

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

Б. И. Тарасенко, С. И. Лучинский, Р. В. Кравченко

УПРАВЛЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИМИ
СВОЙСТВАМИ ПОЧВЫ

Учебное пособие

Краснодар
КубГАУ
2021

УДК 631.412
ББК 41.4
Л87

Рецензенты:

С. В. Гончаров – д-р биол. наук, профессор
(Кубанский государственный аграрный университет);

С. В. Зеленцов – д-р с.-х. наук
(Всероссийский НИИ масличных культур
им. В. С. Пустовойта)

Лучинский С. И.

Л78 Управление агрофизическими свойствами почвы : учеб.
пособие / Б. И. Тарасенко, С. И. Лучинский, Р. В. Кравченко.
– Краснодар : КубГАУ, 2021. – 106 с.

ISBN

Учебное пособие содержит теоретический материал о наиболее важных процессах, влияющих на агрофизические свойства почвы, а также о возможных путях их регулирования. Кроме того, в пособии представлена краткая история развития учения о физике почв, приведен словарь необходимых терминов.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 «Земледелие», а также для преподавателей и специалистов в отрасли сельского хозяйства.

УДК 631.412
ББК 41.4

© Тарасенко Б. И.
Лучинский С. И., Кравченко Р. В.
© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилина», 2021

ISBN

ВВЕДЕНИЕ

Управление физическими свойствами почвы – раздел общего земледелия, в котором изучаются физические свойства почвы, протекающие в ней физические процессы, а также способы их регулирования.

Почва, как физическое тело, представляет собой полидисперсную гетерогенную систему, состоящую в основном из минеральных частиц различной величины и минералогического и химического состава. Между этими частицами образуются пустоты (поры), заполненные почвенным раствором или почвенным воздухом.

Почвы, благодаря своей дисперсности, обладают большой поверхностью и значительной поверхностной энергией. Это обеспечивает проявление процессов обмена между твердой и жидкой фазами почвы. Интенсивность протекания процессов в почве зависит от ее агрофизических свойств.

Знание физических свойств почв и грунтов важно при оценке их как строительного фундамента, санитарного состояния. В настоящее время изучению физических свойств почвы уделяется большое внимание как в стационарных условиях, так и в производственных.

В учебном пособии содержатся теоретические материалы, раскрывающие фазовый состав почвы, особенности почвы как физического тела, основные физические свойства почв, их взаимосвязь, пути рационального их использования и мероприятия по их регулированию. Изучение представленной в пособии информации позволит обучающимся освоить общепрофессиональные компетенции, овладеть способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

Кроме того, студенты изучат приемы управления агрофизическими свойствами почв и рационального использования биологических ресурсов на основе теоретико-методологических основ системного исследования плодородия, а также овладеют методами диагностики почвообразовательного процесса, системного исследования почв в агроэкосистемах, устойчивости почв к антропогенному воздействию.

1 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕНИЯ О ФИЗИКЕ ПОЧВ

Научная дисциплина «Физика почвы» зарождалась и развивалась в тесном содружестве с развитием земледелия. Эта дисциплина была нацелена, прежде всего, на разработку научных основ создания наиболее благоприятных условий для выращивания сельскохозяйственных растений.

Основоположителем изучения физических свойств почв считается выдающийся русский агроном И. М. Комов (1750–1792). В своей знаменитой книге «О земледелии», изданной в 1788 г. в Петербурге, он писал, что «само земледелие не что иное, как часть опытной физики». Комов одним из первых сформулировал принципы изучения гранулометрического состава почв, указав на возможность разделения их на фракции «глина» и «песок» отмачиванием мелкозема в воде. Он рассматривал вопросы улучшения структуры глинистых почв путем добавления в них извести и песка, а песчаных, наоборот – путем добавления в их состав глины.

Другим исследователем, использовавшим знания о физических свойствах почв в сельском хозяйстве, был профессор МГУ М. Г. Павлов. Первую книгу своего пятитомного издания о ведении сельского хозяйства он озаглавил как «Физические основы земледелия». В ней Павлов дал физическое объяснение используемых в земледелии агротехнических приемов.

Специальную работу по физике почв в связи с их обработкой выполнил профессор Н. И. Железнов. Им был впервые предложен прибор для определения сопротивления почв сдавливанию и расклиниванию.

Первое описание физических свойств почв сделал немецкий ученый Шюблер (1830). Он описал такие физические свойства почв как: плотность твердой фазы, плотность сложения сухой почвы, влагоемкость почвы, скорость испарения воды и поглощения водяного пара, теплота смачивания, прочность, пластичность, вязкость, теплоемкость и теплопроводность почв, степень поглощения солнечной радиации, электропроводность почв. Шюблер доказал, что большое разнообразие показателей физических свойств почв – это отражение единого свойства, как совокупности этих показателей, взаимосвязанных друг с другом. Он объяснил, почему почвы

бывают глинистыми, песчаными, влажными сухими, холодными и теплыми.

Изучением физических свойств почв занимался и известный немецкий ученый Вольни. Однако он изучал физические свойства отдельных фракций, а не целостной, ненарушенной почвы. Вольни основал первый специализированный агрофизический журнал, в котором публиковались специальные статьи о физических свойствах почв.

Физические свойства почв начали изучать системно в период создания науки о почвах. Этому способствовало не только возникновение науки, но и прошедшая в 1891 г. в степных районах России жестокая засуха, вызвавшая страшный голод. Необходимо было понять причины возникновения засух и найти методы ее предупреждения или методы регулирования водного режима почв. Для этого были проведены целенаправленные исследования передовых русских ученых во главе с В. В. Докучаевым. Вопросами изучения физических свойств почв в это время занимались такие известные ученые как П. А. Костычев, А. А. Измаильский, Г. Н. Высоцкий, П. В. Отоцкий.

П. А. Костычев впервые научно обосновал роль органического вещества и катиона кальция в агрегировании почв. Н. М. Сибирцев первый предложил классификацию механического (гранулометрического) состава почв. Изучением различных физических свойств почв занимались также В. Р. Вильямс, П. С. Коссович, А. Ф. Лебедев, А. Г. Дояренко, Н. А. Качинский.

А. Ф. Лебедев развил представления о существовании в почве двух форм конденсации парообразной воды: молекулярной (адсорбционной) и термической. Он также ввел понятия о пленочной влаге и влиянии поверхностных сил на почвенную воду.

Особо выделяются работы К. К. Гедройца, который провел блестящие исследования по влиянию обменных катионов на дисперсность и структуру почв. Это была первая попытка изучения свойств почв на молекулярно-ионном уровне.

Первым русским агрофизиком по праву считается Алексей Григорьевич Дояренко (1874–1958). Это первый ученый, благодаря которому произошло развитие физики почв как нового научного направления. Это направление привел в систему ученик А. Г. Дояренко – Никодим Антонович Качинский (1894–1976), который ос-

новал и развил уже генетическую агрофизическую школу. Качинским была организована первая кафедра физики почв (1943).

Вопросами изучения почвенной влаги, ее подвижности и доступности для растений занимался С. И. Долгов.

Фундаментальное обобщение по водно-физическим свойствам и водным режимам почв сделал Андрей Алексеевич Роде. Его монография «Основы учения о почвенной влаге» отмечена Государственной премией СССР. В свою очередь, И. Н. Антипов-Каратаев развил учение о почве, как о полидисперсной системе.

Широкую известность в области изучения структуры почвы получили исследования А. Ф. Тюлина, С. А. Захарова, Н. И. Саввинова, П. В. Вершинина, И. Б. Ревута.

В дальнейшем в исследованиях по физике почвы все чаще начинают принимать участие не только почвоведы, но и ученые других специальностей, особенно физики. По инициативе академика А. Ф. Иоффе в 1932 г. в Ленинграде был открыт Физико-агрономический институт.

Существенный вклад в развитие теоретических основ физики почв в XX в. внесли также зарубежные ученые. Одним из них был американский физик Бакингом, предложивший концептуальную основу исследований по физике поведения воды в ненасыщенных влагою почвах. Он ввел понятие «капиллярный потенциал воды в почве» и показал, что силы, влияющие на равновесие и движение воды в почве, носят консервативный характер и поддаются трактовке в скалярных величинах – потенциалах. Второе важное положение его концепции состоит в том, что закон Дарси применим к оценке движения воды в ненасыщенных водой почвах.

Бакингом первый ввел понятие «проводимость» почвы и установил ее зависимость от влажности. Однако эти идеи Бакингема были реализованы позднее в работах Ричардса, Скофильда, Чайлдса и других, спустя 25–30 лет.

Другой американский ученый, физик Бриггс выдвинул концепцию о существовании воды в почве в виде качественно различных форм и категорий. Исследователь Паттен, в свою очередь, заложил теоретические основы процессов переноса тепла в почвах и теплофизических свойств почв.

Процесс познания физических свойств почв в почвоведении сейчас развивается не менее интенсивно, чем в предыдущие перио-

ды. Это научное направление оформилось в самостоятельную научную дисциплину «Физика почв», как раздел фундаментальной науки «Почвоведение». Современное направление в «Физике почв» акцентирует свое внимание на разработке математических моделей переноса масс веществ в почвенном профиле, особенно воды и солевых растворов. Это направление развивается в Московском государственном университете Е. В. Шеиным. Также большой вклад в развитие «Физики почв» внесли русские почвоведы А. Д. Воронин, В. П. Панфилов.

Как природное физическое тело почва является самостоятельным природным материальным телом. Она обладает всеми свойствами, составом, внешним обликом, габаритами (размером), как и другие материальные тела. Почва имеет разный состав (минералогический, гранулометрический, химический), а также обладает разными свойствами (физическими, химическими, водными, воздушными).

Внешний облик почвы выражен в ее морфологии, а именно – в окраске генетических горизонтов, их сложении и мощности.

Габариты почвы имеют трехмерный размер: по вертикали (мощность генетических горизонтов и всего почвенного профиля), по горизонтали (размеры педона или почвенного индивидуума).

Основной особенностью почвенной системы является ее способность находиться в состоянии постоянного динамического развития. Почва непрерывно развивается в направлении от простого к сложному. Это выражается в увеличении количества генетических горизонтов, а также в усложнении их состава и свойств.

Развитие почвы и есть ее функционирование, функционирование почвенной системы. Выражается это в виде взаимодействия всех почвенных фаз.

Взаимодействие почвенных фаз проявляется в виде физических и химических процессов, процессов обмена веществом и энергией между всеми фазами.

Степень проявления этих процессов, как и количественные отношения между почвенными фазами, обуславливается экологическими условиями. В пространстве педосферы экологические условия многообразны, что и приводит к формированию большого разнообразия почвенных профилей в виде типов, подтипов и т. д.

При этом во всех случаях процессы взаимодействия почвенных фаз идут по одной общей схеме. Всю совокупность этих процессов для удобства изучения разделяют на процессы химические и физические. Химические процессы изучает научная дисциплина «химия почв», а физические – «физика почв».

Контрольные вопросы

1. Становление науки «Почвоведение» и ее раздела «Агрофизические свойства почв».
2. Основоположники науки «Почвоведение» и раздела «Агрофизика почв».
3. Важнейшие элементы почвенного плодородия.
4. Значение трудов крупнейших ученых в становлении науки «Физика почв».

2 АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

2.1 Гранулометрический состав почвы

Почва состоит из твердой, жидкой, газообразной и живой частей. Их удельный вес не одинаков как в разных почвах, так и в различных слоях одной и той же почвы. Так, содержания органического вещества и живых организмов снижается от верхних горизонтов к нижним, а компоненты материнской породы и их интенсивность преобразования увеличиваются от нижних к верхним.

В формировании почвы принимают участие три основных типа горных пород:

- магматические – образовались путем охлаждения и затвердения магмы в толще земной коры или путем охлаждения и затвердения лавы, излившейся на поверхность Земли при вулканических извержениях;

- метаморфические – образовались в глубинных зонах Земли из осадочных и магматических пород путем перекристаллизации под воздействием высокого давления, температуры, горячих вод и газов;

- осадочные – представляют собой продукты механического и химического выветривания магматических и метаморфических пород. Формируются на дне океанов, морей, озер, болот и на поверхности суши.

Все три типа горных пород подвергаются воздействию климата и живых организмов, что приводит к их изменению, образованием вторичных минералов, перераспределением химических элементов. Такой процесс называют выветриванием.

Твердая часть почвы в значительной степени состоит из минерального вещества. Первичными минералами являются полевой шпат, кварц, слюда, роговые обманки. Рыхлость сложения почвам придают полидисперсный состав этой части почвы, который включает частицы разного размера (от коллоидов почвы, величина которых составляет доли *мк*, до обломков диаметром в несколько *см*). Частицы менее 1 мм называются мелкоземом, а более 1 мм – скелетом почвы. Основная масса почвы состоит из мелкозема – частиц менее 1 мм. Относительное содержание в почве частиц раз-

личной величины, объединенных в группы (фракции), определяет гранулометрический состав почвы.

Почвы по гранулометрическому составу разделяют на группы (разновидности) в зависимости от соотношения физического песка (крупнее 0,01 мм) и физической глины (частиц мельче 0,01 мм): песок рыхлый и связный, супесь, суглинок легкий и средний, глина легкая, средняя и тяжелая. Более подробное деление проводят по преобладанию среди частиц гравия, песка, крупной пыли, пыли и ила. В России чаще применяют классификацию почв по гранулометрическому составу, предложенную Н. А. Качинским.

Но в природе нет почв, которые бы состояли из частиц одного диаметра. Если взять килограмм любой почвообразующей породы, например, суглинистой, и попробовать рассортировать на составные части по размеру частиц, то окажется, что даже самые однородные лессовидные породы состоят из целого набора фракций разной крупности.

Таблица 1 – Классификация почвенных частиц

Размеры частиц, (мм)	Наименование фракции
> 3	Камни
3–1	Гравий
1–0,5	Песок «крупный»
0,5–0,25	«средний»
0,25–0,05	«мелкий»
0,05–0,01	Пыль «крупная»
0,01–0,005	«средняя»
0,005–0,001	«мелкая»
0,001–0,0005	Ил «грубый»
0,0005–0,0001	«тонкий»
< 0,0001	Коллоиды

Такая сортировка обычно производится в лаборатории при исследовании почвы. Сначала, если в почве присутствуют крупные частицы, производят ее рассев на ситах с разным диаметром отверстий. Если нет камней, то рассев ведут на ситах с отверстиями от 0,25 до 1,0 мм, а если есть камни, то добавляют сита от 3,0 до 5,0 иногда и до 10,0 мм. При этом на каждом сите остаются фракции размером больше, чем его отверстия, но меньше верхнего сита. Каждую фракцию взвешивают отдельно и определяют ее процент-

ное содержание в почве. Фракции частиц мельче 0,25 мм разделяют по специальной методике, используя свойство более крупных частиц быстрее осаждаться в воде, чем мелких.

В домашних условиях на ощупь можно быстро и довольно точно определить механический состав вашей почвы (правильнее говорить – гранулометрический состав – процент содержание каждой фракции от веса образца почвы).

Камни, гравий и песок легко различаются на вид и на ощупь.

Глина, как и песок, довольно легко отличается на вид и особенно на ощупь. Глина – своей пластичностью во влажном виде, а песок – крупинками и сыпучестью в сухом виде.

Песчаная фракция (физический песок), в которую входят частицы крупнее 0,01 мм, не обеспечивает необходимый для жизни растений запасом влаги. Частицы песка имеют низкую влагоемкость, но хорошо фильтруют воду, обеспечивая хорошую водопроницаемость такой почвы. Почвы, содержащие много песчаной фракции, хорошо дренированы, не переувлажняются, всегда обеспечены воздухом.

Фракции пыли и ила (физическая глина), в которую вошли частицы размером менее 0,01 мм, обладают большей влагоемкостью, и поэтому отличаются более водонакопляющими и водозадерживающими свойствами. Почвы, содержащие относительно большое количество фракции физической глины, более влагоемки, но менее водопроницаемы, чем песчаные. Воздушный режим этой фракции хуже, чем песчаных почвах.

Почвы, обладающие оптимальными водно-воздушными режимами, содержат все фракции гранулометрического состава в определенных соотношениях.

Как правило, в большинстве почв (кроме горных, щебнистых) преобладает фракция мелкозема (менее 1 мм).

Соотношение фракций «физический песок» и «физическая глина» положено в основу принципа оценки гранулометрического состава почвы. На этом принципе построена и классификация гранулометрического состава почв. Следует иметь в виду, что разные почвы имеют разный гранулометрический состав. У них соотношение между фракциями может изменяться в различных пределах: то с преобладанием фракции физического песка (супесчаные, песчаные почвы), то с преобладанием фракции физи-

ческой глины (суглинки, глины). Линия такого раздела фракций на физический песок и физическую глину обусловлена их разной степенью активности участия в протекающих процессах обмена, поглощения и т. п. Наиболее важным показателем в гранулометрическом составе почв, отражающим их активность в поглощении веществ и их обмене, является количественное наличие в них фракции $> 0,001$ мм. Чем больше этой фракции в гранулометрическом составе почв, тем сильнее в них выражены такие их свойства, как емкость поглощения, активность обмена, пластичность, липкость и т. п.

В зависимости от доли частиц осадочных пород того или иного размера, на которых формируются почвы, они получают свое название:

- каменистые;
- гравелистые;
- песчаные;
- супесчаные;
- суглинистые;
- глинистые.

Контрольные вопросы

1. Какие горные породы принимают участие в формировании почвы?
2. С диаметра каких частиц состоит основная масса почвы, и как их принято называть?
3. Как называется фракция, в которую входят частицы крупнее $0,01$ мм?
4. Как называется фракция, в которую входят частицы мельче $0,01$ мм?
5. Что положено в основу принципа оценки гранулометрического состава почв?

2.2 Строения пахотного слоя почвы

Твердые частицы в естественном залегании заполняют не весь объем почвенной массы, а лишь некоторую его часть; другую часть составляют поры – промежутки различного размера и формы между частицами и их агрегатами, которая называется скважностью.

Для характеристики почвы используется понятие строение пахотного слоя, т. е. той части, на которую воздействует человек. Сложение почвы – это характер «упаковки» почвенных агрегатов и отдельных гранул с образовавшимися между ними пустотами. Характер и объем таких пустот являются показателями наличия в почве капиллярной и некапиллярной порозности, в которой может находиться вода или воздух. Сложение почвы отражает водно-воздушные ее свойства. Сложение почвы обычно выражают через величину объемной массы.

Это понятие было введено основателем агрофизического направления, профессором А. Г. Дояренко, который дал следующее определение: «Строение почвы – это соотношение объемов твердой фазы и различных видов пор, которые характеризуют не только степень плотности или рыхлости почвы, но и характер ее порозности. Строение почвы характеризует общая скважность или плотность, а также соотношение между капиллярной и некапиллярной скважностью».

Скважность (пористость) – это суммарный объем пор между частицами твердой фазы (объем всех промежутков), выражается отношением объема пор к объему твердой фазы почвы. В отличие от пористого сложения почвы или от пористости горных пород или других тел скважность почвы нередко называют порозностью.

Пористость, или скважность почвы – свойство, отражающее величину суммарного количества пор (скважин) в определенном ее объеме. Величина пористости выражается в процентах. Пористость минеральных почв составляет 25–80 %, торфяных – 80–90 %. В зависимости от количества пор в определенном объеме почв различают виды пористости:

- капиллярная;
- некапиллярная;
- аэрации;
- межагрегатная;
- агрегатная.

Величина капиллярной пористости равна объему капилляров, занятых влагой, при наименьшей влагоемкости.

Величина некапиллярной пористости соответствует количеству пор при наименьшей влагоемкости. Сумма величин капиллярной и некапиллярной пористостей составляет общую пористость почвы.

Пористость аэрации отражает количество пор, занятых в данный момент воздухом.

Пористость межагрегатная отражает объем всех полостей, находящихся между почвенными агрегатами.

Пористость агрегатная – это объем пор в отдельном агрегате почвы в отношении к объему агрегата.

Допустимая величина общей скважности для черноземов Краснодарского края должна быть в пределах 50–55 %, при этом величина плотности будет соответствовать 1,2–1,3. Снижение общей скважности ниже оптимальной сопровождается ухудшением условий развития корневой системы культурных растений, ухудшением аэрации почвы и замедление аэробных процессов, в частности процесса нитрификации.

Повышение скважности выше оптимальной сопровождается значительным повышением потерь влаги из почвы через диффузионный механизм.

В период влагонакопления необходимо, чтобы строение пахотного слоя было более рыхлое. Особенно важно, чтобы рыхлым был подпахотный слой почвы. Большая величина некапиллярной скважности в период влагонакопления позволяет уменьшить переувлажнение почвы к весне, обеспечивает продвижение влаги в более глубокие слои почвы. На поверхности почвы не будут образовываться «блюдца».

В агрономическом отношении важно, чтобы почвы располагали большим объемом капиллярных пор, но при этом некапиллярная пористость должна составлять не менее 20–25 % общей пористости.

Общая пористость рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{общ.}} = (1 - d_v / d) \cdot 100,$$

где $P_{\text{общ.}}$ – общая пористость (в объемных процентах); d – плотность твердой фазы почвы; d_v – плотность почвы.

По шкале Н. А. Качинского пористость оценивается следующими показателями (%):

- отличная (культурный пахотный слой) – 65–55;
- удовлетворительная для пахотного слоя – 55–50;
- неудовлетворительная для пахотного слоя – < 50;
- чрезмерно низкая (характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов) – 40–25.

Так как поры являются производными, их размер, форма, а также их сочетание весьма разнообразны и зависят от случайного расположения твердых частиц механического состава, структурных отдельностей и микроагрегатов, которые различаются по размеру, форме и характеру их поверхности. Поры по форме и размерам сильно изменяются во времени в зависимости от биологических процессов и происходящих в почве физико-механических изменений. Некоторые поры частично или полностью забиваются мелкоземом, некоторые полностью исчезают, другие возникают вновь. В почвах возможна уплотненная укладка, если промежутки первого порядка будут заняты частицами или агрегатами, диаметр которых отвечает размерам пор.

Суммарный объем пор в почве в большинстве своем варьирует в пределах от 40 до 65 %. Почвы, имеющие общую скважность менее 40 % относятся к плотным почвам. В органогенных (торфяных) почвах она возрастает до 90 %, в заболоченных, оглеенных, минеральных – уменьшается до 27 %.

Большое значение в характеристике строения почвы придается соотношению капиллярной и некапиллярной скважностей, которые выражаются в процентах от общей скважности. Величина их определяется при насыщении образцов почвы, которые должны быть взяты с ненарушенным водой строением. Но так как тяжелые почвы Краснодарского края имеют способность сильно набухать при насыщении водой, то рекомендуется насыщать образец другой инертной жидкостью, например керосином. В случае использования воды предварительно устанавливается время, в течение которого все капиллярные поры заполняются, а набухание почвы не приводит к искажению полученных данных. Для выщелоченных черноземов продолжительность такого времени равняется 24 ч.

Соотношение капиллярной и некапиллярной пористости в широком диапазоне меняется по профилю в разных почвах и в зависимости от способа обработки почвы. Иногда такое соотношение может быть 100/0 %, чаще всего это можно видеть на тяжелых почвах южной зоны Краснодарского края. На севере края соотношение капиллярной и некапиллярной скважности может составлять 75/25 %.

Характеризовать капиллярную скважность может такой показатель как активные и неактивные поры. К неактивным порам от-

носятся те, которые наполнены связанной водой, имеющей большую плотность, вследствие высоких сорбционных сил. Такая влага теряет свою подвижность и служит непроходимым для корней барьером. Полости заполняются связанной водой настолько, что их диаметр уменьшается до диаметра корневых волосков, т. е. меньше 10 мк. Это снижает доступность почвенной влаги для растений. Кроме того, в такие поры не может проникать воздух, и не развиваются микроорганизмы, которые способны развиваться только в порах, имеющих диаметр не менее 30 мк.

Активные поры – крупные, в диаметре равны десяткам микрон. Они могут быть заполнены капиллярными формами влаги или быть вместилищем почвенного воздуха. В таких порах проявляют активность микроорганизмы. Именно такие поры являются вместилищем огромной массы микроорганизмов, которая на почвах Кубани может достигать веса в 7 т на гектар и поставляет растениям подвижные формы питательных веществ. По ним продвигается гравитационная влага.

Подразделение капиллярной порозности на активную и неактивную часть важно при агрономической оценке тяжелых черноземов Кубани, которые, особенно на юге края, имеют высокую величину капиллярной порозности. Именно такая оценка почв объясняет многие процессы и позволяет предсказывать эффективность тех или иных агротехнических приемов.

Велико значение строения пахотного слоя в обеспечении оптимального водного режима для всех степных земледельческих районов, и особенно для районов недостаточного увлажнения. Степень рыхлости пахотного слоя из всех показателей, регулируемых человеком, оказывает решающее влияние на потери влаги из почвы, т. е. на ее испарение.

Величина общей скважности и соотношение капиллярных и некапиллярных пор определяет такие водные свойства почвы как ее влажность, водопроницаемость, водоподъемную способность, запас продуктивной влаги.

Показатели строения во многом определяют воздушный режим почвы, регулируя соотношение в почве двух антагонистов – воды и воздуха.

Увеличение общей скважности почвы ведет к росту общего запаса воды в почве в период влагонакопления. Однако в период ис-

сушения, слишком большая величина общей скважности становится причиной быстрой потери влаги с почвы. Большая капиллярная скважность уменьшает доступность для растений почвенной влаги по причине ухудшения условий проникновения корневых волосков в почву, а также из-за образования пробок из сорбированной влаги в тонких капиллярах.

Уменьшение общей и увеличение капиллярной скважности с определенного для каждой почвы значения снижает водопроницаемость. На почвах, обладающих такими показателями, особенно весной возрастает переувлажнение в верхних слоях, происходит гибель озимых посевов от вымокания.

Увеличение общей и капиллярной скважности повышает до определенного предела водоподъемную способность почвы.

Большая величина капиллярной скважности ухудшает аэрацию, поскольку капиллярные поры обычно заполнены водой. При таких агрофизических условиях задерживается развитие аэробных микробиологических процессов, в результате которых образуются доступные для растений формы питательных веществ. Это явление особенно проявляется в развитии нитрафикационных процессов.

Контрольные вопросы

1. Как принято называть промежутки различного размера и формы между частицами и агрегатами?
2. В чем выражается величина пористости?
3. В каких пределах должна быть допустимая величина общей скважности для черноземов Краснодарского края?
4. К какой плотности относятся почвы, имеющие общую скважность менее 40 %?
5. Что значит активные и неактивные поры?
6. Увеличение общей скважности почвы ведет к росту общего запаса воды в почве в период влагонакопления или его снижения?

2.3 Плотность почвы

От скважности почвы (суммарного объема пор) зависит одно из главных физических свойств почвы – плотность, также его называют «объемный вес». Плотность почвы – это вес абсолютно

сухой почвы в естественном ее сложении (с порами) единицы объема, или вес 1 см^3 в граммах сухой почвы.

Плотность на разных почвах Краснодарского края колеблется в пределах от 0,8 до $1,6 \text{ г/см}^3$. Те почвы, на которых величина плотности колеблется от 0,8 до $1,1 \text{ г/см}^3$, считаются рыхлыми. Плотными почвами можно считать те, плотность которых имеет значение более $1,3 \text{ г/см}^3$, очень плотными – $1,4\text{--}1,5 \text{ г/см}^3$.

Плотность почвы используется для расчета общей скважности, запасов продуктивной, непродуктивной и общей влаги, валовых запасов питательных веществ. Чтобы определить плотность почвы, необходимо взвесить образец с ненарушенным строением, взятый в строго определенном объеме. Плотность минеральных почв колеблется от 1 до $1,6 \text{ г/см}^3$, реже – $1,8 \text{ г/см}^3$, в заболоченных и оглеенных почвах – до 2 г/см^3 , торфяные почвы имеют плотность $0,1\text{--}0,2 \text{ г/см}^3$.

Одним из факторов, ограничивающих рост урожайности сельскохозяйственных культур, является избыточное уплотнение почв. Негативное следствие этого процесса – снижение эффективности использования растениями корнеобитаемого слоя. Уплотнение почвы обычно рассматривается как процесс более тесного расположения агрегатов под воздействием различных факторов как механических (трактора, сельскохозяйственные машины), так и природных.

На величину плотности почв оказывают влияние и входящие в мелкозем органические вещества. Например, в минеральную часть почвы входят гипс, лимонит и торф. Плотность гипса составляет $2,30\text{--}2,35 \text{ г/см}^3$, лимонита – $3,50\text{--}4,00 \text{ г/см}^3$, торфа – $1,25\text{--}1,80 \text{ г/см}^3$. Средняя величина плотности твердой фазы почвы равна $2,4\text{--}2,8 \text{ г/см}^3$. Величина плотности почвы зависит не только от характера составляющих ее веществ, но и от их соотношения, особенно от соотношения минеральных веществ и органических. Органические вещества в виде отмерших остатков (особенно торф) обладают более низкой плотностью, чем минеральные частицы. Поэтому величина плотности почвы в целом всегда меньше величины плотности ее отдельных компонентов. Величина плотности почв резко уменьшается после их рыхления. Величина плотности генетических горизонтов, даже одного и того же почвенного профиля, неодинакова. В сухих почвах ее величина всегда выше в нижних го-

ризонтах. От величины плотности почв, особенно при ее неоднородности по генетическим горизонтам, зависят многие свойства почв: водопроницаемость, фильтрация, воздухоемкость и т. п.

Плотность почвы оказывает влияние на рост и развитие корневой системы растений. Колебание плотности почвы до величины $1,25 \text{ г/см}^3$, не сказывается на развитии корневой системы культурных растений. Но если корни встречаются плотную прослойку (плотность $1,4 \text{ г/см}^3$) толщиной 3 см, то на ее преодоление потребуется три дня, в то же время как при плотности $1,25 \text{ г/см}^3$ корни росли со скоростью 6 см в день.

Многие исследователи различных научных учреждений изучали влияние плотности почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур. Растения плохо реагируют как на очень рыхлое, так и на очень плотное сложение почвы. Рост подсолнечника значительно угнетается при сильном уплотнении почвы. При плотности почвы $d = 1,51$ урожай семян составлял только 70 % от урожая при $d = 1,26$, но при более рыхлом сложении почвы $d = 1,06$ урожай не возрос, а снизился на 8 %. Корни подсолнечника совершенно не могут проникать в слои почвы, уплотненной до величины $d = 1,8$ и выше.

Наибольшее колебание в урожае в зависимости от плотности было у кукурузы. На выщелоченном черноземе, на варианте, где в период посева плотность равнялась $1,26 \text{ г/см}^3$, урожай был почти в 2 раза выше, чем на очень рыхлой и на очень плотной почве. На обыкновенном черноземе наибольший урожай кукурузы формировался в условиях более высокой плотности, чем на выщелоченном черноземе (около $1,3 \text{ г/см}^3$). Это можно объяснить уменьшением потерь воды при такой плотности обыкновенного чернозема. В местах распространения этой почвы влага находится в первом дефиците.

Совсем низкое изменение урожая отмечено у люцерны.

Свекла формирует наибольший урожай в том случае, когда плотность пахотного слоя в период вегетации изменялась от 1,1 до $1,2 \text{ г/см}^3$.

Несколько меньше, чем у свеклы, колебалась при изменении плотности сложения пахотного слоя, урожайность ярового ячменя. Однако и здесь наиболее высокий сбор зерна получен на варианте,

где плотность в течение вегетационного периода изменялась от 1,1 до 1,24 г/см³.

Многие исследователи, изучая плотность почвы, отмечают ее влияние на плодородие. Работы исследователей кафедры общего и орошаемого земледелия Кубанского аграрного университета В. В. Терещенко, Н. И. Бардака, Г. А. Кривоноса (1999) указывают, что с увеличением плотности сложения почвы растет непродуктивный запас влаги. Б. И. Тарасенко (1981) отмечал, что уплотнение выщелоченных черноземов до 1,26 г/см³ не влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Это получило подтверждение и в работах М. М. Васютина (1991), где на выщелоченном черноземе Кубани оптимальной плотностью для многих культур является величина 1,26 г/см³, при которой получен наибольший урожай кукурузы. Изменение объемной массы на 0,01–0,02 г/см³ (с 1,35 до 1,37 г/см³) приводит к уменьшению пористости и ухудшению аэрации, что является причиной снижения урожайности многих сельскохозяйственных культур. Лучше всего они развиваются при определенной оптимальной плотности. Таким образом, для роста и развития большинства культурных растений на черноземах Кубани оптимальной плотностью почвы можно считать 1,15–1,30 г/см³.

Суглинистые и глинистые почвы Кубани при увеличении плотности свыше 1,45 г/см³ имеют плохой воздушный режим, низкую аэрацию и воздухопроницаемость. Обычно при такой плотности аэрация не бывает более 10 % от объема почвы. При этой аэрации растения угнетаются и даже гибнут. Но уже при 15 % аэрации (при этом плотность почвы снижается до 1,25 г/см³) растения чувствуют себя нормально.

По сообщению И. Б. Ревута (1969), на разных типах почв сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на плотность сложения и оптимальную ее величину. Следовательно, плотность сложения имеет зональный характер и требует в каждой почвенно-климатической зоне ее уточнения.

Равновесная плотность – плотность, которая устанавливается под влиянием внешних и внутренних факторов.

В черноземах Кубани очень мало песка (0,5 %) Увеличение количества песка в глинистой почве может изменить в положительную сторону величину ее равновесную плотность. Однако корен-

ное изменение тяжелых почв с помощью пескования вряд ли осуществимо, вследствие огромных затрат. Тем не менее этот прием может быть использован на небольших участках в закрытом грунте. Также стоит рассмотреть приобретение оптимальной равновесной плотности почвой путем внесения органических удобрений.

Повышение органического вещества в почве, следовательно и приобретение почвой оптимальной равновесной плотности, может быть достигнуто путем заправки измельченной соломы колосовых культур. Однако этот прием сопровождается снижением в почве запаса доступного азота, так как микроорганизмы, перерабатывающие солому, для построения своего тела забирают азот из почвы.

Увеличение органического вещества способствует оптимальному показателю равновесной плотности. Но содержание гумуса в черноземах Краснодарского края невысокое (от 3,0 до 3,8 %) и с каждым годом снижается. А увеличение количества органического вещества заметно улучшает ее рыхлость. Для этих целей можно использовать введение в севооборот многолетних трав (люцерны, а в предгорной зоне и клевера). Эти культуры оставляют в почве до 100 и более центнеров органики.

Повышает количество органического вещества в почве использование сидератов. Высев бобовых культур и запахивание их в зеленом состоянии в почву оказывают влияние на улучшение физических свойств пахотного слоя почвы. Однако в недостаточно увлажненных районах края указанная мера может ухудшать водный режим и снижать урожай основной культуры.

При изучении плотности почвы пахотного слоя на разных способах обработки почвы под озимую пшеницу было замечено, что к моменту весеннего возобновления вегетации пшеницы плотность почвы приходила к некоторому равновесному состоянию. Величина плотности в пахотном слое по разным приемам обработки и на необработанной почве была практически одинаковой. Очевидно, зимне-весеннее увлажнение пахотного слоя доводит его до некоторой средней величины плотности, типичной для этой почвы.

На выщелоченном черноземе весной величина плотности почвы в пахотном слое на озимых посевах, где проводили поверхностную обработку, не превышала $1,2 \text{ г/см}^3$.

Так, в результате механического воздействия плотность сложения почв может достигать высоких значений, при которых, од-

нако, ограничивается рост корней, деятельность микроорганизмов и др. Уже давно введено представление о допустимом уплотнении почв (критической плотности).

Одним из первых, кто сделал попытку разработать методику и определить критическую плотность почвы, был С. И. Долгов с сотрудниками (в 1966 и 1969 гг.). Ученые исходили из того, что содержание воздуха в почве, даже при наименьшей влагоемкости, не должно быть меньше 15 % от объема почвы.

Не следует путать плотность почвы с ее удельной плотностью. Удельная плотность – это вес в граммах 1 см³ твердой массы почвы без пор. Удельной плотностью почвы называют отношение веса твердой ее фазы определенного объема к весу воды при 4,0 °С в том же объеме. Удельная плотность выщелоченных черноземов Кубани составляет 2,62 г/см³. Плотность твердой фазы почвы (удельная масса почвы) – масса твердых компонентов почвы в единице объема без учета пор. Обычно она близка к плотности доминирующих минералов, составляющих твердую фазу почв.

Плотность влияет на сцепление почвенных частиц и трение почвы о металл. Тяговые усилия при обработке возрастают с возрастанием плотности почвы. При прорастании семян роль плотности велика. При развитии корневых систем им приходится затрачивать усилие на преодоление механического сопротивления. В то же время очень рыхлая почва при прорастании семян плохо контактирует с ними, поэтому семена плохо набухают, прорастание их затягивается, всходы культуры получаются редкие и рваные, поэтому часто почву после посева «прикатывают».

Существенное влияние на плотность почвы оказывает культура и технология ее возделывания. Хорошо заметно отличие плотности пахотного слоя двух групп культур. К одной группе относятся культуры сплошного посева, которые возделываются без обработки почвы в течение вегетационного периода. Сюда относятся колосовые культуры, злаково-бобовые смеси, горох. В этой группе культур относительно равномерная плотность почвы по всей глубине пахотного слоя, которая постепенно нарастает с глубиной, и иногда резко увеличивается в зоне плужной подошвы. Однако, плужная подошва не всегда четко выражена. Данное уплотнение четко заметно в том случае, когда вспашка проводилась при повышенной влажности и на ту же глубину что и в прошлом году.

На плотных, с высокой капиллярной скважностью почвах, на посевах озимой пшеницы, получивших только поверхностную обработку, часто случается гибель растений из-за вымокания. Причиной вымокания, является низкая водопроницаемость почвы. Это явление часто встречается на почвах южных и закубанских районов.

Вторая группа культур – это пропашные, плотность пахотного слоя на которых несколько отличается от культур сплошного посева. На посевах этих культур к середине лета образуется уплотненная прослойка на глубине междурядных обработок. Это является следствием давления колес трактора и почвообрабатывающих органов сельскохозяйственных машин. При обработке междурядий верхний слой разрыхляется, а ниже прохождения рабочих органов – уплотняется. Глубина уплотнения достигает 20–25 см. Уплотнение возрастает, если работы по уходу за пропашными культурами проводятся при повышенной влажности почвы. Так, на выщелоченных черноземах, на посевах подсолнечника плотность почвы на глубине 0–5 см была в пределах 1,1–1,2 г/см³, а с глубины 10–15 см она возрастала до 1,35–1,45 г/см³. При этом общая скважность уменьшалась до 47–45 %, а на долю капиллярной скважности приходилось от 95 до 100 %.

Аналогичное явление было отмечено на посевах кукурузы и подсолнечника – ниже глубины 20–25 см величина плотности снижалась.

Свекловичные поля после уборки в междурядьях имеют более рыхлое строение, чем на кукурузе и подсолнечнике, вследствие рыхления почвы подкапывающими «лапами» комбайнов. Однако почва после свеклы сильно уплотняется транспортом, вывозящим урожай.

Контрольные вопросы

1. В каких пределах колеблется плотность разных почвах Краснодарского края?
2. Для расчета каких показателей используется плотность почвы?
3. Какие оптимальные параметры плотности почвы необходимы для сельскохозяйственных культур?

4. Что такое равновесная плотность почвы и от чего она зависит?
5. Что такое удельная плотность почвы?

2.4 Водные свойства почвы

Вода в почве является одним из основных факторов почвообразования и одним из главнейших условий плодородия. В мелиоративном отношении вода важна как физическая система, находящаяся в сложных взаимоотношениях с твердой и газообразной фазой почвы и растением. Недостаток воды в почве губительно отражается на урожае. Лишь при необходимом для нормального роста и развития растений содержании жидкой воды и элементов питания в почве, при благоприятных воздушных и термических условиях можно получить высокий урожай. Основным источником воды в почве – выпадающие осадки, каждый миллиметр которых на гектаре составляет 10 м^3 , или 10 т воды. На Земле непрерывно совершается круговорот воды. Это постоянно протекающий геофизический процесс, включающий следующие звенья:

- а) испарение воды с поверхности мирового океана;
- б) перенос паров воздушными потоками в атмосфере;
- в) образование облаков и выпадение осадков над океаном и сушей;
- г) движение воды на поверхности Земли и в недрах ее (аккумуляция осадков, сток, инфильтрация, испарение).

Содержание воды в почве определяется климатическими условиями зоны и водоудерживающей способностью почвы. Роль почвы во внешнем влагообороте и внутреннем влагообмене повышается в результате ее окультуривания. На окультуренных почвах заметно увеличиваются влажность, водопроницаемость и влагоемкость, сокращаются поверхностный сток и физическое испарение.

2.4.1 Влажность почвы

Содержание воды в почве колеблется в пределах от сильного иссушения (физиологической сухости) до полного насыщения и переувлажнения. Количество воды, находящейся в данный момент в почве, которое выражается в весовых или объемных процентах по отношению к абсолютной сухой почве, называется влажностью почвы. Зная влажность почвы, можно определить запас почвенной

влаги. Одна и та же почва может быть неодинаково увлажнена на разных глубинах и в отдельных участках почвенного разреза. Увлажненность почвы зависит от ее физических свойств, водопроницаемости, влагоемкости, капиллярности, удельной поверхности и других условий увлажнения. Изменение влажности почв и создание благоприятных условий увлажнения в течение вегетационного периода достигаются приемами агротехники. Каждая почва имеет свою динамику влажности, меняющуюся по генетическим горизонтам. Различают влажность абсолютную, характеризующуюся валовым (абсолютным) количеством влаги в почве в данной точке на данный момент, выраженным в процентах от веса или объема почвы, и влажность относительную, исчисляемую в процентах от пористости (полной влагоемкости). Влажность почвы определяется разными методами.

2.4.2 Влагоемкость почв

Влагоемкость – свойство почвы поглощать и удерживать то максимальное количество воды, которое в настоящее время соответствует воздействию на нее сил и условий внешней среды. Это свойство зависит от состояния увлажненности, пористости, температуры почвы, концентрации и состава почвенных растворов, степени ее окультуренности, а также от агрегатного состава, т. е. от диаметра частиц различных фракций почвообразующей породы и процентного их соотношения. Это оказывает влияние не только на влагоемкость, но и на доступность влаги для растений, ее удержание и передвижение.

От крупности частиц почвы сильно зависят перечисленные свойства. Если представить мелкие камни в виде кубиков размером ребра 1 см, то объем такого кубика будет 1 см^3 . Площадь поверхности каждого такого камня составит 6 см^2 , или 600 мм^2 . А теперь представим, что каждый кубик вдоль и поперек аккуратно разрезан на кубики с ребром в 1 мм. Значит, из каждого большого кубика получится 1000 маленьких, общий объем которых останется 1 см^3 . Далее можно провести аналогию с поверхностью. Каждый маленький кубик с ребром в 1 мм будет иметь площадь 6 мм^2 , всего кубиков из 1 см^3 образуется 1000, таким образом, общая поверхность всех маленьких кубиков составит ($6 \text{ мм}^2 \cdot 1000 = 6000 \text{ мм}^2$), а это в 10 раз больше исходного кубика.

Значит, если на смоченной поверхности камня может удерживаться без стекания вниз пленка воды толщиной, например, 0,0001 мм, то на крупном кубике удержится $0,001 \text{ мм} \cdot 600 \text{ мм}^2 = 0,06 \text{ мм}^3$ влаги, а на мелких кубиках, созданных из одного крупного кубика, будет удерживаться в десять раз больше, или $0,6 \text{ мм}^3$.

Если теперь каждый кубик с ребром в 1 мм разделить на кубики с ребром 0,1 мм, то очевидно, что удерживающая способность возрастет еще в десять раз и достигнет $6,0 \text{ мм}^3$. Рассуждения можно продолжить для еще более мелких частиц. Почему один и тот же объем почвы, состоящей из крупных частиц, хуже удерживает воду, чем состоящий из мелких частиц.

Чем мельче частицы почвообразующей породы, тем лучше такая почва удерживает не только воду, но и другие вещества. Это, в значительной мере, определяет емкость почвенного поглощающего комплекса, т. е. способность удерживать (адсорбировать) на поверхности почвенных частиц и влагу, и катионы солей из почвенного раствора. Следует, однако, добавить, что почвы мелкозернистые (глинистые и тяжелосуглинистые) хоть и сильнее связывают влагу (адсорбируют), но с большим трудом отдают ее растениям.

Чем выше температура почвы и воздуха, тем меньше влагоемкость, за исключением почв, обогащенных перегноем.

Различаются следующие виды влагоемкости: а) полная (ПВ); б) максимальная адсорбционная (МАВ); в) капиллярная (КВ); г) наименьшая полевая (НВ) и предельная полевая влагоемкость (ППВ). Все виды влагоемкости меняются с развитием почвы в природе и еще более – в производственных условиях. Даже одна обработка (рыхление спелой почвы) может улучшить ее водные свойства, увеличивая полевую влагоемкость. А внесение в почву минеральных и органических удобрений или других влагоемких веществ может на длительное время улучшить водные свойства или влагоемкость. Это достигается заделкой в почву навоза, торфа, компоста и других влагоемких веществ. Мелиорирующее действие может оказывать внесение в почву влагоудерживающих высокопористых влагоемких веществ типа перлитов, вермикулита, керамзита.

2.4.3 Доступность влаги для растений

Как отмечалось раньше, чем меньше почвенные частицы, тем лучше влагоемкость, но труднее почва отдает влагу растениям. От удельной площади поверхности частиц зависит количество адсорбированной влаги, а далее от размера пор – водопроницаемость и воздухопроницаемость почвы. На рисунке 1 показано, как выглядит кусочек почвенного субстрата при очень большом увеличении.

В крупных, диаметром более 0,7–1,0 мм, порах почвы располагается свободная влага, которая может стекать вниз под действием силы тяжести (1). На относительно большом расстоянии от почвенных частиц находится капиллярная влага (2). Чуть ближе к почвенным частицам располагается слой легко связанной пленочной влаги (3). Эта влага хорошо доступна растениям, она содержит растворимые соли, но свободно передвигаться может только от частицы к частице (от толстых, слабосвязанных с почвой пленок влаги к тонким сильно связанным), т. е. от мест более влажных к местам менее влажным.

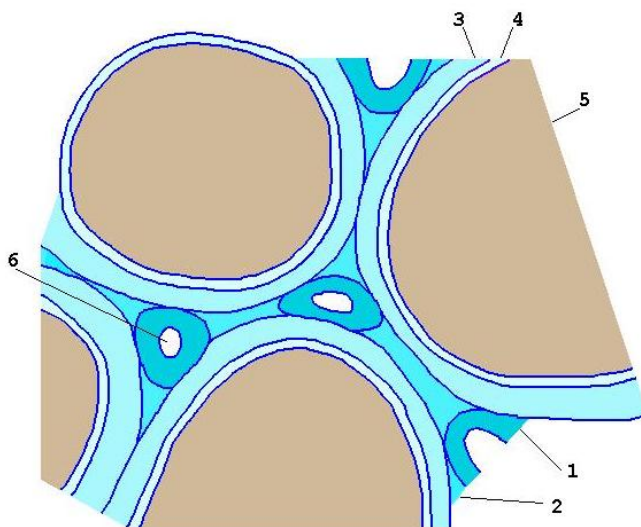


Рисунок 1 – Схема удержания влаги частицами почвы:

- 1 – свободная, легко стекающая под действием силы тяжести влага;
- 2 – капиллярная влага; 3 – слабосвязанная пленочная влага; 4 – прочно связанная сорбционная влага; 5 – минеральная частица почвы;
- 6 – «заземленный» воздух

Непосредственно контактирует с почвенной частицей (5) прочно связанная сорбционная влага (4). Эта влага настолько сильно удерживается межмолекулярными силами, что она почти недоступна растениям, так как корни ее «всосать» не могут. В этой вла-

ге, как предполагают ученые, даже нет растворимых солей. Передвигаться она может, только перейдя в парообразное состояние.

В крупных промежутках между почвенными частицами могут быть и пузырьки «защемленного» воздуха (б), т. е. воздуха, который трудно вытеснить при насыщении почвы (обычно, полного насыщения почвы водой можно достигнуть только в лабораторных условиях, увлажняя ее под вакуумом).

По мере высыхания легко связанная влага исчезает полностью, пленки влаги утончаются, вплоть до полного исчезновения, а пространство между частицами почвы заполняется воздухом. При этом почва может давать усадку, образуются более широкие трещины.

Вода удерживается на почвенных частицах пленки влаги разной толщины с различной силой. Слой влаги, который непосредственно контактирует с почвенными частицами, удерживается давлением 2300 атм. Примерно пятый слой – прочно связанная сорбционная влага давлением около 40 атм., и только слои после шестого – слабосвязанная пленочная влага менее 10 атм, которая становится доступной для растений. Растения могут употреблять влагу, удерживаемую почвой с давлением ниже 14–16 атм. А при более высоком давлении растения погибают от недостатка влаги.

Вся свободная не связанная с почвенными частицами влага движется в почве под действием гравитационной силы. Рыхло связанная вода в капиллярных порах передвигается силами поверхностного натяжения, а прочно связанная влага передвигается от толстых пленок к тонким. Для этой влаги силы гравитации ничего не значат. Самая прочно связанная влага практически неподвижна и может передвигаться только после того, как перейдет в парообразное состояние.

По подвижности, доступности и значению для растений почвенная вода подразделяется на гравитационную, гигроскопическую и капиллярную (рисунок 2).

Гравитационная вода – это подвижная вода, является разновидностью свободной воды, которая заполняет широкие промежутки между частицами почвы и просачивается вниз сквозь почву под действием силы тяжести, пока не достигнет грунтовых вод. Растения легко усваивают гравитационную воду, когда она нахо-

дится в зоне корневой системы. С этой точки зрения для растений весьма важен полив почвы, смачивание ее водой.

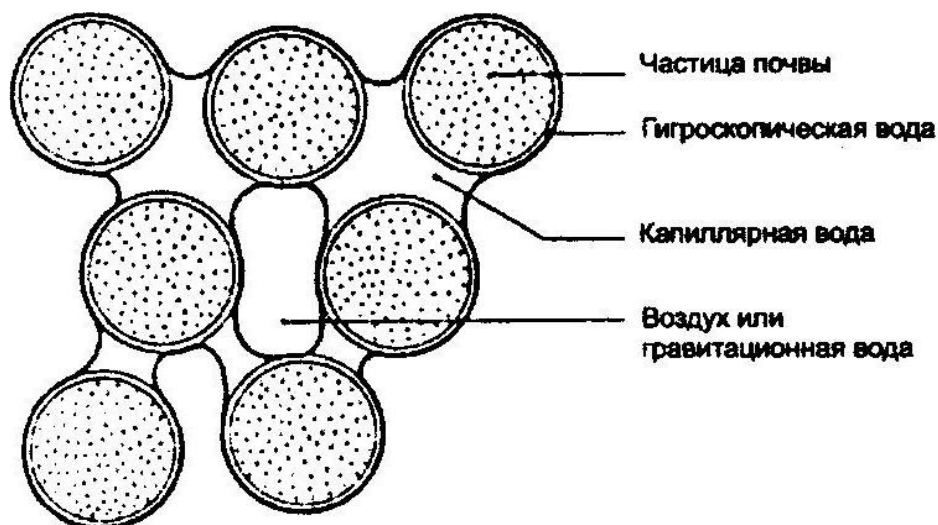


Рисунок 2 – Три типа почвенной воды

Вода в почве удерживается также вокруг отдельных коллоидных частиц в виде тонкой прочной связанной пленки. Такую воду называют гигроскопической. Она адсорбируется за счет водородных связей на поверхности глины и кварца или на катионах, связанных с глинистыми минералами и гумусом. Гигроскопическая вода высвобождается только при температуре 105...110 °С и физиологически практически недоступна растениям. Количество гигроскопической воды зависит от содержания в почве коллоидных частиц. В глинистых почвах гигроскопической влаги содержится около 15 %, а в песчаных – около 5 % от массы почвы. Она образует, так называемый, «мертвый» запас воды в почве.

По мере того, как накапливаются слои воды вокруг почвенных частиц, вода начинает заполнять сначала узкие поры между этими частицами, а затем распространяется и в другие, более широкие поры. Гигроскопическая вода постепенно переходит в капиллярную, которая удерживается вокруг почвенных частиц силами поверхностного натяжения. Капиллярная вода может подниматься по узким порам и каналцам от уровня грунтовых вод благодаря высокому поверхностному натяжению воды. Растения легко поглощают капиллярную воду, выполняющую наибольшую роль в регулярном снабжении их водой. Она, в отличие от гигроскопической влаги, легко испаряется. Тонкоструктурные почвы, например гли-

нистые, удерживают большее количество капиллярной воды, чем грубоструктурные, песчаные почвы.

Различают физическую и физиологическую сухость почвы. При физической сухости почва испытывает недостаток влаги. Это происходит при атмосферной засухе, когда поступление воды резко сокращается, что обычно наблюдается в сухом климате и в местах, где почва увлажняется только за счет атмосферных осадков. Физиологическая сухость почвы возникает в результате физиологической недоступности физически доступной воды. Растения при физиологической сухости страдают даже на влажных почвах. Например, на сфагновых болотах, несмотря на большое количество влаги, вода оказывается недоступной для многих растений из-за высокой кислотности почвы, плохой аэрации ее и наличия токсических веществ. Физиологически сухими являются и сильно засоленные почвы. Из-за высокого осмотического давления почвенного раствора вода засоленных почв для многих растений оказывается недоступной.

Хорошо увлажненная почва легко прогревается и медленно остывает. На ее поверхности происходят более резкие колебания температур, чем в глубине. При этом суточные колебания ее затрагивают слои до глубины 1 м.

При постепенном высыхании почвы наступает такое состояние, когда в ней остается лишь влага, прочно удерживаемая почвой и недоступная для растений. Эта степень увлажнения почвы называется влажностью устойчивого завядания растений (ВУЗ). Она может быть определена прямым методом в опытах с растениями; чаще ее определяют расчетным путем, умножая показатель максимальной гигроскопичности (МГ) на коэффициент 1,5. Влажность устойчивого завядания зависит от механического состава, плотности почвы, состава поглощенных катионов.

Границы значений влажности, характеризующей пределы появления различных категорий и форм почвенной влаги, называются почвенно-гидролитическими константами. Выделяются семь основных почвенно-гидролитических констант, которые выражают в процентах от массы или объема почвы.

Максимальная адсорбционная влагоемкость (МАВ) – наибольшее количество прочносвязанной воды, удерживаемое силами адсорбции; влага недоступна для растений.

Максимальная гигроскопичность (МГ) – наибольшее количество влаги, которое почва может сорбировать из воздуха, почти насыщенного паром (при относительной влажности воздуха более 94 %); влага недоступна растениям.

Почвенная влажность устойчивого завядания растений (ВЗ) – влажность почвы, при которой у растений появляются признаки завядания, не исчезающие при перемещении растений в атмосферу, насыщенную водяными парами; нижний предел доступности влаги для растений.

Влажность разрыва капиллярной связи (ВРК) – влажность почвы, находящаяся между наименьшей влагоемкостью (НВ) и почвенной влажностью устойчивого завядания растений (ВЗ). При этой влажности подвижность подвешенной влаги в процессе иссушения резко уменьшается.

Наименьшая влагоемкость (НВ) – максимальное количество влаги, которое способна удержать почва в полевых условиях, при промачивании ее сверху, после стекания свободной (гравитационной) воды.

Капиллярная влагоемкость (КВ) – максимальное количество воды, которое удерживается в почве в капиллярно подпертом состоянии.

Полная влагоемкость, или полная водовместимость (ПВ) – количество воды, которое может содержаться в почве при заполнении водой всех ее пор.

Для развития растений наиболее благоприятна влажность почвы в интервале ВРК–НВ. В интервале НВ–ПВ водообмен ухудшается; такое увлажнение почвы является избыточным. При влажности почвы в интервале ВРК–ВЗ влага труднодоступна для растений.

Водопроницаемость – способность почвы впитывать и фильтровать воду. Она зависит от гранулометрического состава почвы, количества органического вещества и оструктуренности почв.

Легкие песчаные почвы обладают высокой водопроницаемостью ввиду большого количества некапиллярных промежутков. Тяжелые и особенно сильно распыленные почвы отличаются слабой водопроницаемостью. Структурные почвы вследствие достаточно развитой межагрегатной и внутриагрегатной пористости хорошо впитывают и удерживают влагу.

Водоподъемная способность – свойство почвы поднимать воду по капиллярам. Она определяется диаметром капилляров и зависит от плотности сложения почвы, агрегатного и механического состава.

В песчаных почвах, где капиллярные промежутки широкие, высота капиллярного поднятия редко превышает 0,5–1,0 м, тогда как на глинистых почвах она может достигать 4–5 м. При высокой капиллярности растения обеспечиваются влагой даже при длительной засухе. Однако она приводит к непроизводительной потере воды за счет излишнего испарения, а при сильной минерализации воды – к засолению почвы.

Испаряющая способность – потеря почвой влаги в результате физического испарения. Тяжелые распыленные почвы, особенно при образовании на них корки, больше теряют влаги, чем песчаные. Испарение воды на структурных почвах резко уменьшается из-за разобщенности капилляров отдельных агрегатов. Почвы плотные или с глыбистой структурой пересыхают быстрее, чем рыхлые. Испарение влаги усиливается при сильном ветре, повышении температуры и понижении влажности воздуха.

Основные источники увлажнения почвы – осадки (полив) и грунтовые воды. Влага в почве постоянно движется: поглощается растениями, испаряется в атмосферу, перемещается в глубокие горизонты. Временами она аккумулируется в почве в результате конденсации паров воды, восходящих токов из глубоких горизонтов и других статей водного баланса.

Водный баланс выражается формулой:

$$V_0 + O_c + V_T + V_k + V_{пр} + V_б = E_{исп} + E_T + V_a + V_{п} + V_c + V_a,$$

где V_0 – начальный запас влаги;

O_c – сумма осадков за период наблюдений;

V_T – количество поступающей грунтовой влаги;

V_k – конденсирующаяся из паров влага;

$V_{пр}$ – поверхностный приток воды;

$V_б$ – боковой приток почвенных и грунтовых вод;

$E_{исп}$ – испарившаяся влага;

E_T – расход влаги на транспирацию;

V_a – инфильтрующаяся в грунт влага;

$V_{п}$ – поверхностный сток;

V_c – боковой внутрипочвенный сток;

V_a – запас влаги в почве в конце периода наблюдений.

Содержание влаги в каждом почвенном горизонте определяется по формуле:

$$V = a \cdot dv \cdot H,$$

где V – запас воды в слое почвы, мм водного слоя, или $\text{м}^3/\text{га}$;

a – влажность, %,

dv – плотность почвы, $\text{г}/\text{см}^3$;

H – мощность горизонта, см.

В агрономической практике важно учитывать общий и полезный запас воды в почве.

Общий запас воды (ОЗВ) – суммарное количество влаги на заданную мощность почвы, выраженное в миллиметрах водного столба, или в $\text{м}^3/\text{га}$.

Полезный запас воды в почве (ПЗВ) – суммарное количество продуктивной, или доступной растениям влаги в заданной толще почвогрунта. Чтобы рассчитать ПЗВ в почве, необходимо вычислить ОЗВ и запас труднодоступной влаги (ЗТВ). Последний рассчитывается аналогично общему запасу, но вместо запаса влаги по тем же горизонтам берут влажность устойчивого завядания растений (ВЗ).

Содержание полезной влаги в почве определяется разностью между ОЗВ и ЗТВ.

Оптимальный запас продуктивной влаги в метровом слое почвы в период вегетации находится в пределах 100–200 мм, а в пахотном слое – от 20 до 50 мм.

Набухание почвы – свойство, которое проявляется в увлажненных почвах при насыщении влагой. Выражается величиной увеличения объема почвы за счет поглощенной воды. Этот процесс особенно заметен в почвах, содержащих много тонкодисперсных частиц, имеющих большую удельную поверхность. Различают два типа набухания почвы:

– внутрикристаллическое, когда вода входит в межпакетное пространство минералов,

– межкристаллическое, когда дисперсные частицы поглощают катионы силами электростатического поля и силами поверхностного натяжения (адсорбция).

Внутрикристаллическое набухание происходит внутри порового пространства и не вызывает заметного изменения объема почвы. Межкристаллическое набухание вызывает заметное изменение объема почвы, вплоть до разрушения почвенного агрегата. Так, глинистые почвы, насыщенные натрием, способны увеличиваться в объеме в 1,5 раза.

Со свойством *набухания* связано свойство *влагоемкость почвы*. Оба эти свойства почв отражают взаимодействие и состояние твердой и жидкой фаз, формирующих водный режим почв.

Усадка почв – это явление, обратное набуханию. Оно возникает при удалении воды из почвы. Различают 4 этапа усадки почв, соответствующие определенному количеству удаляемой воды:

1. Структурная усадка – такое количество удаленной воды, при котором уменьшение объема почвы еще не происходит.

2. Нормальная усадка – такое количество удаленной воды, при котором начинается уменьшение объема почвы (1–0,9).

3. Остаточная усадка – это такое количество воды, при котором агрегаты уменьшились в объеме до такого состояния, что стали соприкасаться друг с другом, между ними нет раздела водой.

4. Предельная усадка наступает тогда, когда вода удаляется не только из межагрегатного пространства, но и из межпакетного пространства минералов.

2.4.4 Механизмы передвижения влаги в почве

В почвах вода находится в разных формах. Каждая форма имеет свою степень связей с твердой фазой. От этого зависит и степень подвижности воды в почве.

Прочносвязанная вода, например, не способна передвигаться внутри почвенного профиля, тогда как свободная вода передвигается в различных направлениях. Скорости передвижения разных форм воды, как и способы ее перемещения – разные. Это обусловлено характером связи воды с минеральными частицами почвы, а также от составов и размером таких частиц (илистых и коллоидных).

Движение воды в почве бывает конвективное, ламинарное, турбулентное. *Конвективное* (син. *гравитационно-струйчатое*) – встречное движение системы струй почвенно-грунтовых вод раз-

личной концентрации, вызванное разницей в плотностях растворов. Наиболее характерен пример опускания более тяжелых, засоленных вод вниз и замещение их более легкими, поднимающимися пресными водами. *Ламинарное* движение воды – это параллельно-струйчатое движение поверхностных и подземных вод (в том числе почвенных и грунтовых), при котором вода движется в виде параллельных, не перемешивающихся струй или слоев, без разрывов, с плавным изменением скорости. *Турбулентное* (син. *вихревое*) движение воды – это поступательное движение надземных и подземных (в том числе почвенных и грунтовых) вод, сопровождаемое беспорядочным вихревым движением отдельных струй воды. Наблюдается в крупных трещинах и пустотах.

Возникновение водного потока зависит во многом от насыщенности почвы водой в данный момент времени. Это могут быть период полного насыщения почвы водой, период ненасыщенности почвы, период промерзания почвы и т. п. При этих разных состояниях обеспеченности почвы водой неодинаково проявляются в ней и водные потоки, т. е. характер передвижения воды в почвах будет разным.

В почвах, насыщенных водой, поток влаги выражен в виде потока свободной воды. Поток направлен из верхних в нижние горизонты почвы. Осуществляется поток воды силами гравитации (силы тяжести).

Падение напора потока воды на участке в одну единицу расстояния называют *гидравлическим градиентом*. Сила потока прямо пропорциональна гидравлическому градиенту.

В насыщенных почвах все поры заполнены водой, поэтому проводимость в них максимальна. По мере уменьшения влажности часть пор освобождается от воды и заполняется воздухом. Доля проводящих пор (в площади поперечного сечения почвы) сокращается.

В почвах, не насыщенных влагой, вода передвигается в виде капиллярного потока и подчиняется основному закону переноса масс.

Вода стремится перемещаться из мест с большой толщиной пленок на поверхности частиц почвы в места, где толщина пленок меньше, а кривизна мениска больше. Другими словами, вода перемещается в почве из мест, где капиллярно-сорбционный потенциал

выше, в места, где он ниже. Вместе с этим в ненасыщенных почвах присутствует дополнительный механизм переноса воды в виде пара. В поверхностном слое, где почва иссушена и подвержена сильным температурным градиентам, перенос пара становится преобладающим механизмом перемещения воды.

Движущая сила достигает максимальных величин в зоне фронта смачивания, т. е. на контакте с сухой почвой. Здесь градиент потенциала достигает величин порядка нескольких сотен и даже тысяч Дж·кг⁻¹/см. Однако скорость движения воды в этой зоне небольшая.

В ненасыщенных почвах, имеющих крупные поры, вода быстро уходит, и первоначально высокая проводимость быстро снижается. В ненасыщенных почвах с мелкими порами большинство из них (пор) остаются заполненными, и они проводят воду даже при достаточно низких потенциалах. Движение воды в ненасыщенной почве сопровождается изменением влажности. Вода может или накапливаться в каком-то объеме почвы (даже бесконечно малом), или расходоваться. Поэтому плотность потока воды, входящей в этот объем почвы, не равна плотности потока воды, выходящего из этого объема почвы. Разность между этими плотностями потоков и образует запас воды в объеме почвы.

Перенос воды в форме пара осуществляется по пустотам, вокруг корней растений. Корни оттягивают влагу из окружающего почвенного пространства. Пары воды движутся в почве путем диффузии. Существенное влияние на давление паров воды в почве оказывают растворенные в воде вещества. Пары воды перемещаются от теплых частей почвы к холодным. Днем движение паров направлено вниз, а ночью – вверх.

В почвах, где влага прочно связана силами адсорбции, происходит пародиффузионный перенос воды.

В почвах, где возникло промерзание мелкозема, возникает два потока влаги. Выше мерзлотного горизонта (слоя) проявляется процесс сублимации (испарения), а ниже – процесс подтягивания влаги из капиллярной каймы грунтовых вод. На контакте с мерзлым слоем происходит конденсация и кристаллизация подтянутой снизу воды, т. е. переход ее в твердое состояние в лед.

При смачивании почвы водой возникают капиллярные явления. Они проявляются в условиях, когда расстояние между поч-

венными частицами соизмеримо с радиусом кривизны поверхности жидкости (радиус мениска жидкости).

Капиллярность является основной причиной *всасывания* воды почвой. Вызвано это тем, что мениск жидкости имеет отрицательную (вогнутую) кривизну, при которой лаплассовское давление стремится растянуть жидкость (выровнять поверхность мениска), и в результате она (жидкость) поднимается в капилляре. Подъем жидкости продолжается до тех пор, пока лаплассовское давление не уравновесится гидростатическим давлением столба воды.

Контрольные вопросы

1. Какие свойства почвы влияют на ее влагоемкость?
2. Что является основным источником воды в почве?
3. Что такое водоподъемная способность почвы, и чем она определяется?
4. Какая влага является доступной для растений, и при какой весовой влажности на разных черноземах Краснодарского края она является недоступной?
5. Что такое физическая и физиологическая сухость почвы?
6. Что такое набухание почвы и от чего зависит этот процесс?
7. Какой механизм передвижения влаги в разных по насыщенности влагой почвах?

2.5 Агрегатный состав почвы (структура)

Агрегатный состав почвы, или структура почвы – показатель ее физического состояния, который определяет строение пахотного слоя почвы, ее водные физико-механические и технологические свойства.

Структурой почвы называются различные по величине и форме агрегаты, в которые склеены почвенные частицы. Свойство почвы – распадаться на агрегаты различной величины – называется *структурностью* почвы. Почва может находиться и в раздельном, не агрегатном состоянии.

Комочки, образовавшиеся из первичных почвенных частиц, составляют агрегаты первого порядка. В свою очередь, эти агрегаты могут склеиваться в более крупные агрегаты второго порядка и т. д.

Почвенная структура оказывает существенное влияние на жидкую и газообразную фазу почвы, а также на все химические и биологические процессы, протекающие в ней. Некоторые исследователи выделяют структуру как средство, при помощи которого практически все процессы жизни растений можно регулировать. Это не соответствует действительности.

Вместе с тем можно считать признанным многими учеными положение о том, что эффективное плодородие, особенно тяжелых по механическому составу почв, во многом определяется их агрегатным состоянием.

Различают следующие типы структуры: глыбистую, комковатую, ореховатую, зернистую, столбчатую, призматическую, плитчатую, пластинчатую, листоватую, чешуйчатую.

В зависимости от свойства и гранулометрического состава, почвенные агрегаты образуются разного размера и формы. Так, при большом содержании в почве гумуса и карбонатов образуются многогранные агрегаты. При достаточном содержании гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного и обыкновенного образуется зернистая структура. В горизонтах, богатых карбонатами и железом, образуются агрегаты ореховатой формы.

Заметное влияние на образование почвенных агрегатов оказывают процессы замерзания и оттаивания. Вода, замерзая, увеличивается в объеме, разрывает связи между почвенными частицами. В результате возникают трещины разных размеров. При оттаивании почвы эти трещины ослабляют связи между частицами, в результате чего структурные отдельности распадаются и формируются в самостоятельные более мелкие агрегаты.

Разные почвы характеризуются разными типами структуры, например черноземы характеризуются зернистой структурой, серые лесные – ореховатой, дерново-подзолистые, хорошо окультуренные – комковатой, а не окультуренные – плиточной и листоватой структурой.

По размерам различают:

- мегаструктура (глыбистая) – более 10 мм в диаметре;
- макроструктура (комковато-зернистая) – 10–0,25 мм;
- микроструктура с делением на грубую микроструктуру – 0,25–0,01 мм и тонкую микроструктуру менее 0,01 мм.

В почвах Кубани наблюдается низкий процент пыли и высокий процент глыбистых агрегатов, что объясняется тяжелым состоянием этих почв.

Количество пыли в пахотном слое к уборке пропашных культур составляет 3–4 % от общего объема почвы, зато глыбистость часто достигает 60–70 %. Этому способствует большое количество глины и ила в почвах.

Вторая причина значительной глыбистости выщелоченного чернозема – относительно небольшое количество гумуса. Хотя валовое содержание органики на единицу площади довольно большое, оно составляет около 700 т/га, в слое почвы 200 см. Однако такое количество существенно не влияет на снижение глыбистости почвы, его слишком мало в пахотном слое для того, чтобы преодолеть неблагоприятное влияние большого количества ила и глины.

Рассматривая качество агрегатных образований в выщелоченном черноземе, необходимо отметить их плотность сложения.

В подпахотном горизонте плотность агрегатов увеличивается сильнее. Такое состояние структуры почвы является одной из причин снижения потенциального плодородия этой почвы, которая может обладать более высоким потенциалом.

В пахотном слое слитого чернозема глыбистая фракция достигает 75 % и увеличивается с увеличением глубины в подпахотном слое до 90 %. Количество пыли в этих почвах несколько меньше, чем в выщелоченном черноземе. Ее содержание не превышает 1–2 %. Большая связность объясняется большим количеством глины и ила в почве слитого чернозема.

Несколько менее глыбистой структурой характеризуется обыкновенный чернозем. Глыбистость агрегатов на этой почве часто превышает 60 % в пахотном слое почвы. Сами агрегаты более рыхлые, чем на выщелоченном и слитом черноземе. Их скважность можно характеризовать как удовлетворительную или даже хорошую. Из агрегатов корневые волоски культурных растений могут использовать доступную влагу. Наличие таких агрегатов стимулирует микробиологическую деятельность почвы.

Наряду с большой рыхлостью структурные образования обыкновенного чернозема должны обладать высокой водопрочностью. Именно это свойство определяет длительность сохранения агрегатного состава почвы. Водопрочность почвенных агрегатов – это

способность противостоять размывающему действию воды. В течение вегетационного периода водопрочность агрегатов меняется, постоянно возрастает от весны к осени. Самая низкая водопрочность агрегатов весной, когда в почве большое количество воды, а самая высокая – летом, когда влаги в почве мало. Опыт, который проводился в институте масличных культур, показал, что водопрочность агрегатов на подсолнечнике весной была 61 %, летом – 64,8 % и осенью – 67,6 %.

Образование водоустойчивых почвенных агрегатов зависит от содержания в них илистой фракции, гумусовых и других цементирующих веществ (оксиды железа, карбонаты и т. п.). В хорошо агрегированных, тяжелых и средних почвах агрегаты имеют такой же гранулометрический состав, как и вся почва в целом. В агрегатах размером < 2 мм преобладают в основном фракции песка и пыли. Эта особенность характерна для всех почв, независимо от их гранулометрического состава. В тесной связи с составом и формой почвенных агрегатов находятся и свойства почв (плотность, порозность и др.). Пористость почв целиком обусловлена характером, а именно – формой, размерами и составом почвенных агрегатов

В порах почвенных агрегатов и в межагрегатных полостях совершаются все физические, химические и биологические процессы. В них сосредоточены запасы воды и почвенного воздуха. Характер почвенных агрегатов влияет также на механические свойства почв, на прорастание семян, на рост и развитие корней растений. Поэтому, создавая почвенные агрегаты и формируя их форму и размеры, можно управлять и физическими свойствами почв. Создание условий для развития микроагрегатов увеличивает пористость вдвое. Разрушение почвенных агрегатов уменьшает объем порового пространства, ухудшается инфильтрация воды в почву. Аэрация почвы возрастает в результате образования большего количества тонко-капиллярных пор, что вызывает усиление испарения влаги из почвы.

Образование большего качества агрегатов способно обеспечить достаточное количество органического вещества в почве. Природа водопрочности агрегатов зависит от наличия в почве ионов кальция и железа. В этом случае получают водопрочные комочки почвы с высокой пористостью и широкими порами, в которые способны проникать корневые волоски растений, а также

различные почвенные микроорганизмы. Вода в таких порах доступна для растений.

Водопрочные агрегаты, которые характеризуются высокой плотностью упаковки почвенных частиц, встречаются на тяжелых почвах слитого чернозема с содержанием большого количества глины и ила. На таких почвах обычно агрегаты имеют низкую порозность, в них мало активных пор. Так как подонные агрегаты имеют поры очень малого диаметра, в них не проникают корневые волоски и микроорганизмы. Влага в таких порах малоподвижна, и как следствие, богатство такого агрегата растением не используется.

Уменьшение количества водопрочных агрегатов создает условия для возникновения и развития процессов эрозии почв. Агрегаты, находящиеся на поверхности почвы, больше уязвимы к внешним воздействиям (механическая обработка, атмосферные осадки) и поэтому быстрее разрушаются. Разрушение почвенных агрегатов обуславливает запыление почв с поверхности, особенно во влажное время. В сухое время на поверхности почв образуются плотные корки.

Коэффициент структурности – отношение массы комков размером 0,25–10 мм (наиболее ценные частицы) к массе остальных фракций. Одновременно эти частицы должны быть пористые, механически упруго-прочные и водопрочные. В черноземной почве пористость агрегатов находится на уровне 50 % их объема.

Агрономическую ценность представляет комковато-зернистая структура, а наилучшие водно-воздушные свойства для черноземной и каштановой почвы – от 0,25 до 3,0 мм, для дерново-подзолистых – от 0,5 до 5,0 мм.

Параметры оценки структурного состояния почвы, согласно С. И. Долгову и П. У. Бахтину, следующие: отличная структура – более 70 % водопрочных макроагрегатов, хорошая – 70–55, удовлетворительная – 55–40, неудовлетворительная – 40–20, плохая – менее 20 %.

2.5.1 Структурообразования

В полевых условиях одновременно действуют факторы, разрушающие и создающие структуру почвы. В зависимости от преобладания тех или иных факторов происходит улучшение или

ухудшение структурности. Если наблюдается увеличение микроагрегатов в почве, это означает, что создающие структуру факторы преобладают над разрушающими ее.

2.5.2 Условия, вызывающие образование структуры

В. Р. Вильямс считал исключительно важной роль в структурообразовании введения в севооборот смеси бобовых и злаковых трав. В свою очередь, П. А. Костычев утверждал, что структура почвы может создаваться только на целине и на залежи, поскольку в природных условиях структура почвы создается в результате ряда процессов, происходящих в почве под влиянием определенных растительных сообществ. Хорошо выраженную прочную структуру имеют целинные черноземы.

Одним из факторов образования агрегатов является наличие на поверхности микрочастиц коллоидных пленок. При смачивании этих пленок частицы соприкасаются друг с другом, прочно склеиваются. Это происходит под воздействием менисковых сил, возникающих между частицами при их смачивании. Таким образом, микрочастицы почвы образуют крупные агрегаты, на которые действуют факторы, расчленяющие ее. К этим факторам относятся изменения влажности и температуры почвы, корни растений и почвенная фауна, а также обработка почвы.

По мере высыхания объем почвы уменьшается, в ней появляются трещины, которые расчленяют почвенную массу. Степень расчленения зависит от механического состава почвы. Сильно набухающие глинистые и тяжелосуглинистые почвы больше уменьшаются в объеме по сравнению с почвами, у которых много песка (песчаные и супесчаные). То же касается и богатых органическим веществом почв, которые сильнее изменяют объем при увлажнении, а при высыхании больше образуют трещин.

Аналогичные изменения вызывают температурные колебания, особенно промерзания и оттаивания оптимально увлажненной почвы. Они положительно влияют на образование структурных агрегатов и разрыхление почв. Эффект промораживания – оттаивания основан на одновременном замерзании и оттаивании воды, находящейся в некапиллярных и капиллярных порах.

Механические факторы структурообразования особенно проявляются в процессе обработки почвы. При работе почвообрабаты-

вающих орудий наибольшее количество макроагрегатов образуется в почве, находящейся в состоянии физической спелости (оптимальной влажности структурообразования).

Действие химических факторов структурообразования (при помощи двух- и трехвалентных металлов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) проявляется в почвах с избыточным увлажнением, и такая структура почвы, возникшая с помощью химических факторов, как правило, неводопрочная.

Основную роль в образовании водопрочной структуры почвы играют биологические факторы – растения и почвенные микроорганизмы. Влияние растительности на образование структуры различно, что обусловлено степенью развития корневой системы. Так, многолетние травы с мощной корневой системой оказывают большее влияние на процесс структурообразования, чем однолетние культуры. Процесс образования структуры под действием растений состоит из двух этапов: расчленения корневой системой почвенной массы на структурные отдельные и агрегатирования их продуктами разложения корневых выделений и остатков. Роль растений в структурообразовании более значительна. При разложении корней образуются гумусовые вещества, обладающие высокой сорбционной и биологической активностью. Кроме того, в зоне расположения корней – ризосфере – формируются специфические сообщества микроорганизмов и почвенной фауны (дождевых червей, насекомых, землероек и др.), продукты метаболизма которых воздействуют на оструктурирование почвы. При этом биологические факторы оказывают не только количественное, но и качественное влияние на почвенную структуру.

2.5.3 Условия, вызывающие утрату структуры

Утрату структуры могут вызвать тракторы и другой транспорт,двигающийся по полю, а также механическое действие орудий обработки почвы. Вследствие этого воздействия часть агрегатов раздавливается ходом машин и орудий и растирается их рабочими органами, этот процесс усиливается при избытке влаги или ее недостатке.

К механическим силам разрушения агрегатов следует отнести и действия ударов дождевых капель, которые разбивают комки на поверхности почвы. При сильных ливнях наблюдается разрушение

структуры и в более глубоких слоях почвы. Это происходит вследствие быстрого проникновения воды в почву и одновременно смачивания агрегатов со всех сторон. При этом воздух, находящийся в порах агрегатов, сжимается и увеличивает давление на стенки пор. Когда это давление превосходит силы сцепления между микроагрегатами и частицами, происходит разрыв агрегатов. В производственных условиях это происходит при поливе сухой почвы сплошным затоплением, что ведет к сильному разрушению структуры почвы.

Вместе с дождевой водой в почву поступают аммиак и углекислота. По мнению многих ученых, аммоний вытесняет в обменные реакции кальций, что вызывает некоторое разрушение агрегатов и утрату их прочности. Углекислота также приводит к замене в поглощающем комплексе ионов кальция и разрушению структуры почвы. Такое физико-химическое действие воды распространяется на верхнюю часть почвы в условиях достаточного и избыточного увлажнения.

Аналогично на почвенный поглощающий комплекс влияют ионы минеральных удобрений, продуктов жизнедеятельности корневой системы и других содержащихся в почве соединений. В результате коагуляционные силы, склеивающие почвенные частицы в агрегаты, ослабляются, агрегаты переходят в раздельно-частичное состояние.

Биологические условия – разрушительная деятельность почвенных микроорганизмов, минерализующих органическое вещество почвы как источник питания и энергии. Поскольку почвенные частицы склеены преимущественно органическими коллоидами, то агрегаты разрушаются. Разложение гумуса микроорганизмами ведет к потере структурности почвы.

Преимущества структурной почвы над не структурной.

Не структурная почва имеет лишь один тип промежутков, или пор, между этими частицами. В почве, находящейся в состоянии микроагрегатов, наряду с этими появляются поры между микроагрегатами. В связи с этим увеличивается общий объем пор, что сказывается на водно-физических свойствах.

В этой почве имеются три вида пор:

- а) внутри микроагрегатов;
- б) между микроагрегатами;

в) между макроагрегатами.

В такую почву хорошо проникает и там сохраняется вода атмосферных осадков. В то же время наиболее крупные межагрегатные поры остаются свободными от воды и заполняются воздухом. Таким образом, в структурной почве устраняется антагонизм между водой и воздухом, который имеет место в не структурной почве. Благодаря чему, создаются благоприятные условия для микробиологических процессов. Это позволяет превращению минеральных недоступных для растений веществ в усвояемые растениями формы минерального питания.

Микроагрегаты служат надежной защитой от водной и ветровой эрозии почвы.

Ветровая эрозия возникает при перемещении почвенных частиц диаметром от 0,1 до 0,5 мм. Устойчивость почвы к ветровой эрозии определяется по содержанию в ней агрегатов крупнее 0,84 мм в диаметре. Исследование наносов показали, что они состоят из фракций почвы менее 1 мм. Почва приобретает устойчивость к ветру, если она содержит таких частиц более 50 %.

Развитие водной эрозии происходит в результате двух процессов:

- а) отделение почвенных частиц;
- б) их перемещение.

Отделение частиц от массы почвы в сильной степени зависит от прочности комков, которая в этом случае имеет не меньшее значение, чем крупность. Так, водопрочность структуры возрастает при необратимой коагуляции коллоидов катионами двух- и трехвалентных металлов ($\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$ $\text{Fe}^{3+}\text{Al}^{3+}$). Одновалентные катионы, наоборот, уменьшают водопрочность агрегатов. Самой высокой водопрочностью структурных агрегатов обладают те, которые цементированные органическими коллоидами (гуматами двух- и трехвалентных катионов).

Улучшение структуры почвы приводит к уменьшению ее связности. Такая почва легко рассыпается, так как микроагрегаты обладают высокой связностью, имеют небольшую площадь соприкосновения между собой и слабее действуют молекулярные силы сцепления. Поэтому для обработки такой почвы требуется меньшая тяговая сила по сравнению с бесструктурной.

Почвенная структура тесно взаимосвязана с другими агрофизическими показателями плодородия. Структура почвы непосредственно определяет параметры строения пахотного слоя. Соотношение в почве с ненарушенным сложением объемов твердой фазы, капиллярной и некапиллярной пористости. Капиллярная пористость агрегатов в структурной почве дополняется некапиллярной пористостью между агрегатных промежутков, что в сумме составляет общую пористость. В структурной почве поддерживается наиболее благоприятное соотношение между объемом твердой фазы и общей пористостью. Агрономически наиболее благоприятное строение пахотного слоя устойчиво поддерживается в течение длительного времени только в почвах с высоким уровнем водпрочности почвенных агрегатов.

Одним из показателей строения пахотного слоя может быть плотность почвы, которая в структурной почве более благоприятная для растений, чем бесструктурной. В структурной почве равновесная плотность близка к оптимальной. Структурная почва имеет наименьший интервал значений между оптимальной и равновесной плотностью, а в хорошо окультуренных почвах их величины могут совпадать, как, например, в черноземах.

2.5.4 Основные направлениями воспроизводства структуры почвы в земледелии

1. Обогащение почвы органическим веществом как основным источником образования гумуса и энергии для микроорганизмов. Этого достигают применением органических удобрений (навоз, торф, компосты, птичий помет, солома, сидераты), посевом многолетних трав (травосеяние), которые оставляют после себя большое количество растительных и корневых остатков. Минеральные удобрения, повышая урожайность культур, оказывают косвенное влияние на поступление в почву органического вещества за счет увеличения массы растительных и корневых остатков.

2. Пополнение почвенных запасов кальция и магния, как основных элементов структурообразования, с помощью проведения известкования кислых и гипсования засоленных почв.

3. Сокращение числа проходов сельскохозяйственной техники по полям, особенно тяжеловесной, путем использования ресурсосберегающих технологий выращивания растений.

4. Защита почвы от водной эрозии и дефляций с помощью регулирования стока воды и скорости ветра в приземном слое.

5. Создание наиболее благоприятных условий для окислительно-восстановительных процессов в почвах избыточного и недостаточного увлажнения путем проведения водных мелиораций – осушения и орошения.

6. Создание прочной структуры верхнего слоя почвы с помощью внесения на его поверхность искусственных, экологически безопасных структурообразователей.

Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент структурности и какие его оптимальные показатели?

2. Дефицит кислорода в почве способствует замедлению или ускорению разложения органического вещества?

3. Какие условия вызывают образование структуры?

4. Какие условия вызывают разрушение структуры?

5. Какие преимущества имеет структурная почва над неструктурной?

6. Какие мероприятия способствуют воспроизводству структуры почвы?

2.6 Воздушный режим почвы

Наличие воздуха в почве и его состав является важным фактором для жизни культурных растений, он обеспечивает дыхание корневой системы растений и почвенной микрофлоры.

Почвенный воздух находится в свободных от воды преимущественно некапиллярных порах, так как капиллярные поры заняты водой. Объем пор, заполненных воздухом, выраженный в процентах к общему объему почвы, называют воздухоемкостью почвы, который в значительной мере предопределяется некапиллярной пористостью.

Содержание газов в почвенном воздухе близко к атмосферному, так как между грунтом и атмосферой происходит воздухообмен, но он имеет свои особенности. Содержится кислорода в нем практически всегда меньше, а углекислого газа – больше. Причина в том, что в процессе дыхания корни растений и почвенная микрофлора используют кислород и выделяют углекислый газ. Так, в па-

хотном слое почвы содержание углекислого газа составляет от 0,15 до 2 %, а кислорода – от 18 до 20 %.

Чрезвычайно важно содержание кислорода в почвенном воздухе для сельскохозяйственных культур. Его дефицит негативно сказывается на жизнедеятельности всех живых организмов, населяющих почву. Так, семена лучше всходили при содержании кислорода 15–20 %, а при снижении до 2,5–5 % прорастания семян не было, а рост корней при снижении концентрации кислорода в почвенном воздухе до 9–12 % сильно замедляется, а при его содержании менее 5 % и вовсе прекращается. Кроме того, недостаток кислорода в почвенном воздухе (9–12 %) уменьшает поступление через корневую систему воды и минеральных веществ, особенно в период интенсивного роста. Очень требовательны к насыщению почвы кислородом бобовые, так как, кроме дыхания корневой системы, кислород нужен им для формирования клубеньковых бактерий.

Дефицит кислорода в почве ослабляет жизнедеятельность аэробных микроорганизмов. В результате чего разложение органического вещества и его минерализации замедляется. В почве образуется меньше доступных для растений форм элементов питания. Затухание аэробных и усиление анаэробных процессов происходит при уменьшении содержания кислорода в почвенном воздухе до 2,5 %. При этом в почве накапливается не окисление, а восстановление органических и минеральных соединений, многие из них являются токсичными для растений. Так, например, восстановленные формы железа непригодны для питания растений, однако недостаток этого элемента вызывает у них хлороз.

Для создания благоприятных условий жизнедеятельности культур и микробиоты в почвенном воздухе содержание кислорода не должно быть ниже 20 %. При незначительном его снижении негативная реакция растений может быть внешне незаметной, однако продуктивность культур начинает снижаться. Что касается углекислого газа, то в отличие от кислорода, увеличение его концентрации в почвенном воздухе является вредным для растений. Повышение концентрации CO_2 более чем 1 % негативно влияет на рост усвоения воды и элементов минерального питания, прорастание семян и биологические процессы в почве.

Для уменьшения содержания CO_2 в почвенном воздухе нужно, чтобы он постоянно переходил из почвы в атмосферу, а в грунт поступал свежий воздух из атмосферы, обогащенный кислородом. Этот процесс воздухообмена между почвой и атмосферой называется аэрацией почвы и происходит непрерывно, но с разной интенсивностью в зависимости от воздействия на него факторов газообмена: изменения температуры почвенной среды, изменения барометрического давления, осадков, движения воздуха над поверхностью почвы (ветра), изменения уровня залегания грунтовых вод, диффузии газов.

С изменением температуры связана аэрация почвы, которая происходит в течение суток. Днем почва и воздух в ней нагреваются, вследствие чего воздух в почве расширяется (на $1/273$ объема при повышении температуры на 1°C) и, не уместаясь в грунтовых порах, вытесняется в атмосферу. Ночью, наоборот, температура почвенной среды снижается, объем воздуха в порах уменьшается, и в них заходит часть атмосферного воздуха.

К повышению и понижению атмосферного барометрического давления также приводит поступление воздуха из атмосферы в почву и выход его части из почвы в атмосферу. Действие атмосферного давления наблюдается в почве до двухметровой глубины.

В случае выпадения дождей и увлажнения почвы вода, заполняя поры, вытесняет из них воздух в атмосферу, а позже, когда она переместится в более глубокие слои или выйдет из почвы, туда заходит атмосферный воздух, обогащенный кислородом.

Ветер над поверхностью почвы «вытягивает» из пор воздух по принципу действия пульверизатора и заполняет атмосферу. При этом еще и нарушается равновесие между атмосферным и почвенным воздухом, вследствие чего усиливается процесс диффузии.

Колебание уровня грунтовых вод также частично вытесняет почвенный воздух в атмосферу (в случае поднятия уровня вод) или «засасывает» атмосферный воздух в грунт (снижения уровня). Однако в полевых условиях, особенно в случае глубокого залегания грунтовых вод, этот фактор не имеет большого значения для газообмена.

Диффузия газов действует на основе постоянного перемещения молекул вследствие их теплового движения, при соприкосновении газовых смесей различных концентраций они постепенно

уравновешиваются благодаря перемешиванию молекул. Этот фактор действует постоянно независимо от любых других и является основным для газообмена между почвой и атмосферой. Эффективность факторов газообмена зависит от способности почвы пропускать воздух и от объема пор, особенно не капиллярных, т. е. от воздухопроницаемости и проветриваемости.

Воздухопроницаемость – свойство почвы пропускать через себя воздух. Она является важным условием нормального газообмена между почвой и атмосферой. Воздухопроницаемость зависит от гранулометрического состава, структуры, степени уплотненности и увлажненности почвы. Легкие (песчаные и супесчаные) почвы более воздухопроницаемы, чем тяжелые (суглинистые и глинистые). Однако хорошо оструктуренные тяжелые суглинистые и глинистые также имеют высокую воздухопроницаемость. Через низкую воздухопроницаемость в грунтах с распыленной структурой существует вредный для растений антагонизм между влагой и воздухом.

На аэрацию почвы в значительной степени влияет состояние ее поверхностного слоя. Вследствие образования на поверхности почвы плотной корки резко уменьшается проникновение в нее воздуха, особенно в условиях ее увлажнения.

Почвы с крупнозернистой и комковатой структурой, которые имеют много некапиллярных пор, характеризуются и большой воздухоемкостью, что также способствует лучшей аэрации почвенной среды. В почвах с пористостью более 55–60 %, в которых воздухом заполнено до 40 % пор, создается лучший воздушный режим.

Основными мерами регулирования воздушного режима почвы является ее обработка (рыхление, уплотнение), внесение органических удобрений и заделка растительных остатков, осушение переувлажненных почв и орошение сухих, выращивания определенных сельскохозяйственных культур. Радикальной мерой быстрого увеличения воздухопроницаемости и воздухоемкости почвы является ее рыхление, особенно глубокое, вследствие чего возрастает некапиллярная пористость и уменьшается плотность. На почвах, способных к заплыванию и образованию поверхностной корки, важное значение приобретает рыхление с целью ее разрушения, что также обеспечивает значительное улучшение аэрации почвы.

Для постоянной аэрации почву удобряют органическими веществами, известкуют (кислые почвы), гипсуют (засоленные почвы),

выращивают многолетние травы, заделывают в почву растительные остатки. Все эти меры способствуют улучшению структуры почвы, ее пористости и аэрации. При этом обогащение почвы органическим веществом и нейтрализация среды обуславливают усиление микробиологической активности почвы, что ведет к увеличению образования углекислого газа и выделение его в атмосферу при хорошей аэрации. В результате возрастает продуктивность фотосинтеза и урожайность культурных растений. На воздушный режим почвы и интенсивность газообмена положительно влияют такие мелиоративные мероприятия, как осушение и орошение, применяемые одновременно и для регулирования других режимов, в частности водного и теплового

Воздухоемкость – объем пор, содержащих почвенный воздух при влажности, равной наименьшей влагоемкости почвы. Определяется размером некапиллярных (межагрегатных) пор. Объем воздуха, заключенный в порах, не занятых водой, называют пористостью аэрации. В бесструктурных почвах она невысокая, быстро снижается при увлажнении. Структурные почвы, вследствие хорошо развитых межагрегатных промежутков, имеют большую пористость аэрации даже при сильном увлажнении. В культурных почвах содержание воздуха колеблется в пределах 8–36 % от общего объема почвы.

Таким образом, воздушные свойства почвы и ее воздушный режим в значительной мере обусловлены ее пористостью. Благоприятная аэрация – необходимое условие для нормального дыхания корней растений, высокой биологической активности почвы и образования окисленных форм минеральных соединений, наиболее доступных растениям. При недостатке воздуха в почве возникают восстановленные формы минеральных веществ, отрицательно влияющих на растения и почвенную микрофлору.

Контрольные вопросы

1. Что такое воздухоемкость почвы и чем она обусловлена?
2. Чем отличается почвенный воздух от атмосферного?
3. Повышение концентрации углекислого газа в почвенном воздухе является вредным или полезным для растений?
4. Что способствует воздухообмену между почвой и атмосферой?

2.7 Теплофизические свойства почвы

Тепло является одним из важных свойств, которое оказывает влияние на все процессы в почвах (химические, геохимические, биохимические, биологические). От величины температуры почвы зависит не только характер протекающих в ней процессов, но также их направленность и интенсивность.

Чтобы каким-то образом управлять температурным (тепловым) режимом почв, необходимо знать их тепловые свойства, источники тепла, тепловые потоки. К тепловым свойствам почв относятся теплоемкость, теплопроводность, тепловой баланс и др.

2.7.1 Основные теплофизические характеристики почвы

Тепловой режим почв – один из важных показателей, во многом определяющий направление и интенсивность почвообразовательных процессов. От его особенностей зависят длительность вегетационного периода растений, видовой состав и продуктивность растительного покрова, водный и воздушный режимы почвы, численность обитающих в ней микроорганизмов, скорость разложения органических остатков и превращения гумусовых веществ, темпы выветривания горных пород, интенсивность химических реакций и т. д.

Источники тепла в почве – лучистая энергия солнца; радиация атмосферы; теплота, идущая изнутри земного шара; энергия, которая является при разложении растительных остатков; радиоактивный распад. Главной среди них является лучистая энергия солнца, т. е. энергия, которая возникает во время ядерных реакций при температуре около 10 млн градусов. До 30 % солнечной энергии рассеивается в атмосфере или отражается облаками и поверхностью земли, около 20 % поглощается облаками в верхних слоях атмосферы и около 50 % достигает суши или поверхности Мирового океана и поглощается ими. Лучистая энергия солнца, поглощенная почвой, превращается в тепловую энергию, которая передается в нижние горизонты или отдается в атмосферу. Почва отдает тепло в атмосферу лишь в том случае, если она имеет более высокую температуру, чем приземные слои воздуха. При этом почва охлаждается. Если почва поглощает больше лучистой энергии, чем отдает тепла в атмосферу, то происходит ее нагревание, и тепло начинает

распространяться в нижележащие почвенные слои. Чем больше разность между температурой верхних и нижних слоев почвы, тем больше тепла уходит вниз. При охлаждении почвы часть тепла аккумулярованного в ее нижних слоях, передается вверх.

Суточный ход температуры почвы определяется ее зональным положением, климатическими и погодными условиями сезонностью, особенностями рельефа и растительного покрова, составом и свойствами почв. Наиболее резко суточный ход выражен в пределах 50 см слоя. Максимальные температуры наблюдаются на поверхности днем, минимальные – ночью. С глубиной в профиле почв характерно запаздывание изменения температуры.

Годовой ход температуры определяется, в первую очередь, климатическими условиями, имеет большую амплитуду и выражен на большую глубину, чем суточный. Наиболее резко годовой ход температур проявляется в пределах 3–4-метровой толщи почвы и почвообразующих пород. На глубине 6 м колебания температур не превышают 1 °С. Максимальные температуры почв с глубиной отстают от максимальных температур воздуха. Различия во времени могут достигать 2–3 месяцев.

Количество энергии солнца, поступающей в почву, зависит от почвенно-климатической зоны, погодных условий, особенностей рельефа и экспозиции склонов, наличия растительного покрова, окраски почвы, ее физических и тепловых свойств.

Для оценки теплообеспеченности почв и характеристики теплового режима используются следующие показатели: сумма активных температур (более 10 °С) в почве на глубине 20 см; сумма отрицательных температур на глубине 20 см; средний из абсолютных минимумов температур на поверхности почвы; глубина промерзания почвы; глубина проникновения температур (более 10 °С для лета) и другие показатели.

Сумма активных температур почвы (больше 10 °С) на глубине 20 см в тундре примерно на 100 °С ниже или соответствует сумме активных температур воздуха; в таежно-лесной зоне активные температуры почвы превышают температуры воздуха на 100...200 °С; в степной зоне – на 300...500 °С и в субтропиках – примерно на 1000 °С.

Для характеристики процесса трансформации солнечной энергии рассчитывается радиационный, тепловой баланс почвы и энер-

гетический баланс почвообразования, которые учитывают приход и расход солнечной радиации, расход энергии на работу почвообразовательного процесса.

В зависимости от продолжительности и глубины промерзания почвы существуют следующие типы температурного режима почв.

Мерзлотный – характерен для территорий с многолетней мерзлотой и со среднегодовой отрицательной температурой почвы. Верхние слои почвы в теплое время года оттаивают до верхней границы многолетнемерзлого слоя.

Сезоннопромерзающий – характеризуется для территорий с положительной среднегодовой температурой профиля почвы (глубина промерзания до 2 м) и продолжительностью до 5 месяцев.

Непромерзающий – характерен для зон с температурой почвы, которая на глубине 20 см в холодное время года остается положительной. Почва или не промерзает вовсе, или промерзает всего на несколько дней. Такой тип теплового режима почвы характерен для юга России.

Длительно-сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы теплового режима почвы характерны на преобладающей части территории России.

К тепловым свойствам почвы относят ее теплопоглощительную способность, теплоемкость и теплопроводность.

Теплопоглощительная способность – это способность почвы поглощать лучистую энергию солнца. Поглощается не вся солнечная энергия, а только ее часть; другая часть отражается почвой. Величина отраженной коротковолновой солнечной радиации, выраженная в процентах от ее общего количества, достигшего поверхности почвы, называется альбедо. Чем меньше альбедо, тем меньше солнечной энергии отражает почва и тем сильнее она нагревается.

Значение альбедо зависит от цвета почвы, удельной поверхности, влажности и особенностей растительного покрова. Чем темнее почва, тем меньше ее альбедо. В связи с этим почвы, содержащие много гумуса и отличающиеся более темным цветом, всегда нагреваются сильнее, чем более светлые малогумусовые. Альбедо снижается также при увеличении влажности и удельной поверхности почвы.

Теплоемкость – способность почвы поглощать тепло. Она бывает удельная и объемная. Удельная теплоемкость характеризуется количеством тепла в джоулях (Дж), которое необходимо для того, чтобы нагреть 1 г абсолютно сухой почвы на 1 °С, а объемная – 1 см³ абсолютно сухой почвы.

Теплоемкость почв зависит от минералогического и гранулометрического состава твердой фазы, от количества органического вещества, а также от влажности. Например, весовая теплоемкость кварцевого песка составляет 0,196 кал/см³, а объемная в 2,5 раза больше – 0,517 кал/см³. Теплоемкость торфа, соответственно, 0,477 и 0,601 кал/см.

Весовая и объемная теплоемкость воды равна единице. Весовая теплоемкость большинства минеральных почв в абсолютно сухом состоянии составляет 0,17–0,20 кал/г. При повышении влажности почв их теплоемкость возрастает в 4–5 раз (до 0,70–0,80 кал/г). Но при этом прогреваются почвы значительно дольше по времени. Глинистые почвы отличаются повышенной влагоемкостью, поэтому весной, будучи влажными, они медленно прогреваются, отчего их и называют холодными. Легкие (песчаные, супесчаные) почвы весной прогреваются быстрее. Поэтому их называют теплыми. Более гумусированные почвы прогреваются лучше и являются более теплоемкими.

Перерасчет удельной теплоемкости в объемную необходим при изучении особенностей перераспределения тепла в пределах почвенного профиля. Известно, например, что сложение разных генетических горизонтов различно. Одни из них имеют большую пористость, другие – меньшую, соответственно и соотношение удельной и объемной теплоемкостей будет различно. В целом их значения связаны между собой следующим уравнением:

$$T_v = T \cdot d_v$$

где T_v – объемная теплоемкость [Дж/(см³ · град)];

T – удельная теплоемкости хДж/(г · град)];

d_v – плотность сложения почвы, г/см³.

Теплоемкость почвы зависит от ее гранулометрического и минералогического состава, содержания в ней органического вещества, воды, воздуха. Теплоемкость влажной почвы всегда выше теплоемкости сухой почвы. Это объясняется тем, что для нагрева-

ния 1 г воды на 1 °С требуется тепла гораздо больше, чем для нагревания такого же количества почвенных минералов. Именно поэтому влажные почвы медленнее нагреваются, чем сухие, и более медленно охлаждаются. Медленнее нагреваются и глинистые почвы. Они считаются холодными, в то время как песчаные почвы с их невысокой теплоемкостью – теплыми. Вместе с тем тяжелые почвы осенью гораздо медленнее охлаждаются и в холодное время имеют более высокую температуру, чем легкие.

Теплопроводность. В связи с разностью температур теплота, которая поступает на поверхность почвы, перераспределяется между ее слоями. Этот процесс называется теплообменом, а свойство почвы проводить тепло – теплопроводностью. Теплопроводность оценивается с помощью коэффициента теплопроводности.

Наименьшей теплопроводностью отличается почвенный воздух, наибольшей – твердая фаза почвы, особенно ее минеральная часть. В связи с этим бесструктурные и плотные почвы имеют более высокую теплопроводность, чем рыхлые, с большим количеством пор и высокой аэрацией. Затрудняется передача тепла от одних слоев почвы к другим и с увеличением содержания в ней органического вещества. Именно поэтому торфяно-болотные почвы отличаются значительно меньшей теплопроводностью, чем минеральные.

Теплопроводность почв увеличивается по мере их увлажнения. В этом случае из почв вытесняется газообразная фаза, поры заполняются водой, которая способна пропускать тепло почти в 30 раз быстрее, чем воздух.

2.7.2 Тепловой режим и пути его регулирования

Тепловым режимом почвы называется совокупность процессов поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла. Количественно он выражается с помощью радиационного и теплового баланса.

Радиационный баланс – это соотношение между количеством солнечной радиации, поглощаемой и излучаемой почвой. Ее приходная часть представлена прямой и рассеянной солнечной коротковолновой радиацией, а также длинноволновым излучением атмосферы. В расходную часть входят отраженная поверхностью почвы коротковолновая радиация и длинноволновое температурное излучение почвы. Если приходная часть радиационного баланса больше

расходной – почва нагревается. В этом случае баланс считается положительным. Для радиационного баланса характерна суточная и годовая периодичность.

Тепловой баланс складывается из показателя радиационного баланса (T_b), расхода тепла на транспирацию и физическое испарение влаги, на теплообмен между поверхностью почвы и ее более глубокими слоями (T_p), на нагревание воздуха (T_k) и имеет следующий вид:

$$T_b = T_t + T_p + T_k.$$

Тепловой баланс зависит от географического положения и особенностей рельефа, физических свойств почвы, наличия растительного покрова, сезона года, времени суток, погодных условий и многих других факторов.

Влияние рельефа проявляется в перераспределении солнечной радиации и влаги по поверхности почвы. Например, самыми теплыми считаются южные склоны, несколько более холодными – западные и восточные, самыми холодными – северные. При этом чем круче склоны, тем больше влияние их экспозиции на температуру почв. Перераспределяя тепло и осадки по поверхности суши, рельеф оказывает большое влияние на характер и продуктивность произрастающей растительности, которая в свою очередь уменьшает поток солнечной радиации к поверхности почвы, снижая тем самым ее температуру в период летней жары.

Большое влияние на температуру почвы оказывает ее окраска. Темные почвы (например, дерново-карбонатные) отличаются более низким значением альбедо и поэтому всегда сильнее нагреваются, чем светлые.

В течение суток наибольшие колебания температуры почвы наблюдаются на ее поверхности. Она достигает своего максимума в полдень и падает в ночные часы. В зависимости от свойств почвы на глубине от 35 см до 1 м суточные колебания затухают. Здесь температура почвы остается довольно постоянной и изменяется лишь по мере смены сезонов года.

В условиях Кубани максимальное значение среднесуточной температуры верхнего слоя почвы наблюдается в июле и августе. Тепловой режим почвы в этот период характеризуется потоком тепла от верхних горизонтов к нижним. Минимальное значение

температуры приходится на январь. Это так называемый период охлаждения почвы, когда поток тепла идет от нижних горизонтов к верхним. При этом на глубине 20 см среднегодовая температура обычно несколько выше, чем среднегодовая температура приземных слоев атмосферы.

Как и в течение суток, наиболее резкие годовые колебания температуры почвы отмечаются в ее верхнем слое. Обычно почва начинает замерзать при температуре 0,1...1,5 °С. Это объясняется тем, что почвенная влага представляет собой не дистиллированную воду, а раствор, в котором содержится какое-то количество самых разнообразных растворенных веществ, и чем больше их концентрация, тем при более низкой температуре она превращается в лед. Кроме того, связанная влага замерзает при температуре около -4°С, что также способствует снижению температуры замерзания почвы.

Глубина промерзания почвы, с одной стороны, зависит от силы мороза, теплоемкости и теплопроводности почвы, а с другой – от наличия на поверхности почвы снежного покрова, особенностей рельефа, на котором она образована, влажности почвы, ее защищенности растениями и послеуборочными растительными остатками.

Чем более мощный и рыхлый снежный покров, тем на меньшую глубину промерзает почва. Способствуют накоплению снега растения. Там, где осенью оставлена стерня зерновых культур, посеяны и хорошо раскустились озимые и многолетние травы, имеются посадки плодово-ягодных культур в зимний период накапливается больше снега и соответственно почва меньше промерзает. Глубже всего промерзает почва на северных выпуклых элементах рельефа, с которых ветром сдувается снег. На более теплых южных склонах и в понижениях, где накапливается более мощный снежный покров, глубина промерзания почвы гораздо меньшая. При прочих равных условиях более влажные почвы промерзают на меньшую глубину, чем сухие.

При характеристике теплового режима почв особый интерес представляет сумма активных температур на глубине максимального распространения корней (20 см). Активной называют температуру почвы выше 10 °С. Весной при наступлении такой температуры растения начинают интенсивно развиваться. Чем длиннее пе-

риод с активной температурой, тем выше теплообеспеченность почв и лучше условия для развития растений.

В сельскохозяйственном производстве приток солнечного тепла поверхности почвы регулируется с помощью ее мульчирования, затенения растительностью, специальных приемов обработки.

Мульчирование поверхности почвы получило распространение в овощеводстве. Оно осуществляется с помощью торфа, соломы, костры, опилок, бумаги и других материалов, как правило, органического происхождения. Мульча темного цвета на 10–15 % снижает альбедо и тем самым увеличивает приток солнечной радиации к поверхности почвы. Светлоокрашенные мульчирующие материалы, наоборот, способствуют меньшему нагреванию почвы. Мульчирование поверхности почвы не только регулирует тепловой режим почвы, но и значительно снижает испаряющую способность, обеспечивая тем самым сохранение почвенной влаги.

Существенно уменьшает приток солнечной энергии к поверхности почвы растительный покров. Многолетние травы, лесные насаждения, кулисные посевы изменяют микроклимат местности, замедляют интенсивность обмена почвенного воздуха с атмосферой, способствуют понижению температуры почвы днем и ее повышению ночью. На участках, занятых растительностью, в зимнее время накапливается больше снега, который предохраняет почву от глубокого промерзания.

Иногда для более быстрого прогревания поверхности почвы применяют гребневые и грядковые посевы. С помощью гребней увеличивается общая поверхность почвы, в результате температура ее повышается на 3...5 °С. Вместе с тем почвы с неровной, гребнистой поверхностью ночью быстрее отдают тепло и иногда в утренние часы могут оказаться более холодными.

Рыхление почвы уменьшает ее теплопроводность и лучеиспускательную способность. Такой прием способствует снижению температуры почвы в дневные часы и сохранению тепла ночью. Прикатывание почвы, наоборот, увеличивает теплопроводность верхнего слоя почвы и способствует повышению температуры неуплотненного нижележащего слоя.

Для улучшения теплового режима почв в овощеводческих хозяйствах широко применяют биотопливо, а также искусственный обогрев теплиц с помощью электричества, пара, горячей воды.

В качестве биотоплива наибольшее распространение получил конский навоз, температура которого при интенсивном разложении может подняться до 70 °С.

Довольно эффективный прием снижения температуры почвы – полив. Осушение же заболоченных почв, наоборот, приводит к повышению ее температуры в дневные часы и снижению в ночное время.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют типы температурного режима почвы, и чем они обусловлены?
2. От чего зависит тепловой баланс почвы?
3. Как влияет рельефа поверхности почвы и ее окраска в перераспределении солнечной радиации?
4. Какие существуют способы регулирования теплового режима почвы?

3 ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

3.1 Задачи обработки почвы

Обработка почвы это, воздействие на почву различных рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий с целью создания благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур, защитить почву от эрозии, уничтожить сорняки, вредители и возбудители болезней. Обработка почвы является основным агротехническим средством для регулирования биологических процессов, водно-воздушного, теплового и питательного режима. При помощи обработки почвы повышается ее плодородие и урожайность возделываемых культур.

Задачи, которые ставятся перед обработкой почвы, следующие:

- создать мощный культурно-пахотный слой, поддержать в нем высокую эффективность микробиологических процессов, повысить плодородия почвы, создать благоприятный для растений водно-воздушный, тепловой и питательный режим путем изменения его строения, плотности и структурного состояния, периодически оборачивания и перемешивания слои почвы;
- уничтожить сорняки, возбудители болезней и вредители сельскохозяйственных культур;
- повысить противоэрозионную устойчивость почвы и защитить ее от эрозии.

Но велико влияние на уплотнение почвы гусеницами и колесами трактора, особенно в весенний период. Уплотняющее действие ходовой трактора прошедшего по полю в весенний период охватывает весь пахотный слой почвы. В результате чего по следу трактора урожай может снижаться наполовину.

В земледелии существует понятия способы, приемы и система обработки почвы.

3.2 Способы обработки почвы

Способ обработки почвы – это механическое воздействие рабочих органов почвообрабатывающих орудий и машин на почву, с целью улучшить плотность сложения и строение пахотного слоя почвы. Различают отвальный, безотвальный, роторный и комбинированный обрабатываемый слой, способы обработки почвы.

Отвальный способ – это обработка почвообрабатывающими орудиями с частичным или полным оборотом пахотного слоя почвы для того, чтобы изменить местоположения слоев или горизонтов почвы в вертикальном направлении оборот слоев почвы сочетается с рыхлением, перемешиванием, подрезанием и заделкой удобрений в почву и растительных остатков.

Безотвальный способ – это обработка почвообрабатывающими орудиями и машинами с целью рыхления, подрезания сорняков и сохранения растительных остатков на поверхности почвы, не изменяя расположения слоев и горизонтов.

Роторный способ – обработка при помощи вращающихся рабочих органов почвообрабатывающих орудий и машин для устранения различий по плотности и его слоения обрабатываемого слоя, перемешивая почву, растительные остатки и удобрения с образованием однородного слоя.

При выборе способа обработки почвы, нужно учитывать климатические особенности, (подвергается или не подвергается почва ветровой и водной эрозии), тип почвы и ее окультуренность, требования к обработке возделываемой культуры.

Приемы обработки почвы

Прием обработки почвы – однократное воздействие на почву рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий для выполнения одной или нескольких технологических операций на определенную глубину.

По глубине обработки приемы разделяют на, нулевую обработку (без обработки) поверхностную – на глубину от 0 до 8 см, мелкую от 8 до 16 см, обычную от 16 до 24 см и глубокую более 24 см. Существует плантажная обработка – до 40 см, которая обычно проводится под многолетние насаждения.

Очередность отдельных видов обработки, составляют систему обработки почвы. При разработке системы обработки почвы, необходимо учитывать биологические особенности возделываемых растений и климатические условия региона. Основными приемами обработки почвы является вспашка, лущение, культивация, боронование; шлейфование, прикатывание.

Лущение стерни. Одним из приемов обработки почвы является лущения стерни. При лущении происходит рыхление, крошение,

перемешивание, частичное оборачивание; верхней части почвы и заделка семян сорняков, находящихся на ее поверхности.

Все почвообрабатывающие орудия в различной степени уплотняют почву в зависимости от ее влажности и гранулометрического состава. Даже борона при весеннем бороновании зяби уплотняет почву, особенно если почва переувлажнена. Значительное уплотнение создают дисковые луцильники и дисковые бороны, особенно когда их применяют весной. Они действуют как подземный каток – разрыхляют верхний слой, создают подошву на глубину хода дисков. Образование такой подошвы особенно заметно на тяжелых почвах южных регионах Краснодарского края.

Повышение аэрации в верхнем слое при наличии влаги способствует активному прорастанию семян сорняков. Всходы сорняков затем уничтожаются повторным лушением или более глубокой основной обработкой (вспашкой, безотвальным рыхлением). Необходимо отметить, что осыпавшиеся семена сорняков на поверхности почвы находятся в состоянии покоя и не прорастают. Низкую всхожесть дают и старые семена, так как летом, после уборки колосовых культур на юге России в почве очень мало влаги и температура почвы очень высокая. В процессе нескольких лушений семена сорняков заделываются в почву, а у многолетних корнеотпрысковых и корневищных сорных растений корневая система истощается в результате систематического подрезания ее верхней части.

Чтобы создать более благоприятные условия в почве для накопления и сбережения влаги и лучшего прорастания семян сорняков, лушение иногда проводят одновременно с боронованием или прикатыванием.

Большое влияние лушение стерни оказывает на фитосанитарное состояние будущих посевов сельскохозяйственных культур. После уборки зерновых культур на пожнивных остатках, падалице, на всходах сорняков, а также в верхней части пахотного слоя обнаруживаются очаги вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. Лушение обеспечивает уничтожение этих очагов и положительно влияет на почвенную фауну.

При разрыхлении верхнего слоя влага меньше испаряется из почвы, а выпадающие осадки лучше впитываются. Все это способствует более равномерному крошению почвы при последующей

зублевой обработке. Кроме того, активизируется деятельность полезных микроорганизмов и усиливается процесс нитрификации. Чтобы нитратный азот не вымывался, почва после лущения не должна быть излишне рыхлой, а для уменьшения рыхлости почву прикатывают. Таким образом, лущение, создавая условия для активизации деятельности полезных микроорганизмов в минерализации органического вещества, а последующая более глубокая основная обработка позволяет регулировать питательный режим, что в дальнейшем сказывается на качестве сельскохозяйственных культур.

В результате естественного оседания и в процессе вегетации почва, вышедшая из-под зерновых культур (озимых и яровых), особенно при недостаточном увлажнении и тяжелом гранулометрическом составе, бывает сильно уплотнена.

Верхний слой почвы при рыхлении способствует накоплению влаги не только в верхних, но и в более глубоких горизонтах. Испарение снижается. Это, в свою очередь, приводит к разуплотнению более глубоких горизонтов почвы, снижению удельного сопротивления почвы, и повысить качество последующей ее обработке.

Отмечено, что на участке с предпахотным лущением удельное сопротивление почвы на рабочие органы сельскохозяйственных машин на 25–34 % ниже, чем на участке без лущения. Своевременное лущение стерни приводит к снижению затрат энергии на последующие обработки, в том числе на расход горючих и смазочных материалов.

Лущение стерни при уборке хлебов можно проводить одновременно с их скашиванием и обмолотом. Во многих хозяйствах лущение проводят как самостоятельный прием, сразу после поточной уборки соломы.

Лущение может быть качественным при высоте среза стерни не более 10–15 см. Опоздание с лущением влияет на потерю воды и снижает эффективность борьбы с сорняками.

Глубина лущения зависит от почвенно-климатических условий, засоренности (особенно многолетними сорняками), а также от степени уплотнения почвы, вышедшей из-под покрова зерновых или бобовых культур.

В зоне достаточного увлажнения лушение можно проводить неглубоко – на 5 см, а в зонах с недостатком в почве влаги – на 6–8 см, а затем 10–12 см, в зависимости от гранулометрического состава, уплотнения почвы и степени засоренности многолетними сорняками.

В засушливых районах необходимо проводить более глубокое лушение для заделки семян сорняков во влажный слой и тщательного подрезания корневой системы многолетних сорняков. На легких почвах требуется менее глубокое лушение в сравнении с тяжелыми. Более глубокое (на 10–12 см) лушение эффективно при высоте стерни более 15–20 см, а при высоте 18–25 см, что бывает при уборке полеглых хлебов, глубину лушения увеличивают до 12–14 см.

Глубина пожнивного лушения почвы зависит также и от типа засоренности: мельче (6–8 см) – при засоренности малолетними сорняками и глубже (8–14 см) – при засоренности корнеотпрысковыми и корневищными сорняками. Для этого используют дисковые и отвальные луцильники, а в отдельных случаях и дисковые бороны.

Лемешные луцильники лучше подрезают подземные органы корнеотпрысковых сорняков.

Дисковые луцильники эффективны на полях, засоренных корневищными сорными растениями (пырей ползучий). В результате обработки такой почвы дисковым луцильником во взаимно перпендикулярном направлении на глубину залегания корневищ (до 12 см) они измельчаются, а после появления молодых побегов пырея (шилец) на поверхности сразу же проводят глубокую вспашку плугами с предплужниками. Поля, засоренные малолетними сорняками, лушат на меньшую глубину дисковыми луцильниками.

В районах с более продолжительным теплым осенним периодом и при наличии влаги может быть повторное лушение, особенно при засорении корнеотпрысковыми сорняками. Высокий эффект дает лушение запыреенного поля вначале отвальным луцильником, а затем – дисковым для измельчения корневищ с последующей вспашкой. Для провокации к прорастанию семян и подземных органов размножения сорных растений в агрегат с отвальным или дисковым луцильником включают бороны и катки.

Лемешный луцильник лучше использовать на тяжелых связных почвах, засоренных многолетними корнеотпрысковыми сорняками, особенно при их истощении. Для подрезания многолетних корнеотпрысковых сорняков в пожнивный период также широко применяют плоскорезные, которые подрезают сорняки, рыхлят почву с оставлением стерни на поверхности поля.

Эффективность лущения возрастает в умеренно увлажненных районах с более продолжительным теплым послеуборочным периодом.

Вспашка – это агротехнический прием, который выполняется плугом с отвалом различной конструкции. Плуг с винтовым отвалом хорошо оборачивает пахотный пласт почвы, но почва недостаточно хорошо крошится; и напротив, плуг с цилиндрическим отвалом хорошо крошит пласт почвы, но плохо его оборачивает.

Если при вспашке пласт почвы оборачивается полностью (на 180°), то вспашка называется с оборотом пласта. При обороте почвы и ее постановке под углом (на 135°) вспашка называется со взметом пласта.

Но наилучшее оборачивание и крошение почвы, особенно освобождающейся из-под многолетних трав, достигается при культурной вспашке плугом с предплужником. Он снимает верхний слой почвы на $2/3$ ширины захвата основного корпуса и толщиной 8–10 см и сбрасывает его на дно борозды. Для того, чтобы качественно прикрыть и заделать верхний слой почвы, основной корпус должен работать глубже предплужника на 10–12 см. Такая вспашка плугом с предплужником называется культурной, или классической. Ее широко применяют в качестве осенней (зяблевой) вспашки в южных регионах России при отсутствии опасности эрозионных процессов.

Вспашка может сильно и на длительный срок изменять строение пахотного слоя почвы. Это эффективное средство для уменьшения чрезвычайно высокой величины капиллярной скважности и увеличения объема активных пор в тяжелых почвах. После пахоты хорошего качества величина капиллярной скважности может снижаться до 50 % от общей порозности.

Для сохранения к весне более рыхлого строения пахотного слоя применяется несколько более поздняя вспашка, особенно на тяжелых почвах.

Таким образом, на тяжелых почвах в районах избыточного увлажнения не стоит спешить с поемом зяби, но закончить зяблевую вспашку необходимо к осенней распутице. Вспашка почвы с высокой влажностью приводит к значительному ее уплотнению.

В районах с опасностью возникновения ветровой эрозии необходимо на поверхности сохранять стерню, которая предохраняет почву от выдувания, и проводить только рыхление почвы без ее оборачивания. Такая вспашка называется безотвальной. Ее разработал в начале 50-х гг. XX в. академик Т. С. Мальцев. Она широко применялась с использованием безотвальных плугов, а позднее – плоскорезов и глубокорыхлителей различной конструкции.

Вспашка – это наиболее энергоемкий технологический процесс обработки почвы, на который в среднем расходуется 30–40 % энергии, потребляемой в сельском хозяйстве. Поэтому одним из путей совершенствования технологий является минимизация обработки почвы как по количеству операций, так и по глубине.

В отечественной и мировой практике к наиболее распространенным экономичным, энергосберегающим и одновременно почвозащитным приемам относятся минимальная и нулевая обработки почвы, существенно сокращающие агротехнические операции.

Технология минимальной обработки, по сравнению с традиционной технологией, позволяет уменьшить воздействия на почву почвообрабатывающих машин, сократить количество проходов агрегатов по полю.

Технология с нулевой обработкой почвы предусматривает прямой посев в почву, предварительно обработанную гербицидами сплошного действия. Возможны варианты, когда в весенний период при достижении физической спелости почвы по стерне проводят посев стерневой сеялкой одновременно с внесением стартовой дозы удобрений. Технология также предусматривает обработку посевов гербицидами, а при необходимости – инсектицидами.

Основными недостатками минимальной технологии следует считать: существенное увеличение засоренности посевов, причем увеличивающееся по мере увеличения срока использования; фитосанитарное состояние культур; высокую равновесную плотность почвы черноземов Краснодарского края, вследствие их гранулометрического состава, и невысокое содержание гумуса в этих почвах.

Культивация – это агротехнический прием, который способствует рыхлению обработанного ранее грунта с подрезанием сорных трав. Она необходима для повышения качества водного и воздушного режимов, активизации полезных микроорганизмов, формирования условий для прорастания семян и нормального развития всходов.

Вследствие культивации на поверхности грунта образуется хорошо взрыхленный слой, который предотвращает испарение влаги. Кроме того, подобное мероприятие позволяет выровнять поверхность участков и уничтожить максимальное количество сорняков.

Для проведения культивации используют специальные приспособления – навесные и прицепные культиваторы. Есть две разновидности такого способа обработки почвы: междурядная (рыхление грунта в междурядьях) и сплошная (рыхление участка по всей его площади).

Сплошную культивацию используют в том случае, если требуется обработать чистый пар или площадки с зябью. Последние целесообразно культивировать в весенний период, чтобы взрыхлить верхние слои грунта, которые стали слишком плотными за осенне-зимний сезон. Кроме того, это активизирует проникновение воздуха в глубинные горизонты и будет способствовать быстрому их прогреванию, а также поможет предотвратить распространение сорняков.

Предпосевную культивацию проводят перед посевом культур на глубину посева. При этом удаляются сорняки, образуется уплотненное основание для укладки семян, которые затем окажутся накрытыми рыхлым почвенным слоем. Для того, чтобы полностью уничтожить сорняки на площадках, предназначенных для выращивания поздних видов растений, культивацию можно повторять 2 раза.

Культивация черных паров необходима в районах с засушливым климатом, где обработка дисками приводит к существенным потерям почвенной влаги. Для того, чтобы после культивации поверхность почвы была выровнена, а влага сохранена, культивировать целесообразно в сочетании с боронованием.

Другой вид культивации – междурядная. Проводится для уничтожения сорняков в междурядьях пропашных культур пропашными культиваторами. Иногда такие культиваторы используются

для одновременной подкормки растений минеральными удобрениями в период вегетации. Рабочий орган культиватора, – стрельчатая лапа, бритва, долото, окучиватели рыхлящего и подрезающего типа. Крепят их жестко или на пружинах. Применяют для разделки дернины и сильно заросших сорняками полей.

Боронование – это агротехнический прием, который проводится для обработки верхнего слоя почвы путем дробления крупных комьев и удаления сорняков. Кроме того, боронование применяют для заделки и смешивания минеральных удобрений с почвой. Боронование зубовыми боронами может осуществляться как отдельный технологический процесс, когда к трактору через сцепку присоединяют несколько секций борон, так и вместе с другими тракторными работами – вспашкой, культивацией, высевом удобрений или семян.

Перед началом работы секции зубовых борон присоединяют к трактору так, чтобы их ход был равномерным, а передние и задние ряды зубьев шли на одинаковой глубине, что достигается правильной установкой прицепа. Для качества боронования большое значение имеет скорость движения, которая для дробления крупных глыб тяжелых почв должна быть не менее 6 км/ч.

Прикатывание – это прием обработки почвы катками, обеспечивающий уплотнение, крошение глыб и частичное выравнивание поверхности почвы. Прикатывание способствует заделке семян на требуемую глубину, лучшему соприкосновению семян с почвой, их быстрому набуханию и прорастанию. Главная задача прикатывания состоит в том, чтобы в засушливых условиях как можно полнее сохранить влагу от физического испарения почвой. Уплотненный слой, создаваемый прикатыванием, надо рассматривать как своеобразный фильтр, который снижает ток парообразной влаги, особенно существенный при недостатке воды в почве.

Различное воздействие катка на почву связано с ее плотностью, влажностью, механическим и структурным составом. Уплотняющая способность катка зависит от его массы, диаметра и ширины захвата. Для прикатывания используются катки, различающиеся по массе и форме поверхности. Легкие катки имеют удельное давление 0,2–0,5 кг/см²; средние – 0,5–0,9, тяжелые – более 1 кг/см² поверхности. Уплотняющее действие катков начинает возрастать, когда влажность почвы увеличивается до 20–22 %. При

такой влажности действие катков (при давлении 0,250 кг/см²) составляет 8–10 см. Более тяжелые катки (при давлении 0,5 кг/см²) уплотняют почву до глубины 12 см. Самое высокое уплотнение отмечено в слое 0–5 см, при этом скважность снижается на 2 – 4 %.

Уплотняющее действие катков резко снижается, если влажность почвы уменьшается до 18–17 %. При этом действие указанных выше катков ограничивается 5 см, а скважность почвы изменяется незначительно. Но если влажность почвы достигает 25–26 %, то уплотняющее действие катков возрастает. После высыхания прикатанной почвы при такой влажности создается плотная прослойка, на поверхности почвы появляются трещины. Такая почва теряет большее количество влаги за счет диффузионных процессов.

Кроме влажности почвы, на изменение строения верхней части пахотного слоя оказывает и агрегатный состав. По форме поверхности различают катки: гладкие, рубчатые, кольчатые, кольчато-шпоровые, игольчатые. Наиболее широко используются кольчато-шпоровые, кольчато-зубчатые. Использование гладких катков может способствовать образованию корки особенно на тяжелых, заплывающих почвах.

Контрольные вопросы

1. Какие цели ставятся перед обработкой почвы?
2. Какие существуют способы и приемы обработки почвы?
3. Как разделяется обработка почвы по глубине?
4. Культивация – это агротехнический прием, который способствует чему?
5. Если при вспашке пласт почвы оборачивается полностью (на 180 °), то вспашка называется как?
6. Если при вспашке пласт почвы оборачивается под углом (на 135 °), как называется вспашка?
7. Из-за многократных поверхностных обработок в летне-осенний период и особенно после обильных дождей накопление продуктивной влаги в почве уменьшается или увеличивается?
8. Какие варианты основной обработки почвы можно использовать в районах активного проявления дефляции?
9. Какие операции могут входить в систему ухода за посевами свеклы?

4 ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПОД ОСНОВНЫЕ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

4.1 Обработка почвы под кукурузу после различных предшественников

Кукуруза возделывается для получения зерна, силоса и зеленой массы. В севообороте кукурузу высевают после озимых и яровых колосовых предшественников, сахарной и кормовой свеклы, а также повторно – кукуруза по кукурузе. Размещение кукурузы по однолетним и многолетним бобовым предшественникам нецелесообразно, так как они используются под посев более ценной продовольственной культуры озимой пшеницы.

После уборки озимых и яровых колосовых культур в большинстве случаев, особенно на тяжелых почвах при недостатке влаги, почва бывает сильно уплотнена и засорена семенами и вегетативными органами сорняков, а стерня содержит очаги вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. Эти особенности необходимо учитывать для проведения системы основной обработки почвы одновременно с уборкой урожая при высоком качестве, чтобы не пересушить почву и эффективнее использовать теплый летне-осенний период для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, накопить больше влаги и питательных веществ.

Основную зяблевую обработку почвы по типу полупаровой начинают с лущения стерни дисковыми лущильниками или дисками на 6–8 см.

Через 15–20 дней проводят повторное, а при необходимости и третье лущение, если поле сильно засорено сорняками.

Для провоцирования к прорастанию семян сорняков после каждого лущения почву можно прикатать кольчато-шпоровыми катками, а появившиеся всходы сорняков уничтожить последующим рыхлением.

Осенью, перед наступлением заморозков, проводят вспашку с предплужниками на 25–27 см.

В зоне недостаточного увлажнения сразу после уборки колосовых культур проводят вспашку на 23–25 см с прикатыванием кольчато-шпоровым катком. Последующие поверхностные обработки,

по мере отрастания сорняков, проводят различными орудиями: культиваторами на 8–10 см; дисковыми луцильниками на 6–8 см.

Определяя глубину основной обработки, нужно учитывать степень засоренности почвы. На полях, засоренных многолетними сорняками, глубина обработки меньше, чем на полях, засоренных многолетними корнеотпрысковыми и корневищными сорняками.

В районах недостаточного увлажнения и проявления ветровой эрозии и на склоновых землях, подверженных водной эрозии, рекомендуется применять безотвальное рыхление чизелем на 25–27 см или плоскорезную обработку на глубину 23–25 см с оставлением стерни на поверхности почвы, как основное звено почвозащитной системы обработки почвы в севообороте.

После уборки кукурузы на зерно, сахарной и кормовой свеклы, в случае запаздывания с уборкой вспашку под кукурузу проводят без предварительного лущения плугами на глубину 23–25 см. При ранних сроках зяблевой вспашки, по мере появления всходов сорняков, их уничтожают дискованием или культивацией до наступления устойчивых холодов.

Если кукуруза и свекла убраны в начале осени, то после их уборки можно провести дискование. Предпахотное дискование способствует высококачественной зяблевой вспашке. Через 3–4 недели после появления всходов сорняков проводят вспашку плугами с предплужниками на 23–25 см, оставляя почву не выровненной. Обработанный слой почвы к весне следующего года сохраняет рыхлое строение, обладает лучшей водопроницаемостью и полнее впитывает влагу осенне-зимних осадков. При поздней осенней зяблевой вспашке физическая спелость почвы весной наступает несколько раньше, чем при ранней зяблевой вспашке, что позволяет быстрее приступить к предпосевной обработке.

Предпосевная (допосевная) обработка почвы под кукурузу. Основная цель допосевной обработки – создание посевного слоя почвы с благоприятными условиями для прорастания семян, дальнейшего роста и развития растений кукурузы, уничтожение всходов сорняков, заделка в почву гербицидов.

Предпосевная обработка обеспечивает рыхление и выравнивание верхнего посевного слоя до глубины заделки семян и создание твердого посевного ложа, чтобы семена врезались в плотную почву

и были покрыты рыхлым слоем для лучшего доступа к ним влаги, тепла и воздуха.

Первый прием весенней предпосевной обработки под кукурузу, как правило, боронование, которое надо провести сразу после поспевания почвы. Задержка с боронованием, особенно в засушливые годы, даже на 1–2 дня приводит к потере большого количества влаги из почвы и ухудшает качество последующих обработок и посева кукурузы.

На глинистых, тяжелых, заплывающих почвах используют тяжелые бороны, а на более легких почвах, таких как обыкновенный чернозем, серая лесная и каштановая почва, применяют средние зубовые бороны.

По мере появления всходов сорняков проводят сплошную культивацию на 8–10 см в агрегате с боронами. На полях, засоренных корнеотпрысковыми сорняками, при достаточной увлажненности посевного слоя глубина культивации увеличивается до 14–15 см в сочетании с прикатыванием кольчато-шпоровыми катками после некоторого подсыхания верхнего слоя почвы.

На полях, где сорняков мало, достаточно двух предпосевных культиваций, а при большой засоренности их должно быть не менее трех. В годы с влажной весной на сильно засоренных полях кукурузу следует высевать несколько позднее, но в пределах оптимальных сроков, чтобы дополнительной культивацией уничтожить всходы ранних и частично проросших поздних яровых сорняков.

Последняя культивация проводится на глубину 5–6 см, чтобы семена кукурузы заделывались в плотный слой почвы и имели с ней хороший контакт для дружного прорастания.

Посев. При своевременном и качественном посеве обеспечиваются лучшие условия для прорастания семян, получения их высокой полевой всхожести, создания оптимальной густоты стояния растений и их выживаемости.

Посев кукурузы проводят при прогревании почвы на глубине заделки семян до 10...12 °С на глубину 6–8 см. Глубина заделки семян зависит от их величины и увлажнения посевного слоя. Чем суше почва, тем больше глубина заделки семян кукурузы. Ширина междурядий при посеве кукурузы широкорядным способом составляет 70 см. При такой ширине на одном гектаре число погонных метров составляет 14285. Зная количество семян, высеваемых

на одном погонном метре, легко рассчитать количество растений на 1 гектаре.

Посев необходимо проводить поперек основной обработки почвы, чтобы равномерно распределить семена в рядах и по глубине. После посева основной части поля засевают поворотные полосы.

Послепосевная обработка почвы. По срокам проведения послепосевную обработку почвы делят на довсходовую и послевсходовую. Если посевной слой рыхлый и сухой, то после посева почву прикатывают кольчато-шпоровыми катками, при этом улучшается контакт семян с ее твердой фазой, восстанавливается капиллярный подток влаги к семенам, что ускоряет их набухание, прорастание и появление более дружных всходов. После прикатывания создаются лучшие условия для образования и развития корневой системы у кукурузы.

Через 4–5 дней после прикатывания, при прорастании максимального количества семян сорняков, проводят довсходовое боронование. При этом проростки и всходы сорных растений уничтожаются, разрушается почвенная корка, улучшается аэрация почвы.

Послевсходовое боронование на посевах кукурузы проводят в фазу 2–3 листьев, поперек рядков, в сухую теплую погоду после 11 ч, когда тургор клеток уменьшается, и растения меньше повреждаются. Бороновать можно посева только с хорошо развитыми растениями и нормальной их густотой, скорость движения агрегата 4–5 км/ч.

Послевсходовое боронование способствует разрушению почвенной корки. Улучшает аэрацию почвы, уничтожает всходы и проростки сорняков.

В фазе 3–4 листьев кукурузы проводят первую междурядную культивацию на глубину 6–8 см, вторую осуществляют через 10–12 дней культиваторами с окучниками на глубину 8–10 см. При этом сорняки, проросшие в защитной зоне, присыпаются и погибают. При окучивании влажной почвы растений кукурузы усиливается корнеобразование.

4.2 Обработка почвы при возделывании подсолнечника

Размещение в севообороте. Подсолнечник предъявляет особые требования к сроку возврата его на прежнее поле в севообороте и к предшественникам. Без учета этих требований нельзя получать высокие и устойчивые урожаи.

Многолетний опыт свидетельствует, что подсолнечник в севообороте должен возвращаться на прежнее поле не ранее чем через 8–10 лет. Нарушение принципа возврата ведет к массовому поражению растений заразихой, ложной мучнистой росой, белой, серой и пепельной гнилями, фузариозом, фомопсисом и другими патогенами, а в конечном счете, к снижению урожайности. Правильное размещение подсолнечника в севообороте является решающим приемом снижения поражения различными патогенами.

После бобовых культур и рапса, имеющих с подсолнечником ряд общих болезней, его следует высевать с разрывом в 4 года.

Подсолнечник является глубоко укореняющейся культурой, поэтому его не следует размещать после культур с такой же глубокой корневой системой – сахарной свеклы, люцерны, суданской травы, так как эти предшественники сильно иссушают почву на большую глубину, что приводит к дефициту влаги в критический для подсолнечника период (цветение–налив). После таких культур в районах недостаточного увлажнения (менее 500 мм в год) сеять подсолнечник необходимо через 2–3 года, а в более увлажненных – через 1–2 года.

Лучшими предшественниками для подсолнечника являются озимые колосовые культуры, хорошими – кукуруза на силос. Допускается выращивание подсолнечника после кукурузы на зерно.

Сам подсолнечник при своевременной уборке является хорошим предшественником для озимых колосовых культур.

Основная обработка почвы. В зависимости от степени и характера засоренности полей после уборки предшественника применяют различные системы основной обработки почвы.

При всех системах с отвальной вспашкой вслед за уборкой колосовых проводят пожнивное лушение стерни дисковыми орудиями на глубину 6–8 см.

На полях, не засоренных многолетними сорняками, для очищения от однолетних сорняков применяют систему улучшенной

зяби или полупаровую обработку почвы. Система улучшенной зяби включает 2 дисковых лущения на 6–8 см, вслед за уборкой предшественника, на 8–10 см в августе и вспашку на глубину 20–22 см в сентябре–октябре. При полупаровой обработке почвы после лущения стерни, вслед за уборкой предшественника, пашут на 20–22 см в июле–августе с немедленной разделкой поверхности почвы и прикатыванием, а затем до осени проводят мелкие культивации по мере появления сорняков.

Если поля засорены многолетними корнеотпрысковыми сорняками, необходимо применять систему послойных обработок почвы. Послойные обработки обеспечивают высокий эффект в подавлении и искоренении многолетних сорняков при соблюдении определенных условий. Для истощения запасов питательных веществ в корневой системе многолетников проводят 2–3 лущения на глубину 8–10 и 10–12 см дисковыми, а затем на 12–14 см – лемешными орудиями. После первого или второго лущения, когда многолетние сорняки образуют не менее 5–6 листьев, применяют гербициды сплошного действия. Среднесуточная температура воздуха должна быть не ниже 14 °С. В сентябре–октябре проводят глубокую вспашку на 27–30 или 30–32 см. Разрыв между сроком внесения гербицидов и глубокой вспашкой должен быть не менее 15 дней.

В районах, подверженных ветровой эрозии (дефляции), применяют систему плоскорезных обработок с оставлением на поверхности поля стерни. Она включает 1–2 мелкие обработки почвы культиваторами-плоскорезами и безотвальное рыхление плоскорезами-глубокорыхлителями. Эти обработки проводят в те же сроки, что и в системах улучшенной зяби или послойных обработок. Если после первого или второго мелкого рыхления многолетние сорняки отрастают (5–6 листьев), то их обрабатывают гербицидами аналогично тому, как это делается в системе послойных обработок.

Предпосевная обработка почвы. Обработка зяби весной проводится в целях тщательной разделки и выравнивания поверхности поля, уничтожения сорных растений и создания оптимальных условий для высококачественного сева, обеспечивающего появление ровных и дружных всходов подсолнечника. Допосевная обработка зяби должна быть минимальной и проводиться на «спелой» почве.

Высококачественная, рыхлая и выровненная зябь позволяет ограничиться весной одной предпосевной культивацией. При этом лучше сохраняется влага в верхних слоях почвы, раньше и дружнее всходят сорняки, которые уничтожают предпосевной культивацией.

На менее качественной зяби до предпосевной культивации проводят боронование, а на глыбистой, заросшей сорняками и падалицей – раннюю культивацию с одновременным боронованием на глубину 8–10 см.

В целях предотвращения чрезмерного уплотнения почвы и потери влаги не следует в ранний весенний период применять тяжелые колесные тракторы и дисковые почвообрабатывающие орудия.

На полях, обработанных плоскорезами с оставлением на поверхности стерни, допосевную подготовку почвы начинают с обработки игольчатой бороной БИГ-ЗА, а затем применяют паровые культиваторы.

Предпосевную культивацию проводят на глубину заделки семян (6–8 см), используя для этого культиваторы в агрегате с боронами и шлейфами.

Сев. Сеют подсолнечник пунктирным способом при скорости движения агрегата 5–6 км/ч. Для выравнивания поверхности поля посевные агрегаты оборудуют шлейфами. Для сева используют высококачественные, очищенные и протравленные семена.

Оптимальные сроки сева определяются прогреванием почвы на глубине заделки семян (6–8 см) от 8 до 14 °С, появлением проростков и всходов ранних однолетних сорняков и наступлением «спелости» почвы. Такие условия в крае складываются обычно во второй-третьей декадах апреля. Сев подсолнечника в эти сроки позволяет использовать допосевной период для наиболее полного уничтожения сорняков и получить дружные всходы на 10–12 день. При сильной засоренности полей амброзией, горчицей полевой и некоторыми другими сорняками целесообразно оттянуть сроки сева до первой декады мая.

Более ранние и более поздние сроки сева снижают урожайность подсолнечника. При севе в ранние сроки (6...8 °С) всходы появляются с запозданием (на 22–26 день), посеvy зарастают сорняками и бывают изреженными, сильнее поражаются болезнями и повреждаются вредителями. Не следует откладывать сев до появ-

ления всходов поздних сорняков, при прогревании почвы более 16 °С, так как во всех зонах края это приводит к изреживанию и неравномерности всходов подсолнечника. Более поздние сроки сева (но не позже третьей декады мая) допускаются только тогда, когда по каким-либо причинам не была своевременно подготовлена почва. Но в этом случае для сева необходимо использовать сорта и гибриды только скороспелой группы. Продолжительность оптимального срока сева подсолнечника в хозяйстве должна составлять 5–6 рабочих дней, а на конкретном поле – 1–2 дня.

При выборе оптимальной густоты стояния растений перед уборкой, что очень важно для получения высокого урожая, большое значение имеет точный высев заданного количества семян и равномерное размещение их на площади.

Установлено, что уровень урожая подсолнечника зависит от запасов влаги в почве, и это является определяющим фактором при формировании густоты посева. Так, при глубине промачивания почвы весной до 100 см рекомендуется густота стояния не более 30–35 тыс./га, при промачивании до 150 см – 35–40 тыс./га, до 200 см и более – 40–50 тыс./га.

Для получения заданной густоты стояния растений к уборке норма высева семян первого класса (с учетом поправки на полевую всхожесть) должна превышать оптимальную густоту стояния на чистых полях на 10–20 %, а на сильно засоренных полях, с учетом гибели растений подсолнечника при проведении мероприятий по уходу за посевами, она увеличивается до 25–30 %.

Уход за посевами. При использовании гербицидов для уничтожения сорняков обычно применяют одно боронование до всходов и 1–2 культивации междурядий на глубину 6–8 и 8–10 см.

Безгербицидный вариант технологии предусматривает уничтожение сорных растений механическими приемами. С этой целью применяют довсходовые и послеवсходовые боронования и 2–3 междурядных культивации с приспособлениями для подавления сорняков в защитных зонах рядка.

Довсходовое боронование проводят не позже 5–6 дней после сева подсолнечника при скорости движения агрегата 5–6 км/ч, а послевсходовое – в фазу 1–3 пар настоящих листьев только в дневные часы при скорости не более 4–5 км/ч. Оптимальная глубина

хода зубьев борон 4–5 см. Боронование проводят поперек посева или по диагонали поля.

Культивации междурядий проводят на глубину 6–8 и 8–10 см, ширина обрабатываемой полосы составляет 50 и 45 см соответственно. При первой культивации для уничтожения сорняков в защитной зоне рядка применяют прополочные боронки. При проведении последней культивации сорняки присыпают в рядках.

Для улучшения завязывания семян к полям подсолнечника перед цветением следует подвозить пасеки из расчета 1–2 пчелосемьи на 1 гектар посева.

4.3 Обработка почвы под однолетние и многолетние бобовые культуры

Получать высокие урожаи люцерны можно только применяя эффективную агротехнику с учетом биологических требований культуры. Такая агротехника включает выбор лучших предшественников, современную и качественную обработку почвы, соблюдение сроков и способов посева, нормы высева семян, создание оптимальных режимов питания, уход за посевами и своевременную уборку.

Выращивают люцерну в полевых, кормовых, овощных и рисовых севооборотах. Наилучшими предшественниками для нее являются озимые, яровые колосовые и кукуруза на силос. В овощных севооборотах люцерну сеют после ранних овощей и картофеля, в рисовых – после риса, как правило с двухлетним использованием.

Основная обработка должна обеспечить максимальное очищение почвы от сорных растений. Здесь должно твердо выдерживаться главное агрономическое направление – перенесение основного удара по сорнякам на осенний период, так как борьба с ними в период вегетации культурных растений весьма затруднена.

На Кубани для этого имеются все условия. Достаточно заметить, что со времени уборки наиболее массового предшественника яровых культур – колосовых и до наступления распутицы проходит свыше четырех месяцев. Это время полностью должно быть использовано для провоцирования на прорастание и последующего уничтожения однолетних сорняков, для истощения, ослабления и уничтожения многолетников.

Наиболее распространенным способом основной обработки под яровые культуры является система зяблевой подготовки почвы.

Первое требование относительно колосовых предшественников – не оставлять поле необработанным после их уборки даже на несколько дней. Его необходимо сразу пахать или немедленно лущить дисковым орудием, а в случае почвозащитной обработки обработать игольчатой бороной или плоскорезами. Если этого не сделать, то лишенная защитного действия хлебостоя почва будет быстро иссушаться. Связность ее станет увеличиваться, что затруднит как лущение, так и пахоту.

Наиболее часто первой обработкой под яровые после уборки колосовых культур является дискование. Вспашку трудно провести сразу, так как в это время большая часть тяжелых тракторов занята подготовкой почвы под озимые.

Дискование уменьшает потери влаги из почвы, подрезает сорняки на требуемую глубину, обеспечивает гибель однолетников и истощение многолетников. Этим приемом создаются условия для провоцирования на проращение массы семян сорняков, которых много в верхней части пахотного слоя.

Глубина лущения должна обеспечить сбережение влаги в нижележащих слоях почвы, она должна быть не меньше 8 см. Это позволяет получить в степных районах края глубину крошения порядка 6–8 см.

На участках, засоренных корнеотпрысковыми сорняками, рекомендуется 2–3-кратное разноглубинное лущение стерни до вспашки. Первое проводят на глубину 6–8 см, второе – 8–12 см, третье – на глубину 12–14 см. Время проведения лущения определяется массовыми всходами сорняков. Сорняк не должен быть больше фазы розетки.

Большое значение в системе зяблевой обработки почвы имеет правильный выбор глубины пахоты. Проведение глубокой пахоты плугом с предплужником позволяет заделать на глубину значительную часть семян сорняков, находящихся в верхних слоях.

Лучшим временем зяблевой вспашки под посев многолетних трав является вторая половина сентября и первая половина октября. Глубина зяблевой вспашки определяется, прежде всего, мощностью подпахотного слоя почвы. Глубина должна быть 25–27 см и

даже до 30–32 см с обязательным выравниванием с осени, которое создает необходимые условия для качественного проведения сева.

На беспокровных посевах весной по выровненной с осени зяби ограничиваются одной предпосевной культивацией на глубину 3–4 см с применением плоскорезущих рабочих органов в агрегате со шлейф-бороной.

При подпокровном посеве многолетних бобовых трав предпосевную культивацию проводят на глубину заделки семян покровной культуры. После культивации почву прикатывают катками в направлении, перпендикулярном движению посевного агрегата, или по диагонали. Пренебрежительное отношение к предпосевному прикатыванию почвы приводит при посеве к чрезмерному заглублению сошников в почву и глубокой заделки семян, что сказывается на густоте стояния растений.

Посев люцерны проводится семенами I и II класса. К семенам предъявляется ряд требований: они должны быть здоровыми, хорошо выполненными, чистыми от сорной примеси, иметь высокую всхожесть.

На неорошаемых землях целесообразно высевать люцерну в чистом беспокровном посеве с нормой 9 млн всхожих семян на 1 га (20 кг/га), а на орошаемых – 11 млн всхожих семян на 1 га (25 кг/га). При подпокровном посеве норму высева увеличивают на 25–30 %, а норма высева семян покровных (зерновых) культур уменьшается на 50–60 % по сравнению с общепринятой.

Под бобовые многолетние травы вносят фосфорно-калийные удобрения, а азотные удобрения дают в подкормку в дозах N_{30} и N_{60} тонн д. в. на 1 га.

Уход за посевами люцерны 2-го года жизни и последующих складывается из рыхления, щелевания, борьбы с сорняками, ремонта изреженных посевов. Рыхление почвы проводят боронами и осуществляют его до начала вегетации люцерны и после каждого укоса. Можно рыхление также проводить ранней весной до начала вегетации, но при этом угол атаки должен быть равен 25 °.

Горох. Размещение гороха следует проводить по лучшему предшественнику – озимые и яровые колосовые, а при отсутствии последних посев проводится после сахарной свеклы и кукурузы. После зернобобовых культур и подсолнечника горох должен возделываться не ранее чем через 4 года (лучше 6 лет), так как усили-

вается заболевание фузариозом, аскохитозом, корневыми гнилями, бактериозом. Кроме предшественников необходимо учитывать изоляцию посева от многолетних бобовых трав.

Основная обработка почвы включает лущение стерни и вспашку. На полях после кукурузы почву дискуют тяжелыми дисковыми боронами с целью измельчения послеуборочных растительных остатков и лучшей заделки их в почву при вспашке. Горох отзывчив на глубокую вспашку в 25–27 см. Весной вспашка для него не рекомендуется. Поверхность поля должна выравняться с осени.

Целью предпосевной обработки почвы является создание хорошо разрыхленного мелкокомковатого слоя почвы глубиной 10 см и идеальное выравнивание поля. Все это обеспечит оптимальную глубину заделки семян и снизит потери урожая при уборке.

Посев гороха проводится сортовыми семенами. Норма высева различных сортов гороха колеблется от 1,2 до 1,6 млн шт. всхожих семян на 1 га. Посев проводят на глубину заделки семян 6 см (мелкосемянные сорта) и 8 см (крупносемянные).

Один из важнейших приемов ухода за горохом – боронование до всходов и по всходам, которое обеспечивает лучший доступ воздуха к корням, сохраняет влагу в почве, а также уничтожает до 60–70 % проросших однолетних сорняков. Боронование проводят в сухую, солнечную погоду, когда растения теряют тургор и не ломаются. До всходов почву рыхлят средними боронами через 4–5 дней после посева в начале прорастания семян, когда длина корешка не более 1 см. Повсходовое боронование проводят в фазе 3–5 листьев при массовом прорастании сорняков, поперек рядков или по диагонали гусеничными тракторами в агрегате с легкими боронами на скорости 5–7 км/ч. Бороны присоединяются к сцепке под углом 12–15 °, с хорошо оттянутыми зубьями, скос зубьев устанавливают по ходу движения.

4.4 Обработка почвы при возделывании яровых колосовых культур

По биологическим особенностям яровой ячмень относится к ранним яровым культурам. Семена начинают прорастать при температуре 1...2 °С, а всходы выдерживают заморозки до –6 °С. При

сравнительной засухоустойчивости он особенно чувствителен к недостатку влаги в период от выхода в трубку до колошения, результатом чего является череззерница и снижение урожайности.

Предшественники. Яровой ячмень рекомендуется размещать в севообороте после поздно убираемых пропашных предшественников, таких как кукуруза на зерно, подсолнечник, сахарная свекла, клещевина. Но более высокие урожаи получают при посеве ярового ячменя по озимым колосовым культурам.

Обработка почвы под яровой ячмень должна быть направлена на получение всходов в возможно ранние сроки. Основная обработка ведется по типу поздней зяби. Она обязательно должна включать подготовку поля для качественной вспашки – удаление или тщательное измельчение пожнивных остатков и дисковое лушение. Вспашка ведется плугом с предплужниками на глубину 22–25 см с обязательной заделкой пожнивных остатков. Это существенно снижает поражение растений корневыми гнилями и другими болезнями.

На чистых от сорняков полях в период вероятного проявления ветровой эрозии применяется плоскорезная обработка почвы, особенно после колосовых предшественников. По данным ученых КубГАУ, на чистых полях под яровой ячмень возможно применение и нулевой обработки, что значительно снижает прямые затраты труда на производство продукции.

Не рекомендуется выравнивать зябь с осени. Этот прием дает снижение урожайности ярового ячменя на 5 и более центнеров зерна с 1 га.

Предпосевная обработка почвы предусматривает одну культивацию на глубину 6–8 см. Цель ее – создание рыхлого мелкокомковатого слоя, сохранение влаги и уничтожение всходов сорняков. Высокое качество предпосевной обработки достигается при физической спелости почвы (влажность 20–22 %) и сокращении количества проходов за счет применения комбинированных и широкозахватных агрегатов. Оптимальные сроки сева ярового ячменя определяются временем наступления физической спелости почвы и могут быть в «февральские окна», в первой декаде марта. Запаздывание с посевом на 10–15 дней приводит к снижению урожайности зерна на 5–15 ц/га. Оптимальная норма высева составляет 4,5–5 млн всхожих семян на 1 га, в засушливые годы и при позднем

наступлении оптимальных сроков сева лучшие результаты дают повышенные нормы – до 6 млн всхожих семян на 1 га. Семена заделывают на глубину 4–5 см. При посеве или под предпосевную культивацию обязательно внесение минеральных удобрений.

Обработка почвы под яровой ячмень после колосовых. Основное требование – не оставлять поле не обработанным после уборки колосовых. Его нужно сразу лущить дисковыми орудиями на глубину 6–8 см, что уменьшает потерю влаги из почвы, поскольку создается рыхлый мульчирующий слой на ее поверхности. Лущение обеспечивает гибель однолетних сорняков путем подрезания, а также истощает многолетние сорняки. Кроме того, по возможности этим приемом можно создать условия для провоцирования на прорастание массы семян сорняков, которые находятся в верхнем пахотном слое. Лущение является также важным средством борьбы с вредителями и болезнями.

Если почва высохла, а дисковый лущильник не выполняет своей роли, то в таких случаях следует применять корпусные лущильники.

На участках, засоренных корнеотпрысковыми сорняками, рекомендуется 2–3 разноглубинных лущения. Затем проводится вспашка плугом с предплужниками на глубину 22–25 см с обязательной заделкой пожнивных остатков.

Обработка почвы после пропашных культур. После кукурузы, подсолнечника и других пропашных культур проводится поверхностное лущение, что обеспечивает защиту почвы от ветровой и водной эрозии, уменьшает ее глыбистость, существенно снижает затраты труда.

Для поверхностного рыхления используют культиваторы-плоскорезы, тяжелые дисковые бороны, комбинированные почвообрабатывающие агрегаты. Глубина обработки составляет 8–12 см. В сильно засушливые годы лучший эффект дают дисковые орудия.

Агротехнические требования к основной обработке почвы. Вспашка на глубину 22–25 см, отклонение глубины обработки от заданной не более ± 2 см. Наличие пожнивных остатков на поверхности не допускается. Высота гребней на стыке проходов до 5 см. Высота свальных гребней и глубина развальных борозд также до 5 см. Подрезание сорных растений – полное. Возможно примене-

ние поверхностной обработки почвы на глубину 12–14 см, а также плоскорезная обработка на глубину 18–22 см.

Агротехнические требования к предпосевной обработке почвы. Отклонение средней фактической глубины обработки от заданной должно быть не более: ± 1 см при культивации, $\pm 1,5$ см при дисковании, ± 2 см при лемешном лущении.

Подрезание сорных растений должно быть полное, вынос нижних слоев почвы не допускается, огрехи и необработанные полосы также не допускаются.

Предпосевную обработку проводят поперек направления основной обработки или под углом к ней. На участках с неровным рельефом обработку необходимо проводить поперек направления склона или по горизонталям местности.

При посеве ячменя обязательно вносится 20 кг фосфора на 1 га. Необходимость и дозу подкормки устанавливают в зависимости от состояния посевов и погодных условий. На ослабленных бледно-зеленых посевах целесообразно внесение азотных удобрений – по 30 кг д. в. на 1 га. В годы с засушливой весной они оказывают меньшее действие.

Подкормка ячменя в фазу кущения приводит к усилению процесса кущения, увеличению густоты продуктивного стеблестоя и повышению урожая. Состав и размер машинно-тракторных агрегатов разрабатывают в зависимости от конфигурации и размеров полей. При поверхностной обработке почвы и посева ячменя по кукурузе других пропашных культур возможно усиление засоренности. Поэтому в фазу кущения двудольные сорняки уничтожаются гербицидами.

В ранневесенний период, когда медленно нарастают температуры, целесообразно провести довсходовое боронование с целью уничтожения сорняков.

Обработка почвы под яровую пшеницу в основном такая же, что и под яровой ячмень, но если поле или его часть сильно засорены многолетними корнеотпрысковыми сорняками, то в системе зяблевой обработки применяют метод «истощения», который включает несколько лущений и последующую глубокую вспашку.

4.5 Обработка почвы под озимые колосовые культуры

Предшественниками озимых колосовых на Северном Кавказе в основном являются колосовые культуры, пропашные, многолетние травы, пары. После колосовых культур при подготовке почвы под озимую пшеницу широко применяется полупаровая система основной обработки. Период от уборки предшественника до посева озимых длится 2–2,5 месяца. Это время необходимо эффективно использовать для борьбы с сорняками, которые свойственны посевам колосовых. Очень важно в системе обработки почвы под озимые как можно раньше провести вспашку плугом с предплужниками на глубину лучшего крушения. Запоздывание с обработкой стерни создает условия для созревания и обсеменения растущих на поле сорняков. Кроме того, почва сильно иссушается и ее трудно будет в дальнейшем качественно обработать. Работа по проведению вспашки стерни под озимые остается ударной и должна быть окончена за 1,5–2 месяца до посева озимых культур. При ее выполнении следует руководствоваться принципом – «комбайн с поля – плуг в борозду».

Если по каким-то причинам нет возможности провести вспашку, то сразу после освобождения поля от соломы необходимо провести лущение стерни на глубину не менее 6–8 см.

Глубина вспашки при полупаровой обработке зависит от ряда условий. Как мелкая, так и глубокая обработка стерни не способствует повышению урожайности озимой пшеницы. В первом случае это происходит из-за увеличения засоренности, а во втором – вследствие иссушения почвы.

В производственных условиях часто возникает необходимость углубления вспашки. Это приходится делать при сильной засоренности поля многолетними корнеотпрысковыми сорняками или чтобы уменьшить глыбистость пашни. В южно-предгорных районах Краснодарского края и Республике Адыгея увеличение глубины вспашки до 25–27 см, по данным КубГАУ, способствовало уменьшению засоренности и повышению урожайности зерна пшеницы на 3,5–4,5 ц/га.

Помимо сроков и глубины вспашки большое значение имеет придание пахотному слою оптимального сложения. На прикатанной после обработки почве сорняки прорастают более дружно, что

обусловлено большим количеством влаги в поверхностном слое. Однако прикатывание одновременно со вспашкой или вслед за ней только тогда повышает урожайность зерна озимой пшеницы, когда действия проводятся по сухой почве или при запаздывании с проведением этого приема.

Следует подчеркнуть необходимость разделки почвы сразу после проведения вспашки. Запаздывание с выравниванием пашни и доведением почвы до мелкоструктурного состояния чревато опасными последствиями, поскольку летом глыбистые агрегаты высыхают, и крошить их, особенно на почвах тяжелого гранулометрического состава, очень трудно. Поэтому лучше не пахать там, где почва не будет разделана вслед за вспашкой в те же сутки.

При вспашке стерни хорошие результаты дает применение комбинированных пахотных агрегатов (плуг с предплужником + зубовые или дисковые бороны + кольчато-шпоровой каток). При необходимости глыбистую пашню дополнительно обрабатывают тяжелыми дисковыми орудиями и прикатывают.

При применении безотвальной обработки под озимую пшеницу необходимо учитывать засоренность посевов, распространение вредителей и болезней, водно-физические свойства почвы. Широкая проверка безотвальной обработки стерни под озимые в степных районах Кубани не выявила преимуществ в сравнении с отвальной.

Лучшими орудиями по уходу за почвой в системе полупаровой обработки в степных районах края являются культиваторы с плоскорежущими рабочими органами в агрегате с боронами и шлейфами и бороны-культиватора со шлейфами. В этих районах нельзя использовать на полупаровых полях культиваторы с универсальными лапами, иссушающие посевной слой. Культивировать полупаровые поля необходимо при массовом отрастании падалицы и сорняков, не допуская укоренения однолетних и массового появления розеток многолетних. Глубина обработки не должна превышать глубину заделки семян, так как это приведет к иссушению посевного слоя. Если возникает необходимость увеличения глубины культивации, то следует принять все меры по уменьшению потери влаги (выравнивание боронами и шлейфами и прикатывание кольчатыми катками).

При обработке почвы под озимую пшеницу после гороха должны соблюдаться те же принципы, что и после колосовых предшественников – своевременность и высокое качество. Исследования КНИИСХ показали, что запаздывание со вспашкой после гороха на 1–1,5 месяца снижает урожай зерна озимой пшеницы на 3–4 ц с 1 га. В степных районах Кубани, в отличие от колосового предшественника, после гороха целесообразно заменить вспашку поверхностным рыхлением на глубину 10–12 см и одновременно разделать почву тяжелыми дисковыми боронами и катками. В южно-предгорной и западной зонах Краснодарского края и Республике Адыгея предпочтение следует отдавать отвальной вспашке на глубину лучшего крошения.

При уходе за полем необходимо исключить паровые культиваторы со стрельчатыми лапами. Лучше использовать культиваторы с плоскорежущими бритвами и глубиной рыхления 5–6 см. Это позволит создать твердое ложе на глубине заделки семян и получить своевременные и дружные всходы озимой пшеницы.

Подготовка почвы под озимую пшеницу после многолетних трав в принципе не отличается от системы полупаровой обработки почвы после колосовых культур. Большое внимание здесь должно уделяться количественному и качественному характеру засоренности многолетних трав и возможности их отрастания.

При выращивании многолетних трав (люцерны) на одном поле несколько лет с каждым годом увеличивается его засоренность за счет изреженности травостоя.

На таких полях при подготовке пласта люцерны под посев озимой пшеницы решающее значение имеет срок вспашки. Чем раньше она проводится, тем менее бывают засорены посевы и тем выше урожайность зерна пшеницы.

В Краснодарском крае сроки распашки люцернового пласта проводятся дифференцировано по зонам: в северной зоне распашка проводится после уборки первого укоса; в северной и восточной частях центральной зоны – после второго укоса; в южной части центральной зоны и южно-предгорных районах – после третьего укоса на сено. В Республике Адыгея многолетние травы следует распахивать в те же сроки, что и в южно-предгорных районах Кубани.

Обязательным требованием при подъеме пласта является предпахотное подрезание дернины. Это позволяет предотвратить отрастание люцерны, улучшить заделку на дно борозды семян сорняков и их зачатков, а также корневой массы верхнего слоя, и тем самым ускорить минерализацию растительных остатков. Подрезание дернины следует проводить плоскорезами на глубину 8–10 см. При их отсутствии используют корпусные луцильники. Одновременно почва разделяется дисковыми боронами и катками. Затем сразу же проводят вспашку на глубину не менее 20–22 см, используя для этого пахотный агрегат (плуг + звено тяжелой дисковой бороны + каток). Обязательным является немедленная разделка вспаханной почвы до мелкоструктурного не глыбистого состояния.

Глубина вспашки пласта люцерны не оказывает такого влияния на засоренность и урожайность зерна озимой пшеницы, как сроки первой обработки. После вспашки уход за полем осуществляется так же, как после колосовых культур и гороха. На культивации лучше использовать штанговые культиваторы.

На Северном Кавказе значительные площади посевов озимой пшеницы (40–50 %) размещаются по пропашным предшественникам: подсолнечник, кукуруза, сахарная свекла, соя. К уборке эти культуры часто бывают засорены поздними яровыми, зимующими и многолетними корнеотпрысковыми сорняками. После подсолнечника, кроме этого, возможно засорение посевов озимых культур падалицей, семена которой сохраняют жизнеспособность в течение нескольких лет.

Качественная обработка почвы под посев озимых культур после пропашных представляет для земледельцев ряд трудностей. Большинство пропашных предшественников поздно освобождают поле. Период от уборки пропашных культур до посева озимых очень короткий (от 1 до 3 недель). Хотя в производстве часто бывают ситуации, когда сроки их уборки совпадают с оптимальным периодом посева озимых зерновых в данной зоне. В связи с этим поля, которые идут под посев озимых, должны убираться и очищаться от пожнивных остатков в первую очередь.

Многочисленные исследования научных учреждений Северного Кавказа показали, что после уборки пропашных, при тщательном уходе за ними, вспашка под озимые не обязательна, если на поле до этого проводилась обычная или глубокая обработка. При

малолетнем типе засоренности поля достаточно провести мелкую обработку на глубину 8–12 см тяжелыми дисковыми боронами в 3–4 прохода с одновременным прикатыванием, а также плоскорезами с качественной разделкой почвы тяжелыми дисковыми боронами и катками до мелкокомковатого состояния. При такой обработке глыбистая фракция (5–10 см и более) не превышает 1–3 %, а агрономически ценные агрегаты (1–10 мм) составляют 58–68 % от массы почвы. Поверхностная обработка после пропашных не увеличивает плотность почвы на обыкновенных и выщелоченных черноземах до величин, препятствующих росту корней. По данным научных учреждений, осенью она составляет в слое 0–25 см 1,17–1,19 г/см³, а перед уборкой – 1,24–1,26 г/см³, т. е. в пределах оптимальных величин.

Преимущества поверхностной обработки полей после пропашных предшественников под озимую пшеницу в степных районах края доказаны многолетними исследованиями научных учреждений края. Например, по данным КНИИСХ, лушение на 8–10 см сразу после уборки подсолнечника обеспечивало в отдельные годы, по сравнению со вспашкой, прибавку урожайности зерна озимой пшеницы в 2–3 ц/га. Следует отметить, что использование в качестве орудий основной обработки односледных дисковых лушильников не позволяет провести рыхление пересохшей твердой почвы глубже, чем на 3–5 см. Они плохо подрезают сорняки и некачественно измельчают пожнивные остатки. Вследствие этого здесь трудно провести заделку семян озимой пшеницы на требуемую глубину (5–6 см).

Исследования КГАУ показали, что применение поверхностной и мелкой обработки под посев озимой пшеницы после пропашных предшественников более эффективно – затраты на проведение более чем в 1,5 раза меньше в сравнении с плужной обработкой. Но это преимущество было очевидным на обыкновенных и выщелоченных черноземах только на слабо засоренных полях. Если же поле (или часть его) сильно засорено многолетними корнеотпрысковыми сорняками (осот розовый, вьюнок полевой), то на нем следует проводить вспашку на глубину лучшего крошения почвы (20–22 см). Особенно очевидным было преимущество вспашки в годы с влажным летне-осенним периодом. Весной засоренность посевов

озимой пшеницы после вспашки была в 1,2–1,4 раза меньше в сравнении с поверхностной обработкой.

Имеет свои особенности обработка почвы под озимые культуры после кукурузы, убираемой на силос. Как и после стерни она ведется по полупаровому типу. Поле в этом случае обычно освобождается в августе и при своевременной обработке до посева озимых колосовых проходит около полутора месяцев. В отличие от стерни на полях силосной кукурузы обязательно вслед за скашиванием следует применять только тяжелые дисковые бороны, которые способны разрыхлять почву на глубину 8–10 см. Это позволяет хорошо подрезать корневую систему кукурузы, что улучшает разделку при вспашке. Разрыв во времени между лущением и вспашкой исключается. Глубина вспашки устанавливается с таким расчетом, чтобы обеспечивалось качественное крошение и заделка пожнивных остатков (18–22 см). На полях с сильной засоренностью многолетними сорняками, а также в условиях южно-предгорной зоны ее следует увеличить до 25–27 см.

Вынужденная вспашка пропашных предшественников (из-за сильного засорения многолетними сорняками, высокой влажности почвы, большого количества пожнивных остатков и т. п.) обязательно должна сопровождаться тщательной разделкой почвы. Недопустимо проводить посев озимой пшеницы по свежевспаханной, рыхлой, не осевшей пашне. Ее уплотнение будет проходить после появления всходов и развития корневой системы, что в условиях перезимовки часто приводит к обрыву корней, выпиранию узла кущения, отставанию растений в росте и развитии.

Улучшение качества обработки почвы после пропашных предшественников под озимые культуры – острая проблема земледелия. Ее решение может идти по двум направлениям. Первое – улучшение качества самих пропашных как предшественников (уменьшение их засоренности химическими и агротехническими мерами; внедрение минимальной обработки с сокращением операций по уходу за растениями). Второе – широкое использование комбинированных почвообрабатывающих орудий с активными рабочими органами и сеялок прямого посева, обеспечивающих посев зерновых по нулевой обработке почвы.

В зонах недостаточного увлажнения Северного Кавказа чистый пар обеспечивает условия для получения высоких урожаев

озимой пшеницы и последующих культур. В северных районах Краснодарского края под чистые пары следует отводить поля из-под колосовых культур, подсолнечника и прежде всего поля, сильно засоренные многолетними сорняками. Сотрудниками КНИИСХ и КубГАУ накоплен обширный материал по вопросам системы обработки чистых и занятых паров. Основные моменты системы обработки паров следующие.

Цель первой обработки – максимальное провоцирование и уничтожение сорных растений, сбережение влаги в корнеобитаемом и особенно посевном слое. При создании оптимального сложения пахотного слоя удастся накопить больше, чем на других полях, доступных для растений форм питательных веществ.

При размещении паров по колосовым предшественникам преимущество должно отдаваться почвозащитной обработке с использованием плоскорезов. Немедленно вслед за уборкой колосовых культур нужно провести дискование на глубину не менее 6–8 см. При массовом отрастании сорняков применяют рыхление культиваторами-плоскорезами на глубину 10–12 см. Участки с сильно развитыми корнеотпрысковыми сорняками, не допуская отрастания у последних больше 4–5 листьев, обрабатывают повышенной дозой аминной соли 2,4-Д или глифосатами (2–2,5 кг д. в. на 1 га). Прием дает эффект лишь при температуре не ниже 1...16 °С.

При основной плоскорезной обработке пара, с одновременным внесением удобрений, используют культиваторы глубокорыхлители или плоскорезы-глубокорыхлители, если удобрения вносят поверхностно.

Весной в начале полевых работ поле обрабатывают игольчатыми боронами, до созревания верхней части пахотного слоя и массовом отрастании сорняков культивируют плоскорезом на глубину 14–16 см. Применение в агрегате с плоскорезом кольчатошпоровых катков значительно уменьшает потери влаги. В дальнейшем по мере массового отрастания сорняков поле обрабатывают культиватором-плоскорезом, постепенно уменьшая глубину рыхления. Глубина последнего не должна превышать глубину заделки семян. Предпосевные обработки пара дают лучший эффект, больше подавляют сорняки и сохраняют влагу, если выполняются штанговыми культиваторами.

В тех случаях, когда паровое поле готовят по типу обычной плужной обработки, немедленно вслед за уборкой колосовых проводят дисковое лушение или обработку культиватором-плоскорезом на глубину не менее 6–8 см. При сильном засорении корнеотпрысковыми сорняками нужно внести по розеткам корнеотпрысковых сорняков аминную соль 2,4-Д или глифосаты. На парах, размещаемых после подсолнечника, пожнивные остатки измельчаются дисковыми орудиями. Если после первого лушения наблюдается массовое отрастание сорняков, поле вторично лушат на глубину 10–12 см. Участки, сильно засоренные многолетними сорняками, обрабатывают корпусными луцильниками в агрегате с бороной и катками на глубину не менее 12–16 см.

Основную обработку вспашку плугом с предплужниками проводят в октябре и одновременно вносят навоз и минеральное удобрение. При планируемой урожайности озимой пшеницы 50–60 ц с 1 га дозы должны составлять: 30–40 т навоза на 1 га, фосфорных удобрений – 60–80 кг, калийных – 70–80 кг на 1 га.

Появляющиеся в течение теплой осени и зимы на паровом поле сорняки нужно уничтожать паровым культиватором и культиватором-плоскорезом. Весной при созревании почвы и появлении сорняков ведут первую обработку корпусными луцильниками, паровым культиватором или культиватором-плоскорезом на глубину до 14–16 см. Чтобы сберечь влагу, пашню тщательно выравнивают боронами и прикатывают кольчатыми катками. Если под основную обработку не удалось внести навоз, то его вносят весной под обработку корпусным луцильником.

Главная задача летнего ухода за паром – уничтожить сорняки и сберечь влагу на глубине заделки семян. Время обработок определяется массовым отрастанием сорняков и образованием почвенной корки. Все летние обработки пара следует проводить на убывающую глубину. Последняя предпосевная не должна превышать глубины заделки семян. В первой половине лета используют культиваторы, во второй – культиваторы с плоскорезными рабочими органами и бороны-культиваторы. Обработки обязательно должны сопровождаться тщательным выравниванием поверхности пашни, а при сухой погоде и в случаях более глубоких обработок (при сильной засоренности) – также прикатыванием.

Важнейшим условием, обеспечивающим высокую эффективность занятых паров, является немедленная вслед за уборкой парозанимающей культуры обработка почвы. Если основная обработка сразу же после уборки не ведется, нужно провести лушение на глубину не менее 6–8 см дисковым орудием или плоскорезом с прикатыванием кольчатыми катками в сухую погоду.

Основную обработку нужно проводить преимущественно плоскорезом на глубину лучшего крошения – 12–20 см, увеличивая ее при засорении поля многолетними сорняками. Одновременно поле необходимо разделить до мелкокомковатого уплотненного состояния тяжелыми дисковыми боронами и катками.

Если основная обработка занятого пара выполняется плугами, то ее ведут комбинированным пахотным агрегатом (плуг, батарея дискового орудия или игольчатые диски, каток, шлейф) на глубину лучшего крошения (16–22 см) чтобы получить не глыбистую, несколько уплотненную пашню. Когда при первой обработке эта цель не достигнута, требуется дополнительная разделка почвы дисковыми боронами или культиваторами с одновременным прикатыванием кольчатыми катками. В дальнейшем уход за занятым паром ведут так же, как и за черным. Основой для планирования системы обработки почвы является севооборот, принятый в конкретном хозяйстве или его подразделении.

4.6 Обработка почвы под сахарную свеклу

Научными учреждениями края разработаны, а в передовых хозяйствах различных почвенно-климатических зон широко апробированы системы основной и предпосевной обработки почвы, а также ухода за посевами сахарной свеклы. Эта культура наиболее требовательна к чистоте поля от сорняков и отзывчива на оптимальное строение почвы, а то и другое во многом зависит от обработки почвы.

Для максимального подавления однолетних сорняков наиболее пригодна полупаровая система основной обработки почвы. Она состоит после уборки стерневого предшественника – дискового лушения стерни на глубину не менее 6–8 см. Во второй половине июля – начале августа проводят отвальную вспашку на глубину 30–32 см. а при необходимости двухъярусным плугами на 32–

35 см. По мере появления всходов сорняков поле культивируют, а для уничтожения почвенной корки – боронуют.

Из-за многократных поверхностных обработок в летне-осенний период и особенно после обильных дождей пахотный слой может сильно уплотниться. При этом значительно (на 60–80 мм) уменьшается накопление продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы за счет осадков осени и зимы. Для устранения этого недостатка перед уходом в зиму следует провести безотвальное рыхление на глубину до 16–18 см (чизелем, плугом без отвала) под прямым углом к направлению основной вспашки. Такой вариант получил название улучшенной полупаровой системы.

На полях, засоренных многолетними корнеотпрысковыми сорняками (осотом, вьюнком и др.) следует применять послойно-комбинированную систему основной обработки. Она состоит из разноглубинных рыхлений. После уборки хлебов проводится дисковое лушение стерни на 8–10 см или лемешное лушение на 16–18 см, культивация или боронование в борьбе с взошедшими сорняками и почвенной коркой, а в завершении – глубокая (до 35 см) вспашка в конце сентября – начале октября. Хорошо и вовремя проведенная вспашка обычно не требует перед уходом в зиму последующих обработок для выравнивания.

Это также эффективно для подавления вьюнка и осота при обязательном условии своевременности проведения подрезания розеток многолетников, когда они имеют не более, чем 5–6 листьев. Именно это позволяет воплотить принцип истощения вегетативных зачатков многолетних корнеотпрысковых сорняков, снижающих их численность ко времени начала вегетации свеклы на 95–99 %.

Резкое снижение засоренности посевов свеклы однолетними сорняками обеспечивает применение принципа глубокой вспашки при обеих системах основной обработки ярусными плугами. При этом обработку ими целесообразно повторять в севообороте не ранее, чем через 5–6 лет.

На относительно чистых полях вместо лемешного лушения или мелкой вспашки можно применить плоскорез или чизель-культиватор, а при последующих обработках – комбинированные агрегаты.

В районах активного проявления дефляции возможно использование почвозащитного варианта основной обработки почвы, в основе которого лежит применение плоскорезов до глубины 30–32 см с сохранением до 70–80 % стерни и пожнивных остатков на поверхности. Такая система в зоне Армавирского ветрового коридора с использованием плоскорезов и других специализированных орудий (игольчатая борона, штанговый и противоэрозионный культиватор) обеспечила получение достаточно высокого уровня урожайности корнеплодов (450–500 ц/га) при значительной экономии горючего и других материальных средств. Несколько более высокий уровень засоренности однолетними видами при безотвальной обработке должен сопровождаться применением высокоэффективных современных гербицидов.

Безотвальная обработка почвы при возделывании сахарной свеклы с большей надежностью может применяться на более легких по гранулометрическому составу обыкновенных черноземах северной, восточной и центральных зон Краснодарского края. На выщелоченном черноземе замена отвальной обработки на безотвальную снижает урожайность корнеплодов на 40–50 ц/га. На тяжелосуглинистых выщелоченных и слитых черноземах положительную роль для роста свеклы имеет применение глубокого рыхления (до 70 см) в дополнение к вспашке, что обеспечивает прибавку урожайности на 13–18 %.

На полях с хорошо подготовленной зябью весенняя обработка почвы состоит, как правило, из двух операций – ранневесеннего рыхления с выравниванием поверхности почвы (борона + шлейф) и предпосевной обработки на глубину заделки семян (3–4 см) одновременно с севом. Первую из них проводят в состоянии физической спелости почвы широкозахватными агрегатами с обязательным участием шлейфов.

Целью предпосевной подготовки является полное уничтожение всходов и проростков сорняков, создание плотного и равномерного по глубине ложа слоя при оставлении поверхности в мелкокомковатом и ровном состоянии. При излишней рыхлости верхнего слоя почвы целесообразно провести допосевное прикатывание. При севе современными сеялками послепосевное прикатывание проводить не следует.

В систему ухода за посевами свеклы может входить довсходо-вое боронование, первое неглубокое рыхление междурядий (шаровка), а затем рыхление на глубину до 12–14 см с окучиванием или без него. Если с осени под свеклу не внесено достаточное количество минеральных удобрений, то при первом глубоком рыхлении междурядий его совмещают с подкормкой туками или жидкими органоминеральными смесями.

Если технология предусматривает довсходовое и послеvсходо-вое боронование, то его проводят легкими боронами или посевными боронками со скоростью не более 3–3,5 км/ч.

Количество и глубина междурядных обработок в период ухода за свеклой зависит от засоренности поля и уплотненности почвы. Чтобы не допустить образования трещин необходимо иметь мульчирующий слой в междурядьях и рядках не мене 6–8 см.

Предуборочное рыхление (за 10–12 дней до уборки) проводят на глубину 8–10 см, если позволяют условия погоды. Это прием при профессиональном выполнении позволяет улучшить качество работы уборочных машин и обеспечить максимальное сокращение потерь.

Контрольные вопросы

1. Что является критерием для определения глубины основной обработки под кукурузу?
2. Какие особенности обработки почвы под яровой ячмень после колосовых культур?
3. Какая система основной обработки почвы наиболее пригодна для максимального подавления однолетних сорняков под сахарную свеклу?
4. Какую систему основной обработки следует применять на полях, засоренных многолетними корнеотпрысковыми сорняками?
5. Какие операции могут входить в систему ухода за посевами свеклы?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии представлен материал, необходимый обучающимся при освоении дисциплины «Управление агрофизическими свойствами почвы». Содержится основная информация о водных свойствах почвы, ее физической и физиологической сухости, механизмах передвижения влаги в различных почвах. Также приведены сведения об агрегатном составе почвы, коэффициенте структурности и его оптимальных показателях, об условиях, вызывающих образование и разрушения структуры, о преимуществах структурной почвы.

Кроме того, в пособии рассмотрены воздушный и тепловой режимы почвы, отличие почвенного воздуха от атмосферного, типы температурного режима почвы, влияние рельефа поверхности почвы и ее окраски в перераспределении солнечной радиации, способы регулирования теплового режима почвы. Описаны рекомендации по обработке почвы под основные сельскохозяйственные культуры.

Изучение материалов пособия позволит обучающимся усвоить агрофизические параметры почвы, такие как гранулометрический состав основных почв Краснодарского края; сложение пахотного слоя, скважность почвы, капиллярную и некапиллярную пористость, определения плотных и рыхлых почв, равновесной и удельной плотности почвы.

Благодаря представленным теоретическим сведениям студенты смогут на практике оценивать почвенно-экологические условия и степень пригодности их для возделывания сельскохозяйственных культур; овладеют методами диагностики почвообразовательного процесса, системного исследования почв в агроэкосистемах, устойчивости почв к антропогенному воздействию; научатся использовать приемы управления агрофизическими свойствами почв.

СПИСОК ТЕРМИНОВ

Почва – физическое тело, представляет собой полидисперсную, гетерогенную систему, состоящую в основном из минеральных частиц различной величины и минералогического и химического состава. Между этими частицами образуются пустоты (поры), заполненные почвенным раствором или почвенным воздухом.

Физический песок – почвенные частицы крупнее 0,01 мм, не способны обеспечить необходимый для растений влагозапас в почвах, так как имеют низкую влагоемкость. Но частицы этой фракции хорошо фильтруют воду, обеспечивая хорошую водопроницаемость почв.

Физическая глина – почвенные частицы размером менее 0,01 мм, обладают хорошей влагоемкостью, поэтому являются более водонакопляющими и водозадерживающими. Почвы, содержащие относительно большое количество фракции физической глины, более влагоемки, но менее водопроницаемы, чем песчаные фракции. Воздушный режим этой фракции хуже, чем песчаной.

Сложение почвы – это характер «упаковки» почвенных агрегатов и образовавшихся между ними полостей. Характер и объем полостей являются показателями наличия в почве капиллярной и некапиллярной влажности и аэрации, что отражает водно-воздушные свойства почв.

Сквозность (пористость) – это суммарный объем пор между частицами твердой фазы (объем всех промежутков), выражается отношением объема пор к объему твердой фазы почвы. Сквозность почвы нередко называют порозностью.

Плотность почвы – это вес абсолютно сухой почвы в естественном ее сложении (с порами) единицы объема, или вес 1 см³ в граммах сухой почвы. Плотность на разных почвах Краснодарского края колеблется в пределах от 0,8 до 1,6 г/см³. Те почвы, на которых величина плотности колеблется от 0,8 до 1,1 г/см³, считаются рыхлыми. Плотными можно считать те почвы, плотность которых имеет значение от 1,3, очень плотными – свыше 1,4–1,5 г/см³.

Равновесная плотность почвы – плотность, которая устанавливается под влиянием внешних и внутренних факторов.

Удельная плотность почвы – это вес в граммах 1 см³ твердой массы почвы без пор. Удельной плотностью почвы называют от-

ношение веса твердой ее фазы определенного объема к весу воды при 4,0 °С в том же объеме. Удельная плотность выщелоченных черноземов Кубани составляет 2,62 г/см³

Влагоемкость почвы – свойство почвы поглощать и удерживать то максимальное количество воды, которое в данное время соответствует воздействию на нее сил и условий внешней среды. Это свойство зависит от состояния увлажненности, пористости, температуры почвы, концентрации и состава почвенных растворов, степени окультуренности, а также от ее агрегатного состава. Различаются следующие виды влагоемкости: полная (ПВ); максимальная адсорбционная (МАВ); капиллярная (КВ); наименьшая полевая (НВ) и предельная полевая влагоемкость (ППВ).

Водопроницаемость почвы – способность почвы впитывать и фильтровать воду. Она зависит от гранулометрического состава, наличия органического вещества и агрегатного состава почвы.

Агрегатный состав, или структура почвы – различные по величине и форме агрегаты, в которые склеены почвенные частицы. Свойство почвы распадаться на агрегаты различной величины называется *структурностью* почвы. Почва может находиться и в раздельном, не агрегатном состоянии

Коэффициент структурности почвы – отношение массы комков размером 0,25–10 мм (наиболее ценные частицы) к массе остальных фракций. Одновременно эти частицы должны быть пористые, механически упругопрочные и водопрочные.

Воздухопроницаемость почвы – свойство почвы пропускать через себя воздух. Она является важным условием нормального газообмена между почвой и атмосферой

Способ обработки почвы – это механическое воздействие рабочих органов почвообрабатывающих орудий и машин на почву, с целью улучшить плотность сложения и строение пахотного слоя почвы. Различают отвальный, безотвальный, роторный и комбинированный способы обработки почвы.

Прием обработки почвы – однократное воздействие на почву рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий для выполнения одной или нескольких технологических операций на определенную глубину. Основными приемами обработки почвы являются вспашка, лущение, культивация, боронование, шлейфование, прикатывание.

Система обработки почвы – очередность отдельных видов обработки. При разработке системы необходимо учитывать биологические особенности возделываемых растений и климатические условия региона.

Вспашка – это агротехнический прием, который выполняется плугом с отвалом различной конструкции. Плуг с винтовым отвалом хорошо оборачивает пахотный пласт почвы, но почва недостаточно хорошо крошится. Плуг с цилиндрическим отвалом, в свою очередь, хорошо крошит пласт почвы, но плохо его оборачивает.

Культивация – это агротехнический прием, который способствует рыхлению обработанного ранее грунта с подрезанием сорных трав. Она необходима для повышения качества водного и воздушного режимов, активизации полезных микроорганизмов, формирования условий для прорастания семян и нормального развития всходов.

Лущение стерн – один из приемов обработки почвы. При лущении происходит рыхление, крошение, перемешивание, частичное оборачивание верхней части почвы и заделка семян сорняков, находящихся на ее поверхности.

Боронование – это агротехнический прием, который проводится для обработки верхнего слоя почвы путем дробления крупных комьев и удаления сорняков. Кроме того, боронование применяют для заделки и смешивания минеральных удобрений с почвой.

Прикатывание – это прием обработки почвы катками, обеспечивающий уплотнение, крошение глыб и частичное выравнивание поверхности почвы. Прикатывание способствует заделке семян на требуемую глубину, лучшему соприкосновению семян с почвой, их быстрому набуханию и прорастанию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баздырев Г. И. Земледелие с основами почвоведения и агрохимии : учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. – М. : Колос, 2009. – 415 с.
2. Васильев Д. С. Агротехника подсолнечника / Д.С. Васильев. – М. : Колос, 1983. – 197 с.
3. Васильев Д. С. Подсолнечник / Д. С. Васильев. – М. : Колос, 1990. – 174 с.
4. Губанов Я. В. Озимая пшеница / Я. В. Губанов, Н. Н. Иванов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1988. – 303 с.
5. Ковриго В. П. Почвоведение с основами геологии : учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 2008. – 439 с
6. Эффективность различных способов борьбы с сорняками в посевах подсолнечника / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, В. П. Матвиенко, В. В. Люберец // Труды КубГАУ. – 2020. – Вып. № 87. – С. 72–78
7. Кравченко Р. В. Основные аспекты земледелия юга России / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, С. С. Терехова. – Краснодар : КубГАУ. – 2021. – 312 с.
8. Лучинский С. И. Возделывания подсолнечника в Краснодарском крае / С. И. Лучинский, А. С. Лучинский. – Краснодар : ЭДВИ, 2017. – 115 с.
9. Лучинский С. И. Совершенствование элементов технологий возделывания подсолнечника в зависимости от засоренности полей и вредоносности сорняков в Краснодарском крае : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / С. И. Лучинский. – Краснодар, 2004. – 24 с.
10. Лучинский С. И. Сорняки в посевах подсолнечника / С. И. Лучинский, А. В. Маковеев. – Краснодар : Советская Кубань, 2008. – 87 с.
11. Земледелие на юге России / С. И. Лучинский, А. С. Лучинский, А. В. Маковеев [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 149 с.
12. Влияние различных систем основной обработки проводимой под подсолнечник на физические свойства почвы / А. В. Маковеев, Ф. И. Дерёка, С. И. Лучинский [и др.] // Научный журнал

КубГАУ. – 2015. – № 113(09). – 18 с. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/42.pdf>.

13. Вредоносность осота розового в посевах подсолнечника / А. В. Маковеев, С. И. Лучинский, Ф. И. Дерека [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 117(03). – 16 с. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/25.pdf>.

14. Влияние различных систем основной обработки проводимой под подсолнечник на физические свойства почвы / А. В. Маковеев, Ф. И. Дерека, С. И. Лучинский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 113. – С. 562–579.

15. Влияние различных систем основной обработки проводимой под подсолнечник на запасы продуктивной влаги / А. В. Маковеев, С. А. Макаренко, Ф. И. Дерека [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 119. – С. 254–263.

16. Влияние различных систем основной обработки проводимой под подсолнечник на запасы продуктивной влаги / А. В. Маковеев, С. А. Макаренко, Ф. И. Дерека [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 119(05). – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/17.pdf>.

17. Малюга Н. Г. Эффективность внесения подкормки озимой пшеницы минеральными удобрениями на выщелоченном черноземе Краснодарского края : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Н. Г. Малюга. – Краснодар, 2007. – 22 с.

18. Тарасенко Б. И. Повышение плодородия почв Кубани : монография / Б. И. Тарасенко. – 3-е изд. перераб. и доп. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 130 с.

19. Шеин Е. В. Агрофизика / Е. В. Шеин, В. М. Гончаров. – Ростов н/Д. : Феникс, 2006. – 400 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕНИЯ О ФИЗИКЕ ПОЧВ.....	4
2 АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ.....	9
2.1 Гранулометрический состав почвы.....	9
2.2 Строения пахотного слоя почвы.....	12
2.3 Плотность почвы.....	17
2.4 Водные свойства почвы.....	24
2.4.1 Влажность почвы.....	24
2.4.2 Влагоемкость почв.....	25
2.4.3 Доступность влаги для растений.....	27
2.4.4 Механизмы передвижения влаги в почве.....	34
2.5 Агрегатный состав почвы (структура).....	37
2.5.1 Структурообразования.....	41
2.5.2 Условия, вызывающие образование структуры.....	42
2.5.3 Условия, вызывающие утрату структуры.....	43
2.5.4 Основные направлениями воспроизводства структуры почвы в земледелии.....	46
2.6 Воздушный режим почвы.....	47
2.7 Теплофизические свойства почвы.....	52
2.7.1 Основные теплофизические характеристики почвы.....	52
2.7.2 Тепловой режим и пути его регулирования.....	56
3 ОБРАБОТКА ПОЧВЫ.....	61
3.1 Задачи обработки почвы.....	61
3.2 Способы обработки почвы.....	61

4 ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПОД ОСНОВНЫЕ СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ.....	71
4.1 Обработка почвы под кукурузу после различных предшественников.....	71
4.2 Обработка почвы при возделывании подсолнечника	75
4.3 Обработка почвы под однолетние и многолетние бобовые культуры.....	79
4.4 Обработка почвы при возделывании яровых колосовых культур.....	82
4.5 Обработка почвы под озимые колосовые культуры	86
4.6 Обработка почвы под сахарную свеклу.....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	98
СПИСОК ТЕРМИНОВ.....	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	102

Учебное издание

Тарасенко Борис Иванович
Лучинский Сергей Ильич
Кравченко Роман Викторович

**УПРАВЛЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИМИ
СВОЙСТВАМИ ПОЧВЫ**

Учебное пособие

В авторской редакции

Макет обложки – Н. П. Лиханская

Подписано в печать 13.09.2021. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 6,2. Уч.-изд. л. – 4,8.

Тираж 500 экз. Заказ № – экз.

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.