

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И. Т. ТРУБИЛИНА»

На правах рукописи



Шаляпин Владимир Владимирович

**ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
Онищенко Людмила Михайловна

Краснодар – 2025

	С.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 АГРОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	10
1.1 Свойства чернозема и применение удобрений	12
1.2 Система удобрения пшеницы мягкой озимой	30
2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	40
2.1 Агрометеорологические условия	46
2.2 Объекты и предмет исследования	50
3 ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ	55
3.1 Физико-химические свойства	55
3.1.1 Почвенное органическое вещество	55
3.1.2 Кислотность	61
3.2 Ионообменные свойства	75
4 ДИАГНОСТИКА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ	84
4.1 Почвенная диагностика	84
4.1.1 Минеральный азот	85
4.1.2 Подвижный фосфор	106
4.1.3 Подвижный калий	110
4.1.4 Биологическая характеристика почвы	113
4.2 Растительная диагностика	116
4.2.1 Азот	116
4.2.2 Фосфор	119
4.2.3 Калий	121
4.2.4 Предпосевная обработка семян пшеницы мягкой озимой	123
5 АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗЕ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ	131
5.1 Урожайность пшеницы мягкой озимой и её структура	131

5.2 Вынос и баланс биогенных элементов	136
5.3 Энергетическая эффективность удобрений	139
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	141
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	148
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	149
ПРИЛОЖЕНИЯ	181

Актуальность темы. Пшеница озимая – продовольственная, кормовая и техническая культура. Ценность этой культуры для населения представляет зерно, из которого получают хлеб, крупы, макаронные и мучные кондитерские изделия. Продукты, получаемые из ее зерна, занимают ключевое место в питании человечества, а от качества рациона питания зависит здоровье нации. Поэтому наращивание производства высококачественного зерна пшеницы является приоритетным направлением для достижения продовольственной безопасности нашей страны.

Пшеница распространена на всем земном шаре. На территории России она высевается на площади более 15 млн га, валовой сбор зерна пшеницы при средней урожайности 2,75 т/га составил более 53 млн т. Согласно официальных источников начиная с 1995 г. по настоящее время средняя урожайность зерна культуры в Краснодарском крае составляет 4,69 ($\pm 1,72$) т/га и отмечена существенная вариация в получаемом урожае от года к году. В 2022-2023 гг. на Кубани сельхозпроизводители посеяли пшеницу озимую на площади более чем 1,6 млн га, урожайность культуры составила 5,59 т/га, а валовый сбор зерна более 9 млн т [199]. Однако стабильных и рекордных урожаев зерна не было достигнуто, хотя генетический потенциал урожайности большинства современных сортов отечественной селекции позволяет получать более 10 т/га.

В Краснодарском крае высокоплодородные черноземные почвы занимают около 50 % территории или 4084,7 тыс. га [134, 237]. Однако высокая урожайность сельскохозяйственных культур и несоблюдение научно обоснованной системы применения удобрений в хозяйствах приводит к отрицательному балансу питательных веществ, и к изменению плодородия почвы [130, 138, 219].

В основе современного экономически обоснованного производства продукции растениеводства лежит применение удобрений. С одной стороны, содержащиеся элементы минерального питания в удобрении являются источником питатель-

ных веществ для растений. С другой, удобрения являются химическими соединениями, которые влияют прямо и косвенно на изменение свойств почвы. В связи с чем, возникает необходимость в исследовании действия минеральных удобрений на растения озимой пшеницы и на изменение элементов плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья.

Степень разработанности темы. Сегодня выведены устойчивые к неблагоприятным условиям высокоурожайные сорта пшеницы озимой. Современные агротехнологии возделывания пшеницы озимой в условиях Западного Предкавказья позволяют повысить ее урожайность, однако формируется она под воздействием сложного комплекса почвенно-экологических и климатических условий, в которых растения росли и развивались [7, 113]. Проблемами совершенствования агротехнологии и земледелия занимались А. Б. Глуховский, А. А. Гортлевкий, Т. С. Дубоносов, З. А. Пакудин, А. И. Носатовский, Н. И. Володарский, Я. В. Губанов, Н. Г. Малуго, А. В. Загорулько, А. М. Кравцов, Н. Н. Нещадим и многие другие.

Проблемам сохранения и рационального использования почвенного плодородия в Российской Федерации отводится особое место, не только как объекту производственной деятельности, но и как компоненту биосферы. Первые исследования плодородия почв Западного Предкавказья принадлежат В. В. Докучаеву [62]. Значительный вклад в изучение свойств, факторов почвообразования черноземов Предкавказья, особенностям климата и агропроизводственной ценности почв внесли: Л. И. Прасолов, С. А. Захаров, Е. С. Блажний, А. И. Симакин, В. А. Ковда, В. Ф. Вальков, В. И. Терпелец, А. Х. Шеуджен и многие другие [23, 25, 72, 73, 95, 171, 232].

Цель исследований – определить влияние минеральной системы удобрения на почвенно-агрохимические свойства чернозема выщелоченного в агроценозе пшеницы озимой мягкой, выращиваемой в Западном Предкавказье.

Для достижения цели определены задачи:

– провести мониторинг физико-химических и химических свойств чернозема выщелоченного при выращивании пшеницы мягкой озимой и дать оценку направленности их изменений;

- проследить влияние минеральных удобрений на динамику содержания минерального азота, подвижного фосфора и калия в черноземе выщелоченном;
- количественно оценить сезонную эмиссию диоксида углерода под действием удобрений в условиях чернозема выщелоченного Западного Предкавказья;
- определить динамику содержания азота, фосфора и калия в растениях и зерне пшеницы мягкой озимой;
- оценить влияние почвенно-агрохимических свойств чернозема выщелоченного на формирование качества зерна пшеницы мягкой озимой путем проведения предпосевной обработки семян;
- показать агрономическую эффективность действия минеральных удобрений в агроценозе пшеницы;
- рассчитать вынос, баланс биогенных элементов питания в черноземе, коэффициенты эффективности использования минеральных удобрений растениями пшеницы мягкой озимой.

Научная новизна. В условиях стационарного опыта 4-ой ротации 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья впервые произведены мониторинговые исследования показателей плодородия почвы, а также дана биологическая оценка почвы путем установления сезонных потоков диоксида углерода с поверхности почвы при внесении минеральных удобрений. Показано пролонгированное действие азотного удобрения на урожайность и качество зерна в агроценозе пшеницы мягкой озимой сорта Безостая 100.

Теоретическая и практическая значимость работы. Показана тождественность действия обыкновенного карбамида и ингибированного карбамида ЮТЕК по сравнению с аммонийной селитрой при поверхностном применении удобрений на посевах пшеницы мягкой озимой, выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья после предшественника подсолнечника, позволяющая добиться максимальной реализации потенциала урожайности и качества зерна.

Методология и методы исследований. В основу исследовательской работы положен предварительный анализ имеющихся публикаций отечественных и зарубежных авторов, общепринятые методы и методики исследования в агрохимии: лабора-

торный, полевой, а также модельный. Полученные данные рассмотрены во взаимосвязи в системе *почва-растение-удобрение* и подвергнуты математической обработке с использованием статистических методов анализа данных в «MS Excel».

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

– закономерности изменения почвенно-агрохимических свойств чернозема выщелоченного: содержания почвенного органического вещества, актуальной, обменной и гидролитической кислотности, суммы поглощенных катионов, емкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями, минерального азота, подвижного фосфора и калия в условиях агроценоза пшеницы мягкой озимой, выращиваемой в условиях 4-ой ротации зернотравяно-пропашного севооборота Западного Предкавказья;

– особенности реакции пшеницы мягкой озимой сорта Безостая 100 в зависимости от действия видов минеральных удобрений;

– эффективность обыкновенного карбамида и ингибированного карбамида ЮТЕК равноценна аммонийной селитре в агроценозе пшеницы мягкой озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья;

– установлены достоверные различия влияния видов минеральных удобрений на сезонную эмиссию диоксида углерода из чернозема выщелоченного Западного Предкавказья.

Степень достоверности результатов подтверждается принятыми научными методами исследований в агрохимии, достаточным количеством наблюдений в опыте, статистической оценкой экспериментальных данных, методиками химического анализа, входящие в действующую базу Российских и межгосударственных стандартов. Сформулированные в тексте диссертации научные положения, выводы и практические рекомендации основаны на полученных данных в полевом опыте, продемонстрированных в приведенных таблицах, рисунках и приложениях. Статистическая оценка полученных результатов проведена с использованием современных методов математической обработки информации в Microsoft Excel и статистического анализа – ANOVA. Основные результаты внедрены в практику.

Апробация работы. Основные материалы научно-квалификационной работы (диссертации) докладывались в 2019-2023 годах и получили одобрение на заседаниях кафедры агрохимии КубГАУ, а также на научных конференциях факультета агрохимии и защиты растения Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина, 53-й Международной научной конференции посвящённой 115-летию со дня рождения профессора А. В. Петербургского (г. Москва, 2019), Всероссийской научно-практической конференции посвящённая 100-летию со дня рождения Коренькова Д. А. и Тонконоженко Е. В. (г. Краснодар, 2020), Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых (г. Краснодар, 2022), научном семинаре «Углеродная нейтральность и экосистемные услуги органического вещества почв: методология и вызовы» (г. Санкт-Петербург, 2023), III Всероссийской научно-практической конференции «Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий» (г. Краснодар, 2023), ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР «Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии» (г. Краснодар, 2023).

Публикации. По результатам проведенных исследований и полученным экспериментальным данным были опубликованы двенадцать печатных работ, пять из которых входят в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Минобрнауки России.

Личный вклад. Соискатель выполнил поиск, анализ литературных источников и разработал методологию исследования. На основании имеющихся научных сведений была сформулирована цель и задачи исследования, подобраны методы и методики химического анализа изучаемых объектов. В соответствии с темой научной работы: выявил сезонную динамику почвенного органического вещества, кислотно-основные свойства почвы, а также свойства почвенного поглощающего комплекса, содержание элементов минерального питания в почве и их содержание в растениях пшеницы мягкой озимой. Заложил и провел опыты. В интерпретации полученных результатов: математически обработал и обобщил экспериментальные данные, сделал логические выводы и подготовил материал к публикации.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 224 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, предложения производству и перспективы дальнейшей разработки темы, списка литературы и приложений. Работа содержит 8 таблиц, 41 рисунок и 36 приложений. В списке литературы представлено 284 источника, из них 18 – работы иностранных авторов.

Автор выражает искреннюю благодарность и признательность заведующему кафедры агрохимии Кубанского ГАУ, академику РАН, доктору биологических наук, профессору А. Х. Шеуджену, научному руководителю, профессору кафедры агрохимии, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Л. М. Онищенко, заведующему Центра искусственного климата, доктору сельскохозяйственных наук, доценту Н. В. Репко, сотрудникам кафедры агрохимии и Центра искусственного климата за кропотливый труд и неоценимую помощь при проведении исследований.

1 АГРОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Известно, что одним из основных факторов повышения урожайности пшеницы озимой в условиях Западного Предкавказья являются минеральные удобрения. Применение минеральных удобрений, содержащих элементы питания, необходимых для нормального роста и развития культуры, оказывает действие не только на растения, но и на среду их обитания – почву [59, 155, 170, 172, 239].

Исследования по установлению показателей плодородия почвы проводили наши соотечественники. Вопросами, связанными с органическим веществом почвы занимались И. В. Тюрин, Л. Н. Александрова, почвенными коллоидами и поглощательной способностью почв Н. П. Ремезов, с питанием и содержанием азота А. В. Петербургский, Ф. В. Турчин, Г. П. Гамзиков, фосфором К. Е. Гинзбург и калием В. Н. Якименко [6, 32, 38, 156, 195, 196, 266].

Основным, безусловно необходимым и незаменимым элементом минерального питания растений является азот. Этот элемент в значительном количестве сосредоточен в органическом веществе почвы, а направленность и интенсивность процессов аммонификации и нитрификации азота участвуют в формировании плодородия почв и продуктивности агроценозов. О важности проблемы азотного питания растений писали Д. Н. Прянишников и И. В. Тюрин [137, 154, 196].

Исследование азотного режима черноземов Кубани было начато в 1914 году академиком, профессором кафедры агрохимии КСХИ А. А. Шмуком и продолжены П. Е. Простаковым, Н. Е. Редькиным, С. Ф. Неговеловым, А. И. Симакиным, Р. Ф. Бунякиной и другими [25].

Цель современного сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции напрямую зависит от плодородия почвы и эффективности применяемых агрохимических средств. Они не только обеспечивают растения необходимыми элементами питания, но и оказывают многостороннее влияние на свойства почвы [119, 233, 237, 255].

Озимая пшеница – зерновая сельскохозяйственная культура, которая высевается на значительных площадях Российской Федерации и Краснодарского края. Эта культура привлекательна для человека за счет высокого содержания в зерне питательных веществ, особенно белка. Следовательно, внесение азотных удобрений при возделывании этой культуры является неотъемлемым приемом агротехнологии, позволяющим получать стабильно высокие урожаи надлежащего качества зерна. Фосфор и калий не оказывают прямого влияния на содержания белка в зерне, однако эти и другие химические элементы необходимы растениям для естественного функционирования организма в течении всего роста и развития.

Современная аналитика показывает, что объем производства минеральных удобрений горно-химическими компаниями и потребление их производителями продукции растениеводства главным образом приходится на азотные удобрения (аммиак, карбамид, аммонийная селитра, карбамидо-аммиачная смесь, причем на аммонийную селитру и карбамид из всех применяемых азотных удобрений приходится 87,5 %, которые вносятся в полном объеме под зерновые культуры, особенно пшеницу озимую), фосфоросодержание удобрения (диаммофос, моноаммонийфосфат, тройной суперфосфат, нитроаммофоска 16:16:16) и калийные удобрения в виде хлорида калия [14, 36, 37, 121, 148, 150, 161, 164, 183, 184, 185].

Несмотря на очевидные достоинства концентрированных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур, происходит невосполнимый вынос микроэлементов из почвы, особенно когда в аграрном производстве высеваются высокоинтенсивные сорта культур [69, 93]. Поэтому проблемы эффективного и сбалансированного применения удобрений в производстве продукции растениеводства актуальны.

1.1 Свойства чернозема и применение удобрений

Плодородие почвы – сочетание и взаимодействие сложных компонентов, таких как первичные частицы горных пород и минералов, почвенная влага с растворенными веществами, органическими соединениями и живыми организмами, выражающееся в способности создавать и поддерживать условия для нормальной жизнедеятельности растений, а также является средством производства [27, 54, 238, 258, 282].

Сегодня проблеме сохранения плодородия почвы и влияния различных агротехнологий на ее состояние посвящено значительное количество исследований как в Российской Федерации, так и за рубежом. Мировой опыт показал, что хозяйственная деятельность человека особенно сильно влияет на уровень плодородия и свойства почвы, а ее хорошее естественное или улучшенное состояние необходимо для успешного выращивания сельскохозяйственных культур [141, 250, 278].

Плодородие является обобщенным показателем почвы, для оценки которого, следует определять состав, физико-механические, физико-химические, химические и биологические свойств почвы [54].

Черноземы широко распространены на земном шаре, ученые ведут поиск для решения проблем, связанных с сохранением плодородия почв, уделяя особое внимание органическому веществу почвы.

По мере развития методов оценки качества почвенного органического вещества возникали новые концепции, исследовательские подходы, которые позволили сформулировать новые знания об органическом веществе почвы. Так, В. М. Семеновым, А. С. Тулиной было предложено следующее определение данного термина: «Почвенное органическое вещество – полифункциональный, разновозрастный, многокомпонентный континуум деструктированных остатков биоты, корневых выделений, микробной биомассы, биомолекул и гуминовых веществ со временем существования от нескольких часов и суток до тысячелетий». Измеряется этот показатель по содержанию $C_{орг}$ [168, 169].

Почвенное органическое вещество имеет сложный состав, который включает белки, углеводы, жиры, смолы и другие вещества, образующиеся в процессе распада растительных и животных остатков или продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. В результате сложных превращений исходных растительных и животных остатков образуются гумусовые вещества: гуминовые вещества, фульвокислоты и гумины. Без исключения все органические вещества принимают участие как в почвообразовательных процессах, так и питании растений [8]. Кроме этого, почвенное органическое вещество является важнейшим естественным источником «парниковых» газов [168].

В настоящее время в зависимости от содержания гумуса различают несколько видов черноземов: тучные (более 9 %), среднегумусные (от 9 до 6 %), малогумусные (от 6 до 4 %), слабогумусированные (менее 4 %) [91]. На территории Краснодарского края простираются черноземы с содержанием гумуса в горизонте А от 2,1 до 4,6 % [247]. Что соответствует слабогумусным и малогумусным видам чернозема. При этом наблюдается снижение средневзвешенного содержания гумуса с 3,9 % до 3,6 % за период с 1990 по 2022 гг., а ежегодное уменьшение содержания гумуса составляет 0,05 % [130, 136, 253].

Существует достаточное количество работ, посвященных исследованию содержания и состава почвенного органического вещества, а также факторов, влияющих на его количественные и качественные изменения. Факторы, которые влияют на содержание почвенное органическое вещество – температура, осадки, эрозия почвы, механическая обработка почвы, использование пестицидов и удобрений [10, 18, 68, 75, 162].

Влияние агроклиматических условий на содержание почвенного органического вещества очевидно, однако на сегодняшний день контролировать эти факторы не представляется возможным. Обработка почвы и применение удобрений являются прямым вмешательством в почвообразовательные процессы, а влияние их на почвенное органическое вещество не вызывает сомнения [152, 259].

С одной стороны, за счет постоянного поступления фито-, зоомассы и микробных остатков черноземы содержат достаточно высокое количество органического

вещества, поэтому влияние минеральных удобрений на изменение содержания почвенного органического вещества менее выраженное, а изменение показателя сглаживаются. С другой стороны, применение минеральных удобрений сопровождается изменением физико-химических и биологических свойств почвы, в связи с чем изменения в содержании органического вещества могут быть зафиксированы [25, 232].

Такая двойственность в понимании действия минеральных удобрений на почвенное органическое вещество чернозема обусловлена тем, что пожнивные и корневые остатки остаются в почве. Они участвуют в процессе гумификации, формируя органические соединения, которые устойчивы к разложению. Другая часть растительных и животных остатков подвергаются разложению под действием микробиологических процессов, с последующей минерализацией. В случае минерализации, происходит формирование минеральных соединений с последующим участием в биологическом круговороте [6, 261].

Длительное вовлечение черноземов в сельскохозяйственное использование, чередование культур приводит к изменению почвенной биоты, тем самым активизируются микробиологические процессы трансформации растительных остатков, а энергия минерализации увеличивается примерно в 2 раза. В почвах под пашней, в отличие от целинных черноземов, запас «предгумусовой» фракции снижается, амплитуда ее сезонных колебаний сглаживается и отсутствует поступление в почвенный раствор гумусовых веществ, особенно эти явления наблюдаются в верхнем слое почвы. Как отмечают И. И. Лебедева, И. Е. Королева, А. М. Гребенников стабилизация содержания гумуса в черноземе в агрогоризонте достаточно устойчива и это показатель слабо реагирует на разные дозы удобрений и виды севооборотов [112].

Известно, что в результате сельскохозяйственного использования черноземов, применения удобрений и механической обработки почвы изменяются ее физико-химические свойства. В результате происходит изменение микробиологических процессов, процессов минерализации и денитрификации азота, адсорбции и десорбции фосфора органическими веществами [39, 59, 267, 270, 271, 273, 275, 283, 284].

Систематическое применение удобрений и гидротермические условия года изменяют содержание и состав лабильных гуминовых веществ чернозема, при этом,

как пишет В. М. Когут, гидротермические условия влияют на их содержание в большей степени, чем удобрения. Минерализация гумуса чернозема зависит от гидротермических режимов года, которая прослеживается в общих географических закономерностях [97, 100].

Внесение азотных минеральных удобрений с осени усиливают процессы минерализации органического вещества, в связи с чем в пахотном слое образуются легкоподвижные соединения азота, которые улетучиваются или при избытке атмосферных осадков вымываются [21].

При интенсивном использовании черноземов Кубани в сельскохозяйственном производстве в ряде публикаций В. П. Василько с соавторами и В. И. Терпелец с другими учеными отмечают снижение содержания гумуса. При экстенсивной технологии возделывания озимой пшеницы с ограниченным поступлением растительных остатков в почву микроорганизмы, испытывающие недостаток углерода и азота, используют органическое вещество почвы, что в конечном итоге снижает его содержание [26, 189].

Исследования И. С. Белюченко, В. Н. Гукалова, О. А. Мельника показали, что содержание органического вещества в черноземе подвержено не только сезонным колебаниям, но и вследствие постоянного уменьшения поступления растительных остатков приводит к уменьшению общего содержания органического вещества почвы [20]. Кроме этого, в исследованиях А. Х. Шеуджена, Н. Н. Нецадима, Л. М. Онищенко отмечено, что вносимые минеральные удобрения в различных дозах и сочетаниях не обеспечивают сохранение содержания гумуса, по причине минерализации органического вещества почвы, а корневые и пожнивные остатки полевых культур севооборота не способны полностью компенсировать его потери [253].

В зернопропашном севообороте, как указывают В. П. Василько с соавторами, баланс гумуса отрицательный. Наибольшее влияние на его содержание оказывает система основной обработки и система удобрений [26]. При этом, как свидетельствуют В. И. Терпелец и другие ученые, теряется не только часть гумуса из чернозема выщелоченного в зависимости от применяемых агротехнологий, но изменяется и его гумусное состояние в почве [189].

На процессы минерализации гумуса и почвообразования влияют полевые культуры различно. Для зерновых и однолетних трав среднегодовые потери гумуса составляют 0,4-1,0 т/га. Это обусловлено тем, что у них отношение массы корней к надземной массе на порядок меньше, чем у других культур. Например, отношение массы корней к надземной массе у многолетних трав в 30-50 раз больше, чем у однолетних растений. Корневые остатки являются уникальной средой обитания микроорганизмов [193].

Известно, понятие почвенное органическое вещество неотделимо от понятия плодородия почвы. Поэтому, поступающие растительные остатки, как пишет Л. Н. Александрова, являются источниками органической части почвы [6]. Они являются исходным материалом для образования гумуса в процессе непрерывного процесса гумусообразования [242].

Таким образом, в долгосрочном периоде при уменьшении содержания органического вещества в почве, при изменении его качественного состава происходит снижение ее почвенно-агрохимических свойств, что отрицательно сказывается на продуктивности агроценозов.

Почва и находящееся в ней органическое вещество – резервуар углерода. Образование соединений органической природы при фотосинтезе, *поглощение-выделение* растениями и микроорганизмов веществ из почвы и в почву, опад и отпад является важнейшим звеном биологического круговорота углерода в биосфере, педосфере и атмосфере планеты [243, 260]. Изменение состава последней – глобальная проблема человечества, которая затрагивает климат и экосистемы и несет серьезные социально-экономические последствия для общества [272].

На состав атмосферы и накопление «парниковых» газов существенное влияние оказывают природные явления и антропогенные воздействия, которые ее обогащают H_2O , CO_2 , H_2 , CO , N_2 , SO_2 , CH_4 , NH_3 , HCl , N_2O , $HCFC$, CFC и другими химическими соединениями [111, 122, 142, 158, 159, 160, 224, 243]. Потеря почвенного органического вещества, наряду со сжиганием ископаемого топлива, вырубкой лесов, были признаны основными причинами увеличения «парниковых» газов [281].

Общий углерод почвы представлен пулом органического и неорганического углерода. Неорганические формы почвенного углерода являются карбонатные ми-

нералы, образованные в результате реакции угольной кислоты с кальцием или магнием. Органический углеродный пул почвы содержит в три раза больше углерода чем атмосферный диоксид углерода, и формируется за счет поглощения из атмосферы автотрофными организмами. При этом почвы способны удерживать углерод не только близко к поверхности, но и на всей глубине почвенного профиля [274].

Потери углерода происходят из-за эрозии, засоления, выщелачивания почвы, пожаров и минерализации почвенного органического вещества. Последнее, главным образом, зависит от активности микроорганизмов, на которую оказывает существенное влияние гидротермические условия. Оценить потери углерода возможно используя методы фиксации диоксида углерода из почвы [274].

Согласно литературным источникам, интенсивность выделения диоксида углерода у черноземов выщелоченных в агроценозах варьирует от 160 до 1003 мг/(м²/ч). Величина почвенного дыхания формируется из нескольких составляющих: дыхание корней растений и микроорганизмов ризосферы, а также микроорганизмов, разлагающих почвенное органическое вещество. Из общего количества выделенного диоксида углерода почвой на корневое дыхание приходится до 40 % [158].

В проведенных исследованиях И. Н. Кургановой, В. О. Лопеса де Гереню, Л. Н. Розановой и других исследователей были установлены средние сезонные потоки диоксида углерода из лесных и луговых экосистем. Так, представленная величина потоков убывала в следующей последовательности: *лето* > *осень* ≥ *весна* > *зима*. При этом в почве лугов величины весенней и осенней эмиссии близкие между собой, а влияние складывающихся гидротермических условий на дыхание почвы существенное [106].

Прямая эмиссия «парниковых» газов из почв зависит от внесения минеральных удобрений в почву и минерализации растительных остатков [159, 160]. Было установлено, что при температуре 20-40 °С и увлажнения почвы происходит максимальная скорость выделения диоксида углерода, что объясняется возрастающей активностью корней и разложением почвенного органического вещества. На эмиссию диоксида углерода оказывает прямое влияние внесение азотных удобрений за счет обеспечения азотом микроорганизмов и косвенное за счет влияния на кислотно-

щелочные характеристики почвы. Фосфорные удобрения не оказывают влияние на эмиссию диоксида углерода из почвы. Калийные удобрения способны изменить реакцию почвенного раствора, поэтому могут повлиять на потери диоксида углерода из почвы [280].

Кисотно-основное состояние почвенного покрова оказывает влияние на химические, физико-химические и биологические процессы в почве. От него зависит уровень продуктивности сельскохозяйственной культуры, и оно определяет эффективность применяемых в севообороте удобрений [182]. Большинство сельскохозяйственных культур чувствительны к реакции среды, поэтому кисотно-щелочные характеристики почвы рассматриваются как один из основных показателей плодородия.

В настоящее время выделяют актуальную и потенциальную кислотность. Актуальная кислотность – кислотность почвенного раствора, обусловленная растворенными в нем компонентами. Потенциальная кислотность – кислотность твердой фазы почвы. Ее разделяют на обменную и гидролитическую кислотность. Первая формируется ионами H_3O^+ и Al^{3+} поглощенным по обменному типу. Вторая обусловлена прочносвязанными химическими соединениями, которые имеют в своем составе катион водорода и алюминия [86, 190].

Основными источниками поступления соединений в почвенный раствор изменяющих актуальную кислотность – это органические кислоты, образующиеся при разложении растительных остатков, и вещества которые непрерывно формируются и выделяются растениями в процессе жизнедеятельности, а именно ионы HCO_3^- , H^+ и прочие органические соединения [87, 88, 235]. Влиять на актуальную кислотность также могут некоторые минеральные гидролитические кислые соли алюминия и железа [140].

На обменную кислотность влияют химические соединения, способные заместить катионы водорода и алюминия в почвенно-поглощающем комплексе. И, как правило, на нейтральных и щелочных почвах она не проявляется [140].

Гидролитическая кислотность обусловлена содержанием обменных и прочносвязанных катионов водорода, алюминия и железа. Исследования этого показателя

теля позволяет получить информацию о количестве поглощенного водорода почвой. Полученные данные используются в расчете доз извести для снижения кислотности почвы путем замещения поглощенного водорода на кальций [140].

Многочисленные работы указывают, что для большинства сельскохозяйственных культур оптимальной кислотностью, при которой происходит усвояемость элементов питания находится в интервале рН от 5,5 до 7,5. Пшеница мягкая озимая не переносит высокую кислотность почвы, а оптимальное значение pH_{KCl} приходится на 6-7 единиц рН. При увеличении кислотности усиливается поступление анионов, а при увеличении щёлочности – катионов [81, 88, 243, 254].

Черноземы выщелоченные характеризуются в корнеобитаемом слое слабокислой или близкой к нейтральной реакции почвенного раствора (рН 6,0-7,0). Гидролитическая кислотность данной почвы находится в пределе от 2,00 до 4,00 мг-экв./100 г почвы [176, 178, 215, 232].

Применение минеральных удобрений в агроценозах сопровождается изменением кислотно-основного состояния почвенного раствора. В зависимости от химического состава, вида и количества внесенного минерального удобрения могут происходить различные изменения реакции почвенного раствора. Все соли, используемые в качестве минеральных удобрений, могут быть физиологически кислыми, щелочными и нейтральными. Однако в зависимости от роста растений происходит избирательное поглощение элементов из почвенного раствора, в результате чего оставшиеся ионы способны или подкислять, или подщелачивать раствор [133].

Существуют противоречивые сведения относительно действия на изменение кислотности почвы при применении аммонийной селитры. Так, в исследовании пахотных черноземов Западной Сибири отмечено, что вносимая доза аммонийной селитры, не превышающая 100 кг/га, не способствует подкислению почвы [67]. Однако в исследованиях Л. П. Галеевой было установлено, что на черноземе выщелоченном Новосибирской области применение аммонийной селитры в дозе, не превышающей 100 кг/кг, способствовало уменьшению величины рН со слабо щелочной до нейтральной – с 7,15 до 6,62 [31].

Исходя из полученных результатов исследования А. П. Карабутова, Г. И. Уварова и Е. В. Сыромятниковой было установлено, что внесение одинарных доз минеральных удобрений способствовали повышению кислотности чернозема в пахотном слое в 1,3 раза. За 20 лет исследования на фоне двойных доз минеральных удобрений в пахотном слое наблюдается увеличение кислотности в 1,7 раза [84].

В исследованиях В. И. Волынкина, В. Н. Копылова, О. В. Волынкиной было выявлено, что применение азотно-фосфорного удобрения в дозах $N_{67}P_{30-45}$ способствует увеличению гидролитической кислотности чернозема выщелоченного Шадринского опытного поля Курганского НИИСХ на 26,6-43,8 % по сравнению с контрольным вариантом [28].

При исследовании плодородия чернозема выщелоченного лесостепи Центрально-Чернозёмного региона в условиях многолетнего стационарного опыта было зафиксировано, что при внесении двойной дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений наблюдалось снижение величины обменной кислотности с увеличением гидролитической кислотности [35].

Наблюдения за физико-химическими свойствами чернозема выщелоченного Западного Предкавказья, а именно режимом кислотно-основного состояния почвы, показали, что продолжительное использование почвы в сельскохозяйственном производстве с применением минеральных удобрений сопровождается увеличением актуальной, обменной и гидролитической кислотности на 0,4 единиц $pH_{акт}$, на 0,9 единиц $pH_{обм}$ и на 0,17-0,31 мг-экв./100 г почвы Нг соответственно. Кроме этого, авторы указывают, что без применения минеральных удобрений в севообороте также происходит увеличение кислотности на 0,3 единицы $pH_{акт}$, на 0,8 единицы $pH_{обм}$ и на 0,15 мг-экв./100 г почвы Нг [244, 245].

Применение азотных и фосфорных удобрений в системе удобрения четырехпольного зернопропашного севооборота, реализуемом на черноземе выщелоченном, сопровождалось увеличением обменной кислотности до 5,14 единиц pH на варианте N_{40} до 5,07, на варианте $N_{40}P_{26}$, при этом роль фосфора также сводилась к усилению подкисления почвенного раствора [29].

Исследования кислотно-основного режима чернозема выщелоченного Мордовского НИИСХ показали что, дифференцированное применение аммонийной селитры, суперфосфата двойного и хлористого калия в агроценозе пшеницы в средних дозах $N_{90}P_{32}K_{40}$ не изменяло реакцию почвенного раствора [9].

В результате многолетнего сельскохозяйственного использования черноземов происходят существенные трансформации и изменения в физико-химического состояния [2]. Так, при возделывании пшеницы озимой сорта Юка по мере интенсификации технологий выращивания культуры отмечена тенденция к увеличению гидролитической кислотности, уменьшению суммы обменных оснований и емкости катионного обмена [231].

Исследования чернозема выщелоченного в 7-польном севообороте Мордовского НИИ сельского хозяйства показали, что азотные удобрения в умеренных дозах повышали гидролитическую кислотность на 1,05 ммоль/100 г почвы, фосфорные и калийные на 0,18 и 0,13 ммоль/100 г почвы соответственно [78].

В ходе исследования сезонной динамики гидролитической кислотности чернозема выщелоченного пашни было выявлено сильное снижение показателя к осени, так как уменьшался вынос кальция [98].

Степень кислотности является важным показателем при исследовании плодородия почвы. В кислых почвах отсутствуют хлориды, сульфаты, карбонаты, в нейтральных почвах присутствуют карбонаты, а в почвах с щелочной реакцией наряду с карбонатами накапливаются сульфаты и хлориды, что безусловно влияет на рост и развитие растений. Кроме этого, увеличение кислотности почвы способствует избыточному накоплению подвижных форм алюминия, марганца и железа, которые могут оказывать токсическое воздействие на растения, а также эти химические соединения формирует с фосфором стойкие и нерастворимые соединения [88, 140]. От степени гидролитической кислотности зависит необходимость известкования почв и нормы внесения извести [12].

Черноземы относятся к насыщенным почвам, поглощенный комплекс которых представлен катионами щелочноземельных элементов кальция и магния, кото-

рые энергичнее и прочнее связываются почвенными коллоидами и емкость поглощения варьирует от 40 мг-экв./100 г почвы до 60 мг-экв./100 г почвы. Для выщелоченных черноземов характерна высокая емкость поглощения в пределах 40-50 мг-экв./100 г почвы, поглощающий комплекс практически полностью насыщен основаниями [12, 61].

Известно, что изменение состава поглощенных катионов в черноземах выщелоченных Западного-Предкавказья сопровождается внедрением ионов водорода в число поглощенных оснований. В сумме поглощенных оснований на долю кальция приходится 73-85 %, калий встречается только в виде следов, а содержание магния возрастает с глубиной. При этом важно отметить, что в поверхностных горизонтах почвы величины общей емкости поглощения и поглощенного кальция не однородны по причине различного микрорельефа территории [89].

В обменном состоянии в почвах находятся катионы кальция, магния, натрия, калия, водорода, алюминия, аммония, железа (II), лития, марганца (II). Анионы хлора, нитратов, сульфатов, фосфатов. При этом анионы хлора и нитраты не поглощаются почвой, их соли характеризуется отрицательной физической адсорбцией, что объясняет их быстрое вымывание из почвы. С агрономической точки зрения процессы поглощения ионов имеет большое значение, потому что в результате поглощения может снижаться доступность элементов питания для растений, и снижаться эффективность минеральных удобрений [33].

В результате исследования длительного действия органических и минеральных удобрений в полевом опыте в учхозе Пензенской ГСХА было установлено, что при применении минеральных удобрений (NPK) происходит снижение обменно-поглощенных катионов в черноземе выщелоченном на 1,0-1,1 мг-экв./100 г почвы [115].

Многолетние наблюдения за плодородием чернозёма выщелоченного Челябинского НИИСХ в зернопаротравяном севообороте показали отсутствие значительного влияния на сумму поглощённых оснований минеральных удобрений, однако снижение показателя происходило при внесении повышенной дозы азотного удобрения [263].

Действительно, при внесении только азотных удобрений наблюдается снижение суммы поглощённых кальция и магния на 2,4-4,3 мг-экв./100 г почвы. При внесении фосфорных удобрений (простого суперфосфата), напротив, за счет содержащегося в них кальция способствует повышению суммы поглощенных оснований в пахотном слое на 5,0-6,4 мг-экв./100 г почвы. При совместном использовании азотных и фосфорных удобрений происходит компенсация отрицательного влияния азотного удобрения [227].

Таким образом, в случае проявления действия минеральных удобрений на гидролитическую кислотность или сумму поглощенных оснований могут быть заметны изменения в емкости поглощения и степени насыщенности основаниями почвы, так как эти показатели являются расчетными из выше указанных количественных значений показателей почвы.

Практика сельского хозяйства показывает, что при выращивании сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном с применением минеральных удобрений в различных дозах и соотношениях не приводит к существенным изменениям гранулометрического и микроагрегатного состава почвы [99, 188].

Одним из основных положений о плодородии почвы является способность почвы обеспечить растения необходимыми элементами питания. Для их роста и развития необходимы около 80 макро-, мезо- и микроэлементов [239, 247].

Черноземы выщелоченные характеризуются достаточно высоким содержанием питательных веществ в пахотном слое почвы. В формировании плодородия почвы и питании растений особая роль отводится азоту [17].

Азот является наиболее дефицитным элементом для растений, где возделываются сельскохозяйственные культуры. Изучение агрохимических свойств почвы и установление их азотного режима является частью задачи, которая может расширить и дополнить знания о взаимосвязи азота в почве и продуктивности агроценозов [236]. Согласно литературным источникам, в верхних горизонтах почвы значительная часть (85-99 %) азота связана с ее органическими соединениями и этот азот практически недоступен растениям без предварительной минерализации [143, 247].

Однако азотный фонд почвы формируется не только за счет органических, но и неорганических соединений. Этот азот может находиться в виде газов, не имеющих существенного значения в азотном балансе, а также в виде ионов. Они активно участвуют в биологическом круговороте и в питании растений. Минеральные формы азота разделены на: водорастворимые соли (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), обменно-поглощённый NH_4^+ , необменно-поглощенный (входящий в кристаллическую решетку глинистых минералов) аммоний. Эти формы азота участвуют в питании растений [135, 249]. Содержание подвижных форм элемента в сильной степени зависит от складывающихся агрометеорологических условий вегетационного периода и применяемых агротехнических мероприятий [198].

Основное количество минерального азота (сумма N-NO_3 и N-NH_4) в черноземе находится в верхней части профиля почвы. Накопление и трансформация минерального азота, главным образом, зависит от растительности, содержания почвенного органического вещества, активности микроорганизмов, на жизнедеятельность которых оказывают влияние и гидротермические условия. Поэтому, вследствие непрерывно происходящих циклических превращений в почве, содержание минерального азота динамично, а амплитуда колебания значений его содержания сильно варьирует от следов (для нитратной формы) до 200 мг/кг и более (для фиксированной аммонийной формы). Однако суммарная концентрация азота для чернозема выщелоченного, приходящаяся на минеральные формы, составляет $\approx 8\%$ [1, 32, 123, 232, 243].

Основным источником поступления азота в агроценозах являются минеральные удобрения. В зависимости от содержания действующего вещества и применяемой формы азотного удобрения могут происходить изменения в количественном и ионном составе азота почвы. Так, аммонийная форма сразу поступает в растения, а также поглощается почвенно-поглощающим комплексом, где прочно удерживается. Согласно многолетним исследованиям черноземов Кубани, проведенных А. И. Симакиным, нитратной формы азота в почве под зерновыми культурами в течение вегетации наблюдается очень мало, а иногда только следы [171]. При этом более интенсивное исчезновение нитратов происходит в верхнем ярусе корневой

системы, которое не является следствием поглощения их растениями, а является результатом вымывания этой формы азота атмосферными осадками из корнеобитаемого слоя. Амидная форма азота подвергается процессам гидролиза, аммонификации и нитрификации [118, 222, 257]. Что в конечном итоге отражается на содержание общего азота в черноземе.

Продолжительное применение минеральных удобрений в дозе N_{45} на черноземе выщелоченном Западной Сибири приводит к повышению содержания общего азота, а также качественно меняется состав органического почвенного азота [214].

При систематическом внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{26}$ наблюдается увеличение содержания нитратного азота в 0-60 см слое чернозема выщелоченного до 75-174 кг/га [29].

Мониторинг показателей чернозема учеными Белгородского НИИ сельского хозяйства в агроценозе пшеницы озимой показал, что содержание нитратного азота в 0-30 см слое в начале вегетации было низкое (менее 7 мг/кг почвы). Внесение одинарной дозы азофоски и диаммофоски способствовало его увеличению до 10,4 мг/кг почвы. Кроме этого, авторы указывают на миграцию нитратов в нижние слои почвы [197].

В черноземе выщелоченном агроценоза озимой пшеницы при исследовании динамики минерального азота было установлено, что содержание нитратной формы в весеннее кушение было очень низкое. Однако на вариантах с двойными и тройными дозами азота, а также с поверхностной подкормкой аммонийной селитрой N_{40} в фазу начала выхода в трубку в 0-40 см слое почвы значительно повысило содержание этой формы. Динамика содержания аммонийного азота во всех вариантах опыта была одинакова. К фазе полной спелости зерна культуры отмечено накопление аммония в почве. Применение азотных удобрений повышало содержание элемента в почве [139].

Изменение параметров плодородия почвы после продолжительного сельскохозяйственного использования минеральных удобрений со среднегодовыми дозами азота – N_{93} ; фосфора – P_{71-84} и калия K_{96-170} на зерновом участке показали, что на всех вариантах содержание обменно-поглощенного аммония в почве достаточно

стабильно (≈ 10 мг/кг). Содержание нитратного азота отличалось повышенной динамичностью, при этом систематическое применение азотных удобрений способствовало заметному накоплению нитратов в пахотном слое почвы [265].

Потери азота из почвы неизбежны, при поверхностном применении сульфата аммония, аммонийной селитры, карбамида происходят вследствие улетучивания аммиака [195].

На посевах пшеницы обычной практикой является применение азотных удобрений в качестве основного внесения и подкормки. Исследования G. X. Cai, D. I. Chen, H. Ding et al. по установлению потерь аммиака показали, что при глубоком точечном внесении карбамида потери находились в диапазоне 0,6-2,3 ($1,5 \pm 0,9$) % от внесенного азота и 15-20 ($17,5 \pm 2,5$) % при внесении поверхностно. Авторы пишут, что улетучивание аммиака из карбамида были более значительными, чем от процессов денитрификации, происходящих в почве [268].

Применение фосфорных и калийных минеральных удобрений не оказывает прямого влияния на содержание общего азота в черноземе выщелоченном, о чем свидетельствуют исследования А. Х. Шеуджена с соавторами [245, 246].

Фосфатный уровень почв является характерным признаком ее плодородия. Однако в отличие от азота, фосфор не имеет естественных источников пополнения его содержания в почве [105].

Регулирование фосфатного режима почвы с целью повышения их подвижности и усвояемости запасов соединений фосфора осуществляется различными методами: воздействием агротехническими и мелиоративными приёмами. Применение удобрений ускоряют процессы десорбции фосфора из труднорастворимых соединений [13].

Использование фосфора растениями зависит от степени кислотности почв и ее гранулометрического состава. При этом как с повышением, так и с понижением кислотности в почвах тяжелого гранулометрического состава потребление этого элемента заметно снижается [119].

Известно о более 200 минеральных соединений фосфора в почвах, которые образуются в виде соединений ортофосфорной кислотой с ионами кальция, магния,

железа, алюминия, титана, марганца и других элементов. Эффективность фосфорных удобрений зависит от содержания подвижного фосфора в почвах. Установлено, что с повышением фосфатного уровня почв повышается урожайность сельскохозяйственных культур и снижается эффективность фосфорных удобрений. Отмечается рост эффективности других макро- и микроэлементов [38, 39].

Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в черноземе Западного Предкавказья составляет 4,3 мг / 100 г почвы [25]. Исследования действия фосфорных удобрений на содержание подвижного фосфора показали, что применение фосфорсодержащих минеральных удобрений в дозах P_{30-90} способствовало увеличению подвижного фосфора на 21-99 мг/кг почвы [13]. При этом, чем выше доза и продолжительнее срок внесения удобрений, имеющих в составе фосфор, тем больше подвижных соединений накапливается в почве [78].

При внесении аммофоса в дозах P_{45-65} в чернозем выщелоченный зернотравяного севооборота способствует не только повышению содержания фосфора на 47-86 мг/кг почвы, но и обеспечивает положительный баланс этого элемента [30]. Однако, в исследованиях Х. С. Юмашева и И. А. Захаровой на фоне азотного удобрения затраты фосфорных удобрений на повышение содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном возрастали, по причине возрастающего выноса данного элемента из почвы, за счет увеличения урожайности пшеницы [263]. Применение азотных удобрений не изменяет содержание фосфора в черноземе выщелоченном [29].

Из трех элементов питания растений (азота, фосфора и калия) больше всего в черноземах выщелоченных содержится калия. Валовое его содержание составляет около 2,5 %, что больше азота и фосфора почти в 10 раз [24, 25, 232, 265, 266].

Средневзвешенное содержание обменного калия в черноземе Западного Предкавказья 45,3 мг/100 г почвы [25]. В черноземе выщелоченном содержание валового калия более 19000 мг/кг [232]. Однако эффективное плодородие в отношении калия определяется содержанием его подвижных форм. В. Н. Якименко пишет, что не всегда обеспеченность растений этим элементом пропорционально его общим запасом.

Во многом она зависит от направленности и степени проявления почвообразовательных процессов, а также от гранулометрического состава почвы [266].

Исследованиями Ю. В. Святюка установлено, что при повышении условий увлажнения почвы происходит мобилизация из почвы необменных форм калия [167]. Кроме этого, применение только азотных и фосфорных удобрений способствует повышению обменного и подвижного калия, что связано с переходом его из необменной формы [24].

Как пишут И. Н. Донских, М. М. Ибра, Н. Г. Мязин и др., применение минеральных удобрений, в составе которых был калий, способствовало существенному увеличению содержания подвижных его соединений в 0-20 и 20-40 см слоях чернозема выщелоченного. Это связано с тем, что в данных слоях почвы происходит накопление этого элемента из-за систематического внесения калийных удобрений. В случае использования почвы без применения удобрений наблюдается снижение валового содержания калия [64].

Результаты исследования чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы показали, что содержание обменного калия в почве уменьшается от фазы весеннего кущения к фазе колошения культуры и снижается от пахотного к подпахотному горизонту. И. В. Найденко пишет: «Это уменьшение происходит как за счет выноса калия растениями, так и за счет перехода его в необменную форму». Содержание обменного калия в почве в фазу полной спелости зерна пшеницы озимой увеличивалось и отмечается связь между количеством внесенных калийных удобрений и его запасами в почве [124].

Микроэлементы – незаменимые и необходимые элементы питания для всех сельскохозяйственных культур. Среди микроэлементов наибольшей полифункциональностью обладают медь, марганец, молибден, цинк и кобальт. Недостаток указанных элементов при низком их содержании и/или слабой их доступности отзывается в нарушении физиологических процессов, что в конечном итоге приводит к слабому развитию растений, формированию низкой продуктивности агроценоза [87]. Однако повышенное содержание этих элементов является нежелательным явлением и может проявляться фитотоксичность [70, 243].

Валовое содержание меди и кобальта в черноземах выщелоченных 30,0-35,0 мг/кг и 10,5-12,0 мг/кг соответственно [243]. Исследование степных агроландшафтов Кубани показало, что валовое содержание меди в 0-20 см слое почвы несколько выше и составляет 51,0 мг/кг, а интервал колебаний для чернозема выщелоченного зафиксирован от 17,3 до 73,0 мг/кг [70]. Для кобальта валовое содержание составляет 11,0 мг/кг и интервал колебаний составляет от 9,9 до 11,5 мг/кг [102].

Согласно литературным источникам, содержание микроэлементов кобальта и меди в подвижной форме в выщелоченных черноземах составляет соответственно 0,07 и 0,27 мг/кг почвы или согласно группировке почв по обеспеченности этими микроэлементами для растений невысокого выноса микроэлементов (зерновых) соответствует низкой обеспеченности [70, 102, 165, 181].

В пахотном слое чернозема выщелоченного содержание подвижных форм кобальта варьирует от 0,07 до 1,50 мг/кг и меди от 0,7 до 1,2 мг/кг, при этом внесение высоких доз минеральных удобрений увеличивает содержание подвижных форм этих элементов до 50 % [216]. Согласно действующего законодательства Российской Федерации для подвижных форм кобальта и меди опасные концентрации для человека этих элементов составляют 5,0 и 3,0 мг/кг почвы [131].

Доступность микроэлементов в значительной степени зависит от свойств почвы. Влияя на агрохимические показатели, можно регулировать их содержание в мобильной форме и воздействовать на их потребление культурами [87]. Известно, что подвижность микроэлементов в почве возрастает при увеличении катионов водорода в почвенном растворе, следовательно, в случае увеличения pH растения могут испытывать недостаток микроэлементов. Поэтому недостаток микроэлементов у сельскохозяйственных культур может наблюдаться у растений, выращиваемых на почвах с нейтральной или щелочной реакцией среды [252].

Для повышения качества семян пшеницы озимой используют предпосевную обработку семян культуры. Основными способами обработки семян микроэлементами является замачивание и смачивание [92, 103, 163, 213]. При таких способах использования микроэлементов существенных изменений в плодородии почвы не происходит.

Таким образом, резюмируя вышеизложенное, в сложившейся системе земледелия, для повышения плодородия почв и продуктивности агроценозов требуется реализация научно обоснованной системы удобрения, которая с учетом биологических особенностей растений способна удовлетворять выращиваемые культуры необходимыми элементами минерального питания, компенсировать их дефицит в почве.

1.2 Система удобрения пшеницы мягкой озимой

Достоверно известно, что в течении вегетации одним из основных управляемых факторов повышения урожайности пшеницы мягкой озимой является сбалансированное минеральное питание растений, которое влияет на рост и развитие культуры [82]. Регулирование питания культур осуществляется главным образом с помощью минеральных удобрений [76].

Пшеница мягкая озимая очень требовательная к минеральному питанию и отзывчива на внесение минеральных удобрений. По сведениям, имеющихся в литературных источниках, от всходов до весеннего кушения эта культура усваивает 24 % азота, 14 % фосфора и 23 % калия от максимального потребляемого количества. При этом, негативное влияние на рост и развитие растений может оказать как избыток, так и недостаток указанных элементов питания [254, 255].

Мировая практика ведения сельского хозяйства показывает, что урожайность зерна положительно и значимо коррелирует с общим накоплением сухой биомассы и потреблением питательных веществ сельскохозяйственными культурами. Однако накопление сухого вещества и основных элементов питания различаются в зависимости от стадии выращивания сельскохозяйственных культур [277]. Так, за период всходы-кушение пшеница мягкая озимая накапливает 8-10 % сухого вещества. По-

этому возникает необходимость обеспечить растения пшеницы необходимыми элементами минерального питания в начале роста и развития для формирования у них достаточной биомассы [248, 254, 255].

Азот имеет первостепенное значение в росте, развитии и формировании зерна пшеницы мягкой озимой. Он входит в состав аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, хлорофилла, витаминов, ферментов и других органических соединений. Этот элемент участвует в формировании вегетативной массы и повышает содержание белка. Недостаток азота в почве приводит к ослабеванию процесса кущения, закладке небольшого колоса, в период налива зерна формируемая зерновка обладает меньшим содержанием белка [5, 254, 255].

Потребление азота культурой в фазу кущения составляет 20 %, в период выхода в трубку-колошения – 50-55 %, цветения-начало восковой спелости – 10-15 % и к середине восковой спелости – 5-10 %. Содержание азота в вегетативной части растений уменьшается от всходов к фазе полной спелости зерна пшеницы озимой с 4,5-6,0 % до 1,0-1,3 %, за счет перераспределения азота из листьев и соломины в зерно культуры [152].

Рациональное внесение удобрений в агроценозе пшеницы мягкой озимой способствуют тому, что в осенне-зимний период растения проходят закалку и раньше возобновляют вегетацию. Существенное влияние на повышение зимостойкости культуры оказало совместное внесение азота, фосфора и калия. Средняя прибавка урожая зерна составила 2,6 ц/га [63, 201].

Эффективность азотных удобрений под озимую пшеницы значительно повышается при их дробном внесении в период возобновления вегетации растений, выхода в трубку и цветения культуры. При этом сокращаются потери азота в виде газообразных соединений или вымывания, которые составляют 20-25 % от внесенных с осени [21].

Внесение карбамида-аммиачной селитры из расчета 80 кг/га азота в фазу весеннего кущения культуры и 120 кг/га в период трубкования пшеницы положительно влияет на содержание нитратного азота в почве, что способствует увеличению сухой массы пшеницы [166].

Ранневесенняя подкормка озимой пшеницы азотными удобрениями в дозе N_{30} ослабляет влияние неблагоприятных агрометеорологических факторов, способствуют интенсивному кущению культуры, увеличению зерна и озерненности колоса [194].

В исследованиях Д. С. Измаиловой при внесении аммонийной селитры с осени под предпосевную культивацию и ранней весной по мерзлоталой почве в норме N_{60+60} позволили получить наибольшую урожайность зерна озимой пшеницы и прибавка урожайности в опыте составила 1,92 т/га [79].

Установлена эффективность азотных подкормок на урожайность зерна пшеницы озимой. При внесении в рядки 45,5 кг/га д.в. сложных удобрений на фоне дробного внесения аммонийной селитры весной в количестве 34 кг/га д.в в фазу кущения и трубкования растений и при подкормке карбамидом в дозе 15 кг/га в фазу колошения, обеспечили прибавку зерна на 1,03 т/га, или 38,2 % [205].

Выявлено действия минеральных удобрений на урожайность и качество зерна пшеницы озимой. Внесение только N_{30} обеспечило прибавку урожайности, и она составила 8,5 %, совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений способствовало увеличению урожайности на 7,5-14,5 ц/га. Кроме этого, влияние минеральных удобрений сопровождалось увеличением содержанием белка в зерне культуры на 0,2-2,1 % (абс.) [11].

Применение азотных удобрений в форме карбамида является одним из резервов повышения качества зерна пшеницы мягкой озимой. Раствор карбамида в норме 40 кг/га в фазу молочной спелости способствует увеличению содержания белка в зерне культуры до 2 % [80].

В вегетационных опытах по установлению действия мочевины и аммонийной селитры на урожай пшеницы при различных способах внесения (поверхностно, в верхний 3-сантиметровый слой) удобрений в чернозем было установлено, что мочевина при всех способах внесения давала равноценный результат, а некоторых случаях больший эффект в сравнении с аммонийной селитрой. Однако, в случае поверхностно внесения карбамида с использованием изотопа N^{15} на голую почву, без заделки, как в случае и аммонийной селитры, происходят потери азота не только с

выделением аммиака, но и в результате денитрификации. Поэтому важно устранить потери азота минеральных удобрений при применении на посевах пшеницы мягкой озимой путем использования ингибированных минеральных удобрений, таких как карбамид ЮТЕК [195, 225].

Полевые опыты с озимой пшеницей и ингибированным карбамидом ЮТЕК в ФГУП РПЗ «Красноармейский» им. А. И. Майстренко показали, что подкормки азотным удобрением в дозе N_{60} способствовали более интенсивному потреблению из почвы азота, фосфора и калия. В связи с этим растения культуры лучше развивались, что обеспечило получение наибольшей урожайности – 73,1-73,2 ц/га без ухудшения качества зерна пшеницы озимой. Окупаемость 1 кг NPK по д.в. – 17,34-17,39 кг прибавки урожая [240].

Исследования С. А. Шафран, А. С. Хачидзе, М. Г. Мамедова и других показали эффективность азотного удобрения на посевах зерновых культур. Различные сорта пшеницы озимой по-разному отзывались на минеральные удобрения. Поэтому следует учитывать биологические особенности растений, так как они различимо поглощают и используют питательные вещества из почвы и удобрений, особенно возникает необходимость в исследовании новых высокоинтенсивных сортов [230].

Роль фосфора в питании пшеницы мягкой озимой многогранна. Доступные формы этого элемента особенно важны на начальных этапах роста культуры, так как это нужно для формирования мощной корневой системы [88]. Наибольшее содержание фосфора в растениях пшеницы находится в фазу всходов – 1,0-1,5 % на абсолютно сухое вещество, по мере роста и развития культуры содержание этого элемента уменьшается. Значительное потребление фосфора отмечено в фазы выхода в трубку, колошения и цветения [152].

Фосфоро- и калийсодержащие удобрения под озимую пшеницу применяют до посева под основную обработку почвы. Расчет дозы удобрений зависят от содержания их в почве и обеспеченности культуры другими элементами питания [88].

В исследованиях уровня фосфорного питания на продуктивность пшеницы озимой в горной зоне на черноземе было установлено, что применение фосфорных удобрений в дозе P_{60-90} на фоне $N_{60}K_{30}$ увеличило урожайность культуры на 0,8-2,0 ц/га по сравнению с дозой $N_{60}K_{30}$ [90].

Калий участвует в белковом и углеводном обмене растений, фотосинтезе, перемещении углеводов по растению, повышает зимостойкость и устойчивость растений к полеганию. Максимальное потребление растениями пшеницы озимой приходится на фазы выхода в трубку, колошения и цветения. Содержание элемента в начальные фазы вегетации составляет 2,5-3,8 %, к фазе полной спелости зерна уменьшается до 0,8-1,0 % [152].

Существует значительное количество литературных источников, указывающих на то, что внесение калийных удобрений на черноземах выщелоченных, даже в высоких нормах – K_{90} , не оказывают существенного влияния на урожайность культуры. Избыточное количество калия для растений в почве обуславливает дефицит азота и фосфора. Доля влияния калия на урожайность зерна пшеницы составляет 1,7-6,3 % [143, 246].

Следовательно, для реализации генетического потенциала современных сортов пшеницы озимой необходимо применение азотных, фосфорных и калийных удобрений. Это обеспечит не только повышение урожайности зерна культуры, но и улучшит качество продукции. Установлена зависимость урожайности зерна пшеницы озимой сорта Саратовская 17, выращиваемой на черноземе выщелоченном, от условий минерального питания. Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ повысило урожайность зерна культуры по сравнению с другими вариантами опыта на 0,31-0,77 т/га [71].

Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{60}P_{30}K_{30}$ по различным предшественникам способствует повышению урожайности зерна культуры на 17,6 ц/га. Однако следующее увеличение во вносимой норме азота $N_{90}P_{30}K_{30}$ не приводило к увеличению эффективности и прибавка урожая составила 15,4 ц/га [104].

Исследованиями А. В. Федюшкина установлено действие минеральных удобрений на урожайность пшеницы озимой сорта Губернатор Дона. Максимальная

прибавка урожая культуры 17,5 и 21,3 % было отмечена на варианте с внесением полной нормы $N_{100}P_{60}K_{90}$ минерального удобрения [204].

В РСО-Алания на черноземе выщелоченном наилучшее действие на урожайность и качество зерна пшеницы оказала двойная доза ($N_{100}P_{80}K_{80}$) минерального удобрения [83].

Применение полного минерального удобрения $N_{50}P_{50}K_{120}$ после подсолнечника на черноземе выщелоченном способствует получению максимальной урожайности зерна пшеницы озимой сорта Бригада – 65,6 ц/га [94].

В условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края на черноземе, в технологии No-Till, средняя урожайность от припосевного удобрения составила 0,78-3,02 т/га, от азотной подкормки в дозе N_{52} – 0,55-1,85 т/га и при совмещении обоих способов внесения – 1,47-4,02 т/га [226].

В ряде отечественных и зарубежных публикациях отмечено, что большое влияние на урожайность зерна пшеницы и эффективность использования ресурсов оказывают климатические условия [179, 208, 276].

Применение минеральных удобрений сопровождается увеличением содержания элементов в растениях пшеницы озимой. Использование минеральных удобрений, содержащих азот и фосфор, влияет на накопление в растениях этих элементов. Внесение $N_{63-248}P_{52-133}$ на посевах культуры повысило содержание азота на 0,22-1,09 % и фосфора на 0,08-0,24 % [132].

В исследованиях Б. Р. Ханикаева, С. Х. Дзанагова, Т. К. Лазарова было установлено, что на увеличение содержание азота в зерне влияет количество внесенного азота. В зависимости от дозы азотного удобрения величина повышения составила 15,7-23,9 %. Увеличение доз фосфора и калия не способствует этому процессу. Содержание фосфора в зерне увеличивается при увеличении дозы фосфора в составе азотных, фосфорных и калийных удобрений. Максимум содержания фосфора в зерне было на вариантах с тройной дозой фосфора – 0,99-1,02 %. Концентрация калия в зерне по всем вариантам с удобрениям варьировала слабо – 0,55-0,62 % [207]. Минеральные удобрения, влияя на азотный режим почвы, повышают в зерне пшеницы озимой содержание протеина и фосфора, но снижают содержание калия [197].

Связь между содержанием тяжелых металлов (меди и кобальта) в зерне и содержанием их в подвижных формах и общего количества в почвах отсутствует [70]. В зерне пшеницы озимой накапливается в десятки раз меньше предельно допустимых количеств этих тяжелых металлов. В исследованиях А. С. Скоробогатовой, М. А. Бедирханова было установлено, что в зерне содержание Cu составляет 4,01-5,58 мг/кг, Co – 0,35-0,51 мг/кг [174].

Физиологическая роль меди определяется тем, что она входит в состав ферментов и соединений, которые участвуют в азотном и фосфорном обмене, фотосинтезе и дыхании растений. Кобальт участвует в окислительно-восстановительных реакциях в клетках растений [243]. Условия произрастания растений оказывают определенное влияние на качество семян, формируя их разнокачественность. Как пишет Г. С. Посыпанов: «Необходимость их (авт. – микроудобрений) применения зависит от содержания подвижных микроэлементов в почве. ... Эти удобрения лучше использовать совместно с протравливанием семян» [152].

Показатели структуры урожая (число продуктивных стеблей, масса зерна в колосе, масса 1000 зерен) являются основными характеристиками, по которым определяется биологическая урожайность [114, 157].

Косвенные показатели при оценке качества зерна пшеницы являются значимыми, так как качество зерна рассматривается с точки зрения его пищевой полноценности. Качество клейковины определяется ее физическими свойствами: упругостью, растяжимостью, эластичностью, связностью и способностью к набуханию. С повышением стекловидности возрастает количество содержащихся в зерне белков, идущих на формирование клейковины. Натура зерна – критерий, учитываемый при товарной классификации пшеницы. Показатели качества зерна пшеницы озимой во много определяются выбором сорта, агротехнологией выращивания и складывающимися почвенно-климатическими условиями [74, 96].

Дробное применение минеральных удобрений: $N_{45}P_{90}K_{180}$ (допосевное) + N_{30} (кущение) + N_{30} (выход в трубку) + N_{30} (колошение) способствовало не только повышению урожайности на 39-55 %, но и способствовало формированию более качественного и крупного зерна [151].

В исследованиях С. Н. Шакалий была установлена зависимость между массой 1000 зерен и содержанием белка и клейковины в зерне озимой пшеницы. Как пишет автор: «Щуплое зерно при высоком содержании белка имеет худшие пищевые качества, так как белок, в основном, концентрируется в периферийных частях, отходящих при размоле в отруби. Обратная зависимость между массой 1000 зерен и содержанием клейковины не характерна для крупного зерна» [217].

При возделывании пшеницы озимой сорта Галина внесение минеральных удобрений из расчета $(NPK)_{120} + N_{30}$ способствует не только увеличению урожайности зерна культуры, но и позволяет получать зерно с высоким содержанием белка до 17,2 % и сырой клейковины до 34,9 % [192].

Применение полного минерального удобрения $N_{30-90}P_{50}K_{80}$ в зернотравяном севообороте увеличивало стекловидность зерна пшеницы озимой на 2,4-6,7 % по сравнению с применением только фосфорных и калийных удобрений в дозе $P_{50}K_{80}$ [153].

Опыты в лесостепной зоне РСО-Алании на черноземе выщелоченном показали, что в применение одинарной дозы $N_{50}P_{40}K_{40}$ минеральных удобрений повысило содержание протеина на 1,99 %, двойной дозы на 3,01 % и тройной на 4,04 %. Кроме этого, применение вышеуказанных доз минеральных удобрений способствовало увеличению массы 1000 зерен на 1,7-3,3 г, натура уменьшалась, а на содержание клейковины оказало влияние только внесение удобрений в составе, которых был азот или азот и фосфор [207].

Наблюдения за питательным режимом и балансом азота, фосфора и калия в черноземе выщелоченном в агроценозе пшеницы озимой показали дефицит азота. Фосфор удобрений компенсировал дефицит и на варианте с тройной дозой $N_{150}P_{120}K_{120}$ удобрения баланс был положительный – 49 кг/га. Дефицит по калию наблюдался на всех вариантах в размере от 43 до 53 кг/га [206].

Использование питательных веществ растениями из удобрений и почвы происходит не полностью. При внесении удобрений наблюдается их неравномерное распределение в почве. Растения, вследствие биологических особенностей, не поглощают все имеющиеся доступные формы питательных веществ. Поэтому, для понимания усвояемой части биогенных элементов питания почвы и внесенных

удобрений, требуется рассчитывать коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений [109]. Так, в исследованиях сотрудников кафедры агрохимии и почвоведения Горского ГАУ было установлено действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой на черноземе выщелоченном. Коэффициенты использования питательных вещества из почвы по азоту составило 51-69 %, фосфору – 16-19 и калию 15-19 %. Поэтому наиболее полно растения культуры из почвы усваивали азот. Коэффициенты использования из удобрений для озимой пшеницы, возделываемой на черноземе выщелоченном лесостепной зоны РСО-Алания в зависимости от доз минеральных удобрений находились по азоту – 71-111 %, фосфору – 29-48 и калию 50-86 % [206].

Оценка окупаемости 1 кг д.в. минеральных удобрений зерном культуры при внесении одинарной нормы $N_{40}P_{30}K_{20}$ – 11,1 кг. Двойная и тройная норма обеспечивали окупаемость 1 кг д.в. – 9,3 и 7,2 кг соответственно [200].

В зависимости от выбранной технологии возделывании и сорта пшеницы озимой затраты питательных элементов возрастают и окупаемость минеральных удобрений уменьшается. В исследованиях эффективности технологий возделывания сортов озимой пшеницы П. М. Политыко, С. В. Матюта, С. В. Беленики и др., было установлено, что при всех условиях возделывания 1 кг внесённых минеральных удобрений окупался 1 кг урожая зерна. При этом, для базовой технологии она составляла 21-25 кг/кг, с повышением роста интенсивности технологии наблюдается уменьшение окупаемости при интенсивной и высокоинтенсивной на 3-5 кг/кг азота, фосфора и калия [151].

Одним из способов агрономической оценки действия минеральных удобрений является энергетический анализ. Цель данного анализа заключается в установлении наименее энергоемких систем применения удобрений. Основным показателем энергетической эффективности является биоэнергетический коэффициент, а применение удобрений считается энергетически оправданным при коэффициенте равном или больше 1 [110].

Таким образом, применение минеральных удобрений в агроценозе пшеницы мягкой озимой является экономически оправданным агротехнологическим приемом. Сбалансированное питание культуры, которое начинается с прорастания, за счет запасных питательных веществ культуры способно не только повысить урожайность озимой пшеницы, но качество получаемого зерна. В системе питания культуры на черноземе выщелоченном значительное место отводится азоту, затем фосфору и калию, что позволяет приблизиться к реализации генетического потенциала современных высокопродуктивных сортов пшеницы.

2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научные исследования проходили в четвертой ротации зернотравяно-пропашном севооборота в соответствии с планом научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» по темам: «Разработка приемов воспроизводства плодородия почв и экологически безопасной почвоохранной системы интегрированного применения агрохимических средств в агроценозах Краснодарского края» и «Влияние различных агрохимических средств на агроэкологическое состояние черноземных почв Кубани, производство экологически безопасной продукции сельскохозяйственных культур» (№ госрегистрации – АААА-А16-116021110069-8 и 121032300129-6) [186, 187].

Работа проводилась на многолетнем стационарном опыте кафедры агрохимии в структурном подразделении КубГАУ учхоза «Кубань» в период с 2018 по 2021 гг. Для решения поставленных задач по установлению почвенно-агрохимических характеристик чернозема выщелоченного в агроценозе пшеницы мягкой озимой использовались Методические указания по проведению опытов с удобрениями [116, 117, 251, 262]. Направление исследований заключались в установлении действия видов минеральных удобрений на урожайность и качество зерна пшеницы мягкой озимой, плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья.

Схема опыта. Стационарный опыт (опыт 1) входит в систему Географической сети опытов с удобрениями Всероссийского научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова (Аттестат № 078 от 01.02.2006). Заложен стационар в 1981 году под руководством заведующего кафедры агрохимии Кубанского ГАУ профессора В. Т. Куркаева с целью исследования эколого-агрохимических функций удобрений в условиях 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота в системе *почва-растение-удобрение-климат* [134, 232].

Схема многофакторного опыта содержит 16 вариантов и представляет выборку $\frac{1}{4}$ части полной схемы $4 \times 4 \times 4$. Исследования в агроценозе пшеницы мягкой озимой развернуты в пространстве и во времени. Нами изучались наиболее контрастные варианты: контроль (000), азотные в норме N_{80} (200), фосфорные P_{60} (020) и калийные K_{40} (002) удобрения, а также совместное их применение в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222). Повторность – двукратная, размещение вариантов рендомизированное. Минеральные удобрения вносили до посева пшеницы мягкой озимой под основную обработку почвы (допосевное внесение): аммонийная селитра, двойной суперфосфат, хлорид калия и аммофос.

Полевой опыт (опыт 2). Инициативные исследования проводились в условиях агроценоза пшеницы мягкой озимой, в эксперименте были использованы азотные удобрения, а также карбамид пролонгированного действия ЮТЕК. Схема опыта содержит 5 вариантов: контроль (000), ФОН (аммофос в дозе $N_{12}P_{50}$), ФОН + N_{aa} (ФОН + аммонийная селитра в дозе N_{80}), ФОН + N_m (ФОН + карбамид в дозе N_{80}) и ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ (ФОН + карбамид ЮТЕК в дозе N_{80}). Минеральные удобрения вносились в два приема: в почву до посева пшеницы мягкой озимой (основное); поверхностно с помощью ручного портативного разбрасывателя с возобновлением весенней вегетации культуры при среднесуточной температуре атмосферного воздуха $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Агротехнология возделывания пшеницы мягкой озимой. Она соответствовала технологии, рекомендуемой для центральной сельскохозяйственной зоны Краснодарского края, а также в соответствии с рекомендациями проведения комплекса весенне-полевых работ флагамена отечественной сельскохозяйственной науки ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» [128, 129, 173].

Основная обработка почвы была следующей: лущение стерни на глубину 10-12 см тяжелой дисковой бороной БДТ-3 и культивация поля перед посевом на глубину 5-6 см МТЗ1221+КПС-4,2+БЗСС-1,0. Посев пшеницы мягкой озимой велся в оптимальные для центральной зоны Краснодарского края сроки сеялкой GreatPlains СРН-15 с нормой высева 5 млн/га всхожих семян. Перед посевом семена пшеницы обрабатывались инсектофунгицидным протравителем Селест

Макс (КС) с рекомендованной производителем нормой расхода 2,0 л/т и расходом рабочей жидкости 10,0 л/т семян (рисунок 1).

Уход за культурой заключался в систематическом мониторинге фитосанитарного и общего состояния посевов пшеницы мягкой озимой. Так, осенью 2019 г. проводилась борьба с мышевидными грызунами путем помещения родентицида (Изоцин БФК, МК) в форме обработанного зерна в нору – норма расхода препарата 20 мл/кг приманки. В каждый год исследований весной проводили химическую прополку посевов от двудольных сорняков препаратом Прима, СЭ норма расхода гербицида – 0,7 л/га, норма расхода рабочей жидкости – 200 л/га.



Рисунок 1 – Посев, химическая прополка и уборка зерна пшеницы озимой

Уборка культуры проводилась в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой комбайном Terrion-2010 сплошным обмолотом каждой делянки с последующим пересчетом на стандартную влажность и 100 % чистоту [44].

Лабораторные исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории кафедры агрохимии и Центре искусственного климата Кубанского ГАУ. Для оценки посевных качеств семян пшеницы мягкой озимой определяли следующие показатели: лабораторную всхожесть, энергию, дружность и скорость прорастания [221, 256]. Работа выполнялась в соответствии с ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» и ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортосеменные качества» [42, 57].

Предпосевная обработка семян проводилась в трехкратной повторности путем их полного погружения (*замачивание семян, экспозиция – один ч.*) в водные растворы соединений CuSO_4 и CoSO_4 , содержащих 0,01 %, 0,001 %, 0,0001 %, 0,00001 %, 0,000001 %, 0,0000001 % Cu и Co с последующим 7-дневным проращиванием семенного материала в чашках Петри (25 штук в каждой), помещенного в климатическую камеру при постоянной температуре 20,0 °C в темноте. Последующее доращивание растений проводили в стерильных рулонах фильтровальной бумаги размером 10×100 см. Семена раскладывали зародышами вниз на расстояния 2 см от верхнего ее края. Контроль обрабатывали дистиллированной водой. Подсчет всхожих проросших семян проводили ежедневно при наличии нормально развитого корешка и ростка [218].

Модельный эксперимент. Оценка эмиссии диоксида углерода под влиянием видов минеральных удобрений проводилась в Центре искусственного климата Кубанского ГАУ. Для проведения опыта использовали чернозем выщелоченный из стационарного опыта, где вносились виды удобрения. Почва отбиралась с пахотного слоя опытных делянок. Оценку суточной эмиссии диоксида углерода проводили в соответствии с методом И. Н. Шаркова [228]. Подготовка почвы заключалась в извлечении камней, крупных корней, пожнивных остатков с последующим перемешиванием до однородного состояния с последующим просеиванием через сито с ячейками 3 мм. Набивка сосудов почвой осуществлялась по постоянной массе 450 г.

Чашку с щелочью устанавливали на деревянные палочки чтобы высота размещения составляла 1 см, площадь сосуда составляла 14,99 см². После размещения чашек на подставки плотно накрывали пластиковыми стаканчиками, чтобы избежать потери диоксида углерода [224]. Моделирование погодных условий осени, лета и весны выполнялось в климатических камерах CONVIRON PGR15. Режим в климатических камерах устанавливался в по усредненным региональным многолетним данным температуры и влажности атмосферного воздуха за 17 октября, 31 марта и 1 июня (рисунок 2).



Рисунок 2 – Проведение эксперимента. Оценка эмиссии диоксида углерода

Химический анализ проб почвы выполнялся в лаборатории кафедры агрохимии Кубанского ГАУ и аккредитованной агробиохимической лаборатории в двухкратной повторности по двум объектам исследования – растение и почва. Отбор проб почвы производился с 0-20 см и 21-40 см слоя почвы.

Анализ проб почвы выполнялся по общепризнанным методикам в соответствии с общими требованиями к проведению анализов ГОСТ 29269-91. В пробах почвы определяли: содержание органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-91, нитраты ионометрическим методом – ГОСТ 26951-86, обменный аммоний – ГОСТ 26489-85, подвижные соединения фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО – ГОСТ 26205-91, кислотность почвенного раствора (рН солевой и водной суспензии) ГОСТ 26483-85 и ГОСТ 26423-85, гидролитическую кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО – ГОСТ 26212-91, сумму поглощенных оснований по методу Каппена – ГОСТ

27821-88, емкость катионного обмена и степень насыщенности почв основаниями расчетным методом [45, 46, 47, 48, 49, 50, 53, 55, 56, 120].

При подборе методов анализа отдельных показателей плодородия и агрохимического состояния почвы основывались на стандартизированные и доступные к выполнению методов в лабораториях. Если, по отношению к определению содержания органического вещества, нитратного и аммонийного азота, кислотности почвенного раствора и суммы поглощенных оснований в кругу специалистов сложилось единое мнение об получаемых объективных и сравнимых результатов, то в отношении методов определения подвижных соединений фосфора единого мнения нет.

В ходе оценки методов определения подвижных фосфатов в почве всеми стандартными методиками, в том числе по методу Чирикова и Мачигина, С. Н. Адриановым было установлено, что все химические методы определения подвижных фосфатов дают лишь условное представление о содержании усвояемых фосфатов в почве. В случае выщелоченных черноземов Северного Кавказа, автор пишет: «для установления обеспеченности растений фосфором более пригоден метод Мачигина, чем метод Чирикова, так как он извлекает наиболее доступные фосфаты из почвы – рыхлосвязанные фосфаты, Al-P и Fe-P, а метод Чирикова экстрагирует Са-P, слабодоступные растениям». Метод Чирикова плохо чувствителен к ухудшению фосфатного режима почв и плохо коррелирует с результатами полевых опытов по изучению действия фосфорных удобрений на урожай культур [4].

В растительных пробах определяли следующие показатели: линейные параметры путем измерения растений, содержание общего азота по ГОСТ 13496,4-93, фосфора ГОСТ 26657-97, калия ГОСТ 26726-85 [43, 51, 52]. Мокрое сжигание растительных материалов проводили по усовершенствованной методике В. Т. Куркаева с использованием концентрированной серной кислоты и перекиси водорода [107, 108].

Перед уборкой производилась оценка к полеганию растений пшеницы мягкой озимой, а также для определения структуры урожая культуры были отобраны пробные снопы. Исследовались следующие показатели: число продуктивных и непродуктивных стеблей и колосков, длина стебля и колоса, число зерен в колосе, масса 1000 зерен [40], масса колоса и зерна в колосе.

Показатели качества полученного зерна пшеницы мягкой озимой оценивали на ИК-анализаторе зерна Perten IM 9500 с установленными калибровками на местные сорта пшеницы в соответствии с действующим ГОСТ Р 57543-2017 [58]. В цельном зерне культуры определяли натуру, содержание белка и клейковины. Измерения стекловидности зерна выполняли на диафаноскопе в соответствии с ГОСТ 10987-76 [41].

Окупаемость удобрений рассчитывали по отношению прибавки урожая в натуральном выражении на количество внесенных питательных веществ под данную культуру [257].

Расчет баланса питательных веществ почвы производился с учетом поступления питательных веществ и выносом с урожаем основной продукции [256]. Биоэнергетический коэффициент рассчитывался отношением энергии, накопленной в прибавке урожая зерна культуры, и суммарных энергозатрат на применение удобрений [110].

Оценку полученных данных в ходе проведенных экспериментов выполняли методом дисперсионного анализа с использованием пакетов MS Excel с 5 % – ным уровнем значимости, которой достаточно при проведении исследований в сельском хозяйстве и биологии [65, 251].

2.1 Агрометеорологические условия

Эффективность применения минеральных удобрений напрямую зависит от агрометеорологических условий местности. Согласно литературным источникам от складывающихся погодных условий зависит своевременность появления всходов, длительность периода от всходов до кущения, зимовка культуры, ве-

гетация в ранневесенний период и процесс налива зерна [191, 209]. Так как, каждый сельскохозяйственный год имеет свои особенности, необходимо рассматривать каждый год по отдельности в которых росла и развивалась пшеница мягкая озимая.

Агроклиматические условия центральной зоны достаточно хорошо изучены и описаны в ряде публикаций [3, 25]. Климат характеризуется как умеренно-континентальный и теплый. Среднегодовая температура атмосферного воздуха 10,0-10,8 °С, среднегодовое количество атмосферных осадков 425-645 мм. Продолжительность безморозного периода по разным данным длится от 175 до 225 дней. Выделяют опасные погодные явления: заморозки, засухи, суховеи, сильные ветры, обильные осадки, град, туман, гололед и пыльные бури [175, 232].

При рассмотрении климатических особенностей территории лучше акцентировать внимание на складывающиеся погодные явления по сезонам года. Первая половина осени сухая и теплая, вторая половина влажная с устойчивым переходом температуры атмосферного воздуха через 15 °С к более низким значениям. Зима короткая и неустойчивая, с частыми оттепелями и неустойчивым снежным покровом. Весна ранняя, с постепенным нарастанием тепла, лето жаркое и сухое.

В целом климат центральной зоны оптимален для выращивания большинства культурных растений, и пшеница мягкая озимая не является исключением. Формирующиеся погодные условия способствуют получению высоких, но нестабильных урожаев зерна.

Агрометеорологические условия в годы проведения полевого опыта приведены на рисунках 3 и 4 [144, 145, 146, 147].

2018-2019 гг. Анализ погодных данных за конкретный период показал, что количество осадков в октябре и ноябре соответствует среднемноголетним данным, а теплая солнечная погода в этот период благотворно повлияла на всхожесть и кущение культуры. Условия для перезимовки в декабре и январе культуры были благоприятны, но в третьей декаде декабря и первой декаде января из-за неустойчивой погоды наблюдалось повышение температуры атмосферного воздуха до 16°С, что вызвало нарушение покоя культуры и слабую ее вегетацию. Активная вегетация пшеницы мягкой озимой весной возобновилась рано (2 марта). Атмосферные

осадки, выпавшие в январе и феврале с повышенным температурным режимом в марте и апреле ускорили рост и развитие растений и закладку колоса (приложение 1 и 2). Последующая вегетация культуры в апреле и мае проходила в условиях недобора атмосферных осадков. Однако состояние посевов пшеницы мягкой озимой оставались хорошими. Налив и созревание зерна пшеницы мягкой озимой проходило в условиях жаркой погоды с постоянным наличием сухого ветра, что повлияло на выполненность зерна и скорость созревания зерновки [144, 145].

2019-2020 гг. Посев пшеницы мягкой озимой проводился в условиях повышенной температуры атмосферного воздуха и отсутствием атмосферных осадков, что замедлило набухание и прорастание зерна. Октябрь и ноябрь прошел в неблагоприятных агрометеорологических условиях с повышенными среднесуточными температурами атмосферного воздуха (7,1 – 15,1 °C) и минимальным количеством осадков (0,4 – 24,0 мм), так во второй декаде ноября выпало всего 0,4 мм, или 2 % нормы. Зимний период характеризовался неустойчивым повышенным температурным режимом и обильными атмосферными осадками в январе и феврале, преимущественно в виде дождя. Однако состояние агроценоза пшеницы мягкой озимой оставалось удовлетворительным. Аномально теплая погода в первой декаде марта способствовала активному возобновлению вегетации культуры, а выпавший осадки зимой сформировали значительные запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы 25-40 мм. Во второй и третьей декаде марта отмечен недостаток тепла (7,1 °C), в связи с чем было несколько замедлено развитие пшеницы мягкой озимой (приложение 1 и 2). Продолжающийся пониженный температурный режим атмосферного воздуха с заморозками в апреле (1,8–14,2 °C) и отсутствие осадков (0,6 – 5,7 мм) сказались на росте и развитии пшеницы мягкой озимой. Они были существенно замедлены и отмечались признаки недостатка элементов минерального питания. Минимальная зафиксированная температура атмосферного воздуха в этот период была -7 °C. Агрометеорологические условия в мае складывались достаточно благоприятными, умеренно теплая погода и выпавшие обильные дожди способствовали наливу зерна пшеницы мягкой озимой. Высокая температура атмосферного воздуха и отсутствие атмосферных осадков ускорили созревание урожая [145, 146].

2020-2021 гг. Октябрь характеризовался умеренно теплым и продолжительным отсутствием атмосферных осадков. Выпавшие дожди (14-17 мм) во второй половине декады месяца благоприятно повлияли на набухание и прорастание семян пшеницы мягкой озимой. Температура атмосферного воздуха в ноябре была близка к среднегодовым наблюдениям, но были зафиксированы значительные колебания между максимальной и минимальной температурой. Максимальная температура атмосферного воздуха повышалась до 20,3 °С, а минимальная снижалась до -1,8 °С. Кроме этого отмечен недобор осадков, а 22-23 ноября выпали осадки в виде дождя и мокрого снега. Декабрь был аномально теплым, что отразилось на покое растений. Зимний покой культуры в январе и феврале был неустойчивым, в связи с колебаниями температуры атмосферного воздуха и растения продолжали вегетировать. Весна проходила в условиях пониженного температурного режима и значительным количеством выпавших атмосферных осадков, что отразилось на хорошем увлажнении почвы, и способствовали хорошему росту и развитию пшеницы мягкой озимой. Налив и созревание зерна проходили в оптимальных условиях, благоприятной температурном режиме (21-26,2 °С) и достаточном количестве атмосферных осадков (108,3 мм) июня и июля, однако уборочные работы осложнялись из-за ливневых дождей в июле [146, 147].

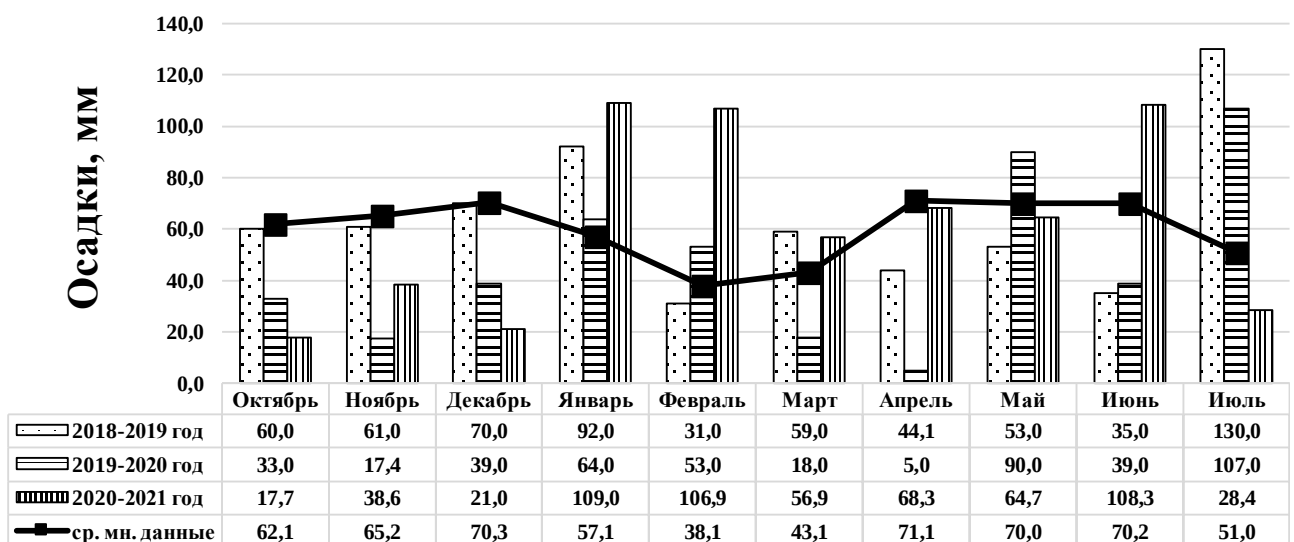


Рисунок 3 – Среднемесячные значения суммы атмосферных осадков

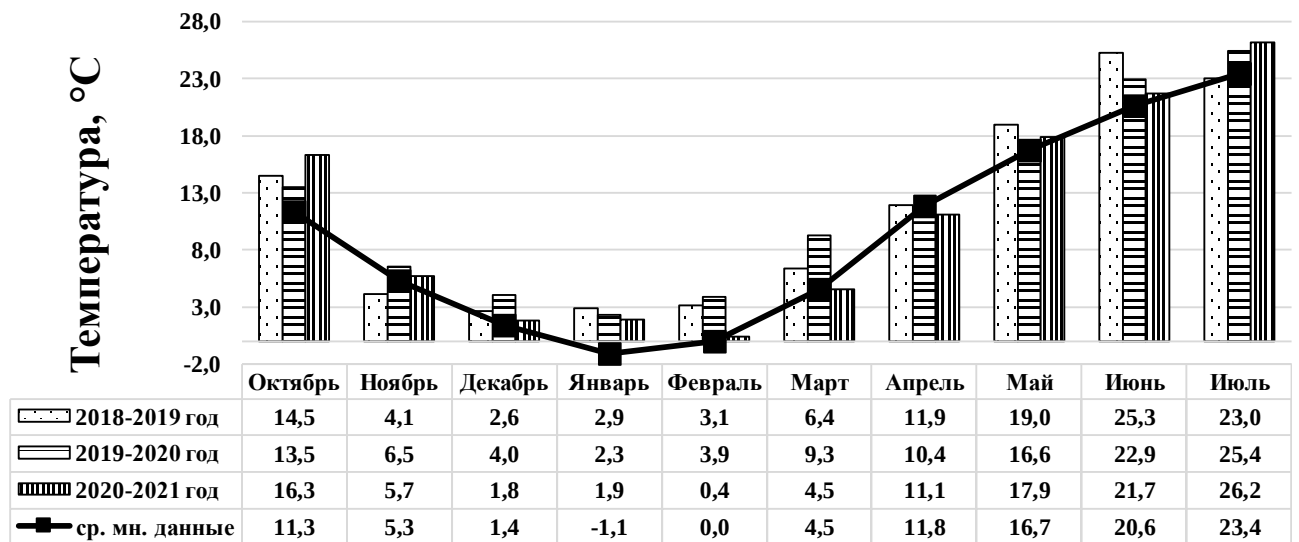


Рисунок 4 – Среднемесячные значения температуры атмосферного воздуха

Подводя итог анализу агрометеорологических условий за годы исследований, можно сделать вывод, что общие условия были достаточно благоприятными для прорастания семян, вегетации, закладки колосков и налива зерна. Однако каждый сельскохозяйственный год имеет свои особенности по температуре и количеству осадков.

Таким образом, 2018-2019 гг. и 2019-2020 гг. были засушливыми (гидротермический коэффициент 0,8), а 2020-2021 гг. был обеспеченным увлажнением (гидротермический коэффициент 1,2). Поэтому при изучении влияния минеральных удобрений на свойства чернозема и урожайность пшеницы мягкой озимой необходимо учитывать погодные условия не только в критические периоды развития культуры, но и в целом на весь период вегетации культуры – от посева до уборки зерна (приложение 3).

2.2 Объекты и предмет исследования

Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках Основными отличительными признаками

исследуемого чернозема является вымытость карбонатов кальция (выщелоченность) из гумусового горизонта и большая мощность гумусового горизонта (150 см) при невысоком содержании гумуса (около 3 %) [225, 232].

Профиль чернозема на опытном участке имеет хорошо выраженную оформленность генетических горизонтов, сменяющих друг друга и однородную темно-серую окраску с буроватым оттенком до горизонта **AB₂**. Гумусовый горизонт мощностью 150 см, глинистый, средне уплотнен, заметный переход только между **Ап** и **А**, между **А**, **AB₁** и **AB₂** постепенный, от 10 % соляной кислоты не вскипает. Переход между гумусовым горизонтом и горизонтом **В** постепенный. Горизонт **В** составляет 24 см имеет пятнисто-бурый цвет с затеками гумуса, тяжелосуглинистый, слабо уплотнен, от 10 % соляной кислоты не вскипает. Горизонт **С** начинается от 174 см, уплотнен, комковатый и бесструктурный, карбонаты в виде белоглазки, вскипание от действия 10 % соляной кислоты наблюдает со 180 см [176, 232].

Черноземы Предкавказья образованны на однородной рыхлой осадочной материнской породе и представлены лессовидными суглинками. И поэтому имеют довольно однородный химический состав по всему профилю: SiO_2 – 54-57 %, Al_2O_3 – 22-24 %, Fe_2O_3 – 10-12 %, MgO – 2,6-3,2 % [25, 170, 232].

Гранулометрический состав исследуемой почвы с преобладанием фракции пыли – 0,05-0,001 мм, и распределение ее по профилю почвы равномерное – 56,6-62,1 % сухой почвы. Содержание ила (<0,001 мм) – 32,9-39,9 % сухой почвы, песка (1-0,05 мм) – 2,8-9,9 % сухой почвы. По минералогическому составу состоит из минералов группы монтмориллонита и небольшого количества каолинита и кварца [176, 232].

В пределах гумусового горизонта объемная масса составляет 1,31-1,44 г/см³, удельная 2,67-2,70 г/см³, максимальная гигроскопичность 8,4-9,5 %, общая порозность 46,7-50,1 %, полная влагоемкость 32,4-38,2 % и количество доступной влаги 14,1-19,3 %. Имеет место слабое уплотнение почвы, что обеспечивает достаточную аэрацию и благоприятные условия для водопроницаемости почвы [176, 232].

Чернозем выщелоченный относится к слабогумусным видам, тип фульватно-гуматный. Мощность гумусового слоя 130-140 см, а запасы высоки и составляют

407,5 т/га и более. Обогащенность гумуса азотом средняя и составляет 13,2 – уровень признака низкий [176, 232].

Физико-химические свойства исследуемого чернозема можно считать весьма благоприятными для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, в том числе пшеницы мягкой озимой. Реакция водной вытяжки пахотного горизонта составляет 6,5 и солевой вытяжки – 5,8 единиц pH. Гидролитическая кислотность 1,98 мг-экв./100 г, сумма поглощенных катионов – 42,7 мг-экв./100 г, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями 44,68 мг-экв./100 г и 95,6 % соответственно [232].

Общее количество азота в горизонте А – 1900-2250 мг/кг, при этом содержание минерального азота составляет 149-164 мг/кг и органического 1751-2086 мг/кг. Минеральный азот представлен нитратной, аммонийной и нитритной формой, содержание последней незначительно. Содержание нитратной формы азот – 20-22 мг/кг и аммонийной – 11-12 мг/кг почвы [232].

Содержание валового фосфора в черноземе выщелоченном в 0-20 см слое составляет 1499 мг/кг, из которого на минеральные формы приходится 415 мг/кг, органический 585 мг/кг и неизвлекаемый 499 мг/кг. В подпахотном слое содержится несколько меньше минерального – 350 мг/кг и органического – 515 мг/кг. В черноземе выщелоченном фракционный состав минеральных фосфатов в пахотном слое представлен в следующем соотношении $\text{Ca-P}_1:\text{Ca-P}_2:\text{Al-P}:\text{Fe-P}:\text{Ca-P}_3 = 1:1,78:1,64:3,36:3,75$ и подпахотном слое почвы $1:2,63:1,79:3,21:5,96$. При этом слабобокислая реакция вытяжки почвы формирует условия для образования в почвенном растворе монофосфат-ионов с образованием более растворимых форм почвенных фосфатов [232, 247].

Валовое содержание калия в исследуемом черноземе в пахотном слое почвы – 19800-19785 мг/кг, подпахотном – 19740-19765 мг/кг. Содержание обменного калия в 0-20 см и 21-40 см слое почвы 350-380 мг/кг и 320-370 мг/кг. Содержание калия в органической части почвы низкое. В общем калийном фонде на его долю в пахотном слое приходится 0,21 %, в подпахотном 0,14 %. Остальная часть калия

почвы приходится на долю силикатного, необменного инертного и необменного гидролизуемого [232].

Валовое содержание кобальта и меди в пахотном слое чернозема выщелоченного 14,0-14,2 мг/кг и 16,5-16,8 мг/кг, подпахотном 14,2-14,5 мг/кг и 16,8-17,0 мг/кг соответственно. Соединения этих элементов представлены легкоподвижными, кислоторастворимыми и неэкстрагируемыми формами [232].

Растения пшеницы мягкой озимой сорта Безостая 100. Данный сорт получен сотрудниками ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» и включен в реестр допущенных сортов в 2017 году. Рекомендован к возделыванию в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Нижневолжском регионе. Этот сорт среднеранний с вегетационный периодом 221-296 дней, отнесен к сильным пшеницам, устойчив к твердой головне, бурой и желтой ржавчине, мучнистой росе и фузариозу колоса. Средняя урожайность варьирует от 47,5 до 67,7 ц/га, а потенциальная составляет более 100 ц/га [16]. Высевалась культура после предшественника подсолнечника.

Минеральные удобрения. Аммонийная селитра (NH_4NO_3) гранулированная, содержание действующего вещества (34,6 % N), действие минерального удобрения на почву подкисляющее, пригодная для некислых почв (насыщенных основаниями), возможно применения на кислых при условии известковании, применяется под все культуры всеми способами внесения в почву, но из-за гигроскопичности технически легче осуществим разбросным. Карбамид ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) гранулированный, содержит 46 % N действующего вещества, действие минерального удобрения на почву в процессе минерального питания растений проявляется незначительная физиологическая кислотность, в почве быстро трансформируется в аммонийную форму, связываемую почвой. Пригоден для некислых почв, возможно применение на кислых при условии известковании, применяется под все культуры всеми способами внесения в почву. Карбамид ЮТЕК ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) гранулированный, содержит 46 % N действующего вещества и ингибитор уреазы, за счет наличия фермента уменьшает скорость разложения удобрения, снижающая непродуктивные потери азота [85]. Двойной суперфосфат химическая формула $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$ содержит 43 % P_2O_5 форма гранулированная, не проявляет физиологической кислотности в

процессе минерального питания культуры, пригоден для всех почв, но лучше применять на некислых почвах. Применяется под все сельскохозяйственные культуры особенно эффективен в качестве основного и припосевного удобрения. Хлорид калия (KCl) форма гранулированная и содержит 60 % основного действующего вещества, действие минерального удобрения на почву подкисляющее, пригоден для некислых почв, возможно применение на кислых при условии известковании, применяется под все культуры всеми способами внесения в почву. Аммофос гранулированный с содержанием азота не менее 12 % и фосфора 52 %. Пригоден для всех почв, применяется под все культуры всеми способами внесения в почву. Сульфат кобальта (CoSO_4) водорастворимый мелкокристаллический порошок розового цвета, содержание действующего вещества 20 %, пригоден для черноземных почв, дерново-подзолистых известкованных, легких песчаных почв и затапливаемых почвах рисовых полей Кубани. Наиболее чувствительные к недостатку кобальта бобовые культуры, сахарная свекла, пшеница, рис и виноград. Сульфат меди (CuSO_4) водорастворимый мелкокристаллический порошок голубого цвета, содержание действующего вещества 23,9 %, пригоден для почв с низким содержанием подвижных форм элемента. Имеет особое значение для пшеницы, овса, ячменя, конопли, картофеля и других сельскохозяйственных культур. Способы применения – обработка семян и некорневые подкормки [177, 237].

3 ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ

3.1 Физико-химические свойства

Применение минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур влияет на физико-химические и другие свойства чернозема. Известно, что в зависимости от выбранной агротехнологии могут проявляться как положительные, так и отрицательные процессы в почве. Характер этих процессов во взаимодействии друг с другом формирует индивидуальные условия для роста и развития сельскохозяйственной культуры, а результат сформированного взаимодействия в итоге отражается на ее продуктивности. Оценивая плодородие чернозема выщелоченного в агроценозах, важно располагать информацией о том, в какой степени удобрения влияют на показатели плодородия почвы.

3.1.1 Почвенное органическое вещество

Роль органического вещества почвы и его основного компонента гумуса многогранна, а проблема сохранения и повышения плодородия в растениеводческом производстве остается одной из актуальных. От его содержания, запаса и состава зависят физические, физико-химические, водно-физические, экологические свойства почвы, ее микробиологическая активность, которые определяют все условия вегетации сельскохозяйственных культур и, как следствие, продуктивность почв в целом [202, 203].

В ходе проведения исследований были осуществлены наблюдения за сезонной динамикой содержания почвенного органического вещества в черноземе выщелоченном. В пахотном горизонте (0-20 см) в 2018-2019 гг. на варианте без применения минеральных удобрений (000) в фазу осеннего кушения пшеницы мягкой озимой содержания почвенного органического вещества составило 3,33 %. В фазу весеннего кушения и цветения культуры происходит незначительное снижение показателя на 0,06 % (абс.) и 0,31 % (абс.) соответственно (приложение 4). Такое уменьшение мы связываем с тем, что в весенний период из-за повышенных температур (среднемесячные температуры выше многолетних значений и изменялись от 6,4 до 11,9 °С) и выпавших атмосферных осадков (среднемесячные значения суммы осадков 59 мм, что выше среднемноголетних значение на 36,9 %) усиливаются микробиологические процессы в почве. При этом происходит более интенсивное разложение растительных осадков с образованием простых минеральных соединений и активного гумуса, преимущественно в своем составе имеющие фульвокислоты, характеризующиеся высокой подвижностью и реакционной способностью по сравнению с гуминовыми кислотами. Однако после уборки культуры нами отмечена тенденция к повышению содержания почвенного органического вещества в сравнении со значением показателя в фазу цветения на 0,12 % (абс.). Видимо, это связано с увеличением количества поступления растительных остатков в почву после уборки урожая.

Азотные удобрения в норме N₈₀ (200) способствовали достоверному снижению почвенного органического вещества в фазы осеннего и весеннего кушения относительно контрольного варианта на 5,41 % (отн.) и 3,36 % (отн.) соответственно (НСР₀₅ – 0,02 %). Можно предположить, что этот вид удобрения более интенсивно повлиял на процессы минерализации, происходящие в черноземе выщелоченном, которые способствовали более быстрому разложению почвенного органического вещества. Так как, нетоварная часть урожая культуры, остается на поле после уборки, корневые остатки и благоприятные гидротермические условия, как считают многие исследователи А. А. Белоусов, В. В. Котов, С. В. Ткаченко, , Е. С. Га-

санова, Н. Г. Мязин, К. Е. Стекольников и др., вносят вклад в существенное увеличение числа бактерий и анаэробных азотфиксаторов, использующих легкорастворимые соединения растительных остатков как источник энергии и углерода, что и объясняет уменьшение содержания почвенного органического вещества [19, 34, 101].

Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) в этот год исследования относительно контрольного варианта достоверно повышали показатель в фазу осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой, и содержание почвенного органического вещества увеличивалось на 0,02 % (абс.); 0,04; 0,02 и 0,02 % (абс.) соответственно.

Калийные удобрения в норме K_{40} (002) способствовали достоверному уменьшению почвенного органического вещества в фазы осеннего и весеннего кушения и было равно 3,16 % и 3,19 %. Показатели при этом были ниже, чем значения на контрольном варианте в этот период на 5,11 % (отн.) и 2,45 % (отн.) соответственно. В фазу цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой здесь отмечена аналогичная тенденция увеличения как на варианте с внесением азотного удобрения в норме N_{80} (200) до 3,17 % и 3,20 % соответственно.

Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) достоверно повлияли в сторону уменьшения показателя в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры. Зафиксированные значения по указанным фазам развития в сравнении с контрольным вариантом, следующие – 3,30 %; 3,23; 2,99 и 3,11 % или 0,90 % (отн.); 1,22; 0,99 и 0,96 % (отн.).

Согласно полученным данным можно констатировать, что на динамику содержания почвенного органического вещества в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного за 2018-2019 гг. оказывают азотные удобрения и калийные удобрения (приложение 4).

Следующий 2019-2020 гг. отличался по своим гидротермическим условиям, что отразилось на содержании почвенного органического вещества в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного (приложение 3). На контрольном варианте (000) в осеннее кушение нами было зафиксировано 3,18 %, в фазу весеннего куше-

ние отмечено некоторое увеличение содержание почвенного органического вещества на 0,03 % (абс.). Однако к полной спелости зерна наблюдаем уменьшение показатели относительно осеннего кушения на 1,89 % (отн.). На варианте, где вносились азотные удобрения в норме N_{80} (200), можем видеть достоверное ($НСР_{05} - 0,03$ % и $НСР_{05} - 0,02$ %) уменьшение содержания почвенного органического вещества от фазы весеннего кушения к цветению культуры. На этом варианте значение этого показателя в эти фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой было – 3,17 %. В агроценозе пшеницы мягкой озимой, где вносились фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) существенных различий в содержании почвенного органического вещества отмечено не было. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) оказали аналогичное действие на содержание почвенного органического вещества как в случае с азотными удобрениями. В фазу весеннего кушения и цветения культуры на вариантах, где вносились калийные удобрения в норме K_{40} (002) и совместно азотные, фосфорные и калийные удобрения в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) значения содержания показателя было равно 3,10 %; 3,17 и 3,18; 3,19 % соответственно (приложение 4).

Анализ данных по содержанию почвенного органического вещества в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного за 2019-2020 гг. показал, что на содержание показателя оказывают более существенное влияние азотные удобрения и калийные удобрения, несколько слабее совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений.

На контрольном варианте (000) в 2020-2021 гг. в фазу осеннего кушения содержание почвенного органического вещества в пахотном (0-20 см) слое было равно 3,22 %. В фазы весеннего кушения и цветения происходит увеличение содержания почвенного органического вещества на 0,03 % (абс.) и 0,13 % (абс.) соответственно (приложение 4). В фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой содержание почвенного органического вещества уменьшается на 3,42 % (отн.). Мониторинг показателя в черноземе выщелоченном на варианте с применением азотных удобрений в норме N_{80} (200) показал, что достоверное уменьшение

(НСР₀₅ – 0,01 %) в содержании органического вещества почвы произошли в весеннее кушение культуры, цветении и полной спелости зерна и показатели были равны: 3,16 %, 3,16 и 3,14 % соответственно. Фосфорные удобрения в норме Р₆₀ (020) достоверно увеличивали показатель от осеннего кушения к фазе полной спелости зерна культуры относительно варианта без минеральных удобрений (000). Это повышение было невысоким – 1,86 % (отн.) и 1,61 % (отн.) соответственно. Калийные удобрения в норме К₄₀ (002) уменьшили относительно контрольного варианта в фазы весеннего кушения и цветения содержание почвенного органического вещества на 0,02 % (абс.) и 0,19 % (абс.) соответственно. В фазу полной спелости зерна на этом варианте по сравнению с контролем, напротив, отмечаем увеличение показателя на 0,96 % (отн.). Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме N₈₀P₆₀K₄₀ (222) повлияли в сторону уменьшения содержания почвенного органического вещества от фаз весеннего кушения к фазе цветения культуры, и оно было равно 3,20 %. В фазу полной спелости зерна культуры на этом варианте произошло увеличение показателя по сравнению с контрольным вариантом на 2,25 % (отн.).

Обобщая результаты анализа по содержанию почвенного органического вещества в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного за 2020-2021 гг., были установлены существенные изменения показателя в фазы весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой на варианте, где вносились азотные удобрения (приложении 4).

Анализ данных по ежегодному (2018-2021 гг.) содержанию почвенного органического вещества и обобщенных показателей показывает, что существенных изменений в подпахотном слое (21-40 см) мы не наблюдаем, о чем свидетельствуют рисунок 6 и приложение 5.

Результаты, полученные в 2018-2021 гг. свидетельствуют, что в 0-20 см слое черноземе выщелоченном динамика содержания почвенного вещества имеет тенденцию к уменьшению от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна на всех исследуемых вариантах. Кроме этого, внесение азотных удобрений в норме

N_{80} (200) и калийных удобрений K_{40} (002) оказывает влияние на содержание почвенного органического вещества, так в фазы осеннего и весеннего кушения отмечено снижение показателя на 1,85 % (отн.) и 1,54 % (отн.), 2,47 % (отн.) и 2,16 % (отн.) соответственно. Внесение фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не оказали существенного влияния на содержание почвенного органического вещества в почве (рисунок 5, приложение 4).

Таким образом, обобщая результаты исследования за 2018-2021 гг. в пахотном (0-20 см) и подпахотном (21-40 см) слоях чернозема выщелоченного можно констатировать, что в агроценозе пшеницы мягкой озимой содержание почвенного органического вещества достаточно стабильный показатель, особенно в подпахотном слое почвы, который менее подвержен влиянию факторов агротехнической практики и усредненное содержание по всем вариантам за годы исследования составляет 2,91 %.

Однако в зависимости от складывающихся агроклиматических условий и использования удобрений можно наблюдать сезонное варьирование данного показателя в пахотном слое. В 0-20 см слое почвы при естественном уровне плодородия наблюдается снижение показателя с фазы осеннего кушения 3,24 % к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой 3,12 % или на 3,70 % (отн.).

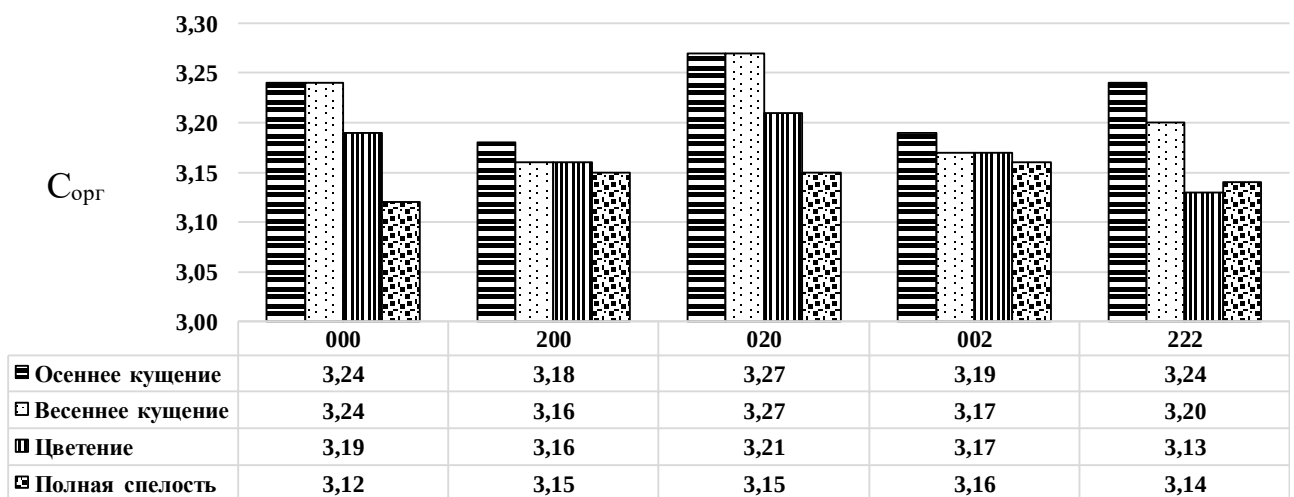


Рисунок 5 – Динамика содержания почвенного органического вещества в 0-20 см слое почвы, %, 2018-2021 гг.

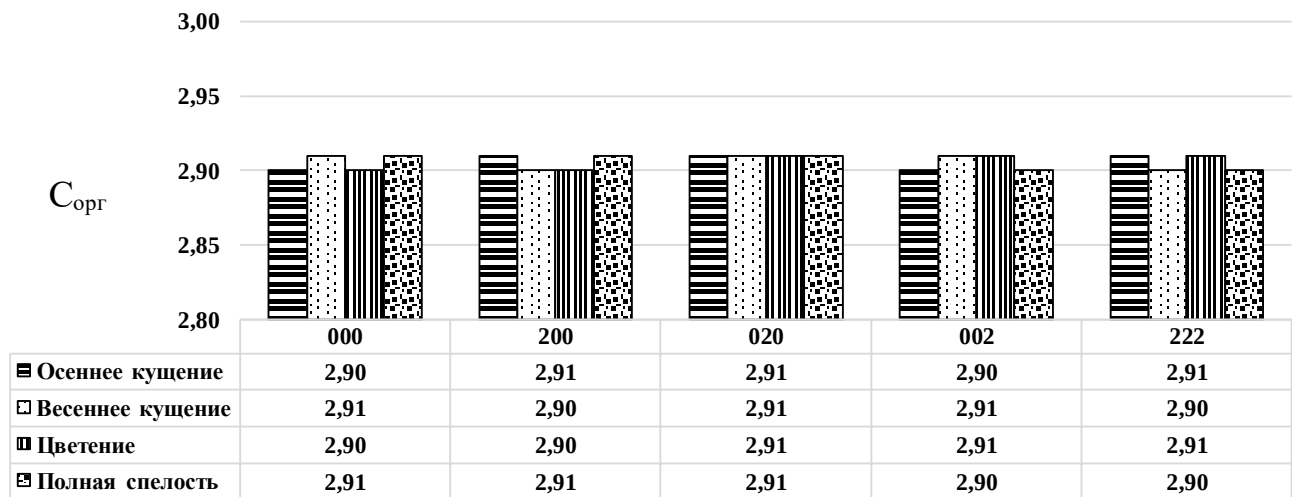


Рисунок 6 – Динамика содержания почвенного органического вещества в 21-40 см слое почвы, %, 2018-2021 гг.

Азотные удобрения в норме N_{80} (200) и калийные удобрения в норме K_{40} (002) поспособствовали активизации процессов минерализации, поэтому наблюдаем снижение показателя относительно контрольного варианта (000) в фазы осеннего и весеннего кушения, однако оставшиеся корневые и пожнивные остатки, поступившие в почву в фазу полной спелости способствовали повышению показателя на этих вариантах на 0,96 % (отн.) и 1,28 % (отн.) соответственно. Внесение фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не оказали существенного влияния на изменения в содержании почвенного органического вещества в пахотном (0-20 см) слое почвы.

3.1.2 Кислотность

Реакция почвенного раствора имеет важное значение в онтогенезе растений, доступности удобрений и формировании уровня плодородия почвы. Этот показатель

определяет поступление элементов минерального питания в растения. Внесение минеральных удобрений сопровождается изменением реакции почвенного раствора, а значит, влияет на продуктивность агроценозов [66, 149, 234].

В пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного мониторинг актуальной кислотности (pH_{H_2O}) в 2018-2019 гг. на контрольном варианте (000) показал следующие значения: осеннее кущение – 6,60; весеннее кущение – 5,55; цветение – 6,54; полной спелости зерна – 6,54 единиц pH. Азотные удобрения норме N_{80} (200) достоверно (HCP_{05} – 0,04; 0,09; 0,05; 0,04) увеличивали pH_{H_2O} во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой. В фазу осеннего кущения отмечено существенное уменьшение показателя – 4,24 %, весеннего кущения – 2,90 %, цветения – 3,36 % и полной спелости зерна – 1,07 %. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не существенно влияли на актуальную кислотность. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) оказали аналогичное схожее с азотными удобрениями действие на показатель. Достоверное увеличение кислотности на этом варианте было в фазу осеннего кущения – 3,33 %, весеннего кущения – 2,14 % и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 1,83 %. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) существенно уменьшили pH_{H_2O} только в фазы осеннего кущения и цветения культуры на 0,61 и 1,22 %, видимо это связано интенсивным потреблением элементов питания в начале роста и развития, с сильно развитой корневой системой культуры в период цветения и формирования числа колосков в колосе, а также интенсивным корневым выделением органических кислот из растений, которые приводят к снижению показателя в наблюдаемые фазы. Полученные результаты свидетельствует о значительном влиянии на изменение показателя азотных удобрений и калийных удобрений (приложение 6).

Наблюдения за динамикой актуальной кислотностью в пахотном (0-20 см) слое исследуемого чернозема в 2019-2020 гг. и 2020-2021 гг. показали достоверное (приложение 6) уменьшения показателя на вариантах, где применялись азотные в норме N_{80} (200) и калийные удобрения в норме K_{40} (002). Наблюдали проявление физиологической кислотности при минеральном питании культуры. Актуальная кислотность в этот период исследований на вариантах с использованием азотных

удобрений в норме N_{80} (200) в фазы осеннего и весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна была равна 6,32; 6,34; 6,30; 6,47 и 6,36; 6,35; 6,37; 6,46 единиц рН соответственно. На варианте, где вносились калийные удобрения в норме K_{40} (002) в фазу осеннего кущения – 6,38 и 6,38; весеннего кущения – 6,43 и 6,43; цветения – 6,34 и 6,32; полной спелости зерна культуры – 6,43 и 6,45 единиц рН соответственно.

Обобщая полученные результаты в опыте за исследуемые годы установлено, что в 2019-2020 гг. и в 2020-2021 гг. существенное уменьшение показателя происходило в фазы осеннего кущения и цветения пшеницы мягкой озимой на вариантах, где применялись азотные и калийные удобрения (приложение 6).

Мониторинг за сезонным изменением актуальной кислотности в 21-40 см (подпахотном) слое чернозёма в 2018-2019 гг. и 2019-2020 гг. показал одинаковую тенденцию уменьшения показателя на всех исследуемых вариантах опыта от фазы осеннего кущения к фазе цветения культуры с последующим возвращением к исходным значениям pH_{H_2O} в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой. На варианте без применения минеральных удобрений (000) в фазу осеннего кущения значения актуальной кислотности было равно 6,68 единиц рН. На этом варианте за вышеуказанные годы исследования в фазу весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна культуры были зафиксированы следующие значения pH_{H_2O} : 6,58 единиц рН; 6,55; 6,67 и 6,60; 6,60; 6,66 единиц рН. Внесение азотных удобрений в норме N_{80} (200) оказало существенное влияние в сторону увеличения кислотности во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой – 6,44 единиц рН; 6,37; 6,34; 6,49 и 6,49; 6,38; 6,34; 6,48 единиц рН. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не влияют на актуальную кислотность в подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) увеличили pH_{H_2O} достоверно ($HCP_{05} = 0,04$ и $0,07$) только в фазу осеннего кущения культуры. Оно было равно 6,49 и 6,42 единиц рН. Мониторинг за показателем показал, что внесение азотных и калийных минеральных удобрений оказывают выраженное действие на увеличение кислотности в подпахотном (21-40 см) слое почвы, особенно в фазу осеннего кущения пшеницы мягкой озимой.

Наблюдения за актуальной кислотности в 2020-2021 гг. в подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного показали, что на контрольном варианте (000) в фазу осеннего кушения было 6,69 единиц рН, весеннего кушения – 6,60, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 6,60 и 6,67 единиц рН. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) достоверно ($НСР_{05} = 0,09; 0,06$ и $0,11$) увеличили актуальную кислотность в фазы осеннего и весеннего кушения и цветения культуры – 6,43 единиц рН, 6,42 и 6,33 единиц рН соответственно. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не влияют на исследуемый показатель. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) существенно увеличили кислотность только в фазы осеннего и весеннего кушения культуры на 0,14 единиц рН. Полученные результаты свидетельствует об отсутствии существенных различий кислотности в подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного по вариантам опыта в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой (приложение 7).

Таким образом, анализ полученных результатов в 0-20 см (пахотном) слое чернозема выщелоченного агроценоза пшеницы мягкой озимой за 2018-2021 гг. показал, что значения актуальной кислотности динамический показатель который подвержен влиянию применяемых в агроценозе пшеницы мягкой озимой минеральных удобрений. Необходимо констатировать, что выраженное действие в сторону уменьшения pH_{H_2O} относительно контрольного варианта (000) от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна культуры оказывает внесение азотных удобрений в норме N_{80} (200) – 1,22-4,09 % и калийных удобрений в норме K_{40} (002) – 1,68-3,33 %. Существенное, но менее выраженное уменьшение показателя относительно варианта без минеральных удобрений (000) формируют азотные, фосфорные и калийные удобрения в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) в фазу осеннего кушения пшеницы мягкой озимой – 0,45 %. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не влияют на актуальную кислотность (рисунок 7, приложение 6).

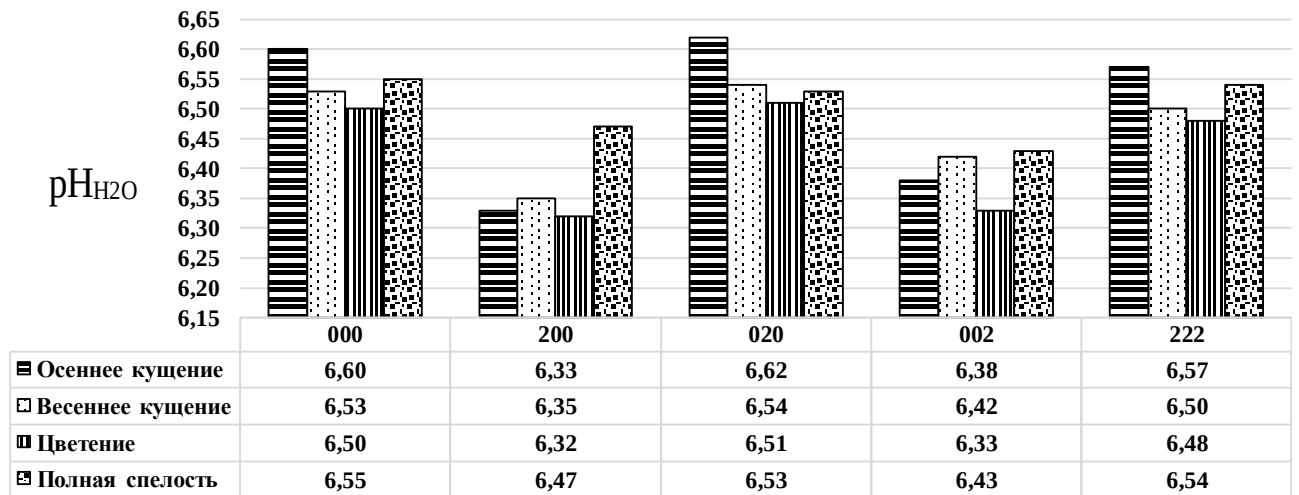


Рисунок 7 – Динамика актуальной кислотности в 0-20 см слое почвы, 2018-2021 гг.

За весь период исследований (2018-2021 гг.) в 21-40 см (подпахотном) слое чернозема выщелоченного также было установлено существенное уменьшение pH_{H_2O} только на вариантах с внесение азотных удобрений в норме N_{80} (200) и калийных удобрений в норме K_{40} (002) во все фазы роста и развития культуры (рисунок 8).

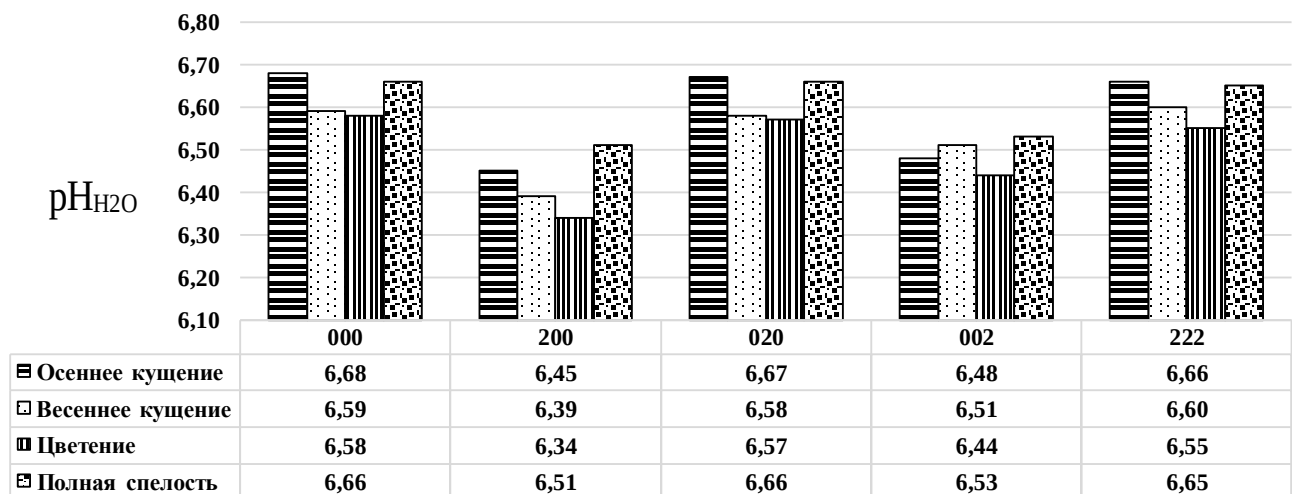


Рисунок 8 – Динамика актуальной кислотности в 21-40 см слое почвы, 2018-2021 гг.

Значения актуальной кислотности на вариантах с внесение азотных и калийных удобрений было равно 6,45 единиц pH; 6,39; 6,34; 6,51 и 6,48; 6,51; 6,44; 6,53 единиц pH соответственно. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрения в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не влияют на исследуемый показатель (рисунок 8, приложение 7).

Мониторинг обменной кислотности (pH_{KCl}) 0-20 см слоя чернозема выщелоченного в 2018-2019 гг. показал, что на контрольном варианте в фазы осеннего и

весеннего кушения pH_{KCl} была равна 5,61 и 5,44 единиц pH. В фазу цветения культуры было 5,57 единиц pH, а в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой относительно осеннего кушения происходит уменьшение показателя на 1,78 %.

Внесение азотного удобрения в норме N_{80} (200) существенно оказало влияние на pH_{KCl} в сторону ее увеличения. В фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости значения этого показателя были равны 5,21, 5,12, 5,29 и 5,36 единиц pH соответственно. Мы предполагаем, что увеличение pH_{KCl} на этом варианте происходит по причине вытеснения кальция из почвенно-поглощающего комплекса внесенными азотными удобрениями в почвенный раствор с последующим его вымыванием обильными летними осадками в глубьлежащие горизонты почвы. Об этом свидетельствуют ранее полученные данные по повышению содержания кальция в слое почвы 41-60 см: с 20,0 мг/кг в 0-20 см чернозема до 20,2 мг/кг в 21-40 см и 21,3 мг/кг в 41-60 см [60]. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) достоверно повлияли на обменную кислотность почвы только в фазу весеннего кушения ($HCP_{05} - 0,02$). В фазу весеннего кушения происходит увеличение показателя на 2,02 %. Внесение калийных удобрений в норме K_{40} (002) повлияли на pH_{KCl} в сторону ее уменьшения, так в фазы осеннего кушения значение кислотности – 5,37, в весеннее кушение – 5,17, цветения – 5,28 и полной спелости зерна – 5,29 единиц pH. Предполагаем, что механизм увеличения обменной кислотности на варианте с калийными удобрениями видимо происходит за счет поглощения растениями катиона K^+ , а оставшийся и накапливающийся анион Cl^- соединялся с ионами H^+ образует в результате обменных реакций в почвенном растворе соляную кислоту. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) также в этот год исследования достоверно увеличивали обменную кислотность в осеннее кушение на 3,39 %, весеннее кушение на 3,31 % и фазу полной спелости зерна культуры на 4,72 %.

Обобщая результаты исследования за 2018-2019 гг. необходимо отметить, что влияние минеральных удобрений существенное. При этом сохраняется тенденция увеличения обменной кислотности на вариантах, где вносились азотные удобре-

ния и калийные удобрения. Кроме этого, было выявлено, что при совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений происходит заметное, но менее выраженное по сравнению с азотными и калийными удобрениями увеличение кислотности в пахотном слое чернозема выщелоченного (приложение 8).

В подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного мониторинг pH_{KCl} в 2018-2019 гг. на контрольном варианте (000) показал, что в фазу осеннего кушения значение показателя было 5,71 единиц pH , в весеннее кушение – 5,61, цветения – 5,67 единиц pH и фазу полной спелости зерна культуры – 5,62 единиц pH . На варианте с внесением азотных удобрений в норме N_{80} (200) происходит достоверное увеличение кислотности ($НСР_{05}$ – 0,04; 0,07 и 0,07) в фазы осеннего и весеннего кушения и цветения культуры относительно контрольного варианта на 7,53 %; 6,95 и 6,70 % соответственно. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и калийные удобрения в норме K_{40} (002) существенно уменьшили показатель относительно варианта без минеральных удобрений (000) в фазы осеннего и весеннего кушения и цветения пшеницы мягкой озимой на 6,48 %; 4,46; 6,88 и 6,65; 4,46; 6,35 % соответственно. На варианте, где совместно вносились азотные, фосфорные и калийные удобрения в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) происходит увеличение показателя в фазы осеннего кушения, весеннего кушения и цветения культуры, и значение pH_{KCl} было 5,66 единиц pH ; 5,32 и 5,60 единиц pH . Обобщая результаты исследования необходимо отметить, что влияние азотных, фосфорных, калийных и совместное применение этих удобрений на показатель проявляется в фазы осеннего, весеннего кушения и цветения пшеницы мягкой озимой (приложение 9).

В 2019-2020 гг. в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного агроценоза пшеницы мягкой озимой обменная кислотность на контрольном варианте (000) в фазы осеннего кушения была равна 5,64, весеннего кушения – 5,57, цветения и полной спелости зерна – 5,60 и 5,55 единиц pH . Азотные удобрения в норме N_{80} (200) достоверно уменьшали значения исследуемого показателя в осеннее и весеннее кушение, цветение, полной спелости на 0,41; 0,45; 0,35 и 0,20 единиц pH соответственно. На варианте с внесением фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) происходит существенное ($НСР_{05}$ – 0,08) увеличение кислотности только в фазу

весеннего кушения культуры на 2,51 %. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) также достоверно повышали обменную кислотность на протяжении всей вегетации культуры. Так в фазу осеннего кушения увеличение показателя составило 5,32 %, весеннего кушения – 6,10 %, цветения – 5,89 % и полной спелости зерна – 3,06 %. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) достоверно уменьшали pH_{KCl} в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения, полной спелости зерна культуры и показатель был равен – 5,48; 5,26; 5,31; 5,31 единиц pH соответственно. Проведенный анализ полученных результатов показал, что азотные, калийные удобрения и совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений, оказали значительное влияние на обменную кислотность в сторону ее увеличения (приложение 8).

В 2019-2020 гг. на контрольном варианте (000) обменная кислотность 21-40 см слоя чернозема выщелоченного в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой составила: 5,74; 5,59; 5,69 и 5,65 единиц pH соответственно. На варианте с внесением азотных удобрений в норме N_{80} (200) отмечено существенное увеличение кислотности во все периоды роста и развития культуры. В фазу осеннего кушения зафиксировано увеличение на 7,49 %, весеннего кушения – 6,44 %, цветения – 7,21 % и полной спелости зерна – 3,54 %. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не повлияли на динамику обменной кислотности, о чем свидетельствует $НСР_{05}$ – 0,06-0,13 (приложение 9). Калийные удобрения в норме K_{40} (002) достоверно уменьшили показатель и в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой было равно – 5,40; 5,34; 5,29 и 5,36 единиц pH соответственно. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) существенно повлияло на показатель во все исследуемые фазы роста и развития культуры и значение составило 5,59 единиц pH; 5,32; 5,54; 5,49 единиц pH, что меньше контроля на 2,61 %; 4,83; 2,64; 2,83 %. Обобщая результаты исследования необходимо отметить, что влияние азотных, калийных и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений на показатель проявляется во все фазы роста пшеницы мягкой озимой (приложение 9).

Обменная кислотность в 0-20 см слое чернозема выщелоченного в 2020-2021 гг. на контрольном варианте (000) в фазу осеннего кушения составила 5,62 единиц рН. В весеннее кушение наблюдаем уменьшение показателя до 5,52 единиц рН, однако в цветение и полной спелости происходит некоторое увеличение до 5,60 и 5,62 единиц рН соответственно. Азотные удобрения в норме N_{80} (200), как и предыдущие года исследования, оказали действие на обменную кислотность в сторону ее увеличения. Мониторинг pH_{KCl} на этом варианте показал в фазу осеннего кушения – 5,16 единиц рН; весеннего кушения – 5,12; цветения – 5,26 и полной спелости пшеницы мягкой озимой – 5,19 единиц рН. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) достоверно уменьшили исследуемый показатель в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой до 5,27 единиц рН ($HCp_{05} = 0,07$). Калийные удобрения в норме K_{40} (002) способствовали увеличению обменной кислотности в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры и было равно 5,20; 5,19; 5,15 и 5,51 единиц рН соответственно. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) проявили тенденцию в сторону увеличения обменной кислотности чернозема выщелоченного. На этом варианте значение показателя в фазу осеннего кушения было 5,40; весеннего кушения 5,20; цветения 5,35 и полной спелости зерна 5,38 единиц рН.

Таким образом, анализ результатов, полученных в ходе проведения опыта показывают, что изменения в обменной кислотности наблюдается во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой. При этом сохраняется тенденция увеличения обменной кислотности, как в предыдущие годы на вариантах, где вносили азотные удобрения, калийные удобрения и совместно азотные, фосфорные и калийные удобрения (приложение 8).

В 2020-2021 гг. в подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного по причине сформированных гидротермических условий отличных (превышение за вегетационный период культуры суммы выпавших атмосферных осадков над среднегодовыми значениями на 21,6 мм и средней температуры атмосферного воздуха на $1,4^{\circ}C$) от предыдущих годов исследования, мы видим иную динамику об-

менной кислотности в этом слое почвы (приложение 3). Зафиксированные значения обменной кислотности на контрольном варианте (000) были: осеннее кушение – 5,71; весеннее кушение – 5,59; цветение – 5,63 и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 5,56 единиц рН. Внесение азотных удобрений в норме N_{80} (200) достоверно уменьшили обменную кислотность в фазу осеннего и весеннего кушения на 6,30 % и 6,62 %, а также в фазу цветения и полной спелости зерна культуры на 5,68 % и 3,96 %. На варианте, где вносились фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) существенные изменения показателя были только в фазы весеннего кушения и полной спелости зерна культуры – 5,66 единиц рН и 5,44 единиц рН. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) достоверно увеличили кислотность во все исследуемые периоды и значение составило 5,52 единиц рН; 5,28; 5,35; 5,45 единиц рН и 5,54 единиц рН; 5,37; 5,55; 5,32 единиц рН соответственно. Оценка полученных результатов свидетельствует о значительном влиянии в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой на показатель азотных удобрений, калийных удобрений и при совместном применении азотных, фосфорных и калийных удобрений (приложение 9).

Результаты, полученные в 2018-2021 гг. показали, что в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного минеральные удобрения повышали обменную кислотность, кроме варианта, где вносились фосфорные удобрения в норме P_{60} (020). Азотные удобрения в норме N_{80} (200) от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой уменьшили показатели обменной кислотности на 7,47 % и 4,68 %, калийные удобрения K_{40} (002) на 5,69 % и 3,06 %, совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) на 3,38 % и 4,50 % (рисунок 9, приложение 8).

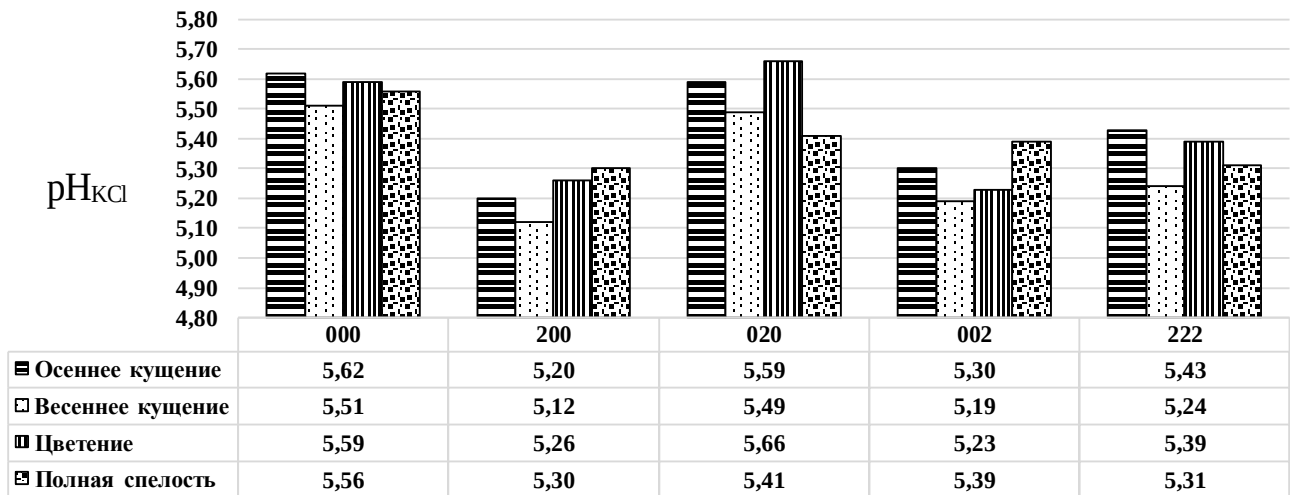


Рисунок 9 – Динамика обменной кислотности в 0-20 см слое почвы, 2018-2021 гг.

За весь период исследований (2018-2021 гг.) в 21-40 см (подпахотном) слое чернозема выщелоченного было установлено уменьшение pH_{KCl} на вариантах, где вносились азотные удобрения в норме N_{80} (200) и калийные удобрения K_{40} (002). На этих вариантах от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой значения показателя были следующие: 5,31; 5,22; 5,29; 5,41 единиц pH и 5,42; 5,33; 5,32; 5,40 единиц pH соответственно (рисунок 10, приложение 9).

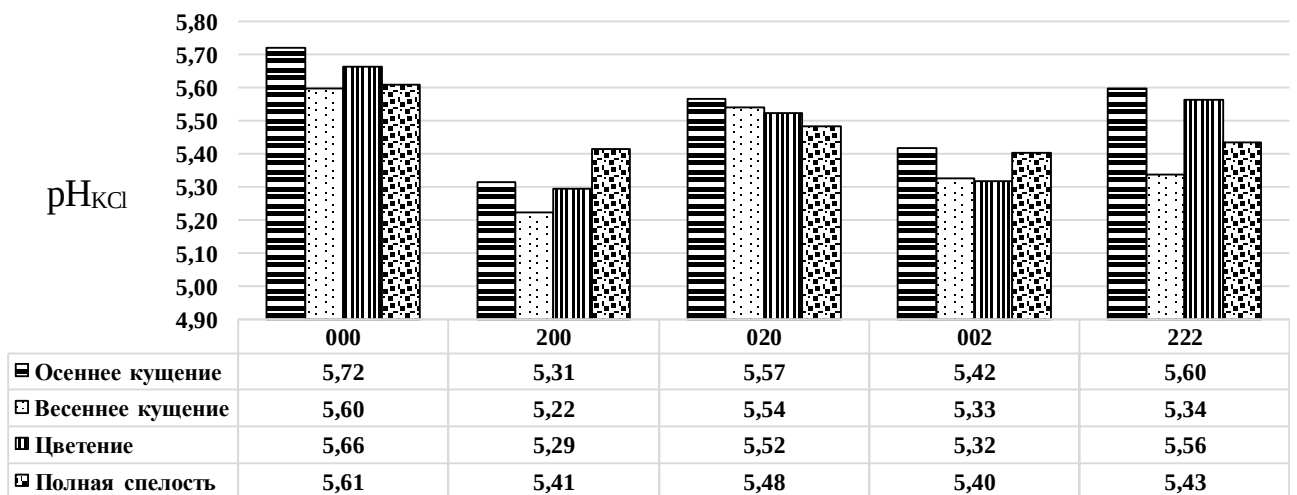


Рисунок 10 – Динамика обменной кислотности в 21-40 см слое почвы, 2018-2021 гг.

Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не влияют на обменную кислотность. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) оказали неоднозначное влияние на показатель. Уменьшение обменной кислотности на этом варианте зафиксировано только в фазы весеннего кушения и полной спелости зерна культуры, и значения были равны 5,34 и 5,43 единиц pH .

За все годы исследования в 2018-2021 гг. мониторинг гидролитической кислотности в 0-20 см (пахотном) слое чернозема выщелоченного свидетельствует об одинаковом действии минеральных удобрений на диагностируемый показатель. Ежегодная динамика показателя по гидролитической кислотности за весь период исследования, представлены в приложении 10. Гидролитическая кислотность на контрольном варианте (000) в фазу осеннего кущения была равна 2,07 мг-экв./100 г; весеннего кущения – 2,15; цветения – 2,22 и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 2,18 мг-экв./100 г. Азотные удобрения в норме N₈₀ (200) достоверно увеличили показатель (НСР₀₅ – 0,10-0,20 мг-экв./100 г) относительно контрольного варианта (000) во все фазы роста и развития культуры: от фазы осеннего кущения к полной спелости зерна культуры на 12,56 % и 12,39 % (рисунок 11).

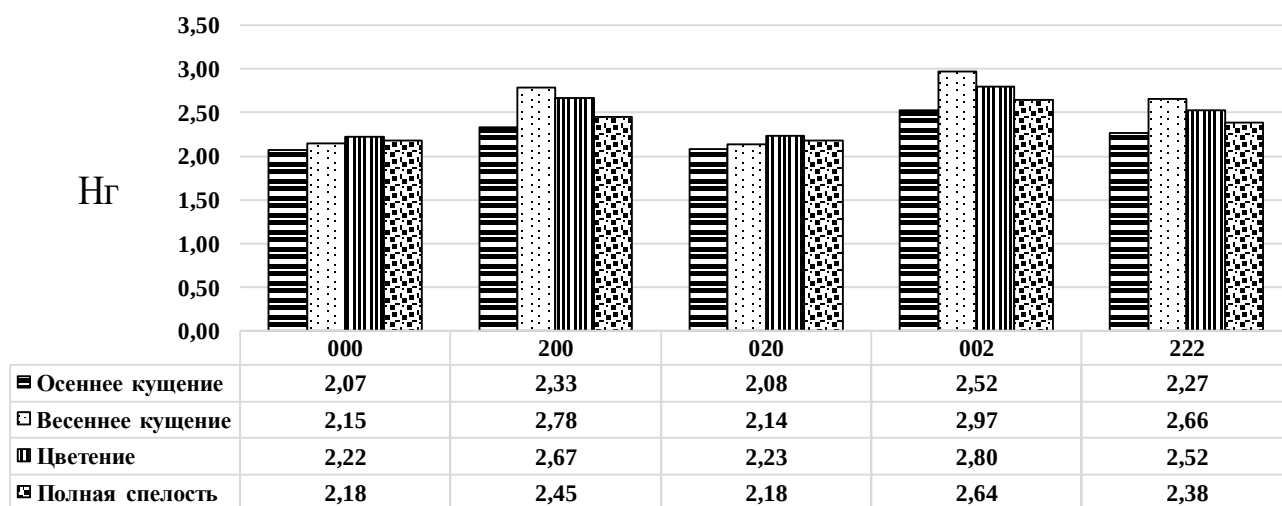


Рисунок 11 – Динамика гидролитической кислотности в 0-20 см слое почвы, мг-экв./100 г, 2018-2021 гг.

Фосфорные удобрения в норме P₆₀ (020) не повлияли на показатель. Калийные удобрения в норме K₄₀ (002) оказали более выраженное действие на гидролитическую кислотность в сторону ее увеличения по сравнению с азотными удобрениями. Относительно контрольного варианта (000) увеличение в фазы осеннего и весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой составило – 21,74 %; 38,14; 26,13 и 21,10 % соответственно. Значения исследуемого показателя при совместном применении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме N₈₀P₆₀K₄₀ (222) были в фазы осеннего кущения – 2,27 мг-экв./100 г, весеннего кущения – 2,66; цветения – 2,52; и полной спелости зерна культуры – 2,38 мг-

экв./100 г. Результаты исследования показали, что наиболее выраженное действие в сторону увеличения показателя оказали азотные и калийные удобрения, а также наблюдается некоторая тенденция к увеличению показателя на варианте при совместном применении азотных, фосфорных и калийных удобрений.

В подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного наблюдается сохранение тенденции сезонного увеличения гидролитической кислотности во все исследуемые периоды на вариантах с внесением азотных удобрений в норме N_{80} (200) и калийных удобрений в норме K_{40} (002) (рисунок 12, приложение 11)

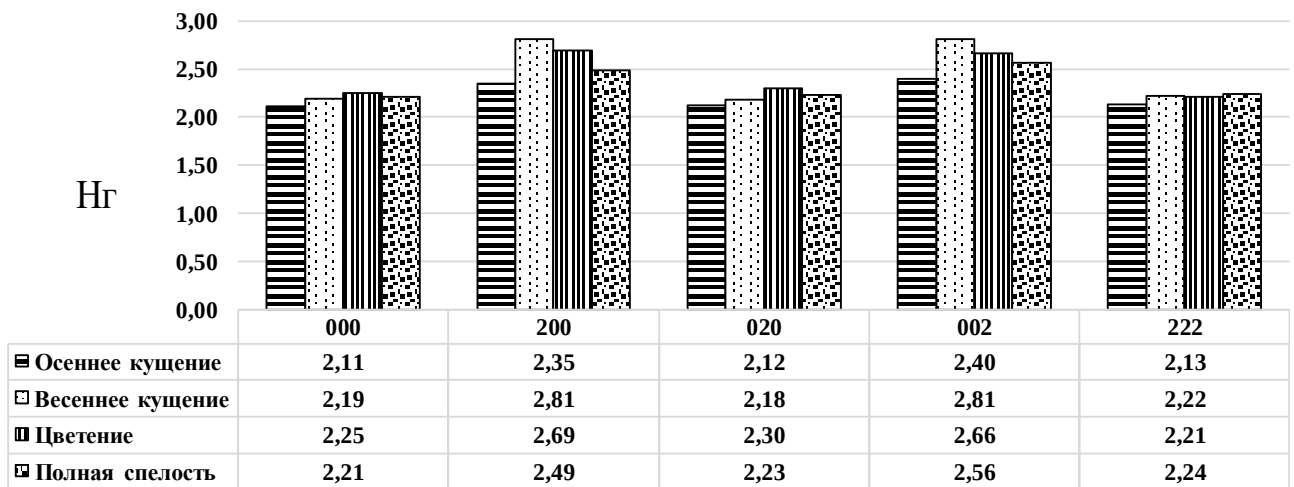


Рисунок 12 – Динамика гидролитической кислотности в 21-40 см слое почвы, мг-экв./100 г, 2018-2021 гг.

На контрольном варианте (000) в подпахотном (21-40 см) слое почвы в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры значение показателя было равно 2,11 мг-экв./100 г; 2,19; 2,25 и 2,21 мг-экв./100 г. На вариантах, где вносились азотные удобрения в норме N_{80} (200) наблюдается существенное увеличение гидролитической кислотности в фазу осеннего кушения, весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры до значений – 2,35 мг-экв./100 г; 2,81; 2,69; 2,49 мг-экв./100 г, и калийные удобрения в норме K_{40} (002) повышали показатель до 2,40 мг-экв./100 г; 2,81; 2,66 и 2,56 мг-экв./100 г. соответственно. Применение фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) и азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не проявили достоверного действия на гидролитическую кислотность в подпахотном слое чернозема выщелоченного агроценоза пшеницы мягкой озимой ($НСР_{05} = 0,11-0,31$ мг-экв./100 г).

Таким образом, как в случае пахотного (0-20 см) слоя почвы, выраженное действие в сторону существенного увеличения показателя во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой, оказали азотные и калийные удобрения. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не повлияли на гидролитическую кислотность в 21-40 см (подпахотном) слое чернозема выщелоченного (рисунок 12, приложение 11).

Обобщая результаты исследования за 2018-2021 гг. в пахотном (0-20 см) и подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного можно выделить, что при внесении азотных и калийных удобрений в почву происходит увеличение актуальной и обменной кислотности, а также отмечена тенденция на этих вариантах к увеличению гидролитической кислотности в течении вегетации культуры. Внесение фосфорных и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений несущественно влияют на исследуемые показатели как в пахотном, так и подпахотном слое чернозема выщелоченного.

Резюмируя вышеизложенное, средневзвешенное значение актуальной кислотности за годы исследования (2018-2021 гг.) в агроценозе пшеницы мягкой озимой от фазы осеннего кущения к фазе полной спелости зерна культуры на варианте без применения минеральных удобрений (000) в пахотном (0-20 см) и подпахотном (21-40 см) слое почвы варьировал от 6,60 до 6,55 единиц pH и 6,68 и 6,66 единиц pH, что соответствует близкой к нейтральной реакции среды почвенного раствора и является оптимальным значение для выращивания культуры. Существенное увеличение актуальной кислотности в фазы осеннего кущения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой в 0-20 см и 21-40 см слоях чернозема на 4,09-1,22 % и 3,33-1,83 % отмечено на вариантах с применением только азотных и калийных удобрений, однако реакция среды почвенного раствора оставалась в пределах близкой к нейтральной и оптимальной для роста и развития культуры. Обменная кислотность на естественном уровне плодородия в 0-20 см и 21-40 см слое почвы от фазы осеннего кущения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой варьировала от 5,62 до 5,56 единиц pH и 5,72 до 5,60 единиц pH соответственно. Азот-

ные и калийный удобрения наиболее существенно повысили обменную кислотность в фазу осеннего кущения в пахотном (0-20 см) и подпахотном (21-40 см) слое почвы и значения показателя были равны 5,20; 5,30 и 5,31; 5,42 соответственно. Гидролитическая кислотность на контрольном варианте (000) в 0-20 см и 21-40 см слое чернозема выщелоченного было сравнительно одинакова в фазу осеннего кущения 2,07-2,11 мг-экв./100 г, и к фазе полной спелости зерна культуры наблюдается некоторое ее увеличение до 2,18-2,21 мг-экв./100 г. Применяемые минеральные удобрения достоверно, но незначительно повышают гидролитическую кислотность. Отмечено повышение гидролитической кислотности в 0-20 на вариантах с азотными и калийными удобрениями до 2,33-2,52 мг-экв./100 г в фазу осеннего кущения пшеницы мягкой озимой и до 2,45-2,64 мг-экв./100 г в фазу полной спелости зерна культуры. Полученные данные в ходе проведения полевого опыта свидетельствуют об отсутствии отрицательного действия минеральных удобрений.

3.2 Ионообменные свойства

Ионообменные свойства почвы являются важным показателем плодородия почвы. В результате длительного сельскохозяйственного использования черноземов и применения физиологически кислых удобрений происходит подкисление почвы. По этой причине формируются условия для повышения растворимости соединений кальция и магния и перемещением этих элементов из пахотного слоя почвы в нижележащие горизонты, в связи с чем формируется отрицательный баланс дефицитных элементов. Знания о поглотительной способности почвенно-поглощающего комплекса чернозема выщелоченного могут помочь производителям растениеводческой продукции своевременно выявить недостаток мезоэлементов, особенно кальция и магния, и принять меры по удовлетворению потребностей растений в этих биогенных элементах [234].

Результаты исследования по установлению действия видов минеральных удобрений на динамику суммы поглощенных катионов в пахотном (0-20 см) слое почвы показали, что за все годы наблюдали одинаковую тенденцию изменения показателя, о чем свидетельствуют данные представленные в приложении 12. На контрольном варианте (000) происходит уменьшение показателя от фазы осеннего кушения – 42,4 мг-экв./100 г к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 41,9 мг-экв./100 г. На варианте, где вносились азотные удобрения в норме N_{80} (200) отмечено достоверное уменьшение показателя во все фазы роста и развития культуры относительно варианта без применения минеральных удобрений. В фазу осеннего кушения значения суммы поглощенных катионов было равно 39,9 мг-экв./100 г; весеннего кушения – 39,0; цветения – 38,5 и полной спелости зерна – 39,6 мг-экв./100 г. Применение азотных удобрений формирует благоприятные условия для активного роста и развития культуры в связи с чем, происходит потребление обменных катионов (кальция, магния, натрия и др.) культурой до фазы цветения, а в полную спелость зерна культуры видим увеличение значений суммы поглощенных катионов до показателей близким к началу роста и развития, что связано с накоплением этих элементов в вегетативной части, которые остаются на поле после уборки зерна. Кроме этого, ион аммония конкурирует с другими катионами (лития, натрия и др.) почвенного поглощающего комплекса, что в свою очередь уменьшает сумму обменных катионов [38, 61]. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не повлияли на диагностируемый показатель и его значения варьировали от 42,3 мг-экв./100 г в фазу осеннего кушения пшеницы мягкой озимой до 41,6 мг-экв./100 г в фазу цветения культуры. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) достоверно уменьшили показатель относительно контрольного варианта. В фазу осеннего кушения значения суммы поглощенных катионов было равно 41,2 мг-экв./100 г, весеннего кушения – 40,1; цветения культуры – 39,3 и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 40,3 мг-экв./100 г. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) существенно повлияли на исследуемый показатель в сторону уменьшение только в фазы весеннего кушения и цветения пшеницы мягкой озимой – 40,4 и 40,1 мг-экв./100 г соответственно (рисунок 13).

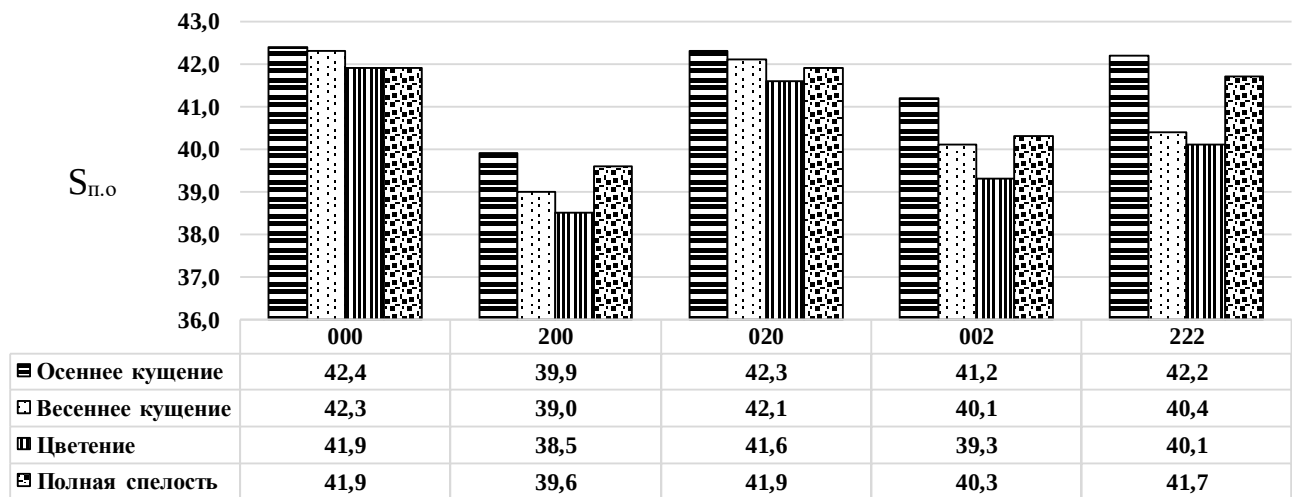


Рисунок 13 – Динамика суммы поглощенных катионов в 0-20 см слое почвы, мг-экв./100 г, 2018-2021 гг.

Анализ полученных результатов в ходе опыта показал, что во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой выраженное действие в сторону снижения показателя оказали азотные и калийные удобрения (рисунок 13, приложение 12).

В подпахотном (21-40 см) слое за все годы исследования (2018-2021 гг.) была выявлена тенденция уменьшения суммы поглощенных катионов в черноземе выщелоченном от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна, о чем свидетельствуют данные на рисунке 14 и в приложении 13. На контрольном варианте (000) в фазу осеннего кушения значения суммы поглощенных оснований было равно 41,5 мг-экв./100 г, весеннего кушения – 41,4; цветения – 40,9 и полной спелости зерна культуры – 40,5 мг-экв./100 г. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) достоверно ($НСР_{05} = 0,5-1,5$ мг-экв./100 г) уменьшили показатель в фазы осеннего кушения на 3,9 %, весеннего кушения – 5,1 %, цветения – 4,4 % и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 3,7 %. Это происходит по причине долгосрочного последствия использования минеральных удобрений (стационар заложен в 1981 г.). При длительном применении аммонийной селитры происходит накопление иона аммония почвенно-поглощающим комплексом, вытесненные ионы кальция связывается с находившимся ионом нитрата в почвенном растворе, формируя подвижное соединение нитрата кальция, которое, находясь в почвенном растворе, перемещается нижележащие горизонты почвы [227].

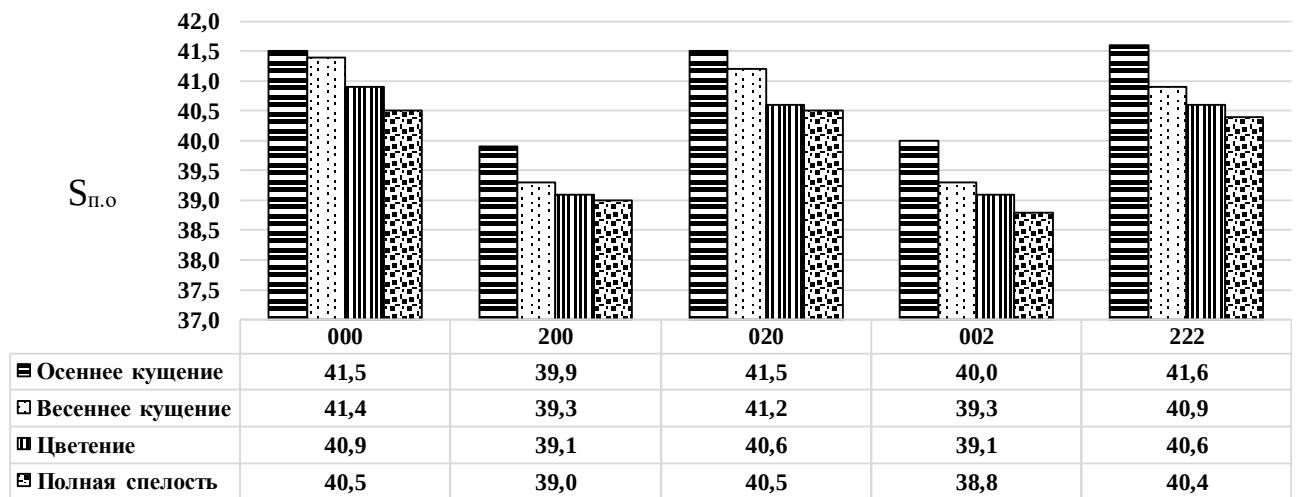


Рисунок 14 – Динамика суммы поглощенных катионов в 21-40 см слое почвы, мг-экв./100 г, 2018-2021 гг.

Применение фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) не влияет на изменение суммы поглощенных катионов в черноземе выщелоченном. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) способствовали существенному уменьшению количества суммы поглощенных катионов от фазы осеннего кушения – 40,0 мг-экв./100 г к фазе полной спелости зерна культуры – 38,8 мг-экв./100 г. На варианте, где применялись совместно азотные, фосфорные и калийные удобрения в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) существенных изменений по фазам роста и развития пшеницы мягкой озимой выявлено не было.

Таким образом, анализ результатов показал, что как в случае пахотного (0-20 см) слоя почвы, выраженное действие в сторону уменьшения суммы поглощенных катионов во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой оказали азотные и калийные удобрения. Фосфорные удобрения и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений не повлияли на исследуемый показатель в 21-40 см (подпахотном) слое чернозема выщелоченного.

Мониторинг емкости катионного обмена в 0-20 см почвы показал одинаковую тенденцию уменьшения значения показателя от фазы осеннего кушения к фазе цветения культуры с последующим существенным увеличением показателя в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой за годы (2018-2021 гг.) проведения эксперимента (рисунок 15, приложение 14).

На контрольном варианте (000) значения исследуемого показателя в фазу осеннего кущения было равно 44,44 мг-экв./100 г, весеннего кущения – 44,37 мг-экв./100 г, в фазы цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 44,03 мг-экв./100 г. Применения азотных удобрений в норме N_{80} (200) достоверно ($НСР_{05} = 0,43-1,63$ мг-экв./100 г) уменьшили значения емкости катионного обмена в фазы осеннего и весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна культуры, и они были равны 42,23 мг-экв./100 г; 41,77; 41,11; 42,00 мг-экв./100 г. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не повлияли на динамику емкости катионного обмена.

Калийные удобрения в норме K_{40} (002) существенно уменьшили емкость катионного обмена в фазы весеннего кущения на 3,00 % и цветения культуры на 4,36 % соответственно. На варианте, где совместно применялись азотные, фосфорные и калийные удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) можно видеть уменьшение емкости катионного обмена только в фазу весеннего кущения и цветения культуры. Значения показателя в эти фазы роста и развития были 43,08 мг-экв./100 г и 42,56 мг-экв./100 г.

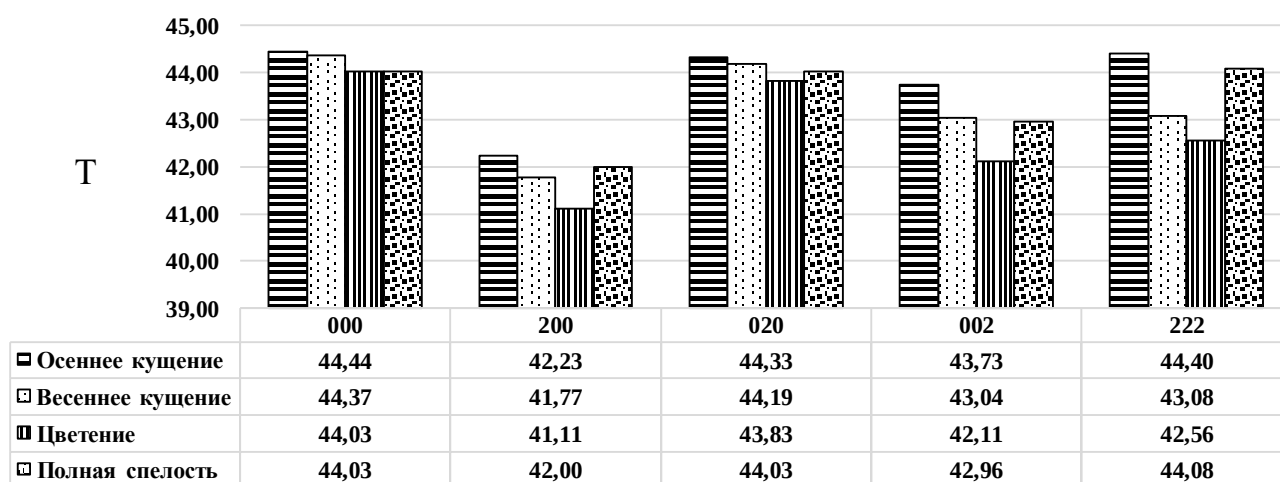


Рисунок 15 – Динамика емкости катионного обмена в 0-20 см слое почвы, мг-экв./100 г, 2018-2021 гг.

Таким образом, анализ полученных результатов в ходе опыта показал, что на достоверное уменьшение показателя во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой оказали азотные, калийные удобрения и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений. Фосфорные удобрения не повлияли на емкость катионного обмена в 0-20 см (пахотном) слое чернозема выщелоченного.

Емкость катионного обмена в подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного за 2018-2021 гг. имеет направление в сторону уменьшения от фазы осеннего кущения к фазе полной спелости зерна пшеницы (рисунок 16, приложение 15). На контрольном варианте (000) в фазу осеннего кущения было – 43,57 мг-экв./100 г; весеннего кущения – 43,56; цветения – 43,17 и полной спелости зерна – 42,68 мг-экв./100 г. На варианте, где вносились азотные удобрения в норме N_{80} (200) и калийные удобрения в норме K_{40} (002) наблюдается существенное уменьшение емкости катионного обмена в фазы весеннего кущения и цветения культуры. Оно было равно 42,08 мг-экв./100 г; 41,72; и 42,13; 41,69 мг-экв./100 г соответственно. Видимо это происходит в четвертой ротации зернотравяно-пропашного севооборота по причине аккумулятивного эффекта, из-за систематического применения физиологически кислых минеральных удобрений которые увеличивают кислотность, а также катионы аммония и калия, входящие в состав удобрений конкурируют с ионами почвенного поглощающего комплекса тем самым способствуют вытеснению кальция, магния, натрия и других в низлежащие горизонты почвы. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не оказали существенного влияния на исследуемый показатель. Анализ полученных результатов в ходе опыта показал, что выраженное действие в сторону уменьшения показателя в фазы осеннего кущения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой оказали азотные и калийные удобрения (рисунок 16).

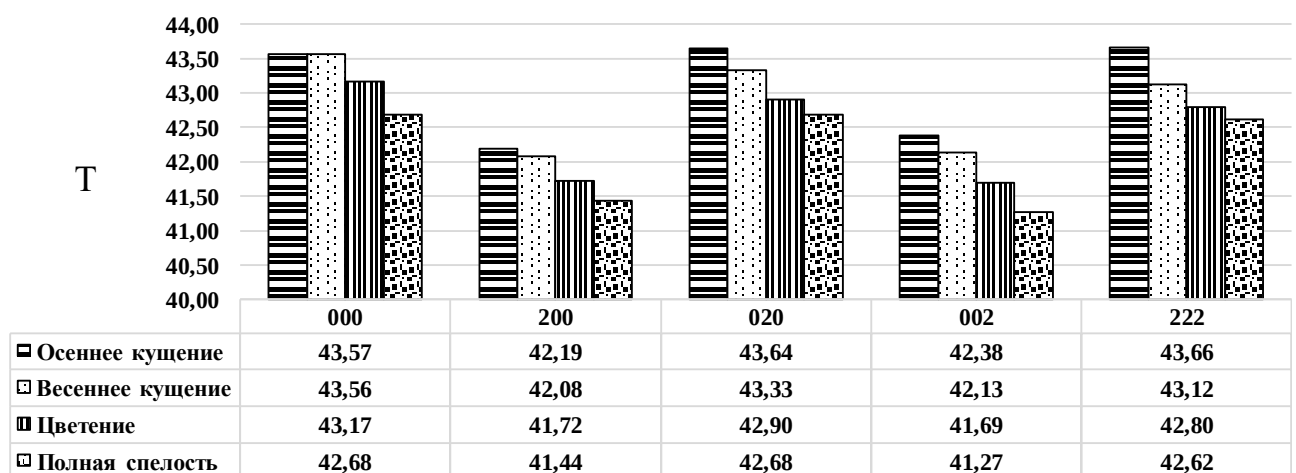


Рисунок 16 – Динамика емкости катионного обмена в 21-40 см слое почвы, мг-экв. / 100 г, 2018-2021 гг.

За исследуемый период 2018-2021 гг. в пахотном (0-20 см) слое почвы выявлена тенденция на всех вариантах уменьшение показателя степени насыщенности основаниями от фазы осеннего кушения к фазе цветения пшеницы мягкой озимой (приложение 16). Однако к фазе полной спелости зерна культуры практически возрастает до начальных значений. На контрольном варианте (000) в фазу осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры было равно 95,3 %; 95,2; 95,0 и 95,1 % соответственно.

Азотные удобрения в норме N_{80} (200) существенно оказали влияние на показатель, снижение показателя относительно контрольного варианта в фазы осеннего и весеннего кушения составило 0,8 % (отн.) и 1,9 % (отн.), цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 1,6 % (отн.) и 0,9 % (отн.) соответственно.

Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не оказывают влияния на обменные свойства чернозема, поэтому не было зафиксировано изменений относительно контрольного варианта по этому исследуемому показателю (HCP_{05} – 0,1-0,6 %).

Калийные удобрения в норме K_{40} (002) оказали более выраженное действие на снижение степени насыщенности основаниями в черноземе, так в фазу осеннего кушения значение показателя было равно 94,3 %, весеннего кушения – 93,1 %, цветения и полной спелости зерна культуры – 93,4 % и 93,9 % (абс.) соответственно.

Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) достоверно уменьшили степень насыщенности основаниями почвы в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой на 0,4 % (отн.), 1,5 %, 0,9 % и 0,5 % (отн.) соответственно. Обобщая результаты исследования можно наблюдать, что во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой азотные и калийные удобрения оказали наиболее существенное уменьшение этого показателя (рисунок 17).

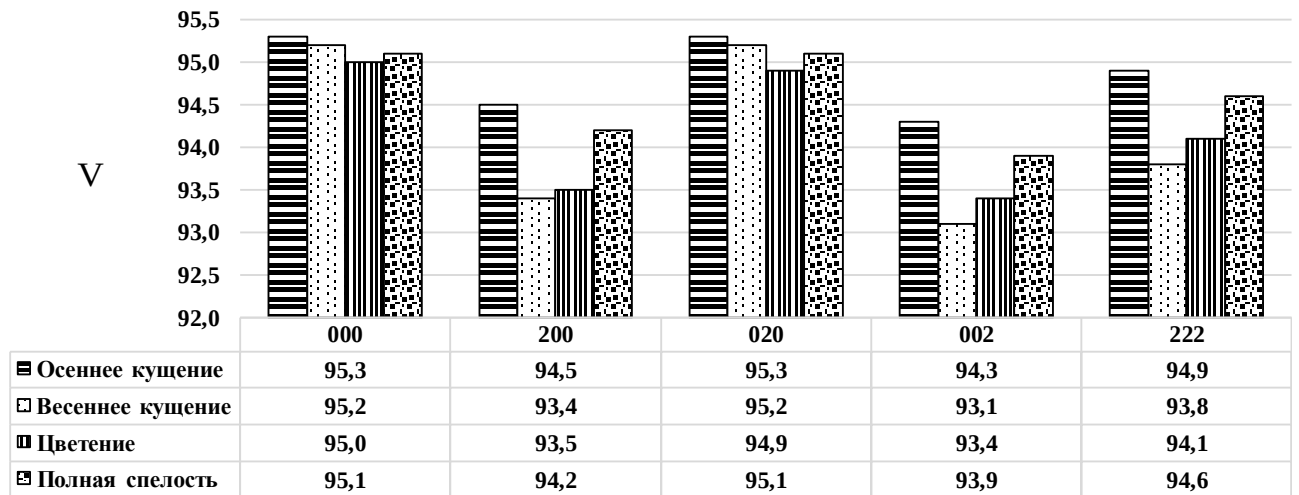


Рисунок 17 – Динамика степени насыщенности основаниями в 0-20 см слое почвы, %, 2018-2021 гг.

В подпахотном (21-40 см) слое почвы за 2018-2021 гг. динамика значений степени насыщенности основаниями была в сторону уменьшения от фазы осеннего кушения к полной спелости зерна культуры. На контрольном варианте (000) в фазу осеннего кушения показатель был равен 95,2 %, в фазу весеннего кушения – 95,0 %, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 94,8 и 94,9 % соответственно.

Внесение азотных удобрений в норме N_{80} (200) и калийных удобрений в норме K_{40} (002) способствовало достоверному ($НСР_{05} = 0,3-0,7 \%$) уменьшению степени насыщенности основаниями в фазу осеннего кушения на 0,8 %, весеннего кушения на 1,8 %, цветения культуры на 1,3 % и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой на 0,8 % и 1,1 % соответственно.

Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) достоверно не повлияли на показатель. Результаты показали, что во все фазы роста и развития пшеницы мягкой озимой внесение азотных и калийных удобрений способствовали существенному уменьшению степени насыщенности основаниями в подпахотном слое чернозема выщелоченного (рисунок 18).

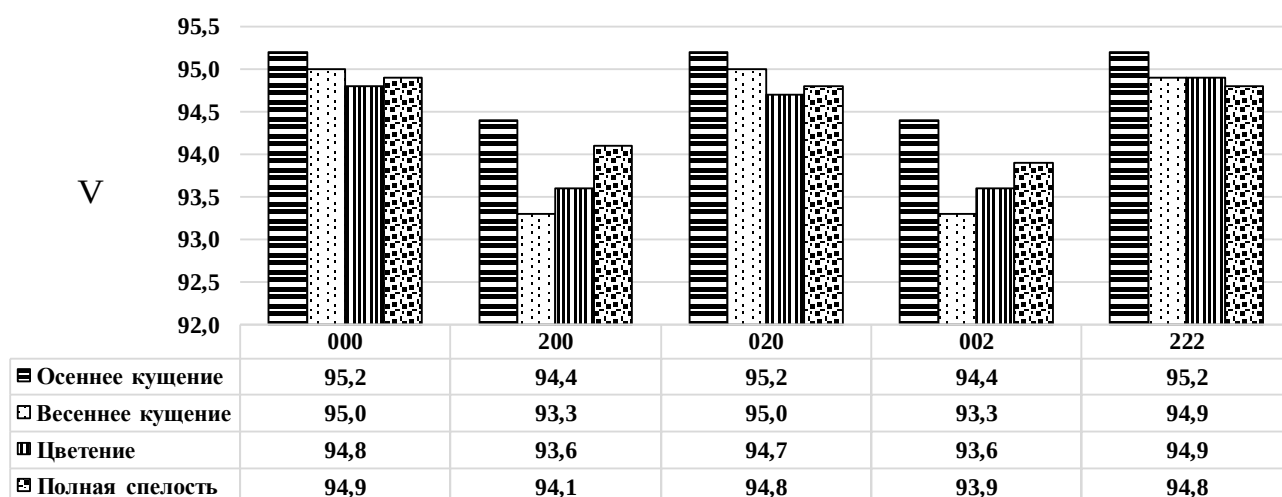


Рисунок 18 – Динамика степени насыщенности основаниями в 21-40 см слое почвы, %, 2018-2021 гг.

Таким образом, полученные данные указывают на то, что содержание почвенного органического вещества в черноземе выщелоченном является стабильным показателем в общем случае, но из-за сложного взаимодействия между внешних факторов, таких как погодно-климатических, почвенными компонентами и минеральными удобрениями могут происходить сезонные колебания этого показателя.

Подводя итог мониторингу ионообменных свойств почвы было зафиксировано, что к концу вегетации культуры среднее значение за три года исследования на контрольном варианте в 0-20 см и 21-40 см слоях почвы суммы поглощенных катионов, емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями было равно 41,9 мг-экв./100 г и 40,5; 44,03 и 42,68 мг-экв./100 г; 95,1 и 94,9 % соответственно.

Систематическое применение азотных и калийных удобрений оказало заметное влияние в сторону уменьшения в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой суммы поглощенных катионов в пахотном (0-20 см) и подпахотном (21-40 см) слоях чернозема в рассматриваемых вариантах на 5,5 % и 3,8; 3,7 и 4,2 % соответственно, что в итоге отразилось на значениях емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями чернозема выщелоченного.

Установлено, что изменения наблюдаемых показателей имеют слабую тенденцию и применяемые в агроценозе минеральные удобрения не являются фактором деградации исследуемой почвы.

4 ДИАГНОСТИКА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ

Организация процесса выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе пшеницы мягкой озимой, и повышение продуктивности агроценозов при сохранении и воспроизводстве плодородия почв является важнейшей задачей производителей продукции растениеводства. Решение этой задачи возможно с применением научно обоснованной системы удобрения, которая является одним из регулируемых факторов жизнедеятельности растений. Эффективное использование удобрений основывается на своевременном химическом анализе проб почвы и растений. Полученная в ходе анализа информация позволяет оперативно управлять процессом формирования продуктивности культуры, рационально использовать удобрения, прогнозировать урожаи и при необходимости вносить коррективы в систему удобрения в течение всей вегетации растений [248].

4.1 Почвенная диагностика

Сущность плодородия почвы тесно связана с наличием и доступностью для растений питательных веществ, которые обеспечивают необходимый запас питательных соединений, и является ключевым фактором для их оптимального роста и развития. Длительное сельскохозяйственное использование почв и выращивание сортов культур интенсивного типа приводит к изменению в содержании биогенных элементов, которое не всегда компенсируется применяемыми удобрениями, осо-

бенно остро стоит проблема с азотом. Поэтому следует проводить регулярные обследование почв на содержание доступных питательных веществ. Полученные данные в ходе диагностики почвы, могут быть использованы в оценке ресурсных возможностей и формировать представление о тенденциях в изменении обеспеченности почв элементами питания в зависимости от применения удобрения [229].

4.1.1 Минеральный азот

В черноземе выщелоченном минеральный азот представлен в виде ионов аммония, нитритов и нитратов. Из этих форм азота, нитриты обычно находятся в не значительных количествах, в следовых долях, и, как правило, не рассматриваются как основной источник питания для растений. Главными источниками азота для растений в таких почвах чаще всего являются ионы аммония и нитратов. Преобразование и доступность различных форм минерального азота в почве зависят от ее агрохимических свойств, биологических процессов, климатических условий и антропогенного воздействия. Изучение и понимание этих факторов позволяют более эффективно управлять содержанием минерального азота в черноземах выщелоченных, что необходимо для обеспечения оптимальных условий для роста и развития растений [134, 135, 137, 220].

В опыте 1 мониторинг за содержанием обменно-поглощенного аммонийного азота ($N-NH_4$) в 2018-2019 гг. пахотного слоя (0-20 см) почвы на контрольном варианте (000) показал, что его содержание было равно в фазах осеннего кушения 7,7 мг/кг почвы и весеннего кушения – 7,0 мг/кг (приложение 18). Согласно группировке почвы по содержанию аммонийного азота это соответствует низкой обеспеченности культуры азотом [180]. Однако к фазе цветения пшеницы мягкой озимой наблюдаем значительное увеличение содержание аммонийного азота до

14,1 мг/кг почвы, с последующим уменьшением на 35,1 % относительно первоначального значения показателя. Внесение азотных удобрений в норме N_{80} (200) повысило содержание $N-NH_4$ в исследуемой почве в фазу осеннего и весеннего кущения на 4,1 мг/кг и 8,2 мг/кг. В фазу цветения происходит наблюдается уменьшение диагностируемого показателя до 10,6 мг/кг. Это снижение мы связываем с тем, что растения активно потребляют элементы питания из почвы на формирование генеративных органов. Исследования проб почвы на этом варианте в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой показал незначительное уменьшение показателя относительно значений контрольного варианта. В эту фазу роста и развития культуры был равен 4,1 мг/кг почвы. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) достоверно влияли на исследуемый показатель в фазы осеннего, весеннего кущения и цветения культуры и было равно 10,4 мг/кг почвы; 11,6 и 7,4 мг/кг почвы. Видимо, причина увеличения исследуемого показателя на данном варианте может объясняется тем, что вносимый с удобрениями фосфор, в условиях благоприятных агрометеорологических условий (сумма атмосферных осадков 51,1 мм и сумма положительных температур 358,8 °C), являющийся ключевым компонентом аденозинтрифосфата, который играет важную роль в обмене энергии в клетках живых организмов, стимулирует активность микроорганизмов в почве [15, 211]. Это, в свою очередь, способствует процессам минерализации почвенных органических веществ, в результате которых они превращаются в более простые соединения, включая $N-NH_4$. Результаты исследований проб почвы, где применялись калийные удобрения в норме K_{40} (002) свидетельствуют о том, что внесение калийных удобрений не оказывает существенного влияния на содержание аммония в черноземе выщелоченном. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) повысили содержание $N-NH_4$ на 1,4 мг/кг почвы в фазу осеннего кущения пшеницы мягкой. В фазы весеннего кущения и цветения культуры на этом варианте было 14,2 мг/кг почвы и 8,4 мг/кг почвы соответственно [220].

Таким образом, полученные результаты, в ходе проведенного опыта на стационарном опыте кафедры агрохимии и последующий их анализ, указывают на достаточно

сильное влияние на динамику исследуемого показателя азотных и совместно применяемых азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений (приложение 18).

Содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в пробах почвы с подпахотного слоя (21-40 см) на стационарном опыте (опыт 1) в 2018-2019 гг. было ниже, чем в 0-20 см слое. На контрольном варианте (000) значения показателя в фазу осеннего кушения – 2,7 мг/кг почвы, весеннего кушения – 9,8; цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой составили 12,5 мг/кг почвы и 3,8 мг/кг почвы. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) оказали существенное влияние ($НСР_{05} = 0,6$ мг/кг) на изменения $N-NH_4$ только в фазу осеннего кушения – 4,0 мг/кг почвы. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) в фазы осеннего и весеннего кушения достоверно повысили содержания аммонийного азота на 2,3 и 3,9 мг/кг почвы, однако в фазу цветения наблюдаем существенное снижение содержания исследуемого показателя до 6,3 мг/кг почвы. Видимо, применение фосфорных удобрений способствовало более интенсивному развитию корневой системы растений, проникающей в глубьлежащие слои чернозема. В период цветения пшеницы мягкой озимой, когда происходит опыление цветка колоса, начинается формирование и налив зерна культуры, которое сопровождается активизацией процессов поглощения растениями азота из почвы, что приводит к снижению $N-NH_4$ в подпахотном слое почвы.

На варианте, где применялись калийные удобрения в норме K_{40} (002) отмечено достоверное увлечение содержания аммонийного азота до 6,4 мг/кг почвы в период осеннего кушения. При совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) значения $N-NH_4$ несколько увеличились на 1,0 и 8,1 мг/кг почвы в фазы осеннего и весеннего кушения пшеницы мягкой озимой (приложение 19).

По результатам анализа данных на стационарном опыте (опыт 1) было установлено, что изменение показателя в зависимости от применяемых минеральных удобрений, а именно азотных и фосфорных удобрений, наблюдается в фазу осеннего кушения культуры.

В 2019-2020 гг. мониторинг за содержанием $N-NH_4$ в 0-20 см слое черноземе выщелоченном стационарного опыта (опыт 1) показал тенденцию уменьшение показателя от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой на всех исследуемых вариантах (приложение 18). На контрольном варианте (000) содержание аммонийного азота в фазы осеннего и весеннего кушения было равно 5,6 мг/кг и 9,4 мг/кг. В период цветения и полной спелости зерна культуры, содержание показателя составило 3,7 мг/кг и 2,2 мг/кг почвы соответственно. Эти показатели указывают на очень низкое содержание азота в почве, согласно группировке почвы по содержанию аммонийного азота [180]. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) и фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) достоверно повлияли ($НСР_{05} - 4,2$ мг/кг) в сторону увеличения содержания $N-NH_4$ только в фазу весеннего кушения пшеницы мягкой озимой, и оно было равно 17,1 и 17,7 мг/кг почвы соответственно. Применение калийных удобрений в норме K_{40} (002) не оказало достоверного влияния на содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в пахотном слое чернозема выщелоченного. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) значительно увеличило на 12,5 мг/кг почвы содержания аммонийного азота только в фазу весеннего кушения [220].

Полученные в ходе опыта данные, свидетельствуют о достаточно сильном влиянии на изменение исследуемого показателя азотных и совместно применяемых азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений.

В подпахотном слое (21-40 см) на стационарном опыте (опыт 1) в 2019-2020 гг. на контрольном варианте (000) значения содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в фазу осеннего кушения – 5,2 мг/кг почвы, весеннего кушения – 7,9; цветения и полной спелости зерна культуры – 3,0 и 1,7 мг/кг почвы. В этот год исследования достоверные ($НСР_{05} - 1,1$ мг/кг) различия были зафиксированы только в фазу осеннего кушения пшеницы мягкой озимой на вариантах, где вносились фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и калийные удобрения K_{40} (002) – 6,5 и 7,2 мг/кг почвы соответственно. При совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) в фазы осеннего, весеннего кушения и цветения культуры было равно 6,4 мг/кг почвы; 11,9 и 3,9 мг/кг почвы (приложение 19).

По результатам анализа данных на стационарном опыте (опыт 1) было установлено, что в фазы осеннего, весеннего кущения и цветения пшеницы мягкой озимой, применяемые в опыте азотные, фосфорные и калийные удобрения оказывают влияние на содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в почве.

В 2020-2021 годах в черноземе выщелоченном стационарного опыта (опыт 1) наблюдалась иная динамика содержания аммонийного азота в пахотном слое (0-20 см). Это объясняется измененными агрометеорологическими условиями, в частности, обилием атмосферных осадков в размере 542,5 мм с января по июль, а также прохладной зимой и весной (приложение 1, 2, 3, 18). На контрольном варианте (000) в фазы осеннего и весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна культуры были зафиксированы следующие значения показателя: 3,5 мг/кг почвы; 11,8; 24,5 и 7,8 мг/кг почвы соответственно. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) достоверно ($НСР_{05} - 2,3-6,3$ мг/кг) повлияли на изменение показателя только в фазы весеннего кущения – 19,0 мг/кг почвы и цветения пшеницы мягкой озимой – 16,5 мг/кг почвы. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020), как в случае с азотными удобрениями, повлияли на содержание аммонийного азота фазу весеннего кущения – 23,8 мг/кг почвы и цветения культуры – 10,2 мг/кг почвы. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) не оказали влияние на содержание обменно-поглощенного аммония в почве. При совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) значение $N-NH_4$ в фазу весеннего кущения культуры было выше контрольного варианта на 10,3 мг/кг почвы. Но в фазу цветения пшеницы мягкой озимой наблюдаем существенное уменьшения содержания обменно-поглощенного аммонийного азота до 12,5 мг/кг почвы [220]. По результатам анализа данных содержания обменно-поглощенного аммонийного азота на стационарном опыте в 2020-2021 гг. в 0-20 см слое чернозема было установлено, что в фазы весеннего кущения и цветения культуры наибольшее влияние на показатель оказывают азотные и фосфорные удобрения.

Исследования содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в пробах почвы с подпахотного слоя (21-40 см) на стационарном опыте (опыт 1) в 2020-2021 гг. показали, что на контрольном варианте (000) значения показателя в фазу осеннего кущения – 7,7 мг/кг почвы, весеннего кущения – 6,1; цветения и полной

спелости зерна пшеницы мягкой озимой составили 21,9 и 5,9 мг/кг почвы. Применение азотных удобрений в норме N_{80} (200) существенно ($HC_{P_{05}} - 1,2$ мг/кг) повлияли на показатель в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 8,7 мг/кг почвы. На варианте, где применялись фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) наблюдается снижение содержания аммонийного азота до 9,7 мг/кг почвы в фазу цветения культуры. Применение калийных удобрений в норме K_{40} (002) и совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) не оказало достоверного влияния на исследуемый показатель. Обобщая полученные результаты по содержанию обменно-поглощенного аммония с 21-40 см слоя стационарного опыта (опыт 1) было установлено слабое действие применяемых в опыте минеральных удобрений (приложение 19).

Таким образом, за 2018-2021 гг. в пахотном слое (0-20 см) чернозема выщелоченного стационарного опыта (опыт 1) установлено, что азотные удобрения в норме N_{80} (200), фосфорные удобрения P_{60} (020), и совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) повысили содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в фазу весеннего кущения пшеницы мягкой озимой (рисунок 19). Оно было равно 17,1 мг/кг почвы, 17,7 и 19,3 мг/кг почвы соответственно. Эти показатели указывают на очень высокое содержание минерального азота в почве, согласно группировке почвы по содержанию аммонийного азота [180].

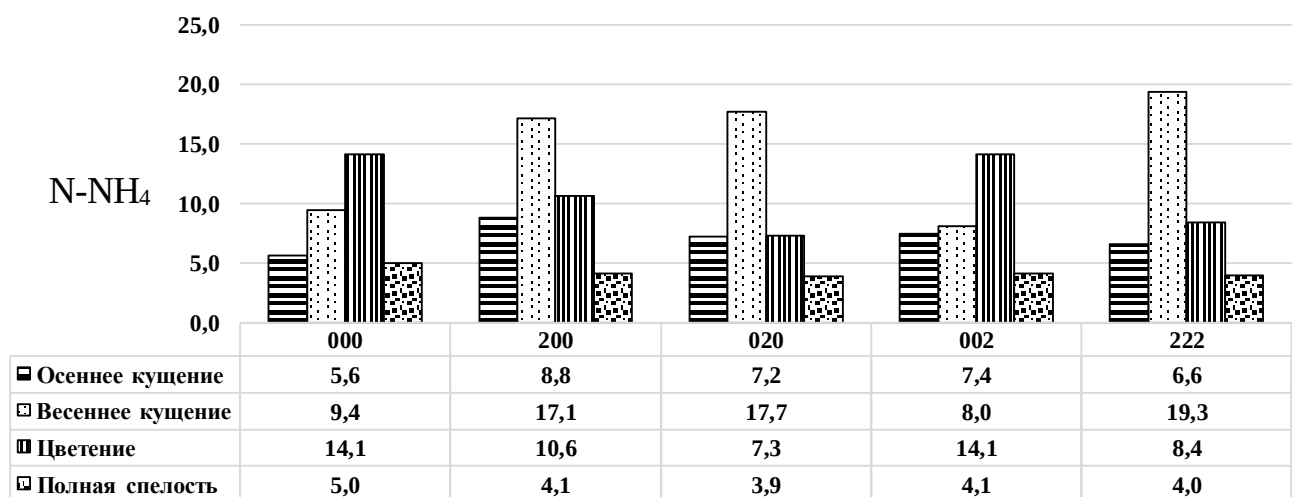


Рисунок 19 – Динамика содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в 0-20 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

На стационарном опыте (опыт 1) за 2018-2021 гг. на контрольном варианте в подпахотном слое (21-40 см) содержание аммонийного азота было 3,8-12,5 мг/кг почвы (рисунок 20, приложение 19).

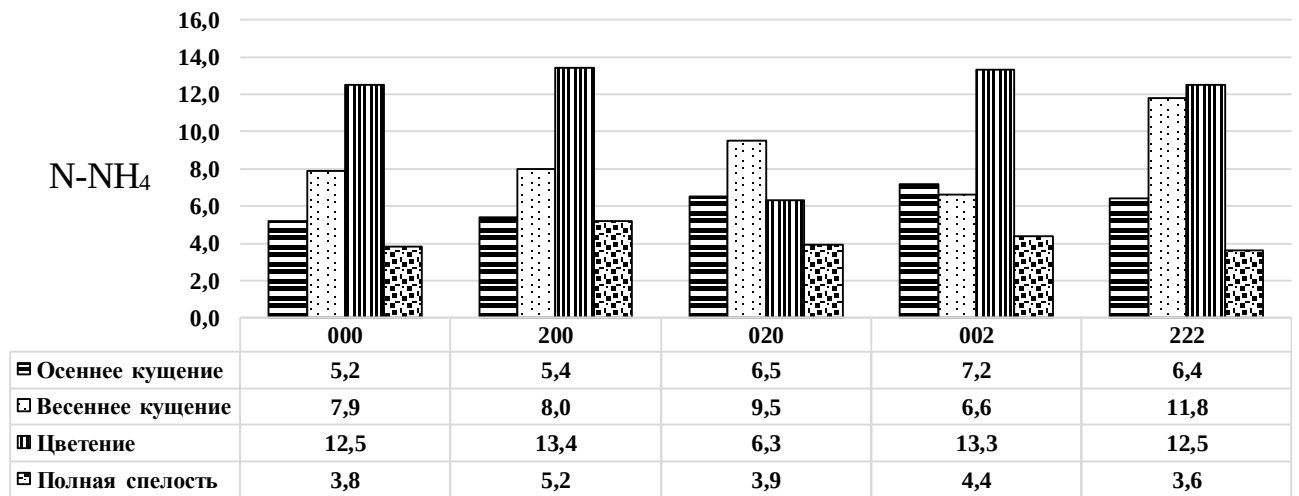


Рисунок 20 – Динамика содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в 21-40 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

Применение азотных удобрений в норме N_{80} (200) и калийных удобрения K_{40} (002) не оказали существенного влияния на показатель, и значения $N-NH_4$ варьировало от 3,9 мг/кг почвы до 13,4 мг/кг почвы. Согласно группировке почвы по содержанию аммонийного азота это соответствует средней и высокой обеспеченности культуры азотом [180].

На варианте, где вносились фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) отмечено уменьшение содержание обменно-поглощенного аммонийного азота ($N-NH_4$) в фазу цветения культуры на 6,2 мг/кг почвы. При совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) относительно контрольного варианта отмечено увеличение показателя на 3,9 мг/кг почвы в фазу весеннего кушения пшеницы мягкой озимой. Обобщая полученные результаты за период 2018-2021 гг. в подпахотном (21-40 см) слое чернозема выщелоченного можно проследить слабое влияние минеральных удобрений на изменение исследуемого показателя.

В полевом опыте (опыт 2), на варианте, где вносились удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в пахотном слое (0-20 см) почвы в фазы осеннего и весеннего кушения 2018-2019 гг. было равно 10,9 и

11,4 мг/кг почвы, в фазу цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 10,6 и 4,1 мг/кг почвы. Мониторинг за содержанием $N-NH_4$ на варианте ФОН + N_{aa} показал, что в фазы осеннего и весеннего кушения, а также цветения были равны 10,3 мг/кг почвы; 16,2 и 11,8 мг/кг почвы. В фазу полной спелости культуры на этом варианте достоверных различий в содержании $N-NH_4$ в черноземе выщелоченном отмечено не было. Внесение карбамида (ФОН + N_m) и карбамида ЮТЕК (ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$) достоверно ($HCP_{05} - 4,0$ мг/кг) повлияло на показатель только в фазу весеннего кушения культуры – 11,2 мг/кг почвы и 17,8 мг/кг почвы [220]. Обобщая полученные результаты полевого опыта (опыт 2) за период 2018-2019 гг. в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного, можно проследить слабое влияние минеральных удобрений на изменение исследуемого показателя (приложение 18).

Анализ проб почвы полевого опыта (опыт 2) в 2018-2019 гг. и полученных результатов содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в 21-40 см (подпахотном) слое чернозема, на варианте, где вносились удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) показал отсутствие достоверных ($HCP_{05} - 1,2-1,4$ мг/кг) различий по сравнению с контрольным вариантом (приложение 19). Увеличение содержания $N-NH_4$ на вариантах ФОН + N_{aa} и, где вносился карбамид (ФОН + N_m) отмечено только в фазу весеннего кушения пшеницы мягкой озимой – 12,0 мг/кг почвы и 11,6 мг/кг почвы соответственно. Значения содержания $N-NH_4$ на варианте ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры было равно 5,4 мг/кг почвы; 13,3; 13,8 и 5,4 мг/кг почвы соответственно. По результатам анализа данных полевого опыта (опыт 2) установлено, что значительные изменения в содержании обменно-поглощенного аммонийного азота происходят в фазы весеннего и осеннего кушения культуры.

Мониторинг за содержанием обменно-поглощенного аммонийного азота в 0-20 см слое чернозема выщелоченного полевого опыта (опыт 2) в 2019-2020 гг., показал достоверное ($HCP_{05} - 0,8-1,1$ мг/кг) увеличение показателя в фазы осеннего и весеннего кушения культуры, на варианте, где вносились удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) и оно было равно 8,8 мг/кг почвы и 17,1 мг/кг почвы (приложение 18). Уве-

личение содержания $N-NH_4$ на варианте $ФОН + N_{aa}$ отмечено в фазы осеннего, весеннего кущения и цветения пшеницы мягкой озимой – 8,2 мг/кг почвы; 19,2 и 5,8 мг/кг почвы. На вариантах, где вносился карбамид ($ФОН + N_M$) и карбамид ЮТЕК ($ФОН + N_M^{ЮТЕК}$) отмечено достоверное увеличение $N-NH_4$ во все исследуемые фазы, за исключением фазы полной спелости зерна культуры. Значения обменно-поглощенного аммонийного азота в фазы осеннего, весеннего кущения и цветения культуры на вариантах $ФОН + N_M$ и $ФОН + N_M^{ЮТЕК}$ было равно 8,6 мг/кг почвы; 8,6; 16,8; 19,2; 6,2 и 5,2 мг/кг почвы соответственно. Таким образом, в полевом опыте (опыт 2) в 2019-2020 гг. влияние на изменение содержания обменно-поглощенного аммонийного азота оказали следующие варианты: $ФОН + N_{aa}$, $ФОН + N_M$ и $ФОН + N_M^{ЮТЕК}$.

В подпахотном слое (21-40 см) чернозема выщелоченного полевого опыта (опыт 2) в 2019-2020 гг. наблюдались достоверные ($НСР_{05} = 0,5$ мг/кг) увеличения содержания обменно-поглощенного аммония в фазу цветения на всех исследуемых вариантах. Содержание $N-NH_4$ на варианте, где вносились удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ ($ФОН$), $ФОН + N_{aa}$, $ФОН + N_M$ и $ФОН + N_M^{ЮТЕК}$ в эту фазу роста и развития пшеницы мягкой озимой было равно 3,6 мг/кг почвы; 3,8; 3,9 и 4,0 мг/кг почвы (приложение 19). Результаты анализа данных показали, что влияние на содержание $N-NH_4$ в 21-40 см слое почвы от применённых минеральных удобрений в опыте низкое. Это связано с тем, что в опыте применяемые минеральные удобрения вносились поверхностно. Видимо, обменно-поглощенный аммоний из удобрений фиксируется в 0-20 см слое чернозема выщелоченного вследствие попеременного увлажнения и высушивания почвы.

В полевом опыте (опыт 2) за 2020-2021 гг. в 0-20 см почвы наблюдались существенные изменения содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в фазы осеннего, весеннего кущения и цветения пшеницы мягкой озимой на всех вариантах. Мониторинг за содержанием $N-NH_4$ на варианте, где вносились удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ ($ФОН$) показал, что в осеннее кущение было 6,7 мг/кг почвы, весеннее кущение – 22,8; цветение культуры – 16,5 мг/кг почвы и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 5,9 мг/кг почвы. На варианте $ФОН + N_{aa}$ наблюдаем увеличение

показателя на 2,6 мг/кг почвы и 10,4 мг/кг почвы в фазы осеннего и весеннего кушения. Однако в фазу цветения и полной спелости культуры на варианте ФОН + N_{aa} наблюдаем некоторое уменьшение содержания N-NH₄ на 6,7 мг/кг почвы и 1,5 мг/кг почвы относительного контрольного варианта. Карбамид (ФОН + N_м) и карбамид ЮТЕК (ФОН + N_м^{ЮТЕК}) в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости культуры определял значение содержания обменно-поглощенного аммонийного азота – 6,8 мг/кг; 22,5; 17,0 и 6,1 мг/кг и 7,7 мг/кг почвы; 20,6; 20,5 и 6,2 мг/кг почвы соответственно [220]. Таким образом, анализ данных в полевом опыте (опыт 2) за 2020-2021 гг. показал, что на изменения в содержании обменно-поглощенного аммонийного азота происходят в фазы осеннего, весеннего кушения и фазы цветения культуры (приложение 18).

Содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в пробах почвы с подпахотного слоя (21-40 см) почвы в полевом опыте (опыт 2) в 2020-2021 гг. показали, что на варианте, где вносились удобрения в дозе N₁₂P₅₀ (ФОН) достоверное (НСР₀₅ – 1,2 мг/кг) изменение содержания показателя по сравнению с контрольным вариантом в фазу полной спелости зерна культуры – 8,7 мг/кг почвы. Увеличение содержания N-NH₄ на варианте ФОН + N_{aa} отмечено в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой, и оно было равно 8,9 мг/кг почвы. Где вносился карбамид (ФОН + N_м) достоверное увеличение показателя отмечено только в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 8,8 мг/кг почвы. Значения содержания обменно-поглощенного аммонийного азота на варианте ФОН + N_м^{ЮТЕК} в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры были равно 7,0 мг/кг; 4,5; 23,7 и 8,8 мг/кг почвы соответственно [217]. По результатам анализа данных полевого опыта (опыт 2) было установлено, что достоверные изменения в содержании показателя были зафиксированы только в фазу полной спелости культуры (приложение 19).

В пахотном слое (0-20 см) почвы полевого опыта (опыт 2) за 2018-2021 гг. содержание обменно-поглощенного аммонийного азота на всех исследуемых вари-

антах варьировало в фазу осеннего кущения – 8,2-8,8 мг/кг почвы; весеннего кущения – 16,8-19,2; цветения – 10,6-12,8 и полной спелости зерна культуры – 4,1-4,4 мг/кг почвы (приложение 18, рисунок 21).

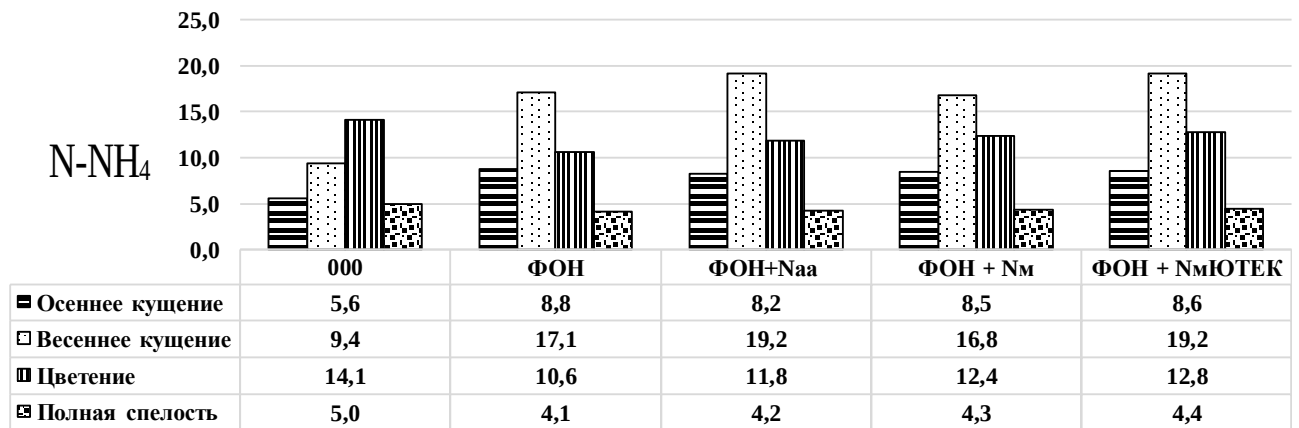


Рисунок 21 – Динамика содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в 0-20 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

Мониторинг за содержанием обменно-поглощенного азота за период 2018-2021 гг. полевого опыта (опыт 2) показал отсутствие существенных изменений показателя в 21-40 см слое почвы (приложение 19, рисунок 22).

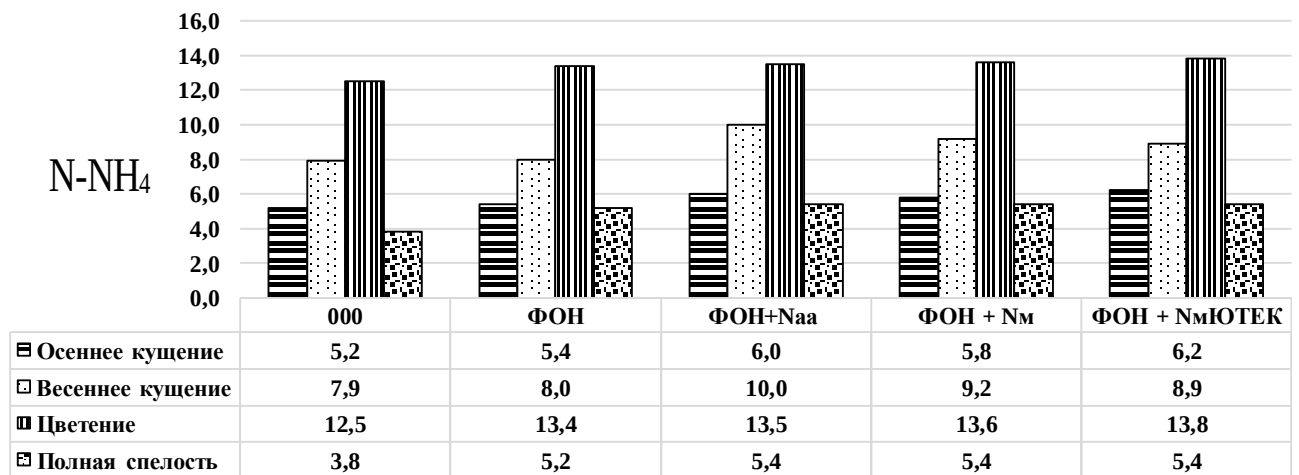


Рисунок 22 – Динамика содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в 21-40 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

На основе полученных данных можно наблюдать изменения в содержании обменно-поглощенного азота в черноземе выщелоченном, вызванные применением минеральных удобрений и влиянием агрометеорологических факторов. Се-

зонные изменения температуры воздуха и количества осадков оказывают значительное влияние на содержание аммонийного азота в 0-40 см слое почвы. Эти условия стимулируют активность микроорганизмов в почве, которые участвуют в процессе минерализации почвенного органического вещества, в результате чего происходит либо восстановление азота в аммонийную форму, либо его окисление до нитратной формы. Поэтому при анализе обеспеченности культуры минеральным азотом необходимо исследовать также содержание нитратного азота (N-NO_3) в почве, который является равноценным источником азота для растений, как и аммонийная форма.

В опыте 1 (стационарный опыт) мониторинг за содержанием нитратного азота (N-NO_3) в 0-20 см (пахотном) слое чернозема выщелоченного на всех вариантах за 2018-2019 гг. показал одинаковую тенденцию уменьшения показателя от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна культуры (приложение 20). На контрольном варианте (000) значения содержания нитратного азота в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой очень сильно варьировало и было равно 7,4 мг/кг; 0,9; 1,2 и 2,2 мг/кг. Согласно группировке почвы по содержанию нитратного азота в фазу осеннего кушения соответствует низкой обеспеченности культуры азотом, в фазу весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры – очень низкой [180]. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) достоверно ($\text{НСР}_{05} = 0,7$ мг/кг) повысили содержания этого показателя по отношению к контрольному варианту только в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой на 1,3 мг/кг. Однако, начиная с фазы весеннего кушения к фазе полной спелости зерна обеспеченность нитратным азотом культуры соответствует очень низкой. На вариантах, где вносились фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и калийные удобрения в норме K_{40} (002) существенных изменений в содержании нитратного азота отмечено не было. При совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$ (222) в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой наблюдается уменьшение содержания нитратного азота до 1,0 мг/кг. По результатам анализа данных стационарного опыта (опыт 1) было установлено, что изучаемые минеральные удобрения оказывают влияние на показатель только в фазу полной спелости культуры.

Наблюдения за содержанием нитратного азота в 2018-2019 гг. в подпахотном (21-40 см) слое почвы стационарного опыта (опыт 1) показали, что на контрольном варианте (000) в фазы осеннего и весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна культуры было 3,4 мг/кг; 0,2; 0,8 и 1,7 мг/кг соответственно (приложение 21). Согласно группировке почвы по содержанию нитратного и аммонийного азота соответствует очень низкой обеспеченности культуры азотом [180]. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) достоверно ($НСР_{05} = 0,3$ мг/кг и 0,9 мг/кг) повысили содержание показателя в фазу осеннего кущения и цветения культуры на 0,9 и 0,4 мг/кг соответственно. На вариантах, где вносились фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и совместно азотные, фосфорные и калийные удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) отмечено в фазу цветения пшеницы мягкой озимой увлечение показателя на 0,3 мг/кг. На варианте с калийными удобрениям в норме K_{40} (002) в фазу осеннего кущения было отмечено существенное увеличение показателя, и оно было равно 6,4 мг/кг. Анализ полученных результатов показал, что изменения в содержании нитратного азота наблюдаются в фазы осеннего кущения и цветения культуры.

Наблюдения за действием минеральных удобрений на содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном стационарного опыта (опыт 1) в пахотном (0-20 см) слое почвы в 2019-2020 гг. показали, что вследствие складывающихся агрометеорологических условий, а именно – отсутствие обильных атмосферных осадков при оптимальной влажности почвы 50-60 % осенью (20,6 мм), наблюдается в осеннее кущение высокое содержание этой формы минерального азота (приложение 1, 2, 3, 20). На контрольном варианте (000) содержание $N-NO_3$ в фазу осеннего и весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна культуры – 8,7 мг/кг; 1,2; 1,3 и 1,1 мг/кг. Согласно группировке почвы по содержанию нитратного азота в фазу осеннего кущения соответствует повышенной обеспеченности культуры азотом, в фазу весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна культуры – очень низкой [180]. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) и фосфорные удобрения P_{60} (020) достоверно ($НСР_{05} = 0,4$ мг/кг и 1,7 мг/кг) повысили содержание нитратного азота в почве в фазу осеннего кущения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой. Зафиксированные значения показателя на этих вариантах было: 11,9 мг/кг;

11,7; и 1,8; 2,0 мг/кг соответственно. Внесение калийных удобрений в норме K_{40} (002) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) существенно увеличивало показатель в фазу осеннего кущения на 2,6 и 2,1 мг/кг. Мы предполагаем, что увеличение нитратного азота на вариантах, где вносились различные виды минеральных удобрений происходит по причине активизации микробиологических процессов и частности процесса нитрификации в почве. Анализ результатов исследования показал, что внесение минеральных удобрений оказывает значительное влияние на содержание нитратного азота в фазу осеннего кущения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой.

Содержание нитратного азота ($N-NO_3$) в исследуемой почве и подпахотном (21-40 см) слое на стационарном опыте (опыт 1) контрольного варианта (000) в 2019-2020 гг. уменьшалось от фазы осеннего кущения – 4,0 мг/кг к фазе полной спелости зерна озимой пшеницы – 0,2 мг/кг (приложение 21). Применение азотных удобрений в норме N_{80} (200) способствовало достоверному ($НСР_{05}$ – 1,1 мг/кг; 0,1; 0,2 и 0,1 мг/кг) увеличению содержания нитратного азота в фазу осеннего, весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна культуры. На этом варианте опыта содержание было равно 6,4 мг/кг; 0,5; 1,0 и 0,3 мг/кг соответственно. На варианте, где применяли фосфорные удобрения P_{60} (020) отмечено увеличение содержания нитратного азота во все фазы роста и развития культуры – 6,4 мг/кг; 0,5; 1,0 и 0,4 мг/кг. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) увеличило содержание показателя в фазы осеннего и весеннего кущения, и значения которого составило 6,4 мг/кг; 5,3 и 0,6; 0,6 мг/кг соответственно. Результаты анализа данных показало, что от фазы осеннего кущения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой происходит уменьшение содержания нитратного азота в почве.

Анализ содержания нитратного азота в пробах почвы с пахотного (0-20 см) слоя чернозема выщелоченного стационарного опыта (опыт 1) за 2020-2021 гг. на всех исследуемых вариантах показал тенденцию к увеличению показателя в фазу осеннего кущения с последующим уменьшением к фазе полной спелости зерна культуры. На контрольном варианте (000) в фазы осеннего и весеннего кущения,

цветения и полной спелости зерна было 10,0 мг/кг; 1,5; 1,1 и 3,2 мг/кг соответственно. Применение азотных удобрений в норме N_{80} (200) и фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) достоверно ($HCP_{05} = 3,3$ мг/кг) повысило содержание нитратного азота в фазу осеннего кушения культуры на 5,9 и 3,6 мг/кг соответственно. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) не оказали существенного влияния на показатель, о чем свидетельствуют данные, представленные в приложении 20. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) увеличило содержание показателя на 5,3 и 0,7 мг/кг в фазы осеннего кушения и цветения культуры. Анализ полученных данных показал влияние минеральных удобрений в опыте в фазы осеннего кушения, цветения культуры и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой.

В 21-40 см (подпахотном) слое почвы содержание нитратного азота (стационарный опыт 1) в 2020-2021 гг. наблюдается тенденция уменьшения $N-NO_3$ от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна культуры, как в случае динамики этой формы минерального азота в пахотном слое. На варианте без минеральных удобрений (000) в фазы осеннего, весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой содержание нитратного азота – 4,6 мг/кг; 1,6; 1,1 и 3,2 мг/кг (приложение 21). Применение азотных удобрений в норме N_{80} (200) и фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) сопровождалось достоверным ($HCP_{05} = 1,8$ мг/кг) увеличением показателя только в фазу осеннего кушения на 3,9 мг/кг и 4,3 мг/кг соответственно. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) не оказали существенного влияния на содержание нитратного азота в подпахотном слое чернозема. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) увеличивало содержание показателя до значений 7,8 мг/кг; 1,6 и 5,0 мг/кг во все фазы роста и развития, кроме фазы весеннего кушения культуры. Обработка полученных данных показала, что содержание нитратного азота подвержено изменению в фазы осеннего кушения, цветения культуры и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой в зависимости от применения минеральных удобрений.

Обобщая результаты содержания нитратного азота в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного за 2018-2021 гг. (стационарный опыт 1), можно проследить уменьшение показателя на всех вариантах опыта от фазы осеннего кущения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой (рисунок 23, приложение 20).

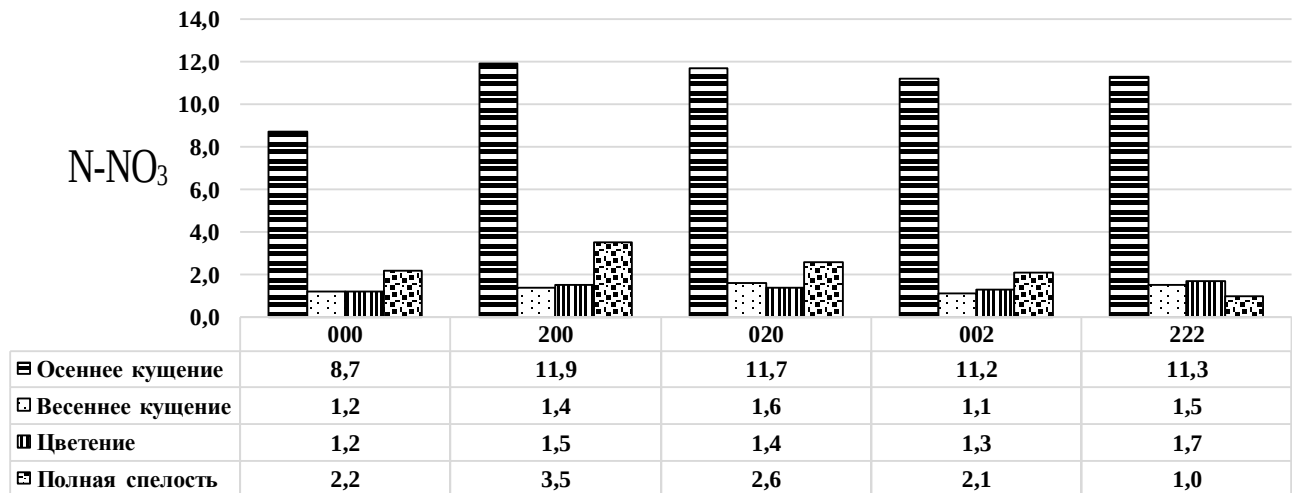


Рисунок 23 – Динамика содержания нитратного азота
в 0-20 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

Применение минеральных удобрений в агроценозе сопровождается увеличением показателя. Однако, применение азотных удобрений в норме N_{80} (200) и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) существенно повышает на 3,2 мг/кг и 2,6 мг/кг содержание нитратного азота в 0-20 см слое почвы в начале вегетации – в фазу осеннего кущения культуры. Кроме этого, наблюдается увеличение показателя на вариантах в составе которых отсутствует азот, а именно, где вносились фосфорные и калийные удобрения. Что видимо, связано с активизацией процессов минерализации почвенного органического вещества. На всех вариантах опыта от осеннего кущения к полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой наблюдается уменьшение содержания нитратного азота до очень низкой обеспеченности культуры вследствие подвижности этой формы минерального азота и перемещение в глубь почвы, а также высокой среднемесячной температуры атмосферного воздуха за период март-июль – $6,9^{\circ}\text{C}$ и суммой осадков 166,2 мм (приложение 1, 2, 3).

Мониторинг за содержанием нитратного азота в подпахотном слое (21-40 см) почвы показал тенденцию к снижению во все исследуемые годы (2018-2021 гг.), как в случае с пахотным слоем почвы от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой (рисунок 24, приложение 21). На контрольном варианте (000) значения показателя в фазу осеннего кушения было равно 4,0 мг/кг. В фазы весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры на контрольном варианте (000) зафиксированные значения по содержанию нитратного азота составили 0,7 мг/кг, 0,8 и 1,7 мг/ кг почвы. Согласно группировке это соответствует очень низкой обеспеченностью нитратным азотом культуры. о чем свидетельствует рисунок 24 и приложение 21 [180].

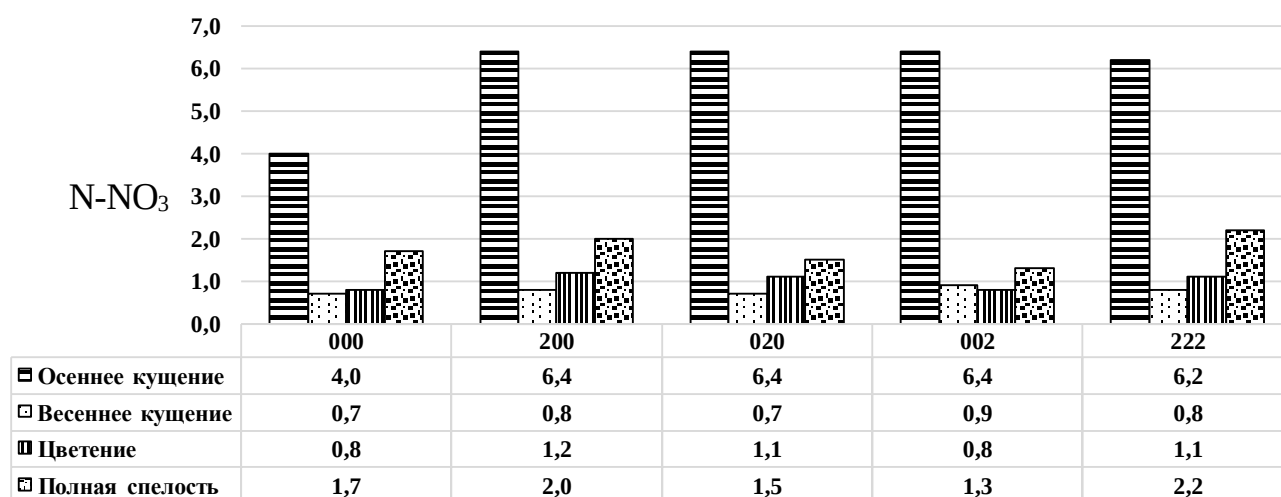


Рисунок 24 – Динамика содержания нитратного азота
в 21-40 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

В полевом опыте (опыт 2), на варианте, где вносились удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) содержание нитратного азота в пахотном слое (0-20 см) почвы в фазы осеннего и весеннего кушения 2018-2019 гг. было равно 7,9 мг/кг и 1,0 мг/кг; в фазу цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 1,5 мг/кг и 3,5 мг/кг почвы. Мониторинг за содержанием $N-NO_3$ на вариантах ФОН + N_{aa} и ФОН + N_m показал, что достоверные ($HCp_{05} = 0,6$ мг/кг) различия в содержании нитратного азота было только в фазу полной спелости зерна культуры – 3,4 мг/кг и 3,6 мг/кг соответственно. Внесение карбамида ЮТЕК (ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$) существенно повлияло на показатель в фазы цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой, и оно было равно 2,0 мг/кг и

3,7 мг/кг почвы [220]. Однако согласно группировке почвы по содержанию нитратного азота это соответствует очень низкой обеспеченностью нитратным азотом культуры [180]. Обобщая полученные результаты полевого опыта (опыт 2) за период 2018-2019 гг. в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного, можно проследить, что нитратный азот, являясь подвижной формой минерального азота, в следствии этого, происходит вымывание его из пахотного слоя чернозема выщелоченного (приложение 20).

В подпахотном (21-40 см) слое почвы полевого опыта (опыт 2) 2018-2019 гг. минеральные удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) несколько повышали содержание нитратного азота в фазу осеннего кушения культуры – 5,2 мг/кг. Однако в фазы весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой содержание нитратного азота на этом варианте было близкое к варианту без применения минеральных удобрений. Существенное увеличение содержания нитратного азота в фазу осеннего кушения наблюдалось на вариантах ФОН + N_{aa} , ФОН + N_m и ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$, и повышения содержания составило на 3,3 мг/кг и 4,1 мг/кг. Это видимо связано с интенсивным потреблением элемента, так как в 21-40 см слое почвы – зона максимального распределения корневой системы пшеницы мягкой озимой. Полученные результаты и анализ данных свидетельствует, что данный показатель слабо изменяется в зависимости от применения минеральных удобрений в полевом опыте.

В 2019-2020 гг. достоверное ($НСР_{05} = 1,76$ мг/кг; 0,27 и 0,18 мг/кг) увеличение содержания нитратного азота в пахотном (0-20 см) слое чернозема наблюдается на варианте $N_{12}P_{50}$ (ФОН) в фазы осеннего, весеннего кушения и цветения культуры. На этом варианте значения показателя в указанные фазы было 11,7 мг/кг; 1,5; 2,0 мг/кг соответственно (приложение 20). На варианте ФОН + N_{aa} и ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ отмечено увеличение содержания нитратного азота только в фазу осеннего кушения и цветения культуры – 12,1 мг/кг; 2,0 и 12,2; 2,2 мг/кг соответственно. Несколько иная тенденция показателя на варианте с применением обыкновенного карбамида ФОН + N_m . В фазу осеннего кушения содержание исследуемого показателя повышается до 12,0 мг/кг, однако в фазу весеннего кушения происходит уменьшение на 0,2 мг/кг. В фазу цветения на этом варианте наблюдается увеличение на

0,5 мг/кг. Таким образом, результаты полевого опыта (опыт 2) за период 2019-2020 гг. в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного, показали, что в фазы осеннего, весеннего кушения и цветения культуры происходят существенные изменения в содержании нитратного азота в зависимости от применяемых минеральных удобрений.

В 21-40 см (подпахотном) слое чернозема выщелоченного наблюдаем в 2019-2020 гг. полевого опыта (опыт 2) на варианте $N_{12}P_{50}$ (ФОН) достоверное ($HCP_{05} - 1,0$ мг/кг) увеличение только в фазу осеннего кушения на 2,7 мг/кг. На вариантах ФОН + N_{aa} , ФОН + N_m и ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ происходит увеличение ($HCP_{05} - 0,3$ мг/кг) показателя и в фазу весеннего кушения. На вышеуказанных вариантах, в указанные фазы роста и развития культуры значения показателя было равно 7,4 мг/кг; 7,7; 7,4 и 0,7; 0,9; 0,7 мг/кг соответственно (приложение 21). Анализ данных показал, что значительное влияние минеральных удобрений наблюдается в фазы осеннего и весеннего кушения пшеницы мягкой озимой.

В 2020-2021 гг. в 0-20 см (пахотном) слое почвы полевого опыта (опыт 2) на всех исследуемых вариантах опыта между содержанием нитратного азота отсутствовали достоверные различия, о чем свидетельствует приложение 20. В фазу осеннего кушения значения показателя варьировало в интервале 10,0-16,3 мг/кг, весеннего кушения и цветения культуры – 1,1-1,8 мг/кг и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой – 3,2-5,6 мг/кг. Согласно группировке почвы по содержанию нитратного азота это соответствует очень высокой и очень низкой обеспеченностью нитратным азотом культуры [180].

В подпахотном (21-40 см) слое чернозема 2020-2021 гг. содержание нитратного азота полевого опыта (опыт 2) на варианте $N_{12}P_{50}$ (ФОН) прослеживается достоверное ($HCP_{05} - 1,3$ мг/кг) увеличение только в фазу осеннего кушения на 3,5 мг/кг (приложение 21). На вариантах, где применялись азотные удобрения ФОН + N_{aa} , ФОН + N_m и ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ наблюдается увеличение содержания в фазы осеннего кушения и цветения культуры. На этих вариантах $N-NO_3$ в фазы осеннего кушения было 8,2 мг/кг; 8,7; 8,4 и 1,6; 1,8; 1,7 мг/кг соответственно. Таким образом,

анализ полученных результатов в ходе опыта показал, что существенные изменения в содержании показателя наблюдается в фазы осеннего кущения и цветения пшеницы мягкой озимой.

Таким образом, мониторинг за содержанием нитратного азота в полевом опыте (опыт 2) пахотного слоя (0-20 см) почвы во все исследуемые годы (2018-2021 гг.) показал, что применение минеральных удобрений сопровождается увеличением показателя только в фазу осеннего кущения культуры на всех исследуемых вариантах, и содержания этой формы варьировало от 11,7 мг/кг до 12,2 мг/кг, что соответствует очень высокой обеспеченности нитратным азотом культуры [180]. Однако ранневесенние азотные подкормки не влияют на дальнейшую динамику и содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном (рисунок 25, приложение 20). Содержание нитратного азота на всех исследуемых вариантах варьировало в фазы весеннего кущения и цветения культуры в диапазоне 1,0-1,4 мг/кг и 1,6-2,0 мг/кг соответственно. В фазу полной спелости наблюдается некоторое увеличение показателя по сравнению с естественным уровнем плодородия и содержания нитратного азота на всех вариантах было 3,2-3,7 мг/кг (рисунок 25). Согласно группировке почвы по содержанию нитратного азота это соответствует очень низкой обеспеченностью нитратным азотом культуры [180].

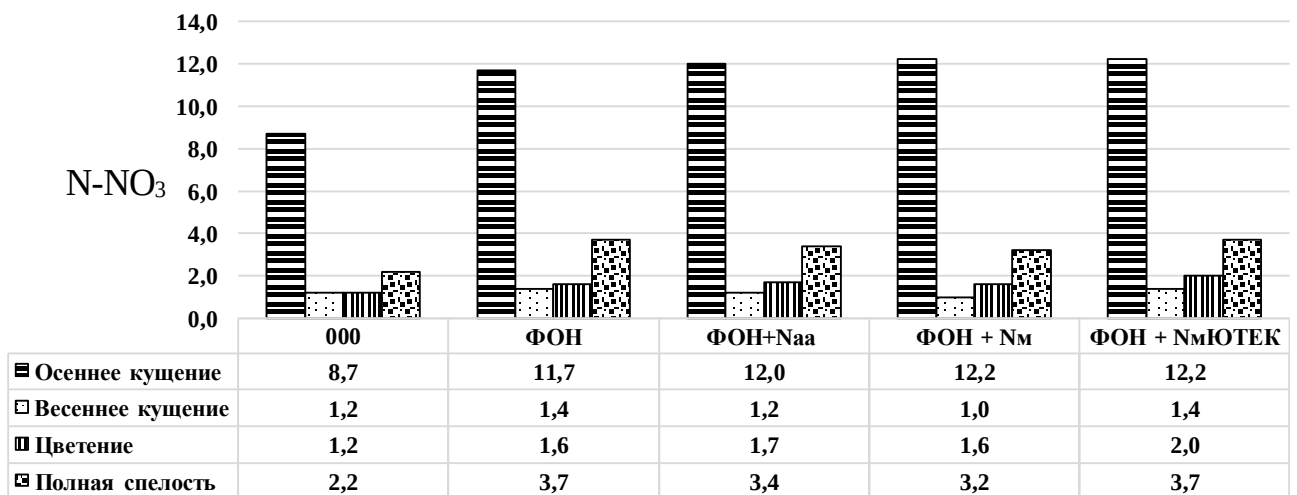


Рисунок 25 – Динамика содержания нитратного азота в полевом опыте в 0-20 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

Наблюдения за действием минеральных удобрений на содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном полевого опыта (опыт 2) в подпахотном (21-40 см) слое почвы в 2018-2021 гг. показали уменьшение содержания этой формы азота, что как в случае с пахотным слоем почвы от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой (рисунок 26, приложение 21). Показатели на всех вариантах с применением удобрений в фазу осеннего кушения были равны 7,4-7,7 мг/кг, весеннего кушения – 0,7-1,0 мг/кг, цветения и полной спелости зерна культуры – 1,1-1,2 мг/кг и 2,0-2,2 мг/кг соответственно.

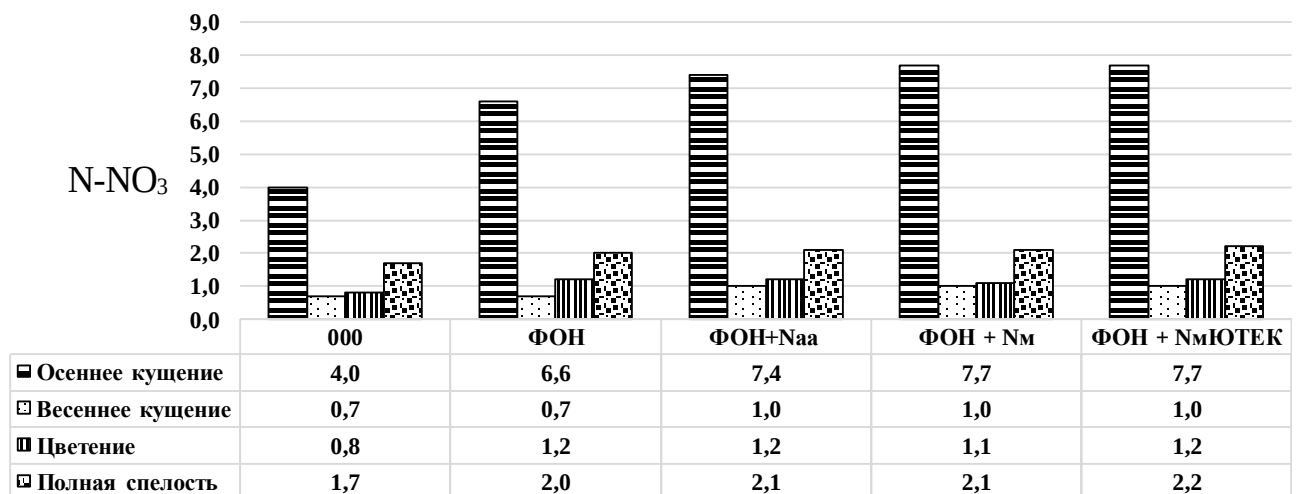


Рисунок 26 – Динамика содержания нитратного азота в полевом опыте
в 21-40 см слое почвы, 2018-2021 гг., мг/кг почвы

Резюмируя вышеизложенное, полученные данные за 2018-2021 гг. со стационарного опыта (опыт 1) о содержании обменно-поглощенного аммонийного азота в 0-20 см и 21-40 см почвы на контрольном варианте (000) свидетельствуют о тенденции уменьшения от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна культуры на 10,7 % и 26,9 % соответственно. В период закладки генеративных органов обеспеченность культуры аммонийным азотом в пахотном и подпахотном слоях чернозема была высокая (14,1 и 12,5 мг/кг почвы). Применение азотных удобрений в норме N₈₀ (200) под основную обработку повышают в 0-20 см слое почвы содержание обменно-поглощенного азота в фазы осеннего и весеннего кушения на 3,2 мг/кг и 7,7 мг/кг почвы соответственно. Наибольшее содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в пахотном и подпахотном слое почвы наблюдалось на варианте,

где вносились совместно азотные, фосфорные и калийный удобрения в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222). На этом варианте, в наблюдаемые фазы и исследуемых слоях чернозема было 6,6 мг/кг; 19,3; 8,4; 4,0 и 6,4; 11,8; 12,5; 3,6 мг/кг почвы. Наблюдения за содержанием нитратного азота в пахотном и подпахотном слоях почвы на всех вариантах опыта показали, что есть тенденция уменьшения содержания нитратного азота от фазы осеннего кушения к фазе весеннего кушения и с сохранением содержания этой формы на очень низком уровне до фазы полной спелости зерна культуры.

В полевом опыте (опыт 2) во все наблюдаемые годы было отмечено, что внесенные ранней весной аммонийная селитра, карбамид обыкновенный и карбамид ЮТЕК в дозе N_{80} способствовали увеличению содержания обменно-поглощенного аммонийного азота в 0-20 см слое почвы в фазу весеннего кушения культуры до 16,8 и 19,2 мг/кг почвы. На этих вариантах, содержание показателя в пахотном слое чернозема сохранялось на высоком уровне обеспеченности культуры аммонийным азотом до фазы цветения культуры. Существенного влияния на показатель в подпахотном слое чернозема отмечено не было. Мониторинг содержания нитратного азота в пахотном и подпахотном слоях почвы в полевом опыте (2) показал схожую тенденцию уменьшения показателя от фазы осеннего кушения к фазе весеннего кушения пшеницы мягкой озимой на всех вариантах опыта, как в случае стационарного опыта (1). Это указывает на то, что питание культуры проходило главным образом за счет обменно-поглощенного аммонийного азота, который способен поглощаться почвой и менее подвержен вымыванию вниз по профилю.

4.1.2 Подвижный фосфор

Природные запасы фосфора в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья достаточно высокие. Однако для характеристики фосфатного состояния почв

следует учитывать концентрацию фосфора в почвенном растворе и его доступность растениям. Известны факторы, которые оказывают влияние на поглощение подвижных и растворимых форм фосфора в почве: химическое поглощение, осаждение фосфора щелочноземельными катионами, окисями и гидроокисями железа, алюминия, марганца, титана; коллоидно-химическое поглощением фосфора на поверхности твердой фазы почвы, биологическое поглощение фосфора корневой системой растений и почвенной микрофлорой, а также осаждением их в результате механического захвата при коагуляции коллоидов. Поэтому исследования по установлению содержания подвижного фосфора, который является источником фосфора для растений, в черноземе под влиянием минеральных удобрений показывают уровень обеспеченности культуры и влияние удобрений на процессы трансформации соединения фосфора в почве и распределение его по профилю [38, 232].

Наблюдения за содержанием подвижного фосфора в пахотном (0-20 см) слое черноземе выщелоченного агроценоза пшеницы мягкой озимой во все исследуемые годы (2018-2021 гг.) показал одинаковую тенденцию на всех вариантах опыта. На контрольном варианте (000) содержание подвижного фосфора в фазы осеннего кушения было равно 26,1 мг/кг, весеннего кушения – 22,5; цветения и полной спелости зерна культуры – 23,5 и 20,3 мг/кг соответственно. Согласно группировки почв по обеспеченности питательными веществами такое содержание фосфора в почве соответствует III классу или средней обеспеченности элементом культуры [264]. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) не оказали существенного влияния за годы исследования на изменения содержания подвижного фосфора в почве, однако в фазу полной спелости происходит существенное (HCp_{05} – 1,0 мг/кг; 1,6 и 2,0 мг/кг) увеличение показателя по отношению к контрольному варианту в среднем за три года исследования на 24,1 %. Применение фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) способствует достоверному увеличению доступных форм фосфора в фазы осеннего, весеннего кушения и полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой на 7,1 мг/кг; 9,5 и 8,6 мг/кг соответственно. Такое увеличение в эти фазы видимо происходит за счет внесения фосфорных удобрений. На варианте с калийными удобрениями в норме K_{40} (002) наблюдается увеличение содержания элемента в фазы

осеннего кущения на 3,3 мг/кг, весеннего кущения на 6,4 мг/кг и полной спелости зерна культуры на 2,8 мг/кг. Это происходит, видимо, из-за того, что в условиях стационара и отсутствия внесения азотных удобрений, культура севооборота не способна усвоить имеющийся фосфор почвы полностью, и происходит накопление этого элемента в черноземе. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) способствуют увеличению содержания подвижных форм фосфора в почве, но несколько меньше, чем при внесении только фосфорных удобрений в норме P_{60} (020). На этом варианте в фазы осеннего, весеннего кущения, цветения и полной спелости зерна культуры содержание этого элемента было равно 30,8 мг/кг; 26,3; 22,7 и 23,3 мг/кг почвы соответственно (рисунок 27, приложение 22).

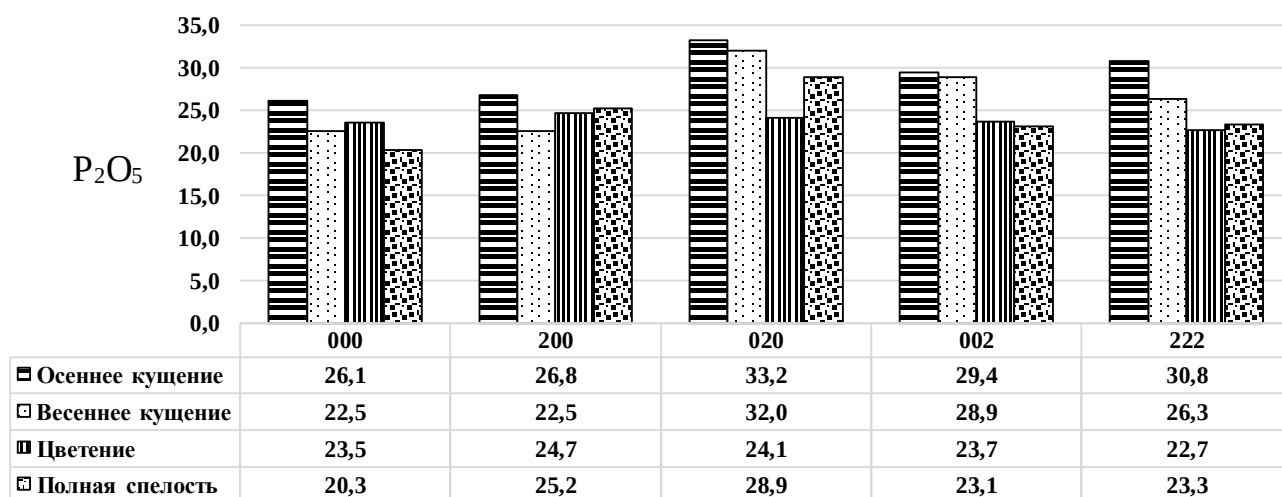


Рисунок 27 – Динамика содержания подвижного фосфора
в 0-20 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

Анализ данных по содержанию подвижного фосфора в пахотном (0-20 см) слое во все исследуемые годы (2018-2021 гг.) показал, что влияние минеральных удобрений в опыте на показатель происходит в фазы осеннего и весеннего кущения, а также полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой.

Аналогичная тенденция уменьшения содержания подвижного фосфора от фазы осеннего кущения к фазе полной спелости зерна культуры наблюдается в подпахотном (21-40 см) слое почвы во все годы (2018-2021 гг.) исследования на всех

вариантах опыта (рисунок 28, приложение 23). Мониторинг за содержанием подвижного фосфора на контрольном варианте (000) показал, что в фазы осеннего кущения – 23,8 мг/кг; весеннего кущения – 23,5; цветения и полной спелости зерна культуры – 22,7 и 21,2 мг/кг соответственно. Обеспеченность культуры фосфором согласно группировки почв по обеспеченности питательными веществами соответствует III классу или средней обеспеченности элементом культуры [264]. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) оказали существенное влияния на изменения содержания подвижного фосфора в почве только в фазу осеннего кущения ($НСР_{05}$ – 2,0 мг/кг; 1,7 и 1,2 мг/кг) и увеличение показателя по отношению к контрольному варианту в среднем за три года исследования составило 2,3 мг/кг. Применение фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) сопровождается достоверным увеличением подвижного фосфора в фазы осеннего и весеннего кущения на 3,4 мг/кг и 3,1 мг/кг соответственно. На варианте с калийными удобрениями в норме K_{40} (002) наблюдается увеличение содержания подвижного фосфора, как в случае с азотными удобрениями, только в фазу осеннего кущения и значение показателя было равно 26,4 мг/кг. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) способствуют увеличению содержания подвижного фосфора в почве агроценоза пшеницы мягкой озимой в фазы осеннего и весеннего кущения на 4,2 и 2,8 мг/кг соответственно [223].

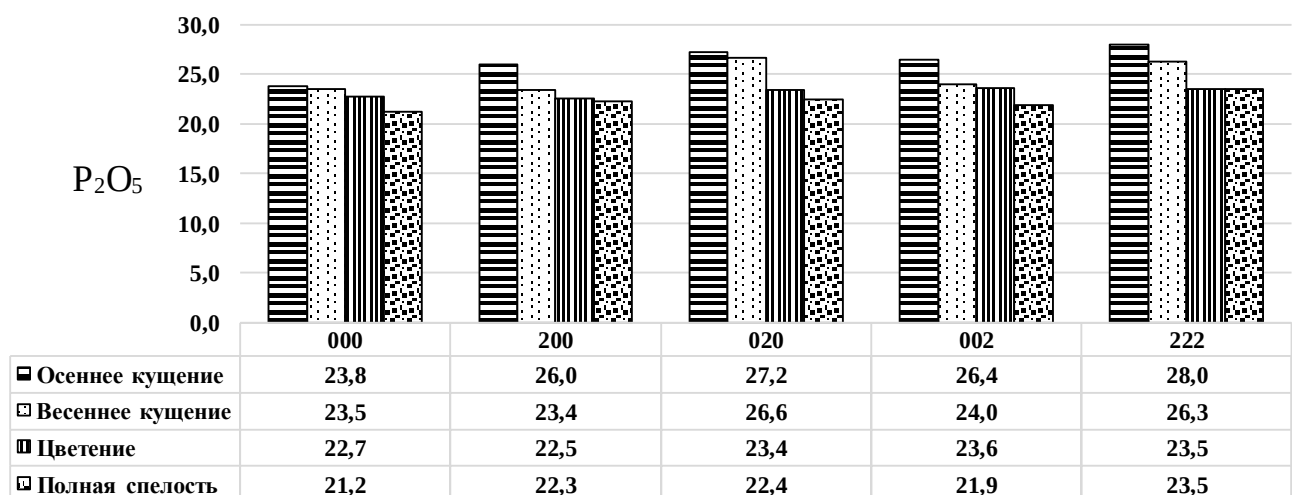


Рисунок 28 – Динамика содержания подвижного фосфора
в 21-40 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

Обобщая полученные результаты о содержании подвижного фосфора в пахотном (21-40 см) слое во все исследуемые годы (2018-2021 гг.) установлено, что влияние минеральных удобрений наблюдается в фазы осеннего и весеннего кушения пшеницы мягкой озимой, а влияние на повышение содержания подвижного фосфора, оказывают фосфорные удобрения.

Наблюдения в 2018-2021 гг. за динамикой подвижного фосфора в 0-20 см и 21-40 см слоях чернозема выщелоченного на всех вариантах опыта показал тенденцию уменьшения его содержания от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна культуры и обеспеченность культуры соответствовала средней обеспеченности культуры этим элементом. При этом отмечено, что применение под основную обработку почвы фосфорных и совместно азотных, фосфорных и калийных удобрений существенно повышает его содержание в 0-20 см слое почвы в фазы осеннего и весеннего кушения на 27,2 % (или 7,1 мг/кг); 42,2 % (или 9,5 мг/кг) и 18,0 % (или 4,7 мг/кг); 16,9 % (или 3,8 мг/кг) соответственно [223].

4.1.3 Подвижный калий

Содержание калия в почве превышает содержание азота и фосфора, которое обусловлено минералогическим составом и агрохимическим фоном. Этот элемент сосредоточен в минеральной части почвы и в незначительных количествах в органической. Накопление подвижных форм калия (водорастворимой и обменной) сосредоточено на поверхности органоминеральных коллоидов и вторичных минералов, это способствует равновесию между содержанием калия в почвенном растворе и твердой фазе почвы. Подвижные формы калия являются непосредственным источником питания растений, а достаточное количество элемента в почве – существенная гарантия получения высоких урожаев зерна с хорошим качеством продукции [232, 266].

Мониторинг за содержанием подвижного калия стационарного опыта (опыт 1) в пахотном (0-20 см) слое чернозема выщелоченного во все годы исследования (2018-2021 гг.) показал одинаковую тенденцию на всех вариантах опыта уменьшения содержания элемента от фазы осеннего кушения к фазе цветения культуры, с последующим увеличением концентрации элемента в почве в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой (рисунок 29, приложение 24). На контрольном варианте (000) содержание в фазы осеннего и весеннего кушения, цветения и полной спелости зерна культуры было равно 287,1 мг/кг; 285,6; 284,1 и 286,1 мг/кг соответственно. Такое содержание указывает на III класс почвы или среднюю обеспеченность культуры калием, согласно группировке почв по обеспеченности питательными веществами [264]. Применение азотных удобрений в норме N_{80} (200) агроценоза пшеницы мягкой озимой существенно ($HCР_{05}$ – 2,4 мг/кг; 1,2 и 3,4 мг/кг) влияет на уменьшение содержания подвижного калия в пахотном слое почвы в фазу осеннего кушения в среднем за три года исследования по отношению к контрольному варианту на 6,3 мг/кг или 2,2 %. Мы предполагаем, что уменьшение на этом варианте показателя связано с тем, что за счет внесения азота с удобрениями, культура агроценоза выносит с урожаем больше калия из почвы, тем самым снижая уровень подвижного калия.

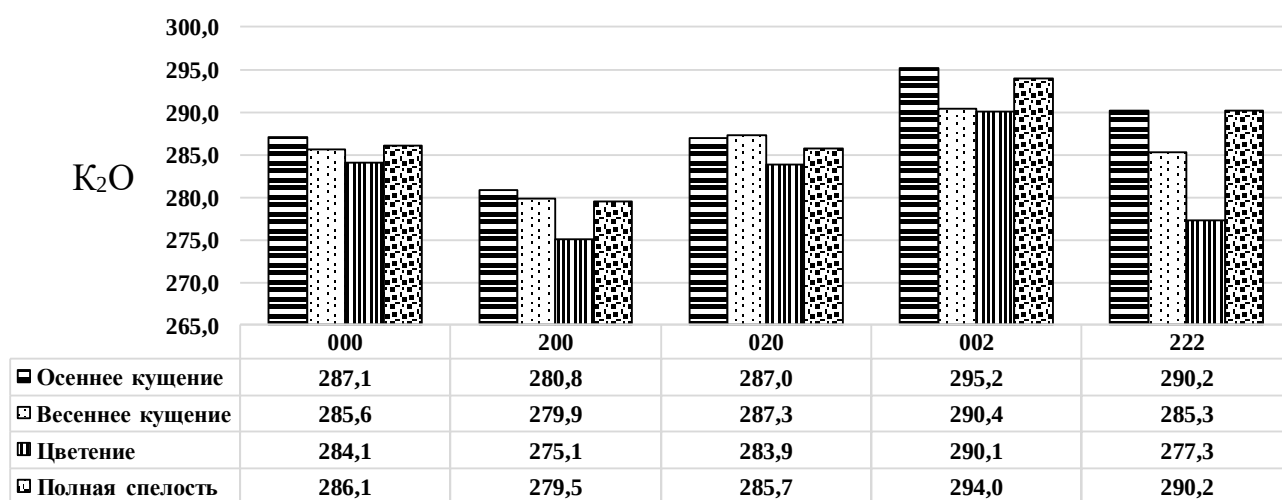


Рисунок 29 – Динамика содержания подвижного калия
в 0-20 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

Применение фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не влияет на содержание подвижного калия в исследуемой почве. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) и совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) повышают содержание этого элемента в черноземе. Существенное увеличение наблюдается на этих вариантах в фазу осеннего кушения и за годы исследования содержание варьировало от 290,2 мг/кг до 295,7 мг/кг почвы соответственно [223].

Обобщая результаты исследования о содержании подвижного калия в пахотном (0-20 см) слое во все исследуемые годы (2018-2021 гг.) установлено, что в фазу осеннего кушения пшеницы мягкой озимой влияет на изменение показателя при применении минеральных удобрений содержащие калий в своем составе. Кроме этого, наблюдается значительный вынос этого элемента из почвы, в случае отсутствия компенсации с удобрениями этого элемента (рисунок 29, приложение 24).

Наблюдения за динамикой содержания подвижного калия в подпахотном (21-40 см) слое почвы во все годы исследования (2018-2021 гг.) показали на всех вариантах, как в случае пахотного слоя, уменьшение от фазы осеннего кушения к фазе цветения культуры. Однако в фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой наблюдается сильное увеличение показателя (рисунок 30, приложение 25). Видимо, это происходит по причине оттока калия, содержащегося в растениях обратно в почвенный раствор, о которых свидетельствуют многие исследователи В. И. Никитишен, В. И. Личко, Е. В. Орехова и другие ученые [125, 126].

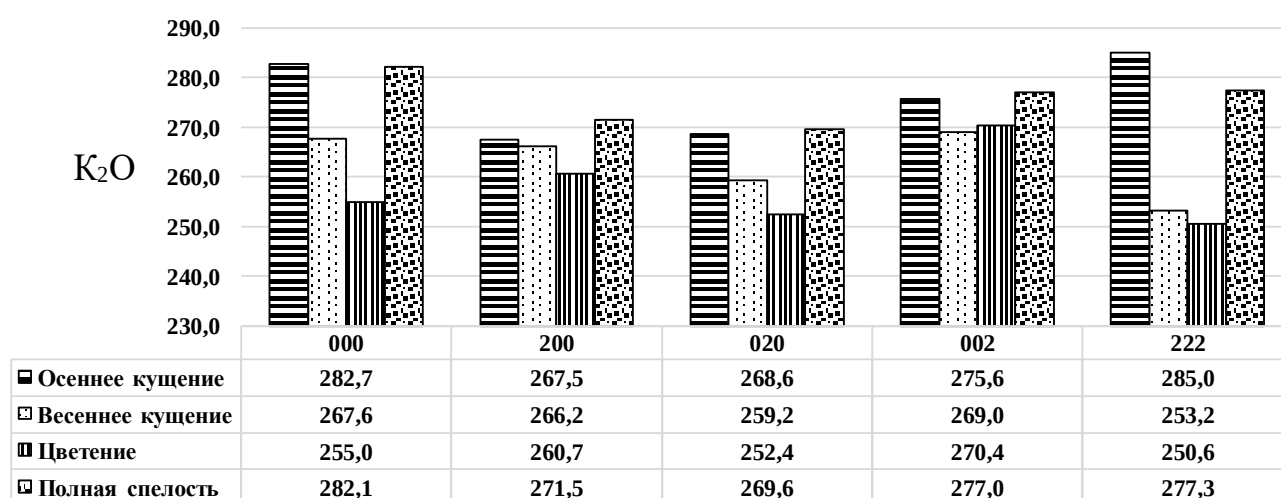


Рисунок 30 – Динамика содержания подвижного калия
в 21-40 см слое почвы, мг/кг, 2018-2021 гг.

В среднем за годы исследования на контрольном варианте (000) содержание подвижного калия в фазы осеннего кущения было 282,7 мг/кг, весеннего кущения – 267,6 мг/кг, цветения и полной спелости зерна культуры – 255,0 и 282,1 мг/кг соответственно.

Таким образом, обобщая полученные результаты по содержанию подвижного калия за годы исследования, можно констатировать, что на вариантах опыта уровень обеспеченности культуры калием, согласно группировке почв по обеспеченности питательными веществами – средняя. Наблюдения за динамикой показателя в пахотном и подпахотном слоях почвы на контрольном варианте (000) показали, что культура интенсивно потребляет элемент от фазы осеннего кущения к фазе цветения, а уменьшение содержания подвижного калия по слоям составляет 1,1 % и 9,8 % соответственно. В фазу полной спелости зерна культуры в 0-20 см слое чернозема выщелоченного относительно фазы осеннего кущения пшеницы мягкой озимой наблюдается уменьшение содержания подвижного калия, кроме варианта, где совместно вносились азотные, фосфорные и калийные удобрения [223]. На варианте, где вносились удобрения в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) зафиксировано превышение в содержании подвижного калия в фазу полной спелости зерна культуры по сравнению с контрольным вариантом в фазу роста и развития пшеницы мягкой озимой на 1,4 % (или 4,1 мг/кг почвы).

4.1.4 Биологическая характеристика почвы

Почва не только среда обитания растений, но является средой обитания различных микроорганизмов. Применение удобрений сопровождается изменением химических и физико-химических процессов в почве, которые влияют на активность почвенной биоты. Элементы питания удобрений являются источником питания

микроорганизмов. Углерод – основной компонент органических соединений. Высвобождение диоксида углерода из почвы в атмосферу позволяет оценить влияние таких факторов, как применение минеральных удобрений на биологическую эффективность почвы – «дыхании почвы».

Наблюдение за суточной эмиссией диоксида углерода из чернозема выщелоченного (опыт 1) показали, что на контрольном варианте опыта (000) весной составила 76,93 мг CO_2 /кг почвы. В летний период вследствие высоких температур (дневная/ночная температура атмосферного воздуха 33,1/17,1 °С) и отсутствии осадков (среднегодовая сумма атмосферных осадков 51-70 мм) снижает активность микроорганизмов в почве, поэтому наблюдается уменьшения суточной эмиссии диоксида углерода почвой на 14,72 мг CO_2 /кг почвы (рисунок 31, приложение 1, 2, 3, 26).

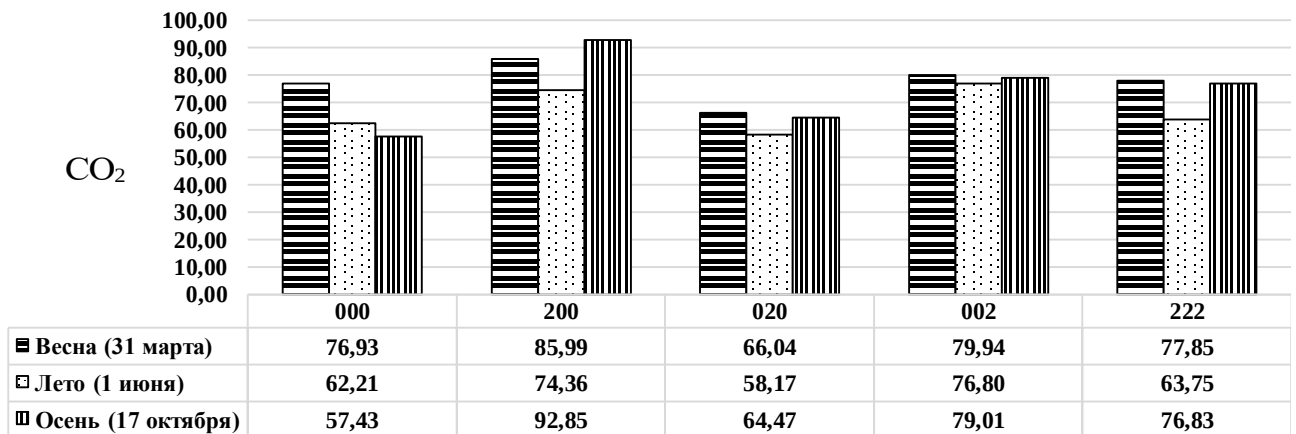


Рисунок 31 – Динамика эмиссии диоксида углерода за 24 часа, мг CO_2 /кг почвы

Осенью на контроле (000) наблюдается уменьшение по сравнению с суточной эмиссией диоксида углерода в весенний период на 19,50 мг CO_2 /кг почвы. Это снижение связываем с тем, что температуры атмосферного воздуха наименее благоприятные (11,3-17,6 °С) для биологической активности и недостаток влаги (17,7-60,0 мм), может снижать активность микроорганизмов в почве. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) достоверно (НСР_{05} – 3,53 мг CO_2 /кг почвы; 4,18 и 3,61 мг CO_2 /кг почвы) увеличивали суточную эмиссию диоксида из почвы в все периоды наблюдения. На этом варианте весной, летом и осенью зафиксированная эмиссия диоксида углерода составила 85,99 мг CO_2 /кг почвы; 74,36 и 92,85 мг CO_2 /кг почвы [224].

Такое увеличение происходит по ряду причин, азотные удобрения, повышая кислотность почвенного раствора и тем самым стимулируют микроорганизмы разлагать органические соединения в почве, в связи с чем возрастает суточная эмиссия диоксида углерода (рисунок 31).

Применение фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) сопровождается достоверным снижением суточной эмиссии диоксида углерода весной на 10,89 мг CO_2 /кг почвы, а осенью напротив увеличивают на 7,04 мг CO_2 /кг почвы. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) повлияли в сторону увеличения суточной эмиссии летом и осенью на 14,59 мг CO_2 /кг почвы и 21,58 мг CO_2 /кг почвы соответственно. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) повышают эмиссию диоксида углерода только осенью до 76,83 мг CO_2 /кг почвы.

Обобщая результаты суточной эмиссии диоксида углерода установлено, что на эмиссию диоксида углерода с поверхности влияет не только гидротермический режим, который был благоприятным осенний и весенний период, но и виды минеральных удобрений, азотные и калийные. Весной наибольшая эмиссия отмечена на варианте с внесением азотного удобрения. Осенью значительно влияют применение азотных минеральных удобрений и обогащение кислородом за счет обработки почвы (рисунок 31, приложение 26).

Подводя итог почвенной диагностики стационарного опыта (опыт 1) за годы исследования (2018-2021 гг.) в зависимости от применения видов минеральных удобрений в агроценозе пшеницы мягкой озимой, следует выделить: азотные N_{80} и совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ в среднем за вегетацию способствуют повышению обеспеченности культуры обменно-поглощенного азота на 15,2 % и нитратного азота на 38,5 и 23,1 % соответственно. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ повышает не только содержание минерального азота, но и подвижные формы фосфора на 11,3 %. Применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ способствует меньшей эмиссией диоксида углерода из почвы по сравнению с азотными и калийными удобрениями на 8,7 мг CO_2 /кг почвы, а это в свою очередь должно способствовать уменьшению потерь органического

вещества из чернозема и сократить эмиссию газа в атмосферу, тем самым оказывать меньше воздействия на ее изменения и удерживания инфракрасного излучения который оказывает парниковый эффект.

4.2 Растительная диагностика

Известно, что в составе растений находится более 70 химических элементов, но для завершения жизненного цикла им требуется 17. Черноземы богаты макро-, микро- и ультрамикроэлементами, однако наиболее дефицитными для растений являются азот, фосфор и калий [210, 243]. Анализ химического состава растений и динамики накопления элементов минерального питания является неотъемлемой частью организации производства продукции растениеводства и повышения продуктивности культуры. Химический анализ проб частей растений позволяет определить влияние минеральных удобрений на условия обеспеченности культуры биогенными элементами в севообороте. Полученные данные по содержанию азота, фосфора и калия свидетельствуют насколько рациональна система удобрения культуры.

4.2.1 Азот

В росте, развитии и формировании урожая пшеницы мягкой озимой исключительно большое значение имеет азот. Этот элемент входит в состав аминокислот,

белков, хлорофилла, нуклеиновых кислот, ферментов и других органических соединений клеток. Растения пшеницы мягкой озимой азот потребляют от всходов до конца вегетации культуры, а от уровня обеспеченности элементом, складываются элементы структуры урожая. При недостатке азота в питательной среде, особенно во вторую половину вегетации, снижается содержание белка в зерне, ухудшаются его хлебопекарные качества. Накопление протеина в зерне происходит за счет потребления азота из почвы в период налива и его реутилизации из вегетативных в генеративные органы [233, 255].

В ходе мониторинга за средневзвешенным содержанием общего азота в растениях пшеницы мягкой озимой стационарного опыта (опыт 1) во все годы исследования (2018-2021 гг.) было установлено, что на контрольном варианте (000) в фазы весеннего кущения содержание азота 3,06 %, цветения – 1,49 % и полной спелости зерна и соломы – 1,92 % и 0,60 % соответственно. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) достоверно ($HCp_{05} - 0,03-0,92$ %) увеличивали содержание азота в растениях во все наблюдаемые фазы роста и развития культуры (рисунок 32, приложение 27).

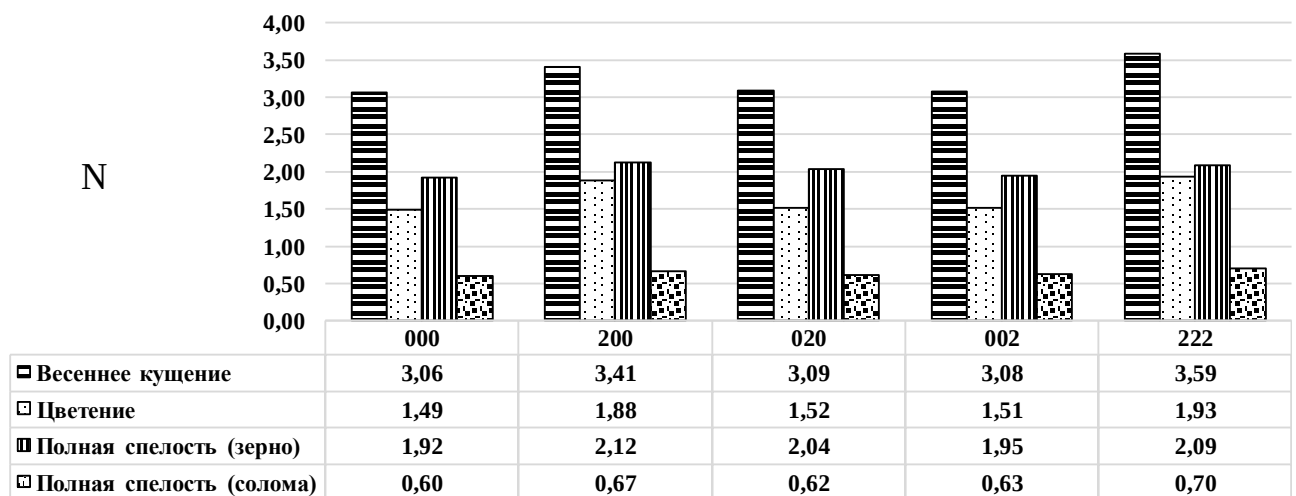


Рисунок 32 – Средневзвешенное содержание общего азота в растениях пшеницы мягкой озимой, стационарный опыт, 2018-2021 гг., %

На этом варианте зафиксированное увеличение средневзвешенного содержания азота в фазы весеннего кущения – 0,35 % (абс.); цветения – 0,39 % (абс.); полной спелости зерна и соломы – 0,20 % (абс.) и 0,07 % (абс.) соответственно. Фосфорные удобрения P_{60} (020) и калийные удобрения в норме K_{40} (002) не оказали

существенного влияние на содержание азота в растениях и зерне культуры. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) относительно контроля существенно повысили содержание азота в растениях и зерне культуры – 3,59 %; 1,93; 2,09 и 0,70 %.

Таким образом, применение азотных и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений сопровождается увеличением содержанием общего азота в растениях во все наблюдаемые фазы и получаемом зерне культуры, при этом совместное внесение NPK оказывает наилучший эффект за счет сбалансированного питания пшеницы мягкой озимой. На варианте с азотными удобрениями зафиксировано увеличение средневзвешенного азота в зерне, и оно составило 10,40 % (отн.) или 0,20 % (абс.). Отмечено, что средневзвешенное содержание общего азота в зерне пшеницы мягкой озимой несколько меньше на варианте при совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений, чем при применении только азотных. Полученные результаты были равны 2,09 %.

Наблюдения за средневзвешенным содержанием общего азота в растениях пшеницы мягкой озимой (полевой опыт 2) во все исследуемые годы (2018-2021 гг.) показал увеличение содержания показателя на всех вариантах опыта и фазы роста и развития культуры (рисунок 33, приложение 28).

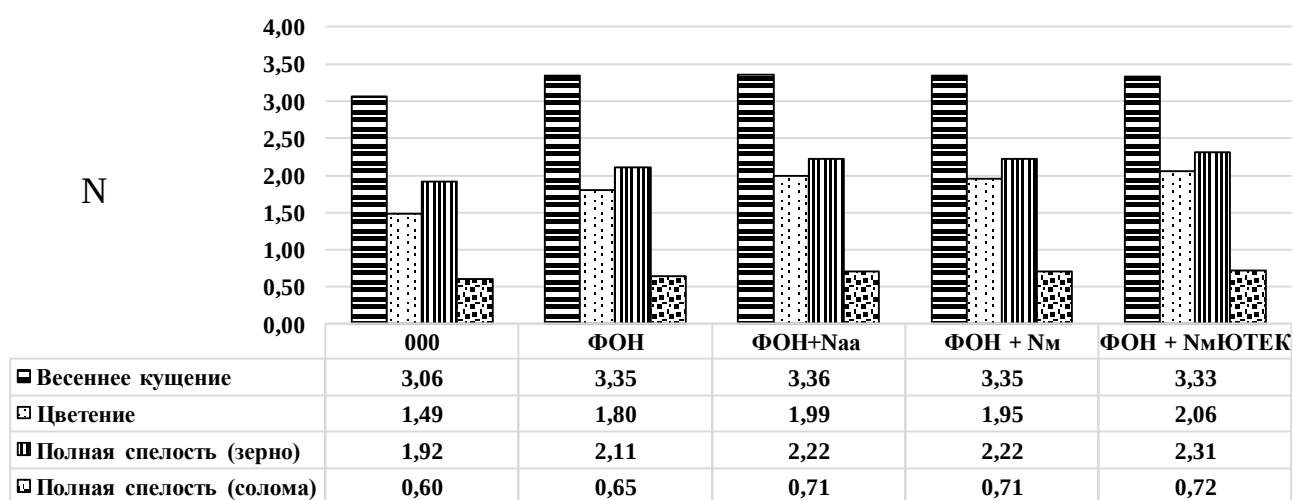


Рисунок 33 – Средневзвешенное содержание общего азота в растениях пшеницы мягкой озимой, полевой опыт, 2018-2021 гг., %

Применение минеральных удобрений в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) увеличило в растениях содержание общего азота в фазы весеннего кущения до 3,35 %, цветения

1,80 % и полной спелости в соломе до 0,65 %. На этом варианте, в зерне культуры было 2,11 %, что выше варианта без минеральных удобрений на 9,90 % (отн.). На вариантах ФОН + N_{aa}, ФОН + N_м и ФОН + N_м^{ЮТЕК} в фазу весеннего кущения средневзвешенное содержание общего азота было на уровне ФОНа и варьировало от 3,33 % до 3,36 %. Однако, на этих вариантах при выполнении приема ранневесенней подкормкой аммонийной селитры, карбамида и ингибированного карбамида способствовало существенному (НСР₀₅ – 0,03-0,13 %) увеличению показателя в растениях и зерне. Так, в фазу цветения было 1,99 %; 1,95 и 2,06 %; в фазу полной спелости в зерне – 2,22 %; 2,22 и 2,31 % и соломе – 0,71 %; 0,71 и 0,72 %.

Обобщая результаты (полевой опыт 2), можно проследить, что применение аммонийной селитры и карбамида повлияло одинаково на содержание азота в зерне и соломе пшеницы мягкой озимой, и оно было равно 2,22 % и 0,71 %. Применение карбамида ЮТЕК существенно увеличило содержание азота на 0,39 % (абс.) в зерне за счет пролонгированного действия удобрения, что поспособствовало большему накоплению элемента растениями.

4.2.2 Фосфор

Фосфор – биогенный элемент, входящий в состав нуклеиновых кислот, нуклеопротеидов, играющий важную роль в процессах дыхания, деления клеток и фотосинтеза. Роль этого элемента в жизни пшеницы озимой мягкой особенно важна, так как он способствует дифференциации клеток культуры перед фазой покоя. Фосфор влияет на использование азота и оказывает положительное влияние на формирование генеративных органов, повышая озерненность колоса и ускоряет созревания зерна культуры [233, 255].

Содержание средневзвешенного общего фосфора в растениях пшеницы мягкой озимой за все годы наблюдения (2018-2021 гг.) на стационарном опыте показал одинаковую тенденцию уменьшения от фазы весеннего кущения к фазе полной спелости зерна культуры. На контрольном варианте (000) значения показателя было равно 1,20 % в фазу весеннего кущения, 0,80 % цветения и фазу полной спелости в зерне и соломе 0,84 % и 0,57 % соответственно (рисунок 34, приложение 29).

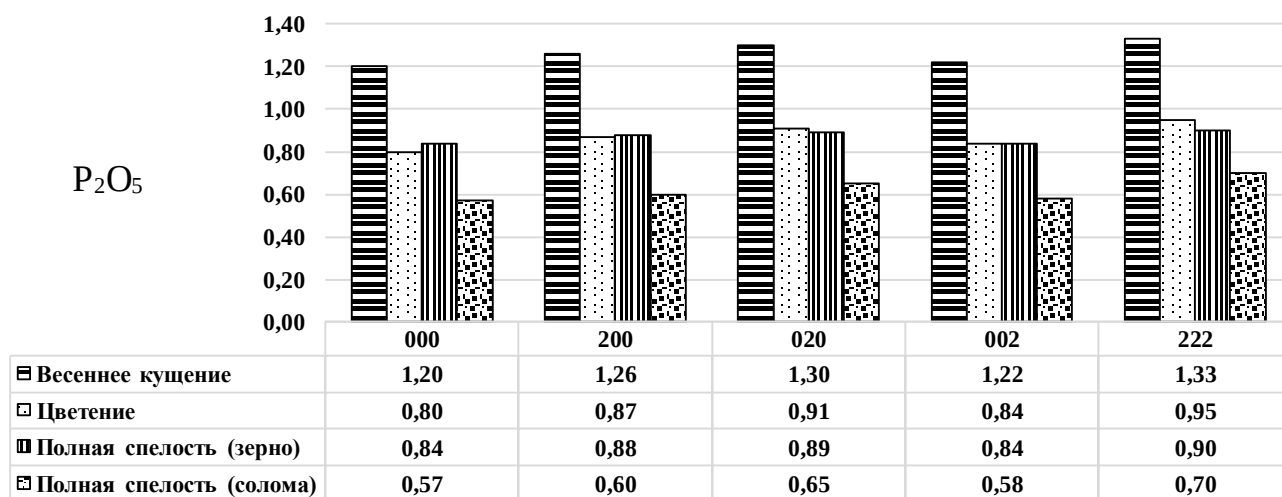


Рисунок 34 – Средневзвешенное содержание общего фосфора в растениях пшеницы мягкой озимой, стационарный опыт, 2018-2021 гг., %

Азотные удобрения в норме N_{80} (200) способствовали лучшему росту и развитию культуры, что отразилось на достоверном ($НСР_{05} = 0,06-0,11$ %) увеличении показателя в фазы весеннего кущения и цветения культуры, а зафиксированное повышение составило 0,06 % (абс.) и 0,07 % (абс.) соответственно. Важно отметить, что в зерне и соломе пшеницы мягкой озимой существенного увеличения показателя не было.

Применение фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) достоверно увеличили содержание общего фосфора только в фазу цветения – 0,91 %. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) не влияют на содержания общего фосфора в растениях и зерне культуры. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) за счет сбалансированного питания увеличило содержание фосфора в растениях культуры. На этом варианте значение показателя в фазы весеннего кущения, цветения и полной спелости – 1,33 %; 0,95 и 0,70 % соответственно. Однако, в зерне наблюдается увеличения средневзвешенного содержания

общего фосфора на 0,06 (абс.), но по результатам дисперсионного анализа было установлено, что полученные результаты находятся в пределах ошибки и указывает на несущественные различия в средних значениях.

Резюмирую вышеизложенное, сбалансированное питание при совместном применении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) положительно влияет на накопление фосфора в растениях пшеницы мягкой озимой в течении всей вегетации культуры. На этом варианте средневзвешенное содержание общего фосфора в фазы весеннего кущения и цветения было равно 1,33 % и 0,95 %, в зерне и соломе 0,90 % и 0,70 % соответственно. Применение только азотных и калийных удобрений незначительно повышало средневзвешенное содержание общего фосфора в растениях пшеницы мягкой озимой.

4.2.3 Калий

Калий – незаменимый и необходимый элемент минерального питания пшеницы мягкой озимой, который участвует в обменных процессах при синтезе аминокислот и белков, регулирует использование растениями азота и катализирует деятельность многих ферментов, а также участвует в процессах фотосинтеза. Этот элемент усиливает образование боковых корней и увеличивает общую поглощающую поверхность корневой системы. Калий повышает у растений пшеницы мягкой озимой холодостойкость, устойчивость растений к грибным заболеваниям, образует более прочной соломины, усиливает отток углеводов из вегетативных органов к колосу, повышая крупность и выполненность зерновок. После фазы цветения культуры дефицит калия не сказывается на величине урожая и его качестве, однако в случае отсутствия элемента в питательной среде в фазу выхода в трубку может снизиться продуктивность растений [233, 255].

Исследования средневзвешенного содержания общего калия в растениях пшеницы мягкой озимой стационарного опыта за все годы (2018-2021 гг.) на контрольном варианте (000) показали, что в фазы весеннего кущения было 3,90 %, цветения – 1,70 % и полной спелости культуры в зерне – 0,50 % и соломе – 1,29 %. Азотные удобрения в норме N_{80} (200) и фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) не влияют на содержание калия в растениях пшеницы мягкой озимой. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) способствовали повышению содержания калия не только в фазу весеннего кущения на 0,20 % (абс.), но увеличение показателя отмечено в фазу цветения – 0,07 % (абс.). Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) как в случае с калийными удобрениями повысили содержание калия в растения на 0,29 % (абс.) и 0,11 % (абс.) в фазы весеннего кущения и цветения культуры (рисунок 35, приложение 30).

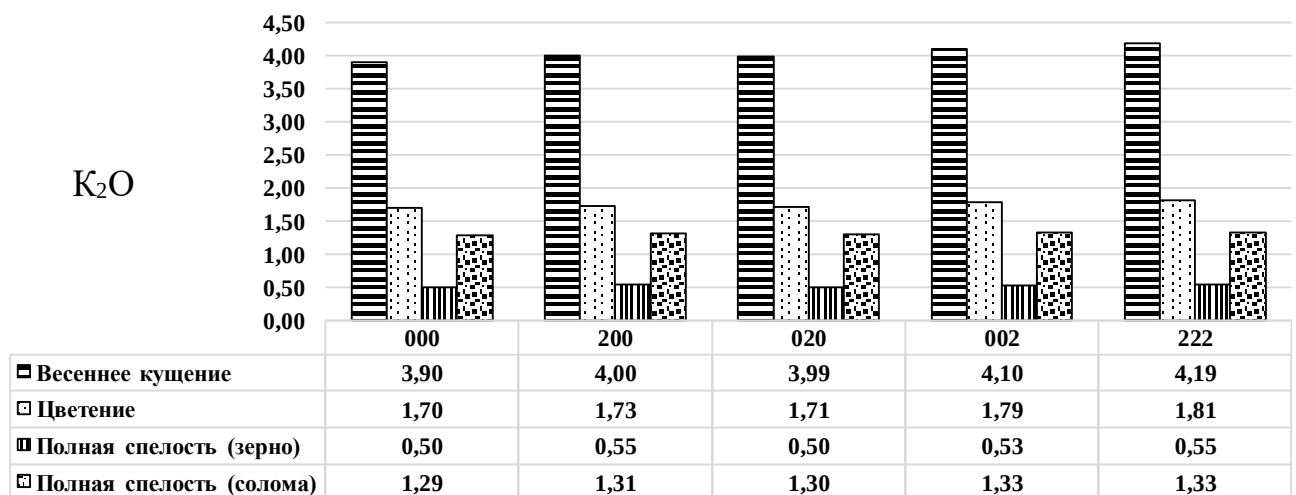


Рисунок 35 – Средневзвешенное содержание общего калия в растениях пшеницы мягкой озимой, стационарный опыт, 2018-2021 гг., %

Наблюдения за средневзвешенным содержанием калия в фазу полной спелости культуры показал отсутствие достоверного влияния минеральных удобрений на накопления этого элемента в зерне и соломе культуры, и значения содержания калия в зерне варьировали от 0,50 % до 0,55 %, соломе от 1,30 % до 1,33 %.

Таким образом, на накопление культурой калия влияют азотные и калийные удобрения в течении вегетации пшеницы мягкой озимой, наилучший эффект оказывает совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений. Увеличение показателя при совместном применении азотных, фосфорных и калийных удобрений в

фазы весеннего кущения и цветения составило 0,29 % (абс.) и 0,11 % (абс.) соответственно.

4.2.4 Предпосевная обработка семян пшеницы мягкой озимой

Выращивание высокоурожайных сортов с интенсивным применением азотных, фосфорных и калийных удобрений приводит к возникновению дефицита микроэлементов во многих странах. Одной из важных стратегий повышения концентрации микроэлементов в зерне является сбалансированное минеральное питание за счет внесения удобрений в почву или внекорневую подкормку [241]. Однако восполнить дефицит меди и кобальта не всегда просто с помощью Cu- и Co-удобрений, ионы которых способны прочно удерживаться в обменных позициях как на неорганических, так и на органических веществах становятся недоступными растениям. Другая причина – это снижение подвижности элементов в почве с образованием нерастворимых их соединений – карбонатов, гидрокарбонатов и фосфатов. Таким образом, устранение хлороза с дефицитом меди и кобальта с помощью удобрений является дорогостоящим и отнимающим много времени мероприятием [243, 269].

Поглощение меди растениями осуществляется с участием белков из семейства Recombinant Copper Transporter 1 и Zinc Regulated Transporter/Iron Regulated Transporter и связана с работой редуктазы, а в транспорте через плазмалемму участвуют белки Recombinant Copper Transporter 1. Поглощение и транспорт кобальта выполняют белки Iron Regulated Transporter. Кроме этого, в случае с кобальтом, поглощение может подавляться медью, цинком, марганцем. Транспорт микроэлементов в надземные органы растений осуществляется восходящим током воды по ксилеме. Важно отметить, что в исследованиях транспорта микроэлементов в озимой пшенице с мечеными атомами V. Page, U. Feller, было установлено, что при обработки

семян ^{57}Co элемент удерживался в корне и не поступал в ксилему. А в органы со слабой транспирацией (почки, молодые листья, плоды, семена) элементы поступают по флоэме. Причем мобильность во флоэме для меди средняя, а у кобальта самая низкая [279]. Поэтому уровень накопления и состав микроэлементов в семенах происходит в период формирования последних на материнском растении, и в значительной степени зависят от почвенно-климатических факторов [22].

Распределение микроэлементов в зерне неоднородно. Средняя концентрация микроэлементов в зерновках пшеницы для меди составляет $4,99 \pm 0,29$ мг/кг и кобальта $0,104 \pm 0,032$ мг/кг сухой массы. У злаков основным запасующим органом многих минеральных элементов служит эндосперм, который занимает около 83 % объема всего плода, на долю семенной оболочки в среднем приходится 7,5–8,0 % от абсолютно сухого вещества. Однако, хоть толщина для пшеницы мягкой озимой семенной оболочки зависит от сорта культуры и в среднем составляет 55 мкм, она способна концентрировать до $(1 \pm 0,5) \times 10$ мкг/г сухой массы меди и кобальта в десятки раз меньше [22, 77, 127]. Поэтому обеспеченность в начале роста и развития культуры микроэлементами могут способствовать повышению продуктивности культуры.

Предпосевная обработка семян пшеницы мягкой озимой микроэлементами является важным методом растительной диагностики и обеспеченности культуры необходимыми элементами питания. Этот метод позволяет оценить и улучшить состояние растений на ранних стадиях их развития, а именно повысить силу роста и более равномерное прорастание, устойчивость к фитопатогенам, усилить конкурентоспособность к сорнякам и, наконец, увеличить урожайность и качество зерна, за счет получения дружных всходов [221].

Анализ данных, полученных в ходе исследования показал, что предпосевная обработка как протравленных, так и непротравленных семян пшеницы мягкой озимой водным раствором меди в различных концентрациях оказала разнонаправленное влияние на показатели их качества (рисунок 36, 37, 38, 39). Более выраженный положительный эффект наблюдался на непротравленном семенном материале относительно значений, полученных на семенах, обработанных инсектофунгицидным протравителем [218].

Без использования меди показатели энергии прорастания, лабораторной всхожести, скорости и дружности прорастания были равны 81,3 %; 93,3 %; 2,3 сут. и 3,5 шт./сут. соответственно. Следует заметить, что определяемые показатели под воздействием водных раствором меди в различных концентрациях неравнозначно повлияли на показатели (рисунок 36, 37, 38, 39).

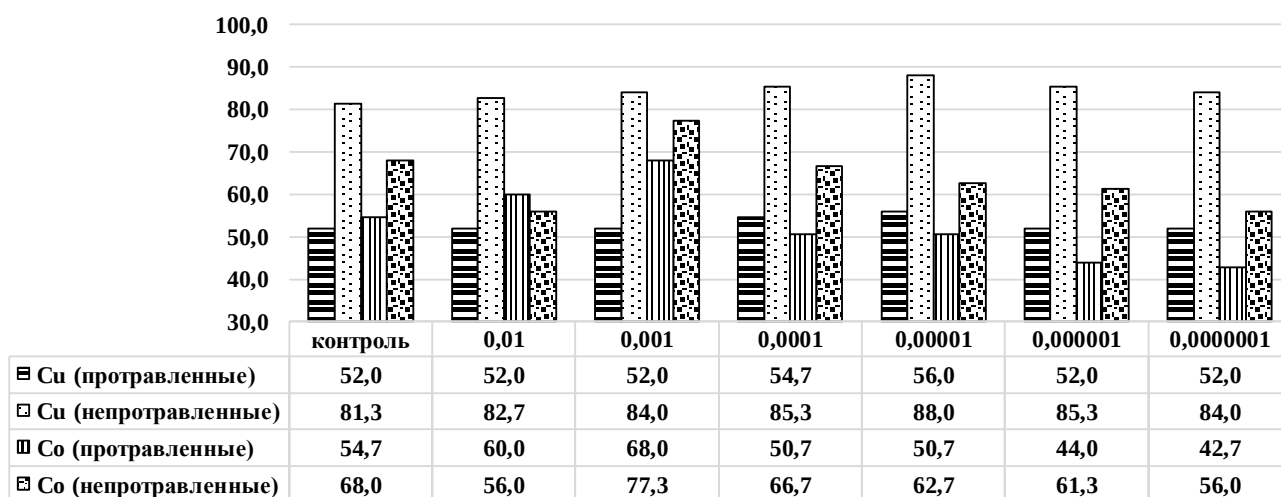


Рисунок 36 – Энергия прорастания семян пшеницы мягкой озимой, обработанных водными растворами меди и кобальта, %

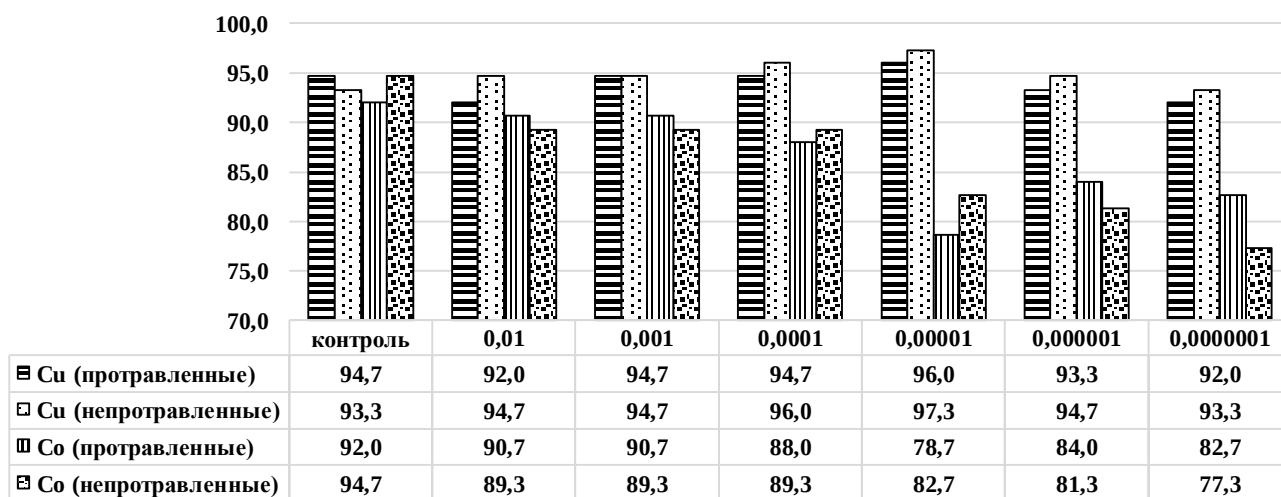


Рисунок 37 – Лабораторная всхожесть семян пшеницы мягкой озимой, обработанных водными растворами меди и кобальта, %

Выявлена закономерность поступательного увеличения от высоких к низким концентрациям микроэлемента (0,01-0,001 % и 0,000001-0,0000001 %). Наметилась тенденция повышения энергии прорастания (1,4-2,7 % и 4,0-2,7 % абс.), лабораторной всхожести (1,4 % абс.) и дружности прорастания (40,0-51,4 % и 51,4-20,0 % отн.).

Существенное увлечение показателей посевных качеств семян определено при их предпосевной обработки водным раствором меди в диапазоне концентраций 0,0001 и 0,00001 %. При этом наблюдалась наибольшая энергия прорастания – 85,3 и 88,0 %, лабораторная всхожесть – 96,0 и 97,3 %, скорость и дружность прорастания – 2,4; 2,2 сут. и 5,6; 5,9 шт./сут. соответственно. Такие значения показателей могут быть одним из решающих факторов, оказывающих повышенную устойчивость растений к неблагоприятным условиям выращивания пшеницы мягкой озимой.

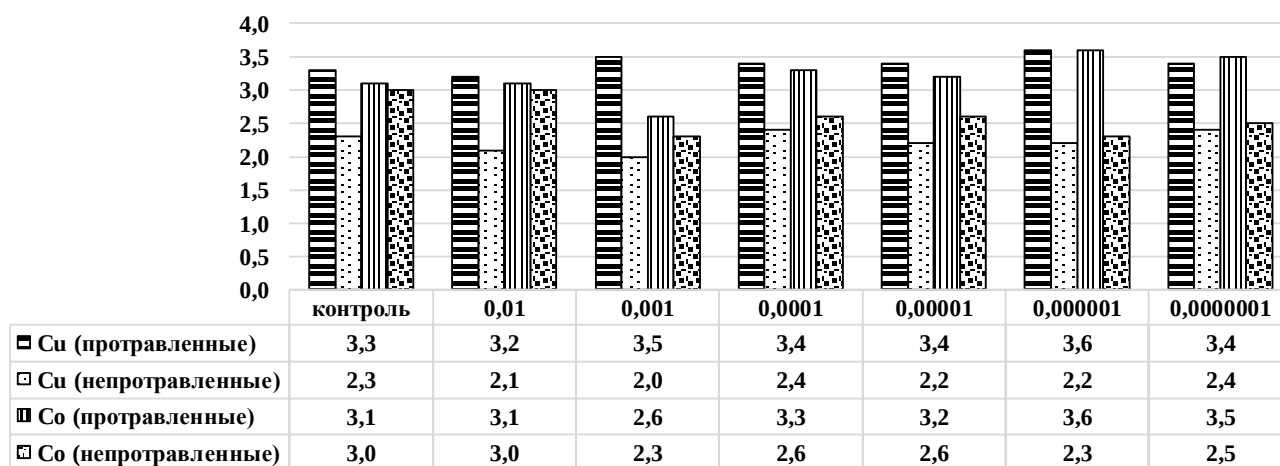


Рисунок 38 – Скорость прорастания семян пшеницы мягкой озимой, обработанных водными растворами меди и кобальта, сут.

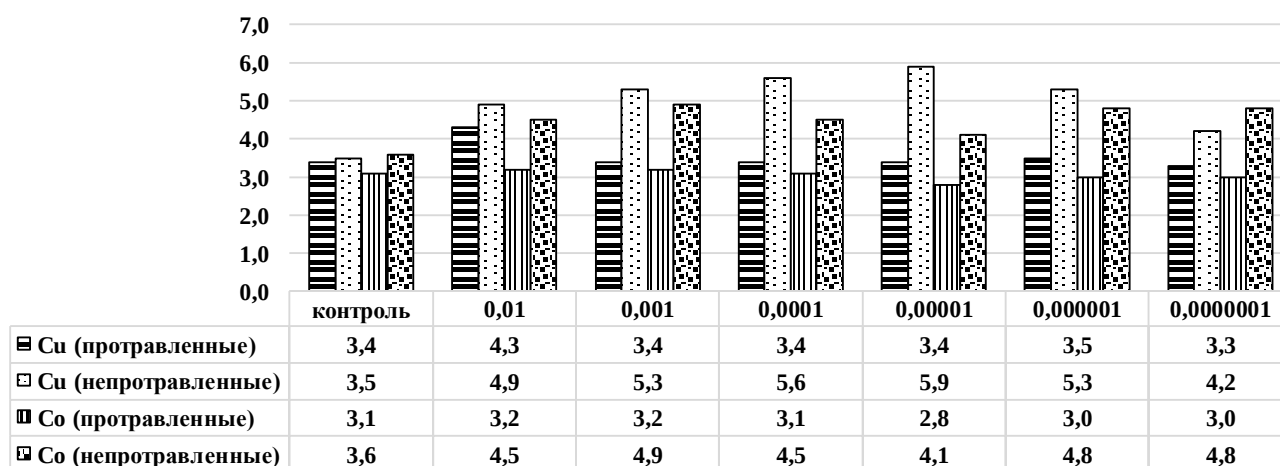


Рисунок 39 – Дружность прорастания семян пшеницы мягкой озимой, обработанных водными растворами меди и кобальта, шт./сут.

Дальнейшее проращивания семян в рулонах фильтровальной бумаги показало, что у непротравленных семян проявляется такая же тенденция – повышение средней

длины проростков и средней длины корешков (рисунок 40, 41). При оценке дальнейшего влияния меди необходимо отметить ее максимальное положительное действие в концентрации 0,0001 и 0,00001 %. Относительно контроля при этих концентрациях увеличивалась средняя длина проростков – 3,2 и 3,4 см (или 26,0 и 27,6 %), а средняя длина корешков – 1,4 и 2,7 см (или 15,4 и 29,7 %).

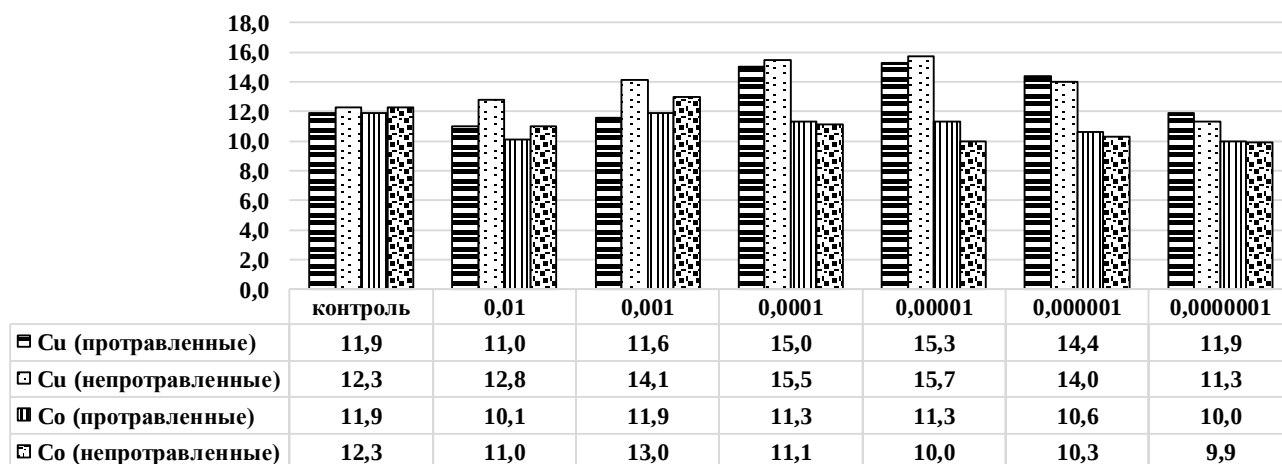


Рисунок 40 – Средняя длина проростков пшеницы мягкой озимой, обработанных водными растворами меди и кобальта, см

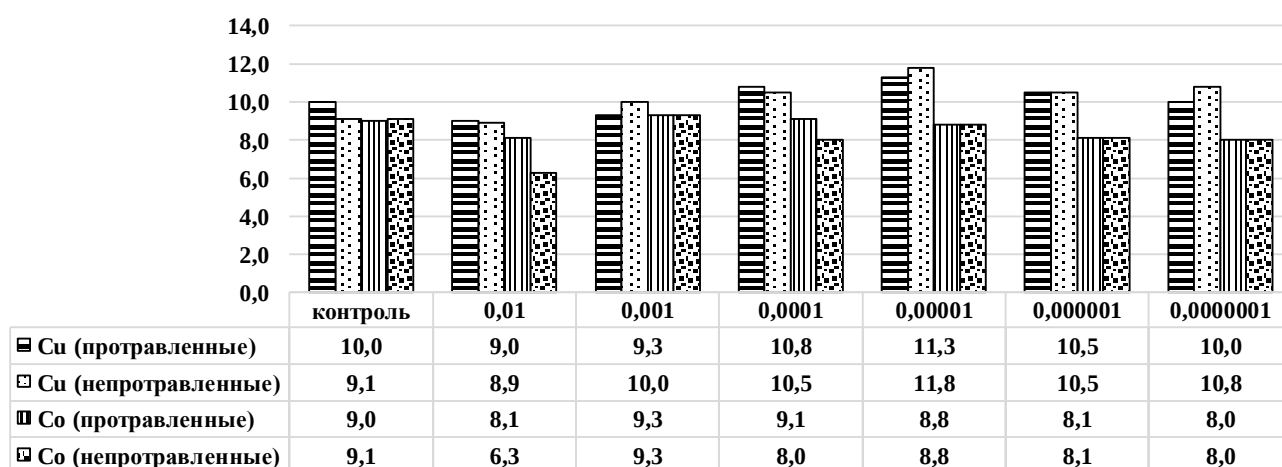


Рисунок 41 – Средняя длина корешков пшеницы мягкой озимой, обработанных водными растворами меди и кобальта, см

Влияние водных растворов меди в различных концентрациях на протравленных семенах несколько отличается. Здесь от действия высоких концентраций наблюдаем некоторую тенденцию снижения лабораторной всхожести семян. Выявлено отрицательное влияние 0,01 % водного раствора меди на лабораторную всхожесть (-2,9 % отн.). При этом показатели энергии и скорости прорастания были на уровне

контроля – 52,0 % и 3,2 сут. Протравленные семена пшеницы мягкой озимой положительно отзывались на предпосевную обработку водным раствором меди в концентрации 0,0001 и 0,00001 %. Максимально зафиксированные значения посевных качеств семян пшеницы обнаружены в концентрации 0,00001 % водного раствора меди: энергия прорастания – 56,0 %, лабораторная всхожесть – 96,0 %, скорость прорастания – 3,4 сут. и дружность – 3,4 шт./сут.

Проращивание протравленных семян, обработанных медью, показало, что сохранилась та же направленность, что и при предпосевной обработке семян – ингибирующее влияние на наибольших концентрации меди на среднюю длину корешков 9,0-9,3 см (контроль – 10,0 см). Средняя длина проростков пшеницы мягкой озимой была равна 13,2 см. Предпосевная обработка семян медью в высокой концентрации (0,01 и 0,001 %) несколько снижала показатель до 11,0 и 11,6 см. При этом максимальный эффект при проращивании семян наблюдается на вариантах с концентрацией меди (0,0001 и 0,00001 %). Здесь отмечено увеличение средней высоты проростков более чем на 3,1 и 3,4 см (или 26,1 и 28,6 %) соответственно.

Результаты проведенного исследования показали, что обработка семян пшеницы мягкой озимой водным раствором CoSO_4 содержащим 0,01 и 0,001 % кобальта положительно повлияла на энергию прорастания. Предпосевная обработка семян повысила энергию прорастания по сравнению с контрольным вариантом на 9,7 и 24,3 % соответственно. Однако дальнейшее уменьшение концентрации кобальта в растворе приводит к снижению энергии прорастания.

Обработка водным раствором кобальта во всех концентрациях снижает лабораторную всхожесть семян пшеницы мягкой озимой. Концентрация (0,01 % и 0,001 %) водного раствора кобальта, способствует незначительному уменьшению показателя всхожести на 1,3 % (абс.) по сравнению с контролем. Кроме этого нами наблюдается снижение этого показателя по мере разбавления водного раствора сульфата кобальта (II).

На обработанных семенах пшеницы мягкой озимой протравителем, но без применения кобальта энергия прорастания на контрольном варианте составила 54,7 %. Лабораторная всхожесть вышеуказанных семян 92,0 %. Обработка семян

водным раствором кобальта в концентрации 0,001 % повысила энергию прорастания на 13,3 % (абс.), на этом варианте отмечено снижение лабораторной всхожести на 1,4 % (отн.) по сравнению с контрольным вариантом. Видимо, снижение лабораторной всхожести связано с наличием кобальта, который может подавлять митоз, повреждать хромосомы и эндоплазматические ретикулулы [218].

Скорость и дружность прорастания семян пшеницы мягкой озимой на контрольном варианте без протравителя составила 3,0 сут. и 3,6 шт./сут. соответственно. На варианте с концентрацией 0,001 % отмечено снижение скорости прорастания одного семени на 23,3 % по сравнению с контрольным вариантом.

На контрольном варианте с протравителем скорость прорастания составила 3,1 сут., а дружность – 3,1 шт./сут. Обработка 0,001 % водным раствором семян пшеницы мягкой озимой положительно повлияла на дружность и скорость прорастания, и она составила 2,6 сут. и 3,2 шт./сут.

Сравнивая действия различных концентраций микроэлементов, содержащих от 0,01 % до 0,0000001 % Cu и Co, на длину среднюю проростков и корешков семян пшеницы озимой мягкой следует отметить разнонаправленность влияния вышеуказанных элементов (рисунок 40, 41).

Кобальт, содержащейся в водных растворах на семенах с протравителем уменьшал среднюю высоту проростков и длину корешков. Так, на вариантах с наибольшей (0,01 %) и наименьшей (0,0000001 %) отмечено снижение высоты проростков на 1,8 и 1,9 см соответственно. Средняя длина корешком на этих вариантах несколько меньше контрольного варианта на 0,9 и 1,0 см. При этом, отмечено незначительное увеличение средней длины корешков на вариантах с концентрацией 0,001 % и 0,0001 % [218].

Различные концентрации водных растворов меди неоднозначно оказывают влияние на посевные качества семян пшеницы мягкой озимой. На непротравленных семенах мы наблюдаем постепенное улучшение показателей от высокой концентрации 0,01 и 0,001 % и далее снижение к концентрации 0,0001 и 0,00001 % при этом увеличивается средняя высота проростков и средняя длина корешков. На протравленных семенах высокие концентрации меди оказывают ингибирующее действие.

Наилучшее влияние на посевные качества семян оказывают концентрации меди – 0,0001 и 0,00001 %. Предпосевная обработка семян водными растворами меди в этих концентрациях положительно влияет на начальные этапы роста проростков и корешков, что в дальнейшем может послужить наиболее эффективным способом управления продукционным процессом.

Предпосевная обработка семян пшеницы мягкой озимой кобальтом без использования протравителя повлияла на ростовые процессы аналогично, как и на семенах с применением протравителя. В проведенном эксперименте нами зафиксировано наибольшее угнетающее действие на высоту проростка водного раствора кобальта с концентрацией 0,0000001 % (снижение составило на 2,4 см), а на длину корешка концентрация 0,01 %, снижение длины корешка до 6,3 см.

5 АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗЕ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ

Эффективность применения минеральных удобрений – необходимое условие высокой продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечения продовольственной безопасности государства. Урожай зерна пшеницы мягкой озимой формируются из плотности посевов, количества зерен в колосе, массы 1000 зерен, содержания протеина и клейковины и других показателей. Учет и исследование этих показателей не только отражает генетический потенциал культуры и сорта, но и является главной мерой эффективности применения минеральных удобрений в складывающихся агрометеорологических условиях, так как продуктивность культуры определяется сочетанием количественных признаков, являющихся результатом взаимодействия внешней среды и генотипа растений [97, 114, 179].

5.1 Урожайность пшеницы мягкой озимой и её структура

Урожайность и качество зерна культуры является итогом физико-биохимических процессов, происходящих в растениях пшеницы мягкой озимой в течении всего жизненного цикла. Интенсивность и направленность этих процессов определяется генетическими особенностями культуры, агротехническими мероприятиями, климатическими условиями и применением удобрений. Создание оптимальных условий питания в течении всей вегетации пшеницы мягкой озимой – необходимое условие получение устойчивых и высоких урожаев культуры [241].

За все исследуемые (2018-2021 гг.) годы удобрения, применяемые в (стационарном опыте 1), улучшая питательный режим чернозема выщелоченного, способствовали повышению урожайности зерна пшеницы мягкой озимой (приложение 31, таблица 1). Установлено, что на контроле (000) получено зерна 5,1 т/га. Под действием азотных удобрений в норме N_{80} (200) урожайность культуры составила 6,3 т/га и прибавка была равна 1,2 т/га. На варианте, где применялись фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) – 6,0 т/га с прибавкой 1,0 т/га. Калийные удобрения оказали незначительное действие. Прибавка недостоверная (HCp_{05} – 0,7-0,8 т/га) при урожайности культуры 5,2 т/га. При совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) получена максимальная урожайность зерна – 6,8 т/га, что выше контроля на 33,7 % [220, 223].

Таблица 1 – Урожайность зерна пшеницы мягкой озимой, стационарной опыт

Вариант	Урожайность по годам, т/га			Средняя, т/га	Прибавка	
	2018-2019 гг.	2019-2020 гг.	2020-2021 гг.		т/га	%
000	4,9	5,1	5,2	5,1	–	–
200	6,1	6,2	6,6	6,3	1,2	24,4
020	5,9	6,0	6,1	6,0	1,0	18,8
002	5,0	5,2	5,4	5,2	0,1	3,0
222	6,7	6,7	6,9	6,8	1,7	33,7
HCp_{05}	0,7	0,7	0,8	–	–	–

Мы связываем увеличение урожайности зерна культуры на исследуемых вариантах опыта с тем, что минеральные удобрения повлияли на элементы структуры урожая (приложение 33). На контрольном варианте (000) количество продуктивных стеблей за исследуемые (2018-2021 гг.) годы было 530 шт./м², длина стебля и колоса 82,6 и 8,6 см соответственно, число зерен в колосе 25,5 шт и масса зерна с колоса 1,28 г, масса 1000 семян 40,5 г. При применении в агроценозе пшеницы мягкой озимой азотных удобрений в норме N_{80} (200) и совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) наблюдается существенное увеличение всех элементов структуры урожая. Количество продуктивных стеб-

лей на этих вариантах увеличивается до 565 и 582 шт./м², высота соломины и колоса – 88,9; 90,1 и 8,9; 9,3 см; число зерен – 26,6 и 28,0 шт; масса зерна с колоса и 1000 семян 1,33; 1,40 и 42,9; 43,1 соответственно. Фосфорные удобрения в норме Р₆₀ повышали число зерен в колосе на 0,7 г, что отразилось на массе зерна с колоса на этих вариантах – 1,30 г. Калийные удобрения в норме К₄₀ не значительно влияли на элементы структуры урожая.

В полевом опыте (опыт 2) за все исследуемые (2018-2021 гг.) годы наблюдается достоверное (НСР₀₅ – 0,5-0,8 т/га) увеличение урожайности зерна культуры на всех вариантах опыта (приложение 32). На варианте, где применялись минеральные удобрения в дозе N₁₂P₅₀ (ФОН) урожайность зерна – 6,3 т/га, прибавка составила 1,2 т/га. Применение аммонийной селитры ФОН + N_{aa} и обыкновенного карбамида ФОН + N_м позволило получить 6,8 т/га. Применение ингибированного карбамида ФОН + N_м^{ЮТЕК} в агроценозе пшеницы мягкой озимой повысило урожайность зерна культуры на 1,8 т/га или 36,3 % по отношению к контрольному варианту (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность зерна пшеницы мягкой озимой, полевой опыт

Вариант	Урожайность по годам, т/га			Средняя, т/га	Прибавка	
	2018- 2019 гг.	2019- 2020 гг.	2020- 2021 гг.		т/га	%
000	4,9	5,1	5,2	5,1	–	–
ФОН	6,1	6,2	6,6	6,3	1,2	24,4
ФОН + N _{aa}	6,7	6,7	7,0	6,8	1,8	34,7
ФОН + N _м	6,7	6,7	7,0	6,8	1,7	34,3
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	6,8	6,8	7,1	6,9	1,8	36,3
НСР ₀₅	0,5	0,8	0,4	–	–	–

Структура урожая в полевом опыте на всех вариантах опыта имеет существенные различия в количестве продуктивных стеблей, длине стебля и колоса, массы зерна в колосе и массы 1000 семян. Количество продуктивных стеблей варьировало от 570 до 592 шт./1 м², длина стебля 89,0-89,6 см и колоса 8,8-9,7 см, масса зерна с колоса 1,34-1,48 г, масса 1000 семян 42,3-43,6 г (приложение 34).

Наблюдения за показателями качества стационарного опыта (опыт 1) показали, что вносимые удобрения, повышали не только продуктивность культуры, но

способствовали улучшению качества зерна культуры (таблица 3, приложение 35). Достоверные прибавки средневзвешенного содержания белка отмечены на вариантах с применением азотного удобрения в норме N_{80} (200) и совместного внесения азотного, фосфорного и калийного удобрения в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) – 12,1 % и 11,9 %. Содержание клейковины и стекловидности на этих вариантах – 22,5; 23,1 % и 44,6; 45,9 % соответственно [220].

Таблица 3 – Качество зерна пшеницы мягкой озимой, стационарный опыт, 2018-2021 гг.

Вариант	Содержание белка, %	Натура, г/л	Содержание клейковины, %	Стекло-видность, %	Сбор белка, кг/га	Окупаемость 1 кг д. в.
000	10,9	773,7	21,1	43,1	555,9	—
200	12,1	784,7	22,5	44,6	762,3	15,4
020	11,6	781,3	21,9	43,9	696,0	15,8
002	11,1	771,7	21,6	43,2	577,2	3,8
222	11,9	790,0	23,1	45,9	809,2	9,4
НСР ₀₅	0,5-0,9	3,3-4,1	0,4-1,1	1,1-1,7	—	—

Средневзвешенное значение натуры, где вносились азотных удобрений в норме N_{80} (200) и совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) – 784,7 г/л и 790,0 г/л. Сбор белка 762,3 кг/га и 809,2 кг/га. Внесение фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) и калийных удобрений K_{40} (002) не влияло существенно на изменение наблюдаемых показателей.

Рассчитанная окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений прибавкой зерна пшеницы мягкой озимой показала, что внесение азотных удобрений в норме N_{80} (200) и фосфорных удобрений в норме P_{60} (020) была примерно одинаковой – 15,4 и 15,8 кг/кг д. в. Калийные удобрения в норме K_{40} (002) обеспечили 3,8 кг/кг д. в. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) – 9,4 кг/кг д. в.

В полевом опыте (опыт 2) на всех вариантах за все (2018-2021 гг.) наблюдается достоверное увеличение содержание белка (таблица 4, приложение 35). Минеральные

удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) повысили до 12,1 %, ФОН + N_{aa} и ФОН + N_M – 12,7 %, ФОН + $N_M^{ЮТЕК}$ – 13,1 %.

Исследования природы, содержания клейковины и стекловидности зерна пшеницы мягкой озимой в полевом опыте (опыт 2) показали, что существенное увеличение вышеуказанных показателей наблюдается на вариантах, где проводилась ранневесенняя подкормка азотными удобрениями – ФОН + N_{aa} ; ФОН + N_M и ФОН + $N_M^{ЮТЕК}$ (таблица 4).

Таблица 4 – Качество зерна пшеницы мягкой озимой, полевой опыт, 2018-2021 гг.

Вариант	Содержание белка, %	Натура, г/л	Содержание клейковины, %	Стекло-видность, %	Сбор белка, кг/га	Окупаемость 1 кг д. в.
000	10,9	773,7	21,1	43,1	555,9	—
ФОН	12,1	784,7	22,5	44,4	762,3	19,8
ФОН + N_{aa}	12,7	794,3	23,4	45,0	876,3	12,3
ФОН + N_M	12,7	794,3	23,3	45,1	876,3	12,2
ФОН + $N_M^{ЮТЕК}$	13,1	799,7	24,3	45,9	917,0	12,7
НСР ₀₅	0,4-0,5	11,6-14,3	1,5-2,2	1,1-1,3	—	—

Средневзвешенное значение натуры на вариантах ФОН + N_{aa} и ФОН + N_M было 794,3 г/л. Внесение ингибированного карбамида ФОН + $N_M^{ЮТЕК}$ достоверно (НСР₀₅ – 11,6-14,3 г/л) повысило значение натуры до 799,7 г/л (или на 3,4 %). Средневзвешенное содержание клейковины в зерне на вариантах ФОН + N_{aa} ; ФОН + N_M и ФОН + $N_M^{ЮТЕК}$ было 23,4 %; 23,3 и 24,3 % соответственно. Стекловидность зерна культуры на вариантах ФОН + N_{aa} и ФОН + N_M практически одинаковая 45,0 %, и выше на варианте с внесением карбамида ингибированного ФОН + $N_M^{ЮТЕК}$ – 45,9 %.

Сбор белка на варианте, где применялись минеральные удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) составил 762,3 кг/га. Применение аммонийной селитры ФОН + N_{aa} и обыкновенного карбамида ФОН + N_M повысило сбор белка на 57,6 % (или на 320,4 кг/га), ингибированный карбамид ФОН + $N_M^{ЮТЕК}$ повысил сбор белка до 917,0 кг/га. Наибольшая окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений было варианте, где применялись минеральные удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) – 19,8 кг/кг

д.в. Применение азотных удобрений ранней весной дали практически одинаковую окупаемость от 12,2 до 12,7 кг/кг д.в.

Таким образом, наилучшая отзывчивость культуры была на вариантах с внесением азотных удобрений и совместного применения азотных, фосфорных и калийных удобрений. Совместное внесение азотных, фосфорных и калий удобрений максимально повысило урожайность зерна до 6,8 т/га (или 33,7 %). Ранневесенние подкормки аммонийной селитрой, карбамидом и карбамидом ЮТЕК на фоне $N_{12}P_{50}$ увеличили урожайность до 6,8 и 6,9 т/га соответственно. Минеральные удобрения способствовали повышению качества зерна. Содержание белка и клейковины на вариантах с внесением азотных удобрений и совместного применения азотных, фосфорных и калийных удобрений, $ФОН + N_m^{ЮТЕК}$ – 12,1 %; 11,9; 13,1 и 22,5; 23,1; 24,3 % соответственно.

5.2 Вынос и баланс биогенных элементов

Выращивание сельскохозяйственных культур сопровождается выносом биогенных элементов из почвы, урожай которых формируется за счет мобилизации почвенного плодородия и не всегда компенсируется вносимыми удобрениями [212]. Наблюдения Министерства природных ресурсов Краснодарского края за состоянием земельных ресурсов показывают, что начиная с 2019 года баланс питательных веществ в земледелии складывается отрицательный по основным элементам питания – азоту, фосфору и калию. Вынос из почвы основных элементов питания значительно выше внесенных с удобрениями, он компенсирован в среднем по элементам всего лишь на 81 %, из них по азоту – на 91 %, фосфору – 82 % и калию – 64 %. Как пишет ведомство, для сохранения плодородия почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо возвращать в почву не менее 80 % азота, 100-110 % фосфора и 70-80 % калия, взятых из нее [130].

Расчёт выноса биогенных элементов из чернозема выщелоченного и баланса в агроценозе пшеницы мягкой озимой за годы исследования (2018-2021 гг.) показал, что на контрольном варианте (000) по азоту составил 97,9 кг/га, фосфору – 42,8 кг/га и калию 25,5 кг/га, а баланс по азоту, фосфору и калию отрицательный (таблица 5).

Таблица 5 – Вынос биогенных элементов урожаем пшеницы мягкой озимой в зависимости от видов удобрений

Вариант	Вынос, кг/га			Баланс, кг/га			Интенсивность баланса, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
000	97,9	42,8	25,5	-97,9	-42,8	-25,5	–	–	–
200	133,6	55,4	34,7	-53,6	-55,4	-34,7	59,9	0,0	0,0
020	122,4	53,4	30,0	-122,4	6,6	-30,0	0,0	112,4	0,0
002	101,4	43,7	27,6	-101,4	-43,7	12,4	0,0	0,0	144,9
222	142,1	61,2	37,4	-62,1	-1,2	2,6	56,3	98,0	107,0

Внесение азотных удобрений в норме N₈₀ (200) сопровождалось увеличением выноса азота на 35,7 кг/га, фосфора – 12,6 и калия – 9,2 кг/га. На варианте с азотными удобрениями баланс оставался отрицательным по азоту, фосфору, калию и интенсивность баланса по азоту составила 59,9 %. Фосфорные удобрения в норме P₆₀ (020) способствовали увеличению выноса азота – 122,4 кг/га, фосфора – 53,4 кг/га и калия – 30,0 кг/га. Баланс по азоту и калию на этом варианте отрицательный, по фосфору положительный 6,6 кг/га, а интенсивность баланса по фосфору – 122,4 %. Калийные удобрения в норме K₄₀ (002) увеличили вынос азота, фосфора и калия. На этом варианте баланс по азоту и фосфору отрицательный – 101,4 кг/га и 43,7 кг/га, и по калию положительный – 12,4 кг/га, интенсивность баланса по калию 144,9 %. При совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме N₈₀P₆₀K₄₀ (222) наблюдается самый высокий вынос биогенных элементов по азоту, фосфору и калию – 142,1 кг/га, 61,2 и 37,4 кг/га. По азоту и фосфору расчет баланса отрицательный, по калию положительный – 2,6 кг/га. Интенсивность баланса по азоту – 56,3 %, фосфору – 98,0 % и калию – 107,0 %.

Расчёт балансового коэффициента выноса на варианте с азотными удобрениями в норме N_{80} (200) для азота составил 167,0 %. Для фосфора, на варианте с фосфорными удобрениями в норме P_{60} (020) – 89,0 %. Применение калийных удобрений в норме K_{40} (002) повлияли на балансовый коэффициент выноса калия, и он был равен 69,0 %. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ повлияло на балансовый коэффициент выноса в сторону его увеличения по азоту, фосфору и калию – 177,6 %, 102,0 % и 93,5 % соответственно (таблица 6).

Коэффициент возмещения на варианте, где вносились азотные удобрения в норме N_{80} (200) – 0,4. Фосфорные удобрения в норме P_{60} (020) и калийные удобрения в норме K_{40} (002) – 0,3 и 0,2 соответственно. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ способствовало более высокому возмещению элементов и было равно 0,7.

Таблица 6 – Оценка состояния баланса элементов питания в агроценозе пшеницы мягкой озимой

Вариант	Вынос, кг/га			Балансовый коэффициент выноса, %			Коэффициент возмещения (возврата)
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	
000	97,9	42,8	25,5	–	–	–	–
200	133,6	55,4	34,7	167,0	–	–	0,4
020	122,4	53,4	30,0	–	89,0	–	0,3
002	101,4	43,7	27,6	–	–	69,0	0,2
222	142,1	61,2	37,4	177,6	102,0	93,5	0,7

Таким, образом на всех исследуемых вариантах наблюдается отрицательный баланс по азоту и варьировал от 53,6 кг/га на варианте где вносились только азотные удобрения до 122,4 кг/га на варианте с фосфорными удобрениями. Применение фосфорных и калийных удобрений в агроценозе пшеницы мягкой озимой способствует положительному балансу одноименных элементов 6,6 кг/га и 12,4 кг/га, однако при совместном применении азотных, фосфорных и калийных удобрений наблюдается положительный

баланс 2,6 кг/га только по калию. Коэффициент возмещения выше 50 % наблюдается только при совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений.

5.3 Энергетическая эффективность удобрений

Наращивание производства зерна пшеницы мягкой озимой сопровождается увеличением дополнительных затрат связанных с применением удобрений. Обострение энергетической ситуации в мире формирует повышенный интерес к энергетическим проблемам в агропромышленном комплексе страны. Энергетическая оценка позволяет установить наименее энергоемких систем применения удобрений при производстве продукции растениеводства.

В стационарном опыте расчёт биоэнергетический коэффициента на варианте с азотными удобрениями в норме N_{80} (200) показал, что энергозатраты на применении удобрений меньше накопленной энергии в прибавке урожая зерна культуры и был равен 1,2 (таблица 7).

Таблица 7 – Энергетическая оценка применения минеральных удобрений за 2018-2021 гг., стационарный опыт

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Энергия, накопленная в прибавке урожая, МДж	Энергозатраты на применение удобрений, МДж	Биоэнергетический коэффициент
000	5,1	–	–	–	–
200	6,3	1,2	19752	16767	1,2
020	6,0	1,0	14814	5122	2,9
002	5,2	0,1	1646	4231	0,4
222	6,8	1,7	27982	33903	0,8

Фосфорные удобрения в норме удобрений в норме P_{60} (020) обеспечили высокий биоэнергетический коэффициент – 2,9. Наиболее энергоемкими оказались варианты, где вносились калийные удобрения в норме K_{40} (002) – 0,4 и совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ (222) – 0,8.

В полевом опыте 2 применение удобрений в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) показало, что накопленная энергия в урожае зерна пшеницы мягкой озимой больше практически в два раза, чем энергозатраты на применение удобрений. Применение аммонийной селитры ФОН + N_{aa} , карбамида обыкновенного ФОН + N_m и ингибированный карбамид ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ оказались равноценными и биоэнергетический коэффициент равен 1 (таблица 8).

Таблица 8 – Энергетическая оценка применения минеральных удобрений за 2018-2021 гг., полевой опыт

Вариант	Урожай- ность, т/га	Прибавка, т/га	Энергия, накопленная в прибавке урожаю, МДж	Энергозатраты на применение удобрений, МДж	Биоэнергети- ческий коэф- фициент
000	5,1	–	–	–	–
ФОН	6,3	1,2	19752	10350	1,9
ФОН + N_{aa}	6,8	1,8	29628	29142	1,0
ФОН + N_m	6,8	1,7	27982	29142	1,0
ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$	6,9	1,8	29628	29160	1,0

Таким образом, расчеты энергетической эффективности применения минеральных удобрений показал, что на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья энергетически эффективными удобрениями является азотные и фосфорные удобрения – 1,2 и 2,9 соответственно. Применение в качестве ранневесенних подкормок аммонийной селитрой, карбамида обыкновенного и ингибированного в агроценозе пшеницы мягкой озимой является энергетическим эффективным мероприятием и биоэнергетический коэффициент составляет 1,0.

1. В результате исследований 2018-2021 гг. в стационарном опыте чернозема выщелоченного слабогумусного сверхмощного легкоглинистого на лессовидных тяжелых суглинках Западного Предкавказья в агроценозе пшеницы мягкой озимой, выращиваемой после подсолнечника в 4-ой ротации 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота установлены сезонные изменения почвенного органического вещества. На контрольном варианте наблюдается уменьшение содержание почвенного органического вещества в 0-20 см слое почвы от фазы осеннего кущения к фазе полной спелости зерна культуры на 3,70 % (отн.) или 3,12 %. Применение под основную обработку почвы азотных и калийных удобрений, проявляющих физиологически кислые свойства, сопровождается уменьшением содержания почвенного органического вещества к фазе цветения пшеницы озимой мягкой на 0,94 % (отн.) и 0,63 % (отн.) соответственно. За счет оставшихся корневых и пожнивных остатков, на вариантах, где вносились азотные и калийные удобрения наблюдается стабилизация содержания почвенного органического вещества до 3,15 и 3,16 % соответственно. Существенных изменений в содержании почвенного органического вещества в 21-40 см слое почвы отмечено не было, что указывает на стабильность данного показателя и среднее значение по всем вариантам опыта было равно 2,91 %.

2. Актуальная кислотность почвенного раствора чернозема выщелоченного в 0-20 и 21-40 см слоях почвы на контрольном варианте, была близка к нейтральной реакции среды – 6,60 и 6,68 единиц pH. В фазу полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой pH_{H_2O} показатель равен 6,55 и 6,66 единицы pH соответственно. Наибольшие сезонные изменения актуальной кислотности в 0-20 и 21-40 см слоях чернозема выщелоченного зафиксировано от фазы осеннего кущения к фазе цветения культуры на вариантах, где вносились азотные удобрения – 6,32 единицы pH; 6,34 и калийные – 6,33; 6,44 единиц pH соответственно.

3. Обменная кислотность в 0-20 см и 21-40 см слоях почвы без применения минеральных удобрений от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна культуры изменялся незначительно – от 5,51 до 5,72 единиц рН соответственно. Азотные и калийные удобрения от фазы осеннего кушения к фазе полной спелости зерна пшеницы мягкой озимой имели тенденцию к ее увеличению. Обменная кислотность в 0-20 см слое почвы варьировала от 5,12 до 5,39 единиц рН и в 21-40 см слое чернозема от 5,22 до 5,42 единиц рН. Фосфорные удобрения в норме P_{60} и полная норма $N_{80}P_{60}K_{40}$ не приводили к существенным сезонным изменениям актуальной и обменной кислотности и полученные значения исследуемых показателей находились в пределах естественного уровня плодородия почвы.

4. Гидролитическая кислотность без внесения удобрений в 0-20 см слое почвы в фазы осеннего кушения и полной спелости зерна было – 2,07 мг-экв./100 г и 2,18 мг-экв./100 г соответственно. Азотные удобрения достоверно увеличили показатель в фазу осеннего кушения на 12,56 % и концу роста и развития культуры на 12,39 %. Калийные удобрения оказали более выраженное действие на показатель и относительно контрольного варианта увеличение составило – 21,74 %; 38,14; 25,13 и 21,10 % соответственно. Совместно применение азотных, фосфорных и калийных удобрений сохраняли тенденцию увеличения гидролитической кислотности и значения показателей в 0-20 см слое почвы были равны 2,27 мг-экв./100 г; 2,66; 2,52 и 2,38 мг-экв./100 г.

5. Сумма поглощенных катионов, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями на контрольном варианте в 0-20 см и 21-40 см слоях почвы были равны 41,9 мг-экв./100 г и 40,5; 44,03 и 42,68 мг-экв./100 г; 95,1 и 94,9 % соответственно. Азотные и калийные удобрения в фазу полной спелости зерна культуры достоверно влияли на уменьшение показателей в пахотном и подпахотном слоях чернозема на 5,5 % и 3,8; 3,7 и 4,2 % соответственно, что в итоге отразилось на значениях емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями чернозема выщелоченного.

6. В стационарном опыте применение N_{80} и $N_{80}P_{60}K_{40}$ увеличивали содержание обменно-поглощенного аммонийного азота до повышенного содержания. В

фазу весеннего кущения в 0-20 см слое чернозема зафиксированные значения показателя были 17,1 мг/кг и 19,3 мг/кг, что выше контрольного варианта на 7,7 и 9,9 мг/кг почвы соответственно. Динамика показателя показала, что рост, развитие и формирование зерна пшеницы мягкой озимой на всех вариантах, где применялись минеральные удобрения проходило в условиях средней и повышенной обеспеченности аммонийным азотом. Мониторинг содержания нитратного азота в пахотном и подпахотном слоях чернозема показал очень низкое содержание этого элемента в почве – 0,7-3,5 мг/кг почвы.

7. Содержание подвижного фосфора и калия в стационарном опыте в пахотном и подпахотном слоях чернозема от фазы осеннего кущения к фазе полной спелости зерна культуры варьировали от 20,3 мг/кг до 33,2 мг/кг и от 250,6 мг/кг до 295,2 мг/кг почвы. Наибольшее увеличение содержания подвижного фосфора и калия было на варианте $N_{80}P_{60}K_{40}$ – 30,8 мг/кг и 290,2 мг/кг почвы.

8. Азотные удобрения в стационарном опыте способствуют большему накоплению средневзвешенного азота в растениях на 0,35 % (абс.) в фазу весеннего кущения и 0,39 % (абс.) в фазу цветения культуры. На этом варианте в зерне и соломе культуры средневзвешенное содержание азота было равно 2,12 % и 0,67 %. Отмечено, что сбалансированное питание биогенными элементами (азотом, фосфором, калием) поспособствовало большему накоплению азота в растениях азота и полученные значения составили 3,59 % и 1,93 %. Фосфорные и калийные удобрения существенно не влияли на содержание в растениях азота, однако, где применялись фосфорные удобрения, наблюдается увеличение показателя до 2,04 %. Средневзвешенное содержание общего фосфора на варианте $N_{80}P_{60}K_{40}$ в фазы весеннего кущения и цветения было равно в зерне – 1,33 % и 0,95 %, и соломе – 0,90 % и 0,70 % соответственно. При совместном применении азотных, фосфорных и калийных удобрений содержание калия увеличивалось и составило 0,29 % и 0,11 % (абс.) соответственно. Применение только азотных и калийных удобрений не существенно повышало средневзвешенное содержание общего фосфора в растениях пшеницы мягкой озимой.

9. Минеральные удобрения, улучшая обеспеченность растений дефицитными элементами питания изменяли продуктивность пшеницы мягкой озимой. В

стационарном опыте на контрольном варианте получено зерна 5,1 т/га. Азотные удобрения в норме N_{80} повысили урожайность культуры до 6,3 т/га и прибавка была равна 1,2 т/га. Фосфорные удобрения в норме P_{60} – 6,0 т/га и прибавка равна 1,0 т/га. Удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ максимально повысили урожайность зерна – 6,8 т/га, что выше контроля на 33,7 %. Увеличение урожайности зерна культуры происходит за счет увеличения всех элементов структуры урожая – количества продуктивных стеблей, числа зерен, массы зерна с одного колоса, массы 1000 семян. Достоверные прибавки средневзвешенного содержания белка отмечены на вариантах с применением азотного удобрения и совместного внесения азотного, фосфорного и калийного удобрения – 12,1 % и 11,9 %. Содержание клейковины и стекловидности на этих вариантах – 22,5; 23,1 % и 44,6; 45,9 % соответственно.

10. Баланс биогенных элементов на всех вариантах отрицательный. Баланс азота и фосфора (-97,9 кг/га и -42,8 кг/га) на контрольном варианте. Азотные удобрения способствуют повышению выноса фосфора и калия и баланс становился более дефицитным для этих элементов -55,4 и -34,7 кг/га. Применение фосфорных и калийных удобрений в агроценозе пшеницы мягкой озимой способствует положительному балансу одноименных элементов 6,6 кг/га и 12,4 кг/га. Совместное применение азотных, фосфорных и калийных удобрений дает положительный баланс 2,6 кг/га только по калию. Наилучший коэффициент возмещения выше 50 % наблюдается только при совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений.

11. В полевом опыте применение с осени под основную обработку минеральных удобрений в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) повышало содержание обменно-поглощенного аммонийного азота в исследуемых глубинах на 3,2 мг/кг и 0,2 мг/кг почвы. Ранневесенняя азотная подкормка аммонийной селитры в дозе N_{80} , карбамидом обыкновенным и карбамидом ингибированным (ЮТЕК) способствовали лучшей обеспеченности культуры в фазы весеннего кущения и цветения пшеницы мягкой озимой обменно-поглощенным аммонийным азотом в 0-20 см слое почвы на уровне повышенной и высокой. На этих вариантах среднее значение показателя варьировало от 11,8 мг/кг до 19,2 мг/кг. Существенных изменений в содержании обменно-поглощенного азота в 21-40 см слое почвы не отмечено. Изменение и динамика

содержания нитратного азота в полевом опыте имела схожий вид с наблюдаемой тенденцией в стационарном опыте.

12. На содержание азота в зерне и соломе пшеницы мягкой озимой в полевом опыте применение аммонийной селитры и карбамида одинаково повлияло, и оно было равно 2,22 % и 0,71 %. Применение карбамида ЮТЕК существенно увеличило содержание азота на 0,39 % (абс.) в зерне за счет пролонгированного действия удобрения, что поспособствовало большему накоплению элемента растениями.

13. В полевом опыте за все исследуемые (2018-2021 гг.) годы наблюдается достоверное увеличение урожайности зерна культуры на всех вариантах опыта. Минеральные удобрения в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) способствовали увеличению урожайности зерна до 6,3 т/га, прибавка составила 1,2 т/га. Применение аммонийной селитры ФОН + N_{aa} , обыкновенного карбамида ФОН + N_m и позволило получить 6,8 т/га. Применение ингибированного карбамида ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ в агроценозе пшеницы мягкой озимой повысило урожайность зерна культуры на 1,8 т/га или 36,3 % по отношению к контрольному варианту. Структура урожая в полевом опыте на всех вариантах опыта имеет существенные различия в количестве продуктивных стеблей, длине стебля и колоса, массы зерна в колосе и массы 1000 семян. Количество продуктивных стеблей варьировало от 570 до 592 шт./1 м², длина стебля 89,0-89,6 см и колоса 8,8-9,7 см, масса зерна с колоса 1,34-1,48 г, масса 1000 семян 42,3-43,6 г. Средневзвешенное значение natyры на вариантах ФОН + N_{aa} и ФОН + N_m было 794,3 г/л. Внесение ингибированного карбамида ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ достоверно повысило значение natyры до 799,7 г/л (или на 3,4 %). Средневзвешенное содержание клейковины в зерне на вариантах ФОН + N_{aa} ; ФОН + N_m и ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ было 23,4 %; 23,3 и 24,3 % соответственно. Стекловидность зерна культуры на вариантах ФОН + N_{aa} и ФОН + N_m практически одинаковая 45,0 %, и выше на варианте с внесением карбамида ингибированного ФОН + $N_m^{ЮТЕК}$ – 45,9 %.

14. В модельном опыте на эмиссию диоксида углерода с поверхности чернозема выщелоченного Западного Предкавказья влияет не только гидротермический режим почвы, но и виды минеральных удобрений. Наибольшая эмиссия диоксида

углерода за экспозицию отмечена осенью на варианте с внесением азотного удобрения в норме N_{80} . Весной и осенью азотные и калийные удобрения повышают эмиссию диоксида углерода до 85,99 мг CO_2 /кг почвы; 92,85 и 79,94; 79,01 мг CO_2 /кг почвы соответственно. Фосфорные удобрения, напротив, снижают показатель в весенний и летний периоды на 14,16 и 6,49 % соответственно.

15. В условиях лабораторного опыта установлено, что предпосевная обработка семян пшеницы мягкой озимой микроудобрениями, содержащими медь и кобальт оказывают как стимулирующее, так и ингибирующее действия на посевные качества семян культуры. Определено действие меди и кобальта на посевные качества семян пшеницы мягкой озимой. Водные растворы $CuSO_4$ на непротравленных семенах, обработанных в концентрации 0,0001 и 0,00001 % положительно повлияли на энергию прорастания – 85,3 и 88,0 %, лабораторную всхожесть – 96,0 и 97,3 %, скорость и дружность прорастания – 2,4; 2,2 сут. и 5,6; 5,9 шт./сут. Относительно контроля при этих концентрациях увеличивалась средняя длина проростков 3,2 и 3,4 см (26,0 и 27,6 %), а средняя длина корешков 1,4 и 2,7 см (или 15,4 и 29,7 %). На протравленных семенах пшеницы максимально достоверные значения на их посевные качества обнаружены в концентрации 0,00001 % водного раствора меди: энергия прорастания – 56,0 %, лабораторная всхожесть – 96,0 %, скорость прорастания – 3,4 сут. и дружность – 3,4 шт./сут. Обработка семян пшеницы мягкой озимой водным раствором $CoSO_4$, содержащим 0,01 и 0,001 % кобальта положительно повлияла на энергию прорастания. Предпосевная обработка семян повысила энергию прорастания, по сравнению с контрольным вариантом на 9,7 и 24,3 % соответственно. Анализ лабораторной всхожести семян озимой пшеницы мягкой с концентрацией водного раствора содержащий 0,01 и 0,001 % кобальта уменьшил показатель всхожести на 1,3 % (абс.) по сравнению с контролем.

16. На черноземе выщелоченном Западного Предкавказья энергетически эффективными удобрениями является азотные и фосфорные удобрения – 1,2 и 2,9 соответственно. Применение в качестве ранневесенних подкормок аммонийной се-

литрой, карбамида обыкновенного и ингибированного в агроценозе пшеницы мягкой озимой является энергетическим эффективным мероприятием и биоэнергетический коэффициент составляет 1,0.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРСПЕКТИВА
ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

На основе полученных результатов для повышения продуктивности пшеницы мягкой озимой сорта Безостая 100, выращиваемой после подсолнечника, на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья и сохранения естественного плодородия производству предлагается:

1. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в норме $N_{80}P_{60}K_{40}$ под основную обработку почвы позволит получать урожайность зерна культуры до 6,8 т/га (прибавка урожая 1,7 т/га) с содержанием белка в зерне 11,9 %.

2. Субъектам малых предприятий (включая микропредприятия) в условиях достаточной обеспеченности пшеницы мягкой озимой подвижным калием альтернативная система удобрения культуры: под основную обработку почвы вносить аммофос в дозе $N_{12}P_{50}$ (ФОН) и ранней весной подкормкой аммонийной селитрой в дозе N_{80} или тождественным по эффективности карбамидом, при условии, если стоимость единицы азота в карбамиде будет близка к стоимости единицы азота в аммонийной селитре. При урожайности зерна культуры 6,8 т/га, прибавка урожая достигает 1,8 т/га с содержанием белка в зерне 12,7 %.

3. Хозяйствам, имеющим материально-техническое обеспечение проводить предпосевную обработку семян, целесообразно обрабатывать не более 10 % от массы семян пшеницы мягкой озимой, планируемых к посеву, водным раствором $CuSO_4$ в концентрациях 0,0001 и 0,00001 %. Это обеспечит энергию прорастания семян – 85,3 и 88,0 %, лабораторную всхожесть – 96,0 и 97,3 %, скорость и дружность прорастания – 2,4; 2,2 сут. и 5,6; 5,9 шт./сут. соответственно.

Перспективным направлением дальнейшей разработки темы является исследования влияния предпосевной обработки семян Cu- и Co-содержащими удобрениями на урожайность и качество зерна пшеницы мягкой озимой в полевом опыте на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья.

1. Абашеева, Н. Е. Азот, азотный режим почв и эффективность азотных удобрений в Бурятии: учебное пособие / Н. Е. Абашеева, М. Г. Меркушева, Л. Л. Убугонов. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова. – 2011. – 234 с.
2. Абдуллин, М. М. Физико-химическая деградация лесостепных черноземов Башкортостана и продуктивность агроценозов / М. М. Абдуллин, Л. Р. Мустафина // Плодородие. – № 4 (97). – 2017. – С. 35–39.
3. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. – Л.: Гидрометеиздат. – 1975. – 276 с.
4. Адрианов, С. Н. Оценка методов деления подвижных фосфатов в почве / С. Н. Адрианов // Плодородие. – № 2. – 2008. – С. 14–17.
5. Акинчик, А. В. Влияние азотных подкормок на урожай и качество озимой пшеницы / А. В. Акинчик, С. А. Линков, А. Ф. Самойлова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – № 4 (24). – 2019. – С. 186–191.
6. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука. – 1980. – 288 с.
7. Али, А. К. А. Урожайность пшеницы озимой в зависимости от применения минеральных удобрений и предшественников в аграрных ландшафтах Кубани / А. К. А. Али, Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин и др. // В сб.: Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития. Сб. научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. Сост. Л. С. Новопольцева. Под ред. И. С. Белюченко. – 2020. – С. 32–34.
8. Алиев, С. А. Условия накопления и природа органического вещества почв / С. А. Алиев. – Изд. АН Азербайджанской ССР. – Баку. – 1966. – 148 с.
9. Артемьев, А. А. Влияние дифференцированного применения минеральных удобрений на продуктивность культур полевого севооборота и плодородие чер-

нозема выщелоченного / Артемьев А. А. // Достижения науки и техники АПК. – № 3. – 2010. – С. 5–7.

10. Артемьева, З. С. Роль продуктов органо-минерального взаимодействия в структурообразовании и гумусообразовании основных типов почв центра Русской равнины / З. С. Артемьева, Н. П. Кириллова // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. – № 90. – 2017. – С. 73–95.

11. Асланов, Г. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы / Г. А. Асланов // Достижения науки и техники АПК. – № 10. – 2006. – С. 30–31.

12. Афанасьева, Т. В. Почвы СССР / Т. В. Афанасьева, В. И. Василенко, Т. В. Терешина и др. / Отв.ред. Г. В. Добровольский. – М.: Мысль. – 1979. – 380 с., карт., 16 л. ил. – (Справочники-определители географа и путешественника).

13. Балабанова, Н. Ф. Эффективность азотно-фосфорного минерального удобрения на яровой пшенице, возделываемой по паровому предшественнику / Н. Ф. Балабанова, В. А. Волков, А. А. Кемеров и др. // В сб: Исследования и разработки молодых ученых, студентов и специалистов в области сельского хозяйства. Сб. материалов XI региональной научно-практической конференции. – Барнаул. – 2023. – С. 66–70.

14. Балаова, И. А. Тенденции на мировом рынке минеральных удобрений / И. А. Балаова, Ж. Д. Тотиева // Актуальные вопросы современной экономики. – № 5. – 2018. – С. 224–232.

15. Баранская, М. И. Первичная оценка нововыделенных штаммов фосфат-мобилизирующих бактерий / М. И. Баранская, Л. А. Чайковская // Таврический вестник аграрной науки. – № 1 (25). – 2021. – С. 28–37.

16. Безостая 100 [Электронный ресурс]. – URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/bezostaya-100-pshenitsa-miyagkaya-ozimaya/>

17. Безруких, А. М. Оценка эффективности новых видов обогащенных азотных удобрений / А. М. Безруких // В сб.: Студенческая наука - взгляд в будущее. Материалы XV Всероссийской студенческой научной конференции. – 2020. – С. 131–134.

18. Белобров, В. П. Влияние технологий земледелия на морфометрические признаки черноземов / В. П. Белобров, В. К. Дридигер, С. А. Юдин // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – № 102. – 2020. – С. 125–142.
19. Белоусов, А. А. Кинетика минерализации органического вещества при внесении соломы в почву / А. А. Белоусов // В сб.: Органическое вещество почв и урожай. Сб. научных работ молодых учёных. – Красноярск. – 2000. – С. 5–18.
20. Белюченко, И. С. Динамика органического вещества и проблемы его трансформации в почвах агроландшафта степной зоны края / И. С. Белюченко, В. Н. Гукалов, О. А. Мельник // Экологический Вестник Северного Кавказа. – Т. 3. – № 1. – 2007. – С. 5–17.
21. Бесланеев, С. М. Дробное внесение азотных удобрений / С. М. Бесланеев, М. Б. Багов, О. М. Булатова // Агрохимический вестник. – № 4. – 2006. – С. 24–25.
22. Битюцкий, Н. П. Микроэлементы высших растений / Н. П. Битюцкий. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. – 2020. – 368 с.
23. Блажний, Е. С. Почвы равнинной и предгорно-степной части Краснодарского края / Е. С. Блажний // Тр. КСХИ. – Вып. № 4 (32). – 1958. – С. 7–84.
24. Борисов, В. А. Влияние многолетнего применения удобрений в овощном севообороте на плодородие выщелоченного чернозема Воронежской области / В. А. Борисов, И. Ю. Васючков, О. Н. Успенская и др. // Агрохимия. – № 5. – 2017. – С. 31–39.
25. Вальков, В. Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, И. Т. Трубилин и др. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ. – 1995. – 192 с.
26. Василько, В. П. Состояние плодородия пахотных земель на Кубани и пути его сохранения и восстановления / В. П. Василько, А. М. Кравцов, А. В. Заго-рулько и др. // В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сб. статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г. – 2017. – С. 8–9.
27. Власенко, В. П. Оценка почв: учебник / В. П. Власенко, А. В. Осипов, З. Р. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ. – 2021. – 157 с.

28. Волынкин, В. И. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур и агрохимические свойства выщелоченного чернозёма / В. И. Волынкин, А. Н. Копылов, О. В. Волынкина // Плодородие. – № 6 (81). – 2014. – С. 14–16.
29. Волынкина, О. В. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические показатели выщелоченного чернозема и продуктивность культур / О. В. Волынкина, Е. В. Кириллова, Ю. Я. Емельянов и др. // Аграрный вестник Урала. – № 7 (125). – 2014. – С. 15–21.
30. Воронкова, Н. А. Влияние длительного применения удобрений в зерно-травяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. А. Воронкова, Н. Ф. Балабанова // Достигновения науки и техники АПК. – № 5. – 2013. – С. 30–32.
31. Галеева, Л. П. Влияние форм азотных удобрений на пищевой режим чернозёма выщелоченного и продуктивность яровой пшеницы / Л. П. Галеева // В сб.: Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении. Сб. науч. тр. Международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Бурлаковой Лидии Макаровны. – Барнаул. – 2022. – С. 243–247.
32. Гамзиков, Г. П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г. П. Гамзиков. – М.: Наука. – 1981. – 265 с.
33. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт. – 2001. – 392 с.: ил. – (учеб. и учеб. пособия для студ. высш. уч. заведений).
34. Гасанова, Е. С. Влияние внесения удобрений и мелиоранта на состав и свойства фульвокислот чернозема выщелоченного / Е. С. Гасанова, Н. Г. Мязин, К. Е. Стекольников и др. // Вест. Воронежского государственного аграрного университета. – Т. 14. – № 4 (71). – 2021. – С. 75–85.
35. Гасанова, Е. С. Изменение показателей ППК и гумусного состояния чернозема выщелоченного при многолетнем внесении удобрений и известковании / Е. С. Гасанова, А. Н. Кожокина, Н. Г. Мязин и др. // Вест. Воронежского государственного аграрного университета. – № 4 (59). – 2018. – С. 13–21.
36. Гендон, А. Л. Анализ ситуации и конкурентной среды на мировых рынках минеральных удобрений / А. Л. Гендон // В сб.: От научных идей к стратегии

бизнес-развития. сборник научных трудов и результатов совместных научно-исследовательских проектов. – Москва. – 2015. – С. 133–147.

37. Гендон, А. Л. Прогноз на мировом рынке минеральных удобрений / А. Л. Гендон // В сб.: Современные инновационные технологии и проблемы устойчивого развития общества. Материалы IX международной научно-практической конференции. Состав. В. Н. Кривцов, Н. Н. Горбачёв. – 2016. – С. 13–15.

38. Гинзбург, К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / К. Е. Гинзбург. – М.: Наука. – 1981 – 244 с.

39. Голубова, В. К. Агроэкологическая проблема фосфора в агрохимии / В. К. Голубова, Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин // В сб.: Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий. Сб. статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции. Отв. за выпуск А. Г. Максименко. – Краснодар. – 2023. – С. 109–112.

40. ГОСТ 10842-89 (ИСО 520-77). Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. – М. Стандартинформ. – периздан. 2009. – 4 с.

41. ГОСТ 10987-76. Зерно. Методы определения стекловидности. – М. Стандартинформ. – периздан. 2009. – 4 с.

42. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М. Стандартинформ. – периздан. 2011. – 32 с.

43. ГОСТ 13496,4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – М. Стандартинформ. – периздан. 2011. – 32 с.

44. ГОСТ 16265-89. Земледелие. Термины и определения. – 1991. – 23 с.

45. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – М. Комитет стандартизации и метрологии СССР. – Изд-во стандартов. – 1992. – 10 с.

46. ГОСТ 26212-91. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. – М. Комитет стандартизации и метрологии СССР. – Изд-во стандартов. – 1992. – 7 с.

47. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – М. Комитет стандартизации и метрологии СССР. – Изд-во стандартов. – 1992. – 8 с.
48. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М. Стандартинформ. – периздан. 2011. – 8 с.
49. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. – М. Государственный комитет СССР по стандартам. – Изд-во стандартов. – 1985. – 4 с.
50. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М. Государственный комитет СССР по стандартам. – Изд-во стандартов. – 1985. – 5 с.
51. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. – Минск. – 1999. – 12 с.
52. ГОСТ 26726-85. Реактивы. Пламенно-фотометрический метод определения примесей натрия, калия, кальция и стронция. – М. Государственный комитет СССР по стандартам. – Изд-во стандартов. – 1985. – 13 с.
53. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – М. Государственный комитет СССР по стандартам. – Изд-во стандартов. – 1986. – 10 с.
54. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. – 1988. – 11 с.
55. ГОСТ 27821-88. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. – М. Государственный комитет СССР по стандартам. – Изд-во стандартов. – 1988. – 7 с.
56. ГОСТ 29269-91. Почвы. Общие требования к проведению анализов. – 2005. – 4 с.
57. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые посевные качества. Общие технические условия. – М. Стандартинформ. – 2009. – 22 с.
58. ГОСТ Р 57543-2017. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с

применением спектроскопии в ближней инфракрасной области в режиме измерения спектров пропускания. – М. Стандартинформ. – 2020. – 10 с.

59. Григулецкий, В. Г. Новая приближенная математическая модель кинетики сорбции и растворения удобрений в почве / В. Г. Григулецкий, А. В. Казакевич, В. В. Шаляпин // Экологический Вестник Северного Кавказа. –Т. 18. – № 2. – 2022. – С. 51–68.

60. Дарвееш, Н. Почвенно-агрохимические основы применения органических удобрений на черноземе выщелоченном в насаждениях яблони Западного Предкавказья : дисс. ... канд. с.-х. наук, 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений. – Краснодар. – 2023. – 202 с.

61. Добровольский, В. В. География почв с основами почвоведения: Учеб. для геогр. спец. вузов / В. В. Добровольский. – М.: Высш. шк. – 1989. – 320 с.: ил.

62. Докучаев, В. В. Русский чернозем: Отчет Императорскому вольному экономическому обществу: с почвенной картой и 12-ю рисунками в тексте / В. В. Докучаев. – С.-Петербург: Тип. Деклерона и Евдокимова. – 1883. – 376 с.

63. Долгополова, Н. В. Влияние минеральных удобрений на зимостойкость озимой пшеницы в зависимости от способов подкормки и сроков внесения / Н. В. Долгополова // Вестн. Курской государственной сельскохозяйственной академии. – №1. – 2018. – С. 23–26.

64. Донский, И. Н. Формы соединений калия в выщелоченном черноземе при длительном применении разных систем удобрения в условиях Центрального Черноземного региона / И. Н. Донских, М. М. Исра, Н. Г. Мязин и др. // Плодородие. – № 6. – 2012. – С. 9–12.

65. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-изд., доп. и перераб / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).

66. Ерезенко, Е. Е. Изменение агрохимических свойств чернозема выщелоченного Западного Предкавказья при длительном сельскохозяйственном использовании : автореферат дисс. ... канд. с.-х. наук, 06.01.04 – агрохимия. – Краснодар. – 2009. – 25 с.

67. Еремин, Д. И. Сохранение плодородия сибирских черноземов, как неотъемлемая часть продовольственной безопасности страны / Д. И. Еремин // Агропродовольственная политика России. – № 10 (70) – 2017. – С. 83–89.
68. Ерусалимский, В. И. Влияние агромелиорации на микроклимат, плодородие почв и урожайность в условиях южной части Нечерноземья / В. И. Ерусалимский // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – № 60. – 2007. – С. 75–81.
69. Жеруков, Т. Б. Особенности применения микроэлементов в сельскохозяйственном производстве / Т. Б. Жеруков, А. Ю. Кишев, Д. А. Тутукова // Успехи современного естествознания. – № 6. – 2019. – С. 18–22.
70. Жуков, В. Д. Закономерности распределения некоторых тяжелых металлов в агроландшафтах Западного Предкавказья : автореферат дисс. ... канд. с.-х. наук, 06.01.03 – агропочвоведение, агрофизика. – Краснодар. – 2005. – 20 с.
71. Захаров, Н. Г. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы в условиях Среднего Поволжья / Н. Г. Захаров, Н. А. Хайртдинова // Вестн. Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – № 3 (51). – 2020. – С. 41–46.
72. Захаров, С. А. Курс почвоведения / С. А. Захаров. – ГОСИЗДАТ: Москва. – 1927. – 440 с.
73. Захаров, С. А. Почвы Предкавказья / С. А. Захаров // Почвы СССР. Европейская часть СССР. Почвы лесостепных и степных областей. – Т. 3. – 1939. – С. 297–355.
74. Захарова, Н. Н. Косвенные показатели при оценке качества зерна и урожайность озимой мягкой пшеницы в лесостепи среднего Поволжья / Н. Н. Захарова, Н. Г. Захаров, В. А. Исайчев // Вестн. Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – № 3 (59). – 2022. – С. 103–109
75. Иванов, А. Л. Развитие учения о гумусе и почвенном органическом веществе: от Тюринга и Ваксмана до наших дней / А. Л. Иванов, Б. М. Когут, В. М. Семенов и др. // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – № 90. – 2017. – С. 3–38.

76. Иванова, Т. И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. / Т. И. Иванова. – М.: Агропромиздат. – 1989. – 235 с.
77. Ивлева, М. В. Сортовые особенности развития оболочек зерновки озимой пшеницы / М. В. Ивлева, М. Ю. Касаткин, С. А. Степанов // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. – № 12. – 2014. – С. 171–179.
78. Ивойлов, А. В. Эффективность удобрений и известкования выщелоченных черноземов: монография / А. В. Ивойлов. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та. – 2015. – 264 с.
79. Измаилова, Д. С. Влияние азотных удобрений на урожайность озимой твердой пшеницы в Республике Крым / Д. С. Измаилова // Таврический вестник аграрной науки. – № 4 (20). – 2019. – С. 46–53.
80. Ирназарова, Н. И. Влияние нормы и соотношения минеральных удобрений на качество зерна озимой мягкой пшеницы на юге Узбекистана / И. Н. Ирназарова, Ш. И. Ирназаров, Р. Ч. Ишмухамедова и др. // Современные тенденции развития науки и технологий. – № 5-1. – 2016. – С. 58–61.
81. Кабачкова, Н. В. Влияние кислотности почвы на питание растений / Н. В. Кабачкова, Ю. В. Сидорова // Вестн. Российского государственного аграрного заочного университета. – № 43 (48). – 2022. – С. 15–21.
82. Кануков, З. Т. Влияние длительного применения удобрений на урожайность и качество озимой пшеницы и клевера лугового на черноземе выщелоченном РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Ю. Хадилов, А. Е. Басиев и др. // Изв. Горского государственного аграрного университета. – Т. 49. – № 3. – 2012. – С. 10–14.
83. Кануков, З. Т. Плодородие чернозема и урожайность озимой пшеницы при применении удобрений / З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Плодородие. – № 6. – 2008. – С. 6–7.
84. Карабутов, А. П. Устойчивость чернозема типичного к интенсивным приемам земледелия / А. П. Карабутов, Г. И. Уваров, Е. В. Сыромятникова // В сб.: Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. Сб. материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. – 2015. – С. 207–210.

85. Карбамид ЮТЕК® (46) [Электронный ресурс]. – URL: <https://agro.eurochem.ru/product/utec-46/>
86. Карпухин, А. И. Происхождение, состав и свойства почв: учебное пособие / А. И. Карпухин. – М. Изд-во МСХА. – 1990. – 87 с.
87. Кидин, В. В. Основы питания растений и применения удобрений: Учебное пособие. Ч. II / В. В. Кидин. – Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. – 2010. – 337 с.
88. Кидин, В. В. Система удобрения / В. В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. – 2012. – 534 с.
89. Кириченко, К. С. Почвы Краснодарского края / К. С. Кириченко. – К.: Крайгосиздат. – 1952. – 238 с.
90. Кишев, А. Ю. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от уровня фосфорного питания / А. Ю. Кишев, И. М. Ханиева, Т. Б. Жеруков и др. // В сб.: EUROPEAN RESEARCH. Сб. статей XII Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 80–82.
91. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. И. Иванова и др. – М.: Колос. – 1977. – 223 с.
92. Клейменова, Т. В. Обработка семян пшеницы селенсодержащими препаратами / Т. В. Клейменова, В. А. Вихрева, Т. Б. Лебедева // Плодородие. – № 3 (36). – 2007. – С. 16.
93. Климова, Н. В. Экономическая оценка и перспективы развития растениеводства в Краснодарском крае / Н. В. Климова, А. И. Больбат // Вестн. Академии знаний. – № 30 (1). – 2019. – С. 84–89.
94. Коваль, А. В. Влияние минеральных удобрений при разных способах обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы сорта бригада / А. В. Коваль // В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сб. статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Отв. за вып. А. Г. Коцаев. – 2017. – С. 876–877.
95. Ковда, В. А. Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М.: Наука. – 1985. – 262 с.

96. Ковтун, В. И. Высокопродуктивная, сильная озимая пшеница универсального типа Виктория 11 / В. И. Ковтун // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – № 4 (36). – 2012. – С. 45–47.
97. Когут, Б. М. Органическое вещество чернозема / Б. М. Когут // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – № 90. – 2017. – С. 39–55.
98. Кольцова, О. М. Биологическая диагностика состояния чернозема выщелоченного типичной лесостепи / О. М. Кольцова // Вестн. Воронежского государственного аграрного университета. – № 1 (32). – 2012. – С. 7–11.
99. Королев, В. А. Изменение основных показателей плодородия выщелоченных черноземов под влиянием удобрений / В. А. Королев, Л. Д. Стахурлова // Почвоведение. – № 5. – 2004. – С. 604–611.
100. Королева, И. Е. Гумусное и азотное состояние целинных пахотных черноземов / И. Е. Королева, И. И. Лебедева, А. М. Гребенников // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – № 71. – 2013. – С. 27–35.
101. Котов, В. В. Фульвокислоты чернозема выщелоченного / В. В. Котов, К. Е. Стекольников, С. В. Ткаченко и др. // Сорбционные и хроматографические процессы. – Т. 6. – № 5. – 2006. – С. 722–731.
102. Кошеленко, Н. А. Влияние различных агротехнологий на содержание тяжелых металлов в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья : автореферат дисс. ... канд. с.-х. наук, 06.01.04 – агрохимия. – Краснодар. – 2009. – 26 с.
103. Кузнецов, П. И. Способ предпосевной обработки семян зерновых культур / П. И. Кузнецов, Г. А. Поминальник, М. А. Кузнецова. – Авторское свидетельство SU 635943 A1. – Заявка № 2481878 от 10.05.1977.
104. Кузнецова, Л. Н. Влияние внесения удобрений на биологические свойства почвы / Л. Н. Кузнецова, А. В. Ширяев, И. В. Кулишова и др. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – № 2 (14). – 2017 – С. 71–76.
105. Куликова, А. Х. Баланс элементов питания в черноземе выщелоченном при возделывании яровой пшеницы в условиях Среднего Поволжья / А. Х. Куликова, С. Н. Никитин, Г. В. Сайдяшева // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. – Т. 1. – 2012. – С. 20–25.

106. Курганова, И. Н. Многолетний мониторинг эмиссии CO₂ из дерново-подзолистой почвы: анализ влияния гидротермических условий и землепользования / И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гереню, Л. Н. Розанова и др. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. 21. – 2007. – С. 23–43.
107. Куркаев, В. Т. Сельскохозяйственный анализ и основы биохимии растений: учебное пособие для средних сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / В. Т. Куркаев, С. М. Ерошкина, А. А. Пономарев. – Москва: Колос. – 1977. – 238 с.
108. Куркаев, В. Т. Ускоренное определение азота, фосфора и калия в растениях из одной навески / В. Т. Куркаев // Почвоведение. – № 9. – 1959 – С. 114–117.
109. Лазаров, Т. К. Баланс основных питательных элементов под посевом озимой пшеницы в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах / Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев, Б. Р. Ханикаев // В сб.: Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции в честь 90-летия факультета технологического менеджмента. – 2019. – С. 44-47.
110. Лапа, В. В. Система применения удобрений: учеб. пособие / В. В. Лапа, В. Н. Емельянова, Ф. Н. Леонова и др. / под ред. В. В. Лапы. – Гродно : ГГАУ. – 2011. – 416 с.
111. Латыпова, А. Ф. Парниковые газы: причины, источники и воздействие на окружающую среду / А. Ф. Латыпова, А. Б. Абулгаирова // Аллея науки. – Т. 2. – № 6 (69). – 2022. – С. 39–42.
112. Лебедева, И. И. Концепция эволюции чернозёмов в условиях агроэкосистем / И. И. Лебедева, И. Е. Королева, А. М. Гребенников // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – № 71. – 2013 – С. 16–26.
113. Малюга, Н. Г. Влияние технологии возделывания на продуктивность озимой пшеницы / Н. Г. Малюга, Т. В. Логойда, А. В. Курепин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 99. – 2014 – С. 786–802.

114. Маслова, Г. Я. Урожайность и элементы структуры урожая сортов озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания в условиях Самарской области / Г. Я. Маслова, И. И. Шарапов, Ю. А. Шарапова // Изв. Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – № 2 (62). – 2021. – С. 240–246.
115. Мерзлая, Г. Е. Плодородие чернозема при длительном применении удобрений / Г. Е. Мерзлая, В. Ю. Семин, С. М. Надежкин // Плодородие. – № 3. – 2007 – С. 11–12.
116. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрения / В. Г. Минеев, В. Д. Панников, Е. П. Трепачев и др. – Ч. 1. – М.: ВИУА. – 1986. – 148 с.
117. Методические указания по проведению полевых опытов с удобрениями Географической сети на X-ю пятилетку / под ред. В. Д. Паникова. – М.: ВИУА. – 1976. – 139 с.
118. Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычѳв, Г. П. Гамзиков и др. / под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова. – 2017. – 854 с.
119. Минеев, В. Г. Обоснование агрохимических показателей плодородия почв в целях реализации потенциальной продуктивности растений / В. Г. Минеев, Л. А. Лебедева // Оптимизация условий повышения плодородия почвы: Сб. науч. тр. Под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ. – 1990. – С. 3–11.
120. Минеев, В. Г. Практикум по агрохимии / В. Г. Минеев, В. Г. Сычѳв, О. А. Амельянчик и др. / Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп./ Под. ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ. – 2001. – 689 с.
121. Назарбек, У. Б. Анализ состояния мирового рынка минеральных удобрений / У. Б. Назарбек // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – № 12-1. – 2013. – С. 39–43.
122. Назаров, Б. И. Влияние парниковых газов на глобальное изменение климата / Б. И. Назаров, С. Ф. Абдуллаев, В. А. Маслов // Извест. Академии наук

Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – № 2. – 2009. – С. 56–62.

123. Назарюк, В. М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах / В. М. Назарюк. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2002. – 257 с.

124. Найденко, И. В. Влияние различных технологий возделывания озимой пшеницы сортов РУФА, ПОБЕДА 50 на динамику калия в почве / И. В. Найденко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 19. – 2006 – С. 162–167.

125. Никитишен, В. И. Взаимосвязи в питании озимой пшеницы при длительном применении удобрений в севообороте на серой лесной почве ополей / В. И. Никитишен, В. И. Личко // Агрохимия. – № 1. – 2015. – С. 41–49.

126. Никитишен, В. И. О потерях калия посевами озимой пшеницы в период созревания / В. И. Никитишен, В. И. Личко, Е. В. Орехова и др. // Агрохимия. – № 10. – 2004. – С. 86–94.

127. Носатовский, А. И. Пшеница. Биология / А. И. Носатовский. – Изд. второе, доп. – М., изд-во «Колос». – 1965. – 568 с.

128. О проведении комплекса весенне-полевых работ с использованием научных достижений и рекомендаций института в 2017 году: / А. А. Романенко, Л. А. Беспалова, Н. Ф. Лавренчук и др. // ФГБНУ «КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко». – Краснодар: ЭДВИ. – 2017. – 84 с.

129. О проведении комплекса весенне-полевых работ с использованием научных достижений и рекомендаций центра в 2019 году: рекомендации / А. А. Романенко, Л. А. Беспалова, И. Н. Кудряшов и др. // ФГБНУ «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко». – Краснодар: ЭДВИ. – 2019. – 104 с.

130. О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2022 году: Доклад / Краснодар. – 2023. – 397 с.

131. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормы и требования безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориен-

тировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве (с изменениями на 30 декабря 2022 года) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115/titles/8P20LR>

132. Ожередова, А. Ю. Влияние минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях и урожайность зерна озимой пшеницы / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко // Плодородие. – № 4. – 2019. – С. 6–8.

133. Окорков, В. В. Влияние удобрений на кислотные свойства почв / В. В. Окорков, Л. А. Окоркова, О. А. Фенова // В кн.: Удобрения и тренды в плодородии серых лесных почв Верхневолжья. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр». – Иваново. – 2018. – С. 134–137.

134. Онищенко, Л. М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур : дисс. ... д-ра с.-х. наук, 03.02.13 – почвоведение. – Краснодар. – 2015. – 668 с.

135. Онищенко, Л. М. Азот и формы его соединений в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Л. М. Онищенко, Е. Н. Климякина // В кн.: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сб. тезисов по материалам II Международной конференции. – Отв. за вып. А. Г. Кошцаев. – 2018. – С. 25.

136. Онищенко, Л. М. Анализ гумусного состояния чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Л. М. Онищенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 91. – 2013. – С. 1129–1146.

137. Онищенко, Л. М. Удобрение: Минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы / Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин, А. К. А. Али // В сб.: Энтузиасты аграрной науки. Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения ученых агрохимиков Коренькова Дмитрия Александровича и Тонконоженко Евгения Васильевича. – Отв. за выпуск А.Х. Шеуджен. – 2020. – С. 188–199.

138. Онищенко, Л. М. Формирование урожая и качества зерна пшеницы озимой под влиянием видов минеральных удобрений на черноземе выщелоченном / Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин // В сб.: Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии. Материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022. – г. Краснодар. – 2023. – С. 122–123.
139. Осипов, М. А. Динамика нитратного и аммонийного азота на черноземе выщелоченном под посевами озимой пшеницы / М. А. Осипов, Д. П. Кривенко, А. А. Чухиль // В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – 2012. – С. 89–91.
140. Основы почвоведения и географии почв / Под ред. доктора биологических наук, С.П. Кулижского и доктора географических наук, профессора А. Н. Рудого. – Томск: ТГУ – ТГПУ. – 2004. – 374 с.
141. Павленко, В. А. Плодородие выщелоченного чернозема при длительном применении минеральных удобрений / В. А. Павленко, Н. М. Тишков, О. В. Енкина. – Под. Ред. В. А. Павленко. – Краснодар. – 1996. – 107 с.
142. Перельман, А. И. Геохимия: Учеб. для геол. Спец. вузов. – 2-е изд., перераб и доп. / А. И. Перельман. – М. Высш. Шк. – 1989. – 528 с.: ил.
143. Поволоцкая, Ю. С. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы сорта Губернатор Дона, возделываемого по непаровым предшественникам / Ю. С. Поволоцкая, А. В. Федюшкин // Бюллетень науки и практики. – Т. 4. – № 8. – 2018. – С. 77–83.
144. Подекадный агрометеорологический бюллетень. – Краснодар. – 2018. – 147 с.
145. Подекадный агрометеорологический бюллетень. – Краснодар. – 2019. – 147 с.
146. Подекадный агрометеорологический бюллетень. – Краснодар. – 2020. – 149 с.
147. Подекадный агрометеорологический бюллетень. – Краснодар. – 2021. – 144 с.

148. Позигун, С. С. Анализ мирового рынка минеральных удобрений за 2015 год / С. С. Позигун // Вестн. научных конференций. – № 4-3 (20). – 2017. – С. 102–107.
149. Полевой, В. В. Физиология растений: Учеб. для биол. спец. вузов / В. В. Полевой. – М.: Высш. шк. – 1989. – 464 с.: цв. ил.
150. Полещук, О. М. Анализ структуры рынка минеральных удобрений в России / О. М. Полещук, М. К. Рыбников, К. К. Рыбников // Лесной вестник (1997-2002). – № 1. – 2000. – С. 118–124.
151. Политыко, П. М. Эффективность технологий возделывания сортов озимой пшеницы (*triticum aestivum* L.) селекции Московского НИИСХ «Немчиновка» на серых лесных почвах / П. М. Политыко, С. В. Матюта, С. В. Беленикин и др. // Проблемы агрохимии и экологии. – № 2. – 2015. – С. 15–21.
152. Посыпанов, Г. С. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Б. Х. Жеруков и др. / Под ред. Г. С. Посыпанова. – М.: КолосС. – 2007. – 612 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
153. Прокина, Л. Н. Влияние минеральных удобрений и микроэлементов ЖУСС-2 на фоне известкования почвы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зернотравяном севообороте / Л. Н. Прокина // Достижения науки и техники АПК. – Т. 29. – № 3. – 2015. – С. 13–15.
154. Прянишников, Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии / Д. Н. Прянишников. – М.-Л.: АН СССР. – 1945. – 196 с.
155. Прянишников, Д. Н. Учение об удобрении / Д. Н. Прянишников. – Москва. – 1908. – 360 с. (с 39 рисунками в тексте и VIII таблицами).
156. Ремезов, Н. П. Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв / Н. П. Ремезов. – Сельхозгиз. М.: 1957. – 226 с.
157. Репка, Д. А. Влияние биопрепаратов и удобрений на элементы структуры и урожайность сортов озимой пшеницы на Дону / Д. А. Репка, Л. П. Бельтюков, Ю. В. Гордеева // Зерновое хозяйство России. – № 2 (68). – 2020. – С. 72–76.

158. Романовская, А. А. Баланс почвенного углерода в возделываемых землях России / А. А. Романовская, Р. Т. Карабань // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. 21. – 2007. – С. 58–74.
159. Романовская, А. А. Основы мониторинга антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов (CO_2 , N_2O , CH_4) в животноводстве, при сельскохозяйственном землепользовании и изменении землепользования в России : дисс. ... д-ра биол. наук, 03.00.16 – Экология. – Москва. – 2008. – 419 с.
160. Романовская, А. А. Оценка неопределенности инвентаризации выбросов парниковых газов сельском хозяйстве России / А. А. Романовская // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. 21. – 2007. – С. 44–57.
161. Савинская, М. Э. Перспективы развития внутреннего рынка минеральных удобрений / М. Э. Савинская // Проблемы прогнозирования. – № 1. – 2003. – С. 69–77.
162. Савич, В. И. Агроэкологическая оценка взаимосвязей свойств почв во времени и в пространстве / В. И. Савич, В. В. Гукалов, А. Е. Сорокин и др. // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – № 106. – 2021. – С. 163–175.
163. Садыгова, М. К. Способ повышения урожайности озимой пшеницы / М. К. Садыгова, Ф. А. Мударисов, В. И. Костин // Патент на изобретение RU 2753974 С1. – 25.08.2021. – Заявка № 2020130500 от 16.09.2020.
164. Сажин, В.Б. Химическая промышленность и рынок минеральных удобрений в России / В. Б. Сажин, О. С. Кочетов, М. П. Тюрин и др. // Успехи в химии и химической технологии. – Т. 21. – № 12 (80). – 2007. – С. 120–133.
165. Самофалова, И. А. Химический состав почв и почвообразующих пород [Текст]: учебное пособие / И. А. Самофалова. – М-во с.х. РФ. ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». – 2009. – 130 с.
166. Санакулов, С. Ф. Влияние внесения карбамидно-аммиачной селитры на содержание нитратного азота в почве и накопление сухой массы озимой пшеницы / С. Ф. Санакулов, Б. И. Ниязалиев // Актуальные проблемы современной науки. – № 6 (103). – 2018. – С. 162–165.

167. Святюк, Ю. В. Эффективность калийных удобрений при внесении под озимую пшеницу на черноземе южном карбонатном / Ю. В. Святюк // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – № 14 (177). – 2018. – С. 64–67.
168. Семенов, В. М. Почвенное органическое вещество / В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС. – 2015. – 233 с.
169. Семенов, В. М. Сравнительная характеристика минерализуемого пула органического вещества в почвах природных и сельскохозяйственных экосистем / В. М. Семенов, А. С. Тулина // Агрохимия. – № 12. – 2011. – С. 53–63.
170. Симакин, А. И. Агрохимическая характеристика Кубанских черноземов и удобрений / А. И. Симакин. – Краснодар. – 1969. – 280 с.
171. Симакин, А. И. Агрохимическая характеристика черноземов Краснодарского края и приемы использования удобрений : автореферат дисс. ... д-ра с.-х. наук. – Краснодар. – 1966. – 43 с.
172. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почв и урожай в условиях интенсивного земледелия / А. И. Симакин. – Краснодар. – 1983. – 271 с.
173. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. – Краснодар. – 2015. – 352 с.
174. Скоробогатова, А. С. Влияние различных доз минеральных удобрений на качество и содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы сорта Антонина / А. С. Скоробогатова, М. А. Бедирханов // В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сб. статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Отв. за вып. А. Г. Кощев. – 2017. – С. 902–903.
175. Скоробогатова, А. С. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от агротехнологических приемов на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья : дисс. ... канд. с.-х. наук, 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство. – Краснодар. – 2018. – 204 с.
176. Слюсарев, В. Н. Характеристика некоторых аспектов плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / В. Н. Слюсарев, Л. М. Онищенко,

Т. В. Швец // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 89. – 2013. – С. 916–932.

177. Справочник по удобрениям. Справочное издание / 3-е изд., исправл. и доп. – М.: Колос. – 1964. – 719 с.

178. Стахурлова, Л. Д. Биодинамика черноземов выщелоченных в длительном опыте с различными агротехническими приемами / Л. Д. Стахурлова, А. Ф. Стулин // Российская сельскохозяйственная наука. – № 6. – 2016. – С. 22–25.

179. Столопова, Ю. В. Оптимизации производства аграрной продукции с учетом факторов урожайности зерновых культур / Ю. В. Столопова, С. А. Петрова, Я. М. Иванько // В сб.: Научные исследования и разработки к внедрению в АПК. Мат. международной научно-практической конференции молодых ученых. Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского. – 2019. – С. 100–107.

180. Сычёв, В. Г. Бюллетень Географической сети опытов с удобрениями / В. Г. Сычёв, М. И. Лунев, А. В. Кузнецов и др. // Плодородие пахотных почв Российской Федерации (по данным локального мониторинга). – Вып. 8. – М.: ВНИИА. – 2010. – 52 с.

181. Сычёв, В. Г. Особенности применения систем удобрений под сельскохозяйственные культуры в Ставропольском крае / В. Г. Сычёв, А. Н. Есаулко, В. В. Агеев и др. // Вестник АПК. – № 2. – 2015. – С. 53–66.

182. Сычёв, В. Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования / В. Г. Сычёв. – М.: РАН. – 2019. – 328 с.: ил.

183. Таболова, Е. А. Ключевые игроки российского рынка минеральных удобрений / Е. А. Таболова, Ж. Д. Тотиева // Актуальные вопросы современной экономики. – № 5. – 2018. – С. 239–244.

184. Таболова, Е. А. Оценка конкурентоспособности российских производителей на мировом рынке минеральных удобрений / Е. А. Таболова, Ж. Д. Тотиева // Актуальные вопросы современной экономики. – № 5. – 2018. – С. 195–197.

185. Таболова, Е. А. Российский рынок минеральных удобрений / Е. А. Таболова, Ж. Д. Тотиева // Актуальные вопросы современной экономики. – № 5. – 2018. – С. 257–262.

186. Тематический план научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на 2016-2020 гг. – Утв. А. И. Трубилин. – Краснодар. – 2016. – 147 с.
187. Тематический план научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на 2021-2025 гг. – Утв. А. И. Трубилин. – Краснодар. – 2020. – 169 с.
188. Терпелец, В. И. Влияние длительного возделывания полевых культур различными технологиями на изменение свойств чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности / В. И. Терпелец, Ю. С. Попова // В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сб. статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год. Отв. за выпуск А. Г. Коцаев. – 2016. – С. 66–68.
189. Терпелец, В. И. Изменение гумусового состояния чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности при возделывании полевых культур альтернативными технологиями / В. И. Терпелец, Ю. С. Плитинь, Е. Е. Баракина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 93 (09). – 2013. – С. 831–846.
190. Ткаченко, А. В. Закономерности профильного распределения актуальной кислотности почв в различных геоморфологических условиях подзоны типичной лесостепи / А. В. Ткаченко // Сб. научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – Т. 1. – № 9. – 2016. – С. 592–594.
191. Толстопятова, О. С. Зависимость урожайности основных сельскохозяйственных культур Белгородской области от климатических показателей / О. С. Толстопятова, Е. В. Голованова, С. Н. Толстопятов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – № 1 (21). – 2019. – С. 141–147.
192. Торилов, В. Е. Влияние агроэкологических условий выращивания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. Е. Торилов, И. И. Фокин // Вест. Брянской ГСХА. – № 4. – 2010. – С. 35–44.
193. Трофимов, И. А. Современное состояние, стратегия развития и совершенствование агроэкосистем Центрального Черноземья / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева и др. // Актуальные проблемы устойчивого разви-

тия агроэкосистем (почвенные, экологические, биоценотические аспекты): Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 60-летию лаборатории агроэкологии Никитского ботанического сада, 7 – 11 октября 2019 г. Отв. ред. О.Е. Клименко; Никитский ботанический сад – Национальный научный центр. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ». – 2019. – С. 84–86.

194. Туктарова, Н. Г. Биологические основы формирования высокой урожайности озимой пшеницы в Удмуртской Республике / Н. Г. Туктарова // Достижения науки и техники АПК. – Т. 29. – № 5. – 2015. – С. 23–25.

195. Турчин, Ф. В. Азотное питание растений и применение азотных удобрений. Избранные труды / Ф. В. Турчин. – М., Колос. – 1972. – 336 с. с ил.

196. Тюрин, И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И. В. Тюрин. – М.: Наука. – 1965. – 287 с.

197. Уваров, Г. И. Азотный режим чернозема в зависимости от удобрений и приемов обработки / Г. И. Уваров, А. П. Карабутов // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – № 24 (167). – Вып. 25. – 2013. – С. 105–110.

198. Уваров, Г. И. Влияние удобрений и способов обработки почвы на содержание форм азота в черноземе типичном / Г. И. Уваров, А. П. Карабутов // Агрохимия. – №2. – 2014. – С. 13–19.

199. Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея – Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [Электронный ресурс]. – URL: https://23.rosstat.gov.ru/agriculture_kk

200. Устинцев, А. А. Окупаемость минеральных удобрений при выращивании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А. А. Устинцев, Л. М. Онищенко, Ю. А. Герман // В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сб. статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. Отв. за выпуск А. Г. Коцаев. – 2017. – С. 40–41.

201. Уткин, А. А. Влияние азотной подкормки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / А. А. Уткин, С. Н. Лукьянов // Аграрный вестник Верхневолжья. – № 3 (36). – 2021. – С. 30–35.

202. Федащук, Е. Д. Гумусное состояние чернозема выщелоченного Западного Предкавказья при возделывании озимого ячменя различными технологиями / Е. Д. Федащук, Т. В. Швец, О. С. Имамутдинова // В сб.: Энтузиасты аграрной науки. Сб. статей по материалам международной конференции, посвященной советскому и российскому организатору сельского хозяйства, академику ВАСХНИЛ и РАН, Герою Социалистического Труда Трубилину Ивану Тимофеевичу. А. Х. Шеуджен (науч. ред.). – 2016. – С. 166–168.

203. Федащук, Е. Д. Значение гумуса почвообразовании и плодородии почв Азово-Кубанской низменности / Е. Д. Федащук, Т. В. Швец // В сб.: Вестник научно-технического творчества молодежи Кубанского ГАУ. Сб. статей по материалам научно-исследовательских работ: в 4 томах. Состав. А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов; под ред. А. И. Трубилина, отв. редактор А. Г. Кощачев. – 2017. – С. 119–122.

204. Федюшкин, А. В. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы сорта Губернатор Дона по непаровым предшественникам / А. В. Федюшкин // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – № 8. – 2018. – С. 69–72.

205. Хакимов, Р.А. Влияние доз и сроков применения минеральных удобрений на формирование урожайности озимой пшеницы / Р. А. Хакимов, С. А. Никифорова, Н. В. Хакимова // Вестн. Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – № 2 (50). – 2020. – С. 82–90.

206. Ханикаев, Б. Р. Питательный режим и баланс NPK в черноземе выщелоченном под озимой пшеницей при длительном применении в севообороте / Б. Р. Ханикаев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Изв. Горского государственного аграрного университета. – Т. 57. – № 3. – 2020. – С. 25–34.

207. Ханикаев, Б. Р. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от системы удобрения / Б. Р. Ханикаев, С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров // Изв. Горского государственного аграрного университета. – Т. 57. – № 4. – 2020. – С. 8–14.

208. Хрипунов, А. И. Влагообеспеченность и урожайность озимой пшеницы в разных зонах Ставропольского края / А. И. Хрипунов, Н. А. Морозов, Н. А. Га-

лушко и др. // Изв. Горского государственного аграрного университета. – Т. 55. – № 4. – 2018. – С. 21–26.

209. Хрипунов, А. И. Влияние агрометеорологических условий осеннего периода на начальный рост, развитие и урожайность озимой пшеницы по различным предшественникам в засушливой зоне Ставрополья / А. И. Хрипунов, Е. Н. Общия, Н. А. Морозов // Изв. Оренбургского государственного аграрного университета. – № 3 (77). – 2019. – С. 64–67.

210. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник / В. В. Церлинг. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 235 с. [16] л. ил.ил.

211. Чайковская, Л. А. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: 1. биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и их продуктивность / Л. А. Чайковская, О. Л. Овсиенко // Таврический вестник аграрной науки. – № 4 (28). – 2021. – С. 159–182.

212. Чекмарев, П. А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. / П. А. Чекмарев // Агрохимический вестник. – № 1. – 2012. – С. 2–4.

213. Чернышева, Н. В. Способ предпосевной обработки семян озимой пшеницы / Н. В. Чернышева, А. Я. Барчукова, Е. А. Кайгородова и др. // Патент на изобретение RU 2770880 С1. – 25.04.2022. – Заявка № 2021116226 от 02.06.2021.

214. Чуб, М. П. Продуктивность зернопарового севооборота и плодородие южного чернозема Поволжья при применении разных систем удобрения / М. П. Чуб, Н. В. Потатурина, В. В. Пронько и др. // Агрохимия. – № 5. – 2009. – С. 29–41.

215. Чумаченко, Ю. А. Влияние агрофизических и агрохимических свойств слитых и выщелоченных черноземов на урожайность сельскохозяйственных культур / Ю. А. Чумаченко, Н. И. Мамсиров, А. К. Шхапацев // Новые технологии. – № 4. – 2017. – С. 134–138.

216. Шабанова, И. В. Влияние системы удобрения на содержание макро – и микроэлементов в пахотном слое чернозема выщелоченного / И. В. Шабанова, Н. Г. Гайдукова, З. А. Торосьян // В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – 2012. – С. 104–106.

217. Шакалий, С. Н. Влияние минерального удобрения на качество зерна пшеницы мягкой озимой / С. Н. Шакалий // Вестн. Курганской ГСХА. – №1. – 2015. – С. 40–43.

218. Шаляпин, В. В. Влияние меди и кобальта на посевные качества семян пшеницы мягкой озимой / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, Н. В. Репко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 190 (06). – 2023. – С. 137–147. – DOI 10.21515/1990-4665-190-018.

219. Шаляпин, В. В. Влияние минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы, выращиваемой в условиях чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / В. В. Шаляпин, С. А. Лакиза, В. М. Ерохина // В сб.: Оптимальное питание растений и восстановление плодородия почв в условиях ведения традиционной и органической систем земледелия. Материалы 53-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Александра Васильевича Петербургского. Под редакцией В. Г. Сычёва. – 2019. – С. 180–183.

220. Шаляпин, В. В. Действие видов минеральных удобрений на урожайность пшеницы мягкой озимой, выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, Л. В. Назаренко // Вестн. Донского государственного аграрного университета. – № 1 (47). – 2023. – С. 5–13.

221. Шаляпин, В. В. Оценка воздействия медьсодержащего удобрения при предпосевной обработке семян пшеницы озимой / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, Т. Е. Тарасенко и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 206 (02). – 2025. – С. 328–338. – DOI 10.21515/1990-4665-206-031.

222. Шаляпин, В. В. Теория и практика применения ингибированного карбамида в условиях Западного Предкавказья (обзорная статья) / В. В. Шаляпин, А. К. А. Али // В сб.: Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня

рождения ученых агрохимиков Коренькова Дмитрия Александровича и Тонконоженко Евгения Васильевича. Отв. за выпуск А. Х. Шеуджен. – 2020. – С. 262–268.

223. Шаляпин, В. В. Удобрение пшеницы озимой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, Ю. А. Денисенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – № 109. – 2023. – С. 241–247.

224. Шаляпин, В. В. Эмиссия CO_2 в зависимости от применения минеральных удобрений на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко, В. К. Голубова и др. // Экологический Вестник Северного Кавказа. – Т. 19. – № 2. – 2023. – С. 4–10.

225. Шаляпин, В. В. Эффективность модифицированного карбамида УТЕС в агроценозе пшеницы мягкой озимой, выращиваемой в условии чернозема выщелоченного Кубани / В. В. Шаляпин, Л. М. Онищенко // В сб.: Вектор современной науки. Сб. тезисов по материалам Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Краснодар. – 2022. – С. 412–413.

226. Шаповалова, Н. Н. Влияние способов и доз внесения удобрений на продуктивность озимой пшеницы при прямом посеве на черноземе обыкновенном / Н. Н. Шаповалова, А. А. Воропаева, Е. И. Годунова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – Т. 11. – № 1. – 2021. – С. 211–225.

227. Шаповалова, Н. Н. Кислотно-основные свойства чернозема обыкновенного после длительного внесения минеральных удобрений / Н. Н. Шаповалова, Е. И. Годунова, Е. П. Шустикова // Плодородие. – № 4. – 2016. – С. 15–18.

228. Шарков, И. Н. Адсорбционный метод определения эмиссии CO_2 из почв / И. Н. Шарков // Методы исследования органического вещества почв. Редакторы: А. И. Еськов, В. А. Черников, С. М. Лукин, И. В. Русакова – Владимир. – 2005. – С. 401–408.

229. Шафран, С. А. Динамика применения удобрений и плодородие почв / С. А. Шафран // Агрохимия. – № 1. – 2004. – С. 9–17.

230. Шафран, С. А. Эффективность азотного удобрения зерновых культур различных сортов / С. А. Шафран, А. С. Хачидзе, М. Г. Мамедов и др. // *Агрохимия*. – № 7. – 2006. – С. 13–19.
231. Шенец, Ю. И. Физико-химические свойства чернозёма выщелоченного при возделывании озимой пшеницы различными технологиями / Ю. И. Шенец, В. Н. Слюсарев // В сб.: *Научное обеспечение агропромышленного комплекса*. – 2012. – С. 106–108.
232. Шеуджен, А. Х. Агробиогеохимия чернозема. 2-е изд. доп. и перераб. / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ». – 2018. – 308 с.
233. Шеуджен, А. Х. Агрохимические основы применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинек. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ». – 2013. – 572 с.
234. Шеуджен, А. Х. Агрохимия / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров. – Майкоп: Афиша. – 2006. – 1075 с.
235. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Ч. 4. Фундаментальная агрохимия: учеб. пособие / А. Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ. – 2016. – 529 с.
236. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Ч. 5. Прикладная агрохимия: учеб. пособие / А. Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ. – 2017. – 860 с.
237. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Ч. 7. Региональная агрохимия: учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ. – 2018. – 457 с.
238. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: термины и определения: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: ООО «Полиграф-ЮГ». – 2019. – 176 с.
239. Шеуджен, А. Х. Агрохимия: Учебное пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров // Под ред. А. Х. Шеуджена. 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп: Изд-во «Афиша» – 2006. – 1075 с.
240. Шеуджен, А. Х. Агроэкологическая эффективность подкормки озимой пшеницы карбамидом и карбамидом УТЕС / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Есипенко и др. / В сб.: *Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год. Сб. статей по материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей*. – 2018. – С. 93–94.

241. Шеуджен, А. Х. Агроэкологическая эффективность применения микроэлементов на посевах озимой пшеницы / А. Х. Шеуджен, И. А. Булдыкова, Р. В. Штуц // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – № 96. – 2014. – С. 511–524.

242. Шеуджен, А. Х. Азот и гумус: методы их определения: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, В. П. Суетов, Т. Н. Бондарева и др. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ». – 2021. – 176 с.

243. Шеуджен, А. Х. Биогеохимия / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея». – 2003. – 1028 с.

244. Шеуджен, А. Х. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева и др. // Агрохимия. – № 5. – 2017. – С. 3–11.

245. Шеуджен, А. Х. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность и плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, И. А. Лебедевский и др. // В сб.: Энтузиасты аграрной науки. Сб. статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию кафедры агрономической химии Кубанского государственного аграрного университета и памяти академика Василия Григорьевича Минеева. – 2017. – С. 61–75.

246. Шеуджен, А. Х. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, возделываемой после подсолнечника / А. Х. Шеуджен, Л. И. Громова, Я. Е. Пастернак // Плодородие. – №1. – 2015. – С. 4–7.

247. Шеуджен, А. Х. Географические закономерности действия удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, Л. М. Онищенко и др. – Майкоп: ООО «Полиграф-ЮГ». – 2017. – 96 с.

248. Шеуджен, А. Х. Диагностика минерального питания растений / А. Х. Шеуджен, А. В. Загорулько, Л. И. Громова и др. – Краснодар: КубГАУ. – 2009. – 298 с.

249. Шеуджен, А. Х. Динамика содержания аммонийного азота в почвах рисовых полей Кубани / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Ф. Ойленштейн и др. В сб.: Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию образования Майкопского государственного технологического университета. – 2018. – С. 154–156.

250. Шеуджен, А. Х. Законы земледелия – научная основа сохранения плодородия почв и эффективного применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Н. С. Котляров, Л. М. Онищенко. – Под ред. А. М. Девяткина. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея». – 2004. – 36 с.

251. Шеуджен, А. Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева. – Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ». – 2015. – 664 с.

252. Шеуджен, А. Х. Микроэлементы и формы их соединений в почвах Кубани / А. Х. Шеуджен, Х. Д. Хурум, И. А. Лебедевский. – Майкоп: ОАО «Полиграфиздат «Адыгея». – 2008. – 56 с.

253. Шеуджен, А. Х. Органическое вещество почвы и методы его определения: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Н. Н. Нецадим, Л. М. Онищенко / Под ред. В. Т. Куркаева. – Майкоп: ОАО «Полиграфиздат «Адыгея». – 2007. – 344 с.

254. Шеуджен, А. Х. Питание и удобрение зерновых культур. Пшеница / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: Изд-во ООО «Аякс». – 2010. – 64 с.

255. Шеуджен, А. Х. Питание и удобрение зерновых, зернобобовых и технических культур / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров и др. / Под ред. А. М. Девяткина. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея». – 2004. – 52 с.

256. Шеуджен, А. Х. Руководство к практическим занятиям по экспериментальной агрохимии: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, О. А. Гуторова / Под ред. академика РАН А. Х. Шеуджена. – Майкоп: АО «Полиграф-ЮГ». – 2024. – 800 с.

257. Шеуджен, А. Х. Удобрение и оценка экономической эффективности их применения: учеб. Пособие / А. Х. Шеуджен, И. Т. Трубилин, Л. М. Онищенко. – Краснодар. – 2013. – 331 с.

258. Шеуджен, З. Р. Актуализация агроэкологической оценки почв Азово-Кубанской низменности с применением ГИС технологий : дисс. ... канд. с.-х. наук, 03.02.13 – почвоведение. – Краснодар. – 2019. – 175 с.

259. Шкарупа, М. В. Содержание общего и легкоокисляемого гумуса в черноземе выщелоченном при возделывании озимой пшеницы после подсолнечника различными технологиями / М. В. Шкарупа, Т. В. Швец // В сб.: Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур. Сб. материалов 9-й всероссийской конференции с международным участием молодых учёных и специалистов. – 2017. – С. 165–169.

260. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв / Отв. ред. В. Н. Кудеяров, И. В. Иванов. – М.: ГЕОС. – 2015. – 925 с.

261. Эседуллаев, С. Т. Влияние органического вещества на плодородие почвы и урожайность культур в Верхневолжском регионе / С. Т. Эседуллаев, С. И. Зинченко, И. Г. Мельцаев / Монография. Суздаль-Воронеж. – 2023. – 474 с.

262. Юдин, Ф. А. Методика агрохимических исследований / Ф. А. Юдин. – М., «Колос». – 1971. – 272 с. с илл. (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

263. Юмашев, Х. С. Влияние минеральных удобрений на плодородие выщелоченного чернозема, урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Х. С. Юмашев, И. А. Захарова // АПК России. – Т. 26. – № 4. – 2019. – С. 489–494.

264. Ягодин, Б. А. Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин, И. П. Дерюгин, Ю. П. Жуков и др. / Под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Агропромиздат. – 1987. – 512 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

265. Якименко, В. Н. Изменение параметров плодородия почвы в агроценозах / В. Н. Якименко // Плодородие. – №1. – 2008. – С. 10–11.

266. Якименко, В. Н. Калий в агроценозах Западной Сибири / В. Н. Якименко. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2003. – 231 с.
267. Bedard-Haughn, A. Land use effects on gross nitrogen mineralization, nitrification, and N₂O emissions in ephemeral wetlands / A. Bedard-Haughn, A. L. Matson, D. J. Pen-nock // *Soil Biology and Biochemistry*. – Vol. 38. – Issue 12. – 2006. – pp. 3398–3406.
268. Cai, G. X. Nitrogen losses from fertilizers applied to maize, wheat and rice in the North China Plain / G. X. Cai, D. L. Chen, H. Ding et al. // *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. – № 63. – 2002. – pp. 187–195.
269. Cakmak, I. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways / I. Cakmak // *Plant and Soil*. – Vol. 247. – Issue 1. – 2002. – pp. 3–24.
270. Campbell, C. A. Influence of fertilizer and straw baling on soil organic matter in a thin black chernozem in western Canada / C. A. Campbell, G. P. Lafond, R. P. Zentner et al. // *Soil Biology and Biochemistry*. – Vol. 23. – Issue 5. – 1991. – pp. 443–446.
271. Chao, W. L. Nitrogen transformation in tropical soils: influence of fertilization and crop species / W. L. Chao, C. C. Chao // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – Vol. 64. – Issue 1. – 1997. – pp. 11–17.
272. Emissions Gap Report 2022 [Electronic resource]. – URL: <https://www.unep.org/resources/emissionsgap-report-2022/>
273. Hwang, S. Effects of oxygen concentration and moisture content of refuse on nitrification, denitrification and nitrous oxide production / S. Hwang, K. Hanaki // *Bioresource Technology*. – Vol. 71. – Issue 2. – 2000. – pp. 159–165.
274. Lal, R. Carbon sequestration in soil / R. Lal, W. Negassa, K. Lorenz // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. – Vol. – 15. – 2015. – pp. 79–86.
275. Lang, M. Gross nitrogen transformations in black soil under different land uses and management systems / M. Lang, P. Li, X. Han et al. // *Biology and Fertility of Soils*. – Vol. 52. – 2016. – pp. 233–241.
276. Li, Z. Optimizing Wheat Yield, Water, and Nitrogen Use Efficiency With Water and Nitrogen Inputs in China: A Synthesis and Life Cycle Assessment / Z. Li, S. Cui, Q. Zhang et al. // *Front. Plant Sci*. – Vol. 13. – 2022. – pp. 1–14.

277. Liu, L Response of biomass accumulation in wheat to low-temperature stress at jointing and booting stages / L. Liu, H. Ji, J. An // *Environmental and Experimental Botany*. – Vol. 157. – 2019. – pp. 46–57.
278. Moral, F. J. Characterization of soil fertility using the Rasch model / F. J. Moral, F. J. Rebollo // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. – 2017. – 17 (2). – pp. 486–498.
279. Page, V. Selective Transport of Zinc, Manganese, Nickel, Cobalt and Cadmium in the Root System and Transfer to the Leaves in Young Wheat Plants / V. Page, U. Feller // *Annals of Botany*. – Vol. 96. – Issue 3. – 2005. – pp. 425–434. – <https://doi.org/10.1093/aob/mci189>
280. Rastogi, M, Emission of carbon dioxide from soil / M. Rastogi, S. Singh, H. Pathak // *Current Science*. – Vol. 82. – № 5. – 2002.
281. Silva-Olaya, A. M. Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane / A. M. Silva-Olaya, C. E. P. Cerri, N. La Scala Jr et al. // *Environmental Research Letters*. – Vol. – 8. – 2013. – (015014). – pp. 8.
282. soil-2015 | 2015 International Year of Soils [Electronic resource]. – URL: <https://www.fao.org/soils-2015/en/>
283. Wang, Y. Effects of different agronomic practices on the selective soil properties and nitrogen leaching of black soil in Northeast China / Y. Wang, H. Gao, Z. Xie et al. // *Scientific Reports*. – 10. – 2020. – Art. Number: 14939.
284. Yang, X. Effect of organic matter on phosphorus adsorption and desorption in a black soil from Northeast China / X. Yang, X. Chen, X. Yang // *Soil and Tillage Research*. – Vol. 187. – 2019. – pp. 85–91.

ПРИЛОЖЕНИЯ

**Среднедекадные и среднемесячные значения температуры
атмосферного воздуха в °С за годы исследования**

Год	Месяц Декада	X	XI	XII	Год	I	II	III	IV	V	VI	VII
2018	I	14,5	8,1	2,6	2019	1,6	3,7	6,2	10,7	16,7	24,2	24,1
	II	16,1	2,4	2,2		3,1	3,5	6,6	10,8	19,4	26,2	21,0
	III	12,6	1,8	3,0		3,8	1,8	6,4	14,1	21,0	25,4	23,8
	Сред. за м-ц	14,5	4,1	2,6		2,9	3,1	6,4	11,9	19,0	25,3	23,0
2019	I	15,1	8,7	1,5	2020	1,3	2,1	11,2	8,7	15,5	21,0	27,0
	II	14,2	7,1	5,3		1,3	3,1	7,1	10,8	17,5	23,2	24,5
	III	11,3	3,8	5,2		4,2	6,6	9,5	11,7	16,8	24,4	24,7
	Сред. за м-ц	13,5	6,5	4,0		2,3	3,9	9,3	10,4	16,6	22,9	25,4
2020	I	17,4	10,7	1,2	2021	4,6	5,0	3,6	10,0	15,9	18,0	25,1
	II	17,6	3,3	2,2		-3,1	-2,8	4,4	10,9	18,0	22,4	28,2
	III	13,8	3,1	2,1		4,3	-0,9	5,5	12,4	19,8	24,8	25,4
	Сред. за м-ц	16,3	5,7	1,8		1,9	0,4	4,5	11,1	17,9	21,7	26,2
Сред.многолетнее		11,3	5,3	1,4	-	-1,1	0,0	4,5	11,8	16,7	20,6	23,4

**Среднедекадные и среднемесячные значения
суммы атмосферных осадков в мм за годы исследования**

Год	Месяц Декада	X	XI	XII	Год	I	II	III	IV	V	VI	VII
2018	I	9,0	0,0	11,0	2019	-	-	23,0	5,0	16,0	10,0	2,0
	II	0,0	13,0	10,0		-	-	22,0	39,0	10,0	2,0	61,0
	III	51,0	48,0	49,0		-	-	14,0	0,1	27,0	23,0	67,0
	Сумма осадков	60,0	61,0	70,0		92,0	31,0	59,0	44,1	53,0	35,0	130,0
2019	I	24,0	0,0	23,0	2020	-	-	7,0	0,5	28,0	18,0	18,0
	II	6,0	0,4	4,0		-	-	6,0	4,0	0,0	20,0	28,0
	III	3,0	17,0	12,0		-	-	5,0	0,5	62,0	1,0	61,0
	Сумма осадков	33,0	17,4	39,0		64,0	53,0	18,0	5,0	90,0	39,0	107,0
2020	I	5,4	16,4	0,6	2021	52,8	53,8	5,7	17,1	16,5	20,4	16,0
	II	10,2	5,1	2,8		51,8	43,7	26,9	26,9	39,0	48,8	0,0
	III	2,1	17,1	17,6		4,4	9,4	24,3	24,3	9,2	39,1	12,4
	Сумма осадков	17,7	38,6	21,0		109,0	106,9	56,9	68,3	64,7	108,3	28,4
Сред.многолетнее		62,1	65,2	70,3	-	57,1	38,1	43,1	71,1	70,0	70,2	51,0

Расчет гидротермического коэффициента за период исследования

Период	Сумма осадков, мм	Сумма положительных температур, °C	Период	Сумма осадков, мм	Сумма положительных температур, °C	Период	Сумма осадков, мм	Сумма положительных температур, °C
2018 г.			2019 г.			2020 г.		
-	-	-	-	-	-	30.09	0,7	19,1
05-31.10	51,1	358,8	04-31.10	20,6	323,3	01-31.10	17,7	492,0
01-30.11	0,0	21,5	01-30.11	8,9	86,7	01-30.11	16,0	64,3
01-31.12	0,0	0,0	01-31.12	0,0	12,6	01-31.12	0,0	0,0
2019 г.			2020 г.			2021 г.		
01-31.01	0,0	0,0	01-31.01	0,0	0,0	01-31.01	0,0	12,1
01-28.02	0,0	0,0	01-29.02	3,6	35,7	01-28.02	0,0	32,6
01-31.03	4,6	22,0	01-31.03	3,2	190,8	01-31.03	2,6	10,1
01-30.04	30,8	281,3	01-30.04	1,0	196,1	01-30.04	49,7	240,1
01-31.05	53,3	592,0	01-31.05	89,9	510,2	01-31.05	64,7	556,5
01-30.06	34,7	758,4	01-30.06	38,6	686,0	01-30.06	108,3	651,6
01-08.07	1,1	195,6	01-04.07	0,0	111,6	01-12.07	16,0	303,4
Итого за вегетационный период	176,0	2230,0	Итого за вегетационный период	166,0	2153,0	Итого за вегетационный период	276,0	2382,0
ГТК	0,8		ГТК	0,8		ГТК	1,2	

**Содержание почвенного органического вещества в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, %**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	3,33	3,26	3,02	3,14
	3,33	3,27	3,02	3,14
200	3,15	3,16	3,14	3,16
	3,15	3,16	3,15	3,16
020	3,35	3,31	3,04	3,16
	3,35	3,30	3,04	3,16
002	3,17	3,18	3,17	3,20
	3,15	3,20	3,17	3,20
222	3,30	3,23	2,99	3,11
	3,30	3,23	2,99	3,11
НСР ₀₅	0,02	0,02	0,01	0,00
2019-2020 гг.				
000	3,19	3,21	3,21	3,12
	3,17	3,21	3,21	3,12
200	3,20	3,17	3,17	3,16
	3,19	3,17	3,16	3,15
020	3,19	3,22	3,22	3,13
	3,20	3,20	3,20	3,15
002	3,21	3,10	3,17	3,13
	3,20	3,10	3,17	3,15
222	3,20	3,16	3,18	3,14
	3,19	3,19	3,19	3,14
НСР ₀₅	-	0,03	0,02	-
2020-2021 гг.				
000	3,23	3,24	3,34	3,11
	3,21	3,25	3,35	3,11
200	3,20	3,16	3,16	3,14
	3,19	3,16	3,16	3,14
020	3,27	3,29	3,39	3,16
	3,28	3,29	3,39	3,16
002	3,19	3,23	3,16	3,13
	3,19	3,22	3,16	3,14
222	3,24	3,20	3,20	3,18
	3,18	3,20	3,20	3,18
НСР ₀₅	0,05	0,01	0,01	0,01

Содержание почвенного органического вещества в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, %

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	2,91	2,91	2,88	2,91
	2,92	2,91	2,91	2,88
200	2,92	2,88	2,89	2,92
	2,91	2,92	2,89	2,91
020	2,90	2,89	2,91	2,89
	2,90	2,92	2,91	2,91
002	2,91	2,91	2,92	2,90
	2,90	2,89	2,88	2,92
222	2,90	2,90	2,89	2,91
	2,90	2,89	2,91	2,88
НСР ₀₅	-	-	-	-
2019-2020 гг.				
000	2,88	2,88	2,88	2,87
	2,92	2,92	2,92	2,92
200	2,91	2,91	2,91	2,91
	2,90	2,88	2,90	2,92
020	2,91	2,91	2,92	2,90
	2,92	2,92	2,90	2,92
002	2,89	2,90	2,90	2,90
	2,89	2,90	2,89	2,88
222	2,90	2,91	2,90	2,88
	2,91	2,90	2,90	2,90
НСР ₀₅	-	-	-	-
2020-2021 гг.				
000	2,91	2,92	2,91	2,93
	2,92	2,91	2,92	2,92
200	2,91	2,91	2,91	2,91
	2,90	2,91	2,91	2,91
020	2,91	2,91	2,91	2,91
	2,92	2,91	2,91	2,92
002	2,91	2,92	2,93	2,92
	2,91	2,91	2,92	2,90
222	2,91	2,91	2,92	2,92
	2,92	2,92	2,92	2,92
НСР ₀₅	-	-	-	-

**Мониторинг актуальной кислотности в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	6,60 6,60	6,56 6,54	6,54 6,53	6,55 6,53
200	6,30 6,33	6,38 6,34	6,31 6,32	6,48 6,46
020	6,63 6,64	6,60 6,51	6,57 6,51	6,51 6,48
002	6,38 6,37	6,40 6,42	6,33 6,34	6,41 6,43
222	6,54 6,58	6,53 6,49	6,46 6,45	6,56 6,56
НСР ₀₅	0,04	0,09	0,05	0,04
2019-2020 гг.				
000	6,61 6,59	6,51 6,57	6,47 6,46	6,55 6,58
200	6,31 6,32	6,33 6,35	6,29 6,30	6,48 6,46
020	6,63 6,60	6,59 6,51	6,44 6,49	6,59 6,51
002	6,40 6,36	6,42 6,43	6,34 6,33	6,41 6,45
222	6,58 6,55	6,46 6,51	6,44 6,51	6,56 6,55
НСР ₀₅	0,05	0,09	0,07	0,08
2020-2021 гг.				
000	6,61 6,60	6,50 6,51	6,52 6,50	6,54 6,55
200	6,34 6,38	6,37 6,33	6,33 6,40	6,46 6,46
020	6,58 6,63	6,55 6,45	6,51 6,51	6,52 6,57
002	6,41 6,35	6,43 6,42	6,32 6,32	6,45 6,45
222	6,59 6,57	6,48 6,51	6,50 6,54	6,48 6,53
НСР ₀₅	0,07	0,09	0,07	0,06

**Мониторинг актуальной кислотности в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	6,68 6,67	6,58 6,57	6,54 6,55	6,66 6,67
200	6,45 6,42	6,38 6,35	6,35 6,33	6,50 6,47
020	6,65 6,62	6,51 6,55	6,49 6,55	6,62 6,69
002	6,50 6,47	6,50 6,55	6,43 6,47	6,58 6,60
222	6,67 6,66	6,60 6,59	6,52 6,50	6,64 6,67
НСР ₀₅	0,04	0,06	0,06	0,07
2019-2020 гг.				
000	6,69 6,67	6,62 6,58	6,60 6,59	6,65 6,66
200	6,52 6,45	6,40 6,35	6,34 6,33	6,44 6,51
020	6,71 6,68	6,63 6,60	6,62 6,58	6,65 6,68
002	6,43 6,41	6,50 6,56	6,40 6,39	6,49 6,43
222	6,66 6,65	6,60 6,57	6,55 6,59	6,69 6,60
НСР ₀₅	0,07	0,08	0,05	0,11
2020-2021 гг.				
000	6,68 6,69	6,59 6,60	6,59 6,60	6,67 6,66
200	6,38 6,48	6,44 6,40	6,30 6,36	6,56 6,60
020	6,67 6,70	6,61 6,59	6,55 6,65	6,63 6,69
002	6,54 6,55	6,49 6,43	6,46 6,51	6,53 6,54
222	6,67 6,67	6,64 6,62	6,58 6,55	6,60 6,70
НСР ₀₅	0,09	0,06	0,11	-

**Мониторинг обменной кислотности в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	5,60 5,61	5,44 5,44	5,55 5,59	5,52 5,50
200	5,25 5,17	5,12 5,12	5,29 5,28	5,36 5,36
020	5,58 5,56	5,56 5,54	5,60 5,72	5,50 5,51
002	5,36 5,37	5,17 5,17	5,26 5,29	5,33 5,24
222	5,45 5,38	5,25 5,26	5,52 5,52	5,27 5,23
НСР ₀₅	0,09	0,02	0,11	0,08
2019-2020 гг.				
000	5,64 5,64	5,57 5,57	5,58 5,62	5,53 5,57
200	5,20 5,26	5,12 5,12	5,23 5,26	5,35 5,35
020	5,56 5,61	5,38 5,47	5,66 5,66	5,55 5,38
002	5,26 5,42	5,24 5,21	5,23 5,31	5,37 5,39
222	5,50 5,46	5,24 5,28	5,32 5,30	5,29 5,32
НСР ₀₅	0,15	0,08	0,08	0,14
2020-2021 гг.				
000	5,61 5,63	5,55 5,48	5,58 5,62	5,62 5,62
200	5,17 5,15	5,12 5,12	5,28 5,23	5,17 5,21
020	5,60 5,62	5,48 5,52	5,67 5,66	5,27 5,27
002	5,21 5,18	5,18 5,19	5,16 5,14	5,51 5,51
222	5,35 5,44	5,21 5,19	5,39 5,30	5,34 5,42
НСР ₀₅	0,08	0,07	0,09	0,07

**Мониторинг обменной кислотности в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	5,72 5,70	5,60 5,61	5,64 5,70	5,62 5,61
200	5,27 5,29	5,22 5,22	5,27 5,31	5,44 5,46
020	5,35 5,32	5,32 5,40	5,27 5,28	5,50 5,29
002	5,32 5,34	5,38 5,34	5,30 5,31	5,37 5,42
222	5,66 5,65	5,31 5,32	5,58 5,62	5,51 5,46
НСР ₀₅	0,04	0,07	0,07	-
2019-2020 гг.				
000	5,74 5,73	5,59 5,58	5,69 5,68	5,63 5,66
200	5,31 5,30	5,22 5,23	5,29 5,27	5,45 5,45
020	5,69 5,68	5,64 5,55	5,64 5,65	5,58 5,64
002	5,43 5,36	5,33 5,34	5,29 5,28	5,35 5,37
222	5,60 5,58	5,30 5,33	5,50 5,58	5,56 5,42
НСР ₀₅	0,06	0,08	0,07	0,13
2020-2021 гг.				
000	5,71 5,70	5,59 5,58	5,65 5,61	5,55 5,57
200	5,38 5,31	5,23 5,21	5,30 5,31	5,36 5,32
020	5,66 5,67	5,66 5,65	5,66 5,62	5,43 5,45
002	5,51 5,52	5,27 5,28	5,36 5,34	5,47 5,42
222	5,52 5,55	5,40 5,34	5,52 5,57	5,31 5,33
НСР ₀₅	0,06	0,05	0,06	0,06

Мониторинг гидролитической кислотности в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг-экв./100 г

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	2,07 2,10	2,15 2,18	2,22 2,25	2,17 2,21
200	2,33 2,30	2,80 2,76	2,68 2,65	2,45 2,42
020	2,11 2,09	2,17 2,15	2,26 2,24	2,22 2,19
002	2,45 2,60	2,89 3,07	2,72 2,89	2,57 2,73
222	2,29 2,19	2,70 2,58	2,54 2,43	2,40 2,30
НСР ₀₅	0,15	0,18	0,17	0,16
2019-2020 гг.				
000	2,13 2,10	2,22 2,18	2,28 2,25	2,24 2,21
200	2,35 2,37	2,81 2,83	2,70 2,72	2,47 2,50
020	2,12 2,13	2,19 2,20	2,28 2,29	2,22 2,23
002	2,66 2,55	3,15 3,02	2,96 2,84	2,80 2,68
222	2,34 2,37	2,74 2,78	2,59 2,62	2,45 2,48
НСР ₀₅	0,10	0,12	0,11	0,11
2020-2021 гг.				
000	2,03 1,99	2,11 2,07	2,17 2,13	2,14 2,09
200	2,29 2,31	2,74 2,76	2,63 2,65	2,41 2,43
020	2,01 2,00	2,07 2,06	2,16 2,15	2,11 2,10
002	2,51 2,31	2,97 2,73	2,79 2,57	2,64 2,43
222	2,24 2,19	2,62 2,56	2,48 2,42	2,35 2,30
НСР ₀₅	0,17	0,20	0,19	0,18

Мониторинг гидролитической кислотности в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг-экв./100 г

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	2,11 2,13	2,19 2,22	2,26 2,28	2,22 2,24
200	2,31 2,35	2,77 2,82	2,66 2,70	2,43 2,47
020	2,16 2,09	2,22 2,15	2,31 2,24	2,27 2,19
002	2,36 2,40	2,78 2,83	2,62 2,66	2,48 2,52
222	2,20 2,10	2,29 2,18	2,28 2,17	2,31 2,21
НСР ₀₅	0,11	0,12	0,12	0,11
2019-2020 гг.				
000	2,14 2,15	2,23 2,24	2,29 2,30	2,25 2,26
200	2,40 2,35	2,86 2,80	2,74 2,68	2,52 2,47
020	2,11 2,20	2,17 2,27	2,36 2,26	2,22 2,31
002	2,38 2,42	2,78 2,83	2,64 2,69	2,50 2,54
222	2,14 2,21	2,23 2,30	2,21 2,29	2,25 2,32
НСР ₀₅	0,11	0,12	0,12	0,11
2020-2021 гг.				
000	2,06 2,03	2,14 2,11	2,21 2,17	2,16 2,13
200	2,41 2,29	2,87 2,73	2,75 2,61	2,53 2,51
020	2,16 2,00	2,22 2,06	2,36 2,26	2,27 2,10
002	2,29 2,53	2,68 2,96	2,54 2,81	2,63 2,66
222	2,00 2,13	2,08 2,22	2,20 2,07	2,10 2,24
НСР ₀₅	0,28	0,31	0,28	0,18

Динамика суммы поглощенных катионов в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг-экв./100 г

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	42,3	42,1	41,7	41,8
	42,5	42,4	42,0	41,9
200	40,1	39,3	38,9	39,7
	39,8	39,0	38,6	39,4
020	42,2	42,0	41,8	41,8
	41,9	41,7	41,4	41,5
002	41,8	41,0	40,6	41,4
	41,7	40,9	40,5	41,3
222	42,0	41,2	40,7	41,6
	42,3	41,5	41,0	41,9
НСР ₀₅	0,5	0,5	0,5	0,4
2019-2020 гг.				
000	42,6	42,4	42,0	42,1
	42,0	41,9	41,5	41,5
200	39,3	38,5	38,1	38,9
	40,3	39,5	39,1	39,9
020	41,9	41,7	41,8	41,5
	42,7	42,5	41,4	42,3
002	41,2	39,7	39,3	40,0
	40,8	39,0	38,9	39,4
222	41,9	39,5	40,0	41,5
	42,1	39,7	39,1	41,7
НСР ₀₅	1,2	1,3	1,3	1,3
2020-2021 гг.				
000	42,6	42,4	42,0	42,1
	42,2	42,1	41,7	41,7
200	40,1	39,1	38,8	39,8
	39,8	38,5	37,1	39,6
020	42,9	42,7	41,8	42,5
	41,9	41,7	41,4	41,5
002	40,6	40,1	38,1	39,2
	41,2	39,7	38,5	40,6
222	42,4	41,0	39,5	42,0
	42,1	39,6	40,0	41,5
НСР ₀₅	1,1	1,5	1,5	1,5

Динамика суммы поглощенных катионов в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг-экв./100 г

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	42,4	42,3	41,9	41,9
	41,8	41,7	41,3	41,3
200	41,3	40,4	40,0	39,4
	40,1	39,3	38,9	39,2
020	42,9	42,7	41,8	41,1
	42,3	42,1	41,4	41,7
002	39,7	38,9	38,5	37,3
	40,1	39,3	38,9	38,6
222	41,6	40,7	40,3	40,1
	42,5	41,6	41,2	40,5
НСР ₀₅	1,4	1,4	1,3	1,3
2019-2020 гг.				
000	41,3	41,1	40,9	40,0
	41,2	41,0	40,5	39,1
200	39,6	38,6	38,8	38,5
	39,1	38,9	38,4	38,6
020	41,2	40,4	40,0	40,0
	41,0	40,2	40,2	39,9
002	38,7	40,0	38,9	38,9
	40,4	39,0	39,4	39,2
222	41,5	40,8	40,8	40,2
	41,3	40,7	40,2	40,3
НСР ₀₅	1,5	0,9	0,8	0,8
2020-2021 гг.				
000	40,9	41,0	40,6	40,2
	41,2	41,1	40,3	40,3
200	39,4	38,9	38,9	38,8
	39,5	39,5	39,2	39,2
020	40,9	40,7	40,2	40,2
	40,8	40,8	40,0	39,8
002	40,1	39,2	39,3	39,2
	40,9	39,5	39,2	39,1
222	41,1	40,9	40,7	41,0
	41,2	40,7	40,4	40,2
НСР ₀₅	0,7	0,6	0,5	0,8

**Динамика емкости катионного обмена в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг-экв./100 г**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	44,49	44,42	44,09	44,04
200	42,27	41,93	41,42	41,99
020	44,15	44,01	43,85	43,86
002	44,28	43,93	43,36	44,00
222	44,39	43,99	43,34	44,10
НСР ₀₅	0,45	0,49	0,54	0,43
2019-2020 гг.				
000	44,42	44,35	44,02	44,03
200	42,16	41,82	41,31	41,89
020	44,43	44,30	43,89	44,13
002	43,61	42,44	42,00	42,44
222	44,36	42,36	42,16	44,07
НСР ₀₅	1,26	1,34	1,29	1,33
2020-2021 гг.				
000	44,41	44,34	44,00	44,02
200	42,25	41,55	40,59	42,12
020	44,41	44,27	43,76	44,11
002	43,31	42,75	40,98	42,44
222	44,47	42,89	42,20	44,08
НСР ₀₅	1,02	1,63	1,48	1,40

Динамика емкости катионного обмена в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг-экв./100 г

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	44,22	44,21	43,87	43,83
200	43,03	42,65	42,13	41,75
020	44,73	44,59	43,88	43,63
002	42,28	41,91	41,34	40,45
222	44,20	43,39	42,98	42,56
НСР ₀₅	1,40	1,34	1,28	1,29
2019-2020 гг.				
000	43,40	43,29	43,00	41,81
200	41,73	41,58	41,31	41,05
020	43,26	42,52	42,41	42,22
002	41,95	42,31	41,82	41,57
222	43,58	43,02	42,75	42,54
НСР ₀₅	-	0,80	0,79	0,79
2020-2021 гг.				
000	43,10	43,18	42,64	42,40
200	41,80	42,00	41,73	41,52
020	42,93	42,89	42,41	42,19
002	42,91	42,17	41,93	41,80
222	43,22	42,95	42,69	42,77
НСР ₀₅	-	0,61	0,54	0,78

Динамика степени насыщенности основаниями в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, %

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	95,3	95,1	94,9	95,1
200	94,5	93,4	93,6	94,2
020	95,2	95,1	94,9	95,0
002	94,3	93,2	93,5	94,0
222	95,0	94,0	94,3	94,7
НСР ₀₅	0,4	0,4	0,4	0,4
2019-2020 гг.				
000	95,2	95,1	94,9	94,9
200	94,4	93,3	93,5	94,1
020	95,2	95,1	94,8	95,0
002	94,0	92,7	93,1	93,6
222	94,7	93,5	93,8	94,4
НСР ₀₅	0,2	0,2	0,2	0,1
2020-2021 гг.				
000	95,5	95,3	95,1	95,2
200	94,6	93,4	93,5	94,3
020	95,5	95,4	95,1	95,3
002	94,5	93,4	93,5	94,1
222	95,1	94,0	94,2	94,7
НСР ₀₅	0,4	0,5	0,5	0,6

Динамика степени насыщенности основаниями в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, %

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	95,3	95,0	94,9	95,0
200	94,6	93,5	93,7	94,2
020	95,3	95,1	94,9	94,9
002	94,4	93,3	93,6	93,9
222	95,2	94,9	94,8	94,7
НСР ₀₅	0,3	0,4	0,4	0,3
2019-2020 гг.				
000	95,1	94,9	94,7	94,6
200	94,3	93,2	93,5	94,0
020	95,0	94,8	94,6	94,6
002	94,3	93,4	93,6	94,0
222	95,0	94,8	94,8	94,7
НСР ₀₅	0,3	0,4	0,4	0,3
2020-2021 гг.				
000	95,3	95,1	94,9	95,0
200	94,4	93,3	93,6	94,0
020	95,2	95,0	94,6	94,9
002	94,4	93,3	93,6	93,7
222	95,3	95,0	95,0	94,9
НСР ₀₅	0,5	0,7	0,6	0,4

Содержание аммонийного азота в черноземе выщелоченном в 0-20 см слое почвы на стационарном опыте (1) агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	7,2	8,0	15,9	5,0
	8,2	6,0	12,3	5,0
200	12,4	15,3	10,5	4,2
	11,2	15,1	10,7	4,0
020	11,2	12,0	8,0	3,5
	9,6	11,2	6,8	4,3
002	8,5	7,5	15,7	4,4
	8,7	7,1	12,5	3,8
222	9,9	14,2	7,7	4,2
	8,3	14,1	9,1	3,8
НСР ₀₅	2,2	1,8	4,2	-
2019-2020 гг.				
000	5,7	8,9	4,0	2,4
	5,5	9,9	3,4	2,0
200	8,7	17,3	5,1	2,6
	8,9	16,9	4,3	2,0
020	7,6	16,8	4,2	1,7
	6,8	18,6	4,8	1,9
002	8,4	5,8	3,0	1,8
	6,4	10,2	3,0	2,2
222	6,2	21,9	5,0	1,9
	7,0	21,8	4,4	2,3
НСР ₀₅	-	4,2	1,1	-
2020-2021 гг.				
000	4,2	11,4	24,4	6,8
	2,8	12,2	24,6	8,8
200	5,6	22,0	16,1	5,5
	6,0	16,0	16,9	6,3
020	5,1	26,2	8,9	6,2
	2,9	21,4	11,5	5,8
002	6,2	8,3	25,1	6,6
	6,2	9,3	25,3	5,8
222	3,2	22,2	12,3	5,7
	5,0	22,0	11,7	5,9
НСР ₀₅	-	6,3	2,3	-

Содержание аммонийного азота в черноземе выщелоченном в 0-20 см слое почвы
на полевом опыте (2) агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	7,2	8,0	15,9	5,0
	8,2	6,0	12,3	5,0
ФОН	11,3	11,6	10,7	3,9
	10,5	11,2	10,5	4,3
ФОН + N _{aa}	11,6	18,3	11,1	4,4
	9,0	14,1	12,5	4,0
ФОН + N _м	9,9	11,2	14,1	3,8
	10,3	11,1	14,3	5,2
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	8,2	17,1	12,5	4,4
	10,8	18,5	13,1	4,3
НСР ₀₅	-	4,0	-	-
2019-2020 гг.				
000	5,7	8,9	4,0	2,4
	5,5	9,9	3,4	2,0
ФОН	8,7	17,3	5,1	2,6
	8,9	16,9	4,3	2,0
ФОН + N _{aa}	8,1	19,0	5,9	2,0
	8,3	19,3	5,6	2,3
ФОН + N _м	8,1	16,5	6,3	2,1
	9,0	17,0	6,0	2,3
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	8,6	18,9	4,8	2,5
	8,6	19,5	5,5	2,6
НСР ₀₅	0,8	1,1	1,1	-
2020-2021 гг.				
000	4,2	11,4	24,4	6,8
	2,8	12,2	24,6	8,8
ФОН	6,6	23,6	16,1	5,5
	6,8	22,0	16,9	6,3
ФОН + N _{aa}	5,9	23,0	18,0	6,7
	6,3	21,4	17,6	5,9
ФОН + N _м	6,7	22,1	17,1	6,0
	6,8	22,9	16,8	6,1
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	7,9	20,5	20,0	6,7
	7,5	20,7	20,9	5,7
НСР ₀₅	1,2	2,1	1,1	-

Содержание аммонийного азота в черноземе выщелоченном в 21-40 см слое почвы на стационарном опыте (1) агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	2,4	9,8	11,4	3,0
	3,0	9,7	13,6	4,6
200	4,0	9,9	12,3	5,8
	4,0	9,7	14,5	4,6
020	4,8	15,3	4,5	3,9
	5,2	12,1	8,1	3,9
002	6,5	8,4	13,5	4,9
	6,3	8,0	13,1	3,9
222	3,6	17,7	12,9	4,4
	3,7	17,9	12,1	2,8
НСР ₀₅	0,6	2,6	3,9	-
2019-2020 гг.				
000	5,1	7,2	3,0	1,6
	5,3	8,6	3,0	1,8
200	5,2	6,9	3,5	1,7
	5,6	9,1	3,7	1,7
020	6,6	9,5	2,8	1,8
	6,4	9,5	2,8	1,7
002	6,7	6,8	2,8	1,6
	7,7	6,4	2,6	1,8
222	6,0	11,9	4,3	1,7
	6,8	11,7	3,5	1,8
НСР ₀₅	1,1	2,1	0,7	-
2020-2021 гг.				
000	7,5	5,4	22,7	5,2
	7,9	6,8	21,1	6,6
200	6,2	5,9	22,7	8,6
	7,4	6,2	23,5	8,8
020	7,1	6,4	9,0	5,9
	8,9	4,2	10,4	6,1
002	8,8	2,6	24,6	7,3
	7,2	7,4	23,2	6,9
222	9,5	5,9	21,3	5,7
	8,9	5,7	20,7	5,3
НСР ₀₅	-	-	2,2	1,2

Содержание аммонийного азота в черноземе выщелоченном в 21-40 см слое почвы на полевом опыте (2) агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	2,4	9,8	11,4	3,0
	3,0	9,7	13,6	4,6
ФОН	2,2	10,9	12,9	4,8
	3,0	10,7	13,9	5,6
ФОН + N _{aa}	3,8	12,7	13,9	6,1
	3,5	11,3	13,1	4,7
ФОН + N _M	3,3	11,3	13,3	5,2
	2,9	11,9	13,6	5,9
ФОН+N _M ^{ЮТЕК}	4,9	12,9	14,6	5,1
	5,9	13,7	13,0	5,7
НСР ₀₅	1,2	1,4	-	-
2019-2020 гг.				
000	5,1	7,2	3,0	1,6
	5,3	8,6	3,0	1,8
ФОН	5,2	6,9	3,5	1,7
	5,6	9,1	3,7	1,7
ФОН + N _{aa}	5,9	10,0	3,5	1,8
	6,0	9,9	4,0	1,9
ФОН + N _M	6,3	9,5	4,0	1,9
	6,0	8,9	3,8	2,0
ФОН+N _M ^{ЮТЕК}	5,7	8,9	3,9	1,9
	6,6	8,6	4,0	1,9
НСР ₀₅	-	-	0,5	-
2020-2021 гг.				
000	7,5	5,4	22,7	5,2
	7,9	6,8	21,1	6,6
ФОН	8,0	6,9	22,7	8,6
	8,4	3,7	23,5	8,8
ФОН + N _{aa}	9,0	7,8	23,6	8,8
	7,8	8,2	22,9	8,9
ФОН + N _M	8,1	6,3	23,6	8,9
	8,2	7,5	23,3	8,6
ФОН+N _M ^{ЮТЕК}	6,7	3,6	24,0	8,9
	7,3	5,4	23,3	8,7
НСР ₀₅	-	-	-	1,2

Содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном в 0-20 см слое почвы
почвы на стационарном опыте (1) агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	7,5	0,9	1,3	2,1
	7,3	0,8	1,1	2,3
200	7,6	0,8	1,5	3,1
	8,4	1,0	1,4	3,9
020	10,5	1,2	1,3	2,7
	9,1	1,4	1,5	2,5
002	9,0	0,7	1,1	2,2
	9,5	1,5	1,5	2,0
222	8,5	0,8	1,5	1,0
	6,9	1,4	1,9	0,9
НСР ₀₅	-	-	-	0,7
2019-2020 гг.				
000	7,7	1,3	1,3	1,3
	9,7	1,1	1,2	0,9
200	11,8	1,6	1,7	1,9
	12,0	1,2	1,9	1,7
020	11,6	1,7	1,7	2,1
	11,8	1,5	1,3	1,9
002	10,8	1,1	1,1	1,4
	11,4	1,1	1,3	1,4
222	10,8	1,4	1,7	1,1
	10,8	1,6	1,3	0,9
НСР ₀₅	1,7	-	-	0,4
2020-2021 гг.				
000	11,5	1,6	1,0	3,0
	8,5	1,4	1,2	3,4
200	15,8	1,9	1,3	4,8
	15,9	1,8	1,2	5,4
020	12,4	2,7	1,2	3,4
	14,8	1,1	1,2	2,9
002	12,6	1,0	1,3	2,4
	13,0	1,2	1,4	3,0
222	14,6	1,2	1,6	1,2
	15,9	2,6	2,0	0,8
НСР ₀₅	3,3	-	0,4	0,9

Содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном в 0-20 см слое почвы
почвы полевом опыте (2) агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	7,5	0,9	1,3	2,1
	7,3	0,8	1,1	2,3
ФОН	7,4	1,1	1,5	3,8
	8,4	0,9	1,4	3,2
ФОН + N _{aa}	8,3	0,5	1,5	3,4
	8,1	1,1	1,9	3,4
ФОН + N _м	8,5	1,1	1,3	3,4
	8,2	0,9	1,6	3,8
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	8,5	1,4	2,1	3,6
	8,4	0,8	1,9	3,8
НСП ₀₅	-	-	0,5	0,6
2019-2020 гг.				
000	7,7	1,3	1,3	1,3
	9,7	1,1	1,2	0,9
ФОН	11,5	1,6	2,0	1,9
	11,8	1,4	1,9	3,1
ФОН + N _{aa}	11,9	1,2	2,0	1,8
	12,2	1,1	1,9	1,7
ФОН + N _м	11,8	1,0	1,8	1,7
	12,2	0,9	1,7	1,9
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	11,9	1,3	2,2	1,9
	12,5	1,4	2,1	1,7
НСП ₀₅	1,8	0,3	0,2	-
2020-2021 гг.				
000	11,5	1,6	1,0	3,0
	8,5	1,4	1,2	3,4
ФОН	16,9	2,6	1,3	5,0
	13,9	1,0	1,2	5,0
ФОН + N _{aa}	14,8	1,9	1,5	4,9
	16,4	1,3	1,3	5,0
ФОН + N _м	12,9	1,0	1,3	5,3
	19,6	1,1	1,8	3,1
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	16,0	2,3	1,5	5,5
	15,9	1,1	2,1	5,6
НСП ₀₅	-	-	-	-

Содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном в 21-40 см слое почвы
почвы на стационарном опыте (1) агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	3,5	0,2	0,7	2,3
	3,3	0,1	0,9	1,1
200	4,8	0,3	1,1	2,9
	3,8	0,1	1,3	1,1
020	4,0	0,2	1,1	1,5
	3,8	0,1	1,1	1,5
002	6,3	0,3	0,8	1,3
	6,5	0,2	0,8	1,3
222	5,5	0,1	1,2	1,4
	5,4	0,2	1,0	1,3
НСР ₀₅	0,9	-	0,3	-
2019-2020 гг.				
000	3,8	0,3	0,4	0,2
	4,2	0,3	0,5	0,2
200	6,5	0,5	1,1	0,3
	6,3	0,4	0,9	0,2
020	6,6	0,5	1,0	0,3
	6,2	0,4	1,0	0,4
002	6,3	0,6	0,5	0,1
	6,5	0,6	0,6	0,1
222	5,9	0,6	0,5	0,3
	4,7	0,5	0,5	0,2
НСР ₀₅	1,1	0,1	0,2	0,1
2020-2021 гг.				
000	4,4	1,5	1,1	2,9
	4,8	1,6	1,0	3,5
200	8,9	1,3	1,4	3,7
	8,1	1,9	1,2	3,9
020	8,8	1,6	1,1	2,9
	9,0	1,6	1,1	2,5
002	6,6	1,8	1,0	2,3
	6,2	1,6	1,0	2,7
222	8,8	1,7	1,8	4,7
	6,8	1,9	1,4	5,3
НСР ₀₅	1,8	-	0,4	0,8

Содержание нитратного азота в черноземе выщелоченном в 21-40 см слое почвы
почвы полевом опыте (2) агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	3,5	0,2	0,7	2,3
	3,3	0,1	0,9	1,1
ФОН	5,2	0,3	1,1	2,0
	5,3	0,1	1,3	2,0
ФОН + N _{aa}	6,4	0,3	1,3	2,7
	6,9	0,5	1,1	1,5
ФОН + N _м	7,1	0,4	1,2	2,0
	6,2	0,6	1,1	2,2
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	7,5	0,8	1,0	2,4
	7,6	0,7	1,4	2,0
НСР ₀₅	0,9	0,3	-	-
2019-2020 гг.				
000	3,8	0,3	0,4	0,2
	4,2	0,3	0,5	0,2
ФОН	6,7	0,5	1,1	0,3
	6,6	0,4	0,9	0,2
ФОН + N _{aa}	7,1	0,6	0,9	0,2
	7,6	0,8	0,5	0,3
ФОН + N _м	7,4	0,7	0,4	0,2
	8,0	1,0	0,5	0,1
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	7,1	0,7	0,8	0,2
	7,6	0,6	0,7	0,1
НСР ₀₅	1,0	0,3	-	-
2020-2021 гг.				
000	4,4	1,5	1,1	2,9
	4,8	1,6	1,0	3,5
ФОН	8,1	1,0	1,4	3,7
	8,2	2,0	1,2	3,9
ФОН + N _{aa}	7,5	1,9	1,4	3,9
	8,9	1,7	1,8	4,0
ФОН + N _м	8,6	2,0	1,7	3,7
	8,7	1,2	1,9	4,4
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	8,0	1,5	1,7	4,2
	8,7	1,6	1,7	4,3
НСР ₀₅	1,3	-	0,4	-

**Динамика подвижных соединений фосфора в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	25,4	21,5	24,5	20,0
	25,0	21,3	22,3	20,4
200	26,0	21,9	26,1	23,0
	24,6	22,0	23,6	22,4
020	32,2	32,3	23,7	28,9
	31,8	31,3	25,5	29,9
002	27,4	30,8	24,1	21,9
	26,3	30,3	24,8	22,1
222	28,8	23,2	22,2	22,9
	29,2	24,7	22,0	23,0
НСР ₀₅	1,6	1,5	-	1,0
2019-2020 гг.				
000	24,6	21,9	23,1	20,3
	22,3	25,0	23,7	20,7
200	22,9	21,2	23,3	24,5
	26,1	22,4	23,8	23,3
020	32,4	32,4	23,3	27,7
	33,4	31,8	24,0	29,1
002	26,6	28,2	23,7	24,5
	28,3	26,4	22,9	24,1
222	28,3	27,7	22,8	22,8
	28,7	26,9	21,4	23,4
НСР ₀₅	3,6	3,2	-	1,6
2020-2021 гг.				
000	29,2	22,0	22,9	20,5
	30,0	23,3	24,4	19,9
200	30,1	23,4	24,7	28,2
	31,0	24,3	26,8	29,7
020	33,9	31,9	24,5	29,4
	35,6	32,4	23,7	28,6
002	33,3	28,7	23,5	22,8
	34,3	29,2	23,1	23,1
222	33,2	30,1	23,7	24,7
	36,3	25,0	24,0	23,1
НСР ₀₅	3,1	4,4	-	2,0

**Динамика подвижных соединений фосфора в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	22,9	24,2	22,7	21,3
	23,1	22,7	22,8	21,0
200	26,5	22,2	24,3	24,0
	25,8	23,0	22,7	22,6
020	27,3	26,5	24,0	24,6
	25,1	27,3	22,8	22,3
002	25,0	23,7	23,8	23,9
	25,5	24,0	23,0	22,9
222	28,2	26,7	24,0	24,9
	27,8	25,2	23,0	25,9
НСР ₀₅	2,0	2,0	-	-
2019-2020 гг.				
000	23,1	23,2	23,1	21,3
	23,6	23,6	23,5	21,2
200	25,5	23,0	23,5	22,0
	25,9	22,8	22,5	22,9
020	27,1	26,2	24,7	22,7
	26,9	26,7	24,5	21,9
002	26,6	23,0	25,0	20,1
	26,4	23,9	24,0	20,9
222	29,0	26,2	23,9	22,4
	27,0	27,1	23,6	23,0
НСР ₀₅	1,7	1,2	-	1,3
2020-2021 гг.				
000	24,9	22,9	22,4	20,9
	25,0	24,5	21,7	21,5
200	26,4	24,1	21,9	20,4
	26,1	25,0	20,3	21,7
020	28,3	26,5	22,1	21,3
	28,5	26,6	22,0	21,4
002	27,1	25,0	22,6	21,6
	27,6	24,1	23,0	21,9
222	27,3	26,4	23,7	21,9
	28,7	26,3	22,5	22,6
НСР ₀₅	1,2	1,7	-	-

**Динамика содержания подвижного калия в черноземе выщелоченном
в 0-20 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	286,5 287,7	279,2 292,0	315,4 252,8	298,8 273,4
200	280,1 281,1	297,0 262,9	277,4 272,8	270,0 283,0
020	288,0 286,0	272,3 302,3	255,2 312,7	291,3 277,1
002	294,9 296,4	281,5 299,3	265,6 314,6	301,3 286,9
222	290,1 290,0	294,1 276,5	306,9 247,7	290,9 290,1
НСР ₀₅	2,4	-	-	-
2019-2020 гг.				
000	287,3 286,9	285,6 285,6	285,0 283,2	286,6 285,6
200	280,0 280,2	278,8 281,0	275,2 275,1	280,4 281,6
020	286,6 287,4	287,9 286,7	272,8 295,0	285,1 287,9
002	295,5 294,4	292,3 288,5	288,8 291,4	298,2 289,6
222	289,9 290,3	281,4 289,2	276,7 277,9	288,8 291,2
НСР ₀₅	1,2	-	-	-
2020-2021 гг.				
000	288,1 286,1	281,1 290,1	277,0 291,2	297,8 274,4
200	282,4 281,1	288,7 271,2	265,0 285,2	273,7 288,3
020	285,4 288,7	290,7 283,9	277,3 290,5	289,1 283,9
002	294,9 294,9	293,4 287,4	281,0 299,2	290,7 297,3
222	290,2 290,9	278,4 292,2	270,6 284,0	286,5 293,5
НСР ₀₅	3,4	-	-	-

**Динамика содержания подвижного калия в черноземе выщелоченном
в 21-40 см слое почвы агроценоза пшеницы мягкой озимой, мг/кг**

Вид удобрения	Осеннее кущение	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость
2018-2019 гг.				
000	281,5 278,4	261,3 274,3	236,8 250,2	273,7 290,7
200	273,2 271,1	254,7 277,7	264,9 255,4	285,3 257,3
020	288,6 248,7	257,0 278,9	244,5 259,8	266,4 273,4
002	263,5 287,7	264,5 276,3	280,8 259,2	283,3 270,1
222	285,2 284,8	260,9 265,2	263,3 236,7	266,8 287,8
НСР ₀₅	-	-	-	-
2019-2020 гг.				
000	292,9 283,1	255,6 265,6	241,0 243,7	291,9 273,9
200	264,8 269,9	281,9 250,1	250,0 272,6	254,1 288,9
020	252,0 285,3	265,9 266,1	272,6 233,2	265,7 274,3
002	271,9 279,3	281,9 250,1	265,8 275,3	277,5 277,7
222	285,2 285,0	242,8 241,3	247,6 254,4	263,6 291,2
НСР ₀₅	-	-	-	-
2020-2021 гг.				
000	280,0 280,5	274,6 273,8	280,6 277,6	275,0 287,6
200	257,7 268,1	285,2 247,4	282,8 238,4	279,6 263,8
020	268,0 269,2	246,4 241,1	255,6 248,6	289,0 248,8
002	268,4 282,8	278,1 263,1	251,3 290,0	277,4 276,2
222	284,8 285,2	239,8 269,4	256,9 244,5	275,1 279,5
НСР ₀₅	-	-	-	-

Эмиссия CO₂ за 24 часа, мг CO₂/кг почвы

Вид удобрения	Весна (31 марта)	Лето (1 июня)	Осень (17 октября)
000	75,20	62,31	60,33
	78,66	62,10	54,52
	76,93	62,21	57,43
200	85,33	73,06	91,71
	86,64	75,66	93,98
	85,99	74,36	92,85
020	62,30	55,03	61,55
	69,77	61,30	67,39
	66,04	58,17	64,47
002	81,21	72,69	80,03
	78,85	80,30	77,99
	79,76	77,40	79,01
222	78,11	63,74	77,38
	77,56	63,51	76,12
	77,88	64,00	77,00
НСП ₀₅	3,53	4,18	3,61

Содержание общего азота в растениях
пшеницы мягкой озимой стационарного опыта, %

Вид удобрения	Год исследования*	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость	
				зерно	солома
000	I	3,07	1,49	1,96	0,61
	II	3,04	1,50	1,84	0,60
	III	3,07	1,49	1,95	0,59
	Среднее	3,06	1,49	1,92	0,60
200	I	3,43	1,88	2,12	0,67
	II	3,38	1,89	2,11	0,70
	III	3,43	1,88	2,12	0,65
	Среднее	3,41	1,88	2,12	0,67
020	I	3,11	1,49	2,04	0,61
	II	3,10	1,51	2,07	0,61
	III	3,07	1,56	2,00	0,65
	Среднее	3,09	1,52	2,04	0,62
002	I	3,09	1,51	1,95	0,60
	II	3,08	1,48	2,02	0,61
	III	3,06	1,55	1,88	0,58
	Среднее	3,08	1,51	1,95	0,63
222	I	3,60	1,94	2,05	0,72
	II	3,57	1,93	2,05	0,71
	III	3,61	1,93	2,16	0,68
	Среднее	3,59	1,93	2,09	0,70

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Результаты анализа данных (НСР₀₅) по содержанию общего азота в растениях
пшеницы мягкой озимой стационарного опыта (опыт 1)

Год исследования*	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость	
			зерно	солома
I	0,05	0,04	0,46	0,05
II	0,05	0,04	0,61	0,04
III	0,06	0,08	0,92	0,03

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Содержание общего азота в растениях
пшеницы мягкой озимой полевого опыта, %

Вид удобрения	Год исследования*	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость	
				зерно	солома
000	I	3,07	1,49	1,96	0,61
	II	3,04	1,50	1,84	0,60
	III	3,07	1,49	1,95	0,59
	Среднее	3,06	1,49	1,92	0,60
ФОН	I	3,36	1,79	2,12	0,64
	II	3,33	1,82	2,10	0,69
	III	3,37	1,79	2,12	0,61
	Среднее	3,35	1,80	2,11	0,65
ФОН + N _{aa}	I	3,38	1,97	2,21	0,70
	II	3,35	2,01	2,23	0,72
	III	3,36	1,99	2,21	0,71
	Среднее	3,36	1,99	2,22	0,71
ФОН + N _м	I	3,34	1,93	2,25	0,72
	II	3,34	1,88	2,21	0,71
	III	3,37	2,04	2,19	0,71
	Среднее	3,35	1,95	2,22	0,71
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	I	3,32	2,06	2,32	0,74
	II	3,34	2,05	2,30	0,69
	III	3,33	2,07	2,30	0,73
	Среднее	3,33	2,06	2,31	0,72

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Результаты анализа данных (НСР₀₅) по содержанию общего азота в растениях
пшеницы мягкой озимой полевого опыта (опыт 2)

Год исследования*	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость	
			зерно	солома
I	0,06	0,09	0,10	0,07
II	0,07	0,06	0,11	0,06
III	0,03	0,04	0,13	0,06

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Содержание общего фосфора в растениях
пшеницы мягкой озимой стационарного опыта, %

Вид удобрения	Год исследования*	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость	
				зерно	солома
000	I	1,20	0,80	0,87	0,54
	II	1,18	0,77	0,82	0,59
	III	1,22	0,83	0,84	0,59
	Среднее	1,20	0,80	0,84	0,57
200	I	1,24	0,89	0,88	0,60
	II	1,25	0,90	0,85	0,62
	III	1,29	0,82	0,91	0,59
	Среднее	1,26	0,87	0,88	0,60
020	I	1,32	0,92	0,85	0,66
	II	1,33	0,91	0,87	0,63
	III	1,25	0,90	0,95	0,66
	Среднее	1,30	0,91	0,89	0,65
002	I	1,24	0,89	0,87	0,62
	II	1,25	0,86	0,88	0,58
	III	1,18	0,77	0,77	0,54
	Среднее	1,22	0,84	0,84	0,58
222	I	1,33	0,96	0,91	0,68
	II	1,34	0,96	0,91	0,71
	III	1,32	0,94	0,89	0,71
	Среднее	1,33	0,95	0,90	0,70

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Результаты анализа данных (НСР₀₅) по содержанию общего фосфора в растениях
пшеницы мягкой озимой стационарного опыта (опыт 1)

Год исследования*	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость	
			зерно	солома
I	0,06	0,08	-	0,08
II	0,09	0,11	-	0,05
III	0,08	0,07	0,04	0,05

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Содержание общего калия в растениях
пшеницы мягкой озимой стационарного опыта, %

Вид удобрения	Год исследования*	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость	
				зерно	солома
000	I	3,89	1,70	0,50	1,29
	II	3,91	1,70	0,48	1,26
	III	3,90	1,71	0,52	1,32
	Среднее	3,90	1,70	0,50	1,29
200	I	4,02	1,72	0,54	1,30
	II	4,07	1,76	0,59	1,30
	III	3,91	1,71	0,52	1,34
	Среднее	4,00	1,73	0,55	1,31
020	I	3,96	1,71	0,48	1,30
	II	4,06	1,73	0,48	1,32
	III	3,96	1,69	0,55	1,28
	Среднее	3,99	1,71	0,50	1,30
002	I	4,15	1,81	0,55	1,33
	II	4,10	1,77	0,50	1,34
	III	4,05	1,79	0,53	1,32
	Среднее	4,10	1,79	0,53	1,33
222	I	4,18	1,82	0,57	1,34
	II	4,19	1,81	0,52	1,33
	III	4,20	1,81	0,56	1,33
	Среднее	4,19	1,81	0,55	1,33

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Результаты анализа данных (НСР₀₅) по содержанию общего калия в растениях
пшеницы мягкой озимой стационарного опыта (опыт 1)

Год исследования*	Весеннее кущение	Цветение	Полная спелость	
			зерно	солома
I	0,17	0,05	0,05	-
II	0,14	-	0,06	0,04
III	0,12	0,06	-	-

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Урожайность зерна пшеницы мягкой озимой стационарного опыта, т/га

Вид удобрения	Год исследования*	Повторность		Средняя урожайность за год	Отклонение от контроля	
		1	2		т/га	%
000	I	4,8	5,0	4,9	-	-
	II	5,4	4,7	5,1	-	-
	III	5,0	5,4	5,2	-	-
	Средние значения за три года	-	-	5,1	-	-
200	I	6,2	6,0	6,1	1,2	24,5
	II	6,2	6,2	6,2	1,2	22,8
	III	6,4	6,7	6,6	1,4	26,0
	Средние значения за три года	-	-	6,3	1,2	24,4
020	I	6,0	5,8	5,9	1,0	20,4
	II	5,9	6,1	6,0	0,9	18,8
	III	6,2	6,0	6,1	0,9	17,3
	Средние значения за три года	-	-	6,0	1,0	18,8
002	I	5,4	4,6	5,0	0,1	2,0
	II	5,3	5,1	5,2	0,1	3,0
	III	5,8	5,0	5,4	0,2	3,8
	Средние значения за три года	-	-	5,2	0,1	3,0
222	I	6,8	6,6	6,7	1,8	36,7
	II	6,9	6,4	6,7	1,6	31,7
	III	6,8	7,0	6,9	1,7	32,7
	Средние значения за три года	-	-	6,8	1,7	33,7

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.
HCP₀₅^I – 0,7 т/га, HCP₀₅^{II} – 0,7 т/га, HCP₀₅^{III} – 0,8 т/га

Вид удобрения	Год исследования*	Повторность		Средняя урожайность за год	Отклонение от контроля	
		1	2		т/га	%
000	I	4,8	5,0	4,9	-	-
	II	5,4	4,7	5,1	-	-
	III	5,0	5,4	5,2	-	-
	Средние значения за три года	-	-	5,1	-	-
ФОН	I	6,2	5,9	6,1	1,2	23,5
	II	6,1	6,3	6,2	1,2	22,8
	III	6,7	6,5	6,6	1,4	26,9
	Средние значения за три года	-	-	6,3	1,2	24,4
ФОН + N _{aa}	I	6,6	6,8	6,7	1,8	36,7
	II	6,9	6,5	6,7	1,7	32,7
	III	7,0	7,0	7,0	1,8	34,6
	Средние значения за три года	-	-	6,8	1,8	34,7
ФОН + N _M	I	6,5	6,8	6,7	1,8	35,7
	II	6,7	6,7	6,7	1,7	32,7
	III	7,1	6,9	7,0	1,8	34,6
	Средние значения за три года	-	-	6,8	1,7	34,3
ФОН+N _M ^{ЮТЕК}	I	6,9	6,7	6,8	1,9	38,8
	II	7,0	6,5	6,8	1,7	33,7
	III	7,0	7,2	7,1	1,9	36,5
	Средние значения за три года	-	-	6,9	1,8	36,3

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.
HCP₀₅^I – 0,5 т/га, HCP₀₅^{II} – 0,8 т/га, HCP₀₅^{III} – 0,4 т/га

**Структура урожая пшеницы мягкой озимой
стационарного опыта (2018-2021 гг.)**

Вид удобрения	Количество стеблей, шт./1 м ²		Длина, см		Число зерен в колосе, шт	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 семян, г
	продуктивных	непродуктивных	стебля	колоса			
000	530	20	82,6	8,6	25,5	1,28	40,5
200	565	18	88,9	8,9	26,6	1,33	42,9
020	551	21	87,7	8,7	26,2	1,30	42,1
002	540	23	83,3	8,6	26,0	1,26	41,5
222	582	22	90,1	9,3	28,0	1,40	43,1
НСР ₀₅	3-5	-	1,5-2,1	0,1-0,6	-	0,02-0,06	0,3-0,8

**Структура урожая пшеницы мягкой озимой
полевого опыта (2018-2021 гг.)**

Вид удобрения	Количество стеблей, шт./1 м ²		Длина, см		Число зерен в колосе, шт	Масса зерна с ко- лоса, г	Масса 1000 семян, г
	продуктивных	непродуктивных	стебля	колоса			
000	530	20	82,6	8,6	25,5	1,28	40,5
ФОН	570	23	89,0	8,8	26,8	1,34	42,5
ФОН + N _{aa}	592	24	89,1	9,0	28,9	1,47	43,2
ФОН + N _м	590	20	89,0	9,3	28,6	1,48	42,3
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	589	22	89,6	9,7	29,0	1,45	43,6
НСР ₀₅	3-5	-	2,0-3,1	0,3-0,8	-	0,04-0,08	0,5-1,1

Качество зерна пшеницы мягкой озимой стационарного опыта

Вид удобрения	Год исследования*	Содержание белка, %	Натура, г/л	Содержание клейковины, %	Стекловидность, %
000	I	11,2	765,0	20,0	43,1
	II	10,5	776,0	21,3	43,2
	III	11,1	780,0	21,9	43,0
	Средние значения за три года	10,9	773,7	21,1	43,1
200	I	12,1	780,0	21,6	45,0
	II	12,0	785,0	22,8	44,9
	III	12,1	789,0	23,0	43,9
	Средние значения за три года	12,1	784,7	22,5	44,6
020	I	11,6	775,0	21,6	44,4
	II	11,8	783,0	21,9	44,1
	III	11,4	786,0	22,3	43,1
	Средние значения за три года	11,6	781,3	21,9	43,9
002	I	11,1	766,0	21,3	43,3
	II	11,5	770,0	21,6	43,0
	III	10,7	779,0	22,1	43,3
	Средние значения за три года	11,1	771,7	21,6	43,2
222	I	11,7	785,0	22,5	45,8
	II	11,7	790,0	22,9	46,0
	III	12,3	795,0	23,9	45,9
	Средние значения за три года	11,9	790,0	23,1	45,9

* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.

Качество зерна пшеницы мягкой озимой полевого опыта

Вид удобрения	Год исследования*	Содержание белка, %	Натура, г/л	Содержание клейковины, %	Стекловидность, %
000	I	11,2	765,0	20,0	43,1
	II	10,5	776,0	21,3	43,2
	III	11,1	780,0	21,9	43,0
	Средние значения за три года	10,9	773,7	21,1	43,1
ФОН	I	12,1	780,0	21,6	43,9
	II	12,0	785,0	22,8	43,9
	III	12,1	789,0	23,0	45,3
	Средние значения за три года	12,1	784,7	22,5	44,4
ФОН + N _{aa}	I	12,6	789,0	22,6	45,6
	II	12,7	795,0	23,6	44,8
	III	12,7	799,0	24,0	44,6
	Средние значения за три года	12,7	794,3	23,4	45,0
ФОН + N _м	I	12,7	790,0	22,5	44,9
	II	12,9	793,0	23,2	45,0
	III	12,5	800,0	24,1	45,4
	Средние значения за три года	12,7	794,3	23,3	45,1
ФОН+N _м ^{ЮТЕК}	I	13,2	795,0	23,9	45,8
	II	13,1	799,0	24,0	45,8
	III	13,1	805,0	24,9	46,1
	Средние значения за три года	13,1	799,7	24,3	45,9
* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.					

Результаты анализа данных (НСР₀₅) по
качеству зерна пшеницы мягкой озимой стационарного опыта (опыт 1)

Год исследования*	Содержание белка в зерне, %	Натура зерна, г/л	Содержание клейковины, %	Стекловидность, %
I	0,5	3,3	1,1	1,1
II	0,6	4,1	0,4	1,2
III	0,9	3,6	0,4	1,7
* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.				

Результаты дисперсионного анализа данных (НСР₀₅) по
качеству зерна пшеницы мягкой озимой полевого опыта (опыт 2)

Год исследования*	Содержание белка в зерне, %	Натура зерна, г/л	Содержание клейковины, %	Стекловидность, %
I	0,5	14,3	2,2	1,1
II	0,4	13,5	1,5	1,3
III	0,4	11,6	1,7	1,3
* I – 2018-2019 гг., II – 2019-2020 гг., III – 2020-2021 гг.				

«СОГЛАСОВАНО»
 Ректор Кубанского ГАУ, профессор
 А. И. Трубилин
 _____ 2020 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
 ИП ГКФХ Сморшко Сергей Григорьевич
 С. Г. Сморшко
 _____ 2020 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик. ИП ГКФХ Сморшко Сергей Григорьевич. Настоящим актом подтверждается, что результаты научно-исследовательской работы по теме «Разработка эколого-агрохимических приемов сохранения и воспроизводства плодородия почв путем совершенствования системы удобрения сельскохозяйственных культур в полевом севообороте Краснодарского края», выполненной в полевых севооборотах ИП ГКФХ Сморшко Сергея Григорьевича **внедрены** на посевах озимой пшеницы.

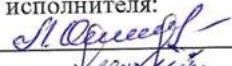
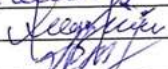
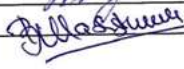
1. **Виды внедренных результатов** в производство внедрены технологические элементы возделывания озимой пшеницы, включающие проведения почвенно-агрохимического обследования, растительной диагностики, интерпретации полученных результатов и на их основании выбор системы удобрений и расчет дозы их точного внесения.
2. **Авторы:** сотрудник ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет» **Онищенко Л.М.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, аспирант **Али Али Кадем Али**, аспирант **Лакиза С.А.**, аспирант **Шаляпин В.В.**
3. **Масштаб внедрения** результаты НИР внедрены на площади 20 га.
4. **Форма внедрения** рассчитаны точные нормы основного удобрения под озимую пшеницу, выращиваемой на черноземе с учетом существующей почвенно-экологической обстановки и прогнозируемых гидротермических условий Павловского района Краснодарского края.
5. **Новизна результатов научно-исследовательских работ** заключается в применении дефицитных на данном черноземе обыкновенном – макроэлементов на посевах озимой пшеницы сорта Безостая 100, что обеспечивает повышение продуктивности и качества продукции.
6. **Опытно-промышленная проверка** экспериментально установлено, что внедренная усовершенствованная система удобрения культуры позволяет повысить урожайность культуры на 2,2-3,1 ц/га, по сравнению с существующей в хозяйстве системы удобрения этой культуры.
7. **Результаты научно-исследовательской работы внедрены:**
 - в промышленное производство на площади 20 га
 - в проекте работы разрабатывается применение системы удобрения озимой пшеницы в 2020 г. на площади 40 га.
8. **Годовой экономический эффект**

ожидаемый 90 000 руб.
фактический 55 400 руб.

9. Социальный и научно-технический эффект внедрение усовершенствованной системы удобрения озимой пшеницы, в хозяйстве обеспечивается не только повышением урожайности и качества продукции, но и способствует сохранению плодородия. Положительный баланс по элементам питания.

Примечание: настоящий акт заверяется гербовой печатью со стороны Заказчика и со стороны Исполнителя.

От исполнителя:

	Л.М. Онищенко
	Али Али Кадем Али
	С.А. Лакиза
	В.В. Шаляпин



От заказчика
ИП ГКФХ
Сморзко Сергей Григорьевич

Адрес Краснодарский край, Павловский район, станица Новопетровская
Телефон.: +7 928 845 50 60

«СОГЛАСОВАНО»
 Ректор Кубанского ГАУ, профессор

 «05» сентября 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель СПК «Умань – Агро»
 А. Ф. Горбачев
 «30» сентября 2022 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик. СПК «Умань – Агро» Настоящим актом подтверждается, что результаты научно-исследовательской работы по теме «Разработка агрохимических приемов сохранения и воспроизводства плодородия почв путем совершенствования системы удобрения в полевом севообороте Краснодарского края и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур», выполненной в полевых севооборотах СПК «Умань – Агро», **внедрены** на посевах озимой пшеницы.

1. Виды внедренных результатов в производство внедрены агротехнологии возделывания озимой пшеницы, включающие проведения почвенно-агрохимического обследования, растительной диагностики, интерпретации полученных результатов и на их основании выбор минеральной системы удобрений, расчет доз и видов для их точного внесения.

2. Авторы: сотрудник ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» **Онищенко Л. М.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, аспирант **Шалыпин В. В.**, аспирант **Ходоровская С. А.**, аспирант **Али Али Кадем Али**

3. Масштаб внедрения результаты НИР внедрены на площади 35 га.

4. Форма внедрения. Рассчитаны точные дозы основного удобрения под озимую пшеницу, выращиваемой на черноземе с учетом существующей почвенно-экологической обстановки и прогнозируемых гидротермических условий Ленинградского района Краснодарского края.

5. Новизна результатов научно-исследовательских работ заключается в оптимизации минерального питания растений за счет применения дефицитных на данной почве макроэлементов в агроценозе озимой пшеницы сорта Безостая 100, что обеспечивает повышение продуктивности и качества зерна.

6. Опытно-промышленная проверка экспериментально установлено, что внедренная усовершенствованная система удобрения культуры позволяет повысить урожайность культуры на 2,9-3,3 ц/га, по сравнению с существующей в хозяйстве системы удобрения этой культуры.

7. Результаты научно-исследовательской работы внедрены:

- в промышленное производство на площади 35 га;
- в проекте работы разрабатывались системы удобрения озимой пшеницы в 2021 г. на площади 50 га.

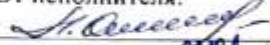
8. Годовой экономический эффект

ожидаемый 85 000 руб., фактический более 150 000 руб.

9. Социальный и научно-технический эффект внедрение усовершенствованной системы удобрения озимой пшеницы, в хозяйстве обеспечивается не только повышением урожайности и качества продукции, но и способствует сохранению плодородия, о чем свидетельствует положительный баланс элементов минерального питания.

Примечание: настоящий акт заверяется гербовой печатью со стороны Заказчика и со стороны Исполнителя.

От исполнителя:

 Л.М. Онищенко
 В.В. Шалапин
 С.А. Ходоровская
 Али Али Кадем Али

От заказчика

 Горбачев А.Ф.


Адрес Краснодарский край, Ленинградский район, ст. Ленинградская
Телефон.: +7 918 47-397-65