

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

На правах рукописи



Ничипуренко Евгений Николаевич

**РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ  
СОХРАНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО  
В НИЗИННО-ЗАПАДИННОМ АГРОЛАНДШАФТЕ В УСЛОВИЯХ  
ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство  
(сельскохозяйственные науки)

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Василько Валентина Павловна

Краснодар – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....	10
1.1 Зависимость продуктивности озимой пшеницы от плодородия пахотных земель.....	10
1.2 Влияние технологии возделывания на плодородие пахотных земель, водно-воздушный и пищевой режимы почвы.....	18
1.3 Зависимость роста, развития и продуктивности озимой пшеницы от технологии возделывания .....	31
1.4 Взаимосвязанность технологии возделывания озимой пшеницы и качества зерна.....	39
2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ .....	64
2.1 Характеристика почвенных и климатических условий места проведения исследований .....	199
2.2 Погодные условия в годы проведения исследований .....	64
2.3 Схема, методика и агротехника проведения опыта .....	71
2.4 Хозяйственно-биологическая характеристика сорта озимой пшеницы Граф .....	76
3 ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА И АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ДЕГРАДИРОВАННОГО В НИЗИННО-ЗАПАДИННОМ АГРОЛАНДШАФТЕ .....	78
3.1 Влияние технологии возделывания на плодородие чернозема выщелоченного.....	78
3.2 Влияние технологии возделывания на агрофизические показатели чернозема выщелоченного .....	84
3.3 Влияние технологии возделывания на водно-воздушный режим чернозема выщелоченного .....	99
3.4 Влияние технологии возделывания на пищевой режим чернозема выщелоченного.....	114
3.5 Влияние технологии возделывания на засоренность посевов озимой пшеницы .....	126
3.6 Влияние технологии возделывания на рост и развитие растений озимой пшеницы .....	128

3.7 Влияние технологии возделывания на формирование фотосинтетического потенциала растений озимой пшеницы.....	136
4 ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ИЗУЧАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИИ.....	147
4.1 Влияние технологии возделывания на элементы структуры урожая озимой пшеницы сорта Граф .....	147
4.2 Влияние технологии возделывания на урожайность и качество урожая озимой пшеницы сорта Граф.....	153
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ.....	160
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	165
ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	169
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	170
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	198

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** За последние сто лет плодородие черноземных почв, используемых в длительном сельскохозяйственном производстве, резко ухудшилось. Выразилось это, прежде всего, в их дегумификации, ухудшении агрофизических показателей, водно-воздушного и пищевого режимов почвы.

В связи с этим назрела необходимость в разработке и внедрении в производство технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которые будут обеспечивать сохранение плодородия пахотных земель и высокую их продуктивность. Нами в условиях длительного стационарного опыта в рамках зернотравяно-пропашного севооборота разработаны биологизированные технологии возделывания озимой пшеницы сорта Граф, обеспечивающие сохранение плодородия чернозема выщелоченного деградированного в условиях низинно-западного агроландшафта, при высокой продуктивности и получении качественного зерна. Общий вынос элементов питания на 50–60 % покрывается за счет азот фиксации, включенных в севооборот бобовых культур, заделки корнепоживных остатков, внесения органических удобрений и на 40 % – за счет минеральных удобрений.

**Степень разработанности темы.** Определенный вклад в разработку технологий возделывания озимой пшеницы и их совершенствования для южного региона внесли П.П. Лукьяненко (1973), Л.А. Беспалова (2023), Н.Г. Малюга (2015), Б.И. Тарасенко (1987), В.П. Василько (2018), А.В. Загорулько (2023), А.М. Кравцов (2023) и др. Ими были изучены оптимальные нормы удобрений, сроки посева, подготовка почвы, способы и нормы посева, особенности уборки культуры и влияние озимой пшеницы на плодородие почв Кубани.

**Цель исследований.** Изучение влияния технологии возделывания озимой пшеницы интенсивного сорта Граф на ее рост, продуктивность и плодородие чернозема выщелоченного деградированного в условиях низинно-западного агроландшафта Западного Предкавказья.

### **Задачи исследований:**

– изучить динамику гумуса под озимой пшеницей в зависимости от технологии возделывания и установить корреляционную зависимость между его содержанием в почве и урожайностью;

– в рамках севопольного зернотравяно-пропашного севооборота определить динамику агрофизических показателей почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы интенсивного сорта Граф и установить корреляционную связь между агрофизическими показателями и урожайностью зерна;

– установить влияние технологии выращивания озимой пшеницы сорта Граф на водно-воздушный режим чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте Западного Предкавказья;

– определить коэффициент водопотребления в зависимости от биологизации технологии возделывания озимой пшеницы интенсивного сорта Граф в низинно-западинном агроландшафте;

– установить влияние технологии возделывания озимой пшеницы на урожайность и качество зерна в условиях низинно-западинного агроландшафта Западного Предкавказья;

– провести экономическую оценку предложенных сбалансированных биологизированных технологий возделывания озимой пшеницы интенсивного сорта Граф в низинно-западинном агроландшафте, обеспечивающих сохранение плодородия почвы и высокую продуктивность культуры.

**Научная новизна.** Впервые на черноземе выщелоченном деградированном в рамках зернотравяно-пропашного севооборота разработаны сбалансированные биологизированные технологии возделывания озимой пшеницы сорта Граф, обеспечивающие сохранение баланса гумуса, оптимизацию агрофизических показателей и высокую урожайность и качество зерна.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** За последний век интенсивного использования почв в сельскохозяйственном производстве выявлены ее физико-химическая и биологическая деградация, выразившаяся в

дегумификации, обесструктуривании, уплотненности, слитизации, подкисления и снижении содержания фосфора и калия. Все вышеперечисленное привело к снижению активности почвенной биоты (супрессивные части были подавлены, а агрессивные доминировали).

Главной причиной деградации является применение технологий, базирующихся на высокой химизации с возвратом выноса питательных веществ только за счет минеральных удобрений, в отсутствие применения органических удобрений и почвоохранных севооборотов.

В связи с этим, разработка биологизированных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и озимой пшеницы, имеет колоссальное значение в сохранении и дальнейшем восстановлении почвенного плодородия.

Результаты эксперимента рекомендованы для использования в целях сохранения и воспроизводства гумуса в почве, что позволит получить максимальную рентабельность при возделывании озимой пшеницы. Они дают возможность подобрать оптимальную технологию возделывания озимой пшеницы на черноземе выщелоченном в условиях низинно-западинного агроландшафта Западного Предкавказья.

**Степень достоверности и апробации результатов исследований.** Достоверность полученных результатов экспериментальных исследований подтверждается достаточным количеством наблюдений, анализов и учетов в полевом опыте, данными лабораторных исследований, методами расчета корреляционного анализа и экономической эффективности возделывания озимой пшеницы в соответствии с методическими указаниями: Методика полевого опыта (с основами статистической обработки данных) (1985), Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985), Методические рекомендации по определению экономической эффективности использования научных разработок в земледелии (1986), а также положительными результатами внедрения их в производство.

Результаты исследований внедрены в ООО «АНА-ЮГ» Брюховецкого района Краснодарского края на площади 110 га. Урожайность озимой пшеницы в среднем составила 7,6 т/га.

Основные материалы исследований диссертационной работы были представлены на следующих конференциях: юбилейная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию Кубанского ГАУ (Краснодар 2022); ежегодная научно-практическая конференция преподавателей по итогам НИР (Краснодар 2022); современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса (Саратов 2019); наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы (Майкоп 2020). А так же удостоены наградами на следующих агропромышленных выставках и конкурсах: Российской агропромышленной выставке «Золотая осень 2021» – диплом и серебряная медаль; Международном научно-исследовательском конкурсе «Лучшая исследовательская статья 2021» – диплом 1 степени; Международном научно-исследовательском конкурсе «Научные достижения и открытия 2021» – диплом 1 степени в секции «Сельское хозяйство»; Московском международном Салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед 2021» – диплом и золотая медаль; Международном Салоне изобретений и новых технологий «Новое время 2022» – диплом и серебряная медаль; Международной агропромышленной выставке «Агрорусь 2022» – диплом и золотая медаль; Международном научно-исследовательском конкурсе «Научно-исследовательские и учебно-методические проекты преподавателей» – победитель; Международном научно-исследовательском конкурсе «Конкурс молодых ученых» – диплом 1 степени в секции «Сельское хозяйство».

**Методология и методы исследований.** Проведение эксперимента было основано на теории планирования многофакторных экспериментов в полевых условиях. В теоретическом и методическом плане эксперимент был основан на трудах отечественных и зарубежных ученых, которые занимались разработкой технологий возделывания озимой пшеницы. В ходе осуществления разработки, планирования и проведения исследований, были использованы

различные источники информации: научные статьи, монографии и другие. Системный подход использовался при проведении исследований.

Статистическая обработка данных, полученных в результате сбора урожая, проводилась в программе STATISTIC, а дисперсионный анализ осуществлялся по методике, предложенной Б.А. Доспеховым.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

– влияние инновационных биологизированных технологий возделывания озимой пшеницы на содержание гумуса, агрофизические показатели и водно-воздушный режим чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте;

– формирование продуктивности и биометрических показателей растений озимой пшеницы сорта Граф при применении инновационных биологизированных технологий возделывания;

– зависимость урожайности и качества зерна озимой пшеницы сорта Граф от технологий возделывания;

– экономическая эффективность инновационных биологизированных технологий возделывания озимой пшеницы на черноземе выщелоченном деградированном в условиях низинно-западинного агроландшафта.

**Объект и предмет исследования.** Объект исследования – интенсивный сорт озимой пшеницы Граф. Предмет исследования – технологии выращивания озимой пшеницы: системы удобрений и системы основной обработки почвы.

**Публикации.** Результаты исследований были опубликованы в журналах РФ: статьи, включенные в РИНЦ – 21, статьи в журналах, включенные в текущий перечень ВАК – 5, получено 2 патента на изобретение.

**Личный вклад соискателя.** Автор лично участвовал в проведении полевых и лабораторных исследований, собирал данные, проводил наблюдения и анализировал результаты в течение 3 лет (2019–2021 гг.). Полученные данные были обобщены, подвергнуты математическому анализу и теоретиче-

скому обоснованию. Доля личного участия в публикациях, выполненных в соавторстве, пропорциональна числу соавторов.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 254 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, рекомендаций производству, перспектив дальнейшей разработки темы, списка литературы и приложений.

Работа содержит 17 таблиц, 21 рисунок и 96 приложений. Список литературы включает 210 источников, в том числе 34 – иностранных авторов.

# **1 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

## **1.1 Зависимость продуктивности озимой пшеницы от плодородия пахотных земель**

Плодородие пахотных земель имеет основополагающее значение для процесса возделывания сельскохозяйственных культур. Это понятие является комплексным сочетанием, которое базируется не только на содержании органического вещества и гумуса в почве, но и также способностью почвы обеспечивать наилучшие условия для произрастания культуры, включающее в себя питательный, тепловой, водно-воздушный режимы, а также оструктуренность и окультуренность почвы [156, 164, 190, 205]. Следовательно, плодородие почвы – это фактор, который можно регулировать и способствовать его повышению. Значит, оно обладает пластичностью и видоизменяется под влиянием внешних воздействий разного характера.

Черноземная почва обладает огромным потенциалом, который при соответствии с почвенно-климатическими условиями и влагообеспеченностью, способен удовлетворить потребность в необходимых факторах жизни и обеспечить высокие урожаи сельскохозяйственных культур с надлежащими показателями качества. Ряд ученых утверждают, что такой «совершенной» почвенной единицей, обладающей необходимой структурой, сложением и агрохимическими свойствами, можно назвать только чернозем. Именно эти свойства и обеспечивают благоприятное формирование корневой системы, как фундамента закладки будущего урожая и оптимальные условия питания и лучшей сохранности в зимний период. Не препятствует ее росту и равновесная плотность черноземов, которая обычно не превышает 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup>, соответствующая оптимальным показателям для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур. Удовлетворяет потребности растений и степень кислотности почвы, находящаяся в пределах 6,0–7,5. Хорошо развитая, здо-

ровая, глубоко проникающая на глубину почвенной толщи для должного обеспечения водой и питательными элементами, корневая система – это залог будущего урожая [4,32,155].

Человек оказал колоссальное влияние на уровень плодородия почвенного покрова, и вследствие роста интенсификации сельскохозяйственного производства произошло активное ухудшение плодородия почвы.

На сегодняшний день снижение плодородия почвы и деградация пахотных земель является острой проблемой в нашей стране. Это обусловлено активной интенсификацией сельскохозяйственного производства, большой долей химизации за счет внесения только минеральных удобрений и пестицидов, нарушением законов земледелия (плодосмены, возврата веществ в почву и др.). Немалый вклад в развитие деградации почвы внесло активное использование черных паров, содержание которых без покрова растительности приводило к увеличению принесенного вреда от дефляции, минерализации органического вещества и часто не выполняло функцию аккумуляции влаги в почве, снижая коэффициент использования пашни, на которой в период парования не выращивались сельскохозяйственные культуры. Использование паров требует тщательного подхода и целесообразности введения в соответствии с условиями и потребностью каждого конкретного поля [134,147].

За последние 100 лет снижение плодородия на черноземных почвах Кубани составило 40 % и более. Содержание органического вещества активно снижается, показатель доходит до 5 млн т, что соответствует потере в год до 1,3 т/га [174].

Вследствие этого отмечается резкое ухудшение агрофизических показателей почвы, супрессивности почвы (антагонистические отношения между патогеном-грибом и грибом-супрессором), снижение буферности (подкисление), увеличение агрессивности патогенных грибов, снижение деструкции целлюлозы и пестицидов, а также доступности питательных элементов для растений [14, 100, 184, 191]. Перечисленные факторы ведут к снижению эф-

фективности агротехнических приемов возделывания озимой пшеницы, повышению себестоимости продукции за счет увеличения доли минерального питания и химических средств защиты, что с течением времени приведет к тенденции снижения урожайности и качества зерна [32, 81, 202].

Е. Филиппова утверждает, что при потере гумуса на выщелоченном черноземе на 1 % урожайность озимой пшеницы может снижаться до 4 ц/га [166].

Ряд ученых утверждают, что основополагающими причинами снижения плодородия почвы являются нарушения севооборота и ряд сопутствующих факторов, возникающих вследствие интенсификации сельскохозяйственного производства, оказывающих значительное влияние на гумусированность почвы, являющейся одной из компонентов понятия «плодородия» и влекущих за собой ряд негативных последствий в виде дегумификации и ухудшения условий произрастания культурных растений [119, 131, 138, 208]. Известно, что накопление органического вещества происходит, помимо внесения органических удобрений, за счет заделки корнепоживных остатков предшествующей культуры и сидератов [165, 183, 204].

Немаловажную роль в сохранении и, особенно в воспроизводстве почвенного плодородия играют многолетние бобовые травы – люцерна, эспарцет. Так, бобовые культуры влияют на валовые запасы азота в почве, осуществляя процесс азотфиксации при помощи специфических бактерий, которые сконцентрированы в утолщениях шарообразной формы, образующихся на корнях преимущественно бобовых растений, называемых клубеньками. По цвету клубеньковых судят об их жизнеспособности и ведущихся процессах: насыщенный оранжевый или розовый цвет свидетельствует об их активности. Например, люцерна за 2 года может накопить в почве азота до 3 ц/га, фосфора и калия до 1 ц/га и оставить после себя растительную биомассу, которая сопоставима с внесением навоза в количестве 400–500 ц/га. Также эта культура обладает фитомелиорирующими (предотвращает почву от процессов заболачивания и засоления), оструктурирующими (мощная корневая си-

стема, проникающая на глубину свыше 7 м) свойствами, по солеустойчивости относится к средней группе, наряду с донником, принадлежащих к одному семейству и, конечно, обеспечивает защиту почвы от водной и ветровой эрозии за счет густого покрова растительности, которая покрывают всю засеваемую ей площадь, при этом обладая высокой продуктивностью на уровне 4–5 т/га в богарных условиях и до 9 т/га в с условиях орошения. Люцерна является отличным предшественником для озимых колосовых культур, освобождая поле за месяц–полтора, что обеспечивает качественную подготовку почвы для посева и выполнения всех требуемых агротехнологических операций. Это подтверждают исследования, проводившиеся в различных регионах нашей страны и мира, а также внедрение этих технологий в производство [67, 88, 173, 198, 203].

В опыте на черноземе выщелоченном деградированном было изучено влияние возделывания фитомелиоранта – люцерны на агрофизические свойства почвы по различным технологиям. Отмечено повышение содержания водопрочных агрегатов, улучшение структуры почвы, аэрации [34].

Ученые Приморского края подтверждают, что люцерна – неотъемлемая часть в повышении плодородия почвы и элемент почвозащитной технологии выращивания культур, снижающий себестоимость выращиваемой продукции за счет накопления азота в почве (до 200 кг/га). Авторы уделяют особое внимание значимости массы корневой системы люцерны, которая остается в почвенной толще и способствует образованию органического вещества, а значит повышению плодородия почвы. Эта культура способна накопить корневую массу до 10 т/га, в зависимости от года жизни и сорта [76].

В опытах, проводимых Горским ГАУ, было зафиксировано, что люцерна благодаря азотфиксации клубеньковых бактерий может накопить до 246 кг/га азота, улучшая пищевой режим почвы [137].

А. Х. Куликова, Е. А. Яшин, А. Е. Яшин изучали действие сидератов и соломы на урожайность озимой пшеницы. В ходе исследований были получены данные свидетельствующие о том, что органические удобрения оказы-

вают положительное влияние на работу почвенной биоты, повышая ее эффективность на 6–9 %. Приведены следующие показатели: урожайность озимой пшеницы относительно контроля увеличилась на 3,8 ц/га и фоном удобрений служила солома (с применением азота в дозе 10 кг, на разложение 1 т соломы). Сидеральные удобрения имели меньшую эффективность действия [88].

Органические удобрения улучшают структуру почвы, уменьшая ее плотность, положительно сказываясь на аэрации. Они увеличивают содержание органического вещества, тем самым создавая условия для получения высоких урожаев озимой пшеницы [45, 139, 152, 193].

В. Н. Ганганов и Г. Т. Федорович отмечают необходимость внесения органических и органоминеральных удобрений связи с тенденцией ухудшения структурности почвы, снижения содержания гумуса и истощения почв сельскохозяйственного назначения. Ученые установили, что навоз в дозе 18–20 т/га увеличивает урожайность озимой пшеницы на 0,66 т/га, а в дозе 36–40 т/га – на 0,99 т/га. Следует указать, что органическими удобрениями могут служить корнепоживные остатки, сидераты, солома. Для последних необходимо дополнительное внесение азотных удобрений, способствующих лучшему разложению и минерализации органического вещества [55].

В исследованиях на серых лесных почвах учеными Орловской области изучался вопрос зависимости урожайности и качественных показателей зерна озимой пшеницы от уровня плодородия почвы. Самые высокие показатели урожайности – 7,7 т/га и качества (2-й класс) – были на варианте с высоким плодородием почвы. По мере его снижения наблюдалось значительное падение урожайности – до 5,2 т/га, а качественные показатели стали соответствовать фуражному зерну. Ученые отмечают необходимость повышения плодородия почв путем применения комплекса агроприемов, включающих внесение органических удобрений и проведения почвозащитной обработки почвы, для получения высокоурожайного и качественного зерна [40].

Ученые Кубанского ГАУ изучали комплекс факторов, включающих применение различных доз минеральных удобрений и средств защиты растений на фоне различных уровней плодородия почвы, и их влияние на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. В условиях стационара на протяжении 18-ти лет полевого опыта, были получены результаты подтверждающие, что с повышением плодородия почвы на вариантах, где применялись интенсивные технологии урожайность озимой пшеницы увеличивалась до 3,2 т/га. Авторы в своей работе подчеркивают, что варианты с высоким плодородия при внесении повышенных доз минеральных удобрений обеспечивает прибавку в 1,6 т/га, что на 1 т/га меньше, чем на исходном уровне плодородия по опыту, составив 2,6 т/га. Лучшие качественные показатели зерна озимой пшеницы, так же отмечены на фоне повышения плодородия почвы с применением минеральных удобрений и СЗР, соответствуя 2-му классу качества [82].

Риск эпифитотийного развития болезней и численности вредителей возрастает на фоне применения высоких доз минеральных удобрений, возникающих с целью повышения уровня агрофона для получения большей урожайности, особенно при благоприятных природно-климатических условиях, что вызывает повышенную потребность в применении СЗР [41]. Вследствие этого немаловажное значение имеет мониторинг посевов озимой пшеницы.

Ученые Кубанского ГАУ отмечают, значительное влияние уровня плодородия почвы на эффективность биологических средств защиты растений против вредителей на озимой пшенице. Варианты с низким плодородием почвы, на которых вносились повышенные дозы минеральных удобрений, были наиболее благоприятным фоном для развития вредителей. Отмечена отдельная роль азота, который способствует развитию вегетативных органов и изменяет биохимический состав клеток растений, что увеличивает их восприимчивость для вредителей [142].

Кроме того, ученые Кубанского ГАУ отмечают необходимость усиленного внимания к листовым болезням озимой пшеницы на низком фоне пло-

дородия с применением повышенных доз минеральных удобрений. Данные условия с наличием капельно-жидкой влаги увеличивали развитие листовых болезней в 3,5 раза [94].

Немаловажным показателем плодородия служит плотность сложения почвы. Для роста и развития озимой пшеницы ее оптимальный показатель составляет 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup>. Почвы Кубани представлены глинистыми и суглинистыми черноземами, в которых при превышении предела оптимальной объемной массы ухудшаются условия развития растений и-за плохого водно-воздушного и пищевого режима. Снижение аэрации до 10 % приводит к гибели растения, при этом плотность может достигать 1,5 г/см<sup>3</sup>, что обуславливает непригодность почвы для растений [148].

Выявлено, на почвах, имеющих тяжелый механический состав (темно-каштановые), что на технологии No-till, при низком содержании гумуса (2,6 %) и в условиях плохого обеспечения влагой – идет формирование низких показателей по качеству и урожайности. Сорт Багра́т показал лучшее качество зерна и урожайность на уровне 50 ц/га и наибольшие запасы продуктивной влаги по обоим предшественникам – 662 и 788 м<sup>3</sup> соответственно. Худшие показатели урожайности и качества зерна показал сорт Багира – 37,7– 45,5 ц/га в зависимости от предшественника [115].

В опыте на выщелоченном черноземе в условиях Краснодарского края было изучено влияние уровня плодородия почвы и технологии возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. В результате, получены данные, показывающие, что наибольшая урожайность и лучшее качество зерна в опыте – 8,5 т/га и 2-й класс соответственно – были на варианте с высоким фоном плодородия и внесением средней нормы удобрений (N<sub>140</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>), основная обработка – поверхностная (3-кратное дискование на 10–12 см). Урожайность на данном варианте в сравнении с контролем увеличилась на 1,7 т/га, или на 25 % соответственно [149].

Следовательно, при низком содержании гумуса и применении минимальной системы обработки при возделывании озимой пшеницы и ее лучшей

продуктивности особое внимание следует уделять выбору сорта и предшественника, которые значительно влияют на урожайность культуры.

Многие ученые в своих трудах отмечают, что площадь листьев созависима от структуры почвы и внесенных элементов питания [77, 89]. Повышенные дозы минеральных удобрений способствуют развитию фотосинтетического потенциала растений, а главное в течение длительного периода поддерживает их функциональную способность [78, 86, 112]. Именно листовой аппарат напрямую участвует в процессе фотосинтеза и обеспечивает формирование потенциальной урожайности выращиваемой сельскохозяйственной культуры, нацеленную на получение высококачественной продукции.

А. А. Ничипорович, в своих исследованиях уделяет особое внимание значению фотосинтеза в формировании урожая. На его долю приходится до 95 % формирования сухого биологического урожая озимой пшеницы [108].

Ученые Кубанского ГАУ подтверждают, что одним из требований для получения высоких урожаев является создание оптимальных условий для формирования фотосинтетического потенциала листовой массы. Наиболее интенсивное развитие листьев и активная фотосинтетическая деятельность, наблюдалась на технологиях с высоким фоном плодородия почвы, который обеспечивается внесением органоминеральной системы удобрений [85].

Следовательно, плодородие почвы, а именно насыщенность ее необходимыми элементами питания для развития и роста растений, будет влиять на развитие ассимиляционной площади листьев и процессы фотосинтеза, которые обеспечивают условия формирования генетического потенциала продуктивности сорта [2, 6, 163, 177]. Гумус и органическое вещество являются ключевыми факторами для получения высоких качественных и урожайных показателей зерна озимой пшеницы и без него невозможно их сформировать, в том числе без соблюдения агротехнологии, предусматривающей сохранение, а главное, повышение плодородия почвы.

## **1.2 Влияние технологии возделывания на плодородие пахотных земель, водно-воздушный и пищевой режимы почвы**

Технология возделывания озимой пшеницы представляет собой совокупность ряда мероприятий, в основе которой стоит цель получения продукции высокого качества с минимальными затратами. Базой любой технологии является создание условий, отвечающих биологическим особенностям культуры с максимально возможной реализацией потенциала растений и, что немаловажно, с сохранением и повышением плодородия почвы.

Технология возделывания культуры включает в себя систему обработки почвы, систему удобрения, систему защиты растений от вредных организмов. Каждая из систем значительно влияет на плодородие почвы и урожайность культуры, являясь сложнейшей взаимосвязанной конструкцией, в которой необходимо в соответствии с природно-климатическими условиями, типами почв, интенсивностью сорта, экономическими возможностями предприятия совместно с современной научной базой подбирать оптимальную в совокупности систему земледелия для производства [16, 24, 187].

Система обработки почвы – это важнейшее условие получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур путем придания пахотному слою необходимой структуры, улучшения аэрации и питательного режима. Помимо этих процессов обработка почвы должна ставить перед собой важнейшую задачу – сохранение и повышение плодородия почвы [155].

Значительное влияние на водный режим почвы оказывает пахотный слой, а именно его сложение. Накопление влаги в почве – мероприятие, без которого невозможно получение высокопродуктивных урожаев сельскохозяйственных культур. Показатели рыхлости, которые регулируются путем обработки почвы, способствуют меньшим потерям влаги из пахотного слоя. Известно, что содержание верхнего слоя почвы в уплотненном состоянии позволяет снижать испарение влаги, благоприятствует накоплению питательных веществ [79, 181].

В Кубанском аграрном университете проводились опыты, которые подтверждают, что почва, которая обрабатывалась катками, под озимые культуры, способствовала накоплению нитратов, составившем увеличение их содержания на 63,8 мг относительно контроля, на котором не проводились мероприятия по созданию уплотненного верхнего слоя почвы [156].

Плотность почвы влияет на рост и развитие корневой системы растений озимой пшеницы. При повышенной плотности пахотного слоя рост растений замедляется, особенно это характерно для почв тяжелого гранулометрического состава [155].

Показатель плотности почвы оказывает значительное влияние на глубину проникновения корневой системы и доступность для растений влаги и питания, особенно в условиях, являющихся критическими для роста и развития, формирования генеративных органов. Однако слишком рыхлая почва – 0,98–1,10 г/см<sup>3</sup>, также оказывает негативное влияние на растения, и урожайность озимой пшеницы может снижаться на 10 ц/га. При высокой плотности – 1,47–1,51 г/см<sup>3</sup> почвы – урожайность снижалась вдвое в сравнении с оптимальными значениями объемной массы [155].

Н. Н. Сиротенко в своих исследованиях, проводимых на слитом черноземе, получил данные по влиянию плотности почвы на скорость развития корнеобитаемого слоя озимой пшеницы. При плотности, составляющей 0,8 г/см<sup>3</sup> корневая система на 18-й день после сева, проходила вглубь пахотного слоя на 25,7 см. Глубина проникновения оказалась 17 см, при показателях плотности – 1,4–1,5 г/см<sup>3</sup> – отмечалось угнетение растений, корни проникли на 0,9–0,2 см вниз горизонта почвы [145].

Так, в исследованиях КубГАУ в условиях Краснодарского края, на черноземе выщелоченном было установлено, что озимая пшеница давала высокий прирост урожайности при показателе плотности почвы, составляющем не более 1,3 г/см<sup>3</sup>, худшая продуктивность наблюдалась при плотности почвы 1,4–1,5 г/см<sup>3</sup>, однако, когда почва находилась в очень рыхлом состоянии, это также снизило урожайность в значительной степени [156].

В результате многолетних опытов на черноземе выщелоченном было выявлено, что при переходе от классической обработки почвы к минимальным технологиям, без применения вспашки, плотность почвы, агрофизические показатели почвы подвергались изменениям в сторону большего уплотнения [155].

Однако Бардак Н. И., Терещенко В. В и Кравцов А. М. в своих исследованиях на черноземе выщелоченном приводят данные о том, что система основной обработки не оказывала влияния на плотность почвы в период весеннего кушения растений озимой пшеницы, составляя 1,28–1,30 г/см<sup>3</sup>. Отмечено также отсутствие значительных преимуществ по плотности почвы между отвальной обработкой и поверхностной под озимую пшеницу по предшественнику кукуруза с проведенной под нее вспашкой [14].

Установлено, что глубокие обработки почвы, в том числе отвальную вспашку, целесообразно проводить на черноземных почвах тяжелого гранулометрического состава. Такая обработка, обеспечивающая лучшую водопроницаемость и влагоемкость, позволяет увеличить весенний запас влаги, являясь важнейшим фактором для благоприятного развития озимой пшеницы [103].

Озимая пшеница из всех представителей зерновых хлебов первой группы является наиболее требовательной к условиям произрастания. Для максимальной продуктивности необходимо создание оптимальных условий, включающих в себя как космические факторы среды, так и земные, которые мы можем регулировать, а именно питание растений, обработка почвы, воздушный и водный режимы [199].

Так, обработка пахотного слоя должна обеспечивать необходимую для произрастания озимой пшеницы структуру, которая должна быть мелкокомковатой, иметь преобладающее количество агрономических ценных агрегатов, размером 0,25–10 мм. Поверхность почвы должна быть выровненной, слегка уплотненной для создания оптимальных условий влагонакопления и микробиологических процессов минерализации и образования органического

вещества. Помимо перечисленного, немаловажной является борьба с сорными растениями и вредителями [155, 180].

Отвальная обработка почвы, является базовой при возделывании сельскохозяйственных культур. Она обеспечивает оборот почвенных горизонтов, увеличивая глубину и мощность пахотного слоя, усиливая микробиологические процессы, при этом происходит заделка растительных остатков, семян сорных растений и различных патогенов [102, 186, 207, 204]. Однако нельзя не учесть и негативных сторон этого приема. Ежегодная вспашка, проводимая на одну и ту же глубину, обуславливает образование плужной подошвы, отрицательно сказываясь на развитии растений и получении высоких урожаев. Возможно развитие эрозионно опасных процессов, кроме того отвальная вспашка, является самым энергозатратным приемом обработки почвы [7, 182, 192, 210].

Поэтому вопросы обработки почвы вызывают необходимость нахождения путей их оптимизации и уменьшения затрат, как энергетических, так и экономических. Помимо этого, очень важно учитывать и сохранение плодородия почвы, способствуя его повышению, проведением почвозащитных мероприятий. Этого можно добиться с помощью уменьшения количества (минимализации) обработок пахотного горизонта, применением энергоресурсосберегающих, а также обработок, направленных на борьбу с водной эрозией и дефляцией [17, 171].

По многолетним данным различных исследований можно заключить, что минимальная система обработок почвы с использованием средств защиты растений обеспечивает защиту почвы от дефляции и водной эрозии и позволяет получать показатели урожайности сельскохозяйственных культур, включая озимую пшеницу, сравнимых с урожайностью при применении глубокой обработки почвы – вспашки [68].

Ученые в условиях Западно-Сибирской равнины на черноземных почвах изучили вопрос, касающийся влияния способов обработки почвы на такие показатели как урожайность и накопление влаги. Авторы получили сле-

дующие результаты: интенсивная обработка почвы – вспашка на глубину 28–30 см – способствовала получению урожайности 41 ц/га и накоплению в метровом слое влаги 1230–1280 м<sup>3</sup>/га. Безотвальная обработка проводилась на такую же глубину, урожайность и влагонакопление на этом варианте были меньше относительно отвальной вспашки соответственно на 6 ц/га и 130–160 м<sup>3</sup>/га. Нулевая обработка почвы показала худший результат в сравнении с отвальной обработкой, показатели были меньше на 14,3 ц/га и 160–140 м<sup>3</sup>/га соответственно. Авторы подчеркивают, что при применении нулевой обработки почвы наблюдается существенное снижение как урожайности озимой пшеницы, так и ее влияние на накопление влаги в почве [167].

В РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева проводился опыт на дерново-подзолистых почвах легкосуглинистого гранулометрического состава, в результате которого было выявлено, что основная обработка почвы не имела значительного влияния на увеличение урожайности озимой пшеницы. Однако на нулевой обработке почвы была отмечена лучшая структура почвы, а именно улучшалась водопрочность почвенных агрегатов и увеличивалось соотношение агрономически ценных [106].

Исследования, проводимые в Башкортостане на черноземах обыкновенных, показали, что применение ресурсосберегающих обработок почвы наиболее экономически выгодно по сравнению с классической обработкой – отвальной вспашкой. Так, минимальная обработка почвы составляет экономию в расчете на 1 га посевной площади 79,5 %. Отмечается, также что такая обработка обеспечивает лучшее влагонакопление и обеспечение растений продуктивной влагой, увеличивая урожайность озимой пшеницы [144].

В опыте С. А. Тарадина в условиях Ростовской области экспериментально в 2016–2018 гг. на черноземе обыкновенном было установлено, что чизельная обработка в сравнении с отвальной вспашкой показала лучший результат. Прирост урожайности озимой пшеницы на варианте с чизельной обработкой относительно «классики» был больше на 5,3 ц/га, рентабельность – выше на 71,1 %. Кроме того, чизельная обработка показала большую эффек-

тивность в борьбе с водной эрозией и позволила сократить затраты на нее [154].

В Волгоградском аграрном университете проведены исследования, результаты которых показали, что чизельная обработка почвы под озимую пшеницу превосходит отвальную вспашку и мелкую обработку по урожайности на 0,42 т/га и 1,1 т/га соответственно. Это объясняется потерями влаги на испарение. При вспашке в связи с образованием большей части глыб, процесс испарения влаги идет быстрее [118].

В севообороте комплексная система обработок почвы (основная, в частности глубокая вспашка, и поверхностные) в технологии возделывания озимой пшеницы, представляющих собой одну из основных и рациональных ресурсосберегающих систем обработки почвы, улучшает структуру почвы, оптимизирует ее водно-воздушный и пищевой режимы [128, 134].

Научные исследования А.В. Алабушева, Н.Г. Янковского и других ученых в условиях Ростовской области были направлены на изучение способов обработки почвы, которые оказывают влияние на урожай озимой пшеницы и их экономическую эффективность. В результате исследования выяснилось, что обработка комбинированным агрегатом КУМ-4 (глубина обработки составляет 8-10 см) дает более высокие результаты по сравнению с обработкой отвальной, безотвальной вспашкой и поверхностной обработкой БДТ-7 показала лучшие результаты. Урожайность составила 52 ц/га, превысив перечисленные варианты обработки почвы на 8, 5 и 2 ц/га соответственно. Влияние обработки на качественные показатели зерна озимой пшеницы было незначительным. Рентабельность в сравнении с самым энергозатратным приемом – отвальной обработкой – выросла на 50,1 %, сэкономив затраты на топливо [113].

Многие аграрии в различных регионах возделывания сельскохозяйственных культур, в связи с актуальностью замены традиционных способов обработки почвы в пользу экономических и ресурсосберегающих аспектов, стали активно применять нулевую обработку почвы. Площадь под культура-

ми, выращиваемыми по этой технологии (No-Till), во всем мире составляет более 100 млн. га [70, 150, 178, 196].

Однако каждая технология, которая планируется активно использоваться в производстве, должна быть изучена, проверена, испытана и проанализирована в научных учреждениях и на последующих этапах – введена в практику. Ведь негативные стороны и последствия той или иной технологии могут губительно сказаться с течением лет на плодородии почвы, для восстановления которой потребуется не один десяток лет.

Для технологии No-Till (нулевая обработка почвы или прямой посев), необходимо учесть фитосанитарные риски и дополнительные затраты на средства защиты растений. Вследствие отсутствия какой-либо обработки в почве идет усиленное накопление различного рода патогенов, вредителей, семян сорных болезней и популяций мышевидных грызунов, особенно в благоприятных для развития условиях, с которыми необходимо бороться, применяя дополнительные химические средства защиты, для обеспечения оптимального развития культуры и других мероприятий по борьбе с увеличением и аккумуляцией фитопатогенов [126].

Так, ученые РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева отмечают, что в сравнение с отвальной обработкой почвы на прямом посеве наблюдалось увеличение численности болезней в 1,3–5,2 раза, а количество сорной растительности было больше в 3–10 раз. Авторы подчеркивают важное значение правильного подхода к защите растений и применению интегрированной системы в вопросе фитосанитарного оптимума для продуктивности культуры при выборе No-Till технологии возделывания озимой пшеницы [43].

Е. В. Кузина также приводит данные по засоренности озимой пшеницы в условиях Среднего Поволжья и отмечает, что на нулевой обработке засоренность была выше в 5,3 раза [87].

Ю. А. Богомолова, А. П. Саков, А. И. Гувеннов экспериментальным путем получили результаты урожайности на отвальной вспашке – 28,1 ц/га, безотвальной обработке – 29,9 ц/га, с минимальной обработкой – 31,3 ц/га, с

нулевой обработкой – 27,9 ц/га. Авторы обратили внимание, что показатели плотности почвы были лучше на вспашке, уплотнение происходило на минимальной и нулевой обработках на 0,02–0,06 т/м<sup>3</sup>, однако большее накопление количества продуктивной влаги – на 60 м<sup>3</sup>/га относительно контроля – было отмечено при нулевой обработке почвы. Таким образом, показатели урожайности на варианте прямого посева минимально отличались относительно вспашки, не были ниже при использовании других приемов обработки почвы, однако они позволили накопить больше влаги относительно других обработок [23].

Содержание азота в почве, а именно аммонийной его формы в значительной степени зависело от способа обработки. Наименьшее количество аммонийного азота было отмечено при технологии No-Till, снизившись относительно вспашки до 27,3 % [46].

В РГАУ – МСХА им. Тимирязева в 2017 г. проводили сравнительную характеристику двух основных обработок почвы – прямой посев (нулевая обработка) и отвальная вспашка. Результаты опыта показали, что урожайность на отвальной обработке – 53,1 ц/га, на нулевой – 51,3 ц/га. Плотность почвы на прямом посеве возрастала, в отличие от вспашки, при которой, наблюдалась динамика в сторону увеличения плотности почвы. Нулевая обработка в сравнении со вспашкой накапливала влаги на 30–50 м<sup>3</sup>/га больше, однако здесь в связи с продолжительным периодом осадков оказался избыток влаги, что негативно сказалось на культуре и отразилось на урожайности [18].

Опыты в Ставропольском крае по применению нулевой обработки почвы подтверждают, что в условиях недостатка влаги она способствует влагонакоплению, что позволяет озимой пшенице формировать стабильный урожай. Отмечено, что нулевая обработка на темно-каштановых почвах благоприятно сказывается на агрофизических показателях почвы и разуплотняет ее при условии чередования в севообороте пропашных и колосовых культур. Однако автор подчеркивает, что прямой посев ведет к снижению содержания гумуса в таких почвах – на 0,2 % за 4 года исследования. Поэтому при ис-

пользовании в технологии нулевой обработки необходимо обратить особое внимание на внесение органических удобрений с учетом минерального фона питания. Урожайность в опыте варьировала в пределах 3,8–5,6 т/га, в зависимости от предшествующей культуры и высеваемого сорта [116].

В исследованиях ученых Национального центра зерна им. П. П. Лукьяненко были затронуты вопросы, касающиеся влияния технологии возделывания на почвенное плодородие и урожайность озимой пшеницы. Изучались отвальная вспашка и две вариации минимальной обработки почвы – классическая и с разуплотнением, с отличным фоном минерального питания. Было отмечено, что классическая технология и минимальная с разуплотнением отличались лучшим влагонакоплением, оптимальными показателями плотности почвы. Эти технологии при использовании повышенных доз минерального питания также положительно повлияли на содержание гумуса, увеличив его процентное содержание за ротацию на 0,23 %. Применение удобрений в максимальной дозе  $N_{136}P_{26}K_{20}$  обусловило урожайность 73,6 и 71,6 ц/га соответственно, на минимальной технологии – 69,1 ц/га. Отмечено улучшение качества зерна озимой пшеницы. По таким показателям, как содержание белка и клейковины оно отнесено ко второму классу [82].

Ученые Кубанского ГАУ отмечают, что обработка почвы значительно влияет на содержание гумуса в почве. Худшей в отношении гумусонакопления является поверхностная обработка почвы, которая уплотняет ее и снижает количество продуктивной влаги. Отвальная обработка почвы на фоне органической системы удобрений способствует накоплению гумуса в подпахотном слое, а безотвальная – в пахотном слое [44].

Перечисленные исследования внесли серьезный вклад в аспекте рассматриваемого вопроса, однако проблема выбора способа обработки почвы в зависимости от множества факторов является по-прежнему актуальной ввиду отсутствия единого шаблона. В связи с этим возникает необходимость дальнейшего изучения вопроса разработки и применения различных способов об-

работки почвы для конкретных почвенно-климатических условий с внедрением новых высокопродуктивных сортов озимой пшеницы.

Система удобрения – это применение совокупности минеральных и органических удобрений, содержащих необходимые макро- и микроэлементы для роста, развития растений, поддержания и воспроизводства плодородия почвы. Удобрения используют в количествах необходимых для культуры (норма удобрений), в важные периоды развития растений в дифференцируемом виде (доза удобрений) с целью получения урожая, для определенной природно-климатической зоны, типа почвы с учетом обеспеченности ее основными элементами питания.

Исследования ряда ученых подтверждают, что применение в технологии возделывания озимой пшеницы фитомелиорантов, сидератов, соломы, органических удобрений положительно влияет на плодородие почвы, оказывая разуплотняющее действие, оптимизируя ее пищевой и водно-воздушный режимы [98, 185, 188, 209].

В условиях центрально-черноземной зоны, применение сидератов и многолетних трав разуплотняет почву, насыщая ее органическим веществом, способствуя повышению плодородия почвы. Кроме того, использование замятых паров имеет преимущество перед применением чистых благодаря микробиологической активности и поступлению органики в почву [172].

В опытах, проводимых на черноземе выщелоченном в условиях Ульяновской области, изучалось влияние вносимых удобрений на плодородие почвы. Применяли различные нормы минеральных удобрений совместно с внесением навоза, соломы, сидератов на фоне отвальной вспашки. Отмечено, что при применении органики одновременно с минеральными удобрениями, наблюдается увеличение количества водопрочных агрегатов до 5 %. Это сказалось на количестве накопленной влаги, которое здесь было на 384 м<sup>3</sup> больше относительно контрольного варианта (без применения удобрений) и на 172 м<sup>3</sup> больше, чем на варианте с внесением только минеральных удобрений и заделкой соломы. Микробиологическая активность на вариантах с вне-

сением органики, также отличалась интенсивностью, оказавшись выше в среднем на 18,5 % относительно других вариантов [135].

С. Н. Никитин отмечает, что при использовании органических удобрений на озимой пшенице в почве увеличивается содержание доступного азота, в сравнении с контролем на 20–31 %. Он подчеркивает, что внесение осадка сточных вод в качестве органического удобрения показало лучшие результаты по сравнению с навозной жижей благодаря увеличению содержания в почве подвижных форм фосфора и калия, а также общему улучшению минерального питания посевов [105].

В Самарской области проводились исследования влияния органоминеральных удобрений на увеличение листового аппарата листьев и биомассы зеленых частей растений. Авторами зафиксировано заметное усиление роста и развития растений. Помимо этих процессов отмечено противострессовое действие органоминеральных удобрений на протяжении всего периода вегетации озимой пшеницы, наблюдалось также увеличение содержания азота в листьях [11].

Исследования по применению органоминеральных удобрений на дерново-подзолистой почве показали, что увеличение урожайности озимой пшеницы составила 109–160 % в зависимости от количества вносимого удобрения. Кроме этого отмечено улучшение структуры почвы, реакции почвенного раствора и пищевого режима [74].

В исследованиях на черноземе выщелоченном в Воронежской области отмечается, что минеральные удобрения в значительной степени влияют на пищевой режим почвы, повышая в ней содержание NPK, но одновременно подкисляя ее. Такая реакция почвы вызывает необходимость ее известкования из-за негативного изменения среды для роста и развития растений. Известкование ведет к изменению содержания питательных элементов: уровень P значительно повышается (до 20 мг/кг), в то время как содержание K кардинально уменьшается (до 30 мг/кг). Исходя из этого, при известковании почвы

следует корректировать дозы вносимых минеральных удобрений по элементам питания для оптимального их соотношения [26].

Использование повышенных и высоких доз минеральных удобрений приводит к негативным процессам, которые происходят в почве, видоизменяя кислотность почвы, вызывая ее подкисление, так они являются физиологически кислыми [5, 80, 147, 197].

Известкование почвы – важнейший агроприем при подкислении почвы из-за внесения минеральных удобрений. Этот прием улучшает структуру почвы, увеличивает количество водопрочных агрегатов, уменьшает плотность почвы. Отмечается, что при проведении известкования как комплексного мероприятия эффективность применения удобрений возрастает до 64 % [143].

Ученые Липецкой области указывают на отрицательное влияние внесения одних только минеральных удобрений, которое не соответствует научно обоснованной системе удобрения, предусматривающий возврат в почву питательных элементов. Такой прием приводит к отрицательному балансу накопления органического вещества в почве, вызывает прогрессирующее снижение плодородия почвы. Отмечается необходимость проведения агрохимического обследования почвы и разработки эффективной научно обоснованной системы для каждого поля и культуры [146].

При выращивании озимой пшеницы в опыте на черноземе типичном в севообороте и как монокультуры кислотность почвы значительно изменялась. За несколько лет на монокультуре она снизилась на 1,32 в сравнении с севооборотом. Усиление процесса подкисления обеспечивалось дополнительным внесением повышенных доз минеральных удобрений, ухудшая свойства чернозема и его пищевой режим. Отмечается, снижение водопрочности почвенных частиц при внесении высоких доз минеральных удобрений [99].

Из-за дефицита органических удобрений и экономического аспекта, не позволяющего активно внедрять почвозащитные технологии и вносить мине-

ральные удобрения, с полной компенсацией затрат питательных веществ, с целью повышения плодородия почв, содержание гумуса значительно снижается. В значительной степени на пищевой режим почвы влияет обеспеченность фосфорными удобрениями, за счет которых в 2 раза повышается эффективность применения азотных и калийных удобрений. Отмечается, что обеспеченность почвы фосфором наравне с содержанием продуктивной влаги является лимитирующим фактором при выращивании культур. Фосфорные удобрения играют важную роль в повышении плодородия почв, что требует их внесения в необходимом количестве [84].

Многочисленными исследованиями ряда ученых по вопросу влияния минерального и органического питания растений, было установлено, что качество зерна озимой пшеницы и ее продуктивность зависят от количества и видов применяемых удобрений [19, 189, 195, 200]. Основываясь на различных исследованиях и опыте практиков, необходимо заключить, что применение научно обоснованной системы удобрения и получение высоких урожаев тесно связаны. Главенствующая роль в этом принадлежит основным элементам питания – азоту, фосфору и калию. Азоту в этом отождествляется большая роль, заключающаяся в формировании продуктивных растений, качественного зерна и урожая культуры. Фосфор и калий играют меньшую роль, однако нельзя не учитывать их важность в формировании корневой системы и процессов, протекающих в зерне, а также возрастающей в несколько раз эффективности этих элементов при совокупном их внесении [5, 73, 179, 194].

Таким образом, технология возделывания как комплекс мероприятий, включающий обработку почвы, питание и защиту растений, должна подбираться в соответствии с почвенно-климатическими условиями, уровнем плодородия почвы, культурой земледелия хозяйства. Для повышения эффективности производственного процесса возделывания озимой пшеницы с высокими показателями урожайности и качества необходимо разработка такой системы земледелия, которая на основе научно обоснованного подхода и агрохимического анализа почвы, с учетом особенностей каждого поля отдель-

но, будет обеспечивать высокую производительность и эффективность производства.

### **1.3 Зависимость роста, развития и продуктивности озимой пшеницы от технологии возделывания**

Продуктивность озимой пшеницы зависит от технологии возделывания, которая складывается не только из системы обработки почвы, системы удобрения и защитных мероприятий, но и от таких взаимосвязанных элементов, как предшественник и место в севообороте озимой пшеницы.

Ученые Ставропольского края, отмечая важность учета предшественника в агротехнологии при любой системе возделывания озимой пшеницы утверждают, что доля его влияния на продуктивность будущей культуры составляет более 50 % [175].

В. В. Никитин и В. В. Навальнев на основе данных опыта, проводимого на черноземе типичном в Белгородской области, утверждают, что общая прибавка урожая от внесения удобрений в разных дозах в совокупности варьирует в пределах 11,3–14,5 ц/га. Показано, что после предшественника горох внесение высоких или повышенных доз азотных удобрений является нецелесообразным приемом. Лучшие результаты показало внесение азота, фосфора и калия с нормой 90, 60 и 90 кг по д.в./га соответственно. Такая норма удобрений обеспечивала прибавку в 13,1 ц/га и являлась экономически эффективной [104].

В ресурсосберегающей технологии с использованием правильно подобранной системы удобрения возможно получение высокого урожая с качественным зерном. В этой системе тесно связанных элементов важно такое понятие, как коэффициент усвоения фотосинтетически активной радиации (ФАР), который активно функционирует в связке солнечная радиация – листовой аппарат, являясь ее важной и неотъемлемой частью. Так, при использовании повышенных доз минеральных удобрений в дозе  $N_{150}P_{60}$  коэффици-

ент ФАР составлял 2,73 %, что выше контроля на 0,70 %, а в дозе  $N_{60}P_{60}$  увеличение составило 0,23 %. Следовательно, площадь листьев в посевах нарастает, что ведет за собой лучшую способность и усвояемость, поступающей на лист лучистой энергии солнца, увеличивая продуктивность озимой пшеницы и обеспечивая прибавку урожайности культуры [168].

Н. И. Мамсиров, Р. К. Тугуз в ходе своих исследований установили, что в условиях Адыгеи на черноземе выщелоченном наибольший урожай получен на варианте отвальной вспашки – 78,4 ц/га. Помимо высокой урожайности качественные характеристики и классность зерна соответствовали первой группе качества. Было отмечено и влияние предшественника в совокупности с видом обработки и их эффективность в экономическом плане. Так, показатель рентабельности выращивания озимой пшеницы по занятому пару с проведением отвальной вспашки составил 143 %, при поверхностной обработке по предшественнику горох – на 3 % ниже, при отвальной вспашке по кукурузе, возделываемой на силос при отвальной вспашке – на 10 % ниже по сравнению занятым паром и вспашкой. Авторы отмечают, что запас семян сорняков в сильной степени обусловлен предшественником, поэтому выбор способа основной обработки почв под озимую пшеницу должен определяться культурой, которая занимала данное поле [160].

А. В. Загорулько и А. Хакимулла изучали применение нулевой обработки на озимой пшенице в 2019 г, на черноземе выщелоченном, в условиях Краснодарского края. В опыте испытывали 3 основных способа обработки почвы, один из которых упоминалась выше и два других – классическая (отвальная вспашка) и поверхностная обработка почвы. Результаты по урожайности: вариант с нулевой обработкой – 1,9 т/га, вариант с отвальной вспашкой – 4,6 т/га, вариант с поверхностной обработкой – 4,9 т/га. Авторы отметили, что количество продуктивных стеблей на нулевой обработке было в два раза меньше, чем на других ее способах. Из этого следует, что нулевая обработка показала самые низкие результаты по урожайности озимой пшеницы [71].

А. С. Бушнев в своих исследованиях показал эффективность вариантов, различающихся основной обработкой почвы под озимую пшеницу по предшественнику рапс в условиях Краснодарского края на черноземе выщелоченном. Было отмечено, что на варианте с отвальной обработкой озимой пшеницы был получен наибольший прирост урожайности и рентабельности – 46,8 ц/га и 189 % соответственно. Поверхностная обработка почвы показала худший результат – 38 ц/га и 142 % соответственно. Мелкая отвальная и безотвальная обработка на глубину 12–14 см имели значение урожайности и рентабельности в пределах 43,2–42,5 ц/га и 171–166 % соответственно. Таким образом, отвальная обработка почвы имела лучшие показатели экономически и численно [30].

В исследованиях М. О. Тухтаваева подчеркивалось, что совместное внесение азота и фосфора ( $N_{120}P_{60}$ ) дает наибольшую эффективность для продуктивности растений, в отличие от неэффективного отдельного внесения этих элементов. Была получена прибавка в урожайности озимой пшеницы составляющая 19,2 ц/га. Отмечено увеличение площади листовой пластинки и роста растений, благодаря этому они в полной мере использовали свой фотосинтетический потенциал, вследствие чего урожайность повышалась [162].

Н. А. Бугреев приводит данные опыта 2015 г. в условиях Волгоградской области по трем способам основной обработки почвы. Проведя анализ полученных данных, он утверждает, что при обработке черного пара наилучшие показатели урожайности были на варианте с применением чизельного рыхления с глубиной обработки 33–35 см, урожайность при этом составила 22,4 ц/га. При традиционной обработке почвы, которая заключалась в вспашке и обороте пласта на 20–22 см, удалось получить урожайность в 19,7 ц/га. В свою очередь третья обработка, включающая дискование 10–12 см, дала возможность получить урожай озимой пшеницы – 18,2 ц/га. Самый энергозатратный способ обработки – отвальная вспашка [27].

Н. И. Рамазанова, З. Н. Ахмедова, А. П. Дибирова опытным путем получили данные, касающиеся потребности в элементах питания озимой пше-

ницы на глинистых каштановых почвах в различные фазы вегетации. Так, на фазу кущения приходится наибольшее потребление именно микроэлементных соединений. Активное поглощение макроэлементов отмечается в двух фазах – выход в трубку и молочная спелость [130].

Ростовские ученые при анализе данных пришли к заключению, что лучшей обработкой для накопления влаги была чизельная, относительно отвальной вспашки, накопив на 1,9–6,5 мм больше, в зависимости от предшественника. Отмечено, что в условиях засушливой зоны в отличие от других предшественников для озимой пшеницы, черный пар позволяет в 1,5–2 раза увеличить запасы продуктивной влаги [53].

Ученые Н. Г. Малюга, Н. Н. Нещадим [и др.] в центральной зоне Краснодарского края в полевом опыте изучили, что при применении безотвальной вспашки на такой культуре, как озимая пшеницы показатели урожайности снижались на 0,3 т/га в сравнении классической обработкой и на 0,5 т/га – с отвальной вспашкой на фоне последствия глубокого рыхления. Снижение наблюдалось на всех вариантах независимо от интенсификации и уровня плодородия почвы [42].

Л. Б. Нитченко, В. А. Лукьянов изучали влияние различных доз удобрений и способов обработки под озимую пшеницу на ее урожайность. Авторы отмечают, что на слитом черноземе обработка почвы, представленная комбинированной системой, отвальной и безотвальной вспашкой, не повлияла в значительной мере на качественные показатели зерна пшеницы и ее урожайности. Однако удобрения, внесенные в двойной и одинарной дозе, изменяли как качество, так и прирост урожайности. Так, при внесении двойной дозы удобрений показатели были самыми высокими, однако этот прием оказался экономически нецелесообразным. Наиболее рентабельным способом оказалась комбинированная система с внесением одинарной дозы удобрений ( $N_{20}P_{40}K_{40}$ ), применение которой превысило показатели безотвальной обработки с такой же дозой удобрений на 8 % [107].

В исследованиях А. В. Загорулько и А. Хакимула были получены данные, которые показали, что при технологии с применением прямого посева – вариант без внесения удобрений, вариант с внесением в дозе  $N_{120}P_{60}K_{40}$ , вариант с дозой  $N_{120}P_{60}K_{40}$  с использованием средств химической защиты от сорняков – не показали эффективности в сравнении с поверхностной обработкой почвы при равных условиях. На прямом севе сформировались самые низкие показатели урожайности, уступив 1,1–2,2 т/га поверхностной обработке почвы. Прибавка на поверхностной обработке относительно контроля составляла 0,6–1,2 т/га [8].

Засоренность посевов и борьба с сорной растительностью – один из важнейших аспектов любой технологии выращивания. В исследованиях Г. В. Черкашина были изучены две технологии возделывания озимой пшеницы – No-till и классическая совместно с применением гербицидов. По результатам опыта нулевая обработка почвы показала лучший результат, уровень засоренности при которой был в 3 раза меньше, чем на конкурирующей технологии с применением средств интенсификации [170]. Ю. А. Бобкова также отмечает значительное увеличение засоренности в посевах сельскохозяйственных культур при использовании технологии No-till [21].

А. А. Воропаева в своих исследованиях в условиях Ставропольского края приводит данные, касающиеся внесения повышенных доз сложных удобрений, представленных нитроаммофоской с аммиачной селитрой, которые показали эффективность и обусловили значительную прибавку урожайности. Применение различных доз только азотно-фосфорных удобрений показало существенно меньший результат, прибавка урожайности варьировала в пределах 5,3–10,7 ц/га, а по такому предшественнику как подсолнечник формировалась отрицательная прибавка урожайности на 3,3–3,4 ц/га [50].

В опыте на дерново-подзолистых супесчаных почвах изучались различные технологии возделывания озимой пшеницы, их эффективность и рентабельность. Обработка почвы в опыте была представлена отвальной вспашкой, дискованием и чизелеванием, предшественниками служили овес, рапс и

горох. Фон минерального питания представлен внесением под основную обработку почвы фосфорно-калийными удобрениями в дозе 60 и 120 кг соответственно, а также различной вариацией дозировок азотных удобрений, вносимых дробно в различные фазы развития культуры (возобновление весенней вегетации, выход в трубку, флаг-лист, колошение) – 70 + 50, 70 + 70, 70 + 70 + 20, 70 + 70 + 20 + 20 кг. Лучшие показатели рентабельности – 39,6–40,1 % имел вариант с применением чизельной обработки почвы и дискованием по гороху, с дозой внесения азота 70 + 70 + 20 кг. По таким предшественникам, как рапс и овес, лучшими показателями рентабельности отмечена чизельная обработка почвы с внесением вышеупомянутой дозой азота, составив 37,8 и 33,4 % соответственно [28].

В опыте, проведенном в условиях Северного Кавказа на черноземе обыкновенном, изучали 4 технологии возделывания озимой пшеницы. Они представлены экстенсивной (без применения СЗР и удобрений), нормальной (аммофос – 150 кг/га), интенсивной (аммофос – 300 кг/га) и экологической (стимулятор роста Энерген Экстра в фазу всходов – 2 л/га) технологиями. Обработка почвы на всех технологиях включала 2 вида – отвальную и поверхностную. Лучшими результатами по урожайности и качеству полученных семян (2-й класс) характеризовались интенсивная и экологическая технология по вспашке. Урожайность на них составила 40–48 и 38–40 ц/га соответственно в зависимости от высеваемого сорта озимой пшеницы. Отмечено, что обработка почвы не имела значительного влияния на урожайность культуры, однако в экономическом плане и показателях рентабельности вспашка, является энергозатратным способом обработки почвы, уступая поверхностной по затратам на ГСМ. На остальных технологиях урожайность была ниже на 12–20 ц/га относительно вышеперечисленных технологий [157].

Привлекают внимание в аспекте рассматриваемой проблематики исследования И. И. Гуреева, Л. Б. Нитченко, И. А. Прущик. Авторы изучали эффективность различных технологий возделывания в соответствии с адаптивностью применяемых элементов данного агробиогеноза. Полученные

данные были обработаны с использованием методологии Лагранжа (математической обработки неопределенных множителей). Метод позволяет наглядно выявить закономерность изменения агроэкономических показателей, отразив их на графике в процессе анализа полученных данных. В результате было установлено, что в условиях Курской области, типичном черноземе, лучшей технологией, обеспечивающей получение зерна озимой пшеницы 3-го класса и урожайность 33,8 ц/га при минимальных затратах, оказалась технология, включающая применение комбинированного способа обработки почвы +  $N_{19}P_{39}K_{39}$ . Применение как безотвальной, так и отвальной вспашки с внесением повышенных доз минеральных удобрений привело к увеличению себестоимости производства озимой пшеницы, снизив рентабельность получаемой урожайности, являясь экономически нецелесообразным мероприятием. Авторы отмечают, что технология обработки почвы должна разрабатываться с учетом особенностей каждой из составляющей агробиогеноза конкретного поля и составлением системы мероприятий согласно ее характеристикам [66].

Различные исследования современных ученых отмечают важность выбора технологии и подбора различных ее элементов в соответствии с особенностями сорта озимой пшеницы. Потребность в сортоагротехнике и разработке новых технологий, исходя из особенностей сорта озимой пшеницы, отмечал еще Н. И. Вавилов в своих работах начала прошлого века [141].

Важнейшая роль отдается таким факторам, определяющим получение урожая, как почвенно-климатические условия местности сельскохозяйственного производства, гидротермический коэффициент, обеспеченность почвы макро- и микроэлементами, содержание органического вещества и гумуса, уровень рН и др., в совокупности, составляющие агрометеорологию данной зоны, состоящей из целой системы взаимосвязанных элементов (почва – растения – атмосфера).

Так, учеными Московской области было отмечено, что в зависимости от сорта и интенсивности применяемой технологии затраты и вынос элемен-

тов питания значительно различаются. Однако вне зависимости от сорта культуры, наблюдается снижение окупаемости затрат на возделывание озимой пшеницы с переходом к более интенсивной технологии с повышенным внесением доз минеральных удобрений. Поэтому рациональность внесения минеральных удобрений, снижение затрат на питание и получение качественного высокого урожая диктует необходимость создания нормативной базы в потребности минерального питания относительно генетики сорта, которая в настоящее время отсутствует [52].

Теоретический анализ литературы показывает, что проблема рассматривалась достаточно широко многими учеными [22, 25, 49, 147]. В то же время целый ряд конкретных (методических) вопросов, связанных с сортовыми особенностями и разработкой агротехники, с индивидуальным расчетом питания для конкретных сортов мало изучен. В настоящее время наблюдается положительная тенденция в сторону создания новых высокопродуктивных сортов, что в свою очередь влечет за собой необходимость разработки, специализированной сортоагротехники и новой технологической базы возделывания озимой пшеницы.

Е. В. Агафонов и А. Л. Хатламаджиян проводили в Ростовской области опыт по выявлению эффективности внесения удобрений в осенний период по предшественнику – эспарцет. Выявлен отрицательный эффект при внесении осенней дозы удобрений по эспарцету, это связано с количеством азота, оставленным после бобового предшественника, составляющим 180 кг/га [3].

Таким образом, различные исследования в рассматриваемой проблематике не дают единого технологического шаблона в выборе универсальной технологии возделывания озимой пшеницы, обеспечивающей высокую продуктивность культуры. Однако из вышеизложенного можно сделать вывод, что необходимо создавать такие условия, которые будут удовлетворять биологическим потребностям культуры в условиях любой природно-климатической зоны, осуществлять подбор наилучшей технологии возделывания с индивидуальным подходом в пределах определенной местности и

каждого поля, с учетом экономической эффективности производства. Кроме того, надо учитывать физиологические потребности сорта, предшественник, а также культуру земледелия конкретного хозяйства, совершенствовать технологии выращивания, обеспечивающие воспроизводство почвенного плодородия.

#### **1.4 Взаимосвязанность технологии возделывания озимой пшеницы и качества зерна**

В условиях Черноземья на формирование средних урожаев озимой пшеницы в размере 4–4,5 т/га, требуется азота в среднем 140 кг, фосфора – 50 кг, а калия – 120 кг. Необходимо подчеркнуть, что вынос питательных веществ с каждой последующей прибавкой урожая требует увеличения доз удобрений [176].

Формирование качества зерна озимой пшеницы в первую очередь, конечно, зависит от сорта и заложенных в нем характеристиках соответствующим определенной группе – сильная, ценная, филлер и слабая. Однако посев сорта, который обладает необходимыми качественными характеристиками не исключает выход продукции низкого качества. Для того чтобы реализовать потенциал растений следует обеспечить условия соответствующие требованиям к агрофону данного конкретного сорта. Важно подчеркнуть, что сорта, переназначенные для высокого агрофона, на его низком уровне – плохой предшественник, дефицит влаги и азота, качественные характеристики зерна подлежат резкому снижению, по сравнению с сортами для среднего и низкого агрофона. Эти сорта используют для своего роста и развития значительно большее количество азота, активнее происходит исчерпание запасов гумуса, особенно при недостатке минерального питания, что и приводит к деградации почвы и снижению качества зерна [73, 151].

Предшественник оказывает значительное влияние на качество зерна озимой пшеницы. Так, худшими предшественниками, по которым идет сни-

жение как урожайности, так и качество зерна являются зерновые колосовые культуры. Ряд проведенных опытов доказывают, что озимая пшеница по этим предшественникам снижает качество и белковость зерна. Объяснением этого служит непригодность выращивания пшеницы как монокультуры, по ряду причин, вызывающих необходимость чередования культур в севообороте, которые были сформулированы еще Д.Н. Прянишниковым. Однако, например, кукуруза и озимая рожь отлично реагируют на возделывание при монокультуре, не снижая качественных и количественных показателей при соответствующей агротехнике [56,83].

Предшественник для озимой пшеницы, который положительно скажется на урожайности и качестве зерна, как многолетние и однолетние бобовые травы, являясь оструктуривателями и культурами фитомелиорантами, накапливая биологический азот и предупреждая засоление, создают благоприятные условия для возделывания следующей культуры, относящейся к семейству Мятликовые и не имеющей с ними общих вредителей и болезней, ухудшая фитосанитарный фон, что снизит качественные показатели и общий урожай культуры. Благоприятно влияет на качество озимой пшеницы горох, но при условии влажного года, что способствует активной работе клубеньковых бактерий и накоплению азота в почве. Если же год сухой, то горох является удовлетворительным предшественником, вынося из почвы азота столько же, сколько и зерновые культуры, и качество зерна здесь не будет обладать высокими показателями [73,83].

Удовлетворительным предшественником служит и кукуруза на зерно и силос. После этих культур часто формируется дефицит как влаги, так и питательных элементов в почве. Часто после этих предшественников особенно в южных регионах страны к моменту сева озимой пшеницы количество осадков не позволяет получить хорошие всходы, поэтому необходимо особое внимание уделить подготовке почвы к посеву и качественной обработке семян. В связи с этим необходимо учесть в технологии обязательное внесение минеральных удобрений, особенно азотных.

Необходимо отметить, что предшественник лишь часть общей системы земледелия, который влияет на качество и урожай. Один хороший предшественник, который благоприятно влияет на культуру при плохих погодных условиях и недостатке питания становится неудовлетворительным, снижая вышеперечисленные показатели, что требует грамотно выстроенной системе земледелия и оптимизации как структуры посевных площадей, так и технологии возделывания каждой культуры, входящий в ее состав [73,83,147].

Важно коснуться вопроса обработки почвы под сильные пшеницы. Выбор рациональной системы обработки почвы для степных районов нашей страны в настоящее время приобретает особое значение. Интенсивная обработка почвы приводит к постепенному снижению плодородия, усиливает процесс водной и ветровой эрозии. Активизация естественного плодородия при помощи глубокой механической обработки сопряжена с резким ускорением аэробного разложения органических веществ в почве. По этой причине зарубежное сельское хозяйство активно переходит на минимальную система обработки почвы и в том числе нулевую обработку. Эта система предусматривает минимальное количество обработок почвы или их отсутствие, сохранения ее от уплотнения путем совмещения различных операций.

Поэтому, видимо, не всегда следует считать глубокую пахоту лучшим вариантом обработки почвы для выращивания высококачественного зерна пшеницы. При изучении качества зерна пшеницы, высеянной после кукурузы на силос, в отдельные годы незначительное преимущество было за вариантом, где проводилась глубокая (25-30 см) вспашка, в другие годы наблюдалось улучшение качества зерна при посеве после дискования. Однако интенсивная обработка почвы, за счет оборота пласта толщи почвенного слоя и поступления воздуха способствует окислению и разложению органического вещества, снижая плодородие почвы и запасы питательных веществ, которые и обеспечивают получению высокого качества зерна. Так же необходимо отметить, что многократное воздействие и проход сельскохозяйственных машин уплотняет почву, нарушая водно-воздушный режим и ухудшая условия для

роста корневой системы и формирования растений. Поэтому при выборе способа обработки следует руководствоваться прежде всего интересами получения высоких урожаев зерна и сохранения плодородия почвы. Качество урожая при этом будет также хорошим [70,72,155].

Важно учитывать регион выращивания и уровень влагообеспеченности. Если засушливый регион, то проведение глубокого рыхления будет способствовать накоплению влаги, а в регионе с избыточным увлажнением с помощью данного мелиоративного приема можно отвести воду с поля, что способствует улучшению воздушного режима и поможет избежать повреждение растений. В засушливом регионе уплотненная почва обеспечивает меньшее испарение воды, из нижних слоев прерывая капиллярный ток, а также обеспечивает лучший контакт семян с влагой при посеве при проведении такого приема как прикатывание. Применение минеральных удобрений в засушливых условиях так же должно регулироваться для оптимизации пищевого режима [155].

Одно из основных и наиболее действенных средств повышения качества пшеничного зерна – научно обоснованное применение удобрений. В настоящее время в старопахотных районах страны практически достаточно получать качественное зерно без удобрений. Но следует подчеркнуть, что одни удобрения без осуществления других агротехнических приемов не дают желаемого результата. Это в первую очередь относится к степным районам страны основной зоне производства сильных и твердых пшениц. На посевах, страдающих от засухи или заросших сорняками, эффективность удобрений незначительна. Хорошие результаты достигаются только на фоне высокой агротехники, направленной на сохранение влаги в почве и уничтожение сорняков. При высокой культуре земледелия удобрения способствуют повышению урожая и качества зерна.

С целью получения высоких урожаев и качества зерна необходимо выстраивать научно обоснованную систему удобрений для озимой пшеницы, которая обеспечит оптимальный пищевой режим с таким условием, чтобы

элементы питания были доступны растению в почвенном растворе и находились в необходимом соотношении, и потреблялись в соответствии с фазой. Соотношение элементов важнейшее условие создания благоприятных условий для формирования урожая и качества, чтобы макроэлементы лучше усваивались растениями и не наблюдалось явление антагонизма ионов. Например, азот в избытке ухудшает усвояемость ряда элементов, в том числе фосфора и калия, ухудшая пищевой режим и продуктивность растения. Однако количество вносимых удобрений не менее важно правильного их соотношения, что требует расчета на планируемую урожайность и учета почвенных условий [73,127,201].

Высоко влияние на качество и урожай зерна пшеницы внесение азотных удобрений. Их недостаток ведет к уменьшению содержания хлорофилла, растения теряют способность полноценно фотосинтезировать, от чего и зависит продуктивность растений. Такое влияние выраженного голодания сопровождающееся бледно-зеленым окрасом наблюдается крайне редко и его можно избежать путем внесения азота в разные сроки. Обязательно осуществлять внесения азота со временем выхода озимой пшеницы из зимовки, т.е. с возобновлением весенней вегетации. В этот период растения ослаблены, в почве практически нет доступного азота, что объясняется низкими температурами и крайне медленными процессами нитрификации. Одновременно растения с увеличением температуры проходят активно процессы роста, что требует дополнительного питания извне, ведь нитратов, которые в это же время присутствуют в почве в недостаточном количестве. При азотном голодании весной корневая система развивается слабо, питания и водоснабжение растений осуществляется преимущественно в небольшой толще почвы, что ухудшает условия для полноценного органогенеза, в том числе формирование колосковых бугорков, которые и являются основой формирования зерен. Если в этот период питания недостаточно, в дальнейшем компенсация в следующие фазы развития не сможет оказать влияние на этот показатель. Изучено, что внесение весенней подкормки обеспечивает увеличение урожайности и

лишь незначительно влияет на качество. Это объясняется тем, что азот, внесенный в первую подкормку с возобновлением вегетации расходуется на формирование биомассы вегетативной части растений, количества зерен и этого не хватает для повышения качества зерна [5,117,127].

Ряд исследований подтверждают, что осеннего и ранневесеннего азотного удобрения недостаточно с целью повышения качества зерна, необходима и летняя подкормка. Отмечено, что проведение поздних подкормок «на качество» не влияют на показатели урожайности [72,86,147].

Навоз внесенный в год посева пшеницы не оказывает существенного изменения белковости и содержания клейковины. Это объясняется тем, что для того чтобы произошли процессы минерализации или питательные вещества которые содержатся в навозе трансформировались в доступную для растений форму, необходимо прохождение микробиологических процессов, а это в свою очередь требует наличие влаги и тепла. Перед посевом в начале осени наблюдается дефицит влаги, что приводит к значительному замедлению микробиологических процессов. Ближе к концу осени снижаются температурные показатели, что так же неблагоприятно влияет на процесс активации бактерий и минерализация приостанавливается до возобновления вегетации, сопровождающееся повышением температуры и наличием влаги в почве в весенний период. А с приходом весны в степи верхний слой быстро иссушается, и навоз консервируется для потребления озимой пшеницы.

Навоз рекомендуется вносить под пропашные культуры – сахарную свеклу и кукурузу на зерно. Тогда постепенно высвобождая элементы питания, переводя их в доступную форму для последующих культур в севообороте наблюдается последствие внесения навоза и повышения урожая, и качества зерна колосовых культур.

Важно походить к процессу подготовки навоза для внесения его под культуру. Качественная подготовка и степень разложения навоза играет большую роль в его ценности для использования с целью повышения продуктивности культур и улучшения агрофизических показателей почвы, по-

вышения ее плодородия. Нельзя осуществлять внесение навоза с большой примесью соломы или опилок, что негативно отражается на азотном питании, так как для того чтобы разложить целлюлозы – основу содержащейся примеси, микроорганизмы будут активно потреблять и затрачивать азот из навоза и почвы, которые будут продолжаться в течение нескольких лет, приводя даже к уменьшению содержания валового азота [5,83,117].

Важно отметить, что внесение однократной дозы азотных удобрений не способно обеспечить озимую пшеницу питанием на весь период вегетации. Азот нестабильный элемент в почвенном растворе, а внесению его в высоких дозах приводит к повреждению растений от его избытка, а в дальнейшем макроэлемент вымывается в нижележащие слои почвы под воздействием выпадающих атмосферных осадков, особенно сильно это отмечается на участках с эродированной почвой, подвергшихся деградации. При таких условиях растения подвержены сильному стрессу и формируется щуплое зерно. С целью улучшения качества зерна озимой пшеницы необходимо отказаться от однократного внесения азотных удобрений и производить дробное внесение азота.

Осуществление дробное внесения удобрений позволяет более рационально и эффективно использовать имеющиеся ресурсы и оптимизировать пищевой режим растений в важнейшие фазы роста и развития, чтобы получить зерно высокого качества с наибольшей урожайностью. Так же это позволяет увеличить пластичность выполнения агротехнических мероприятий, распределив в соответствии с очередностью и потребностью растений в проведении подкормки в зависимости от их развития и необходимости в дополнительном питании.

Внесение подкормки осуществляется как сухими твердыми удобрениями, так и жидкими удобрениями при помощи фолиарных обработок.

Представление о механизме потребления макроэлементов озимой пшеницей имеет важное значение для эффективного внесения соответствующих удобрений для повышения как урожайности, так и качества зерна. Так, в пе-

риод осеннего посева зерна озимой пшеницы, постепенно развиваясь растения, потребляют небольшое количество азота, фосфора калия из почвы, однако в период весеннего кушения и активных процессов роста и развития наблюдается увеличение темпов поглощения элементов питания, как и темпов роста вегетативной массы растений [5,73,83,117].

До фазы колошения вынос азота из почвы осуществляется на 2/3 собственной потребности растений, а к моменту цветения азотное питание практически превращается осуществляться растением. После того как зерно начнет формироваться в колосе растение возобновляет поглощение азота и добывает оставшиеся 30%, которые необходимы для завершения физиологических процессов. Что касается фосфора, то растения озимой пшеницы к началу формирования зерна потребляют более 80%. К моменту молочной спелости прекращается процесс поглощения фосфора. Калий же поглощается растением до фазы колошения, а затем его потребление резко сокращается, удовлетворяя потребность в этом элементе для растений. Данная динамика наблюдается у растений в оптимальных условиях и наличии доступных для потребления элементов.

Часто растения в зависимости от обеспеченности питательных элементов и влаги в почве могут испытывать недостаток элементов, и их поглощение бывает затруднено по причине наличия их в недоступной форме, засухе, слабо развитой корневой системе.

В осенний период при появлении всходов с условиями теплой и влажной погоды в почве наблюдается нехватка подвижных фосфатов, что негативно отражается на развитии корневой системы растений и они сильнее подвержены стрессовым факторам, таким как низкие температуры, которые с приближением к зимовке растений отрицательно сказываются на выживаемости растений, особенно при условии, что озимая пшеница не вошла в оптимальную фазу для того, чтобы успешно перенести понижение температуры и необходимый процесс яровизации для успешного формирования своей продуктивности.

В весенний период при возобновлении вегетации растения сталкиваются с острой нехваткой питания, главным образом азотного и это связано с недостаточной температурой для мобилизации микробиологической активности и происходит задержка процессов нитрификации, что и обуславливает недостаток азота в почве. Обычно в пахотном слое почвы в этот период до 7 раз меньше содержание нитратов, чем требуется растению. Азотное голодание весной приводит к истощению растений и значительному снижению урожайности, а также качества зерна озимой пшеницы.

Азотное голодание может наступить и в период колошения, когда корнеобитаемый слой до 40 см почвы пересыхает. Озимая пшеница активно развивается, поглощает влагу и питательные элементы, однако в этом случае азот практически не поступает. Формирование репродуктивных органов и будущего урожая идет за счет ранее накопленного азота. Недостаток питания в этот период негативно сказывается на качественные показатели зерна, что требует поведения подкормок для оптимизации процессов фотосинтеза и накопления продуктов ассимиляции будущего урожая. Если проведение подкормок не осуществляется, то при уборке на выходе мы получаем мучнистое зерно с низким содержанием клейковины и белка [5,83,117,127].

Почти во всех районах, где производится товарное зерно, пшеница не страдает от калийного голодания. При внесении азотных или фосфорных удобрений в почву происходит интенсивный рост растений, и калий, который они получают из почвы, становится недостаточным.

Калийное голодание проявляется в виде пожелтения и отмирания листьев, которые имеют начало с середины и концов, в то время как при острой нехватке азота сначала желтеет, а затем и отмирает вся листовая. Для получения высококачественных зерен пшеницы, необходимо обеспечить их достаточным количеством минеральных удобрений.

При этом следует соблюдать определенную последовательность действий: в почвенном растворе должны содержаться такие элементы питания, которые соответствуют потребностям растений в различные периоды их раз-

вития. Количество не менее важно, чем качество. Имеется информация о том, что в случае внесения азотных и фосфорных удобрений у растений наблюдается недостаток калия. Но при этом на удобренных вариантах этого элемента было достаточно. Существует еще более тесная взаимосвязь между процессами азотного и фосфорного питания.

Установлено, что пшеница дает более высокий урожай и белковость зерна при соотношении N:P:K, равном 1,75;1,5:1,0 [83].

При наличии в рационе достаточного количества питательных веществ и оптимального их соотношения, растения в степных районах страны способны более эффективно использовать влагу из почвы. В ходе исследований, проведенных на различных видах сельскохозяйственных угодий, было установлено, что в случае использования удобрений, которые имеют научную основу, затраты влаги на образование единицы урожая, например 1 ц зерна, могут быть уменьшены на 20-25% по сравнению с затратами на менее благоприятных вариантах.

Азот является основным элементом, который необходим для того, чтобы сформировать высококачественную пшеничную муку из получаемого зерна. В связи с дефицитом этого элемента внимание к нему особенно пристальное.

Но не только в этом заключается важность фосфора для жизни растений. Помимо этого, он играет важную роль в обеспечении их устойчивостью к засухе и морозостойкостью. Существует мнение о том, что пшеница в период развития молочной спелости активно поглощает фосфор, поэтому без внесения фосфорных удобрений невозможно обеспечить ее нормальное развитие. Однако, необходимо иметь в виду, что при преобладании фосфора над азотом в почве качество зерна может снижаться. Если в настоящее время не хватает доступного азота для получения высококачественных зерен на почвах, то необходимо вносить 1,5-2 раза больше азотных удобрений, чем фосфорных. В случае если это соотношение будет нарушено, могут возникнуть нежелательные последствия.

Стоит сказать о том, что в период выращивания озимой пшеницы, необходимо использовать фосфорные удобрения для получения хорошего урожая. Без них невозможно обеспечить хороший уровень урожайности и качество зерна. Однако в случае внесения одного фосфора стоит помнить о том, что возможно нарушение важного для растений пшеницы соотношения азота и фосфора, а первый признак этого – снижение качества зерна.

Применение калийных удобрений в большинстве регионов выращивания озимой пшеницы не оказывает такого влияния на качество зерна, как применение азотных или фосфорных. Однако в результате проведения ряда исследований было выяснено, что при внесении азотных удобрений вместе с калийными на черноземных почвах содержание клейковины и сила муки увеличивались больше, чем при использовании только одного лишь азота или только фосфора.

Полное удобрение (NPK) – это наиболее эффективное внесение. Выращивание качественного зерна пшеницы требует внесения туков. В основном это фосфорные и калийные, а также 1/3 азотные. Весной следует третья часть азотных, а последняя треть в период колошения, когда начинается налив зерен. Не вызывает сомнений, что лучше было бы внести азот один раз в сочетании с фосфором и калием, но для этого необходимо иметь азотные удобрения.

В технологии возделывания озимой пшеницы рекомендуется применять совместное внесение как органических удобрений в виде навоза и другой органики совместно с минеральными удобрениями, норма которых рассчитывается с помощью балансового метода, использованием поправочных коэффициентов в соответствии с условиями выращивания, типом почвы и т.д. В заключение важно подчеркнуть, что конкретные дозы удобрений должны определяться дифференцированно для каждой зоны и конкретного поля индивидуально [5,83,117,127].

Еще одним фактором повышения урожайности и качества зерна служит орошение пахотных земель. Площадь орошаемых территорий в последние

годы постоянно увеличивается. Зерно пшеницы, которое было получено в условиях орошения, в ближайшее время будет играть большую роль в общем объеме сбора этой культуры [32, 147].

Задача улучшения качества пшеничного зерна, которое производится на орошаемых землях, является одной из основных при увеличении производства. Изучение опыта и применение его результатов в различных отраслях промышленности показали, что при орошении происходит уменьшение содержания белка и клейковины в зерне, а также ухудшаются его стекловидность и качество хлеба.

Классический пример – формирование желтобокого мучнистого зерна с низким содержанием клейковины при орошении в южных районах. На озимой пшенице может быть очень негативное влияние от орошения. Огромную ценность этой культуры составляет наличие особых свойств зерна, которые выражаются в его высокой клейковине. Для пищевой промышленности не имеет никакого значения, если мука из пшеницы содержит менее 20-22% клейковины. В этом случае теряется смысл ее производства.

Основным фактором, влияющим на снижение качества зерна при выращивании в условиях достаточной влагообеспеченности, является особенность развития растений. Присутствие влаги в почве увеличивает время, необходимое для формирования зерна, а также удлиняет период накопления сухого вещества. Зерно, которое собирают с орошаемых территорий, имеет высокую ценность – большой вес массы тысячи зерен и хорошая выполненность зерна. В 1,5-2 раза выше урожайность с одной площади по сравнению с богарными условиями.

Помимо того что оросительные работы оказывают влияние на процесс сбора урожая, они также способствуют изменению соотношения поступающих в зерно азотистых веществ и углеводов. В процессе роста растений при орошении происходит увеличение их вегетативной массы, а также площади листьев. Происходит общее увеличение валовой добычи белка с гектара и

общее количество азота, которое поступает в зерновку. При этом содержание белковых веществ в зерне падает [32,73,83].

Из-за высоких урожаев, элементы минерального питания из почвы выносятся значительно больше. Когда пшеничное зерно формируется в размере 50 ц, она выносит из почвы около 170 кг азота и 64 кг фосфора, а также 126 кг калия. При нормальном для условий орошения урожае 100 ц с 1 га эти показатели удваиваются. В связи с этим, запасы естественного плодородия не могут обеспечить такой урожай всем необходимым. В первую очередь, это касается азота – весьма нестабильного элемента, который подвержен вымыванию из почвы. По этой причине необходимо повысить уровень обеспеченности азотом растений, особенно во время формирования и налива зерна. Это позволит обеспечить оптимальное соотношение азотистых веществ и углеводов в зерне пшеницы, которое будет орошаться. Минеральные удобрения, потребляемые растениями в большом количестве в условиях орошения, требуют увеличение доз вносимых минеральных и органических удобрений в научно обоснованные сроки – надежный путь для разрешения данной проблемы [5,117].

На протяжении последних лет многие научные учреждения уделяют внимание исследованиям, направленным на изучение влияния удобрений на качество зерна озимой пшеницы в условиях орошения. Озимая пшеница в условиях орошения очень хорошо реагирует на внесение минеральных удобрений, при этом наблюдается увеличение урожайности и качество зерна.

Для получения качественного зерна, отвечающего требованиям, предъявляемым к сильным пшеницам, помимо внесения азота осенью и весной, необходимо проводить подкормку посевов в период колошения [5,32].

Орошаемые пахотные территории имеют потенциал дополнительного резерва производства высококачественных зерна соответствующего сильным пшеницам при условии научно обоснованного внесения минеральных удобрений и агротехнических приемов, отвечающим требованию воспроизводства плодородия орошаемых земель.

Так же необходимо рассмотреть повреждение вредителями и влияние этого фактора на качество зерна. В случае если посевы будут поражены вредной черепашкой, все усилия по выращиванию высококачественных зерен сильных пшениц могут быть напрасными. Это насекомое способно нанести непоправимый вред качеству клейковины. Если клопы повредили хотя бы три или четыре из ста зерен, это сразу же ухудшает хлебопекарные качества зернового сырья и получаемой муки. Его эластичность и плотность снижаются при замесе, а хлеб во время выпекания теста расплывается. Когда в пшенице происходит повреждение на уровне 6% и более, она становится совершенно негодной для использования в качестве сырьевого использования для изготовления хлеба [43,83].

Клоп вредная-черепашка – это насекомое, имеющее наружный тип пищеварения, прокалывая оболочку зерна хоботком, впрыскивает жидкость, содержащую сильнодействующие ферменты, которые способствуют растворению белков клейковины. В результате этого, вредитель получает возможность употреблять в пищу даже зрелые зерна. Отмечается образование белого пятна с черной точкой в месте укола. Надавив в месте поражения, можно легко разрушить эндосперм.

После того как клоп внедрил в зерно свои ферменты, они продолжают действовать. Их активность продолжается довольно длительное время. В процессе размолла мука, которая образовалась в поврежденных зернах, смешивается с мукой здорового зерна. Если ее сохранить в виде сухого материала, то ферменты не проявляют активности. Но стоит только добавить к ней воду для приготовления теста, как начинается процесс интенсивного расщепления белковых молекул. В итоге, клейковина становится вязкой и тянущейся, приобретает серый или темно-серый цвет в зависимости от того, какие именно свойства она потеряла. Из-за того, что тесто было получено из такой муки, оно имеет низкую упругость и неустойчивую структуру. Оно не может сохранять форму, которая была ему придана изначально [73, 83].

Зерно, которое было заражено клопами, не находит спроса на мировом рынке. Данная проблема решается путем борьбы различными методами с вредителем и тем самым мы имеем возможность получать высококачественного зерно с требуемыми показателями клейковины и белка [73,147].

Важно иметь ввиду то, что личинки клопа в период своего развития практически не мигрируют, что является очень важным аспектом при организации работ по борьбе с вредной черепашкой. Стандартно, их передвижение в этот период осуществляется по вертикали. По мере того как температура повышается днем, они поднимаются на колосья, а ночью прячутся в поисках тепла в теплую почву.

Опасная для пшеницы черепашка не только способствует значительному ухудшению качества зерен, но и значительно понижает их урожай. Согласно исследованиям Д. М. Пайкина, при наличии одного или трех клопов на одном квадратном метре посева, урожай может уменьшиться на 6-7 ц/га. Именно в сухую жаркую погоду черепашки проявляют особую активность, что может привести к негативным последствиям [83].

Ущерб, причиняемый народному хозяйству из-за распространения вредной черепашки, огромен. Для того, чтобы избавиться от этого вредителя на наших полях, необходимо принять все меры.

В результате многолетнего опыта, можно сделать вывод, что успех достигим только в том случае, если будут применены комплексные меры в борьбе с вредителем. К тому же, в период обработки посевов пшеницы с помощью авиации часто возникают проблемы с высотой полета самолета, так как работы выпадают на период неблагоприятных условий - жаркой погоды и ветра. Из-за неправильного применения химического способа борьбы, возможно увеличение количества клопов. Основными агротехническими мерами, направленными на борьбу с вредной черепашкой, являются повышение общей культуры земледелия. В условиях недостаточного количества света и тепла, клопы на густых хлебах развиваются хуже. Таким образом можно объяснить, почему на орошаемых землях меньше повреждений зерна. В целях

защиты от клопов, важно производить уборку урожая в самые ранние и сжатые сроки. Так личинки клопов не успевают накопить жир, что приводит к гибели их во время зимовки. В данной ситуации присутствует некоторое противоречие. Существует вероятность потери клейковины при ранней уборке посевов сильных пшениц, но в то же время она необходима для успешной борьбы с вредителями.

Определенное количество хорошо развитых массивов с устойчивыми к полеганию и осыпанию сортами пшеницы, где планируется получение высококачественного зерна, следует обработать ядохимикатами и убрать отдельно после того как наступит середина восковой спелости или же проводить обработку непосредственно перед началом уборки. С учетом того, что в условиях высокой плотности вредителя рекомендуется проводить более раннюю отдельную уборку при влажности зерна в пределах 40%, что может привести к снижению качества и урожайности зерновых.

Сроки обработки против вредной черепашки и некорневой подкормки мочевиной в случае выращивания сильных пшениц могут совпадать. В данных условиях представляется удобным совмещать обработку ядохимикатами с некорневой обработкой раствором мочевины.

Для получения высококачественного зерна, необходимо обрабатывать те участки сильных пшениц, на которых уже был реализован весь комплекс мероприятий для получения высококачественного урожая. В других случаях следует применять агротехнические и биологические меры для защиты посевов [73,83,147,151].

Заметим, что в России увеличение содержания белка в зерне наблюдается при движении с севера-запада на юго-восток. Исходя из результатов многочисленных исследований, было установлено, что температура воздуха в период формирования и налива зерен имеет определенную взаимосвязь с содержанием белка и клейковины. Во время налива зерна, температура должна быть 17–22°C. Это наиболее благоприятные условия для образования высококачественных белков. В основном, такие температуры можно наблю-

дать в степных районах страны. Сложнее всего получить высокобелковое зерно в более северных районах, где температура воздуха составляет 16–17°C. Несмотря на это, слишком высокая температура в течение последних 15 дней перед уборкой более 30°C может негативно сказаться на качестве формирующихся белков. Также важно отметить, что выпадение избыточного количества осадков в период от выхода в трубку до восковой спелости зерна приводит к снижению белковости зерна и содержанию клейковины. Однако важнейшим фактором получения зерна высокого качества – это запасы влаги в метровом слое почвы, которые должны быть не менее 140–150 мм [83,147].

Столь же значительным условием формирования зерна высокого качества считают погоду с оптимальным температурным режимом для межфазного периода выход в трубку – колошение с наличие атмосферным осадков и отсутствия критических отклонений от средних многолетних данных перечисленных показателей. Именно такая погода с наступлением весны создаст условия для активных процессов нитрификации и обеспечит растения необходимым для них азотом, способствуя развитию культуры. При этом к фазе колошения, листья как основа формирования и протекания процессов фотосинтеза, насыщенные азотсодержащими веществами имея насыщенный темно-зеленый окрас, и выполняют функцию накопления продуктов ассимиляции в зерне. Важным обстоятельством получения высоких показателей качества состоит в том, чтобы обеспечить растения азотом до фазы колошения, так как синтез белков осуществляется за счет, накопленного в этот период времени запаса важнейшего макроэлемента на 70–80%.

Плодородие почвы оказывает прямое влияние на показатели качества и его количественные составляющие. Почвенные и погодные условия региона оказывает большое влияние на качество зерна и не способны измениться под воздействием антропогенного фактора, однако не менее существенное значение и подвластное регулированию имеет агротехника. Реализация потенциала сорта и получение качественного зерна необходимого класса можно добиться путем создания требуемого агрофона с помощью внесения как мине-

ральных, так и органических удобрений и проведения соответствующих систем обработки почвы с учетом предшествующей культуры, агроландшафта и эрозионной опасности [72, 85].

Важнейшей составляющей формирования качества зерна и его белковости служит питание растений, а именно оптимальная обеспеченность необходимыми элементами минерального питания. В условиях интенсивного земледелия, где преобладают соответствующие сорта, наблюдается дефицит макроэлементов, в частности азота, как базового элемента который способствует получению как большей урожайности, так и качества. Почвы подвержены обеднению, их интенсивное использование в зонах сельскохозяйственного производства с нарушением структуры посевных площадей, уменьшением доли многолетних трав, увеличением пропашных культур, недостаточным внесением органических удобрений и неправильное использование минеральных удобрений совместно с недостаточной борьбой деградиционных почвенных процессов, активно развивающихся благодаря процессам водной эрозии, дефляции, гидроморфизма и заболачивания, а так же высокой степенью распаханности территории негативно влияют на получение высококачественного зерна, как конечной цели выращивания озимой пшеницы [5, 117, 147].

Биологизация земледелия и переход на ресурсосберегающую концепции ведения сельского хозяйства благоприятно способствуют борьбе с эрозионными процессами, однако причины, нарушающие почвенное плодородие, еще не ликвидированы в полной мере. Дефляция и водная эрозия – причина оскудения валовых запасов органического вещества, а также важнейших макроэлементов (N,P,K) и микроэлементов, необходимых для растений [147,156].

В исследованиях Х. А. Малкандуева, А. Х. Малкандуевой, Р. И. Шамурзаева приводятся данные о влиянии удобрений на качественные показатели зерна озимой пшеницы и зависимость ее прироста от определенных доз внесения в условиях южно-предгорной зоны Краснодарского края. По данным

опытов авторы утверждают, что с повышением доз минеральных удобрений наблюдалось и увеличение урожайности культуры, которое варьировало в пределах 7,7–13,5 ц/га, содержание клейковины и белка увеличилось на 1,2–2,5 % и 0,3–0,6 % соответственно. Было отмечено, что удобрения, внесенные в дозе  $N_{90}P_{120}K_{60}$ , обеспечивали наилучшие результаты как по урожайности, так и по качественным показателям зерна озимой пшеницы [92].

Опыт ученых Азейбарджана показал, что на каштановых почвах при орошении и минеральном питании в дозе  $N_{90}P_{90}K_{60}$  прирост урожайности составил 14,0 ц/га, при одновременном увеличении содержания белка в зерне на 2 %. Автором отмечено, что при повышении доз удобрений ухудшалась усвояемость основных элементов питания, что обуславливало и приводило к экономической несостоятельности при незначительном приросте урожайности – на 3,3 % в сравнении с контролем [9].

В исследованиях С. А. Сухих, Н. П. Балужева, К. В. Шурыгин, А. Ф. Асланова в Курганской ГСХА на выщелоченном черноземе изучалось влияние органических и минеральных удобрений на качественные характеристики зерна озимой пшеницы, в частности на содержание сырой клейковины. В результате были получены следующие данные по содержанию сырой клейковины: на варианте внесения минеральных удобрений в дозе ( $N_{20}P_{20}$  – 17,8 %,  $N_{40}P_{40}$  – 19,8 %, при комплексном внесении птичьего помета и минеральных удобрений – 21,6 %, на варианте без применения удобрений – 17,8 % [38].

По результатам опытов было установлено, что органоминеральная система удобрения на фоне классической обработки почвы приводила к повышению количества сырой клейковины, белка, к лучшим показателям стекловидности, которые составили соответственно 28,4 %, 13,5 %, 60 %. Применение органоминеральной системы удобрения на дерново-подзолистых супесчаных почвах Брянской области, обусловило повышение класса зерна озимой пшеницы до 2-го, на контроле качество зерна соответствовало 4-му классу [48].

На черноземе выщелоченном изучались различные дозы минеральных удобрений и их влияние на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в системе основной обработки почвы, представленной отвальной вспашкой. Лучшие результаты отмечены на варианте с применением  $N_{50}P_{40}K_{40}$  + полуперепревший навоз 30 т/га – 4,9 т/га и 1-й группы качества. Наблюдалась тенденция улучшения качественных показателей (протеин, клейковина, масса 1000 семян, стекловидность) [51].

С внесением минеральных удобрений при высоком и низком уровне плодородия почвы, содержание белка повышалось на 0,4 и 0,3 % соответственно. Однако содержание клейковины на обоих уровнях плодородия с внесением повышенных доз минеральных удобрений снижалось и лучшее качество клейковины (ИДК) было отмечено на высоком уровне плодородия с внесением только органических удобрений. Более высокий класс зерна – 3-й отмечался на высоком уровне плодородия с внесением органических удобрений, 4-й класс качества зерна был получен на низком уровне плодородия независимо от внесения удобрений [35].

В исследованиях КубГАУ, касающихся влияния различных обработок почвы на продуктивность озимой пшеницы на выщелоченных черноземах, были получены следующие данные: вариант с применением отвальной вспашки показал наилучшие результаты – урожайность составила 5,2 т/га, клейковина (21,1 %) и белок (11,5 %). При нулевой обработке получены самые низкие показатели по качеству зерна, урожайность составила 4,1 т/га. При мелкой обработке урожайность была ниже, относительно вспашки, на 0,5 т/га, качественные показатели не имели существенной разницы с вариантом отвальной вспашки [39].

Результаты опытов Орловского ГАУ характеризуют качественные показатели озимой пшеницы и ее урожайность в зависимости от приема обработки на серой лесной почве. Так, на нулевой обработке была получена урожайность в размере 3,8 т/га, на вспашке – 3,4 т/га, на плоскорезной обработке – 3,5 т/га. Показатели качества на нулевой обработке были самыми низкими в

сравнение с другими способами обработки. Здесь зерно не соответствовало требованиям даже четвертого класса качества (белок – 11,9 %, клейковина – 16,6 %). Зерно, полученное на варианте плоскорезной обработкой, по показателям соответствовало третьему классу качества, по вспашке – четвертому [20].

По данным исследований Г. Л. Зеленского и В. Ю. Говдиенко, полученным в центральной зоне Краснодарского края, было установлено, что при увеличении нормы минеральных удобрений показатели качества зерна улучшаются. Содержание протеина при норме удобрений  $N_{120}P_{100}K_{80}$  составило 14,4 %, что выше контрольного варианта на 2,9 %, а прибавка урожайности зерна при этом составила 3,2 т/га [57].

В условиях Ульяновской области на черноземе выщелоченном наилучшие качественные показатели зерна озимой пшеницы были получены по предшественнику черный пар и азотной ранневесенней подкормке аммиачной селитрой  $N_{34}$  (2-й класс). Снижение качества зерна и урожайности были отмечены по предшественнику занятой пар, снижение составило 12 ц/га, протеина – 1,5 % и клейковины – 5 % (3-й класс) [169].

Помимо макроэлементов растения озимой пшеницы нуждаются и в различных микроэлементах. Благодаря комплексному внесению удобрений, имеющих в своем составе элементы, которые необходимы растениям, создаются наилучшие условия для их роста и развития [70, 132, 161].

Исследования, проведенные в Ростовской области А. П. Авдеенко, С. С. Авдеенко с препаратом НаноКремний, показали, что обработка озимой пшеницы в дозе 100 г/га в фазе кущения, а также в начале колошения, флагового листа, способствовало повышению урожайности, улучшило такие показатели качества зерна, как стекловидность и ИДК. Кроме того, отмечалось, что количество продуктивных колосьев было больше на 5 шт./м<sup>2</sup>, они отличались по высоте в сравнении с контролем с превышением 3 см. Отмечено и увеличение массы 1000 зерен. Таким образом, обработка препаратом НаноКремний повлекло за собой повышение густоты продуктивного стеблестоя,

продуктивности колоса, что в свою очередь отразилось на урожайности. Ее увеличение составило в условиях недостаточного количества осадков и засухи 2,6 ц/га, что было больше относительно контроля на 6,8 % [1].

В Ставропольском крае О. В. Семенюк в своих исследованиях, указывает положительное влияние жидких комплексных минеральных удобрений ПОЛИДОН на урожайность озимой пшеницы и показатели качества зерна. Урожайность увеличивалась на 5,7–6,8 ц/га, что способствовало улучшению хлебопекарных свойств муки, содержание клейковины – на 4,4 % [140].

Качество зерна озимой пшеницы зависит от сроков и способов уборки озимой пшеницы. При выборе способа и сроков уборки зернового массива, необходимо учитывать особенности процесса формирования и созревания зерен, а также изменения их качества в этот период.

Академик Кулешов Н.Н. предложил способ определения фаз развития и созревания зерен. Он был основан на контроле влажности зерна в момент его созревания [83].

Зерно было разделено на три этапа в течение всего периода роста и развития: формирование, налив и созревание.

После оплодотворения и до достижения зерном максимальной длины, начинается первый этап (формирования зерна). Это время характеризуется тем, что зерно имеет тенденцию к интенсивному росту в длину, но при этом не происходит накопления сухого вещества.

В период налива зерна, его толщина и ширина увеличиваются – второй этап. В момент наступления восковой спелости начинается процесс созревания зерен. Здесь темпы поступления пластических веществ в зерно значительно снижаются. Однако на посевах озимой пшеницы процесс этот продолжается вплоть до полной спелости. Завершение процесса поступления пластических веществ в зерновку осуществляется по истечению 4-х дней после начала активного обезвоживания. Обычно это происходит в середине фазы восковой спелости. О том, что пластические вещества поступили в зерно пшеницы до начала периода восковой спелости и даже позже, свидетель-

ствуется процесс синтеза белков в зерне, который происходит за счет поступающих из других тканей веществ. Несмотря на это, скорость данного процесса максимальна в период молочной спелости [73,83].

В зависимости от условий года, предшественника, агротехники и сортовых особенностей пшеницы, характер накопления урожая может изменяться. На протяжении периода с сухой и жаркой погодой, когда происходит наливание зерна на поле, поступление пластических веществ в зерно прекращается, что приводит к окончанию его восковой спелости. Если погода становится более влажной и прохладной, то в организме продолжается процесс накопления пластических веществ до фазы полной спелости [72,85].

Стоит сказать о том, что в засушливые годы рост урожая на пшеничном поле происходит интенсивнее, но при этом процесс обезвоживания зерна начинается раньше, что приводит к снижению массы тысячи семян по сравнению с влажным годом.

К моменту начала восковой спелости, завися от погодных условий и особенностей местности, накапливается около 96–98% урожая. В этот период уборка может привести к потере более одного центнера зерна с одного гектара.

Изучив динамику изменения характеристик качества зерна, можно сделать вывод о том, что в период восковой спелости в зерне накапливается около 90–95% клейковины, оставшиеся 5–10% формируются к моменту созревания зерна. Этот же самый процесс происходит и при накоплении протеина в зернах пшеницы. Таким образом, хлебопекарные качества претерпевают изменению в положительную сторону вплоть до полной спелости зерна и в период послеуборочного дозревания. Чаще всего, при перестое пшеницы на корню происходит ухудшение ее качества.

Есть мнение, что при дозревании в валках у пшеницы, которая имеет влажность на уровне 40% в момент восковой спелости, происходит процесс перемещения пластических веществ из стеблей в зерновку, а также улучша-

ются технологические качества зерна. В связи с этим для посевов с сильной пшеницей рекомендуется отдельная уборка. Проведя тщательное изучение данного вопроса, установлено, что у озимой пшеницы, которая была скошена в валки в начале восковой спелости практически сразу прекращается поступление пластических веществ в зерно. Именно поэтому отдельная уборка в период начала восковой спелости может привести к потере урожая и его качества в сравнении с традиционным методом уборки – прямым комбайнированием в фазу полной спелости зерна.

Однако отдельная уборка при условии, что в момент восковой спелости влажность зерна достигает показателя в 30% не наблюдаются значительные потери как урожайности, так и качества зерна озимой пшеницы. Важно отметить, что если влажность зерна достигла оптимальных значений для уборки и не ожидается выпадение атмосферных осадков проводить отдельную уборку не рекомендуется.

Агроном, выбирая способ уборки, должен учитывать ряд факторов. После того как пшеница, которая была свалена в валки, увлажняется осадками, происходит обесцвечивание и потеря стекловидности зерна и выпадение осадков в период уборки даже может привести к его прорастанию. Помимо этого, личинки клопа-черепашки питаются в валках с особой интенсивностью. В связи с этим целесообразным является отдельная уборка сильных пшениц только в том случае, если есть возможность начать сбор урожая и обмолот валков не позднее, чем через 2-3 дня после скашивания.

Отдельная уборка, как и прямое комбайнирование не всегда является эффективным способом повышения качества зерна. Поэтому при выборе способа уборки посевов пшеницы, которые предназначены для получения высококачественных зерен, следует учитывать особенности сорта и организацию сельскохозяйственного производства [73,83,147].

Важной задачей для государства является увеличение производства высококачественных зерен сильных пшениц. При правильной организации бизнеса, производство сильных пшениц экономически эффективно. Чтобы

начать выращивать пшеницу высокого качества, необходимо определить количество зерен, которые соответствуют стандартам и могут быть выращены в хозяйстве. Ключевым моментом является комплекс условий, которые необходимы для получения качественного зерна. Трудно получить качественную и сильную пшеницу на многих полях севооборота, не во всех случаях можно рассчитывать на получение озимой сильной пшеницы. Следовательно, для того чтобы спланировать посеы зерновых культур, необходимо сначала определить участки, на которых можно получить хороший урожай и затем, исходя из плановой урожайности, рассчитать количество зерна сильных и озимых твердых сортов пшеницы, которые будут реализованы в будущем на рынке.

Обобщая изложенное, можно сделать вывод, что значительное влияние на качественные показатели зерна озимой пшеницы оказывают минеральные и органические удобрения, нормы их внесения. Внесение подкормок азотными удобрениями увеличивает содержание белка и клейковины в зерне, повышая его класс и хлебопекарные качества, влияя на показатели ИДК, на упругость и растяжимость клейковины [15, 28, 124, 159]. Положительное влияние на качество зерна и элементы структуры урожая оказывают микроудобрения, обеспечивая лучшие условия питания озимой пшеницы и повышая качество зерна [97, 114]. Значительным фактором увеличения качества зерна служит плодородие почвы – содержание гумуса, влагообеспеченность, агрофизические показатели и способы обработки почвы, обеспечивающие благоприятные условия для роста и развития растения. Они способствуют не только высокой продуктивности озимой пшеницы, но и формированию высоких показателей качества зерна [125, 136, 153, 183, 206]. Таким образом, в вопросах повышения качества зерна в технологии возделывания озимой пшеницы, в комплексе ее технологических приемов необходимо уделять особое внимание применению как минеральных, так органических удобрений, с целью оптимизации условий питания растений озимой пшеницы.

## **2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1 Характеристика почвенных и климатических условий места проведения исследований**

Опытное поле, на котором проводились исследования в 2019–2021 гг., расположено на первом отделении учебно-опытного хозяйства «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина.

Исследования проводились в рамках длительного стационарного опыта на поле, расположенном в низинно-западинном агроландшафте Западного Предкавказья. Севооборот зернотравяно-пропашной семипольный. Почвенный покров опытного поля представлен черноземом выщелоченным деградированным. До закладки содержание гумуса в пахотном слое 0–20 см не превышало 2,67 % в подпахотном слое 20–40 см – 2,50 %.

Подробное описание почвенно-климатических условий места проведения исследований представлено в приложении 1.

### **2.2 Погодные условия в годы проведения исследований**

Метеорологические показатели в годы проведения исследований представлены на рисунке 1 и 2 [120, 121, 122, 123].

Анализ рисунков 1 и 2 показал, что в осенний период 2018 г. количество осадков составило 217,6 мм, что больше средних многолетних данных на 76,1 мм. Это положительно повлияло на запасы влаги в почве для получения дружных всходов и осеннего кущения растений озимой пшеницы. Температура была выше на 2,1°C относительно многолетних данных, составив в среднем за 3 месяца 13,1°C.

Четвертого октября состоялся сев на всех вариантах опыта. Известно, что оптимальная температура для набухания и прорастания зерна и появлению всходов озимой пшеницы 12–18°C [73, 83]. В нашем опыте температура в этот период

не опускалась ниже – 12–14°C, что способствовало появлению дружных всходов на 13 день после сева – 17 октября. Положительные температуры этого же месяца обеспечили быстрый переход в фазу кущения.

Дружное кущение на вариантах технологий с глубокими обработками и внесением удобрений наступило 11 ноября. На вариантах технологий с поверхностной обработкой почвы полноценное начало фазы кущения задержалось на несколько дней. Третья декада ноября характеризовалась среднесуточной температурой ниже 5°C, это обусловило прекращение наращивания листостебельной массы растениями озимой пшеницы и уход в зимовку.

Зимний период был умеренно теплым с обильными осадками по сравнению с многолетними данными. Хотя среднесуточные температуры, составлявшие в среднем 3,1°C и превышали многолетние показатели, но возобновления вегетации у растений озимой пшеницы отмечено не было. Количество осадков, накопившееся за зиму, составило 176,2 мм, что на 17,3 мм больше средних многолетних данных. Благодаря сложившимся условиям накопление влаги в почве положительно сказалось в дальнейшем на росте и развитии растений озимой пшеницы. Температуры воздуха и почвы оставались низкими, что способствовало анабиозу растений.

Возобновление весеннего кущения наступило в первую декаду марта после трехсуточного периода, в котором температура превышала отметку в 5°C. В весенний период температура воздуха превышала многолетние данные, в среднем она составила 12,4°C, это способствовало благоприятному переходу растений в фазу выхода в трубку. Оптимальные температуры для этой фазы находятся в диапазоне 12–16°C [73, 83]. Благодаря этому фаза колошения на всех вариантах изучаемых технологий была отмечена в первой декаде мая. Оптимальные температурные условия для этой фазы составляют 20–23°C.

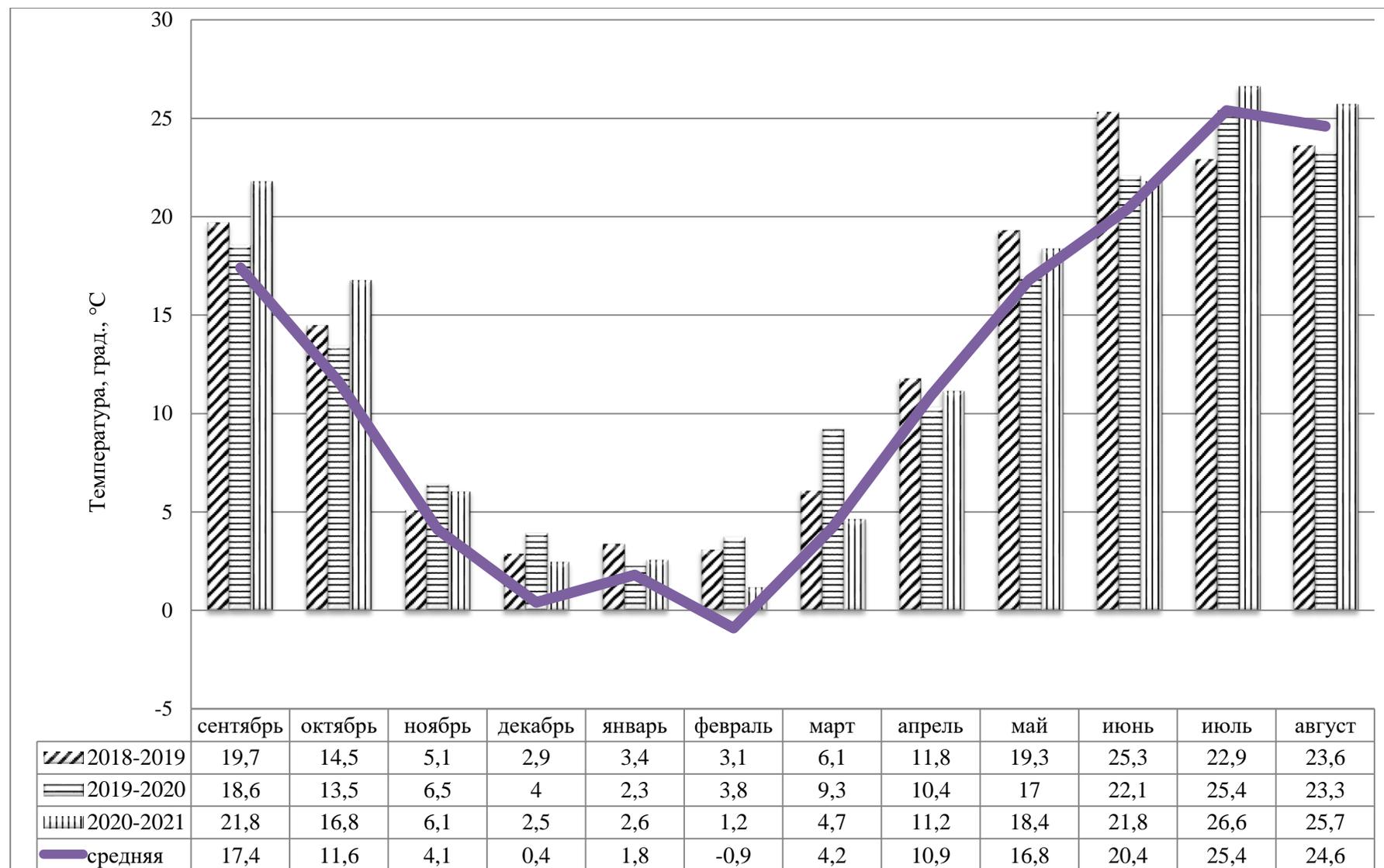


Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха в годы проведения исследований, град., °С

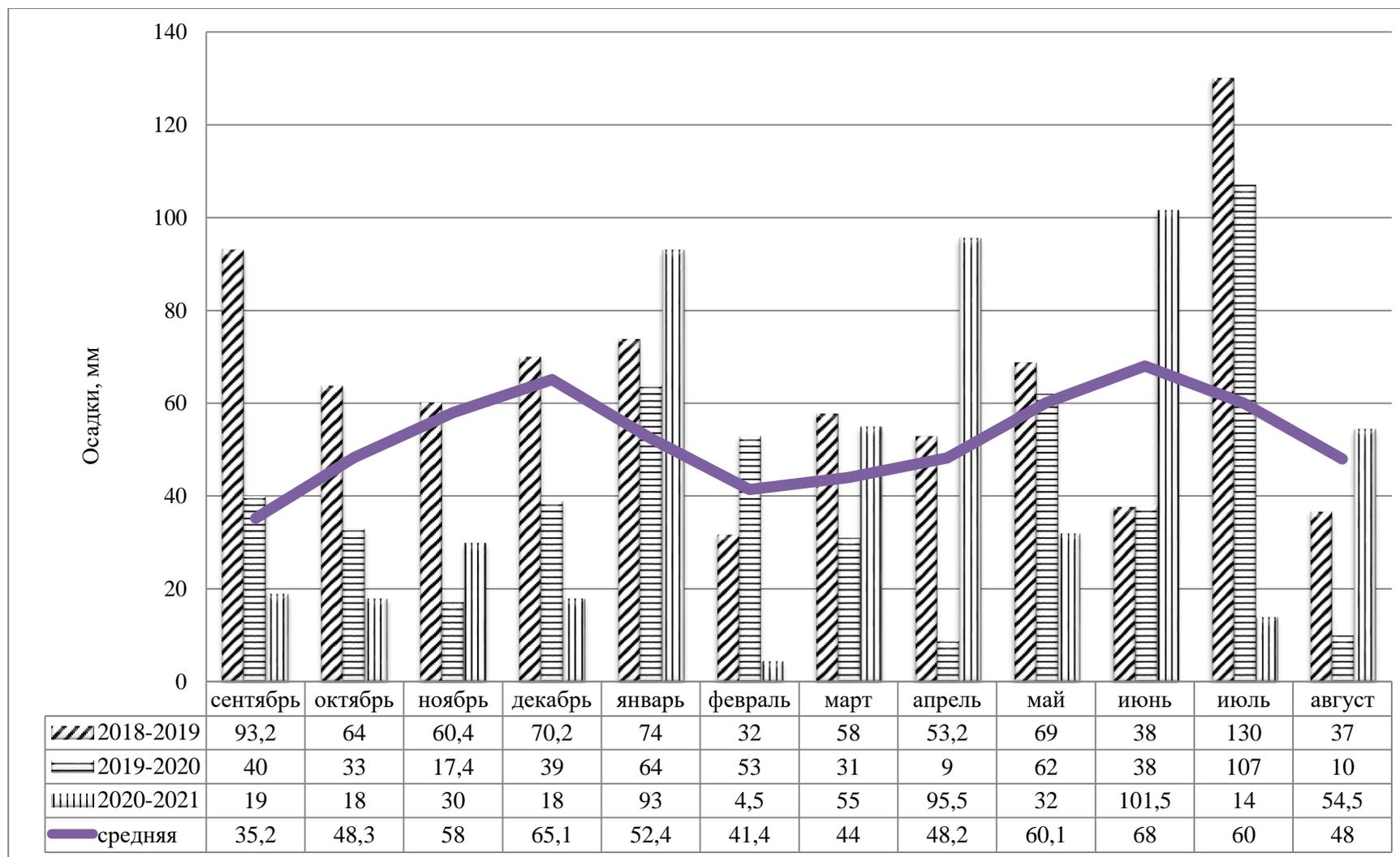


Рисунок 2 – Количество выпавших осадков в годы проведения исследований, мм

Межфазный период выход в трубку – колошение является критическим по потреблению влаги и составляет 50% от общего потребления воды за вегетацию, в то время как в фазе кущения потребление влаги растениями озимой пшеницы не превышает 7–10 % от общего объема потребленной влаги за вегетацию [73, 83]. В конце третьей декады мая было отмечено наступление фазы молочной спелости зерна.

Возобновление весеннего кущения наступило в первую декаду марта после трехсуточного периода, в котором температура превышала отметку в 5°C. В весенний период температура воздуха превышала многолетние данные, в среднем она составила 12,4°C, это способствовало благоприятному переходу растений в фазу выхода в трубку. Оптимальные температуры для этой фазы находятся в диапазоне 12–16°C [73, 83]. Сумма осадков превысила многолетние показатели на 27,9 мм, составив 180,2 мм. Благодаря этому фаза колошения на всех вариантах изучаемых технологий была отмечена в первой декаде мая. Оптимальные температурные условия для этой фазы составляют 20–23°C. Межфазный период выход в трубку – колошение является критическим по потреблению влаги и составляет 50% от общего потребления воды за вегетацию, в то время как в фазе кущения потребление влаги растениями озимой пшеницы не превышает 7–10 % от общего объема потребленной влаги за вегетацию [73, 83]. В конце третьей декады мая было отмечено наступление фазы молочной спелости зерна.

В летний период также наблюдалось повышение температуры, в сравнении с многолетними показателями, что ускорило развитие растений. В конце первой декады июня было отмечено наступление фазы восковой спелости зерна. Количество осадков превысило средние многолетние показатели на 29 мм, составив 205 мм.

В 2018/19 с.–х. году практически все месяцы характеризовались более высокими показателями по количеству выпавших осадков по сравнению со средними многолетними, что способствовало получению высокого и качественного урожая озимой пшеницы. Стоит отметить, что в фазу выхода в

трубку озимой пшеницы, а это критический период по отношению к влаге, ее количество в почве было гораздо больше относительно средних многолетних данных.

Осенью 2019 г. температура воздуха была выше на  $1,9^{\circ}\text{C}$  по сравнению с многолетними данными, составив в среднем за 3 месяца  $12,9^{\circ}\text{C}$ . Количество осадков было на уровне 90,4 мм, что ниже средних многолетних данных на 51,1 мм. Сев озимой пшеницы осуществлялся на всех вариантах изучаемых технологий седьмого октября. Всходы на всех вариантах опыта появились в конце второй декады. На варианте с технологией экстенсивная 2 фаза всходов наступила на один день позднее относительно остальных вариантов. Растения озимой пшеницы, возделываемые по технологии экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая, полноценно вошли в фазу кущения позже относительно других технологий возделывания озимой пшеницы.

Зимний период характеризовался более теплым, по сравнению с многолетними показателями, составив в среднем за 3 месяца  $3,4^{\circ}\text{C}$ , что выше на  $3^{\circ}\text{C}$ . По количеству осадков критических отклонений не наблюдалось, их показатели были на уровне средних многолетних данных, составив 156 мм. На зимовку растения ушли в конце первой декады декабря. В конце третьей декады февраля растения озимой пшеницы возобновили вегетацию вследствие установления положительных температур.

Весной осадков выпало значительно меньше в сравнении со средними многолетними показателями на 50,3 мм. Это могло отрицательно сказаться на росте и развитии растений озимой пшеницы, если бы не сформировавшиеся за январь и февраль запасы влаги. Температура была выше многолетних данных на  $1,6^{\circ}\text{C}$ , составив в среднем за 3 месяца  $12,2^{\circ}\text{C}$ . На варианте с технологией экстенсивная 2 было отмечено самое раннее наступление фазы выхода в трубку. На вариантах технологий с внесением органических удобрений и проведением глубоких обработок почвы фаза выхода в трубку наступила позднее по сравнению с другими вариантами. В фазу колошения растения вступили в конце третьей декады апреля.

На вариантах технологий, которые базировались на поверхностных обработках почвы, отмечен наиболее быстрый рост и развитие растений, а на технологиях с глубокой обработкой, напротив, наблюдалось более позднее наступление фаз роста и развития, в том числе и фазы колошения. Фаза молочной спелости зерна наступила в середине третьей декады мая.

В летний период наблюдалось снижение количества выпавших осадков относительно многолетних данных на 21 мм. Среднесуточная температура воздуха находилась в пределах средней многолетней, составив в среднем за 3 месяца 23,6°C. Вследствие сложившихся к фазе восковой спелости зерна условий растения вступили в нее в конце первой декады июня. Это происходило путем создания оптимальных условий произрастания к концу вегетации культуры, что позволило растениям накопить больше питательных веществ и улучшить качественные показатели зерна за счет реутилизации пластических веществ из листьев в зерновку.

Осень 2020 г. характеризовалась недостатком влаги и повышением температуры воздуха на 3,9°C в сравнении со средними многолетними данными. Количество осадков составило 67 мм, что на 74,5 мм меньше относительно многолетних показателей. Сев озимой пшеницы состоялся в конце первой декады октября. В начале второй декады октября были получены дружные всходы растений.

В зимовку растения полноценно ушли в начале декабря, прекратив свой рост и развитие. В зимний период наблюдалось снижение количества выпавших осадков на 43,4 мм, составив 115,5 мм. Температура воздуха была выше многолетних данных на 1,7°C – 2,1°C.

Весной выпало 182,5 мм осадков, что способствовало накоплению продуктивной влаги в почве для весеннего развития растений. Наблюдалось повышение температуры воздуха в сравнении со средними многолетними данными, показатель составил 11,4°C. Во второй декаде апреля было отмечено наступление фазы выхода в трубку. В конце первой декады мая наступила фаза колошения.

Летний период отличался повышением температуры воздуха на 1,2°C, среднее за 3 месяца – 24,7°C. Наблюдалось незначительное снижение количества выпавших осадков. В сравнении с многолетними показателями их количество составило 170 мм. В середине первой декады июня было отмечено наступление фазы молочной спелости зерна, в начале третьей декады отмечается наступление фазы восковой спелости зерна. Благодаря жаркой погоде и малому количеству осадков в начале первой декады июля состоялась уборка озимой пшеницы.

Следовательно, погодные условия 2018/19 сельскохозяйственного года характеризуются как благоприятные для роста и развития озимой пшеницы по влагообеспеченности и температурному режиму в важнейшие фазы роста культуры. 2019/20 с.–х. год был удовлетворительным для развития озимой пшеницы, 2020/21 с.–х. год являлся удовлетворительным для формирования продуктивности озимой пшеницы. Различия в погодных условиях в годы исследований позволили в наиболее полной мере дать оценку изучаемым технологиям.

### **2.3 Схема, методика и агротехника проведения опыта**

В опыте изучалось влияние различных технологий возделывания озимой пшеницы сорта Граф на агрофизические свойства чернозема выщелоченного и его продуктивность. Изучалось семь технологий возделывания озимой пшеницы, которые различались способом основной обработки почвы и системой удобрения. Семипольный зернотравяно-пропашной севооборот насыщен люцерной – 28,5 %, озимой пшеницей – 28,5 %, соей – 14,3 %, кукурузой – 14,3 %, сахарной свеклой – 14,3 %.

Предшественником для выращивания озимой пшеницы была люцерна второго года жизни. После внесения органических удобрений в почву прошло 5 лет.

По данным (М. И. Тарковского и др., 1964), в корнях и пожнивных остатках люцерны содержится 150–200 кг/га азота. По данным А. В. Лабинцева, эта культура на различном фоне удобрений может накапливать за 2 года до 580 кг/га азота [147].

Севооборот в условиях низинно-западного ландшафта составлялся с целью сохранения и повышения почвенного плодородия. Исходя из этого, система внесения удобрений разрабатывалась с учетом баланса гумуса.

Повторность в опыте трехкратная, размещение делянок систематическое, последовательное. Общая площадь делянки 168 м<sup>2</sup>, учетная – 48 м<sup>2</sup>.

В опыте использовались следующие технологии:

– экстенсивная 1 (контроль) – отвальная обработка плугом на глубину 20–22 см, без удобрений (обеспечивает 50%-й возврат гумуса в севообороте);

– экстенсивная 2 – поверхностная обработка дисковой бороной в 2 следа на глубину 6–8 см, без удобрений (обеспечивает 50%-й возврат гумуса в севообороте);

– энергоресурсосберегающая – поверхностная обработка дисковой бороной в 2 следа на глубину 6–8 см, внесение минеральных удобрений – N<sub>40</sub> P<sub>20</sub> под основную обработку + N<sub>30</sub> рано весной + N<sub>30</sub> в фазу выхода в трубку (обеспечивает 75%-й возврат гумуса в севообороте);

– базовая – отвальная обработка плугом на глубину 20–22 см, внесение минеральных удобрений – N<sub>40</sub> P<sub>20</sub> под основную обработку + N<sub>30</sub> рано весной + N<sub>30</sub> в фазу выхода в трубку (обеспечивает 75%-й возврат гумуса в севообороте);

– экологически допустимая – отвальная обработка плугом на глубину 20–22 см + заделка в севообороте корнепожнивных остатков сои, озимой пшеницы и кукурузы с массой 13 т/га + внесение минеральных удобрений – N<sub>40</sub> под основную обработку + N<sub>30</sub> в фазу выхода в трубку (обеспечивает 100%-й возврат гумуса в севообороте);

– мелиоративная – безотвальная обработка плоскорезом на глубину 20–22 см + заделка в севообороте корнепожнивных остатков сои, озимой пше-

ницы и кукурузы с массой 13 т/га + внесение органики 80 т/га один раз в ротацию под сахарную свеклу + внесение минеральных удобрений –  $P_{20}$  под основную обработку почвы +  $N_{30}$  в фазе выхода в трубку. На этой технологии возделывания сельскохозяйственных культур дважды в ротацию севооборота проводится глубокое рыхление на 70 см под сахарную свеклу и кукурузу на зерно (обеспечивает 125%-й возврат гумуса в севообороте);

– биологизированная – отвальная обработка плугом на глубину 20–22 см, внесение органики 80 т/га один раз в ротацию под сахарную свеклу + заделка в севообороте корнепоживных остатков сои, озимой пшеницы и кукурузы с массой 13 т/га + внесение минеральных удобрений –  $P_{20}$  под основную обработку почвы +  $N_{30}$  в фазе выхода в трубку (обеспечивает 125%-й возврат гумуса в севообороте).

В опыте проводились следующие учеты и наблюдения:

Фенологические наблюдения. Отмечались даты наступления основных фаз вегетации по методике Государственного сортоиспытания с.-х. культур – всходов, кущения, выхода в трубку, колошения, молочной, восковой и полной спелости зерна. Кроме того, отмечалось прекращение вегетации осенью и возобновление ее весной. Наблюдения за наступлением фаз вегетации проводили в двух несмежных повторностях. За начало фазы принимался день, когда в нее вступило не менее 10–15 % растений, за полное наступление фазы – не менее 75 % растений. Для оценки влияния условий погоды на рост и развитие растений вычисляли продолжительность (в днях) основных межфазных периодов вегетации [95].

Учет густоты стояния растений определяли в фазах полных всходов, кущения, выхода в трубку, колошения, полной спелости (продуктивных стеблей) по методике Государственного сортоиспытания с.-х. культур. Густоту стояния определяли путем выделения на каждой делянке площадок по 1 м<sup>2</sup>. Один квадратный метр при способе посева с междурядьем 17,5 см равен двум смежным рядкам длиной 93 см, взятым в трех местах делянки [95].

Высоту растений измеряли в основные фазы вегетации – кущения, начало выхода в трубку, колошение, перед уборкой на двух несмежных повторениях на 50 растениях [95].

Площадь листьев растений устанавливали, измеряя их параметры с использованием поправочного коэффициента. При этом методе измеряют длину (от основания до верхушки) и ширину (в наиболее широкой части) листовой пластинки каждого листа растений. Площадь листа равна произведению длины на ширину и на определенный поправочный коэффициент, который зависит от формы листа [105].

Определение фотосинтетического потенциала рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ФП} = \frac{(L_1+L_2) \times T_1 + (L_2+L_3) \times T_2 + (L_3+L_4) \times T_3}{2}, \quad (1)$$

где: ФП – фотосинтетический потенциал, тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки;

L<sub>1</sub> – площадь листьев в предыдущую фазу, тыс. м<sup>2</sup>/га;

L<sub>2-4</sub> – площадь листьев в последующую фазу, тыс. м<sup>2</sup>/га;

T – число дней межфазного периода, сутки.

Для определения массы растений отбирали пробы по 30 растений (по 5 растений подряд в 6 местах по диагонали делянки) с двух несмежных повторений. Растения для установления их массы срезали у поверхности почвы и взвешивали отдельно стебли, листья и генеративные органы. Пробы высушивали до воздушно-сухого состояния и снова взвешивали отдельно по частям растения. Определение массы растений проводили в те же сроки, что и измерение высоты растений [95].

Для учета урожая и определения его структуры определяют биологическую урожайность. На каждой делянке из двух несмежных повторений отбирали по три снопа (два смежных ряда по 93 см) общей площадью 1 м<sup>2</sup>, затем в каждом снопе определяли количество растений, количество всех стеблей и продуктивных стеблей, массу зерна и соломы. Для определения массы соломы стебли обрезали на высоте 5 см от узла кущения. От каждого снопа отбирали по 25 колосьев, у которых определяли длину (от места прикрепления

нижнего колоска до верхнего колоска), общее число колосков в колосе, число неразвитых колосков в колосе, массу зерна с колоса. Качество зерна оценивали по следующим показателям: массе 1000 зерен, количеству и качеству клейковины, натуре. Для оценки качества зерна от каждого варианта, составленный из всех повторений отбирали образец массой 2 кг. Фактическую урожайность определяли при уборке с учетной площади делянок каждого повторения. Для вычисления урожайности чистого зерна при стандартной влажности (14 %) определяли чистоту зерна и его влажность в навеске 50 г [69].

Кроме того, определяли:

- густоту стояния озимой пшеницы – по методике Государственного сортоиспытания с.-х. культур [95];
- содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) [62];
- солевую вытяжку, ед. рН (ГОСТ 26483-85) [58];
- массовую долю нитратов, мг/кг (ГОСТ 26951-86) [60];
- содержание обменного аммония, мг/кг (ГОСТ 26489-85) [59];
- содержание фосфора методом Мачигина, мг/кг (ГОСТ 26205-91) [63];
- содержание калия методом Мачигина, мг/кг (ГОСТ 26205-91) [63];
- влажность почвы (в слое 0–100 см) термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89) в фазы весеннего кущения, колошения и полной спелости зерна [61];
- плотность почвы при посеве и в фазы весеннего кущения, колошения и полной спелости зерна в слоях 0–100 см по ГОСТ 22733-2016 [64];
- засоренность посевов путем подсчета количества сорняков, их видов на одном квадратном метре в трехкратной повторности, учитывая при этом видовой состав сорных растений;
- структуру урожая на двадцати пяти растениях согласно «Методике проведения полевых агротехнических опытов»: длина колоса см; количество зерен в колосе, шт.; количество колосков в колосе, шт.; масса зерна с колоса, г; количество продуктивных стеблей, шт./1 м<sup>2</sup>; масса 1000 зерен, г.

Уборку проводили прямым комбайнированием комбайном TERRION – SR 2010. Выполнялось взвешивание зерна с пересчетом на 14%-ю влажность согласно методике проведения полевых агротехнических опытов; определение качества зерна проводилось в специализированных лабораториях согласно ГОСТу [65].

Проводилась математическая обработка результатов исследований (по Б. А. Доспехову) [69]. Выявлены корреляционные зависимости. Статистическая обработка полученных данных производилась с использованием программ Excel – 2010 и STATISTICA.

Агротехника в опыте. Основная обработка почвы включала в себя: отвальную – плугом ПО 4-35 KUNN Multi-Master на глубину 20–22 см; поверхностную – дисковоером фирмы KUNN в 2 следа на глубину 6–8 см; безотвальную – плоскорезом КПП-250 на глубину 20–22 см. Глубокое рыхление на 65–70 см проводили навесным рыхлителем РН-80Б.

Сев озимой пшеницы проводился протравленными семенами (Селест Топ 1,2 л/т) сеялкой Green plains 15-25, агрегируемой с трактором МТЗ-1221. Норма высева семян – 4,5 млн/га, глубина заделки – 4–5 см. Междурядье – 17,8 см.

Обработка посевов гербицидами: Дерби 175 против двудольных сорняков – 70 мл/га; Аксил 50 против злаковых сорняков – 1 л/га в фазу кущения.

Внесение фунгицида Амистар Трио в дозе 1 л/га в фазу колошения и обработка инсектицидом Эфория КС 200 мл/га опрыскивателем AMAZONE UF-901, агрегируемый с трактором МТЗ-82.

## **2.4 Хозяйственно-биологическая характеристика сорта озимой пшеницы Граф**

Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2018 году. Оригинатором сорта является КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Сорт Граф – это среднепоздний сорт мягкой пшеницы, полукарликовый, с

высоким потенциалом зерновой продуктивности: более 100 ц/га. По данным оригинатора соответствует сильным пшеницам [151].

Подробная характеристика сорта озимой пшеницы Граф представлена в приложении 1.

### **3 ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА И АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ДЕГРАДИРОВАННОГО В НИЗИННО-ЗАПАДИННОМ АГРОЛАНДШАФТЕ**

#### **3.1 Влияние технологии возделывания на плодородие чернозема выщелоченного**

Нами установлено влияние изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края на изменение количества гумуса.

Изучаемые в опыте технологии выращивания озимой пшеницы отличаются друг от друга как обработкой почвы, так и системой удобрения в рамках семипольного зернотравяно-пропашного севооборота. Содержание гумуса определялось в почве в пятой ротации.

До закладки содержание гумуса составляло в пахотном слое 0–20 см – 2,67 %, в подпахотном 20–40 см – 2,50 % [158].

Нами был проведен анализ динамики содержания гумуса в посевах озимой пшеницы сорта Граф, возделываемой по различным технологиям. Наши исследования проводились в 5-й ротации по предшественнику люцерны по сложившемуся уровню плодородия. Данные приведены на рисунках 3 и 4.

Тенденция снижения гумуса к пятой ротации севооборота отмечена на вариантах технологий с применением в качестве основной обработки почвы отвальной вспашки и поверхностной обработки совместно с внесением минеральных удобрений. Наиболее активные темпы деградации почвы и снижение гумуса наблюдались на технологиях с отвальной обработкой почвы и внесением минеральных удобрений. Технология возделывания озимой пшеницы с применением минеральных удобрений на фоне поверхностной обработки почвы отличалась заметным преимуществом в сравнении с отвальной

вспашкой. Меньшее воздействие рабочих органов почвообрабатывающего орудия на пахотный горизонт почвы способствовало снижению процессов минерализации гумуса и скорости его разложения. Данные по изменению содержания гумуса в пахотном слое почвы представлены на рисунке 3.

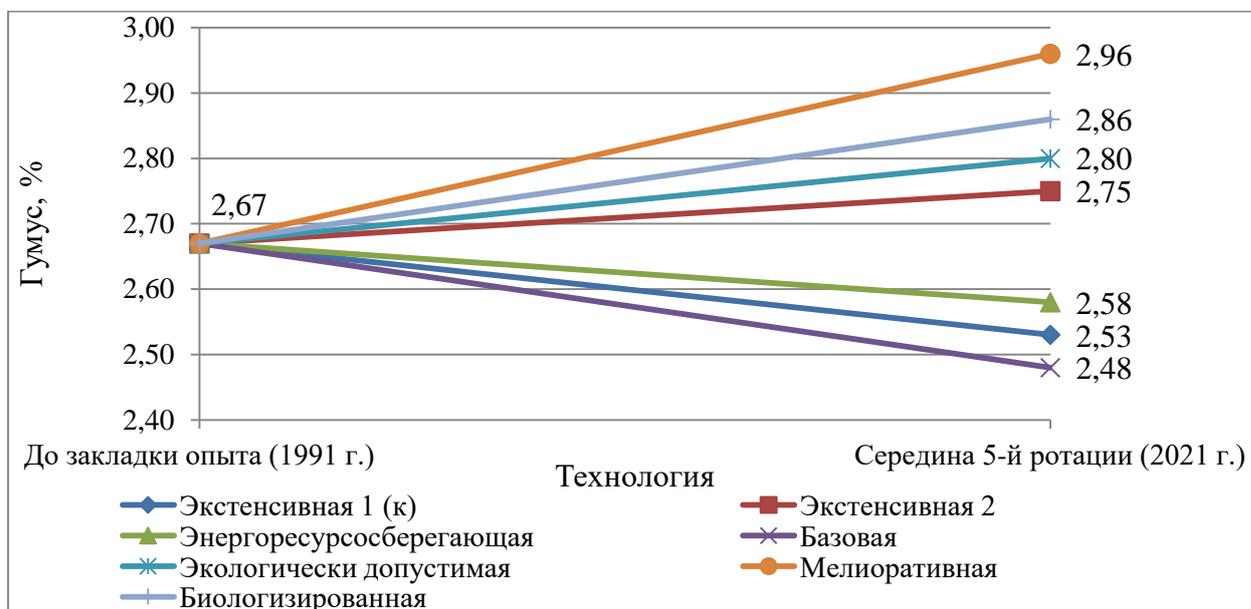


Рисунок 3 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на динамику содержания гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте

Следует отметить, что промежуточное положение в показателях снижения гумуса среди изучаемых способов обработки почвы заняла технология без применения удобрений на фоне отвальной обработки почвы.

На контроле в пахотном слое уменьшение содержания гумуса составило 0,14 %, а в подпахотном – 0,03 %. Таким образом, снижение этого показателя за один год на данной технологии составило 0,005 % в пахотном слое почвы и 0,001 % – в подпахотном. Это объясняется отчуждением элементов питания, вынесенных с урожаем возделываемых культур, расходом гумуса растениями, а также усилением его минерализации. Это происходит в результате интенсивной обработки почвы – отвальной вспашки, которая не позволяет органическому веществу накапливаться в почве и активно способ-

ствуется его снижению в пахотном слое. Данные по изменению содержания гумуса в подпахотном слое почвы представлены на рисунке 4.

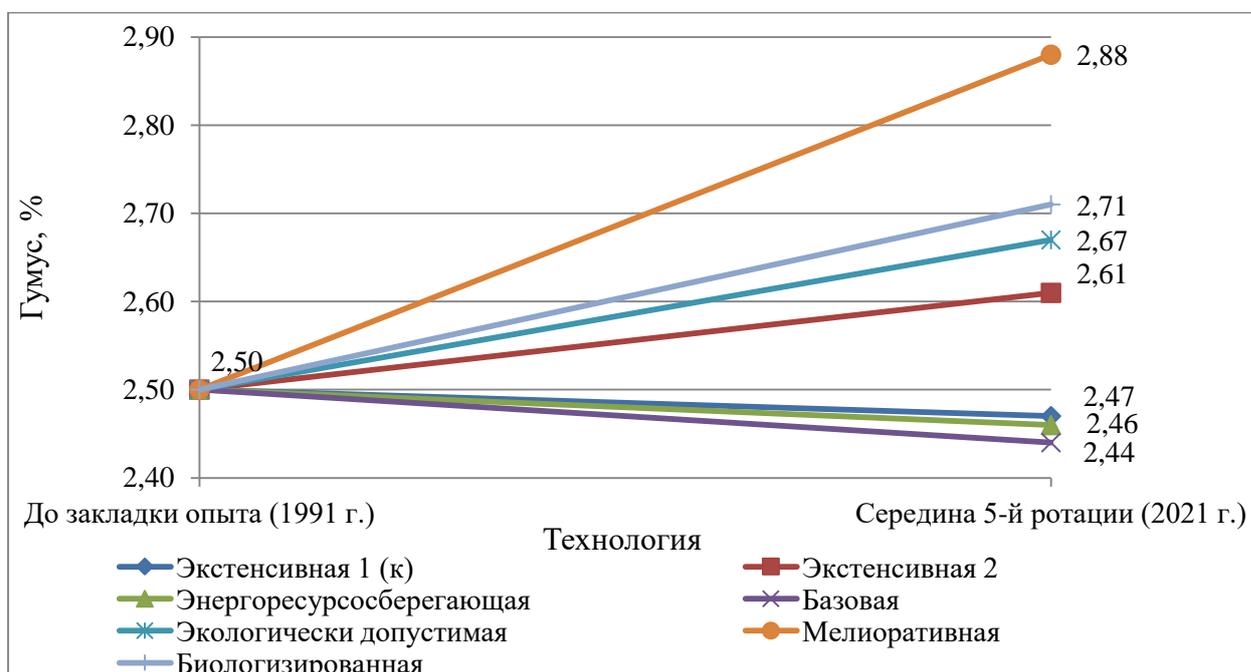


Рисунок 4 – Влияние технологии выращивания озимой пшеницы на динамику содержания гумуса в подпахотном слое чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте от технологии выращивания озимой пшеницы

На варианте с энергоресурсосберегающей технологией отмечается динамика снижения содержания гумуса с величиной 0,09 % в пахотном слое и 0,04 % – в подпахотном. В год на варианте данной технологии снижение процента гумуса составило 0,003 % в пахотном слое почвы и 0,001 % – в подпахотном.

На базовой технологии отмечено значительное снижение содержания гумуса, составившее 0,19 % в пахотном слое и 0,06 % – в подпахотном. За один год при отвальной обработке почвы и применении минеральных удобрений концентрация органического вещества снизилась на 0,006 % в пахотном слое, а в подпахотном – на 0,002 %.

Процессы гумификации и увеличение содержания гумуса к пятой ротации севооборота наблюдались на вариантах технологий, в которых применялись органические удобрения и производилась заделка корнеплодных остатков предшествующих культур, фитомелиорантов совместно с минеральными удобрениями. Наибольшее положительное влияние на образование органического вещества и увеличения гумусированности почвы оказывали совместное применение вышеперечисленного комплекса агротехнических приемов, которые благодаря аккумуляции органических соединений и усилению микробиологической активности почвы способствовали повышению ее плодородия. Минимальный прирост гумуса наблюдался на фоне поверхностной обработки почвы без применения удобрений. Здесь сохранялось и несколько повышалось плодородие почвы благодаря научно обоснованному севообороту с включением культуры фитомелиоранта – люцерны.

На варианте с технологией экстенсивная 2 отмечалось лишь тенденция накопления и увеличения органического вещества, которое составило 0,08 % в пахотном слое и 0,11 % – в подпахотном. Увеличение содержания гумуса за один год на варианте этой технологии составило 0,003 % в пахотном слое и в подпахотном – 0,004 %.

Применение экологически допустимой технологии выращивания озимой пшеницы положительно сказалась на увеличении содержания гумуса в почве как в пахотном слое почвы – на 0,13 %, так и в подпахотном – на 0,17 %.

Мелиоративная технология возделывания озимой пшеницы обусловила высокие показатели органического вещества в почве в пятой ротации. Здесь увеличение содержания гумуса в почве составило 0,29 % в пахотном и 0,38 % – в подпахотном слое почвы. При использовании этой технологии возделывания прирост гумуса в год составил 0,009 % в пахотном слое и 0,012 % – в подпахотном.

Увеличение содержания гумуса в подпахотном слое почвы на варианте с биологизированной технологией возделывания озимой пшеницы в пятой

ротации составило 0,19 % в пахотном слое и на 0,21 % – в подпахотном. Прибавка гумуса за год составила 0,006 % в пахотном и 0,007 % – в подпахотном горизонтах почвы.

Благодаря гумусу растения способны осуществлять свой рост и развитие за счет оптимального почвенного питания. Содержание гумуса в почве оказывает прямое воздействие на урожай культуры, что обусловлено базовым обеспечением питательных веществ, которые высвобождаются за счет его минерализации. Известно, что растения озимой пшеницы на черноземных почвах 60–70 % урожая формируют за счет гумуса. Гумус имеет и косвенное влияние на формирование продуктивности культуры – это создание оптимальной физико-химической среды для произрастания озимой пшеницы [70, 117].

В наших исследованиях для оценки эффективности изучаемых технологий было важно установить корреляционную зависимость между содержанием гумуса в почве и урожайностью озимой пшеницы. Данные корреляционного анализа представлены в рисунках 5, 6.

Выявлена прямая положительная корреляция между содержанием гумуса в почве и урожайностью зерна озимой пшеницы. Коэффициент корреляции ( $r$ ) варьировал по годам от 0,47 до 0,87, что указывает на среднюю и высокую зависимость урожая от содержания гумуса в почве.

В среднем за годы исследований самый высокий коэффициент корреляции прослеживается на варианте с применением мелиоративной технологии. Высокий процент гумуса в пахотном слое 0,87 и в подпахотном слое 0,79 и максимальная урожайность зерна озимой пшеницы по сравнению с технологиями подтверждает необходимость разработки и внедрения комплекса агро-мелиоративных мероприятий по повышению плодородия почвы и увеличения содержания в ней гумуса. Высокая степень корреляционной связи доказывает, что мелиоративная технология возделывания обеспечивает лучшие условия для роста и развития озимой пшеницы. Она позволяет растениям реализовать свой генетический потенциал и сформировать наибольшую

урожайность, которая обеспечивается оптимальными агрофизическими показателями и пищевым режимом почвы.

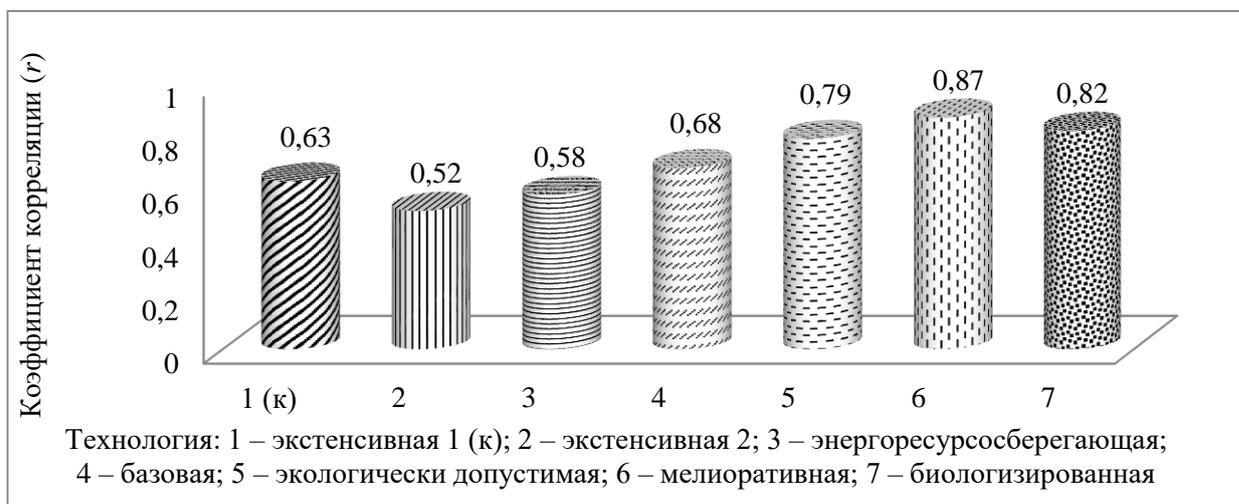


Рисунок 5 – Корреляционная связь между урожайностью озимой пшеницы и содержанием гумуса в пахотном слое почвы чернозема выщелоченного деградированного в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта

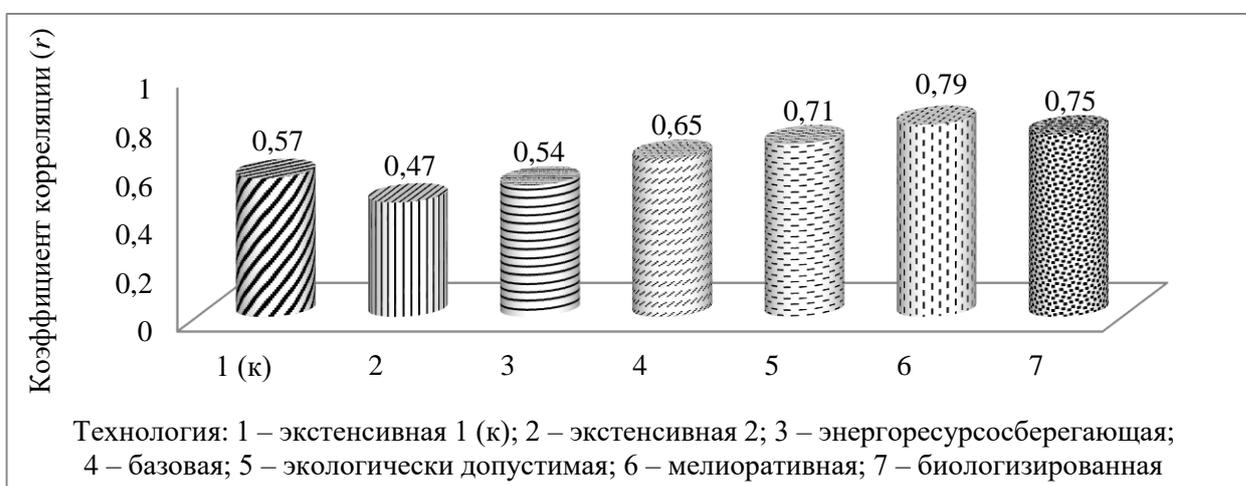


Рисунок 6 – Корреляционная связь между урожайностью озимой пшеницы и содержанием гумуса в подпахотном слое почвы чернозема выщелоченного деградированного в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта

Самая низкая корреляционная зависимость отмечена на варианте с применением технологии экстенсивная 2. Такие значения обусловлены самой низкой урожайностью, а также одним из самых низких процентов гумуса в сравнении со всеми технологиями. Коэффициент корреляции данной технологии составил в пахотном слое 0,52 и в подпахотном слое 0,47. Это обусловлено значительным снижением содержания гумуса в почве и ухудшением среды для произрастания из-за негативного изменения агрофизических показателей почвы, водно-воздушного и пищевого режима, что привело к снижению урожайности озимой пшеницы.

Таким образом, результаты корреляционного анализа позволили наиболее детально рассмотреть каждую технологию и установить прямую зависимость между процентным содержанием гумуса в почве и урожайностью озимой пшеницы в годы проведения исследований.

### **3.2 Влияние технологии возделывания на агрофизические показатели чернозема выщелоченного**

Технологии возделывания оказывали определенное влияние на водно-воздушный режим чернозема выщелоченного деградированного. Установлено также изменение агрегатного состава почвы.

По данным ученых Б. И. Тарасенко, И. А. Кузнецова, С. Ф. Неговелова, Е. С. Блажного, В. И. Уварова и других агрегатный состав почвы является ключевым показателем агрофизики, особенно на черноземных почвах тяжелого гранулометрического состава. Структура почвы оказывает прямое влияние на формирование оптимальных физических свойств и характеристик почвы, и является важнейшим показателем для роста и развития растений [147, 155].

Преобладание пылевой фракции в связи с изменением упаковки агрегатов с тетрагональной на гексагональную всегда ведет к увеличению плотности почвы и ухудшению доступности влаги для растений. Изменение со-

держания гумуса на вариантах изучаемых технологий оказало определенное влияние на количество и качество агрономически ценной структуры в активном корнеобитаемом слое под озимой пшеницей. Это обуславливается склеивающей способностью гумусовых веществ, влияющей на образование агрономически ценной фракции почвы, которая характеризуется водопрочностью и оптимальными параметрами плотности и воздухопроницаемости. Агрономически ценной фракцией считаются агрегаты размером от 10 до 0,25 мм [156].

Установлено также изменение коэффициента структурности – суммы агрономически ценных частиц – по отношению к глыбистой и пылеватой фракциям почвы (таблица 1).

В начале возобновления весенней вегетации на контроле были отмечены самые низкие показатели коэффициента структурности, который составил 1,24 в пахотном слое и в подпахотном – 1,33. Эти данные свидетельствуют о хорошем структурном состоянии изучаемого слоя почвы, которое получено благодаря соблюдению научно - обоснованного севооборота и включению в него культуры фитомелиоранта – люцерны. Эта культура способствует улучшению агрофизических показателей почвы за счет мощной корневой системы, уходящей в глубь до 3 м и более. Она разрыхляет корнеобитаемый слой почвы, оставляя после себя до 100 ц/га корневых остатков, что благоприятно влияет на физические свойства почвы и приводит к улучшению структуры [147].

На технологиях с применением отвальной обработки в слое 0–30 см увеличивается количество глыбистой фракции и наблюдается снижение коэффициента структурности вследствие возникновения плужной подошвы.

На варианте технологий с применением поверхностной обработки отмечен наиболее высокий процент пылеватой фракции среди всех изучаемых технологий из-за пагубного воздействия дисков на почву. Это привело к снижению коэффициента структурности относительно контроля в пахотном

слое, но в подпахотном слое почвы отмечалось увеличение коэффициента структурности.

Таблица 1 – Агрегатный состав почвы в начале весенней вегетации в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [31])

Технология	Слой почвы, см	Размер почвенных агрегатов, мм, содержание %			
		>10	10–0,25	<0,25	K <sub>СТР</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–30	43,2	55,1	1,7	1,24
	30–70	41,7	56,7	1,6	1,33
Экстенсивная 2	0–30	43,2	54,7	2,1	1,21
	30–70	35,8	62,7	1,5	1,68
Энергоресурсосберегающая	0–30	39,3	58,9	1,8	1,43
	30–70	33,9	64,1	2,0	1,79
Базовая	0–30	40,9	57,4	1,7	1,36
	30–70	37,7	60,4	1,9	1,59
Экологически допустимая	0–30	35,6	62,9	1,5	1,71
	30–70	32,8	65,7	1,5	1,99
Мелиоративная	0–30	31,5	67,2	1,3	2,07
	30–70	26,8	71,6	1,6	2,52
Биологизированная	0–30	34,1	64,5	1,4	1,83
	30–70	31,6	66,9	1,5	2,06
НСП <sub>05</sub> 2019	-	1,21	1,29	0,15	0,08
НСП <sub>05</sub> 2020	-	1,11	1,22	0,12	0,06
НСП <sub>05</sub> 2021	-	1,16	1,25	0,14	0,07

Результаты математической обработки показали достоверное изменение агрегатного состава почвы. Установлено математически достоверное увеличение на технологиях рекомендуемых производству. Наибольший процент агрономически ценной фракции и увеличение коэффициента структурности установлено на биологизированной и мелиоративной технологии благодаря глубоким обработкам почвы и внесению в почвы органических удобрений с заделкой корнепознивных остатков в почву.

Технологии, базирующиеся на безотвальной системе обработки почвы и органоминеральной системе удобрения, оказали наиболее значительное положительное влияние на размер агрегатов и коэффициент структурности. Коэффициент структурности на вариантах с мелиоративной и биологизированной технологиями составил в пахотном слое на 2,07 и 1,83, а в подпахотном 2,52 и 2,06 соответственно. Это свидетельствует о хорошем агрегатном состоянии изучаемых слоев почвы.

На рисунке 7 представлены данные влияния технологии возделывания озимой пшеницы на коэффициент структурности почвы в фазе колошения.

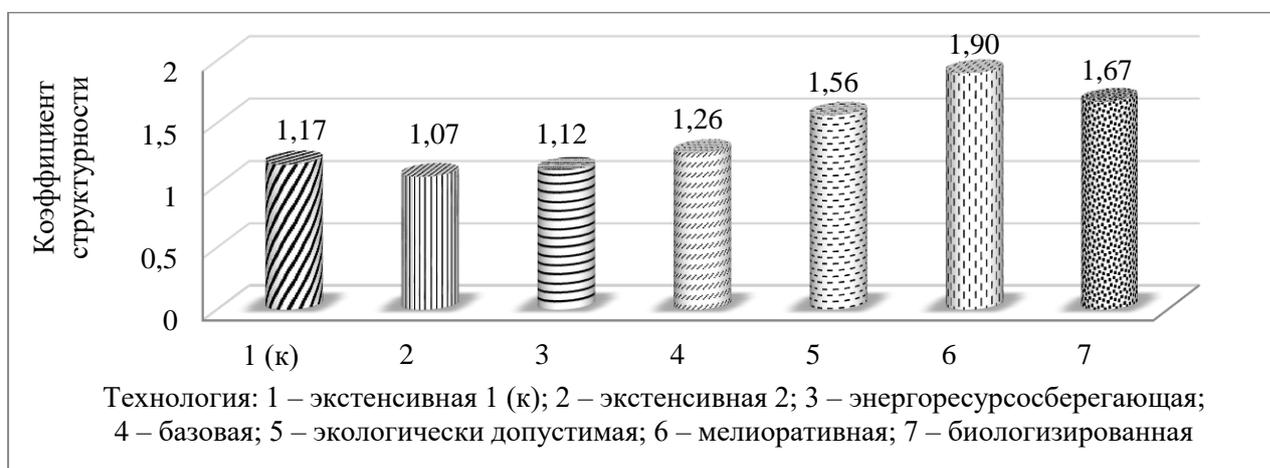


Рисунок 7 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в фазе колошения зерна на коэффициент структурности почвы чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте, среднее значение показателей пахотного и подпахотного слоев почвы (среднее за 2019–2021 гг.)

На технологиях, базирующихся на поверхностной обработке почвы, произошло снижение коэффициента структурности почвы относительно контроля. На вариантах с технологиями экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая оно составило 0,10 и 0,05 вследствие уменьшения процентного содержания в почве агрономически ценных частиц и распыления фракции из-за разрушающего воздействия дисковых орудий.

Технологии, базирующиеся на отвальной обработке почвы, положительно влияли на коэффициент структурности. Наибольший коэффициент структурности почвы на фоне отвальной обработки почвы был на варианте с биологизированной технологией – 1,67. Это больше относительно контроля на 0,50.

Наибольший коэффициент структурности был отмечен на варианте с мелиоративной технологией по сравнению со всеми изучаемыми. Увеличение коэффициента структурности относительно контроля составило 0,73. Из сказанного становится очевидным, что система удобрений, включающая в себя комбинированное внесение органических и минеральных удобрений на фоне глубоких обработок почвы оказывает положительное влияние на коэффициент структурности почвы.

Коэффициент структурности пахотного и подпахотного слоя почвы в фазу полной спелости зерна представлен на рисунке 8.

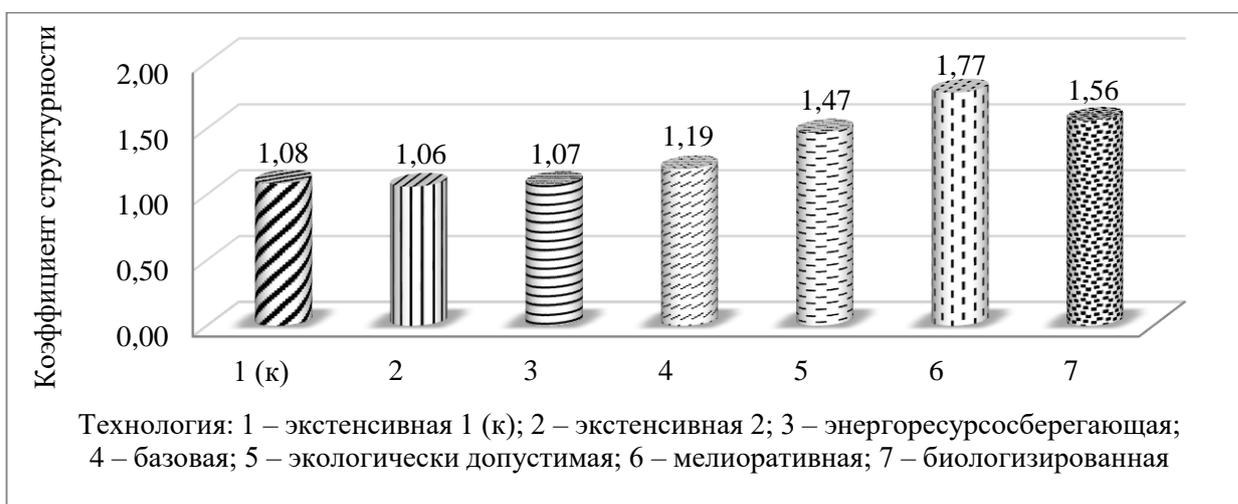


Рисунок 8 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в фазе полной спелости зерна на коэффициент структурности почвы чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте, среднее значение показателей пахотного и подпахотного слоев почвы (среднее за 2019–2021 гг.)

Наряду с этим необходимо отметить следующее: снижение коэффициента структурности почвы к концу вегетации озимой пшеницы наблюдается на всех вариантах, изучаемых технологий выращивания озимой пшеницы. Произошло это вследствие увеличения пылевой и глыбистой фракции, уменьшением содержания влаги в пахотном и подпахотном слоях почвы. Однако тенденция показателей коэффициента структурности по вариантам опыта с различными технологиями сохранялась, что объясняется характерным отличием каждой технологии возделывания присущей ей основной обработке почвы и системе удобрения, оказывающих значительное влияние на почвенный горизонт.

На вариантах с использованием технологий, включающих в себя элементы биологизации – органоминеральная система удобрения, отмечено преобладание агрономически ценной фракции над пылевыми и иловатыми. Наибольший коэффициент структурности был на варианте с мелиоративной технологией, где он составил 1,77, что было больше на 0,69 относительно контроля.

Таким образом, достоверно доказано, что в условиях подтопленных почв низинно-западного агроландшафта технологии возделывания озимой пшеницы, включающие в себя внесение органики и заделку корнепоживных остатков в почву, способствовали увеличению суммы водопрочных агрегатов как в пахотном слое, так и в подпахотном, что вело к повышению коэффициента структурности этих слоев.

Особое значение в формировании оптимального водно-воздушного режима почвы принадлежит водопрочности структурных агрегатов почвы, их способности противостоять разрушающему действию воды. Этот показатель очень важен для почв низинно-западного агроландшафта, где развивается явление гидроморфизма почвы. Данные по влиянию технологий возделывания озимой пшеницы на водопрочность почвенной структуры представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на водопрочность почвенной структуры чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте в фазе колошения, % (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Слой почвы, см	Размер почвенных агрегатов, мм					
		>3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	Σ
Экстенсивная 1 (к)	0–30	10,3	12,0	18,1	10,9	7,4	58,7
	30–70	14,7	13,6	16,5	7,7	6,2	58,6
Экстенсивная 2	0–30	9,1	10,3	14,9	11,2	11,4	56,9
	30–70	10,7	12,7	16,6	9,0	8,1	57,1
Энергоресурсосберегающая	0–30	8,8	10,0	14,0	11,0	12,1	55,8
	30–70	11,6	12,9	15,9	8,9	7,6	56,9
Базовая	0–30	10,7	11,2	18,6	10,9	7,6	59,0
	30–70	13,6	14,3	17,7	7,2	6,7	59,4
Экологически допустимая	0–30	11,3	12,3	19,6	10,0	6,9	60,1
	30–70	13,5	14,7	18,8	7,3	6,1	60,4
Мелиоративная	0–30	12,6	12,7	21,5	8,2	7,2	62,2
	30–70	14,3	13,8	21,5	7,1	5,7	62,3
Биологизированная	0–30	11,8	11,8	20,2	10,0	7,5	61,2
	30–70	13,5	12,9	20,6	8,2	6,3	61,5
НСР <sub>05</sub> 2019	-	1,31	1,48	2,28	1,27	2,24	2,51
НСР <sub>05</sub> 2020	-	1,12	1,44	2,19	1,15	2,21	2,46
НСР <sub>05</sub> 2021	-	1,19	1,41	2,22	1,22	2,30	2,38

Анализ данных таблицы 2 показал, что технологии, базирующиеся на поверхностных обработках, оказали отрицательное действие на сумму водопрочных агрегатов относительно контрольной технологии с отвальной обработкой почвы.

Уменьшение этого показателя в пахотном слое составило 1,8 % на варианте с технологией экстенсивная 2 и 2,9 % – на варианте с энергоресурсосберегающей технологией. Это дает основание заключить, что поверхностные обработки почвы способствуют уменьшению процента ее водопрочных частиц за счет распыления структуры дисковыми орудиями, что приводит к увеличению процента пыли.

На вариантах технологий с использованием отвальной вспашки наибольшая сумма водопрочных агрегатов отмечается на тех из них, где про-

изводиться внесение органических удобрений. Так, на варианте с биологизированной технологией сумма водопрочных агрегатов относительно контроля была больше на 2,5 % в пахотном и 2,9 % – в подпахотном слое почвы. Поступление органического вещества в почву способствовало формированию агрономически ценной структуры, которая в свою очередь благодаря гумусу обладала большей водопрочностью в сравнении с другими технологиями.

Выделяется среди всех изучаемых в опыте технологий в данном аспекте вариант с мелиоративной технологией. Здесь прибавка по сумме водопрочных агрегатов в среднем в пахотном и подпахотном слое составила 3,6 %. С применением этой технологии прослеживается зависимость между содержанием гумуса и водопрочностью структуры почвы. Возделывание озимой пшеницы по этой технологии обеспечивало наибольшее содержание гумуса. Повышенное содержание гумуса по сравнению с другими вариантами опыта оказывало положительное влияние на водопрочность почвенной структуры за счет гуматов кальция, образующихся только при участии органических коллоидов. Важно отметить, что безотвальная обработка почвы в сравнении с отвальной способствует как большему накоплению гумуса, так и увеличению водопрочности почвенных агрегатов вследствие меньшей минерализации органического вещества почвы. Вспашка же из-за оборота пахотного слоя, нарушая целостность слоев, увеличивает доступ кислорода в почву и улучшает процессы разложения органического вещества.

Поверхностные обработки в сравнении с глубокими увеличивали процент содержания пылеватой фракции почвы, что способствовало перестроению упаковки почвенных частиц из тетрагональной в гексагональную и как следствие, ухудшению водно-воздушных свойств почвы [32].

Математический анализ показал, что технологии выращивания озимой пшеницы оказали влияние на водопрочность почвенной структуры. Тенденция увеличения показателя за 3 года исследований отмечается на технологиях, рекомендованных производству с целью сохранения и повышения плодородия почвы – биологизированная и мелиоративная. Установлено математи-

чески достоверное изменение суммы водопрочных частиц почвы на вариантах этих технологий выращивания озимой пшеницы.

Следовательно, мелиоративная технология возделывания озимой пшеницы способствует большему, чем все изучаемые технологии опыта, образованию и сохранению водопрочных почвенных частиц, что сказалось на плотности и водно-воздушном режиме почвы.

Влиянием плотности почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур в Краснодарском крае занимались ученые Б. Н. Вербов, Б. И. Тарасенко, В. И. Уваров, И. А. Кузнецов, Н. И. Бардак, В. П. Василько и др. Ими установлено, что плотность почвы оказывает значительное влияние на развитие растений и формирование культурой будущего урожая. Оптимальные показатели плотности – 1,15–1,30 г/см<sup>3</sup> обеспечивают необходимые условия для удовлетворения потребности растений в факторах среды и способствуют реализации генетического потенциала растений. Высокая плотность почвы – свыше 1,45 г/см<sup>3</sup> – угнетает растения вследствие ухудшения водно-воздушного режима, что не позволяет их корневым волоскам использовать влагу и питательные вещества из-за повышенной капиллярной скважности: вода с растворенными элементами питания не доступна для растения. Следовательно, технология возделывания, состоящая из комплекса агротехнических приемов, должна быть направлена на обеспечение такого строения пахотного слоя, которое создает оптимальные показатели водно-воздушного и пищевого режима почвы [147, 155].

В таблице 3 представлена динамика плотности сложения активного корнеобитаемого слоя чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте под озимой пшеницей в зависимости от технологии возделывания.

В фазе колошения озимой пшеницы самая высокая плотность сложения почвы в пахотном слое – 1,45 г/см<sup>3</sup> была отмечена на варианте с технологией возделывания энергоресурсосберегающая, с применением поверхностной обработки почвы и внесением минеральных удобрений.

Таблица 3 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на плотность почвы чернозема выщелоченного деградированного в условиях низинно-западного агроландшафта, г/см<sup>3</sup> (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [33, 111])

Технология	Слой почвы, см	Фаза колошения		Фаза полной спелости зерна	
		весовая влажность почвы, %	плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	весовая влажность почвы, %	плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
Экстенсивная 1 (к)	5–30	18,6	1,41	15,8	1,44
	30–70	18,9	1,48	15,9	1,51
Экстенсивная 2	5–30	16,6	1,44	15,5	1,52
	30–70	17,1	1,52	15,7	1,55
Энергоресурсосберегающая	5–30	16,9	1,45	15,5	1,50
	30–70	17,1	1,53	15,7	1,53
Базовая	5–30	19,0	1,41	16,0	1,44
	30–70	18,7	1,48	16,1	1,49
Экологически допустимая	5–30	19,3	1,36	16,1	1,43
	30–70	19,7	1,47	16,2	1,48
Мелиоративная	5–30	20,9	1,33	16,9	1,36
	30–70	20,7	1,40	17,1	1,44
Биологизированная	5–30	20,3	1,35	16,5	1,40
	30–70	20,0	1,46	16,5	1,47
НСР <sub>05</sub> 2019	-	0,81	0,020	0,31	0,011
НСР <sub>05</sub> 2020	-	0,71	0,017	0,24	0,014
НСР <sub>05</sub> 2021	-	0,76	0,019	0,27	0,013

Замена поверхностной обработки на отвальную вспашку в технологии экстенсивная 1 способствовала снижению плотности сложения пахотного горизонта на 0,03 г/см<sup>3</sup>, что было меньше по сравнению с возделыванием озимой пшеницы по технологии экстенсивная 2.

В технологии, базирующейся на отвальной вспашке и внесении минеральных удобрений – базовая – плотность сложения в пахотном слое составила 1,41 г/см<sup>3</sup>, такая же, как и на контроле.

Совместное применение органических и минеральных удобрений, заделка корнепознивных остатков на фоне отвальной обработки почвы в биологизированной технологии, а также применение безотвальной обработки

почвы в мелиоративной технологии способствовали формированию пониженной плотности пахотного слоя почвы –  $1,35 \text{ г/см}^3$  и  $1,33 \text{ г/см}^3$  соответственно.

Анализируя данные по величине объемной массы подпахотных горизонтов в фазе колошения озимой пшеницы, следует отметить, что тенденция уплотнения почвы сохранялась в соответствии с вариантами исследуемых технологий.

Максимальные показатели плотности –  $1,53 \text{ г/см}^3$  отмечены на варианте с энергоресурсосберегающей технологией возделывания озимой, что на  $0,05 \text{ г/см}^3$  было больше контроля, т.е. технологии экстенсивная 1.

Высокий показатель плотности в подпахотном слое почвы отмечен при возделывании озимой пшеницы по технологии экстенсивная 2, где он составил  $1,52 \text{ г/см}^3$ , что на  $0,08 \text{ г/см}^3$  превысило контроль. На варианте с энергоресурсосберегающей технологией отмечалось увеличение плотности сложения почвы относительно контрольной технологии на  $0,06 \text{ г/см}^3$ . Следовательно, поверхностные обработки почвы, вне зависимости от применения удобрений, оказывали отрицательное влияние на плотность почвы в подпахотном горизонте. Причем по результатам математической обработки данных наблюдается математически достоверное увеличение показателей плотности почвы по сравнению с другими приемами обработки почвы.

Следует отметить, что применение базовой технологии возделывания озимой пшеницы способствовало формированию аналогичных показателей плотности подпахотного слоя почвы в сравнении с контрольной технологией.

Снижение плотности на варианте с мелиоративной технологией составило  $0,08 \text{ г/см}^3$ , а на варианте с биологизированной – на  $0,02 \text{ г/см}^3$  относительно контроля. Условия, складывающиеся на этих технологиях благодаря применяемым агротехнологическим приемам в каждой из технологий положительно повлияли на биологическую активность почвы, физико-химические свойства, вследствие чего происходило снижение величины объемной массы относительно контроля.

Плотность почвы в подпахотном горизонте в фазе полной спелости зерна сохранила тенденцию, наблюдаемую в пахотном слое на всех вариантах изучаемых технологий. При использовании технологий, базирующихся на поверхностной обработке почвы, была отмечена максимальная плотность этого слоя в опыте, которая варьировала от  $1,53 \text{ г/см}^3$  до  $1,55 \text{ г/см}^3$ .

На вариантах с базовой и экологически допустимой технологиями в подпахотном горизонте снижение плотности почвы относительно контроля было на  $0,02 \text{ г/см}^3$  и  $0,03 \text{ г/см}^3$ , соответственно.

Следует отметить, что на вариантах, где в технологии осуществляли внесение органических удобрений и предпочтение отдавалось вспашке – отвальной или безотвальной, наблюдалось значительное снижение плотности почвы – от  $0,04 \text{ г/см}^3$  до  $0,07 \text{ г/см}^3$ . И эти изменения являются математически достоверными на данных вариантах изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы.

Объемная масса напрямую влияет на водно-воздушный режим почвы. Увеличение плотности почвы приводит к снижению количества доступной влаги для растений, к ухудшению пищевого режима почвы и доступности элементов питания, что затрудняет рост корневой системы и корневых волосков. Уменьшение потребления питательных веществ растениями приводит к снижению площади листьев, а это, в свою очередь, ведет к снижению урожайности озимой пшеницы [105].

В наших исследованиях выявлена средняя и сильная отрицательная корреляция озимой пшеницы между объемной массой почвы и урожайностью. Согласно результатам исследований, корреляционная связь усиливалась вследствие увеличения плотности почвы (коэффициент корреляции достигал  $-0,81$ ). На вариантах технологий, при которых плотность почвы была выше, а урожайность озимой пшеницы меньше, отрицательный коэффициент корреляции увеличивался по сравнению с вариантами с низкой плотностью почвы и высокой урожайностью. Данные по коэффициенту корреляции представлены на рисунке 9.

Установлено, что применение мелиоративной технологии обуславливает минимальные значения отрицательной корреляции по фазам вегетации озимой пшеницы между показателями плотности почвы и наибольшей урожайностью. В фазе колошения коэффициент корреляции составил  $-0,56$ .

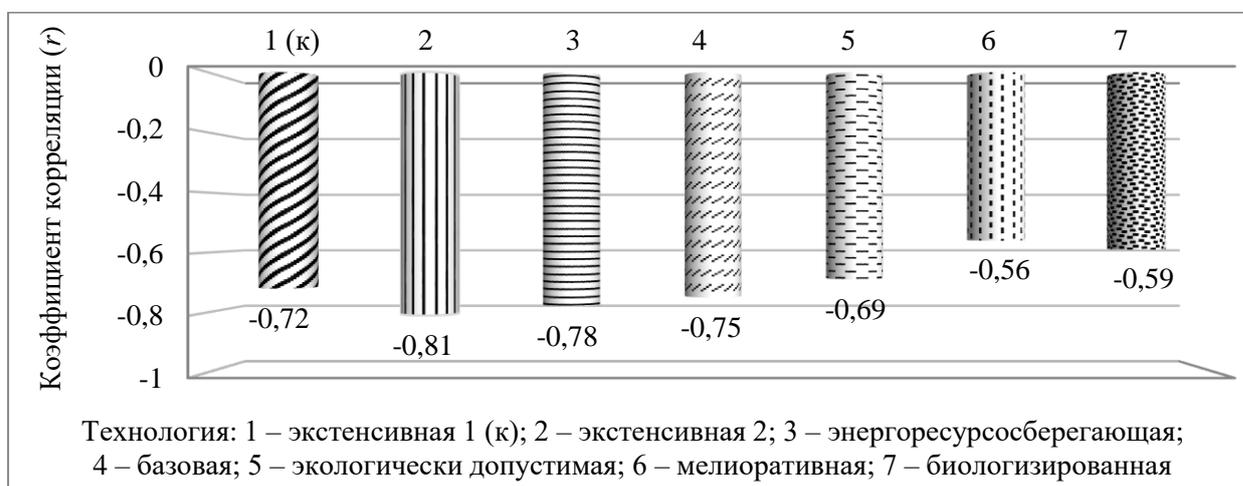


Рисунок 9 – Корреляционная связь между плотностью почвы в слое 0–100 см чернозема выщелоченного деградированного в фазе колошения озимой пшеницы и ее урожайностью от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта (среднее за 2019–2021 гг.)

Наибольшее отрицательное значение коэффициента корреляции отмечалось в фазе колошения озимой пшеницы на варианте технологии экстенсивная 2. Здесь показатель объемной массы почвы был выше относительно всех исследуемых вариантов, а урожайность – ниже. На этом варианте наблюдается устойчивое сохранение самой высокой отрицательной корреляции. Отрицательное значение корреляции в фазе колошения составило  $-0,81$ .

Таким образом, на основе математической обработки данных между показателями объемной массы почвы и урожайностью прослеживается отрицательно направленная корреляционная зависимость при четкой тенденции снижения урожайности озимой пшеницы и увеличения плотности выщелоченного чернозема в условиях низинно-западного агроландшафта.

Твердость почвы – это способность почвы противостоять механическому воздействию на ее структуру. Показатель складывается из агрегатного

состава и плотности почвы. При твердости почвы более  $35 \text{ кг/см}^2$  рост и развитие корневой системы затруднено, при  $40 \text{ кг/см}^2$  рост корневой системы прекращается [32, 156].

Технологии возделывания озимой пшеницы оказали различное влияние на твердость почвы. Следует отметить значительное снижение твердости почвы при выращивании озимой пшеницы по технологиям с внесением органики и заделкой корнепожнивных остатков. Это обусловлено увеличением рыхлости почвы за счет поступающего органического вещества т.е. оптимизацией физико-химических свойств почвы.

В конце осенней вегетации на вариантах технологий с отвальной вспашкой в слое 20–30 см твердость почвы значительно возрастала из-за формирования плужной подошвы. Следует отметить, что этот показатель был значительно ниже при возделывании озимой пшеницы по биологизированной технологии, включающей в себя внесение органики и заделку корнепожнивных остатков в почву.

Технологии – экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая – способствовали снижению в слое 0–10 см твердости почвы относительно контроля на  $1,8 \text{ кг/см}^2$ .

Из данных таблицы 4 следует, что во все фазы роста и развития озимой пшеницы со снижением горизонта почвы твердость возрастала.

Минимальные показатели твердости почвы по всем горизонтам были отмечены на варианте с мелиоративной технологией. Пахотный слой почвы на варианте с мелиоративной технологией в начале весенней вегетации озимой пшеницы имел наименьшую величину твердости почвы по всем горизонтам по сравнению с изучаемыми в опыте технологиями. Установлено математически достоверное снижение твердости почвы на вариантах технологий возделывания озимой пшеницы, базирующихся на глубоких обработках почвы и внесении органики

Таблица 4 – Твердость почвы чернозема выщелоченного деградированного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, кг/см<sup>2</sup> (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Слой почвы, см	Время определения			
		конец осенней вегетации	в начале весенней вегетации	в фазе колошения	в фазе полной спелости зерна
Экстенсивная 1 (к)	0–10	17,4	22,6	29,3	40,0
	10–20	17,5	23,9	34,7	–
	20–30	29,2	35,4	40,0	–
Экстенсивная 2	0–10	15,6	29,2	37,7	40,0
	10–20	26,5	32,3	40,0	–
	20–30	30,3	36,3	40,0	–
Энергоресурсосберегающая	0–10	15,6	28,2	36,7	40,0
	10–20	26,8	31,1	40,0	–
	20–30	31,1	34,8	40,0	–
Базовая	0–10	18,2	21,6	28,5	40,0
	10–20	19,0	23,5	34,1	–
	20–30	29,5	35,1	40,0	–
Экологически допустимая	0–10	16,3	20,6	27,6	40,0
	10–20	17,1	22,3	33,0	–
	20–30	26,5	33,7	40,0	–
Мелиоративная	0–10	14,5	19,4	25,6	40,0
	10–20	15,2	20,5	28,9	–
	20–30	18,6	25,5	33,0	–
Биологизированная	0–10	15,5	20,9	27,6	40,0
	10–20	15,9	21,9	32,7	–
	20–30	23,4	31,9	40,0	–
НСР <sub>05</sub> 2019	-	0,52	0,68	0,83	-
НСР <sub>05</sub> 2020	-	0,42	0,58	0,73	-
НСР <sub>05</sub> 2021	-	0,45	0,64	0,76	-

На вариантах технологий, базирующихся на отвальной обработке почвы, уменьшение твердости почвы отмечалось только при внесении органики в почву и заделке корнепоживных остатков.

В фазе колошения озимой пшеницы на всех вариантах изучаемых технологий, за исключением мелиоративной, при которой твердость почвы составила 33,0 кг/см<sup>2</sup>, в слое почвы 20–30 см наблюдалось максимальное значение этого показателя – 40,0 кг/см<sup>2</sup>.

На вариантах технологий, в которых основная обработка почвы была представлена дисковым лушением, в слое 10–20 см наблюдается максимальное значение твердости – 40,0 кг/см<sup>2</sup>, при которой рост корневой системы прекращается, что отрицательно влияет на формирование урожая и его качества.

В фазе полной спелости зерна на всех вариантах технологий в слое 0–10 см твердость была максимальной. В более глубоких горизонтах произвести измерение было невозможно.

Твердость почвы напрямую влияла на рост корневой системы растений озимой пшеницы во все периоды ее вегетации. Вследствие повышения этого показателя до предельных значений было отмечено окончание нарастания листостебельной массы растений.

Установлено, что твердость почвы зависела от ее увлажнения. Так, к концу вегетации озимой пшеницы при дефиците осадков и иссушении пахотного слоя ее показатели достигали максимальных значений. Отвальная обработка почвы способствовала увеличению твердости в нижних слоях вследствие формирования плужной подошвы. Однако при поступлении органического вещества – внесении органики и заделки корнепоживных остатков, твердость почвы снижалась, улучшая условия произрастания растений. На фоне безотвальной обработки почвы и органоминеральной системы удобрения отмечались наименьшие показатели твердости почвы в опыте, обеспечивая оптимальные физические параметры для формирования корневой системы и продуктивности озимой пшеницы.

### **3.3 Влияние технологии возделывания на водно-воздушный режим чернозема выщелоченного**

Агрофизические свойства почвы оказали прямое воздействие на накопление влаги в почвенном горизонте.

Различают общую, продуктивную и непродуктивную влагу почвы. Непродуктивная влага недоступна растениям.

Продуктивная влага поглощается корневой системой и используется для роста и развития сельскохозяйственных растений. В условиях низинно-западного агроландшафта из-за переуплотнения почвы наблюдается недостаток продуктивной влаги.

Общая влага – это совокупность продуктивной и непродуктивной. Запасы общей влаги в условиях зоны неустойчивого увлажнения формируются за счет осадков и снежного покрова в осенне-зимний период времени [156].

Прямое воздействие на количество общей влаги в почвенном профиле оказывали изучаемые в опыте технологии возделывания озимой пшеницы. Данные о запасах общей влаги ( $W_{\text{общ}}$ , м<sup>3</sup>/га) по каждой технологии возделывания озимой пшеницы представлены в таблице 5.

Установлено, что при глубоких обработках почвы и внесении органических удобрений в фазе колошения запас влаги превосходил остальные варианты технологии. Общие запасы влаги на этих технологиях в почве в слое 0–100 см были наибольшими, превышая на 107 м<sup>3</sup>/га и 114 м<sup>3</sup>/га показатели контроля. Математически доказана достоверная прибавка по количеству общей влаги в почве при возделывании озимой пшеницы по технологиям рекомендованным производству, а именно мелиоративной и биологизированной технологии.

Экологически допустимая и базовая технологии также обеспечивали значительное накопление влаги в слое почвы 0–100 см. Здесь ее запасы были больше относительно контроля на 55 м<sup>3</sup>/га и 59 м<sup>3</sup>/га соответственно. Однако следует отметить, что количество накопленной влаги здесь было меньше относительно технологий с отвальной обработкой с применением органических удобрений. Это объясняется меньшим содержанием гумуса и худшими условиями водо- и воздухопроницаемости, а также водоудерживающей способностью почвы.

Таблица 5 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на запас общей влаги ( $W_{\text{общ}}$ ) в условиях низинно-западного агроландшафта, м<sup>3</sup>/га (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Слой почвы, см	Конец осенней вегетации	В начале весенней вегетации	В фазе колошения	В фазе полной спелости зерна
Экстенсивная 1 (к)	0–30	827	1147	788	687
	30–70	1204	1599	1119	971
	0–100	2837	3848	2732	2419
Экстенсивная 2	0–30	854	1133	721	702
	30–70	1178	1572	1035	973
	0–100	2759	3805	2525	2448
Энергоресурсосберегающая	0–30	858	1132	733	701
	30–70	1194	1562	1035	971
	0–100	2735	3782	2505	2417
Базовая	0–30	833	1153	806	693
	30–70	1215	1606	1109	972
	0–100	2871	3848	2791	2398
Экологически допустимая	0–30	839	1144	787	692
	30–70	1235	1601	1158	974
	0–100	2896	3840	2787	2386
Мелиоративная	0–30	807	1125	837	695
	30–70	1288	1567	1154	978
	0–100	2884	3791	2839	2408
Биологизированная	0–30	823	1132	820	690
	30–70	1269	1592	1163	981
	0–100	2894	3811	2846	2425
НСР <sub>05</sub> 2019	-	79	98	103	37
НСР <sub>05</sub> 2020	-	71	87	92	29
НСР <sub>05</sub> 2021	-	74	92	99	34

На вариантах технологий, где отмечалась высокая плотность сложения почвенных горизонтов, наблюдалось меньшее накопление количества влаги в почве во все фазы роста и развития озимой пшеницы, что в свою очередь повлияло на формирование урожая и его качество.

Данные таблицы 6 показывают, что в фазе осеннего кущения озимой пшеницы варианты технологий, базирующихся на поверхностных обработках, способствовали лучшему накоплению продуктивной влаги лишь в пахотном слое. На вариантах технологий экстенсивная 2 и энергоресурсосбере-

гающая содержание продуктивной влаги в пахотном горизонте увеличилось на 30 и 31 м<sup>3</sup>/га относительно контроля. Однако в метровом слое почвы на вариантах технологий, базирующихся на поверхностной обработке почвы – экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая – запасы продуктивной влаги в почве были меньше на 73 м<sup>3</sup>/га и 97 м<sup>3</sup>/га соответственно по сравнению с контролем.

Базовая технология, предусматривающая отвальную обработку почвы и внесение минеральных удобрений, оказывала положительное влияние на накопление продуктивной влаги в почве. В метровом слое почвы прибавка запасов продуктивной влаги относительно контроля составила 34 м<sup>3</sup>/га.

Экологически допустимая технология на фоне отвальной обработки почвы с заделкой корнепоживных остатков обеспечивала накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы на 117 м<sup>3</sup>/га больше относительно контроля.

На варианте с мелиоративной технологией в метровом слое почвы прибавка продуктивной влаги относительно контрольной технологии составила 246 м<sup>3</sup>/га, что значительно превышало запасы влаги, накапливаемые на вариантах с другими изучаемыми технологиями возделывания озимой пшеницы. Биологизированная технология, уступая по этому показателю мелиоративной, способствовала накоплению продуктивной влаги в метровом слое почвы на 188 м<sup>3</sup>/га больше, чем в контроле.

В начале возобновления весенней вегетации озимой пшеницы тенденция накопления продуктивной влаги в почве сохранилась. Было установлено, что наибольшее суммарное водопотребление, составляющее 70 %, приходится на период от фазы возобновления весеннего кушения до фазы колошения [70, 80]. Такой большой запас продуктивной влаги, накопленной за осенне-зимний период с помощью агротехнических приемов возделывания озимой пшеницы, будет способствовать увеличению весеннего запаса влаги и созданию оптимального водного режима для роста и развития этой культуры.

Технологии, в которых основная обработка почвы была представлена поверхностным дискованием, существенно уступали контролю по содержанию продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см.

Так, на варианте с технологией экстенсивная 2 запасы продуктивной влаги, по сравнению контролем были меньше на 96 м<sup>3</sup>/га, что в процессе вегетации озимой пшеницы отрицательно повлияло на рост и развитие растений. Энергоресурсосберегающая технология не способствовала накоплению запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см. Здесь ее запасы были меньше контроля на 107 м<sup>3</sup>/га, что доказывает отрицательное влияние поверхностных обработок на водный режим почвы при возделывании озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте.

На варианте с экологически допустимой технологией благодаря поступлению органического вещества при заделке корнепоживных остатков в почву на фоне отвальной обработки водно-воздушный режим почвы несколько улучшился относительно контроля. Запасы продуктивной влаги были больше, чем при контрольной технологии, на 29 м<sup>3</sup>/га.

Применение мелиоративной технологии возделывания озимой пшеницы обеспечивало увеличение запасов продуктивной влаги в слое 0–100 см, по сравнению с контролем на 43 м<sup>3</sup>/га.

Биологизированная технология возделывания озимой пшеницы на фоне отвальной обработки почвы и органоминеральной системы удобрения, так же как и мелиоративная, способствовала увеличению запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы. Здесь запасы продуктивной влаги в фазе колошения увеличились по сравнению с контролем на 32 м<sup>3</sup>/га.

В фазе колошения запасы продуктивной влаги по вариантам технологий изменялись в зависимости от степени их интенсификации. Технологии, применяемые на фоне поверхностной обработки почвы, обуславливали наименьшее содержание продуктивной влаги по сравнению со всеми изучаемыми технологиями в опыте.

Таблица 6 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на запасы продуктивной и непродуктивной влаги в почве в условиях низинно-западного агроландшафта, м<sup>3</sup>/га (в среднем за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [31, 111])

Технология	Горизонт, см	Конец осенней вегетации		В начале весенней вегетации		В фазе колошения		В фазе полной спелости зерна	
		W <sub>непрод.</sub>	W <sub>прод.</sub>	W <sub>непрод.</sub>	W <sub>прод.</sub>	W <sub>непрод.</sub>	W <sub>прод.</sub>	W <sub>непрод.</sub>	W <sub>прод.</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–30	566	261	633	514	661	128	676	11
	30–70	883	321	935	663	961	158	989	–18
	0–100	2054	783	2212	1636	2290	441	2353	66
Экстенсивная 2	0–30	563	291	653	480	676	44	706	–4
	30–70	892	286	957	615	978	56	1004	–31
	0–100	2049	710	2264	1540	2322	203	2422	27
Энергоресурсосберегающая	0–30	566	292	650	482	673	60	703	–2
	30–70	894	300	948	614	981	54	1002	–31
	0–100	2049	686	2254	1529	2327	178	2411	6
Базовая	0–30	569	264	636	517	661	145	673	19
	30–70	888	328	942	664	961	148	978	–6
	0–100	2054	817	2217	1631	2280	511	2332	65
Экологически допустимая	0–30	554	286	625	519	636	151	667	25
	30–70	866	369	924	677	953	206	972	2
	0–100	1996	900	2175	1665	2212	575	2311	74
Мелиоративная	0–30	491	315	606	519	622	215	639	55
	30–70	834	454	890	677	905	249	929	49
	0–100	1854	1029	2112	1679	2138	701	2206	201
Биологизированная	0–30	519	303	616	516	630	191	652	38
	30–70	849	420	914	678	944	219	961	20
	0–100	1923	971	2143	1668	2196	651	2275	150
НСР <sub>05</sub> 2019	–	23	69	21	95	25	105	24	34
НСР <sub>05</sub> 2020	–	17	58	15	89	21	97	17	27
НСР <sub>05</sub> 2021	–	19	64	20	93	24	103	21	31

Так, на варианте с технологией экстенсивная 2 содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы составило 203 м<sup>3</sup>/га, что в два раза меньше, чем на контроле, на котором основная обработка почвы была представлена отвальной вспашкой.

Минимальные запасы продуктивной влаги отмечались на варианте с энергоресурсосберегающей технологией, при которой запасы продуктивной влаги в слое 0–100 см были меньше на 263 м<sup>3</sup>/га относительно контроля. Здесь из-за высокой плотности всех слоев почвы большая часть влаги перешла в труднодоступные и недоступные для растений формы. Выращивание озимой пшеницы по базовой технологии с применением отвальной обработки почвы и минеральной системы удобрения обеспечивало в фазе колошения большой запас продуктивной влаги в метровом слое почвы относительно контроля на 70 м<sup>3</sup>/га.

На варианте с экологически допустимой технологией благодаря поступлению в почву органического вещества корнепоживных остатков при отвальной обработке почвы, обеспечивающей улучшение агрофизических параметров почвы – водопроницаемости и влагонакопления – наблюдалось увеличение запасов продуктивной влаги в слое 0–100 см на 134 м<sup>3</sup>/га относительно контрольного варианта опыта.

На фоне мелиоративной технологии за счет безотвальной обработки и внесения органики в почву с заделкой корнепоживных остатков отмечено наибольшее количество продуктивной влаги относительно других технологий. Прибавка запасов продуктивной влаги в слое 0–100 см по сравнению с контрольной технологией составила 260 м<sup>3</sup>/га.

Вариант биологизированной технологии уступил только мелиоративной технологии по запасу продуктивной влаги в метровом слое почвы, этот показатель был больше контрольного варианта технологии – экстенсивная 1 – на 210 м<sup>3</sup>/га.

Таким образом, в процессе исследований установлено влияние агрегатного состава и объемной массы почвы на запасы продуктивной влаги. Полу-

ченные данные показывают, что при возделывании озимой пшеницы по технологиям с применением глубоких обработок почвы по сравнению с поверхностными наблюдается значительное увеличение содержания продуктивной влаги в ее метровом слое.

Результатами исследований в опыте установлено, что существует прямая зависимость между содержанием гумуса, агрегатным составом, объемной массой и общей скважностью почвы. Высокий коэффициент структурности обеспечивает повышение процента общей скважности.

Скважность делится на капиллярную – поры, заполненные водой и некапиллярную – поры, заполненные воздухом [156].

Под общей скважностью, или порозностью, подразумевается суммарное количество пор в почве, которые могут быть заняты водой или воздухом.

Данные, полученные в опыте и представленные на рисунке 10, показывают, что процент общей скважности в фазе колошения озимой пшеницы был наибольшим на вариантах технологий, в которых применялись органические удобрения, заделывались в почву корнепожнивные остатки с помощью глубоких обработок. Конкретно это наблюдалось в фазе колошения озимой пшеницы, на варианте с мелиоративной технологией, этот показатель был на 3,7 % выше, чем в контроле. На варианте с биологизированной технологией, где общая скважность также была высокой, превышение над контролем составило 2,3 %.

С применением технологий, в которых основная обработка почвы была выполнена дисковыми орудиями, отмечается наименьший показатель скважности почвы среди данных по изучаемым технологиям. Это объясняется высокой плотностью нижележащих слоев почвы, а также снижением запасов влаги. Уменьшение общей пористости пахотного слоя почвы при возделывании озимой пшеницы на вариантах технологий экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая составило 0,7 % и 0,9 % соответственно в сравнении с контрольной.

Применение базовой технологии возделывания озимой пшеницы, на фоне отвальной вспашки и внесения минеральных удобрений не оказало существенного влияния на общую пористость почвы относительно контрольной технологии.

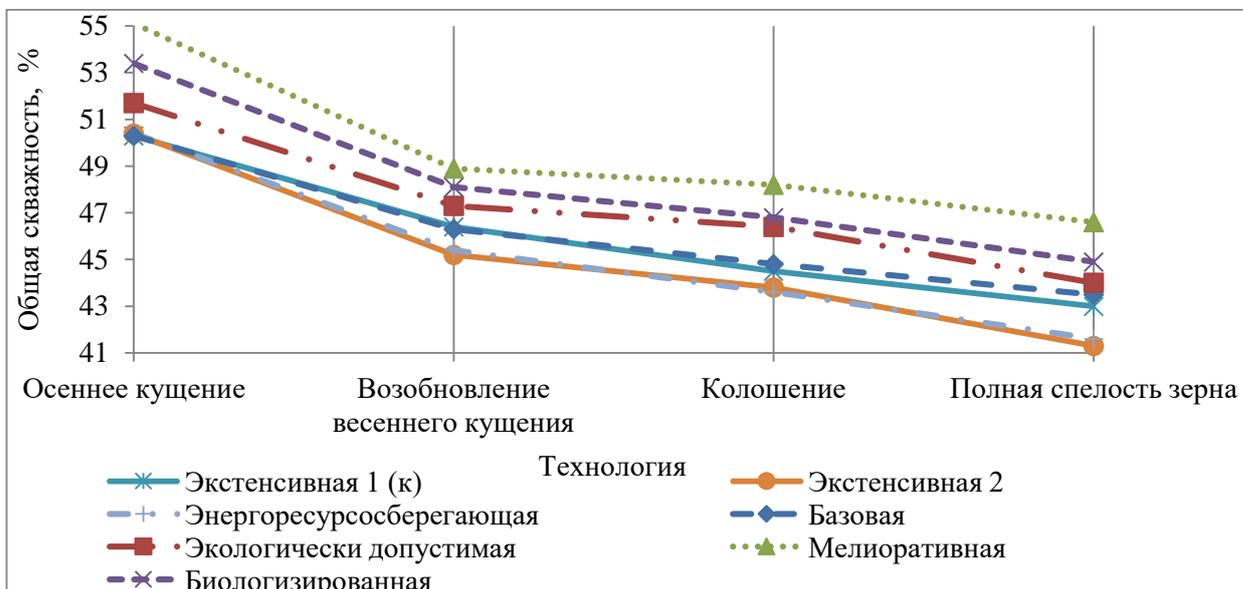


Рисунок 10 – Динамика общей пористости в слое почвы 0–100 см в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта, % (среднее за 2019–2021 гг.)

Эта тенденция в формировании общей пористости почвенного профиля прослеживается по всем фазам вегетации озимой пшеницы. В опыте по вариантам технологий отмечено уменьшение процента общей аэрации почвы вследствие увеличения ее плотности по мере роста и развития растений озимой пшеницы.

Капиллярная скважность – это процент пор от общей скважности, в которых находится влага.

Графики, представленные на рисунке 11 показывают, что глубокие обработки почвы и внесение органики с заделкой корнепоживных остатков значительно увеличивали процент капиллярной скважности в почве под озимой пшеницей в фазу колошения.

Мелиоративная технология возделывания озимой пшеницы оказывала наибольший положительный эффект на формирование капиллярной скваж-

ности в почвенном профиле и способствовала ее увеличению относительно контрольной технологии на 1,1 %. Биологизированная технология увеличивала ее показатель относительно контроля на 1,2 %.

На варианте с базовой технологией на фоне отвальной обработки почвы и внесения минеральных удобрений, а также на варианте с экологически допустимой технологией, базирующейся на отвальной вспашке и заделке корнепоживных остатков, отмечается увеличение капиллярной скважности почвы относительно контрольной технологии на 0,6 %.

На вариантах технологий с применением поверхностных обработок из-за переуплотнения почвы и увеличения процента пылевато-иловатой фракции наблюдалось снижение относительно контроля процента капиллярной скважности: при технологии экстенсивная 2 – на 2,1 % и на энергоресурсосберегающей – на 2,2 %.

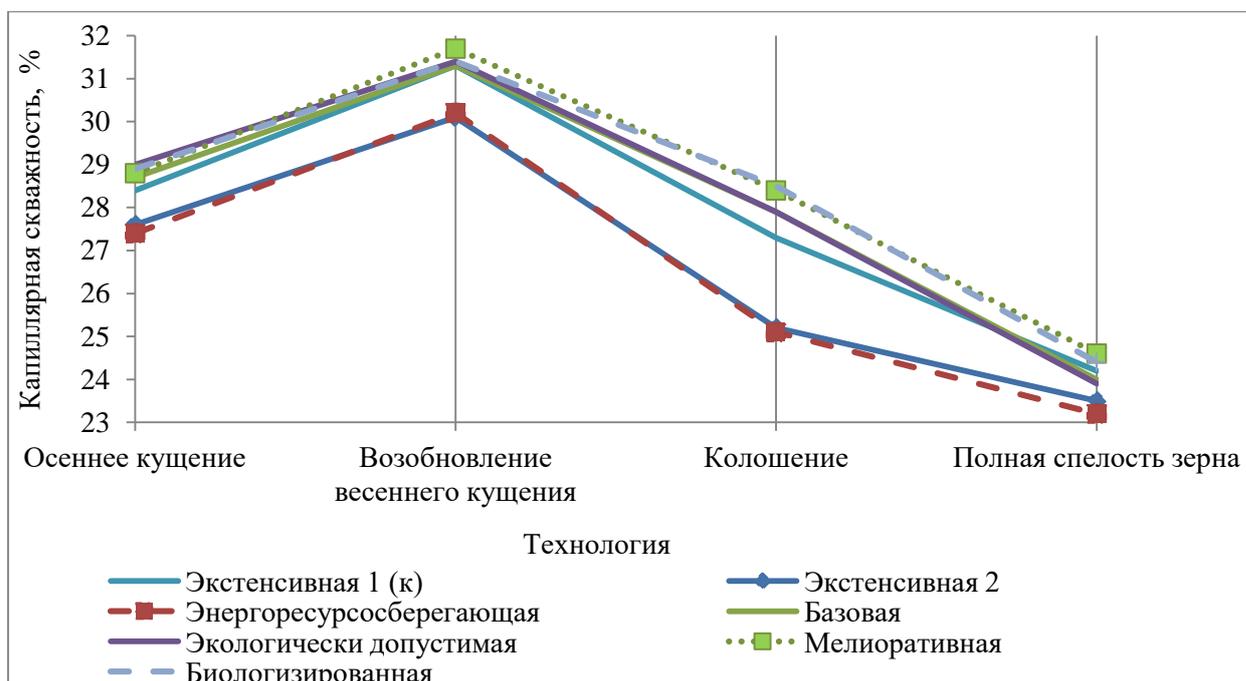


Рисунок 11 – Динамика капиллярной скважности в слое почвы 0–100 см в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта, % (среднее за 2019–2021 гг.)

Резкое увеличение капиллярной скважности в фазу кущения озимой пшеницы при возобновлении весенней вегетации обусловлено большим количеством осадков в зимний период.

В фазе полной спелости зерна озимой пшеницы наблюдается так же тенденция, что и в фазе колошения. Таким образом, применение технологий возделывания озимой пшеницы с глубокими обработками почвы и внесением органики способствует получению оптимальных показателей капиллярной скважности среди изучаемых технологий.

Установлено, что на протяжении трех лет исследований к концу вегетации озимой пшеницы в фазе полной спелости зерна отмечалось уменьшение общей, капиллярной и некапиллярной скважности. Это происходит из-за уплотнения почвенного горизонта и снижения запасов влаги в почве. Однако в условиях окончания вегетационного периода озимой пшеницы наибольшие среди изучаемых технологий показатели капиллярной скважности почвы наблюдались при возделывании озимой пшеницы по мелиоративной технологии.

Некапиллярная скважность – это процент пор от общей скважности, в которых находится воздух.

На рисунке 12 показано различие по некапиллярной скважности в почве в ряду изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы в фазу колошения при использовании технологий, в которых основной обработкой почвы является дисковое лушение, процент некапиллярной скважности повышался относительно контрольной технологии. Это явление наблюдалось и на вариантах технологий экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая, превышение относительно контроля составило 1,3 % и 1,4 % соответственно.

Наибольший процент некапиллярной скважности отмечался на варианте технологии, в соответствии с которыми где озимая пшеница возделывалась с внесением органических удобрений и заделкой корнепоживных остатков. Здесь увеличение процента некапиллярной скважности в почве в среднем составляло от 1,4 % до 2,6 %.

В фазе кущения при возобновлении весенней вегетации отмечено резкое сокращение процента некапиллярной скважности относительно периода осеннего кущения. Такое изменение показателя обусловлено увеличением объема влаги в почве, что привело к вытеснению воздуха из пор.

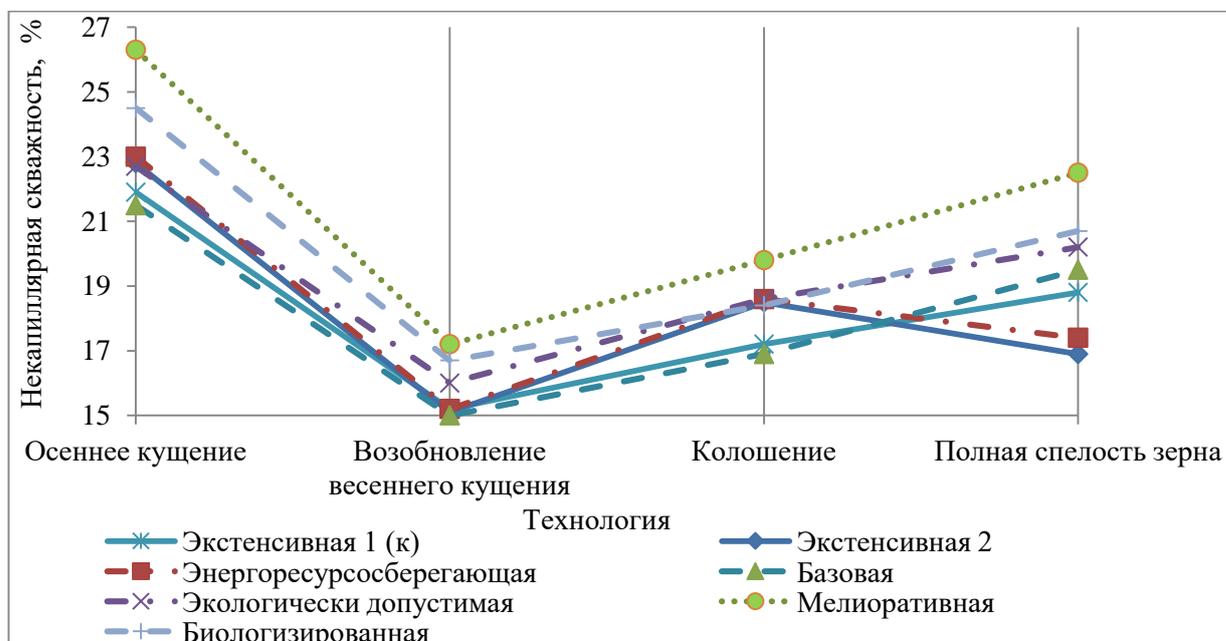


Рисунок 12 – Динамика некапиллярной скважности в слое почвы 0–100 см в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта, % (среднее за 2019–2021 гг.)

Доказано, что технологии возделывания озимой пшеницы оказали влияние на скважность почвы. Благодаря внесению органики и корнепоживных остатков на фоне глубоких обработок почвы в условиях низинно-западного агроландшафта удалось приблизиться к оптимальному соотношению капиллярной и некапиллярной скважности.

Следовательно, глубокие обработки почвы и внесение органических удобрений с заделкой корнепоживных остатков способствуют увеличению скважности почвы в условиях низинно-западного агроландшафта.

Суммарное водопотребление – общий расход воды на испарение с поверхности почвы и на транспирацию растениями с единицы площади (1 га).

Чем выше этот показатель, тем больше продуктивной влаги растения смогли использовать для своего роста и развития.

Из данных рисунка 13 видно, что суммарное водопотребление изменялось в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы.



Рисунок 13 – Суммарное водопотребление озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта (среднее за 2019–2021 гг.)

На вариантах с мелиоративной и биологизированной технологиями суммарное водопотребление было больше относительно контрольной технологии на 65 м³/га и 58 м³/га соответственно. Превышение этого показателя при возделывании озимой пшеницы на мелиоративной технологии относительно биологизированной способствовало применению безотвальной обработки почвы и глубокого рыхления, которые обеспечивали большее накопление продуктивной влаги в почвенном профиле и использование ее растениями.

На вариантах с технологиями, базирующимися на поверхностной обработке почвы – экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая – отмечалось снижение суммарного водопотребления относительно контроля на 80 и 83 м³/га соответственно. Это означает, что применение поверхностной обработки почвы обусловило чрезмерное уплотнение почвы, уменьшение величины

суммарного водопотребления вследствие снижения общей влагообеспеченности в период влагонакопления, и ухудшение доступности растениям продуктивной влаги.

По показателю суммарного водопотребления посевы озимой пшеницы, возделываемые по базовой технологии на фоне отвальной вспашки и внесения минеральных удобрений, уступали контрольной технологии на 11 м<sup>3</sup>/га. Из этого следует, что применение минеральных удобрений не оказывает значительного влияния на суммарное водопотребление озимой пшеницы.

Применение экологически допустимой технологии возделывания способствовало значительному увеличению суммарного водопотребления, его показатель относительно контрольной технологии был больше на 62 м<sup>3</sup>/га. Заделка корнепоживных остатков на фоне отвальной обработки почвы, т.е. увеличение содержания органического вещества в почве, способствовало повышению содержания запасов как общих, так и продуктивной влаги, обеспечивая повышение урожайности озимой пшеницы.

Показателем эффективного использования влаги растениями является коэффициент водопотребления. Он зависит от уровня агротехнологических приемов и интенсивности технологии возделывания культуры. Обеспечение оптимального питательного режима растений способствует уменьшению данного показателя вследствие более рационального использования влаги, снижения транспирационного коэффициента и количества испаряемой растением воды.

Коэффициент водопотребления – это количество воды, используемое растениями для формирования 1 т урожая. Данные по коэффициенту водопотребления в зависимости от технологии возделывания представлены на рисунке 14.

Коэффициент водопотребления снижается при надлежащем использовании почвы и ее плодородия как комплекса параметров, обеспечивающих реализацию генетического потенциала растений. Анализ данных о влиянии изучаемых технологий выращивания озимой пшеницы на коэффициент во-

допотребления показал, что технологии возделывания озимой пшеницы напрямую влияли на коэффициент водопотребления.



Рисунок 14 – Коэффициент водопотребления озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта (среднее за 2019–2021 гг.)

Самый высокий показатель коэффициента водопотребления относительно контроля отмечен на технологии экстенсивная 2, где он был на 91 м³/т больше контроля. Здесь нарушение агрегатного состава, уменьшение процента агрономически ценной фракции, снижение содержания гумуса, переуплотнение почвы и ухудшение условий питания обусловили наиболее интенсивное использование воды растениями для своей жизнедеятельности.

Базовая технология, базирующаяся на отвальной вспашке и внесении минеральных удобрений, способствовала значительному снижению коэффициента водопотребления относительно контроля на 187 м³/т. Это объясняется улучшением водно-воздушного и пищевого режимов почвы, которые позволили растениям экономно расходовать влагу, обеспечив увеличение урожайности.

Выращивание озимой пшеницы по экологически допустимой технологии обеспечило снижение коэффициента водопотребления относительно кон-

трольной технологии на 210 м<sup>3</sup>/т. Улучшение пищевого режима почвы за счет заделки корнепознивных остатков.

Снижение коэффициента водопотребления в сравнении с контролем на варианте биологизированной технологии составило 244 м<sup>3</sup>/т.

Самый низкий коэффициент водопотребления был отмечен на варианте с мелиоративной технологией возделывания озимой пшеницы. В сравнении с контролем коэффициент водопотребления на этом варианте снизился на 278 м<sup>3</sup>/т. Благодаря оптимальным параметрам строения почвы – плотности, скважности и наибольшему в почве среди всех изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы содержанию гумуса растения обеспечивались необходимыми элементами питания и влагой, что способствовало формированию наибольшей урожайности зерна с пониженным коэффициентом водопотребления.

Результаты наших исследований позволяют сделать вывод, что технологии, базирующиеся на глубоких обработках почвы с внесением в почву органики с заделкой корнепознивных остатков, способствуют более рациональному использованию влаги растениями озимой пшеницы. Элементы питания, после частичной минерализации, разложившихся корнепознивных остатков предшествующих культур, поглощались растениями в процессе формирования урожая.

### **3.4 Влияние технологии возделывания на пищевой режим чернозема выщелоченного**

Известно, что поступившая органика (корнепознивные остатки, солома, навоз) минерализуются в первые несколько лет на 70-80 %, обеспечивая культуры питательными элементами, а оставшиеся 20-30 % в процессе гумификации трансформируются в устойчивый к разложению гумус, обеспечивающий оптимальные физико-химические параметры почвы [156, 172].

Развитие и формирование устойчивых и высоких урожаев сельскохозяйственных культур невозможно без минерального питания. Внесение минеральных удобрений способствует значительному росту и развитию культурных растений. В двадцать первом веке главной проблемой использования минерального питания в растениеводстве стало увеличение стоимости минеральных удобрений. Еще одним фактором, осложняющим экономическую эффективность минеральных удобрений является прямая зависимость их применения от содержания гумуса в почве. Коэффициент использования таких удобрений выше только при условии совместного использования их с органическими. Учеными ТСХА установлено, что количество азота, усваиваемое растениями при длительном применении органоминеральной системы удобрения, увеличивалось в 1,9 раза по сравнению с применением только минеральной системы удобрений [5].

В условиях чернозема выщелоченного хорошее усвоение минеральных удобрений проходит при наличии 5–7 % гумуса в почве. Научными исследованиями установлено, что на черноземной почве для стабилизации почвенного плодородия и снижения химической нагрузки необходимо 60 % выноса элементов питания культурой вносить за счет органики [147, 156]. Важно отметить, что 70 % урожая озимой пшеницы формируется именно за счет гумуса [117].

Заделка корнепозрелых остатков и внесение органических удобрений способствуют формированию оптимального пищевого режима почвы и биологической активности, обеспечивающей процессы гумификации и восполнения гумуса в почве [127,147].

В одной тонне органики содержится: в среднем 5 кг азота, 2,5 кг фосфора и 6 кг калия. Данные макроэлементы при минерализации органического вещества переходят в доступную для растений форму и легко усваиваются на протяжении всего периода вегетации. Органика способствует увеличению содержания гумуса, что положительно сказывается на водно-воздушном и пищевом режиме почвы [5].

Корнепоживные остатки зерновых и зернобобовых культур оставляют в почве (в среднем) 40–60 кг/га азота, 9–13 кг/га фосфора, 24–45 кг/га калия. Заделка корнепоживных остатков служит источником восполнения органического вещества почвы, способствующего усилению микробиологических процессов и образованию гумуса, обогащая почву элементами питания и являясь энергетическим материалом для жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в процессах минерализации и гумификации [117, 171].

Ученые отмечают, что включение в севооборот фитомелиоранта – люцерны, с заделкой корнепоживных остатков предшествующих культур повышает содержание азота в почве в 2 раза, фосфора – в 1,5 раза, а калия – в 1,2 раза [5, 88].

На азотные удобрения приходится примерно 75 % выноса сельскохозяйственными растениями. Для получения 1 ц зерна озимой пшеницы необходимо 1,9–3,8 кг азота в зависимости от почвы и погодных условий [5, 175].

Содержание в почве азота является следствием фиксации атмосферного азота микроорганизмами. Растения способны усваивать лишь минерализованный азот. Процессу минерализации азота способствует микробиом почвы (микроорганизмы, бактерии), кроме этого неотъемлемым составляющим звеном и фактором, влияющим на данный процесс, является содержание гумуса в почве, а также степень ее окультуренности при возделывании сельскохозяйственных культур. Азотные удобрения способствуют формированию листового аппарата растений и всей их надземной части [54, 117, 127].

Обеспеченность почвы фосфором принято считать базовым показателем окультуренности почв. При этом не существует естественных путей возобновления его запасов в почве [127].

Фосфор способствует развитию корневой системы и поэтому вносится при возделывании озимой пшеницы под основную обработку. При нехватке фосфора в первые две недели роста озимой пшеницы урожайность может снижаться на 42 % вследствие плохого роста и развития корневой системы и уменьшения количества стеблей [117].

Калий повышает холодостойкость озимой пшеницы и снижает вероятность полегания. Дефицит калия приводит к повреждению и отмиранию листьев озимой пшеницы. При недостатке калия корни боковых побегов не развиваются, что приводит к нарушению питания растений [117].

Исследованиями, проведенными в 2019–2021 гг., установлено, что технологии возделывания оказали определенное влияние на динамику NPK в почве под озимой пшеницей.

В фазе всходов озимой пшеницы обеспеченность почвы минеральной формой азота – аммонийной и нитратной – была высокой, что объясняется азотфиксирующей способностью предшествующей бобовой культуры – люцерны второго года жизни. Данные по содержанию в почве аммонийного азота представлены на рисунке 15.

Содержание аммонийной формы азота на варианте технологии экстенсивная 2 в фазе всходов озимой пшеницы было на уровне контрольной технологии. Следовательно, основная обработка почвы не оказала влияния на этот показатель.

Выращивание озимой пшеницы по энергоресурсосберегающей и базовой технологиям способствовало увеличению содержания аммонийной формы азота в фазу колошения относительно контроля на 0,9 мг/кг и 1,2 мг/кг. Это увеличение являлось следствием внесения минеральных удобрений.

На варианте с экологически допустимой технологией увеличение содержания аммонийной формы азота в почве происходило за счет минерализации органического вещества, поступившего при заделке корнепознанных остатков растений в почву. Показатель повысился относительно контроля на 0,8 мг/кг.

Наибольшее содержание аммонийного азота в слое 0–40 см почвы в фазу колошения наблюдалось на вариантах мелиоративной и биологизированной технологий. В первом случае показатель на варианте с мелиоративной технологией увеличился на 2,5 мг/кг. При возделывании озимой пшеницы по биологизированной технологии увеличение содержания этого показателя со-

ставило 1,8 мг/кг относительно контроля. Это обусловлено применением органоминеральной системы удобрения с заделкой корнепоживных остатков на фоне глубоких обработок почвы, что позволило увеличить содержание гумуса и улучшить пищевой режим почвы.

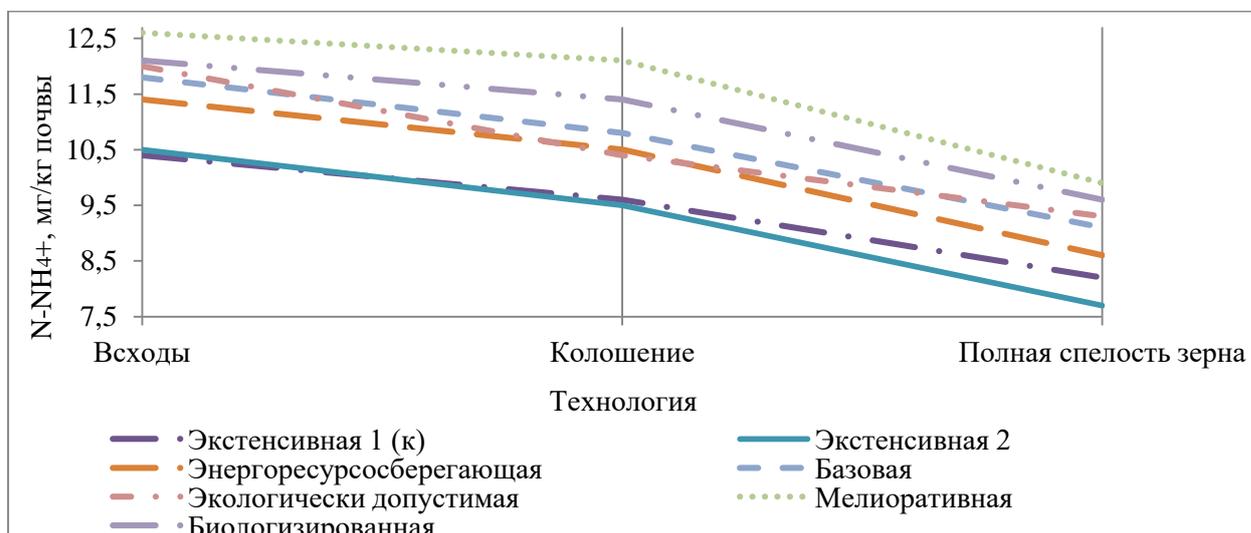


Рисунок 15 – Динамика  $N-NH_4^+$  в слое почвы 0–40 см по фазам роста и развития озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания (среднее за 2019–2021 гг.)

Нитратные формы азота усваиваются растениями гораздо быстрее аммонийных, но могут накапливаться в полученном урожае, если их количество слишком велико [5, 54]. Данные по нитратному азоту представлены на рисунке 16.

На варианте энергоресурсосберегающей технологии содержание нитратного азота в фазу колошения увеличилось на 3,9 мг/кг по сравнению с контролем. При базовой технологии увеличение количества нитратной формы азота в почве по сравнению с контролем составило 4,8 мг/кг. Это было обусловлено способом обработки почвы, представленным отвальной вспашкой, которая обеспечивает улучшение аэрации почвы и биологической активности в результате увеличения скважности почвы.

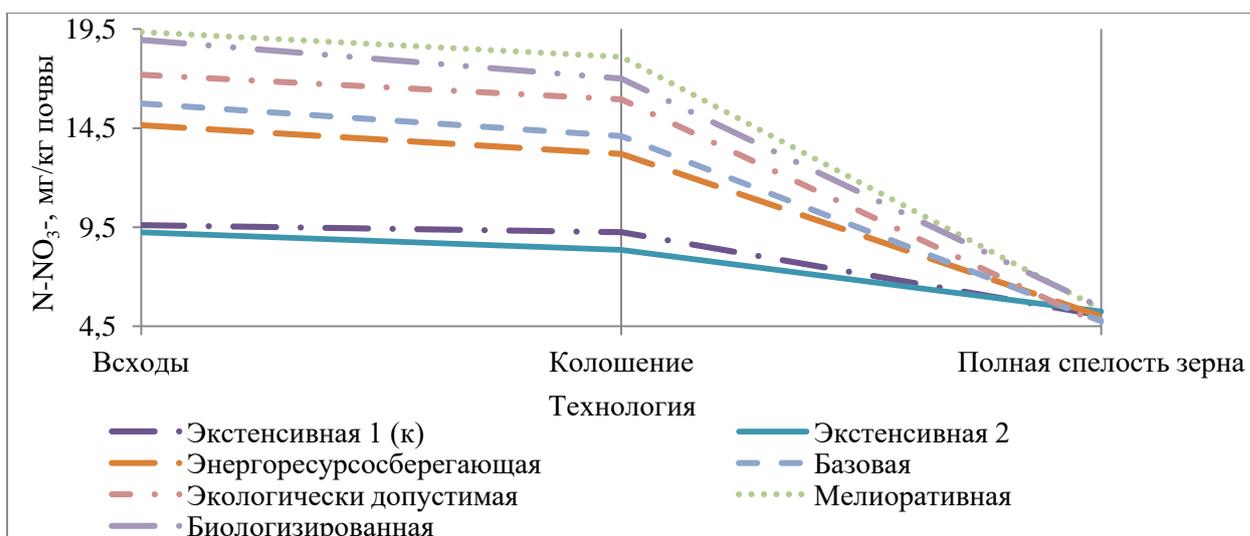


Рисунок 16 – Динамика  $N-NO_3^-$  в слое почвы 0–40 см по фазам роста и развития озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания (среднее за 2019–2021 гг.)

При экологически допустимой технологии возделывания озимой пшеницы в фазу колошения содержание нитратной формы азота в почве возрастало вследствие внесения минеральных удобрений, а также разложения в почве корнепоживных остатков предшествующих культур в севообороте. Содержание нитратного азота здесь увеличивалось относительно контроля на 6,7 мг/кг. Это позволило увеличить коэффициент использования минеральных удобрений за счет поступления органики в почву и процессов минерализации элементов питания.

Технологии, базирующиеся на внесении органики в почву и заделке корнепоживных остатков, с подкормкой пшеницы минеральными удобрениями, накопили самое высокое содержание нитратной формы азота в почве в фазу колошения. Так, на варианте с мелиоративной технологией в сравнении с контрольной увеличение содержания нитратного азота составило 8,8 мг/кг. При биологизированной технологии содержание нитратной формы азота повысилось на 7,7 мг/кг.

Следовательно, наибольшее накопление нитратной формы азота в почве обеспечивалось на биологизированных технологиях возделывания озимой

пшеницы благодаря органоминеральной системе удобрения и заделке корне-  
поживных остатков на фоне глубоких обработок почвы. Эти технологии  
улучшали водно-воздушный режим почвы, вследствие чего усиливалась  
микробиологическая активность почвы.

Таким образом, на вариантах изучаемых технологий возделывания  
озимой пшеницы было отмечено превышение концентрации нитратного азо-  
та над содержанием аммонийной его формы. Высокое содержание нитратно-  
го азота обусловлено тем, что в процессе своей жизнедеятельности микроор-  
ганизмы в почве потребляют аммонийный азот и перерабатывают его в нит-  
ратную форму. Предшествующей культурой является люцерна второго года  
жизни, вследствие этого в процессе азотфиксации в почве накапливается  
именно нитратная форма азота.

Содержание доступного для растений подвижного фосфор определя-  
лось по методу Мачигина (рисунок 17). Из полученных данных следует, что в  
фазе всходов на варианте технологии экстенсивная 2 содержание фосфора в  
слое почвы 0–40 см было на уровне контроля.

Возделывание озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений,  
содержащих  $P_2O_5$ , оказало значительное влияние на содержание подвижного  
фосфора в фазу колошения.

Повышение содержания подвижного фосфора на варианте базовой тех-  
нологии составило 10,5 мг/кг относительно контроля. Этому способствовало  
улучшение водно-воздушного режима почвы и увеличение микробиологиче-  
ской активности за счет оборота пахотного слоя почвы.

Важно отметить, что фосфор в отличие от азота не мигрирует в почве,  
поэтому необходимо обеспечить равномерное его распределение в пахотном  
слое для оптимального развития корневой системы озимой пшеницы, 70 %  
которой располагается именно в слое почвы 0–30 см [5, 117].

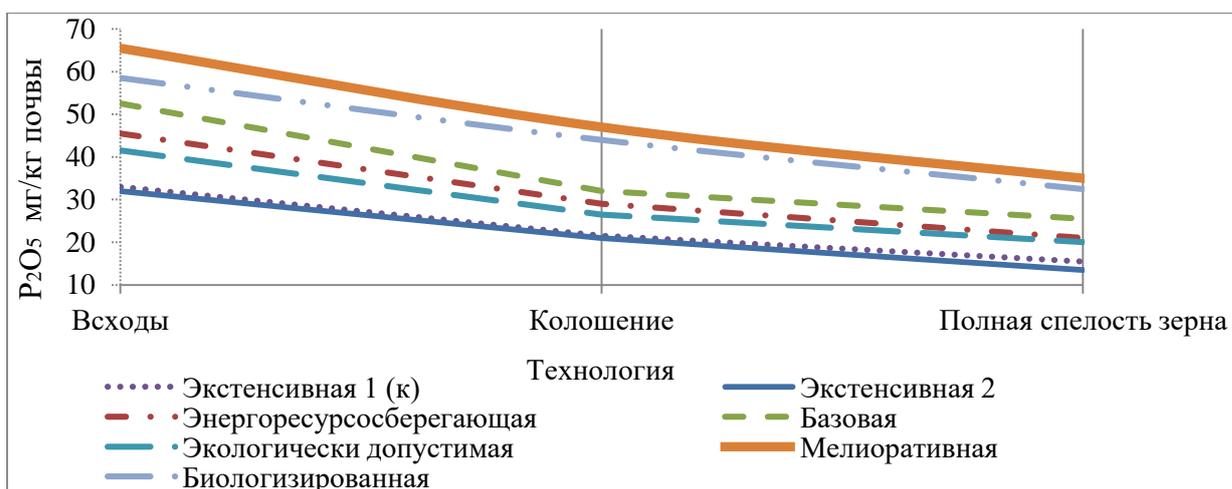


Рисунок 17 – Динамика  $P_2O_5$  в слое почвы 0–40 см по фазам роста и развития озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания (среднее за 2019–2021 гг.)

Технологии возделывания озимой пшеницы с внесением органических удобрений и заделкой в почву корнепоживных остатков на фоне глубоких обработок почвы обеспечивали максимальную прибавку подвижного фосфора среди всех изучаемых технологий в фазу колошения. Мелиоративная технология позволила накопить подвижного фосфора в почве больше контроля на 25,5 мг/кг. Биологизированная технология также способствовала большему накоплению подвижного фосфора относительно контроля – на 22,5 мг/кг.

Следовательно, внесение органических удобрений совместно с минеральными и заделка корнепоживных остатков предшествующих культур на фоне глубоких обработок почвы формируют самую высокую обеспеченность подвижным фосфором относительно других изучаемых технологий.

Содержание обменного калия в опыте определялось по методу Мачигина. На варианте технологии экстенсивная 2 содержание калия в почве было на уровне контроля. Данные по динамике калия в почве представлены на рисунке 18.

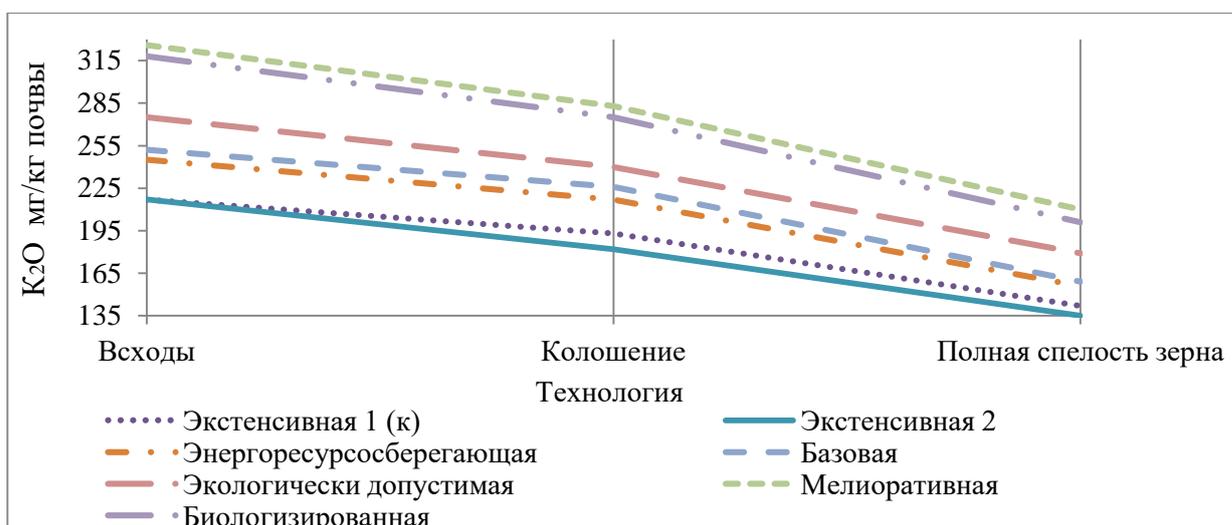


Рисунок 18 – Динамика  $K_2O$  в слое почвы 0–40 см по фазам роста и развития озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания (среднее за 2019–2021 гг.)

В технологиях возделывания озимой пшеницы применялась аммиачная селитра, которая при растворении в почве образует азотную кислоту, под воздействием которой происходит разрушение вторичных минералов почвы. Это способствует увеличению содержания в ней обменного калия. Таким образом, уровень обменного калия в почве был высоким без дополнительного внесения с минеральными удобрениями при выращивании озимой пшеницы по технологиям – энергоресурсосберегающей и базовой.

На экологически допустимой технологии в почве наблюдалось значительное увеличение содержания обменного калия относительно контрольной технологии в фазу колошения. Здесь прибавка этого элемента составила 47 мг/кг.

Возделывание озимой пшеницы по биологизированной технологии также способствовало значительному повышению содержания обменного калия в фазу колошения относительно контроля на 82 мг/кг. На варианте мелиоративной технологии содержания калия было больше, чем в контроле, на 90 мг/кг.

Следовательно, комплексное внесение удобрений – органических и минеральных удобрений, в виде подкормки, заделка корнепоживных остат-

ков, способствовали формированию наиболее благоприятного фона для роста и развития озимой пшеницы в условиях чернозема выщелоченного в низинно-западинном агроландшафте.

Таким образом, в фазе колошения озимой пшеницы обеспеченность азотом в почве была средняя и повышенная за счет того, что два года предшествующей культурой была люцерна. Повышенная обеспеченность азотом отмечена на вариантах технологий с внесением органики и заделкой корнепожнивных остатков в почву на фоне ее глубоких обработок – мелиоративной и биологизированной. В фазе полной спелости зерна озимой пшеницы количество минерального азота в почве варьировало от низкого уровня до среднего. Наибольшее содержание минерального азота в эту фазу было отмечено на вариантах мелиоративной и биологизированной технологий.

Содержание подвижного фосфора по фазам роста и развития озимой пшеницы варьировало по технологиям от очень низкого до среднего. Обеспеченность этим макроэлементом в фазе колошения была на среднем и повышенном уровне, что положительно сказывалось на произрастании озимой пшеницы. Максимальное количество подвижного фосфора в почве отмечалось на вариантах технологий возделывания озимой пшеницы, включающих в себя внесение органики и заделку корнепожнивных остатков.

Количество обменного калия в почве по фазам роста и развития озимой пшеницы изменялось в зависимости от технологий от очень низкого до низкого. Технологии возделывания, включающие в себя внесение органики и заделку корнепожнивных остатков в почву, так же способствовали накоплению обменного калия относительно всех изучаемых технологий выращивания, что оптимизировало обеспеченность озимой пшеницы.

Из представленных данных следует, что по всем технологиям возделывания озимой пшеницы наблюдается биологический вынос элементов питания из почвы относительно фазы всходов, сопровождающийся увеличением вегетативной массы растений, процессами закладки генеративных и репродуктивных органов с формированием будущего урожая. Питательные веще-

ства были использованы растениями пшеницы для роста корневой системы и надземной вегетативной массы, для обеспечения растения необходимыми элементами питания и развития максимальной фотосинтетически активной поверхности для реализации потенциала продуктивности озимой пшеницы.

Таким образом, технологии возделывания озимой пшеницы с комплексным внесением органических и минеральных удобрений на фоне глубоких обработок почвы обеспечили сохранение в ней повышенного содержания элементов питания относительно других исследуемых технологий. Высокое содержание NPK в почве в критические периоды по отношению к потреблению элементов питания растениями озимой пшеницы, положительно отразилось на урожайности и качестве урожая этой культуры.

В результате анализа полученных данных установлено, что технологии с внесением минеральных удобрений как под основную обработку почвы, так и в подкормки способствовали повышению кислотности почвы. Данные по динамике  $pH_{H_2O}$  в почве по фазам роста и развития озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания представлены на рисунке 19.

При внесении только минеральных удобрений буферность почвы снижается, что ведет к подкислению почвенного раствора и ухудшению условий для развития и роста растений. Органическое вещество почвы и гумус, благодаря высокой поглотительной способности благоприятно влияют на реакцию среды, что способствует снижению кислотности почвы.

Значительное повышение кислотности относительно контрольной технологии наблюдалось на вариантах энергоресурсосберегающей, базовой и экологически допустимой технологий возделывания озимой пшеницы во все фазы роста и развития культуры. Следует отметить, что данные технологии при длительном использовании ведут к затруднению потребления корневой системой элементов питания из-за повышения осмотического давления почвенного раствора и снижения сосущей силы корней вследствие повышения концентрации почвенного раствора.

Применение мелиоративной и биологизированной технологии возделывания озимой пшеницы относительно контроля не вызывало повышения кислотности. Это происходило в результате внесения органики в почву, заделки корнепозжнивных остатков и снижения нормы минеральных удобрений, способствующих увеличению поглотительной способности почвы, увеличению ее буферности и повышению плодородия почвы.

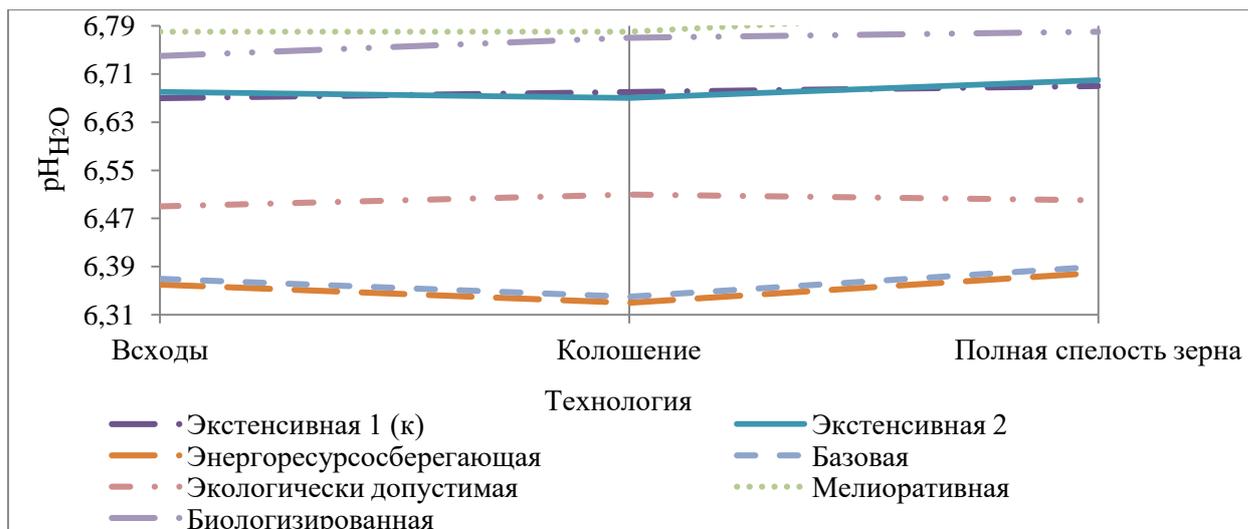


Рисунок 19 – Динамика  $pH_{H_2O}$  в слое почвы 0–40 см по фазам роста и развития озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания (среднее за 2019–2021 гг.)

Анализ полученных данных, показал, что на вариантах технологий возделывания озимой пшеницы, включающих в себя внесение органических удобрений и заделку в почву корнепозжнивных остатков, улучшались условия минерального питания относительно технологий без применения удобрений или с применением только минеральных.

### 3.5 Влияние технологии возделывания на засоренность посевов озимой пшеницы

Подсчет количества сорняков проводился весной перед внесением гербицидов. Видовой состав сорных растений в посевах озимой пшеницы был представлен как однолетниками, так и многолетними сорняками.

Посевы на опытном участке были засорены однолетниками: амброзией полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia L.*), подмаренником цепким (*Galium aparine L.*), мышеем сизым (*Setaria glauca L.*), просом куриным (*Echinochloa crus galli L.*), маком самосейкой (*Papaver rhoeas L.*), а из многолетних – осотом розовым (*Cirsium arvense L.*) и желтым (*Sonchus arvensis L.*), вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis L.*). Данные о количестве сорняков в посевах озимой пшеницы по технологиям возделывания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в фазе кущения перед внесением гербицидов в низинно-западинном агроландшафте, шт./м<sup>2</sup> (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Количество сорняков по видам		
	однолетних	многолетних	всего
Экстенсивная 1 (к)	11	3	14
Экстенсивная 2	23	8	31
Энергоресурсосберегающая	19	8	27
Базовая	9	2	11
Экологически допустимая	11	2	13
Мелиоративная	13	5	18
Биологизированная	10	5	15
НСР <sub>05</sub> 2019	2,3	1,8	2,9
НСР <sub>05</sub> 2020	1,9	1,1	2,3
НСР <sub>05</sub> 2021	2,1	1,4	2,4

На вариантах технологий возделывания озимой пшеницы, базирующихся на отвальной вспашке, наблюдалась самая низкая степень засоренности посевов относительно других изучаемых технологий. Установлено, что

количество многолетних сорных растений здесь было наименьшим, что говорит об эффективности отвальной вспашки как механического способа борьбы с корневищными и корнеотпрысковыми сорняками.

Внесение органических удобрений на фоне отвальной системы обработки почвы обусловило незначительное увеличение сорной растительности в исследуемых технологиях выращивания озимой пшеницы, в том числе многолетников.

Поверхностная обработка почвы способствовала резкому возрастанию засоренности относительно других технологий. Количество сорняков на вариантах технологий экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая было больше контроля на 17 и 13 шт./м<sup>2</sup> соответственно. Установлено, что эти изменения математически достоверны и значительно превосходят показатели засоренности на других вариантах изучаемых технологий.

На варианте с мелиоративной технологией, базирующейся на безотвальной обработке почвы и внесении органических удобрений, отмечалось превышение количества сорных растений в сравнении с контрольной технологией на 4 шт./м<sup>2</sup>. Безотвальная обработка почвы увеличивала засоренность почвы по сравнению с отвальной вспашкой. Оборот пласта и подрезание корневой системы сорняков с последующей их заделкой на дно борозды вместе с семенами при отвальной обработке почвы не позволял части семян сорняков взойти с нижних слоев почвы.

Сорняки являются конкурентом растений озимой пшеницы в потреблении влаги, так как обладают наиболее развитой корневой системой, в отличие от сельскохозяйственных культур. Это происходит вследствие лучшей приспособленности к условиям произрастания и высокой выживаемости сорной растительности. При значительном распространении сорняков в посевах озимой пшеницы количество влаги в почве интенсивно сокращается. Влага является лимитирующим фактором получения урожая, поэтому ее сохранение и накопление – главная цель любой технологии возделывания.

Результаты математической обработки достоверно показали, что количество сорняков сокращается при отвальной обработке почвы по сравнению с другими приемами обработки.

Таким образом, изучаемые технологии, базирующиеся на отвальной вспашке, благодаря обороту пласта почвы обеспечивали наиболее эффективную борьбу с сорной растительностью.

### **3.6 Влияние технологии возделывания на рост и развитие растений озимой пшеницы**

Формирование урожая и его качества в течение вегетационного периода напрямую зависит от условий произрастания. Фундаментальное значение при этом имеют как погодные условия, так и плодородие почвы [6, 105].

В условиях низинно-западного агроландшафта при переуплотнении почвы наблюдалось значительное снижение количества растений на единице площади посева (1 м<sup>2</sup>). Данные по густоте стояния растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания представлены в таблице 8.

На варианте технологии экстенсивная 2 без удобрений с поверхностной обработкой почвы была отмечена наименьшая всхожесть семян озимой пшеницы по сравнению с другими технологиями. Количество всходов здесь было меньше, чем на контроле на 7 шт./м<sup>2</sup>. При экстенсивной 2 технологии наблюдалось наибольшее изреживание посевов во все фазы роста озимой пшеницы. Так, количество растений в фазе выхода в трубку было меньше контроля на 11 шт./м<sup>2</sup>. В фазе колошения изреживание составило 8 шт./м<sup>2</sup> относительно контроля. В фазе молочной спелости так же наблюдалось уменьшение количества растений относительно контрольной технологии на 6 шт./м<sup>2</sup>. Установлено, по результатам математической обработки, что эти изменения являются математически достоверными. Следовательно, недостаток питательных веществ и ухудшение водно-воздушного режима из-за уплотнения пахотного и подпахотного слоев почвы, снижение скважности препятствовали созданию

оптимальных условий для роста и развития растений, что приводило к изреживанию посевов озимой пшеницы.

Таблица 8 – Густота стояния растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, шт./м<sup>2</sup> (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Всходы	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость зерна
Экстенсивная 1 (к)	423	363	341	329
Экстенсивная 2	416	352	333	323
Энергоресурсосберегающая	427	362	345	332
Базовая	431	367	345	335
Экологически допустимая	433	369	350	338
Мелиоративная	436	374	353	345
Биологизированная	431	371	352	342
НСР <sub>05</sub> 2019	5,4	3,1	3,6	2,4
НСР <sub>05</sub> 2020	4,7	2,6	3,1	2,1
НСР <sub>05</sub> 2021	5,1	2,8	3,4	2,3

Энергоресурсосберегающая технология способствовала увеличению количества растений относительно контрольной технологии. В фазе колошения оно было большим на 4 шт./м<sup>2</sup>, а в фазе молочной спелости зерна – на 3 шт./м<sup>2</sup>. Следовательно, внесение минеральных удобрений, обеспечившее улучшение пищевого режима почвы, положительно сказалось на сохранении густоты стояния растений озимой пшеницы.

Базовая технология на фоне отвальной вспашки и внесения минеральных удобрений обеспечивала снижение плотности почвы. Это обусловило улучшение показателей водного, воздушного и пищевого режимов почвы, что способствовало высокой выживаемости растений озимой пшеницы. В конце вегетации количество растений было больше относительно контроля на 6 шт./м<sup>2</sup>.

Максимальная густота стояния растений озимой пшеницы в фазе молочной спелости зерна сформировалась на варианте мелиоративной техноло-

гии – больше контроля на 16 шт./м<sup>2</sup>. Это было обеспечено применением комплекса агроприемов, обеспечивающих воспроизводство почвенного плодородия и положительно воздействующих на водно-воздушный и пищевой режим почвы.

На варианте с биологизированной технологией возделывания озимой пшеницы густота стояния растений была несколько меньше в сравнении с вариантом мелиоративной технологии. Количество растений относительно контроля здесь было больше на 13 шт./м<sup>2</sup>.

Таким образом, наибольшая густота стояния растений озимой пшеницы во все фазы роста была отмечена на вариантах технологий с глубокой обработкой почвы, внесением органики и заделкой корнепоживных остатков. Причем эти изменения являются математически достоверными. Следовательно, такие технологии способствуют улучшению водно-воздушного и пищевого режимов почвы в условиях чернозема выщелоченного. Это позволяет растениям озимой пшеницы сформировать оптимальное количество продуктивных стеблей для получения высоких урожаев.

Водно-воздушный и пищевой режимы, сформированные на вариантах под воздействием изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы, влияли на продолжительность вегетационного периода этой культуры.

Данные таблицы 9 показывают изменение вегетационного периода озимой пшеницы в среднем за три года. На вариантах с мелиоративной и биологизированной технологиями растения имели более продолжительный вегетационный период – на пять дней дольше относительно контроля. Это было связано с наличием в почве большего количества продуктивной влаги, что, в свою очередь, позволило растениям усвоить больше питательных элементов обеспечить как наибольшую урожайность, так и высокое качество зерна озимой пшеницы.

На вариантах технологий с применением поверхностной обработки наблюдалось ускорение вегетационного периода из-за худших среди всех технологий водно-физических показателей почвы. Уменьшение вегетацион-

ного периода на вариантах технологий экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая составило три и один день соответственно, что отрицательно сказалось на продуктивности.

За счет заделки корнепоживных остатков и дальнейшей минерализации свежего органического вещества повышалась обеспеченность растений необходимыми элементами питания на экологически допустимой. Одновременно в процессе гумификации органического вещества почвы, обеспечивалось образование агрономически ценной структуры почвы, снижение ее плотности и повышение общей скважности, что в целом и обусловило увеличение вегетационного периода на три дня относительно контрольной технологии.

Таблица 9 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на продолжительности межфазных периодов в низинно-западинном агроландшафте, сутки (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Посев – всходы	Всходы – осеннее кущение	Весеннее кущение – выход в трубку	Выход в трубку – колошение	Колошение – молочная спелость зерна	Молочная спелость зерна – восковая спелость	Восковая спелость зерна – полная спелость	Период вегетации	
								Всходы – полная спелость	Без зимнего покоя
Экстенсивная 1 (к)	12	24	42	26	24	14	9	259	151
Экстенсивная 2	13	25	41	25	24	12	8	256	148
Энергоресурсосберегающая	12	25	43	25	24	13	8	258	150
Базовая	12	24	43	26	25	14	10	262	154
Экологически допустимая	12	24	43	26	25	14	10	262	154
Мелиоративная	12	24	42	26	26	15	11	264	156
Биологизированная	12	24	42	26	25	15	11	264	156

Согласно полученным результатам, повышение уровня водно-физических и питательных свойств почвы способствует увеличению продол-

жительности вегетационного периода у растений озимой пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта, что положительно влияет на формирование урожая и качество зерна озимой пшеницы.

Водно-воздушные и пищевые параметры почвы, сформировавшиеся под воздействием технологий возделывания озимой пшеницы, агрофизические показатели пахотного слоя, водный и пищевой режимы почвы напрямую повлияли на высоту растений в условиях низинно-западного агроландшафта.

Высота растений – это генетический признак, который может изменяться в зависимости от условий выращивания. Данные по высоте растений в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Высота растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западном агроландшафте, см (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [36, 111])

Технология	Фаза вегетации			
	кущение весной	выход в трубку	колошение	восковая спелость
Экстенсивная 1 (к)	22,2	52,2	81,6	83,3
Экстенсивная 2	20,4	50,7	80,1	81,1
Энергоресурсосберегающая	23,1	53,9	83,2	85,3
Базовая	26,3	52,8	82,3	83,7
Экологически допустимая	25,6	53,3	83,6	85,2
Мелиоративная	25,4	51,9	84,1	87,6
Биологизированная	24,8	55,5	81,7	85,6
НСР <sub>05</sub> 2019	0,7	1,7	1,5	2,3
НСР <sub>05</sub> 2020	0,5	1,4	1,2	2,0
НСР <sub>05</sub> 2021	0,8	1,5	1,4	2,2

На вариантах исследуемых технологий разница в высоте растений озимой пшеницы составила 6,5 см в фазе восковой спелости зерна, что не оказало значительного влияния на урожайность. На вариантах технологий с применением органоминеральной или минеральной систем удобрения растения

были обеспечены питательными веществами, в наибольшей степени, их прирост по высоте был больше относительно технологий без удобрений. Математический анализ не показал достоверного увеличения высоты растений озимой пшеницы на вариантах изучаемых технологий. Однако на варианте мелиоративной технологии установлено достоверное увеличение данного показателя в сравнении с другими вариантами технологий.

В течение трех лет исследований полегание растений интенсивного полукарликового сорта озимой пшеницы Граф на вариантах опыта не наблюдалось.

Следовательно, этот сорт по показателю «высота растений», его реакции на уровень агрофона является наиболее подходящим для возделывания в условиях центральной зоны Краснодарского края.

Накопление сухого вещества в растениях было обусловлено технологиями выращивания озимой пшеницы. С помощью оптимального питательного режима, который создается технологиями возделывания озимой пшеницы, включающими комплексное внесение органики в разных формах (навоз, корнепожнивные остатки), удалось добиться того, что в растениях произошло накопление сухого вещества.

В таблице 11 представлены данные, которые показывают степень накопления воздушно-сухого вещества в растениях озимой пшеницы в зависимости от технологии ее возделывания.

При накоплении сухого вещества растениями, в первую очередь, необходимо учитывать работу фотосинтетического аппарата, а именно: размер листовой поверхности растений и продолжительность ее работ. Содержание сухого вещества по фазам роста и развития на вариантах изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы различалось.

В фазе возобновления весеннего кущения на технологии экстенсивная 2 без внесения удобрений отмечено снижение накопления воздушно-сухого вещества растениями озимой пшеницы. Снижение относительно контроля составило 0,01 г/растение.

На вариантах энергоресурсосберегающей и базовой технологии наблюдался рост накопления воздушно-сухого вещества в растениях относительно контрольной технологии на 0,01 и 0,02 г/растение соответственно.

Экологически допустимая и биологизированная технологии оказали положительное влияние на накопление воздушно-сухого вещества растениями озимой пшеницы относительно контроля. Здесь прирост сухой массы растений, относительно контрольной технологии составил 0,02 и 0,04 г/растение соответственно.

Применение мелиоративной технологии возделывания озимой пшеницы способствовало наибольшему накоплению воздушно-сухой массы растениями. Прирост сухой массы растений относительно контроля составил 0,05 г/растение.

Таблица 11 – Динамика накопления воздушно-сухого вещества в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, г/растение (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Фаза вегетации			
	кущение весной	выход в трубку	колошение	восковая спелость
Экстенсивная 1 (к)	0,10	1,04	3,33	4,82
Экстенсивная 2	0,09	1,01	3,09	4,46
Энергоресурсосберегающая	0,11	1,09	3,85	5,13
Базовая	0,12	1,18	3,96	5,27
Экологически допустимая	0,12	1,41	4,29	5,52
Мелиоративная	0,15	1,28	4,57	5,83
Биологизированная	0,14	1,25	4,39	5,63
НСР <sub>05</sub> 2019	-	0,11	0,09	0,15
НСР <sub>05</sub> 2020	-	0,08	0,11	0,10
НСР <sub>05</sub> 2021	-	0,07	0,14	0,14

В последующие фазы роста и развития растений озимой пшеницы тенденция в накоплении воздушно-сухого вещества сохранялась.

В фазе восковой спелости зерна вариант с технологией экстенсивная 2 уступил контрольной технологии по этому показателю на 0,36 г/растение. Следовательно, поверхностная обработка без внесения удобрений отрицательно влияла на накоплении биомассы растениями вследствие недостатка питания и ухудшения агрофизических показателей, а также влагообеспеченности, обусловленных увеличением плотности. Эти изменения являлись математически достоверными.

Энергоресурсосберегающая технология оказывала положительное влияние на накопление сухого вещества растениями, рост показателя составил 0,31 г/растение. Это было обусловлено улучшением минерального питания растений, которое обеспечивало увеличение как сырой, так и сухой массы растения.

Базовая технология, улучшая агрофизические и агрохимические показатели почвы при внесении минеральных удобрений на фоне отвальной вспашки, обеспечивала большее на 0,45 г/растение накопление воздушно-сухого вещества растениями относительно контроля.

На варианте экологически допустимой технологии за счет заделки в почву корнепозжнивных остатков улучшалась пищевой режим почвы и восполнение гумуса, в связи с этим наблюдалось увеличение накопления воздушно-сухой массы растений на 0,70 г/растение, по сравнению с контролем.

Математически доказано увеличение сухого вещества в растениях за счет применения глубоких обработок почвы и внесения органических удобрений на изучаемых технологиях, в частности тех которые были рекомендованы производству – мелиоративная и биологизированная.

Следовательно, глубокие обработки почвы с внесением органики и заделкой корнепозжнивных остатков способствовали более интенсивному накоплению воздушно-сухой массы растениями относительно остальных изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта центральной зоны Краснодарского края. Обеспечение оптимального пищевого режима почвы, сопровождающееся увеличе-

нием гумусированности, способствовало формированию большей вегетативной массы растений и накоплению ими воздушно-сухого вещества.

### **3.7 Влияние технологии возделывания на формирование фотосинтетического потенциала растений озимой пшеницы**

Снижение плотности почвы за счет глубоких обработок и внесение органики с заделкой корнепозживных остатков способствовало увеличению площади листового аппарата, что повлияло на формирование урожая озимой пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта.

Использование фотосинтетически активной радиации и управление процессом фотосинтеза напрямую зависит от ассимиляционной площади листьев сельскохозяйственных растений. Данные по ассимиляционной площади листьев представлены в таблице 12.

Активный прирост площади листьев, который в данную фазу достигал своего максимума, наблюдался до фазы колошения, а далее сопровождался уменьшением площади листовой поверхности растений вследствие физиологического старения и завершался отмиранием листьев.

Анализ данных, представленных в таблице 12, показал, что растения озимой пшеницы, возделываемые по технологии экстенсивная 2, уступали контрольной технологии по размерам ассимиляционной площади листьев во все фазы роста и развития этой культуры.

В фазе колошения мелиоративная технология сформировала наибольшую ассимиляционную площадь листьев, по сравнению с контролем увеличилась на 98,5 см<sup>2</sup>/растение.

На варианте с биологизированной технологией, имеющей отличие от мелиоративной лишь в системе основной обработки почвы (отвальная вспашка), в фазе колошения площадь листовой поверхности увеличилась на 85,1 см<sup>2</sup>/растение относительно контроля.

Таким образом, технологии, базирующиеся на органоминеральной системе удобрения и заделке корнепоживных остатков на фоне глубоких обработок почвы, обеспечивали наибольшую ассимиляционную площадь листьев. Мелиоративная технология превосходила биологизированную благодаря созданию лучших агрофизических параметров почвы за счет безотвальной обработки и глубокого рыхления, что способствовало улучшению деятельности корневой системы и в конечном счете – формированию максимального по величине листового аппарата.

Таблица 12 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы

на ассимиляционную площадь листьев в низинно-западинном агроландшафте, см<sup>2</sup>/растение (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [36, 111])

Технология	Фаза вегетации			
	кущение	выход в трубку	колошение	восковая спелость зерна
Экстенсивная 1 (к)	6,4	76,3	135,5	67,9
Экстенсивная 2	5,7	71,7	126,1	62,5
Энергоресурсосберегающая	6,7	84,2	144,9	75,7
Базовая	7,1	102,9	159,2	80,4
Экологически допустимая	7,6	111,9	189,4	88,1
Мелиоративная	8,4	144,3	234,0	99,2
Биологизированная	8,0	133,0	220,6	93,7
НСР <sub>05</sub> 2019	0,21	8,4	10,1	11,2
НСР <sub>05</sub> 2020	0,17	8,8	7,6	8,1
НСР <sub>05</sub> 2021	0,19	7,2	9,2	9,4

Наибольшие темпы роста площади листьев на варианте экологически допустимой технологии объясняются улучшением пищевого режима и увеличением запасов гумуса в почве за счет органического вещества корнепоживных остатков предшественников на фоне отвальной вспашки, улучшающей водно-воздушный режим и структуру почвы.

Технология экстенсивная 2, базирующаяся на поверхностной обработке почвы без внесения удобрений, негативно отразилась на формировании площади ассимиляционной поверхности листьев и уступила контрольной техно-

логии на 9,4 см<sup>2</sup>/растение. Это объясняется худшими условиями произрастания озимой пшеницы из-за сильного уплотнения почвы, которое обусловило неудовлетворительное усвоение влаги и питательных элементов корневой системой растений.

Получено математически достоверное увеличение ассимиляционной площади листьев при возделывании озимой пшеницы на вариантах технологий, базирующихся на минеральной, и в особенности органоминеральной системе удобрений.

Следовательно, технологии с применением глубоких обработок почвы и системой удобрения, в которую входит внесение органики и заделка корнепоживных остатков, обусловили увеличение ассимиляционной площади листьев озимой пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта в 1,6–1,7 раза относительно контрольной технологии.

Из данных представленных на рисунке 20, видна корреляционная зависимость между ассимиляционной площадью листьев и урожайностью озимой пшеницы. Из полученных данных следует, что на вариантах технологий, где сформировалась большая площадь листового аппарата растений относительно других изучаемых вариантов, урожайность также возрастала.

Наибольшие показатели положительной корреляции отмечены во все фазы вегетации озимой пшеницы на варианте с применением мелиоративной технологии. В фазе осеннего кушения коэффициент корреляции был одним из самых низких – 0,30. В период колошения, когда ассимиляционная поверхность листьев достигла максимальных значений, корреляционная зависимость между площадью листьев и урожайностью была максимально высокой, с коэффициентом, составляющим 0,89.

Глубокие обработки почвы и внесение органики с заделкой корнепоживных остатков обеспечивали лучшие условия пищевого и водно-воздушного режимов среди всех изучаемых вариантов технологий, положительно влияли на агрофизические показатели почвы, что способствовало

формированию наибольшей ассимиляционной поверхности листьев и урожайности.

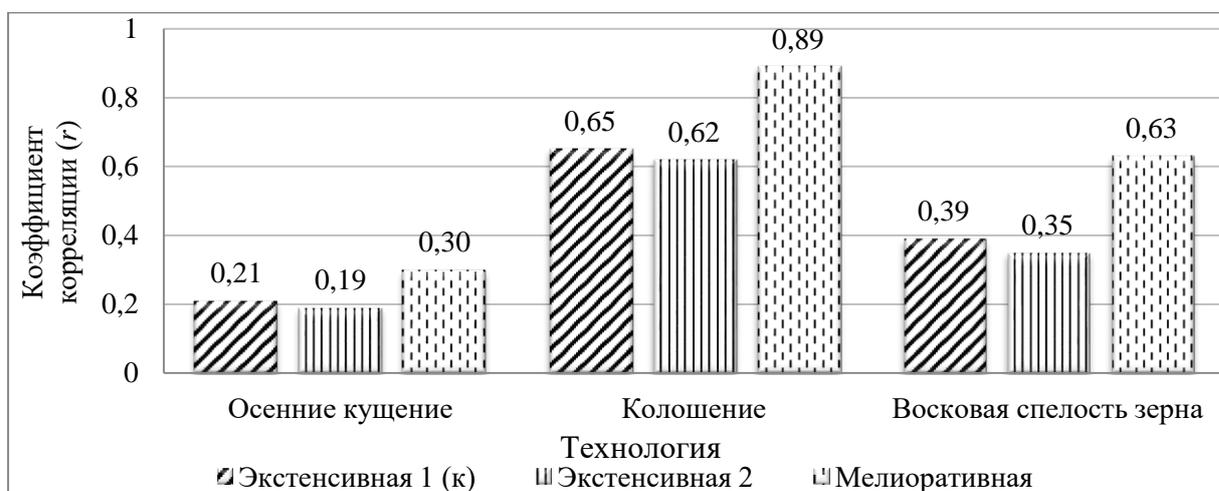


Рисунок 20 – Корреляционная связь между ассимиляционной площадью листьев и урожайностью озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта (среднее за 2019–2021 гг.)

Самый низкий показатель положительной корреляции наблюдался на варианте с технологией экстенсивная 2. В фазе кушения коэффициент корреляции здесь составил 0,19. В период колошения при достижении максимальных размеров листовой поверхности этот показатель был минимальным – 0,62. Увеличение плотности почвы повлекло за собой ухудшение условий роста и развития растений, вследствие чего озимая пшеница сформировала наименьшую листовую поверхность, которая была не способна обеспечить реализацию потенциала сорта. Это привело к получению наименьшей урожайности среди всех изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы.

В фазе восковой спелости показатели коэффициента корреляции снизились на всех вариантах изучаемых технологий вследствие уменьшения ассимиляционной площади листьев и их физиологического старения. Однако на варианте мелиоративной технологии по-прежнему сохранялись самые вы-

сокие значения коэффициента корреляции – 0,63, а самые низкие отмечались на варианте технологии экстенсивная 2 – 0,35.

Возделывание озимой пшеницы по технологиям, базирующимся на глубоких обработках почвы с внесением органики и заделкой корнепожнивных остатков, увеличивало фотосинтетический потенциал растений благодаря оптимизации условий произрастания культуры.

Фотосинтетический потенциал (ФП) – это число «рабочих дней» листовой поверхности посева, рассчитываемое как произведение полусуммы площадей листьев за два последующих определения на длительность периода между этими определениями в днях [108].

Прослеживается прямая зависимость между плотностью почвы и фотосинтетическим потенциалом растений озимой пшеницы. На варианте с технологией экстенсивная 1 ФП посева в межфазный период кущение – выхода в трубку составил 643 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки, что на 57 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки больше, чем ФП листовой поверхности озимой пшеницы, возделываемой по технологии экстенсивная 2. Следовательно, применение глубоких обработок положительно влияет на фотосинтетический потенциал растений, улучшая условия для формирования листьев и продолжительность их функционирования. Данные по фотосинтетическому потенциалу озимой пшеницы зависимости от технологии возделывания представлены в таблице 13.

Слабое усвоение корневой системой минеральных элементов и влаги при поверхностной обработке почвы в этой технологии из-за переуплотнения нижних слоев почвы обусловило неудовлетворительную работу ассимиляционной поверхности листьев. При возделывании озимой пшеницы на варианте с базовой технологией фотосинтетическая работа листовой поверхности значительно усилилась: ФП посева по сравнению с контролем был больше на 240 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки. На увеличении фотосинтетического потенциала в этой технологии, очевидно, сказалось преимущественное влияние отвальной обработки почвы в сравнении с поверхностной.

Таблица 13 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на фотосинтетический потенциал посевов в низинно-западинном агроландшафте, тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Межфазный период			
	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	колошение – молочная спелость зерна	кущение – молочная спелость зерна
Экстенсивная 1 (к)	643	949	835	2427
Экстенсивная 2	586	851	747	2184
Энергоресурсосберегающая	722	992	902	2616
Базовая	883	1206	1024	3113
Экологически допустимая	951	1398	1215	3564
Мелиоративная	1210	1801	1502	4513
Биологизированная	1118	1677	1390	4185
НСР <sub>05</sub> 2019	93	128	49	228
НСР <sub>05</sub> 2020	84	117	42	211
НСР <sub>05</sub> 2021	90	137	61	232

Еще более значимые показатели фотосинтетического потенциала в межфазный период кущение – выход в трубку формировались на варианте с экологически допустимой технологией возделывания озимой пшеницы, здесь величина этого показателя растений по сравнению с контролем была больше на 308 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки. Это объясняется улучшением агрофизических и агрохимических показателей почвы за счет заделки органического вещества и дальнейшего разложения корнепоживных остатков на фоне отвальной обработки. Таким образом, растения обеспечивались необходимыми для их роста элементами питания и влагой, увеличивая продолжительность и продуктивность работы листового аппарата.

Высокие показатели прироста листовой поверхности и фотосинтетического потенциала были отмечены при возделывании озимой пшеницы на вариантах мелиоративной и биологизированной технологии. Применение данных технологий способствовало увеличению ФП в межфазный период кущение – выход в трубку до 567 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки на варианте мелиоративной технологии и до 475 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки – на биологизированной. Такие пока-

затели обеспечивались применением в этих технологиях органоминеральной системы удобрения и заделкой корнепоживных остатков в почву на фоне глубоких обработок, что способствовало улучшению пищевого и водно-воздушного режима почвы, к которым озимая пшеница предъявляет повышенные требования.

В межфазный период выход в трубку – колошение фотосинтетический потенциал растений озимой пшеницы достиг максимальных показателей.

Технология экстенсивная 2 оказывала отрицательное влияние как на прирост листовой поверхности растений озимой пшеницы, так и в целом на работу всего ассимиляционного аппарата относительно контроля. В межфазный период выход в трубку – колошение ФП посева на этом варианте был меньше контроля на 98 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки. Следовательно, на этом варианте поверхностная обработка почвы без внесения удобрений приводила к уменьшению нарастания листостебельной массы за межфазные периоды вследствие недостатка элементов питания и влаги для роста растений.

Возделывание озимой пшеницы на варианте энергоресурсосберегающей технологии способствовало увеличению фотосинтетического потенциала на 43 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки относительно контрольной технологии.

Базовая и энергоресурсосберегающая – обеспечивали нарастание не только большей поверхности листьев, но и более продолжительную их работу, что способствовало увеличению фотосинтетического потенциала посева озимой. На варианте базовой технологии в межфазный период выход в трубку – колошение ФП составил 1206 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки, что было больше энергоресурсосберегающей технологии на 214 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки, контроля на 257 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки.

Экологически допустимая технология способствовала значительному увеличению фотосинтетического потенциала растений озимой пшеницы, что объясняется более продолжительной работой всего листового аппарата растений озимой пшеницы. Улучшение пищевого и водно-воздушного режимов почвы за счет заделки корнепоживных остатков в почву и их дальнейшей

минерализации на фоне отвальной вспашки улучшало обеспеченность растений озимой пшеницы элементами питания и формировало больший ФП. Фотосинтетический потенциал на этом варианте в межфазный период выход в трубку – колошение был больше на 449 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки по сравнению с контрольной технологией.

В межфазный период выход в трубку – колошение формированию наиболее значительного фотосинтетического потенциала способствовало возделывание пшеницы по мелиоративной и биологизированной технологии. На вариантах этих технологий ФП посевов превышал вариант контрольной технологии на 852 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки на мелиоративной технологии и 728 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки – на биологизированной. Полученные данные подтверждают эффективность этих технологий в повышении продуктивности и оптимизации фотосинтетической деятельности озимой пшеницы. Это происходило в результате улучшения условий произрастания за счет применения комплекса агроприемов в этих технологиях, базирующихся на органоминеральной системе удобрения и глубоких обработках почвы.

В межфазный период колошение – молочная спелость зерна отмечается общее снижение фотосинтетического потенциала на вариантах всех технологий в связи с прекращением нарастания листовой поверхности растений, их отмирания.

Энергоресурсосберегающая и базовая технологии оказали в этот период вегетации положительное влияние на увеличение ФП относительно контроля. Фотосинтетический потенциал посева на этих вариантах был больше на 67 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки при возделывании озимой пшеницы по энергоресурсосберегающей и на 189 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки – в сравнении с базовой технологией.

Возделывание озимой пшеницы на варианте экологически допустимой технологии способствовало значительному увеличению фотосинтетического потенциала – на 380 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки относительно контрольной технологии.

Максимальные показатели ФП были получены на варианте мелиоративной технологии, где они составили в межфазный период колошение – молочная спелость зерна 1502 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки, что на 112 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки больше относительно варианта биологизированной технологии и на 667 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки выше контроля. На варианте биологизированной технологии возделывания озимой пшеницы фотосинтетический потенциал посева, уступая варианту мелиоративной технологии, в то же время значительно – на 555 тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки – превышал контрольный вариант.

Результаты математической обработки доказали достоверность прибавки ФП на мелиоративной и биологизированной технологии во все межфазные периоды развития посевов озимой пшеницы.

Следовательно, применение органоминеральной и минеральной систем удобрения на фоне глубоких обработок почвы способствовало уменьшению плотности сложения почвы, увеличению ее скважности. Эти процессы сопровождались накоплением большего количества продуктивной влаги и усилением биологической активности почвы, которая за счет лучшей минерализации органического вещества позволяла обеспечить растения необходимыми элементами питания и влагой. Это положительно сказывалось на росте корневой системы озимой пшеницы – как фундамента формирования продуктивности растений.

Математическая обработка данных между фотосинтетическим потенциалом растений и урожайностью, представленная на рисунке 21, показала, что коэффициент корреляции был выше всего в межфазный период выход в трубку – колошение среди всех изучаемых технологий. Это обусловлено самой большой площадью листьев в этот период развития растений озимой пшеницы.

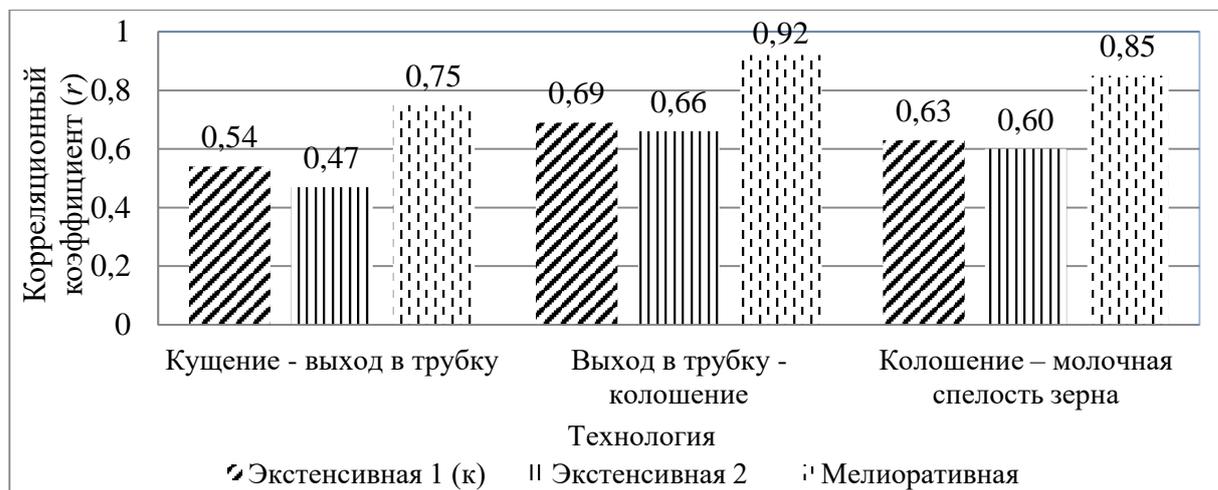


Рисунок 21 – Корреляционная связь между фотосинтетическим потенциалом посевов озимой пшеницы и урожайностью в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте (среднее за 2019–2021 гг.)

Наибольший коэффициент корреляции на протяжении всех межфазных периодов отмечался на варианте с мелиоративной технологией. В межфазный период кущения – выхода в трубку коэффициент корреляции составил 0,75. Межфазный период выход в трубку – колошение характеризовался максимальным развитием листового аппарата растений озимой пшеницы. В этот период коэффициент корреляции достиг максимального значения – 0,92. В межфазный период колошение – молочная спелость наблюдалось снижение коэффициента корреляции до 0,85, что объясняется уменьшением площади листьев, связанным с их старением и их отмиранием. Мелиоративная технология ввиду создания лучших условий для роста растений и развития ассимиляционного аппарата обеспечивала и наибольшую урожайность пшеницы среди всех изучаемых технологий.

Минимальные значения коэффициента корреляции наблюдались на варианте технологии экстенсивная 2. В межфазный период кущение – выход в трубку коэффициент корреляции между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью озимой пшеницы составил 0,47. Установлено, что тенденция сохранения наименьшего показателя ФП на протяжении всего периода вегетации озимой пшеницы сохранялась. В межфазный период выход в трубку –

колошение коэффициент корреляции несколько увеличивался и составил 0,66. В межфазный период колошение – молочная спелость зерна он снизился до 0,60. Вследствие этого урожайность озимой пшеницы на экстенсивной 2 технологии была ниже, чем на других. Таким образом, математическая обработка данных методом корреляционного анализа подтвердила прямую зависимость между урожайностью и фотосинтетическим потенциалом посева озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края.

## **4 ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ИЗУЧАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИИ**

### **4.1 Влияние технологии возделывания на элементы структуры урожая озимой пшеницы сорта Граф**

Озимые культуры имеют ряд показателей, которые характеризуют их урожайность, структура урожая обуславливает общее название нескольких составляющих элементов.

Вследствие использования технологий, которые основаны на глубокой обработке почвы и внесении органических удобрений удалось повысить показатели структуры урожая озимой пшеницы по сравнению технологиями в опыте.

Анализ данных, представленных в таблице 14, показал, что показатели структуры урожая озимой пшеницы отличались по вариантам изучаемых технологий возделывания.

Базовый показатель, формирующий урожайность – это количество продуктивных стеблей во время уборки. Технологии возделывания озимой пшеницы оказали влияние на этот показатель.

Возделывание озимой пшеницы на варианте технологии экстенсивная 2 способствовало снижению количества продуктивных стеблей относительно контроля на 20 шт./м<sup>2</sup>. Следовательно, поверхностные обработки без внесения минеральных удобрений отрицательно влияли на формирование урожая пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта из-за значительного увеличения плотности почвы и снижения количества продуктивной влаги для растений.

На варианте базовой технологии отмечено увеличение количества продуктивных стеблей относительно контрольной технологии на 35 шт./м<sup>2</sup>.

Таблица 14 – Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на структуру урожая (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Количество продуктивных стеблей перед уборкой шт./1 м <sup>2</sup>	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Количество колосков в колосе, шт.		Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с колоса, г.	Биологическая урожайность г/м <sup>2</sup>
				всего	в т. ч. продуктивных			
Экстенсивная 1 (к)	531	9,0	25,8	16,5	13,7	39,3	1,01	548
Экстенсивная 2	511	8,6	24,5	15,6	13,1	38,7	0,95	495
Энергоресурсосберегающая	537	9,6	26,2	17,1	15,0	39,8	1,04	570
Базовая	566	10,1	28,2	18,8	16,5	40,4	1,15	655
Экологически допустимая	572	10,3	28,8	18,9	17,5	40,7	1,18	680
Мелиоративная	585	10,5	30,2	19,4	18,4	41,4	1,25	741
Биологизированная	579	10,6	29,6	19,3	18,0	41,0	1,22	713
НСР <sub>05</sub> 2019	6,6	0,4	0,9	0,6	0,4	0,4	0,01	36
НСР <sub>05</sub> 2020	5,8	0,4	0,7	0,5	0,4	0,3	0,02	31
НСР <sub>05</sub> 2021	6,9	0,4	0,8	0,6	0,3	0,4	0,01	27

Возделывание озимой пшеницы по энергоресурсосберегающей технологии способствовало незначительной прибавке – 6 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей относительно контроля. Следовательно, при внесении минеральных удобрений наблюдалась тенденция к увеличению количества продуктивных стеблей. Однако из-за высокой плотности почвы корневая система растений не способна была полноценно усваивать питательные элементы и влагу из нижних слоев почвы.

Экологически допустимая технология способствовала снижению плотности, увеличению скважности и влагообеспеченности растений озимой пшеницы. Это происходило в результате увеличения содержания гумуса в почве при заделке корнепожнивных остатков в почву на фоне отвальной обработки почвы. Здесь улучшались водно-воздушный и пищевой режимы почвы, что способствовало увеличению количества продуктивных стеблей на 41 шт./ м<sup>2</sup> относительно контроля.

Биологизированная и мелиоративная технологии оказали положительное влияние на формирование продуктивного стеблестоя благодаря органо-минеральной системе удобрения и заделке корнепожнивных остатков на фоне глубоких обработок почвы, что способствовало улучшению пищевого и водно-воздушного режима почвы. На варианте с биологизированной технологией количество продуктивных стеблей было больше на 48 шт./м<sup>2</sup> относительно контрольной технологии, с мелиоративной – на 54 шт./м<sup>2</sup>.

Следовательно, технологии с внесением органики и заделкой корнепожнивных остатков в почву на фоне безотвальной и отвальной вспашки способствуют сформированию оптимального количества продуктивных стеблей для получения высоких урожаев.

Растения озимой пшеницы на варианте с технологией экстенсивная 2 уступили контролю по длине колоса на 0,4 см, что повлекло за собой закономерное уменьшение количества колосков в колосе, в том числе продуктивных на 0,6 шт. Это вызвало уменьшение количества зерен в колосе на 1,3 шт. по сравнению с контролем ввиду того, что на этом варианте при увеличении

плотности почвы на фоне поверхностной обработки минеральный азот и влага были менее доступны растениям озимой пшеницы.

Выращивание озимой пшеницы на варианте экологически допустимой технологии способствовало увеличению длины колоса по сравнению с контролем на 1,3 см. Здесь возрастало по сравнению с контролем количество продуктивных колосков на 3,8 шт. с большим на 3 шт. количеством зерен в колосе. Улучшение питательного режима почвы благодаря поступлению органического вещества, минерализуемого под воздействием глубокой обработки почвы, и созданию меньшей плотности сложения и увеличению скважности способствовало формированию большего количества элементов структуры урожая.

На вариантах – мелиоративной и биологизированной технологий длина колоса озимой пшеницы превысила этот показатель на контроле на 1,5 см и 1,6 см соответственно. Значительному увеличению длины колоса способствовало увеличение по сравнению с контролем количества члеников колосового стержня, на выступах которых формируются колоски, в том числе и продуктивные. Прибавка составила 4,7 и 4,3 шт. соответственно. Увеличилось также количество зерен в колосе – на 4,4 шт. и 3,8 шт. соответственно.

Таким образом, органоминеральная система удобрения на фоне глубоких обработок почвы способствовала формированию наибольшего количества элементов структуры урожая за счет оптимизации пищевого и водно-воздушного режима почвы. Следует отметить что вариант биологизированной технологии несколько уступал мелиоративной по формированию количества элементов структуры урожая. Мелиоративная технология благодаря применению глубокого рыхления обеспечивала улучшение физических параметров почвы, способствовала повышению микробиологической активности и плодородия, увеличила доступность для растений продуктивной влаги и элементов питания по сравнению с биологизированной технологией.

Масса зерна с одного колоса – это один из важнейших показателей, влияющий на урожайность озимой пшеницы.

Возделывание озимой пшеницы по технологиям, базирующимся на поверхностной обработке почвы – экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая – оказывало различное по своей эффективности влияние на массу зерна с колоса по сравнению с контрольной технологией. На варианте технологии экстенсивная 2 наблюдалось ее снижение относительно контроля на 0,06 г. Происходило это из-за неблагоприятных условий для роста растений озимой пшеницы в пахотном и подпахотном слоях почвы ввиду их переуплотнения, что привело к нарушению пищевого режима растений. Вариант энергоресурсосберегающей технологии с внесением минеральных удобрений обеспечивал улучшение пищевого режима относительно контроля. Это способствовало увеличению массы зерна на 0,03 г относительно контрольной технологии.

Мелиоративная и биологизированная технологии возделывания озимой пшеницы обеспечивали формирование наибольшей массы зерна с одного колоса по сравнению с контролем и другими вариантами технологий. Данный показатель превышал вариант контрольной на 0,24 г и 0,21 г соответственно.

Следовательно, технологии с глубокой обработкой и внесением органики, способствуя накоплению большего количества продуктивной влаги и разуплотнению почвы, повышали ее биологическую активность, доступность для растений элементов питания. Это способствовало формированию большей фотосинтетической поверхности листьев, осуществляющей синтез и накопление продуктов ассимиляции в зерне, увеличивало их массу в колосе.

Благодаря массе зерна с колоса была сформирована как фактическая урожайность, так и биологическая.

Нарушение пищевого и водно-воздушного режима почвы при возделывании озимой пшеницы по технологии экстенсивная 2, привело к снижению массы тысячи зерен на 0,6 г относительно контроля.

Энергоресурсосберегающая технология возделывания пшеницы оказывала положительное влияние на формирование массы тысячи зерен. Улучшение пищевого режима почвы на этом варианте способствовало увеличению этого показателя по сравнению с контрольной технологией на 0,5 г.

На вариантах базовой и экологически допустимой технологий масса тысячи зерен увеличилась относительно контроля на 1,1 г и 1,4 г благодаря снижению плотности и улучшению пищевого режима почвы.

На вариантах с применением мелиоративной и биологизированной технологий наблюдалось наибольшее по сравнению со всеми изучаемыми технологиями увеличение массы тысячи зерен. Создание наилучших условий для роста и развития растений озимой пшеницы за счет оптимизации водно-воздушного и пищевого режимов почвы способствовало увеличению массы тысячи зерен на этих вариантах на 2,1 г и 1,7 г соответственно.

Следовательно, водно-физические свойства и гумусированность почвы, созданные путем регуляции комплексом агроприемов в технологии возделывания озимой пшеницы, напрямую повлияли на пищевой режим почвы и обеспеченность этой культуры элементами питания. Это, в свою очередь, отразилось на формировании структуры урожая и продуктивности растений озимой пшеницы.

При анализе математической обработки отмечено, что на увеличение элементов структуры урожая оказали влияние элементы технологии, включающие в себя систему обработки почвы и систему удобрений. Установлена математически достоверная прибавка в показателях структуры урожая на вариантах технологий, где применялись глубокие обработки почвы и минеральная, а также органоминеральная система удобрений с заделкой корнепозжнивных остатков [33].

Таким образом, технологии, базирующиеся на глубоких обработках почвы и внесении органики с заделкой корнепозжнивных остатков в почву, оказывали наибольшее положительное действие на формирование площади листовой поверхности и фотосинтетического потенциала, что обеспечивало получение высоких показателей структуры урожая озимой пшеницы в условиях низинно-западного агроландшафта Краснодарского края.

## 4.2 Влияние технологии возделывания на урожайность и качество урожая озимой пшеницы сорта Граф

Количество урожая и его качество являются оценкой эффективности технологий возделывания озимой пшеницы. Для получения высокого урожая необходимо создать оптимальные условия для роста и развития растений озимой пшеницы в соответствии с биологическими требованиями этой культуры и интенсивности выбранного сорта с целью реализации генетического потенциала выращиваемого сорта [89].

Технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте оказывали различное влияние на все аспекты, составляющие высокую урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Данные по урожайности озимой пшеницы по технологиям возделывания представлены в таблице 15 (приложение 88, 89, 90).

Таблица 15 – Влияние технологии возделывания на урожайность озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, ц/га (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [31, 33, 111])

Технология	Урожайность	Отклонение от контроля	
		ц/га	%
Экстенсивная 1 (к)	52,8	–	–
Экстенсивная 2	47,8	–5,0	–9,5
Энергоресурсосберегающая	54,6	1,8	3,4
Базовая	63,8	11,0	20,8
Экологически допустимая	66,3	13,5	25,6
Мелиоративная	72,1	19,3	36,6
Биологизированная	69,1	16,3	30,9
НСР <sub>05</sub> 2019	–	2,7	4,3
НСР <sub>05</sub> 2020	–	1,9	3,4
НСР <sub>05</sub> 2021	–	3,4	5,4

Фундаментальную роль в формировании урожая сыграл гумус. В отдельных технологиях, изучаемых в стационаре, зафиксировано снижение

имеющегося плодородия почвы к середине пятой ротации севооборота. В то же время на вариантах технологий с внесением органики с заделкой корне- пожнивных остатков растений на фоне глубоких обработок отмечалось увеличение процентного содержания гумуса в почве, что положительно сказало- лось на ее водно-воздушном и пищевом режимах, и как следствие, привело к значительному увеличению урожайности озимой пшеницы.

На варианте с технологией экстенсивная 2 во все годы исследований отмечалось существенное снижение урожая. Происходило это вследствие ухудшения агрегатного состава и переуплотнения пахотного и подпахотного слоев почвы, что отрицательно сказалось на ее водном, пищевом и воздуш- ном режимах. Такое состояние почвы не способствовало созданию опти- мальных условий для роста и развития растений озимой пшеницы. В связи с этим урожайность на варианте данной технологии снизилась на 5,0 ц/га, или 9,5 % относительно контрольной технологии.

Применение энергоресурсосберегающей технологии на фоне поверх- ностной обработки почвы, при которой наблюдалось ухудшение агрофизиче- ских параметров почвы, ее водно-воздушного и пищевого режимов, в резуль- тате чего снижалась эффективность вносимых минеральных удобрений, не позволило значительно увеличить урожайность озимой пшеницы. Увеличе- ние урожайности озимой пшеницы на данной технологии, было обусловлено влиянием фитомелиоранта – люцерны, которая оставила достаточное количе- ство питательных элементов, в частности минерального азота, в почве для роста и развития озимой пшеницы. Таким образом, прибавка урожайности от- носительно контроля составила – 1,8 ц/га, или 3,4 %.

Базовая технология возделывания озимой пшеницы способствовала увеличению урожайности по сравнению с контролем на 11,0 ц/га, или 20,8 % относительно контроля. Внесение минеральных удобрений на фоне отваль- ной обработки почвы улучшило пищевой и водно-воздушный режимы поч- вы, несколько снизило плотность почвы относительно контрольной техноло- гии. Однако базовая технология оказала колоссальное влияние на содержа-

ние гумуса среди изучаемых технологий к середине пятой ротации, снизив его от первоначального показателя на 0,19 %.

Выращивание озимой пшеницы по экологически допустимой технологии с применением органоминеральной системы удобрения на фоне отвальной обработки почвы обеспечивало рост урожайности относительно контроля на 13,5 ц/га, или 25,6 %.

Существенная прибавка урожайности была получена на варианте с мелиоративной технологией возделывания озимой пшеницы, относительно контрольной технологии она составила 19,3 ц/га, или 36,6 %. Это было обусловлено наибольшим – на 0,29 % – увеличением содержания гумуса, способствующего улучшению агрофизических свойств почвы (воздухопроницаемости, влагоемкости, скважности).

Одни из самых высоких показателей урожайности озимой пшеницы были получены при ее выращивании по биологизированной технологии, на которой прибавка урожайности в сравнении с контролем составила 16,3 ц/га, или 30,9 %. Это обеспечивалось применением в технологии отвальной вспашки и системы удобрения, включающей внесение органики и заделку корнепожнивных остатков предшествующих культур в севообороте. Биологизированная технология уступала по урожайности зерна озимой пшеницы только мелиоративной технологии. Снижение урожайности озимой пшеницы на 3,0 ц/га на этом варианте по сравнению с мелиоративной технологией объясняется формированием плужной подошвы отвальной обработкой почвы. Это значительно увеличило объемную массу почвы в горизонте 20–30 см, что отрицательно отразилось на росте корневой системы озимой пшеницы и ее способности поглощать элементы питания и влагу из нижних горизонтов почвы.

Результаты математической обработки показали, что глубокие обработки и внесение органических удобрений с заделкой корнепожнивных остатков оказали положительное влияние на урожайность зерна озимой пшеницы. Критерий Фишера в 2019 году составил (F-расч) 122,30 > (F-стан) 3,00; в 2020 (F-расч) 190,97

> (F-стан) 3,00; в 2021 (F-расч) 72,78 > (F-стан) 3,00. Что свидетельствует о достоверности проведенного опыта (приложение 87, 88, 89).

Качество урожая – базовый показатель зерна озимой пшеницы, делаящий ее на продовольственную – идущую в пищу человеку, и фуражную – пригодную для корма в животноводческой сфере. Данные по качеству зерна озимой пшеницы представлены в таблице 16.

Хлебопекарные свойства муки складываются из показателей качества зерна озимой пшеницы. Для получения высокого качества зерна, соответствующего 3-му классу, и выше растения должны быть обеспечены необходимыми элементами питания и влагой. Высокие показатели качества зерна, полученного по технологиям, формировались под воздействием бобового предшественника – люцерны – и систем удобрения, разработанных для каждой технологии.

Таблица 16 – Влияние технологии возделывания на качество зерна озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (среднее за 2019–2021 гг.) (по материалам собственных исследований [111])

Технология	Белок, %	Клейковина, %	ИДК	Стекловидность, %
Экстенсивная 1 (к)	11,6	20,0	72,8	43,0
Экстенсивная 2	11,3	19,9	74,1	42,8
Энергоресурсосберегающая	11,8	21,2	70,7	43,7
Базовая	11,9	21,8	67,8	44,5
Экологически допустимая	12,4	22,3	68,4	44,4
Мелиоративная	13,6	23,8	63,3	46,7
Биологизированная	13,1	23,4	67,3	46,5
НСР <sub>05</sub> 2019	0,4	0,8	2,4	1,6
НСР <sub>05</sub> 2020	0,4	0,7	2,3	1,5
НСР <sub>05</sub> 2021	0,3	0,7	2,4	1,6

Согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 9353-2016, качественное зерно должно содержать не менее 18 % клейковины, соответствующей 4-му классу качества и более 32 % – для 1-го класса качества зерна. Зависимость ее содержания от влияния удобрений и средств защиты растений

прямо пропорциональна. По содержанию клейковины определяют класс пшеницы: чем больше значение этого показателя, тем он выше.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 9353-2016 устанавливает, что пшеница мягкая должна иметь показатель белка на уровне от 11 до 14 % и более.

Из таблицы 16 следует, что технологии возделывания озимой пшеницы оказали как положительное, так и отрицательное влияние на качество зерна.

Технология экстенсивная 2, представленная системой поверхностных обработок почвы без внесения удобрений, оказала примерно равное влияние с контролем на содержание клейковины в зерне, уступив контролю 0,1 %.

Положительный эффект в накоплении клейковины в зерне растений наблюдался на энергоресурсосберегающей и базовой технологии, увеличение относительно контрольной технологии составило 1,2 % и 1,8 % благодаря внесению минеральных удобрений под основную обработку почвы и внесению подкормки в фазу возобновления весеннего кущения. Стоит отметить, что процент клейковины был гораздо выше на базовой технологии, чем на энергоресурсосберегающей, благодаря более доступному питанию корневой системы при отвальной обработке почвы.

Прибавка в накоплении клейковины в зерне пшеницы при ее возделывании на экологически допустимой технологии относительно контроля составила 2,3 % за счет улучшения пищевого режима после заделки корнеплодных остатков на фоне отвальной обработки, что усиливало биологическую активность почвы и минерализацию элементов питания.

Мелиоративная и биологизированная технологии способствовали формированию самого высокого процента содержания клейковины в зерне озимой пшеницы. Увеличение в сравнении с контрольной технологией составило 3,8 % и 3,4 % соответственно.

Следовательно, наиболее благоприятные условия для накопления процентного содержания клейковины в зерне среди всех исследуемых технологий сформировала мелиоративная технология.

Показатели содержания белка по технологиям варьировали в зависимости от обеспеченности растений элементами питания.

Так, зерно озимой пшеницы, возделываемой на технологии экстенсивная 2, уступило контролю в накоплении белка 0,3 %.

На энергоресурсосберегающей и базовой технологиях количество белка в зерне возросло относительно контрольной технологии на 0,2 % и 0,3 %.

Экологически допустимая технология выращивания озимой пшеницы обусловила прибавку белка относительно контрольной технологии 0,8 %.

Мелиоративная и биологизированная технологии позволили увеличить количество белка в зерне относительно контроля на 2,0 % и 1,5 %.

Следовательно, применение системы глубокой обработки почвы на фоне органоминеральной системы удобрения, включающей в себя глубокое рыхление и заделку в почву корнепоживных остатков, позволяет получить самое высокое содержание белка в зерне озимой пшеницы относительно всех изучаемых технологий возделывания этой культуры [33].

В исследуемых технологиях стекловидность возрастала на технологиях, обеспечивающих почву питательными веществами и влагой в достаточной степени.

Технология экстенсивная 2 вследствие повышенной плотности почвы и малого запаса продуктивной влаги оказала отрицательное влияние на стекловидность зерна озимой пшеницы, уступив контролю 0,2 %.

Энергоресурсосберегающая и базовая технологии способствовали увеличению стекловидности относительно контроля на 0,7 % и 1,5 %.

Возделывание озимой пшеницы по экологически допустимой технологии увеличивало стекловидность в сравнении с контролем на 1,4 %.

Среди всех исследуемых технологий на мелиоративной и биологизированной оказался самым высоким процент стекловидности зерна. Прибавка составила 3,7 % и 3,5 % благодаря оптимизации физико-химических параметров почвы.

Индекс деформации клейковины (ИДК) был значительно выше на технологиях с низким пищевым и водно-воздушным балансом почвы.

Технология экстенсивная 2 способствовала увеличению ИДК в зерне пшеницы относительно контроля на 1,3 ед.

Энергоресурсосберегающая и базовая технологии оказали положительное влияние на показатель ИДК. Он был снижен относительно контрольной технологии на 2,1 и 5,0 ед. соответственно. Следовательно, внесение минеральных удобрений на фоне отвальной вспашки снижает ИДК зерна озимой пшеницы.

На варианте экологически допустимой технологии возделывания озимой пшеницы показатель ИДК в зерне пшеницы снизился относительно контрольной технологии на 4,4 ед.

Мелиоративная и биологизированная технология возделывания озимой пшеницы оказали наибольший эффект в снижении ИДК в зерне. Относительно контрольной технологии снижение составило 9,5 ед. и 5,5 ед. соответственно.

Возделывание озимой пшеницы по технологии экстенсивная 2 вследствие высокой плотности почвы и низкого запаса продуктивной влаги, обусловило получению 4-го класса зерна.

Получена математически достоверная прибавка по показателям качества зерна на мелиоративной и биологизированной технологии выращивания озимой пшеницы.

Следовательно, лучшие хлебопекарные свойства отмечены при возделывании озимой пшеницы по мелиоративной технологии. Класс зерна согласно ГОСТ 9353-2016, по общим параметрам соответствует 3-му. Получены такие результаты качества зерна благодаря самому высокому содержанию гумуса в почве и лучшим водно-воздушным показателям почвы.

## **5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ**

Целью наших экспериментов было показать, что повышение чистого дохода можно достичь при минимизации внесения минеральных удобрений путем заделки органических удобрений и корнепоживных остатков.

Внесение органики позволяет экономить на использовании дорогостоящих минеральных удобрений. Важнейшим фактором при внесении органических удобрений и заделке корнепоживных остатков являются сохранение плодородия, оптимизация агрофизических показателей почвы, водно-воздушного и пищевого режима почвы, что положительно скажется при многолетнем возделывании сельскохозяйственных культур на их урожайности и качестве зерна [101].

В последние годы стоимость минеральных удобрений значительно возросла, что привело к снижению чистого дохода от применения интенсивных технологий, базирующихся на внесении высоких доз минеральных удобрений [75, 147].

Изучаемые инновационные технологии, основой которых является биологизация возделывания озимой пшеницы, позволяют значительно сократить использование минеральных удобрений благодаря внесению органики и заделке корнепоживных остатков [96].

В наших технологиях рассмотрено взаимодействие систем основной обработки почвы и различных систем удобрения для выявления технологии с самым высоким чистым доходом с единицы площади.

Уровень рентабельности по технологиям варьировал от 57 до 147 %. Самая высокая рентабельность была на мелиоративной технологии, где использовались элементы биологизации, в технологии применялись заделка органических удобрений и корнепоживных остатков. Данные по экономической эффективности технологии возделывания озимой пшеницы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Экономическая эффективность технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (среднее за 2019–2021 гг.)

Технология	Урожайность, ц/га	Стоимость валовой продукции, руб./ц	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость 1 ц продукции, руб.	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %	Чистая прибыль, на руб. затрат
Экстенсивная 1 (к)	52,8	84480	48363	916,0	36117	75	0,75
Экстенсивная 2	47,8	76480	48844	1021,8	27636	57	0,57
Энергоресурсосберегающая	54,6	87360	53416	978,3	33944	64	0,64
Базовая	63,8	102080	54450	853,4	47630	88	0,88
Экологически допустимая	66,3	106080	54900	828,1	51180	93	0,93
Мелиоративная	72,1	115360	46751	648,8	68609	147	1,47
Биологизированная	69,1	110560	47250	683,8	63310	134	1,34

Уровень рентабельности зависит от урожайности и производственных затрат. Технологии с применением поверхностных обработок показали самые низкие показатели рентабельности относительно контрольной технологии. Снижение уровня рентабельности относительно контроля на технологии экстенсивная 2 составило 18 %.

Энергоресурсосберегающая технология с внесением минеральных удобрений на фоне поверхностной обработки почвы показала низкие показатели рентабельности среди всех изучаемых технологий возделывания озимой пшеницы. Снижение уровня рентабельности относительно контроля составило 11 %.

Возделывание озимой пшеницы на базовой технологии способствовало увеличению рентабельности на 13 %. Незначительная прибавка обусловлена высокой стоимостью минеральных удобрений, применяемых на данной технологии.

На экологически допустимой технологии увеличение рентабельности относительно контрольной технологии составило 18 %. Это обусловлено значительным приростом урожайности относительно контроля.

Возделывание озимой пшеницы по мелиоративной технологии способствовало увеличению рассматриваемого показателя относительно контроля на 72 %. Прибавка получена благодаря высокому содержанию гумуса на данной технологии возделывания и внесению органических удобрений. Обеспечение озимой пшеницы питательными элементами идет в основном за счет гумуса, поэтому внесение органических удобрений, положительно сказывается на коэффициенте использования минеральных удобрений, способствуя формированию высоких урожаев.

На биологизированной технологии, включающей в себя отвальную обработку почвы и внесение органических удобрений с заделкой корнепожнивных остатков, уровень рентабельности составил 134 %, что на 59 % выше контроля.

Анализ чистой прибыли на 1 руб. затрат, позволяет установить, что самые высокие показатели были на технологиях мелиоративной и биологизированной, базирующихся на внесении органических удобрений и глубоких обработках почвы – безотвальной и отвальной вспашке. Чистая прибыль на 1 руб. затрат на мелиоративной технологии составила 1,47 руб., что на 0,72 руб. больше относительно контроля. На биологизированной технологии чистая прибыль на рубль затрат составила 1,34 руб., что на 0,59 руб. больше относительно контроля.

Самые низкие показатели чистой прибыли на 1 руб. затрат – 0,57 руб. и 0,64 руб. – были отмечены на технологиях экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая, что ниже контрольной технологии на 0,18 руб. и 0,11 руб. соответственно. Это обусловлено низкой урожайностью при возделывании озимой пшеницы по технологии экстенсивная 2. Снижение чистой прибыли на рубль затрат при возделывании пшеницы на энергоресурсосберегающей технологии объясняется высокой стоимостью минеральных удобрений и

плохой их усвояемостью растениями из-за уплотнения почвы, вследствие чего получена незначительная прибавка урожайности.

Возделывание озимой пшеницы по базовой и экологически допустимой технологии способствовало увеличению чистой прибыли на 1 руб. затрат относительно контрольной технологии. Прибавка составила 0,13 руб. при базовой технологии и 0,18 руб. – при экологически допустимой.

Возделывание озимой пшеницы на технологиях экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая обусловили повышение показателя себестоимости 1 ц продукции на 105,8 руб. и 62,3 руб. соответственно. Себестоимость на технологии экстенсивная 2 возросла вследствие низкой урожайности, хотя производственные затраты были меньше, чем на всех технологиях. При энергоресурсосберегающей технологии увеличение себестоимости продукции вызвано незначительной прибавкой относительно контроля и высокими затратами на минеральные удобрения.

Себестоимость 1 ц продукции при выращивании озимой пшеницы на базовой и экологически допустимой технологиях снизилась благодаря прибавкам урожая. При базовой технологии снижение относительно контроля составило 62,6 руб., уменьшение себестоимости на экологически допустимой – 87,9 руб.

Возделывание озимой пшеницы на мелиоративной и биологизированной технологии способствовало значительному снижению себестоимости 1 ц зерна относительно контроля на 267,2 руб. и 232,2 руб. соответственно. Снижение себестоимости возделывания произошло вследствие значительного повышения урожайности благодаря внесению органики, заделке корнеплодных остатков и глубоким обработкам почвы, улучшающим водно-воздушный и пищевой режим почвы.

Чистый доход – это показатель разницы между производственными затратами и стоимостью валовой продукции.

Возделывание озимой пшеницы по технологиям экстенсивная 2 и энергоресурсосберегающая обусловило снижение накопления чистого дохода от-

носителем контрольной технологии, что объясняется низкой урожайностью и затратами на выращивание растений. Чистый доход снизился относительно контроля при выращивании по технологии экстенсивная 2 на 8481 руб./га. Возделывание пшеницы по энергоресурсосберегающей технологии снизило чистый доход относительно контрольной технологии на 2173 руб./га.

Базовая и экологически допустимая технологии обеспечили увеличение чистого дохода относительно контрольной технологии. Прибавка при возделывании по базовой технологии составила 11513 руб./га. Увеличение чистого дохода при экологически допустимой технологии было 15063 руб./га. Следовательно, минеральные удобрения на фоне глубокой обработки почвы значительно увеличивают чистый доход по сравнению с поверхностной обработкой. Заделка в почву корнепоживных остатков позволяет сократить внесение минеральных удобрений и повысить урожайность, что увеличивает чистый доход, полученный с единицы площади.

Чистый доход при возделывании озимой пшеницы на технологии мелиоративная и биологизированная вырос относительно всех технологий благодаря оптимизации условий произрастания. Прибавка относительно контрольной технологии при возделывании пшеницы по мелиоративной технологии составила 32492 руб./га. Увеличение чистого дохода при выращивании озимой пшеницы по биологизированной технологии позволило получить прибавку относительно контроля 27193 руб./га.

Биологизированная технология возделывания озимой пшеницы уступила мелиоративной вследствие отсутствия в севообороте глубокого рыхления дважды в ротацию и отрицательного влияния на гумус отвальной вспашки, способствующей его минерализации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные в многофакторном стационарном опыте 2019–2021 гг. на черноземе выщелоченном деградированном в условиях низинно-западного агроландшафта были направлены на усовершенствование агротехнологии возделывания озимой пшеницы с целью сохранения почвенного плодородия и получения высоких и качественных урожаев этой важнейшей зерновой культуры. Обобщение полученных данных позволило сделать следующие выводы:

1. Установлена корреляционная зависимость содержания гумуса в почве от технологии возделывания озимой пшеницы интенсивного сорта Граф в условиях чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западном агроландшафте Западного Предкавказья. Высокая корреляционная связь между содержанием гумуса в пахотном слое почвы и урожайностью установлена при использовании мелиоративной технологии, коэффициент корреляции равнялся 0,87. Самый низкий коэффициент корреляции отмечен на варианте технологии экстенсивная 2 – 0,52.

2. Возврат гумуса в пахотном и подпахотном горизонте чернозема выщелоченного деградированного находится в прямой зависимости от степени биологизации технологии возделывания озимой пшеницы. При использовании технологий, базирующихся на органической системе удобрения, гумус минерализуется в меньшей степени. На варианте мелиоративной технологии отмечен самый высокий показатель прироста гумуса в почве в пятой ротации – 0,29 % в пахотном слое почвы.

3. На основе корреляционной зависимости, установлена тесная связь между агрофизическими показателями чернозема выщелоченного деградированного низинно-западного агроландшафта и технологиями возделывания. На вариантах с технологиями, базирующимися на глубокой обработке почвы и внесении органических удобрений, были отмечены наименьшие показатели объемной массы относительно технологий с поверхностными обработками и

внесением минеральных удобрений. Биологизированная и мелиоративная технологии обеспечили в фазе колошения самую низкую плотность сложения пахотного слоя почвы –  $1,35 \text{ г/см}^3$  и  $1,33 \text{ г/см}^3$  соответственно, что близко к верхнему пределу оптимального значения плотности почвы для озимых колосовых культур. Установлено математически достоверное снижение плотности почвы на данных технологиях.

4. Изучаемые технологии возделывания озимой пшеницы влияли на коэффициент структурности чернозема выщелоченного деградированного в низинно-западинном агроландшафте. При возделывании озимой пшеницы по мелиоративной и биологизированной технологиям коэффициент структурности был наивысший в пахотном слое почвы – 2,07 и 1,83, что свидетельствует об оптимальном соотношении в этих горизонтах агрономически ценных агрегатов и эти изменения математически достоверны.

5. Установлено, что выращивание озимой пшеницы по технологиям, включающим в себя глубокую обработку почвы с внесением органических удобрений, обеспечивало накопление и сохранение в почвенном профиле максимального количества продуктивной влаги. Ее наибольшие запасы накапливались на варианте мелиоративной технологии возделывания озимой пшеницы. Здесь запас доступной для растений озимой пшеницы влаги по фазам вегетации в метровом слое почвы колебался от 201 до  $1679 \text{ м}^3/\text{га}$ . Наименьшие показатели запасов продуктивной влаги формировались на варианте энергоресурсосберегающей технологии, где они по фазам вегетации в слое почвы 0–100 см составляли от 6 до  $1529 \text{ м}^3/\text{га}$ .

6. Установлено, что в рамках семипольного зернотравяно-пропашного севооборота в низинно-западинном агроландшафте коэффициент водопотребления в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы варьировал от 788 до  $1157 \text{ м}^3/\text{т}$ . Минимальный коэффициент водопотребления, с наибольшей эффективностью использования воды, отмечен при выращивании озимой пшеницы по мелиоративной технологии, что на 369 и  $226 \text{ м}^3/\text{т}$

ниже, чем при технологиях, базирующихся на поверхностных обработках почвы.

7. В процессе вегетации озимой пшеницы фотосинтетическая деятельность посевов в изучаемых технологиях не оставалась постоянной. Наибольшие показатели фотосинтетического потенциала на протяжении всех фаз роста озимой пшеницы были на варианте с мелиоративной технологией возделывания озимой пшеницы. В межфазный период колошение – молочная спелость зерна величина фотосинтетического потенциала составляла 1502 тыс.  $\text{м}^2/\text{га} \cdot \text{сутки}$ , что превышало показатель контрольного варианта на 667 тыс.  $\text{м}^2/\text{га} \cdot \text{сутки}$  и эти изменения математически достоверны. Минимальным показателем фотосинтетического потенциала характеризовались посевы озимой пшеницы на варианте технологии экстенсивная 2, базирующейся на поверхностных обработках почвы. Снижение относительно контрольной технологии здесь составило 88 тыс.  $\text{м}^2/\text{га} \cdot \text{сутки}$ , что соответствует 747 тыс.  $\text{м}^2/\text{га} \cdot \text{сутки}$ .

8. Урожайность озимой пшеницы сорта Граф варьировала по годам исследований от 47,8 ц/га до 72,1 ц/га в зависимости от технологии возделывания. Наибольшая урожайность озимой пшеницы отмечена при возделывании по мелиоративной технологии, составив 72,1 ц/га в среднем за три года, что превышало контрольный вариант на 19,3 ц/га, или на 36,6%. Минимальная урожайность озимой пшеницы получена при возделывании по технологии экстенсивная 2 – 47,8 ц/га, что ниже контроля на 5 ц/га, или на 9,5%. Доказано математически достоверное увеличение урожайности озимой пшеницы при мелиоративной и биологизированной технологии выращивания озимой пшеницы.

9. Установлено влияние технологии возделывания на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы сорта Граф. При возделывании по мелиоративной технологии согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 9353-2016 получено зерно 3-го класса (белок – 13,6 %, клейковина – 23,8 %). Выращивание озимой пшеницы сорта Граф по технологии экстенсивная 2 спо-

способствовало получению зерна 4-го класса (белок – 11,3 %, клейковина – 19,9 %). Математическая обработка показала достоверное увеличение показателей качества зерна озимой пшеницы при глубокой обработке почвы и внесении органики с заделкой корнепожнивных остатков.

10. Доказано, что выращивание озимой пшеницы сорта Граф является экономически целесообразным с применением глубоких обработок почвы, заделкой корнепожнивных остатков и внесением органики. Высокие показатели чистого дохода получены на мелиоративной – 68609 руб./га и биологизированной – 63310 руб./га – технологиях.

11. При расчете экономической эффективности установлено, что самый низкий показатель чистого дохода был на варианте с технологией экстенсивная 2 – 27636 руб., что ниже контроля на 8481 руб. и ниже варианта с мелиоративной технологией на 40973 руб. Применение минеральных удобрений на фоне поверхностной обработки почвы под озимую пшеницу сорта Граф, возделываемой по люцерне, экономически нецелесообразно.

## **ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

На основе проведенных нами исследований для стабилизации плодородия чернозема выщелоченного деградированного и получения устойчивых высоких урожаев озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте Западного Предкавказья сельскохозяйственному производству предлагается:

1. При наличии гидроморфизма и суффозионных процессов целесообразно применять мелиоративную технологию возделывания озимой пшеницы, включающую в себя: безотвальную обработку на 20–22 см, дважды в ротацию севооборота глубокое рыхление на 70 см, заделку в севообороте корнепожнивных остатков массой 13 т/га, внесение органики 80 т/га, внесение –  $P_{20}$  под основную обработку почвы,  $N_{30}$  – в фазе выхода в трубку, что позволяет получить урожайность более 70 ц/га.

2. На почвах без ярко выраженного гидроморфизма в отсутствие ветровой эрозии применять биологизированную технологию на почвах, включающую в себя: отвальную обработку плугом на глубину 20–22 см, внесение органики 80 т/га один раз в ротацию севооборота, заделку в севообороте корнепожнивных остатков массой 13 т/га, внесение минеральных удобрений –  $P_{20}$  под основную обработку почвы,  $N_{30}$  в фазе выхода в трубку, что обеспечивает урожайность более 65 ц/га.

## **ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Планируется дальнейшее внедрение технологий возделывания озимой пшеницы в производство в условиях Краснодарского края.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдееenko, А. П. Влияние НаноКремния на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы / А. П. Авдееenko, С. С. Авдееenko // Главный агроном. – 2020. – № 7. – С. 20–21.
2. Агафонов, Е. В. Оптимизация питания и удобрение культур полевого севооборота на карбонатном черноземе / Е. В. Агафонов – М. : Изд-во ТСХА. – 1992. – С. 160.
3. Агафонов, Е. В. Осеннее удобрение озимой пшеницы на черноземе обыкновенном / Е. В. Агафонов, А. Л. Хатламаджиян // Плодородие. – 2010. – №4.
4. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. – Л.: Гидрометеиздат. – 1975. – 276 с.
5. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп : ПолиграфЮГ, 2013. – 571 с.
6. Азарова, М. Ю. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности озимой пшеницы от динамики показателей почвенного плодородия темно-каштановых почв / М. Ю. Азарова, Е. В. Письменная // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3, № 2. – С. 373.
7. Алиев, З. Ю. Влияние способов обработки почвы на элементы плодородия и продуктивность озимой пшеницы / З. Ю. Алиев, В. С. Бжеумыхов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. – 2019. – № 3(25). – С. 7–12.
8. Амини, Х. Продуктивность озимой пшеницы при технологии прямого посева на черноземе выщелоченном в Краснодарском крае / Х. Амини, А. В. Загоруйко // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф., посвящ. Году науки и технологий. Краснодар, 29–31 марта 2021 г. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – С. 253–258.

9. Асланов, Г. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы / Г. А. Асланов // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 10. – С. 15–20.
10. Ахмедова, С. О. Усовершенствованная технология возделывания перспективных сортов озимой пшеницы в Терско-Сулакской подпровинции Дагестана / С. О. Ахмедова, Д. С. Магомедова, Н. Р. Магомедов, Л. Ю. Кареева // Известия Дагестанского ГАУ. – 2019. – № 3(3). – С. 92–96.
11. Бакаева, Н. П. Антистрессовое воздействие органоминеральных удобрений в агротехнологии озимой пшеницы / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2020. – № 4 (52).
12. Балашов, В. В. Отзывчивость озимой пшеницы на подкормку удобрениями в Волгоградской области / В. В. Балашов, В. Н. Левкин // Агрохимический вестник. – 2007. – № 5.
13. Банина, И. Влияние показателей плодородия почвы на озимую пшеницу / И. Банина // Роль студенческой науки в развитии экономики и кооперации : материалы Межд. студ. науч. конф., Белгород, 16–18 апреля 2013 г. / Белгородский университет кооперации, экономики и права. Том 1. – Белгород : БУКЭП, 2013. – С. 83–88.
14. Бардак, Н. И. Влияние агроприемов на изменение объемной массы выщелоченного чернозема в звене севооборота сахарная свекла - озимая пшеница / Н. И. Бардак, А. М. Кравцов, В. В. Терещенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2001. – № 388. – С. 29.
15. Барчукова, А. Я. Влияние некорневой подкормки озимой пшеницы жидким минеральным удобрением актив марки азот на ростовые и формообразовательные процессы, урожайность и качество зерна / А. Я. Барчукова, Я. К. Тосунов, Н. В. Чернышева // Рисоводство. – 2020. – № 1(46). – С. 28–33.
16. Баршадская, С.И. Урожайность и качество зерна различных сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественника, удобрений и других приемов выращивания / С.И. Баршадская, Н.Н. Нецадим, А.А. Квашин // По-

литематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2016. – №120. – С. 1305–1321.

17. Башков, А. С. Оценка действия длительного применения адаптивной системы земледелия на плодородие почвы и продуктивность полевых культур в СХПК им. Мичурина Вавожского района / А. С. Башков, В. А. Капеев // Изд-во, Ижевск. гос. с.-х. акад. – 2007. – С. 2–8.

18. Беленков, А. И. Результаты полевых опытов 2017 года / А. И. Беленков, А. Е. Дроган // Фермер. Черноземье. – 2018. – № 7(16). – С. 24–30.

19. Бельтюков, Л. П. Действие удобрений на урожай и качество зерна новых сортов озимой пшеницы / Л. П. Бельтюков, Л. Г. Шатилов, В. П. Пашенко // Удобрения в системе интенсивного земледелия Ростовской области: сб. науч. тр. – Персиановка, 1992. – С. 73–79.

20. Бобкова, Ю. А. Изменение урожайности и качества полевых культур в зависимости от приема основной обработки почвы / Ю. А. Бобкова // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 3(78). – С. 3–8.

21. Бобкова, Ю. А. Мониторинг засоренности посевов в звене севооборота на фоне различных способов основной обработки почвы / Ю. А. Бобкова, М. В. Сорокина // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 4(91). – С. 3–10.

22. Богомазов, С. В. Эффективность ресурсосберегающих приемов возделывания озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья / С. В. Богомазов, А. Г. Кочмин // Нива Поволжья. – 2014. – №4. – С. 12–19.

23. Богомолова, Ю. А. Оценка изменения водно-физических свойств светло-серой лесной почвы при различных системах ее обработки / Ю. А. Богомолова, А. П. Саков, А. И. Гувеннов // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – № 3(34). – С. 27–34.

24. Бойко, Е. С. Влияние технологий возделывания на плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы в Центральной зоне Краснодарского края / Е. С. Бойко // Научно-образовательные и

прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сб. материалов Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения профессора Александра Ивановича Кузнецова (1930–2015 гг.). В 2-х ч., Чебоксары, 16 ноября 2020 г. – Чебоксары: Чуваш. ГАУ, 2020. – С. 55–60.

25. Болотов, С. В. Экономическая оценка ресурсосберегающих агроприемов технологии производства зерна озимой пшеницы / С. В. Болотов, К. Н. Горпинченко, В. В. Тарасенко // Региональная экономика: теория и практика. – 2009. – № 7. – С. 59–63.

26. Брехов, П. Т. Влияние удобрений и извести на плодородие, урожай и качество озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / П. Т. Брехов // Современные проблемы сохранения плодородия черноземов : материалы Межд. науч.-практ. конф., посвященной 170-летию В. В. Докучаева, Воронеж, 21–22 апреля 2016 г. / Под общ. ред. Н. И. Бухтоярова, Н. М. Дерканосовой, В. А. Гулевского. – Воронеж : Воронеж. ГАУ, 2016. – С. 46–50.

27. Бугреев, Н. А. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы / Н. А. Бугреев // Научно-агрономический журнал. – 2019. – № 2 (105).

28. Булавин, Л. А. Эффективность возделывания озимой пшеницы при разных уровнях интенсивности технологии / Л. А. Булавин, А. П. Гвоздов, Д. Н. Куцев, А. В. Ленский // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2019. – № 55. – С. 39–49.

29. Бушнев, А. С. Влияние систем основной обработки почвы на продуктивность звена зернопропашного севооборота рапс яровой – пшеница озимая на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / А. С. Бушнев // Масличные культуры. – 2012. – №2 – С. 151–152.

30. Вартанова, А. Б. Эффективность микроэлементных удобрений на посевах озимой пшеницы / А. Б. Вартанова // Главный агроном. – 2018. – № 8. – С. 23–24.

31. Василько, В. П. Зависимость воздушного и водного режима чернозема выщелоченного от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте под озимой пшеницей / В. П. Василько, Е. Н. Ничипуренко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 176. – С. 139-155.

32. Василько, В. П. Плодородие орошаемых и гидроморфных пахотных земель Северного Кавказа и путь его оптимизации : учебное пособие / В. П. Василько, В. Н. Герасименко, Н. Н. Нецадим. – Краснодар, 2010. – 118 с.

33. Василько, В. П. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от агрофизических свойств чернозёма выщелоченного в условиях Западного Предкавказья / В. П. Василько, Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 8(214). – С. 5–10.

34. Василько, В. П. Фитомелиорирующая роль люцерны на деградированном черноземе выщелоченном в низинно-западинном агроландшафте в зависимости от технологий возделывания / В. П. Василько, Е. С. Бойко // Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения : сб. тез. по материалам Нац. конф., Краснодар, 21–22 марта 2018 г. / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – С. 3.

35. Влияние агротехнических приемов на формирование качества зерна озимой пшеницы / Е. В. Суркова, Н. И. Ненько, Н. Г. Малюга, П. Т. Букреев // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2005. – № 5–6(288–289). – С. 29–32.

36. Влияние биологизированных технологий на биометрические показатели озимой пшеницы сорта Граф в условиях Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова, К. В. Иващенко [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 191. – С. 173–183.

37. Влияние минерального удобрения с микроэлементами «Нано-кремний» на продуктивность озимой пшеницы / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова, К. В. Иващенко, А. С. Тавадов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 195. – С. 148–155.

38. Влияние органических и минеральных удобрений на качество зерна пшеницы. / С. А. Сухих, Н. П. Балуева, К. В. Шурыгин, А. Ф. Асланова // Главный агроном. – 2020. – №6. – С.12–14.

39. Влияние основной обработки почвы под озимую пшеницу на формирование ее продуктивности / Р. В. Кравченко, В. И. Прохода, С. И. Лучинский, А. А. Архипенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 169. – С. 124–132.

40. Влияние плодородия серых лесных почв на урожайность и качество зерна пшеницы / И. А. Верховец, Н. С. Малыгина, И. М. Тихойкина [и др.] // Вестник сельского развития и социальной политики. – 2015. – № 4 (8). – С.17–21.

41. Влияние почвенного плодородия и минеральных удобрений на интенсивность поражения озимой пшеницы сорта Краснодарская 99 бурой ржавчиной / Э. А. Пикушова, Л. А. Шадрина, Л. А. Оберюхтина, А. А. Квашин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 29. – С. 107–111.

42. Влияние приемов выращивания на содержание основных элементов питания, тяжелых металлов в почве и урожайность зерна озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / Н. Г. Малюга, Н. Н. Нещадим, С. В. Гаркуша, Г. Ф. Петрик// Труды Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар. – 2012. – № 35. – С. 135–142.

43. Влияние разных технологий возделывания озимой пшеницы на урожайность и фитосанитарное состояние посевов (на примере полевого опыта центра точного земледелия РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева) / С.

В. Железова, Т. А. Акимов, О. О. Белошапкина, Е. В. Березовский // *Агрохимия*. – 2017. – № 4. – С. 65–75.

44. Влияние системы основной обработки на плодородие почвы в низинно-западинном агроландшафте центральной зоны Краснодарского края / В. П. Василько, В. Н. Герасименко, В. Н. Гладков [и др.] // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2018. – № 74. – С. 19–24.

45. Влияние систем удобрения на плодородие чернозема типичного и урожайность озимой пшеницы / А. Х. Куликова, Е. С. Волкова, Е. А. Яшин, Е. А. Черкасов // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2022. – № 4(60). – С. 32–37.

46. Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на засоренность посевов, влажность почвы и ее азотный режим / С. А. Пынтиков, Д. Н. Куцев, А. П. Гвоздов, Л. А. Булавин // *Земледелие и селекция в Беларуси*. – 2020. – № 56. – С. 208–218.

47. Влияние технологий возделывания озимой пшеницы на содержание гумуса в Центральной зоне Краснодарского края / Е. Н. Ничипуренко, К. В. Иващенко, Т. Д. Федорова, А. С. Тавадов // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. – 2023. – № 109. – С. 73–76.

48. Влияние удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы / Р.В. Мимонов, В.Ф. Шаповалов, Е.В. Смольский, М.М. Нечаев, В.В. Дьяченко // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2020. – №8.

49. Возделывание озимой пшеницы на основе ресурсосберегающих технологий в зоне рискованного земледелия / А. П. Авдеенко, В. В. Черненко, И. Н. Шестов [и др.] // *АгроЭкоИнфо*. – 2015. – № 4(20). – С. 1.

50. Воропаева, А. А. Влияние предшественников и удобрений на урожайность озимой пшеницы в технологии без обработки почвы / А. А. Воропаева // *Новости науки в АПК*. – 2018. – № 2-2(11). – С. 58–60.

51. Воропаева, А. А. Влияние технологии возделывания на урожай и качество зерна озимой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения цен-

трального Предкавказья / А. А. Воропаева, Н. Н. Шаповалова, Е. И. Годунова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5(79). – С. 72–76.

52. Вынос элементов питания и окупаемость минеральных удобрений урожаем сортов озимой пшеницы в технологиях разного уровня интенсивности / Н. Я. Ребух, П. М. Политыко, В. Н. Капранов, Е. Ф. Киселев // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. : Агрономия и животноводство. – 2019. – Т. 14. – № 2. – С. 142–153.

53. Гаевая, Э. А. Влияние элементов технологии на продуктивность и водный режим озимой пшеницы возделываемой на склонах Ростовской области / Э. А. Гаевая // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 6–1. – С. 59–61.

54. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азотных удобрений / Г. П. Гамзиков // Современное развитие научных идей Д. Н. Прянишникова. – М., 1991. – С. 127–141.

55. Ганганов, В. Н. Удобрение озимых зерновых культур в условиях юга Украины / В. Н. Ганганов, Г. Т. Федорович // Главный агроном. – 2018. – № 9. – С. 21–24.

56. Гладышева, О. В. Роль севооборотов, удобрений и известкования в повышении плодородия почвы / О. В. Гладышева, А. М. Пестряков // Системы интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства. – Суздаль : ПресСто, 2016. – С. 26–32.

57. Говдиенко, В. Ю. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы при разном уровне минерального питания / В. Ю. Говдиенко, Г. Л. Зеленский // Вклад Вавиловского общества генетиков и селекционеров в инновационное развитие Российской Федерации : сб. ст. по материалам науч.-практ. конф. Кубанского отделения ВОГиС. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – С. 27–28.

58. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. – Дата введения 1986-07-01. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 8 с.
59. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – Дата введения 1986-07-01. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 6 с.
60. ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Дата введения 1987-07-01. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. – 10 с.
61. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – Дата введения 1990-06-01. – Межгосударственный стандарт. Переиздание – М. : Стандартиформ, 2006. – 8 с.
62. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Дата введения 1993-07-01. – М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 8 с.
63. ГОСТ 26205-91. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Дата введения 1993-07-01. – М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 10 с.
64. ГОСТ 22733-2016. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. – Взамен ГОСТ 22733-2002 ; Дата введения 2017-01-01. – М. : Стандартиформ, 2016. – 16 с.
65. ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия. – Взамен ГОСТ 9353-90 ; Дата введения 2018-07-01. – М. : Стандартиформ, 2016. – 15 с.
66. Гуреев, И. И. Углубленная адаптация технологии возделывания озимой пшеницы в Центрально-Черноземном регионе / И. И. Гуреев, Л. Б. Нитченко, И. А. Прущик // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17. – № 1(62). – С. 119–127.

67. Динамика агрофизических показателей плодородия почвы при возделывании озимой пшеницы по разным предшественникам / Н. В. Ширяева, А. В. Ширяев, А. Г. Ступаков [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 8. – С. 6–16.

68. Длительное применение удобрений, плодородие чернозема обыкновенного и динамика урожайности озимой пшеницы / Н. Г. Малюга, С. И. Баршадская, А. А. Романенко [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 19. – С. 63–69.

69. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки данных) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

70. Дридигер, В. К. Теоретические основы возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы на юге России / В. К. Дридигер // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки : Материалы IV Межд. науч.-практ. конф., Ялта, 9–13 сентября 2019 г. / Науч. ред. В. С. Паштецкий. – Ялта : Ариал, 2019. – С. 41–43.

71. Загорулько, А. В. Нулевая обработка как прием основной обработки почвы при выращивании озимой пшеницы сорта Степь на черноземе выщелоченном / А. В. Загорулько, Х. Амини // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов : сб. тез. по материалам III Межд. конф., Краснодар, 10–11 апреля 2019 г. / Отв. за выпуск А. Г. Кошцаев. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – С. 5–6.

72. Зеленин, И. Н. Влияние агротехнических приемов на продуктивность озимой пшеницы и качество зерна / И. Н. Зеленин, В. И. Елисеев, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 10(84). – С. 5–7.

73. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование) / Д. Шпаар [и др.], под общ. ред. Д. Шпаара. – М. : Агродело, 2008. – 656 с.

74. Иванов, А. И. О целесообразности использования нового органоминерального удобрения на основе птичьего помета в полевом севообороте на дерново-подзолистой почве / А. И. Иванов, Ж. А. Иванова, Д. А. Моисеев, И. А. Фрейдкин, И. В. Соколов // Земледелие. – 2019. – №4. – С. 8–10.

75. Иванов, В. Ю. Изучение систем земледелия в Крыму / В. Ю. Иванов, А. Н. Сусский // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. материалов XVI Межд. науч.-практ. конф. В 2-х кн., Барнаул, 9–10 февраля 2021 г. – Барнаул: АлтГАУ, 2021. – С. 156–158.

76. Иванова, Е. П. Возделывание люцерны – важный фактор повышения плодородия почв и ресурсосбережения в земледелии Приморского края / Е. П. Иванова, А. Н. Емельянов // Аграрный вестник Приморья. – 2017. – № 3(7). – С. 51–52.

77. Иванова, О. М. Оценка влияния азотных удобрений на продуктивность сортов озимой пшеницы на типичном черноземе / О. М. Иванова // Агрохимический вестник. – 2012. – № 5. – С. 44–50.

78. Ишков, И. В. Влияние сроков проведения подкормки азотными удобрениями на продуктивность озимой пшеницы / И. В. Ишков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 2. – С. 28–35.

79. Калинин, И. Г. Усовершенствованная технология возделывания озимой пшеницы для засушливых условий юга / И. Г. Калинин, В. И. Ковтун // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений : Материалы III Межд. науч.-производ. конф., Пенза, 14–19 июня 2000 г., Т. 3. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2000. – С. 111–113.

80. Кануков, З. Т. Плодородие чернозема и урожайность озимой пшеницы при применении удобрений / З. Т. Кануков, Т. К. Лазарев, С. Х. Дзанагов // Плодородие. – 2008. – № 6(45). – С. 4–6.

81. Квашин, А. А. Плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность сельскохозяйственных культур / А. А. Квашин, С. И. Баршадская, Ф. И. Дерка // Плодородие. – 2011. – № 2. – С. 36–39.

82. Кильдюшкин, В. М. Влияние различных технологий возделывания на продуктивность озимой пшеницы и плодородие чернозема выщелоченного / В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко, Е. Г. Животовская // Масличные культуры. – 2019. – № 3(179). – С. 64–67.

83. Коломейченко, В. В. Полевые и огородные культуры России. Зерновые : монография / В. В. Коломейченко. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 472 с.

84. Комплекс технологических, агрохимических и биологических воздействий на фосфатный режим почв и продуктивность земледелия / А. Л. Иванов, В. Г. Сычев, Л. М. Державин [и др.] // Плодородие. – 2009. – № 1(46). – С. 4–7.

85. Кравцов, А. М. Влияние плодородия почвы, удобрений и гербицидов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы по различным пропашным предшественникам / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 74. – С. 71–81.

86. Кравцов, А. М. Роль азотных удобрений, серы и микроэлементов в формировании продуктивности озимой пшеницы / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько // Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии : Материалы ежег. науч.-практ.конф. преп. по итогам НИР за 2022 г., Краснодар, 12 мая 2023 года. – Краснодар: КубГАУ, 2023. – С. 31–33.

87. Кузина, Е. В. Влияние различных способов обработки почвы на засоренность посевов в условиях лесостепи среднего Поволжья / Е. В. Кузина // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 3(19). – С. 80–85.

88. Куликова, А. Х. Повышение эффективности использования соломы и сидерата в системе удобрения озимой пшеницы / А. Х. Куликова, Е. А. Яшин, А. Е. Яшин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3 (35).

89. Логойда, Т. Влияние технологии возделывания на продуктивность озимой пшеницы / Т. Логойда, А. Курепин // Главный агроном. – 2015. – № 9. – С. 16–17.
90. Лукьяненко, П. П. Избранные труды. Селекция и семеноводство озимой пшеницы / П. П. Лукьяненко. – Москва : Издательство "Колос", 1973. – 448 с.
91. Люцерна / М. И. Тарковский [и др.]. – М. : Колос, 1964. – 240 с.
92. Малкандуев, Х. А. Реакция сортов озимой пшеницы на дозы удобрений в условиях Кабардино-Балкарии / Х. А. Малкандуев, А. Х. Малкандуева, Р. И. Шамурзаев // Земледелие. – 2016. – № 1.
93. 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. Краснодар. 2014. – № 99. – С. 786–802.
94. Маренков, М. О. Влияние уровней плодородия почвы и минерального питания на поражение листовыми болезнями озимой пшеницы сорта Юка / М. О. Маренков, Н. А. Москалёва// Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам X Всерос. конф. молод. ученых, посвящ. 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 г. / Отв. за вып. А. Г. Коцаев. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 364–365.
95. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – Вып. № 1. – М., 1985. – 270 с.
96. Методические рекомендации по определению экономической эффективности использования научных разработок в земледелии. – Краснодар, – 1986. – 61 с.
97. Митрохина, О. А. Качество и урожайность зерна озимой пшеницы при применении различных микроудобрений / О. А. Митрохина // Главный агроном. – 2017. – №12. – С. 30–32.
98. Музыкантов, П. С. Пути воспроизводства плодородия почв / П. С. Музыкантов // Главный Агроном. – 2006. – №6. – С. 28–31.

99. Муха, В. Д. Плодородие чернозема под воздействием минеральных удобрений, монокультуры озимой пшеницы и севооборота / В. Д. Муха, Н. Н. Трутаева, Ж. А. Буланова // Плодородие. – 2009. – № 6(51). – С. 8–9.

100. Мязин, Н. Г. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические показатели почвенного плодородия и урожайность озимой пшеницы / Н. Г. Мязин, Е. С. Гамазина // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения, Белгород, 12–14 мая 2005 г. – Белгород: Белгород. гос. с.–х. акад., 2005. – С. 22.

101. Наумченко, Е. Т. Эффективность минеральных удобрений под пшеницу на различных уровнях плодородия почв / Е. Т. Наумченко, И. Г. Ковшик, Т. Е. Абросимова // Пути воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в Приамурье, Благовещенск, 29–30 марта 2000 г. Т. 6. – Благовещенск : ДальГАУ, 2000. – С. 122–130.

102. Нежинская, Е. Н. Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы / Е. Н. Нежинская // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 3–1. – С. 124–127.

103. Нечаева, Е. Х. Влияние минимализации обработки на состояние плодородия тяжелых суглинистых почв в посевах яровой и озимой пшеницы / Е. Х. Нечаева, Н. А. Мельникова, Д. В. Редин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2. – С. 7–11.

104. Никитин, В. В. Влияние длительного применения удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы / В. В. Никитин, В. В. Навальнев // Агрохимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 49–52.

105. Никитин, С. Н. Влияние различных видов органических удобрений, диатомита и биопрепарата на продуктивность озимой пшеницы / С. Н. Никитин, А. И. Захаров // АгроXXI. – 2009. – № 4–6. – С. 63–64.

106. Николаев, В. А. Влияние разных способов обработки на структуру почвы и урожайность озимой пшеницы / В. А. Николаев, И. Ф. Биналиев // Вестник АГАУ. – 2017. – № 8 (154).

107. Нитченко, Л. Б. Эффективность основной обработки почвы и доз удобрений при возделывании озимой пшеницы на черноземе типичном / Л. Б. Нитченко, В. А. Лукьянов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4(56). – С. 40–45.

108. Ничипорович, А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений / А. А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. – М. : Наука, 1982. – С. 7–33.

109. Ничипуренко, Е. Н. Влияние биологизированных технологий на показатели плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы сорта Граф в условиях Северного Предкавказья / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова, К. В. Иващенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 190. – С. 59–69.

110. Ничипуренко, Е. Н. Динамика гумуса в низинно-западинном агроландшафте в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы / Е. Н. Ничипуренко, В. П. Василько, Т. Д. Федорова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 95. – С. 102–108.

111. Ничипуренко, Е. Н. Экономическая эффективность технологий возделывания интенсивного сорта озимой пшеницы в условиях Западного Предкавказья / Е. Н. Ничипуренко, Т. Д. Федорова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 182. – С. 218–228.

112. Ожередова, А. Ю. Влияние минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях и урожайность зерна озимой пшеницы / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко // Плодородие. – 2019. – № 4 (109).

113. Основная обработка почвы и продуктивность озимой пшеницы / А. В. Алабушев, Н. Г. Янковский, Г. В. Овсянникова, М. Е. Кравченко, А. Я. Логвинов, А. А. Сухарев // Земледелие. – 2009. – №4. – С. 13–18.

114. Панасин, В. И. Научные основы применения микроудобрений в земледелии / В. И. Панасин, Д. А. Рымаренко // Главный агроном. – 2020. – №5. – С.7–11.
115. Письменная, Е. В. Влияние сортов и предшественников озимой пшеницы на плодородие почвы, урожайность и качество зерна в Ставропольском крае / Е. В. Письменная, М. Ю. Азарова, Л. Г. Курасова // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 8. – С. 32–37.
116. Письменная, Е. В. Влияние технологии no-till на продуктивность сортов озимой пшеницы в условиях засушливой зоны Ставропольского края / Е. В. Письменная, М. Ю. Азарова // Известия Дагестанского ГАУ. – 2019. – № 4(4). – С. 106–112.
117. Питание и удобрение зерновых, зернобобовых и технических культур / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров, Л. М. Онищенко ; под ред. А. М. Девяткина. – Майкоп : Адыгея, 2004. – 52 с.
118. Плескачѳв, Ю. Н. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность зерновых культур / Ю. Н. Плескачѳв, И. А. Кощѳев, С. С. Кандыбин // Вестник АГАУ. – 2013. – № 1 (99).
119. Плодородие чернозема обыкновенного и урожайность озимой пшеницы по различным предшественникам / О. А. Богатых, О. А. Абанина, С. Ю. Юдин, Р. В. Сальников // Современные проблемы инновационного развития сельского хозяйства и научные пути технологической модернизации АПК : материалы межд. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летнему юбилею Дагестанского НИИ сельского хозяйства имени Ф. Г. Кисриева, Махачкала, 20–23 декабря 2016 г. – Махачкала : Дагестанский НИИ, 2023. – С. 56–59.
120. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2018.
121. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2019.
122. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2020.

123. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2021.
124. Пойда, В. Б. Результаты оценки урожайности и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от элементов технологии выращивания / В. Б. Пойда, М. А. Збраилов, Е. М. Фалынский // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2-1(36). – С. 43–50.
125. Полоус, Г. П. Плодородие почвы и качество зерна озимой пшеницы / Г. П. Полоус // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – №2. – С. 101–108.
126. Попов, Ю. В. Фитопатологическая оценка посевов озимой пшеницы при нулевой обработке почвы / Ю. В. Попов // Защита и карантин растений. – 2010. – № 8. – С. 26–27.
127. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения / Д. Н. Прянишников. – М.: Госсельхозиздат. Т. 1, 1952. – 692 с.
128. Пъехтин, Н. Ч. Теоретические основы систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения / Н. Ч. Пъехтин, А. В. Гостев, Л. Б. Нитченко // Земледелие. – 2023. – №5. – С. 13–15.
129. Райхерт, Е. В. Влияние показателей почвенного плодородия на продуктивность зерновых культур в условиях Уймонской котловины Республики Алтай / Е. В. Райхерт // Известия АлтГУ. – 2024. – № 3 (83).
130. Рамазанова, Н. И. Биологические особенности круговорота азота, фосфора, калия, бора и молибдена в агроценозе озимой пшеницы / Н. И. Рамазанова, З. Н. Ахмедова, А. П. Дибирова // Юг России: экология, развитие. – 2007. – № 4.
131. Роль предшественников в повышении плодородия почвы и формировании урожайности озимой пшеницы / Е. В. Пальчиков, Т. Г. Г. Алиев, Д. А. Ломакин, Д. А. Новикова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – № 2. – С. 122–128.

132. Рыбина, В. Н. Влияние минеральных удобрений и микробных препаратов на урожайность зерна озимой пшеницы / В. Н. Рыбина, А. В. Ковтун // Главный агроном. – 2019. – № 5. – С.20–22.

133. Рычкова, М. И. Влияние элементов технологии возделывания озимой пшеницы на урожайность в условиях эрозионно-опасного склона черноземных почв / М. И. Рычкова, Е. Н. Нежинская, С. А. Тарадин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6(86). – С. 45–48.

134. Сабирова, Р. М. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы на основе биологизации земледелия / Р. М. Сабирова, Р. С. Шакиров // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры : науч. тр. Межд. науч.-практ. конф., посв. 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 г. – Казань : КазГАУ, 2019. – С. 204–211.

135. Сабитов, М. М. Влияние удобрений на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность озимой пшеницы в лесостепи среднего Поволжья / М. М. Сабитов // Научные труды по агрономии. – 2023. – № 1(3). – С. 19–24.

136. Салтыкова, О. Л. Влияние плодородия почвы на урожайность, накопление белка и крахмала в зерне яровой и озимой пшеницы / О. Л. Салтыкова, Н. П. Бакаева // Вклад молодых ученых в аграрную науку : материалы Межд. науч.-практ. конф., Кинель, 13–14 апреля 2016 г. / Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Кинель: Самар. гос. с.-х. акад., 2016. – С. 81–83.

137. Сандухадзе, Б. И. Влияние азотных подкормок на содержание азота в почве и растениях озимой пшеницы / Б. И. Сандухадзе, Б. П. Лобода, Д. Ф. Асхадуллин, Е. В. Журавлёва // Агрехимический вестник. – 2006. – № 1.

138. Сбалансированная биологизированная система земледелия – основа сохранения плодородия и высокой продуктивности черноземов Кубани /

Н. Г. Малюга, С. В. Гаркуша, В. П. Василько, А. И. Радионов, А. И. Кравцов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар. – 2015. – № 52. – С. 125–129.

139. Сдобников, С. С. Роль органических удобрений в повышении плодородия почв в интенсивном земледелии / С. С. Сдобников. // Плодородие почв и пути его повышения. – М.: Колос, 1983. – С. 146–153.

140. Семенюк, О. В. Эффективность применения жидких органоминеральных удобрений ПОЛИДОН® и стимулятора роста растений Альфастим® на посевах озимой пшеницы / О. В. Семенюк // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 44–46.

141. Сенченкова, Е. М. Вопросы агрохимии в трудах Н. И. Вавилова (К 100-летию со дня рождения) / Е. М. Сенченкова, С. П. Торшин // Агрохимия. – 1987. – № 10. – С. 136–141.

142. Сердюк, А. С. Эффективность защиты озимой пшеницы от вредителей в зависимости от плодородия почвы и минерального питания / А. С. Сердюк, Е. Ю. Веретельник // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам IX Всерос. конф. мол. ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 г. / Отв. за вып. А.Г. Коццаев. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – С. 242–244.

143. Середина, И. Г. Влияние систематического применения удобрений и известкования на агрохимические свойства чернозема выщелоченного, урожай и качество озимой пшеницы по викоовсяной смеси / И. Г. Середина, П. Т. Брехов // Молодежный вектор развития аграрной науки : материалы 65-й науч. студ. конф., Воронеж, 1 марта 2014 г. Ч. II. – Воронеж : Воронеж. ГАУ, 2014. – С. 129–133.

144. Сираев, М. Г. Ресурсосберегающие системы обработки почвы под озимую и яровую пшеницу в Башкортостане / М. Г. Сираев, В. С. Сергеев, А. Ш. Уметбаев // Вестник АГАУ. – 2023. – № 2.

145. Сиротенко, Н. Н. Влияние плотности и влажности почвы на рост озимой пшеницы в начальный период вегетации / Н. Н. Сиротенко // Тр. КСХИ. – Краснодар, 1976. – Вып. 128 (156).

146. Сискевич, Ю. И. Применение удобрений как экологически целесообразный прием повышения плодородия почв Липецкой области / Ю. И. Сискевич, Н. С. Мохова, В. А. Юшина // Прогноз состояния и научное обеспечение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Содружество ученых агрохимиков и агроэкологов: материалы XI Межд. симп., Ялта, 1–9 июня 2017 г. – Ялта : ВНИИ им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – С. 109–114.

147. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. – Краснодар, 2015. – 352 с.

148. Система обработки почвы и ее влияние на плодородие черноземных почв Кубани / Г. Е. Гоник, В. В. Терещенко, Н. И. Бардак, О. А. Сокол // Сборник докладов КубГАУ. – 2004. – С. 49–50.

149. Скоробогатова, А. С. Урожайность озимой пшеницы сорта Антонина в зависимости от плодородия почвы, способов основной обработки почвы / А. С. Скоробогатова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам IX Всерос. конф. молод. ученых, Краснодар, 24–26 ноября 2015 г. / Отв. за вып. : А. Г. Коцаев. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – С. 700–701.

150. Слюсарев, В. Н. Действие агротехнологий с использованием системы нулевой обработки почвы на физико-химические свойства чернозема выщелоченного Прикубанской низменности и урожайность полевых культур / В. Н. Слюсарев, О. А. Подколзин, А. В. Осипов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – № 4(172). – С. 52–60.

151. Сорты пшеницы и тритикале : каталог / Л. А. Беспалова, А. А. Романенко, И. Н. Кудряшов [и др.] ; Министерство сельского хозяйства россий-

ской Федерации, Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко. – Краснодар : Издательство "ЭДВИ", 2023. – 200 с.

152. Султанова, М. Г. Влияние возрастающих норм подстилочного навоза на плодородие лугово-каштановой среднесуглинистой почвы и урожай зерна озимой пшеницы / М. Г. Султанова, М. М. Аличаев // Инновационные направления научных исследований в земледелии и животноводстве как основа развития сельскохозяйственного производства : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием и Всерос. Школы молод. ученых, Белгород, 24–25 июня 2021 г. – Белгород: КОНСТАНТА; Белгородский ФАНЦ РАН, 2021. – С. 193–196.

153. Сушенкова, Н. Ю. Зависимость качества зерна озимой пшеницы от плодородия черноземов выщелоченных в условиях Покровского района Орловской области / Н. Ю. Сушенкова, В. Т. Лобков // Актуальные вопросы современной науки : сб. ст. по материалам XIX Межд. науч.-практ. конф., Томск, 14 марта 2019 г. – Томск : Дендра, 2019. – С. 109–113.

154. Тарадин, С. А. Эколого-экономические показатели возделывания озимой пшеницы в зависимости от обработки поверхности на склонах почв / С. А. Тарадин // Международный журнал гуманитарных и дополнительных наук. – 2019. – № 9–2.

155. Тарасенко, Б.И. Обработка почвы / Б.И. Тарасенко – 2-е изд., пер. и доп. Краснодар. – 1987. – 175 с.

156. Тарасенко, Б.И. Повышение плодородия почв Кубани / Б.И. Тарасенко // Краснодар: кн. изд-во. – 1973. – 128 с.

157. Тарчоков, Х. Ш. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от технологий возделывания в степной зоне Кабардино-Балкарии / Х. Ш. Тарчоков, О. Х. Матаева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2019. – № 1(87). – С. 98–102.

158. Технический отчет о почвенном обследовании опытного поля Кубанского государственного аграрного университета г. Краснодара Краснодарского края / Кубань НИИ гипрозем. – Краснодар, 1991. – 26 с.

159. Тори́ков, В. Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. Е. Тори́ков // *Агрoхимический вестник*. – 2015. – № 3. – С. 7–9.

160. Тугуз, Р. К. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в Адыгее и их экономическая эффективность / Р. К. Тугуз, Н. И. Мамсиров // *Новые технологии*. – 2008. – № 5. – С. 36–39.

161. Турин, Е. Н. Результаты изучения качества зерна пшеницы озимой в центральной степи Крыма в зависимости от элементов технологии / Е. Н. Турин, К. Г. Женченко // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. – 2021. – № 26(189). – С. 14–25.

162. Тухтаев, М. О. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от применения удобрений / М. О. Тухтаев // *Плодородие*. – 2012. – № 6.

163. Тютюнов, С. И. Влияние пищевого режима и органического вещества на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы / С. И. Тютюнов, Е. В. Навольнева, В. Д. Соловиченко // *Агрoхимический вестник*. – 2016. – № 5. – С. 23–27.

164. Фадякина, И. С. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от плодородия почвы / И. С. Фадякина // *Актуальные вопросы образования и науки : сб. науч. тр. по материалам Межд. науч.-практ. конф. в 14 ч., Тамбов, 30 декабря 2013 г.* – Тамбов : Юком, 2014. – С. 141–143.

165. Федотов, В. А. Резервы улучшения качества непаровых предшественников озимой пшеницы / В. А. Федотов, Е. А. Высоцкая, Н. В. Подлесных, Н. А. Попов // *Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона : материалы 67-й Межд. науч.-практ. конф., Рязань, 18 мая 2016 г.* – Рязань : РГАТУ, 2016. – С. 94–97.

166. Филиппова, Е. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от условий питания / Е. Филиппова, О. Нехай, Е. Гурикова // *Главный агроном*. – 2013. – № 8. – С. 22–23.

167. Фисунов, Н. В. Влияние обработки почвы и способа посева на водопотребление озимой пшеницы в Зауралье / Н. В. Фисунов, Д. И. Еремин // Земледелие. – 2013. – № 3.

168. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность озимой пшеницы при ресурсосберегающей технологии / Г. Т. Куныпияева, Р. К. Жапаев, М. К. Карабаев [и др.] // International Scientific and Practical Conference World science. – 2018. – Т. 2. – № 3(31). – С. 1012.

169. Хакимов, Р. А. Влияние предшественников и подкормки озимой пшеницы в разные сроки ее вегетации на формирование урожая и качество / Р. А. Хакимов, Н. В. Хакимова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3(59). – С. 48–57.

170. Черкашин, Г. В. Влияние технологий обработки почвы на засоренность озимой пшеницы по разным предшественникам / Г. В. Черкашин // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2-2(11). – С. 178–180.

171. Шарков, И. Н. Минимизация обработки и ее влияние на плодородие почвы / И. Н. Шарков // Земледелие. – 2023. – № 3. – С. 24–25.

172. Шацких, Н. А. Агрэкологическая оценка предшественников озимой пшеницы и их влияние на плодородие почвы / Н. А. Шацких, Е. В. Пальчиков, Н. М. Афонин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : сб. докл. XIII Межд. науч.-практ. конф. молод. ученых, Великие Луки, 12–13 апреля 2018 г. Т. 1. – Великие Луки: Великолукская ГСХА, 2023. – С. 83–88.

173. Шашенко, В. Ф. Люцерна и промежуточные культуры в рисовых севооборотах / В. Ф. Шашенко, В. Т. Нестеренко. – Краснодар, 1980. – 114 с.

174. Штомпель, Ю. А. Оценка качества почв, пути воспроизводства плодородия их и рационального использования: учебник / Ю. А. Штомпель, Н. Н. Нещадим, И. А. Лебедевский. – Краснодар, 2009. – 315 с.

175. Эффективность минеральных удобрений на озимой пшенице при освоении технологии без обработки почвы в условиях Центрального Пред-

кавказья / Н. Н. Шаповалова, Е. И. Годунова, Е. А. Менькина, А. А. Воропаева // *Новости науки в АПК.* – 2018. – № 1(10). – С. 96–102.

176. Эффективность системы удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы / С. И. Камбулов, В. Б. Рыков, Е. Б. Дёмина, В. В. Колесник, Е. И. Трубилин // *Научный журнал КубГАУ.* – 2017. – № 133.

177. A 20-year long term study of yield sustainability and soil fertility affected by fertilization and apsim climatic change model of urumqi, xinjiang, china / N. Tahir, J. Li, A. Ullah [et al.] // *Soil Sciences.* – 2021. – Vol. 19, No. 3. – P. 1827–1855.

178. Berdiev, T. T. Agro technologies increasing the productivity of irrigated soils in the desert zone of Uzbekistan / T. T. Berdiev // *European Science Review.* – 2016. – No. 3–4. – P. 6–7.

179. Bhogal, A. Net changes in soil and crop nitrogen in relation to the performance of winter wheat given wide-ranging annual nitrogen applications at Ropsley, UK / A. Bhogal, A. D. Rochford, R. Sylvester-Bradley // *The Journal of Agricultural Science.* – 2000. – Vol. 135, no. 2. – P. 139–149.

180. Brancourt-Hulmel, M. A. Diagnosis of Yield-Limiting Factors on Probe Genotypes for Characterizing Environments in Winter Wheat Trials / M. Brancourt-Hulmel, Ch. Lecomte, J. M. Meynard // *Crop Science.* – 2023. – Vol. 39, No. 6. – P. 1798–1808.

181. Brown, D. E. Water use models for dryland winter wheat / D. E. Brown // *European Science Review.* – 2005. – 1 p.

182. Changes in soil microbial communities after 10 years of winter wheat cultivation versus fallow in an organic-poor soil in the Loess Plateau of China / H. Tian, H. Wang, X. Hui [et al.] // *PLoS ONE.* – 2017. – Vol. 12, No. 9. – P. 223.

183. Chen, P. Estimation of winter wheat grain protein content based on multisource data assimilation / P. Chen // *The Scientific Heritage.* – 2020. – Vol. 12, No. 19. – P. 1–20.

184. Cherlinka, V. Models of soil fertility as means of estimating soil quality / V. Cherlinka // *Geographia Cassoviensis*. – 2016. – Vol. 10, No. 2. – P. 131–147.

185. Combining permanent beds and residue retention with nitrogen fertilization improves crop yields and water productivity in irrigated arid lands under cotton, wheat and maize / M. Devkota, C. Martius, J. P. A. Lamers [et al.] // *Field Crops Research*. – 2023. – Vol. 149. – P. 105–114.

186. Crop yield, weed infestation and soil fertility responses to contrasted ploughing intensity and manure additions in a Mediterranean organic crop rotation / P. Baldivieso-Freitas, J. M. Blanco-Moreno, L. Armengot [et al.] // *Soil & Tillage Research*. – 2018. – Vol. 180. – P. 10–20.

187. Cropping systems: The role of continuous cropping, crop rotation, leguminous crops and catch crop in Mediterranean conditions / M. Francesco, M. Michele, C. Grazia, F. Francesco // *Crop Rotation*, 2008. – P. 141–171.

188. Effects of organic amendments on the improvement of soil nutrients and crop yield in sandy soils during a 4-year field experiment in huang-huaihai plain, northern china / Y. Zhao, Y. Chen, L. Wang [et al.] // *Agronomy*. – 2021. – Vol. 11, No. 1.

189. Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyroligneous solution on soil quality and wheat yield of a salt-stressed cropland from Central China Great Plain / M. S. Lashari, Y. Liu, L. Li [et al.] // *Field Crops Research*. – 2013. – Vol. 144. – P. 113–118.

190. Fiez, T. E. An evolution of site-specific crop management in the Palouse region of eastern Washington / T. E. Fiez, 2023. – 1 p.

191. Impact of long-term agricultural management practices on soil prokaryotic communities / D. Babin, K. Smalla, A. Deubel [et al.] // *Applied Soil Ecology*. – 2019. – Vol. 129. – P. 17–28.

192. Impact of seasonal variations and cropping systems on soil microbial biomass and enzymatic activities in slope gradient moisture stressed soils of Pun-

jab-Pakistan / R. Ullah, S. M. Mian, A. A. Sheikh [et al.] // Soil and Environment. – 2012. – Vol. 31, No. 1. – P. 21–29.

193. Improvement of soil health and quality using compost application in wheat cropping system - lysimetric experiment / Ja. Elbl, L. Plosek, Ja. Hladky [et al.] // 17th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017, Albena, Bulgaria, 29 June 2017. Vol. 17. – Albena, Bulgaria: STEF92 Technology Limited Liability Company, 2017. – P. 303–310.

194. Katterer, T. Nitrogen dynamics in soil and winter wheat subjected to daily fertilization and irrigation: Measurements and simulations / T. Katterer // Field Crops Research. – 2024. – 1 p.

195. Long-term inorganic plus organic fertilization increases yield and yield stability of winter wheat / H. Chen, F. Chen, A. Deng [et al.] // The Crop Journal. – 2018. – Vol. 6, no. 6. – P. 589–599.

196. Malik, M. A. No-till dryland winter wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by fertilizer placement methods and downy brome (*Bromus tectorum*) infestation / M. A. Malik // The Scientific Heritage. – 2023. – 1 p.

197. Mazur, V. A. Influence of the systematic application of fertilizers on the intensity of accumulation of nitrates in agricultural crops / V. A. Mazur, L. A. Akovets // Annals of Italy. – 2021. – No. 17-1. – P. 18–24.

198. Mcguire, A. M. Wheat Yields, Nitrogen Uptake, and Soil Moisture Following Winter Legume Cover Crop vs. Fallow / A. M. Mcguire, D. C. Bryant, R. F. Denison // Semigroup Forum. – 1998. – Vol. 90, No. 3. – P. 404–410.

199. Melander, B. Effects of inter-row hoeing and fertilizer placement on weed growth and yield of winter wheat / B. Melander, A. Cirujeda, M. H. Jorgensen. – 2023. – Vol. 43, No. 6. – P. 428–438.

200. Pakina, E. N. Nitrogen concentration in raw plant material of previous crops in winter wheat (*Triticum aestivum*) rotation in the western caspian strip / E. N. Pakina, H. N. Hasanov // Soil Sciences. – 2020. – Vol. 21, No. 2. – P. 203–209.

201. Pelech, L. Formation of winter wheat yielding, depending on fertilization and treatment / L. Pelech // *The Scientific Heritage*. – 2020. – No. 45-3(45). – P. 3–8.
202. Riffaldi, R. Biochemical properties of a Mediterranean soil as affected by long-term crop management systems / R. Riffaldi, A. Saviozzi // *Soil & Tillage Research*. – 2022. – Vol. 67, No. 1. – P. 109–114.
203. Rochester, I. J. Using legumes to enhance nitrogen fertility and improve soil condition in cotton cropping systems / I. J. Rochester, M. B. Peoples // *Field Crops Research*. – 2021. – Vol. 70, No. 1. – P. 27–41.
204. Sigua, G. C. Contrasting effects of sorghum biochars and sorghum residues on soil chemical changes of Coastal Plains Ultisols with winter wheat / G. C. Sigua, P. G. Hunt // *Soil Sciences*. – 2014. – Vol. 179, No. 8. – P. 383–392.
205. Soil microbial diversity and activity linked to crop yield and quality in a dryland organic wheat production system / N. E. Tautges, T. S. Sullivan, I. C. Burke, C. L. Reardon // *Applied Soil Ecology*. – 2016. – Vol. 108. – P. 258–268.
206. Song, X. Winter Wheat Cropland Grain Protein Content Evaluation through Remote Sensing / X. Song, G. Yang, H. Feng, J. Wang // *Agronomy*. – 2014. – Vol. 20, No. 4. – P. 599–609.
207. Subsoiling and plowing rotation increase soil C and N storage and crop yield on a semiarid Loess Plateau / X. Guo, Q. Yu, N. Ahmad [et al.] // *The Scientific Heritage*. – 2022. – Vol. 221. – P. 413.
208. The impact of cultivation methods on soil fertility elements and winter crop / S. B. Galstyan, V. S. Adamyan, V. A. Alexanyan, A. V. Avagimyan // *Bulletin of high technology*. – 2020. – No. 1(11). – P. 16–21.
209. Use of organic-mineral fertilizers as an alternative to conventional organic and mineral fertilizers: effect on soil quality / Ja. Elbl, H. Brtnicka, A. Kintl [et al.] // *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019 : Conference proceedings. SOILS; FOREST ECOSYSTEMS, Albena, 30 June 2019*. Vol. 19. – Sophia: Limited Liability Company STEF92 Technology, 2019. – P. 583–590.

210. Wozniak, A. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties / A. Wozniak, L. Rachon // Soil Sciences. – 2020. – Vol. 10, No. 9. – P. 1–12.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## 2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Характеристика почвенных и климатических условий места проведения исследований

Почвы, на которых проводились полевые опыты, являются староорошаемыми, их орошение проводилось дождеванием на протяжении тридцати лет. Процесс «стекания» гумуса носит двойственный характер: положительно то, что в глубоких горизонтах активизируются почвообразовательные процессы, отрицательно – вместе с подвижными фракциями гумуса за пределы корнеобитаемого слоя выносятся питательные вещества, и в первую очередь азот.

Гумус по профилю проникает на значительную глубину, но в слое 170–200 см его содержится всего около 0,9 %. Валовые запасы гумуса достаточно высоки и в горизонте «А+В» составляют около 400 т/га. Тип гумуса в пахотном слое гуматно-фульватный. Отношение С : N около 10, т.е. обогащенность гумуса азотом средняя [158].

Содержание минерального азота в верхних слоях среднее вниз по профилю до 100 см возрастает. Подвижные формы фосфора и обменного калия в пахотном слое имеют высокие показатели. В сравнении с данными Б. С. Блажного и И. А. Кузнецова содержание валового фосфора и калия в пахотном слое несколько увеличилось. Это связано с их накоплением в почве в результате внесения минеральных удобрений. Вниз по профилю содержание подвижного фосфора резко падает – с 14,3 до 6,9 мг/кг, что свидетельствует о сильной «зафосфаченности» пахотного слоя [156, 158].

Как пахотный слой, так и подпахотный слой имеют слабокислую реакцию: рН водной вытяжки 6,9–7,0. В более глубоких слоях реакция сдвигается в сторону нейтральной – 6,9–7,1. Подкисление сопровождается потерей кальция, что в свою очередь ведет к обесструктуриванию. Реакция вскипания от

действия 10%-й HCl наблюдается с глубины 175 см.

Гранулометрический состав легкоглинистый, содержание физической глины 60–64 %. На фракцию ила приходится 37–40 %, поэтому во влажные периоды года происходит заплывание пашни, а во время засухи – образование плотной корки и трещин. Особенностью гранулометрического состава является почти полное отсутствие в профиле фракции крупного и среднего песка, что придает почве большую связность.

В связи с большим количеством илистых частиц чернозем выщелоченный имеет невысокую скважность (44–52 %) и повышенную плотность. Объемная масса верхней метровой толщины составляет 1,3–1,5 г/см<sup>3</sup>. Это и предопределяет меньшую доступность влаги растениями. При относительно высоких запасах общей влаги количество доступной растениям влаги составляет приблизительно 40–45 %, в том числе легкодоступной 16–17 % от общего его запаса. Влажность устойчивого завядания 14,5–15 %.

Следовательно, чернозем выщелоченный, как основная почвенная разность опытного поля обладает достаточно высоким уровнем плодородия и пригоден для возделывания сельскохозяйственных культур. Однако в низинно-западинном агроландшафте он подвержен процессам гидроморфизма и, кроме того, длительное орошение привело к развитию его химической, физической и биологической деградации.

По климатическим условиям район проведения опытов характеризуется умеренно-теплым климатом с неустойчивым увлажнением. Зима умеренная, со среднемесячной температурой воздуха в январе – 2,3°C. Абсолютный минимум температур может достигать в отдельные дни до –33°C. Снежный покров появляется в первой декаде декабря. Частые оттепели (таких дней 65–70) способствуют таянию снежного покрова, поэтому высота его редко превышает 10–15 см. В феврале начинается постепенное нарастание температур, и в третьей декаде происходит переход среднесуточных температур воздуха к положительным значениям. Продолжительность безморозного периода составляет 175–225 дней. По многолетним данным, он наступает 10 апреля и

длится до 20 октября. Однако в отдельные годы возможны более поздние весенние и более ранние осенние заморозки.

Весна наступает рано и носит затяжной характер. Температурный режим в весенние месяцы крайне неустойчив. Минимальные и максимальные температуры колеблются от 30°C тепла до 21°C мороза. Переход среднесуточной температуры через +5°C приходится на середину марта, а через +10°C – на третью декаду апреля.

Лето жаркое и сухое. Среднемесячная температура воздуха в июне 20,4°C, июле – 23,2°C, в августе – 22,7°C. В летний период от 50 до 75 дней имеют среднесуточную температуру выше 20°C.

Со второй половины сентября устанавливается умеренно теплая погода без осадков. По средним многолетним данным, переход температур через 15°C происходит 28 сентября, через 10°C – 26 октября и через 5°C – 16 ноября. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха к отрицательным значениям обычно наступает 25–28 декабря. Таким образом, температурный режим описываемого района в целом можно охарактеризовать как умеренно теплый.

Среднегодовое количество осадков составляет 643 мм. Тип распределения их – континентальный. За теплый период (апрель – октябрь) выпадает 343 мм и за холодный (ноябрь – март) – 300 мм. Зимние осадки выпадают не только в виде снега, но и в виде дождей, причем в отдельные годы их выпадает больше, чем снега. Снежный покров крайне неустойчив. Средняя высота его составляет 6–11 см. Продолжительность периода со снежным покровом в среднем 40 дней. Накопление влаги в почве происходит, в основном, за счет осадков холодного периода. Этому способствует слабое промерзание почвы и частые оттепели в зимний период.

Преобладающими ветрами на территории региона являются восточный и западный. Восточный и северо-восточный ветры оказывают неблагоприятное влияние на климат. В зимнее время они приносят холодные массы воздуха, способствующие установлению морозной погоды. Весной и летом во-

сточные ветры приносят массы сухого воздуха – суховеи, а в отдельные годы вызывают пыльные бури. Западные и юго-западные ветры смягчают климат. Они несут влажные потоки воздуха: зимой – теплые, летом – холодные [4].

Таким образом, почвенно-климатические условия центральной зоны Краснодарского края пригодны для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

#### 2.4 Хозяйственно-биологическая характеристика сорта озимой пшеницы Граф

Включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ в 2018 году.

Авторы: Г. Д. Набоков, Л. А. Беспалова, А. М. Васильева, О. А. Зиновкина, И. Н. Кудряшов, И. Б. Аблова, Р. А. Агаев, Ж. А. Худокормова, М. И. Домченко.

Общая характеристика. Среднепоздний сорт мягкой пшеницы. Полукарликовый, высота растений 80–85 см, устойчив к полеганию.

Апробационные признаки:

- форма куста – полустелющаяся;
- разновидность – *lutescens*;
- лист – в период кущения без опушения, со слабым восковым налетом.

В период колошения – промежуточной величины;

- колос – цилиндрический, длина 10,5–12 см, средней плотности, белый;

- колосковая чешуя в средней трети колоса яйцевидно-овальная, средней длины 9 мм и ширины 4 мм. Нервация выражена в средней степени, зубец короткий, тупой. Плечо прямое, средней величины. Киль выражен сильно;

- зерно – яйцевидной формы, средней крупности. Основание зерна опушенное. Бороздка неглубокая.

Урожайность. Потенциал зерновой продуктивности сорта высокий, более 100 ц с 1 га. В конкурсном сортоиспытании СКСХОС по двум предшественникам за четыре года изучения (2013–2016) урожайность сорта Граф составила в среднем 97,2 ц с 1 га. Кустистость и плотность колосостоя высокая, продуктивность колоса средняя. Масса 1000 зерен – 39–44 г. Мукомольные и хлебопекарные качества высокие. По данным оригинатора, соответствует сильным пшеницам [151].

Агрегатный состав почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в начале весенней вегетации, 2019 г.)

Технология	Слой, см	Размер почвенных агрегатов, мм, содержание %			
		>10	10-0,25	<0,25	КСТР
Экстенсивная 1 (к)	0–10	43,2	55,0	1,8	1,22
	10–30	40,0	58,4	1,6	1,40
	20–30	46,7	51,8	1,5	1,07
	30–50	45,9	52,7	1,4	1,11
	50–70	37,1	61,2	1,7	1,58
Экстенсивная 2	0–10	44,2	53,4	2,4	1,15
	10–30	44,5	53,3	2,2	1,14
	20–30	40,3	57,9	1,8	1,38
	30–50	36,4	62,1	1,5	1,64
	50–70	35,2	63,5	1,3	1,74
Энергоресурсосберегающая	0–10	42,5	54,9	2,6	1,22
	10–30	42,8	54,8	2,4	1,21
	20–30	42,2	55,9	1,9	1,27
	30–50	34,4	63,6	2,0	1,75
	50–70	33,3	64,5	2,2	1,82
Базовая	0–10	37,8	60,6	1,6	1,54
	10–30	36,5	61,7	1,8	1,61
	20–30	44,5	53,9	1,6	1,17
	30–50	43,9	54,2	1,9	1,18
	50–70	31,0	67,1	1,9	2,04
Экологически допустимая	0–10	35,4	63,2	1,4	1,72
	10–30	31,7	66,7	1,6	2,00
	20–30	37,8	60,5	1,7	1,53
	30–50	36,7	61,6	1,7	1,60
	50–70	27,5	71,2	1,3	2,47
Мелиоративная	0–10	33,8	64,7	1,5	1,83
	10–30	31,6	67,2	1,2	2,05
	20–30	28,6	70,1	1,3	2,34
	30–50	27,3	71,2	1,5	2,47
	50–70	26,2	72,1	1,7	2,58
Биологизированная	0–10	33,8	64,9	1,3	1,85
	10–30	30,9	67,8	1,3	2,11
	20–30	35,4	63,1	1,5	1,71
	30–50	34,2	64,5	1,3	1,82
	50–70	27,5	70,8	1,7	2,42
НСР <sub>05</sub>	–	1,21	1,29	0,15	0,08

Агрегатный состав почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в начале весенней вегетации, 2020 г.)

Технология	Слой, см	Размер почвенных агрегатов, мм, содержание %			
		>10	10-0,25	<0,25	КСТР
Экстенсивная 1 (к)	0–10	41,3	56,8	1,9	1,31
	10–30	40,2	58,1	1,7	1,39
	20–30	48,1	50,4	1,5	1,02
	30–50	46,6	51,8	1,6	1,07
	50–70	38,4	60,1	1,5	1,51
Экстенсивная 2	0–10	45,1	52,5	2,4	1,11
	10–30	44,4	53,4	2,2	1,15
	20–30	41,3	56,9	1,8	1,32
	30–50	37,0	61,5	1,5	1,60
	50–70	35,6	62,9	1,5	1,70
Энергоресурсосберегающая	0–10	44,7	52,8	2,5	1,12
	10–30	44,3	53,2	2,5	1,14
	20–30	41,6	56,5	1,9	1,30
	30–50	34,8	63,1	2,1	1,71
	50–70	32,7	65,2	2,1	1,87
Базовая	0–10	38,5	59,9	1,6	1,49
	10–30	39,9	58,4	1,7	1,40
	20–30	46,2	52,3	1,5	1,10
	30–50	43,7	54,5	1,8	1,20
	50–70	32,1	66,2	1,7	1,96
Экологически допустимая	0–10	37,1	61,5	1,4	1,60
	10–30	32,5	65,9	1,6	1,93
	20–30	38,9	59,6	1,5	1,48
	30–50	38,2	60,1	1,7	1,51
	50–70	28,3	70,4	1,3	2,38
Мелиоративная	0–10	35,7	62,9	1,4	1,70
	10–30	31,4	67,3	1,3	2,06
	20–30	28,5	70,2	1,3	2,36
	30–50	27,5	71,0	1,5	2,45
	50–70	26,1	72,2	1,7	2,60
Биологизированная	0–10	35,1	63,6	1,3	1,75
	10–30	31,9	66,7	1,4	2,00
	20–30	35,9	62,6	1,5	1,67
	30–50	35,5	63,1	1,4	1,71
	50–70	27,8	70,6	1,6	2,40
НСР <sub>05</sub>	–	1,11	1,22	0,12	0,06

Агрегатный состав почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в начале весенней вегетации, 2021 г.)

Технология	Слой, см	Размер почвенных агрегатов, мм, содержание %			
		>10	10-0,25	<0,25	K <sub>СТР</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–10	43,7	54,4	1,9	1,19
	10–30	39,4	58,9	1,7	1,43
	20–30	45,9	52,5	1,6	1,11
	30–50	45,3	53,2	1,5	1,14
	50–70	36,9	61,5	1,6	1,6
Экстенсивная 2	0–10	44,3	53,4	2,3	1,15
	10–30	43,7	54,2	2,1	1,18
	20–30	41,3	56,9	1,8	1,32
	30–50	36,1	62,4	1,5	1,66
	50–70	34,7	63,7	1,6	1,75
Энергоресурсосберегающая	0–10	43,5	53,9	2,6	1,17
	10–30	43,2	54,4	2,4	1,19
	20–30	42,4	55,7	1,9	1,26
	30–50	34,7	63,5	1,8	1,74
	50–70	33,3	65,0	1,7	1,86
Базовая	0–10	40,3	57,9	1,8	1,38
	10–30	39,5	58,7	1,8	1,42
	20–30	44,5	53,6	1,9	1,16
	30–50	43,0	55,1	1,9	1,23
	50–70	32,5	65,6	1,9	1,91
Экологически допустимая	0–10	35,4	63,2	1,4	1,72
	10–30	31,5	66,9	1,6	2,02
	20–30	40,5	57,8	1,7	1,37
	30–50	39,1	59,2	1,7	1,45
	50–70	27,1	71,6	1,3	2,52
Мелиоративная	0–10	33,8	64,9	1,3	1,85
	10–30	31,3	67,5	1,2	2,08
	20–30	28,4	70,3	1,3	2,37
	30–50	27,4	71,1	1,5	2,46
	50–70	26,3	72,0	1,7	2,57
Биологизированная	0–10	34,2	64,5	1,3	1,82
	10–30	31,0	67,7	1,3	2,10
	20–30	38,7	59,9	1,4	1,49
	30–50	36,4	62,3	1,3	1,65
	50–70	28,0	70,3	1,7	2,37
НСР <sub>05</sub>	–	1,16	1,25	0,14	0,07

Приложение 5

Объемная масса почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, г/см<sup>3</sup> (в фазу колошения, 2019 г.)

Слой, см	Технология							НСР <sub>05</sub>
	Экстенсивная 1 (к)	Экстенсивная 2	Энергоресурсосберегающая	Базовая	Экологически допустимая	Мелиоративная	Биологизированная	
5–30	1,39	1,43	1,43	1,4	1,34	1,32	1,34	0,02
30–70	1,47	1,51	1,51	1,48	1,46	1,39	1,45	
0–100	1,43	1,46	1,46	1,43	1,39	1,35	1,38	

Приложение 6

Объемная масса почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, г/см<sup>3</sup> (в фазу колошения, 2020 г.)

Слой, см	Технология							НСР <sub>05</sub>
	Экстенсивная 1 (к)	Экстенсивная 2	Энергоресурсосберегающая	Базовая	Экологически допустимая	Мелиоративная	Биологизированная	
5–30	1,44	1,47	1,46	1,43	1,39	1,35	1,37	0,017
30–70	1,49	1,51	1,52	1,49	1,48	1,41	1,47	
0–100	1,47	1,47	1,49	1,46	1,42	1,37	1,41	

Приложение 7

Объемная масса почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, г/см<sup>3</sup> (в фазу колошения, 2021 г.)

Слой, см	Технология							НСР <sub>05</sub>
	Экстенсивная 1 (к)	Экстенсивная 2	Энергоресурсосберегающая	Базовая	Экологически допустимая	Мелиоративная	Биологизированная	
5–30	1,42	1,45	1,44	1,42	1,36	1,33	1,34	0,019
30–70	1,49	1,51	1,51	1,48	1,47	1,39	1,45	
0–100	1,46	1,49	1,48	1,45	1,4	1,35	1,39	

Приложение 8

Объемная масса почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, г/см<sup>3</sup> (в фазу полной спелости зерна, 2019 г.)

Слой, см	Технология							НСР <sub>05</sub>
	Экстенсивная 1 (к)	Экстенсивная 2	Энергоресурсосберегающая	Базовая	Экологически допустимая	Мелиоративная	Биологизированная	
5–30	1,44	1,51	1,51	1,44	1,43	1,37	1,39	0,011
30–70	1,53	1,54	1,54	1,52	1,51	1,39	1,49	
0–100	1,49	1,53	1,53	1,48	1,47	1,38	1,44	

Приложение 9

Объемная масса почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, г/см<sup>3</sup> (в фазу полной спелости зерна, 2020 г.)

Слой, см	Технология							НСР <sub>05</sub>
	Экстенсивная 1 (к)	Экстенсивная 2	Энергоресурсосберегающая	Базовая	Экологически допустимая	Мелиоративная	Биологизированная	
5–30	1,47	1,51	1,51	1,45	1,43	1,37	1,40	0,014
30–70	1,53	1,56	1,57	1,52	1,51	1,47	1,49	
0–100	1,50	1,54	1,54	1,49	1,47	1,42	1,45	

Приложение 10

Объемная масса почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте, г/см<sup>3</sup> (в фазу полной спелости зерна, 2021 г.)

Слой, см	Технология							НСР <sub>05</sub>
	Экстенсивная 1 (к)	Экстенсивная 2	Энергоресурсосберегающая	Базовая	Экологически допустимая	Мелиоративная	Биологизированная	
5–30	1,44	1,52	1,50	1,44	1,43	1,37	1,40	0,013
30–70	1,52	1,55	1,53	1,49	1,48	1,44	1,47	
0–100	1,49	1,54	1,52	1,47	1,46	1,40	1,44	

Приложение 11

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на водопрочность почвенной структуры чернозема выщелоченного, размер почвенных агрегатов в мм, содержание в % (2019 г.)

Технология	Слой, см	>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	Σ
Экстенсивная 1 (к)	0–30	10,4	12,0	18,1	10,9	7,4	58,7
	30–70	14,8	13,5	16,4	7,7	6,3	58,6
Экстенсивная 2	0–30	8,4	10,1	14,9	11,6	11,7	56,8
	30–70	10,9	12,9	16,7	9,1	8,2	57,7
Энергоресурсосберегающая	0–30	8,7	9,9	14,1	11,0	12,2	55,9
	30–70	11,8	13,0	15,9	8,9	7,6	57,2
Базовая	0–30	10,9	11,3	19,0	10,8	7,5	59,5
	30–70	14,0	14,2	17,9	7,4	6,5	59,9
Экологически допустимая	0–30	11,4	12,5	19,7	10,0	6,9	60,6
	30–70	13,8	15,1	18,8	7,2	6,0	60,7
Мелиоративная	0–30	12,7	12,6	21,6	8,0	7,3	62,2
	30–70	14,4	13,9	21,5	7,1	5,8	62,5
Биологизированная	0–30	11,8	11,7	20,3	10,0	7,6	61,3
	30–70	13,6	13,0	20,7	8,1	6,2	61,6
НСР <sub>05</sub>	–	1,31	1,48	2,28	1,27	2,24	2,51

Приложение 12

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на водопрочность почвенной структуры чернозема выщелоченного, размер почвенных агрегатов в мм, содержание в % (2020 г.)

Технология	Слой, см	>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	Σ
Экстенсивная 1 (к)	0–30	11,2	11,9	16,5	10,1	8,5	58,0
	30–70	9,8	11,4	15,4	10,1	10,2	56,8
Экстенсивная 2	0–30	12,2	12,8	17,6	9,0	7,2	58,9
	30–70	12,6	13,8	19,3	8,6	6,5	60,7
Энергоресурсосберегающая	0–30	13,0	12,7	21,1	8,4	6,9	62,0
	30–70	12,2	12,4	18,2	8,6	7,2	58,6
Базовая	0–30	10,4	11,1	17,2	10,9	7,4	57,0
	30–70	11,3	12,9	17,1	8,5	7,8	57,4
Экологически допустимая	0–30	11,4	12,4	18,2	9,2	6,8	58,0
	30–70	11,9	12,9	19,1	8,0	6,6	58,4
Мелиоративная	0–30	12,1	13,1	20,1	8,0	7,1	60,4
	30–70	13,1	12,2	21,5	7,9	6,5	61,2
Биологизированная	0–30	12,2	12,5	19,7	9,0	7,0	60,4
	30–70	12,5	12,2	20,8	8,3	6,7	60,4
НСР <sub>05</sub>	–	1,12	1,44	2,19	1,15	2,21	2,46

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на водопрочность почвенной структуры чернозема выщелоченного, размер почвенных агрегатов в мм, содержание в % (2021 г.)

Технология	Слой, см	>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	Σ
Экстенсивная 1 (к)	0–30	10,6	12,2	18,2	10,8	7,6	59,4
	30–70	15,0	13,9	16,6	7,9	6,3	59,5
Экстенсивная 2	0–30	8,6	10,3	15,0	11,8	11,9	57,6
	30–70	11,1	13,2	16,9	9,1	8,3	58,5
Энергоресурсосберегающая	0–30	9,0	10,2	14,3	11,1	12,4	56,9
	30–70	12,1	13,3	16,1	8,9	7,7	58,0
Базовая	0–30	11,1	11,4	19,0	10,9	7,6	60,0
	30–70	14,2	14,6	18,2	7,3	6,5	60,8
Экологически допустимая	0–30	11,8	12,7	20,0	10,1	7,0	61,5
	30–70	13,8	15,0	19,4	7,4	6,1	61,7
Мелиоративная	0–30	13,3	13,2	21,7	8,2	6,8	63,1
	30–70	14,6	14,1	21,7	7,3	5,7	63,3
Биологизированная	0–30	12,1	11,9	20,5	10,2	7,6	62,2
	30–70	13,9	13,2	20,9	8,3	6,3	62,5
НСП <sub>05</sub>	–	1,19	1,41	2,22	1,22	2,30	2,38

Твердость почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низино-западинном агроландшафте в слое 0 – 30 см кг/см<sup>2</sup>, (2018 – 2019 гг.)

Технология	Слой, см	Время определения			
		Конец осенней вегетации	В начале весенней вегетации	В фазу колошения	В фазу полной спелости зерна
Экстенсивная 1 (к)	0–10	16,7	21,5	28,3	40,0
	10–30	15,8	22,4	34,5	–
	20–30	28,1	34,2	40,0	–
Экстенсивная 2	0–10	14,4	28,2	37,7	40,0
	10–30	25,4	31,2	40,0	–
	20–30	29,1	35,1	40,0	–
Энергоресурсосберегающая	0–10	14,7	27,3	36,5	40,0
	10–30	25,9	30,1	40,0	–
	20–30	30,1	33,8	40,0	–
Базовая	0–10	17,1	20,9	27,9	40,0
	10–30	17,2	22,1	33,7	–
	20–30	28,8	33,9	40,0	–
Экологически допустимая	0–10	15,4	19,8	27,1	40,0
	10–30	15,9	21,2	32,8	–
	20–30	25,2	32,3	40,0	–
Мелиоративная	0–10	13,3	18,2	24,4	40,0
	10–30	14,1	19,1	28,5	–
	20–30	17,8	24,4	31,3	–
Биологизированная	0–10	14,4	19,2	27,4	40,0
	10–30	14,1	20,7	31,9	–
	20–30	22,4	30,2	40,0	–
НСР <sub>05</sub>	–	0,52	0,68	0,83	–

Приложение 15

Твердость почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низино-западинном агроландшафте в слое 0 – 30 см кг/см<sup>2</sup> (2019 – 2020 гг.)

Технология	Слой, см	Время определения			
		Конец осенней вегетации	В начале весенней вегетации	В фазу колошения	В фазу полной спелости зерна
Экстенсивная 1 (к)	0–10	17,5	23,4	30,1	40,0
	10–30	17,9	24,2	35,3	–
	20–30	29,2	35,7	40,0	–
Экстенсивная 2	0–10	15,7	29,2	38,2	40,0
	10–30	26,6	32,6	40,0	–
	20–30	30,4	36,5	40,0	–
Энергоресурсосберегающая	0–10	15,8	28,1	37,2	40,0
	10–30	26,7	31,2	40,0	–
	20–30	31,2	34,9	40,0	–
Базовая	0–10	18,4	21,5	29,2	40,0
	10–30	19,7	23,9	34,8	–
	20–30	29,5	35,2	40,0	–
Экологически допустимая	0–10	16,5	20,8	28,2	40,0
	10–30	17,1	22,3	33,5	–
	20–30	26,8	33,8	40,0	–
Мелиоративная	0–10	14,5	19,4	26,7	40,0
	10–30	15,2	20,6	29,7	–
	20–30	18,9	25,6	34,4	–
Биологизированная	0–10	15,7	21,1	28,2	40,0
	10–30	16,1	21,9	33,8	–
	20–30	23,6	33,4	40,0	–
НСР <sub>05</sub>	–	0,42	0,58	0,73	–

Твердость почвы в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низино-западинном агроландшафте в слое 0 – 30 см кг/см<sup>2</sup> (2020 – 2021 гг.)

Технология	Слой, см	Время определения			
		Конец осенней вегетации	В начале весенней вегетации	В фазу колошения	В фазу полной спелости зерна
Экстенсивная 1 (к)	0–10	18,1	22,8	29,6	40,0
	10–30	18,8	25,1	34,4	–
	20–30	30,3	36,3	40,0	–
Экстенсивная 2	0–10	16,6	30,3	37,3	40,0
	10–30	27,4	33,2	40,0	–
	20–30	31,3	37,3	40,0	–
Энергоресурсосберегающая	0–10	16,4	29,2	36,4	40,0
	10–30	27,8	32,1	40,0	–
	20–30	32,1	35,6	40,0	–
Базовая	0–10	19,1	22,4	28,4	40,0
	10–30	20,2	24,6	33,7	–
	20–30	30,1	36,3	40,0	–
Экологически допустимая	0–10	17,1	21,2	27,5	40,0
	10–30	18,2	23,4	32,7	–
	20–30	27,4	34,9	40,0	–
Мелиоративная	0–10	15,6	20,6	25,6	40,0
	10–30	16,3	21,7	28,6	–
	20–30	19,2	26,4	33,2	–
Биологизированная	0–10	16,4	22,3	27,1	40,0
	10–30	17,5	23,1	32,4	–
	20–30	24,3	32,1	40,0	–
НСР <sub>05</sub>	–	0,45	0,64	0,76	–

## Приложение 17

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы (в фазу колошения, 2019 г.)

Технология	Слой, см	W, %
Экстенсивная 1 (к)	0–100	19,4
Экстенсивная 2	0–100	17,3
Энергоресурсосберегающая	0–100	17,2
Базовая	0–100	20,7
Экологически допустимая	0–100	20,6
Мелиоративная	0–100	21,4
Биологизированная	0–100	20,9
НСР <sub>05</sub>	–	0,81

## Приложение 18

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы (в фазу колошения, 2020 г.)

Технология	Слой, см	W, %
Экстенсивная 1 (к)	0–100	18,3
Экстенсивная 2	0–100	16,6
Энергоресурсосберегающая	0–100	16,4
Базовая	0–100	17,8
Экологически допустимая	0–100	18,8
Мелиоративная	0–100	20,1
Биологизированная	0–100	19,8
НСР <sub>05</sub>	–	0,71

## Приложение 19

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы (в фазу колошения, 2021 г.)

Технология	Слой, см	W, %
Экстенсивная 1 (к)	0–100	18,7
Экстенсивная 2	0–100	17,5
Энергоресурсосберегающая	0–100	17,3
Базовая	0–100	19,4
Экологически допустимая	0–100	20,2
Мелиоративная	0–100	21,3
Биологизированная	0–100	20,6
НСР <sub>05</sub>	–	0,76

## Приложение 20

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы (в фазу полной спелости зерна, 2019 г.)

Технология	Слой, см	W, %
Экстенсивная 1 (к)	0–100	16,3
Экстенсивная 2	0–100	16,0
Энергоресурсосберегающая	0–100	15,8
Базовая	0–100	16,3
Экологически допустимая	0–100	16,5
Мелиоративная	0–100	16,9
Биологизированная	0–100	16,7
НСР <sub>05</sub>	–	0,31

## Приложение 21

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы (в фазу полной спелости зерна, 2020 г.)

Технология	Слой, см	W, %
Экстенсивная 1 (к)	0–100	16,1
Экстенсивная 2	0–100	15,9
Энергоресурсосберегающая	0–100	15,8
Базовая	0–100	16,4
Экологически допустимая	0–100	16,1
Мелиоративная	0–100	17,3
Биологизированная	0–100	17,0
НСР <sub>05</sub>	–	0,24

## Приложение 22

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы (в фазу полной спелости зерна, 2021 г.)

Технология	Слой, см	W, %
Экстенсивная 1 (к)	0–100	16,2
Экстенсивная 2	0–100	15,9
Энергоресурсосберегающая	0–100	15,8
Базовая	0–100	16,5
Экологически допустимая	0–100	16,4
Мелиоративная	0–100	17,3
Биологизированная	0–100	16,7
НСР <sub>05</sub>	–	0,27

## Приложение 23

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии возделывания, м<sup>3</sup>/га (в фазу осеннего кущения, 2018 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	3226	2017	1208
Экстенсивная 2	0–100	3124	2002	1123
Энергоресурсосберегающая	0–100	3087	1986	1101
Базовая	0–100	3251	2017	1234
Экологически допустимая	0–100	3212	1954	1257
Мелиоративная	0–100	3169	1797	1373
Биологизированная	0–100	3201	1875	1326
НСР <sub>05</sub>	–	79	23	69

## Приложение 24

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии возделывания, м<sup>3</sup>/га (в фазу осеннего кущения, 2019 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	2764	2065	700
Экстенсивная 2	0–100	2652	2049	603
Энергоресурсосберегающая	0–100	2639	2049	590
Базовая	0–100	2808	2049	759
Экологически допустимая	0–100	2858	2002	856
Мелиоративная	0–100	2808	1860	949
Биологизированная	0–100	2818	1923	895
НСР <sub>05</sub>	–	71	17	58

## Приложение 25

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии возделывания, м<sup>3</sup>/га (в фазу осеннего кущения, 2020 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	2521	2080	441
Экстенсивная 2	0–100	2500	2096	404
Энергоресурсосберегающая	0–100	2479	2112	367
Базовая	0–100	2554	2096	458
Экологически допустимая	0–100	2619	2033	586
Мелиоративная	0–100	2674	1907	767
Биологизированная	0–100	2663	1970	693
НСР <sub>05</sub>	–	74	19	64

## Приложение 26

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу весеннего кущения, 2019 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	3863	2159	1704
Экстенсивная 2	0–100	3906	2222	1684
Энергоресурсосберегающая	0–100	3878	2206	1672
Базовая	0–100	3906	2191	1715
Экологически допустимая	0–100	3861	2128	1733
Мелиоративная	0–100	3828	2080	1748
Биологизированная	0–100	3873	2112	1761
НСР <sub>05</sub>	–	98	21	95

## Приложение 27

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу весеннего кущения, 2020 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	3948	2222	1726
Экстенсивная 2	0–100	3946	2269	1676
Энергоресурсосберегающая	0–100	3946	2269	1676
Базовая	0–100	3920	2206	1714
Экологически допустимая	0–100	3962	2191	1771
Мелиоративная	0–100	3873	2112	1761
Биологизированная	0–100	3903	2143	1760
НСР <sub>05</sub>	–	87	15	89

## Приложение 28

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу весеннего кущения, 2021 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	3732	2254	1479
Экстенсивная 2	0–100	3562	2301	1261
Энергоресурсосберегающая	0–100	3524	2285	1238
Базовая	0–100	3718	2254	1464
Экологически допустимая	0–100	3696	2206	1490
Мелиоративная	0–100	3672	2143	1529
Биологизированная	0–100	3657	2175	1482
НСР <sub>05</sub>	–	92	20	93

## Приложение 29

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу колошения, 2019 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	2774	2254	521
Экстенсивная 2	0–100	2526	2301	225
Энергоресурсосберегающая	0–100	2511	2301	210
Базовая	0–100	2960	2254	706
Экологически допустимая	0–100	2863	2191	673
Мелиоративная	0–100	2889	2128	761
Биологизированная	0–100	2884	2175	709
НСР <sub>05</sub>	–	103	25	105

## Приложение 30

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу колошения, 2020 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	2690	2317	373
Экстенсивная 2	0–100	2440	2317	123
Энергоресурсосберегающая	0–100	2444	2348	95
Базовая	0–100	2599	2301	298
Экологически допустимая	0–100	2670	2238	432
Мелиоративная	0–100	2754	2159	595
Биологизированная	0–100	2792	2222	570
НСР <sub>05</sub>	–	92	21	97

## Приложение 31

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу колошения, 2021 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	2730	2301	429
Экстенсивная 2	0–100	2608	2348	259
Энергоресурсосберегающая	0–100	2560	2332	228
Базовая	0–100	2813	2285	528
Экологически допустимая	0–100	2828	2206	622
Мелиоративная	0–100	2876	2128	748
Биологизированная	0–100	2863	2191	673
НСР <sub>05</sub>	–	99	24	103

## Приложение 32

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу полной спелости зерна, 2019 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	2429	2348	80
Экстенсивная 2	0–100	2448	2411	37
Энергоресурсосберегающая	0–100	2417	2411	6
Базовая	0–100	2412	2332	80
Экологически допустимая	0–100	2396	2317	79
Мелиоративная	0–100	2387	2175	213
Биологизированная	0–100	2405	2269	135
НСР <sub>05</sub>	–	37	24	34

## Приложение 33

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу полной спелости зерна, 2020 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	2415	2364	51
Экстенсивная 2	0–100	2449	2427	22
Энергоресурсосберегающая	0–100	2433	2427	6
Базовая	0–100	2399	2348	51
Экологически допустимая	0–100	2381	2317	65
Мелиоративная	0–100	2400	2238	162
Биологизированная	0–100	2465	2285	180
НСР <sub>05</sub>	–	29	17	27

## Приложение 34

Запас влаги под озимой пшеницей в зависимости от технологии  
возделывания озимой пшеницы, м<sup>3</sup>/га (в фазу полной спелости зерна, 2021 г.)

Технология	Слой, см	W <sub>общ</sub>	W <sub>непрод</sub>	W <sub>прод</sub>
Экстенсивная 1 (к)	0–100	2414	2348	66
Экстенсивная 2	0–100	2442	2427	22
Энергоресурсосберегающая	0–100	2402	2396	6
Базовая	0–100	2381	2317	65
Экологически допустимая	0–100	2380	2301	79
Мелиоративная	0–100	2436	2206	230
Биологизированная	0–100	2405	2269	135
НСР <sub>05</sub>	–	34	21	31

## Приложение 35

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу осеннего кущения, 2018 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	51,1	18,9	32,3
Экстенсивная 2	0–100	51,5	20,3	31,2
Энергоресурсосберегающая	0–100	51,9	21,0	30,9
Базовая	0–100	51,1	18,6	32,5
Экологически допустимая	0–100	52,7	20,6	32,1
Мелиоративная	0–100	56,5	24,8	31,7
Биологизированная	0–100	54,6	22,6	32,0
НСР <sub>05</sub>	–	0,57	1,18	1,28

## Приложение 36

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу осеннего кущения, 2019 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	50,0	22,4	35,4
Экстенсивная 2	0–100	50,4	23,9	32,3
Энергоресурсосберегающая	0–100	50,4	24,0	33,5
Базовая	0–100	50,4	22,3	35,3
Экологически допустимая	0–100	51,5	23,0	36,3
Мелиоративная	0–100	55,0	26,9	34,5
Биологизированная	0–100	53,4	25,3	35,0
НСР <sub>05</sub>	–	0,52	1,07	1,14

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу осеннего кущения, 2020 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	49,6	24,4	25,2
Экстенсивная 2	0–100	49,2	24,2	25,0
Энергоресурсосберегающая	0–100	48,9	24,1	24,8
Базовая	0–100	49,2	23,7	25,5
Экологически допустимая	0–100	50,8	24,6	26,2
Мелиоративная	0–100	53,8	27,1	26,7
Биологизированная	0–100	52,3	25,7	26,6
НСР <sub>05</sub>	–	0,47	1,13	1,22

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу весеннего кущения, 2019 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	47,7	15,0	32,7
Экстенсивная 2	0–100	46,2	13,6	32,6
Энергоресурсосберегающая	0–100	46,6	13,9	32,6
Базовая	0–100	46,9	13,9	33,1
Экологически допустимая	0–100	48,5	15,8	32,7
Мелиоративная	0–100	49,6	16,2	33,4
Биологизированная	0–100	48,9	16,2	32,7
НСР <sub>05</sub>	–	0,52	0,92	0,79

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу весеннего кущения, 2020 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	46,2	15,9	32,7
Экстенсивная 2	0–100	45,0	16,4	32,6
Энергоресурсосберегающая	0–100	45,0	16,1	32,6
Базовая	0–100	46,6	16,5	33,1
Экологически допустимая	0–100	46,9	16,4	32,7
Мелиоративная	0–100	48,9	18,3	33,4
Биологизированная	0–100	48,1	17,6	32,7
НСР <sub>05</sub>	–	0,55	0,94	0,84

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу весеннего кущения, 2021 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	45,4	14,7	30,7
Экстенсивная 2	0–100	44,3	15,2	29,1
Энергоресурсосберегающая	0–100	44,7	15,5	29,1
Базовая	0–100	45,4	14,7	30,7
Экологически допустимая	0–100	46,6	15,8	30,8
Мелиоративная	0–100	48,1	17,1	31,0
Биологизированная	0–100	47,3	16,4	30,9
НСР <sub>05</sub>	–	0,43	0,88	0,68

## Приложение 41

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу колошения, 2019 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	45,4	17,7	27,7
Экстенсивная 2	0–100	44,3	19,0	25,3
Энергоресурсосберегающая	0–100	44,3	19,2	25,1
Базовая	0–100	45,4	15,8	29,6
Экологически допустимая	0–100	46,9	18,3	28,6
Мелиоративная	0–100	48,5	19,6	28,9
Биологизированная	0–100	47,3	18,5	28,8
НСР <sub>05</sub>	–	0,33	0,57	0,78

## Приложение 42

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу колошения, 2020 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	43,9	17,0	26,9
Экстенсивная 2	0–100	43,7	19,5	24,2
Энергоресурсосберегающая	0–100	43,3	18,7	24,6
Базовая	0–100	44,3	18,3	26,0
Экологически допустимая	0–100	46,0	19,1	26,7
Мелиоративная	0–100	47,7	20,2	27,5
Биологизированная	0–100	46,4	18,3	28,1
НСР <sub>05</sub>	–	0,24	0,62	0,81

Приложение 43

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу колошения, 2021 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	44,5	17,2	27,3
Экстенсивная 2	0–100	43,7	18,5	25,2
Энергоресурсосберегающая	0–100	43,7	18,6	25,1
Базовая	0–100	44,8	16,9	27,9
Экологически допустимая	0–100	46,5	18,6	27,9
Мелиоративная	0–100	48,2	19,8	28,4
Биологизированная	0–100	46,9	18,4	28,5
НСР <sub>05</sub>	–	0,35	0,51	0,72

Приложение 44

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу полной спелости зерна, 2019 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	43,1	18,8	24,3
Экстенсивная 2	0–100	42,6	18,9	23,8
Энергоресурсосберегающая	0–100	42,6	19,4	23,2
Базовая	0–100	43,5	19,4	24,1
Экологически допустимая	0–100	43,9	19,9	24,0
Мелиоративная	0–100	47,4	23,5	23,9
Биологизированная	0–100	45,0	21,0	24,0
НСР <sub>05</sub>	–	0,43	0,62	0,51

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу полной спелости зерна, 2020 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	42,7	18,6	24,2
Экстенсивная 2	0–100	42,2	18,7	23,1
Энергоресурсосберегающая	0–100	42,2	18,9	23,3
Базовая	0–100	43,1	19,1	24,0
Экологически допустимая	0–100	43,9	20,1	23,8
Мелиоративная	0–100	46,9	21,8	24,9
Биологизированная	0–100	44,7	20,0	24,7
НСР <sub>05</sub>	–	0,37	0,69	0,55

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте на общую, некапиллярную и капиллярную скважность почвы, % (в фазу полной спелости зерна, 2021 г.)

Технология	Слой, см	Общая скважность	Некапиллярная скважность	Капиллярная скважность
Экстенсивная 1 (к)	0–100	43,1	19,0	24,1
Экстенсивная 2	0–100	43,0	19,7	23,5
Энергоресурсосберегающая	0–100	42,5	19,2	23,0
Базовая	0–100	43,9	20,1	23,8
Экологически допустимая	0–100	44,5	20,5	23,8
Мелиоративная	0–100	46,9	22,2	24,9
Биологизированная	0–100	45,6	21,0	24,5
НСР <sub>05</sub>	–	0,32	0,41	0,47

Приложение 47

Показатели суммарного водопотребления ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) и коэффициента водопотребления ( $\text{м}^3/\text{т}$ ) в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы (2019 г.)

Технология	Суммарное водопотребление, $\text{м}^3/\text{га}$	Коэффициент водопотребления, $\text{м}^3/\text{т}$
Экстенсивная 1 (к)	7248	1337
Экстенсивная 2	7206	1430
Энергоресурсосберегающая	7215	1286
Базовая	7274	1097
Экологически допустимая	7298	1055
Мелиоративная	7280	966
Биологизированная	7310	1028
НСР <sub>05</sub>	93	62

Приложение 48

Показатели суммарного водопотребления ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) и коэффициента водопотребления ( $\text{м}^3/\text{т}$ ) в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы (2020 г.)

Технология	Суммарное водопотребление, $\text{м}^3/\text{га}$	Коэффициент водопотребления, $\text{м}^3/\text{т}$
Экстенсивная 1 (к)	4651	940
Экстенсивная 2	4446	1004
Энергоресурсосберегающая	4448	865
Базовая	4573	756
Экологически допустимая	4655	738
Мелиоративная	4651	699
Биологизированная	4580	709
НСР <sub>05</sub>	57	41

Приложение 49

Показатели суммарного водопотребления ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) и коэффициента водопотребления ( $\text{м}^3/\text{т}$ ) в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы (2021 г.)

Технология	Суммарное водопотребление, $\text{м}^3/\text{га}$	Коэффициент водопотребления, $\text{м}^3/\text{т}$
Экстенсивная 1 (к)	5040	920
Экстенсивная 2	5048	1037
Энергоресурсосберегающая	5026	890
Базовая	5058	784
Экологически допустимая	5172	775
Мелиоративная	5203	698
Биологизированная	5222	728
НСР <sub>05</sub>	64	55

Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу всходов, 2019 г.)

Технология	Слой, см	$p_{H_2O}$	$N-NH_4^+$ , мг/кг	$N-NO_3^-$ , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,62	10,3	9,6	34,0	220
Экстенсивная 2	0–40	6,60	10,7	9,2	33,0	224
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,33	11,6	14,7	47,5	246
Базовая	0–40	6,32	12,0	15,9	56,0	249
Экологически допустимая	0–40	6,43	12,2	17,3	44,5	281
Мелиоративная	0–40	6,75	12,7	19,5	69,0	328
Биологизированная	0–40	6,72	12,1	19,3	59,5	324
НСР <sub>05</sub>	–	0,05	0,24	0,27	4,1	7,2

Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу всходов, 2020 г.)

Технология	Слой, см	$p_{H_2O}$	$N-NH_4^+$ , мг/кг	$N-NO_3^-$ , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,74	10,2	9,3	29,5	205
Экстенсивная 2	0–40	6,78	10,0	8,9	30,5	207
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,39	11,0	14,2	40,0	235
Базовая	0–40	6,41	11,2	15,2	46,5	246
Экологически допустимая	0–40	6,57	11,3	16,9	39,0	264
Мелиоративная	0–40	6,82	12,2	19,0	57,0	319
Биологизированная	0–40	6,79	11,8	18,1	54,0	305
НСР <sub>05</sub>	–	0,02	0,31	0,21	3,7	6,5

Агрехимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу всходов, 2021 г.)

Технология	Слой, см	pH <sub>H2O</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,65	10,4	9,9	35,5	225
Экстенсивная 2	0–40	6,66	10,7	9,7	33,0	220
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,36	11,6	15,1	48,0	255
Базовая	0–40	6,36	12,2	16,2	54,5	260
Экологически допустимая	0–40	6,47	12,4	17,5	40,5	281
Мелиоративная	0–40	6,76	13,0	19,7	70,0	331
Биологизированная	0–40	6,73	12,3	19,4	62,0	326
НСР <sub>05</sub>	–	0,03	0,21	0,17	3,9	7,9

Агрехимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу весеннего кушения, 2019 г.)

Технология	Слой, см	pH <sub>H2O</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,73	9,6	8,9	19,5	187
Экстенсивная 2	0–40	6,76	9,6	8,2	19,0	175
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,34	10,3	12,7	27,0	214
Базовая	0–40	6,36	10,6	13,4	28,5	223
Экологически допустимая	0–40	6,51	10,0	15,5	25,0	233
Мелиоративная	0–40	6,84	12,0	17,3	44,5	274
Биологизированная	0–40	6,82	11,3	16,2	42,5	270
НСР <sub>05</sub>	–	0,04	0,51	0,37	1,12	4,9

Агрехимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу весеннего кушения, 2020 г.)

Технология	Слой, см	$pH_{H_2O}$	$N-NH_4^+$ , мг/кг	$N-NO_3^-$ , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,67	9,6	9,4	20,5	193
Экстенсивная 2	0–40	6,62	9,6	8,4	21,0	180
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,32	10,3	13,4	29,0	212
Базовая	0–40	6,33	10,6	14,5	32,0	223
Экологически допустимая	0–40	6,56	10,0	16,2	25,5	242
Мелиоративная	0–40	6,75	12,0	18,5	46,5	285
Биологизированная	0–40	6,72	11,3	17,5	44,0	274
НСР <sub>05</sub>	–	0,03	0,47	0,42	1,18	4,1

Агрехимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу весеннего кушения, 2021 г.)

Технология	Слой, см	$pH_{H_2O}$	$N-NH_4^+$ , мг/кг	$N-NO_3^-$ , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,62	9,7	9,4	23,5	200
Экстенсивная 2	0–40	6,62	9,3	8,7	22,5	191
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,34	11,1	13,5	32,0	225
Базовая	0–40	6,32	11,4	14,5	35,0	233
Экологически допустимая	0–40	6,47	11,3	16,3	28,5	244
Мелиоративная	0–40	6,75	12,5	18,6	49,5	291
Биологизированная	0–40	6,77	11,7	17,4	46,0	281
НСР <sub>05</sub>	–	0,03	0,59	0,38	1,05	3,9

Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу полной спелости зерна, 2019 г.)

Технология	Слой, см	pH <sub>H2O</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачигину)	Обменный калий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,71	8,2	4,8	15,0	141
Экстенсивная 2	0–40	6,74	7,6	5,1	13,5	135
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,43	8,7	5,5	20,5	156
Базовая	0–40	6,42	9,2	4,5	25,5	161
Экологически допустимая	0–40	6,57	9,3	4,9	19,5	176
Мелиоративная	0–40	6,83	9,8	3,8	35,5	209
Биологизированная	0–40	6,79	9,6	6,8	32,5	200
НСП <sub>05</sub>	–	0,03	0,11	1,1	1,3	2,1

Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу полной спелости зерна, 2020 г.)

Технология	Слой, см	pH <sub>H2O</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачигину)	Обменный ка- лий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,73	8,7	5,3	17,5	149
Экстенсивная 2	0–40	6,695	8,1	5,4	14,5	142
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,33	9,0	5,2	22,5	162
Базовая	0–40	6,345	9,3	4,5	26,5	164
Экологически допустимая	0–40	6,475	9,5	4,4	21,0	185
Мелиоративная	0–40	6,86	10,2	3,9	37,5	215
Биологизированная	0–40	6,80	9,8	5,4	35,5	207
НСП <sub>05</sub>	–	0,02	0,14	1,0	1,5	2,2

Агрохимические показатели чернозема выщелоченного в зависимости от технологии возделывания озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (в фазу полной спелости зерна, 2021 г.)

Технология	Слой, см	$pH_{H_2O}$	$N-NH_4^+$ , мг/кг	$N-NO_3^-$ , мг/кг	Доступный фосфор, мг/кг (по Мачиги- ну)	Обменный калий, мг/кг (по Мачигину)
Экстенсивная 1 (к)	0–40	6,62	7,8	5,2	14,0	135
Экстенсивная 2	0–40	6,65	7,4	5,3	12,0	129
Энергоресурсосберегающая	0–40	6,39	8,2	4,3	19,5	150
Базовая	0–40	6,36	8,9	5,4	24,0	151
Экологически допустимая	0–40	6,44	9,1	4,7	18,5	175
Мелиоративная	0–40	6,77	9,5	8,4	32,5	205
Биологизированная	0–40	6,74	9,3	4,2	29,5	195
НСР <sub>05</sub>	–	0,03	0,17	0,8	1,1	2,7

Приложение 59

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на засоренность в низинно-западинном агроландшафте, шт./м<sup>2</sup> (2019 г.)

Технология	Количество сорняков по видам		
	Однолетних	Многолетних	Всего
Экстенсивная 1 (к)	7	3	10
Экстенсивная 2	17	8	25
Энергоресурсосберегающая	18	8	26
Базовая	12	3	15
Экологически допустимая	10	1	11
Мелиоративная	14	3	17
Биологизированная	15	4	19
НСР <sub>05</sub>	2,3	1,8	2,9

Приложение 60

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на засоренность в низинно-западинном агроландшафте, шт./м<sup>2</sup> (2020 г.)

Технология	Количество сорняков по видам		
	Однолетних	Многолетних	Всего
Экстенсивная 1 (к)	9	2	11
Экстенсивная 2	15	5	20
Энергоресурсосберегающая	17	7	24
Базовая	12	2	14
Экологически допустимая	9	2	11
Мелиоративная	12	2	14
Биологизированная	12	4	16
НСР <sub>05</sub>	1,9	1,1	2,3

Приложение 61

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на засоренность в низинно-западинном агроландшафте, шт./м<sup>2</sup> (2021 г.)

Технология	Количество сорняков по видам		
	Однолетних	Многолетних	Всего
Экстенсивная 1 (к)	11	2	13
Экстенсивная 2	18	5	23
Энергоресурсосберегающая	21	8	29
Базовая	11	3	14
Экологически допустимая	13	3	16
Мелиоративная	15	5	20
Биологизированная	16	5	21
НСР <sub>05</sub>	2,1	1,4	2,4

Приложение 62

Густота стояния растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, шт./м<sup>2</sup> (2019 г.)

Технология	Всходы	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	428	364	348	332
Экстенсивная 2	418	355	339	328
Энергоресурсосберегающая	434	361	347	337
Базовая	438	368	349	339
Экологически допустимая	438	370	352	341
Мелиоративная	437	375	356	348
Биологизированная	429	373	355	345
НСР <sub>05</sub>	5,4	3,1	3,6	2,4

Приложение 63

Густота стояния растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, шт./м<sup>2</sup> (2020 г.)

Технология	Всходы	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	417	358	335	324
Экстенсивная 2	411	343	329	317
Энергоресурсосберегающая	419	355	339	328
Базовая	423	361	341	330
Экологически допустимая	427	364	346	334
Мелиоративная	432	369	350	343
Биологизированная	429	366	349	337
НСР <sub>05</sub>	4,7	2,6	3,1	2,1

Приложение 64

Густота стояния растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, шт./м<sup>2</sup> (2021 г.)

Технология	Всходы	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	425	367	339	331
Экстенсивная 2	420	358	332	324
Энергоресурсосберегающая	428	369	348	332
Базовая	433	372	346	336
Экологически допустимая	434	373	351	340
Мелиоративная	439	377	354	345
Биологизированная	435	375	353	343
НСР <sub>05</sub>	5,1	2,8	3,4	2,3

Приложение 65

Продолжительность фенологических фаз растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, дней (2019 г.)

Технология	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость	Вегетационный период	
								Всходы – полная спелость	Без зимнего покоя
Экстенсивная 1 (к)	14	24	42	25	23	12	9	256	147
Экстенсивная 2	15	25	44	24	22	12	8	257	146
Энергоресурсосберегающая	14	24	43	24	22	12	9	257	146
Базовая	13	23	42	25	23	12	10	257	148
Экологически допустимая	13	23	42	25	23	12	10	255	148
Мелиоративная	13	23	40	25	24	12	11	255	150
Биологизированная	13	23	41	25	24	12	11	256	150

Продолжительность фенологических фаз растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, дней (2020 г.)

Технология	Всходы	Кущение	Выход в труб- ку	Колошение	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость	Вегетационный период	
								Всходы – полная спелость	Без зимнего покоя
Экстенсивная 1 (к)	11	22	43	25	24	15	8	252	148
Экстенсивная 2	12	23	40	27	24	14	7	251	147
Энергоресурсосберегающая	11	23	44	25	24	14	7	252	148
Базовая	11	22	46	26	25	15	8	257	153
Экологически допустимая	11	22	44	26	26	15	9	257	153
Мелиоративная	11	22	44	26	26	16	10	259	155
Биологизированная	11	22	44	26	26	16	10	259	155

Продолжительность фенологических фаз растений озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, дней (2021 г.)

Технология	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость	Вегетационный период	
								Всходы – полная спелость	Без зимнего покоя
Экстенсивная 1 (к)	12	26	42	27	26	14	10	279	168
Экстенсивная 2	12	27	43	25	26	12	8	275	164
Энергоресурсосберегающая	12	27	43	25	26	13	9	277	166
Базовая	12	26	42	27	27	15	11	282	171
Экологически допустимая	12	26	42	27	27	15	11	282	171
Мелиоративная	12	26	42	28	27	16	12	285	174
Биологизированная	12	26	42	28	26	16	12	284	173

Высота озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, см (2019 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение весной	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	22,1	52,8	81,3	83,5
Экстенсивная 2	20,5	51,2	80,2	81,5
Энергоресурсосберегающая	23,6	54,3	83,8	87,5
Базовая	26,3	54,1	82,3	83,5
Экологически допустимая	25,7	53,4	83,8	85,5
Мелиоративная	25,4	50,4	83,7	87,1
Биологизированная	24,9	55,4	81,3	83,5
НСР <sub>05</sub>	0,7	1,7	1,5	2,3

Приложение 69

Высота озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, см (2020 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение весной	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	21,2	50,4	80,1	82,1
Экстенсивная 2	19,4	49,3	78,7	79,8
Энергоресурсосберегающая	21,4	51,9	81,2	82,1
Базовая	25,5	52,1	81,5	83,5
Экологически допустимая	24,7	52,4	82,8	84,2
Мелиоративная	24,6	51,4	84,7	87,6
Биологизированная	24,3	54,1	80,5	85,6
НСР <sub>05</sub>	0,5	1,4	1,2	2,0

Приложение 70

Высота озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте, см (2021 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение весной	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	23,4	53,4	83,5	84,2
Экстенсивная 2	21,2	51,7	81,5	82,1
Энергоресурсосберегающая	24,2	55,4	84,5	86,4
Базовая	27,2	52,3	83,1	84,0
Экологически допустимая	26,4	54,2	84,2	85,9
Почвозащитная	26,1	53,8	83,9	88,2
Биологизированная	25,2	56,9	83,4	87,6
НСР <sub>05</sub>	0,8	1,5	1,4	2,2

Приложение 71

Динамика накопления воздушно-сухого вещества в растениях озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, г/растение (2019 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	0,10	1,04	3,28	4,71
Экстенсивная 2	0,09	1,01	3,01	4,32
Энергоресурсосберегающая	0,11	1,09	3,72	5,01
Базовая	0,12	1,18	3,86	5,12
Экологически допустимая	0,13	1,21	4,19	5,40
Мелиоративная	0,15	1,28	4,43	5,73
Биологизированная	0,14	1,25	4,31	5,52
НСР <sub>05</sub>	–	0,11	0,09	0,15

Приложение 72

Динамика накопления воздушно-сухого вещества в растениях озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, г/растение (2020 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	0,11	1,06	3,32	4,84
Экстенсивная 2	0,10	1,03	3,08	4,49
Энергоресурсосберегающая	0,12	1,13	3,84	5,11
Базовая	0,13	1,21	3,95	5,28
Экологически допустимая	0,13	1,24	4,28	5,51
Мелиоративная	0,16	1,30	4,59	5,82
Биологизированная	0,15	1,27	4,37	5,61
НСР <sub>05</sub>	–	0,08	0,11	0,10

Приложение 73

Динамика накопления воздушно-сухого вещества в растениях озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, г/растение (2021 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	0,09	1,02	3,39	4,91
Экстенсивная 2	0,08	0,98	3,17	4,58
Энергоресурсосберегающая	0,10	1,05	3,98	5,27
Базовая	0,11	1,16	4,08	5,41
Экологически допустимая	0,11	1,79	4,39	5,65
Мелиоративная	0,14	1,27	4,70	5,94
Биологизированная	0,13	1,24	4,49	5,76
НСР <sub>05</sub>	–	0,07	0,14	0,14

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на ассимиляционную площадь листьев, см<sup>2</sup> на растение (2019 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	6,5	75,6	135,2	64,3
Экстенсивная 2	5,8	70,4	127,7	60,9
Энергоресурсосберегающая	6,8	85,2	144,4	76,9
Базовая	7,1	109,2	159,6	80,5
Экологически допустимая	7,7	116,9	192,7	90,2
Мелиоративная	8,4	137,2	223,9	103,8
Биологизированная	8,1	128,3	211,8	96,3
НСР <sub>05</sub>	0,2	8,4	10,1	11,2

Приложение 75

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на ассимиляционную площадь листьев, см<sup>2</sup> на растение (2020 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	5,8	72,6	128,6	69,3
Экстенсивная 2	5,3	68,5	119,2	62,9
Энергоресурсосберегающая	6,1	79,2	137,1	74,9
Базовая	6,9	97,2	155,7	80,5
Экологически допустимая	7,2	107,7	188,3	86,7
Мелиоративная	8,1	141,4	236,7	94,4
Биологизированная	7,6	129,3	220,3	90,5
НСР <sub>05</sub>	0,2	8,8	7,6	8,1

Приложение 76

Влияние технологии возделывания озимой пшеницы на ассимиляционную площадь листьев, см<sup>2</sup> на растение (2021 г.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Экстенсивная 1 (к)	6,8	80,6	142,8	70,1
Экстенсивная 2	6,1	76,3	131,3	63,6
Энергоресурсосберегающая	7,1	88,2	153,3	75,2
Базовая	7,4	102,2	162,4	80,3
Экологически допустимая	7,9	111,2	187,1	87,4
Мелиоративная	8,8	154,3	241,3	99,5
Биологизированная	8,3	141,4	229,6	94,2
НСР <sub>05</sub>	0,2	7,2	9,2	9,4

Коэффициент корреляции ( $r$ ) между ассимиляционной площадью листьев и урожайностью озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта (2019–2021 гг.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
2019 год				
Экстенсивная 1 (к)	0,24	0,44	0,69	0,42
Экстенсивная 2	0,22	0,41	0,65	0,39
Энергоресурсосберегающая	0,25	0,46	0,74	0,48
Базовая	0,27	0,51	0,80	0,57
Экологически допустимая	0,29	0,55	0,84	0,59
Мелиоративная	0,32	0,61	0,94	0,63
Биологизированная	0,30	0,58	0,91	0,62
2020 год				
Экстенсивная 1 (к)	0,21	0,41	0,65	0,39
Экстенсивная 2	0,18	0,38	0,62	0,36
Энергоресурсосберегающая	0,23	0,44	0,68	0,42
Базовая	0,24	0,48	0,71	0,51
Экологически допустимая	0,27	0,51	0,75	0,55
Мелиоративная	0,30	0,57	0,83	0,60
Биологизированная	0,28	0,54	0,81	0,58
2021 год				
Экстенсивная 1 (к)	0,22	0,42	0,68	0,40
Экстенсивная 2	0,20	0,39	0,65	0,37
Энергоресурсосберегающая	0,24	0,45	0,71	0,45
Базовая	0,26	0,50	0,74	0,54
Экологически допустимая	0,28	0,53	0,78	0,58
Мелиоративная	0,31	0,59	0,87	0,62
Биологизированная	0,29	0,57	0,84	0,60

Фотосинтетический потенциал посевов озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки (2019 г.)

Технология	Межфазный период			
	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	колошение – молочная спелость зерна	кущение – молочная спелость зерна
Экстенсивная 1 (к)	643	949	835	2355
Экстенсивная 2	586	851	747	2118
Энергоресурсосберегающая	722	992	902	2531
Базовая	883	1206	1024	3062
Экологически допустимая	951	1398	1215	3502
Мелиоративная	1210	1801	1502	4131
Биологизированная	1118	1677	1390	3891
НСР <sub>05</sub>	93	128	49	228

Приложение 79

Фотосинтетический потенциал посевов озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки (2020 г.)

Технология	Межфазный период			
	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	колошение – молочная спелость зерна	кущение – молочная спелость зерна
Экстенсивная 1 (к)	643	949	835	2260
Экстенсивная 2	586	851	747	2070
Энергоресурсосберегающая	722	992	902	2460
Базовая	883	1206	1024	3016
Экологически допустимая	951	1398	1215	3510
Мелиоративная	1210	1801	1502	4478
Биологизированная	1118	1677	1390	4124
НСР <sub>05</sub>	84	117	42	211

Фотосинтетический потенциал посевов озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания, тыс. м<sup>2</sup>/га · сутки (2021 г.)

Технология	Межфазный период			
	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	колошение – молочная спелость зерна	кущение – молочная спелость зерна
Экстенсивная 1 (к)	643	949	835	2666
Экстенсивная 2	586	851	747	2363
Энергоресурсосберегающая	722	992	902	2857
Базовая	883	1206	1024	3261
Экологически допустимая	951	1398	1215	3678
Мелиоративная	1210	1801	1502	4930
Биологизированная	1118	1677	1390	4540
НСР <sub>05</sub>	90	137	61	232

Коэффициент корреляции ( $r$ ) между фотосинтетическим потенциалом посевов озимой пшеницы и урожайностью в зависимости от технологии возделывания в низинно-западинном агроландшафте (2019–2021 гг.)

Технология	Межфазный период		
	Кущение - выход в трубку	Выход в трубку – колошение	Колошение – молочная спелость
2019			
Экстенсивная 1 (к)	0,51	0,69	0,62
Экстенсивная 2	0,42	0,64	0,60
Энергоресурсосберегающая	0,53	0,72	0,65
Базовая	0,57	0,77	0,71
Экологически допустимая	0,64	0,82	0,76
Мелиоративная	0,72	0,89	0,82
Биологизированная	0,69	0,85	0,78
2020			
Экстенсивная 1 (к)	0,53	0,68	0,63
Экстенсивная 2	0,48	0,66	0,59
Энергоресурсосберегающая	0,55	0,70	0,67
Базовая	0,59	0,80	0,74
Экологически допустимая	0,66	0,81	0,78
Мелиоративная	0,75	0,91	0,86
Биологизированная	0,70	0,84	0,80
2021			
Экстенсивная 1 (к)	0,58	0,70	0,65
Экстенсивная 2	0,51	0,69	0,61
Энергоресурсосберегающая	0,60	0,68	0,64
Базовая	0,68	0,78	0,74
Экологически допустимая	0,72	0,84	0,81
Мелиоративная	0,77	0,95	0,87
Биологизированная	0,74	0,93	0,85

Приложение 85

Влияние технологии возделывания на структуру урожая озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте  
(2019 г.)

Технология	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Количество колосков в колосе, шт.		Масса зерна с колоса, г.	Количество продуктивных стеблей, шт./1 м <sup>2</sup>	Количество не продуктивных стеблей, шт./1 м <sup>2</sup>	Масса 1000 семян, г
			Всего	В т. ч. продуктивных				
Экстенсивная 1 (к)	8,5	26,1	16,5	13,7	1,03	532	23	39,5
Экстенсивная 2	8,7	25,3	15,5	13,2	0,98	521	25	38,9
Энергоресурсосберегающая	9,6	26,6	17,1	15,0	1,06	540	23	40,1
Базовая	10,1	28,6	18,3	16,5	1,18	575	20	40,9
Экологически допустимая	10,0	29,4	18,6	17,5	1,22	582	19	41,1
Мелиоративная	9,7	30,7	19,3	18,5	1,28	595	18	41,7
Биологизированная	10,5	29,9	19,1	18,1	1,24	587	20	41,3
НСР <sub>05</sub>	0,4	0,9	0,6	0,4	0,01	6,6	1,3	0,4

Приложение 86

Влияние технологии возделывания на структуру урожая озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (2020 г.)

Технология	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Количество колосков в колосе, шт.		Масса зерна с колоса, г.	Количество продуктивных стеблей, шт./1 м <sup>2</sup>	Количество не продуктивных стеблей, шт./1 м <sup>2</sup>	Масса 1000 семян, г
			Всего	В т. ч. продуктивных				
Экстенсивная 1 (к)	9,2	25,6	15,9	13,8	0,98	517	22	39,0
Экстенсивная 2	8,5	23,6	15,2	13,0	0,91	494	24	38,4
Энергоресурсосберегающая	9,6	25,7	16,8	15,0	1,01	521	21	39,4
Базовая	10,1	27,7	18,2	16,6	1,12	552	19	40,1
Экологически допустимая	10,4	28,1	18,4	17,1	1,15	558	18	40,5
Мелиоративная	10,9	29,3	18,9	18,1	1,21	566	16	40,9
Биологизированная	10,7	28,7	18,6	17,7	1,18	562	17	40,7
НСР <sub>05</sub>	0,4	0,7	0,5	0,4	0,02	5,8	1,2	0,3

Приложение 87

Влияние технологии возделывания на структуру урожая озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (2021 г.)

Технология	Длина колоса, см.	Количество зерен в колосе, шт.	Количество колосков в колосе, шт.		Масса зерна с колоса, г.	Количество продуктивных стеблей, шт./1 м <sup>2</sup>	Количество не продуктивных стеблей, шт./1 м <sup>2</sup>	Масса 1000 семян, г.
			Всего	В т. ч. продуктивных				
Экстенсивная 1 (к)	9,4	25,8	16,6	13,2	1,02	544	15	39,5
Экстенсивная 2	8,7	24,6	15,9	13,3	0,95	518	19	38,8
Энергоресурсосберегающая	9,7	26,4	17,1	15,6	1,05	551	15	39,8
Базовая	10,2	28,3	18,7	16,8	1,14	572	14	40,3
Экологически допустимая	10,5	29,0	19,0	17,2	1,18	577	11	40,5
Мелиоративная	11,2	30,5	19,5	18,5	1,26	594	12	41,7
Биологизированная	10,9	30,1	19,4	18,0	1,23	588	12	41,1
НСР <sub>05</sub>	0,4	0,8	0,6	0,3	0,01	6,9	1,2	0,4

Урожайность озимой пшеницы в зависимости от технологии  
возделывания в низинно-западинном агроландшафте, ц/га (2019 г.)

Технология	1 по- втор- ность	2 по- втор- ность	3 по- втор- ность	Урожай- ность, средняя	Отклонение от контроля	
					ц/га	%
Экстенсивная 1 (к)	52,6	55,1	54,8	54,2	–	–
Экстенсивная 2	49,6	51,6	50,1	50,4	–3,8	–7,0
Энергоресурсосберегающая	54,3	56,8	57,1	56,1	1,9	3,5
Базовая	66,1	68,9	64,0	66,3	12,1	22,3
Экологически допустимая	68,9	69,0	69,8	69,2	15,0	27,7
Мелиоративная	73,9	74,5	77,9	75,4	21,2	39,1
Биологизированная	72,0	70,8	70,5	71,1	16,9	31,2
НСР <sub>05</sub>	–	–	–	–	2,7	4,3
Результаты дисперсионного анализа						
Дисперсия	df	SS	mS	F-расч	F-стан	
Общая	20,00	1694,95	–			
Повторений	2,00	6,59	–			
Вариантов	6,00	1661,19	276,87	122,30	3,00	
Ошибки	12,00	27,17	2,26			
Ошибка опыта	0,87					
Ошибка разности средних	1,23					
НСР для попарного сравнения		2,68				

Урожайность озимой пшеницы в зависимости от технологии  
возделывания в низинно-западинном агроландшафте, ц/га (2020 г.)

Технология	1 по- втор- ность	2 по- втор- ность	3 по- втор- ность	Урожай- ность, средняя	Отклонение от контроля	
					ц/га	%
Экстенсивная 1 (к)	48,4	48,8	51,2	49,5	–	–
Экстенсивная 2	43,2	44,6	45,2	44,3	–5,2	–10,5
Энергоресурсосберегающая	50,3	52,1	51,8	51,4	1,9	3,8
Базовая	60,7	62,4	58,5	60,5	11,0	22,2
Экологически допустимая	63,2	63,8	62,4	63,1	13,6	24,5
Мелиоративная	66,1	66,9	66,5	66,5	17,0	34,3
Биологизированная	63,7	64,8	64,9	64,6	14,9	30,1
НСР <sub>05</sub>	–	–	–	–	1,9	3,4
Результаты дисперсионного анализа						
Дисперсия	df	SS	mS	F-расч	F-стан	
Общая	20,00	1352,06	–			
Повторений	2,00	4,43	–			
Вариантов	6,00	1333,67	222,28	190,97	3,00	
Ошибки	12,00	13,97	1,16			
Ошибка опыта	0,62					
Ошибка разности средних	0,88					
НСР для попарного сравнения		1,92				

Приложение 90

Урожайность озимой пшеницы в зависимости от технологии

возделывания в низинно-западинном агроландшафте, ц/га (2021 г.)

Технология	1 по- втор- ность	2 по- втор- ность	3 по- втор- ность	Урожай- ность, средняя	Отклонение от контроля	
					ц/га	%
Экстенсивная 1 (к)	54,4	53,8	56,2	54,8	–	–
Экстенсивная 2	47,2	48,6	50,2	48,7	–6,1	–11,1
Энергоресурсосберегающая	56,4	54,5	58,2	56,5	1,7	3,1
Базовая	63,7	61,4	68,5	64,5	9,7	17,7
Экологически допустимая	65,8	68,8	65,4	66,7	11,9	21,7
Мелиоративная	71,0	75,3	77,2	74,5	19,7	35,9
Биологизированная	70,3	69,8	74,9	71,7	16,9	30,8
НСР <sub>05</sub>	–	–	–	–	3,4	5,4
Результаты дисперсионного анализа						
Дисперсия	df	SS	mS	F-расч	F-стан	
Общая	20,00	1696,95	–			
Повторений	2,00	39,28	–			
Вариантов	6,00	1613,33	268,89	72,78	3,00	
Ошибки	12,00	44,33	3,69			
Ошибка опыта	1,11					
Ошибка разности средних	1,57					
НСР для попарного сравнения		3,42				

Приложение 91

Влияние технологии возделывания на качество зерна озимой пшеницы

в низинно-западинном агроландшафте (2019 г.)

Технология	Клейковина, %	Белок, %	Стекловидность, %	ИДК
Экстенсивная 1 (к)	20,7	12,2	42,4	72,2
Экстенсивная 2	20,3	11,9	42,1	74,5
Энергоресурсосберегающая	22,0	12,5	43,3	72,3
Базовая	22,7	12,6	44,6	65,4
Экологически допустимая	23,1	13,5	44,9	66,0
Мелиоративная	24,5	14,6	45,9	68,2
Биологизированная	24,1	14,2	45,5	68,0
НСР <sub>05</sub>	0,8	0,5	1,5	2,4

## Приложение 92

Влияние технологии возделывания на качество зерна озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (2020 г.)

Технология	Клейковина, %	Белок, %	Стекловидность, %	ИДК
Экстенсивная 1 (к)	19,8	11,4	42,5	71,4
Экстенсивная 2	20,1	11,0	42,2	73,3
Энергоресурсосберегающая	20,6	11,5	43,4	69,7
Базовая	21,6	11,9	44,2	68,6
Экологически допустимая	22,3	12,2	43,2	66,8
Мелиоративная	23,4	12,9	47,1	60,3
Биологизированная	22,9	12,5	46,4	66,4
НСР <sub>05</sub>	0,7	0,4	1,5	2,3

## Приложение 93

Влияние технологии возделывания на качество зерна озимой пшеницы в низинно-западинном агроландшафте (2021 г.)

Технология	Клейковина, %	Белок, %	Стекловидность, %	ИДК
Экстенсивная 1 (к)	19,6	11,2	44,1	74,9
Экстенсивная 2	19,3	11,0	44,0	74,6
Энергоресурсосберегающая	20,9	11,3	44,3	70,2
Базовая	21,1	11,3	44,7	69,4
Экологически допустимая	21,4	11,5	45,0	72,4
Мелиоративная	23,4	13,3	47,2	61,3
Биологизированная	23,2	12,5	47,7	67,6
НСР <sub>05</sub>	0,7	0,3	1,6	2,4

Коэффициент корреляции ( $r$ ) между % содержанием гумуса в почве и урожайностью озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта (2019–2021 гг.)

Слой, см	Технология						
	Экстенсивная 1 (к)	Экстенсивная 2	Энергоресурсосберегающая	Базовая	Экологически допустимая	Мелиоративная	Биологизированная
2019 год							
0–30	0,74	0,62	0,66	0,79	0,87	0,93	0,88
30–70	0,67	0,53	0,52	0,74	0,80	0,89	0,84
2020 год							
0–30	0,59	0,55	0,55	0,50	0,75	0,80	0,78
30–70	0,53	0,44	0,61	0,59	0,71	0,75	0,70
2021 год							
0–30	0,65	0,58	0,63	0,85	0,83	0,88	0,89
30–70	0,59	0,47	0,57	0,72	0,75	0,83	0,81

Коэффициент корреляции ( $r$ ) между объемной массой почвы и урожайностью озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта (2019–2021 гг.)

Слой почвы, см	Технология						
	Экстенсивная 1 (к)	Экстенсивная 2	Энергоресурсосберегающая	Базовая	Экологически допустимая	Мелиоративная	Биологизированная
В фазу осеннего кушения, 2018 год							
0–100	–0,53	–0,59	–0,58	–0,52	–0,49	–0,32	–0,39
В фазу весеннего кушения, 2019 год							
0–100	–0,55	–0,68	–0,57	–0,51	–0,54	–0,39	–0,49
В фазу колошения, 2019 год							
0–100	–0,62	–0,75	–0,62	–0,54	–0,58	–0,43	–0,55
В фазу полной спелости зерна, 2019 год							
0–100	–0,64	–0,81	–0,69	–0,79	–0,67	–0,57	–0,55
В фазу осеннего кушения, 2019 год							
0–100	–0,55	–0,61	–0,59	–0,54	–0,51	–0,35	–0,41
В фазу весеннего кушения, 2020 год							
0–100	–0,60	–0,66	–0,62	–0,57	–0,46	–0,37	–0,47
В фазу колошения, 2020 год							
0–100	–0,52	–0,72	–0,59	–0,56	–0,54	–0,41	–0,53
В фазу полной спелости зерна, 2020 год							
0–100	–0,64	–0,79	–0,66	–0,65	–0,75	–0,56	–0,61
В фазу осеннего кушения, 2020 год							
0–100	–0,50	–0,57	–0,54	–0,52	–0,48	–0,32	–0,38
В фазу весеннего кушения, 2021 год							
0–100	–0,55	–0,72	–0,60	–0,57	–0,56	–0,41	–0,49
В фазу колошения, 2021 год							
0–100	–0,61	–0,79	–0,72	–0,64	–0,62	–0,49	–0,56
В фазу полной спелости зерна, 2021 год							
0–100	–0,68	–0,88	–0,84	–0,71	–0,72	–0,56	–0,62

Коэффициент корреляции ( $r$ ) между ассимиляционной площадью листьев и урожайностью озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в условиях низинно-западного агроландшафта (2019–2021 гг.)

Технология	Фаза вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
2019 год				
Экстенсивная 1 (к)	0,24	0,44	0,69	0,42
Экстенсивная 2	0,22	0,41	0,65	0,39
Энергоресурсосберегающая	0,25	0,46	0,74	0,48
Базовая	0,27	0,51	0,80	0,57
Экологически допустимая	0,29	0,55	0,84	0,59
Мелиоративная	0,32	0,61	0,94	0,63
Биологизированная	0,30	0,58	0,91	0,62
2020 год				
Экстенсивная 1 (к)	0,21	0,41	0,65	0,39
Экстенсивная 2	0,18	0,38	0,62	0,36
Энергоресурсосберегающая	0,23	0,44	0,68	0,42
Базовая	0,24	0,48	0,71	0,51
Экологически допустимая	0,27	0,51	0,75	0,55
Мелиоративная	0,30	0,57	0,83	0,60
Биологизированная	0,28	0,54	0,81	0,58
2021 год				
Экстенсивная 1 (к)	0,22	0,42	0,68	0,40
Экстенсивная 2	0,20	0,39	0,65	0,37
Энергоресурсосберегающая	0,24	0,45	0,71	0,45
Базовая	0,26	0,50	0,74	0,54
Экологически допустимая	0,28	0,53	0,78	0,58
Мелиоративная	0,31	0,59	0,87	0,62
Биологизированная	0,29	0,57	0,84	0,60