующая система удобрения в летний период почву междурядий содержат под черным паром, осенью (начало сентября) в междурядьях высевают бобовые сидераты. В зависимости от агрохимических свойств почвы возраста плантации под плодоносящие деревья удобрения вносят из расчета 60–120 г калия, 120–350 г фосфора и 150–300 г азота. Азотные удобрения вносят в три срока: 50 % до фазы цветения, 25 % после цветения и 25 % в начале второго периода роста (июнь–июль). Фосфор-

ные и калийные удобрения вносят за один прием под основную обработку почвы. Формы фосфорных удобрений зависят от реакции почвенного раствора: на кислых почвах предпочтение имеет томасшлак на щелочных – суперфосфат.

Лимон. Высокая урожайность лимона может быть получена только при внесении органических и минеральных удобрений. На следующий год после посадки под весеннюю перекопку под каждое растение лимона вносят по 8–10 кг навоза, равномерно распределяя его по дну траншеи. Норма минеральных удобрений зависит от возраста растений. При посадке дают 100 г фосфора, 50 г калия и 40 г азота. Затем под растение в возрасте от 1 года до 5 лет вносят 120 г фосфора и 50 г калия, с 6 лет и старше – соответственно 250 г (раз в 4 года) и 120 г (раз в 2 года). Дозы азота под 1–3 летние растения составляет 40 г, 4–5 летние – 80, 6–8 – летние – 150, 9–летние и старше – 250 г на растения. Калийные и фосфорные удобрения вносят вместе с навозом при весенней обработке почвы на глубину 12–15 см. Азотные удобрения дают в два приема: 50 % нормы перед цветением, в период бутонизации и 50 % после цветения, но не позднее первой половины июля. Указанные дозы удобрений могут изменяться в зависимости от общего состояния растений, агрохимических свойств почвы, складывающегося в период вегетации водного режима.

Гранат. В качестве основного удобрения под вспашку вносят 30–40 т/га навоза и фосфорные удобрения из расчета P_{120} . В последующие годы рекомендуется раз в два вносит под вспашку навоз в норме 30–40 т/га и ежегодно минеральные удобрения из расчета $N_{120}P_{90}K_{60}$. С увеличением возраста плантации норму удобрений под эту культуру увеличивают на 30–40 %.

Инжир. В междурядьях молодых плантаций инжира ранней осенью после окончания роста побегов высевают сидеральные культуры: во влажных субтропиках – вику с овсом, люпин, сою, клевер, в сухих – вику, горох, чечевицу, чину, маш, сераделлу, клевер. Запахивают их во влажных субтропиках весной, в сухих – осенью. На молодых плантациях инжира (2–3–летних) плантациях при слабом развитии растений вносят 50–70 г азота, 80–100 г фосфора и 40–60 г калия на дерево, на плодоносящих – 200–250 г азота (60 % весной и 40 % летом), 300–350 г фосфора, 150–160 г калия и 25–30 кг навоза на дерево.

Хурма. Для обогащения почвы элементами питания и улучшения ее структуры высевают сидераты: в молодых плантациях хурмы весной или летом, в плодоносящих – осенью. Минеральные удобрения под молодые насаждения (до 8–10 лет) вносят из расчета $N_{90-100}P_{60-90}K_{30-40}$. При удобрении взрослых деревьев нормы удобрений увеличивают на 30–40 %. Азотные удобрения дают в два приема: под весеннюю перепахку и в июле.

Фейхоа. За месяц до посадки подготавливают ямы глубиной 40 см и шириной 1 м. За две недели до посадки в них вносят 15–20 кг навоза и по 90–120 кг/га фосфорной муки. В молодых плантациях (до 5 лет) ежегодно вносят 10–15 кг навоза на растение, в плодоносящих – 20–30 кг. Минеральные удобрения вносят следующие количества (г/куст): в насаждениях до 5 лет фосфора 120–150, калия 50–100, азота 100–120; в плодоносящих фосфора, 350–450 калия 120–150, азота 250–300. Фосфорные и калийные удобрения дают совместно с навозом во время обработки почвы осенью или весной а азотные – в два срока: 60 % за месяц до начала цветения (конец апреля), 40 % после завязывания плодов – в конце июля.

Маслина. Под плантажную вспашку вносят 30–40 т/га навоза и $P_{250}K_{100}$. Перед посадкой готовят ямы размером 60×50, 60×70 см куда вносят 12–15 кг

навоза по 100–150 г азота и фосфора 50–100 г калия. Удобрения на плантациях маслины вносят поздней осенью или зимой перед вспашкой. На молодых насаждениях дают $N_{120-160}P_{180-200}K_{80-100}$. В период вегетации проводят две подкормки первую азотно–фосфорную, для стимулирования роста – в мае, вторую, фосфорно–калийную, для лучшего вызревания древесины в июле – начало августа. Дозы удобрений при подкормке: $N_{160-200}P_{250}K_{100}$. Глубина внесения удобрений 25–30 см, так как именно в этой зоне находятся активные корни. На полновозрастных плантациях дозы удобрений увеличивают: 25–30 т/га навоза (1 раз в 2 года) $N_{200-250}P_{200-250}K_{80-100}$. Подкормки плодоносящих деревьев весной – перед цветением через две недели после цветения и в конце лета – в период активного роста плодов (Микеладзе А.Д., 1988).

6.4.15. Цветочные культуры

Для роста и развития цветочных растений необходимо сочетание факторов среды, характерных для того экологического района или зоны, откуда они произошли. Основными из них являются: тепло, свет, влага, воздух и почва, обеспечивающая растения элементами минерального питания и являющаяся механической опорой. Недостаток в почве элементов питания ухудшает рост и развитие цветочных растений, и их внешний вид. Поэтому искусство их выращивания в значительной степени зависит от правильного использования удобрений, умения выбрать почву и составить необходимую земляную смесь. Почвы, бедные органическим веществом, даже при больших запасах элементов питания, обладают плохой структурой, низкой влагоемкостью и микробиологической активностью. Внесение органических удобрений на таких почвах является основным приемом создания благоприятных условий для жизнедеятельности цветочных растений.

6.4.15.1. Подготовка почвенного грунта для посадки цветочных культур

Почвенные грунты, используемые для посадки цветочных растений, не имеют аналогов в природе, так как они составляются искусственно. Свойства их в значительной степени унаследованы от естественных почв данного района. В центральных и северных районах это подзолистые слабокислые почвы или торф; на юге – различные типы черноземов и каштановые почвы с присутствием им нейтральной или слабощелочной реакцией; в засушливой зоне сероземов – слабогумусированные карбонатные почвы.

При составлении земляных смесей учитывают, что они должны обладать высоким плодородием, благоприятными физическими и химическими свойствами – влаго– и воздухоемкостью. Недостаток кислорода в тяжелосуглинистой почве замедляет рост растений, создает дефицит элементов питания. На рыхлой структурной почве растения меньше страдают как от недостатка, так и от избытка солей. Почвенные грунты должны иметь высокую емкость поглощения и буферность для того, чтобы удерживать большое количество элементов питания и постепенно отдавать их растениям. При этом очень важно перечисленные свойства сохранить продолжительное время, так как большое число цветочных культур – многолетники, и длительное время растут на этой почве без замены.

По содержанию органического вещества почвенные грунты классифицируют: до 10 % – низкое, до 30 – пониженное, 30–60 – среднее, свыше 60 % – высокое; по величине плотности их разделяют на рыхлые – 0,1–0,4 г/см³, средние – 0,5–0,7, уплотненные – 0,8–1,0 и плотные – свыше 1 г/см³. Для

нормального роста и развития растений количество воздуха в почве должно составлять не менее 15–20 %, а общая скважность – 50–60 %.

В соответствии с биологическими особенностями отдельных культур, для повышения питательной ценности и улучшения структуры составляются субстраты из четырех видов земли: дерновой, перегнойной, листовой и торфяной. Имея эти субстраты и песок, можно выращивать любые цветочные растения.

Дерновая земля должна обладать мелкокомковатой структурой, быть хорошо проницаема для воды и воздуха, содержать значительный запас элементов питания. Ее заготавливают на участках с хорошим злаково-клеверным травостоем, глинистой и суглинистой почвой. Дерновую землю нельзя брать на заболоченных участках и кислых подзолах. Развитие осоки, хвощей и щавеля свидетельствует о кислой реакции почвы. Если дерновая земля содержит мало глины и много песка, полезно добавить в нее немного рыхлой замороженной или прокаленной глины. И наоборот, слишком глинистая земля улучшается песком.

Дерн нарезают в конце лета или начале осени плугом или лопатой пластами 30×30 см и толщиной 10 см. Некоторые растения требуют более легкую почву с небольшим количеством глины, но содержащую много перегноя и корней. Дерновый слой в этом случае должен быть от 6 до 8 см. Для глинисто-дерновой земли дернину режут с глинистой подпочвой до 15–20 см, но не глубже. Срезанный дерн складывают в штабеля послойно «травка к травке». Длина штабеля произвольная, ширина до 150 см, высота 100–150 см. Между дерниной кладут навоз и известь, это ускоряет разложение и обогащает землю азотом. Наверху штабеля делают желобок для отвода влаги. За лето штабеля не менее двух раз перемешивают бульдозерами и поливают водой, чтобы ускорить разложение дернины. На второй год перемешивание продолжают, и к осени второго года земля бывает готова. Осенью дерновую землю убирают в землехранилища: оставлять ее второй год под открытым небом нельзя, поскольку корни сгнивают, земля теряет пористость и становится бесструктурной. Перед употреблением дерновую землю просеивают через грохот с диаметром отверстий 3–4 см, чтобы оставались комочки с горошину, но не крупнее лесного ореха. При пересадке кадочных растений комочки могут быть больше.

Дерновая земля тяжелая: плотность ее колеблется от 1,2 до 1,5 т/м³. Использовать ее можно два–три года, затем она становится непригодной для посадок. Дерновую землю как основу смесей используют для горшечной культуры летников – гвоздики, левкоя, пеларгонии и укоренения черенков, загнивающих в перегнойной земле, а также для цитрусовых и пальм.

Перегнойную землю получают из перепревшего парникового навоза, который осенью складывают в штабеля, как и дернину, и в течение летнего сезона несколько раз перемешивают. После окончательного разложения перегнойную землю применяют при составлении земляных смесей. Навозный перегной рыхлый, легкий, богат элементами питания, что и способствует хорошему росту цветочных культур. В зависимости от вида навоза перегнойная земля может быть тяжелой или легкой (конский навоз). Плотность ее колеблется от 0,5 до 0,8 т/м³. В чистом виде перегнойную землю не применяют.

Торфяная земля состоит из слаборазложившихся растительных остатков. Заготавливают ее из торфа верховых и низинных болот, торфяной крошки. Торф складывают в штабеля высотой 40–60 см в смеси с навозом и известью, готовят в течение двух лет, периодически перелопачивая и поливая навозной жижей. Навоз и известь повышают питательность торфяной земли,

в процессе подготовки кислотность торфа уменьшается. Эта земля имеет небольшую плотность – 0,4–0,6 т/м³.

Торфяная земля обладает высокой влагоемкостью, поэтому улучшает водно–воздушные свойства почвы с тяжелым гранулометрическим составом; употребляется в смеси с песком для посадки черенков; нужна при культуре азалий, камелий, гортензий, хороша для посева мелких семян; добавляется к дерновой земле с целью обогащения органическими веществами. Торфянистую землю не следует пересушивать, т. к. она медленно пропитывается водой. Во время хранения торфяная земля постоянно должна быть влажной.

Листовую землю получают из опавших листьев липы, орешника, клена, вяза, тополя, яблонь, груш. В листьях дуба и ивы содержатся дубильные вещества, поэтому они непригодны для получения листовой земли. Это легкая земля плотностью 0,4–0,6 т/м³. Листья сгребают осенью или весной в кучи, затем по мере разложения и уплотнения складывают в штабеля, где они минерализуются в течение двух лет. Пока листья лежат рыхло, их уплотняют и поливают, чтобы микробиологические процессы шли быстрее. На второй год их два–три раза перелопачивают, поливают навозной жижей, с которой вносят бактерии, ускоряющие гниение листьев. При разложении листьев в земле накапливаются кислоты, тормозящие дальнейший распад массы. Вредное влияние кислотности устраняют внесением в штабель во время перелопачивания гашеной извести из расчета 0,5 кг на 1 м³ неперепревших листьев.

Листовую землю используют для посева семян в ящиках; в смеси с торфом и песком (2:3:1 или 2:4:1) – как основу смесей для примулы, цикламена, антуриума, бегонии, цинерарии. Все виды готовой садовой земли хранят в специальных землехранилищах. Из них по мере необходимости готовят нужную смесь, которая в зависимости от соотношения компонентов может быть тяжелой, средней или легкой. В тяжелой почвенной смеси содержится по объему три части дерновой, одна – перегнойной или листовой и одна часть песка, в средней – по две части дерновой и перегнойной (листовой) земли и одна – песка, в легкой – одна часть дерновой, три – перегнойной (листовой) земли и одна часть песка.

Большое значение для роста и развития цветочных культур имеет и реакция почвы, от которой зависят доступность для растений элементов минерального питания и степень их поглощения. Оптимальные значения показателя рН для цветочных растений приведены в таблице 369.

Кислотность субстрата определяется содержанием свободных или обменных ионов водорода. В известкованных нейтральных субстратах, насыщенных кальцием, подвижный водород почти отсутствует и больших различий в результатах анализа между водной и солевой вытяжками не бывает. Поэтому в нейтрализованных субстратах кислотность можно определять как в солевой, так и в водной вытяжке, а в исходных материалах для составления почвенных смесей кислотность (рН) определяют в 1 н растворе КСl, при этом учитывают и количество обменных ионов водорода. При определении кислотности в водной вытяжке принимают во внимание только содержание свободных ионов водорода. Поэтому кислотность по солевой всегда выше кислотности по водной вытяжке. На кислотность субстрата влияют жесткость воды и подкисляющее действие удобрений. В зависимости от величины рН_{КСl} тепличный субстрат может быть: кислый, нейтральный или щелочной; при рН 2,5–3,5 – сильнокислый (такая кислотность бывает только у верхового торфа), рН 4–5,4 – кислый, рН 5,5–6,4 – слабокислый, рН 6,5–7,5 – нейтральный, рН выше 7,5 – щелочной.

Таблица 369 – Оптимальное значение реакции почвенной среды для цветочных растений

Растение	Оптимум pH	Растение	Оптимум pH
Клематис	5,5–6,5	Тюльпан	6,5–7,5
Роза	6,0–6,5	Пион	6,8–7,0
Гладиолус	6,0–7,0	Ирис	5,0–7,0
Лилия	6,0–7,0	Георгин	6,0–7,0
Нарцисс	6,6–7,2	Гортензия	4,0–6,5
Цикламен	5,5–6,5	Флокс	6,5–7,0
Гвоздика	6,0–6,8	Хризантема	5,5–7,5
Сирень	6,0–7,0	Астра	6,4–7,4
Актиния	5,5–6,5	Жимолость	6,0–7,0
Пуансеттия	6,0–6,5	Вистерия	6,5–7,0
Нерина	6,7–7,0	Калла	5,5–6,5
Альстремерия	5,5–6,0	Кальцеолярия	7,0–7,5
Гиппеаструм	6,3–6,8	Гербера	6,5–7,5
Пеларгония	5,6–6,5	Анемона	6,0–6,5
Глоксиния	5,5–6,0	Примула	6,0–6,2
Азалия	4,5–5,5	Фрезия	6,0–7,0

Для снижения кислотности субстрата проводят известкование почвы и используют физиологически щелочные удобрения. При необходимости подкисления субстрата добавляют кислый верховой торф, применяют физиологически кислые минеральные удобрения, либо в поливную воду добавляют кислоты.

6.4.15.2. Удобрение цветочных культур

Рациональная система удобрения цветочных культур на земельных смесях возможна только на основании данных химического анализа почвенного грунта. В связи с тем, что тепличные субстраты представляют собой искусственные смеси различных органических и минеральных компонентов, они существенно отличаются агрохимическими характеристиками от естественных почв. В силу различной плотности субстратов обеспеченность почв элементами питания определяют в миллиграммах на 1 л субстрата, а не в миллиграммах на 1 кг воздушно-сухой массы почвы.

Для агрохимической оценки тепличных почв применяют различные методы, которые отличаются химическими соединениями для извлечения условно доступных растениям элементов питания. В зоне подзолистых почв содержание фосфора и калия определяют по методу Кирсанова (0,2 н солянокислая вытяжка), в зоне черноземов некарбонатных – методом Чирикова (0,5 н уксусная кислота), в зоне черноземов карбонатных, каштановых, бурых почв и сероземов – методом Мачигина (1 % карбонат аммония). Нитратный азот, кальций и магний во всех почвах определяют в водной вытяжке, аммонийный азот – после определения pH (в 1 н KCl).

Вследствие использования различных способов извлечения из почвы подвижных форм элементов питания абсолютные их количества, полученные тем или иным способом и рассчитанные на 1 л субстрата, неодинаковы.

В цветоводстве широко пользуются методом определения содержания легкодоступных для растений элементов питания в водной вытяжке, т. е. так называемым голландским методом. На основе этого метода в нашей стране

разработан метод определения при соотношении субстрата и воды по объему 1 : 2. В этом случае для средне- и солеустойчивых культур оптимальными считают содержание азота (N) – 80–150 мг/л; фосфора (P₂O₅) – 30–40; калия (K₂O) – 150–200 и магния (Mg) – 50–80 мг/л. Такое содержание элементов питания можно получить от внесения разного количества удобрений, поскольку содержание действующих веществ в разных видах удобрений неодинаково. В силу этого общая концентрация солей при оптимальном содержании азота, фосфора и калия может быть различной.

Свойство аниона фосфорной кислоты хорошо удерживаться почвой позволяет вносить всю годовую норму фосфорных удобрений за один прием перед посадкой растений. В то же время чрезмерное содержание фосфора нарушает поглощение железа, марганца и нитратного азота, в форме которого представлен почти весь доступный азот в тепличных субстратах, за исключением периодов, когда субстрат охлажден и возможно накопление аммонийного азота.

Азотные и калийные удобрения могут сильно повышать концентрацию солей в субстрате, однако при обильном поливе и хорошем дренаже они быстро вымываются, поэтому некоторое их количество вносят как основное удобрение перед посадкой растений, а затем добавляют в подкормки.

Общая допустимая концентрация водорастворимых солей в субстрате зависит от его состава и находится в прямой зависимости от содержания гумуса. Чем больше его содержание, тем выше допустимый предел концентрации водорастворимых солей. В цветоводстве широко используют субстраты с высоким содержанием пассивного органического вещества (древесные опилки, кора, солома), не обладающие большой емкостью поглощения катионов и буферностью, что не позволяет увеличивать концентрацию солей так высоко, как это допустимо при использовании перегноя или торфа. Ориентировочно считают, что для среднесолевыносливых культур на среднеплотных субстратах с пониженным содержанием органического вещества (плотность 0,8 г/см³) верхний предел содержания водорастворимых солей равен 5,5 г/л, а на верховом торфе – 7 г/л, для солевыносливых культур соответственно 6 и 8 г/л.

Из-за большого разнообразия грунтов в разных зонах и хозяйствах трудно установить точные дозы удобрений, вносимых перед посадкой растений. Однако известны оптимальные уровни содержания элементов питания в субстратах для разных культур, на которые и ориентируются специалисты (табл. 370-371; Висящева Л.В., Соколова Т.А., 1991).

Таблица 370 – Оптимальное содержание элементов питания в почве при возделывании гвоздики, хризантемы и розы, мг/л

Почва	Метод определения фосфора и калия	Гвоздика, хризантема			Роза		
		N _{мин.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{мин.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Подзолистые почвы, торф	Кирсанова	150–250	600–800	400–600	100–200	500–800	400–600
Черноземы некарбонатные	Чирикова	100–150	250–400	350–500	80–150	250–400	300–450
Черноземы карбонатные, сероземы, каштановые почвы	Мачигина	100–150	100–200	500–800	60–150	80–150	500–700

Таблица 371 – Оптимальное содержание элементов питания (мг/г), общая концентрация солей в подстилочном торфе (%) и его кислотность (рН)

Элемент, рН, общая концентрация солей	Гвоздика	Роза	Герберы	Фрезия	Хризантема	Цикламен	Азалия
N	150–250	150–250	150–250	150–250	150–300	150–300	80–120
P	120–200	250–400	120–200	120–200	150–200	150–200	50–100
K	300–450	350–500	300–450	350–500	400–600	350–500	80–160
Ca	2500–4500	4500–6000	3500–4500	2300–4200	2800–4200	2600–3800	500–1000
Mg	550–700	700–900	550–760	400–700	500–800	400–600	100–150
Fe	150–250	800–1600	150–250	150–250	150–400	150–200	120–200
Cu	8–16	8–15	12–16	10–15	10–15	10–20	10–15
Zn	8–16	30–60	8–16	8–16	8–16	6–10	4–8
Mn	12–16	80–150	8–16	8–16	6–10	6–10	4–8
Mo	0,1–0,25	0,08–0,2	0,04–0,1	0,08–0,2	0,08–0,2	0,08–0,2	0,08–0,2
B	1,5–2,5	1–2	1,5–2,5	1–2	1,5–2,5	1,5–2,5	1–2
Cl	≤ 100	≤ 100	≤ 100	≤ 100	≤ 100	≤ 100	≤ 100
рН	6–6,8	5,8–6,5	4,5–5	5,5–6,5	5,5–6	5,2–6	4–4,5
Общая концентрация солей	2,5–3,5	2,5–3	1,5–2,5	1,5–3	2,5–4,5	1,5–3,5	0,5–1

Примечания: 1. Анализы ведут в вытяжке 1 н. HCl. 2. Оптимальный состав субстрата для герберы приведен по Л. Гутмане, для остальных культур – по В. Ноллендорфу. 3. Для перевода содержания P в P₂O₅ следует использовать коэффициент 2,29, а K в K₂O – 1,2.

Нижнюю границу оптимального содержания элементов питания подерживают на уплотненных почвах, на участках с вновь посаженными растениями, а также в начале и конце вегетационного сезона у многолетних культур; верхнюю – на почвах рыхлых, обогащенных органическим веществом в период интенсивного роста.

Содержание кальция и магния, как правило, во всех почвах определяют в водной вытяжке. При этом для некарбонатных почв оптимальным является содержание 60–120 Mg и 350–500 мг/л Ca. В зоне карбонатных почв содержание этих элементов, и в первую очередь кальция, выше.

Дозы внесения удобрений определяют по результатам анализов субстратов и содержанию элементами питания в растениях с учетом степени их развития. На основании этого корректируют и рассчитывают дозы удобрений для подкормок.

Содержание биогенных элементов в растениях оценивают методом листовой диагностики (табл. 372; Висящева Л.В., Соколова Т.А., 1991).

Для листовой диагностики отбирают молодые листья, которые только что закончили рост и достигли нормальных размеров. У гвоздики для анализа берут пятую, считая от верхушки побега, пару листьев в конце стадии бутонизации, когда можно определить окраску бутона. В такой же фазе отбирают на анализ листья розы – верхние трехлистные и первый пятилистник.

Удобрения вносят весной или осенью при обработке почвы и заделывая на глубину корнеобитаемого слоя, а также непосредственно в посадочные лунки или бороздки. В период вегетации цветочных растений проводят корневые и некорневые подкормки.

Таблица 372 – Содержание биогенных элементов в листьях (макроэлементы – в %, микроэлементы – в мг/л)

Элемент	Гвоздика	Роза	Гербера	Хризантема	Цантедешия	Паунсеттия	Фрезия*	Цикламен	Азалия
N	3–4,5	3–4,5	2,5–3,5	3–4,5	4–5,5	3,5	3,3	2,5	2
P	0,25–0,5	0,25–0,5	0,3–1	0,25–0,5	0,3–0,6	0,6	1,2	0,3	≥ 0,3
K	2,5–5	1,8–2,6	2,2–4,3	2,5–5	3,5–5,5	2,4	3,2	2,5	0,8
Ca	1–2	0,8–2	1,6–2,2	1,2	0,5–1	1,1	0,7**	1	0,22–2,6
Mg	0,25–0,2	0,25–0,5	0,8–1,2	0,25–0,5	0,5–0,8	0,6	0,3	0,4	0,17
Fe	120–300	120–300	120–250	120–30	120–300	161	183	150	100–400
Cu	10–20	8–16	6–30	10–20	10–20	7	14	12	8–20
Zn	30–80	20–50	100–150	30–80	40–100	33	63	40	30–80
Mn	50–150	50–100	150–250	50–150	50–150	61	109	60	≥ 100
Mo	1–5	1–5	1–5	1–5	1–5	3	2,4	3	1–20
B	30–60	30–60	30–60	30–60	30–60	31	51	60	30–80

*Культуры, не имеющие научно разработанных «оптимумов» содержания элементов питания в листьях. Приведены средние данные анализов лучших по развитию растений.

**При таком уровне кальция на листьях частично проявляются признаки его дефицита.

Эффективность минеральных удобрений зависит от норм, сроков и способов их внесения (табл. 373; Висящева Л.В., Соколова Т.А., 1991). Большое значение имеют также влажность, кислотность, гранулометрический состав почв.

Таблица 373 – Примерные нормы внесения минеральных удобрений под цветочные культуры, г/м³

Удобрение	Норма внесения	Удобрение	Норма внесения
Аммонийная селитра	15–25	Хлористый калий	9–11
Мочевина	10–15	Нитроаммофос	40–50
Суперфосфат простой	25–33	Аммофос	40–50
Сульфат калия	10–15	Нитрофоска	40–60

Удобрения в подкормки лучше всего вносить в растворенном виде. Наиболее благоприятные условия создаются при использовании водных растворов с осмотическим давлением 100 кПа. В зависимости от вида удобрений такой раствор образуется при разной концентрации солей. Для получения раствора с осмотическим давлением 100 кПа в 1 м³ воды надо растворить одно из следующих удобрений, кг: аммонийной селитры – 1,8; сульфата аммония – 2,0; кальциевой селитры – 2,7; калийной селитры – 2,3; сульфата калия – 2,6; сульфата магния – 5,4; мочевины – 2,6; натриевой селитры – 1,9; карбоната калия (поташ) – 2. Для взрослых растений в период интенсивного роста осмотическое давление можно увеличивать до 130–150 кПа, для молодых – уменьшать до 50 кПа.

Наряду с макроэлементами тепличные грунты и растения должны быть обеспечены микроэлементами, дефицит которых проявляется как при их недостатке, так и при несбалансированном содержании других элементов. Например, недостаток железа, марганца и цинка часто является следствием избыточного содержания кальция и фосфора. На кислых почвах марганец подвижен и может вызвать токсикоз у растений. Медь и цинк вступают в со-

единения с гуминовыми веществами почвы, образуя малодоступные для растений органические комплексы. Поэтому на торфе и богатых органическим веществом почвах и нужно обязательно вносить медные и цинковые удобрения или делать подкормки. Молибден плохо доступен в кислой среде, он может связываться с органической частью почвы, что и приводит к необходимости вносить его в тепличные грунты.

Субстраты на основе торфа, обогащенные навозом и перегноем, обычно хорошо обеспечены микроэлементами. Стабильность состава, присущая верховому торфу, позволяет конкретизировать дозы микроудобрений для этого субстрата.

Для подкормок, которые проводят от 1 до 3 раз за сезон, используют следующее количество удобрений (г/м³ воды): борная кислота – 5–15; сернокислые соли железа – 40–80; медь – 2–5; марганец – 6–8; цинк – 2–3; молибденовокислый аммоний – 0,3–0,5.

В периоды, когда поглощение элементов питания корнями растений затруднено, что может иметь место при охлаждении субстрата или при недостаточном освещении, наиболее эффективны некорневые подкормки. Для них используют на 1 м³ воды 1–1,2 кг суперфосфата; 0,8–1 – аммонийной селитры; 0,7–1 – сульфата калия; до 2 – мочевины и 1,5–2 кг сульфата магния, а также 0,1–0,5 % сульфата железа; 0,1–0,2 – борной кислоты; 0,02–0,05 – сульфата меди; 0,05–0,15 – сульфата цинка; 0,05–0,1 – сульфата марганца и 0,01–0,02 % молибдата аммония.

Требования цветочных растений к удобрениям очень индивидуальны, но для большинства культур положительные результаты дает подкормка полным минеральным удобрением, т. е. азотом, фосфором и калием. При удобрении растений необходимо учитывать их биологические особенности и фазу вегетации. Нельзя удобрять только что пересаженные и не успевшие укорениться растения, а также больные или находящиеся в периоде покоя. Подкормку начинают не раньше чем через две недели после пересадки, когда растение успеет хорошо укорениться. При удобрении сначала следует вносить азот, в период бутонизации – фосфор; при образовании плодов, клубней, луковиц – калий. Медленно развивающиеся растения удобряют один раз в декаду, быстроразвивающиеся и крупные – два раза. Цветущие растения начинают подкармливать после появления бутонов и продолжают подкармливать до конца фазы цветения. Подкормки следует проводить перед заходом солнца, после вечерней поливки. В холодную дождливую погоду растения не подкармливают из-за низкой эффективности таких подкормок. Подкормки оказывают положительное действие лишь в том случае, когда все прочие условия благоприятны и не было допущено никаких нарушений в агротехнике возделывания растений.

При внесении удобрений необходимо учесть, что для растений вреден как недостаток, так и избыток элементов минерального питания (табл. 374).

При использовании гидропонного метода выращивания цветочных растений в субстраты подают питательные растворы, которые готовят один раз в два–три месяца и каждые 7–15 дней корректируют. В холодное время года раствор подогревают до 20–25 °С. Он должен иметь слабокислую реакцию (рН 5,5–6,5), так как в нейтральной и щелочной среде железо выпадает в осадок и становится недоступным для питания растений. Для устранения хлороза применяют хелаты железа (Fe-ДТПА), позволяющие иметь железо в растворе в подвижном состоянии и при рН 7. Препарат Fe-ДТПА вносят в раствор один раз в месяц в количестве 300–500 мл на 1 м³ раствора.

Таблица 374 – Реакция цветочных растений на условия произрастания

Внешний вид растения или его частей	Причина
Растения карликовые, листья развиваются плохо: желтоватый цвет листа сероватый цвет листа	Недостаток азота Недостаток фосфора и калия
Высокие веретенообразные растения с листьями серо-зеленого цвета	Плохое снабжение водой, избышек растворимых солей, недостаток света внизу у земли, загущенная посадка
Хлороз, или пожелтение листа: ровное пожелтение листа	Недостаток железа, избышек карбонатов магния, кальция, натрия и калия, избышек марганца
пятнистость начинающаяся у средней жилки	Недостаток магния
пожелтение и отмирание листьев, начинающееся по краям и идущее внутрь	Недостаток калия
пожелтение и отмирание с листьев, начинающееся у краев жилки и расходящееся по всему листу	Недостаток азота
Преждевременное опадание листьев	Недостаток кальция, магния
Богатая зеленая листва и большие толстые стебли	Обильное снабжение азотом
Темно-окрашенные листья, склонные к свертыванию	Недостаток калия по сравнению с азотом
Пятнистость листьев, иногда темно-зеленого, иногда серого цвета	Повышенная кислотность почвы
Очень хилые корни	Недостаток кальция или фосфора, воздуха, влаги, глинистая почва
Много мочковатых корневых образований	Хороший доступ воздуха, песчаная почва
Позднее созревание семян	Избышек воды, азота, недостаток фосфора
Семена не вызревают	Большой недостаток калия

Цветочные культуры в зависимости от требовательности к элементам питания можно разделить на следующие группы:

- 1) малотребовательные: азалия, кактус, орхидея;
- 2) среднетребовательные: бегония, петуния, примула, кальцеолярия;
- 3) требовательные: цикламен, фрезия, цинерария, гербера, калла, пеларгония, гортензия, гloxиния;

- 4) очень требовательные: гвоздика, хризантема.

Значительно различается и солечувствительность цветочных культур, отсюда различие в дозах основного удобрения для приготовления субстрата по группам культур.

Для рассады и малотребовательных культур микроэлементы вносят с основным удобрением, а для требовательных культур с длительным периодом выращивания их применяют в виде подкормок. Чаще всего требуется внесение железа, меди и бора.

В период вегетации цветочных культур основное внимание обращают на кислотность и концентрацию водорастворимых солей. После урегулирования этих показателей вносят недостающие растениям элементы питания в соответствии с агрохимическим анализом почв. В период вегетации для снижения избыточной кислотности субстрата вносят только мел и физиологически щелочные удобрения.

Азалия – вечнозеленый или густоветвистый полувечнозеленый прямостоячий кустарник высотой до 100–120 см. Ее размножают полуодревесневшими черенками, которые получают с апреля по сентябрь или в январе с растений возрастом до двух лет. Субстраты для укоренения черенков азалии должны быть рыхлыми и влагоемкими с pH 3,8–4,5.

В связи с узким диапазоном оптимальной кислотности субстрата исключительно важным фактором является жесткость поливной воды. Использование очень жесткой воды вызывает подщелачивание субстрата. В результате снижается доступность железа, марганца и растения сильно страдают от хлороза листьев.

Использование очень кислого торфа (pH_{KCl} ниже 3,5) и полив мягкой водой вызывают недостаток кальция, возможен также избыток марганца. Для полива растений непригодна вода с высоким содержанием растворимых солей, так как азалия – солечувствительная культура. При избытке солей растения теряют листья и быстро погибают. Иногда можно наблюдать вредное действие избытка хлора. В данном случае более старые листья приобретают сине-зеленую окраску. Позднее они становятся красно-бурыми, засыхают с конца и загибаются кверху. При этом содержание хлора в воздушно-сухих листьях достигает более 1 %, а у выносливых сортов – даже 2 %.

Для полива азалий подходит вода с жесткостью 28–43 ммоль-экв./л. При использовании более мягкой воды следует в каждой третьей или четвертой подкормке применять кальциевую селитру. Очень жесткую воду подкисляют обычно серной кислотой из расчета 25–30 мл концентрированной H₂SO₄ на 1 м³ воды для снижения жесткости на 1 ммоль-экв.

При посадке азалий на 1 м² верхового торфа вносят 1–2 кг мела или известняковой муки. Дозу известнякового материала выбирают с учетом исходной кислотности торфа и жесткости поливной воды. Чтобы избежать недостатка кальция в начале роста растений, следует вносить известковую муку в любом случае, по 1 кг мела или известняковой муки. Азалию выращивают на субстратах, весьма разных по составу. Субстраты на основе торфа: верховой чистый торф; торф и опилки (1 : 3 – 1 : 2); торф, опилки, дерновая земля (1 : 0,5 : 1). Субстраты на основе листовой земли: листовая земля, торф (1:1); листовая земля, опилки (1 : 2). Любой субстрат должен иметь плотность порядка 0,2–0,4 г/см³, обладать невысоким плодородием и большой влагоемкостью. Содержание элементов питания в субстратах из-за низкой солеустойчивости растений должно быть невелико и поддерживаться подкормками удобрений (табл. 375; Висящева Л.В., Соколова Т.А., 1991).

Таблица 375 – Оптимальное содержание (мг/л) элементов питания в субстрате для азалии (в вытяжке 1 н HCl)*

Возраст растений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Укорененные черенки	40–80	100–120	80–120	100–200	30–50
Молодые растения	80–120	130–170	120–130	100–200	30–50
Взрослые растения	100–150	180–220	180–200	100–200	30–50

* дополнен А.Х. Шедженом

Подкормки азалии проводят 0,1–0,2 %-ыми водными растворами удобрений из расчета 5 л/м² с конца февраля по сентябрь, через каждые 7–10 дней. Положительно влияет на растения чередование азотных подкормок (3–4 г азота на 10 л воды) с калийными (по 2–3 г K₂O на 10 л воды). Через одну-две подкормки в субстрат вносят раствор, содержащий 0,13 мг/л бора; 0,03 – цинка; 2 – железа; 0,1 – марганца; 0,02 – молибдена; 0,06 мг/л меди.

Азалия очень чувствительна к недостатку азота, кальция, железа, меди и к избытку калия, марганца и бора.

Актинидия – древовидная лиана с вьющимся стеблем, обвивающим опоры в направлении против движения часовой стрелки. Это растение полутенистых, хорошо обеспеченных влагой мест обитания. Благоприятны для нее рыхлые суглинистые плодородные почвы с высоким содержанием гумуса и слабокислой или нейтральной реакцией почвенного раствора. Легкие песчаные почвы, не удерживающие влагу и быстро подсыхающие, как и тяжелые глинистые, на которых застаивается вода, малоблагоприятны для актинидий. Для нее важно также, чтобы верхние слои почвы имели структурное строение, а нижние были обеспечены дренажем.

Актинидии размножаются семенами и вегетативным путем. При семенном размножении, предусматривающим выращивание рассады, семена смешивают с песком и высевают в посевные ящики, размером 40×30×12 см, которые наполняют рыхлой почвой. Посадка актинидии на постоянное место проводится на 3-й год жизни сеянцев.

Перед посадкой актинидии корни смачивают глиняной болтушкой. После посадки необходимы полив из расчета 50–60 л воды на растение и мульчирование приствольных кругов. При выборе участка для возделывания актинидии необходимо учитывать ее биологические особенности – влаго- и светолюбие. В связи с этим, если местность безлесная, то насаждения актинидий можно расположить в узких долинах мелких речек и ручьев или в балках. На ровной местности насаждения следует приурочивать к рекам, озерам или другим водоемам и обязательно закрывать плантацию от ветров лесными или садовыми насаждениями.

Подкормки актинидии в период ее вегетации проводят 2–4 раза полным минеральным удобрением, отдавая предпочтение комплексным удобрениям (нитрофоска, нитроаммофоска) из расчета 10–20 г на 10 л воды на 1 м² посадочной площади.

Альстремерия – многолетнее корневищное растение; размножают делением корневищ дважды в год: в период летнего полупокоя, сразу по окончании цветения, или осенью, после второго цветения растений.

Наилучшие условия для роста и развития альстремерии создаются при содержании в субстрате элементов питания в следующих пределах: 120–150 мг/л N, 100–150 – P₂O₅, 300–350 – K₂O, 250–350 – Ca, 50–60 мг/л Mg и pH 5,5–6,0. При хорошей обеспеченности растений элементами питания в листьях альстремерии содержится 5 % азота и 3,7–4 % калия.

Во время интенсивного роста растения альстремерии один раз в 10–14 дней подкармливают 0,1 % водным раствором полного удобрения. Хорошие результаты дают также корневые подкормки органическими удобрениями.

Альстремерия использует в среднем следующее количество элементов питания из нитрофоски: 45 % азота, 27 – фосфора и 63 % калия. Максимальное поглощение элементов питания альстремерией приходится на период кущение – цветение растений. В течение вегетации альстремерия наиболее интенсивно поглощает азот и калий; максимальное потребление калия проис-

ходит в фазе кущения, а азота – бутонизации. Фосфор усваивается наиболее интенсивно на ранних фазах развития растений, и его потребление лишь незначительно изменяется в течение вегетации. Кальций поглощается альстремерией в течение всего вегетационного периода, а максимальное поступление магния в растения происходит в фазу цветения.

Анемона – многолетнее клубневое растение; размножают семенами и вегетативными способами – клубеньками и делением клубней. Семена высевают в ящики (парник) с легким питательным субстратом: листовая, перегнойная, дерновая земля, песок в соотношении 1:1:2:1. Сеянцы пикируют в фазе одного–двух настоящих листьев в почвенную смесь, состоящую из листовой, перегнойной и дерновой земли в соотношении 1:1:1. Слой субстрата составляет 12–15 см, рН 6,0–6,5.

В течение вегетации проводят еженедельно подкормку 0,1 % водным раствором полного минерального удобрения в соотношении N:P:K, равном 1,5:1:1,5. В конце фазы цветения растений подкормки анемоны прекращают.

Астра. В культуре распространены многолетние и однолетние виды астр. Однолетние принадлежат к числу лучших, красиво и продолжительно цветущих растений. Цветут они в конце лета и осенью. По своей природе астра холодостойкая, светолюбивая и влаголюбивая культура, но не выносящая застоя воды на поверхности почвы. Корневая система у нее поверхностная, поэтому как пересушивание, так и затопление водой губительно для растений. Астры удаются на любых хорошо удобренных, супесчаных, легких и среднесуглинистых почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией. Во избежание грибковых заболеваний свежий навоз непосредственно под астры не вносят. Органические удобрения вносят исключительно под зяблевую вспашку, когда есть уверенность, что они полностью минерализуются.

Астры размножаются посевом семян в грунт и рассадой. Участок для посева семян готовится заранее – сразу после уборки предшественника: проводят зяблевую вспашку или перекапывают, добавляют песок, перегной (10–20 кг/м²) и минеральные удобрения из расчета: 10 г/м² аммонийной селитры, 25 – простого суперфосфата и 15 г/м² калийной соли. На полях с повышенной кислотностью проводят известкование, в зависимости от степени кислотности вносят известь-пушенку из расчета 40–60 г/м².

Для раннего цветения и семеноводческих целей астры сеют в теплице в середине марта. Для посева и последующей пикировки используют субстрат, состоящий из трех частей дерновой земли, одной части песка и одной части хорошо выветренного торфа. При использовании свежего торфа добавляют известь. В возрасте 2-х настоящих листьев всходы пикируют. После укоренения вместе с поливом проводят подкормку полным минеральным удобрением в соотношении NPK, равном 1 : 2 : 3. На 10 л воды берут 25–35 г удобрений. Можно в подкормках использовать калийную селитру, как источник азота и калия, добавляя на 20 г селитры 15 г суперфосфата на 10 л воды.

В период вегетации астры проводят три подкормки. Первую подкормку проводят в период закладки у растений бутонов, что совпадает с развитием у астры 4–5 пар настоящих листьев. В этот период вносят аммонийную селитру из расчета 20 г/м². Вторую подкормку производят с началом фазы бутонизации полным минеральным удобрением из расчета: аммонийной селитры 15–20 г/м², двойного суперфосфата – 10–15, калийной соли 20–30 г/м². Третья подкормка – в конце фазы цветения растений – фосфорно-калийная (по 30 г/м²).

Для получения крупных и ярких соцветий необходимо в июне-июле провести некорневую подкормку астр несколько раз (от 2 до 6) водным раствором минеральных удобрений, состоящим из смеси аммонийной селитры (0,2 %), двойного суперфосфата (0,1 %) и хлористого калия (0,2 %). Подкормку проводят в виде опрыскиваний растений так, чтобы они все покрылись микроскопическими каплями рабочего раствора.

Вистерия (глициния) – листопадная лиана, достигающая в высоту 10 м, с повислыми ветвями. Она хорошо растет и развивается на рыхлых и плодородных почвах. Вистерия – обильноцветущее растение; неплохо растет на сухих и песчаных почвах, так как у нее длинные, глубоко проникающие в почву корни. Эта культура требовательна к условиям освещенности, особенно в фазу цветения растений. Вистерия начинает цвести и плодоносить с 3–5 лет. В течение одного вегетационного периода у вистерии может наблюдаться повторное цветение, но с более короткими кистями. В жаркую погоду у растений сокращается период цветения, в дождливую погоду цветки приобретают махровую форму, загнивают и опадают.

Вистерия выносит полутень, но лучше растет на освещенных местах; выдерживает морозы до -20°C ; среднезасухоустойчивая, но не выносит загазованности воздуха. Размножается семенами, отводками, черенками и прививкой на корнях. Семена высевают в теплице в декабре-январе или в открытом грунте ранней весной. В производственных условиях для вистерии более приемлемо зеленое черенкование. Значительно повышает процент укоренения обработка зеленых черенков раствором индолилуксусной кислоты в концентрации 100 мг/л воды.

Под посадки вистерии весной вносят полное минеральное удобрение в соотношении N:P:K 1:2:1 из расчета 25–30 г/м² посадочной площади. Удобрения равномерно рассыпают по поверхности почвы и следом заделывают. В период вегетации вистерии проводят подкормки полным минеральным удобрением из расчета 10–20 г/10 л воды на 1 м² посадочной площади.

Гвоздика светолюбива, зимостойка, засухоустойчива, предпочитает легкие суглинистые и песчаные почвы, хорошо заправленные органическими удобрениями. Размножают эту культуру семенами, черенкованием, реже отводками.

Гвоздика относится к растениям, которые имеют относительно слаборазвитую корневую систему по отношению к большой надземной массе. В то же время они потребляют большое количество элементов питания. Поэтому состав почвы, ее физические и химические свойства должны способствовать лучшему развитию корневой системы.

Участок, отведенный под гвоздику, в течение всего сезона должен находиться в чистом от сорняков и рыхлом состоянии. Свежий навоз вносят из расчета 40–60 т/га осенью под зяблевую вспашку. Высевают семена в мае. На постоянное место в грунт рассаду высаживают в конце лета – августе. При безрассадном способе семена высевают в начале июля, а затем прореживают всходы. Гвоздика очень отзывчива на удобрения. Недостаток азота вызывает пожелтение листьев и сильное отставание растений в росте, фосфора – замедляет созревание семян. При недостатке калия стебли становятся непрочными, гибкими, листья коричневыми и отмирают.

С появлением у всходов трех настоящих листьев проводят первую подкормку, расходуя на 10 л воды 10 г аммонийной селитры, 20 г калийной соли и 15 г простого суперфосфата. Через 10–12 дней подкормку гвоздики повторяют. На постоянном месте растения подкармливают при хорошем укоренении. В

10 л воды растворяют 30 г сульфата аммония, 20–25 г сернокислого калия и 30 г простого суперфосфата. Проводят две–три таких подкормок. Со второй декады августа из состава удобрений исключают азотные, увеличивают дозу калийных до 30–40 г и суперфосфата до 50 г/10 л воды. Последующую подкормку этими же дозами удобрений дают в конце первой декады сентября.

К осени растения гвоздики успевают развить куст с сильно ветвящимися укорененными побегами. Весной сразу после таяния снега между рядами вносят минеральные удобрения из расчета 15 г аммонийной селитры, 20 – сернокислого калия и 25 г простого суперфосфата на 1 м². Удобрения заделывают при рыхлении участка. Необходимость последующих подкормок определяется в первую очередь агрохимическими показателями, характеризующими плодородие субстрата и условия роста растений. Оптимальное содержание азота в листьях гвоздики – 2,8–4,0 %; фосфора – 0,7–1,2; калия – 3,5–5,0; кальция – 1,0–1,8 %. Для диагностики обеспеченности растений азотом, фосфором и калием анализируют пятую–седьмую пару листьев, считая от верхушки побега; для определения кальция – молодые, только что закончившие рост листья.

Подкормки гвоздик проводят обычно каждые 10–14 дней. Растения лучше всего подкармливать 0,1–0,15 % водными растворами, но для субстратов, приготовленных на основе минеральных почв, с повышенным и высоким содержанием органического вещества допустимо применение растворов с концентрацией 0,2 %. Гвоздика – относительно солевыносливое растение. Она обладает большой избирательной способностью к элементам питания, содержащимся в субстрате, поэтому сравнительно мало реагирует на некоторые отклонения в питании и не испытывает угнетения при широком интервале кислотности субстрата. Однако увеличение содержания солей в субстрате более 3 г/л может вызвать уменьшение диаметра цветков, торможение цветения растений, а также значительное снижение количества цветков.

Георгины. При выборе участка под посадку георгин учитываются биологические особенности растения: сравнительно короткий вегетационный период, большая потребность во влаге, усиливающаяся с наступлением жаркого времени, хрупкость стеблей. Так как георгины теплолюбивы и повреждаются первыми же заморозками, их нельзя высаживать на пониженных участках. Участок для георгин должен быть хорошо освещенным и без застоя воды, почва – рыхлой и плодородной, тяжелые и песчаные почвы малопригодны. Нежелательно размещать георгины вблизи крупных деревьев, иссушающих и истощающих почву.

Подготовку участка под георгины начинают с осени. Зяблевую вспашку проводят на глубину 35–37 см, предварительно внося на 1 м² 15–20 кг перепревшего навоза и 20–30 г простого суперфосфата. Весной за две–три недели до высадки георгин участок перепахивают повторно на глубину 20–22 см и вносят калийные удобрения из расчета 20–30 г/м².

Первая подкормка георгин проводится через 10–14 дней после посадки в открытый грунт. Лучшая подкормка для георгин – навозная жижа (1:10), настой птичьего помета (1:20) из расчета 1,5–2 л рабочего раствора под один куст. Готовят это удобрение так: 10 кг коровьего навоза или 5 кг птичьего помета помещают в бочку, заливают 30 л воды. Дают смеси настояться 1–2 недели. Перед внесением настоя размешивают и добавляют 3 л на одну десятилитровую лейку. Этот объем достаточен для подкормки 5–8 кустов. Второй раз подкармливают георгины в начале фазы бутонизации растений минеральными удобрениями: на 1 м² посадочной площади вносят 10–15 г ammo-

ной селитры, 20–25 – суперфосфата, 15–20 г хлористого калия. Третья подкормка – в начале фазы цветения растений фосфорно–калийными удобрениями: 20–25 г простого суперфосфата и 15–20 – хлористого калия. Азотные удобрения под георгины в этот период не применяют, так как это способствует чрезмерному росту зеленой массы в ущерб цветению. К тому же формирующиеся клубни при этом получают менее лежкими.

Число подкормок и дозы вносимых удобрений зависят от уровня плодородия почвы, погодных условий, фазы развития растений. Можно чередовать подкормки органическими и минеральными удобрениями, но вносить их следует не чаще одного раза в 10–14 дней. Лучшие минеральные удобрения для георгин – комплексные с микроэлементами.

Гербера – многолетнее перекрестноопыляемое, светолюбивое растение; имеет укороченное корневище с длинными шнуровидными малоразветвленными корнями. Лучшей почвой для герберы считается легкий суглинок или супесь с большим содержанием органического вещества. Плотность субстрата должна быть не выше $0,5 \text{ г/см}^3$. Оптимальные условия для развития культуры создаются при использовании чистого верхового торфа, а также смесей: торф, дерновая земля (2:1); торф, компостированная сосновая кора (1:1); компостированная кора; дерновая земля, листовая земля, песок в соотношении 1:1:1:1. При выращивании герберы в первую очередь необходимо обеспечить хорошую воздухопроницаемость на глубине почвенного слоя 35–50 см, так как растение образует глубокую корневую систему.

Герберу относят к солевывносливым культурам. Оптимальная реакция на торфе рН 4,5–5,5, а на почве – 5,5–6,2. При возделывании герберы на субстратах с рН выше 6,0 следят за ее обеспечением железом и марганцем, так как из-за плохой доступности этих элементов возможен хлороз листьев.

Герберу высаживают на низкие стеллажи, в контейнеры, в горшки или в грунт теплицы. Эта культура высоко отзывчива на удобрения, которые вносят только в растворенном виде. При посадке весной первую подкормку проводят приблизительно через 3–4 недели, когда начинается активное отрастание листьев. Об обеспеченности герберы элементами питания можно судить по их содержанию в листьях. Оптимальным считается следующее содержание: N – 2,2–3,5 %; P_2O_5 – 0,6–1,0; K_2O – 3,6–5,0; Ca – 15,–2,2; Mg – 0,35–0,70 % сухой массы. Для подкормки молодых растений можно использовать раствор следующего состава (г/м^3): калийная селитра – 400–500, аммонийная селитра – 200, сульфат магния – 200–250. На 1 м^2 посадок при торфяной культуре расходуют от 8 до 20 л питательного раствора в зависимости от возраста растений и слоя субстрата. В период интенсивного роста герберу подкармливают 2–3 раза в месяц, а осенью и весной – раз в 3 недели.

Оптимальным соотношением NPK при возделывании герберы в летний период (с марта по октябрь) считается 3:1:2, а с ноября по февраль – 1:1:2. Недостаток железа вызывает хлороз самых молодых листьев, у которых желтеют жилки. Растения отстают в росте, имеют мелкие цветоносы и блеклые цветы. Недостаток железа может быть результатом избытка кальция в субстрате, а избыток его может вызвать медное голодание. Оптимальная доза железного купороса или карбоната железа для герберы составляет 20–30 г/м^3 . При развитии железного хлороза герберу поливают 0,2–0,4 % раствором лимоннокислого железа из расчета 3–5 л/м^2 или опрыскивают 0,2 % раствором хелата железа.

Гиппеаструм – луковичное растение; размножается семенами, детками и делением луковиц. В оранжерее гиппеаструм можно возделывать в горш-

ках, на стеллажах, однако самые благоприятные условия создаются при посадке в приподнятые на 25–30 см грунтовые гряды шириной 1–1,2 м. Растения лучше развиваются на рыхлой, обогащенной перегноем почве, с плотностью 0,5–0,8 г/см³. Можно использовать смесь, состоящую из дерновой, листовой земли, перегноя и песка в соотношении 1:1:1:0,5. Оптимальная реакция рН_{KCl} 6,0–6,8. Возможно выращивание растений на верховом торфе или смеси торфа и суглинистой почвы (4:1). Оптимальное содержание элементов питания в почве следующее (мг/л): N – 80–150, P₂O₅ – 300–500, K₂O – 350–500. Верхняя граница оптимальна для грунтовых теплиц и на почвах с высоким содержанием органического вещества, нижняя – для горшечной культуры, а также на почвах с низким содержанием органического вещества. Максимальная концентрация солей – 3 г/л.

В зависимости от сорта массовое цветение растений приходится на февраль–март. Когда цветоносы у гиппеаструма достигнут высоты 20 см, растения начинают подкармливать раз в 2 недели полным минеральным удобрением концентрацией 0,2–0,3 %. Подкормку продолжают и после фазы цветения, до середины августа. Удобрение вносят по данным агрохимического анализа, уделяя большое внимание в начальный период роста и развития растений азоту. Хорошие результаты дает подкормка растворами органических удобрений – куриного помета или навоза. С конца июля дозу азотных удобрений снижают, увеличивая долю калия (30 г/м² сульфата калия). В период весеннего и летнего отрастания листьев растения поливают, не допуская переувлажнения субстрата. Оранжевые слегка притеняют, хорошо проветривают. С середины августа – сентября подкормки гиппеаструма прекращают, полив сильно сокращают.

Гладиолус (шпажник) – многолетнее, не зимующее в грунте, клубнелуковичное травянистое растение. Биологической особенностью гладиолуса является ежегодное возобновление всех надземных и части подземных органов. Ежегодное отрастание надземного побега происходит из почек, сформировавшихся на клубнелуковице, которая, истратив запасы элементов питания, отмирает, а на ее месте в течение вегетации растения образуется новая замещающая клубнелуковица. Таким путем поддерживается жизнедеятельность гладиолуса как многолетнего травянистого растения.

Выбор места посадки гладиолуса определяется биологическими особенностями этого растения. Для него нужны защищенные от ветра, хорошо освещенные и дренированные участки. В северных районах даже незначительное применение посадок гладиолуса в любое время дня задерживает рост растений, снижает их декоративные качества и приводит к более позднему цветению по сравнению с участками, освещенными полностью. В южных районах страны более благоприятны для гладиолуса участки с частичным затенением в полуденные часы. В этом случае растения меньше подвергаются воздействию высокой температуры, чем на открытых участках, и цветки дольше сохраняют свои декоративные качества. Место, предназначенное для посадки гладиолуса, должно быть ровным или иметь небольшой наклон (до 5°) в южном направлении, который обеспечивает сток излишней воды, хорошее прогревание почвы и защиту от холодных северных ветров.

В северных районах нижние участки с высоким стоянием грунтовых вод для посадки гладиолуса мало пригодны. Почва в таких местах «созревает» позднее, чем на возвышенных участках, посадка гладиолуса и цветение задерживаются, а поздние сорта из-за недостатка тепла вовсе не зацветают. Летом почва

слабее прогревается, а осенью на таких участках раньше наступают первые заморозки, которые могут прекратить вегетацию растений до того, как они успеют зацвести, если не принимать меры для защиты посадки от первых заморозков.

Для успешного выращивания гладиолуса имеют значение состав и структура почвы. Тяжелые глинистые, торфяные и чисто песчаные почвы, сильнощелочные и кислые для гладиолуса неблагоприятны. Реакция почвы должна быть нейтральной или слабокислой (рН 5,5–7). Лучшими почвами для гладиолуса являются легкие суглинистые, супесчаные или хорошо оструктуренные черноземы. Необходимая структура почвы создается внесением песка в тяжелые суглинистые, глины – в песчаную почву и достаточного количества хорошо перепревшего компоста и перегноя. Время и норма внесения удобрений как органических, так и минеральных, зависят от характера почвы, содержания в ней тех или иных элементов питания и от потребности растений в том или другом виде удобрений в разные фазы вегетации.

Органические удобрения обычно вносят осенью под вспашку из расчета 30–50 т/га перегноя, или 20 т/га ТМАУ. Внесение в почву любого свежего или недостаточно перепревшего навоза непосредственно перед посадкой гладиолуса не рекомендуется, так как это может стать причиной поражения грибными заболеваниями. Его следует вносить за 1–2 года до посадки гладиолусов на данном участке. На черноземных и хорошо окультуренных почвах норма внесения органических удобрений снижается примерно на $\frac{1}{3}$.

Гладиолус является культурой, требовательной к азотному питанию, особенно в начальной стадии развития растений. Однако избыток этого элемента приводит к задержке цветения и снижению сопротивляемости растений заболеваниям. Кислые почвы нужно предварительно за 1–2 года осенью известковать. Норма извести определяется кислотностью почвы. В среднем на 1 га вносят 3–4 т извести–пушенки. На индивидуальных участках с плодородной почвой осенью достаточно внести 7 кг/м² перегноя, 70 г простого суперфосфата и 30 г калийной селитры, а весной в 2 срока – 50 г азотного удобрения. Хорошие результаты в качестве фосфорного удобрения дают костяная мука и роговые стружки, которые вносят осенью или весной из расчета 50–100 г на 1 м². Печную древесную золу дают осенью в количестве до 40 г на 1 м².

Потребность в тех или иных элементах питания изменяется во время роста и развития гладиолуса. Проведение подкормок приурочивается к определенным фазам развития растения, так как наличие или недостаток элементов питания в соответствующем периоде оказывает положительное или отрицательное влияние на рост, цветение и образование клубнелуковиц.

Первая подкормка – азотная, вносится в фазе появления 2–3-го настоящего листа. Она способствует усилению роста гладиолуса в начале развития и формированию лучшего соцветия, дифференциация которого приурочено к этому периоду. На 1 га вносят азотные удобрения из расчета 45 кг действующего начала; на 1 м² – 15 г аммонийной селитры, или 25 г сульфата аммония, или 25 г мочевины. На участках, богатых органическими веществами, дозу азотных удобрений в подкормке можно сократить в 2 раза, и вносить ее не позднее конца июня. При неблагоприятных метеорологических условиях в первой половине лета или при поздней посадке гладиолусов подкормку проводят несколько раньше появления 3-го листа. Для первой подкормки можно применять слабый настой коровяка или куриного помета (1 : 10–12) с добавлением 1 г перманганата калия на 10 л раствора. Настой из коровяка готовят следующим образом: в 50 л

воды размешивают 4–5 ведер свежего чистого коровяка и выдерживают в закрытом виде 10–12 дней. Для подкормки берут 1 л настоя на 10 л воды. Птичий помет в количестве 2 ведер разводят в указанном количестве воды.

Вторая подкормка – азотно–фосфорно–калийная, проводится в фазе появления у растений 5–6-го настоящего листа из расчета по 45 кг действующего начала на 1 га; на 1 м² – 25 г сульфата аммония, 25 г простого суперфосфата и 9 г сернокислого калия. На почве, богатой органическими веществами, азот следует исключить и ограничиться фосфорно–калийными удобрениями. Можно применить готовые смеси удобрений для овощных, ягодных и других культур, имеющиеся в продаже; доза 30–40 г на 1 м².

Третья подкормка – фосфорно–калийная, проводится в фазе начала бутонизации или несколько раньше. Она обеспечивает хорошее цветение и лучшее образование клубнелуковиц. На 1 га вносят по 45 кг действующего вещества удобрений; на 1 м² – 25 г двойного суперфосфата и 9 г хлористого калия.

На больших площадях подкормки вносят в сухом виде, затем заделывают их культиватором в поверхностный 5–7 см слой почвы. На небольшой площади и на индивидуальных участках подкормки минеральными удобрениями целесообразно вносить в жидком виде, в канавки между рядами гладиолуса. Жидкие подкормки обеспечивают подвод растворимых веществ непосредственно к корням и поэтому действуют более эффективно и быстро, чем сухая подкормка, вносимая на поверхность почвы с последующей заделкой. Повысить действие жидких подкормок можно еще больше, если указанное количество минеральных удобрений разделить на 2 части и внести их в 2 приема с интервалом в 6–7 дней. Во избежание возможных ожогов растения нужно полить водой до и после внесения жидкой подкормки, что одновременно будет способствовать лучшему проникновению минеральных веществ к корневой системе.

Некорневые подкормки гладиолусов 0,05–0,1 % водными растворами микроэлементов проводятся с появления у растений 3–4-х настоящих листьев с интервалом 7–10 дней. Этот агроприем способствует ускорению цветения гладиолуса на 6–7 дней и является хорошим средством профилактики заболеваний растений.

Глоксиния – многолетнее травянистое клубневое растение; в производстве размножают семенами. Сеют глоксинию с ноября по январь в ящики, наполненные рыхлой и легкой почвенной смесью: листовая земля и торф (3:4); листовая, перегнойная, дерновая земля, торф (1:1:1:2); дерновая земля, торф, песок (1:3:1); плотность субстрата 0,1–0,7 г/см³. Он должен быть свежим (ранее не использовавшимся), водо– и воздухопроницаемым, с рН 5,5–6,0. Такой субстрат применяют на всех этапах выращивания этой культуры.

Первую пикировку проводят при появлении первой пары настоящих листьев, т. е. через 4–6 недель после посева, вторую – через месяц, по 50–100 растений в ящик. Перед вторичной пикировкой на 1 м³ субстрата добавляют 0,5–1,0 кг полного минерального удобрения. Когда растения сомкнутся и листья поднимутся косо вверх, их пересаживают в специальные горшки с субстратом, на 1 м³ которого добавляют 1,5 кг аммофоски или 0,4 – аммонийной селитры, 0,68 – простого суперфосфата, 0,42 – калийной селитры, 0,3 кг сульфата магния и микроэлементы. Глоксинию сажают неглубоко, слегка прикрывая клубень субстратом, в который добавляют 2–2,5 кг полного удобрения с микроэлементами. Оптимальное содержание элементов питания в субстрате: N

– 100–250 мг/л; P_2O_5 – 150–200; K_2O – 300–400 мг/л. Для роста и развития растениям глоксинии необходимы еженедельные подкормки питательным раствором невысокой концентрации (10–15 г полного удобрения на 10 л воды).

Гортензия – декоративный кустарник, ценится из-за красивых цветков и продолжительного периода цветения. Особенно ценны садовые формы с бесплодными цветками. Гортензия хорошо растет на легких, богатых гумусом, рыхлых и умеренно влажных почвах; известковых почв не выдерживает, но на буроземах с необходимым содержанием извести растет сравнительно хорошо. На Черноморском побережье Кавказа лучше всего развивается на красноземных и аллювиальных почвах в районах с осадками более 1500 мм в год. В местностях с засушливыми летними периодами, особенно на глинистых оподзоленных и песчаных почвах, растет плохо и хуже переносит зиму.

Размножают гортензию семенами, которые высевают осенью в ящики и слегка прикрывают землей, но главным образом вегетативно, путем укоренения зеленых и одревесневших черенков под стеклом, отводками, отпрысками и делением куста. Посадка производится 2–3-летними саженцами. Размер посадочной ямы зависит от почвы: на легких окультуренных почвах – 40×40×50 см, суглинистых окультуренных почвах – 50×50×60 см, тяжелых глинистых почвах – 60×60×70 см. Для посадки используют различные субстраты: слаборазложившийся верховой торф в смеси с песком в соотношении 2–3:1, торф предварительно нейтрализуют мелом из расчета 2–3 г $CaCO_3$ на 1 л торфа; вермикулит с песком (2–1:1); торф – нижний слой (3–4 см), песок – верхний (2–3 см); торф низинный с песком (1:1–2); перлит. Перед посадкой растений в подготовленный субстрат вносят удобрения из расчета (мг/л): N – 50–150; P_2O_5 – 300–450; K_2O – 200–350; Ca – 200–350; Mg – 40–80. После укоренения начинают подкормку. При посадке гортензии в марте до перевалки (начало июня) проводят обычно 2–3 подкормки, чередуя полное удобрение (0,2 %) с внесением азота (аммонийной селитры – 0,2 %). Подкормки гортензии начинают после того, как корни хорошо оплетут земляной ком. Подкармливают растения через 7–10 дней, если они находятся в теплице, и через две недели, если горшки прикопаны в парники или на поле.

Обеспеченность отдельными элементами питания в первый год культуры может быть следующей (мг/л): N – 200; P_2O_5 – 500; K_2O – 600. При таком высоком их содержании нельзя допускать пересыхания почвы. Полив должен быть регулярным и обильным, так как при избытке удобрений листья в солнечную погоду начинают терять тургор и по краям их появляется некроз.

Во второй год вегетации растения начинают подкармливать, когда на побегах появляются бутоны, используя данные агрохимического анализа. Концентрация питательного раствора при подкормках в зависимости от физико-химических свойств земельной смеси колеблется от 0,15 до 0,3 %. Лучше чередовать подкормки минеральные с органическими удобрениями. При низкой обеспеченности почвы элементами питания подкормки проводят с интервалом 7–12 дней 2–3 раза, если обеспеченность средняя – 2 раза через 14–20 дней, а затем снова анализируют почву. Если фосфорные удобрения внесены перед посадкой растений, подкормки проводят по следующей схеме: азотно-калийные, азотные, полное удобрение. При невысоком содержании фосфора в почве полное удобрение чередуют с азотным. Подкармливают растения в 2–3 приема; общий объем раствора – 300–500 см³, в зависимости от диаметра горшка.

Жимолость представлена листопадными и вечнозелеными лианами, прямостоячими и стелющимися кустарниками. Жимолости могут произрастать

тать в различных почвенно–климатических условиях, так как имеют широкую экологическую амплитуду. Они растут на разных типах почв – от торфяников в районе болот, до известняков в горах при условии достаточного увлажнения почвы. Эти лианы хорошо развиваются на слабокислых и нейтральных почвах (рН 6–7), но могут расти и на более кислых (рН 4,5–5,5). В культуре жимолости предпочитают почвы средние по гранулометрическому составу, слабокислые, супесчаные и суглинистые, богатые органическим веществом, с содержанием гумуса около 3,5 %. Размножается семенами и вегетативным способом. При вегетативном способе выющиеся жимолости размножают черенками, отводками и делением куста.

Размеры посадочных ям для жимолости 60×60×50 см. Норма внесения удобрений на одну яму: торфонавозного компоста или перепревшего навоза 10–12 кг, простого суперфосфата 50–80 г, калийной соли 40–50 г. После внесения удобрения его перемешивают в посадочной яме с почвой. Для более активного корнеобразования в период приживаемости полив проводят 0,001 % раствором гетероауксина. Такой полив лучше проводить весной, в начале регенерации корневой системы. Раствор стимулятора вносят в лунки саженцев, непосредственно после полива равномерно по всей площади приствольного круга с расчетом промачивания всей корнеобитаемой зоны.

В период первой вегетации жимолости большую роль играет систематический полив посаженных растений: за сезон их необходимо полить не менее 7–10 раз из расчета 10–20 л каждого полива на одно растение. На второй год после посадки дождевание полезно совмещать с некорневыми подкормками в виде растворов минеральных удобрений. Используют следующие растворы: 0,1 % мочевины (1 г соли на 1 л воды); 0,2 % аммонийной селитры; 0,5–1 % простого суперфосфата; 0,5 % хлористого калия.

Ирис. В культуре ирисы неприхотливы, однако следует учитывать их экологию. В основном это светолюбивые и засухоустойчивые растения. Даже в условиях засушливого юга многие виды могут расти без полива, и при этом усыхает лишь незначительная часть листьев. Закладка цветочных почек у ириса приходится на лето. Участок под ирисы должен быть открытым, солнечным с плодородной почвой и низким стоянием грунтовых вод, так как застой воды ведет к загниванию корневищ растений. В затененных местах ирисы плохо цветут и чаще поражаются бактериальными гнилями. Участок готовят за год до посадки. Осенью под глубокую зяблевую вспашку вносят 80–100 т/га навоза, 2–3 ц/га простого суперфосфата, по 2 ц/га сернокислого калия и аммонийной селитры. В зависимости от рН почвы вносят известь, на кислых почвах до 6 т/га, на слабокислых – до 2 т/га.

Посаженные и вегетирующие в течение 1–2 лет ирисы ранней весной подкармливают полным минеральным удобрением из расчета: 12 г/м² аммонийной селитры, 8 – простого суперфосфата и 10 г/м² хлористого калия. Вторую подкормку проводят в фазе бутонизации растений – соответственно 4, 12 и 12 г/м². Третью подкормку ирисов проводят сразу после завершения фазы цветения фосфорно–калийными удобрениями в дозе: 12 г/м² суперфосфата и 12 г/м² хлористого калия.

Калла (цантедешия) – многолетнее корневищное растение. Для ее роста и развития благоприятны рыхлые, хорошо дренированные, слабокислые почвы с большим содержанием органического вещества, имеющим рН 5,5–6,2. Каллы относятся к солевывносливым растениям, поэтому могут без видимого угнетения переносить высокую концентрацию водорастворимых солей в почве – до 3,5 г/л.

Растения потребляют калия в два раза больше азота и в шесть раз больше фосфора. Оптимальное содержание этого элемента в черешках листьев составляет 8 %. Из микроэлементов для каллы очень важен цинк, который необходим для биосинтеза некоторых ферментов и ауксинов.

Оптимальное содержание элементов питания в субстрате для калл следующее (мг/л): N (сумма нитратной и аммонийной форм) – 80–120; P₂O₅ (по Кирсанову) – 600–800; K₂O (по Кирсанову) – 500–700; Ca – 200–300; Mg – 80–120.

Подкармливать каллы начинают с конца августа – начала сентября. На 1 м² обычно вносят по 20–30 г простого суперфосфата, аммонийной селитры и сульфата калия, 1–2 г сульфата цинка, а если растения культивируют на торфе, то еще 20–30 г сульфата магния. Удобрения лучше применять в два приема с интервалом в 7–10 дней. При второй подкормке растений в рабочий раствор добавляют полный набор микроэлементов. В дальнейшем проводят подкормки калл азотно-калийными удобрениями. С середины ноября до конца января применяют только фосфорные и калийные удобрения при несбалансированном содержании этих элементов в почве. С увеличением длины дня проводят подкормки калл азотными удобрениями концентрацией раствора 0,2–0,3 % до наступления покоя. О необходимости подкормок можно судить по внешнему виду растений: если края листьев свисают и поверхность их матовая, то они нуждаются в азоте; если листья темно-зеленые и острые концы пластинок их направлены вверх, то они нуждаются в калии. Об обеспеченности растений элементами питания можно судить по их содержанию в листьях. Для анализа отбирают листовые пластинки без черешков, так как состав их неодинаков. Оптимальное содержание элементов в них следующее: N 3,5–4,5 %; P₂O₅ – 0,8–1,2; K₂O – 4,5–6,0; Ca – 1,3–1,5; Mg – 0,1–1,2 %. Следует отметить, что генеративные листья, в пазухах которых расположены соцветия, более богаты всеми элементами питания, чем вегетативные.

Весной каллы интенсивно растут и цветут, одновременно закладываются новые соцветия. В этот период проводят подкормки (на 1 м² вносят 20 г калийных солей, 10 г азотных, 5 г фосфорных, 5 г микроудобрений с преобладанием цинка, меди, бора и 10 л навозной жижи).

Кальцеолярия. В производстве чаще используют кальцеолярию гибридную – двулетнее растение, культивируемое как однолетник; размножается в основном семенами, хотя кустарниковая форма может размножаться и черенками. Для посева и пикировок используют субстраты с плотностью около 0,8 г/см³ следующего состава: листовая земля, перегной (2:1); листовая земля, торф низинный (2:1); дерновая земля, песок, торф низинный (1:0,5:1); дерновая земля опилки (2:1); дерновая земля, торф верховой (1:3); торф низинный, дерновая земля, древесные опилки, песок (1:0,5:0,5:1); торф верховой, древесные опилки (1:0,5); произвесткованный верховой торф с рН_{KCl} 5,6–6,2.

При выращивании кальцеолярии на различных почвенных смесях дозы удобрений устанавливают в зависимости от исходного плодородия субстрата, используя данные агрохимического анализа (примерная доза – 1,5 кг/м³ полного удобрения). Оптимальное содержание элементов питания в субстрате, мг/л: N – 100–200, P₂O₅ – 200–350, K₂O – 200–300, Ca – 250–400, Mg – 30–50. Нижний уровень содержания элементов питания поддерживают после укоренения распикированных растений и посадки в горшки, верхний – после хорошего укоренения растений в оптимальных условиях. Кальцеолярия хорошо реагирует на повышенное содержание азота, однако в случае его избытка

между цветками образуются феллодии – листья внутри соцветия, которые, разрастаясь, снижают декоративность растения.

Допустимая концентрация раствора удобрений для подкормок на легких гумусированных субстратах (плотность до $0,5 \text{ г/см}^3$) при низкой и умеренной обеспеченности их элементами питания равна $0,3 \%$, а на более тяжелых минерализованных – $0,2 \%$. К позднеосеннему периоду субстрат должен содержать все необходимые элементы питания. В условиях низкой температуры воздуха кальцеолярия медленно наращивает вегетативную массу, поэтому растения со второй половины ноября до середины января практически не подкармливают. Если соотношение элементов питания нарушено, необходимую подкормку проводят даже зимой, используя растворы невысокой концентрации.

По окончании периода охлаждения с увеличением длины дня и интенсивности освещения начинают регулярные подкормки, а при электроосвещении растений заканчивают за две недели до реализации.

При отсутствии агрохимических исследований рекомендуются следующие ориентировочные сроки и дозы внесения удобрений: растения в горшках диаметром 11 см подкармливают полным удобрением, чередуя его с азотным через каждые 12–15 дней, диаметром 9 см – полным удобрением через 10–15 дней. Состав раствора: N – 200–300 мг/л; P_2O_5 – 120–200; K_2O – 300–400; Mg – 20–30 мг/л (магниевого удобрения вносят на торфяных и опилочных субстратах). Раствор по нижнему уровню содержания элементов питания составляют для распикированных растений и растений в горшках диаметром 7–9 см до периода охлаждения, по верхнему уровню – при выращивании кальцеолярии в горшках диаметром 11 см после охлаждения. Весной концентрацию удобрений в растворе увеличивают в полтора раза.

В зимнее время при пониженной температуре на листьях кальцеолярии может появиться хлороз, вызванный нарушением поступления железа или меди в растения. Поэтому в субстраты, содержащие большое количество торфа, добавляют 10–15 г сульфата меди и 20–30 г сульфата железа на 1 м^3 . Хорошие результаты дают некорневые подкормки $0,1$ – $0,15 \%$ раствором хелата или сульфата железа. Их проводят в пасмурную погоду, чтобы избежать ожога листьев. Для более быстрого проникновения раствора в листья временно повышают температуру воздуха до 10 – $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Причиной дефицита железа часто служит не его недостаток в субстрате, а слабое поступление вследствие избыточной влажности (особенно на холодном субстрате) или чрезмерно высокого содержания нитратного азота и фосфора. В этом случае с наступлением теплой погоды в светлое время года нормальная окраска листьев восстанавливается.

Клематис имеет две биологические особенности: обильное долгоцветение и ежегодное возобновление почти всей наземной массы вегетативных органов. В связи с этим растение расходует большое количество элементов питания. Поэтому необходимо, чтобы в почве они находились в достаточном количестве и в оптимальных соотношениях. Это достигается внесением основного удобрения, а также с помощью подкормок в период вегетации растений.

По отношению к почве клематисы невзыскательны, но предпочитают богатую перегноем, рыхлую, плодородную, супесчаную или суглинистую почву с уровнем залегания грунтовых вод ниже 1,2 м. На участках с близким залеганием подпочвенных вод клематисы вымокают. Перед посадкой клематиса почву хорошо обрабатывают. Под весеннюю посадку ее готовят с осени, а под осеннюю – примерно за месяц. Основное удобрение: 100 т/га перегноя и

$N_{90}P_{120}K_{60}$ вносят под вспашку. Нередко цветоводы рекомендуют посадку клематисов производить в специально подготовленные ямы. Это оправдано при посадке в невыработанные, тяжелые глинистые почвы или при наличии орштейнового горизонта. В этих случаях ширина и глубина посадочной ямы должна быть 70 см. К почве, вынутой из ямы, добавляют 20–25 кг перегноя и 200 г простого суперфосфата и 200 г комплексного удобрения (нитроаммофоски) на 50 кг почвы. Примерно такой же состав можно использовать для посадки в горшках или контейнерах. В горшках можно использовать также удобрённый торф. На 1 м³ торфа добавляют 6–8 кг мела, 0,7–0,8 кг нитрата калия, 1,2–1,5 кг простого суперфосфата, 150–200 г сульфата аммония, 60–80 г сульфата железа, 4–6 г сульфата магния, 15–20 г сульфата меди, 4–5 г сульфата цинка, 4–5 г борной кислоты, 0,8–1,2 г молибдата аммония или молибдата натрия.

За период вегетации растений подкормки проводят 3–5 раз. Первую подкормку в фазу бутонизации клематиса, вторую – после массового цветения и летней обрезки, третью и последующие – после очередного цветения и обрезки. В качестве подкормок используют полное минеральное удобрение (20–40 г/10 л воды), жидкий коровяк (1:10) или куриный помет (1:15). 1 кг полного удобрения содержит 500 г калиймагнезии, 370 г нитрата аммония, 120 г сульфата калия, 10 г сульфата железа, 4 г сульфата меди, 2,5 г сульфата цинка, 1 г сульфата магния, 1,5 г борной кислоты, 0,5 г молибдата аммония, 0,5 г нитрата кобальта. Следует помнить, что высокие нормы удобрений могут вызвать ожоги и привести к гибели растений. Положительный результат дает весенний полив известковым молоком из расчета 100–150 г гашеной извести или мела на 10 л воды.

Лилия. Для лилии необходима рыхлая плодородная водопроницаемая почва с нейтральной реакцией. Почвы с повышенной кислотностью и избыточным увлажнением для нее непригодны. На тяжелых глинистых водонепроницаемых почвах перед посадкой луковиц создают искусственный дренаж. Для этого в месте посадки выкапывают траншею глубиной 60 см с наклоном дна в одну сторону. Дно засыпают битым кирпичом, галькой или крупнозернистым песком слоем 15–20 см, а затем добавляют глинистую или дерновую почву, смешанную с листовым перегноем и крупнозернистым песком или гравием, что делает почву более рыхлой. В открытом грунте лилии выращивают на одном месте в течение нескольких лет. Для посадки лилий почву перекапывают на глубину 40–50 см и вносят листовой перегной или хорошо проветренный торф (10 кг/м²) с добавлением извести (200 – 500 г/м²) и азотно-фосфорно-калийные минеральные удобрения (100 г/м²). Луковичные корни лилий проникают в почву до 60 см и функционируют в течение нескольких лет, поэтому глубокая обработка почвы и внесение удобрений благоприятно сказываются на развитии растений.

Подкормки лилии должны проводиться дифференцированно в зависимости от фазы развития растений. В начале вегетации, когда идет активный рост цветоносного побега и корней, лилии особенно нуждаются в азоте; в фазу дифференциации цветков растению необходимы азот и калий, а в период бутонизации и цветения – калий и фосфор.

В начале вегетации растений проводят первую подкормку органическими и минеральными удобрениями (раствор коровяка 1:10, раствор нитроаммофоса, диаммофоса, аммонийной селитры – 40–50 г на 10 л воды). При внесении удобрений в сухом виде их заделывают в почву на глубину 5–7 см с последующим; поливом (40–50 г/м²). Хорошие результаты дает внесение дре-

весной золы (100 г/м^2) несколько раз в течение сезона. Это способствует увеличению размера цветков, усиливает интенсивность их окраски, увеличивает сопротивляемость грибным болезням.

Последующие подкормки проводят в разные фенологические фазы: появление бутонов, окрашивание бутонов перед цветением и после окончания цветения (через 1–2 недели, но не позже 15 августа). У разных видов и сортов лилий эти фенофазы наступают в разные сроки, поэтому подкормки следует проводить с учетом этих сроков.

Нарцисс – многолетнее луковичное растение; размножается семенами и вегетативно. Посев семян проводят в открытый грунт сразу же после их созревания. Цветение наступает на 4–5 год после посева. Вегетативное размножение проводится путем отделения дочерних луковиц от материнского растения.

Выращивание нарциссов не представляет сложности. Они прекрасно растут на самых разнообразных почвах, но не терпят переувлажненных, сырых почв и тенистых мест. Подготовку почвы под посадку нарциссов начинают заранее. Летом перекапывают или перепахивают отведенный под посадку участок с одновременным внесением перегноя и минеральных удобрений из расчета $8\text{--}10 \text{ кг/м}^2$ перегноя, 30 г/м^2 простого суперфосфата, 30 – аммонийной селитры и 30 г/м^2 калийной соли.

Нарциссы подкармливают за вегетационный период трижды: по всходам, во время бутонизации и в фазу массового цветения растений. При ранневесенней подкормке нарцисса вносят 30 г/м^2 аммонийной селитры, 15 – простого суперфосфата и 15 г/м^2 калийной соли. Во время бутонизации – 20 г/м^2 аммонийной селитры, 40 – простого суперфосфата и 20 г/м^2 калийной соли. При третьей подкормке растений вносят 10 г/м^2 аммонийной селитры, 15 – простого суперфосфата и 15 г/м^2 калийной соли.

Нерина – многолетнее травянистое луковичное растение высотой $15\text{--}100$ см, образующее соцветия на безлистных цветоносах. Ее можно выращивать в горшках, ящиках, контейнерах, грунте как для выгонки, так и для получения посадочного материала. Субстраты для нерины должны быть плодородными и дренированными. Основу их составляют суглинистые почвы, среднезернистый песок и компостированная древесная кора в равных соотношениях по объему. Перед перекопкой вносят компост или перегной ($15\text{--}20 \text{ кг/м}^2$). При посадке луковиц на дно борозды кладут также среднезернистый песок; реакция среды нейтральная – pH $6,7\text{--}7,0$. Оптимальное содержание элементов питания в субстрате, мг/л: N, P_2O_5 – по 120 , K_2O – 300 , Ca – 1500 , Mg – 60 .

В период вегетации растений по результатам агрохимического анализа субстрата проводят подкормки с внесением недостающих элементов питания. При отсутствии агрохимического контроля целесообразно еженедельно вносить нитрофоску либо полного минерального удобрения из расчета 20 г/м^2 или $0,1\text{--}0,15$ % водного раствора удобрений; норма расхода рабочего раствора – $7\text{--}10 \text{ л/м}^2$.

Пеларгония – растение высотой $40\text{--}60$ см, с полуодревесневшими стеблями; размножается семенами и вегетативно. Вегетативное размножение проводят в марте-апреле. Маточники содержат зимой в светлых сухих оранжереях при температуре $4\text{--}7$ °C и умеренном поливе.

Черенки перед посадкой подвяливают, подсушивая место нижнего среза, и укореняют в песке при температуре $17\text{--}19$ °C в течение $20\text{--}25$ дней. Укоренившиеся черенки пересаживают в горшки, наполненные смесью листовой, дерновой земли и песка в соотношении $2:2:1$. Растения в горшках подкармли-

вают минеральными удобрениями через каждые 15–20 дней в соотношении NPK, равном 2:1:1,5.

При размножении семенами посев проводят с декабря по февраль. Для повышения всхожести семян используют субстрат с pH 5,6–6,5 и NPK в соотношении 1:1:1,5. По гранулометрическому составу субстраты могут быть различными: чистый торф, смесь торфа с песком, смесь почвы с торфом или с компостом из свежей сосновой коры.

Пион исключительно требователен к условиям минерального питания и очень отзывчив на удобрения. Это обусловлено интенсивным ростом надземной массы и корневой системы растений. Ежегодно у пиона отрастают мощные высокие стебли, значительное количество крупных листьев и цветков. Для развития такой вегетативной массы требуется много элементов питания: не меньше их расходуется и на формирование мощной корневой системы. Потребность в элементах питания у пиона начинает проявляться с момента отрастания молодых побегов и достигает максимума в фазе бутонизации. Наивысшей декоративности и продуктивности пионы достигают при 3-кратной дифференцированной подкормке: азотом – в начальной стадии роста; полным комплексом минеральных удобрений – в фазу бутонизации и в начале цветения. Такой порядок внесения удобрений способствует образованию наибольшего количества цветков, максимальной продолжительности цветения и увеличению размера цветков. Количество вносимых под пионы удобрений зависит от сортовых особенностей, возраста и плодородия почвы. Пионы высаживают в специально подготовленные ямки с размерами 70×70×70 см, заложенные земляной смесью из верхнего слоя снятой земли, перепревшего навоза и простого суперфосфата из расчета 200 г на ямку. Подкормки в период вегетации растений дают в сухом или жидком виде. Под одно растение вносят минеральные удобрения в дозе $N_{3-5}P_{4-5}K_{6-9}$ (г/м²) и заделывают на глубину 5–6 см. При жидкой подкормке $\frac{1}{2}$ дозы минеральных удобрений разводят в настое из навозной жижи или коровяка.

Примула – корневищный многолетник с розеткой прикорневых листьев и безлиственными невысокими цветоносами. Все виды примул следует высаживать на рыхлых, нетяжелых, хорошо дренированных почвах. При небольшом затенении они цветут дольше и не выгорают, легко переносят пересадку в цветущем виде.

Почву в цветнике под примулы обрабатывают глубоко – 28–30 см. Органические удобрения вносят из расчета 20–25 кг/м², минеральные: $N_{15}P_{20}K_{15}$ г/м². В течение лета дают три подкормки: первую – ранней весной, вторую – через 2–3 недели ($N_{15}P_{15}K_{15}$ г/м²), третью – в июле – августе ($P_{15}K_{15}$ г/м²). Очень важно сохранить листья до глубокой осени. У многих видов хорошо развитая листовая розетка служит естественным укрытием растений на зиму, так под снегом листья сохраняются зелеными почти до весны.

Пуансеттия. Лучшим субстратом для пуансеттии являются торфосмеси (торф с компостами, листовой, дерновой землей, сосновой корой, песком), верховой торф, дерновая земля с перегноем и песком в соотношении 1:1:1:1; pH субстрата – 6,0–6,5.

Перед посадкой пуансеттии вносят полное удобрение из расчета 2–4 кг/м³ субстрата. При посадке укорененные черенки не заглубляют, поливают и расставляют на стеллаже по 16–25 шт./м².

Недостаток элементов питания у растений особенно отрицательно влияет на образование качественных соцветий. Поэтому удобрения под пуансеттию рекомендуется применять через каждые 10–14 дней до полного окрашивания при-

цветников. Недостаток азота вызывает пожелтение листьев, замедляет развитие прицветников, дефицит фосфора – пожелтение и опадение листьев, калия – хлороз и некроз. При первых признаках появления симптомов недостатка элементов питания в почве проводят некорневую подкормку растений. Растения подкармливают 0,15–0,20 % водными растворами минеральных удобрений. Для приготовления питательного раствора используют 200–500 мг/л азота, 30–80 – фосфора и 90–260 мг/л калия. На ранних стадиях роста пуансеттия потребляет большое количество азота, к началу развития генеративных органов усиливают питание фосфором, а позднее – калием. Пуансеттия хорошо отзывается на некорневые подкормки 0,005 % растворами магния, марганца и молибдена.

Роза – красивоцветущий листопадный, нередко вечнозеленый кустарник, иногда лиана высотой от 0,2 до 3,5 м. Розы – растения солнцелюбивые, и поэтому при посадке для них выбирают хорошо освещенные открытые места, защищенные от сильных ветров. Размножаются они семенами и вегетативно – окулировкой, прививкой, черенкованием, делением кустов и отводками. Розы, растущие на солнце, быстрее формируются, дают больше цветов. В тени они растут медленно, образуя длинные и тонкие побеги, слабо цветут, поражаются болезнями и вредителями. Для роз лучше подходят участки с небольшим уклоном (8–10°) к югу, юго-востоку или юго-западу. Розы успешно растут на черноземах, легких суглинках и супесях с хорошей структурой и высоким содержанием органического вещества. Уровень грунтовых вод не должен быть выше 80–120 см, так как корневая система привитых роз иногда проникает на глубину более 1 м. Большое значение для роз имеет кислотность почвы. Почва для них предпочтительна слабокислая, хотя они могут расти и на почвах, имеющих слабощелочную реакцию. Для повышения кислотности в почву добавляют торф и навоз, а для подщелачивания вносят золу, известь или доломитовую муку. Следует избегать болотистых, засоленных и каменистых почв.

Участок, предназначенный для посадки роз, готовят с осени. Проводят глубокую обработку почвы. В зависимости от ее структуры, кислотности и плодородия на суглинистых и супесчаных почвах вносят 100–120 т/га навоза, 4–6 – извести, 0,6–1,0 – фосфоритной муки и 0,5–0,6 т/га калийной соли. При посадке роз на больших площадях удобрения вносят по всему участку, при небольших посадках копают ямы размером 60 x 70 x 70 см, в которые закладывают удобрения из расчета 4–5 кг перегноя, с добавлением 15–20 г аммонийной селитры, 60–80 – простого суперфосфата и 8–10 г хлористого калия. При хорошей заправке почвы удобрениями в первый год после посадки молодые растения не нуждаются в подкормке. После прищипки бутонов их желательно только подкормить органическими удобрениями, которые лучше всего применять в жидком виде: настоем коровяка 1:10, куриного помета 1:20. В последующие годы розы нуждаются в регулярных подкормках. Розы имеют некоторые особенности роста: у сортов садовых групп с ремонтантным цветением – чайно-гибридных, флорибунда, грандифлора, миниатюрных и полиантовых – побеги за вегетационный период отрастают 3–4 раза, а следовательно, нуждаются в различных элементах питания. За сезон необходимо провести не менее 4-х подкормок органическими и минеральными удобрениями, которые дополняют друг друга. Подкормки приурочивают к фазам вегетации роз – началу цветения и новому росту растений. Первую подкормку проводят в фазу бутонизации, вторую – после спада первого массового цветения, третью – после второго цветения и четвертую – в конце летнего сезо-

на. Хорошие результаты дает поливка коровяком: на ведро (10 л) воды – 1 кг коровяка, смесь настаивают 4–7 дней при регулярном перемешивании. После прекращения появления пузырьков настой в 2 раза разбавляют водой. На ведро настоя добавляют: при первой подкормке – 15–20 г аммонийной селитры, 30–35 – простого суперфосфата, 8–10 г хлористого калия; при второй подкормке – 20–30 г аммонийной селитры, 60–80 – простого суперфосфата, 10–15 г хлористого калия; при третьей подкормке – 60–70 г простого суперфосфата, 15–20 г хлористого калия; четвертую подкормку производят раствором солей в чистом виде (10 л) по норме третьей подкормки.

При хорошем обеспечении растений элементами питания листья из середины побега, закончившие свой рост, содержат 2,8–3,6 % азота, 0,65–0,80 – фосфора и 2,5–3,0 % калия.

От несбалансированного питания розы заболевают хлорозом: в первой стадии отмечается пожелтение пластинки листа между жилками, которые остаются зелеными, затем он полностью желтеет, и по краям его появляются некрозы коричневого цвета. Хлороз чаще всего возникает из-за нарушения поглощения растениями железа и реже марганца. Проявляется он как при прямом недостатке в почве этих элементов (например, на карбонатных, нейтральных и щелочных почвах, на которых железо и марганец малодоступны для растений), так и при достаточном их количестве, но несбалансированном содержании других элементов питания. Железо не может участвовать в нормальном образовании хлорофилла ввиду избыточного содержания в почве и поступления в растения фосфора и нитратного азота, а также на холодных почвах при недостатке в них кислорода и избыточном увлажнении. Именно поэтому хлороз часто наблюдается в начале выгонки роз, в первое цветение, затем он проходит. При нарушении режима питания железом хлороз появляется на верхних, растущих листьях, а при недостатке марганца – и на нижних, уже сформированных. Для борьбы с этим заболеванием роз при массовом его проявлении, в почву вносят соли железа или марганца из расчета 1–2 кг/га д. в.; проводят некорневые подкормки растений 0,01 % водными растворами этих элементов.

Сирень – одно из самых распространенных декоративных растений. Она зацветает весной довольно рано и цветет обильно, долго и празднично. Участок для посадки сирени должен быть освещенным; закрытым от ветра. Эта культура хорошо растет как на равнинных местах, так и на небольших склонах, особенно юго-западного направления. Мощная корневая система позволяет использовать сирень для закрепления почвы в эрозионно-опасных местностях. Для сирени непригодны низкие, заболоченные и затопляемые участки.

Почва должна быть умеренно влажная, плодородная, структурная, с высоким содержанием гумуса и водопроницаемым подпочвенным горизонтом. Сирень хорошо растет на суглинистых почвах, заправленных органическими и минеральными удобрениями, на черноземах, тепловой режим которых способствует развитию более декоративных кустов и усиливает их цветение. Реакция почвы должна быть от слабокислой до нейтральной (рН 6–7). Глубина залегания грунтовых вод 1,5–2 м от уровня почвы.

При посадке растений группами или куртинами почву лучше вспахать или перекопать, предварительно внося в нее минеральные и органические удобрения из расчета на 1 м²: навоза или компоста – 10–15 кг, фосфорных 60–80 г, калийных 20–25 г. Почву с повышенной кислотностью известкуют (табл. 376; Шеуджен А.Х., Котляров Н.С., Куркаев В.Т. и др., 2004).

Таблица 376 – Дозы извести в зависимости от кислотности почвы, кг/м²

Почва	рН солевой вытяжки					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4–5,5
Супесчаная, легкоуглинистая	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
Среднесуглинистая	0,6	0,55	0,55	0,45	0,4	0,35
Тяжелосуглинистая	0,8	0,75	0,65	0,55	0,5	0,45

Кислотность почвы можно нейтрализовать, внося в приствольные круги золу, которая обладает щелочными свойствами, а, кроме того, способствует минерализации азота.

Посадочные ямы копают с отвесными стенками. Размер их зависит от плодородия почвы: на средне плодородных – достаточно 50×50×50 или 60×60×60 см; на бедных, песчаных, засоренных строительными и другими отходами, на неудобных участках размер ям увеличивают до 100×100×100 см и полностью заполняют их привозным грунтом. В состав почвы для одной посадочной ямы входят органические удобрения (перегной, перепревший навоз или компост) – 15–20 кг, костная мука – до 2 кг, древесная зола – 200–300 г. Если вместо костной муки приходится вносить суперфосфат, который подкисляет почву, для его нейтрализации дозу золы увеличивают вдвое. При хорошей подготовке посадочных ям в первые два–три года после посадки удобрения в почву приствольных кругов можно не вносить. Чрезмерные дозы подкормок в это время приводят к повышению концентрации почвенного раствора и ослаблению укоренения и роста. Азотные же удобрения начинают вносить со второго года после посадки в виде двух – трехкратных подкормок мочевиной из расчета 50–60 г на одно растение за сезон или аммонийной селитрой – 65–80 г соответственно. Первую подкормку азотом дают ранней весной в начале вегетации, когда оттает почва, две последующие – с перерывом в 20–25 дней. Эффективна также подкормка органическими удобрениями. Для этого раствор коровяка разводят водой в 4–5 раз, навозной жижи – в 6–8, птичьего помета в 10–12 раз. На куст расходуют 1–3 ведра в зависимости от его возраста и состояния.

Сирень хорошо растет, обильно и ежегодно цветет, если почва в зоне приствольного круга достаточно плодородна. С четвертого года после посадки подкормки лучше приурочивать к определенным фазам вегетации растений. Сирень пробуждается ранней весной, когда многие растения еще пребывают в покое. В этот период вносят 40 % годовой нормы азотных удобрений, а остальное их количество лучше давать дробно, так как азотсодержащие соединения быстро вымываются из почвы.

Последующие три подкормки азотом (по 20 %) осуществляют с интервалом 20–25 дней, в зависимости от наступления фенофаз: начало бутонизации, массовое цветение, конец цветения и прироста побегов в длину. Если есть возможность заменить минеральные удобрения органическими, хорошо использовать растворы коровяка, навозной жижи или птичьего помета. Концентрация та же, что и в первые годы после посадки, расход – 15–20 л на 1 м² приствольного круга, в зависимости от состояния и возраста куста.

Органические удобрения можно давать неразведенными в виде перепревшего навоза, перегноя или компоста, перед осенней обработкой почвы.

Ориентировочные средние годовые нормы на приствольный круг взрослого куста от 10 до 30 кг.

Фосфорные и калийные удобрения вносят осенью один раз в два–три года, заделывают при рыхлении на глубину 6–8 см. Средние годовые нормы минеральных удобрений на 1 м² приствольного круга куста приведены в таблице 377 (Лунева З.С., Михайлов Н.Л., Судакова Е.А., 1989).

Таблица 377 – Нормы минеральных удобрений на 1 м² прикустовой зоны в год

Вид удобрений	Норма, г	Вид удобрений	Норма, г
Азотные*		Калийные*	
Мочевина	30**–20***	Хлористый калий	25–12
Аммонийная селитра	40–30	Калийная соль	35–20
Сульфат аммония	50–35	Сульфат калия	40–25
Цианамид кальция	50–35		
Натриевая селитра	65–40		
Кальциевая селитра	80–55		
Фосфорные*		Сложные*	
Суперфосфат двойной	30–20	Нитрофос	85–50
Суперфосфат простой	70–40	Нитроаммофоска	90–60
Преципитат	45–30	Нитрофоска	100–60
Костная мука	55–50	Диаммофос	30–15
Фосфоритная мука	80–50	Аммофос	45–30
Томасшлак	90–50	Калийная селитра	25–15

* Вносят одно из перечисленных удобрений

** Доза без внесения органических удобрений

*** Доза с совместным внесением органических удобрений

Сирень отзывчива на микроудобрения. Их применяют в виде некорневых подкормок. На 10 л воды берут 1–2 г медного купороса, 5–10 г сульфата марганца и по 2–3 г сульфата цинка и молибдата аммония. Опрыскивают этим раствором один–два раза за сезон – после цветения и в начале августа. Однако после такой подкормки при следующем цветении может слегка измениться оттенок окраски цветков.

Стрелиция – многолетнее растение. В культуре она отличается высокой продуктивностью до – 10–20 лет; обычно же длительность культуры составляет 10–12 лет.

Ценность стрелиции – в оригинальности ее цветков, продолжительной (до трех–четырёх недель) сохранности в воде, периоде цветения с октября по март. Цветки стрелиции напоминают по форме экзотическую птицу, имеют оранжевые чашелистики и сине-фиолетовые лепестки, собранные по три–восемь в соцветие на высоком, до 70–100 см цветоносе.

Стрелицию размножают чаще всего семенами, поскольку при размножении отпрысками она в течение трех–четырёх лет не цветет. Стрелицию выращивают на субстрате, состоящем из волокнистой дернины, полуперепревших листьев, перегноя, торфа и песка в соотношении 1:1:1:2:1. Оптимальное содержание элементов питания в таком субстрате составляет: N – 100–150 мг/л; P – 150–200; K – 100–180; Ca – 1500–2000; Fe – 150–250; Mn – 30–50; Zn – 15–20; Cu – 10–15; B – 1,5–3,5; Mg – 0,2–0,8 мг/л.

Через каждые семь–десять дней стрелицию подкармливают минеральными удобрениями. Оптимальное соотношение N:P:K в субстрате в период

бутонизации 0,5:2,5:1,5, в остальное время – 1:1,5:2. Подкормки прекращают в фазу цветения растений.

Тюльпан. Травянистый луковичный многолетник, эфемероид. Активное развитие надземных органов его приурочено к короткому периоду весны, когда в почве достаточно влаги, а температура воздуха не слишком высокая. До наступления жары растения заканчивают вегетацию, их корни, стебли и листья отмирают. Глубоко в земле остается только луковица, существующая за счет накопленных элементов питания.

Лучшим местом для выращивания тюльпанов является открытый солнечный участок, защищенный от ветра, хорошо дренированный, с плодородной супесчаной или суглинистой почвой. Тюльпаны не переносят кислой почвы. Для понижения кислотности за два года до их посадки необходимо провести известкование. Участок должен быть хорошо спланирован, без впадин, на которых застаивается вода и луковицы могут вымокнуть.

Внесение свежего навоза при посадке луковиц приводит к загниванию корневой системы. Внесение навоза из расчета 10–20 кг/м² возможно лишь за три года до посадки тюльпанов. На окультуренных участках за месяц перед посадкой под основную обработку почвы вносят перегной из расчета 8–10 кг/м² и полное минеральное удобрение в дозе 30 г/м² аммонийной селитры, 60 – суперфосфата простого и 30 г/м² хлористого калия.

Подкормки тюльпанов проводят трижды в период вегетации. Первую подкормку проводят ранней весной, в начале их отрастания, когда надземная часть имеет высоту 6–10 см, вносят аммонийную селитру (20 г/м²). Мочевинной подкармливать в этот период нежелательно, так как азот из нее плохо усваивается растениями из-за частых весенних похолоданий, в результате чего снижается их устойчивость к заморозкам. Удобрения рассыпают между рядками посаженных луковиц в бороздки на глубину 8–10 см с последующей заделкой. Вторую подкормку проводят, когда появляются бутоны, т. е. недели через две после первой подкормки, мочевиной в дозе 10 г/м², простым суперфосфатом и калийной селитрой из расчета по 20 г/м².

Третью подкормку тюльпанов проводят фосфорно-калийными удобрениями в фазе цветения растений или через 10 дней после второй. Простой суперфосфат и калийную соль (по 20–30 г/м²) применяют также в бороздки на глубину 7–10 см. Удобрения вносят аккуратно, так, чтобы они не попадали на листву, что может вызвать ожоги. После подкормки рекомендуется полить растения или разрыхлить почву.

Флоксы относятся к малопривередливым растениям, но для обеспечения хорошего развития и обильного цветения им надо предоставить достаточно плодородную, рыхлую, нетяжелую почву. Они не выносят застойных вод, зимостойки. Размножаются вегетативно и семенами. Хорошо растут, обильно и долго цветут на супесчаных и легкосуглинистых, увлажненных, хорошо заправленных удобрениями почвах. Кислотность почвы должна быть от слабокислой до нейтральной.

Органические удобрения в дозе 8–10 кг/м² и золу – 150–200 г/м² вносят под зяблевую вспашку на глубину 20–22 см. Очень глубокая заделка удобрений нецелесообразна, т. к. основная масса корней у флоксов располагается на глубине 5–15 см. Весной под перепахку вносят минеральные удобрения из расчета N₁₀P_{10–12}K₁₀ г/м².

Первую подкормку флоксов проводят в период массового отрастания стеблей. Удобрения вносят из расчета N_{6–9}P_{3–4}K_{5–7} г/10 л воды. Вторую под-

кормку проводят в начале фазы бутонизации растений, удобрения вносят из расчета $N_3P_5K_{10}$ г/м². Третью подкормку дают в начале цветения: $N_3P_{3-5}K_{3-5}$, или 30–40 г золы на 10 л воды. В конце цветения флоксы подкармливают фосфорно–калийными удобрениями: $P_{3-4}K_{15}$ г/10 л воды. Эта подкормка способствует накоплению элементов питания в растениях и их закалке.

Фрезия – клубнелуковичное перекрестноопыляемое растение. При выращивании из семян посев проводят в грунт оранжереи, на стеллажи, в ящики; субстрат – смесь листовой, дерновой и перегнойной земли в соотношении 1:1:1. Подкормку растений в парниках проводят в каждую одну–две недели водным раствором удобрения, содержащего аммонийную селитру и сульфат калия: в начале лета по 5 г на 10 л, а с середины лета соответственно по 5 и 10 г на 10 л воды. В течение сезона фрезии подкармливают несколько раз удобрениями с учетом агрохимической характеристики субстрата. Оптимальное содержание (0,2 н HCl) элементов питания в 1 л земляного грунта следующее: N–100–180 мг; P_2O_5 –250–350; K_2O –400–500 мг. Нижняя граница оптимальна в период прорастания луковиц, верхняя – при отрастании вегетативной массы. На почвах плотных, с небольшим содержанием органического вещества и в период роста следует придерживаться нижнего уровня. В период отрастания листьев фрезии подкармливают удобрениями в соотношении NPK, равном 2:1:1. За период вегетации вынос элементов этой культурой составляет: N – 6,3 г; P_2O_5 – 2,7; K_2O – 6,9; Mg – 0,36 г/100 растений.

Фрезию можно выращивать гидропонным методом на маловлажном субстрате – гранитном щебне слоем 15–18 см. В течение первого месяца после посадки еженедельно проводят полив водой, затем питательными растворами следующего состава: N – 50–150 мг/л, K – 200, P – 60, Ca – 200, Mg – 50, S – 150–200, Fe – 2, Cu – 0,3, Zn – 0,5, Mn – 0,4, Co – 0,1, Mo – 0,1, B – 0,4 мг/л; pH – 5,5–6,5.

Хризантемы – одно- и многолетние травянистые и полукустарниковые растения; размножаются семенами, делением корневищ и зелеными черенками. Для них выбирают участок, защищенный от господствующих ветров; почва должна быть плодородной, влагоемкой и хорошо аэрируемой. Непригодны для хризантем легкие песчаные и супесчаные почвы, не обеспечивающие постоянную увлажненность. Кислотность почвы может сильно варьировать – pH_{KCl} от 5,5 до 7,5, однако, чтобы режим питания был оптимальным, ее лучше поддерживать в пределах pH 6,0–6,8. Хризантемы относятся к солевыносным растениям, однако при избытке минеральных солей в почве корнеобразование у высаженных черенков замедляется, что в свою очередь нарушает снабжение их элементами питания и водой. Допустимое содержание водорастворимых солей в почве колеблется от 4–5 г/л на плотных сильноминерализованных почвах до 6,5–7,5 г/л на верховом торфе.

Участок для их посадки готовят предварительно, т. е. с осени его пахут на глубину 18–20 см или перекапывают на штык лопаты, предварительно внося перегной из расчета 10 кг/м² и фосфорно–калийные удобрения в дозе по 20 г/м².

Чтобы получить декоративный куст или несколько крупных соцветий у срезочных сортов хризантемы, растения к концу лета должны развить мощную вегетативную массу, заложить и сформировать бутоны и соцветия. Поэтому через две недели после высадки в открытый грунт проводят подкормку растений азотно–фосфорно–калийными удобрениями в соотношении NPK, равном 2:1:0,5. Оптимальное содержание в листьях хризантемы элементов питания следующее: N – 3,5–4,5 %, P_2O_5 – 0,9–1,1, K_2O – 3,8–4,5, Ca – 1,0–1,8,

Mg – 0,40–0,55 %. Для диагностики отбирают третий–пятый лист сверху у низкорослых и пятый–седьмой у высокорослых сортов.

В качестве азотного удобрения используют мочевины или аммонийную селитру в дозе 20 г/м², в качестве фосфорных – простой суперфосфат (10 г/м²), калийных – калийную соль (5 г/м²). Вторую подкормку растений проводят в начале фазы бутонизации. В это время элементы питания, т. е. NPK, вносят в соотношении 1:2:1. Приведенные выше дозы удобрений даны в расчете на сухую подкормку. Однако возможно проведение подкормки в жидком виде. Для этого указанные количества удобрений растворяют в 10 л воды и на каждый куст расходуют 0,5 л рабочего раствора.

Цикламен. Почву под цикламены можно использовать различную, но обязательно рыхлую и влагоемкую. Эти свойства обеспечивают смеси, состоящие из листовой, полуперепревшей легкой дерновой земли, верхового слабообразовавшегося торфа, перегноя, древесных опилок и соломенной резки.

Для посева пригодны субстраты, содержащие не менее 20 % органического вещества, плотностью 0,2–0,6 г/см³, рН_{KCl} – 5,8–6,0. Избыточное содержание элементов питания в этот период снижает всхожесть семян. Поэтому удобрения вносят только в том случае, если почва бедна элементами питания или нужно выровнять соотношение между ними.

Земельные смеси для пикировок и посадки цикламенов в горшки используют такого же состава, как для посева, но более плодородные. Плотность их должна быть не выше 0,6 г/см³, рН_{KCl} – 5,5–6,2 (на карбонатных почвах – 5,8–6,5). Составы смесей могут быть: дерновая земля с листовой и опилками (2:1:1); дерновая земля с листовой, торфом и перегноем (2:1:1:1); дерновая земля с торфом и песком (1:1–3:1–0,5); листовая земля с перегноем и торфом (1:1:2), торф с опилками (1–3:1). Желательно в земельную смесь добавлять до 5 % измельченной сосновой коры, внесение которой препятствует развитию грибных заболеваний.

Нормы основного удобрения, вносимого перед посадкой цикламенов, зависят от свойств используемых компонентов. Ориентировочно для первой пикировки можно рекомендовать полное удобрение в количестве 0,8 кг, для второй (посадка в горшки диаметром 9 см) – 1,5, для перевалки в горшки – 2,5–3 кг на 1 м³ субстрата. Если в состав субстрата входит низинный торф, то в него необходимо добавлять сернокислую медь в количестве 3–5 г/м³. Для лучшего распределения солей меди их смешивают предварительно с песком или вносят в жидком виде. При использовании перегноя или дерновой земли дозы удобрений несколько ниже, чем при применении торфа или опилок. Опилки бедны элементами питания. На их долю при составлении смеси вносят (кг/м³): 0,5–0,6 N (1,5–2 кг аммонийной селитры), 0,2–0,3 P₂O₅ (1,0–1,5 простого суперфосфата) и 0,2–0,3 K₂O (0,5–0,7 кг сульфата калия). Опилки смешивают с удобрениями, а затем добавляют их к другим субстратам. Оптимальное содержание элементов питания в субстрате следующее (мг/л): N – 60–150; P₂O₅ – 150–400; K₂O – 150–450; Ca – 250–350; Mg – 40–60; Fe – 15–25. Нижней границы придерживаются в период развития всходов и пикировок, верхней – после укоренения.

В весенне-летний период цикламен подкармливают раз в 2–3 недели раствором минеральных удобрений. Периодичность подкормки зависит от возраста растений и времени года. Молодые растения подкармливают раствором азотных и азотно-калийных удобрений в концентрации 0,1–0,15 %.

В первый период своего развития цикламен использует мало элементов питания. Основное потребление их приходится на летний период, когда идет

прирост вегетативной массы. В этот период наблюдается наибольшее потребление азота и калия. Вынос из почвы фосфора с момента интенсивного отрастания листьев до полного цветения остается приблизительно на одном уровне.

Подкормки начинают через несколько недель после укоренения растений и чередуют азотно-калийные удобрения с азотными и полными (НРК). Подкармливают растения примерно с интервалом 8–12 дней следующими удобрениями (г/10 л воды): первая подкормка – аммонийная селитра – 7–10, сульфат калия – 7–10; вторая – аммонийная селитра – 7–10 или сульфат аммония – 10–12; третья – аммонийная селитра – 7–10, сульфат калия – 7–10, суперфосфат простой – 7–10; четвертая подкормка – аммонийная селитра – 10–12 и т. д. В этот период подкормки минеральными удобрениями можно чередовать с подкормками коровяком (1:10–15).

В период интенсивного роста растений для подкормки используют более концентрированные растворы – до 0,3 %. Если требуется подкормка всеми элементами питания, то применяют следующие нормы (г/м³ воды): N – 200–300, P₂O₅ – 100–200. K₂O – 250–350. Периодичность подкормки – 7–14 дней. С середины августа или в сентябре дозы азотных удобрений уменьшают, а затем исключают совсем. При необходимости фосфорные и калийные удобрения вносят до появления окрашенных бутонов. Расход жидкости в подкормках – 0,1–0,2 л на растение. Если органические удобрения не используют, то раз в месяц летом вносят микроудобрения.

Критерием необходимости подкормок служит внешний вид надземных органов и корневой системы растений. При избытке азота вытягивается черешок листа. Корни должны иметь белый или светло-кремовый цвет. Если они потемнели, то подкормку прекращают до появления новых светлых корней.

Цинерария – двулетнее растение; культивируют на лёгких, рыхлых и влагоемких субстратах с плотностью не выше 0,4 г/см³ для посева и пикировки и 0,7 г/см³ – для перевалки. Содержание органического вещества должно быть не ниже 15 %, рН_{KCl} 5,6–6,8, а при выращивании на торфяном субстрате рН 5,6–6,0. Для выращивания цинерарии используют смеси, состоящие из дерновой и листовой земли, перегноя (1:1:2); из дерновой земли, перегноя, слаборазложившегося торфа (1:1:1); листовой земли, перегноя и песка (2:1:0,5). Если используют дерновую землю тяжелого гранулометрического состава, то в субстрат добавляют рыхлящие материалы – крупный песок, древесные опилки, слаборазложившийся торф.

Семена высевают в ящики с легким плодородным субстратом. Пикировку проводят через две-три недели после посева, при появлении у сеянцев первого настоящего листа. Цинерарию сажают в горшки в период, когда листья растений начнут соприкасаться.

Цинерария требовательна к условиям питания. Дозы удобрений определяют по результатам агрохимических анализов субстрата. Оптимальное содержание элементов питания в нем: N – 100–200 мг/л; P₂O₅ – 250–400; K₂O – 200–350; Ca – 250–400; Mg – 30–60 мг/л. Нижний уровень их содержания в субстрате поддерживают после укоренения саженцев и растений в горшках, верхний – при оптимальных условиях развития растений, о чем можно судить по содержанию элементов питания в листьях: N – 2,8–4,0 %; P₂O₅ – 1,2–1,5; K₂O – 4–5; Ca – 1,2–1,5; Mg – 0,5–0,7 %. При содержании элементов питания на 20–25 % ниже оптимального необходимы регулярные подкормки. Допустимая концентрация питательного раствора в подкормках зависит от состава субстрата. На гумусирован-

ных субстратах с плотностью до $0,5 \text{ г/см}^3$ применяют 0,2 % растворы, а на более тяжелых минерализованных – 0,15 %. Подкормки повторяют с интервалом 10–15 дней в соответствии с данными агрохимического анализа. При появлении над поверхностью листьев бутонов интервал между подкормками увеличивают. Цинерарию подкармливают регулярно в течение всего периода выращивания, за исключением 5–6-недельного зимнего периода охлаждения.

Цинерарию можно выращивать методом гидропоники, используя инертные субстраты (вермикулит с песком, перлит) с содержанием 150–250 мг/л азота, 100–200 – фосфора, 250–400 – калия, 30–40 мг/л магния. Для этого в раствор вносят 200–380 г/м³ аммонийной селитры, 220–450 – двойного суперфосфата, 550–900 – калийной селитры и 300–400 г/м³ сульфата магния. Такой же состав удобрений применяют и для подкормок при почвенной культуре.

6.4.16. Лесные питомники и плантации

В лесном хозяйстве основным объектом применения удобрений являются лесные питомники, лесосеменные плантации и постоянные лесосеменные участки.

6.4.16.1. Применение удобрений в лесных питомниках

Применение удобрений в лесных питомниках направлено на увеличение выхода стандартного посадочного материала с единицы площади в посевном и школьном отделениях питомников, сокращение сроков его выращивания. Система применения удобрений состоит из следующих приемов: основное удобрение, вносимое в паровые поля под глубокую вспашку; предпосевное – примерно за 2 недели до посева или припосевное внесение в период посева семян; корневые и некорневые подкормки сеянцев и саженцев макро- и микроэлементами.

Удобрения в паровых полях. Для окультуривания парового поля осенью проводят глубокую вспашку плантажным плугом. При этом вносят от 40 до 80 т/га органических удобрений (в зависимости от типа почв) и фосфорно-калийные удобрения в норме $\text{P}_{60-120}\text{K}_{60-120}$ (в зависимости от агрохимических свойств почвы). На кислых почвах следует проводить известкование. Для этих целей применяют известковые туфы, озерную известь, мергель, торфотуфы, природную доломитовую муку. Норму извести устанавливают по гидролитической кислотности почвы.

Удобрения в посевах первого года. В год посева семян при выращивании сеянцев первого года применяют предпосевное удобрение и корневые подкормки. Для предпосевного внесения пригодны навозная жижа, аммонийная селитра, кальциевая селитра, калийная селитра, хлористый калий и суперфосфаты. Нормы внесения минеральных удобрений приведены в таблице 378 (Зеликов В.Д., Мальцев Г.И., 1986). В качестве припосевного удобрения используют гранулированный суперфосфат в количестве 15–20 кг/га под хвойные породы и 20–30 кг/га под лиственные.

В подкормки используют мочевины, аммонийную селитру, хлористый калий, аммофос и диаммофос, калийную селитру, нитрофос и нитрофоски. Подкормки азотными удобрениями рекомендуется проводить в дозах 20–40 кг/га д. в. Первую подкормку проводят после появления массовых всходов, последующие через 2–3 недели.

Таблица 378 – Нормы внесения минеральных удобрений на период выращивания посадочного материала

Почвы	Породы	Норма удобрений, кг/га д. в.							
		азотных с учетом содержания гумуса в почве, %			фосфорных с учетом обеспеченности почвы подвижным фосфором		калийных с учетом обеспеченности почвы калием		
		<2	2–4	>4	низкая	средняя	высокая	низкая	средняя
Подзолистые, дерново-подзолистые	хвойные	120–150	100–120	80–100	140–180	100–120	15–20 (в рядки)	120–140	90–100
Сероземы; черноземы оподзоленные и выщелоченные*	хвойные	–	90–110	60–90	120–150	90–120	15–20 (в рядки)	90–100	70–80
	лиственные	–	60–80	50–60	100–120	80–100	20–30 (в рядки)	80–90	50–60
Черноземы типичные, обыкновенные южные *	хвойные	–	120–140	100–120	120–140	90–120		80–100	60–70
	лиственные	–	100–120	80–100	100–120	80–100		80–100	60–70
Каштановые*	лиственные	–	80–100	60–80	80–100	60–80		70–80	50–60

*Примечание: Содержание гумуса выше 2 %

Удобрения в посевах второго года. Для сеянцев второго года выращивания применяют корневые подкормки азотом. Первую подкормку проводят ранней весной, сразу после таяния снега, вторую – спустя 3–4 недели в дозе N_{30-40} . На почвах легкого гранулометрического состава, где существует угроза вымывания калия из корнеобитаемого слоя, проводят весеннюю подкормку калийными удобрениями из расчета K_{40-60} . Подкормку фосфорными удобрениями проводят лишь в случаях, когда не было внесено основное фосфорное удобрение, а результаты агрохимического обследования свидетельствуют о низкой обеспеченности почв этим элементом.

6.4.16.2. Применение удобрений в лесных культурах, на лесосеменных плантациях и постоянных лесных участках

В лесных культурах применяют минеральные удобрения, позволяющие повысить приживаемость саженцев и интенсивность их роста. При создании лесных культур фосфорные ($P_{150-200}$) и калийные (K_{100}) удобрения вносят осенью при подготовке почвы и заделывают их на глубину вспашки в зону распространения основной массы корней. Азотные удобрения (N_{100}) вносят на второй–третий год после посадки при корневых подкормках. Повторные подкормки азотными удобрениями проводят через 5 лет из расчета N_{200} .

На всех типах почв вносят микроэлементы в дозах: молибден – 1 кг/га д. в., кобальт – 2, цинк – 5, бор – 1–2, медь – 5, марганец – 20 кг/га д.в.

Фосфорные и калийные удобрения при создании лесосеменных плантаций целесообразно вносить до посадки сеянцев или саженцев, а на постоянных лесосеменных участках — после формирования коридоров достаточной ширины с применением разбрасывателей удобрений и последующей заделкой их плугами или тяжелыми дисковыми боронами.

На лесосеменных плантациях и постоянных лесосеменных участках эффективно выращивание сидератов. В качестве сидеральной культуры используют горчицу, вико-овсяную смесь, пелюшку, вигну и донник белый.

6.4.17. Водоемы и рисовые оросительные системы для выращивания рыбы

Разведение растительной рыбы в водоемах и рисовых оросительных системах позволяет получить в хозяйствах дополнительно ценные пищевые продукты питания с незначительными затратами.

Рыбопродуктивность водоемов складывается из трех связанных между собой звеньев: первичной, промежуточной и конечной продукции водоема. Первичной продукцией в водоемах являются растения, в основном фитопланктон, т. е. совокупность свободно плавающих растительных организмов. Превращение питательных веществ завершается получением конечной продукции – рыбы, потребляющей промежуточную продукцию в виде зоопланктона (совокупность животных, населяющих водоем и пассивно переносимых течением) и бентоса (совокупность животных и растений, обитающих на грунте и в грунте водоема).

На все жизненные процессы рыб влияет внешняя среда. Под внешней средой для рыб понимают воду вместе с растениями и животными. Ихтиофауна водоема (совокупность всех рыб водоема) во многом зависит от факторов окружающей среды, действующих на организм рыбы, в частности, от площади и глубины водоема, характеристики грунта водоема, от населяющих водоем микроорганизмов, растений и животных, а также от гидрохимического и термического режимов. Химический состав воды зависит от поступления минеральных и органических удобрений, проточности воды, качества грунта и метеорологических условий.

Биогенные элементы попадают в водоемы и рисовые чеки с водами, поступающими по каналам, и в результате минерализации органических веществ самих водоемов. Тестом о наличии биогенных элементов в рыбохозяйственных водоемах является азот в форме отдельных соединений, таких как азот белковый, азот аммонийный, в форме солей азотистой (нитритов) и азотной кислот, ионов аммония и аммиака, азота органических соединений. По содержанию общего азота возможно определить качество воды и прогнозировать ее изменения в зависимости от сочетания других показателей среды, от которых зависит переход одной формы соединения азота в другую. Соединения азота, в первую очередь нитриты, нитраты и аммонийный азот, используются растениями для построения клеток.

Рыбы и водные организмы в процессе своей жизнедеятельности выделяют аммиак, а отмершие зоо- и фитопланктон являются источниками белкового азота. После отмирания растений и животных в результате разложения органических веществ белковый азот переходит в аммонийную форму, а затем в нитриты и нитраты. Оптимальное содержание азота в воде рыбоводных прудов 1–2 мг/л.

Содержание фосфора и калия в воде прудов имеет большое значение в повышении их рыбопродуктивности. Принято считать благоприятным содержание растворимых соединений фосфора до 1 мг/л (в расчете на P_2O_5). Содержание фосфора выше 5 мг/л свидетельствует о сильном загрязнении водоема. Степень загрязнения водоема характеризуется большим избытком в воде хло-

ридов и сульфатов. Хлориды органического (моча, сточные воды) и минерального (солончаки, гипс) происхождения снижают в воде содержание кислорода, что отрицательно сказывается на жизни рыб. Качество воды рыбоводных прудов в значительной степени зависит от содержания железа. В воде железо содержится в виде двух- и трехвалентных соединений. При развитии восстановительных процессов трехвалентное железо переходит в растворимые двухвалентные соединения, которые при окислении осаждаются в виде рыже-бурого осадка, что особенно наглядно видно на мелкозатапливаемых водоемах (рисовые чеки, поля фильтрации сахарных заводов, торфяные карьеры) в прибрежных зонах. При большой концентрации двухвалентного железа в воде оно оседает на жабрах рыб, тем самым вызывает их удушье и гибель.

Перед внесением удобрений водоем известкуют из расчета 1–2 ц/га извести, удаляют «жесткую» растительность (камыш озерный, клубнекамыш, рогуз). Удобрения вносят летом равномерно по поверхности водоема.

Наилучший вид удобрений – органические, они содержат почти все элементы питания, необходимые для развития водных растений и животных. Из органических удобрений лучшие – перепревший навоз: свиной, коровий, овечий и птичий, а также компост, навозная жижа, фекалии. Навоз вносят в почву, запахивая его осенью или весной перед наполнением водоема, на глубину не более 15 см. Хорошие результаты дает раскладывание навоза небольшими кучами по урезу воды в количестве 150–200 ц/га. Навозную жижу вносят небольшими дозами через 8–10 дней. Хорошие результаты дает зеленое удобрение, т. е. засев ложа осушенного водоема вико-овсяной смесью, люпином, донником или клевером. Это дает возможность получить сено и повысить продуктивность водоема. Можно молодые всходы посеянных культур заливать водой, при этом они быстро разлагаются, и в водоеме происходит массовое развитие мелких животных и растений, служащих пищей для рыб. Во время разложения всходов, в течение 10–12 дней, рыбу запускать в водоем не рекомендуется.

Из минеральных удобрений, в первую очередь, рекомендуется применять фосфорные, которые способствуют развитию фито- и зоопланктона – пищи для рыб. Фосфор необходим для построения скелета рыб, расходуется при мышечной и нервной деятельности, входит в состав плазмы крови. Ионы фосфора проникают в тело рыбы через кожные покровы, ротовую полость и жабры. В фосфорных удобрениях нуждаются почти все виды почв, но особенно супесчаные, глинистые, суглинистые, торфяные, подзолистые. Из фосфорных удобрений наиболее пригодны: суперфосфат, фосфоритная мука, костная мука, преципитат; ориентировочная норма их внесения P_{20-30} . Кроме фосфорных удобрений, в водоем полезно вносить азотные, т. к. азот необходим для развития растений и микроорганизмов, служащих пищей водным беспозвоночным животным, которыми питаются рыбы. Наилучший эффект азотные удобрения дают в сочетании с фосфорными и калийными. Из азотных удобрений применяют: сульфат аммония, аммонийную селитру, мочевины; ориентировочная норма внесения N_{4-5} . Удобрения разводят водой и разбрызгивают по водоему, на мелководные участки меньше, на глубоководные – больше. Не менее важны для водоема калийные удобрения, которые также необходимы для развития флоры и фауны. Большинство водоемов содержат достаточное количество калия, но песчаные и кислые почвы бедны этим элементом. На обилие калия указывают заросли элодеи («водяной чумы»), стрелолиста, водокраса (лягушатника), частухи. При его недостатке растения принимают желто-бурю окраску, и листья становятся коричневыми. В качестве калийных удобрений применяют сильвинит, каинит, хлористый калий и сернокислый калий; норма внесения в водоемы – K_{30-100} . Калийные

удобрения рекомендуется вносить вместе с фосфорными туками небольшими дозами и только в те водоемы, в которых недостает калия.

При удобрении водоемов следует учитывать, что действие их может продолжаться несколько лет. Эффективность удобрений водоемов зависит от наличия в них «жесткой» растительности и техники ведения рыбного хозяйства. Необходимо вести борьбу с чрезмерным развитием такой водной растительности, особенно сильно развивающейся под влиянием удобрений. Избыток такой растительности резко снижает эффективность удобрений. В удобряемых водоемах вода должна быть стоячей или иметь слабую проточность, при сильной проточности удобрения выносятся из водоема, и при высокой скорости фильтрации через дно удобрения перемещаются в глубокие почвенные слои и становятся недоступными обитателям водоемов.

Для внесения минеральных удобрений и извести в водоемы по воде, а также для порционной раздачи тестообразного корма пользуются катамаранами. Для внесения раствора минеральных удобрений в небольшие водоемы применяют опрыскиватели типа ОСШ-15. Осушенное ложе удобряют при помощи разбросных сеялок.

Вопросы для самоконтроля

1. Понятие системы удобрения как одного из компонентов адаптивно-ландшафтных систем земледелия.
2. Агрохимические основы системы удобрения.
3. Охарактеризуйте составные части системы удобрения:
 - система удобрения в севообороте, многолетних насаждениях и других сельскохозяйственных угодьях;
 - система накопления, подготовки и внесения удобрений;
 - система мер по охране окружающей среды;
 - годовой и календарный план применения удобрений.
4. Особенности системы удобрения по зонам страны.
5. Изложите принципы системы удобрения основных культур (потребность в питании, средние дозы, сроки и способы внесения удобрений; влияние удобрений на качество продукции):
 - озимая пшеница;
 - озимый ячмень;
 - яровой ячмень;
 - кукуруза;
 - рис;
 - сахарная свекла;
 - подсолнечник;
 - соя;
 - горох;
 - капуста;
 - морковь;
 - огурец;
 - томат;
 - лук;
 - картофель;
 - многолетние травы;
 - естественные сенокосы и пастбища;
 - кормовая свекла;
 - плодовые семечковые культуры;
 - плодовые косточковые культуры;
 - ягодники;
 - виноград;
 - цветочные культуры.
6. Особенности применения удобрений в зависимости от чередования культур в севооборотах, последствия удобрений, агротехнологии.
7. Система удобрения при нормальном, интенсивном и высоком типе базовых технологий производства сельскохозяйственных культур.

7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Технология применения агрохимических средств включает все работы, связанные с их производством (органические и местные удобрения), транспортировкой, хранением, подготовкой к внесению и внесением.

В зависимости от наличия техники в хозяйстве, расстояния перевозки и дозы внесения удобрений различают следующие технологические схемы внесения удобрений: *прямоточную, перегрузочную, перевалочную и двухфазную* (рис. 10).



Рисунок 10 – Технологические схемы внесения удобрений:

I -- прямоточная; II – перегрузочная; III – перевалочная; IV — двухфазная

Прямоточная, перегрузочная и перевалочная технологические схемы при наличии соответствующей системы машин принципиально применимы при внесении как органических, так и минеральных удобрений. Однако для применения перегрузочной технологии требуются специальные самосвальные транспортные средства с предварительным подъемом кузова на соответствующую высоту. Для использования обычных самосвальных транспортных средств, наоборот, необходимы низкорамные разбрасыватели удобрений. С учетом указанных особенностей перегрузочная технология внесения удобрений не находит широкого применения в хозяйствах, особенно при внесении органических удобрений. Для использования перевалочной технологии при внесении минеральных удобрений требуются специальные крытые перегрузочные площадки.

Двухфазную технологическую схему применяют только при внесении органических удобрений.

Наибольшее распространение получили прямоточная технология при внесении органических и минеральных удобрений, а также перевалочная и двухфазная – при внесении органических удобрений.

7.1. Технология применения твердых минеральных удобрений

Удобрения производятся заводами в течение всего года, а применяются в определенные агротехнические сроки. Поэтому они должны храниться в период от покупки до внесения на складах. Задачей хранения является предотвращение снижения качества удобрений. Основным фактором ухудшения их качества является влага. Удобрения должны храниться в сухих складах, в которые не попадают атмосферные осадки. В настоящее время имеется несколько типовых проектов складов минеральных удобрений. Выбор подходящего проекта определяется конкретными условиями. При отсутствии специальных складов удобрения хранят в приспособленных помещениях, которые должны иметь крышу и водоотводные каналы.

Доставка удобрений с заводов-производителей (от поставщиков) осуществляется смешанным железнодорожно-автомобильным (при расстоянии >120 км) или автомобильным (<120 км) транспортом. Для предотвращения потерь при перевозке незатаренных удобрений автомобили должны иметь металлическую крышу или брезентовый тент. Пылевидные удобрения лучше всего перевозить в автоцистернах-цементовозах. Транспортировка минеральных удобрений в контейнерах позволяет резко снизить их потери. Минеральные удобрения можно перевозить также тракторными прицепами. Доставленные на склад минеральные удобрения взвешивают и размещают в специально отведенные для каждого вида удобрения секции, которые разделяют щитами или переносными перегородками на отдельные отсеки для раздельного хранения различных видов и форм удобрений. Отсеки должны иметь этикетки с указанием вида и формы удобрения и содержания в нем действующего вещества.

Незатаренные удобрения хранят насыпью высотой 1,5–2 м для суперфосфата порошковидного, хлористого калия, калийной соли и до 2,5–3 м для менее гигроскопичных удобрений – фосфоритной муки и сульфата аммония. Аммонийную селитру и карбамид, затаренные в мешки, кладут вручную крест-накрест в штабеля до 15 ярусов, сложные удобрения и гранулированный суперфосфат – до 20 ярусов. Для подачи мешков к местам штабелевания можно использовать ленточный транспортер. Аммонийная селитра относится к взрывоопасным веществам. Ее нужно хранить отдельно, нельзя перевозить и хранить навалом, не допускать контакта с веществами, способными вступать с нею в реакцию.

Для внесения простых минеральных удобрений обычно необходимо готовить тукосмесь. Технология тукосмешивания состоит из следующих операций: подготовка удобрений к смешиванию – растаривание удобрений и измельчение слежавшихся с последующим просеиванием и смешивание их в смесителе. Растаривание упакованных в бумажные или полиэтиленовые мешки минеральных удобрений и, при необходимости, измельчение их проводится специальными машинами. Для тукосмешивания применяются тукосмесительные установки, в которые удобрения загружают фронтальными погрузчиками, а выгрузку готовых смесей – ленточными транспортерами. При подготовке тукосмеси необходимо учитывать правила смешивания. Подготовленные смеси нельзя долго хранить на складе, так как они могут слеживаться. Готовая смесь поступает на отгрузочный транспортер, с помощью которого подготовленные к внесению удобрения загружаются в транспортное средство или разбрасыватель.

Основные *агротехнические требования и допуски*, которые необходимо соблюдать при дроблении и смешивании удобрений, следующие:

1. Влажность приготовленных к внесению удобрений должна быть не более: суперфосфат гранулированный – 5 %, аммонийная селитра – 1,5 %, калийная соль – 2 %;

2. Диаметр гранул при измельчении – не более 5 мм;

3. Разрушение гранул до размера 1 мм – не более 5 %;

4. Среднеарифметическое отклонение от требуемого соотношения компонентов не должно превышать 10 %.

Для обеспечения наилучших условий питания растений в течение всего вегетационного периода расчетную норму удобрений под культуры севооборота вносят в разные сроки и различными способами. Удобрение вносят: 1) до посева (основное); 2) при посеве (вразброс или в рядки (гнезда, лунки); 3) после посева (корневые и некорневые подкормки).

Правильная организация работ при внесении минеральных удобрений позволяет значительно повысить производительность труда и экономическая эффективность производства. Производительность агрегатов в значительной степени зависит от своевременности и качества подготовки поля, схем выполнения работ и способов их движения. Широкое распространение в практике получили *прямоточная*, *перегрузочная* и *перевалочная* схемы внесения минеральных удобрений и химических мелиорантов почв.

По *прямоточной* схеме используют автомобильные и центробежные прицепы-разбрасыватели. Минеральные удобрения доставляют на поле разбрасывателями, ими же вносят в почву. Эта схема рациональна при внесении удобрений прицепами-разбрасывателями на полях, расположенных на расстоянии 2–3 км от склада.

При расстоянии более 3 км используют автомобильные загрузчики, доставляющие удобрения до поля и загружающие полевые агрегаты. Такая технология получила название *перегрузочной*. При этом возможны два варианта: 1) незатаренные удобрения или их смеси доставляют в поле машинами, оборудованными заправочными устройствами, которые загружают емкости туковых сеялок; 2) удобрения вывозят транспортными прицепами, которые оставляют на краю поля. Туковые сеялки подъезжают к прицепу для загрузки вручную. Первая схема эффективна при групповой работе, а вторая – при работе единичных агрегатов.

При *перевалочной* технологии удобрения доставляют на поле и выгружают на заранее подготовленную площадку. Затем с помощью тракторных погрузчиков удобрения с площадок перегружают в разбрасыватели. Выбор способа движения агрегата зависит от размера поля и технических показателей машин, входящих в состав агрегата. При внесении удобрений агрегаты перемещаются по полю челночным или загонным способом. Предпочтение отдают челночному способу как наиболее простому, а иногда единственно возможному. Загонный способ применяют при внесении удобрений на полях с малой длиной гона, а также при работе широкозахватных агрегатов. Загонный способ рационален при отсутствии возможности выезда агрегата за пределы поля; ширина поворотной полосы на 30–40 % меньше, чем при челночном способе.

Для обеспечения постоянной ширины захвата агрегата при отсутствии навигационной системы необходимо поле предварительно маркировать, или оборудовать трактор следоуказателем СВА-1 (для трактора Т-150К), СВА-1-01 (для МТЗ-80/82), основными элементами которого являются пенный маркер и зеркальное визирное устройство. С помощью этого следоуказателя агрегат может работать с шириной захвата от 10 до 25 м. В настоящее время все шире используются dGPS и ГИС-технологии, основанные на точном внесе-

нии удобрений в соответствии с картированием полей и системой глобального позиционирования, осуществляемой с помощью спутников связи.

При внесении удобрений важно правильно выбрать соотношение между длиной гона и запасом рабочего хода агрегата, т. е. длиной рабочего пути агрегата, обеспеченной одной полной загрузкой его удобрением:

$$L = \frac{10^4 \cdot Q}{B_p \cdot D},$$

где: L – запас рабочего хода, м;

Q – количество удобрений при полной загрузке кузова машины, т;

B_p – рабочая ширина захвата, м;

D – доза внесения удобрений, т/га.

Длина гона может быть примерно равна или же в несколько раз больше (меньше) запаса рабочего хода. От этого соотношения зависит разбивка поля для внесения удобрений. Оптимально, когда запас рабочего хода достаточен для движения агрегата до конца гона и обратно.

При перегрузочной схеме внесения удобрений разбивка поля зависит от способности перегрузчиков передвигаться по полю. При свободном их передвижении агрегаты, работающие челночным или загонным (перекрытием) способами, заправляются в разных местах поля. Если же движение перегрузчиков по полю затруднено, то агрегаты заправляются на одном или обоих краях поля. Поле размечают с учетом соотношения длины гона и запаса рабочего хода разбрасывателя. Различают разбросное поверхностное и внутрипочвенное внесение минеральных удобрений.

Разбросное поверхностное внесение осуществляют туковыми сеялками и разбрасывателями минеральных удобрений с соблюдением следующих агротехнических требований: отклонения от установленных норм не более ± 10 %; степень неравномерности распределения по поверхности поля при внесении в почву до посева гранулированных туков не более 20 %, порошковидных – 25 %, а при подкормке – не более 15 %.

Внутрипочвенное внесение твердых минеральных удобрений осуществляют по перевалочной или перегрузочной технологическим схемам, используя для доставки удобрений со склада в поле те же транспортные средства, что и при поверхностном внесении туков. Для внутрипочвенного основного внесения минеральных удобрений используют глубокорыхлители-удобрители, припосевного – сеялки и сажалки, позволяющие одновременно с посевом вносить удобрения. При внутрипочвенном внесении отклонения от заданной глубины заделки удобрений не должны быть более ±1,5 см (15–20 %). Неравномерность распределения удобрений между отдельными сошниками машины допустимо не более 10 %. Интервалы между лентами при локальном внесении основного удобрения под зерновые, зернобобовые культуры и однолетние травы должны находиться в пределах 12–17 см, под пропашные культуры – до 20–30 см. При локальном внесении основного минерального удобрения под картофель одновременно с нарезкой посадочных гребней удобрения должны размещаться в гребне двумя лентами с интервалом 12–17 см, на 2–5 см ниже глубины последующей посадки клубней.

При внесении удобрений комбинированными посевными агрегатами их следует регулировать так, чтобы высевать туки в пределах 5–15 см от поверхности почвы, 2–7 см от глубины заделки семян. Допустимы отклонения от заданной глубины не более ±1,5 см. Под пропашными культурами (кроме карто-

феля) ленты удобрений должны быть смещены в сторону от рядка семян в пределах 2–10 см. При *локальном внесении* удобрения одновременно с посадкой картофеля его размещают в посадочной борозде одной лентой шириной 5–10 см на 2–8 см ниже глубины посадки клубней, или в виде двух лент шириной 2–4 см, размещенных по обе стороны от клубней на 2–5 см ниже глубины их посадки. Оптимальное смещение ленты основного удобрения в сторону от рядка семян зерновых и зернобобовых культур должно составлять 1,5–4,0 см.

Корневую подкормку зерновых культур и многолетних трав проводят поперек посевных рядков, размещая ленты удобрений на глубине 2–5 см с интервалом 12–17 см. При этом количество вырванных с корнями растений не должно превышать 5 %. При локальном внесении удобрений необходимо, чтобы не менее 80 % их находилось в 3-сантиметровом слое почвы на заданной глубине внесения. На поверхности почвы и в верхнем сантиметровом слое количество удобрений не должно быть более 5 % фактической нормы.

Для соблюдения определенных агротехническими требованиями к качеству внесения удобрений необходимо правильно отрегулировать сельскохозяйственную машину на заданную норму. Фактическая норма удобрений не должна отклоняться от заданной на ± 5 %. При подготовке поля для внесения удобрений в случае, если агрегат не может при поворотах выезжать за его пределы, необходимо отбить поворотные полосы. Их ширина должна соответствовать двум проходам агрегата для туковой сеялки и одному проходу для центробежных разбрасывателей. Необходимо, также на поле отметить линию первого прохода, провести разбивку поля на загоны, выбрать способ и направление движения. Определение направления движения агрегата проводят с учетом направления ветра и состояния поверхности поля. Двигаться агрегат должен, как правило, поперек направления господствующих ветров и параллельно направлению предшествующей вспашки или движения уборочных агрегатов.

Авиационный способ используют для проведения некорневых подкормок и основного внесения минеральных удобрений на поверхность поля. Авиарассев удобрений осуществляется путем последовательных заходов самолета (вертолета) на удобряемый участок челночным или загонным способом. При этом удобряемые полосы частично накладываются друг на друга. Качество авиарассава удобрений зависит от наложения полос, высоты полета и выполнения подготовительных работ. Каждый последующий проход самолета (вертолета) над удобряемым участком должен быть параллельным предыдущему, и все они должны находиться на одинаковом расстоянии друг от друга, что достигается с помощью сигнальной линии, проходящей, как правило, вдоль длинной стороны удобряемого участка. После пролета самолета (вертолета) сигнальную линию, состоящую из цветных флагов, перемещают на ширину рабочего захвата самолета или вертолета. Для сигнализации выделяют сигнальщиков, предварительно прошедших специальный инструктаж.

Наиболее экономичный радиус действия самолетов с одной летной площадкой 8–10 км. Летные площадки необходимо размещать на повышенной открытой местности с уклоном поля не более $0,03^\circ$. Длинные стороны летных полос следует располагать вдоль направления господствующих ветров. На постоянных сельскохозяйственных аэродромах размер рабочей полосы должен быть 500×60 м, длина концевых полос 75 м и боковых 20 м; на временных летных площадках – соответственно 500×60 м, 25 и 20 м. Лучшее покрытие аэродрома – асфальтобетон толщиной 3–5 см на гравийном основании толщиной 10–15 см. Удобрения доставляются на сельскохозяйственный аэродром автомашинами и

загружаются в самолет или вертолет специальными загрузчиками. Если на летной площадке есть склад, то удобрения предварительно завозят в него.

В зависимости от конкретных условий применяют несколько технологических схем внесения удобрений самолетами. При наличии хороших дорог и оптимальном радиусе доставки туков до летной площадки удобрения вносят по схеме прирельсовый склад–автомобиль–самолет–поле. Если на летной площадке есть склад и удобрения можно завозить задолго до их внесения, применяют технологическую схему: прирельсовый склад–автомобиль–склад–самолет–поле. Если летная площадка размещается около прирельсового или глубинного склада, удобрения вносят по схеме прирельсовый (глубинный) склад–самолет–поле.

В соответствии с агротехническими требованиями равномерность распределения удобрений по обрабатываемой площади должна выражаться коэффициентом вариации не более $\pm 25\%$. Для определения качества внесения удобрений используют конусы с улавливающей поверхностью 2500 см^2 . Чтобы обеспечить более равномерное распределение удобрений по обрабатываемому полю, необходимо рассеивать удобрения с перекрытием смежных полос путем частичного наложения их друг на друга при соответствующем соблюдении установленной высоты полета и равномерной скорости. Рассев заданной нормы туков достигается соответствующей установкой распылителей удобрений. Твердые минеральные удобрения вносят серийными или широкозахватными (РТШ-1) туннельными распылителями. Соблюдение установленной нормы проверяют в пробном полете над обрабатываемыми участками. Фактические нормы корректируют с учетом полученных результатов при пробном полете.

7.2. Технология применения жидких минеральных удобрений

К жидким минеральным удобрениям относятся водный аммиак (аммиачная вода), безводный (жидкий) аммиак, жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) и карбамид-аммонийная смесь (КАС).

Выбор рациональных технологий внесения жидких удобрений является важным фактором определяющим эффективность их использования, доступность элементов питания для растений, оптимальную дозу, номенклатуру используемых технических средств. Применяемые в настоящее время технологии внесения жидких удобрений различаются по способу внесения удобрений и технологическим схемам его выполнения. В зависимости от способа выполнения основной технологической операции – внесения различают *поверхностное* и *внутрипочвенное* распределение жидких удобрений.

Поверхностное внесение может быть *сплошным* и *локальным*. *Поверхностное сплошное* внесение осуществляется с помощью штанговых опрыскивателей или специализированных машин. Из жидких азотных удобрений для поверхностного внесения пригодны растворы, применяемые при обычном давлении (ЖКУ, КАС, аммиакаты). Они могут разбрызгиваться по поверхности почвы или, при точном учете их концентрации и стадии развития растений, на посевах. Поверхностным способом нельзя вносить жидкий и водный аммиак. Поверхностный способ является наименее эффективным и экономичным, т. к. машины неравномерно распределяют удобрения по участку поля, в результате чего может произойти неравномерный рост и созревание растений и связанная с этим пестрота урожая, снижение его качества. Наряду с этим при сплошном поверхностном внесении жидких минеральных азотных и органических удоб-

рений происходят значительные потери азота из-за вымывания, денитрификации и освобождения газообразного аммиака (до 15-40 %). Более рационально *поверхностное локальное* внесение удобрений. При таком способе их распределяют по поверхности почвы концентрированными очагами, преимущественно в виде лент различной ширины, после чего заделывают в почву различными почвообрабатывающими орудиями.

Наиболее рациональным и экологически безопасным способом внесения жидких удобрений является *локальный внутрипочвенный*. В соответствии с агротехническими требованиями при его использовании фактическая средняя доза удобрений должна отличаться от заданной не более чем на $\pm 10\%$. Если при сплошном поверхностном внесении жидких удобрений неравномерность достигает 50-70 %, то при внутрипочвенном внесении она находится в пределах 10-15 %. Эффективность локального внутрипочвенного внесения удобрений зависит от метеорологических условий, гранулометрического состава почвы и уровня ее плодородия, биологических особенностей выращиваемых культур, форм удобрений и глубины их заделки. Локальное внутрипочвенное внесение удобрений разделяется на следующие основные виды: локально-ленточное, рядковое и гнездовое внесение, корневую подкормку.

Локально-ленточное внесение жидких удобрений является наиболее распространенным и эффективным способом. С его помощью можно вносить все виды жидких минеральных и органических удобрений. Локально-ленточное внесение удобрений характеризуется высоким качеством распределения питательных веществ в почве, когда исключается свойственное поверхностному способу неконтролируемое смешивание удобрений с почвой.

При использовании локально-ленточного способа следует иметь в виду, что превышение оптимальных доз внесения удобрений урожай снижается более существенно, чем при поверхностном. В связи с этим к ленточному внесению предъявляют более высокие требования к равномерности высева удобрений и точности их дозирования. Смежные проходы машин для внесения удобрений должны быть строго выдержаны по ширине, что может быть достигнуто только путем применения навигаторов или следоуказателей (пенных, механических или радиомаркеров).

Рядковый способ внесения удобрений применяется при посеве или подкормке растений. В первом случае удобрения вносят сошниками комбинированных посевных или посадочных машин, конструкцией которых предусмотрено размещение удобрений сбоку или ниже рядка семян с почвенной прослойкой не менее 3 см.

Внесение жидких удобрений одновременно с посевом, выполняемое комбинированным посевным агрегатом, – один из самых эффективных способов создания оптимальных условий питания для растений. Основное его преимущество – экономическое: задействуется меньше техники, следовательно, снижаются трудозатраты и расход ГСМ. Кроме того, внесенное таким способом удобрение более доступно и эффективно используется растениями, ведь оно расположено в почве в зоне роста корней, а не на поверхности, откуда труднее получать элементы питания. При междурядной подкормке жидкие удобрения вносятся в процессе междурядной обработки сельскохозяйственных культур с помощью культиваторов, оборудованных специальным подкормочным приспособлением. Дозы удобрений следует рассчитывать на планируемую урожайность, учитывая при этом почвенно-климатические условия, биологическую потребность культуры в элементах питания, содер-

жание в почве доступных растениям формами НРК (по данным картограмм) и степень их использования из почвы и удобрений.

Гнездовой способ внесения жидких удобрений находит применение при посеве или посадке полевых культур широкорядным способом, при посадке многолетних плодовых, ягодных или виноградных насаждений, а также при подкормке этих культур и насаждений. При посеве или посадке растений вносятся как минеральные, так и органические удобрения, а при подкормке – только жидкие минеральные удобрения.

Корневая подкормка осуществляется преимущественно жидкими минеральными удобрениями в процессе вегетации растений. При таком способе внесения удобрений растения получают элементы питания через корневую систему растений. Ее целесообразно совмещать с междурядной обработкой, используя культиваторы, оборудованные специальными подкормочными приспособлениями (культиватор-растениепитатель). За один проход агрегата можно вносить весь комплекс элементов питания растений в необходимых количествах в зависимости от агрохимических показателей почвы.

Корневые подкормки растений реактивируют процессы развития естественной микрофлоры почвы; позволяют повысить интенсивность биологического разложения сложных органических веществ в природной среде; активизируют интенсивность ферментативных процессов; способствуют образованию физиологически активных веществ, оказывающих положительное влияние на рост и развитие растений; переводят органические соединения серы, фосфора, калия, железа и других биогенных элементов в доступные растениям формы; улучшают питательный режим почвы и ее физико-химические свойства. Эффективны при возделывании кукурузы, сахарной свеклы и других пропашных культур.

В зависимости от способа внесения, удаленности полей и наличия соответствующей техники применяют следующие технологии внесения жидких удобрений: *поверхностное* и *внутрипочвенное*. Поверхностное внесение жидких минеральных удобрений (КАС, ЖКУ, водный аммиак) может осуществляться по прямоточной, перевалочной и перегрузочной технологиям. Для внутрипочвенного (локального) внесения таких удобрений используют перегрузочную и перевалочную технологические схемы.

7.2.1. Применение водного аммиака

Использовать водный аммиак в радиусе 20–30 км от завода целесообразно по прямоточной технологии: завод–поле, а в радиусе более 30 км от завода необходимо предусматривать промежуточное хранение его на прирельсовых и глубинных складах. Емкость прирельсовых складов должна примерно составлять 15–20 %, а глубинных – 35–40 % годового потребления аммиачной воды.

На прирельсовые склады с заводов-поставщиков водный аммиак доставляют в специальных, герметически закрытых железнодорожных цистернах, имеющих нижний и верхний люки слива. Из железнодорожной цистерны в резервуары склада или в автоцистерны водный аммиак перекачивают складским насосом. Из прирельсовых складов в глубинные и хозяйственные склады водный аммиак перевозят в автомобильных цистернах. В поле аммиачную воду доставляют чаще всего в тракторных прицепных цистернах. Для транспортировки водного аммиака из глубинного склада на поля и заправки

им машин для внесения используют также тракторный заправщик-жижеразбрасыватель и разбрасыватель удобрений.

Водный аммиак вносят в почву подкормщиком-опрыскивателем универсальным, который агрегируют с культиваторами, а также с прицепными и навесными плугами, что позволяет заделывать водный аммиак одновременно с обработкой почвы. Для того чтобы предотвратить улетучивание аммиака, его следует вносить в почву на глубину 10–12 см. Применение аммиачной воды осуществляют по следующим технологическим схемам: 1) если полевые склады расположены около удобряемых участков, аммиачную воду доставляют в поле тракторами прицепами-цистернами, которые оборудованы распределяющими рабочими органами; эти же машины вносят аммиачную воду в почву; 2) при удалении полей от складов для хранения аммиачной воды более чем на 2 км ее доставляют в поле автомобильными и тракторными прицепами и затем переливают в емкости машин для внесения в почву. Заданную норму внесения аммиачной воды регулируют изменением давления в нагнетательной системе и скорости движения агрегата. Дополнительную регулировку нормы расхода жидкости можно осуществить путем изменения давления при помощи редукционного клапана.

7.2.2. Применение жидкого (безводного) аммиака

Жидкий аммиак транспортируют, хранят и вносят в почву в сжиженном виде. Поэтому он должен содержаться в специальных емкостях под давлением при заполнении не более 570 кг на 1 м³ внутреннего объема. Транспортировка жидкого аммиака с завода на прирельсовые склады осуществляется в аммиачных железнодорожных цистернах. Для доставки жидкого аммиака от прирельсового склада до глубинного (хозяйственного) или на поле, чтобы внести его в почву, используют автомобильные или тракторные заправщики. Внесение безводного аммиака в почву осуществляют специальными агрегатами.

Работы по транспортировке жидкого аммиака от склада до поля и внесение его в почву выполняют по прямоточной, перегрузочной или перевалочной технологическим схемам. Выбор схемы зависит от наличия заправщиков и агрегатов, расстояния от склада до поля, дозы внесения аммиака, состояния дорог и скорости транспорта. При работе по прямоточной технологической схеме жидкий аммиак доставляют от склада или станции раздачи до поля и вносят в почву одной и той же машиной. Схема исключает использование транспортных средств и промежуточных заправщиков. Применение прямоточной технологии экономически целесообразно при малых (не более 2–3 км) расстояниях от склада до поля.

Перегрузочная технология предусматривает доставку жидкого аммиака от склада или станции раздачи автомобильными или тракторными заправщиками. Работы по перегрузочной технологии можно, проводить с использованием промежуточных заправщиков и без них. В обоих случаях применяют групповую работу агрегатов. При этом комплектуют группы, состоящие из одного или 2–3 заправщиков аммиака и нескольких агрегатов в зависимости от соотношения грузоподъемности транспортных средств и агрегатов. При работе по перегрузочной технологии без промежуточных заправщиков транспортные средства доставляют жидкий аммиак в поле и заправляют им агрегаты для внесения в почву. С увеличением расстояния доставки аммиака-более эффективна работа по перегрузочной технологии с промежуточными заправщиками. Доставленный

транспортными машинами жидкий аммиак перекачивают в промежуточные емкости, а из них уже в процессе работы заправляют агрегаты для внесения.

При работе по *перевалочной технологии* доставленный с прирельсового или глубинного склада с помощью большегрузных цистерн жидкий аммиак перекачивают в полевые передвижные цистерны большой вместимости (30 т), из которых в период внесения удобрений в почву агрегаты заправляются либо самостоятельно, по прямоточной технологии, либо с использованием промежуточных заправочных емкостей.

При использовании жидкого аммиака в качестве удобрения необходимо учитывать гранулометрический состав почвы. На тяжелых почвах возможно его внесение в качестве основного удобрения весной и осенью и в качестве подкормки – весной и летом. На легких почвах из-за больших потерь азота не следует осуществлять одноразовое внесение аммиака осенью.

Глубина заделки – на средних и тяжелых по гранулометрическому составу почвах 10–12 см, на легких – 14–16 см. Оптимальное расстояние между рабочими органами под культуры сплошного сева составляет 30–45 см, при возделывании пропашных культур следует проводить предпосевное локальное внесение аммиака по линии размещения семян, при подкормке пропашных культур расстояние должно соответствовать ширине междурядий. На сенокосах и пастбищах при двухукосном использовании расстояние между рабочими органами до 60 см, многоукосном – 30–34 см. Высев семян проводится не раньше 10 ч после внесения. Отклонение от заданной дозы не должно превышать 10 %. Потери аммиака при внесении не должны превышать 0,8 % дозы.

В целях снижения потерь азота из удобрений рекомендуется применение ингибиторов нитрификации, что позволяет сократить потери азота при внесении безводного аммиака на 4–10 % и повысить урожайность культур на 2–12 %. Особенно эффективно применение ингибиторов нитрификации при орошении и в увлажненных районах Нечерноземной зоны, где имеется наибольшая опасность потерь азота путем вымывания нитратов.

7.2.3. Применение жидких комплексных удобрений

Хранение ЖКУ осуществляют на прирельсовых (1000–4000 т) и глубинных складах (100–800 т). В хозяйствах удобрение можно хранить в стальных емкостях. Для перевозки ЖКУ во время полевых работ используют стационарные или мобильные полевые цистерны с внутренним покрытием. Внесение ЖКУ осуществляют специальными машинами по обычным технологиям.

Непосредственное внесение в почву базисного раствора ЖКУ, содержащего 10 % азота и 34 % P_2O_5 (10–34–0), ограничено. Поэтому на его основе должны приготавливаться различные смеси с заданным соотношением элементов питания (при необходимости с добавлением микроэлементов, пестицидов, ретардантов, ингибиторов). ЖКУ могут быть приготовлены в виде растворов и суспензий. Суспензии имеют более высокое содержание элементов питания, чем растворы, поэтому затраты на их применение ниже. Имея большие преимущества по сравнению с твердыми удобрениями, ЖКУ обладают рядом недостатков, которые необходимо учитывать при их применении. Сроки хранения некоторых двойных и тройных марок ЖКУ в виде растворов и суспензий ограничиваются несколькими днями. Базисный раствор (10–34–0) при температуре ниже $-18^{\circ}C$ частично или полностью кристаллизуется. Растворы и суспензии ЖКУ оказывают сильное коррозионное действие на цветные металлы и

бетон (нержавеющая сталь и стеклопластик под их действием не разрушаются), поэтому все поверхности машин и оборудования, соприкасающиеся с ЖКУ различных марок, требуют специального защитного покрытия.

Различные смеси ЖКУ приготавливают на стационарных смесительных установках или мобильных смесителях в агрегате с колесными тракторами путем смешивания базисного раствора с другими компонентами. Потребность в твердых минеральных удобрениях для приготовления различных марок ЖКУ определяется с учетом заданной марки смеси, исходных компонентов и растворимости твердых туков в воде. Мочевина и аммонийная селитра растворяются в воде полностью без осадка. Хлористый калий полностью в воде не растворяется. Полного растворения его в воде можно добиться при периодическом перемешивании и отстаивании в течение двух часов. При растворении 30 кг хлористого калия в 100 л воды создается насыщенный раствор, при этом 5 % хлористого калия выпадает в осадок. Указанная норма является оптимальной для приготовления раствора хлористого калия. Для получения прозрачного раствора ЖКУ концентрированного продукта ограничивается растворимостью используемых солей. С увеличением концентрации происходит высаливание кристаллов, которые осаждаются и слеживаются во время хранения.

Имеется несколько технологических схем применения жидких комплексных удобрений. Выбор наиболее подходящей определяется конкретными условиями. При небольшом расстоянии от склада до поля пользуются прямой технологией, при которой транспортировку ЖКУ и их внесение проводят полевыми машинами. При перегрузочной технологии, применяемой при большем удалении поля от склада, удобрения перевозят в транспортных емкостях, а затем перегружают в полевые машины по мере их опорожнения. Перегрузка осуществляется насосом, установленным на транспортной или полевой машине. По этой технологии возможен также вариант, когда удобрения от склада до поля доставляют цистерной-полуприцепом, которую или оставляют на обочине поля, или перегружают из нее удобрения в порожнюю цистерну. В первом случае порожнюю цистерну тягач транспортирует обратно на склад, где ее загружают удобрениями. Полевые машины по этой технологии заправляются из цистерны-полуприцепа самостоятельно, для чего их оборудуют складывающейся штангой и насосом. Вместимость резервуаров на транспортных машинах должна быть кратной вместимости полевых машин. При расстоянии поля от стационарного склада до 3 км агрегаты по внесению удобрений подъезжают к складу и самостоятельно загружаются из него удобрениями. При большем расстоянии ЖКУ из стационарного полевого хранилища до полевой машины доставляется тракторной цистерной, грузоподъемность которой одинакова с грузоподъемностью полевой машины. Передвижные полевые склады используют для более удобного и сокращенного пути подъезда полевых машин. По мере опорожнения их перевозят на другое место, приближая к машинам-разбрасывателям. В составе подвижного полевого склада целесообразно имеет две цистерны, устанавливаемые при гоне менее 1000 м в одном месте, а при большей длине на определенном расстоянии друг от друга.

Перевалочная технология наиболее целесообразна при внесении ЖКУ на больших площадях и значительном удалении полей от прирельсовых или глубинных складов. При этой технологии по сравнению с перегрузочной исключаются простой машин при транспортировке и внесении удобрений, что повышает их производительность. При перевалочной технологии ЖКУ, доставленные из центрального или глубинного склада до поля большегрузными транспортными сред-

ствами, перегружают в стационарное или передвижное полевые хранилища. Из этих хранилищ полевые машины заправляются самостоятельно или с помощью промежуточного перегрузчика. Доставку ЖКУ в стационарное полевое хранилище осуществляют по мере поступления удобрений от завода-поставщика. ЖКУ вносят до посева, одновременно с посевом и в подкормку. При внесении ЖКУ в рядки при посеве зерновых культур на трактор посевного агрегата монтируют подкормщик-опрыскиватель универсальный ПОУ, а к раме сеялки крепят хомутами штангу опрыскивателя. От нее удобрения поступают к каждому сошнику по трубопроводам. Для внесения ЖКУ одновременно с посевом пропашных культур сеялки нужно дооборудовать подкормочными сошниками и насосом. При локальном основном и внутривспашечном внесении ЖКУ в качестве подкормки удобрения подают непосредственно к рабочим органам почвообрабатывающих машин.

Подготовка поля для внесения ЖКУ проводится так же, как и для внесения твердых минеральных удобрений, т. е. отбивают поворотные полосы, устраняют препятствия и т. д. Внесение ЖКУ осуществляется челночным способом с петлевыми и беспетлевыми поворотами. При поверхностном внесении ЖКУ необходимо систематически визуальным способом следить за работой всех распылителей, а при внутривспашечном – контролировать качество внесения путем подъема машины в транспортное положение в конце гона. Следует также поддерживать постоянное давление в системе и визуальным способом контролировать его с помощью манометра, выдерживать нужную ширину рабочего захвата с допустимым перекрытием и установленную в соответствии с заданной нормой внесения удобрений скорость движения агрегата. Отклонение фактической нормы от заданной не должно превышать $\pm 10\%$. Поверхностное внесение ЖКУ при скорости ветра более 10 м/с не допускается.

Для поверхностного внесения жидких минеральных удобрений наряду с наземной техникой используют авиацию. Особенно эффективен данный прием для проведения некорневых подкормок посевов сельскохозяйственных культур. Для внесения жидких удобрений самолеты и вертолеты оборудуют серийной опрыскивающей сельскохозяйственной аппаратурой. Распылители на штангах следует устанавливать с одинаковым размером выходных отверстий – 2×5 и 5×5 мм на самолетах и 2×3 мм – на вертолетах. Заправку вертолетов и самолетов жидкими комплексными удобрениями производят монопомпами.

При орошении полей перспективно внесение минеральных удобрений с поливной водой.

7.3. Технология работ по известкованию кислых почв и гипсованию солонцов

В зависимости от качества используемых химических мелиорантов различают технологию применения пылевидных известковых материалов и слабопыляющих известковых и гипсосодержащих материалов. К машинам для внесения извести и гипса предъявляют высокие требования по распределению материала на почве. Поскольку химические мелиоранты действуют в течение нескольких лет, некачественное их внесение может быть причиной неравномерного развития сельскохозяйственных культур в течение продолжительного времени.

Известковые удобрения вносят в почву разбросным способом в течение всего года и даже зимой по снежному покрову на поля с ровным рельефом. Сыромолотый гипс и гипсосодержащие материалы вносят в почву также разбросным способом. Эффективность гипсования зависит от тонины помола и равномерности его

распределения по полю. Обычно гипс вносят в почву под зяблевую вспашку. Глубина внесения мелиоранта зависит от мощности подсолонцеватого горизонта. Гипс при внесении необходимо по возможности немедленно запахивать в почву, так как в сухую ветреную погоду он сносится с поля, а в дождливую – быстро образует прочную корку. Запахивают мелиорант плугами без предплужников, так достигается интенсивное перемешивание материала с почвой.

Перед внесением химических мелиорантов предварительно готовят поле. При внесении слабопылящих мелиорантов важно правильное размещение удобрений на поле. Разгрузка мелиоранта на поле допускается лишь при условии непродолжительного его хранения и тщательного удаления остатков мелиоранта

Слабопылящие мелиоранты вносят в почву по двум схемам: перевалочной и прямоточной, в зависимости от наличия машин, расстояния перевозки и дозы внесения. Гипсование и известкование непылящими мелиорантами в большинстве случаев проводят по перевалочной схеме: транспортирование мелиоранта самосвальными транспортными средствами, выгрузка гипса или извести на обочине или непосредственно на поле, погрузка в кузовные разбрасыватели и внесение ими мелиоранта в почву. Использование непылящих мелиорантов по прямоточной схеме ограничено. Ее применяют на полях, расположенных на небольших расстояниях от места хранения мелиоранта. По прямоточной схеме обычно вносят известь и гипс автомобильными разбрасывателями КСА-3. Пылевидные известковые удобрения вносят в почву по прямоточной схеме: завод–автомобильный разбрасыватель–поле. Она наиболее экономична, но при расстоянии доставки свыше 80–100 км применение ее становится неэффективным. Если завод по производству известковой муки расположен на расстоянии свыше 100 км от потребителя, эффективными становятся схемы: завод–железнодорожная цистерна–автомобильный разбрасыватель–поле. Издержки на известкование по таким схемам возрастают с увеличением срока хранения мелиоранта на складе.

Для высококачественного проведения работ по известкованию кислых почв и гипсованию солонцов перед выходом в поле машин требуется подготовить их к работе. В первую очередь их настраивают на заданную норму и равномерность распределения рассеваемых материалов по площади.

Контроль за равномерностью внесения осуществляют путем учета высеянного количества мелиоранта после прохода агрегата. Для этих целей используют металлические противни размером 0,5×0,5 м или специальные полиэтиленовые полосы с ячейками размером 0,5×0,5 м, а также брезент или полиэтиленовую пленку, которые укладывают по ширине захвата разбрасывателя. Степень неравномерности внесения мелиоранта не должна быть более ±25 % заданной нормы. При этом неустойчивость фактической нормы внесения должна быть не более ±10 % от заданной.

7.4. Технология применения органических удобрений

В зависимости от физического состояния органических удобрений технологии их внесения подразделяются на три группы: внесения твердых, жидких и полужидких органических удобрений. Технологию выбирают на основании плана хозяйства по внесению органических удобрений, разработанного с учетом потребности, вида, доз, агротехнических сроков и способов использования, наличия необходимого комплекса технических средств.

7.4.1. Технологии внесения твердых удобрений

Подстилочный навоз и компосты. Технологии механизированных работ по внесению подстилочного навоза и компостов включают следующие операции: погрузку, транспортировку, формирование штабелей, равномерное распределение по поверхности поля и заделку в почву. В зависимости от расстояния транспортировки, агротехнических сроков, наличия технических средств и кадров механизаторов применяют три технологические схемы: прямоточную, перевалочную и двухфазную.

Прямоточная технология осуществляется в неразрывном потоке и включает операции погрузки, транспортировки, внесения, заделки удобрений и операций по контролю качества распределения удобрений по площади и их заделки. По прямоточной технологии удобрения от животноводческих ферм вывозят в поле и сразу разбрасывают. Для транспортировки удобрений от фермы до поля используют навозоразбрасыватели, что снижает их сменную производительность. Затраты в расчете на 1 т внесенного удобрения (по сравнению с перевалочной технологией) несколько уменьшаются, если расстояние от фермы до поля не превышает 1-1,5 км. Поэтому прямоточная технология может быть рекомендована для удобрения близлежащих к фермам полей и ее применяют только в том случае, если в хозяйстве достаточно навозоразбрасывателей.

Перевалочная технология применяется при большом выходе органических удобрений на крупных животноводческих комплексах, откуда их вывозят на поля круглый год; укладывают в штабеля, а затем вносят в оптимальные агротехнические сроки. В этом случае навозоразбрасыватели используют только для внесения удобрений, поэтому их сменная производительность значительно повышается.

Внося удобрения, навозоразбрасыватель движется перпендикулярно ряду штабелей, удаляясь от него на половину длины рабочего хода. Затем он разворачивается и, возвращаясь к штабелю, разбрасывает оставшуюся половину удобрений.

При использовании этой технологии важно определить оптимальную массу штабелей и правильно расположить их на удобряемом поле так, чтобы холостые пробеги навозоразбрасывателей были минимальными. Оптимальная масса штабеля навоза или компоста, предназначенного для хранения в зимнее время, — 60-100 т (при массе менее 60 т штабель сильнее промерзает). Если удобрения хранят летом, штабеля целесообразнее укладывать массой 40-80 т. При большей их массе навозоразбрасыватели используются менее эффективно.

В поле штабеля следует располагать рядами. Места их укладки обозначают вешками. Расстояние между ними должно быть равным длине рабочего хода навозоразбрасывателя (P_1), которую определяют по формуле:

$$P_1 = \frac{10000 \cdot \Gamma}{D \cdot \text{Ш}},$$

где: Γ – грузоподъемность навозоразбрасывателя, т;

D – норма внесения удобрений, т/га;

Ш – ширина захвата навозоразбрасывателя, м.

Расстояние между рядами определяется нормой внесения органических удобрений и маркой навозоразбрасывателя (табл. 379).

Первый ряд штабелей располагают, отступив от края поля на расстояние, равное половине длины рабочего хода навозоразбрасывателя; остальные ряды – параллельно первому с расстоянием между ними, равным длине рабочего хода навозоразбрасывателя (длина рабочего хода – расстояние, которое проходит навозоразбрасыватель от начала разбрасывания до полного опорожнения кузова).

Таблица 379 – Расстояние между рядами штабелей в зависимости от марки навозоразбрасывателя и нормы удобрения

Марка навозоразбрасывателя	Расстояние между рядами штабелей при нормах (т/га), м				
	15	20	30	40	50
1ПТУ-4, РОУ-5, РОУ-6	533	400	266	200	160
КСО-9, ПРТ-10	833	625	416	313	250
ПРТ-16	1333	1000	666	500	400

На небольших полях при внесении малых норм удобрений большегрузными навозоразбрасывателями (когда длина гона меньше указанных расстояний) обычно бывает достаточно одного ряда штабелей посередине поля или даже на краю его.

Расстояние между штабелями в ряду (P_2) определяют по формуле:

$$P_2 = \frac{B \cdot \text{Ш}}{\Gamma},$$

где: B – масса штабеля, т;

Ш – ширина захвата навозоразбрасывателя, м;

Γ – грузоподъемность разбрасывателя, т.

В таблице 380 приведены вычисленные по этой формуле расстояния между штабелями в ряду. Масса штабеля зависит от расстояния между рядами штабелей, нормы внесения органических удобрений и рабочего пути разбрасывателя. Ее определяют по формуле:

$$M = P_1 \cdot \text{П} \cdot \text{Н},$$

где: M – масса штабеля, т;

P_1 – расстояние между рядами штабелей, м;

П – рабочий путь разбрасывателя, м;

Н – норма внесения удобрений, т/га.

Таблица 380 – Расстояние между штабелями в ряду в зависимости от их массы и марки навозоразбрасывателя, м

Марка навозоразбрасывателя	Расстояние между штабелями в ряду в зависимости от массы штабеля, т				
	40	60	80	100	120
1-ПТУ-4, РОУ-5	50	75	100	125	150
КСО-9, ПРТ-10	32	48	64	80	96
ПРТ-16	20	30	40	50	60

При использовании валкообразователей-разбрасывателей типа РУН-15А органические удобрения укладывают на поле кучами массой 2–3 т. Расстояние между рядами куч (H_1) должно соответствовать ширине захвата разбрасывателя.

Расстояние между кучами в рядах (H_2) определяют по формуле:

$$H_2 = \frac{10000 \cdot B}{D \cdot \text{Ш}},$$

где: B – масса кучи, т;

D – норма внесения удобрений;

Ш – ширина захвата разбрасывателя, м.

Если масса куч более 3 т, то их делят валкообразователем пополам и разбрасывают органические удобрения в два прохода разбрасывателя.

Несмотря на необходимость дополнительных операций, большую часть органических удобрений вносят по перевалочной схеме. Целесообразность ее обосновывается следующим: производительность технологических машин для внесения повышается за счет более полного использования времени их работы непосредственно на распределение удобрений по полю; вследствие заблаговременного вывоза удобрений в поле значительно сглаживается напряженный период выполнения полевых работ; благодаря привлечению транспортных средств общего назначения к вывозке удобрений повышается их общая годовая загрузка; уменьшается объем прифермского навозохранилища, а следовательно, и капитальные затраты на его сооружение; использование на вывозке навоза транспортных средств с большей грузоподъемностью и с большей скоростью движения.

По прямоточной технологии удобрения от животноводческих ферм вывозят в поле и сразу разбрасывают. Для транспортировки от фермы до поля используют навозоразбрасыватели, что снижает их сменную производительность. Затраты в расчете на 1 т внесенного удобрения по сравнению с перевалочной технологией несколько уменьшаются, если расстояние от фермы до поля не превышает 1–1,5 км. Поэтому прямоточная технология может быть рекомендована для удобрения близлежащих к фермам полей и ее применяют только в том случае, если в хозяйстве достаточно навозоразбрасывателей.

По двухфазной технологии подстилочный навоз и компосты, произведенные на животноводческих предприятиях, вывозят самосвальными транспортными средствами на предварительно подготовленные поля, размещают их в определенном порядке кучами, а затем валкователями-разбрасывателями распределяют по поверхности поля с последующей заделкой в почву.

По всем технологическим схемам органические удобрения заделывают с минимально возможным разрывом во времени после распределения их по полю почвообрабатывающими орудиями общего назначения (плуги, лушпильники, дисковые бороны и т. п.) в соответствии с технологическими картами. Неравномерность внесения органических удобрений должна быть по агротехническим требованиям не более $\pm 25\%$. Отклонения от заданной нормы не должны превышать $\pm 15\%$.

7.4.2. Технология применения жидких органических удобрений

Для поверхностного внесения органических удобрений используют прямоточную, перевалочную, перегрузочную и комбинированную технологические схемы, а при внутрипочвенном внесении жидких органических удобрений – прямоточную, перегрузочную и перевалочную технологические схемы.

При *прямоточной* схеме ЖОУ сразу загружают в машины для их внесения, которые транспортируют и вносят удобрения в почву. Применяется в радиусе перевозки его от 2 до 10 км. При *перевалочной* схеме жидкий навоз трубопроводным транспортом, а при его отсутствии – большегрузными цистернами, доставляют в полевые навозохранилища-накопители. Площадь, удобряемая из одного полевого навозохранилища-накопителя, составляет 800–2000 га, а средний радиус транспортировки ЖОУ от полевого навозохранилища не должен превышать 2 км. В установленный срок их загружают в машины для внесения удобрений и распределяют по полю с последующей заделкой почвообрабатывающими орудиями. *Перегрузочная* схема внесения ЖОУ отличается от прямоточной разделением операций

транспортировки и внесения. Эти операции выполняются различными машинами – транспортными и технологическими. Это обуславливает необходимость перегрузки ЖОУ в поле из транспортной машины в технологическую. Перечень оборудования аналогичен перечню прямоточной схемы.

Комбинированная технологическая схема внесения ЖОУ включает в себя следующие операции: выгрузку хранилища насосными установками и транспортировку на поле по трубопроводам; загрузку машин для внесения жидких органических удобрений через заправочные гидранты; транспортировка и внесение органических удобрений на поле. Для транспортировки ЖОУ в поле используют разборные трубопроводы поливных установок РТ-180, РТ-200, РТ-250. Внесение осуществляется теми же машинами, что и при прямоточной технологии. Дополнительно предусматриваются разборные трубопроводы. По сравнению с другими технологиями поверхностного внесения жидкого навоза комбинированная технологическая схема характеризуется меньшими затратами на применение удобрений и является более экологичной, так как защищает дороги, населенные пункты, через которые она проходит от загрязнения.

Наиболее целесообразными способами движения агрегатов при внесении жидких органических удобрений являются челночный и загонный. Независимо от технологии применения жидкий навоз должен быть не более чем через 2 ч после внесения заделан в почву. Транспортировка по трубам жидких органических удобрений из прифермских навозохранилищ к полевым хранилищам, гидрантам или заправочным колонкам снижает затраты на применение удобрений, а также защищает дороги и населенные пункты, через которые они проходят, от загрязнения. Степень неравномерности внесения удобрений определяют визуально или путем количественного учета внесенных удобрений на противнях размером 50×50 см.

Дождевание и поверхностно-самотечный способ внесения. В хозяйствах с развитой мелиоративной системой жидкий навоз эффективно можно вносить дождеванием и поверхностно-самотечным способом.

Все указанные технологии предусматривают поверхностное распределение жидкого навоза, что требует быстрой его заделки в почву во избежание потерь питательных веществ, что не всегда можно выполнить, например, на лугах и пастбищах. Поверхностное внесение в некоторых случаях не может также применяться вследствие возможного загрязнения окружающей среды.

Внутрипочвенное внесение. Это перспективное направление использования жидкого навоза, обеспечивающее охрану окружающей среды, лучшую сохранность элементов питания, расширение зоны и периода внесения жидкого навоза и, как следствие, повышение его эффективности. Внутрипочвенно жидкие органические удобрения вносят под основную обработку почвы, при уходе за пропашными культурами, а также на лугах и пастбищах по прямоточной, перегрузочной и перевалочной схемам. Операции загрузки, транспортировки и перегрузки при работе по различным схемам аналогичны операциям поверхностного внесения жидкого навоза, их выполняют теми же техническими средствами. По сравнению с поверхностным процесс внутрипочвенного внесения более энергоемок и трудоемок, однако эти издержки должны окупаться дополнительной прибавкой урожая в размере не менее 10–15 %. Как показали исследования, внутрипочвенное внесение жидкого навоза весьма эффективно можно использовать для подкормки пропашных культур. Кроме существенной прибавки урожая (20–30 %), достигается расширение агротехнических сроков внесения жидкого навоза, сокращается потребность в машинах и навозохранилищах.

7.5. Машины для применения удобрений

Оптимальный комплекс машин выбирается по критерию минимума приведенных затрат с соблюдением следующих условий:

- выполнения заданного объема работ в установленные агротехнические сроки;
- обеспечения полной годовой загрузки машин;
- обеспечения непрерывности технологического процесса посредством рационального выбора машин и сроков выполнения работ.

Эффективность использования техники на внесении органических удобрений зависит от их объемов и значительно повышается при сосредоточении техники в механизированных отрядах и звеньях. Отряды укомплектовывают тракторами, погрузчиками, самосвальными прицепами, автосамосвалами, машинами для внесения органических удобрений. Такой набор техники обеспечивает круглогодичную занятость отрядов, эффективность ее использования, сокращение затрат труда и средств.

В настоящее время на рынке сельскохозяйственной техники имеется достаточное разнообразие машин для внесения удобрений.

Для внесения минеральных удобрений в почву применяются в основном центробежные разбрасыватели отечественного и зарубежного производства, характеристика которых представлена в таблице 381.

Таблица 381 – Характеристика машин для внесения микроудобрений в почву

Марка машины	Грузоподъемность, кг	Вместимость бункера, л	Ширина разбрасывателя, м	Норма внесения удобрения, кг/га	Тип агрегата	Количество рассеивающих дисков, шт.	Масса, кг	Стоимость на 1.02.2017 г., руб.	Фирма-производитель
SDA 1000	1100	1000	12–18	120–	навесной	2	198	211514	Agrex, Италия
SDA 1200	1100	1200		150		2	210	–	
SDA 500	800	500				2	154	–	
SDA 600	800	600				2	163	–	
SDA 800	1100	800				2	185	196927	
MY-1,6	1600	–	10–28	469–1000	навесной	2	500	289416	Щученский РЗ, Белоруссия
AMA-ZONE ZG-B 5500	7700	5500	18–36	–	прицепной	2	8000–10000	2016928	Amazonen-Werke, Германия
МВУ-1200	–	1200	12–36	50–600	навесной	2	150	производство прекращено	
АВУ-0,8	–	800	12–24	30–2260	навесной	2	310	322376	Брестмаш, Белоруссия

Машины для обработки семян отличаются друг от друга типом транспортирующих рабочих органов, наличием камерного узла, стационарные или самопередвигающиеся, стоимостью (табл. 382). Большинство машин имеют

широкий диапазон применения, и могут выполнять обработку семян зерновых, зернобобовых и технических культур водными суспензиями микроудобрений и пестицидов. Могут использоваться как в зернохранилищах, складах, так и на открытых площадках. Качество обработки семян высокое. Дозирующие устройства обеспечивают подачу любых количеств микроудобрений. Большинство машин самозагружаются и являются самопередвижными конструкциями, имеют высокую степень маневренности. Выгрузка обработанных семян осуществляется в транспортные средства или в мешочную тару. На рисунке показан общий вид машины, используемой для обработки семян микроэлементами и их протравливания.

Подкормку вегетирующего риса проводят жидкими микроэлементами, используя для этого авиацию или наземные опрыскиватели (табл. 383).

Таблица 382– Характеристика машин для обработки семян микроэлементами

Марка машины	Техническая характеристика				Стоимость, руб. (на 1.02.2017 г.)	Фирма производитель
	производительность, т/ч	объем бака для рабочей жидкости, л	расход рабочего раствора, л/мин (л/т)	тип / потребляемая мощность, кВт		
ПСК-20К-4	20,0 (пшен.)	300	(3–20)	6,0 / самопередвижной, камерный	420000	ООО «Агристо», Россия
ПНШ-3 «Фермер»	3,0	50	0,05–1,0	0,37 / самопередвижной, камерный	от 65000 до 87600	ОАО «Львов–агромашпроект», Украина
ПНШ-5 «Господар»	5,0	50	0,1–1,0	1,84 / самопередвижной, камерный	от 175000 до 156900	ОАО «Львов–агромашпроект», Украина
VZK-15	15,0 (пшен.)	240	0–4	5,0 / самопередвижной, камерный	производство прекращено	ЗАО «Ландкрафт РУС», Россия
ПСК-15	20,0	–	–	–	производство прекращено	ООО «Агро-Тех», Россия
ПСМ-25	20,0	–	–	6,6 / самопередвижной, камерный	361494	АО «Кнвер», Россия
ПС-20	5,0–22,0	200	0–4,2	5,0 / самопередвижной, камерный	160000	ООО «Заря», Россия
ПС-5	1,0–5,0	120	0,5–3,5	2,2 / самопередвижной, камерный	от 125000 от 164000	ООО «Владмаш», Россия
ПС-10	10,0 (пшен.)	200	0,5–3,5	4,5 / самопередвижной, камерный	–	ООО «Владмаш», Россия
ПС-20	20,0 (пшен.)	200	0,5–3,5	6,7 / самопередвижной, камерный	319094	ООО «Владмаш», Россия
ПКС-20	3,0–20,0	320	0,5–3,5	2,0 / стационарный, камерный	350168	ОАО «Львов–агромашпроект», Украина
ПК-20	3,0–20,0	180	0,5–3,5	5,0 / самопередвижной	от 330470 до 415825	ОАО «Львов–агромашпроект», Украина
SBJ-1	4,0	50	–	1,87 / стационарный	от 41220 до 160730	АО «Радвилишский машиностроительный завод», Литва
ПСМ-20М-4	20,0	300	–	6,0 / самопередвижной, камерный	от 398000 до 437000	ОАО «Татархим-сервис», Россия

Таблица 383 – Характеристика машин для некорневых подкормок посевов риса микроудобрениями

Марка машины	Производительность, га/ч	Расход рабочей жидкости, л/га	Емкость основного бака, л	Тип агрегата	Высота опрыскивателя, мм	Стоимость, руб. на 1.02.2017 г.	Фирма-производитель, страна
РОСА-0,5	60	10–60	600	полу-прицепной	1400	производство прекращено	
ОКН-18	10,8	50–400	2400	полу-прицепной	1600	–	Галещина-машзавод, Украина
Sirius-7	–	–	1600	навесной	–	2055775	Lemken.Co, Германия
ОН-1100/15	10,5		1100	навесной	2300	–	РусАгро-Маш ООО, Россия, Липецк

7.6. Требования к технологическим процессам использования органических удобрений

Технологические процессы использования органических удобрений должны выполняться со строгим соблюдением ряда требований, обеспечивающих высокое качество работ:

- не допускается вывозка и длительное хранение подстильного навоза в мелких кучах (5–20 т) во избежание вымывания питательных веществ;
- не допускается погрузка в кузова навозоразбрасывателей крупных смерзшихся глыб, а также инородных предметов;
- жидкий навоз перед внесением должен быть измельчен, из него удалены крупные механические включения диаметром более 30 мм, путем перемешивания обеспечено выравнивание массы в навозохранилище по влажности и содержанию элементов питания;
- при внесении должно строго выдерживаться заданное направление проходов, обеспечиваться перекрытие смежных проходов по ширине захвата в пределах 2–4 м с учетом характеристики распределяющих устройств машин, а в необходимых случаях и перекрытие по длине проходов;
- после распределения удобрений по полю требуется их быстрая заделка в целях сокращения до минимума потери элементов питания. Максимальный разрыв между внесением и заделкой должен быть не более 2 ч.

7.7. Применение птичьего помета

При напольном содержании птицы на глубокой подстилке различают три технологические схемы уборки помета.

Периодическая уборка (1–2 раза в год) при смене партии птицы. Уборку подстилки и помета производят погрузчиком-бульдозером, погрузчиком-экскаватором. К месту использования или переработки помет доставляют автомобилями-самосвалами или самосвальными тракторными прицепами.

Регулярная уборка помета (один или несколько раз в день) с перемещением его в помехохранилище для временного хранения производится многоскребе-

ковыми и широкозахватными штанговыми транспортерами или односкребковыми транспортерами на тросовой тяге. Емкость помехранилища соответствует 1–1,5-месячному выходу помета. Из хранилища помет выгружают погрузчиком-экскаватором, а автосамосвалами или тракторными самосвальными прицепами транспортируют к месту использования или переработки.

Регулярная уборка помета (один или несколько раз в день) с загрузкой его в мобильные транспортные средства. Убирают помет многоскребковыми широкозахватными штанговыми или односкребковыми скреперными транспортерами. В транспортные средства помет погружают транспортером или скиповым подъемником с емкостью ковша 1,5–2 м³. Для загрузки помета в ковш скипового подъемника используют поперечный горизонтальный транспортер.

При клеточном содержании птицы возможны две следующие технологические схемы уборки помета:

1. Под каждой клеткой или группой клеток имеется выдвижной противень, из которого помет выгружают в тележку, а из нее перегружают в транспортные средства или во временное помехранилище.

2. Под каждым ярусом клеточной батареи имеется односкребковый транспортер на тросовой тяге или многоскребковый цепной транспортер, сбрасывающий помет в конце клеточной батареи в желоб скребкового транспортера, с помощью которого помет погружается в мобильные транспортные средства. Транспортер обслуживает несколько клеточных батарей.

7.8. Технология применения удобрений с поливной водой

Одним из высокопроизводительных способов применения удобрений является фертигация – внесение с поливной водой. В наибольшей мере преимущества фертигации проявляются при поливе дождеванием. Современные дождевальные машины позволяют оперативно и с большой точностью одновременно с поливом вносить требуемое количество элементов питания в необходимое для этого время. Увеличение урожая от совместного влияния орошения и элементов питания, как правило, превышает сумму прибавок от раздельного действия этих факторов. На фоне высокой культуры земледелия и при правильных поливных режимах прибавка урожая от внесения удобрений с поливной водой составляет для большинства сельскохозяйственных культур 100-110 % к контролю без их применения.

Эффективность внесения удобрений с поливной водой во многом определяется равномерностью их распределения по орошаемой площади. Для достижения равномерности внесения удобрения необходимо учесть скорость и направление ветра, скорость вращения дождевальных аппаратов, величину гидравлического давления в дождевальной системе, а также равномерность дозирования маточного раствора удобрений в поливной поток. Вносимые таким образом удобрения должны легко и полностью растворяться в воде, не должны образовывать шламы, которые могут засорять водоводы, иметь химическую агрессивность в допустимых пределах.

Для обеспечения заданных норм и равномерности распределения удобрений с поливной водой используют дозаторы, обеспечивающие постоянный расход вводимого раствора, подающие раствор пропорционально расходу оросительной воды и поддерживающие постоянную концентрацию элементов питания в ней. Эффективность фертигации при дождевании зависит от

правильного выбора машин. Необходимо обратить внимание на соответствие между интенсивностью дождя и водопроницаемостью почвы при заданных поливных нормах. Применение машин с повышенной интенсивностью дождя недопустимо, т. к. удобрительный раствор, не успевающий впитаться в почву, накапливается и начинает стекать по участку, а следовательно загрязняет окружающую среду. Кроме того, при высокой интенсивности дождя пониженные части микрорельефа переувлажняются и обогащаются элементами питания, а микроповышения получают меньше питательных веществ. На таком поле создается пестрота посевов, что снижает эффективность данного агроприема. Удобрительный полив дождеванием без образования луж и стока создает благоприятный режим в почве и обеспечивает высокие урожаи.

С поливной водой можно вносить все виды макро- и микроудобрений. Из азотных удобрений наиболее пригодны КАС — водные растворы карбамида и аммонийной селитры. Данный способ не приемлем для внесения раствора аммиака из-за токсичности и возможных больших газообразных потерь. Из вышеперечисленных твердых форм азотных удобрений предпочтительнее мочевины, которая содержит 46 % амидного азота и хорошо усваивается растениями. Имея нейтральную реакцию в водном растворе, мочевина может применяться в более высоких концентрациях при внесении с поливной водой (табл. 384; Носачев И.А., Найденов В.А., Баюнов В.М. и др., 1985).

Таблица 384 – Допустимые концентрации мочевины для применения с поливной водой при дождевании

Культура	Концентрация, %
Фасоль, огурец	0,3–0,4
Томаты, кукуруза	0,4–0,6
Табак	0,3–1,2
Яблоня, вишня, слива	0,6–1,0
Капуста, картофель	0,8–1,6
Морковь	1,2–1,3
Лук	1,6–2,5
Свекла столовая	1,5–2,0
Зерновые	5–10
Люцерна, сахарная свекла	1,4–2,4

Из фосфорных удобрений лучше всего использовать аммофос в составе двухкомпонентного сложного азотно-фосфорного раствора с добавлением мочевины. Двойной суперфосфат менее приемлем для фертигации из-за образования значительного количества грубодисперсного шлама. Для внесения с поливной водой можно использовать ЖКУ – жидкие комплексные удобрения марки 10–34–0. Они содержат 10 % аммонийного азота и 34 % фосфора в форме аммонийных солей орто- и полифосфорных кислот различной степени замещенности. Из калийных удобрений желательнее применять сернокислый и хлористый калий, при растворении которых образуется незначительное количество нерастворимого осадка. Один хлористый калий применять нельзя, т. к. его раствор вызывает коррозию металла.

7.9. Дифференцированное внесение удобрений

Способ внесения удобрений должны удовлетворять трем основным требованиям: обеспечивать точное внесение научно-обоснованной дозы; быть экономически выгодными; отвечать экологическим требованиям. Анализ существующих способов внесения жидких удобрений показывает, что в наибольшей степени этим требованиям отвечает технология дифференцированного внесения удобрений по фазам развития растений в соответствии с внутривидовой неоднородностью плодородия почвы и фитосанитарным состоянием посевов. Она является основным элементом системы точного земледелия, которая базируется на использовании глобальных спутниковых навигационных и геоинформационных систем (ГИС), а также систем автоматизированного управления технологическими процессами возделывания сельскохозяйственных культур, интегрированных в информационные технологии. Внедрение технологии осуществляется, как правило, поэтапно. Анализ производственного опыта позволяет установить следующую последовательность ее внедрения в производство.

1. *Оснащение машинно-тракторных агрегатов навигационными системами параллельного вождения или автопилотами*, позволяющими на основе использования сигналов спутниковых навигационных систем осуществлять привязку проводимых операций к конкретной местности, точно в автоматическом режиме выдерживая прямолинейность движения, а также способствующих повышению производительности агрегатов и сокращению расхода удобрений и топливно-смазочных материалов до 20 %. Наибольшее распространение в России нашли системы параллельного вождения и автопилотов фирм «Agrosom» (серии Outback), «Trimble» (серии AgGPS EZ-Guide, AgGPS Autopilot) и «John Deere» (серии Autotrac).

2. *Создание электронных карт полей (контуров) с помощью GPS-приемника, спутниковых снимков и специального программного обеспечения (ГИС)*. Такая карта позволяет уточнять площади и конфигурации полей, что дает возможность заранее точно рассчитать потребность ГСМ и других расходных материалов. При этом проводится привязка карты к координатам топографической карты района, в котором расположено хозяйство.

3. *Картирование урожайности*. Зерноуборочный комбайн оснащается специальным оборудованием (устройство контроля урожайности, бортовой компьютер с соответствующим программным обеспечением), которое контролирует и фиксирует в памяти компьютера такие показатели, как урожайность, влажность и масса собранного зерна, обработанная площадь. На основании этих данных составляется карта урожайности сельскохозяйственных культур на каждом конкретном поле. Картирование урожайности позволяет сократить количество почвенных проб при последующем агрохимическом обследовании, так как оно будет проводиться только на участках с минимальной урожайностью. Для картирования урожайности могут использоваться как универсальные системы, пригодные для установки на комбайнах любых типов (например, Zeres фирмы «Agrosom», Германия), так и системы, разработанные фирмами для выпускаемых ими зерноуборочных комбайнов (например, «Claas», Германия; «John Deere», США).

4. *Агрохимическое картирование полей*, в основе которого лежит мониторинг почвенного плодородия с использованием мобильного комплекса. Такой комплекс может состоять, например, из автоматического почвенного пробоотборника, системы параллельного вождения AgGPS EZ-Guide Plus со встроенным высокоточным GPS-приемником, бортового компьютера и специального программного обеспечения. Для проведения работ каждое поле разбивается на условные квадраты или элементарные участки. С помощью пробоот-

борника осуществляется отбор образцов почвы по диагонали элементарного участка. Далее в лабораторных условиях проводятся исследования по определению агрохимических показателей, необходимых для расчета доз удобрений (гумуса, подвижного фосфора, обменного калия, рН и др.), и с помощью специального программного обеспечения составляются точные карты пространственного распределения агрохимических показателей внутри каждого поля.

5. *Дифференцированное внесение удобрений.* Это ключевой момент всей технологии точного земледелия. Может осуществляться в двух режимах – *off line* (автономный) и *on line* (режим реального времени). Режим *off line* предусматривает предварительную подготовку на стационарном компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно привязанные, с помощью GPS, дозы удобрения для каждого элементарного участка поля. Для этого проводится сбор необходимых для расчета доз удобрений данных о поле (пространственно привязанных), выполняется расчет дозы для каждого элементарного участка поля, тем самым формируется (в специальной программе) карта-задание. Затем карта-задание переносится на чип-карте (носитель информации) на бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, оснащенной GPS-приемником, и выполняется заданная операция. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, двигаясь по полю, с помощью GPS определяет свое местонахождение. Бортовой компьютер считывает с чип-карты дозу удобрений, соответствующую месту нахождения, и посылает соответствующий сигнал на контроллер машины для внесения жидких удобрений, которая выдает нужную дозу ЖМУ. В этом режиме целесообразнее вносить основное удобрение.

Режим реального времени *on line*, который обычно используется для внесения подкормочных доз удобрений, предполагает предварительно определить агротребования на выполнение операции, а доза удобрений рассчитывается во время выполнения операции. Агротребования в данном случае – это количественная зависимость дозы удобрения от показаний датчика, установленного на сельскохозяйственной технике, выполняющей операцию. На основании этих данных, а также данных о сорте и фенофазе растения, определяется доза азотного удобрения. Результаты операции (дозы и координаты, обработанная площадь, время выполнения и фамилия исполнителя) записываются на чип-карту.

Бортовой компьютер получает данные от датчика, сравнивает их с определенными и записанными в память агротребованиями, посылает сигнал на контроллер по той же схеме, что и в режиме *off line*. В качестве технического средства для внесения жидких удобрений в режиме *on line* используется полевой штанговый опрыскиватель, оснащенный системой навигации, бортовым компьютером и датчиком азота (например, «Amazone UF800» в комплексе с N-сенсором «Yara», «Lem-ken Albatros 30» с N-тестером и т. д.). Основным элементом в этой схеме является датчик, поэтому в настоящее время активно ведутся разработки различных датчиков, позволяющих использовать режим *on line*. Первым появился оптический датчик N-сенсор фирмы «Hidro Agri», работа которого была основана на измерении светового потока, отраженного растением в инфракрасной и красной зонах спектра, и определении содержания хлорофилла в листьях. На основании этих данных, а также данных о сорте и фенофазе растений определяется локальная доза азотного удобрения. За рубежом применяются датчики, использующие и другие принципы работы (лазерная флюоресценция, электромагнитные колебания, механическое воздействие и т. д.). Одной из последних разработок является серия, представленная фирмой «Hydro Agri» (Германия). Это системы Greenseeker, MiniVeg N, N-Sensor, Crop-Sensor, характеристика которых отражена в таблице 385.

Таблица 385 – Сравнительная характеристика сенсорных датчиков фирмы «Hydro Agri»

Показатель	Система			
	Greenseeker	MiniVeg N	N-Sensor	Crop-Sensor
Обрабатываемая культура	Озимая пшеница, кукуруза и ячмень	Зерновые культуры и кукуруза	Зерновые культуры, кукуруза и рапс	Все виды колосовых культур при отсутствии их полегания
Вносимые материалы	Только жидкие удобрения (ведется разработка версии для гранулированных удобрений)	Удобрения, фунгициды, стимуляторы роста	Удобрения, фунгициды, стимуляторы роста	Удобрения, фунгициды, стимуляторы роста
Принцип работы	Система излучает красные и ближние инфракрасные лучи света, которые, отражаясь от растений, попадают на фотодиоды, расположенные в головной части датчика, где измеряется его количество. После вычисления на компьютере выдается индекс вегетации, который служит показателем плотности травостоя и его жизнеспособности. Компьютер вычисляет необходимое количество удобрений и по его команде осуществляется их подача в каждый жиклер отдельно	Система работает по принципу лазерной флуоресценции. Датчики крепятся на штанге, которая поворачивается в сторону по ходу движения техники. В датчике происходит разложение солнечных лучей и сравнение с лучами от растений. В зависимости от содержания хлорофилла в видимой части спектра отражается больше или меньше света. Определяются цвет листьев, а также плотность травостоя. Компьютер вычисляет необходимое количество удобрений и определяет характер заболевания по изменению окраски листьев растений	В системе используется принцип оптического замера плотности посевов и концентрации хлорофилла в листьях растений. В датчике, монтируемом на крыше тягача, происходят разложение солнечных лучей на 256 диапазонов спектра и сравнение с лучами от растений. В зависимости от содержания хлорофилла отражается больше или меньше света. Определяются цвет листьев, а также плотность травостоя. Компьютер вычисляет необходимое количество удобрений. Программируются алгоритмы для их повторных внесений	На передней части трактора крепится маятник, с помощью которого на постоянной высоте измеряется сила сопротивления растений при их отклонении от вертикального положения. Во избежание погрешностей измерения выдерживается постоянная скорость движения машины. Условия, влияющие на точность измерения (глубина колеи трактора или его наклон из-за неровности местности), учитываются автоматически

Для работы с жидкими удобрениями применяется система Greenseeker. Она снабжена активным источником света, излучаемого в диапазоне 600 нм (красный) и 780 нм (близкий к инфракрасному). Часть отраженного света попадает на фотодиоды, где измеряется его количество. После вычисления на компьютере выдается индекс вегетации, который служит показателем плотности травостоя и его жизнеспособности.

Рабочий захват системы – 18 м. Через каждые 0,6 м монтируются 30 датчиков и жиклеров. Бортовой компьютер позволяет вычислять необходимое количество удобрений и подавать их в каждый жиклер отдельно. Алгоритм для внесения удобрения с локальной спецификой существует для озимой пшеницы, вскоре ожидается появление соответствующих версий для кукурузы и ячменя.

Вопросы для самоконтроля

1. Изложите технологию хранения, подготовки и внесения минеральных удобрений?
2. Как проводится известкование и гипсование почв?
3. Расскажите о технологии заготовки, хранения, подготовки и внесения органических удобрений.

8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ ПРИ РАБОТЕ С УДОБРЕНИЯМИ

Удобрения при любом способе их внесения остаются биологически активными веществами, обладающими токсикологическими свойствами к растениям и теплокровным организмам, в том числе и человеку. При неправильном их применении, нарушении личной и общественной гигиены возникает опасность отравления организма и загрязнения окружающей среды. Строгое выполнение правил техники безопасности и санитарных правил предотвращает несчастные случаи и производственные травмы у работающих с удобрениями и химическими мелиорантами.

8.1. Минеральные удобрения

Все работы с минеральными удобрениями должны производиться в строгом соответствии с «Санитарными правилами по хранению, транспортировке и применению минеральных удобрений в сельском хозяйстве». Основные их положения следующие:

1. Склады минеральных удобрений должны быть построены по проектам, разработанным в соответствии с действующими нормами проектирования, и их следует размещать с подветренной стороны от населенных пунктов и промышленных предприятий (с учетом господствующих ветров). Территорию склада необходимо оградить забором и зелеными многолетними насаждениями.

Расстояние от складов для совместного хранения минеральных удобрений и пестицидов до жилых и общественных зданий, предприятий по переработке и хранению пищевых продуктов должно быть не менее 500 м, а до объектов, не связанных с постоянным пребыванием людей (за исключением предприятий по переработке и хранению пищевых продуктов), – 200 м. Склады, предназначенные только для хранения минеральных удобрений, от жилых и общественных зданий располагают на расстоянии не менее 200 м. Склады, где хранят аммонийную селитру и аммиак, нужно содержать как огне- и взрывоопасные. В помещениях, предназначенных для хранения аммонийной селитры, не допускается устройство конструкций и деталей из дерева, за исключением оконных переплетов, дверей и ворот. Все склады должны обеспечиваться противопожарным инвентарем в соответствии с нормами первичных средств пожаротушения для складских помещений.

Особую осторожность следует проявлять при работе с аммиаком. Смесь паров аммиака с воздухом при его содержании от 15 до 28 % (по объему) может взорваться от искры. Предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны производственных помещений составляет 20 мг/м³. Пользоваться открытым огнем на расстоянии ближе 10 м от складов запрещается. Аммиак из одной емкости в другую переливают только с применением «газовой обвязки», соединяющей газопроводы наполняемой и опорожняемой емкостей, благодаря чему аммиак не выделяется в атмосферу. Емкости наполняют жидким аммиаком не более чем на 85 % их объема, а водным аммиаком – не более чем на 93 %. Цистерны и другие емкости для хранения и транспортировки аммиака должны иметь герметически закрывающиеся люки.

2. Работающие с минеральными удобрениями обеспечиваются спецодеждой и индивидуальными средствами защиты (очками, респираторами,

марлевыми повязками, фильтрующими противогазами марки КД, резиновыми перчатками) в соответствии с «Нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений».

3. К работе на машинах для внесения удобрений допускаются только лица, достигшие 18-летнего возраста, имеющие соответствующее удостоверение на право управления ими, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение и инструктаж по технике безопасности при работе на этих машинах и санитарным правилам обращения с удобрениями.

4. Во избежание несчастных случаев все движущиеся части машины и механизмов (шкивы, шестерни, ременные и зубчатые передачи и др.) должны быть закрыты защитными ограждениями. Очистку, ремонт, регулировку и смазку машин разрешается проводить только после полной остановки двигателя и при обязательной установке машины на тормоз.

5. При работе с погрузчиками можно выходить из трактора только при опущенном на землю ковше. Во время работы нельзя подходить к погрузчику со стороны рабочих органов. Смерзшиеся или слежавшиеся удобрения перед погрузкой необходимо разрыхлить. Нельзя поднимать грузы большей массы, чем предусмотрено техническими условиями погрузчика. При погрузке и разгрузке следует находиться с наветренной стороны.

6. После окончания работы грузоподъемных механизмов и во время перерыва груз не должен оставаться в поднятом состоянии. Запрещается поднимать и перемещать грузы с людьми и над людьми.

7. При транспортировке незатаренных сыпучих минеральных удобрений с целью предотвращения их потерь кузова автомашин и прицепов должны быть герметизированы и укрыты брезентом.

8. При работе с самосвальными прицепами запрещается поднимать груженую платформу с закрытым бортом и открывать запоры борта при поднятой платформе.

9. Водитель, тракторист и другие лица во время погрузки не должны находиться в кабине, кузове и на подножках, а также производить техническое обслуживание и ремонт транспортных средств и разбрасывателей.

10. Запрещается перевозить людей в кузовах прицепов, разбрасывателей, на прицепных устройствах, крыльях тракторов, лестницах минераловозов, на подножках и т. д.

11. При необходимости работы под поднятым кузовом самосвалов и прицепов под него обязательно ставится специальная упорная штанга, предотвращающая самопроизвольное его опускание.

12. При внесении удобрений нельзя находиться вблизи разбрасывающих рабочих органов, а при работе дисковых разбрасывателей – в плоскости вращения дисков на расстоянии менее 50–100 м. Загрузка машин удобрениями производится только при их полной остановке. Нельзя сидеть на машинах и находиться между трактором и машиной при транспортировке и внесении удобрений. Сошники комбинированных сеялок следует очищать специальными прилагаемыми к ним скребками и щетками. Скорость движения машин для внесения удобрений нельзя повышать сверх установленной техническими условиями.

13. Запрещается перевозка людей, пищевых продуктов, питьевой воды и предметов домашнего обихода вместе с минеральными удобрениями.

14. После окончания работы с минеральными удобрениями необходимо вымыться с мылом.

15. При попадании жидких азотных удобрений на кожу их необходимо быстро смыть водой. При тяжелом отравлении аммиаком пострадавшего до

прихода врача следует вывести на чистый воздух. При прекращении дыхания ему необходимо немедленно сделать искусственное дыхание.

16. При работе с аммиаком выхлопную трубу трактора нужно обязательно снабдить искрогасителем. Курить и разводить огонь около заправочной емкости и агрегата запрещается. Транспортную цистерну для аммиака следует оборудовать углекислотным (пенным) огнетушителем, красным флажком (впереди слева на корпусе цистерны), заземляющей цепочкой, бачком с водой емкостью 10 л. При транспортировке аммиака нужно избегать проездов через населенные пункты. Запрещаются остановки для отдыха в населенных пунктах, вблизи животноводческих ферм, пасек, пасущихся животных. Такие остановки могут быть не ближе 200 м от жилых и животноводческих помещений и 100 м от дорог с интенсивным движением. При утечке аммиака из цистерны машину следует отвести в сторону от дороги по направлению ветра, принять меры по предотвращению пропуски аммиака и обеспечить безопасность движения на данном участке. При необходимости следует вывесить знаки, запрещающие движение.

17. Чтобы предотвратить доступ посторонних лиц к месту постоянной стоянки автоцистерн (прицепов), последняя должна быть огорожена и находиться под охраной.

18. Вся арматура на хранилищах, цистернах и бачках машин должна быть в полной исправности. Работать при неисправной арматуре запрещается. Запрещается также находиться в кабине посторонним лицам, оставлять цистерну на подъемах и уклонах, перевозить на ней какие-либо грузы.

19. Агрегат для внесения аммиака должен быть оборудован углекислотным или пенным огнетушителем и бачком с водой емкостью не менее 10 л. Использовать эту воду для питья, мытья рук запрещается. Перед началом работы тракторист должен осмотреть агрегат и проверить: исправность и герметичность сосуда контрольно-измерительных приборов, предохранительного клапана, запорных вентилей, крепление насоса-дозатора и распределителей прицепного устройства и рабочих органов, инжекторные трубки и при необходимости прочистить их.

20. В процессе работы следует следить по манометру за давлением аммиака в сосуде, состоянием шлангов и креплением их к инжекторным трубкам, нужно проверить работу предохранительного клапана. За 8–10 м до конца каждого загона, прежде чем поднять культиватор, необходимо выключить насос-дозатор и проехать это расстояние с заглубленными рабочими органами. В случае повреждения шлангов или нарушения герметичности емкостей работу следует прекратить и принять меры: а) по устранению неисправностей, пользуясь средствами индивидуальной защиты (фильтрующий противогаз, резиновые сапоги, резиновые перчатки, прорезиненный фартук); б) к удалению людей и животных из опасной зоны; в) к сообщению о происшедшей аварии лицу, ответственному за безопасную и исправную работу сосудов.

21. Если аммиак попал на кожу, его немедленно смывают водой, а при сильном поражении делают примочки 5 %-ным раствором уксусной, лимонной или соляной кислоты. При отравлении парами аммиака пострадавшего удаляют из загазованной зоны, освобождают от стесняющих дыхание частей одежды, обильно поят теплым молоком с содой (1 чайная ложка на стакан молока). При удушье пострадавшему дают вдыхать кислород из подушки, а на область шеи кладут теплую грелку. При необходимости делают искусственное дыхание «рот в нос» или «рот в рот». При тяжелом поражении пострадавшего доставляют в ближайший медицинский пункт или вызывают врача.

22. Транспортировку жидких комплексных удобрений следует осуществлять в металлических или стеклопластиковых емкостях. Использование их для других хозяйственных целей возможно только после специальной очистки. Емкости транспортных средств должны герметически закрываться. Арматуру из цветных металлов заменяют на стальную. При работе с жидкими комплексными удобрениями основное внимание должно быть уделено защите глаз. При засорении трубопроводов, шлангов, кранов и распылителей запрещается очищать их продувкой ртом, чтобы избежать отравления. Для этих целей детали и узлы следует разобрать, промыть водой или продуть ручным насосом.

23. Не допускаются к работе с минеральными удобрениями беременные, кормящие женщины и лица с заболеваниями легких.

24. На полях, где проведено поверхностное внесение твердых или жидких минеральных удобрений, выпас скота и домашних птиц запрещается.

8.2. Санитарно-гигиенические требования при внесении минеральных удобрений с поливной водой

При удобрительных поливах помимо общих правил безопасности необходимо соблюдение общепринятых и специфических требований. Основные требования, направленные на обеспечение безопасности удобрительных поливов, базируются на прямом или косвенном предотвращении попадания химических веществ в водоисточники при работе систем орошения.

Перед началом проведения работ по фертигации проверяют исправность специального технологического оборудования (гидроподкормщиков), тщательно регулируют дозирующие рабочие органы в соответствии с необходимыми расходами маточных или рабочих растворов. Одновременно проверяют техническое состояние оросительной системы на чистой воде, устраняют возможные течи во всех соединениях трубопроводной сети, устанавливают норму полива. Все работы по внесению удобрений с поливной водой проводят рабочие, отвечающие за систему орошения под руководством агрохимиков. Обязательным условием для реализации технологии внесения удобрений и эксплуатации гидроподкормщиков является их соответствие единым требованиям по технике безопасности и гигиене труда. Все проводимые работы должны выполняться в соответствии с действующими «Санитарными требованиями по хранению, транспортировке и применению минеральных удобрений в сельском хозяйстве».

К работе с гидроподкормщиками допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста и обладающие необходимыми знаниями по их конструкции, эксплуатации и обслуживанию, прошедшие медицинский осмотр, инструктаж по технике безопасности и пожароопасности.

Перед началом работ проводят инструктаж обслуживающего персонала по технике безопасности и гигиене труда на рабочем месте и делают соответствующую запись в журнале регистрации. Инструктаж по технике безопасности проводится периодически не реже 1 раза в 3 месяца. Проводится инструктаж специалистами тепличных хозяйств с учетом специфики обслуживания оросительных систем при их совместной эксплуатации с гидроподкормщиками и обеспечивающими внесение минеральных удобрений.

Персонал, обслуживающий гидроподкормщики, должен быть обеспечен специальной защитной одеждой (плащ, комбинезон, шлем, резиновые

сапоги, комбинированные рукавицы). Для защиты глаз предусматривают очки типа ПО-2 «Моноблок» и органов дыхания – респираторы с различными патронами. На гидроподкормщиках должны быть предусмотрены бачки с питьевой водой или централизованные источники ее поступления. При попадании растворов удобрений или их сухих видов в глаза и на кожу, пораженный участок нужно обильно промыть водой. При поражении глаз, после тщательной их промывки водой, следует немедленно обратиться к врачу. Один раз в год персонал, обслуживающий технологический процесс внесения удобрений с поливной водой, должен проходить медицинский осмотр.

При эксплуатации гидроподкормщиков необходимо соблюдать следующие обязательные правила:

- заправка технологических емкостей гидроподкормщиков взрывоопасными веществами производится по специальному согласованию и разрешению, о чем делается запись в журнале;

- нельзя загружать открытую технологическую емкость удобрительным раствором свыше допустимой нормы (96 % ее объема);

- технический уход, устранение неисправностей оросительной системы и оборудования на ней проводится только после 10–15 минутной промывки чистой водой;

- при засорении трубопроводов, кранов, вентилях, шлангов, трубок различного назначения, фильтров, микроводовыпусков, дождевальных насадок и аппаратов и т. д. их нужно разобрать, промыть водой или продуть с помощью ручного насоса или сжатого воздуха – продувать ртом и работать без защитных перчаток запрещается.

8.3. Органические удобрения

При выполнении работ по уборке навоза, его переработке, хранению и использованию в качестве органического удобрения необходимо соблюдать правила техники безопасности и принимать меры предосторожности.

К работе на погрузочных, транспортных и разбрасывающих средствах допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж по безопасным приемам работы, знающие их конструкцию и регулировку.

Работать на неисправных погрузочных, транспортных и разбрасывающих средствах запрещается.

Лица, обслуживающие погрузочные, транспортные и разбрасывающие машины, могут быть допущены к работе только в спецодежде, исключающей возможность ее захвата движущимися частями машин.

Перед пуском двигателя тщательно осматривают агрегат. Ручки всех гидросилителей и рычаг переключения скоростей коробки перемены передач должны находиться в нейтральном положении, ВОМ трактора выключен.

На погрузочных, транспортных и разбрасывающих машинах тракторист-машинист перед началом работы обязан убедиться в безопасности действия для окружающих и подать предупреждающий сигнал. Во избежание несчастных случаев все передачи машин должны быть ограждены защитными кожухами. Смазку, регулировку рабочих органов и подтяжку креплений проводят при полной остановке машины и выключенном двигателе.

Все тракторы, машины, работающие на транспортных работах и внесении удобрений, прицепы, полуприцепы должны быть оборудованы стоп-сигналом и указателем поворотов.

Нахождение в кабине трактора или автомобиля, а также на участках проведения работ по погрузке и внесению органических удобрений людей, не связанных с выполнением технологического процесса, не допускается.

В каждом хозяйстве должен быть составлен схематический план движения машин с указанием разрешенных и запрещенных направлений, поворотов, разворотов, выездов. Согласно этому плану на территории вывешивают соответствующие знаки, в опасных местах устанавливают предупреждающие знаки.

При групповой работе машин, назначают старшего их числа работающих механизаторов.

8.3.1. Особенности техники безопасности при работе с машинами для внесения подстилочного навоза

При приемке разбрасывателей органических удобрений потребителю необходимо проверить: наличие защитных кожухов карданного вала, щитков ограждения приводов, световозвращателей и исправность электрооборудования, тормозной и гидравлической систем, наличие комплекта запасных частей и инструмента согласно упаковочной ведомости. При транспортировке разбрасыватели должны соединяться с гидрокрюком трактора и зачаливаться страховочной цепью или тросом в местах крепления растяжек на тракторе. Перед эксплуатацией разбрасывателей необходимо расконсервировать световозвращатели, фонари, таблицы смазки и таблицы норм внесения удобрений. Перед началом работы разбрасыватели обкатывают на малых оборотах двигателя вала, чтобы убедиться в нормальной работе всех узлов.

Запрещается:

- перевозить людей в кузовах разбрасывателей;
- загружать в машины удобрения, неочищенные от посторонних предметов (камни, куски дерева, железа и др.);
- во время работы разбрасывателей находиться в кузове или же на прицепном устройстве;
- включать в работу механизмы, если вблизи находятся люди;
- выполнять операцию разбрасывания удобрений при снятых защитных кожухах карданного вала, ременных и цепных передач привода рабочих органов;
- использовать кузовные разбрасыватели для перевозки асфальта, бетона, бута, кирпича, железобетонных плит и подобных грузов;
- присоединять нагруженный разбрасыватель к гидронавесной системе трактора (гидрокрюку);
- присутствие людей в зоне разбрасывания от роторных разбрасывателей на расстоянии 40 м, от кузовных – 15 м;
- откручивать и подтягивать штуцера и накидные гайки маслопроводов при поднятых валкователе и разбрасывателе, а также во время работы гидронасоса;
- поднимать разбрасывающий механизм роторного разбрасывателя в транспортное положение при включенном вале отбора мощности.

Смазку разбрасывателя и подтяжку креплений следует проводить только при опущенных на землю валкователе и разбрасывателе.

Необходимо при эксплуатации роторных разбрасывателей тщательно следить за креплением роторов.

С целью уменьшения попадания пыли в кабину трактора, при сильном ветре разбрасывание проводят только против ветра.

При монтаже и демонтаже разбрасывающего устройства для переоборудования разбрасывателя в транспортное средство строповку осуществляют

согласно обозначенным на разбрасывающем устройстве местам зачаливания, при этом угол между стропами не должен превышать 90°. Нахождение людей под разбрасывающим устройством категорически запрещается.

Устранять неисправности и производить замену штифтов предохранительной муфты можно только при выключенном двигателе.

Запрещается при осмотре и ремонте разбрасывателя ПРТ-16 находиться под поднятым самосвальным кузовом без установки предохранительной стойки.

При регулировках и устранениях неисправностей разбрасыватели необходимо затормозить стояночным тормозом.

При расцепке разбрасывателей ПРТ-16, РЖТ-16, МЖТ-16 дышло подкатной тележки следует установить на опору.

Во время погрузки удобрений в разбрасыватели запрещается находиться в ее зоне.

Перед присоединением карданного вала необходимо произвести сцепку машин с гидрокрюком трактора, гидрокрюк перевести в транспортное положение, после чего шлицевую вилку карданного вала надеть на шлицевый конец ВОМ трактора.

8.3.2. Техника безопасности и производственная санитария при работе с бесподстилочным навозом

При удалении бесподстилочного навоза из животноводческих помещений, подготовке его к использованию, хранению и внесению в качестве удобрения необходимо соблюдать требования техники безопасности и производственной санитарии.

Каналы навозоудаления должны быть полностью закрыты решетчатыми полами или сплошным настилом. Решетчатые панели делают без острых или выступающих частей на поверхности. Все электрооборудование системы навозоудаления надежно заземляют, а вращающиеся детали установок ограждают защитными кожухами. Приемный навозосборник, машинное отделение насосной станции, а также все помещения, в которых производят подготовку навоза к использованию, оборудуют системой принудительной вентиляции.

Помещение резервуара насосной станции должно быть отделено от машинного зала глухой газодонепроницаемой перегородкой. Для предупреждения опасности взрыва при попадании в насосную станцию взрывоопасных и вредных газов применяют осветительную аппаратуру и электродвигатели во взрывобезопасном исполнении. При этом нельзя пользоваться открытым огнем и курить. Чтобы исключить случаи отравления газами, постоянно контролируют состояние воздуха в помещении, используя для этого шахтерские лампы или газоанализаторы. У работников насосных станций должны быть противогазы. Для выполнения операций, связанных с эксплуатацией системы удаления и утилизации навоза, создают бригаду, численность которой зависит от объема работ. Не разрешается приступать к работе с неполным комплектом инвентаря по технике безопасности и неисправным инструментом.

При устранении неисправностей в колодцах, навозосборниках и коллекторах, а также при техническом осмотре системы навозоудаления, когда необходимо спускаться в смотровые колодцы и навозосборники, в бригаду включают не менее трех человек: один работает в колодце (навозосборнике), два других на поверхности, оказывая в случае необходимости помощь работающему в колодце (навозосборнике).

Бригада, выполняющая работы в колодцах, коллекторах, навозосборниках, должна иметь: предохранительные пояса и веревку, испытанную на разрыв при нагрузке 200 кг, длина веревки должна превышать глубину колодца навозосборника на 2–3 м; изолирующий противогаз со шлангом длиной на 2 м больше глубины колодца, но не более 12 м (нельзя применять фильтрующие противогазы); взрывобезопасную шахтерскую лампу или газоанализатор; аккумуляторный фонарь напряжением не более 36 В; оградительные приспособления; крючки и лом для открывания крышек колодцев и навозосборников; полевую аптечку со следующим обязательным набором медикаментов: гигроскопичной ватой, марлевыми бинтами различной ширины, пергаментной бумагой, йодом, марганцовокислым калием, перекисью водорода, резиновым жгутом и двумя дощечками длиной 0,5 м для шин при переломах.

Некоторые смотровые колодцы и навозосборники на поперечных коллекторах навозоудаления загазованы. Наиболее часто в них накапливается метан, углекислый газ, аммиак и сероводород. Эти газы опасны для здоровья человека. Метан – горючий газ, который в сочетании (в определенных пропорциях) с воздухом образует взрывоопасную смесь – гремучий газ, поэтому у открытых навозосборников нельзя курить, а также применять огонь для нагревания деталей.

Перед спуском рабочего в колодец или навозосборник необходимо проверить шахтерской лампой наличие в них газов и в случае необходимости удалить их с помощью вентилятора или воздуходувной машины. В отдельных случаях для удаления газа из навозосборников или колодцев их заполняют водой, которую затем откачивают. Нельзя выжигать газ огнем, бросая в навозосборники зажженную бумагу или другие горящие предметы, т. к. это может вызвать взрыв. Если газ полностью удалить невозможно, спуск в колодец или навозосборник, а также работы в них проводят только при использовании шлангового изолирующего противогаза с подачей в него чистого воздуха и предохранительного пояса с веревкой.

Машины, которые используют для внесения органических удобрений, загружают очищенные от камней, кирпичей, кусков дерева, железа и других посторонних предметов удобрениями. Во время работы машин нельзя находиться вблизи разбрасывающих органов, в кузове или на сцепке, производить технический уход и другие операции. Удобрения не разбрасывают со снятыми кожухами защиты карданного вала и ременной или цепной передачи привода разбрасывающего устройства. Запрещено использовать разбрасыватель для перевозки асфальта, бетона, бревен, железобетонных плит и других аналогичных грузов. Людей на нем также не перевозят.

При проведении удобрительных поливов с использованием жидкой фракции навоза нельзя подключать дождевальные установки к трубопроводам оросительной сети или к насосным станциям, развивающим напор выше 60 м, а также разъединять трубопроводы или рукава, находящиеся под давлением. Зоны полива должны проходить не менее чем в 30 м от линии электропередач. Резервуары, насосы, трубопроводную арматуру и шланги промывают в специально отведенных местах, где организован отвод загрязненной воды. Все работы, связанные с удалением и утилизацией навоза, необходимо выполнять в спецодежде, которую снимают перед приемом пищи и после окончания рабочей смены. При промывке каналов навозоудаления и дезинфекции помещения в него не заходят без противогаза. Во время обслуживания и ремонта системы удаления и использования навоза нельзя курить и принимать пищу. Перед едой тщательно моют руки и лицо с мылом. При тя-

желом отравлении пострадавшего немедленно выводят из опасной зоны и вызывают врача. В необходимых случаях до прихода врача пострадавшему делают искусственное дыхание.

К работе на агрегатах с машинами для внесения жидких органических удобрений допускаются трактористы и водители автомобилей, знающие устройство и правила эксплуатации машин, прошедшие инструктаж по технике безопасности и знающие правила по транспортировке, хранению и применению жидких органических удобрений.

Перед пуском машины в эксплуатацию необходимо закрепить защитный козырек карданного вала, снятый с машины, на ВОМ трактора, убедиться в надежности крепления всех механизмов и защитных щитков. Во время эксплуатации нужно следить за надежностью соединения машины с трактором, наличием страховочных цепей, систематически подтягивать крепление вилок карданных соединений, рабочих органов и ступиц ходовых колес. При подъезде к навозохранилищам и жижесборникам необходимо выдерживать безопасное расстояние для маневрирования и поворота штанги. Особую осторожность надо соблюдать при транспортировке, не забывать, что в емкости находится жидкий груз. При замене колес, регулировке подшипников колес, тормозов под раму следует устанавливать надежные опорные подставки. Место хранения машин для внесения удобрений должно быть обеспечено противопожарными средствами. Открытые площадки и навесы для хранения машин для внесения удобрений необходимо устраивать в незатапливаемых местах с прочной поверхностью.

Запрещается:

- перевозить грузы и людей на площадках цистерны;
- включать машину в работу не убедившись, что работа и движение агрегата никому не угрожает;
- присутствие людей в зоне распределения удобрений;
- разворот агрегата и поворот на угол более 40° с включенным валом отбора мощности;
- работать при неисправном вакуумметре;
- создавать в цистерне чрезмерное давление или разрежение;
- перевозить топливо и смазочные материалы машинами для внесения удобрений;
- подносить открытый огонь к люкам цистерны;
- работать при подтекающих затворах, задвижках, соединений шлангов;
- залезать в предварительно не проветренную емкость машины;
- находиться рядом с вращающимися рабочими органами;
- находиться в зоне поворота заправочной штанги при самозагрузке удобрений;
- ремонтировать агрегаты, узлы магистрали гидросистемы, рассоединять шланги высокого давления, открывать люки цистерны при наличии в них давления;
- очищать рабочие органы, разбрызгиватели, жиклеры при включенной разгрузочной системе.

Соблюдение требований техники безопасности и норм производственной санитарии создает оптимальные условия для бесперебойного осуществления всех технологических операций, связанных с удалением, хранением, подготовкой к использованию, транспортировкой и внесением навоза, обеспечивает высокий эффект от его применения.

8.3.3. Техника безопасности и охрана труда при производстве и применении пометных удобрений

При проведении работ на площадках, в механизированных хранилищах и цехах по приготовлению компостов необходимо соблюдать правила техники безопасности и охраны труда. При этом следует обращать внимание на строгое выполнение ветеринарно-санитарных требований при работе с пометом и минеральными добавками, вводимыми в состав компостируемой смеси.

К работе по производству компостов следует допускать лиц не моложе 18 лет, прошедших медицинский осмотр, хорошо знающих устройство механизмов и принцип работы, условия технической эксплуатации средств транспортировки, перемешивания, дозирование исходных компонентов и готовых компостов, а также правила пожарной безопасности.

Механизированные хранилища и цеха по производству компостов должны иметь надежную вентиляционную систему, выполненную в соответствии с нормами технологического проектирования этого типа предприятий.

Для соблюдения санитарно-гигиенических правил работниками цехов по производству компостов следует предусматривать специально оборудованные места отдыха и приема пищи, помещения для сушки и хранения спецодежды, умывальники и туалеты. Работники цехов по производству компостов должны обеспечиваться спецодеждой в соответствии с существующими нормами, а также спецпитанием, назначенным в соответствии с действующими правовыми нормами. В целях уменьшения негативного воздействия на людей и животных цеха по производству компостов следует располагать по отношению к птицеводческому предприятию и жилой застройке с подветренной стороны господствующих направлений ветров, а также ниже водозаборных сооружений.

Птичий помет биологически очень активен. В результате ферментативного и микробного разложения органического вещества образуются сероводород, углекислый газ, аммиак, метан и окись углерода*, которые могут представлять опасность для людей, работающих в закрытых цехах и пометохранилищах. Эти газы редко образуются по отдельности, поэтому чаще всего приходится иметь дело со смесью воздуха и этих газов. Попадание такой смеси в ор-

* Сероводород (H₂S) – представляет основную опасность в сооружениях для помета. Он образуется при гниении белковых веществ. Бесцветный, с запахом тухлых яиц, тяжелее воздуха, поэтому концентрируется в углублениях. Его острая и сильная токсичность часто недооценивается. Сероводород вызывает у человека паралич обоняния, а в случае интенсивного воздействия отравленный неожиданно падает и теряет сознание. При небольших концентрациях вызывает воспаление глаз, головокружение, понос, рвоту. В целях защиты от сероводорода в опасных местах должна быть хорошая вентиляция.

Углекислый газ (CO₂) – бесцветный, негорючий, очень стойкий и реакционноспособный газ, в полтора раза тяжелее воздуха, концентрируется в углублениях.

Аммиак (NH₃) – бесцветный с резким запахом газ, раздражает слизистую оболочку, примерно в 2 раза легче воздуха.

Метан (CH₄) – горючий газ, не имеет цвета и запаха, плотность по отношению к воздуху – 0,55. Наркотически действующий удушливый газ. Образуется в процессе гниения органических веществ. В местах возможного появления метана необходимо соблюдать правила техники безопасности, общепринятые для горючих газов.

Окись углерода (CO) – не имеет цвета, вкуса и запаха, поэтому особенно опасна; сильно ядовитый газ одинаковой плотности с воздухом. Токсичность этого газа основана главным образом на блокировании красящего вещества крови путем образования CO-гемоглобина.

При высоких концентрациях окиси углерода во вдыхаемом воздухе наступает удушье, падение пульса, потеря сознания.

ганизм человека может нанести ему существенный вред. Во всех случаях появления признаков отравления газами нужно немедленно вызывать врача.

Для предотвращения несчастных случаев необходимо строго соблюдать технологию работ и требования по эксплуатации машин и оборудования, а при необходимости использовать универсальные или специализированные средства защиты.

При выполнении механизированных работ по внесению жидкого помета технической осмотр и регулировку средств механизации необходимо проводить только после остановки трактора, с опущенными на землю рабочими органами. Включать и приводить в рабочее положение машины можно, лишь убедившись в отсутствии людей вблизи агрегата. Запрещается работать с поврежденными шлангами. Во время выполнения работ по обслуживанию и ремонту оборудования и машин для внесения; жидкого помета не разрешается курить и принимать пищу. Устранение неисправностей поливной техники можно проводить только после промывки ее чистой водой!

8.3.4. Техника безопасности при применении пестицидов и агрохимикатов в черте населенных пунктов

Применение пестицидов и агрохимикатов в черте населенных пунктов допускается в соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, требованиями СанПиН 1.2.2584–10 и рекомендациями о транспортировке, применении и хранении (рекомендациями по использованию, рекомендации по применению) конкретных пестицидов и агрохимикатов*.

В городских парках, скверах, на бульварах, улицах и проспектах, в том числе на трамвайных путях и путепроводах, при необходимости, проводятся очаговые обработки методом наземного опрыскивания с минимальной нормой расхода пестицидов при условии соблюдения санитарных разрывов до жилых домов не менее 50 м.

Во дворах и придомовых участках выборочная очаговая обработка допускается только в случае угрозы массового размножения вредителей или болезней зеленых насаждений с минимальной нормой расхода пестицида.

Не допускается применение любых пестицидов на территории детских, спортивно-оздоровительных, медицинских учреждений, школ, предприятий общественного питания и торговли пищевыми продуктами, в пределах водохранимых зон рек, озер и водохранилищ, в непосредственной близости от жилых домов и воздухозаборных устройств.

Зеленые насаждения в городах и других населенных пунктах (далее – городские зеленые насаждения) обрабатываются только при помощи наземной шланговой аппаратуры или ранцевых опрыскивателей.

Очаговую обработку насаждений пестицидами следует проводить в ранние утренние (до 7 часов) или вечерние (после 22 часов) часы, в безветренную погоду.

В один прием обрабатываются участки площадью не более 5 га.

Обработки лесопарков, садов и парков допускаются только при возможности соблюдения минимальных разрывов не менее 300 м между обраба-

* Раздел XV СанПиН 1.2.2584-10 «Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов».

тываемыми объектами и водными объектами, используемыми населением для купания и рыболовства.

Перед проведением обработок городских зеленых насаждений ответственные за проведение работ обязаны не менее чем за 5 дней оповещать жителей о предстоящих обработках. На границах обработанного участка (у входа и выхода) устанавливаются единые предупредительные знаки безопасности, которые убирают только после окончания установленных сроков ожидания (периода, после которого возможно пребывание людей в зоне ранее проведенной обработки). До окончания этих сроков запрещается пребывание людей и домашних животных.

При обработке пестицидами скверов и парков должна быть обеспечена защита от загрязнения детских площадок (песочниц) и пищевых продуктов в расположенных на территории скверов и парков торговых точках (киосках, павильонах, ресторанах). Завоз пищевых продуктов и работа торгового объекта могут быть возобновлены после его влажной уборки и по истечении установленных сроков ожидания.

До наступления установленных в рекомендациях по применению конкретных пестицидов сроков возможного выхода населения для отдыха в парки и скверы, подвергшиеся обработке, проводится влажная обработка паркового инвентаря и оборудования (скамейки, игровые сооружения, оборудование детских и спортивных площадок, киоски, павильоны), при необходимости – заменяется песок в детских песочницах.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите необходимые мероприятия по технике безопасности и охране труда при работе с минеральными удобрениями.
2. Назовите необходимые мероприятия по технике безопасности и охране труда при работе с органическими удобрениями?
3. Расскажите о мерах по охране природы при использовании удобрений и мелиорантов.

9. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Применение удобрений и других агрохимических средств в сельском хозяйстве должно быть экономически выгодно и энергетически целесообразно. Удельный вес удобрений в приросте урожая существенно колеблется. В черноземной зоне нашей страны он составляет 40–50 %, в нечерноземной зоне, где преобладают менее плодородные дерново-подзолистые и серые лесные почвы, – до 60–75 %. Для разработок более прогрессивных энергосберегающих приемов и технологий применения удобрений важна комплексная их оценка с учетом агрономической, экономической и энергетической эффективности.

9.1. Экономическая эффективность применения агрохимических средств

Агрономическая эффективность применения удобрений и других агрохимических средств оценивается величиной прибавки урожая, улучшением качества продукции и других хозяйственно-ценных показателей, при сохранении почвенного плодородия.

Анализ экономической эффективности применения удобрений позволяет не только оценить прибыль от их применения, но и наметить пути совершенствования отдельных агроприемов, связанных с их использованием. Анализ фактической окупаемости, оплаты затрат и экономической эффективности применения удобрений позволяет выявить резервы их повышения в конкретных условиях сельскохозяйственного производства.

Оценку экономической целесообразности внесения минеральных и органических удобрений, их доз и способов обычно производят научно-исследовательские учреждения, разрабатывающие эти приемы. Рекомендации, которые они выпускают, обязательно содержат сведения об ожидаемом экономическом эффекте. В этом случае расчеты ведутся на основании технологических карт с учетом конкретных затрат в производственных опытах, где обязательно для выполнения принципа единственного различия имеется вариант без внесения удобрений. Все расчеты производятся сравнением урожайности и затрат на варианте без удобрений с различными вариантами их применения. По их разности оценивается чистый доход, окупаемость затрат на применение удобрений, прибыль и норма рентабельности. Прибавку урожая и затраты оценивают по текущим ценам, что позволяет выявить целесообразность вложений в полученную прибавку урожая. В ряде случаев стоимостную оценку проводят в сопоставимых ценах. В условиях производства определение экономической эффективности применения удобрений под отдельную культуру или в севообороте проводится на основе сравнения урожайности на удобренной площади и на контрольной (неудобренной) полосе участка. Если не оставляют контрольных полос, то используют данные опытных учреждений по прибавке урожая в аналогичных условиях. Стоимость продукции выражается в закупочных ценах или в ценах фактической реализации.

Эффективность использования удобрений в хозяйствах далеко не одинакова и колеблется в широких пределах.

По многочисленным данным российских и зарубежных исследований, рост количества применяемых удобрений и урожайность находятся в прямой зависи-

мости, выражающейся коэффициентом корреляции 0,8. Однако с увеличением доз удобрений выше оптимальных коэффициент использования их растениями снижается, возрастают непроизводительные потери питательных веществ и опасность загрязнения окружающей среды. В настоящее время затраты, связанные с применением средств химизации, превышают 20 % всех затрат в растениеводстве. Необходимость широкомасштабной химизации выдвигает в качестве первоочередной задачи ежегодное определение экономической эффективности использования удобрений с целью выбора наиболее рациональных приемов.

Для расчета экономической эффективности применения минеральных удобрений необходима следующая исходная информация:

- дозы удобрений, вносимые под соответствующие культуры, кг/га д. в.;
- урожайность культур, ц/га;
- фактические (текущие) цены на сельскохозяйственную продукцию, руб.

Эти показатели берутся из статистической отчетности и годового отчета.

Фактическая экономическая эффективность использования удобрений в производственных условиях характеризуется системой показателей:

- величиной прибавки урожая (в натуральном и стоимостном выражении) в расчете на 1 га и на всю площадь, на 1 ц питательных веществ и 1 руб. затрат, связанных с применением удобрений;

- условно–чистым доходом, полученным в результате химизации сельскохозяйственного производства, в расчете на 1 га и всю земельную площадь, а также на 1 руб. затрат;

- рентабельностью применения удобрений;

- снижением себестоимости продукции.

Одним из основных показателей этой системы является величина прибавки урожая, от точности определения которой зависит вся эффективность применения удобрений.

Величину прибавки урожая и долю участия в нем удобрений можно найти методом многофакторного дисперсионного анализа на основе многолетних данных производственных опытов. Краснодарским филиалом ВНИПТИ-ХИМ (Эйсерт Э.К., Хомутов Ю.В., Эйсерт Б.Э. и др., 1984) на основе данных производственных опытов, проведенных в Краснодарском крае, разработана шкала по определению доли участия минеральных удобрений в урожае 25 сельскохозяйственных культур в зависимости от возможных доз вносимых удобрений в условиях производства. Агроному или экономисту для этой цели необходимо иметь сведения о фактически внесенной норме удобрений (ΣNPK , кг/га д. в.) под культуру и фактически полученном урожае.

Порядок определения экономической эффективности применения минеральных удобрений.

1. Анализ экономической эффективности начинается с установления прибавки урожайности за счет применения удобрений. Для этого необходимо использовать результаты производственных опытов. Прибавка рассчитывается по разности урожаев с удобренной и неудобренной площади. Если опыт не проводился, за основу берется средняя прибавка, полученная в научных учреждениях. В этом случае точность расчетов несколько снижается.

2. Учитываются все затраты (Z) на получение прибавки урожая от минеральных удобрений. Суммарные затраты складываются из: стоимости удобрений ($Z_{уд}$), расходов на разгрузку, хранение, подготовку, перевозку в поле и внесение минеральных удобрений ($Z_{вн}$); расходов на уборку, перевозку прибавки урожая от внесения удобрений с поля и ее доработку ($Z_{уб}$); расходы

на реализацию прибавки урожая или закладку ее на хранение (Z_p); общепроизводственных, общехозяйственных и других расходов, относимых по бухгалтерскому учету на себестоимость сельскохозяйственной продукции (Z_n).

Если расчет ведется на перспективу, как прогностический вариант, то вместо фактических затрат используют нормативные, принятые в хозяйстве или фактически сложившиеся за ряд лет (таблица 386).

Таблица 386 – Нормативы затрат удобрений на единицу прибавки урожая и окупаемости удобрений

Культура	Затраты элементов питания, кг/т урожая				Окупаемость 1 т удобрений прибавкой урожая, т
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего	
Зерновые	72	102	60	234	4,3
Хлопчатник	136	92	39	267	3,7
Сахарная свекла	11	12	11	34	29,2
Лен-долгунец	176	314	320	810	1,2
Подсолнечник	148	226	48	422	2,4
Картофель	13	13	12	38	26,6
Овощные	8	8	8	24	42,6
Силосные	10	9	8	27	37,2
Кормовые корнеплоды	8	8	8	24	42,9
Травы многолетние и однолетние (сено)	21	32	33	86	11,6
Луга и пастбища (сено)	31	23		77	13,0
Многолетние насаждения и ягодники	27	23		71	14,1

3. Определение чистого дохода (ЧД) от применения удобрений. Он определяется по формуле:

$$\text{ЧД} = (C + c) - Z,$$

где: C – стоимость основной продукции, полученной в результате применения удобрений, руб.;
c – стоимость побочной продукции, руб.;
Z – сумма затрат, связанных с применением удобрений для получения прибавки урожая, руб.

4. Рентабельность (Р) применения удобрений — отношение чистого дохода к затратам, определяется в расчете на 1 год или за весь период действия удобрений с учетом последствий:

$$P\% = \frac{\text{ЧД}}{Z} \cdot 100.$$

Рентабельность применения удобрений в севообороте за весь срок их действия можно рассчитать по формуле:

$$P = \frac{\sum \text{ЧД}}{\sum Z} \cdot 100.$$

5. Окупаемость дополнительно применяемых затрат в стоимостном выражении определяется делением стоимости полученной прибавки на величину

ну дополнительных затрат. Окупаемость удобрений в натуральном выражении определяется по формуле:

$$E = \frac{\Pi}{B},$$

где: E – количество дополнительной продукции в натуре на единицу питательного вещества удобрений, ц;
Π – прибавка урожая в натуральном выражении, ц;
B – количество внесенных питательных веществ под данную культуру, ц.

Этот показатель дает возможность правильно, экономически обоснованно выбрать способы и сроки внесения удобрений в различных зонах, в зависимости от типа почв, предшественника, уровня культуры земледелия, а также учесть эффективность системы удобрений в севообороте.

9.2. Энергетическая оценка применения агрохимических средств

Оценка экономической эффективности применения удобрений и других агрохимических средств, особенно на стадии разработки агроприемов, значительно затруднена. В основном это связано с нестабильностью цен на материальные и трудовые ресурсы. Однако новые удобрения и приемы использования требуют объективной оценки их преимуществ или недостатков. Такой объективной оценкой может быть определение энергетической эффективности возделывания культуры, применения технологического приема, нового вида удобрений и т.д. Для этого необходимо учесть все энергозатраты на возделывание культуры или использование технологического приема и энергосодержание урожая, выявить степень окупаемости энергозатрат энергосодержанием урожая. Энергетическая оценка при необходимости может быть переведена в любые денежные единицы, если известна стоимость одного гигаджоуля, т. е. может быть дана их экономическая оценка. При этом необходимо помнить, что это не прямой аналог оценки экономической эффективности агроприема.

Интенсификация сельскохозяйственного производства, рост урожайности культур сопровождаются увеличением затрат невозобновляемой энергии, в т. ч. и за счет возрастающего применения удобрений. Поэтому во всем мире и в нашей стране, в частности, разрабатываются энергосберегающие технологии, при которых сельскохозяйственная продукция производится с меньшими затратами.

Расход энергии на производство сельскохозяйственной продукции складывается из энергозатрат на удобрения, пестициды, горюче-смазочные материалы, амортизационные отчисления на трактора, сельскохозяйственные машины, автотранспорт; затрат на электроэнергию и затрат живого труда. Аналогичным образом учитываются затраты на отдельный агроприем. Каждый вид затрат специфичен для конкретных условий производства и изменяется в широком диапазоне. Объективность оценки зависит от точности их учета, что, однако, не всегда удается сделать, а поэтому приходится пользоваться усредненными показателями (таблица 387).

Определение энергозатрат производится на основании технологической карты, являющейся основным документом для планирования технологических процессов и операций при возделывании сельскохозяйственных культур. Для определения энергетической эффективности отдельных агроприемов из технологической карты берут затраты на все виды работ, определяют расход дизель-

ного топлива, бензина, смазочных материалов, электроэнергии, а также видовой состав и количество удобрений и пестицидов, затраты живого труда по категориям сложности, энергоёмкость техники и энергоотчисления на гектар пашни и на единицу продукции. Расчет энергозатрат на известкование, а также внесение органических удобрений ведут с учетом их последствий.

Таблица 387– Затраты энергии на производство энергоносителей

Статья затрат	Энергоносители	Энергоёмкость, МДж
Удобрения, 1 кг д.в.	азотные	86,8
	фосфорные	12,6
	калийные	10,0
	комплексные (нитроаммофоска и т.п.)	51,5
	известкование	8,5
	борные и молибденовые	180
	бактериальные (на 1 га)	15
	навоз (80 % влажности)	0,42
	торфо–навозные компосты (60 % влажности)	1,70
	известковые удобрения	3,80
Регуляторы роста	местные минеральные удобрения	2,90
	ретарданты	264
Горюче–смазочные материалы	дизельное топливо	42,7
	бензин	44,1
	дизельное масло	41,4
Электроэнергия*		3,8
Живой труд*, за 1 ч работы:		1,3
	легкой	
	средней	1,9
	тяжелой	2,5
Сельхозтехника, оборудование, 1 т массы		5600

* – Энергосодержание.

Затраты на энергоносители увеличиваются в связи с необходимостью дополнительных работ до их целевого применения – складирования, расфасовки и т. п. Затраты на дробление слежавшихся удобрений, их погрузку, доставку и разгрузку, доставку в хозяйство горюче-смазочных материалов и других грузов не входят в энергозатраты на энергоносители, а учитываются в технологической карте как самостоятельные операции. Категорию сложности живого труда определяют по справочнику.

При внесении удобрений необходимо учитывать энергозатраты на трактора и сельскохозяйственные машины. Для определения энергоёмкости техники необходимо знать массу каждой машины, энергозатраты на ее производство, нормы амортизационных отчислений, годовую норму выработки, норму амортизационных отчислений на 1 га эталонной пахоты (э. п.), затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание на 1 га э. п. (таблица 388). Эти сведения для каждой машины берутся из справочника. Для расчета энергозатрат на конкретный технологический прием необходимо рассчитать фактическую выработку машины в гектарах э. п., пользуясь технологической картой.

Таблица 388 – Энергоемкость техники и энергоотчисления

Марка машины	Масса, кг	Энергозатраты, МДж	Амортизационные отчисления		Годовая норма выработки, э.п. га	Амортизационные отчисления, МДж/га э.п.	Текущий ремонт и обслуживание, МДж/га э.п.
			%	МДж/год			
Т-150К	7535	42196	18,5	7806	1585	4,92	2,76
ДТ-75	5800	32450	18,5	6009	1375	4,37	1,90
МТЗ-80	3000	16800	17,5	2940	724	4,06	2,33
МТЗ-82	3200	17920	17,5	3119	756	4,12	2,36
ЛДГ-150	1600	8960	14,2	1272	325	0,39	0,23
ПЛН-5-35	1500	8400	12,5	1050	185	5,68	4,22
ЗКШ-6	1410	7896	14,2	1121	350	3,20	2,37
СЗ-3,6	1450	8120	14,2	1153	130	8,87	4,88
БЗТС-1	140	784	14,2	111	70	1,43	1,40
БЗСС	100	560	14,2	80	70	1,14	1,12
БДТ	1600	8400	12,5	1050	800	0,86	0,45
КПС-4	1600	8400	16,6	1394	520	2,68	2,22
РВК-3,6	2000	11200	14,2	1590	520	3,06	2,54
СК-6 «Колос»	9750	54600	16,0	8736	140	62,4	49,1
РМГ-4	800	4480	20,0	896	432	2,07	0,99
ОПШ-15	1000	5600	20,6	1120	1400	0,80	0,72

Затраты энергии на перевозку удобрений, прибавки урожая и другие транспортные расходы учитывают по затратам горючего, амортизационным отчислениям на транспортные средства и затратам живого труда или по усредненным энергозатратам на 1 тонно-километр, которые в среднем можно принять равными 40 МДж.

Рассчитав отдельные статьи энергозатрат, определяют общие затраты энергии на производство продукции.

Следующим этапом является определение содержания энергии в урожае основной и побочной продукции. Энергосодержание зависит от величины урожая и его химического состава – количества жиров, белков и углеводов.

Энергоемкость органических веществ составляет: углеводов 16,72 МДж/кг (4000 ккал), белков 22,99 (5500), жиров 37,62 МДж/кг (9000 ккал) (1 кал=4,18 Дж). Поскольку в зерне, семенах и вегетативной массе различных культур соотношение углеводов, белков и жиров различно, то и энергосодержание их существенно различается (таблица 389–391).

Величина урожая является итогом всех агротехнических мероприятий. В этом результирующем признаке отражается влияние всех внешних факторов на агроценоз. Это влияние распространяется не только на величину урожая, но и его химический состав, а, следовательно, и на содержание энергии в основной и побочной продукции. Зная урожай и энергоемкость основной и побочной продукции, рассчитывается суммарное энергосодержание урожая.

Энергетическая оценка эффективности технологического приема. Зная энергетические затраты на выращивание культуры и содержание энергии в урожае основной и побочной продукции, проводят энергетическую оценку эффективности возделывания культуры или применяемого агроприема.

Таблица 389 – Содержание органических веществ и энергии в урожае полевых культур

Культура	Органические вещества, % сухой массы			Содержание энергии, ГДж/т			
	угле- воды	белки	жиры	угле- воды	белки	жиры	всего
Зерно злаковых культур и гречихи							
Пшеница	84	14	2,0	14,1	3,2	0,8	18,1
Рожь	85	13	2,0	14,2	3,0	0,8	18,0
Ячмень	85,6	12	2,4	14,3	2,8	0,9	18,0
Овес	82	12	6,0	13,7	2,8	2,3	18,7
Кукуруза	84	11	5,0	14,0	2,5	2,0	18,5
Просо	83,5	12	4,5	14,0	2,8	1,7	18,5
Сорго	88	10	2,0	14,7	2,3	0,8	17,8
Рис	91	7	2,0	15,1	1,8	0,8	17,7
Гречиха	84	13	3,0	14,0	3,0	1,1	18,1
Семена зерновых бобовых культур							
Горох посевной	74	24	2,0	12,4	5,5	0,8	18,7
Горох полевой	77	21	2,0	12,9	4,8	0,8	18,5
Соя	42	40	18,0	7,0	9,2	6,8	23,0
Фасоль	67	30	3,0	11,2	6,9	1,1	19,2
Чечевица	65	30	5,0	10,9	6,9	1,2	19,0
Бобы кормовые	70	28	2,0	11,7	6,4	0,8	18,9
Нут	75	23	5,0	12,0	5,3	1,9	19,2
Чина посевная	70	28	2,0	11,7	6,4	0,8	18,9
Вика посевная	67	31	2,0	11,2	7,1	0,8	19,1
Люпин белый	52	38	10,0	8,7	8,7	3,8	21,2
Люпин желтый	51	42	7,0	8,5	9,7	2,6	20,8
Люпин узколистый	58	36	6,0	9,7	8,3	2,3	20,3
Побочная продукция, естественная влажность							
Солома мягликовых	82	1	—	13,7	0,2	—	13,9
Солома гречихи	81	2	—	13,5	0,5	—	14,0
Стебли зернобобовых	77	5	—	12,9	1,2	—	14,1
Листья корнеплодов	21	2	—	3,5	0,5	—	4,0
Полова, мякина	80	3	—	13,3	0,7	—	14,0
Корнеплоды и клубнеплоды, сырая масса							
Свекла сахарная	25	2	0,1	4,2	0,5	0,1	4,8
Свекла кормовая	23	1,5	0,1	3,9	0,4	0,1	4,4
Брюква	25	2	0,1	4,2	0,5	0,1	4,8
Турнепс	22	1,5	0,1	3,7	0,4	0,1	4,2
Морковь	23	2	0,2	3,9	0,5	0,2	4,6
Картофель	24	2	0,3	4,0	0,5	0,2	4,7
Топинамбур	25	2	0,3	4,2	0,5	0,2	4,9

Таблица 390– Содержание органических веществ и энергии в урожае кормовых культур

Культура	Органические вещества, % сухой массы			Содержание энергии, ГДж/т			
	угле- воды	белки	жиры	угле- воды	белки	жиры	всего
Многолетние бобовые травы в фазе начала цветения							
Клевер луговой	82,5	16	1,5	13,8	3,7	0,6	18,1
Клевер ползучий	78,5	20	1,5	13,1	4,6	0,6	18,3
Люцерна средняя	79,5	19	1,5	13,3	4,4	0,6	18,3
Козлятник восточный	80,5	18	1,5	13,5	4,1	0,6	18,2
Лядвенец рогатый	78,5	20	1,5	13,1	4,6	0,6	18,3
Донник белый	79,5	19	1,5	13,3	4,4	0,6	18,3
Эспарцет	80,5	18	1,5	13,5	4,1	0,6	18,2
Многолетние мятликовые травы в фазе цветения							
Тимофеевка луговая	92	7	1	15,4	1,6	0,4	17,4
Кострец безостый	89	10	1	14,9	2,3	0,4	17,6
Овсяница луговая	90	9	1	15,0	2,1	0,4	17,5
Ежа сборная	87	12	1	14,6	2,8	0,4	17,8
Житняк	90	8	2	15,0	1,8	0,4	17,2
Волоснец сибирский	84	14	2	14,0	3,2	0,8	18,0
Зеленая масса однолетних бобовых в фазе налива семян							
Вика посевная	77	21	2	12,9	4,8	0,8	18,5
Вика мохнатая	79	19	2	13,2	4,4	0,8	18,4
Чина посевная	75	23	2	12,5	5,3	0,8	18,6
Горох посевной	79	19	2	13,2	4,4	0,8	18,4
Горох полевой	79	19	2	13,2	4,4	0,8	18,4
Бобы кормовые	81	17	2	13,6	3,9	0,8	18,3
Соя	76	22	2	12,7	5,1	0,8	18,6
Люпин желтый	77	21	2	12,9	4,8	0,8	18,5
Люпин белый	77	21	2	12,9	4,8	0,8	18,5
Люпин узколистный	82	17	2	13,7	3,9	0,8	18,2
Зеленая масса мятликовых культур в фазе молочного состояния зерна и подсолнечника в фазе цветения							
Рожь	87	12	1	14,6	2,8	0,4	17,8
Овес	88	11	1	14,7	2,5	0,4	17,6
Кукуруза	90	9	1	15,1	2,1	0,4	17,6
Сорго	88	10	2	14,7	2,3	0,4	17,4
Подсолнечник	88	10	2	14,7	2,3	0,4	17,4
Зеленая масса смешанных посевов							
Вика + овес	81	17	2	13,6	3,9	0,8	18,3
Чина + овес	82	17	1	13,7	3,9	0,4	18,0
Горох + овес	83	15	2	13,9	3,5	0,8	18,2
Вика озимая + рожь	83	16	2	13,9	3,7	0,8	18,4
Соя + кукуруза	83	15	2	13,9	3,5	0,8	18,2

Таблица 391 – Содержание энергии (L) и коэффициент перевода продукции в сухое вещество, ед. (Ri)

Культура	Коэффициент перевода продукции в сухое вещество	Содержание общей энергии в 1 кг сухого вещества	Содержание общей энергии в 1 кг урожая в натуре (Ri·L), МДж
Пшеница озимая (зерно)	0,86	19,13	16,45
Пшеница яровая мягкая (зерно)	0,86	19,31	16,61
Пшеница яровая твердая (зерно)	0,86	19,49	16,76
Рожь (зерно)	0,86	19,49	16,76
Ячмень (зерно)	0,86	19,13	16,45
Овес (зерно)	0,86	18,80	16,17
Просо (зерно)	0,86	19,70	16,94
Гречиха (зерно)	0,86	19,38	16,67
Рис (зерно)	0,86	18,59	15,99
Фасоль (зерно)	0,86	20,68	17,78
Горох (зерно)	0,86	20,57	17,69
Сорго (зерно)	0,86	18,34	15,77
Кукуруза (зерно)	0,86	17,60	15,14
Кукуруза (зеленая масса)	0,25	16,39	4,10
Хлопчатник (волокно)	0,76	19,81	15,06
Хлопчатник (семена)	0,86	21,00	18,06
Лен–долгунец (волокно)	0,89	20,24	18,01
Лен–долгунец (семена)	0,88	23,50	20,68
Сахарная свекла	0,14	18,26	2,56
Подсолнечник (семена)	0,92	19,38	17,83
Подсолнечник (зеленая масса)	0,25	16,80	4,20
Соя (зерно)	0,88	20,57	18,10
Картофель	0,20	18,29	3,66
Бахчевые	0,11	14,90	1,64
Овощные	0,10	14,36	1,44
Кормовые корнеплоды	0,25	16,39	4,10
Многолетние травы (сено)	0,20	18,91	3,78
Люцерна на сено	0,25	21,83	5,46
Однолетние травы на сено	0,20	16,39	3,28
Лугопастбищные травы (в пересчете на сено)	0,20	16,19	3,24
Зернофуражные культуры на зеленый корм (в пересчете на сено)	0,30	15,40	4,62
Табак (махорка)	0,45	20,20	9,09
Конопля (волокно)	0,90	19,60	17,64
Конопля (семена)	0,88	21,00	18,48

* Приводится при условной стандартной влажности на основании государственных стандартов на качество продукции (технические требования).

Основными критериями оценки энергетической эффективности являются:

- чистый энергетический доход, определяемый как разница между содержанием энергии в урожае и общими затратами на возделывание культуры;
- коэффициент энергетической эффективности – отношение чистого дохода к энергозатратам;

– биоэнергетический коэффициент (КПД) посева – отношение полученной с урожаем энергии к затраченной;
 – энергетическая себестоимость продукции – затраты энергии на единицу урожая.

Количество энергии, накопленной в основной сельскохозяйственной продукции, полученной от применения минеральных удобрений, определяется по формуле:

$$V_{10} = Y_{п} \cdot R_i \cdot L \cdot 100,$$

где: V_{10} – содержание энергии в основной (хозяйственно-ценной) продукции, МДж;
 $Y_{п}$ – урожайности основной продукции от применения удобрений, МДж;
 R_i – коэффициент перевода единицы сельскохозяйственной продукции в сухое вещество;
 L – содержание общей энергии в 1 кг сухого вещества основной продукции, МДж;
 100 – коэффициент перевода ц в кг.

В совокупных энергозатратах на осуществление технологического процесса минеральные удобрения в расчете на 1 кг д. в. оцениваются следующим количеством энергии (МДж): азотные – 86,6 (a_N), фосфорные (a_P) – 12,6, калийные (a_K) – 8,3; навоз (80 % влажности) – 0,42 (таблица 22).

Таблица 392 – Энергетический КПД (энергоотдача) применения удобрений и энергозатраты на 1 ц прибавки урожая основной продукции

Культура, норма минеральных удобрений	Энергетический КПД применения удобрений, ед.			Энергозатраты на 1 ц прибавки урожая основной продукции, МДж
	основной продукции	наземной массы	биологический	
Озимая пшеница, $N_{78}P_{72}K_{56}$	1,54	3,34	4,47	1063
Озимая рожь, $N_{85}P_{75}K_{67}$	1,49	4,47	5,12	1128
Яровая пшеница, $N_{60}P_{65}K_{38}$	1,29	2,97	3,44	1292
Яровой ячмень, $N_{78}P_{72}K_{61}$	1,76	3,70	4,31	939
Овес, $N_{81}P_{79}K_{63}$	1,62	3,80	4,38	1002
Кукуруза на зерно, $N_{81}P_{81}K_{56}$	1,87	4,49	5,06	805
Картофель, $N_{109}P_{98}K_{109}$	2,20	3,96	4,40	166
Сахарная свекла, $N_{110}P_{123}K_{119}$	1,95	3,46	2,74	131
Лен–долгунец (волокно), $N_{45}P_{80}K_{86}$	1,27	1,53	2,09	2478
Хлопчатник (хлопок–сырец), $N_{229}P_{157}K_{79}$	0,86	3,71	4,08	1804
Подсолнечник на семена, $N_{42}P_{58}K_{32}$	1,32	8,33	9,14	1318

Наименьшая энергетическая ценность наблюдается у азотных удобрений, что связано с более высокими энергозатратами на их производство по сравнению с фосфорными и калийными удобрениями.

Энергетические затраты (A_0) на применение минеральных удобрений определяются по формуле:

$$A_0 = (H_N \cdot a_N) + (H_P \cdot a_P) + (H_K \cdot a_K),$$

где: H_N, H_P, H_K – соответственно фактическая норма внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений, кг/га д. в.;
 a_N, a_P, a_K – энергетические затраты в расчете на 1 кг д. в. азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Энергетическая эффективность (энергоотдача или биоэнергетический КПД) применения минеральных удобрений (η) определяется по формуле:

$$\eta = \frac{V_f}{A_0},$$

где: V_f — количество энергии, полученной в прибавке основной продукции от минеральных удобрений, МДж;

A_0 — энергезатраты на применение удобрений, МДж.

Вопросы для самоконтроля

1. С какой целью проводят экономическую и энергетическую оценку эффективности применения агрохимических средств?
2. Какие показатели характеризуют экономическую эффективность?

ЛИТЕРАТУРА

1. Ачканов А.Я. Эффективное применение удобрений на Северном Кавказе / А.Я. Ачканов, Ю.В. Хомутов, Э.К. Эйсерт. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 160 с.
2. Бирюкова О.А. Оперативная диагностика питания растений / О.А. Бирюкова, И.И. Ельников, В.С. Крыщенко. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2010. – 168 с.
3. Вальков В.Ф. Почвенно-экологические аспекты растениеводства / В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Р.В. Кузнецов. – Ростов-на-Дону: «Ростиздат», 2007. – 391 с.
4. Войтович Н.В. Плодородие почв Нечерноземной зоны и его моделирование / Н.В. Войтович. – М.: Колос, 1997. – 388 с.
5. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – М.: Наука, 1981. – 267 с.
6. Гамзиков Г.П. Баланс и превращение азота удобрений / Г.П. Гамзиков, Г.И. Кострик, В.Н. Емельянова. – Новосибирск: Наука, 1985. – 161 с.
7. Ермохин Ю.И. Диагностика питания растений / Ю.И. Ермохин. – Омск: Омск-ГАУ, 1995. – 208 с.
8. Ефимов В.Н. Система удобрения / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.Л. Царенко. – М.: Колос, 2003. – 320 с.
9. Завалин А.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней / А.А. Завалин, О.А. Соколов. – М.: ВНИИА, 2016. – 591 с.
10. Кидин В.В. Агрохимия / В.В. Кидин, С.П. Торшин. – М.: «Проспект», 2015. – 608 с.
11. Кидин В.В. Система удобрения / В.В. Кидин. – М.: РГАУ-МСХА, 2012. – 534 с.
12. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2010. – 687 с.
13. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2011. – 443 с.
14. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 366 с.
15. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В.Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 216 с.
16. Лебедева Л.А. Научные принципы системы удобрения с основами экологической агрохимии / Л.А. Лебедева, Н.Л. Едемская. – М.: МГУ, 2005. – 320 с.

17. Минеев В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. М.: МГУ–КолосС, 2004. – 720 с.
18. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1984. – 245 с.
19. Муравин Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин, Л.В. Ромодина, В.А. Литвинский. – М.: «Академия», 2014. – 304 с.
20. Осипов А.И. Роль азота в плодородии почв и питании растений / А.И. Осипов, О.А. Соколов. – Санкт-Петербург, 2001. – 160 с.
21. Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
22. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения. Т. 1. Агрохимия / Д.Н. Прянишников. – М.: Колос, 1965. – 768 с.
23. Сычев В.Г. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность минеральных удобрений / В.Г. Сычев, С.А. Шафран. – М.: ВНИИА, 2012. – 200 с.
24. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В.Г. Сычев. – М.: ЦИНАО, 2003. – 228 с.
25. Шеуджен А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: полиграф-ЮГ, 2013. – 572 с.
26. Шеуджен А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп: «Афиша», 2006. – 1075 с.
27. Шеуджен А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, Часть 1. Методология и история агрохимии, 2011. – 1278 с. Часть 2. Методика агрохимических исследований, 2015. – 703 с. Часть 3. Экспериментальная агрохимия, 2016. – 755 с. Часть 4. Фундаментальная агрохимия, 2016. – 522 с.
28. Шеуджен А.Х. Теория и практика применения микро- и ультрамикроудобрений в рисоводстве / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2016. – 380 с.
29. Юлушев И.Г. Почвенно-агрохимические основы адаптивно-ландшафтной организации систем земледелия Вятско-Камской земледельческой провинции / И.Г. Юлушев. – М.: Академический проект, 2005. – 368 с.
30. Ягодин Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Колос, 2002. – 584 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. АГРОХИМИЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ.....	9
1.1. История развития учения о плодородии почвы	9
1.2. Требования растений к плодородию почвы	11
1.3. Виды плодородия почв	11
1.4. Показатели плодородия почв	13
1.5. Факторы, лимитирующие плодородие и приемы его повышения	13
1.6. Мероприятия по управлению плодородием почвы	19
Вопросы для самоконтроля.....	19
2. УДОБРЕНИЯ: СВОЙСТВА, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРИМЕНЕНИЕ.....	20
2.1. Классификация, ассортимент и свойства удобрений	20
2.2. Минеральные удобрения	27
2.2.1. Макроудобрения	27
2.2.1.1. Азотные удобрения	27
2.2.1.1.1. Нитратные удобрения	30
2.2.1.1.2. Аммонийные удобрения	33
2.2.1.1.3. Аммонийно-нитратные удобрения	38
2.2.1.1.4. Амидные удобрения	41
2.2.1.1.4.1. Легкорастворимые удобрения	41
2.2.1.1.4.2. Слаборастворимые удобрения	43
2.2.1.1.4.3. Труднорастворимые (медленнодействующие) удобрения.....	44
2.2.1.1.5. Аммиачные удобрения.....	47
2.2.1.1.6. Карбамид-аммонийно-нитратные удобрения	49
2.2.1.2. Фосфорные удобрения	51
2.2.1.2.1. Водорастворимые фосфорные удобрения.....	53
2.2.1.2.2. Цитратно- и лимоннорастворимые фосфорные удобрения	58
2.2.1.2.3. Труднорастворимые фосфорные удобрения	64
2.2.1.3. Калийные удобрения	67
2.2.1.3.1. Простые калийные удобрения.....	68
2.2.1.3.2. Концентрированные калийные удобрения.....	70
2.2.1.4. Кремниевые удобрения	73
2.2.1.5. Углеродные удобрения	76
2.2.2. Мезоудобрения.....	77
2.2.2.1. Железные удобрения	77
2.2.2.2. Кальциевые удобрения.....	80
2.2.2.3. Магниевые удобрения	85
2.2.2.3.1. Простые магниевые удобрения	89
2.2.2.3.2. Сложные магниевые удобрения	90
2.2.2.4. Серные удобрения	92
2.2.3. Микроудобрения	97
2.2.3.1. Борные удобрения	101
2.2.3.2. Марганцевые удобрения	103
2.2.3.3. Кобальтовые удобрения	104
2.2.3.4. Медные удобрения	105
2.2.3.5. Молибденовые удобрения	107
2.2.3.6. Цинковые удобрения.....	108
2.2.4. Комплексные удобрения	109
2.2.4.1. Сложные удобрения	111
2.2.4.2. Комбинированные удобрения	118
2.2.4.3. Смешанные удобрения.....	127
2.3. Органические удобрения	132

2.3.1. Навоз	134
2.3.1.1. Подстилочный навоз	134
2.3.1.2. Бесподстилочный навоз	147
2.3.1.3. Навозная жижа	153
2.3.2. Птичий помет	154
2.3.3. Фекалии	161
2.3.4. Озерные отложения	163
2.3.5. Торф и торфяные компосты	166
2.3.6. Солома, пожнивные и корневые остатки	184
2.3.6.1. Солома	184
2.3.6.2. Пожнивные и корневые остатки	188
2.3.7. Зеленое удобрение	189
2.3.8. Органические удобрения на основе промышленных и коммунальных отходов	201
2.3.8.1. Сточные воды	201
2.3.8.2. Осадки сточных вод	207
2.3.8.3. Промышленные и бытовые отходы	212
2.3.9. Биогумус	216
2.3.9.1. Роль червей в формировании и воспроизводстве плодородия почв	216
2.3.9.2. Химический состав и свойства биогумуса	225
2.3.9.3. Биогумус как удобрение	226
Вопросы для самоконтроля	228
3. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ	230
3.1. Известкование почв	230
3.2. Гипсование почв	247
Вопросы для самоконтроля	256
4. ФИЗИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ	257
4.1. Цеолиты, бактериальные препараты и регуляторы роста растений	257
4.1.1. Цеолиты	257
4.1.2. Бактериальные препараты	262
4.1.3. Регуляторы роста растений и поликомпонентные удобрения	267
4.1.4. Гуминовые удобрения и гуминовые препараты	320
4.1.5. Биоудобрения	324
4.1.6. Почвенные грунты и сорбенты	325
4.2. Дефолиация, десикация и сеникация	329
4.2.1. Дефолиация	330
4.2.2. Десикация	333
4.2.3. Сеникация	339
4.3. Ингибиторы нитрификации	343
Вопросы для самоконтроля	351
5. ДИАГНОСТИКА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В УДОБРЕНИЯХ	352
5.1. Понятие о потребности в удобрениях	352
5.2. Диагностика питания растений	353
5.2.1. Растительная диагностика	354
5.2.1.1. Визуальная диагностика	354
5.2.1.2. Биометрическая диагностика	358
5.2.1.3. Химическая диагностика	359
5.2.1.3.1. Листовая диагностика	359
5.2.1.3.2. Тканевая диагностика	361
5.2.1.4. Функциональная диагностика	362
5.2.2. Почвенная диагностика	362
5.3. Определение норм удобрений	367

5.3.1. Определение норм удобрений на основе прямого использования результатов полевых опытов и агрохимических картограмм.....	367
5.3.2. Расчетные методы определения норм удобрений.....	372
Вопросы для самоконтроля.....	378
6. СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ.....	379
6.1. Севооборот - основа экологизации земледелия и рациональной системы удобрения.....	379
6.2. Понятие, цель и задачи системы удобрения.....	386
6.3. Географические закономерности действия удобрений.....	398
6.3.1. Нечерноземная зона.....	400
6.3.2. Центрально-Черноземная зона.....	409
6.3.3. Поволжье.....	414
6.3.4. Сибирь.....	419
6.3.5. Дальний Восток.....	424
6.3.6. Северный Кавказ.....	427
6.3.7. Особенности применения удобрений в Краснодарском крае.....	446
6.4. Питание и удобрение сельскохозяйственных культур.....	466
6.4.1. Зерновые культуры.....	466
Кукуруза.....	466
Овес.....	475
Пшеница озимая.....	479
Пшеница яровая.....	503
Рожь.....	509
Ячмень озимый.....	516
Ячмень яровой.....	519
6.4.2. Крупаыные культуры.....	523
Гречиха.....	523
Просо.....	532
Рис.....	537
Сорго.....	552
6.4.3. Зерновые бобовые культуры.....	554
Бобы.....	554
Горох.....	556
Люпин.....	560
Нут.....	563
Соя.....	565
Фасоль.....	572
Чечевица.....	575
Чина.....	575
6.4.4. Масличные культуры.....	576
Арахис.....	576
Горчица.....	577
Клещевина.....	578
Кунжут.....	579
Лен масличный.....	580
Ляллеманция.....	582
Мак масличный.....	582
Перилла (Судза).....	582
Подсолнечник.....	583
Рапс.....	588
Рыжик.....	592
Сафлор.....	592
6.4.5. Эфиромасличные культуры и хмель.....	593
Анис.....	593
Базильник евгенольный.....	594
Кориандр.....	594

	Мята перечная	596
	Роза эфиромасличная	597
	Тмин	598
	Фенхель	599
	Хмель	599
	Шалфей мускатный	601
6.4.6.	Прядильные культуры	603
	Хлопчатник	603
	Лен-долгунец	609
	Конопля	616
	Джут	621
	Кенаф	621
6.4.7.	Сахароносные культуры	622
	Свекла сахарная	622
	Сахарный тростник	629
6.4.8.	Клубненосные культуры	632
	Картофель	632
	Топинамбур	643
6.4.9.	Наркотические и стимулирующие растения	643
	Махорка (тютюн)	643
	Табак	644
	Чай	648
6.4.10.	Кормовые культуры	652
6.4.10.1.	Многолетние бобовые травы	652
	Донник	652
	Клевер	654
	Козлятник восточный	658
	Люцерна	659
	Лядвенец рогатый	661
	Эспарцет	662
6.4.10.2.	Многолетние злаковые травы	664
	Волоснец сибирский	664
	Ежа сборная	664
	Житняк	664
	Костер безостый	665
	Лисохвост луговой	666
	Овсяница луговая	666
	Пырей бескорневищный	667
	Райграс высокий	667
	Тимофеевка луговая	667
6.4.10.3.	Однолетние кормовые бобовые травы	669
	Вика	669
	Люпин	670
	Пелюшка	672
	Сераделла	672
6.4.10.4.	Однолетние кормовые злаковые травы	673
	Могар	673
	Суданская трава	673
6.4.10.5.	Зернофуражные культуры	674
6.4.10.6.	Силосные культуры	677
6.4.10.7.	Бахчевые кормовые культуры	682
	Арбуз кормовой	682
	Кабачки	682
	Тыква кормовая	682
6.4.10.8.	Кормовые корнеплоды, клубнеплоды и листовые	682
	Брюква	682
	Морковь кормовая	683

Свекла кормовая.....	684
Турнепс	687
Капуста кормовая.....	687
6.4.10.9. Удобрения сенокосов и пастбищ.....	688
6.4.11. Овощные культуры	698
6.4.11.1. Крестоцветные	698
Капуста	698
Брюква	702
Репа	703
Редис	703
Редька	704
Катран	704
Хрен	705
Кресс-салат	705
6.4.11.2. Зонтичные.....	705
Морковь	705
Пастернак	707
Петрушка	707
Сельдерей	708
Укроп	708
6.4.11.3. Маревые.....	709
Свекла столовая.....	709
Шпинат	710
6.4.11.4. Гречишные	712
Ревень	712
Щавель	712
6.4.11.5. Сложноцветные.....	712
Артишок	712
Салат	713
Эстрагон	713
Спаржа	714
Лук	714
Чеснок	718
6.4.11.6. Злаковые	719
Кукуруза сахарная.....	719
6.4.11.7. Бобовые	720
Горох овощной	720
Бобы овощные	721
Фасоль овощная.....	721
6.4.11.8. Пасленовые	721
Баклажан	721
Перец	722
Томат	723
Физалис	726
6.4.11.9. Тыквенные.....	727
Арбуз	727
Дыня	728
Огурец	729
Тыква	731
6.4.12. Плодовые культуры	732
6.4.13. Ягодные культуры.....	748
6.4.14. Субтропические культуры	761
6.4.15. Цветочные культуры.....	765
6.4.15.1. Подготовка почвенного грунта для посадки цветочных культур	765
6.4.15.2. Удобрение цветочных культур.....	768

6.4.16. Лесные питомники и плантации	798
6.4.16.1. Применение удобрений в лесных питомниках	798
6.4.16.2. Применение удобрений в лесных культурах, на лесосеменных плантациях и постоянных лесных участках	799
6.4.17. Водоемы и рисовые оросительные системы для выращивания рыбы.....	800
Вопросы для самоконтроля.....	802
7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ	803
7.1. Технология применения твердых минеральных удобрений.....	804
7.2. Технология применения жидких минеральных удобрений.....	808
7.2.1. Применение водного аммиака	810
7.2.2. Применение жидкого (безводного) аммиака	811
7.2.3. Применение жидких комплексных удобрений	812
7.3. Технология работ по известкованию кислых почв и гипсованию солонцов.....	814
7.4. Технология применения органических удобрений	815
7.4.1. Технологии внесения твердых удобрений.....	816
7.4.2. Технология применения жидких органических удобрений	818
7.5. Машины для применения удобрений	820
7.6. Требования к технологическим процессам использования органических удобрений	822
7.7. Применение птичьего помета.....	822
7.8. Технология применения удобрений с поливной водой	823
7.9. Дифференцированное внесение удобрений	825
Вопросы для самоконтроля	828
8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ ПРИ РАБОТЕ С УДОБРЕНИЯМИ.....	829
8.1. Минеральные удобрения	829
8.2. Санитарно-гигиенические требования при внесении минеральных удобрений с поливной водой	832
8.3. Органические удобрения	833
8.3.1. Особенности техники безопасности при работе с машинами для внесения подстилочного навоза	834
8.3.2. Техника безопасности и производственная санитария при работе с бесподстилочным навозом	835
8.3.3. Техника безопасности и охрана труда при производстве и применении пометных удобрений	838
8.3.4. Техника безопасности при применении пестицидов и агрохимикатов в черте населенных пунктов.....	839
Вопросы для самоконтроля	840
9. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	841
9.1. Экономическая эффективность применения агрохимических средств	841
9.2. Энергетическая оценка применения агрохимических средств	844
Вопросы для самоконтроля	851
ЛИТЕРАТУРА.....	851

Учебное издание

Асхад Хазретович Шеуджен

АГРОХИМИЯ
Часть 5.
ПРИКЛАДНАЯ АГРОХИМИЯ

Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение»

Подписано в печать 12.05.2017 г. Формат бумаги 70×108/16.
Бумага офсетная. Гарнитура таймс. Усл. печ. л. 75,25. Заказ № 079. Тираж 1000.
Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Полиграф–Юг».
г. Майкоп, ул. Пионерская, 268, т. 52-23-92