

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Белгородский государственный
аграрный университет имени В.Я. Горина»

На правах рукописи



Алаши Таер Ахмед Хасан

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПЕСТИЦИДОВ НА
ЮГО-ЗАПАДЕ ЦЧР**

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,
защита и карантин растений

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных
наук, доцент
Ступаков Алексей Григорьевич

Белгород – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ВЛИЯНИЕ АГРОПРИЕМОВ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	11
1.1. Влияние удобрений на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы.....	11
1.1.1. Свойства почвы в зависимости от удобрений.....	11
1.1.2. Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от удобрений	15
1.1.3. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от удобрений	26
1.2. Влияние способов обработки почвы на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы.....	30
1.2.1. Свойства почвы в зависимости от способов обработки почвы.....	30
1.2.2. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы.....	35
1.2.3. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы.....	41
1.3. Влияние пестицидов на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы	42
1.3.1. Свойства почвы в зависимости от пестицидов.....	42
1.3.2. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от пестицидов.....	43
1.3.3. Качество озимой пшеницы в зависимости от пестицидов	45
1.3.4. Засоренность посевов озимой пшеницы и пораженность растений болезнями в зависимости от пестицидов и агроприемов.....	46

Глава 2. МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ	
ИССЛЕДОВАНИЯ.....	49
2.2. Методика проведения исследований.....	49
2.1. Метеорологические условия в период проведения	
исследований.....	51
Глава 3. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА	
ТИПИЧНОГО ПОД ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (РЕЗУЛЬТАТЫ	
ИССЛЕДОВАНИЙ).....	55
3.1. Содержание подвижных форм элементов питания в почве	
под озимой пшеницей.....	55
3.2. Агрофизические свойства почвы под озимой пшеницей.....	60
3.3. Засорённость посевов озимой пшеницы	62
3.4. Запасы доступной влаги в почве под озимой пшеницей.....	69
Глава 4. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И	
КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ	
СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПЕСТИЦИДОВ.....	72
4.1. Урожайность зерна озимой пшеницы.....	72
4.2. Качество зерна озимой пшеницы.....	79
4.2.1. Содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницей....	79
4.2.2. Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы и ИДК	84
4.3. Содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой	
пшеницы.....	88
4.4. Структура урожая озимой пшеницы.....	93
Глава 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЯ	
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ	
ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПЕСТИЦИДОВ.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	104
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	106
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	106

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	138
Приложение А. Метеорологические условия проведения опыта	139
Приложение Б. Варьирование урожайности зерна озимой пшеницы....	141
Приложение В. Эффективность гербицидов на озимой пшенице в зависимости от удобрений и основной обработки почвы, 2020-2022 гг.	144
Приложение Г. Влияние удобрений на содержание азота, фосфора и калия в зерна озимой пшеницы.....	145
Приложение Д. Влияние удобрений на структуру урожая озимой пшеницы.....	146
Приложение Е. Полевые исследования и участие в научно-производственных конференциях.....	150
Приложение Ж. Акт внедрения результатов научно- исследовательских и технологических работ.....	156

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. В современном земледелии назрела необходимость обоснования модернизации земледелия и разработки наукоемких агротехнологий при рассмотрении проблемы экологизации систем обработки почвы, применения удобрений и защиты растений, способных к эффективному управлению продуктивностью агроценозов и почвенными процессами, в частности, при возделывании озимой пшеницы. Выявление зависимости урожайности от факторов среды вызвано их многообразием и неоднозначностью действия, оптимизация которых дает возможность реализовать в полной мере потенциальную продуктивность озимой пшеницы, а также способствует воспроизводству естественному плодородию почвы с улучшением условий среды. В этой связи, достоверная оценка эффективности систем удобрения в зависимости от способов основной обработки почвы и средств защиты растений культуры для результативного управления продукционным процессом в агрофитоценозах озимой пшеницы определяет актуальность проведенных исследований.

Степень разработанности темы. Дальнейшее повышение урожайности озимой пшеницы требует совершенствования существующих и разработки новых агротехнических приемов, направленных на создание благоприятных условий для роста и развития растений, обеспечивающих максимальную реализацию потенциальной продуктивности новых высокоинтенсивных сортов (Давыдив, М. Я., 2022; Tedeeva A. A. et al., 2022). Установлено также, что чем полнее культура соответствует агроэкологическим условиям земельного участка, тем больше возможностей минимизации почвообработки, и чем хуже качество почвы, тем интенсивнее обработка (Кирюшин, В. И., 2013, 2018, 2019). Тем не менее, за последние более чем 30 лет нет единых основополагающих подходов к систематизации обработок почвы, что ведет к появлению самых разнообразных их систем (Пыхтин, И. Г. и др., 2015, 2016; Пыхтин, И. Г., 2017; Кузина, Е. В., 2020; Кравченко, Р. В. и др., 2021; Abdipur, M. et al, 2012; Khaliq, A. et al, 2013). По

другим данным целью решения проблем обработки почвы в сочетании с удобрениями и пестицидами следует считать повышение экологичности и ресурсосбережения технологий, целесообразно определить оптимальное сочетание химических и технологических приемов (Солнцев, П. И. и др., 2015, 2023; Карабутов, А. П. и Ступаков, А. Г., 2018; Разин, А. А. и др., 2021; Алаши, Т. А. Х. и др., 2022).

Цель исследований являлось агроэкологическое обоснование систем удобрения в технологии возделывания озимой пшеницы, основанных на сочетании со способами обработки почвы и уровнями защиты растений при длительном использовании в условиях юго-западной части ЦЧР.

В ходе исследований решались следующие задачи:

1. Изучить закономерность влияния систем удобрения в зависимости от способов обработки почвы и пестицидов на содержания подвижных форм элементов питания и агрофизические свойства в чернозёме типичном;
2. Определить влияние агротехнических приемов на засоренность посевов озимой пшеницы и запасы доступной влаги в почве;
3. Установить характер влияния комплекса агротехнических приёмов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы;
4. Провести анализ экономической эффективности удобрений в зависимости от способов основной обработки почвы и уровней защиты растений.

Научная новизна диссертационного исследования. Впервые для условий юго-запада Центрально-Черноземного региона в многолетнем стационарном опыте, заложенном в 1987 году, выявлено комплексное влияние удобрений в минеральной, органической и органоминеральной системах в зависимости от способов основной обработки почвы и уровней защиты растений на агрохимические и агрофизические свойства чернозема типичного, на формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы.

Установлено, что коэффициент структурности пахотного слоя почвы в органоминеральной системе удобрения более существенно повышался при проведении безотвального рыхления (на 1,1–1,2), чем по вспашке (на 0,7–0,8)

при достоверном снижении плотности почвы на $0,05\text{--}0,07\text{ г/см}^3$ по обоим способам обработки. Показано, что более заметное повышение содержания азота нитратов в почве слоя 0–10 см, отмеченное при сочетании минеральных удобрений и навоза, наблюдалось по вспашке, а содержание подвижных фосфатов и обменного калия по безотвальному рыхлению. Выявлено, что средства защиты растений приводили к увеличению запасов доступной влаги как в пахотном 0–30 см слое почвы, так и в метровом слое в посевах без удобрений и, наоборот, к их снижению при использовании органоминеральной системы удобрения. Экспериментально доказано, что совместное применение минеральных удобрений и навоза в сочетании со средствами защиты растений способствовало получению одинаковой прибавки урожайности зерна при проведении вспашки и безотвального рыхления в технологии возделывания озимой пшеницы, равной 2,41 т/га. Наибольшее повышение содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы отмечено при сочетании минеральных удобрения и навоза, а содержания и качества клейковины – при внесении минеральных удобрений.

Практическая и теоретическая значимость исследований. Анализ всей совокупности эффектов, полученных в результате действия и взаимодействия изучаемых факторов, показал, что фактор удобрения в сочетании со средствами защиты растений и способами обработки почвы являлся определяющим в регулировании режимов почвы и продукционного процесса озимой пшеницы. Выявленные в результате диссертационного исследования закономерности могут быть использованы при разработке технологий выращивания озимой пшеницы с применением оптимальных систем удобрения, новых видов пестицидов и приемов обработки почвы.

Показана целесообразность использования наиболее адаптивного сочетания органоминеральной системы удобрения озимой пшеницы и средств защиты растений при разных способах основной обработки почвы, позволяющее повысить урожайность зерна сорта Синтетик до 6,27 т/га по вспашке и 6,24 т/га по безотвальному рыхлению. Это обеспечивает получение

условного чистого дохода 21 615 и 21 384 руб./га при уровне рентабельности 103,2 и 102,3 % и себестоимости прибавки урожая 6 890 и 6 919 руб./т зерна соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

Методология и методы исследования. Методологической основой работы являлся системный подход к оценке влияния систем удобрения в зависимости от способов основной обработки почвы и средств защиты растений в неустойчивых погодных условиях юго-западной части ЦЧР, а также данные обзора опубликованной научной литературы отечественных и зарубежных авторов. Наблюдения, анализы и учеты проводились согласно общепринятым методам полевых и лабораторных исследований по земледелию. В работе использованы общепринятые методики и ГОСТы.

Положения, выносимые на защиту:

1. В условиях юго-западной части ЦЧР наиболее благоприятные агрохимические и агрофизические свойства чернозема типичного для выращивания озимой пшеницы обеспечены применением органоминеральной системы удобрения.

2. При одинаковой эффективности гербицидов в посевах озимой пшеницы без удобрений по обоим способам обработки почвы возрастание её в минеральной системой удобрения более заметно по вспашке, чем по безотвальному рыхлению почвы; повышение запасов доступной влаги в почве без удобрений наблюдалось при использовании средств защиты растений, а с органоминеральной системой удобрения, наоборот, их снижение.

3. Максимальная прибавка урожайности зерна озимой пшеницы получена в результате совместного применения минеральных удобрений и навоза и не зависела от способов обработки почвы; эта система удобрения способствовала наибольшему повышению содержания сырого протеина в зерне.

4. Сочетание минеральных удобрений и навоза в комплексе с пестицидами при возделывании озимой пшеницы обеспечило одинаковый максимальный условно чистый доход по обоим способам обработки почвы;

окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавками урожайности зерна озимой пшеницы возрастала в сочетании с пестицидами и навозом.

Степень достоверности результатов диссертационного исследования подтверждается данными анализа значительного количества опубликованных источников информации, обобщением теоретических достижений российских и зарубежных исследователей, собственных экспериментальных данных, полученных в полевых и лабораторных условиях в соответствии с обоснованной схемой опыта, использованием апробированных методик, необходимого количества наблюдений, учетов и анализов, статистической обработкой результатов исследований с помощью методов дисперсионного анализа и внедрением их в производство.

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования были доложены и получили одобрение на следующих научных конференциях: Инновационные технологии в агрономии, ландшафтной архитектуре и землеустройстве: Международная студенческая научная конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения Василия Яковлевича Горина (Майский, 2022); Актуальные решения аграрной науки по развитию сельскохозяйственного производства и укреплению продовольственной безопасности страны: Международная научная конференция (Майский, 2022); на заседаниях кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры и на Совете агрономического факультета Белгородского ГАУ (2020–2023).

Публикация результатов исследования. Основные положения, результаты и выводы диссертационного исследования нашли отражение в 9 опубликованных работах, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, предложений производству, списка литературы и приложений, изложена на 156 страницах компьютерного текста, содержит

19 таблиц, 15 рисунков, 7 приложений. Список литературы включает 236 источника, в том числе 35 – на иностранных языках.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору А.Г. Ступакову, кандидату сельскохозяйственных наук, главному научному сотруднику, заведующему лабораторией защиты растений ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» П.И. Солнцеву, сотрудникам лаборатории и агрономического факультета ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, а также всем коллегам за всестороннюю помощь при выполнении диссертационного исследования и поддержку.

Глава 1

1. ВЛИЯНИЕ АГРОПРИЕМОВ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

1.1. Влияние удобрений на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы

1.1.1. Свойства почвы в зависимости от удобрений

Как утверждает Р. Т. Жиругов (2014), что для поддержания плодородия необходимо проводить мониторинг состояния почв по его результатам принимать действенные меры [57].

В опытах И. Д. Давлятшина и А. А. Лукманова (2020) получены данные, которые свидетельствуют о том, что корневой системе растений доступен минеральный азот, содержание которого в запасах общего азота изменяется от 0,5 до 1,0 % в зависимости от подтипа почв, в пахотном горизонте зональных подтипов почв оно составляет 41,04–80,82 кг/га. Разница между необходимым количеством азота для формирования урожая пшеницы в 3 и 4 т/га и содержанием минерального азота в пахотном горизонте почв представляет дозу азотного удобрения. После корректировки коэффициентами его использования из почвы и удобрений доза азотных удобрений составляет 134–142 и 184–192 кг/га [42].

А. Б. Исмаилов с соавторами (2018) выявил, что современная наука и передовой опыт в европейских странах показывают, что рациональное использование земли, применение передовых технологий повышает плодородие почвы и соответственно урожайность зерновых культур [67].

Результаты, полученные Р. А. Павловым (2004) показали, что необходимо вносить ежегодно $N_{50}P_{50}K_{50}$ в виде минеральных удобрений и 30 т/га навоза в чистый пар. Указанная система удобрений способствует не

только получению максимальной продуктивности, но и сохранению и воспроизводству почвенного плодородия, получению продукции высокого качества, нормальной экологической обстановке окружающей среды [126].

Исследованиями С. И. Тютюнова с соавторами (2016) обнаружена заметная активизация процессов гумификации в почве при внесении органических и минеральных удобрений, особенно в севообороте с травами и при минимизации способов обработки почвы [171].

Согласно результатам исследований А. Ф. Мельника и А. Ф. Мартынова (2012) в качестве лимитирующих при выращивании качественного зерна озимой пшеницы выступают различные системообразующие факторы и, в частности, уровень плодородия почвы, характеризуемый рядом агрохимических и агрофизических свойств [112].

Исследователи Л. В. Кирейчева и В. А. Шевченко (2020) пришли к выводу, что основными причинами неэффективного использования сельскохозяйственных угодий является потеря плодородия пахотных земель, связанная с невыполнением работ по известкованию почв, катастрофическому снижению использования органических и минеральных удобрений [71].

Как было выявлено в исследованиях В. Г. Сычева с соавторами (2020), органо-минеральная система удобрения по действию на урожайность превосходила минеральную на 1–40 % в 18-ти опытах. Достоверные различия в содержании почвенного органического углерода между вариантами без удобрения и навоз + NPK в четырех опытах были менее 10 отн. %, в шести – 11–20 %, в десяти – более 20 % (средняя величина составила 0,27 %). Определены уровни минимального и оптимального содержания углерода, которые можно принять как эталонные для каждого типа почв и разновидности по гранулометрическому составу с учетом применяемой системы удобрения [161].

В. Г. Сычев с соавторами (2019) пришли к выводу о том, что как органические, так и минеральные системы удобрения оказывают

существенное положительное воздействие на органическое вещество исследуемых почв. Органические системы удобрения влияют на содержание органического вещества почв больше, поскольку действуют как непосредственно, так и косвенно за счет повышения величины биомассы корне-поживных остатков и корневых выделений возделываемых культур. Минеральные же системы удобрения влияют на содержание органического вещества только косвенно. Изменялось также распределение органического вещества по слоям профиля. При этом во всех исследуемых почвах сохранялись характерные генетические признаки их типичного органо профиля [160].

Приведенные другие данные В. Г. Сычева с соавторами (2020) свидетельствуют о влиянии уровня использования удобрений на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур и что без применения удобрений никакие другие факторы (сорт, средства защиты растений и т.п.) не могут обеспечить повышение плодородия почв и соответственно увеличение урожайности [162].

Исследование, проведенное С. И. Тарасовым с соавторами (2018), определило причины высокой биологической активности почвенных микроорганизмов при использовании на удобрение бесподстильного навоза: резкое увеличение в почве содержания легкогидролизуемого азота, подвижного органического вещества наиболее доступного для микроорганизмов почвы, высокое содержание азота, узкое соотношение углерода к азоту в самих микроорганизмах [163].

По результатам опытов Е. Т. Наумченко с соавторами (2015) была выявлена почти пропорциональная взаимосвязь изменения продуктивности растений и показателей содержания в почве подвижного фосфора и минерального азота, коэффициент детерминации составил 92–97 % [120].

Согласно исследованию С. Н. Трофимова и А. А. Коваленко (2017) в почве с высоким содержанием подвижного фосфора тренд урожайности был отрицательным и в наибольшей степени был выражен в контрольных

вариантах. Направленность тренда урожайности могла быть обусловлена неучтенными различиями в организационно–технологических мероприятиях по возделыванию озимой пшеницы и процессами деградации в системе: почва–растение–удобрение–окружающая среда [167].

Согласно исследованию В. В. Конончука с соавторами (2021) установлены нормативные величины повышения запасов $N-NO_3$ в корнеобитаемом (0–60 см) слое почвы и содержания $N_{общ.}$ в растениях в ранние фазы развития растений и обратные им значения затрат азота удобрений на сдвиг запасов $N-NO_3$ и $N_{общ.}$ на единицу, которые предлагается использовать в расчетах доз азотных удобрений на планируемый урожай и в первую азотную подкормку озимых по методу доведения до оптимума [82].

Исследованиями И. М. Ханиевой с соавторами (2017) установлена одна из причин низкой урожайности озимая пшеница, которой является снижение естественных запасов в почве доступного фосфора вследствие чрезмерного перенасыщения пашни зерновыми культурами, невысокий уровень внесения в почву азотсодержащих удобрений и применения фосфорных удобрений [182].

Результаты опытов А. Н. Есаулко с соавторами (2014) показали, что расчетная система удобрения способствовала достоверному увеличению содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном не только по сравнению с контролем, но и по сравнению с другими изучаемыми системами удобрения, а максимальная урожайность культуры отмечалась на вариантах с расчетной системой удобрений и внесением непосредственно под культуру $N_{98}P_{78}$, которая составила 5,38 т/га и в среднем за три года оказалась ниже расчетного уровня (6,0 т/га) на 10 % [53].

В исследованиях А. Ю. Ожередовой и А. Н. Есаулко (2019) при формировании планируемой урожайности озимой пшеницы на основе оптимизации минерального питания расчетные дозы минеральных удобрений существенно повышали содержание в почве аммонийного азота относительно контроля на 3,2–9,2 мг/кг и нитратного на 4,6–11,3 мг/кг [122].

Как свидетельствует обобщение Q. Liu с соавторами (2016) во многих странах интенсивное растениеводство привело к истощению плодородия почвы, что ставит под угрозу ее долгосрочный производственный потенциал и, следовательно, ее способность удовлетворять потребности будущих поколений. Интенсификация привела ко многим экологическим проблемам, таким как высокое потребление невозобновляемых энергетических ресурсов, утрата биоразнообразия и загрязнение водной среды в результате выщелачивания. Минеральные удобрения являются основным источником питательных веществ, хотя вклад навоза остается значительным в районах, где присутствует домашний скот [216].

1.1.2. Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от удобрений

Проведенный А. Б. Исмаиловым с соавторами (2018) анализ применения минеральных удобрений на посевах озимой пшеницы показал, что рациональное использование земли, применение передовых технологий повышает плодородие почвы и соответственно урожайность зерновых культур, как свидетельствует современная наука и передовой опыт в европейских странах [67].

Н. А. Кирпичниковым с соавторами (2018) отмечено, что систематическое применение молотого фосфорита и суперфосфата на фоне НК с известкованием при использовании химических средств защиты растений обеспечивает высокую урожайность озимой пшеницы около 60–70 ц/га [72].

А. В. Алабушев с соавторами (2014) показали, что при увеличении доз вносимых удобрений увеличиваются производственные затраты. Их окупаемость может быть обеспечена высокой урожайностью и ценой реализации произведенного зерна [10].

Имеются данные А. В. Федюшкина с соавторами (2017) показывающие, что для получения максимальных урожаев зерна озимой пшеницы следует вносить полное минеральное удобрение [179].

С точки зрения исследований Е. П. Шустиковой и Н. Н. Шаповаловой (2012) установлено влияние длительного внесения различных доз и сочетаний минеральных удобрений на продуктивность озимой пшеницы в зависимости от предшественника и количества выпавших осадков по периодам сельскохозяйственного года. Выявлено последствие остаточных норм элементов питания на урожайность озимой пшеницы [188].

Л. Д. Стахурлова с соавторами (2019) обнаружили, что систематическое внесение минеральных удобрений сдерживает потери гумуса, при этом удобрения способствуют достоверной прибавке урожайности пшеницы [158].

По данным С. С. Тереховой и А. В. Коваль (2021) озимая пшеница требует внесение больших доз минеральных удобрений для получения оптимального урожая, и чтобы можно было сформировать качественное зерно [164].

В исследовании О. М. Ивановой (2012) указывается, что на эффективность азотных удобрений, используемых под различные сорта озимой пшеницы, главным образом повлияли погодные условия вегетационных периодов [65].

Из проведенного исследования А. А. Агеева (2021) выявлено, что для производства роскошных злаков необходимо соблюдать сбалансированное питание за счет применения азотных и фосфорных удобрений и системы обработки почвы, совершенствование этих элементов системы земледелия обеспечивает урожайность и экономическую эффективность растениеводства [1].

А. Ю. Ожередова и А. Н. Есаулко (2019) определили влияния расчетных доз минеральных удобрений на уровень планируемой урожайности разных сортов озимой пшеницы в 5,0, 7,5 и 10,0 т/га соответственно $N_{124}P_{72}K_{30}$, $N_{186}P_{95}K_{45}$ и $N_{248}P_{133}K_{60}$ [122].

По данным С. И. Тютюнова и П. И. Солнцева (2019) наибольшая урожайность озимой пшеницы в длительном опыте получена при применении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в сочетании с 40 т/га навоза [172].

А. М. Коновой и А. Ю. Гавриловой (2017) наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы сорта Московская 39 и показатели качества зерна были получены при совместном внесении азотно-калийных удобрений с суперфосфатом [81].

Н. З. Милащенко с соавторами (2015) обосновали определяющие увеличение урожаев пшеницы на 30–50 % за счет повышения эффективности удобрений в основных зернопроизводящих регионах [115].

По материалам А. Н. Налиухина и Д. А. Белозёрова (2020) возможное получение урожайности озимой пшеницы 35,6–42,8 ц/га, а в благоприятные годы – 75,6 ц/га достигается применением органо-минеральной системы удобрения, основанной на внесении навоза 50 т/га в занятом пару, минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{60}$ до посева и N_{50} в подкормку на фоне известкования [119].

В исследовании Л. Н. Прокиной (2015) применение фосфорно-калийных удобрений увеличивало урожайность, по сравнению с контролем (3,64 т/га), на 0,28 т/га, азота (N_{30-90}) в составе полного минерального удобрения – на 0,56–0,83 т/га [135].

Б. И. Сандухадзе с соавторами (2021) обосновано на основе научных исследований достижение потенциальной продуктивности озимой пшеницы в условиях Нечерноземья за счет селекции и применения минеральных удобрений [149].

По данным В. Е. Торикова с соавторами (2015) минеральные удобрения повышают транспирацию посевов озимой пшеницы по сравнению с контролем ($N_0P_0K_0$) и устойчивость культуры к стрессовым условиям возделывания [165].

Исследованиями А. А. Артемьева (2020) установлено, что наибольший сбор зерна у сорта Московская 39 за годы исследований (4,47 т/га) получен на фоне применения расчетных доз удобрений, обработки семян и посевов хелатной формой микроудобрения [14].

Высокая урожайность озимой пшеницы обусловлена действием азотных удобрений и улучшенным фитосанитарным состоянием посевов при интегрированной системе защиты растений. При внесении высоких доз азота (90 и 135 кг/га) в форме аммиачной селитры несколько повышалась реакция почвенной среды и гидролитическая кислотность почвы, содержание гумуса по вариантам опыта не изменилось (Шатохин А. Ю. и др., 2021) [185].

В исследованиях А. А. Разина с соавторами (2021) применение минеральных удобрений ($N_{45}P_{45}K_{45}$) способствовало ограничению распространенности корневых гнилей на 1,3–5,0 % и повышению урожайности яровой пшеницы на 0,20–0,30 т/га (8,5–15,6 %) по отношению к неудобренному фону [139].

В опытах Л. Г. Смирновой с соавторами (2015) была установлена расчетная доза органических удобрений в виде подстилочного навоза КРС в полевом севообороте в количестве 5,70 т/га [153].

Согласно исследованию О. А. Минаковой и Л. В. Александровой (2021) максимальная в опыте продуктивность 1 га севооборотной площади в 1-й ротации отмечена при системе удобрений $N_{27}P_{27}K_{27} + 5,6$ т/га навоза, а в 9-й ротации – при $N_{30}P_{30}K_{30} + 2,8$ т/га навоза [116].

В исследованиях Р. Ф. Байбекова с соавторами (2019) наибольшая урожайность озимой пшеницы (6,20–6,22 т/га) формировалась при сочетании фосфорных и известковых удобрений [16].

Для получения высоких экономических показателей для черноземной степи Поволжья предлагается весенняя подкормка зимой пшеницы аммиачной селитрой в дозе N_{30} (Горянин О. И. и др., 2019) [37].

По результатам И. В. Логвинова (2016) наибольший выход кормовых единиц с 3-х полей севооборота отмечен в звене горох – озимая пшеница –

сахарная свёкла при двойных дозах минеральных удобрений и последствии 40 т/га навоза по безотвальной обработке почвы [98].

В. В. Конончук с соавторами (2021) установили, что неперенным условием наибольшей эффективности дифференцированного применения азотных удобрений служит срок их внесения к периоду максимального потребления азота растениями (кущение–трубкавание) [82].

Использование орано-минеральных удобрений в средних дозах увеличивает их окупаемость до 5,9 кг/кг зерна, повышение доз менее эффективно – 4,8 кг/кг зерна. Оптимальный прием удобрения культур в зернопаропропашном севообороте – это совместное внесение органических и минеральных удобрений (Милащенко Н. З. и др., 2015) [115].

Н. М. Комаров с соавторами (2014) выявили, что сорт мягкой озимой пшеницы Фируза 40 хорошо реагирует на внесение основных удобрений и подкормку.

С точки зрения исследований Н. Г. Мязина и П. Т. Брехова (2013) одинарная доза ($N_{60}P_{60}K_{60}$) с выравненным соотношением элементов является оптимальной для озимой пшеницы [118].

Имеющиеся результаты А. С. Акименко с соавторами (2013) привели к выводу, что эффективность внесения навоза и минеральных удобрений на высокоплодородном черноземе типичном уменьшается с повышением степени биологизации севооборотов. Одновременно ухудшаются экономические показатели, так как рост затрат на повышение уровня удобренности опережает стоимость прироста продукции [5].

Данные А. А. Завалина и А. М. Накарякова (2021) свидетельствуют об увеличении урожайности зерна озимой пшеницы на 1,1 т/га или 48 % по отношению к контролю при внесении N_{30} в весеннюю подкормку обычных форм удобрений. Применение биомодифицированной мочевины повышает урожайность зерна на 0,32 т/га по сравнению с обычной формой. Эффект от биомодифицированной аммиачной селитры оценивается как тенденция к росту [62].

В опытах О. В. Волынкиной (2021) в зернопаровом севообороте и на бессменной яровой пшенице изучали дозы азота в диапазоне $N_{40-80-120}$ на фоне P_{30} . В одних полях оптимальными были дозы азота 1-го уровня, в других 2-го, 3-й уровень везде не эффективен. Стоимость высоких прибавок урожайности пшеницы от удобрений в условиях достаточного увлажнения в северо-западной зоне в большинстве полей севооборота и на бессменной пшенице компенсировала затраты на удобрения и обеспечивала прибыль [28].

Наибольшая урожайность озимой пшеницы в опытах М. М. Сабитова (2021) получена на фоне $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве с подкормкой в кущение в дозе N_{34} и на фоне $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + подкормка в кущение [144].

Комплексное применение в севообороте удобрений с другими средствами химизации значительно повышает урожайность зерна озимой пшеницы и эффективность удобрений с препаратами нового поколения (микроэлементы и стимуляторы роста). В результате урожайность зерна по сравнению с одними системами удобрения повысилась в среднем за 3 года на 0,9 т/га, а окупаемость удобрений на 3 кг/кг (Алиев А. М. и др., 2019) [12].

В исследованиях А. Ю. Гавриловой и А. М. Коновой (2019) установлено, что при выращивании озимой пшеницы сорта Московская 39 на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различным содержанием подвижного фосфора наиболее рационально системы минеральных удобрений применять на фосфатных фонах 600 и 1200 кг P_2O_5 на гектар. На этих фонах были получены наибольшая урожайность и показатели качества зерна при совместном внесении азотно-калийных удобрений с суперфосфатом [31].

Регламентированное использование различных видов минеральных удобрений в растениеводстве напрямую отражается на величине и качестве урожая полевых культур, в частности озимой пшеницы, которая предъявляет высокие требования к режиму питания. Даже наиболее плодородные почвы, такие как черноземы, с годами могут истощаться при постоянном

использовании их под посевы и интенсивном антропогенном воздействии (Мамсиров Н. И., Мнатсаканян А. А., 2021) [107].

В опыте по изучению эффективности микроудобрений А. Н. Есаулко с соавторами (2010) определили, что наибольшую продуктивность озимой пшеницы обеспечивало совместное применение препаратов Микромак и Микроэл, производимых ООО НПФ «Минерал». В зависимости от фона питания средняя прибавка урожайности зерна по отношению к контролю составила 6,5–8,5 ц/га [54].

Установлено, что при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность 5,0; 7,5 и 10,0 т/га урожайность озимой пшеницы увеличилась на 1,60–5,36 т/га относительно контроля (А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко, 2019) [124].

Согласно результатам исследования О. И. Акимовой (2009) при увеличении доз азотных удобрений с N_{90} до N_{150} значения биометрических показателей и урожайность зерна возрастали, выявлены корреляционные связи между высотой растений, площадью листовой поверхности, фотосинтетическим потенциалом и урожаем зерна [6].

В исследованиях Б. И. Сандухадзе и Е. В. Журавлева (2011) показана эффективность азотных подкормок озимой пшеницы, при которых урожайность, содержание белка и клейковины увеличивается, что дает возможность получать в Нечерноземье продовольственное зерно высокого качества [146].

Согласно данным S. Yan с соавторами (2022) процесс поглощения, накопления и распределения азота, фосфора и калия влияет не только на рост и урожай зерна, но и на качество зерна пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Различные методы внесения удобрений и орошения могут влиять на рост пшеницы, а также на поглощение и использование питательных элементов [227].

По информации, полученной исследователями Н. Chen с соавторами (2018), отмечены значимые корреляции урожайности зерна со свойствами почвы и средней температурой воздуха. Эти данные свидетельствуют о том,

что неорганические + органические удобрения могут повысить урожайность пшеницы и ее стабильность за счет улучшения плодородия почвы и снижения изменчивости к изменению климата [201].

Результаты L. Wang с соавторами (2020) показывают, что применение органических удобрений в сочетании с пониженным уровнем синтетических азотных удобрений является эффективным подходом для продвижения устойчивой интенсификации выращивания озимой пшеницы, и что наибольшая выгода от органических удобрений может быть достигнута, когда местные факторы окружающей среды (например, регион выращивания и состояние почвы) должным образом учтены [223].

Урожайность и качество зерна озимой пшеницы зависят от обработки удобрениями, факторов окружающей среды и генетической предрасположенности конкретного сорта. Общеизвестно, что внесение удобрений, особенно азотных, играет фундаментальную роль в достижении высоких урожаев и высокого качества зерна. Азот положительно влияет на площадь листа и концентрацию хлорофилла в нем, тем самым повышая содержание сырого белка и реологические свойства теста. Использование органических удобрений, таких как навоз, положительно влияет на зерно (Hlisnikovsky L., Kunzova E., 2014) [211].

По информации, которую представили S.Yan с соавторами (2020), определение потребностей зерна в усвоении элементов питания при повышении урожайности зерна имеет важное значение для оптимизации орошения и внесения удобрений для получения высокоурожайной и высококачественной пшеницы для удовлетворения растущего будущего спроса на продовольствие [225].

По другим данным нерациональное использование воды и удобрений всегда приводит к нестабильной массе зерна и урожайности (Yan S. et al., 2019) [226].

Эти выводы согласуются с точкой зрения F. Yan с соавторами (2021), что неправильное использование воды и удобрений может привести к

нестабильной урожайности сельскохозяйственных культур, а чрезмерное орошение и внесение удобрений потенциально могут привести к деградации почвы и загрязнению подземных вод [224].

Среди причин падения темпов роста урожайности зерна пшеница в ряде европейских стран называют снижение генетического прогресса, изменения в методах ведения сельского хозяйства по экономическим или нормативным причинам и более неблагоприятные биотические и абиотические условия окружающей среды. Среди методов ведения сельского хозяйства часто приводятся такие как сокращение внесения азотных удобрений и площади благоприятных предшествующих посевов (Gouis L. E. et al., 2020) [207].

Результаты работ Т. Abedi с соавторами (2011) показывают, что наибольшая ценность урожая зерна была получена при 240 кг/га азота, когда он применялся на стадиях вегетативного роста. Компоненты урожая были значительно увеличены с повышением уровня азота без существенной разницы между 240 и 360 кг/га. Отсутствие внесения N на стадии обработки почвы уменьшало количество колосьев на 1 м² и количество семян в колосе, минимальное значение массы 1000 зерен наблюдалось, когда N отменяли внесение в период налива зерна [194].

S. Anwar с соавторами (2016) сделан вывод, что пшеница сорта Сиран-2010 дала более высокий урожай зерна при внесении N₁₂₅P₉₀ [197].

В исследованиях G. Benin с соавторами (2012) у шести сортов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) наблюдалась генетическая изменчивость в реакции на азотное удобрение. Наибольший прирост урожайности наблюдался при более подходящем водном режиме. Более высокие показатели компонентов урожайности были связаны с более высоким уровнем внесения азотных удобрений (0, 60, 120 и 180 кг/га) [199].

При оценке по четырем уровням азота (0, 90, 120 и 150 кг/га) у сортов пшеницы Беназир и TJ-83 результаты М. Farooq с соавторами (2018) показали, что влияние уровней азота, а также сортов значительно

различалось по всем признакам, способствующим росту и урожайности. Внесение N_{150} приводило к максимальным значениям высоты растения (87,66 см), количества послеуборочных остатков (265,17 м²), длины колоса (13,05 см), количества колосков в колосе (22,02), количества зерен в колосе (68,21), индекса семян (48,80 г) и урожайности зерна 4320 кг/га [203].

В экспериментах M. Ferrarì с соавторами (2016) при изучении шести способов подкормки азотом, трех источников азота и пяти генотипов пшеницы результаты показали, что раздельное внесение азотных удобрений в фазе кущения, колошения и цветения увеличивает процентное содержание белка (2,34 %) и не снижает урожайность зерна за счет полного внесения удобрений в фазе кущения. Азотное удобрение в фазе кущения, колошения и цветения нитратом аммония и мочевиной увеличило урожай зерна (7,75 %) и процент белка (11,54 %) [204].

Результаты, представленные D. Haile с соавторами (2012), выявили весьма существенное влияние срока внесения азотных удобрений на урожайность зерна хлебной пшеницы и содержание белка. Норма внесения азота и сорт значительно взаимодействовали, влияя на урожайность зерна. Урожайность зерна для Мада Валабу резко возрастала с каждым увеличением нормы внесения азота. Улучшенный сорт обеспечил значительно более высокий урожай зерна [208].

В последующих исследованиях D. Haile с соавторами (2018) было установлено значительное влияние норм N на урожайность зерна двух сортов хлебной пшеницы, содержание белка, эффективность поглощения N, эффективность производства биомассы, эффективность использования N, эффективность использования N для зерна и эффективность использования N для выхода белка. Время внесения N оказало весьма существенное влияние на урожайность зерна и содержание белка. Норма внесения азота и сорт значительно взаимодействовали, влияя на урожайность зерна [209].

Полученные F. I. Radwan с соавторами (2018) результаты показали, что удобренный сорт пшеницы Саха 93 с 75 % внесением в почву минеральных

удобрений NPK и внекорневым внесением наноудобрений (NPK) увеличил урожайность и ее компоненты [220].

В полевом эксперименте по оценке влияния режимов орошения и уровней азота исследователи S. M. Shirazi с соавторами (2014) обнаружили, что максимальная урожайность зерна пшеницы Kanchan (*Triticum aestivum* L.) составила 2,27 т/га при взаимодействии 200 мм поливной нормы и 120 кг/га азота, что было лучшей комбинированной обработкой [221].

Согласно данным авторов J. Iqbal с соавторами (2012) при изучении норм высева 125, 150 и 175 кг/га с пятью уровнями азота 0, 75, 100, 125 и 150 кг/га было отмечено значительное взаимодействие факторов по влиянию на количество зерен в колосе, урожайность зерна и биологическую урожайность пшеницы, которые были максимальными при норме высева 150 кг/га и уровне азота 125 кг/га [213].

Как свидетельствуют M. T. Jan с соавторами (2011) для улучшения производства пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и эффективного использования азотных (N) удобрений решающее значение может быть достигнуто за счет источника и сроков внесения азота. Раздельное внесение N_{100} в фазы посева, кущения и стеблевания увеличивало массу 1000 зерен, тогда как урожайность зерна была выше, когда N применялся в фазах кущения и стеблевания. Внесение азотных удобрений увеличило урожай зерна на 20% по сравнению с контролем независимо от времени внесения N. Из форм азотных удобрений для повышения урожайности пшеницы раздельное внесение $N-NH_4$ более эффективно, чем внесение полной дозы или применение $N-NO_3$ [215].

W. Solomon и A. Anjulo (2017) при оценке зависимости урожайности зерна и биомассы двух сортов хлебной пшеницы (*Triticum aestivum* L.) от азотных и фосфорных удобрений установили значительную и положительную корреляцию с большинством агрономических параметров: с содержанием N и P в зерне, потреблением N и P в зерне и общим потреблением N и P [222].

С. Gheorghe с соавторами (2011) в длительном полевом эксперименте (с 1974 года) при изучении четырех различных уровней калия (K) на четырех NP-фонах наблюдали значительную разницу в содержании белка и сырой клейковины в зависимости от различных уровней K. Наилучшие показатели урожайности были зафиксированы при внесении K_{80} на различных NP-фонах [206].

1.1.3. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от удобрений

По данным Ф. В. Ерошенко с соавторами (2020) в последние годы перечень пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, пополнился новыми препаратами, представляющими собой целую группу различных соединений, содержащих макро– и микроэлементы, аминокислоты, сахара и другие биологически активные элементы, которые способствуют повышению содержания белка на 0,1–0,8 % и количество сырой клейковины на 1,0–3,6 %, а также увеличило фотосинтетическую способность хлорофилла посевов озимой пшеницы на 1–15 % [52].

Х. А. Малкандуев с соавторами (2022) на основании анализа содержания азота, фосфора и калия в листьях и колосьях показали, что наибольшее количество данных элементов в вегетативных органах отмечено в начальные фазы роста растений с постепенным снижением по мере созревания. Потребление азота в растениях накапливалось больше всего к фазе восковой спелости, а накопление фосфора завершалось к периоду молочной спелости [105].

А. К. Шхапацев с соавторами (2018) делают заключение, что внесение минеральных удобрений в рекомендуемых дозах обеспечивает получение экологически безопасной продукции, характеризуемую как вполне удовлетворительную [190].

По данным Т. С. Морозовой и Е. Ю. Колесниченко (2019) коэффициент биологического поглощения и коэффициент накопления кадмия озимой пшеницей под влиянием удобрений повышаются. В соломе озимой пшеницы

процесс накопления кадмия происходит интенсивнее, чем в зерне. Однако длительное применение удобрений не привело к превышению ПДК по кадмию и свинцу [117].

Эксперимент, проведенный А. С. Акименко с соавторами (2021), показал, что последовательное увеличение норм азота способствовало воспроизводству почвенного плодородия, а также повышению содержания клейковины в муке с 22–24 % на неудобренном фоне до 25–27 % при внесении $N_{100}P_{100}K_{100}$ [4].

Имеются данные А. И. Грабовец с соавторами (2020) свидетельствующие, что в вариантах $N_{82}P_{52}$ и $N_{94}P_{104}$ при некорневой подкормке растений перед выколашиванием карбамидом (N_{24}) содержание белка в зерне превысило 14 %. Внесение под вспашку аммофоса ($N_{12}P_{52}$ и $N_{24}P_{104}$) способствовало повышению белковости зерна у пшеницы на 0,2 %, а от некорневого применения карбамида (варианты $N_{82}P_{52}$ и $N_{94}P_{104}$) у пшеницы сбор белка увеличился на 1,0–1,1 % [39].

Согласно данным З. И. Глазова и В. М. Новикова (2015) летняя некорневая подкормка комплексным минеральным удобрением террафлекс 17–17–17 (2 кг/га) на фоне осенней улучшает качество зерна озимой пшеницы – увеличивает массу 1000 зерен на 1,8 г, стекловидность на 5,0 %, натуру на 6,1 г/л, содержание клейковины на 4,2 % и сырого протеина на 2,5 % [32].

Ф. В. Ерошенко с соавторами (2017) рекомендуют ранневесенние подкормки проводить при содержании в растениях азота меньше 3,5 % в дозе N_{60} и при содержании более 4,5 % – в дозе N_{20} . Поздние некорневые азотные подкормки показано применять при наличии в листьях азота 2,0–3,0 % [51].

Следует отметить данные А. А. Завалина и А. М. Накарякова (2021) по повышению в зерне озимой пшеницы содержания белка на 0,8–1,3 % в результате применения азотной подкормки в дозе N_{30} , при этом биомодификация азотных удобрений на содержание белка не влияет [62].

А. В. Гостев (2019) свидетельствует о значительном увеличении натуры зерна озимой пшеницы при внесении изучаемых доз удобрений [38].

По данным Н. В. Долгополовой (2019) минеральные удобрения оказали влияние не только на урожайность, но и на его качество [46].

И. Н. Жочкина и А. Р. Хисамова (2022) обращают внимание на проблемный вопрос о ненормированном воздействии продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных, применяемых в качестве органических удобрений, на окружающую среду и здоровье человека [57].

В работе Ю. А. Бобковой (2020) рассматривается возможность использования новых видов удобрений при возделывании озимой пшеницы, таких как Микромак, обуславливающего увеличение содержания протеина и клейковины в зерне [21].

Согласно выводам Г. Е. Мерзлой и И. В. Понкратенковой (2016) при возделывании озимой пшеницы органическая система существенно уступает органоминеральной по таким показателям качества зерна, как сырой белок и клейковина [113].

А. Ю. Ожередовой и А. Н. Есаулко (2019) установлено повышение относительно контроля содержания в растениях озимой пшеницы азота на 0,22–1,09 % и фосфора на 0,08–0,24 % при внесении минеральных удобрений в дозах на планируемую урожайность 5,0, 7,5 и 10,0 т/га [124].

В исследованиях С. С. Ярошенко (2018) высокое содержание белка (12,1–12,4 %) и клейковины (25,8–28,7 %) в зерне озимой пшеницы получено путем инокуляции семян микробиологическими препаратами на фоне предпосевного внесения $N_{30}P_{60}K_{30}$ и подкормки N_{30} . Применение биопрепаратов увеличило содержание белка в зерне на 4,3–5,1 %, а количество клейковины – на 3,7–4,9 % [192].

О. И. Власова с соавторами (2019) пришли к выводу, что возделывание озимой пшеницы с использованием биопрепаратов нерентабельно по сравнению с контролем. Несмотря на увеличение урожайности и качества зерна, себестоимость получаемой продукции значительно выше, чем при

контрольном посеве, что связано с высокой стоимостью препаратов и дополнительными затратами по их применению [27].

По свидетельству S. Yan с соавторами (2022) процесс поглощения, накопления и распределения азота, фосфора и калия влияет не только на рост и урожай зерна, но и на качество зерна пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Различные методы внесения удобрений и орошения могут влиять на рост пшеницы, а также на поглощение и использование питательных элементов [228].

По данным L. Hlisnikovsky и E. Kunzova (2014) выявлено положительное влияние азотных удобрений на площадь листа и концентрацию хлорофилла в нем, тем самым повышая содержание сырого белка и реологические свойства теста, использование органических удобрений, таких как навоз, положительно влияет на зерно [212].

По заключению S. Yan с соавторами (2020) выявление потребностей зерна в усвоении элементов питания имеет важное значение для оптимизации орошения и внесения удобрений для получения высокоурожайной и высококачественной пшеницы для удовлетворения растущего будущего спроса на продовольствие [226].

Исследования T. Hellemans с соавторами (2018) установили, что качество пшеницы зависит не только от используемого сорта, но и от ее способности накапливать запасы белка в зерне, что определяется внесением азотных удобрений [210].

В опыте D. Haile с соавторами (2012) время внесения азота оказало весьма существенное влияние на урожайность зерна и содержание белка [208].

По другим данным норма N значительно влияла на содержание белка в зерне двух сортов хлебной пшеницы, эффективность поглощения N, эффективность использования N, эффективность использования N для зерна и эффективность использования N для выхода белка (Haile D. et al., 2018) [209].

По мнению F. I. Radwan с соавторами (2018) внесение в почву 75 % минеральных удобрений NPK с внекорневым внесением наноудобрений (NPK) увеличило урожайность и компоненты урожая пшеницы [220].

Согласно данным M. T. Jan с соавторами (2011) аммонийная форма азотных удобрений увеличила компоненты урожайности, но не повлияла на конечный выход зерна. Раздельное внесение азота на фазах посева, кушения и стеблевания увеличивало массу тысячи зерен [215].

В опытах C. Gheorghe с соавторами (2011) проанализировано влияние калийных удобрений при длительном применении в различных почвенных условиях на качество пшеницы сорта Кришана. Из-за применения различных уровней калия наблюдается значительная разница в содержании белка и сырой клейковины [206].

1.2. Влияние способов обработки почвы на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы

1.2.1. Свойства почвы в зависимости от способов обработки почвы

Как свидетельствуют результаты исследований А.Н. Сарычева (2019), наиболее эффективной обработкой почвы была комбинированная обработка, которая обеспечила накопление продуктивной влаги в фазе возобновления вегетации на уровне 116,5 мм, обеспеченность гидролизуемым азотом 43,4 мг/кг, подвижным фосфором 16,4 мг/кг, подвижным калием 314,5 мг/кг почвы. В результате урожайность озимой пшеницы на этом варианте составила в среднем за 2008–2018 гг. в условиях защищенного агроландшафта 2,17 т/га, без защитных насаждений 1,88 т/га [150].

Заслуживает быть отмеченным заключение А. Д. Ким и В. И. Кирюшина (2016), что плодородие представляет собой биogeосферный процесс, осуществляющий функцию продуцирования [70].

Результаты исследований А. А. Разина и О. Г. Дятловой (2017) показали, что внесение удобрений на глубину 10–12 см способствовало увеличению распространения корневой гнили яровой пшеницы по сравнению с вспашкой плугом на глубину 20–22 см в фазе всходов культуры на 3,1% (навоз 30 т/га) и на 6,6% (N_{45} P_{45} K_{45}), а также увеличивал развитие заболевания при применении минеральных удобрений в 1,6 раза [140].

Эксперименты В. И. Кирюшина (2017) показали, что к числу узловых проблем экологизации земледелия значительный приоритет имеет развитие минимизации обработки почвы и прямого посева, что отражает глобальную тенденцию [75].

И. Г. Пыхтин с соавторами (2015) провел анализ публикаций за последние 30 лет, который показал отсутствие единых основополагающих подходов к систематизации обработок почвы, что ведет к появлению самых разнообразных их систем [137].

В выводах В. А. Николаева с соавторами (2015) показано, что применение минимальной обработки уменьшало плотность пахотного слоя почвы (0–20 см) в среднем до $1,39 \text{ г/см}^3$, по сравнению со вспашкой ($1,46 \text{ г/см}^3$) [121].

По данным А. П. Солодовникова с соавторами (2015) установлено, что плотность почвы после вспашки во время посева была меньше, чем при энергосберегающих технологиях на 2,6–5,1 [155].

Результаты обобщения Г. Н. Черкасова с соавторами (2014) показали, что нулевая обработка на сегодняшний день не обладает универсальностью и попытки ее сблизить с традиционной вспашкой – бессмысленная задача, так как эти обработки имеют абсолютно разных теоретические и исторические предпосылки, помимо этого, с учетом увеличения доли применения ресурсосберегающих технологий, следует разработать и утвердить законодательных акты по вопросу сохранения и поддержания плодородия почв нашей страны [183].

Эксперименты П. П. Васюкова с соавторами (2014) показали, что проблемы деградации почвы и катастрофического падения ее плодородия

очень серьезны. Опыты показывают, что замена вспашки черноземов более щадящими способами обработки позволяет избавиться от этого зла [25].

Как указано в исследованиях А. В. Дедова с соавторами (2013), при увеличении интенсивности вспашки увеличивается содержание подвижных питательных веществ в пахотном слое. Различные методы восстановительной обработки привели к снижению содержания нитратов азота по сравнению с отвальной на 12–30% [44].

По результатам поисковых исследований Л. А. Бабаяна с соавторами (2013) указывается, что на склонах при отвальной вспашке питательные вещества равномернее распределяются в пахотном слое светло-каштановой почвы и меньше засоряются посевы, а плоскорезная обработка способствует снижению потерь почвы со смывом, испарению влаги в поверхностном слое, но в 1,4–1,7 раза повышает засоренность посевов [15].

Результаты наблюдений А. А. Романенко с соавторами (2013) показывают, что традиционная и разуплотняющая обработки способствуют лучшему окультуриванию почвы, улучшению ее агрофизических и агрохимических свойств, более рациональному использованию культурами влаги и получению высокого урожая по сравнению с поверхностной обработкой, а безотвальная обработка на глубину 14–16 см по всем изучаемым агрофизическим показателям несколько уступает традиционной и разуплотняющей [142].

Материалы Н. А. Пеговой и Л. О. Трониной (2021) свидетельствуют, что биологические свойства почвы на фоне комбинированной системы обработки имели промежуточные показатели относительно отвальной и безотвальной системы обработки почвы, при этом урожайность озимой ржи имела отрицательную корреляционную связь с целлюлозолитической ($r = -0,352$) и аммонифирующей ($r = -0,333$) способностями [128].

По результатам В. И. Усенко и С. В. Усенко (2018) установлено, что уменьшение глубины обработки, или переход на No-till технологии, сопровождается сокращением запасов влаги к всходам после пара на 4–32 мм

(3–32 %), гороха на 11–35 мм (9–37 %), овса на 8–36 мм (7–41 %), бессменной пшеницы на 23–46 мм (20–51 %) [175].

В то же время исследованиями Е. А. Гранкина и С. И. Коржова (2019) обнаружено, что нулевая обработка почвы создает более благоприятные условия для накопления влаги в почве и способствует ее более рациональному расходу в годы с обычным количеством осадков и, особенно, в засушливые годы, плотность почвы при этом остается в пределах оптимальной для зерновых культур, а их урожайность становится более стабильной по годам и менее зависимой от климатических условий [40].

Как показали исследования А. С. Сергунцова с соавторами (2022), правильный уход за растениями в период вегетации является главным фактором в получении высокой урожайности, причём, для производства качественного продукта необходимо вовремя проводить обработку почвы, защиту растений и подкормки [152].

А. Ю. Фурсова с соавторами (2016) обнаружили, что в условиях Ставропольской возвышенности рекомендовано применение систем удобрения в сочетании со способами и приемами обработки почвы после предшественника горох, позволяющие получить максимальную продуктивность озимой пшеницы [181].

По мнению исследователей S. Ali с соавторами (2018), осадки являются наиболее важным источником воды для развития и производства сельского хозяйства, особенно при разных способах обработки почвы, а недостаточное количество осадков часто приводит к низкой урожайности сельскохозяйственных культур [196].

В исследователях G. Brankatschk и M. Finkbeiner (2015) отмечено, что важная стратегия устойчивого земледелия может быть основана на системах севооборота, которые соответствуют последовательности различных сельскохозяйственных культур, выращиваемых на одном и том же поле с разными способами обработки. Выращивание различных культур в хронологической последовательности имеет положительный

синергетический эффект, при этом преимущества для последующего урожая обеспечиваются предыдущим [200].

Результаты исследователей V. V. Ivanyshyn с соавторами (2016) показали, что сегодня большое значение придается выбору оптимальной системы земледелия, которая обеспечивала бы высокие и стабильные урожаи сельскохозяйственных культур в конкретных условиях [214].

Основываясь на данных K. Alam с соавторами (2014), методы обработки почвы показали положительное влияние на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. После четырех циклов обработки почвы при консервативной обработке почвы было зафиксировано наибольшее накопление OM, максимальная плотность корневой массы (глубина почвы 0-15 см) и улучшенные физико-химические свойства. Объемная плотность и плотность частиц были снижены благодаря методам обработки почвы, что привело к наибольшему снижению этих свойств и наибольшему увеличению пористости и полевой емкости при нулевой обработке почвы [195].

По результатам исследований J. K. Aridhee с соавторами (2020) оценено влияние различных систем обработки почвы на некоторые физические свойства почвы и параметры урожайности пшеницы. Испытания были проведены в рендомизированном режиме полного блока (RCBD) с тремя повторениями. Система обработки почвы состояла из обычной обработки почвы (CT), неглубокой обработки почвы (ST), уменьшенной обработки почвы с использованием зубчатого культиватора (RT1) и уменьшенной обработки почвы с использованием дисковой бороны (RT2). Результат показал, что при обработке КТ зафиксирована самая низкая насыпная плотность $1,237 \text{ г/см}^3$, самая высокая общая пористость почвы 53 %, длина колоса 11,56 см, количество зерен на колосе (50,13), масса тысячи зерен (44,03 г) и урожайность зерна (4,68 т/га). В то время как самая высокая насыпная плотность ($1,378 \text{ г/см}^3$), более низкая пористость 47 %, длина колоса (10,33 см), количество зерен на колосе (42,83), масса тысячи зерен (38,43 г) и урожайность зерна (3,81 т/га) были получены при обработке RT1 [198].

1.2.2. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы

По сообщению А.А. Разина с соавторами (2021) замена отвальной вспашки дискованием приводила к снижению урожайности пшеницы на 0,28–0,40 т/га (15,2–16,2 %), но ограничивала распространение корневых гнилей [139].

Как свидетельствуют исследования М. Я. Давыдова (2022), основная обработка почвы – это фундамент, на котором стоят все иные компоненты урожая – удобрения, сорт, защита растений. Срок, способ, качество проведения основной обработки почвы – эти и многие другие показатели влияют на накопление влаги в грунте, предотвращение эрозии, поддерживают баланс питательных элементов в почве, активируют биоактивность, регулируют количество и видовой состав сорняков, вредителей и болезней [43].

Как показали С. С. Терехова и А. В. Коваль (2021), озимая пшеница, являясь основной зерновой культурой в южных регионах страны, требует внесения больших доз минеральных удобрений для получения оптимального урожая и формирования качественного зерна, для чего необходим и оптимальный режим вспашки [164].

Р. В. Кравченко с соавторами (2021) установили, что глубокая обработка почвы чизельным плугом на глубину 20–22 см способствует формированию сравнимого с контролем биологического урожая [87].

Как показали результаты исследований Е. В. Кузиной (2015), требуется сделать выбор оптимальных решений, повышающих урожайность зерна, улучшающих условия азотного питания на 41–58 % и влагообеспеченность растений озимой пшеницы на 13–20 %, что приводит к повышению урожайности на 0,42–0,51 т/га [90].

В последующих исследованиях Е. В. Кузина (2020) обнаружила, что варианты с мелкой и поверхностной обработками по величине урожая не уступали контролю [89].

По данным А. А. Агеева (2021), для производства высокопродуктивных злаков необходимо соблюдать сбалансированное питание за счет применения азотных и фосфорных удобрений, а также системы обработки почвы. Совершенствование этих элементов системы земледелия обеспечивает урожайность и экономическую эффективность растениеводства [1].

Исследованиями О. И. Горянина с соавторами (2019) установлено, что в современных условиях озимая пшеница является ведущей зерновой культурой, однако для повышения эффективности ее возделывания необходимо дальнейшее совершенствование технологии [36].

А. А. Малахова (2014) пришла к выводу, что новые сорта озимой пшеница хорошо отзываются на разнообразные приемы агротехники, которые способствуют увеличению продуктивности этой наиболее ценной продовольственной культуры [103].

По данным Н. А. Пеговой и Л. О. Трониной (2021) биологические свойства почвы на фоне комбинированной системы обработки имели промежуточные показатели относительно отвальной и безотвальной системы обработки почвы. Урожайность озимой ржи имела отрицательную корреляционную связь с целлюлозолитической ($r = - 0,352$) и аммонифирующей ($r = - 0,333$) способностями [128].

Исследованиями А. А. Разина с соавторами (2021) обнаружено, что применение минеральных удобрений ($N_{45}P_{45}K_{45}$) способствовало ограничению распространенности корневых гнилей на 1,3–5,0 % и повышению урожайности яровой пшеницы на 0,20–0,30 т/га (8,5–15,6 %) по отношению к неудобренному фону. Замена отвальной вспашки дискованием приводила к снижению урожайности пшеницы на 0,28–0,40 т/га (15,2–16,2 %), но ограничивала распространение корневых гнилей [139].

В работах В. И. Турусова с соавторами (2018) отвальная система обработки почвы в севообороте с применением непосредственно под озимую пшениц дисковой обработки на глубину 6–8 см обеспечивает в почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧЗ лучшие результаты при

выращивании культуры по непаровым предшественникам в звене зернопропашного севооборота (горох – озимая пшеница). На фоне внесения удобрений приемы обработки почвы оказывают меньшее влияние на продуктивность [170].

По результатам исследований В. Г. Кутилкина и С. Н. Зудилина (2018) установлено, что КПД ФАР и коэффициент водопотребления озимой пшеницы практически не зависят от основной обработки паровых полей [92].

Обращают на себя внимание результаты исследований И. Г. Пыхтина (2017), свидетельствующие о равной эффективности на озимой пшенице мелкая безотвальной, поверхностной и нулевой обработки почвы [136].

И. Г. Пыхтин с соавторами (2016) акцентирует внимание на то, что для более достоверной оценки ресурсосбережения агротехнологии следует использовать расчет энергетической эффективности, который представляет собой отношение энергоемкости выращенного урожая к суммарным энергетическим затратам [138].

По имению И. В. Логвинова (2016), наибольший выход кормовых единиц с 3-х полей севооборота отмечен в звене горох, озимая пшеница и сахарная свёкла при двойных дозах минеральных удобрений и последствии 40 т/га навоза по безотвальной обработке почвы [98].

Данные Д. В. Дубовика с соавторами (2014) позволяют заключить, что способы основной обработки почвы, как овалыные, так и безотвальныы, по степени влияния на урожайность озимой пшеницы существенно не отличались, хотя по данным регрессионного анализа имеется тенденция в пользу отвальной вспашки [49].

Заслуживает быть отмеченными результаты О. А. Благополучной и Н. И. Мамсирова (2013) констатировавшие, что статистическая обработка показала достоверное снижение урожая зерна пшеницы, высеянной по плоскорезной обработке, по сравнению со вспашкой [20].

В. И. Кирюшин установил (2013), что чем полнее культура соответствует агроэкологическим условиям земельного участка, тем больше

возможностей минимизации почвообработки. И чем хуже качество почвы, тем интенсивнее обработка [77].

Стоит отметить заключение Н. В. Фисунова и Д. И. Еремина (2013), показавших, что отвальная система обработки обеспечивает экономичное потребление воды озимой пшеницей (коэффициент водопотребления 74,9–77,6 мм/т зерна), безотвальное рыхление приводит к незначительному увеличению водопотребления, а минимальная обработка почвы приводит к существенной потере воды, что негативно отражается на коэффициенте водопотребления, который в этом случае достигает максимальных значений. Переход от отвальной системы обработки на минимальную систему приводит к резкому снижению урожайности пшеницы [180].

Следует отметить результаты В. А. Воронцова и Ю. П. Скорочкина (2019) показавших, что изменение различных технологических приемов в зернопаровом севообороте выявило целесообразность комплексного их применения, позволяющих наиболее эффективно использовать биоклиматический потенциал региона и потенциальное плодородие черноземных почв [29].

В исследователях Е. А. Гранкина и С. И. Коржова (2019) упоминается о том, что нулевая обработка почвы создает более благоприятные условия для накопления влаги в почве и способствует ее более рациональному расходу в годы с обычным количеством осадков и, особенно, в засушливые годы, плотность почвы при этом остается в пределах оптимальной для зерновых культур, а их урожайность становится более стабильной по годам и менее зависимой от климатических условий [40].

Н. В. Долгополова и Е. Ю. Кондратова (2019) пришли к выводу о том, что доля участия способа основной обработки почвы в формировании зерна озимой пшеницы составляет 0,8 %, на удобрения приходится 73,1 % и на систему защиты растений 25,4 % [45].

Результаты исследований А. С. Сергунцова с соавторами (2022) показали, что правильный уход за растениями в период вегетации, является

главным фактором в получении высокой урожайности, причём, для производства качественного продукта необходимо вовремя проводить обработку почвы, защиту растений и подкормки [152].

По результатам исследований Е. С. Бойко и В. П. Василько (2020) установлено, что колебание урожайности в зависимости от погодных условий и уровня агротехники составляет от 38,7 до 72,3 ц/га. Наибольший урожай зерна (на уровне 70 ц/га) формируется при следующих условиях: ранняя весна (первая декада марта) от начала вегетации до колошения 70 дней, количество осадков за вегетацию 570 мм, в том числе в апреле–июне не менее 250 мм, ГТК = 1,7 [22].

В ходе исследования В. Т. Лобков с соавторами (2012) пришли к выводу о том, что озимая пшеница слабо реагировала на способы основной обработки почвы, влияние гербицида Тризлак статистически доказано на вариантах вспашки [97].

Следует отметить результаты исследований Н. В. Перфильева и О. А. Вьюшиной (2022) установивших, что для возделывания ячменя ярового и пшеницы яровой целесообразно использование вспашку оборотным плугом Евро Диамант 10 фирмы LEMKEN (Германия) с предплужниками, а в технологии озимой пшеницы, можно применять прямой посев и обработку почвы комбинированным орудием KOS 3.7 фирмы UNIA (Польша) [129].

А. Ю. Фурсова с соавторами (2016) пришли к выводу, что в условиях Ставропольской возвышенности рекомендовано применение систем удобрения в сочетании со способами и приемами обработки почвы после предшественника горох, позволяющие получить максимальную продуктивность озимой пшеницы [181].

Исследования Н. В. Дроновой (2015) показывают, что наибольший эффект от использования средств интенсификации земледелия при выращивании озимой пшеницы по зернобобовым предшественникам обеспечивает отвально-безотвальная система обработки почвы в севообороте при дисковом лушении непосредственно под озимую пшеницу [48].

Примечательно, что как показывают исследования Г. Ю. Федорова (2012), урожайность зерновых по улучшенной технологии обработки почвы не уступает урожайности по вспашке. При этом снижаются затраты на обработку на 10 %, расход топлива до 12 кг/га, а также затраты труда на 1 ц продукции [178].

Результаты А. А. Tedeeva с соавторами (2022) показали, что дальнейшее повышение урожайности озимой пшеницы требует совершенствования существующих и разработки новых агротехнических приемов, направленных на создание благоприятных условий для роста и развития растений, способствующих максимальной реализации потенциальной продуктивности новых высокоинтенсивных сортов [223].

Исследования М. Abdipur с соавторами (2012) показали, что на сельскохозяйственной исследовательской станции в условиях засушливых земель Гачсаран (GDARS, Иран) были обнаружены значительные различия между обработками почвы по массе тысячи зерен, биологической урожайности, урожайности зерна и индексу урожая. Обработка Т в целом дала почти самые высокие показатели, обработка чизельным плугом + дисковой бороной с увеличением урожайности на 266 кг га по сравнению с обычной обработкой почвы была признана лучшей обработкой почвы [193].

Основываясь на данных К. Alam с соавторами (2014), методы обработки почвы показали положительное влияние на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. После четырех циклов обработки почвы при консервативной обработке почвы было зафиксировано наибольшее накопление ОМ, максимальная плотность корневой массы (глубина почвы 0–15 см) и улучшенные физико-химические свойства. Объемная плотность и плотность частиц были снижены благодаря методам обработки почвы, что привело к наибольшему снижению этих свойств и наибольшему увеличению пористости и полевой емкости при нулевой обработке почвы [195].

Результаты исследований, проведенных А. Khaliq с соавторами (2013) показали, что нулевая обработка почвы снизила плотность сорняков и сухую биомассу и привела к увеличению урожая зерна даже при борьбе с сорняками по сравнению с остальными методами обработки почвы. Рекомендуемая дозировка йодо+мезосульфурона и его уменьшенная на 50 % доза в баке в смеси с соргаабом привели к большему подавлению сорняков при нулевой обработке почвы с точки зрения плотности сорняков и сухой биомассы. Эти обработки также улучшили индекс площади листьев пшеницы и скорость роста урожая [216].

По результатам исследований J. K. Aridhee с соавторами (2020) оценено влияние различных систем обработки почвы на некоторые физические свойства почвы и параметры урожайности пшеницы. Испытания были проведены в рендомизированном режиме полного блока (RCBD) с тремя повторениями. Система обработки почвы состояла из обычной обработки почвы (CT), неглубокой обработки почвы (ST), уменьшенной обработки почвы с использованием зубчатого культиватора (RT1) и уменьшенной обработки почвы с использованием дисковой бороны (RT2). Результат показал, что при обработке КТ зафиксирована самая низкая насыпная плотность $1,237 \text{ г/см}^3$, самая высокая общая пористость почвы 53 %, длина колоса 11,56 см, количество зерен на колосе (50,13), масса тысячи зерен (44,03 г) и урожайность зерна (4,68 т/га). В то время как самая высокая насыпная плотность ($1,378 \text{ г/см}^3$), более низкая пористость 47 %, длина колоса (10,33 см), количество зерен на колосе (42,83), масса тысячи зерен (38,43 г) и урожайность зерна (3,81 т/га) были получены при обработке RT1 [198].

1.2.3. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы

По данным В. Ф. Федоренко с соавторами (2018) показали, что применение современных агротехнологий позволит производить

высококачественное зерно пшеницы и Россия может стать крупнейшим экспортером зерна и продуктов его переработки [177].

Стоит упомянуть результаты исследований А. А. Завалина (2014) показавших, что без удобрений и средств защиты растений в большинстве случаев невозможно получить качественное зерно, без них весьма ограничены возможности применения почвозащитных минимальных обработок почвы [61].

1.3. Влияние пестицидов на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы

1.3.1. Свойства почвы в зависимости от пестицидов

По свидетельству М. М. Сабитова (2016) фактический уровень интенсификации агротехнологий в хозяйствах может выбираться в зависимости от производственно-ресурсного потенциала товаропроизводителя [145].

В результате исследований А. С. Голубева и А. С. Долженко (2020) установлено, что внесение метрибузина (138 и 210 г д.в./га) в осенний период – потенциально эффективный прием защиты посевов озимой пшеницы от однолетних двудольных (зимующих) и некоторых злаковых сорняков (в частности, метлицы обыкновенной) в регионах Российской Федерации.

По данным Н. Н. Глазуновой с соавторами (2017) массовое размножение грибной инфекции значительно снижает урожайность озимой пшеницы. Большинство микромицетов отрицательно влияют и на качество урожая. Приводится анализ влияния обработок фунгицидами на физические признаки и технологические свойства зерна озимой пшеницы [33].

По результатам наблюдений J. Hendrickson и J.C. Colazo (2019) устойчивое производство основывается на интегрированном сельском хозяйстве, которое оптимизирует питательные вещества и защиту от вредителей и болезней за счет комплексного управления питательными

веществами и вредителями. В этом контексте севооборот, согласованный с методами, которые повышают активность полезных почвенных микроорганизмов, может регулировать биогеохимические почвенные циклы и влиять на плодородие почвы [211].

1.3.2. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от пестицидов

По материалам Н. А. Кирпичникова с соавторами (2018) установлено, что систематическое применение молотого фосфорита и суперфосфата на фоне НК с известкованием при использовании химических средств защиты растений обеспечивает высокую урожайность озимой пшеницы около 60–70 ц/га [72].

По данным Н. А. Черненькой и З. Р. Цукановой (2016) установлено, что комплексное использование препаратов путем протравливания семян препаратами Ламадор (0,5 л/т), Баритон (1,5 л/т), Сценик Комби (1,5 л/т) в сочетании с двукратной обработкой по вегетации баковой смесью в фазе кущения–выхода в трубку (Секатор Турбо (0,08 л/га), Пума Супер (0,6 л/га), Прозаро (0,8 л/га), Конфидор Экстра (0,05 кг/га) и в фазу флагового листа-колошения Прозаро (0,8 л/га) и конфидор Экстра (0,05 кг/га) повысило урожайность озимой пшеницы Скипетр на 0,91-2,19 т/га (12,25-29,1 %) [184].

Имеются данные А. М. Алиева с соавторами (2018), согласно которым интенсивные технологии возделывания зерновых культур призваны обеспечить оптимальное питание растений за счет применения органических и минеральных удобрений, а также защиту культуры от вредных организмов. Это создает условия для реализации наиболее полного потенциала сорта и получения урожая высокого качества [11].

Эксперименты Г. И. Ваулиной с соавторами (2016) показали, что применение удобрений и средств защиты растений в комплексе является основой интенсивного земледелия наряду с плодородием почвы [26].

По наблюдениям Л. Я. Степук с соавторами (2017), важнейшими ресурсами сельского хозяйства являются средства химизации земледелия, включающие минеральные и органические удобрения, известковые материалы и пестициды. В совокупности в последние годы ежегодное их применение оценивается в объеме, превышающем один миллиард долларов США. Безусловно, уровень применения этих ресурсов определяет результативность всего земледелия [159].

Результаты показывают А. А. Артемьев (2020) влияние минеральных удобрений и средств защиты растений на изменение урожайности и качества зерна озимой пшеницы. Установлено, что наибольший сбор зерна у сорта Московская 39 за годы исследований (4,47 т/га) получен на фоне применения расчетных доз удобрений, обработки семян и посевов хелатной формой микроудобрения [14].

По сообщениям М. М. Оконова с соавторами (2012), повышение заинтересованности производителей зерна в результатах своей деятельности обусловили потребность в более эффективном регулировании процессов получения высокой урожайности за счёт применения современных инновационных приёмов возделывания сельскохозяйственных культур [125].

Л. В. Юшкевичем с соавторами (2014) установлено, что комплексное использование средств химизации ведет к повышению урожайности зерна яровой пшеницы на 0,66–1,89 т/га и улучшению его качества [191].

Согласно утверждению А. А. Машарипова (2022), важно учитывать комплексный характер использования средств интенсификации и современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в земледелии, проводить мониторинг состояния почв и конечной продукции [109].

По наблюдениям А. А. Борова и А. Э. Лощининой (2020) сочетание удобрений и гербицидов при разных системах обработки почвы способствовало обеспечению максимальных прибавок урожайности – 1,36–1,56 т/га [23].

Е. В. Журавлева с соавторами (2020) акцентируют внимание на том, что реализовать потенциал новых сортов пшеницы в формировании урожаев зерна

высокого качества возможно путем включения в систему его производства интенсивных технологий, обеспечивающих эффективное использование зональных почвенно-климатических ресурсов и средств интенсификации земледелия, органических и минеральных удобрений, биопрепаратов и средств защиты растений от вредоносных объектов [58].

По мнению Д. В. Плечова с соавторами (2015) представляется, что почвенно–климатические условия оказывают определяющее влияние на величину урожая опытной культуры [132].

По данным Е. В. Смольского с соавторами (2022) следует иметь в виду, что в затратах на производство зерна озимой пшеницы 62,7 % занимают пестициды и удобрения, продуктивность зависела от применения биопрепарата и доз минерального удобрения, с возрастанием которых она росла [154].

Результаты исследований С. В. Резвяковой с соавторами (2021) позволяют заключить, что двукратное применение фунгицида Триада на озимой пшенице сорта Московская 39 способствует повышению урожайности на 8,9 % и качества зерна [141].

1.3.3. Качество озимой пшеницы в зависимости от пестицидов

А. С. Звягина (2015) пришла к выводу, что токсичное действие гербицидов оказывает влияние на ростовые процессы семенных культур [64].

Согласно агроэкологической оценке системы систематического применения средств химизации в земледелии на накопление тяжелых металлов в почве, сделанной А. К. Шхапацевым с соавторами (2018), обнаружено, что при внесении минеральных удобрений в рекомендуемых дозах систему можно считать как вполне удовлетворительную и обеспечивающую получение экологически безопасной продукции [190].

Результаты Т. С. Морозовой и Е. Ю. Колесниченко (2019) показывают, что коэффициент биологического поглощения и коэффициент накопления

кадмия озимой пшеницей под влиянием удобрений повышаются. В соломе озимой пшеницы процесс накопления кадмия происходит интенсивнее, чем в зерне. Несмотря на то, что длительное применение удобрений не привело к превышению ПДК по кадмию и свинцу [117].

Исследованиями С. В. Резвяковой с соавторами (2021) обнаружено, что двукратная обработка посевов озимой пшеницы сорта Московская 39 фунгицидом Триада способствует повышению урожайности на 8,9% и качества зерна [141].

1.3.4. Засоренность посевов озимой пшеницы и пораженность растений болезнями в зависимости от пестицидов и агроприемов

Л. Д. Буркова с соавторами (2016) показали, что препарат Дивиденд Суприм, КС в норме применения 2,0–2,5 л/т позволяет успешно защищать посевы пшеницы от комплекса вредоносных объектов экологически малоопасным способом обработки семян.

А. А. Разиным с соавторами (2021) проиллюстрировано положительное применение минеральных удобрений ($N_{45}P_{45}K_{45}$), которые способствовали ограничению распространенности корневых гнилей на 1,3–5,0 % и повышению урожайности яровой пшеницы на 0,20–0,30 т/га (8,5–15,6 %) по отношению к неудобренному фону. Замена отвальной вспашки дискованием приводила к снижению урожайности пшеницы на 0,28–0,40 т/га (15,2–16,2 %), но ограничивала распространение корневых гнилей [139].

На одном квадратном метре пашни в среднем находится от 30 до 50 тысяч семян сорных растений, что отрицательным образом сказывается на продуктивности сельскохозяйственных культур и ухудшении качества урожая (В. А. Воронцов и др., 2019) [29].

Я. В. Васильевой (2019) было выявлено, что на фонах с использованием минеральной и навозно-минеральной системы с добавлением ретардантов, фунгицидов

и гербицидов такие показатели как засоренность и пораженность снижаются. Следовательно, урожайность и качество зерна озимой пшеницы повышаются [24].

Изучение засоренности В. А. Воронцовым с соавторами (2019) показало, что на этот показатель оказывали влияние, как системы обработки почвы, так и применяемые средства химизации – удобрения, гербициды [30].

Экспериментами Н. В. Долгополовой и Е. Ю. Кондратовой (2019) установлено, что доля участия способа основной обработки почвы в формировании зерна озимой пшеницы составляет 0,8 %, на удобрения приходится 73,1 % и на систему защиты растений 25,4 %, следствие чего удобрительные средства являются значительным и весомым фактором, воздействующим на продуктивность культуры [45].

А. Ф. Мельник (2012) показал, что применение фунгицида Альто супер в сочетании с биопрепаратом Альбит уменьшило степень развития болезней озимой пшеницы и обеспечило прибавку урожайности сортов Московская 39 на 8,7–38,8 %, Галина 12,8–39,5 % [110, 111].

Исследователи Н. А. Лопачев и Ю. В. Ефремова (2015) отметили, что в настоящее время наиболее перспективными технологическими приемами регулирования фотосинтетических процессов в посевах озимой пшеницы являются предпосевная обработка семян фунгицидами и стимуляторами роста [99].

С точки зрения исследований В. Т. Лобкова с соавторами (2012) влияние гербицида Тризлак статистически доказано на вариантах вспашки под озимую пшеницу [97].

По мнению Н. Н. Глазуновой с соавторами (2017) массовое размножение грибной инфекции значительно снижает урожайность и качество зерна озимой пшеницы, а обработка фунгицидами положительно сказывается на физических признаках и технологических свойствах зерна культуры [33].

Результаты исследований Д. В. Устимова с соавторами (2018) показывают, что вредители озимой пшеницы являются одним из основных сдерживающих факторов урожайности культуры на Юге России, вследствие этого защита посевов культуры от комплекса вредителей баковыми смесями

инсектицидов проводится на ранних этапах появления фитофагов с фазы колошения до нанесения экономически значимого ущерба урожаю [176].

Работами Н. Н. Глазуновой и Д. В. Устимова (2013) определена эффективность современных фунгицидов при обработке посевов озимой пшеницы, показывающая не только снижение распространенности и степени развития листостебельных заболеваний, но и свидетельствующая о прибавке урожая [34].

Исследование, проведенное А. П. Шутко с соавторами (2019), определило, что самостоятельное применение химического и биологического препаратов обеспечило биологическую эффективность в отношении гибеллиозной прикорневой гнили озимой пшеницы на уровне 50,4–58,4 % при достоверной прибавке урожая 0,52–0,76 т/га или 16,9–24,7 % [189].

Результаты исследований В. А. Лавриновой с соавторами (2019) выявили сильное угнетение микромицетов из рода *Fusarium* (82,6 %) и комплексной нагрузки фитопатогенов на одну зерновку (100 %) в результате применения химического препарата Максим Форте [93].

Анализ и обобщение литературных источников по влиянию удобрений, способов обработки почвы и средств защиты растений на агрохимические и агрофизические свойства почвы, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество зерна озимой пшеницы, показал неоднозначность выводов по данной проблематике. Результаты исследований многих авторов отличаются большим разнообразием мнений и заключений по изучаемым агротехническим приемам, что связано с пестротой почвенного плодородия и разнообразием климатических условий. Мнения авторов зачастую не совпадают и порой противоречивы.

Вследствие этого нами было принято решение о проведении дальнейшего изучения таких важнейших агротехнических приемов как удобрения, способы основной обработки почвы и пестициды с целью выявления их влияния на свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы, что для условий Центрального Черноземья является актуальным.

Глава 2. МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Методика проведения исследований

Диссертационное исследование проводилось на агрономическом факультете ФГБУ ВО Белгородский ГАУ на базе стационарного полевого опыта ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», заложенного в 1987 г.

Целью диссертационного исследования являлось агроэкологическое обоснование систем удобрения озимой пшеницы сорта Синтетик в зависимости от способов обработки почвы и уровней защиты растений при длительном использовании в условиях юго-западной части ЦЧР.

В задачи исследований входило:

- изучить закономерность влияния систем удобрения и способов обработки почвы на содержания подвижных форм элементов питания и на агрофизические свойства в чернозёме типичном;
- определить влияние систем удобрения и способов обработки почвы на засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от уровней защиты растений;
- установить характер влияния комплекса агротехнических приёмов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы
- провести анализ экономической эффективности удобрений в зависимости от способов обработки почвы и уровней защиты растений.

Исследования проводятся в севообороте с таким чередованием полей и культур: чистый пар, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на зерно.

Почва опытного участка – чернозем типичный тяжелосуглинистого гранулометрического состава с содержанием гумуса 4,5–5,0 %, суммой поглощённых оснований 37–40 мг-экв./100 г, гидролитической кислотностью почвы 1,6–1,8 мг-экв./100 г почвы, pH солевой вытяжки 5,8–5,9 и

содержанием подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову), соответственно, 55–60 и 105–125 мг/кг почвы.

Опыт заложен в 3-х кратной повторности. Изучались 2 способа обработки почвы, 4 системы удобрения и 2 системы защиты растений.

Схема опыта с удобрениями: 1. Без удобрений; 2. $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3. Навоз 40 т/га; 4. Навоз 40 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Способы основной обработки почвы: 1. плугом ПЛН-5-35 (20-22 см) и 2. плугом со стойками Параплау (20-22 см).

Система защиты растений имеет 2 уровня:

1. протравливание семян (Доспех 3, КС – 0,50 л/т + Табу, ВСК – 0,50 л/т семян);
2. то же, что 1 + гербициды (в фазу кущения) Астэрикс, СЭ – 0,60 л/га + фунгицид (в фазу трубкования) Алькор Супер, КЭ – 0,50 л/га.

В опыте использовались общепринятые методы учета и наблюдения:

- агрометеорологические показатели фиксировали на метеопосту, расположенном на территории опытного поля ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в соответствии с «Руководством для агрометеорологических постов»;
- в почве в течение вегетации озимой пшеницы определяли содержание нитратного азота (ГОСТ 26488-85), подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову (ГОСТ 26204-91), почвенные образцы отбирали в фазе кущения и в период уборки урожая озимой пшеницы в слоях почвы 0-10, 10-20, 20-30 см;
- учёт засоренности посевов озимой пшеницы проводили в два срока количественно-весовым методом по методике ВИЗР (1990). Первый учет – перед обработкой посевов гербицидом, второй – через 30 дней после обработки;
- в фазе полной спелости озимой пшеницы отбирали сноповые образцы для определения структуры урожая (высота растений, общее число стеблей, число продуктивных стеблей, масса зерна с одного колоса);
- учёт урожая проводили при помощи комбайна Сампо-500 методом сплошной уборки учётной площади делянок опыта;

- полученную величину урожайности пересчитывать на 100 % чистоту и 14 % влажность. С каждой повторности варианта опыта отбирать пробы зерна для определения влажности (ГОСТ 13586.5), процента сорной примеси (ГОСТ 30483-97), массы 1000 зёрен (ГОСТ 10842-89), натуры зерна (ГОСТ 10840-64);
- статистическую обработку полученных данных проводить методом дисперсионного анализа с использованием компьютерных программ (NIRSMAN, Microsoft Office Excel 2010).

2.2. Метеорологические условия в период проведения исследований

Атмосферных осадков по состоянию на 2019 г. на территории стационарного опыта ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», относящейся к зоне умеренного увлажнения, где проводились исследования, выпало 553 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК по Селянинову) составил 1,20.

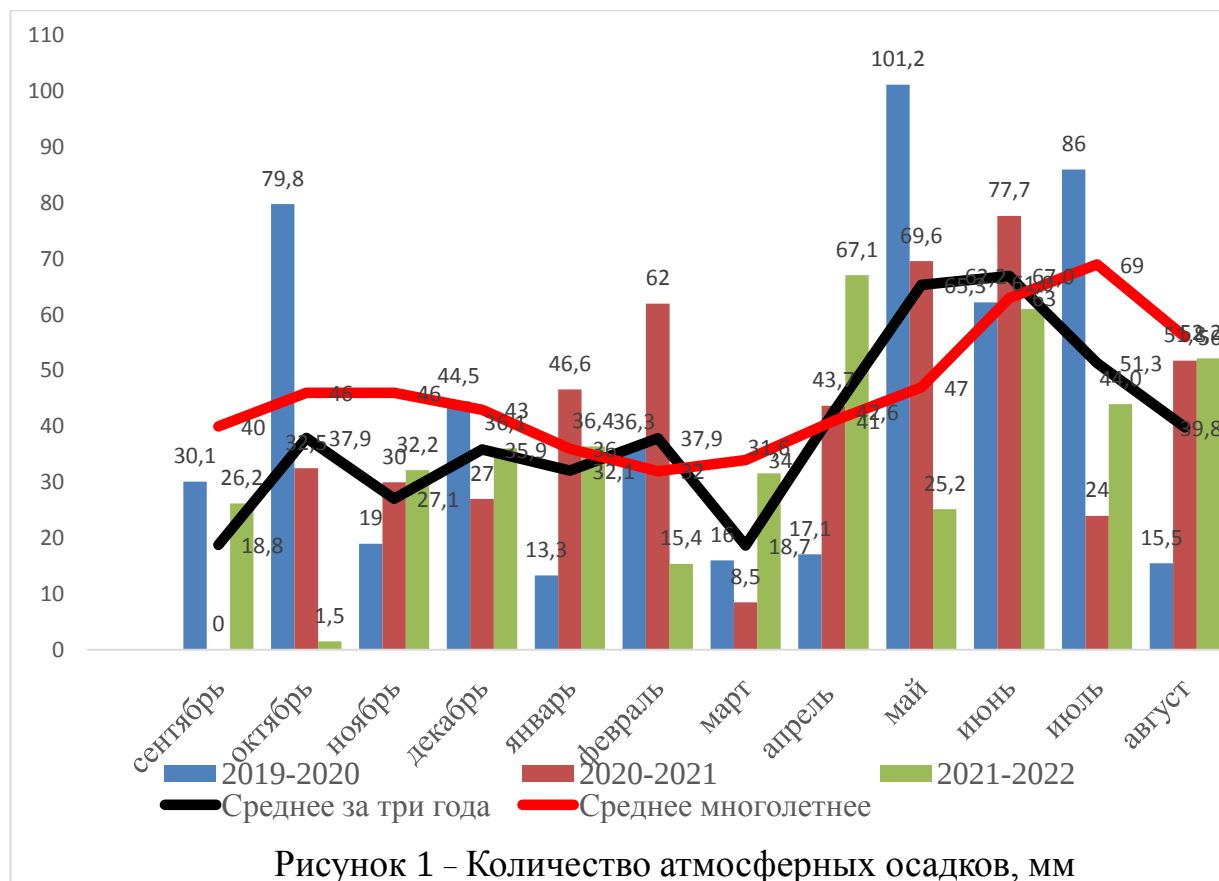


Рисунок 1 – Количество атмосферных осадков, мм

За период наших исследований (2019/2020-2021/2022) осадков выпадало в среднем за сельскохозяйственный год 474,4 мм, то есть на 78,6 мм меньше нормы или 85,8 % от неё (Рисунок 1, приложение 1). В 2019/2020 сельскохозяйственном их году выпало 521,0 мм, что несколько ниже среднеемноголетних значений (94,2 %). В 2020/2021 сельскохозяйственном году их выпало 473,4 мм, что на 79,6 мм или на 14,4 % ниже нормы. В 2021/2022 сельскохозяйственном году сложились ещё более засушливые условия, чем в 2020/2021 году, при этом выпало 428,9 мм осадков, что на 124,1 мм меньше нормы или на 22,4 %.

В период весенне-летней вегетации озимой пшеницы (апрель–июль) в 2020 г. осадков выпало на 46,5 мм (21,1 %) выше среднеемноголетних значений, а в 2021 и 2022 гг. их дефицит составил соответственно 5,0 и 22,7 мм (2,3 и 10,3 %).

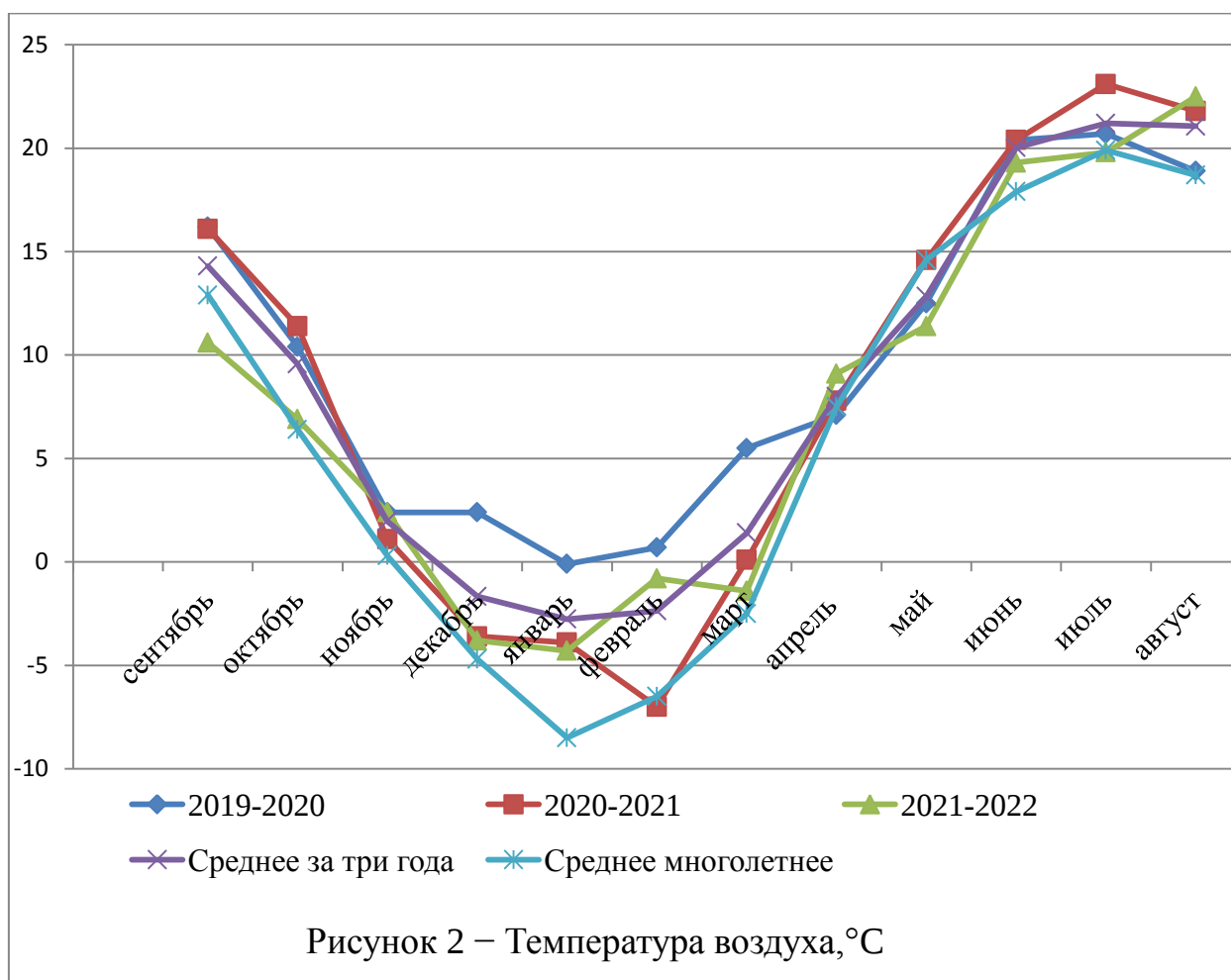
Резкими отклонениями от среднеемноголетних значений отличался октябрь 2019 г., когда осадков выпало 79,8 мм (+ 33,8 мм или + 73,5 % от нормы), май 2020 г. – 101,2 мм (в 2,2 раза больше) и июль – 86,0 мм (+ 17,0 мм или + 24,6 %). При этом январь, март, апрель и август 2020 г. отметились дефицитом осадков соответственно в 22,7, 18,0, 23,9 и 40,5 мм или 63,1, 52,9, 58,3 и 72,3 %.

Наиболее заметное превышение количества осадков, на 30,0 мм или на 93,8 %, в 2021 г. наблюдалось в феврале. Их наиболее выраженный дефицит в 25,5 и 45,0 мм или 75,0 и 65,2 % отмечен соответственно в марте и июле. Для 2020/2021 сельскохозяйственного года характерно полное отсутствие осадков в сентябре. Снижение количества осадков в момент посева и начальный период роста и развития растений озимой пшеницы (август–сентябрь) на 80,5 мм или на 83,9 % от среднеемноголетних значений, составивших 14,6 % их годовой величины, стало, по-видимому, основной причиной получения меньшей урожайности в 2021 г., чем в 2020 и 2022 гг.

Более высоким выпадением осадков на 26,1 мм или на 63,7 % от нормы проявился апрель 2022 г., тогда как в феврале, мае и июле их недостаток

составил соответственно 16,6, 21,8 и 25,0 мм или 51,9, 46,4 и 36,2 %. В октябре 2021/2022 сельскохозяйственного года дефицит был наиболее значимым – 44,5 мм или 96,7 %.

Среднесуточная температура воздуха в период проведения исследований превышала среднемноголетние значения на 2,3°C (Рисунок 2, приложение 2). В 2019/2020, 2020/2021 и 2021/2022 сельскохозяйственных годах превышение составило соответственно 3,5, 2,2 и 1,3°C.



Наиболее значимое превышение температуры воздуха в среднем за три года наблюдалось в декабре, январе, феврале и марте, составившее соответственно 3,0, 5,7, 4,1 и 3,9°C. В 2019/2020 сельскохозяйственном году оно было наибольшим: 7,1, 8,4, 7,2 и 8,0°C.

В период апрель–июль температура воздуха была также выше средних многолетних значений, но превышение было менее значимым, чем для среднегодовых значений, и составило $0,5^{\circ}\text{C}$. В 2020, 2021 и 2022 гг. отклонения от среднемноголетних значений составили следующие величины, соответственно $+0,2$, $+1,5$ и $-0,1^{\circ}\text{C}$.

Для интегральной оценки метеоусловий в период проведения исследований был рассчитан гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г. Т. Селяниновым (Лосев А. П., Журина Л. Л., 2003) [103], (Журина Л. Л., Лосев А. П., 2014) [61], по формуле:

$$\text{ГТК} = r / 0,1 \times \Sigma_{t>10^{\circ}\text{C}}, \text{ где}$$

r – сумма осадков, мм;

$\Sigma_{t>10^{\circ}\text{C}}$ – сумма активных температур за тот же период, $^{\circ}\text{C}$.

При среднемноголетних значениях температуры воздуха и атмосферных осадков в период апрель–июль ГТК на 2019 г. составил 1,20. За 2020, 2021 и 2022 гг. он составлял соответственно 1,44, 1,07 и 1,08, а в среднем за три года 1,12.

Глава 3. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ПОД ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ (результаты исследований)

3.1. Содержание подвижных форм элементов питания в почве под озимой пшеницей

Важнейшим фактором, определяющим рост и развитие сельскохозяйственных культур, формирующих их продуктивность, являются агрохимические свойства почвы. При этом обеспеченность растений доступными формами элементов питания служит одним из определяющих показателей эффективного плодородия почвы.

При возделывании озимой пшеницы без удобрений содержание азота нитратов в почве в среднем за 2020–2022 гг. характеризовалось как очень низкое и не зависело от способов основной обработки почвы и использования средств защиты растений (Таблица 1). В фазе весеннего кушения его содержание находилось в пределах 6,4–7,7 мг/кг почвы слоя 0–30 см. Проявилась дифференциация со снижением содержания азота от слоя 0–10 см к слоям 10–20 и 20–30 см. Сезонная динамика по снижению содержания от фазы кушения до периода уборки урожая озимой пшеницы более выражена в верхнем, 0–10 см слое почвы.

Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в слое почвы 0–30 см способствовали повышению содержания азота нитратов на 8,0 и 5,1 мг/кг по вспашке и на 13,7 и 6,4 мг/кг по безотвальному рыхлению соответственно без использования средств защиты растений и с ними, что характерно для фазы кушения. Для периода уборки урожая свойственно снижение показателей, обусловленное потреблением растениями, и их выравнивание. По безотвальному рыхлению по сравнению со вспашкой наблюдалось более интенсивное повышение содержания азота нитратов, как в пахотном 0–30 см слое почвы, так и

в верхнем 0–10 см слое, для которого изменения более заметны, соответственно на 13,7 и 21,9 мг/кг в посевах озимой пшеницы без применения пестицидов.

Таблица 1 – Влияние удобрений на содержание азота нитратов в почве под озимой пшеницей в зависимости от способов обработки и пестицидов, мг/кг (2020–2022 гг.)

Варианты		Слой почвы, см	Вспашка		Безотвальное рыхление	
Удобрения	Уровни защиты		фаза кушения	период уборки	фаза кушения	период уборки
Без удобрений	1*	0-10	8,2	3,2	8,0	3,1
		10-20	7,8	3,9	7,1	3,0
		20-30	7,2	4,1	4,2	2,9
		0-30	7,7	3,7	6,4	2,3
	2	0-10	8,1	4,2	7,9	4,1
		10-20	6,9	3,9	5,2	3,5
		20-30	5,7	4,9	4,2	3,4
		0-30	6,9	4,3	5,8	3,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	0-10	27,4	8,2	29,9	8,4
		10-20	15,3	6,2	24,1	6,6
		20-30	4,4	3,0	4,0	2,7
		0-30	15,7	5,8	20,1	5,9
	2	0-10	16,8	5,6	17,1	7,8
		10-20	11,0	4,2	11,7	8,0
		20-30	8,3	3,2	7,9	6,5
		0-30	12,0	4,3	12,2	7,4
Навоз 40 т/га	1	0-10	7,3	3,2	8,1	3,1
		10-20	5,9	2,9	6,9	3,0
		20-30	5,0	2,6	2,5	2,2
		0-30	6,1	2,9	5,8	2,8
	2	0-10	6,4	3,0	5,8	3,2
		10-20	6,1	3,4	5,2	3,8
		20-30	7,9	4,0	3,9	5,2
		0-30	6,8	3,5	5,0	4,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	0-10	41,2	10,1	28,8	8,8
		10-20	21,2	7,1	20,1	6,2
		20-30	15,1	5,3	10,1	6,1
		0-30	25,8	7,5	19,7	7,0
	2	0-10	39,4	9,6	33,1	10,1
		10-20	14,2	6,7	12,7	7,2
		20-30	15,1	5,1	11,2	6,5
		0-30	22,9	7,1	19,0	7,9

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

При этом дифференциация со снижением показателей по слоям 0–10, 10–20 и 20–30 см более выражена, чем с использованием пестицидов.

Влияние навоза в дозе 40 т/га на изменение содержания азота нитратов в почве практически не проявилось.

При совместном применении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га в фазе кушения проявилось более интенсивное повышение содержания азота нитратов по вспашке, как без пестицидов на 33,0 мг/кг, так и с ними на 31,3 мг/кг в слое почвы 0–10 см, чем по безотвальному рыхлению, соответственно на 20,8 и 25,2 мг/кг. Выявлено также, что с использованием безотвального рыхления наблюдалось заметно меньшее содержание нитратов, чем по вспашке, по всем исследуемым слоям почвы. Содержание их к периоду уборки урожая было очень низким и не зависело от изучаемых агроприемов.

В фазе кушения озимой пшеницы содержание подвижного фосфора в слое почвы 0–30 см по вспашке характеризовалось как очень низкое – 18–22 мг/кг и по безотвальному рыхлению как низкое – 24–25 мг/кг, которое не изменялось в зависимости от применения средств защиты растений (Таблица 2).

Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в слое почвы 0–30 см способствовали повышению содержания фосфатов по вспашке на 86 мг/кг без использования пестицидов и на 100 мг/кг с ними, а по безотвальному рыхлению соответственно на 106 и 99 мг/кг, что позволило перейти в градацию с повышенным содержанием. Роль пестицидов при этом не проявилась.

Внесение навоза в дозе 40 т/га вызвало малозаметное повышение содержание фосфора по вспашке на 2–7 мг/кг и по безотвальному рыхлению на 8–13 мг/кг, пестициды при этом на его варьирование влияния не оказали.

При совместном применении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га в посевах без использования средств защиты растений повышение содержания фосфора в слое почвы 0–30 см на 92 мг/кг по

вспашке и на 96 мг/кг по безотвальному рыхлению соответствовало его повышению при внесении только минеральных удобрений.

Таблица 2 – Влияние удобрений на содержание подвижных форм фосфора и калия в почве под озимой пшеницей в зависимости от способов обработки и пестицидов в фазе весеннего кушения, мг/кг (2020–2022 гг.)

Варианты		Слой почвы, см	Вспашка		Безотвальное рыхление	
Удобрения	Уровни защиты		P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	1*	0-10	15	114	30	173
		10-20	25	138	21	144
		20-30	26	128	20	121
		0-30	22	127	24	146
	2	0-10	19	134	33	172
		10-20	19	132	23	145
		20-30	16	127	18	118
		0-30	18	131	25	145
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	0-10	144	160	169	201
		10-20	108	184	128	159
		20-30	73	129	94	121
		0-30	108	158	130	175
	2	0-10	188	198	163	199
		10-20	112	194	129	161
		20-30	54	123	81	111
		0-30	118	172	124	157
Навоз 40 т/га	1	0-10	31	141	42	177
		10-20	26	128	33	146
		20-30	16	108	21	112
		0-30	24	126	32	145
	2	0-10	29	151	53	191
		10-20	27	132	36	151
		20-30	18	111	25	165
		0-30	25	131	38	169
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	0-10	131	259	155	275
		10-20	111	216	116	175
		20-30	99	188	89	110
		0-30	114	221	120	187
	2	0-10	201	228	210	288
		10-20	102	188	132	227
		20-30	97	181	72	140
		0-30	133	199	138	218

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

При использовании пестицидов интенсивность повышения более высокая, соответственно на 115 и 113 мг/кг. Для слоя почвы 0–10 см характерно более интенсивное повышение содержания фосфора по вспашке на 116 и 182 мг/кг соответственно без пестицидов и с их применением и. по безотвальному рыхлению на 125 и 177 мг/кг.

Содержание обменного калия в слое почвы 0–30 см находилось в группе с высоким содержанием, по вспашке 127 мг/кг без использования средств защиты растений и 131 мг/кг с ними. По безотвальному рыхлению значения были несколько выше, соответственно 146 и 145 мг/кг.

Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обусловило повышение содержания калия по вспашке на 31 и 41 мг/кг соответственно без пестицидов и с ними, а по безотвальному рыхлению на 29 и 12 мг/кг.

Варьирование содержания калия от действия навоза в дозе 40 т/га практически не проявилось за исключением заметного его повышения на 24 мг/кг по безотвальному рыхлению в посевах с применением пестицидов.

Сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га обеспечило в слое почвы 0–30 см повышение содержание обменного калия на 94 и 41 соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без пестицидов и на 68 и 73 мг/кг с ними, что явилось основанием перехода значений в группу с очень высоким содержанием. В слое 0–10 см содержание калия по безотвальному рыхлению превышало его значения по вспашке на 16 и 60 мг/кг.

Таким образом, при совместном применении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га в фазе кущения проявилось более интенсивное повышение содержания азота нитратов по вспашке в слое почвы 0–10 см, как без пестицидов на 33,0 мг/кг, так и с ними на 31,3 мг/кг, чем по безотвальному рыхлению, соответственно на 20,8 и 25,2 мг/кг. Содержание

их к периоду уборки урожая было очень низким и не зависело от изучаемых агроприемов.

Повышение содержания фосфора в слое почвы 0–30 см на 92 мг/кг по вспашке и на 96 мг/кг по безотвальному рыхлению при сочетании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га в посевах без использования средств защиты растений соответствовало его повышению при внесении только минеральных удобрений. При использовании пестицидов интенсивность повышения более высокая, соответственно на 115 и 113 мг/кг. Для слоя почвы 0–10 см характерно более интенсивное повышение содержания фосфора по вспашке на 116 и 182 мг/кг соответственно без пестицидов и с их применением и. по безотвальному рыхлению на 125 и 177 мг/кг.

Сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га обеспечило в слое почвы 0–30 см наиболее значимое повышение содержание обменного калия на 94 и 41 соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без пестицидов и на 68 и 73 мг/кг с ними, что явилось основанием перехода значений в группу с очень высоким содержанием. В слое 0–10 см содержание калия по безотвальному рыхлению превышало его значения по вспашке на 16 и 60 мг/кг.

3.2. Агрофизические свойства почвы под озимой пшеницей

Анализ данных по плотности почвы выявил, что её величина в посевах озимой пшеницы без удобрений в среднем за 2020–2022 гг. находилась в пределах $1,20–1,21 \text{ г/см}^3$ и не зависела от способов основной обработки почвы и применения средств защиты растений (Таблица 3).

Коэффициент структурности проявлял слабую тенденцию к увеличению при использовании пестицидов и в результате проведения вспашки по сравнению с применением безотвального рыхления почвы.

Таблица 3 – Влияние удобрений на плотность почвы и коэффициент структурности при возделывании озимой пшеницы в фазе кущения зависимости от способов обработки почвы и пестицидов, слой почвы 0-30 см (2020–2022 гг.)

Варианты		Плотность почвы, г/см ³				2020-2022 гг.
Удобрения	Уровни защиты	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее	К _{стр.}
Вспашка						
Без удобрений	1*	1,19	1,22	1,20	1,20	3,8
	2	1,18	1,22	1,19	1,20	3,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	1,14	1,20	1,18	1,17	3,9
	2	1,13	1,19	1,17	1,16	3,9
Навоз 40 т/га	1	1,12	1,18	1,16	1,15	4,3
	2	1,11	1,16	1,15	1,14	4,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	1,13	1,16	1,15	1,15	4,6
	2	1,12	1,16	1,15	1,14	4,7
НСР ₀₅		0,06	0,04	0,05	-	0,3-0,5
Безотвальное рыхление						
Без удобрений	1*	1,19	1,22	1,21	1,21	3,6
	2	1,18	1,20	1,21	1,20	3,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	1,15	1,19	1,18	1,17	3,7
	2	1,16	1,20	1,18	1,18	3,7
Навоз 40 т/га	1	1,14	1,18	1,17	1,16	4,3
	2	1,13	1,17	1,16	1,15	4,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	1,13	1,17	1,16	1,15	4,8
	2	1,15	1,16	1,15	1,15	4,8
НСР ₀₅		0,04	0,05	0,06	-	0,5-0,7

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Внесение минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ вызвало ясно выраженную тенденцию к снижению плотности почвы на 0,03–0,04 г/см³ по обоим способам обработки почвы без изменения коэффициента структурности.

Достоверному снижению плотности почвы, на 0,05–0,07 г/см³, способствовало применение в технологии возделывания озимой пшеницы

навоза в дозе 40 т/га и его сочетания с минеральными удобрениями в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Коэффициент структурности более заметно повышался в органо-минеральной системе удобрения – на 0,07–0,08 г/см³ по вспашке и на 0,11–0,12 г/см³ по безотвальному рыхлению, чем в органической – соответственно на 0,04–0,05 и 0,06–0,07 г/см³.

В более благоприятных условиях увлажнения (превышение) и температуры воздуха (норма) в период весенне-летней вегетации (2020) плотность почвы была ниже, чем в менее благоприятных: близкие к среднемноголетним значениям осадки и превышение температуры воздуха (2021), а также дефицит осадков и средние величины температуры (2022).

3.3. Засорённость посевов озимой пшеницы

Агротехнические приемы оказывали значительное влияние на характер засоренности поля. От этого зависит система подготовки почвы под посев сельскохозяйственных культур. В наших исследованиях мы проводили определение засоренности в фазу весеннего кущения озимой пшеницы перед обработкой посевов гербицидами и через 30 дней после обработки.

Общая засоренность посевов озимой пшеницы сорта Синтетик в фазе кущения в среднем за 2020–2022 гг. до обработки посевов гербицидами находилась в пределах 70–102 шт./м² без их применения в севообороте и в пределах 36–58 шт./м² при систематическом применении гербицидов с использованием вспашки в качестве основной обработки почвы в технологии возделывания культуры, а также соответственно 85–120 и 39–73 шт./м² с применением безотвальной обработки (Приложение 9). То есть, постоянная обработка сорной растительности гербицидами в севообороте достоверно – в 1,5–1,9 и 1,6–2,2 раза способствовала снижению засоренности посевов в зависимости от вносимых удобрений. В посевах без удобрений снижение по вспашке составило 48,6 % и по безотвальному рыхлению 54,1 %. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ снижение по вспашке

более заметно – 47,5 %, чем по безотвальному рыхлению – 40,9 %. Наименьшим оно было при внесении навоза в дозе 40 т/га соответственно со способами основной обработки почвы 32,9 и 36,4 %. Сочетание минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 40 т/га навоза обусловило величины снижения засоренности посевов озимой пшеницы, находящиеся в диапазоне значений, больших, чем при внесении навоза и меньших, чем при внесении минеральных удобрений.

В наших исследованиях непосредственное применение гербицидов в посевах озимой пшеницы обусловило следующие закономерности по влиянию гербицидов на сегетальную растительность в зависимости от удобрений и способов основной обработки почвы. Биологическую эффективность гербицидов при наличии контрольного участка, на котором не проводится гербицидная обработка, рассчитывали по модифицированной формуле Аббота (цит. по: Методы учета..., 2018):

$$C = 100 - B_0/A_0 \times 100 \times a_k / b_k, \text{ где:}$$

C – биологическая эффективность гербицидов, %;

A_0 – число (или биомасса) сорняков на 1 м² при определении исходной засоренности в опытном варианте;

B_0 – то же при втором учете;

a_k – число (или биомасса) сорняков на 1 м² при определении исходной засоренности в контроле;

b_k – то же при втором учете.

Наблюдения показали, что в среднем за три года исследований обработка гербицидами посевов озимой пшеницы без использования удобрений способствовала снижению засоренности по вспашке и безотвальной обработке почвы практически на одинаковую величину, соответственно на 85,3 и 86,5 % (Рисунок 3).

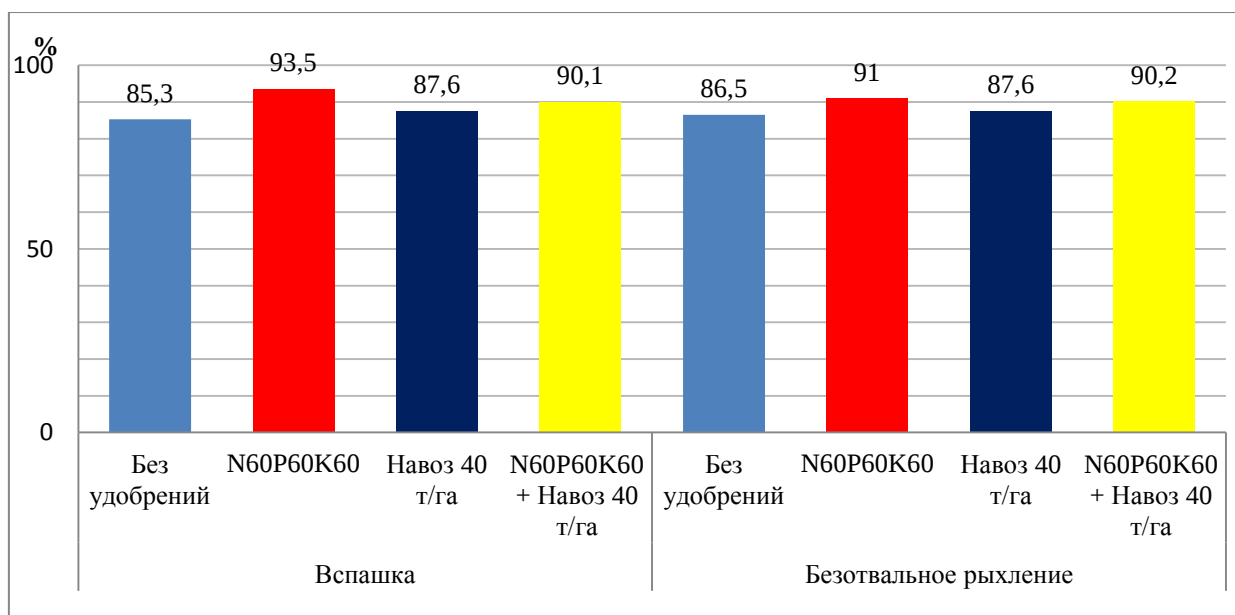


Рисунок 3 – Эффективность гербицидов в посевах озимой пшеницы в зависимости от удобрений и основной обработки почвы, % (2020–2022 гг.)

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ возрастание эффективности от гербицидов по вспашке более заметно – на 8,2 %, чем по безотвалному рыхлению – на 4,5 %. Разница в эффективности по разным способам обработки при внесении только навоза в дозе 40 т/га сохранилась, но она менее выражена: 2,3 и 1,1 %, как и в результате сочетания минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 40 т/га навоза: 4,8 и 3,7 %.

В отдельные годы исследований засоренность посевов озимой пшеницы и характер действия гербицидов несколько отличались от средних за три года значений их эффективности. Так, в 2022 г., в наиболее засушливом из них, но с высокой урожайностью зерна культуры, наблюдалась наименьшая в фазе кущения засоренность в посевах без применения удобрений: 12 и 20 шт./м² соответственно по вспашке и безотвалному рыхлению без использования гербицидов под культуры севооборота, а также 9 и 11 шт./м² при проведении химической защиты всех культур от сегетальной растительности (Таблица 7). В этих условиях более высокая эффективность гербицидов по безотвалному рыхлению, чем по вспашке выявлена: без внесения удобрений, при использовании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и при их сочетании с 40 т/га навоза соответственно на 20,0, 8,2 и 16,9 % (Таблица 4). С внесением

только 40 т/га навоза зависимость, наоборот иная, эффективность по вспашке выше на 32,6 %.

Таблица 4 – Эффективность гербицидов на озимой пшенице в фазе кущения при длительном их применении в севообороте, %

Годы	Без удобрений	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	Навоз, 40 т/га	Навоз 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
Вспашка				
2020	34,4	41,4	30,6	33,3
2021	53,3	46,0	32,2	46,8
2022	25,0	51,0	38,7	29,3
Безотвальное рыхление				
2020	29,7	31,4	26,2	30,8
2021	59,8	41,4	42,3	38,7
2022	45,0	59,2	6,1	46,2

Применение гербицидов в посевах озимой пшеницы в это же год (2022) менее эффективно, чем в другие годы. Без удобрений снижение засоренности составило 73,3 % по вспашке и 76,3 % по безотвальному рыхлению. Несколько выше по вспашке оно было при внесении минеральных удобрений (+ 4,0 %), но меньше при внесении навоза (- 16,2 %) и при сочетании его с минеральными удобрениями (- 7,0 %). По безотвальному рыхлению соответственно ниже на 16,2, 10,4 и 31,3 %.

В год с более высокой влагообеспеченностью (2020) также выше эффект от гербицидов при возделывании озимой пшеницы без удобрений и с применением минеральных удобрений соответственно на 4,7 и 10,0 %, чем по безотвальному рыхлению (Таблица 5).

В 2021 г. относительно благоприятном по увлажнению в период весенне-летний вегетации (- 5,0 мм или - 2,2 % от среднемноголетних значений), но с заметным снижением количества осадков в момент посева и начальный период роста и развития растений озимой пшеницы (август-сентябрь 2020 г.) на 80,5 мм или на 83,9 % от среднемноголетних значений, составивших 14,6 % их годовой величины.

Таблица 5 – Эффективность гербицидов на озимой пшенице
в зависимости от удобрений и основной обработки почвы, 2020 год

Варианты		Вспашка			Безотвальное рыхление		
Удобрения	Уровни защиты	Сорняки, шт./м ²		Эффективность гербицидов, %	Сорняки, шт./м ²		Эффективность гербицидов, %
		до обработки гербицидами	через 30 дней после обработки		до обработки гербицидами	через 30 дней после обработки	
Без удобрений	1*	32	31	-	37	35	-
	2	21	3	85,3	26	4	83,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	29	24	-	35	32	-
	2	17	2	85,8	24	2	90,9
Навоз, 40 т/га	1	36	33	-	42	40	-
	2	25	3	86,9	31	3	89,8
Навоз + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	33	30	-	39	36	-
	2	22	2	90,0	27	3	88,0
НСР ₀₅							
Обработка гербицидами		Факторы					
		А	В	С	ВС и ABC		
до обработки		1,4	2,4	1,7	4,1		
через 30 дней		0,9	1,5	1,1	2,7		

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Это обусловило, главным образом, наименьшие за 3 года исследований урожайность зерна, прибавки урожайности от применения удобрений и окупаемость единицы минеральных удобрений, при этом в этих условиях интенсивно развивалась сорная растительность (Таблица 6).

При возделывании озимой пшеницы в этом году без гербицидов и удобрений засоренность по вспашке составила 165 шт./м² и по безотвальному рыхлению 199 шт./м², то есть больше на 35 шт./м² или на 21 %.

Таблица 6 – Эффективность гербицидов на озимой пшенице
в зависимости от удобрений и основной обработки почвы, 2021 год

Варианты		Вспашка			Безотвальное рыхление						
Удобрения	Уровни защиты	Сорняки, шт./м ²		Эффективность гербицидов, %	Сорняки, шт./м ²		Эффективность гербицидов, %				
		до обработки гербицидами	через 30 дней после обработки		до обработки гербицидами	через 30 дней после обработки					
Без удобрений	1*	165	151	-	199	185	-				
	2	77	8	88,6	80	9	87,9				
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	224	212	-	239	220	-				
	2	121	5	95,6	140	7	94,6				
Навоз, 40 т/га	1	171	163	-	220	203	-				
	2	116	9	91,9	127	11	90,6				
Навоз + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	233	217	-	256	241	-				
	2	124	7	93,9	157	8	94,6				
НСР ₀₅											
Обработка гербицидами		Факторы									
		А		В				С		ВС и ABC	
до обработки		4,8		8,4				5,9		14,5	
через 30 дней		2,5		4,4				3,1		7,6	

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

При систематическом применении гербицидов разница в зависимости от способов обработки почвы значительно ниже, соответственно 77 и 80 шт./м² (+ 3 шт./м² или + 3,9 %).

Систематическое использование гербицидов в севообороте обусловило наиболее заметной снижение количества сорных растений в фазе кущения озимой пшеницы по сравнению более обеспеченным влагой годом (2020) и менее обеспеченным (2022).

Наибольшее снижение численности сегетальных растений отмечено по безотвальному рыхлению в посевах без удобрений – 59,8 % и при внесении 40 т/га навоза – 42,3 %.

Таблица 7 – Эффективность гербицидов на озимой пшенице в зависимости от удобрений и основной обработки почвы, 2022 год

Варианты		Вспашка			Безотвальное рыхление		
Удобрения	Уровни защиты	Сорняки, шт./м ²		Эффективность гербицидов, %	Сорняки, шт./м ²		Эффективность гербицидов, %
		до обработки гербицидами	через 30 дней после обработки		до обработки гербицидами	через 30 дней после обработки	
Без удобрений	1*	12	15	-	20	23	-
	2	9	3	73,3	11	3	76,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	51	27	-	71	43	-
	2	25	3	77,3	29	7	60,1
Навоз, 40 т/га	1	31	19	-	33	25	-
	2	19	5	57,1	31	8	65,9
Навоз + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	41	21	-	65	27	-
	2	29	5	66,3	35	8	45,0
НСР ₀₅							
Обработка гербицидами		Факторы					
		А	В	С	ВС и ABC		
до обработки		2,5	4,3	3,0	7,4		
через 30 дней		1,4	2,3	1,7	4,0		

*1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

По вспашке эти значения ниже соответственно на 13,8 и 10,1 %. Более заметные величины снижения засоренности по вспашке наблюдались при использовании минеральных удобрений и их сочетаний с навозом, соответственно 46,0 и 46,8 %, которые превзошли показатели с аналогичными системами удобрения на 4,6 и 8,1 % с проведением безотвального рыхления почвы.

При сложившихся условиях применение гербицидов на озимой пшенице было наиболее эффективным за 3 года исследований. Без удобрений снижение засоренности составило практически одинаковую величину по

вспашке и безотвальному рыхлению, соответственно 88,6 и 87,9 %. Возрастание эффективности по вспашке наблюдалось при внесении минеральных удобрений, навоза и их сочетаний соответственно на 7,0, 3,3 и 5,3 %, а по безотвальному рыхлению интенсивность снижения численности сорных растений оказалась равной 6,7, 2,7 и 6,7 %.

3.4. Запасы доступной влаги в почве под озимой пшеницей

Для лесостепной зоны Центрально-Черноземного региона в условиях неустойчивого увлажнения применение различных научно обоснованных агротехнических приемов позволяет обеспечить в технологии возделывания озимой пшеницы достаточным количеством влаги в почве и рационально её расходовать.

В слое почвы 0–30 см доступной влаги содержалось в пределах 47,6–54,3 мм по вспашке и 42,1–53,7 мм по безотвальному рыхлению (Таблица 8). В посевах без удобрений наблюдалось повышением запасов влаги в зависимости от использования средств защиты растений на 1,3–3,5 мм по вспашке и на 2,3–7,6 мм.

При совместном же применении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га использование пестицидов привело к снижению запасов влаги на 1,8 и 4,1 мм соответственно по вспашке и безотвальной обработке.

Варьирование запасов доступной влаги в зависимости от удобрений практически не проявилось.

В слое почвы 0–100 см проявилась подобная закономерность с варьированием запасов доступной влаги: увеличение её при использовании пестицидов в посевах озимой пшеницы без удобрений на 7,9 мм по вспашке и на 11,8 мм по безотвальному рыхлению.

Таблица 8 – Влияние удобрений на запасы доступной влаги в слое почвы 0–30 см при возделывании озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и пестицидов, мм

Варианты		2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Удобрения	Уровни защиты				
Вспашка					
Без удобрений	1*	48,9	46,2	49,0	48,0
	2	50,2	49,7	52,5	50,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	53,2	48,6	49,1	50,3
	2	50,1	53,2	49,1	50,8
Навоз 40 т/га	1	54,3	47,9	49,1	50,4
	2	49,9	50,0	48,9	49,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	50,5	54,3	49,2	51,3
	2	48,1	52,9	47,6	49,5
НСР ₀₅		3,02	2,82	3,16	-
Безотвальная обработка					
Без удобрений	1*	47,8	48,7	46,1	47,5
	2	50,1	52,9	53,7	52,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	50,2	51,8	51,8	51,3
	2	51,4	52,6	52,1	52,0
Навоз 40 т/га	1	48,6	50,4	49,6	49,5
	2	49,9	49,7	50,5	50,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	52,6	49,1	47,7	49,8
	2	48,8	46,2	42,1	45,7
НСР ₀₅		2,98	3,01	3,26	-

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

В органоминеральной системе удобрения снижение составило соответственно 7,6 и 18,2 мм (Таблица 9).

Таблица 9 – Влияние удобрений на запасы доступной влаги в слое почвы 0–100 см при возделывании озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и пестицидов, мм

Варианты		2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Удобрения	Уровни защиты				
Вспашка					
Без удобрений	1*	161,4	167,4	170,7	166,5
	2	173,5	169,9	179,7	174,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	175,9	163,3	181,2	173,5
	2	178,6	162,1	180,0	173,6
Навоз 40 т/га	1	170,6	159,7	177,2	169,2
	2	177,6	150,1	171,5	166,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	179,4	166,8	182,1	176,2
	2	172,7	162,6	170,5	168,6
Безотвальная обработка					
Без удобрений	1*	159,6	166,0	164,9	163,5
	2	170,9	173,2	181,8	175,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	171,3	174,5	182,4	176,0
	2	176,2	171,0	182,8	176,7
Навоз 40 т/га	1	175,6	168,5	181,7	175,3
	2	175,8	170,9	182,7	176,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	178,9	176,4	183,3	179,5
	2	159,7	162,7	161,4	161,3

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Глава 4. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПЕСТИЦИДОВ

4.1. Урожайность зерна озимой пшеницы

Урожайность зерна озимой пшеницы, как интегральный показатель эффективности применения любого агротехнического приёма, без внесения удобрений в среднем за годы исследований (2020-2022 гг.) была практически равной при проведении в качестве основной обработки почвы вспашки и безотвального рыхления, которая составила соответственно 3,23 и 3,22 т/га (Таблицы 10 и 11).

Таблица 10 – Влияние удобрений и средств защиты растений на урожайность зерна озимой пшеницы по вспашке, 2020–2022 гг.

Варианты		Урожай- ность, т/га	Прибавки от					
Удобрения	Уровни защиты		удобрений		пестицидов		удобрений + пестицидов	
			т/га	%	т/га	%	т/га	%
Без удобрений	1*	3,23	-	-	-	-	-	-
	2	3,57	-	-	0,34	10,5	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	5,16	1,93	59,8	-	-	-	-
	2	5,76	-	-	0,60	11,6	2,53	78,3
Навоз 40 т/га	1	4,39	1,16	35,9	-	-	-	-
	2	5,14	-	-	0,75	17,1	1,91	59,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	5,64	2,41	74,6	-	-	-	-
	2	6,27	-	-	0,63	11,2	3,04	94,1
НСР ₀₅		0,23– 0,25	-	-	-	-	-	-

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Аналогичная закономерность в зависимости от способов обработки почвы отмечена и по влиянию пестицидов на урожайность, прибавки от которых оказались равными 0,34 и 0,36 т/га или 10,5 и 11,2 %.

Таблица 11 – Влияние удобрений и средств защиты растений на урожайность зерна озимой пшеницы по безотвальному рыхлению, 2020–2022 гг.

Варианты		Урожай- ность, т/га	Прибавки от					
Удобрения	Уровни защиты		удобрений		пестицидов		удобрений + пестицидов	
			т/га	%	т/га	%	т/га	%
Без удобрений	1*	3,22	-	-	-	-	-	-
	2	3,58	-	-	0,36	11,2	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	5,15	1,93	59,9	-	-	-	-
	2	5,74	-	-	0,59	11,5	2,52	78,3
Навоз 40 т/га	1	4,27	1,05	32,6	-	-	-	-
	2	5,04	-	-	0,77	18,0	1,82	56,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	5,63	2,41	74,8	-	-	-	-
	2	6,24	-	-	0,61	10,8	3,02	93,8
НСР ₀₅		0,24– 0,27	-	-	-	-	-	-

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Одинаковой оказалась и эффективность использования минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀, где прирост урожайности с обоими способами обработки почвы составил 1,93 т/га или 59,8–59,9 %. Равной была и окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавкой урожайности зерна озимой пшеницы в посевах без пестицидов – 10,7 кг, близкой по значению при проведении вспашки и безотвальной обработки на фоне пестицидов, соответственно 12,2 и 12,0 кг, а также при сочетании с ними – 14,1 и 14,0 кг (Таблица 12). Мало отличались и прибавки от пестицидов – 0,60 и 0,59 т/га

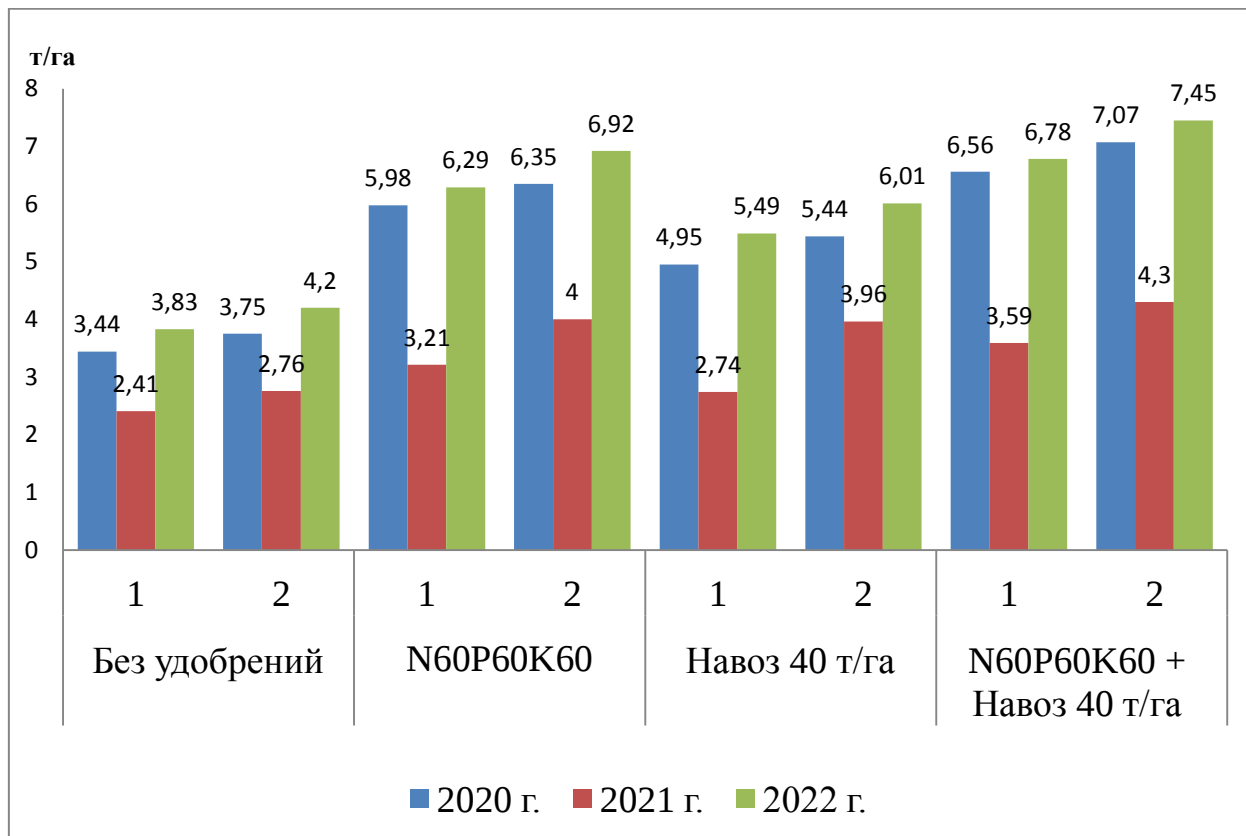
или 11,6 и 11,5 %, а также от суммарного действия удобрений и пестицидов – 2,53 и 2,52 т/га или 78,3 % по обоим способам обработки почвы.

Таблица 12 – Окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавками урожайности зерна озимой пшеницы, кг (2020–2022 гг.)

Варианты	Без пестицидов	На фоне пестицидов	На фоне навоза		В сочетании	
			без пестицидов	с пестицидами	с пестицидами	с пестицидами и навозом
По вспашке						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,7	12,2	-	-	14,1	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	-	-	6,9	6,3	10,4	16,9
По безотвальному рыхлению						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	10,7	12,0	-	-	14,0	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	-	-	7,6	6,7	10,9	16,8

В отдельные годы исследований проявились некоторые особенности по влиянию минеральных удобрений дозы N₆₀P₆₀K₆₀ в формировании прибавок урожайности зерна озимой пшеницы (Приложения 3–8, Рисунки 4–5). В год с превышением осадков в период весенне-летней вегетации растений (апрель–июль) на 46,5 мм или на 21,1 % от средних многолетних значений (2020) урожайность зерна возрастала более значимо в посевах при проведении вспашки (+ 2,54 т/га; 73,8 %), чем при проведении безотвального рыхления (+ 2,43 т/га; 69,8 %), тогда как в год с дефицитом осадков в 22,7 мм или 10,3 % (2022) преимущество было за безотвальным рыхлением (+ 2,54 т/га; 67,2 %) по сравнению со вспашкой (+ 2,46 т/га; 64,2 %). Соответственно и выше была окупаемость единицы удобрений прибавкой урожайности зерна по вспашке в более увлажненный год – 14,1 кг/кг в посевах без применения пестицидов и 16,2 кг/кг с их использованием, чем по безотвальному

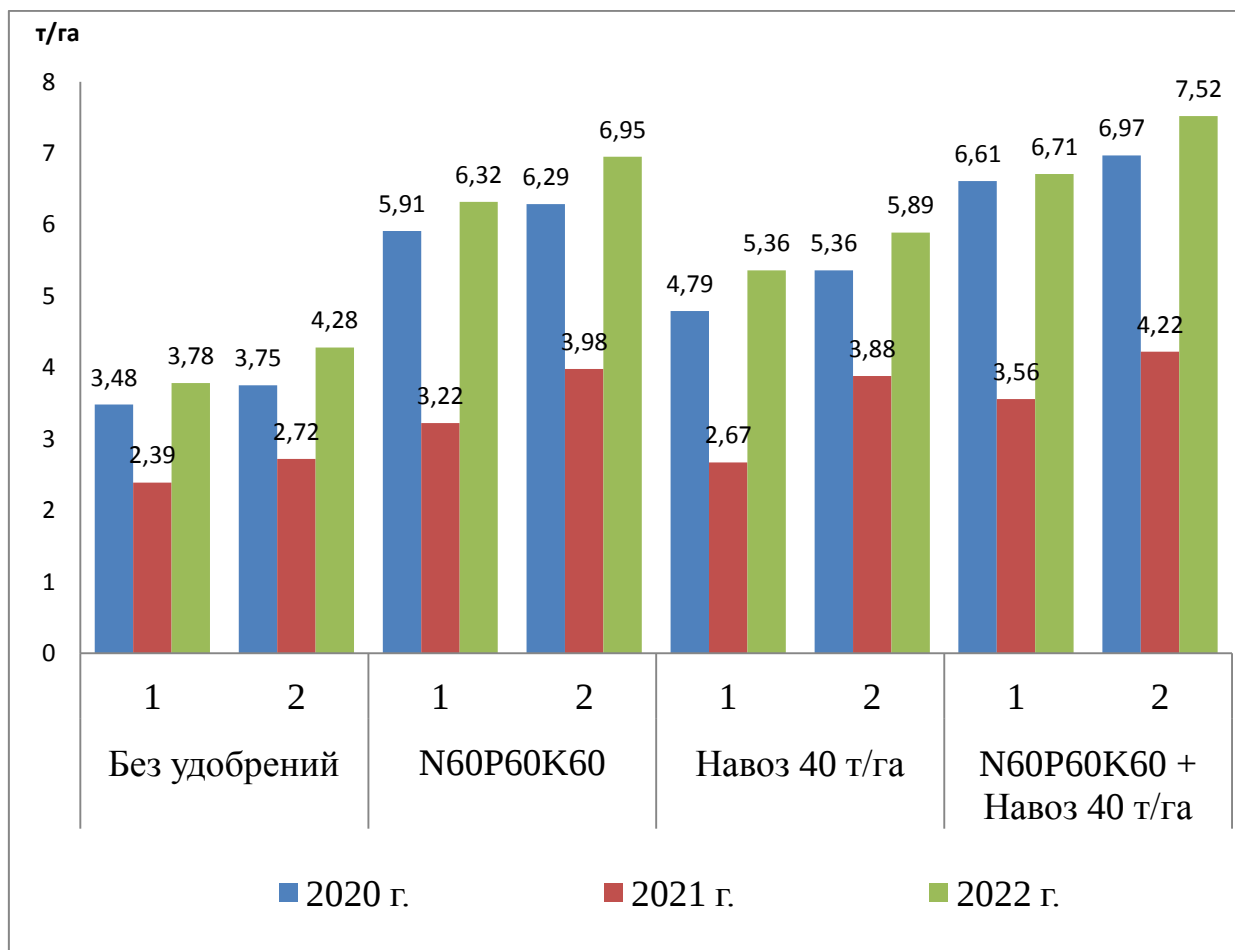
рыхлению – 13,5 и 15,6 кг/кг. А в год с дефицитом осадков, наоборот, предпочтение было за безотвальным рыхлением – 14,1 и 17,6 кг/кг по сравнению со вспашкой – 13,7 и 17,2 кг/кг.



Примечание: 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид
 Рисунок 4 – Влияние удобрений и средств защиты растений на урожайность зерна озимой пшеницы по вспашке, т/га
 (НСР₀₅: 2020 г. = 0,23 т/га; 2021 г. = 0,25 т/га; 2022 г. = 0,24 т/га)

Наименьшей урожайностью, меньшими абсолютными и относительными прибавками урожайности зерна от применения удобрений выделился среди других лет наблюдений 2021 г. За весь период дефицит осадков в нем составил 79,6 мм или 14,4 %, а за апрель-июль всего 5,0 мм или 2,3 %, хотя, температура воздуха превышала среднемноголетние значения на 1,5°C. В 2022 г. дефицит осадков был ещё более заметен – 124,1 мм или 22,4 % за год и 22,7 мм или 10,3 % за весенне-летний период, однако урожайность была на уровне урожайности 2020 г., отличавшегося

близким уровнем осадков к средним значениям за год и превышением их в период весенне-летней вегетации на 46,5 мм или 21,1 %.



Примечание: 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид
 Рисунок 5 – Влияние удобрений и средств защиты растений на урожайность зерна озимой пшеницы по безотвальному рыхлению, т/га
 (НСР₀₅: 2020 г. = 0,24 т/га; 2021 г. = 0,26 т/га; 2022 г. = 0,27 т/га)

Основной причиной получения меньшей урожайности в 2021 г., чем в 2020 и 2022 гг., по нашим оценкам, стало, по-видимому, снижение количества осадков от среднемноголетних значений в момент посева и начальный период роста и развития растений озимой пшеницы (август-сентябрь) на 80,5 мм или на 83,9 % от среднемноголетних значений, составивших 14,6 % их годовой величины. В связи с этим урожайность зерна, прибавки урожайности от применения удобрений и окупаемость единицы минеральных удобрений оказались наименьшими за 3 года исследований. При этом как урожайность зерна в посевах без удобрений, так и увеличение

урожайности от внесения минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ практически не зависели от того, какой способ применялся при обработке почвы. Прибавки урожайности составили 0,80 и 0,83 т/га или 33,2 и 34,7 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению, а окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожайности зерна 4,4 и 4,6 кг без использования пестицидов и 8,8 кг в сочетании с ними при обоих способах обработки почвы. Эффективность самих пестицидов также мало зависела от способа обработки почвы (+ 0,79 т/га или 24,6 % и + 0,76 т/га или 23,6 %), как и эффективность сочетания минеральных удобрений и пестицидов (+ 1,59 т/га по обоим способам обработки почвы или + 66,0–66,5 %).

Внесение навоза в дозе 40 т/га обусловило более значимое увеличение урожайности зерна озимой пшеницы по вспашке – на 1,16 т/га или на 35,9 %, чем по безотвальному рыхлению – на 1,05 т/га или на 32,6 %. Аналогичная закономерность наблюдалась также при сочетании действия удобрений и пестицидов, где прибавки составили соответственно 1,91 и 1,82 т/га или 59,1 и 56,5 %. Разница в прибавках урожайности зерна в зависимости от способов обработки почвы под влиянием только пестицидов практически отсутствует: 0,75 и 0,77 т/га или 17,1 и 18,0 %.

Окупаемость 1 т навоза прибавками урожайности зерна озимой пшеницы также выше при проведении вспашки в качестве способа основной обработки почвы, которая составила без пестицидов и на их фоне соответственно 29,0 и 39,3 кг, а при проведении безотвальной обработки 26,3 и 36,5 кг, что на 2,7 и 2,8 кг ниже (9,3 и 7,1 %) (Таблица 13).

В наиболее засушливом году (2022) при внесении навоза получена более высокая прибавка урожайности зерна по вспашке – 1,66 т/га, чем в год с большей обеспеченностью влагой (2020) – 1,51 т/га, хотя относительное увеличение составило практически одинаковую величину – 43,3 и 43,9 %. Ещё значительнее разница в прибавках урожайности при проведении безотвального рыхления, соответственно 1,58 и 1,31 т/га. При этом

наблюдался и более заметный относительный прирост урожайности – 41,8 и 37,6 %.

Различия в эффективности пестицидов менее выразительны: + 0,53 т/га или 9,9 % и + 0,57 т/га или 11,9 %. Эффект от сочетания навоза и пестицидов также более заметен в условиях с меньшей влагообеспеченностью (+ 2,18 т/га или 56,9 % и + 2,11 т/га или 55,8 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению), чем с большей влагообеспеченностью (+ 2,00 т/га или 58,1 % и + 1,88 т/га или 54,0 %).

Таблица 13 – Окупаемость 1 т навоза прибавками урожайности зерна озимой пшеницы, кг (2020–2022 гг.)

Варианты	Без пестицидов	На фоне пестицидов	На фоне N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		В сочетании	
			без пестицидов	с пестицидами	с пестицидами	с пестицидами и N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
По вспашке						
Навоз 40 т/га	29,0	39,3	-	-	47,8	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	-	-	12,0	12,8	27,8	76,0
По безотвальному рыхлению						
Навоз 40 т/га	26,3	36,5	-	-	45,5	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	-	-	12,0	12,5	27,3	75,5

В 2021 г. со средней за годы исследований влагообеспеченностью и превышением температуры воздуха в период весенне-летней вегетации на 1,5°C, а также с резким дефицитом влаги в 80,5 мм или 83,9 % от среднемноголетних значений в момент посева и начальный период роста и развития растений озимой пшеницы (август-сентябрь), внесение 40 т/га навоза способствовало получению наименьшей прибавки урожайности зерна, равной 0,33 и 0,28 т/га (13,7 и 11,7 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению. Однако, в этих погодных условиях проявился

высокий эффект от применения пестицидов, который был выше в 2,4–2,5 раза по отвальной обработке почвы и в 2,1–2,3 раза по безотвальной по сравнению с их эффективностью в относительно более благоприятных условиях. Суммарная же эффективность от навоза и пестицидов была в 1,3–1,4 раза ниже по обоим способам основной обработки почвы.

Совместное применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и 40 т/га навоза в среднем за 2020–2022 гг. в сочетании со средствами защиты растений способствовало получению равной прибавки урожайности зерна при проведении вспашки и безотвального рыхления в технологии возделывания озимой пшеницы, равной 2,41 т/га или 93,8–94,1 %.

4.2. Качество зерна озимой пшеницы

Применяемые агротехнические приемы в технологии возделывания озимой пшеницы оказали влияние на варьирование показателей качества зерна.

4.2.1. Содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницей

В среднем за 2020–2022 гг. влияние способов обработки почвы и пестицидов не вызвало заметных изменений содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы при возделывании без удобрений (Таблица 14).

Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовали достоверному повышению его, как по вспашке на 1,9 % без пестицидов и на 2,3 % с ними, а также по безотвальному рыхлению соответственно на 2,3 и 2,1 %. Пестициды не проявили в этом влияния по безотвальному рыхлению, но обозначили явно выраженную тенденцию к повышению по вспашке (+ 0,6 %), в большей мере из-за достоверного повышения в 2021 г. (+ 1,3 %), выделившегося наименьшей урожайностью зерна ввиду критических погодных условий в период посева и начального роста и развития растений.

Внесение навоза в дозе 40 т/га привело к существенному повышению содержания сырого протеина на 0,9 и 1,0 % соответственно по вспашке и

безотвальному рыхлению без пестицидов и на 1,1 и 1,6 % с их использованием.

Таблица 14 – Влияние удобрений на содержание сырого протеина в зерне озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и средств защиты растений, %

Варианты		Вспашка				Безотвальное рыхление			
		Годы							
Удобрения	Уровни защиты	2020	2021	2022	Сред не	2020	2021	2022	Сред не
Без удобрений	1*	8,3	10,7	10,2	9,7	8,2	11,5	9,8	9,8
	2	8,6	11,1	10,1	9,9	8,2	11,9	9,9	10,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	10,7	11,9	12,1	11,6	10,9	13,3	12,1	12,1
	2	10,9	13,2	12,4	12,2	11,1	13,5	11,7	12,1
Навоз 40 т/га	1	9,8	11,7	10,3	10,6	9,9	12,3	10,2	10,8
	2	10,3	11,9	10,7	11,0	10,8	12,5	11,6	11,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	12,7	13,0	11,3	12,3	12,9	14,4	11,4	12,9
	2	13,1	13,6	12,1	12,9	13,1	14,5	12,7	13,4
НСР ₀₅		0,62	0,89	0,79	-	0,71	1,22	0,98	-

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Повышение содержания протеина в среднем на 0,8 % по безотвальному рыхлению, вызванного применением пестицидов, обусловлено преимущественно достоверным увеличением на 0,9 и 1,4 % соответственно в год с превышением осадков (2020) и в год с их дефицитом (2022).

Наибольшим повышением содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы отметилась комбинация минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ и навоза в дозе 40 т/га. В посевах по вспашке оно составило 2,6 и 3,0 % соответственно без пестицидов и при их применении, а также по безотвальному рыхлению на 3,1 и 3,4 %. Положительное влияние пестицидов, большей частью,

проявилось в условиях с меньшей обеспеченностью влагой: 0,8 и 1,3 % сообразно способам основной обработки почвы.

Согласно результатам исследований выявлено, что в среднем за три года при возделывании озимой пшеницы без удобрений и без пестицидов сбор протеина не изменялся в зависимости от способов основной обработки почвы и составил 312 и 310 кг/га соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению (Таблица 15).

Таблица 15 – Влияние удобрений на сбор сырого протеина в зерне озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и средств защиты растений, кг/га

Варианты		2020 г	2021 г	2022 г	Сред нее	Прибавки от		
Удобрения	Уровни защиты					удоб рений	пести цидов	пест.+ удобр
Вспашка								
Без удобрений	1*	286	258	391	312	-	-	-
	2	323	306	424	351	-	39	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	640	382	761	594	282	-	-
	2	692	528	858	693	-	99	381
Навоз 40 т/га	1	485	321	565	457	145	-	-
	2	560	471	643	558	-	101	246
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	833	467	766	689	377	-	-
	2	926	585	901	804	-	115	492
Безотвальное рыхление								
Без удобрений	1*	285	275	370	310	-	-	-
	2	308	324	424	352	-	42	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	644	428	765	612	302	-	-
	2	698	537	813	683	-	71	373
Навоз 40 т/га	1	474	328	547	450	140	-	-
	2	579	485	683	582	-	132	272
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	853	513	765	710	400	-	-
	2	913	612	972	832	-	122	522

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Прибавки сбора протеина от применения пестицидов также мало отличались: 39 и 42 кг/га или 12,5 и 13,5 %. Однако в зависимости от погодных условий наблюдались различия в их эффективности. Так, при превышении количества осадков от среднемноголетних значений в период весенне-летней вегетации (2020 г.) пестициды более эффективны по вспашке (+ 37 кг/га или 12,9 %), чем по безотвальному рыхлению (+ 23 кг/га или 8,1 %), а при их дефиците, наоборот, по безотвальному рыхлению (+ 54 кг/га или 14,6 %), чем по вспашке (+ 33 кг/га или 8,4 %). В условиях, близких к среднемноголетним значениям (2021 г.), увеличение сбора протеина от пестицидов практически не зависило от способов основной обработки почвы: 48 и 49 кг/га или 18,6 и 17,8 %.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ без применения пестицидов способствовало увеличению сбора протеина в среднем за 3 года на 282 кг/га или 90,4 % по вспашке и на 302 кг/га или 97,4 % по безотвальному рыхлению. Эффект от пестицидов составил соответственно 99 и 71 кг/га (16,7 и 11,6 %), а от суммарного действия минеральных удобрений и пестицидов 381 и 373 кг/га (122,1 и 120,3 %). Наиболее действенны пестициды при низкой урожайности озимой пшеницы, обусловленной критическими погодными условиями в момент посева и начальный период роста и развития растений (2021 г.), когда прибавки сбора протеина от их использования составили 146 кг/га или 38,2 % по вспашке и 109 кг/га или 25,5 % по безотвальному рыхлению. Менее значимы прибавки в условиях с превышением осадков (соответственно 52 и 54 кг/га или 8,1 и 8,2 %) и их недостатком (97 и 48 кг/га или 12,7 и 6,3 %).

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ без применения пестицидов способствовало увеличению сбора протеина в среднем за 3 года на 282 кг/га или 90,4 % по вспашке и на 302 кг/га или 97,4 % по безотвальному рыхлению. Эффект от пестицидов на фоне минеральных удобрений составил соответственно 99 и 71 кг/га (16,7 и 11,6 %), а от суммарного действия минеральных удобрений и пестицидов 381 и 373 кг/га

(122,1 и 120,3 %). Наиболее действенны пестициды при низкой урожайности озимой пшеницы, обусловленной критическими погодными условиями в момент посева и начальный период роста и развития растений (2021 г.), когда прибавки сбора протеина от их использования составили 146 кг/га или 38,2 % по вспашке и 109 кг/га или 25,5 % по безотвальному рыхлению. Менее значимы прибавки в условиях с превышением осадков (соответственно 52 и 54 кг/га или 8,1 и 8,2 %) и их недостатком (97 и 48 кг/га или 12,7 и 6,3 %).

Увеличение сбора протеина при внесении 40 т/га навоза без использования пестицидов оказалось равным 145 кг/га или 46,5 % по вспашке и 140 кг/га или 45,2 % по безотвальному рыхлению. Применение их на фоне навоза обеспечило рост сбора протеина соответственно на 101 и 132 кг/га (22,1 и 29,3 %), а совместное действие навоза и пестицидов – на 246 и 272 кг/га (78,8 и 87,7 %). При меньшей урожайности зерна озимой пшеницы в 2021 г. эффект по сбору протеина от средств защиты растений проявился в большей мере (+ 150 и 157 кг/га или 46,7 и 47,9 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению), чем в другие годы: 75–78 кг/га или 13,8–15,5 % и 105–136 кг/га или 22,2–14,9 %).

Наибольшие прибавки сбора протеина без использования пестицидов по вспашке 377 кг/га или 120,8 % и 400 кг/га или 129,0 % по безотвальному рыхлению обеспечены совместным внесением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га. На их фоне эффект от пестицидов составил 115 кг/га или 16,7 % и 122 кг/га или 17,2 % соответственно, а суммарный эффект от сочетания удобрений и пестицидов 492 кг/га или 157,7 % и 522 кг/га или 168,3 %. Наиболее заметное действие средств защиты растений проявилось при низкой урожайности зерна озимой пшеницы из-за критических условий погоды (2021 г.) – 118 кг/га или 25,3 % по вспашке и 99 кг/га или 19,3 % по безотвальному рыхлению, а также при дефиците осадков (2022 г.) соответственно – 126 кг/га или 17,7 % и 207 кг/га или 17,1 %.

4.2.2. Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы и ИДК

Влияние способов основной обработки почвы и средств защиты растений на варьирование содержания клейковины в зерне озимой пшеницы в среднем за 2020–2022 гг. при возделывании без удобрений не проявилось (Рисунки 6 и 7). Ее содержание находилось в пределах 28,29–28,54 %.

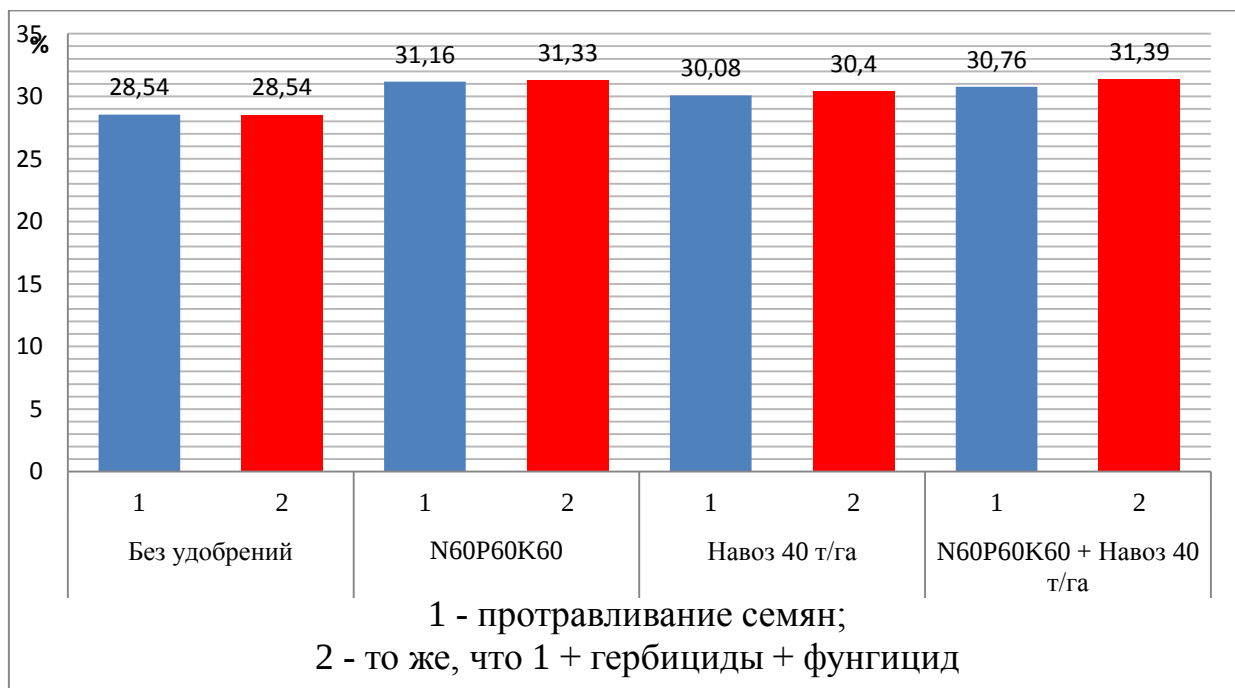


Рисунок 6 – Влияние удобрений на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы в зависимости от пестицидов по вспашке, % (2020-2022 гг.)

Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовало повышению содержания клейковины на 2,62–2,79 % при проведении вспашки в качестве основной обработки почвы и на 3,08–3,10 % при проведении безотвального рыхления в зависимости от средств защиты растений. Без применения гербицидов обозначилась тенденция к превышению её содержания по безотвальному рыхлению по сравнению со вспашкой на 0,21 % и с применением их на 0,25 %.

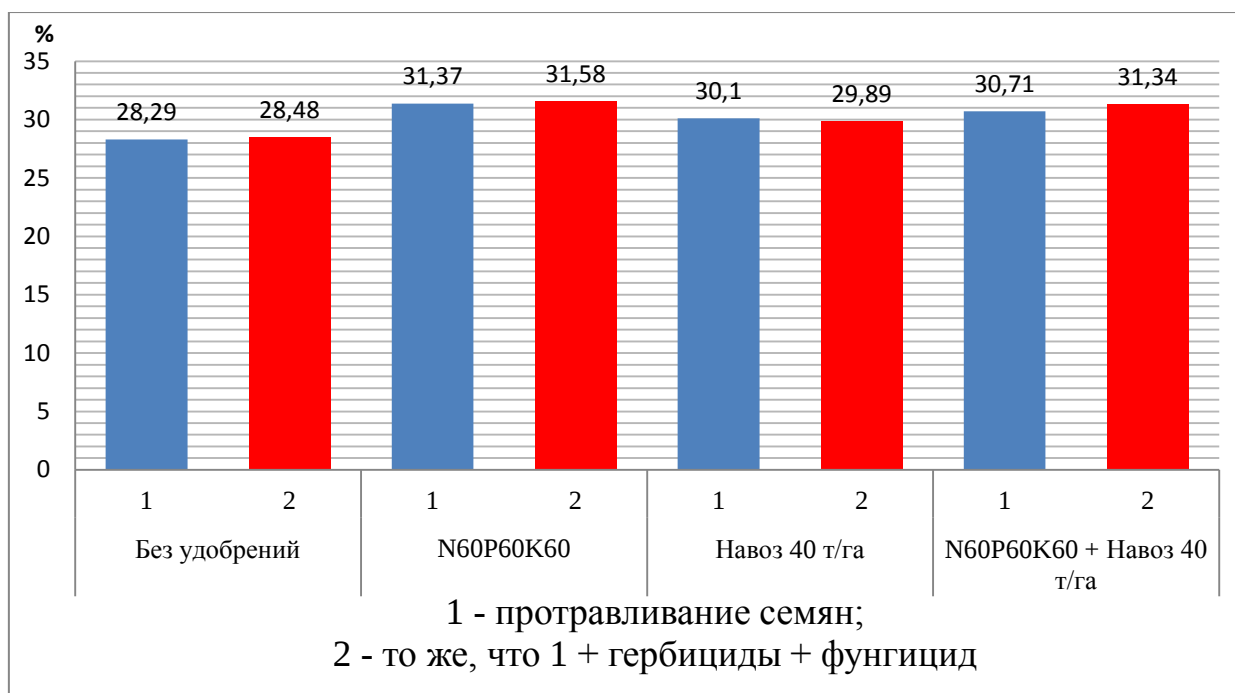


Рисунок 7 – Влияние удобрений на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы в зависимости от пестицидов по безотвальному рыхлению, % (2020-2022 гг.)

Внесение навоза в дозе 40 т/га выразилось в менее значимом, чем при использовании минеральных удобрений в повышении содержания клейковины на 1,54 и 1,86 % соответственно без пестицидов и с ними по вспашке и на 1,81 и 1,41 % по безотвальному рыхлению.

Совместное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га не превысило уровень повышения содержания клейковины, отмеченный при использовании только минеральных удобрений. Без пестицидов оно составило 2,22 % и с ними 2,85 % по вспашке, а также 2,42 и 2,86 % по безотвальному рыхлению. При этом обозначилась явно выраженная тенденция к превышению содержания её на 0,63 % по вспашке и по безотвальному рыхлению вследствие применения в посевах озимой пшеницы средств защиты растений на фоне сочетания минеральных удобрений и навоза. Различия в действии способов обработки почв на варьирование содержания клейковины в зерне озимой пшеницы не наблюдались.

При анализе влияния агротехнических приемов на качество клейковины, выраженное в индексе деформации клейковины (ИДК), выявлено, что все её значения находились в диапазоне 83,12–87,79 ед., которые характеризуют качество клейковины как «удовлетворительная слабая» согласно значениям по ГОСТ 31491 78–102 ед. для мягкой пшеницы и по ГОСТ 31463 83–107 ед. для твердой пшеницы (Рисунки 8 и 9).

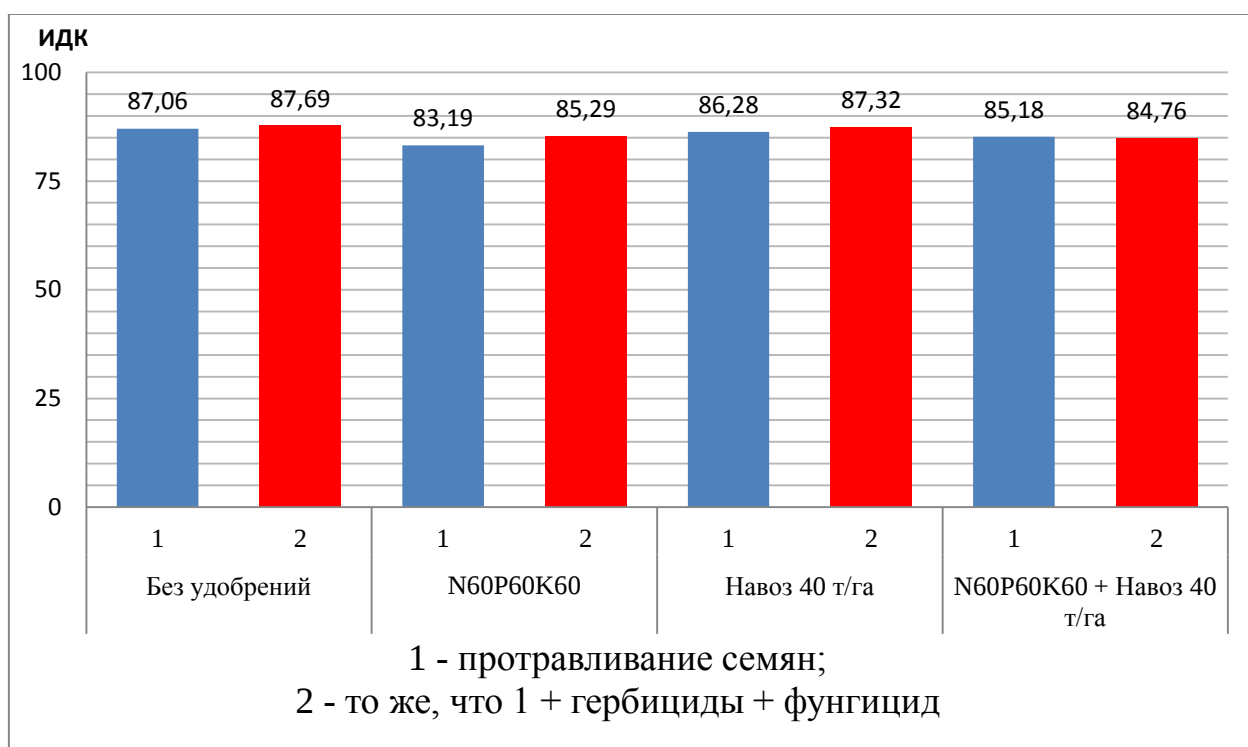


Рисунок 8 – Влияние удобрений на ИДК в зерне озимой пшеницы в зависимости от пестицидов по вспашке, ед. (2020-2022 гг.)

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обусловило более заметное снижение значений ИДК без использования пестицидов по вспашке на 3,87 ед. и по безотвальному рыхлению на 4,67 ед., чем с их применением, соответственно 1,77 и 2,87 ед.

При внесении навоза в дозе 40 т/га также наблюдалось снижение ИДК, которое более заметно проявилось в посевах без применения гербицидов, как по вспашке – 0,77 ед., так и по безотвальному рыхлению – 2,36 ед. С использованием пестицидов роль навоза практически мало выражена и

неоднозначна: - 0,37 и 0,18 ед. соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

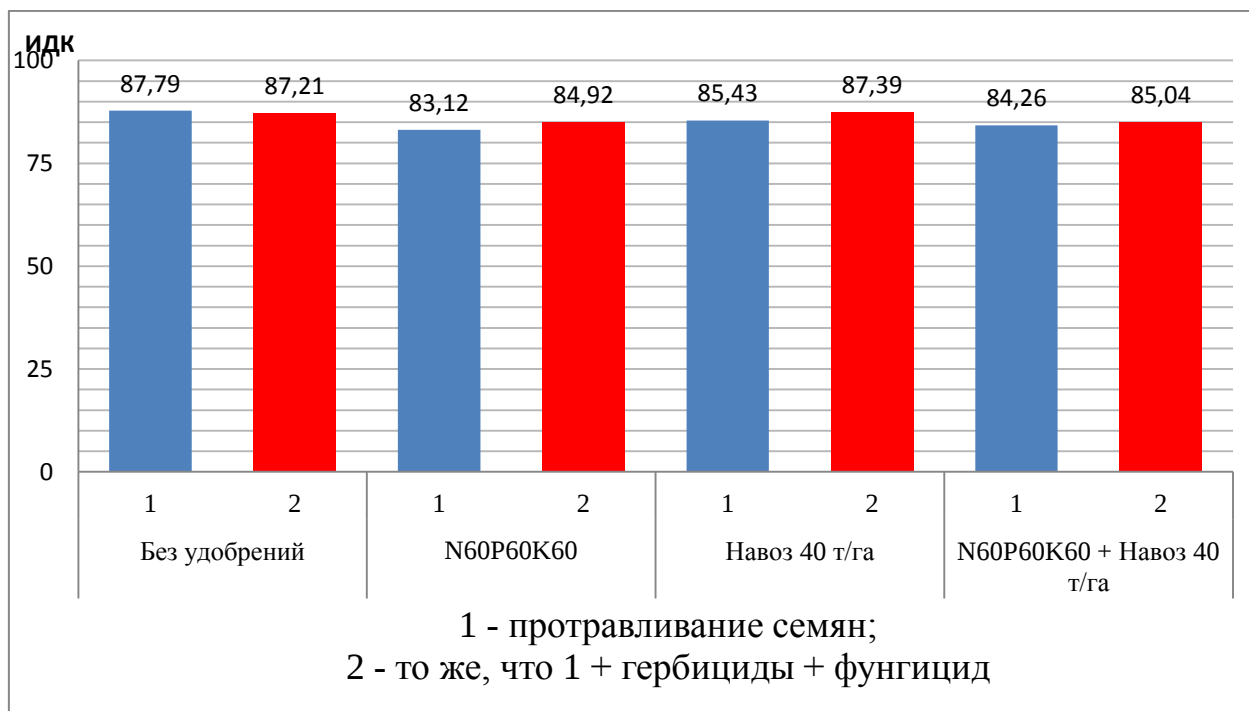


Рисунок 9 – Влияние удобрений на ИДК в зерне озимой пшеницы в зависимости от пестицидов по безотвальному рыхлению, ед. (2020-2022 гг.)

Сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га способствовало снижению ИДК по вспашке в большей мере с применением пестицидов – 2,93 ед., чем без них – 1,88 ед. По безотвальному рыхлению закономерность несколько иная: более заметное снижение отмечено без пестицидов – 3,53 ед., а с ними – менее выраженное – 2,17 ед.

Таким образом, повышение содержания клейковины на 2,62–2,79 % при проведении вспашки в качестве основной обработки почвы и на 3,08–3,10 % при проведении безотвального рыхления обусловлено применением минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$. Внесение навоза в дозе 40 т/га и его сочетание с минеральными удобрениями не привело к превышению этих показателей. Снижение индекса деформации клейковины на 3,87 и 4,67 ед. соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению вызвано, в большей мере, внесением минеральных удобрений без применения средств защиты растений, чем с использованием пестицидов – 1,77 и 2,87 ед.

4.3. Содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой пшеницы

В среднем за 2020–2022 гг. содержание азота, фосфора и калия в зерне озимой пшеницы, возделываемой без внесения удобрений, мало варьировало от способов основной обработки почвы и уровней защиты растений (Приложение 10). Применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ без использования пестицидов способствовало достоверному повышению содержания азота, более выраженному при возделывании культуры по безотвальному рыхлению (+ 0,41 %), чем по вспашке (+ 0,33 %), по которой наблюдалась тенденция к росту содержания от применения пестицидов (Рисунок 10).

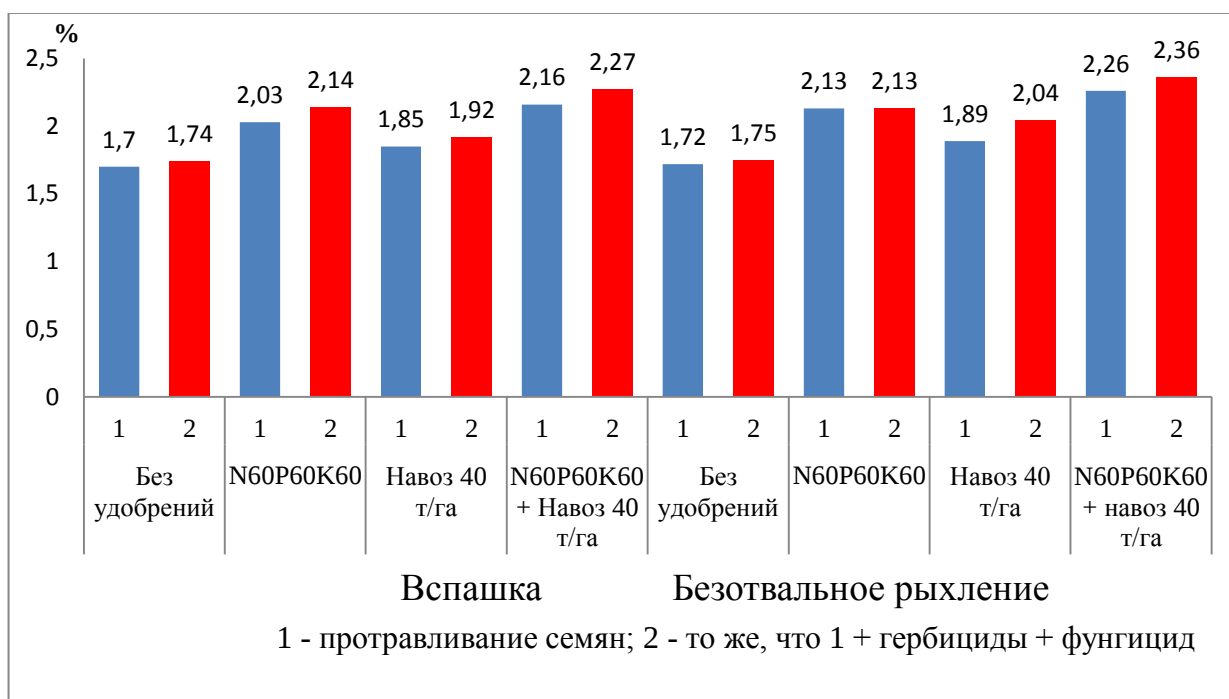


Рисунок 10 – Влияние удобрений на содержание азота в зерна озимой пшеницы в зависимости от средств защиты растений и пестицидов, %, 2020–2022 г.

Проявилась зависимость поступления азота в зерно и от погодных условий: эффективность минеральных удобрений в повышении содержания данного элемента питания выше год с большим от средне многолетних значений количеством осадков в весенне-летний период (2020), когда возрастание его содержания составило 0,41 % по вспашке и 0,48–0,52 % по безотвальному рыхлению (Таблица 16).

Таблица 16 – Влияние удобрений на содержание азота, фосфора и калия в зерна озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и средств защиты растений, %, 2020 г.

Варианты		Вспашка			Безотвальное рыхление		
Удобрения	Уровни защиты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	1*	1,46	0,47	0,34	1,44	0,50	0,35
	2	1,50	0,46	0,37	1,43	0,57	0,38
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	1,87	0,60	0,34	1,92	0,57	0,33
	2	1,91	0,60	0,39	1,95	0,63	0,35
Навоз 40 т/га	1	1,72	0,50	0,37	1,73	0,57	0,36
	2	1,81	0,53	0,43	1,89	0,62	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	2,23	0,59	0,39	2,26	0,65	0,39
	2	2,29	0,61	0,44	2,29	0,63	0,42
НСР ₀₅		0,12	0,07	0,03	0,13	0,09	0,05

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Тогда как в год при наименьшей урожайности из-за острого дефицита влаги при посеве и в начальный период роста и развития растений (2021) и в условиях недостатка осадков (2022) повышение содержания азота от внесения минеральных удобрений менее значимо, соответственно способам обработки почвы 0,22–0,34 и 0,29–0,33 % (Таблицы 17 и 18).

Применение навоза в дозе 40 т/га способствовало повышению содержания азота в зерне на 0,15 и 0,17 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без использования средств защиты растений, а также на 0,18 и 0,29 % в посевах с ними. Наиболее значимое повышение его содержания наблюдалось в условиях с более высокой влагообеспеченностью (2020), соответственно со способами обработки почвы на 0,45 и 0,29 % без пестицидов и на 0,31 и 0,46 % с использованием средств защиты растений.

При остром недостатке влаги в почве в момент посева и в начале роста и развития растений, приведшем к резкому снижению урожайности зерна

озимой пшеницы (2021), повышение содержания азота в зерне под влиянием навоза не достоверно.

Таблица 17 – Влияние удобрений на содержание азота, фосфора и калия в зерна озимой пшеницы в зависимости способов обработки почвы и средств защиты растений, %, 2021 г.

Варианты		Вспашка			Безотвальное рыхление		
Удобрения	Уровни защиты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	1*	1,87	0,30	0,32	2,02	0,34	0,33
	2	1,94	0,34	0,35	2,08	0,36	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	2,09	0,39	0,32	2,33	0,39	0,33
	2	2,32	0,40	0,37	2,37	0,39	0,35
Навоз 40 т/га	1	2,04	0,33	0,35	2,15	0,36	0,34
	2	2,08	0,34	0,36	2,20	0,38	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	2,28	0,37	0,32	2,53	0,38	0,35
	2	2,38	0,39	0,34	2,55	0,45	0,39
HCP ₀₅		0,19	0,09	0,06	0,21	0,08	0,04

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Однако, проявилась ясно выраженная тенденция к повышению по обоим способам обработки почвы: по вспашке на 0,14–0,17 % и по безотвальному рыхлению на 0,12–0,13 %. В условиях дефицита влаги в период весенне-летней вегетации (2022) существенное повышение содержания азота в зерне на 0,31 % отмечено только по вспашке с применением средств защиты растений. Влияние пестицидов на повышение содержания азота характеризовалось как тенденция при значениях по вспашке 0,04–0,09 % и по безотвальному рыхлению 0,05–0,15 %.

Наиболее значимое в среднем за 2020–2022 гг. повышение содержания азота в зерне озимой пшеницы проявилось при сочетании минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ и навоза в дозе 40 т/га по вспашке и

безотвальному рыхлению соответственно на 0,46 и 0,54 % в посевах без средств защиты растений и на 0,53 и 0,61 % с применением пестицидов.

Таблица 18 – Влияние удобрений на содержание азота, фосфора и калия в зерна озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и средств защиты растений, %, 2022 г.

Варианты		Вспашка			Безотвальное рыхление		
Удобрения	Уровни защиты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	1*	1,78	0,45	0,48	1,71	0,40	0,42
	2	1,77	0,46	0,47	1,73	0,44	0,42
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	2,12	0,48	0,44	2,13	0,47	0,44
	2	2,18	0,50	0,44	2,06	0,52	0,43
Навоз 40 т/га	1	1,80	0,45	0,42	1,78	0,48	0,42
	2	1,88	0,49	0,45	2,04	0,58	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	1,98	0,55	0,44	2,00	0,39	0,41
	2	2,13	0,57	0,45	2,23	0,47	0,42
НСР ₀₅		0,18	0,09	0,07	0,18	0,08	0,06

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Как с применением минеральной и органической систем удобрения, так и с применением органо-минеральной системы, наибольшее повышение содержания азота в зерне озимой пшеницы наблюдалось при большем количестве осадков в весенне-летний период вегетации растений (2020), чем при среднемноголетних значениях, которое оказалось равным 0,77–0,79 % по вспашке и 0,82–0,86 % по безотвальному рыхлению, которое не зависело от средств защиты растений. Наименее значимое повешение содержания азота в зерне было в условиях недостатка количества осадков (2022), составившее 0,20–0,36 % по вспашке и 0,27–0,33 % по безотвальному рыхлению. В погодных условиях сельскохозяйственного года, близких к среднемноголетним (2021), уровень повышения содержания данного элемента в зерне занимал промежуточное положение, соответственно 0,41–0,44 и 0,47–0,51 %.

В среднем за 3 года содержание фосфора в зерне озимой пшеницы в посевах без удобрений составило 0,41–0,42 % по вспашке и 0,44–0,46 % по безотвальному рыхлению (Рисунок 11).

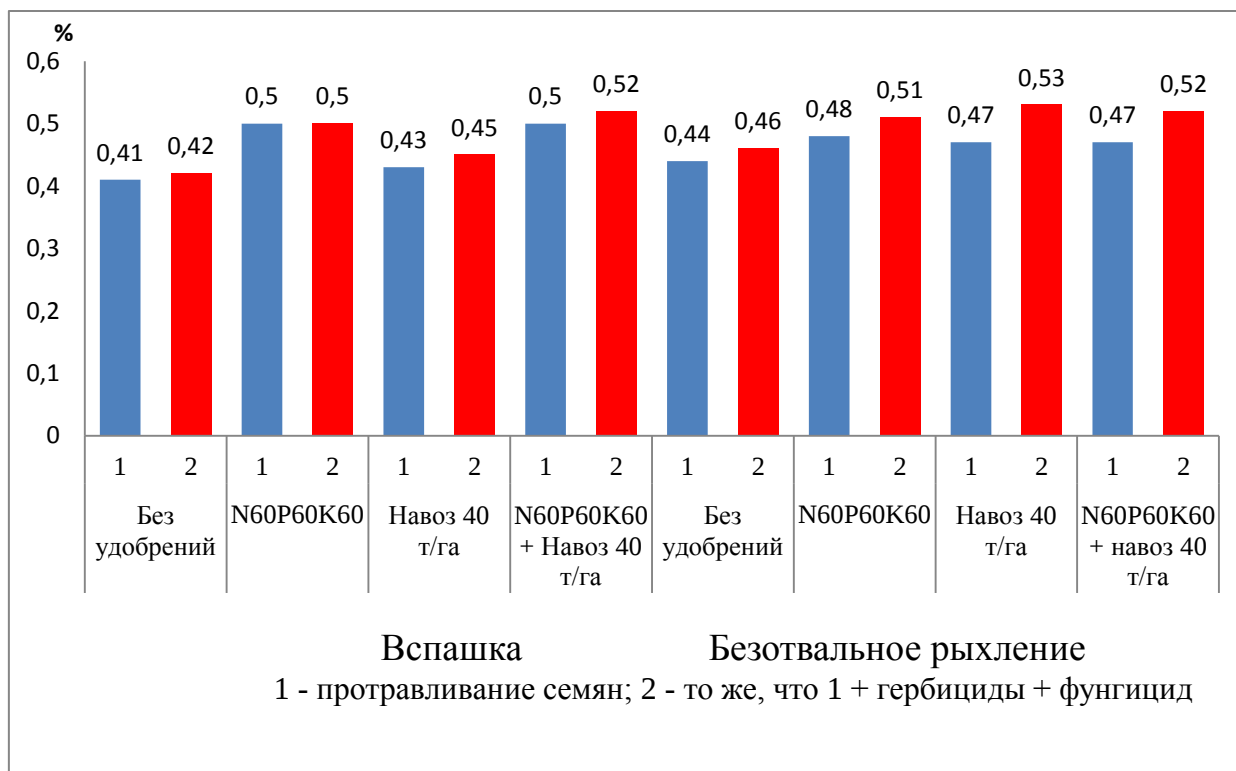


Рисунок 11 – Влияние удобрений на содержание фосфора в зерна озимой пшеницы в зависимости от средств защиты растений и пестицидов, %, 2020–2022 г.

Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечили повышение его содержания на 0,08–0,09 и 0,04–0,05 % соответственно способам обработки почвы. Наиболее значимым оно было по вспашке в более увлажненных условиях периода весенне-летней вегетации – 0,13–0,14 %, а по безотвальному рыхлению в таких же условиях – 0,06–0,07 % и в условиях острого дефицита осадков – 0,7–0,8 %. Влияние пестицидов на этот показатель не устойчивое и мало выражено.

Содержание калия в зерне в меньшей степени варьировало в зависимости от агроприемов и погодных условий, чем содержание азота и фосфора (Рисунок 12).

Несколько больше его содержалось в зерне, полученном при недостатке увлажнения. Минеральные удобрения и навоз практически не повлияли на изменения содержания в зерне данного элемента.

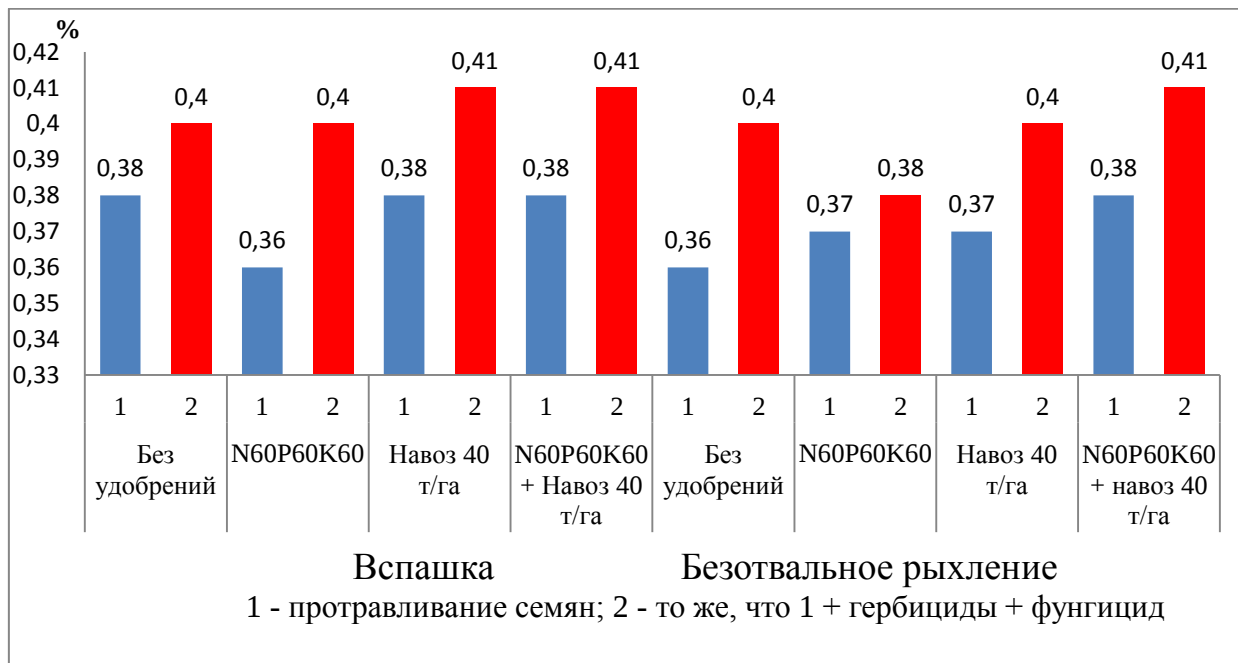


Таблица 12 – Влияние удобрений на содержание калия в зерна озимой пшеницы в зависимости от средств защиты растений и пестицидов, %, 2020–2022 г.

Достоверное повышение содержания калия в зерне на 0,05–0,07 % по вспашке и на 0,04–0,06 % по безотвальному рыхлению наблюдалось при совместном применении минеральных удобрений и навоза в условиях более высокого увлажнения в весенне-летний период.

Глава 4.4. Структура урожая озимой пшеницы

При анализе структуры урожая озимой пшеницы выявлено, что в среднем за 2020–2022 гг. количество продуктивных стеблей в посевах без удобрений и без пестицидов, где проводили вспашку в качестве основной обработки почвы, составило 370 шт./м², а где безотвальную обработку – 376 шт./м² (Рисунок 13, Приложение 11). Применение пестицидов

способствовало достоверному увеличению их соответственно на 25 и 22 шт./м² (6,8 и 5,9 %). Менее значимые изменения наблюдались в год с низкой урожайностью (2021) из-за критического недостатка атмосферных осадков в момент посева и в начальный период роста и развития растений (13 и 10 шт./м²; 4,9 и 3,7 %) (Приложение 13). А наиболее значимые – в год с менее выраженным дефиците влаги (2022) в осенне-летний период вегетации (32 и 31 шт./м²; 7,1 и 6,8 %) (Приложение 14).

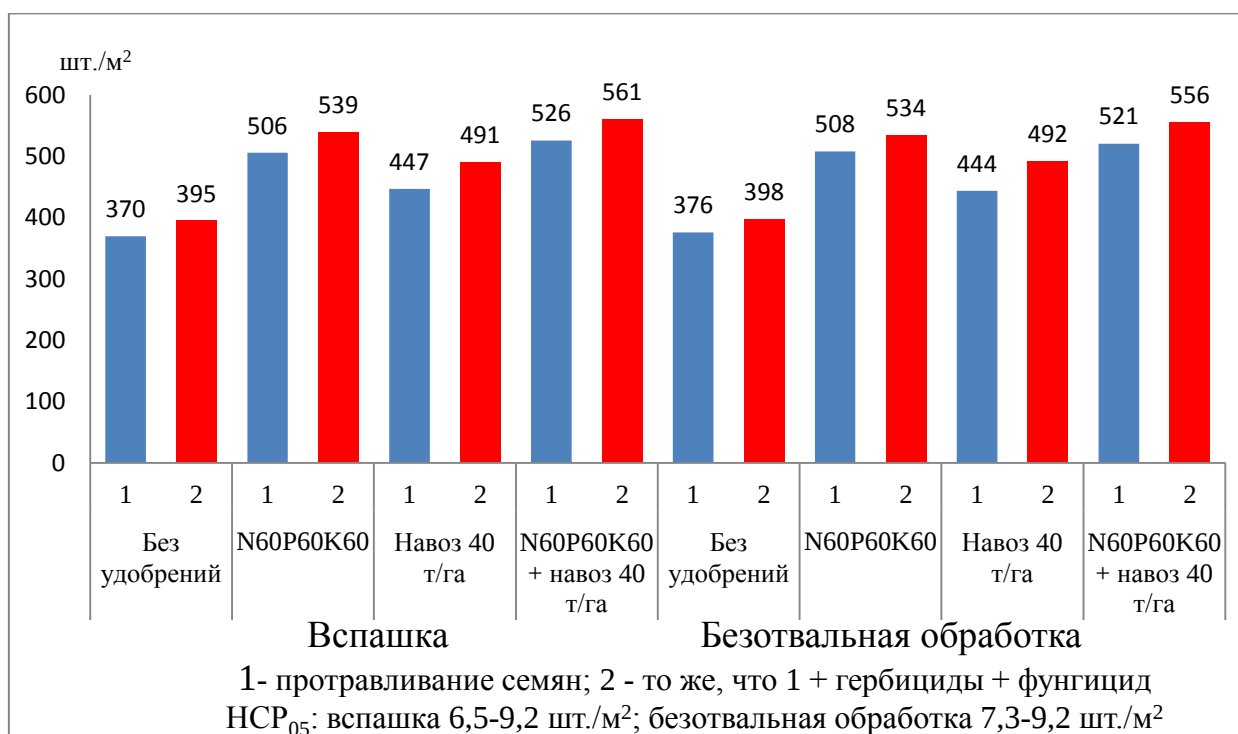


Рисунок 13 – Влияние удобрений на количество продуктивных стеблей озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и пестицидов, шт./м² (2020–2022 гг.)

Минеральные удобрения в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ обусловили существенное увеличение количества продуктивных стеблей в среднем за три года на 136 и 132 шт./м² (36,8 и 35,1 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению без использования пестицидов и на 144 и 136 шт./м² (36,5 и 34,2 %) с их применением. Аналогичные значения изменений отмечены в 2022 г.: 127 и 130 шт./м² (28,2 и 28,6 %), а также 129 и 114 шт./м² (26,8 и

23,5 %). Наименьшими они были в 2021 г. (31–72 шт./м² или 11,5–26,1 %), а максимальными – в 2020 г. в условиях профицита осадков от среднемноголетних показателей в весенне-летний период: 224 и 234 шт./м² (61,0 и 57,8 %), а также 231 и 227 шт./м² (54,1 и 52,7 %) (Приложение 12).

Влияние навоза, внесенного в дозе 40 т/га, выразилось в увеличении количества продуктивных стеблей на 77 и 68 шт./м² (20,8 и 18,1 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению при отсутствии средств защиты растений от вредных объектов и на 96 и 94 шт./м² (24,3 и 23,6 %) с применением их. Наибольшим оно было в условиях с превышением осадков (2020) независимо от способов обработки почвы и использования пестицидов: 120–138 шт./м² или 29,6–33,8 %, а минимальным – 61 шт./м² по вспашке и безотвальной обработке почвы (12,7 и 12,6 %). В год с кризисными условиями погоды (2021) варьирование без использования пестицидов не наблюдалось, а с ними увеличение составило 88 шт./м² или 31,9 % по вспашке и 84 шт./м² или 30,1 % по безотвальному рыхлению.

В среднем за годы исследований совместное применение минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ и навоза в дозе 40 т/га проявилось в наибольшем увеличении количества продуктивных стеблей по сравнению с их количеством в посевах без удобрений, которое составило 156 и 145 шт./м² (42,2 и 38,6 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению при отсутствии средств защиты растений и 166 и 158 шт./м² (42,0 и 39,7 %) при их наличии. Более значимым оно было в условиях профицита осадков (2020) от среднемноголетних показателей в весенне-летний период: 263 и 253 шт./м² (66,2 и 62,5 %) без использования пестицидов и несколько меньше – 256 и 249 шт./м² (60,0 и 57,8 %) – с их применением, а наименьшим – в экстремальных засушливых условиях периода посева и начальный период роста и развития растений (2021) – 64 и 58 шт./м² (23,8 и 21,6 %) в первом случае и 94 и 84 шт./м² (34,1 и 30,1 %) во втором. Следовательно, роль средств защиты растений значительнее в неблагоприятных условиях погоды, а менее значима в благоприятных для культурных растений условиях.

Таким образом, сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га обусловило наибольшее увеличение количества продуктивных стеблей по сравнению с их количеством в посевах без удобрений, которое составило 156 и 145 шт./м² (42,2 и 38,6 %) соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению при отсутствии средств защиты растений и 166 и 158 шт./м² (42,0 и 39,7 %) при их наличии. В этом роль средств защиты растений более значима в неблагоприятных погодных условиях, а менее значима в благоприятных для культурных растений условиях.

Высота растений озимой пшеницы при возделывании без удобрений практически не зависела от способов основной обработки почвы и средств защиты растений, составляя 104–107 см. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ она увеличивалась на 16–18 см, навоза в дозе 40 т/га на 12–14 см и их сочетания на 17–18 см. Заметное положительное влияние пестицидов наблюдалось при внесении навоза (Приложение 11).

На изменение массы 1000 зерен озимой пшеницы не повлияли ни способы обработки почвы, ни средства защиты растений. Она составляла 39,8–40,9 г. Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовали увеличению её на 2,3–2,6 г, навоз в дозе 40 т/га на 1,7–2,2 г и их сочетание на 3,0–3,1 г (Рисунок 14).

Варьирование массы зерна с одного колоса в зависимости от способов основной обработки почвы не наблюдалось (Рисунок 15). Так, в посевах без применения удобрений и пестицидов она была практически одинаковой по вспашке и безотвальной обработке почвы соответственно 0,92 и 0,90 г. С пестицидами она выросла на 0,04 и 0,05 г (4,3 и 5,6 %).

Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечили возрастание массы зерна с одного колоса на 0,15–0,16 г или на 16,3–16,7 % по вспашке и на 0,17–0,18 г или на 18,9–19,0 % по безотвальному рыхлению. Пестициды способствовали увеличению её соответственно на 0,05 и 0,06 г (4,7 и 6,3 %).

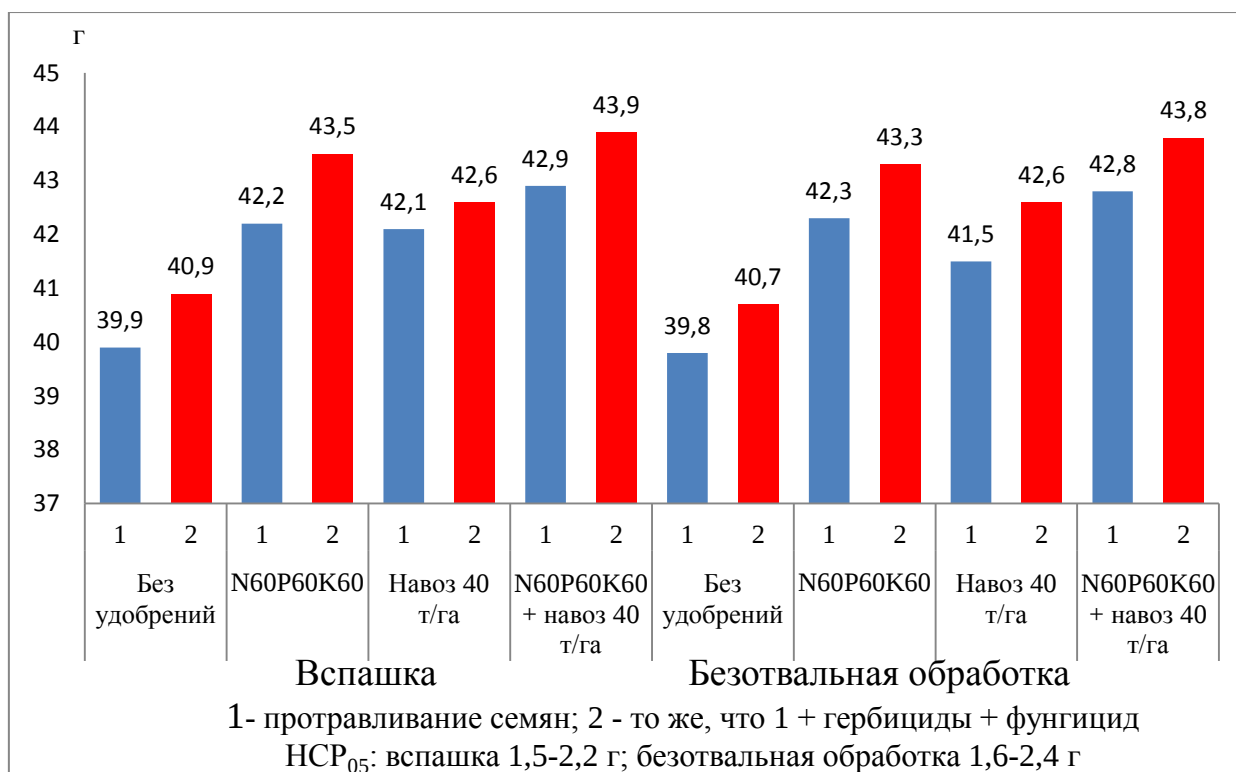


Рисунок 14 – Влияние удобрений на массу 1000 зерен озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и пестицидов, г (2020–2022 гг.)

Несколько более значимые изменения наблюдались в условиях с критическими условиями погоды при меньшей урожайности зерна озимой пшеницы (2021) – 0,08 г или 7,0 % по обоим способам обработки почвы.

Внесение навоза в дозе 40 т/га способствовало практически одинаковому увеличению массы зерна с одного колоса по обоим способам обработки почвы – на 12,0–13,5 г или 12,0–13,5 % и равному её возрастанию от применения средств защиты растений – 0,06 г или 5,9 %.

Наибольшее увеличение массы зерна с одного колоса обусловлено сочетанием минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ и навоза в дозе 40 т/га, составившее 0,20–0,21 г (21,7–21,9 %) по вспашке и 0,22–0,23 г (23,2–25,6 %) по безотвальному рыхлению. Значение пестицидов выразилось в её увеличении соответственно на 0,05 и 0,04 г (4,5 и 3,5 %).

Несколько более высоким изменения проявились в условиях с критическими условиями погоды при меньшей урожайности зерна озимой пшеницы (2021).

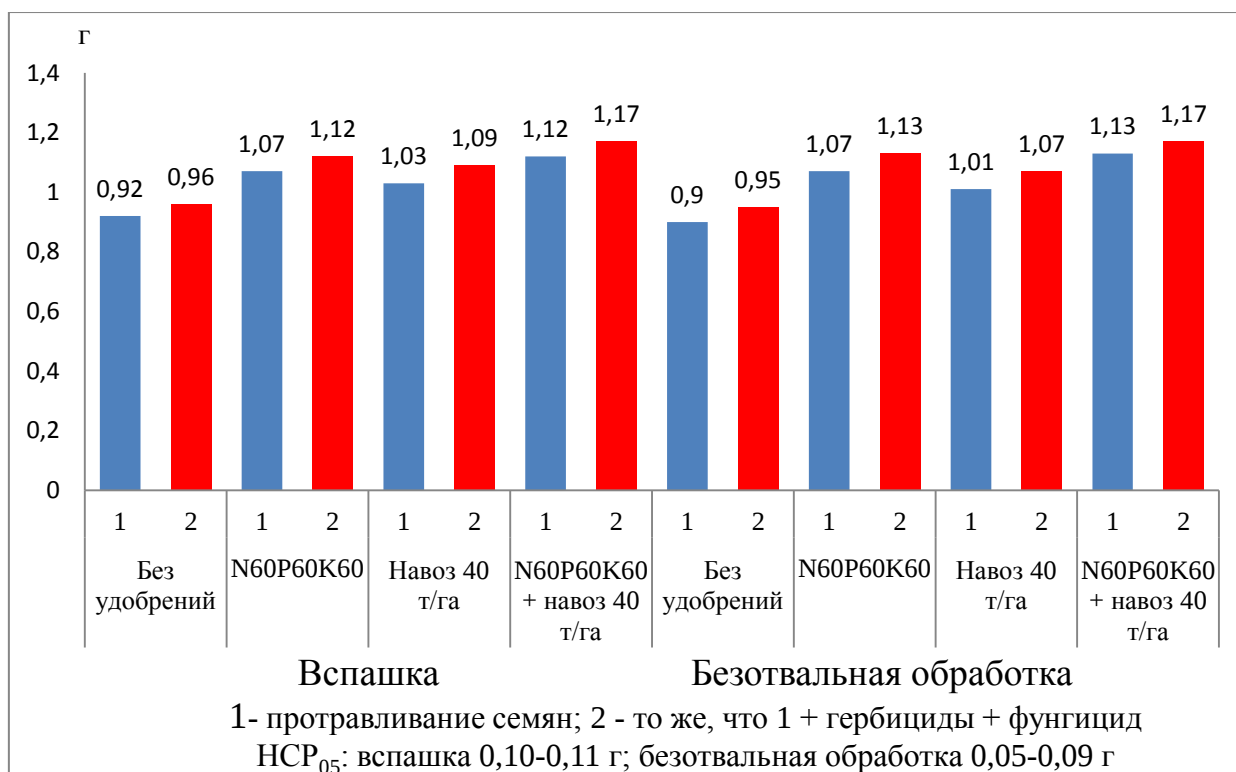


Рисунок 15 – Влияние удобрений на массу зерна с одного колоса озимой пшеницы в зависимости от способов обработки почвы и пестицидов, г (2020–2022 гг.)

Глава 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПЕСТИЦИДОВ

Производительность сельскохозяйственного производства – категория экономики. Один из важнейших аспектов общественного производства – эффективность. Экономическая эффективность сельскохозяйственного производства отличается от натурально-стоимостных показателей. Для определения экономических эффектов необходимо учитывать общие расходы на рабочую силу и материальные ресурсы.

Применение удобрений оказывает существенное положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, качество продукции и эффективное плодородие почвы. Однако относительно высокий рост урожайности культур сопряжен с ростом затраты на энергоносители и средства интенсификации. В связи с этим при разработке систем удобрения необходимо проведение экономического обоснования применения удобрительных средств. В этом состоит актуальность и цель проведенных расчетов экономической эффективности применения удобрений

Экономическую эффективность рассчитывали по общепринятой методике, согласно которой учитывали стоимость прибавки урожая, из которой вычитали сумму затрат на получение этой прибавки за счет применения удобрений и определяли условно чистый доход. Эти показатели должны быть представлены в денежном выражении согласно существующим ценам на удобрения и сельскохозяйственную продукцию. По разности этих показателей рассчитывается условно чистый доход по формуле, предложенной Н. Н. Барановым (1964, 1970):

$УЧД = Спр. - Зуд.$, где:

УЧД – условно чистый доход от удобрений, руб./га;

Спр. – стоимость прибавки урожая, руб./га;

Зуд. – сумма затрат на удобрения, руб./га [19].

Условным доход называется потому, что в расчет не берут косвенные затраты, а только прямые, связанные с непосредственным применением удобрений. Сумма затрат, связанных с применением удобрений и пестицидов, включает в себя их стоимость, затраты на их погрузку, разгрузку, транспортировку, внесение в почву, а также на уборку, перевозку и доработку дополнительной продукции. Уровень рентабельности определяли делением чистого дохода на материально-денежные затраты и умножением на 100 % (Завьялов Р. О., Соловьева Ю. А., 2021; Лазаров Т. К., 2022) [64, 98].

Уровень рентабельности применения удобрений рассчитывали по формуле:

$$\text{Ур.} = \text{УЧД} : \text{Зуд.} \times 100, \text{ где:}$$

Ур. – уровень рентабельности применения удобрений, %;

УЧД – условно чистый доход от удобрений, руб./га;

Зуд. – сумма затрат на применение удобрений, руб./га.

Себестоимость полученной прибавки урожая от применения удобрений рассчитывали по формуле:

$$\text{Сст.} = \text{Зуд.} : \text{Пр.}, \text{ где:}$$

Сст. – себестоимость прибавки урожая, руб./т;

Зуд. – сумма затрат на удобрения, руб./га;

Пр. – прибавка урожая, т/га.

При расчете экономической эффективности применяли следующие показатели: цена реализации зерна озимой пшеницы 14 000 руб./т, затраты на уборку урожая зерна 2 480 руб./т, на азофоску 19 375 руб./т, на 40 т навоза 4 200 руб./га, на пестициды 1 940 руб./га.

В результате анализа результатов расчёта экономической эффективности агроприемов на озимой пшенице было выявлено, что применение их оправдано в технологии возделывании культуры (Таблица 19).

Использование пестицидов в среднем за 2020–2022 гг. в посевах озимой пшеницы по вспашке без удобрений способствовало получению условно чистого дохода, равного 1 977 руб./га при уровне рентабельности 71,0 % и себестоимость прибавки урожая 8 185 руб./т зерна.

Таблица 19 – Экономическая эффективность удобрения озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и пестицидов (2020–2022 гг.)

Варианты		При- бавки урожай ности, т/га	При- быль от реали- зации, руб./га	Затра- ты, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Уровень рентабе- льности, %	Себесто- имость, руб./т
Удобрения	Уров- ни защи- ты						
Вспашка							
Без удобрений	1	-	-	-	-	-	-
	2	0,34	4 760	2 783	1 977	71,0	8 185
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	1,93	27 020	12 052	14 968	124,2	6 245
	2	2,53	35 420	15 480	19 940	128,8	6 119
Навоз 40 т/га	1	1,16	16 240	7 077	9 163	129,5	6 101
	2	1,91	26 740	10 877	15 863	145,8	5 695
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	2,41	33 740	19383	14 357	74,1	8 043
	2	3,04	42560	20945	21615	103,2	6890
Безотвальное рыхление							
Без удобрений	1	-	-	-	-	-	-
	2	0,36	5 040	2 833	2 207	77,9	7 869
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	1,93	27 020	12 052	14 968	124,2	6 245
	2	2,52	35 280	15 456	19 824	128,3	6 169
Навоз 40 т/га	1	1,05	14 700	6 804	7 896	116,0	6 480
	2	1,82	25 480	10 654	14 826	139,2	5 854
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	2,41	33 740	19 383	14 357	74,1	8 043
	2	3,02	42 280	20 896	21 384	102,3	6 919

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

По безотвальному рыхлению условно чистый доход был выше на 230 руб./га или на 11,6 % при большем на 7,9 % уровне рентабельности и меньшей себестоимости прибавки продукции на 316 руб./т или на 3,9 %.

Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в посевах без пестицидов обеспечило получение одинакового по обоим способам основной обработки почвы условно чистого дохода 14 968 руб./га, уровня рентабельности 124,2 % и себестоимость прибавки урожая 6 245 руб./т зерна. Применение пестицидов способствовало улучшению этих показателей по вспашке соответственно на 4 972 руб./га (+ 33,2 %), на 53,2 % и на - 126 руб./т (- 2,0 %). По безотвальному рыхлению изменения составили следующие величины: на 4 856 руб./га (+ 32,4 %), на 46,3 % и на - 76 руб./т (1,2 %).

Условно чистый доход применения навоза в дозе 40 т/га по вспашке без пестицидов составил 9 163 руб./га, что выше, чем по безотвальному рыхлению на 1 267 руб./га (13,8 %). Уровень рентабельности был также выше на 13,5 %, а себестоимость прибавки урожая ниже на 379 руб./т зерна (6,2 %). Пестициды обусловили увеличение условно чистого дохода по вспашке и безотвальному рыхлению соответственно на 6 700 и 6 930 руб./га (73,1 и 87,8 %), уровня рентабельности на 16,3 и 23,2 % и снижение себестоимости прибавки продукции на 406 и 626 руб./т или на 6,7 и 9,7 %.

Совместное применение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га при возделывании озимой пшеницы без пестицидов позволило получить одинаковый условно чистый доход по вспашке и безотвальному рыхлению, равный 14 357 руб./га при себестоимости прибавки урожая 8 043 руб./т. Значение пестицидов в органо-минеральной системе удобрения проявилось в большей мере по вспашке, где условно чистый доход увеличился на 7258 руб./га или на 50,6 %, тогда как по безотвальному рыхлению условно чистый доход за счет их применения вырос на 7 027 руб./га или на 48,9 %. И составил в итоге соответственно 21 615 и 21 384 руб./га.

Уровень рентабельности при сочетании удобрений органоминеральной системы оказался практически одинаковым – 103,2 и 102,3 %. Себестоимость прибавки урожая по вспашке ниже на 29 руб./т или на 0,4 % по сравнению с показателями по безотвальному рыхлению.

Таким образом, максимальный условно чистый доход 21 615 и 21 384 руб./га при уровне рентабельности 103,2 и 102,3 % и себестоимости прибавки урожая 6 890 и 6 919 руб./т зерна обеспечен применением сочетания минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га в комплексе с пестицидами при возделывании озимой пшеницы соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

Применение средств защиты растений способствовало повышению экономической эффективности минеральных удобрений на 33,2 и 32,4 %, навоза на 73,1 и 87,8 %, сочетания минеральных удобрений и навоза на 50,6 и 48,9 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Коэффициент структурности пахотного слоя почвы в органоминеральной системе удобрения более существенно повышался при проведении безотвального рыхления (на 1,1–1,2), чем по вспашке (на 0,7–0,8) при достоверном снижении плотности почвы на 0,05–0,07 г/см³ по обоим способам обработки.

2. Более заметное повышение содержания азота нитратов в почве слоя 0–10 см, отмеченное при сочетании минеральных удобрений и навоза, наблюдалось по вспашке, а содержание подвижных фосфатов и обменного калия по безотвальному рыхлению.

3. Средства защиты растений приводили к увеличению запасов доступной влаги как в пахотном 0–30 см слое почвы, так и в метровом слое в посевах без удобрений и, наоборот, к их снижению при использовании органоминеральной системы удобрения.

4. Снижение засоренности от гербицидов в посевах без удобрений по вспашке и безотвальному рыхлению составило соответственно 88,6 и 87,9 %. Возрастание их эффективности по вспашке оказалась равной при внесении минеральных удобрений, навоза и их сочетаний соответственно на 7,0, 3,3 и 5,3 %, а по безотвальному рыхлению 6,7, 2,7 и 6,7 %.

5. Совместное применение минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ и 40 т/га навоза в сочетании со средствами защиты растений способствовало получению равной прибавки урожайности зерна при проведении вспашки и безотвального рыхления в технологии возделывания озимой пшеницы, равной 2,41 т/га или 93,8–94,1 %.

6. В год с превышением осадков от среднемноголетних значений в период весенне-летней вегетации растений урожайность зерна озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ возрастала более значимо в посевах при проведении вспашки (+ 2,54 т/га; 73,8 %), чем при проведении безотвального рыхления (+ 2,43 т/га; 69,8 %), тогда как в год

с дефицитом осадков преимущество было за безотвальным рыхлением (+ 2,54 т/га; 67,2 %) по сравнению со вспашкой (+ 2,46 т/га; 64,2 %).

7. Внесение навоза в дозе 40 т/га обусловило более значимое увеличение урожайности зерна озимой пшеницы по вспашке – на 1,16 т/га или на 35,9 %, чем по безотвальному рыхлению – на 1,05 т/га или на 32,6 %.

8. Наибольшему повышению содержания сырого протеина в зерне озимой пшеницы на 2,6 и 3,0 % соответственно без пестицидов и при их применении по вспашке, а также на 3,1 и 3,4 % по безотвальному рыхлению способствовало сочетание минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га. При этом получены максимальные прибавки сбора протеина 377 кг/га по вспашке и 400 кг/га по безотвальному рыхлению без использования пестицидов, а суммарный эффект от сочетания удобрений и пестицидов составил соответственно 492 и 522 кг/га.

9. Увеличение содержания клейковины при использовании только минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ не было превышено в органоминеральной системе, где оно составило 2,22 % без пестицидов и 2,85 % с ними по вспашке, а также 2,42 и 2,86 % по безотвальному рыхлению.

10. Снижение индекса деформации клейковины на 3,87 и 4,67 ед. соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению вызвано, в большей мере, внесением минеральных удобрений без применения средств защиты растений, чем в сочетании с использованием пестицидов – 1,77 и 2,87 ед.

11. Наиболее значимое повышение содержания азота, фосфора и калия в зерне озимой пшеницы проявилось при сочетании минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га по вспашке и безотвальному рыхлению соответственно на 0,46 и 0,54 % в посевах без средств защиты растений и на 0,53 и 0,61 % с применением пестицидов.

12. Максимальный условно чистый доход 21 615 и 21 384 руб./га при уровне рентабельности 103,2 и 102,3 % и себестоимости прибавки урожая 6 890 и 6 919 руб./т зерна обеспечен применением сочетания минеральных

удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га в комплексе с пестицидами при возделывании озимой пшеницы соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

Применение средств защиты растений способствовало повышению экономической эффективности минеральных удобрений на 33,2 и 32,4 %, навоза на 73,1 и 87,8 %, сочетания минеральных удобрений и навоза на 50,6 и 48,9 % соответственно по вспашке и безотвальному рыхлению.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В условиях юго-западной части ЦЧР на черноземе типичном в посевах озимой пшеницы следует применять органоминеральную систему удобрения в составе минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и навоза в дозе 40 т/га с использованием в качестве основной обработки почвы вспашку плугом ПЛН-5-35 или безотвальное рыхление плугом со стойками Параплау на глубину 20–22 см.

2. Для устойчивого производства зерна озимой пшеницы вне зависимости от разных погодных условий с целью защиты растений от вредоносных объектов и сеgetальной растительности применять протравливание семян (Доспех 3, КС – 0,50 л/т + Табу, ВСК – 0,50 л/т семян), гербициды (в фазу кущения) Астэрикс, СЭ – 0,60 л/га и фунгицид (в фазу трубкования) Алькор Супер, КЭ – 0,50 л/га.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В условиях современного сельскохозяйственного производства проявляется потребность в совершенствовании технологии возделывания новых высокопродуктивных сортов озимой пшеницы, основанной на применении новых видов удобрений и средств защиты растений, современной техники по внесению и заделке удобрений, по обработке почвы

с использованием системы управления комплексом агроприемов на основе цифровых технологий, что повлечет за собой экономное использование естественных и производственных ресурсов, улучшение экологических условий региона и государства в целом. Для этого будет востребована разработка математических моделей по воспроизводству плодородия почв, по формированию высокой устойчивой урожайности и заданного качества продукции, на что будут направлены наши дальнейшие исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, А. А. Совершенствование минимизации обработки почвы в земледелии Челябинской области / А. А. Агеев // Вестник Курганской ГСХА. – 2021. – № 2 (38). – С. 3–9.
2. Айдиев, А. Я. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в условиях Курской области / А. Я. Айдиев, В. И. Лазарев, М. Н. Котельникова // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 37–39.
3. Айсанов, Т. С. Влияние систем удобрений на химический состав растений и технологические показатели зерна озимой пшеницы / Т. С. Айсанов, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида и др. // Проблемы развития АПК региона. – 2015. – № 23 (3). – С. 4–7.
4. Акименко, А. С. Методологические основы производства заданного количества продовольственного зерна в севооборотах Центрального Черноземья / А. С. Акименко, Т. А. Дудкина, Н. В. Долгополова и др. // Земледелие. – 2021. – № 4. – С. 10–14.
5. Акименко, А. С. Эффективность использования пашни в зависимости от сочетания удобрений в севооборотах / А. С. Акименко, И. В. Дудкин, Ю. Б. Логачев, Т. А. Дудкина // Земледелие. – 2013. – № 2. – С. 10–12.
6. Акимова, О. И. Формирование биометрических показателей и урожайность зерна озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений / О. И. Акимова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 11. – С. 15–20.
7. Алабушев, А. В. Влияние времени прекращения осенней вегетации и возобновления весенней вегетации на урожайность твердой озимой пшеницы / А. В. Алабушев, А. С. Попов // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 11 (141). – С. 6–11.
8. Алабушев, А. В. Изменение продуктивности сельскохозяйственных культур под воздействием однотипных способов

основной обработки почвы / А. В. Алабушев, А. А. Сухарев, А. С. Попов и др. // Земледелие. – 2015. – № 8. – С. 25–28.

9. Алабушев, А. В. Расход влаги при возделывании озимой пшеницы по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области / А. В. Алабушев, Н. Г. Янковский, Г. В. Овсянникова // Аграрная наука Евро Северо-Востока. – 2015. – № 5 (48). – С. 4–9.

10. Алабушев, А. В. Реакция озимой пшеницы на систематическое внесение удобрений в звеньях зернопаропропашного севооборота / А. В. Алабушев, Г. В. Овсянникова, Н. Г. Янковский, Н. Г. Игнатьева // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № (5). – С. 54–60.

11. Алаши, Т. А. Х. Роль способов обработки почвы в эффективности применения органических удобрений и средств защиты растений в посевах озимой пшеницы / Т. А. Х. Алаши, Ю. Е. Щедрина, П. И. Солнцев, А. Г. Ступаков // Инновационные технологии в агрономии, ландшафтной архитектуре и землеустройстве: Материалы Международной студенческой научной конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения Василия Яковлевича Горина, Майский, 26 октября 2022 года. – Майский : Майский: Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 2022. – С. 90-91.

12. Алаши, Т. А. Х. Сочетание удобрений и средств защиты растений как фактор повышения урожайности озимой пшеницы / Т. А. Х. Алаши, Ю. Е. Щедрина, П. И. Солнцев, А. Г. Ступаков // Актуальные решения аграрной науки по развитию сельскохозяйственного производства и укреплению продовольственной безопасности страны : Материалы Международной научной конференции, Майский, 29 сентября 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 2022. – С. 168-169.

13. Алиев, А. М. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при комплексном применении средств химизации / А. М. Алиев, Г. И. Ваулина, Л. Н. Самойлов, Е. Н. Старостина // Плодородие. – 2018. – № 3 (102). – С. 12–14.

14. Алиев, А. М. Урожайность озимой пшеницы и окупаемость удобрений при длительном применении средств химизации в полевом

севообороте / А. М. Алиев, Н. И. Цимбалист, Е. Н. Старостина, Г. А. Ивашенков // Плодородие. – 2019. – № 1 (106). – С. 17–19.

15. Андреев, А. А. изучение сортов озимой пшеницы в экологическом сортоиспытании / А. А. Андреев, М. К. Драчева, И. А. Кутепова // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. – 2020. – С. 213–217.

16. Артемьев, А. А. Влияние комплексного применения агрохимических средств на продуктивность озимой пшеницы / А. А. Артемьев // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. – 2020. – С. 24–28.

17. Бабаян, Л. А. Отвальная и плоскорезная обработки почвы на склонах Южного Поволжья / Л. А. Бабаян, В. А. Склямин, В. В. Леонтьев // Земледелие. – 2013. – № 1. – С. 15–18.

18. Байбеков, Р. Ф. Агроэкономическая эффективность фосфорных удобрений при возделывании культур полевого севооборота в зависимости от фосфатного уровня и кислотности дерново-подзолистой почвы / Р. Ф. Байбеков, Н. А. Кирпичников, С. П. Бижан, А. А. Абрамов // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 9–11.

19. Банькин, В. А. Прикладная система земледелия как механизм повышения эффективности сельскохозяйственного производства / В. А. Банькин // Земледелие. – 2017. – № 4. – С. 45–47.

20. Баранов, Н. Н. Экономические исследования по эффективности удобрений / Н. Н. Баранов / Научные труды. Удобрения и основные условия их эффективного применения. – М. : Колос, 1970. – С. 441–467.

21. Безгина, Ю. А. Биологическая эффективность фунгицидов в посевах озимой пшеницы и их влияние на урожайность культуры / Ю. А. Безгина, Н. Н. Глазунова, Е. В. Волосова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 132. – С. 1035–1044.

22. Благополучная, О. А. Влияние энергосберегающих способов обработки почвы и элементов склона на урожай сельскохозяйственных культур / О. А. Благополучная, Н. И. Мамсиров // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 23–24.

23. Бобкова, Ю. А. Особенности удобрения озимой пшеницы на тёмно-серых лесных почвах Орловской области / Ю. А. Бобкова // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. – 2020. – С. 208–412.

24. Бойко, Е. С. Урожайность озимой пшеницы в Центральной зоне Краснодарского края, в зависимости от цикличности погодных условий / Е. С. Бойко, В. П. Василько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 163. – С. 40–52.

25. Борин, А. А. Агрофизические свойства и засоренность почвы при применении агротехнологий разной интенсивности./ А. А. Борин, А. Э Лощина // Агрофизика. – 2020. – № 2. – С. 7–14.

26. Васильева, Я. В. влияние средств химизации на сорный компонент при возделывании озимой пшеницы / Я. В. Васильева // комплексные вопросы аграрной науки для апк республики. –2019. – С. 211–214.

27. Васюков, П. П. Система минимальной мульчирующей обработки почвы – реальный путь сохранения плодородия кубанского чернозема / П. П. Васюков, В. И. Цыганов, Г. В. Чуварлеева // Земледелие. – 2014. – № 3. – С. 16.

28. Ваулина, Г. И. Роль комплексного применения средств химизации в повышении урожайности зерновых культур и окупаемости удобрений / Г. И. Ваулина, А. М. Алиев, Л. Н. Самойлов // Плодородие. – 2016. – № 5 (92). – С. 47–49.

29. Власова, О. И. Эффективность использования биопрепаратов при возделывании озимой пшеницы / О. И. Власова, Е. А. Данилец, В. М. Передериева, И. А. Вольтерс // Политематический сетевой

электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 149. – С. 23–30.

30. Волюнкина, О. В. Экономические правила эффективного применения минеральных удобрений и технологий возделывания пшеницы / О. В. Волюнкина // Агрохимический вестник. – 2021. – № 3. – С. 11–18.

31. Воронцов, В. А. Борьба с засоренностью в зернопаровом севообороте / В. А. Воронцов, Ю. П. Скорочкин // Защита и карантин растений. – 2019. – № 7. – С. 26–29.

32. Воронцов, В. А. Зависимость засорённости посевов культур зернопарового севооборота от систем основной обработки почвы, уровня минерального питания и гербицидов / В. А. Воронцов, Ю. П. Скорочкин, Т. Г. Алиев и др. // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1. – С. 6.

33. Гаврилова, А. Ю. Эффективность применения минеральных удобрений и фосфоритной муки на озимой пшенице в условиях нечерноземной зоны России / А. Ю. Гаврилова, А. М Конова // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 153–156.

34. Глазова, З. И. Влияние некорневых подкормок на накопление сахаров, урожай и качество зерна озимой пшеницы / З. И. Глазова, В. М Новиков // Земледелие. – 2015. – № 4. – С. 24–30.

35. Глазунова, Н. Н. Влияние фунгицидов на количество и качество урожая озимой пшеницы / Н. Н. Глазунова, Ю. А. Безгина, Д. В. Устимов, Л. В. Мазницына // Вестник АПК Ставрополя. – 2017. – № 4. – С. 98–102.

36. Глазунова, Н. Н. Эффективность фунгицидов на озимой пшенице / Н. Н. Глазунова, Д. В. Устимов // Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК. – 2013. – С. 39–42.

37. Голубев, А. С. Эффективность применения нового комбинированного граминицида АРГО в посевах яровой и озимой пшеницы / А. С. Голубев, К. В. Желтова // Земледелие. – 2016. – № 4. – С. 43–45.

38. Горянин, О. И. Совершенствование способов посева и норм высева озимой пшеницы в Заволжье / О. И. Горянин, И. Ш. Шакуров, Б. Ж. Джангабаев, Т. А. Горянина // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – № 3. – С. 10–13.

39. Горянин, О. И. Эффективность применения удобрений в засушливых условиях Поволжья / О. И. Горянин, С. В. Обущенко, Б. Ж. Джангабаев и др. // *Земледелие*. – 2020. – № 8. – С. 29–33.

40. Гостев, А. В. Условия формирования зерна высокого качества в высокопродуктивных ресурсосберегающих агротехнологиях ЦЧР / А. В. Гостев // *Земледелие*. – 2019. – № 6. – С. 16–20.

41. Грабовец, А. И. Сравнительная характеристика урожайности и количества балка в зерне у сортов озимой пшеницы и тритикале на Дону / А. И. Грабовец, К. Н. Бирюков, М. А. Фоменко // *Земледелие*. – 2020. – № 7. – С. 25–28.

42. Гранкин, Е. А. Динамика плотности и запасов доступной влаги в пахотном слое чернозема типичного в зависимости от технологии обработки почвы / Е. А. Гранкин, С. И. Коржов // *Молодежный вектор развития аграрной науки*. – 2019. – С. 317–320.

43. Гришечкина, Л. Д. Новая инсектофунгицидная комбинация дивиденд суприм для защиты посевов пшеницы / Л. Д. Гришечкина, Л. А. Долженко, В. И. Силаев и др. // *Земледелие*. – 2016. – № 1. – С. 41–44.

44. Давлятшин, И. Д. Содержание гумуса и общего азота в почвах лесостепи и дозы азотных удобрений под планируемую урожайность яровой пшеницы / И. Д. Давлятшин, А. А. Лукманов // *Агрохимический вестник*. – 2020. – № 2. – С. 16–20.

45. Давыдив, М. Я. Агроэкологическое возделывание озимой пшеницы в условиях орловской области / М. Я. Давыдив // *Научный журнал молодых ученых*. – 2022. – № 1 (26). – С. 29–35.

46. Дедов, А. В. Совершенствование основной обработки почвы в ЦЧР / А. В. Дедов, Т. А. Трофиова, Д. А. Болучевский // *Земледелие*. – 2013. – № 6. – С. 5–7.

47. Долгополова, Н. В. Действие удобрений на динамику пищевого режима и урожайность зерновых культур в севообороте / Н. В. Долгополова, Е. Ю. Кондратова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 21–24.

48. Долгополова, Н. В. Эффективность действия микроэлемента молибдена на продуктивность озимой пшеницы в структуре севооборота / Н. В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1. – С. 48–52.

49. Долженко, А. С. Внесение метрибузина для защиты озимой пшеницы от двудольных и злаковых сорных растений / А. С. Долженко, В. И. Осеннее // Земледелие. – 2020. – № 6. – С. 38–41.

50. Дронова, Н. В. Влияние элементов интенсификации земледелия на урожайность озимой пшеницы / Н. В. Дронова // Инновационные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия. – 2015. – С. 25–28.

51. Дубовик, Д. В. Влияние агротехнических приемов на урожайность озимой пшеницы / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, Д. Ю. Виноградов // Земледелие. – 2014. – № 1. – С. 39–40.

52. Дубовик, Д. В. Погодные условия зимнего периода и урожайность озимой пшеницы / Д. В. Дубовик, Д. Ю. Виноградов // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 23–24.

53. Ерошенко, Ф. В. Азотные подкормки растений озимой пшеницы в условиях Ставропольского края / Ф. В. Ерошенко, А. А. Ерошенко, Т. В. Симатин и др. // Земледелие. – 2017. – № 8. – С. 18–20.

54. Ерошенко, Ф. В. Оценка влияния новых органоминеральных препаратов на формирование урожая и качество зерна озимой пшеницы / Ф. В. Ерошенко, И. Г. Сторчак, Е. А. Бильдиева, А. А. Калашникова // Агрохимический вестник. – 2020. – № 2. – С. 7–12.

55. Есаулко, А. Н. Влияние систем удобрения на содержание подвижного фосфора и урожайность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной, В. И. Радченко и др. //

Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе. – 2014. – С. 90–93.

56. Есаулко, А. Н. Эффективность микроудобрений Микромак и Микроэл в посевах озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, В. А. Бузов и др. // Плодородие. – 2010. – № 1. – С. 24–25.

57. Железова, С. В. 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.

58. Жиругов, Р. Т. Почва просит помощи / Р. Т. Жиругов // Земледелие. – 2014. – № 6. – С. 3–4.

59. Жочкина, И. Н. лицензирование деятельности в области обращения с отходами животноводства / И. Н. Жочкина, А. Р. Хисамова // Аграрное и земельное право. – 2022. – № 1 (205). – С. 41–47.

60. Журавлева, Е. В. Система увеличения производства высококачественного зерна пшеницы / Е. В. Журавлева, Н. З. Милащенко, С. Н. Сапожников, С. В. Трушкин // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 34 (3). – С. 7–10.

61. Журина, Л. Л. Агрометеорология : учебник / Л. Л. Журина, А. П. Лосев. – Санкт-Петербург : Квадро, 2014. – 368 с.

62. Завалин, А. А. Использование азота горчицы белой озимой пшеницей в зависимости от способа внесения азотных удобрений / А. А. Завалин, Н. Я. Шмырева, О. А. Соколов, А. С. Авилов // Земледелие. – 2016. – № 5. – С. 15–17.

63. Завалин, А. А. Научно обоснованные агротехнологии – основа успеха / А. А. Завалин // Земледелие. – 2014. – № 3. – С. 30–32.

64. Завалин, А. А. Эффективность применения биомодифицированных азотных удобрений под озимую пшеницу / А. А. Завалин, А. М. Накаряков // Агрохимический вестник. – 2021. – № 1. – С. 33–37.

65. Завьялов, Р. О. Оценка результатов экономической эффективности применения минеральных удобрений под ячмень (*Hordeum sativum* L.) / Р. О. Завьялов, Ю. А. Соловьева // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2021. – № 36 (41). – С. 19–24.

66. Звягина, А. С. Биологическое тестирование почвы на остаточное количество гербицидов с помощью высших растений / А. С. Звягина // Наука Кубани. – 2015. – № 1. – С. 19–25.

67. Иванова, О. М. Оценка влияния азотных удобрений на продуктивность сортов озимой пшеницы на типичном черноземе / О. М. Иванова // Агрохимический вестник. – 2012. – № 5. – С. 44–45.

68. ИONOва, Е. В. Морозостойкость озимой пшеницы / Е. В. ИONOва, М. М. Иванисов // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 4. – С. 36–40.

69. Исмаилов, А. Б. Агроэкологические аспекты применения минеральных удобрений на посевах озимой пшеницы / А. Б. Исмаилов, Н. М. Мансуров, Ш. К. Омаров, А. Ю. Сфиев // Проблемы рационального природопользования и пути их решения. – 2018. – С. 40–46.

70. Карабутов, А. П. Мониторинг гумусного состояния чернозёма типичного при различной интенсивности использования пашни / А. П. Карабутов, А. Г. Ступаков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 7. – С. 28–33.

71. Каргин, В. И. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность зерна озимой пшеницы и озимой ржи в лесостепи Среднего Поволжья / В. И. Каргин, А. А. Ерофеев, А. Г. Макаренкина и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 1. – С. 9–11.

72. Ким, А. Д. формирующей сущности плодородия / А. Д. Ким, В. И. Кирюшин // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 7–9.

73. Кирейчева, Л. В. Состояние пахотных земель Нечерноземной зоны Российской Федерации и основные направления повышения плодородия почв / Л. В. Кирейчева, В. А. Шевченко // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 2. – С. 12–16.

74. Кирпичников, Н. А. Оценка систематического применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы / Н. А. Кирпичников, А. М. Алиев, Н. И. Цимбалист // Агрохимический вестник. – 2018. – № 3. – С. 15–18.

75. Кирпичников, Н. А. Влияние фосфорных и цинковых удобрений в зависимости от известкования дерново-подзолистой почвы на урожай и качество зерна озимой пшеницы / Н. А. Кирпичников, С. П. Бижан // Агрохимический вестник. – 2020. – № 3. – С. 41–44.

76. Кирюшин, В. И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2019. – № 3. – С. 3–7.

77. Кирюшин, В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2017. – № 3. – С. 37.

78. Кирюшин, В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2018. – № 3. – С. 3–12.

79. Кирюшин, В. И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 3–6.

80. Коваль, А. В. Влияние приемов обработки почвы на агрофизическое состояние / А. В. Коваль // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 150. – С. 56–58.

81. Коваль, А. В. Эффективность применения различных агроприемов на урожайность озимой пшеницы сорта бригады в условиях

Западного Предкавказья / А. В. Коваль // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 150. – С. 246–256.

82. Комаров, Н. М. Фируза 40 – новый сорт мягкой озимой пшеницы для Северо-Кавказского региона / Н. М. Комаров, Н. И. Соколенко, Н. Л. Зобнина и др. // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 45–45.

83. Конова, А. М. Изучение эффективности минеральных удобрений на почве с различной обеспеченностью подвижным фосфором при выращивании озимой пшеницы / А. М. Конова, А. Ю. Гаврилова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 3 65. – С. 130–133.

84. Конончук, В. В. реакция почвы и растений на внесение азотного удобрения под озимые и яровые зерновые культуры в Центральном Нечерноземье / В. В. Конончук, С. М. Тимошенко, В. Д. Штырхунов, Т. О. Назарова // Агрохимический вестник. – 2021. – № 5. – С. 54–59.

85. Короткова, Т. А. Влияние систем удобрений и предшественников на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Т. А. Короткова, В. Д. Карамышева // Сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 1 (9). – С. 536–538.

86. Корчагин, А. А. Ресурсы адаптации агротехнологий в различные по погодным условиям годы / А. А. Корчагин, Л. И. Ильин, М. А. Мазиров и др. // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 16–20.

87. Корчагин, А. А. Ресурсы адаптации агротехнологий в различные по погодным условиям годы / А. А. Корчагин, Л. И. Ильин, М. А. Мазиров и др. // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 16–20.

88. Кочмин, А. Г. Агротехнические приемы повышения продуктивности озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья / А. Г. Кочмин, С. В. Богомазов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2016. – № 4. – С. 61–73.

89. Кравченко, Р. В. Влияние основной обработки почвы под озимую пшеницу на формирование ее продуктивности / Р. В. Кравченко, В. И. Прохода, С. Л. Учинский, А. А. Архипенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 169. – С. 124–132.

90. Крутских, Л. П. Продуктивность зернопаропропашного севооборота и плодородие чернозема под влиянием удобрений / Л. П. Крутских, Р. Н. Луценко // Земледелие. – 2013. – № 6 – С. 11–12.

91. Кузина, Е. В. Оценка агроприемов возделывания озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья / Е. В. Кузина // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 12. – С. 24–27.

92. Кузина, Е. В. Эффективность использования минеральных удобрений и биопрепаратов на озимой пшенице в зависимости от систем основной обработки почвы / Е. В. Кузина // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 2 (10). – С. 8–13.

93. Кузыченко, Ю. А. Обобщенная оценка дифференциации систем основной обработки почвы под культуры севооборота / Ю. А. Кузыченко, В. В. Кулинцев, А. К. Кобозев // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 31 (8). – С. 28–30.

94. Кутилкин, В. Г. Влияние основных элементов системы земледелия на эффективность использования солнечной энергии и влаги посевами озимой пшеницы / В. Г. Кутилкин, С. Н. Зудилин // Земледелие. – 2018. – № 2. – С. 19–22.

95. Лавринова, В. А. Влияние систем основной обработки почвы и средств химизации на микробиоту корневых гнилей озимой пшеницы / В. А. Лавринова, Т. С. Полунина, М. П. Леонтьева // Теория и практика трансдисциплинарных исследований в современном мире: сборник научных статей по итогам Междунар. науч.- практ. конф. – 2019. – С. 66–69.

96. Лавринова, В. А. Общие принципы развития исследований по защите зерновых культур от болезней в Тамбовской области / В. А. Лавринова, В. В. Чекмарев, И. В. Гусев // Земледелие. – 2018. – № 1. – С. 27–31.

97. Лавринова, В. А. Фунгициды против комплекса микромицетов на семенах озимой пшеницы в северо-восточной части центрально-Черноземного региона / В. А. Лавринова, Т. С. Полунина, И. В. Гусев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 10 (76). – С. 81–84.

98. Лазаров, Т. К. Научное и практическое обоснование длительного систематического применения удобрений в полевом севообороте на черноземе выщелоченном центральной части Северного Кавказа // Диссертация докт. с-х. наук : 06.01.04. – Владикавказ : Горский ГАУ, 2022. – 355 с.

99. Лобков, В. Т. Роль обработки почвы и применения гербицида «Тризлак» при выращивании озимой пшеницы на качество зерна / В. Т. Лобков, С. А. Плыгун, Н. И. Абакумов, Ю. А. Бобкова // Russian journal of agricultural and socio-economic sciences. – 2012. – № 4 (4). – С. 32–37.

100. Логвинов, И. В. Оценка эффективности предшественников пшеницы, возделываемой в агротехнологиях разного уровня интенсивности в условиях юго-запада ЦЧЗ / И. В. Логвинов // Земледелие. – 2016. – № 6. – С. 12–15.

101. Лопачев, Н. А. Стимуляторы роста и продукционный процесс посевов озимой пшеницы Московская 56 / Н. А. Лопачев, Ю. В. Ефремова // Russian agricultural science review. – 2015. – № 6 (1). – С. 109–114.

102. Лосев, А. П. Агрометеорология : учеб. для вузов / А. П. Лосев, Л. Л. Журина. – Москва : КолосС, 2003. – 301 с.

103. Лухменев, В. П. Биологическая защита озимой пшеницы от вирусов и фитоплазм / В. П. Лухменев, Л. В. Ярмухаметова, С. В. Светачёв // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 2. – С. 15–21.

104. Мазалов, В. И. Влияние различных доз азотных удобрений на урожайность и качество зерно озимой пшеницы / В. И. Мазалов, О. М. Мосина, Н. Г. Хмызова // Земледелие. – 2019. – № 4. – С. 19–21.

105. Малахова, А. А. Оптимизация сроков и норм посева сортов озимой пшеницы в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области / А. А. Малахова // Автореферат дисс. доктора с.-х. наук. – Волгоград. – 20104. – С. 24.

106. Малкандуев, Х. А. Влияние нормы высева на урожайность и качество зерна новых сортов озимой пшеницы в условиях вертикальной зональности / Х. А. Малкандуев, Д. А. Тутикова // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 44–46.

107. Малкандуев, Х. А. Потребление основных элементов питания сортами озимой пшеницы / Х. А. Малкандуев, Р. И. Шамурзаев, А. Х. Малкандуева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2022. – № 2 (106). – С. 107–117.

108. 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. – С. 23–25.

109. Мамсиров, Н. И. Эффективность разных доз минеральных удобрений под озимую пшеницу / Н. И. Мамсиров, А. А. Мнатсаканян // Новые технологии. – 2021. – № 3. – С. 77–85.

110. Манукян, И. Р. Использование нового индекса продуктивности растений для оценки селекционного материала озимой пшеницы / И. Р. Манукян, М. А. Басиева, Е. С. Мирошникова, В. Б. Абиев // Нива Поволжья. – 2019. – № 2. – С. 47–52.

111. Машарипов, А. А. К вопросу экологической оценки агроэкосистем в условиях хорезмского оазиса Узбекистана / А. А. Машарипов // Химия и биология. – 2022. – № 3 (93). – С. 12–15.

112. Мельник, А. Ф. Перспективы повышения урожайности озимой пшеницы в условиях Орловской области / А. Ф. Мельник, А. Ф. Рогулев // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 3 (72). – С. 60–65.

113. Мельник, А. Ф. Повышение эффективности адаптивных технологий выращивания озимой пшеницы/ А. Ф. Мельник // Вестник аграрной науки. – 2012. – № 37 (4). – С. 21–25.

114. Мельник, А. Ф. Формирование урожайности и качества зерна озимой пшеницы / А. Ф. Мельник, А. Ф. Мартынов // Вестник аграрной науки. – 2012. – № 35 (2). – С. 23–27.

115. Мерзлая, Г. Е. Эффективность органоминеральных систем удобрения / Г. Е. Мерзлая, И. В. Понкратенкова // Плодородие. – 2016. – № 2 (89). – С. 25–28.

116. Милащенко, Н. З. Освоение систем интенсивных технологий производства зерна пшеницы с научным сопровождением / Н. З. Милащенко, А. А. Завалин, Л. Н. Самойлов // Земледелие. – 2015. – № 7. – С. 8–10.

117. Милащенко, Н. З. Факторы повышения эффективности удобрений в интенсивных технологиях возделывания пшеницы в России / Н. З. Милащенко, А. А. Завалин, В. Г. Сычев и др. // Агрохимия. – 2015. – № 11. – С. 13–18.

118. Минакова, О. А. Продуктивность зерносвекловичного севооборота при краткосрочном и длительном применении удобрений / О. А. Минаков, Л. В. Александрова, Т. Н. Подвигина // Земледелие. – 2021. – № 2. – С. 18–22.

119. Морозова, Т. С. Агроэкологическая оценка систематического применения удобрений на накопление кадмия и свинца в черноземе типичном / Т. С. Морозова, Е. Ю. Колесниченко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 4. – С. 226–235.

120. Мязин, Н. Г. Вопросы мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения / Н. Г. Мязин, П. Т. Брехов // Земледелие. – 2013. – № 6. – С. 8–10.

121. Налиухин, А. Н. Влияние различных систем удобрения и известкования на урожайность, технологические и хлебопекарные качества

зерна озимой пшеницы в условиях Северного Нечерноземья / А. Н. Налиухин, Д. А. Белозёров // Агрохимия. – 2020. – № 1. – С. 33–42.

122. Наумченко, Е. Т. Зерновая продуктивность сои и пшеницы в севообороте при длительном внесении удобрений / Е. Т. Наумченко, И. Г. Ковшик, А. В. Науменко // Земледелие. – 2015. – № 4. – С. 19–21.

123. Николаев, В. А. Влияние разных способов обработки на агрофизические свойства и структурное состояние почвы / В. А. Николаев, М. А. Мазиров, С. И. Зинченко // Земледелие. – 2015. – № 5. – С. 18–20.

124. 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). – С. 6–8.

125. Ожередова, А. Ю. Определение доз минеральных удобрений для достижения планируемой урожайности сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / А. Ю. Ожередова // Doctoral dissertation, Ставрополь. – 2020.

126. Ожередова, А. Ю. Формирование планируемой урожайности озимой пшеницы на основе оптимизации минерального питания / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 21–23.

127. Оконов, М. М. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при использовании бинорама, биосила и бишофита на фоне минеральных удобрений / М. М. Оконов, К. Э. Халгаева, Г. Д. Унканжинов // Плодородие. – 2012. – № 1. – С. 15–16.

128. Павлов, Р. А. Агроэкологическое состояние чернозема типичного при многолетнем использовании удобрений в звене зернопаропропашного севооборота / Р. А. Павлов // Diss. [Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К. Д. Глинки]. – 2004.

129. Парахин, Н. В. Влияние предшественника на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы / Н. В. Парахин, А. Ф. Мельник // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 4. – С. 248–252.

130. Пегова, Н. А. Влияние вида пара и основной обработки почвы в севообороте на биологические свойства пахотного слоя / Н. А. Пегова, Л. О. Тренина // Агрохимический вестник. – 2021. – № 6. – С. 3–8.

131. Перфильев, Н. В. Валовое содержание элементов питания в темно-серой лесной почве при различных системах основной обработки / Н. В. Перфильев, О. А. Вьюшина // Земледелие. – 2022. – № 3. – С. 23–27.

132. Перфильев, Н. В. Оценка эффективности систем основной обработки почвы в Северном Зауралье / Н. В. Перфильев // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 17–19.

133. Перфильев, Н. В. Урожайность зерновых и качество зерна пшеницы при различных системах основной обработки почвы / Н. В. Перфильев, О. А. Вьюшина // Земледелие. – 2017. – № 5. – С. 36–38.

134. Плечов, Д. В. Влияние регуляторов роста и минеральных удобрений на урожайность и качество продукции озимой пшеницы / Д. В. Плечов, В. А. Исачев, Н. Н. Андреев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3 (31). – С. 37–41.

135. Полин, В. Д. Изменение сорного компонента под действием ресурсосберегающих систем обработки почвы в зернопропашном севообороте и методы борьбы с ним / В. Д. Полин, И. А. Смелкова // Земледелие. – 2015. – № 8. – С. 29–32.

136. Попов, А. С. Влияние глубины посева семян на многоузловость, глубину залегания узлов кущения, урожайность и качество твердой озимой пшеницы / А. С. Попов, Н. Е. Самофалова // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 29 (4). – С. 28–30.

137. Прокина, Л. Н. Влияние минеральных удобрений и микроэлементов на фоне известкования почвы на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зернотравяном севообороте / Л. Н. Прокина // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 29 (3). – С. 13–15.

138. Пыхтин, И. Г. Обработка почвы действительность и мифы / И. Г. Пыхтин // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 33–36.

139. Пыхтин, И. Г. Теоретические основы систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения / И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев, Л. Б. Нитченко // Земледелие. – 2015. – № 5. – С. 13–15.

140. Пыхтин, И. Г. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур / И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев, Н. Б. Нитченко, В. А. Плотников // Земледелие. – 2016. – № 6. – С. 16–19.

141. Разин, А. А. Корневые гнили и урожайность яровой пшеницы в полевых севооборотах в зависимости от предшественников, приемов обработки почвы и удобрений / А. А. Разин, В. И. Солодухин, А. М. Зайцев, О. Г. Дятлов // Земледелие. – 2021. – № 1. – С. 3–6.

142. Разин, А. А. Влияние способов основной обработки почвы в различных вариантах пара на корневую гниль яровой пшеницы / А. А. Разин, О. Г. Дятлова // Земледелие. – 2017. – № 6. – С. 40–42.

143. Резвякова, С. В. Урожайность озимой пшеницы в связи с защитой от грибных болезней в условиях Орловской области / С. В. Резвякова, Н. И. Ботуз, Е. В. Митина // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 1 (88). – С. 68–74.

144. Романенко, А. А. Эффективность различных технологий возделывания озимой пшеницы и кукурузы на зерно / А. А. Романенко, В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко // Земледелие. – 2013. – № 5. – С. 32–34.

145. Рыжих, Л. Ю. Роль севооборотов и рациональных способов основной обработки почвы в системе земледелия / Л. Ю. Рыжих, Г. Ф. Копосов, А. И. Липатников, Т. Г. Кольцова // Земледелие. – 2014. – № 2. – С. 14–16.

146. Сабитов, М. М. Влияние удобрений и средств защиты растений на засоренность, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / М. М. Сабитов // Агрохимический вестник. – 2021. – № 4. – С. 41–47.

147. Сабитов, М. М. Эффективность технологий возделывания озимой пшеницы при различных уровнях интенсификации / М. М. Сабитов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – № 1 (50). – С. 41–46.

148. Сандухадзе, Б. И. Влияние азотной подкормки сортов озимой пшеницы нового поколения на урожай, качество, рентабельность / Б. И. Сандухадзе, Е. В. Журавлев // Агрохимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 6–8.

149. Сандухадзе, Б. И. Качество зерна сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Центрального Нечерноземья / Б. И. Сандухадзе, М. И. Рыбакова, А. В. Осипова // Хлебопродукты. – 2013. – № 9. – С. 62–64

150. Сандухадзе, Б. И. технологические и хлебопекарные показатели качества зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы селекции московского НИИСХ "Немчиновка" / Б. И. Сандухадзе, М. А. Кузьмич, Р. З. Мамедов и др. // Современная аграрная наука как фактор повышения эффективности сельскохозяйственного производства региона. – 2018. – С. 145–150.

151. Сандухадзе, Б. И. Факторы урожайности озимой пшеницы в условиях Нечерноземья / Б. И. Сандухадзе, Р. З. Мамедов, Р. А. Афанасьев и др. // Плодородие. – 2021. – № 3(120). – С. 66–70.

152. Сарычев, А. Н. Содержание основных элементов питания пшеницы в светло-каштановой почве в зоне влияния полейзащитных лесных полос в зависимости от приемов обработки почвы / А. Н. Сарычев // Агрохимический вестник. – 2019. – № 5. – С. 25–30.

153. Семенюк, О. В. использование органоминеральных удобрений Полидон при возделывании озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения ставропольского края. / О. В. Семенюк, Ф. В. Ерошенко. // Известия Горского государственного аграрного университета. – Владикавказ. – 2018. – № 55 (2). – С. 19–23.

154. Сергунцов, А. С. Эффективность приемов боронования посевов озимой пшеницы с одновременной подкормкой твердыми минеральными удобрениями / А. С. Сергунцов, С. К. Папуша, В. В. Жадько // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 175. – С. 69–79.

155. Смирнова, Л. Г. Экологоландшафтные принципы внесения органических удобрений в фермерских хозяйствах / Л. Г. Смирнова, С. И. Тютюнов, А. А. Кравченко // Земледелие. – 2015. – № 8. – С. 11–14.

156. Смольский, Е. В. Экономическая эффективность систем удобрения при выращивании озимой пшеницы в условиях радиоактивного загрязнения территории / Е. В. Смольский, Е. П. Чирков, В. Ф. Шаповалов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2 (90). – С. 8–13.

157. Солнцев, П. И. Эффективность удобрений озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы и пестицидов на юго-западе ЦЧР / П. И. Солнцев, А. Г. Ступаков, М. А. Куликова, Т. А. Х. Алаши // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 45–52.

158. Солодовников, А. П. Динамика плотности почвы чернозема южного при минимализации основной обработки / А. П. Солодовников, А. В. Летучий, Д. С. Степанов и др. // Земледелие. – 2015. – № 1. – С. 5–7.

159. Сорокин, А. И. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы в условиях светло-каштановых почв Калмыкии / А. И. Сорокин, Б. А. Гольдварг, Г. Д. Унканжинов // Плодородие. – 2012. – № 4. – С. 23–25.

160. Сорокович, Н. С. Перезимовка озимой пшеницы, приемы ее улучшения / Н. С. Сорокович, Н. В. Подлесных // Молодежный вектор развития аграрной науки. Материалы. – 2015. – С. 100–105.

161. Стахурлова, Л. Д. Влияние систематического применения удобрений на урожайность пшеницы в условиях черноземных почв / Л. Д. Стахурлова, Т. Н. Богатикова, А. Ф. Стулин // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства. – 2019. – С. 145–150.

162. Степук, Л. Я. Недобор и потери урожая как следствие наличия проблем в сфере технического обеспечения сельского хозяйства /

Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, И. В. Барановский // Вестник Белорусской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 132–136.

163. Ступаков, А. Г. Сравнительная оценка биологизированной системы защиты растений озимой пшеницы от бактериальных и грибковых заболеваний в условиях юго-запада ЦЧР / А. Г. Ступаков, Д. О. Морозов, М. А. Куликова, В. В. Букреев, В. И. Желтухина, Ю. Е. Щедрина, Т. А. Х. Алаши // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – №4 (32). – С. 212–220.

164. Ступаков, А. Г. Разработка интегрированной системы защиты озимой пшеницы от болезней в Центральном Черноземье / А. Г. Ступаков, Д. О. Морозов, М. А. Куликова, В. В. Букреев, В. И. Желтухина, Ю. Е. Щедрина, Т. А. Х. Алаши // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 1. – С. 36–45.

165. Ступаков А. Г. Удобрения как фактор повышения качества зерна озимой пшеницы при разных способах обработки почвы и средствах защиты растений в Центральном Черноземье / А. Г. Ступаков, П. И. Солнцев, Т. А. Х. Алаши, М. А. Куликова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 37–44.

166. Сычев, В. Г. Влияние длительного применения различных систем удобрения на органофильные основные зональные типы почв сообщение 1. Дерново-подзолистые почвы / В. Г. Сычев, Л. К. Шевцова, М. В. Беличенко и др. // Плодородие. – 2019. – № 3 (108). – С. 10–14.

167. Сычев, В. Г. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайность сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов географической сети России / В. Г. Сычев, А. Н. Налиухин, Л. К. Шевцова и др. // Почвоведение. – 2020. – № 12. – С. 1521–1536.

168. Сычев, В. Г. Плодородие почв России и пути его регулирования / В. Г. Сычев, С. А. Шафран, С. Б. Виноградова // Агрохимия. – 2020. – № 6. – С. 3–13.

169. Тарасов, С. И. Влияние длительного применения минеральных удобрений, различных доз бесподстилочного навоза на биологические свойства дерново-подзолистой почвы / С. И. Тарасов, М. Е. Кравченко, Т. А. Бужина // Московский экономический журнал. – 2018. – № 2. – С. 23–35.

170. Терехова, С. С. Применения различных агроприемов на продуктивность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / С. С. Терехова, А. В. Коваль // The Scientific Heritage. – 2021. – № 71 (2). – С. 8–12.

171. Торилов, В. Е. Влияние сроков посева, норм высева семян и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. Е. Торилов, С. М. Пакшина, О. В. Мельникова, Р. А. Богомаз // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 3–10.

172. Трoнина, Л. О. Средоулучшающее значение клевера в условиях минимизации обработки дерново-подзолистой почвы / Л. О. Трoнина, Н. А. Пегова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 134–141.

173. Трофимов, С. Н. Фосфатное состояние и изменение плодородия дерново-подзолистой почвы в длительных полевых опытах / С. Н. Трофимов, А. А. Коваленко // Агрохимия. – 2017. – № 8. – С. 3–15.

174. Турусов, В. И. Изменение потенциального плодородия чернозема при различных способах основной обработки почвы / В. И. Турусов, А. М. Новичихин, В. М. Гармашов, С. А. Гаврилова // Земледелие. – 2013. – № 7. – С. 12–14.

175. Турусов, В. И. Технология возделывания озимой пшеницы в Воронежской области / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, Ю. Д. Сыромятников, С. А. Гаврилова // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 28–30.

176. Турусов, В. И. Эффективность различных приемов и систем основной обработки почвы в звене севооборота горох-озимая пшеница в условиях юго-востока ЦЧР / В. И. Турусов, В. М. Гармашов // Земледелие. – 2018. – № 4. – С. 9–14.

177. 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, А. Г. Ступаков // Агрохимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 23–27.

178. Тютюнов, С. И. Динамика урожайности озимой пшеницы по ротациям севооборота в зависимости от применяемых удобрений и способов основной обработки почвы / С. И. Тютюнов, П. И. Солнцев // Сахарная свекла. – 2019. – № 9. – С. 19.

179. Тютюнов, С. И. Плодосменный севооборот-основной фактор сохранения и повышения плодородия почвы в условиях биологизации земледелия Белгородской области / С. И. Тютюнов, В. Д. Соловиченко, И. В. Логвинов, В. Н. Самыкин // Плодородие. – 2014. – № 1 (76). – С. 28–30.

180. Тютюнов, С. И. Комплексная оценка применения удобрений и средств защиты растений при возделывании озимой пшеницы в условиях юго-запада ЦЧР / С. И. Тютюнов, П. И. Солнцев, Т. А. Х. Алаши, К. В. Дорохин, А. И. Литвинов // Сахарная свекла. – 2022. – № 6. – С. 36–39.

181. Усенко, В. И. Водный режим выщелоченного чернозема в зависимости от предшественника и приема основной обработки / В. И. Усенко, С. В. Усенко // Земледелие– 2018. – № 2. – С. 14–18.

182. Усенко, В. И. Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации / В. И. Усенко, С. В. Усенко, В. П. Олешко, А. А. Гаркуша // Земледелие. – 2018. – № 8. – С. 30–33.

183. Устимов, Д. В. Пути снижения пестицидной нагрузки в посевах озимой пшеницы на Юге России / Д. В. Устимов, Н. Н. Глазунова, Ю. А. Безгина // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах. – 2018.– С. 303–308.

184. Федоренко, В. Ф. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы / В. Ф. Федоренко, С. Н. Сапожников,

Д. А. Петухов и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 34 (3). – С. 7–10.

185. Федоров, Г. Ю. Почвозащитная технология обработки почвы в системе севооборота / Г. Ю. Федоров // Земледелие. – 2012. – № 1. – С. 24–25.

186. Федюшкин, А. В. Влияние систематического внесения удобрений и предшественников на урожай и качество зерна озимой пшеницы / А. В. Федюшкин, С. В. Пасько, А. В. Парамонов, В. И. Медведева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (66). – С. 65–68.

187. Фисунов, Н. В. Влияние обработки почвы и способа посева на водопотребление озимой пшеницы в Зауралье / Н. В. Фисунов, Д. И. Еремин // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 16–18.

188. Фурсова, А. Ю. Влияние агрохимических и агротехнических приёмов на продуктивность озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения / А. Ю. Фурсова, А. Н. Есаулко, Е. В. Голосной // Ставропольского края. – 2016. – С. 229–231.

189. Ханиева, И. М. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от уровня фосфорного питания / И. М. Ханиева, А. Ю. Кишев, Г. С. Шибзухов., Т. Б. Жеруков // European research. – 2017. – С. 80–82.

190. Черкасов, Г. Н. Возможность применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах / Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 13–16.

191. Черненькая, Н. А. Комплексная защита озимой пшеницы сорта Скипетр / Н. А. Черненькая, З. Р. Цуканова // Земледелие. – 2016. – № 4. – С. 46–48.

192. Шатохин, А. Ю. Эффективность азотных удобрений и систем защиты растений при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой почве / А. Ю. Шатохин, А. А. Подлипная, Е. Н. Пакина и др. // Агрохимический вестник. – 2021. – № 2. – С. 27–32.

193. Шевченко, Н. В. Сравнительная оценка минимальных технологий обработки почвы при выращивании озимой пшеницы в северной степи Украины / Н. В. Шевченко, Е. М. Лебедь, Н. И. Пивовар // Земледелие. – 2015. – № 2. – С. 20–21.

194. Шевченко, С. Н. Региональные изменения погодных условий и их влияние на сельскохозяйственное производство / С. Н. Шевченко, В. А. Корчагин, О. И. Горянин // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 3. – С. 10–12.

195. Ширяева, Н. В. Урожайность зерна озимой пшеницы разных сортов под влиянием предшественников, новых видов удобрений и регулятора роста / Н. В. Ширяева, А. Г. Ступаков, Т. А. Х. Алаши // Актуальные решения аграрной науки по развитию сельскохозяйственного производства и укреплению продовольственной безопасности страны : Материалы Международной научной конференции, Майский, 29 сентября 2022 года. – Майский : Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина, 2022. – С. 185–187.

196. Шустикова, Е. П. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественника, минеральных удобрений и условий увлажнения в длительном полевом опыте на черноземе обыкновенном / Е. П. Шустикова, Н. Н. Шаповалова // Агрохимия. – 2012. – № 7. – С. 48–56.

197. Шутко, А. П. Защита озимой пшеницы от гибеллиозной гнили / А. П. Шутко, Л. В. Тутуржанс, Л. А. Михно, В. М. Передериева // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 45–47.

198. Шхапацев, А. К. Агроэкологическая оценка систематического применения средств химизации в земледелии на накопление тяжелых металлов в почве / А. К. Шхапацев, Ю. Н. Ашинов, Т. В. Кононова // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2018. – № 2 (221). – С. 113–118.

199. Щедрина, Ю. Е. Эффективность применения удобрений и средств защиты растений в посевах озимой пшеницы в зависимости от способов

обработки почвы / Ю. Е. Щедрина, Т. А. Х. Алаши, П. И. Солнцев, А. Г. Ступаков // Материалы Международной научной конференции «Горинские чтения. Инновационные решения для АПК» (14-15 марта 2023 года) : в 7 томах. – П. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2023. – Т. 1. – С. 170–171.

200. Юшкевич, Л. В. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в лесостепи Западной Сибири / Л. В. Юшкевич, А. Г. Щитов, И. В. Пахотина // Земледелие. – 2019. – № 1. – С. 32–34.

201. Ярошенко, С. С. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качества зерна озимой пшеницы / С. С. Ярошенко / Государственное учреждение Институт зерновых культур. – 2018. – С. 333–337.

202. Abdipur, M. The effect of different tillage methods on yield and yield components of bread wheat under rainfed conditions / M. Abdipur, N. Heidarpur, B. Vaezi // Amer. Euras. J. Agric. Environ. – 2012. – № 12 (9). – P. 1205–1208.

203. Abedi, T. Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing / T. Abedi, A. Alemzadeh, S. A. Kazemeini // Australian Journal of Crop Science. – 2011. – № 5 (3). – P. 330–336.

204. Alam, K. Effect of tillage practices on soil properties and crop productivity in wheat–mungbean–rice cropping system under subtropical climatic conditions / K. Alam, M. Aslam, N. Salahin, M. Hasanuzzaman // The ScifcWorl J. – 2014. – P. 1–15.

205. Ali, S. Tillage and deficit irrigation strategies to improve winter wheat production through regulating root development under simulated rainfall conditions / S. Ali, Y. Xu, I. Ahmad et all. // Agricultural Water Management. – 2018. – № 209. – P. 44–54.

206. Anwar, S. Nitrogen and phosphorus fertilization of improved varieties for enhancing yield and yield components of wheat / S. Anwar, B. Iqbal, S. Khan et all. // Pure Appl. Biol. – 2016. – № 5 (4).

207. Aridhee, J. K. Influence of tractor slip on some physical properties of the soil and fuel consumption at varying tillage depths and speed / J. K. Aridhee, A. M. Abood, F. H. Kassar et all. // *Plant Archives*. – 2020. – № 20 (1). – P. 141–145.
208. Benin, G. Agronomic performance of wheat cultivars in response to nitrogen fertilization levels./ G. Benin, E. Bornhofen, E. Beche // *Sci-Agron*. – 2012. – № 43 (3). – P. 275–283.
209. Brankatschk, G. Modeling crop rotation in agricultural LCAs—challenges and potential solutions / G. Brankatschk, M. Finkbeiner // *Agricultural Systems*. – 2015. – № 183. – P. 66–76.
210. Chen, H. Long-term inorganic plus organic fertilization increases yield and yield stability of winter wheat / H. Chen, A. Deng, W. Zhang et all. // *The Crop Journal*. – 2018. – № 6 (6). – P. 589–599.
211. Erice, G. Impact of elevated CO₂ and drought on yield and quality traits of a historical (Blanqueta) and a modern (Sula) durum wheat / G. Erice, Á. Sanz-Sáez, J. González-Torralba et all. // *Journal of cereal science*. – 2019. – № 87. – P. 194–201.
212. Farooq, M. Agronomical efficiency of two Wheat (*Triticum aestivum* L) Varieties against different level of Nitrogen fertilizer in Subtropical region of Pakistan / M. Farooq, I. Khan, S. Y. Ahmed et all. // *Int. J. Environ. Agric. Res*. – 2018. – № 4 (4). – P. 28–36.
213. Ferrari, M. Effects of sources and split application of nitrogen fertilizer on wheat genotypes performance / M. Ferrari, V. J. Szarecki, M. Nardino et all. // *Australian Journal of Crop Science*. – 2016. – № 10 (12). – P. 1669–1674.
214. Fioreze, S. L. Tailoring of two wheat genotypes as affected by phosphorus levels / S. L. Fioreze, C. Gustavo, A. P., Laércio et all // *Acta Scient. Agron*. – 2012. – № 34 (3). – P. 331–338.
215. Gheorghe, C. Effect of Chemical Fertilizers on Grain Quality of Winter Wheat in Preluvosoil Conditions / C. Gheorghe, D. Cornel, C. Cornelia //

Analele Universitatii Din ordea Fascicula Protectia Mediului. – 2011. – № 105. – P. 37–44.

216. Gouis, L. E How changes in climate and agricultural practices influenced wheat production in Western Europe / L. E Gouis, F. X. Oury, G. Charmet // Journal of Cereal Science. – 2020. – № 93. – P. 102960.

217. Haile, D. Nitrogen use efficiency of bread wheat : Effects of nitrogen rate and time of application / D. Haile, D. Nigussie, A. Ayana // J.of Soil Sci and Plant Nutrition. – 2018. – № 12 (3). – P. 389–409.

218. Hellemans, T. Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: a review / T. Hellemans, S. Landschoot, K. Dewitte et all. // Journal of agricultural and food chemistry. – 2018. – № 66 (11). – P. 2491–2509.

219. Hendrickson, J. Using crop diversity and conservation cropping to develop more sustainable arable cropping systems / J. Hendrickson, J.C. Colazo // In Agro ecosystem Diversity Academic Press. – 2019. – P. 93–108.

220. Hlisnikovsky, L. Effect of mineral and organic fertilizers on yield and technological parameters of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) on illimerizedluvisol / L. Hlisnikovsky, E. Kunzova // Polish J. Agron. – 2014. – № 17. – P. 18–24.

221. Iqbal , J. Effect of Seeding Rates and Nitrogen Levels on Yield and Yield Components of Wheat (*Triticum aestivum* L.) / J. Iqbal , K. Hayat, S. Hussain // Pakistan Journal of Nutrition. – 2012. – № 11 (7). – P. 531–536.

222. Ivanyshyn, V. V. Biolohizatsiya zemlerobstva v Ukrayini: Realiyi ta perspektyvy.[Biology of Agriculture in Ukraine: Realities and Prospects] / V. V. Ivanyshyn, H. V. Roy, A. I. Shuvar // Ivano-Frankivsk : Forte Symphony. – 2016. – № 284.

223. Jan, M. T. Improving wheat productivity through source and timing of nitrogen fertilization / M. T. Jan, M. J. Khan, A. H. Khan // Pak. J. Bot. – 2011. – № 43 (2). – P. 905–914.

224. Khaliq, A. Influence of tillage and weed control practices on growth and yield of wheat / A. Khaliq, M. Shakeel, A. Matloob et all. // Philip. J. Crop Sci. – 2013. – № 38 (3). – P. 12–20.
225. Liu, Q. Nitrogen acquisition by plants and microorganisms in a temperate grassland / Q. Liu, N. Qiao, X. Xu et all. // Scientific reports. – 2016. – № 6 (1). – P. 1–10.
226. Oecd / Fao. "OECD-FAO agricultural outlook 2021–2030.". – 2021. – P. 171–275.
227. Prechsl, U. E. Assessing the environmental impacts of cropping systems and cover crops : life cycle assessment of FAST, a long-term arable farming field experiment/ U. E. Prechsl, R. Wittwer, M. G. Heijden et all. // Agricultural Systems. – 2017. – № 157. – P. 39–50.
228. Radwan, F. I. Response of Some Egyptian and Iraqi Wheat Cultivars to Mineral and Nan Fertilization. Egypt / F. I. Radwan, E. E., Kandil, M. A. Al-Msari // Acad. J. Biolog.Sci. – 2018. – № 9 (1). – P. 19–26.
229. Shirazi, S. M. Effect of Irrigation Regimes and Nitrogen Levels on the Growth and Yield of Wheat. Advances in Agriculture / S. M. Shirazi, Z. Yusop, N. H. Zardari, Z. Ismail // Volume, Article ID. – 2014. – № 250. – P. 6.
230. Solomon, W. Response of bread wheat varieties to different levels of nitrogen at Doyogena, Southern Ethiopia / W. Solomon, A. Anjulo // Int. J. Sci. and Res. Public. – 2017. – № 7 (2). – P. 452–459.
231. Tedeeva, A. A. Application of a new generation of growth regulators on winter wheat crops in the conditions of the steppe zone of the RNO-Alania / A. A. Tedeeva, D. M. Mamiev, V. V. Tedeeva // In IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. – 2022. – № 2. – P. 022004.
232. Wang, L. Winter wheat yield and water use efficiency response to organic fertilization in northern China / L. Wang, Q. Li, J. A. Coulter et all. // A meta-analysis. Agricultural Water Management. – 2020. – № 229. – P. 105934.
233. Yan, F. Determining irrigation amount and fertilization rate to simultaneously optimize grain yield, grain nitrogen accumulation and economic

benefit of drip-fertigated spring maize in northwest China / F. Yan, F. Zhang, X. Fan et al. // *Agricultural Water Management*. – 2021. – № 243. – P. 106440.

234. Yan, S. Dynamic change and accumulation of grain macronutrient (N, P and K) concentrations in winter wheat under different drip fertigation regimes / S. Yan, Y. Wu, J. Fan et al. // *Field Crops Research*. – 2020. – № 250. – P. 107767.

235. Yan, S. Effects of water and fertilizer management on grain filling characteristics, grain weight and productivity of drip-fertigated winter wheat / S. Yan, Y. Wu, J. Fan et al. // *Agricultural Water Management*. – 2019. – № 213. – P. 983–995.

236. Yan, S. Quantifying grain yield, protein, nutrient uptake and utilization of winter wheat under various drip fertigation regimes / S. Yan, Y. Wu, J. Fan et al. // *Agricultural Water Management*. – 2022. – № 261. – P. 107380.

Приложения

Приложение А. Метеорологические условия в период проведения исследований

Таблица 1 – Количество осадков в период проведения исследований, мм

Месяцы	Сельскохозяйственные годы			Средняя за 3 года	Средняя много-летняя	Откло-нение от средних много-летних
	2019/ /2020	2020/ /2021	2021/ /2022			
сентябрь	30,1	0,0	26,2	18,8	40	-21,2
октябрь	79,8	32,5	1,5	37,9	46	-8,1
ноябрь	19,0	30,0	32,2	27,1	46	-18,9
декабрь	44,5	27,0	36,1	35,9	43	-7,1
январь	13,3	46,6	36,4	32,1	36	-3,9
февраль	36,3	62,0	15,4	37,9	32	5,9
март	16,0	8,5	31,6	18,7	34	-15,3
апрель	17,1	43,7	67,1	42,6	41	1,6
май	101,2	69,6	25,2	65,3	47	18,3
июнь	62,2	77,7	61,0	67,0	63	4,0
июль	86,0	24,0	44,0	51,3	69	-17,7
август	15,5	51,8	52,2	39,8	56	-16,2
Всего	521,0	473,4	428,9	474,4	553	-78,6

Таблица 2 – Температура воздуха в период проведения исследований, °С

Месяцы	Сельскохозяйственные годы			Среднее за 3 года	Среднее много- летнее	Откло- нение от средних много- летних
	2019/ /2020	2020/ /2021	2021/ /2022			
сентябрь	16,2	16,1	10,6	14,3	12,9	1,4
октябрь	10,4	11,4	6,9	9,6	6,4	3,2
ноябрь	2,4	1,1	2,4	2,0	0,3	1,7
декабрь	2,4	-3,6	-3,8	-1,7	-4,7	3,0
январь	-0,1	-3,9	-4,3	-2,8	-8,5	5,7
февраль	0,7	-7,0	-0,8	-2,4	-6,5	4,1
март	5,5	0,1	-1,4	1,4	-2,5	3,9
апрель	7,1	7,8	9,1	8,0	7,5	0,5
май	12,5	14,6	11,4	12,8	14,6	-1,8
июнь	20,4	20,4	19,3	20,0	17,9	2,1
июль	20,7	23,1	19,8	21,2	19,9	1,3
август	18,9	21,8	22,5	21,1	18,7	2,4
Средняя	9,8	8,5	7,6	8,6	6,3	2,3

Приложение Б. Варьирование урожайности зерна озимой пшеницы

Таблица 1 – Варьирование урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием удобрений и средств защиты растений по вспашке, 2020 г.

Варианты		Урожай ность, т/га	Прибавки от						Окупа емость 1 кг NPK, кг
Удобрения	Уров- ни защи- ты		удобрений		пестицидов		удобрений + пестицидов		
			т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Без удобрений	1	3,44	-	-	-	-	-	-	-
	2	3,75	-	-	0,31	9,0	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	5,98	2,54	73,8	-	-	-	-	14,1
	2	6,35	-	-	0,37	6,2	2,91	84,6	16,2
Навоз 40 т/га	1	4,95	1,51	43,9	-	-	-	-	-
	2	5,44	-	-	0,49	9,9	2,00	58,1	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Навоз 40 т/га	1	6,56	3,12	90,7	-	-	-	-	8,9
	2	7,07	-	-	0,51	7,8	3,63	105,5	11,8
НСР ₀₅		0,23	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 2 – Варьирование урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием удобрений и средств защиты растений по безотвальному рыхлению, 2020 г.

Варианты		Урожай ность, т/га	Прибавки от						Окупа емость 1 кг NPK, кг
Удобрения	Уров- ни защи- ты		удобрений		пестицидов		удобрений + пестицидов		
			т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Без удобрений	1	3,48	-	-	-	-	-	-	-
	2	3,75	-	-	0,27	7,8	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	5,91	2,43	69,8	-	-	-	-	13,5
	2	6,29	-	-	0,38	6,4	2,81	80,7	15,6
Навоз 40 т/га	1	4,79	1,31	37,6	-	-	-	-	-
	2	5,36	-	-	0,57	11,9	1,88	54,0	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Навоз 40 т/га	1	6,61	3,13	89,9	-	-	-	-	10,1
	2	6,97	-	-	0,36	5,4	3,49	100,3	12,1
НСР ₀₅		0,24	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 3 – Варьирование урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием удобрений и средств защиты растений по вспашке, 2021 г.

Варианты		Урожай ность, т/га	Прибавки от						Окупа емость 1кг НРК, кг
Удобрения	Уров- ни защи- ты		удобрений		пестицидов		удобрений + пестицидов		
			т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Без удобрений	1	2,41	-	-	-	-	-	-	-
	2	2,76	-	-	0,35	14,5	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	3,21	0,80	33,2	-		-	-	4,4
	2	4,00	-	-	0,79	24,6	1,59	66,0	8,8
Навоз 40 т/га	1	2,74	0,33	13,7			-	-	-
	2	3,96	-	-	1,22	44,5	1,55	64,3	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Навоз 40 т/га	1	3,59	1,18	49,0	-	-	-		4,7
	2	4,30	-	-	0,71	19,8	1,89	78,4	8,7
НСР ₀₅		0,25	-	-	-	-	-	-	-

Приложение 4 – Варьирование урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием удобрений и средств защиты растений по безотвальному рыхлению, 2021 г.

Варианты		Урожай ность, т/га	Прибавки от						Окупа емость 1кг НРК, кг
Удобрения	Уров ни защи ты		удобрений		пестицидов		удобрений + пестицидов		
			т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Без удобрений	1	2,39	-	-	-	-	-	-	-
	2	2,72	-	-	0,33	13,8	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	3,22	0,83	34,7	-	-	-	-	4,6
	2	3,98	-	-	0,76	23,6	1,59	66,5	8,8
Навоз 40 т/га	1	2,67	0,28	11,7	-	-	-	-	-
	2	3,88	-	-	1,21	45,3	1,49	62,3	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Навоз 40 т/га	1	3,56	1,17	49,0	-	-	-	-	4,9
	2	4,22	-	-	0,66	18,5	1,83	76,6	8,6
НСР ₀₅		0,26	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 5 – Варьирование урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием удобрений и средств защиты растений по вспашке, 2022 г.

Варианты		Урожай ность, т/га	Прибавки от						Окупа емость 1кг НРК, кг
Удобрения	Уров- ни защи- ты		удобрений		пестицидов		удобрений + пестицидов		
			т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Без удобрений	1	3,83	-	-	-	-	-	-	-
	2	4,20	-	-	0,37	9,7	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	6,29	2,46	64,2	-	-	-	-	13,7
	2	6,92	-	-	0,63	10,0	3,09	80,7	17,2
Навоз 40 т/га	1	5,49	1,66	43,3	-	-	-	-	-
	2	6,01	-	-	0,52	9,5	2,18	56,9	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Навоз 40 т/га	1	6,29	2,46	64,2	-	-	-	-	4,4
	2	6,92	-	-	0,63	10,0	3,09	80,7	7,9
НСР ₀₅		0,24	-	-	-	-	-	-	-

Приложение 6 – Варьирование урожайности зерна озимой пшеницы под влиянием удобрений и средств защиты растений по безотвальному рыхлению, 2022 г.

Варианты		Урожай ность, т/га	Прибавки от						Окупа емость 1кг NPK, кг
Удобрения	Уров- ни защи- ты		удобрений		пестицидов		удобрений + пестицидов		
			т/га	%	т/га	%	т/га	%	
Без удобрений	1	3,78	-	-	-	-	-	-	-
	2	4,28	-	-	0,50	13,2	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	6,32	2,54	67,2	-	-	-	-	14,1
	2	6,95	-	-	0,63	10,0	3,17	83,9	17,6
Навоз 40 т/га	1	5,36	1,58	41,8	-	-	-	-	-
	2	5,89	-	-	0,53	9,9	2,11	55,8	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Навоз 40 т/га	1	6,71	2,93	77,5	-	-	-	-	7,5
	2	7,52	-	-	0,81	12,1	3,74	98,9	12,0
НСР ₀₅		0,27	-	-	-	-	-	-	-

Приложение В. Эффективность гербицидов на озимой пшенице в зависимости от удобрений и основной обработки почвы, 2020-2022 гг.

Варианты		Вспашка			Безотвальное рыхление		
Удобрения	Уровни защиты	Сорняки, шт./м ²		Эффективность гербицидов, %	Сорняки, шт./м ²		Эффективность гербицидов, %
		до обработки гербицидами	через 30 дней после обработки		до обработки гербицидами	через 30 дней после обработки	
Без удобрений	1*	70	66	-	85	81	-
	2	36	5	85,3	39	5	86,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	101	88	-	110	94	-
	2	53	3	93,5	65	5	91,0
Навоз, 40 т/га	1	79	72	-	99	89	-
	2	53	6	87,6	63	7	87,6
Навоз + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	102	89	-	120	101	-
	2	58	5	90,1	73	6	90,2
НСР ₀₅							
Обработка гербицидами		Факторы					
		А	В	С	ВС и ABC		
до обработки		15,7	20,9	14,8	36,1		
через 30 дней		19,9	34,5	24,4	48,8		

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Приложение Г. Влияние удобрений на содержание азота, фосфора и калия в зерна озимой пшеницы (в зависимости от способов обработки почвы и средств защиты растений, %, 2020–2022 гг.)

Варианты		Вспашка			Безотвальное рыхление		
Удобрения	Уровни защиты	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	1*	1,70	0,41	0,38	1,72	0,44	0,36
	2	1,74	0,42	0,40	1,75	0,46	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	2,03	0,50	0,36	2,13	0,48	0,37
	2	2,14	0,50	0,40	2,13	0,51	0,38
Навоз 40 т/га	1	1,85	0,43	0,38	1,89	0,47	0,37
	2	1,92	0,45	0,41	2,04	0,53	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	2,16	0,50	0,38	2,26	0,47	0,38
	2	2,27	0,52	0,41	2,36	0,52	0,41
НСР ₀₅		0,12-0,19	0,07-0,09	0,03-0,07	0,13-0,21	0,08-0,09	0,04-0,06

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Приложение Д. Влияние удобрений на структуру урожая озимой
пшеницы

Таблица 1– Влияние удобрений на структуру урожая озимой
пшеницы в зависимости от способов обработки и пестицидов (2020–2022 гг.)

Варианты		Количество продуктивн ых стеблей, шт./м ²	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с одного колоса, г
Удобрения	Уровни защиты				
Вспашка					
Без удобрений	1*	370	105	39,9	0,92
	2	395	107	40,9	0,96
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	506	122	42,2	1,07
	2	539	123	43,5	1,12
Навоз 40 т/га	1	447	117	42,1	1,03
	2	491	120	42,6	1,09
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	526	122	42,9	1,12
	2	561	124	43,9	1,17
НСР ₀₅		6,5-9,2	4,5-6,5	1,5-2,2	0,10-0,11
Безотвальная обработка					
Без удобрений	1*	376	104	39,8	0,90
	2	398	107	40,7	0,95
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	508	122	42,3	1,07
	2	534	123	43,3	1,13
Навоз 40 т/га	1	444	117	41,5	1,01
	2	492	121	42,6	1,07
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	521	122	42,8	1,13
	2	556	125	43,8	1,17
НСР ₀₅		7,3-9,2	4,8-6,7	1,6-2,4	0,05-0,09

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Таблица 2 – Влияние удобрений на структуру урожая озимой пшеницы в зависимости от способов обработки и пестицидов, 2020 г.

Варианты		Количество продуктивн ых стеблей, шт./м ²	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с одного колоса, г
Удобрения	Уровни защиты				
Вспашка					
Без удобрений	1*	397	110	39,0	0,89
	2	427	110	39,6	0,90
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	639	130	42,4	0,95
	2	658	130	43,4	0,98
Навоз 40 т/га	1	531	115	42,2	0,95
	2	565	120	42,6	0,98
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	660	125	42,6	1,01
	2	683	130	44,2	1,05
НСР ₀₅		9,2	6,5	2,2	0,10
Безотвальная обработка					
Без удобрений	1*	405	111	38,5	0,88
	2	431	113	39,6	0,89
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	639	131	42,5	0,94
	2	658	134	43,5	0,97
Навоз 40 т/га	1	525	117	41,5	0,93
	2	568	122	42,3	0,96
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	658	127	43,2	1,02
	2	680	133	44,0	1,04
НСР ₀₅		9,6	6,7	2,4	0,08

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Таблица 3 – Влияние удобрений на структуру урожая озимой пшеницы в зависимости от способов обработки и пестицидов, 2021 г.

Варианты		Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с одного колоса, г
Удобрения	Уровни защиты				
Вспашка					
Без удобрений	1*	263	93	37,4	0,99
	2	276	95	38,3	1,08
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	302	100	39,4	1,14
	2	348	102	41,0	1,22
Навоз 40 т/га	1	276	101	38,7	1,07
	2	364	101	39,2	1,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	327	100	39,6	1,17
	2	370	102	41,1	1,23
НСР ₀₅		6,9	4,5	1,9	0,08
Безотвальная обработка					
Без удобрений	1*	269	92	37,2	0,96
	2	279	93	38,3	1,05
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	300	100	39,4	1,15
	2	344	100	40,9	1,23
Навоз 40 т/га	1	272	100	38,6	1,06
	2	363	100	39,2	1,13
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	327	100	39,4	1,16
	2	363	103	41,0	1,23
НСР ₀₅		7,3	4,8	1,6	0,05

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Таблица 4 – Влияние удобрений на структуру урожая озимой пшеницы в зависимости от способов обработки и пестицидов, 2022 г.

Варианты		Количество продуктивн ых стеблей, шт./м ²	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с одного колоса, г
Удобрения	Уровни защиты				
Вспашка					
Без удобрений	1*	450	113	43,2	0,89
	2	482	115	44,7	0,91
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	577	135	44,9	1,13
	2	611	138	46,0	1,17
Навоз 40 т/га	1	533	135	45,4	1,07
	2	543	140	46,1	1,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	590	140	46,4	1,19
	2	631	140	46,4	1,22
НСР ₀₅		8,9	5,0	1,5	0,11
Безотвальная обработка					
Без удобрений	1*	454	110	43,6	0,87
	2	485	115	44,2	0,92
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1	584	135	45,1	1,12
	2	599	136	45,6	1,20
Навоз 40 т/га	1	535	135	44,5	1,04
	2	546	141	46,4	1,12
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + навоз 40 т/га	1	579	138	45,8	1,20
	2	626	140	46,5	1,24
НСР ₀₅		9,2	5,6	1,8	0,09

* 1 – протравливание семян; 2 – то же, что 1 + гербициды + фунгицид

Приложение Е. Полевые исследования и участие в
научно-производственных конференциях



Рисунок 1 – Разбивка опыта на делянки, приготовление навесок
и внесение удобрений



Рисунок 2 – Выбор участка и закладка почвенного разреза



Рисунок 3 – Основная обработка почвы и предпосевная культивация;
стойки Параплау



Рисунок 4 – Общий вид опыта, уборка урожая озимой пшеницы, отбор проб зерна и подсчет сорной растительности в период уборки урожая



Рисунок 5 – Отбор почвенных образцов



Рисунок 6 –Участие в научно-производственных конференциях

Приложение Ж. Акт внедрения научно-исследовательских и технологических работ

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по научной работе
и инновациям

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

Китаев Ю. А.

« 21 » марта 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

Горбунов В. П.

« 21 » марта 2023 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

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

1. **Учреждение-разработчик** ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ
Наименование законченной НИР, поставленной на производственную проверку: «ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПЕСТИЦИДОВ НА ЮГО-ЗАПАДЕ ЦЧР»
2. **Авторы законченной НИР:** Алаши Т. А. Х., Ступаков А. Г.
3. **Производственная проверка проводилась в** ООО «Заречье» Грайворонского района Белгородской области село Косилово.
4. **Ответственный за проведение производственной проверки** Горбунов В. П.
5. **Объем производственной проверки:** площадь посевов озимой пшеницы 120 га.
6. **Сроки проведения проверки:** 2021-2022 гг.
7. **Рекомендуемые варианты:** Посев озимой пшеницы сорта Гомер проведен по предшественнику занятой пар. Согласно рекомендации внесение основного удобрения проведено в виде азофоски в дозе 3,8 ц/га ($N_{60}P_{60}K_{60}$) и навоза КРС в дозе 40 т/га под основную обработку почвы агрегатом в составе John Deere + Gregoire Besson SPB-9 на глубину 20–22 см. В результате проведенных мероприятий урожайность зерна озимой пшеницы составила 68,5 ц/га.
8. **Ответственные исполнители:** Алаши Т. А. Х., Ступаков А. Г.

Представители ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

Аспирант

Алаши Т. А. Х.

Научный руководитель

Ступаков А. Г.

Акт составлен « 15 » марта 2023 г.

20 2 3 года