

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов имени
Патриса Лумумбы»**

На правах рукописи

ЧОНГЕРА АЛЕКСАНДР

**ОЦЕНКА РЕАКЦИИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ВНЕСЕНИЕ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ
РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Специальность 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Диссертация

на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

Пакина Елена Николаевна,
доктор сельскохозяйственных
наук, доцент

Москва – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1. Влияние агротехники на продуктивность озимой пшеницы.....	14
1.1.1. Роль агротехники в повышении всхожести семян.....	18
1.1.2. Значение агротехники в увеличении площади листьев	18
1.1.3. Действие агротехники на продолжительность стадий развития и роста ..	20
1.1.4. Влияние агротехники на урожайность и качество зерна	22
1.2. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от удобрений.....	25
1.2.1. Влияние удобрений на урожайность.....	25
1.3. Баланс основных питательных веществ в почве.....	33
1.4. Воздействие фитосанитарных приемов на продуктивность озимой пшеницы и качественные показатели зерна	38
1.5. Использование биопрепаратов для защиты растений	39
1.6. Применение регуляторов роста растений.....	41
1.7. Эффективность использования удобрений и перспективных средств защиты растений.....	45
1.7.1. Экономическая эффективность	45
1.7.2. Энергетическая эффективность	48
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	51
2.1. Место проведения эксперимента и характеристики почвы.....	51
2.2. Метеорологические условия проведения исследований.....	53
2.3. Объект и предметы исследования	57
2.4. Схема опыта и методология исследований	59

2.5. Агротехника в опыте.....	63
2.5.1. Место в севообороте	63
2.5.2. Система удобрения.....	63
2.5.3. Методы предотвращения развития вредителей, болезней и сорных растений.....	66
2.5.3.1. Методика защиты растений от болезней	66
2.5.3.2. Методические подходы к защите от вредных организмов	67
2.5.3.3. Методика защиты от сорных растений	67
2.6. Методы наблюдений, учётов и анализов	68
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	72
3.1. Наблюдения за фенологическими фазами развития растений и водно-физическими свойствами почвы.....	72
3.2. Режим минерального питания.....	81
3.4. Площадь листьев	93
3.5. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза	97
3.6. Накопления сухого вещества	102
3.7. Фитосанитарное состояние посевов и эффективность средств защиты растений.....	104
3.8. Засоренность посевов.....	112
3.9. Структура урожая.....	116
3.10. Урожайность	122
3.11. Качество зерна	126
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ.....	131
ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ	131
СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	131
4.1. Экономическая эффективность	131
4.2. Энергетическая эффективность	135

ВЫВОДЫ	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	147
ПРИЛОЖЕНИЯ	174
Методы определения.....	178

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В настоящее время озимая пшеница является самой распространенной культурой в мире, она выращивается на более чем 228 миллионах гектаров и составляет около 30 % посевов зерновых. Экономическое развитие России зависит от производства зерна, которое обеспечивает продовольственную безопасность государства и решает проблему обеспечения населения продуктами питания. Зерновые культуры ежегодно занимают более 50 % посевных площадей пашни в Российской Федерации. Это связано с тем, что на зерновые приходится примерно 1/3 стоимости всей валовой сельскохозяйственной продукции.

В России ежегодно производится 72 миллиона тонн пшеницы, на выращивание которой отводится 26,5 млн га. Озимая пшеница играет важную роль в сельском хозяйстве, на ее долю приходится около 70 % общего производства пшеницы и более 56 % общего объема производства зерновых. Валовый сбор составляет 50,1–70 млн т в год при средней урожайности 3–4 т/га.

Современная программа развития сельского хозяйства предусматривает внедрение инновационных технологий. Интенсивные технологии позволяют повысить урожайность зерновых на 30–50 % и довести ее до 6,0–6,5 т/га в центральных областях Нечерноземной зоны Российской Федерации. Научно обоснованное применение минеральных удобрений, особенно азотных, имеет решающее значение для развития интенсивных технологий, так как они обеспечивают наибольшую прибавку урожая зерна на каждый килограмм внесенного азота.

Выращиваемые сегодня сорта зерновых культур позволяют получать высокие ежегодные урожаи качественной продукции благодаря оптимизации уровня минерального питания на всех этапах вегетации и комплексной защите растений от болезней, вредителей и сорняков. Технико-технологическое

обеспечение возделывания озимой пшеницы имеет решающее значение для выбора оптимального сочетания агротехнических методов и средств химизации.

Для снижения остатков пестицидов и потерь питательных веществ в почве и растениях, а также с целью повышения окупаемости инвестиций в удобрения разработка ресурсосберегающих технологий имеет большое научное и экономическое значение.

В Центральном районе Нечерноземной зоны России получают высокие урожаи и отличное качество зерна, вполне приемлемые для производства с использованием современных сортов озимой пшеницы. По словам Г. И. Ваулиной и др., использование комплексной системы защиты растений в сочетании с оптимальными дозами минеральных удобрений и интенсивными технологиями значительно повысило урожайность озимой пшеницы, что привело к более высокой окупаемости азотных удобрений более чем в 1,5–2,0 раза, эффективному использованию питательных веществ культурными растениями, уменьшению количества сорняков в посевах в 6–14 раз, их массы в 6–9 раз и снижения заболеваемости растений на 60–80 %.

Чтобы повысить потенциал новых сортов и решить проблему нестабильности урожайности, необходимо провести исследование технологических элементов выращивания озимой пшеницы с учетом сортов и почвенно-климатических условий в Центральном районе Нечерноземья. Таким образом, оценка влияния сортов озимой пшеницы на внесение минеральных удобрений и средств защиты растений в различных технологиях возделывания на урожайность и качество зерна была жизненно важной. Результаты этой оценки должны быть использованы для производства сельскохозяйственных культур в Центральной части Нечерноземной зоны.

Степень разработанности темы исследований. А. А. Осипов исследовал влияние технологических элементов возделывания на урожайность и качество

зерна озимой пшеницы в юго-западном Центральном регионе России. Он сделал значительный научный вклад в решение проблемы совершенствования технологии выращивания озимой пшеницы. В исследованиях В. В. Конончука, В. Д. Штырхунова, С. М. Тимошенко, С. В. Соболева и Т. О. Назаровой изучались элементы технологии возделывания для повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы при различных погодных условиях в Центральном Нечерноземье.

В исследовании Ю. Я. Спиридонова, В. З. Веневцева, А. И. Улиной, М. Н. Захаровой, В. В. Смолова и О. А. Антошиной по инновационной технологии выращивания озимой пшеницы с применением интегрированной системы защиты в условиях Рязанской области рассмотрены факторы, влияющие на урожайность и качество зерна озимой пшеницы.

Теоретические основы научных исследований были заложены учеными Б. И. Сандухадзе, Р. З. Мамедовым, В. В. Бугровой, Л. А. Марченковой, П. М. Политыко, О. В. Павловой, Р. Ф. Чавдарь, Е. В. Ченикаловой, Н. Г. Малюгой, Т. Г. Орловой, О. А. Шаповал, О. И. Акимовой и другими. В Центральном регионе Нечерноземной зоны О. М. Иванова, Е. А. Ростиков, Г. И. Ваулина, О. А. Костыленко, Р. А. Хакимов и другие провели исследования по изучению уровня минерального питания различных сортов озимой пшеницы.

В Центральной Нечерноземной зоне России исследования по оценке реакции сортов озимой пшеницы на внесение минеральных удобрений и защитных средств недостаточно продвинуты. Для повышения урожайности и качества зерна необходимо провести более обширные исследования. Это особенно важно в отношении возможностей роста новых сортов озимой пшеницы.

Цели и задачи исследования. Цель исследовательской работы состоит в том, чтобы изучить реакцию сортов озимой пшеницы на технологии возделывания разной степени интенсивности, применение удобрений и

современных средств защиты растений и оценить экономическую эффективность сортовых технологий с применением систем удобрений и защиты растений.

Достижение этой цели включало, в том числе, решение следующих задач:

1. Изучить реакцию растений озимой пшеницы (в том числе нового сорта Московская 27) на изменения условий выращивания, связанные с воздействием изучаемых агротехнологий;

2. Выявить влияние изучаемых агротехнологий на фотосинтез и другие параметры;

3. Оценить фитосанитарное состояние агроценозов озимой пшеницы и установить возможность снижения пестицидной нагрузки за счет оптимизации химических обработок против патогенов, вредных организмов и сегетальной растительности;

4. Уточнить влияние агротехнологий на рост и формирование зерна озимой пшеницы, накопление в нем основных элементов питания и их вынос при уборке;

5. Выяснить влияние различных уровней интенсификации на химический состав зерна;

6. Дать экономическую и энергетическую оценку производства зерна на основе технологий возделывания сортов озимой пшеницы с использованием ресурсосберегающих приемов.

Объект и предмет исследования. Исследовались следующие объекты: дерново-подзолистая почва, сорта озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Московская 27, Московская 40 и Немчиновская 85. В исследовании анализировался отклик данных сортов на технологические приемы, включающие использование минерального питания и защитных препаратов. Указанные агротехнологии подразделялись на базовый, интенсивный и высокоинтенсивный уровни.

Научная новизна. В настоящее время недостаточно проработаны вопросы и отсутствуют научно обоснованные рекомендации по отзывчивости новых сортов зерновых культур на вносимые удобрения, средства защиты и другие агрохимикаты. Автором в условиях Центральной Нечерноземной зоны на дерново-подзолистой суглинистой почве изучена реакция сортов озимой пшеницы селекции «ФИЦ «Немчиновка» на технологии возделывания (базовая, интенсивная и высокоинтенсивная). Сочетание минеральных удобрений и пестицидов на урожай озимой пшеницы сортов Немчиновская 85, Московская 27, Московская 40 обеспечивают высокую экономическую эффективность их выращивания. Установлено, что научно обоснованное использование минеральных удобрений и средств защиты растений улучшает агрохимические и агрофизические показатели почвы, фитосанитарное состояние полей и растений и обеспечивает получение планируемой урожайности зерна высокого качества на уровне 5,39–10,22 т/га при содержании белка 14,1–19,4 %, клейковины 20,6–40,7 % в зависимости от применяемой технологии.

Теоретическая и практическая значимость исследования: при выращивании озимой пшеницы с соблюдением уровня интенсивности новых технологий установлен теоретически возможный уровень урожайности и качества зерна для условий Центральной Нечерноземной зоны России. Показано, как агротехнологии различной интенсивности влияют на фотосинтетическую активность, содержание основных питательных веществ и фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы. Содержание белка и сырой клейковины в зерне сортов озимой пшеницы Московская 27, Московская 40 и Немчиновская 85 изменилось в зависимости от условий выращивания. Представлены результаты научных исследований, по сравнительной оценке, методов возделывания озимой пшеницы с точки зрения экономической и энергетической выгоды.

Для технологии возделывания озимой пшеницы на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве использовались дозы удобрений $N_{180}P_{120}K_{180}$ ($N_{60}P_{120}K_{180}$ – основное внесение, N_{90} весной в период кущения, N_{30} в фазу начала кущения, N_{30} в колошение согласно диагностике растений и почвы). При использовании пестицидов урожайность зерна сорта Московская 27 составила 7,5–12,12 т/га, сорта Московская 40: 6,24–9,71 т/га и сорта Немчиновская 85: 6,43–11,28 т/га. Натура зерна на базовой технологии составила 805–818 г/л, 800–811 г/л на интенсивной технологии и 798–813 г/л на высокоинтенсивной технологии, а содержание сырой клейковины составило 27,2–34,7 %, 33,7–40,7 % и 31–36,2 % соответственно.

Результаты проведенных экспериментов дают основание рекомендовать использование высокоинтенсивных технологий в комплексных системах защиты озимой пшеницы от болезней, вредителей и сорняков с целью получения наибольшего урожая. Более высокое качество зерна и урожайность гарантированы интенсивными и высокоинтенсивными технологиями, использующими оптимальные дозировки минеральных удобрений и менее вредные для окружающей среды средства защиты растений. Данная работа имеет важное практическое значение для хозяйств Центральной Нечерноземной зоны России, возделывающих озимую пшеницу на продовольственные цели.

Диссертационные методы и методология. Работа основана на результатах экспериментальных исследований и научных разработок в области практического земледелия. Экспериментальные данные были получены в ходе полевых и лабораторных опытов, в которых использовались агрохимические методы анализа почвы и растительных проб, рекомендованных СІNAO. При обработке экспериментального материала использовались актуальные методические подходы полевого и лабораторного изучения, агрохимические методики, принципы программирования урожаев и математико-статистический анализ.

Статистическая оценка опытных данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (1985). Обработка и интерпретация полученной информации выполнялась с применением программных средств Statistica 0.8, R Studio, Python и Microsoft Office Excel 2013. Схема эксперимента предусматривала изучение двух основных факторов: агротехнологии выращивания (с использованием минерального питания и фитосанитарных препаратов) и сортовых особенностей озимой пшеницы (Немчиновская 85, Московская 40 и Московская 27).

Степень достоверности результатов исследования подтверждается проведением статистической и математической обработки экспериментальных данных с использованием современных методов дисперсионного анализа, определением величины наименьшего значимого различия между вариантами опыта и достоверностью влияния факторов, результаты, изученных в полевом эксперименте, на продуктивность агроценоза озимой пшеницы, публикациями основных результатов диссертации.

Положения, выносимые на защиту:

1. Потенциальный уровень урожайности зерна различных сортов озимой пшеницы теоретически возможен на дерново-подзолистых почвах. Формирование биологической урожайности зерна достигает 10–12 т/га в Центральной Нечернозёмной зоны России при оптимальном обеспечении природными и антропогенными факторами.

2. Влияние различных по интенсивности агротехнологий на фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы и на комплекс защитных мероприятий, обеспечивающих их обилие и распространение на уровне экономического порога вредоносности.

3. Влияние различных агротехнологий на фотосинтетическую деятельность посевов озимой пшеницы и содержание питательных веществ в Центральной

части Нечерноземной зоны России. Общий биологический урожай растений озимой пшеницы увеличивается в результате повышения интенсивности формирования листовой поверхности растений.

4. Урожайность зерна и адаптивный потенциал сортов озимой пшеницы отечественной селекции в условиях Центральной части России. Наибольший уровень стабильности и низкий коэффициент вариабельности урожайности зерна в зависимости от изменяемых метеорологических условий выращивания показала сорт Московская 27.

5. Экономическая и энергетическая оценка различных технологий возделывания озимой пшеницы. Уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы в базовых, интенсивных и высокоинтенсивных агротехнологиях составил 26,93–49,45 %. Высокоинтенсивная агротехника была наиболее рентабельной. Базовая технология имела самый высокий коэффициент энергоэффективности с 1,1 до 1,8.

Апробация и внедрение результатов диссертационной работы. Основные результаты исследований были представлены на Международной научно-практической конференции «Инновационные процессы в сельском хозяйстве» (Москва, 21–22 апреля 2022 г.).

Личный вклад автора в диссертационное исследование. Более 90 % научно–исследовательской работы по теме диссертации было выполнено автором, который лично разработал программу, определил цель и задачи исследований, на высоком уровне провел лабораторные и полевые опыты, осуществил глубокий анализ полученных экспериментальных результатов, сформулировал обоснованные выводы и предложения производству.

Публикации по теме диссертационного исследования. По теме диссертации опубликовано шесть научных работ, из них три изданы в

рецензируемых журналах из списка изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, одна – в журналах, индексируемых в международных цитатных базах Scopus/Web of Science.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация состоит из 198 страниц компьютерного текста, включая введение, основную часть (4 главы), заключение, список литературы и приложения. Работа содержит 23 таблицы, 20 рисунков и 11 приложений. Из 216 литературных источников включены 26 иностранных авторов.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Влияние агротехники на продуктивность озимой пшеницы

При производстве озимой пшеницы агротехнология должна быть комплексной и дифференцированной. Комплексная дифференцированная агротехнология включает последовательное, своевременное и взаимосвязанное производство сельскохозяйственных культур в соответствии с условиями произрастания растений. Кроме того, следует принимать во внимание специфические характеристики возделываемой культуры. Агротехнология должна адаптироваться к конкретным условиям отдельного сельскохозяйственного предприятия, поля или территориального участка, на котором производится выращивание культурных растений.

Озимая пшеница – важнейшая продовольственная культура, занимающая важное место в структуре зернового клина Российской Федерации. Научно обоснованный и практический подход к изучению агротехники выращивания озимой пшеницы позволяет значительно повысить ее урожайность и качество зерна, пригодного для хлебопекарных и технологических целей [15]. Применение различных элементов сортовой агротехники способствует росту продуктивности озимой пшеницы [16].

Н. И. Стрижков и др. [17] изучали методы выращивания озимой пшеницы на чистом пару, используя отечественные агротехнологии и районированные сорта местной селекции. В результате чего они сформулировали вывод, что, «экстенсивная технология» – это технология, которая использует природный фон плодородия почвы, включая систему обработки почвы без использования фитосанитарных препаратов или удобрений. Чтобы защитить почву от болезней и сорняков, стандартная технология включает обработку почвы с минимальными

дозами удобрений. Интенсивная технология предполагает получение высокого урожая зерна и использование отечественной системы защиты растений. Технологии, используемые для озимой пшеницы, позволяют оптимально сочетать удобрения и средства защиты растений с различными основными методами обработки почвы, а также создавать оптимальные условия для влаги, воздуха и питательных веществ в почве. В варианте с программируемой системой удобрений и комплексной защитой растений наибольшая урожайность озимой пшеницы составила 3,11 т/га, а прибавка зерна составила 0,35 т/га [18]. Согласно V. Šír и др. [19], система агротехнических мероприятий в посевах оказывает значительное воздействие на формирование продуктивности озимой пшеницы.

Исследования С. С. Ярошенко [20] показали, что влияние предшественников, минеральных удобрений, сортовых свойств и условий посева на морозостойкость и урожайность озимой пшеницы выражено значительно, а внесение минеральных удобрений в определённой дозе оказывает важное воздействие на эти показатели $N_{90}P_{60}K_{60}$ при размещении по чистому пару способствовало формированию максимальной продуктивности зерна — 6,83 т/га. В исследовании Ю. Н. Плескачева и др. [21] было обнаружено, что метод основной обработки почвы имеет прямое отношение к урожайности озимой пшеницы. В сравнении с отвальной обработкой плугом на глубинах от 0,20 до 0,22 метров, мелкой дисковой обработкой на глубинах от 0,12 до 0,14 метров и прямым посевом было обнаружено, что глубокое чизельное рыхление было более эффективным. Делянки с глубоким чизельным рыхлением показали лучшие показатели плотности, пористости, влажности и урожайности озимой пшеницы по сравнению с другими методами основной обработки почвы.

Урожай озимой пшеницы увеличился в 1,8 раза за счет предыдущего урожая, согласно А. П. Карабутова и др. [22]. При этом доля удобрений, участвующих в формировании урожая, уменьшается в 2,6 раза. В неблагоприятных условиях системы органических и органоминеральных

удобрений работали в 1,3–2,0 раза лучше, чем в благоприятных условиях. По данным исследования Д. В. Дубовика и Д. Ю. Виноградова [23], содержание клейковины в зерне озимой пшеницы зависит от агротехнических элементов, таких как предшественник, основной метод обработки почвы, органические и минеральные удобрения, а также от погодных условий в разные годы. Черный пар является лучшим предшественником озимой пшеницы по содержанию клейковины в зерне при идеальной влажности. При посеве на черный пар вспашка отвала при любых условиях увлажнения способствует наибольшему накоплению клейковины в зерне озимой пшеницы (23,8–28,9 %). Обработка почвы без отвала также дает преимущество в условиях нехватки клейковины (+3,4 % клейковины) и оптимальной влажности (+1,7 %). Когда используется в качестве предшественника многолетних трав с первого года использования.

Полевые эксперименты А. В. Алабушева с соавторами [24] на озимой пшенице при регулярном применении удобрений в звеньях зернопаропропашного севооборота установили, что максимальная прибавка урожайности от удобрений достигнута при выращивании после подсолнечника — 1,45 т/га при минимальной урожайности 2,80 т/га. Согласно данным С. В. Богомазова с соавторами, урожайность по занятым парам снижается на 0,25 т/га относительно чистых паров [25]. Корреляционно-регрессионный анализ указывает на возможность минимизации взаимосвязи между системами урожайности и обработки почвы и урожайностью озимой пшеницы. Ученые П. И. Костылев и Д. В. Старикова [26] обнаружили, что обработка семян и посевов озимой пшеницы препаратами Новоферт, Нагро, Аквадон-микро и Изагри увеличила всхожесть семян на поле и долю перезимовавших растений, а также снизила распространенность болезней, что привело к более высокому урожаю и качеству зерна. Препараты, содержащие микроэлементы, были не только экономичными, но и экологически безопасными. По мнению Н. З. Милащенко и др. [27] использование интенсивных технологий обеспечивает реализацию генетического потенциала сортов по урожайности и

качеству зерна. В исследовании, проведённом Н. Я. Ребух и другими [28], на трёх сортах озимой пшеницы — Московская 40, Немчиновская 17 и Немчиновская 85 — было установлено, что метод возделывания повлиял на урожайность и качество зерна каждого сорта, так как высокая интенсивность технологии привела к самым высоким урожаям. Согласно Е. К. Кувшиновой с соавторами [29], применение плотных сельскохозяйственных технологий играет важную роль в получении высокого урожая озимой пшеницы. В работе Е. О. Шестаковой и её коллег [30, 31], посвящённой оценке влияния различных агротехнических приёмов на урожайность озимой пшеницы, установлено, что урожайность при возделывании по пару составила 4,9 ц/га, а при посеве на предыдущий год по озимой пшенице — немного меньше — 3,3 ц/га. Улучшение условий минерального питания обеспечило прирост урожайности по чистому пару на 2,2 т/га, по озимой пшенице — на 1,7 т/га. Средняя продуктивность сортов при соблюдении оптимальных календарных сроков сева достигла 5,1 т/га. Согласно данным В. И. Турусова с соавторами [32], в севооборотном звене горох-озимая пшеница использование минеральных удобрений в оптимальной норме при использовании комбинированной системы обработки урожайность озимой пшеницы в среднем увеличилась на 1,7 ц/га, а при мелкой безотвальной обработке — на 2 ц/га. Производительность озимой пшеницы выросла на 2,8 ц/га, что составляет 10,8% по сравнению с вариантами без удобрений (24,9 ц/га) при использовании оптимальных норм удобрений, гербицида и регулятора роста вне зависимости от способа обработки почвы. Экспериментальные работы по изучению результативности различных предшествующих культур при возделывании озимой пшеницы в системах разной степени интенсификации выявили, что размещение после гороха, многолетних бобовых трав и чистого пара гарантирует получение среднегодового урожая озимой пшеницы на уровне не ниже 30 ц/га. Внесение однократных и двукратных доз минеральных удобрений повышало ее на 25–40 %, при этом во всех случаях преимущество было за черным паром [33].

Самая высокая средняя урожайность отмечена по черному пару с двойной дозой минеральных удобрений в условиях побочного действия 40 т/га навоза (51,9 ц/га).

1.1.1. Роль агротехники в повышении всхожести семян

В исследовании, проведенном А. В. Алабушевым и др. [24], было обнаружено, что использование поздней осенней подкормки аммиачной селитрой (N_{23}) и припосевного удобрения $N_{16}P_{16}K_{16}$ достаточно для создания экономически эффективной системы удобрения для посева адаптивных сортов озимой пшеницы. В исследовании Ж. М. Яхтаниговой [10], по агробиологической оценке, новых сортов озимой пшеницы в зависимости от различных способов посева было обнаружено, что сорт Майская Юбилейная имел наивысшую всхожесть семян 85,8 % при рядовом способе посева, что на 3,7 % выше стандартов этих сортов. Согласно исследованиям С. И. Думброва [34], расчетные дозы минеральных удобрений и биопрепараты удлинили период вегетации на один или два дня. В результате использования биопрепаратов и расчетных доз минеральных удобрений полевая всхожесть увеличилась на 23 %.

1.1.2. Значение агротехники в увеличении площади листьев

Фотосинтетическая деятельность растений в посевах является биологической основой урожайности сельскохозяйственных культур. Многие исследователи отмечали, что быстрый рост максимальной площади листа обеспечивает наиболее эффективное использование солнечной энергии для фотосинтеза. При этом очень важно, чтобы площадь листьев в посевах росла, достигала максимального размера и оставалась активной на протяжении длительного времени. Согласно исследованиям Т. В. Кожухарь и др. [35], обеспечение элементами питания растений, в частности азотом, имеет решающее значение для фотосинтетической деятельности растений. Дефицит азота снижает количество ферментов, участвующих в ассимиляции, а также хлорофилла [36].

Исследования Г. А. Медведева и Е. А. Каракуловой [37] на светло-каштановых почвах Волгоградской области показали, что минеральные удобрения улучшают фотосинтетическую активность посевов озимой пшеницы. В вариантах без удобрений максимальный фотосинтетический потенциал $N_{90}P_{34}$ составил 2266 тыс. m^2 дней/га. Исследуемые агротехнические факторы изменяют площадь листовой поверхности растений, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза, а их увеличение способствует увеличению урожайности. На урожайность наибольшее влияние оказывает площадь листьев. На потенциальную доходность положительно влияет увеличение этого показателя. Площадь листовой поверхности наиболее сильно влияет на величину урожая. Повышение этого показателя положительно влияет на потенциальный урожай [38, 39]. По данным многофакторного полевого опыта изучено влияние четырех факторов агротехники (уровень плодородия почвы, нормы внесения минеральных удобрений, система защиты растений и способ основной обработки почвы) на накопление фотосинтетических пигментов и активность нитратредуктазы в листьях озимой пшеницы сорта Юка, возделываемой по люцерне в качестве предшественника. Система внесения минеральных удобрений оказала наибольшее влияние на эти физиологические показатели, тогда как система защиты растений не оказала значительного влияния. Было обнаружено, что предшественник оказывал влияние на взаимосвязь между агротехническими факторами и физиологическими показателями листьев озимой пшеницы. Связанность между агротехническими факторами и содержанием пигментов слабее у более благоприятных предшественников [40]. Исследования С. И. Думброва [34] показали, что в комбинации биопрепарата Экстрасол и расчетных доз минеральных удобрений $N_{60}P_{30}$ наибольшая площадь фотосинтезирующих листьев составляла 44,8 тыс. m^2 /га. Внесение расчетных доз минеральных удобрений ($N_{30}P_{30}$ и $N_{60}P_{30}$) привело к увеличению этого значения еще на 100–300 тыс. m^2 дней/га. Совместное применение расчетных доз минеральных удобрений

и биопрепаратов принесло наибольший прирост фотосинтетического потенциала, достигнув 2842 тыс. м² дней/га. На количество накопленной сухой биомассы значительно повлияло использование биопрепаратов и минеральных удобрений.

1.1.3. Действие агротехники на продолжительность стадий развития и роста

Содержание хлорофилла является важнейшим фактором, определяющим интенсивность фотосинтеза и общую биологическую продуктивность растений. В связи с этим разработка механизмов регулирования производственного процесса представляет важную задачу, решение которой обеспечит оптимизацию агротехнологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур для формирования высокой продуктивности. По данным М. И. Теммоева с соавторами [41], применение минеральных удобрений увеличивает продуктивность озимой пшеницы, а также за счет регуляторов роста растений происходит увеличение как общего кущения, так и урожайности, возрастает накопление ДИА растениями (332 г) в фазе полного созревания, а также возрастают показатели структуры урожая, таких как длина колоса (7,1 см) и количество семян в колосе (30 шт.), масса 1000 зерен (46 г) и других. Повышение содержания белка в зерне не компенсировало потерь урожая от позднего внесения удобрений [42, 43]. А. В. Ширяев [44] установил, что внесение минеральных удобрений приводит к увеличению массы растительных остатков озимой пшеницы во всех вариантах опыта. После многолетних трав в почве больше стерни и корневых остатков, чем после гороха. Характерно уменьшение массы корневых остатков от 0–10 см до 20–30 см в слое почвы.

Использование различных норм минеральных и органических удобрений при возделывании озимой пшеницы показало, что изменение питательного режима почвы влияет на урожайность культуры. Такая система обеспечивает увеличение плодородия и эффективности почвы. В течение периода от сева до фазы колошения содержание усваиваемого почвой азота снижается

приблизительно в 1,5 раза. В конце вегетации по нормам минеральных удобрений в слое почвы 0–60 см содержание аммонийного азота (NH_4) составляет 13,1–14,1; содержание нитратного азота NO_3 – 7,2–7,4; подвижного фосфора 7,0–8,0 и обменного калия 15,6–19,2 мг/кг [45]. Регулируемое использование различных видов минеральных удобрений в растениеводстве влияет на размер и качество урожая полевых культур, особенно озимой пшеницы, которая требует большого количества питательных веществ. При постоянном сельскохозяйственном использовании и сильном антропогенном воздействии даже самые плодородные почвы, такие как черноземы, могут истощаться с течением времени.

В исследовании Н. И. Мамсирова и А. А. Мнатсакяна [46] было обнаружено, что при применении различных доз минеральных удобрений культура может принести значительный урожай зерна озимой пшеницы. Внесенные в почву минеральные удобрения повышали общую кустистость на 576 шт./м² и продуктивную – на 313 шт./м². А. А. Артемьев и А. М. Гурьянов [47] изучали воздействие дифференцированного внесения минеральных удобрений на продуктивность, качественные показатели зерна и результативность выращивания озимой пшеницы сорта Московская 39. Установлено, что использование минеральных удобрений в исследуемых вариантах обеспечило повышение продуктивного кушения на 13–23% относительно контрольного варианта. Результаты исследований В. К. Дридигера и Р. С. Стукалова [48] по оценке технологии возделывания озимой пшеницы показали, что при посеве на необработанной почве с внесением рекомендуемых и расчетных доз удобрений ($\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ – рекомендуемая доза минеральных удобрений $\text{N}_{160}\text{P}_{90}\text{K}_{60}$ служит для получения урожая зерновых в размере 6,0 тонны на гектар. Растения при этом образуют большую массу растительных органов и более развитый фотосинтетический аппарат.

1.1.4. Влияние агротехники на урожайность и качество зерна

В системах производства пшеницы целью является повышение урожайности и качества зерна путем обеспечения оптимальных условий хозяйствования [49]. Ученые П. М. Политыко и др. [28] в своих опытах показали, что высокоинтенсивная технология (внесение $N_{90}P_{90}K_{150}$ (кг/га) в предпосевную, подкормку, в фазы кущения и колошения, N_{30} и N_{30} (кг/га) соответственно оказала наибольшее влияние на содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы, которое было на 3-4 % выше, чем по базовой технологии (внесение $N_{30}P_{30}K_{90}$ (кг/га) в предпосевную и N_{30} (кг/га) в фазу кущения). С увеличением интенсивности возделывания всех сортов озимой пшеницы содержание питательных веществ в зерне значительно увеличивается [50]. Анализируя продуктивность пашни по урожайности зерна в звеньях зернопаропропашного севооборота, А. В. Алабушев и др. [24] установили, что лучшим предшественником для озимой пшеницы является черный пар.

Наибольшая урожайность наблюдалась в звене севооборота «эспарцет-озимая пшеница», где он варьировал от 4,11 до 4,15 т/га. Интенсивная технология позволила получить зерно высокого качества, в том числе по содержанию сортового белка, клейковины и характеру зерна, как показали исследования Е. К. Кувшиновой и др. [29]. Такое зерно соответствовало всем показателям качества и обладало высокими хлебопекарными свойствами. Согласно проведенным исследованиям, урожайность озимой пшеницы составляла 2,20–2,25 т/га на фоне естественного плодородия. Урожайность семян увеличилась на 0,6–0,9 т/га благодаря обработке биопрепаратами перед посевом. При использовании расчетных доз минеральных удобрений $N_{60}P_{30}$ урожайность увеличилась на 0,7–0,9 т/га, а за счет применения биопрепарата Экстрасол 55 в сочетании с минеральными удобрениями $N_{30}P_{30}$ возросла до 3,29–4,25 т/га [34]. Результаты исследования показывают, что изучаемые дозы оказывают положительное влияние на урожайность озимой пшеницы. Внесение 60 кг/м² фосфора при

возделывании озимой пшеницы после зернобобовой смеси и проса экономически выгодно (2018), что позволяет получить прибавку урожая от 10,7 до 11,5 % при максимальной окупаемости удобрений. Помимо этого, благоприятное воздействие оказывает использование биологических препаратов в осенний период в стадии кущения и весной при восстановлении ростовых процессов, включая Альбит (0,04 л/га) и Азотовит (0,4 л/га). Применение минерального питания и биопрепаратов в рациональных нормах способствует увеличению их результативности и минимизации отрицательного воздействия метеорологических условий [51].

Исследования, проведенные для оценки нулевой технологии возделывания озимой пшеницы по сравнению с традиционной технологией, показали, что урожайность озимой пшеницы по традиционной технологии с внесением рекомендуемой дозы удобрений составила 4,25 т/га, в то время как урожайность по нулевой технологии составила 0,89 т/га [48, 52]. Анализ влияния минимальной обработки почвы под озимую пшеницу на урожайность зерна, концентрацию белка, сухую клейковину, индекс зеленой массы, число падения, индекс клейковины и глиадин/глютенин [53] показал, что технологические параметры качества в меньшей степени зависели от обработки почвы, чем от зерна. Содержание белка, индекс клейковины, индекс зеленой массы и урожайность зерна, число падения не показало существенной разницы между обработками, хотя состав белка отличался незначительно. Влияние минимальной обработки почвы на урожайность зерна сильно зависит от типа почвы, погодных условий и времени после обработки, в то время как влияние на качество пшеницы незначительно.

В севообороте озимую пшеницу высевают после двух предшествующих культур, гороха и озимого ячменя. На продуктивность 80 % зерновых культур влияют погодные условия и различные предшественники. Урожайность зерна озимой пшеницы после предыдущей культуры полевого гороха была достоверно

выше (6,18 т/га) по сравнению с урожайностью в варианте, где предшественником был озимый ячмень (5,19 т/га). Полевой горох как предшественник озимой пшеницы способствовал получению более высокой статистически значимой массы 1000 зерен по сравнению с озимым ячменем как предшествующей культурой [54]. Комбинированное применение минеральных и органических удобрений и выращивание по предшественнику горох способно существенно повысить продуктивность зерна озимой пшеницы. При возделывании озимой пшеницы после гороха с применением комплексного питания, включающего минеральные удобрения N, P, K и органический препарат Veget®, получена прибавка урожая зерна 1,9 т/га. Продуктивность зерна озимой пшеницы достигла 5,24 т/га после озимого ячменя с внесением только минеральных удобрений N, P и K. В качестве предшественника озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений N, P, K и органических удобрений (Veget®) и после гороха урожайность зерна составила 7,14 т/га [55]. Многие исследователи изучали влияние агротехнических методов на урожайность и качество пшеницы. Количество вносимых в почву удобрений и севооборот оказывают непосредственное влияние на урожайность и качество зерна выращиваемой культуры. E. Partal и M. Paraschivu [56] показали, что четырехпольный севооборот и внесение в почву минеральных удобрений способствовало увеличению продуктивности и содержания белка в зерне озимой пшеницы на 20–50 %. При бессменном посеве культуры урожайность зерна снизилась на 32 % по сравнению с системами севооборота. Это связано с меньшим количеством колосьев на квадратный метр, меньшей массой 1000 зерен, меньшей массой колоса и более низким содержанием влажной клейковины, однородности и плотности зерна [57].

1.2. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от удобрений

1.2.1. Влияние удобрений на урожайность

Система удобрений в севооборотах включает организационные, хозяйственные, агрохимические и агротехнические меры, которые помогают использовать удобрения правильно [58]. Высокая продуктивность культурных растений и всего севооборота в значительной мере зависит от комплексного применения минеральных удобрений, а также прямым и пролонгированным эффектом различных форм органических удобрений [26, 59]. Повышение норм минерального питания в значительной мере обеспечивает рост урожайности и общего объема производства зерна озимой пшеницы. Поскольку удобрения способствуют повышению продуктивности и качественных характеристик урожая, изучение их воздействия на урожайность озимой пшеницы представляет существенный научно-практический интерес. Интенсификация сельскохозяйственного производства требует применения минеральных удобрений в повышенных дозах, иначе снижается плодородие почвы и урожайность культур [59, 60].

Полевые исследования С. С. Ярошенко [20], посвящённые изучению особенностей воздействия предыдущих культур, минерального питания, сортообразующих признаков и параметров посева, показали, что урожай озимой пшеницы увеличился с 3,35 до 6,83 т/га при оптимальном обеспечении растений удобрениями. Максимальная урожайность была достигнута в вариантах оптимального срока посева (25 сентября) в разрезе минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{60}$. Согласно исследованиям, проведенным Т. Я. Бровкиной [61] в условиях четырехфакторного эксперимента в учебном хозяйстве «Кубань» на опытном поле Кубанского государственного аграрного университета, изучаемые способы возделывания озимой пшеницы повысили урожайность данной культуры на 0,5 % и позволили получить 25,7 центнеров с гектара. Содержание глютена,

стекловидного тела, белка и натуральных продуктов в зернах увеличилось благодаря оптимальному питанию растений.

Согласно исследованиям А. Б. Исмаилова и др. [62], озимая пшеница хорошо реагирует на внесение в почву минеральных удобрений, в частности азотных. Минеральные удобрения имеют определяющее значение для увеличения урожайности и валового сбора озимой пшеницы, а также для рационального выбора сортов и средств защиты растений.

Использование сидератов снижает урожайность зерна озимой пшеницы на 0,18 т/га, но повышает накопление растительной массы, что значительно способствует пополнению запасов органического вещества в почве [25, 63]. L. Litke и др. [64] исследовали влияние азотных удобрений на урожайность озимой пшеницы и составляющие урожайности как в зависимости от обработки, так и от предшествующего посева. Они обнаружили, что урожайность зерна озимой пшеницы значительно увеличивается при использовании азотных удобрений как в двух вариантах обработки почвы, так и после двух предварительных посевов. Урожайность зерна значительно увеличилась при дозе азотных удобрений N_{180} . Азотные удобрения значительно повлияли на все протестированные компоненты урожая. Предварительная уборка оказала значительное влияние на урожайность пшеницы и массу тысячи зерен (и то, и другое увеличилось, когда пшеница была посеяна после рапса). Урожайность и количество зерен в колосе были значительно выше при традиционной обработке почвы, а количество колосков на m^2 – при редуцированной. В исследованиях Л. Н. Вислобоковой и О. М. Ивановой [65] за 2008–2013 гг. на удобрение пшеницы озимой в условиях ЦЧЗ Тамбовской области было обнаружено, что во всех вариантах опыта с внесением удобрений были получены самые высокие урожаи зерна по сравнению с вариантами, где удобрения не применялись. Органические и минеральные удобрения способствуют повышению продуктивности и качественных показателей зерна.

При внесении удвоенной дозы NPK $N_{80}P_{80}K_{80}$ фиксируется максимальное увеличение урожайности (1,05 т/га).

Исследование, проведенное С. И. Смуровым и др. [66], показало, что применение комплекса средств защиты и минеральных удобрений привело к значительным увеличениям урожайности озимой пшеницы и качества зерна. Как утверждают М. И. Теммеев и др. [41], минеральные удобрения в дозе $N_{90}P_{90}K_{60}$ значительно влияют на урожайность зерна озимой пшеницы и могут значительно увеличить урожай (до 14,6 центнера на га). По оценке М. А. Куликовой и др. [67], биометрические характеристики озимой пшеницы улучшились в течение вегетационного периода в результате внесения минеральных удобрений. Максимальная высота и масса одного растения отмечены, когда дозировка удобрения увеличивается до $N_{90}P_{30}K_{30}$ плюс Альбит. Наибольшая прибавка урожая наблюдалась при внесении $N_{60}P_{30}K_{30}$ + Альбит – 21,8 ц/га. В зависимости от применяемых в опыте удобрений отмечается тенденция к увеличению количества продуктивных стеблей с 1 м². Прирост количества продуктивных стеблей с увеличением вносимой дозы удобрения и внесением подкормки составил в среднем 31 шт. Для обеспечения высокого уровня урожайности сельскохозяйственных культур и восстановления плодородия почв необходимы новые севообороты и высокопродуктивные и экологически сбалансированные удобрения. На всех системах удобрения севооборот обеспечивал наивысшую производительность сельскохозяйственных культур, согласно исследованиям, проведенным в эксперименте О. И. Качмар и др. [68]. В севообороте комбинация органических и минеральных удобрений повышает урожайность озимой пшеницы и других сельскохозяйственных культур. В любом зерновом севообороте эта система удобрения обеспечивает наивысший урожай зерна. Полевые исследования осуществлялись на светло-серой лесной почве с целью определения результативности применения биодинамических препаратов (БДП), Экстрасола и органоминеральных удобрений (ОМУ) при возделывании озимой

пшеницы сорта Московская 39. Применение данных средств обеспечило прирост продуктивности зерна на 20%, что составило 0,46 т/га относительно контрольного варианта [69].

Результаты полевых экспериментов продемонстрировали, что получение урожайности зерна озимой пшеницы на уровне 5–6 т/га в условиях Нечерноземной зоны требует применения минеральных удобрений в дозе $N_{98}P_{92}K_{73}$. Без данной дозы минерального питания можно получить урожайность лишь 3,0–3,5 т/га за счет накопления биологического азота в почве после однолетних и многолетних бобово–злаковых трав [69–73]. Урожайность озимой пшеницы, достигаемая в варианте внесения повышенной дозы минеральных удобрений ($N_{180}P_{100}$) на полупаровой системе обработки, составила 5,45 т/га, что на 44,8 % больше, чем в контроле, согласно исследованиям Н. Р. Магомедова и др. [74]. В опытах Н. Н. Нещадима с соавторами [75] установлено, что дифференцированное применение минерального питания гарантирует стабильно высокую продуктивность зерна, которая превосходит показатели сортов при выращивании без удобрений на 40–79%. Минеральные удобрения благоприятно влияют на урожайность озимой пшеницы, обеспечивая её повышение на 27–31%. Исследования показали, что при использовании комплексного подхода к применению удобрений — включая навоз, сидераты, минеральные удобрения, известь, современные микробиологические препараты и жидкие удобрения с микроэлементами на основе хелатов — урожайность озимой пшеницы составляет 5,4 центнера с одного гектара. Существенное влияние в условиях опытов оказали и внекорневые подкормки озимой пшеницы микробиологическим препаратом «Экстрасол» и микроэлементным удобрением «Аквадон-Микро». Урожайность зерна под их влиянием увеличилась в среднем на 10,4–13,1 % [76].

Результаты исследований эффективности применения азотных удобрений под сорта озимой пшеницы различных периодов селекции [77] показали, что внесение азота в дозе 60 кг/га как осенью, так и весной способствовало заметному

повышению урожайности сортов Мироновская 808 и Льговская 4. Р. М. Сабирава и др. [78] исследовали влияние гранулированного куриного помета, внесенного в почву разными способами, на питательный режим почвы и продуктивность озимой пшеницы и выявили, что применение данного органического удобрения оптимизирует питательный статус почвы, способствуя увеличению урожайности озимой пшеницы (в первый год выращивания) на 28,4-30,9 % по сравнению с абсолютным контролем. Поэтому, учитывая пролонгированное действие гранулированного навоза, желательно вносить его в дозе не менее 2 т/га. С. Р. Хатамов [79] исследовал методы внесения удобрений и подкормок органоминеральным компостом под озимую пшеницу. Он обнаружил, что внесение минеральных удобрений в дозе $N_{10}P_{125}K_{90}$ отдельно и в сочетании с органоминеральным компостом в дозе 15 т/га положительно влияет на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы. Средняя урожайность зерна пшеницы в трехлетнем полевом опыте с внесением минеральных удобрений составила 4 т/га. Сочетание минерального удобрения и органоминерального компоста дало прибавку урожая до 0,24 т/га. Регулируемое использование различных видов минеральных удобрений в растениеводстве влияет на размер и качество урожая полевых культур, особенно озимой пшеницы, которая требует большого количества питательных веществ. При постоянном сельскохозяйственном использовании и сильном антропогенном воздействии даже самые плодородные почвы, такие как черноземы, могут истощаться с течением времени. По усредненным данным эксперимента Н. И. Мамсирова с соавторами [46], наивысшая продуктивность озимой пшеницы достигается при применении минеральных удобрений в норме $N_{90}P_{90}K_{60}$, при которой урожайность сорта Горянка достигла 4,60 т/га, а сорта Майкопчанка — 4,74 т/га

Исследование воздействия азотных подкормок в ранневесенний период на продуктивность и качественные характеристики зерна озимой пшеницы выявило,

что основное внесение аммофоса ($N_{12}P_{52}$) в дозе 1,0 ц/га, а также подкормка различными формами азотных удобрений увеличили урожайность сельскохозяйственных культур на уровне от 0,7 до 1,04 т/га. При установлении высокой эффективности применения азотных удобрений под подкормку аммиачной селитрой (4,02 т/га) и комбинация КАС-32 и тиосульфата аммония (АТС) в соотношении 4,1–4,10 т/га привели к наивысшей урожайности озимой пшеницы [80]. Исследователи В. А. Шевченко и др. [81] пришли к выводу, что при улучшении питания растений урожай основных продуктов озимой пшеницы увеличился на 64,5 % при внесении $N_{30}P_{60}K_{60}$, в 1,98 раза при внесении $N_{60}P_{60}K_{90}$ и в 2,05–2,07 раза на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ в сочетании с соломой или навозом. Р. А. Хакимов и др. [82] провели исследования насколько эффективно применять штатные дозы комплексных удобрений, различных методов и сроков подкормки озимой пшеницей азотными удобрениями при возделывании по занятому пару (горох). Самые высокие результаты были получены в варианте с предпосевным внесением полного минерального удобрения в дозе 45,5 кг/га и дробным внесением 34 кг/га аммиачной селитры весной в фазу талой почвы. Урожайность в этих вариантах составила 4,14 т/га и 4,38 т/га (против 2,5 т/га в контроле). В исследованиях, посвящённых формированию урожайности и качественных показателей зерна у сортов озимой пшеницы при использовании различных способов возделывания, А. Х. Малкандуев и М. В. Кашукоев [83] показали, что лучший результат получается при использовании минеральных удобрений в количестве $N_{90}P_{120}K_{60}$, и это позволяет получить высокий урожай и хорошее качество зерна у всех рассмотренных сортов озимой пшеницы.

1.2.2. Действие удобрений на химический состав зерна и его качество

Наряду с повышением урожайности необходимо уделять внимание повышению качества зерна. Самым важным аспектом качества зерна является содержание белка. Исследования Д. В. Дубовика и Д. Ю. Виноградова [23] за

двадцать лет (1987–2000, 2003, 2004, 2007, 2008, 2011, 2012) показали, что использование минеральных удобрений повысило содержание клейковины в зерновых в условиях избыточного увлажнения (3,4 % клейковины для черного пара и 2,4 % для многолетних трав соответственно), а в условиях недостаточного увлажнения увеличило содержание клейковины для многолетних трав в первый год использования (2,0 %). Полевые эксперименты А. В. Алабушева и др. [24] свидетельствуют о реакции озимой пшеницы на систематическое внесение удобрений в звеньях зернопаропропашного севооборота. Результаты показывают, что для обеспечения качественного продовольственного зерна необходимо использовать систему удобрения, состоящую из двух методов: $N_{16}P_{16}K_{16}$ в рядках при посеве и N_{23} (мочевина) в некорневую подкормку во время фазы налива зерна. В исследованиях по удобрению озимой пшеницы в условиях ЦЧР Тамбовской области Л. Н. Вислобакова и О. М. Иванова [65] установили, что сорт «Миронская 808» имел меньшее содержание сырого белка, чем сорт «Миронская 808». Наименьшую ценность (12,6 %) получили сорта без удобрения. Сорт пшеницы «Миронская 808» характеризуется более низким содержанием сырого протеина. Существенной разницы между сортами не было, некоторое увеличение содержания сырого белка от внесения NPK – 2 нормы ($N_{80}P_{80}K_{80}$) – 14,6 % по сравнению с контролем (без удобрений). Исследователи Е. В. Справцева и др. [4] обнаружили, что внесение полного минерального удобрения в сочетании с биопрепаратом Гумистин принесло наибольшую урожайность зерна озимой пшеницы (4,07 т/га), что обеспечило содержание клейковины в массе 27,3 % и белка в зерне 13,6 %.

Согласно исследованию М. И. Теммоева и др. [41], в котором использовались регуляторы роста растений при выращивании пшеницы озимой в степной зоне КБР, процентное содержание клейковины в пшеничной муке сорта Нота колебалось от 22,8 % (без удобрений) до 29,2 % (в дозе $N_{90}P_{90}K_{60}$), а у сорта Таня – от 23,7 до 30,3 %. При совместном применении предпосевного внесения

$N_{30}P_{30}$ и внекорневого внесения было обнаружено, что изучаемые сорта озимой пшеницы демонстрировали более высокий урожай и более высокие показатели качества зерна. В течение вегетации посевы озимой пшеницы были подкормлены дважды препаратом Эсорт-био. Содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы составило 24,2–25,1 %, содержание белка 12,9–13,2 %, а условный выход белка с 1 га посевной площади составлял 0,58–0,66 т [84]. Содержание клейковины в среднем по фону питания для предшественника пар составило 26,3 %, для предшественника ячменя – 25,6 %, содержание белка соответственно – 11,9 и 11,3 % [85]. Согласно работам Н. Я. Ребуха и др. [50], содержание питательных веществ в зерне и соломе значительно увеличивается при увеличении интенсивности возделывания сортов озимой пшеницы. Согласно исследованиям Ш. Г. Ахмедова и М. Я. Рзаева [86], на возделывание сортов озимой пшеницы влияют агрохимические показатели и состояние питательной среды. Было обнаружено, что при внесении органических удобрений (навоза) в севооборот после клевера возможно получение высокого урожая при частичной замене азотно-калийных и полной замене фосфорных удобрений. На черноземах урожайность озимой пшеницы составляет 3,8–4,6 т/га с повышенным содержанием белка и клейковины по бобовому предшественнику без удобрений [69, 87]. Исследования В. В. Пироженко [77] показали, что использование азотных удобрений увеличило количество белка и клейковины в зерне пшеницы.

Исследованные сорта пшеницы дали лучшие результаты при использовании дозы минеральных удобрений $N_{90}P_{90}K_{60}$ [46]. Внесение водорастворимых NPK удобрений с соотношением 13:40:13 и 20:20:20 при подкормке озимой пшеницы КАС-32 не оказало значительного влияния на урожайность, однако увеличило содержание сырой клейковины в зерне в 1,2 раза [80]. Опыт, проведенный по оценке эффективности применения стартовых доз комплексных удобрений, способов и сроков подкормки азотными удобрениями под озимую пшеницу при

возделывании по горохо–овсяной смеси, показал, что зерно имело лучшие показатели качества (содержание сырой клейковины 29,7–30,0 %) и сырого протеина 13,0 %). В контроле эти значения были самыми низкими (27,6 % и 12,4 %). Полевые эксперименты выявили, что обработка семян и посевов озимой пшеницы на черноземах Курской области водорастворимыми комплексными удобрениями с микроэлементами обеспечивает повышение урожайности и качества зерна [88]. Л. В. Левшаков и др. [89] провели полевую опытную работу с использованием карбамидоаммиачного удобрения (КАС-32) на посевах озимой пшеницы. Было показано, что двукратная обработка посевов во время фазы кущения в дозе N_{30} и начала трубкования в дозе N_{15} увеличила содержание сырой клейковины в зерне на 2,6 % и содержание белка на 1,3 %.

1.3. Баланс основных питательных веществ в почве

Приход элементов питания определяется внесением минеральных и органических удобрений, семенным и посадочным материалом, растительными и пожнивными остатками, азотфиксацией свободноживущими и симбиотическими микроорганизмами, а также атмосферными осадками.

В балансе питательных элементов расходуются следующие компоненты: вынос питательных элементов из почвы товарной продукцией, смывание с поверхности и вымывание в грунтовые воды, потери из-за эрозии и газообразования [90–92]. Ключевым условием научного прогноза потенциального плодородия почв служит исследование трансформации элементов питания с учетом генетических и агропроизводственных свойств почвы [93, 94].

Согласно А. М. Гусейнову с соавторами [95], в условиях интенсивного земледелия главной задачей выступает повышение плодородия почв, оптимизация баланса элементов питания и регулирование содержания гумуса как основного критерия плодородия. К таковым следует отнести навоз, торф, птичий помет, компосты, различные хозяйственные отходы, зеленые удобрения и др.

Согласно исследованиям Р. В. Мимонова и др. [91] о том, как системы удобрения влияют на баланс питательных веществ при выращивании озимой пшеницы, было обнаружено, что без использования биопрепаратов или минеральных удобрений поступление элементов питания в почву в целом было недостаточным. Баланс был положительным, когда NPK-соединение использовалось как отдельно, так и в сочетании с биопрепаратом. В процессе выращивания озимой пшеницы необходимо поддерживать оптимальный баланс основных элементов питания. Это достигается за счет использования минеральных удобрений с расчетом $N_{120}P_{90}K_{90}$ и биопрепарата Гумистин одновременно. Р. Х. Гулиева [96] исследовала влияние количества минеральных и органических удобрений на серо-бурые почвы и изменения режима питания на почвах озимой пшеницы при орошении. При этом обнаружила, что внесение минеральных и органических удобрений на серо-бурые почвы значительно изменило питательный режим почвы, увеличив количество элементов питания, легко усваиваемых растениями, в пахотном и подпочвенном слоях по сравнению с контрольным вариантом (без внесения удобрений). В конце вегетации норма минеральных удобрений в слое почвы 0–60 см включала азот аммонийный 13,1–14,1, азот нитратный 7,2–7,4, подвижный фосфор 7,0–8,0 и обменный калий 15,6–19,2 мг/кг. В конце вегетации норма органических удобрений увеличилась до 12,6–13,7, азота нитратного до 5,3–5,7, фосфора подвижного до 6,2–6,6 и обменного калия до 20,4–21,2 мг/кг. В опыте исследовалось воздействие различных норм азотного питания на продуктивность зерна озимой пшеницы и баланс NPK на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В. Б. Воробьев [97] установил, что вариант с программируемым ранневесенним содержанием элементов питания 180 ц/га и двумя последующими азотными подкормками обеспечил среднюю урожайность озимой пшеницы 7,00 т/га за трехлетний период. При этом удовлетворительная интенсивность хозяйственного баланса азота (свыше 100%) достигнута при суммарной дозе азотных удобрений не менее 120 кг/га. С ростом норм азота и

урожайности озимой пшеницы интенсивность баланса фосфора и калия уменьшалась. При дозе азота ниже 110 кг/га применение 60 кг/га P_2O_5 полностью компенсировало потери фосфора, а 120 кг/га K_2O — калия. Повышение норм минеральных удобрений обусловило увеличение выноса азота, фосфора и калия.

В. Б. Воробьев [97] приводит результаты экспериментов, проведённых на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, где исследовалось воздействие разных количеств азотного питания на урожайность озимой пшеницы и баланс элементов питания NPK. Выявлено, что при увеличении норм азота и повышении продуктивности озимой пшеницы напряженность хозяйственного баланса фосфора и калия возрастала. Применение 60 кг/га P_2O_5 полностью компенсировало вынос фосфора при дозе азота до 110 кг/га, а 120 кг/га K_2O восполняло потери калия при дозе азота до 140 кг/га. Т. Ф. Персикова и М. В. Царёва [98] сообщили, что система удобрений и тип органического удобрения под озимую пшеницу оказали существенное влияние на ее агрохимические характеристики. Использование куриного помета в органической системе удобрения увеличивает концентрацию подвижного марганца на связных супесях содержание подвижного марганца составляет от 5 до 64 мг/кг, в органо-минеральной системе — от 13 до 69 мг/кг, на среднесуглинистых почвах — 10 и 18 мг/кг соответственно.

Использование навоза крупного рогатого скота повысило содержание подвижного марганца на связной супеси на 12 и 13 мг/кг почвы при органическом и органо-минеральной системах удобрения соответственно. Независимо от системы удобрения, вида органического удобрения и гранулометрического состава почвы содержание подвижного свинца и кадмия оставалось на уровне фона. По данным Н. В. Долгополовой и Е. Ю. Кондратовой [99], удобрения являются важным и важным компонентом, влияющим на качественные показатели и урожайность зерна озимой пшеницы. Химические закономерности управляют биологическим процессом почвенного питания растений. Внесение

различных доз полного минерального удобрения под озимую пшеницу, содержащего нитрофоску, в состав которой входит значительное количество карбоната кальция, снижало кислотность почвы. При возделывании сорта озимой пшеницы Надор лучшим вариантом было добавление аммиачной селитры однократно весной в качестве подкормки, а также фракционирование N_{204} и, особенно N_{187} весной. При регулярном использовании этот метод давал хорошие результаты [100]. В своих исследованиях применения цинксодержащих удобрений под озимую пшеницу в предчерноземных почвах Западной Сибири, И. А. Бобренко и др. [101] установили, что оптимальная доза при основном внесении составляет 8 кг д.в./га, а при опудривании семян – 100 г/ц на фоне $N_{30}P_{60}$. Предложена методика расчета доз цинка на основе данных полевого опыта с учетом разработанных нормативов. Данные полевых опытов О. И. Горянина и А. П. Чичкина [102] показывают, что длительное применение современных технологических комплексов стабилизирует обеспеченность почв азотом при традиционной технологии, повышает содержание подвижного фосфора с 14,1 до 17,8 %, обменного калия с 14,9 до 22,7 %.

З. Т. Кануков и др. [103] обнаружили, что использование удобрений в севообороте озимой пшеницы улучшило режим питания чернозема выщелоченного, урожайность и качество зерна. При этом по сумме качественных показателей предпочтение заслуживают варианты с двойной дозой NPK и навоз + NPK. И. Н. Зеленин и А. А. Смирнов [104], изучая влияние агротехнических факторов на баланс гумуса в короткоротационном злаково-паровом севообороте, выявили, что внесение полной нормы NPK под зерновые сделало баланс гумуса положительным. По данным Г. Н. Гасанова с соавторами [105], наиболее эффективным приемом оптимизации гумусового баланса и повышения продуктивности озимой пшеницы служит применение $N_{80}P_{19}K_{75}$ с заделкой 6 т/га соломы и 20–25 т/га зеленой массы гороха. Урожайность озимой пшеницы достигает 6,06 т/га при накоплении 434 кг/га гумуса. Внесение в почву

растительной биомассы в виде соломы и пожнивного сидерата улучшает баланс гумуса, снижает потребление минеральных удобрений, обогащает корнеобитаемый слой почвы органическим веществом, накапливает продуктивную влагу в пахотном слое, улучшает агрофизические свойства почвы и увеличивает заселенность полезными микроорганизмами [106, 107]. Н. Н. Ермолаев и др. [108] представили результаты исследования, проведенного в отношении влияния севооборотов и удобрений на баланс элементов питания в системе почва-растение на черноземах. Многолетние бобовые травы очень положительно влияют на баланс азота в севообороте. Анализ баланса показал необходимость корректировки системы удобрения в ряде севооборотов. О. И. Горянин и А. П. Чичкин [102] установили, что внесение в севооборот сидератов, многолетних трав, использование соломы в качестве удобрения повышает содержание нитратного азота в почве на 32–35 %, подвижного фосфора на 7,0–7,6 % относительно к паровому севообороту и стабилизирует калийный рацион. С. Н. Никитин [109] изучал влияние систематического применения агрохимикатов и биологизации севооборота на гумусное состояние почвы и установил, что внесение минеральных удобрений, навоза (25 т/га) и ОСВ (12,5 т/га) не обеспечивает сохранение исходного содержания гумуса. По результатам полевого опыта Я. Г. Керимова [110], применение рациональных севооборотов, режимов питания и приемов обработки почвы благоприятно воздействовало на динамику элементов питания и баланс гумуса, повышая потенциальное и эффективное плодородие почвы. По данным А. М. Алиева с соавторами [111], варианты с комплексным использованием удобрений, фитосанитарных средств и современных агрохимикатов значительно превосходят системы с применением только удобрений. Это помогает улучшить плодородие почвы, повысить урожайность озимой пшеницы и сделать выращивание культур в севообороте более эффективным с точки зрения энергетических затрат.

1.4. Воздействие фитосанитарных приемов на продуктивность озимой пшеницы и качественные показатели зерна

При использовании современных технологий выращивания озимой пшеницы применение комплекса защитных мероприятий является ключевым компонентом получения высоких урожаев. Высокая урожайность сельскохозяйственных культур практически невозможна без надежной защиты от неблагоприятного воздействия биотических и абиотических факторов в течение вегетационного периода [112]. Применяемые средства защиты растений зачастую играют очень важную роль в формировании и поддержании урожайности сельскохозяйственных культур, превосходя минеральные удобрения.

Фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы, в частности развитие болезней, оказывает большое влияние на урожайность и качество зерна. Температурные и влажностные условия в период вегетации сельскохозяйственных культур во многом определяют распространенность и вредоносность заболеваний пшеницы. И. Д. Фадеева с соавторами [113] выполнили исследование в 2017-2019 гг. и установили биологическую результативность защитных мероприятий на посевах озимой пшеницы с применением фунгицидов, обеспечивших прирост урожайности в среднем по сортам 0,55 т/га. Технологические характеристики качества зерна в среднем по сортам улучшились после фунгицидных обработок: масса 1000 зерен — на 2,2 г; натура — на 5,4 г/л; стекловидность — на 2,6%; выравненность — на 1,4%; содержание сырой клейковины — на 1,6%. При этом вклад фунгицида в формирование показателей технологического качества зерна варьировал от 7,69 % (ровность зерна) до 32,43 % (содержание клейковины). Природа зерна на 14,99 % определялась фунгицидной обработкой посевов и только на 10,61 % зависела от генотипа [113]. Л. П. Еремин [114] продемонстрировал, что количество и качество клейковины являются одним из основных показателей качества зерна

озимой пшеницы, которое зависит от многих факторов, в том числе от фитосанитарного состояния посевов в период вегетации. Исследование показало, что при соблюдении правил применения пестицидов биохимические показатели качества урожая не ухудшаются. В. П. Петренкова и Е. С. Олейников [115] выявили наиболее результативный препарат для протравливания семян озимой пшеницы, снижающий интенсивность развития септориозной пятнистости на посевах и обеспечивающий существенный прирост урожайности относительно контроля. Установлено, что максимальная степень поражения септориозом после протравливания семян составляет 0,4–6,5% в зависимости от используемого средства. Исследования показали, что сорта Престиж, Августа, Краснодарская 99 и Тарасовская остистая получают средние и высокие дозы азотных удобрений при обработке фунгицидом Альто в дозе 0,5 л/га в фазе колошения-цветения [116]. Они также показали высокие нормы рентабельности (102–165 %).

1.5. Использование биопрепаратов для защиты растений

Совместное применение биопрепаратов и минеральных удобрений оказывает значительное воздействие на семена и растения, расширяя область их использования. Биопрепараты повышают продуктивность агрофитоценозов и качество растениеводческой продукции. Они влияют на растения различными путями: регулируют отдельные фазы роста и развития для увеличения урожайности и качества зерна, усиливают устойчивость к неблагоприятным факторам среды.

Правильное использование биопрепаратов в сочетании с агротехникой позволяет решить многие проблемы, связанные с процессом выращивания растений в сельском хозяйстве Российской Федерации и мире. С середины 1970-х годов в России производят биопрепараты для защиты растений от болезней и вредителей. В отличие от химических средств, биологические препараты действуют селективно и не опасны для человека, животных, пчел, птиц и рыб. Они

быстро распадаются в почве, воде и при воздействии солнца, а также не вызывают у вредителей устойчивости, как это происходит с химическими препаратами [117, 118]. Применяемые биологические препараты охватывают практически все аспекты защитных мер при выращивании растений. Они обладают целенаправленным действием и делятся на большие группы: биоинсектициды, биофунгициды, биоудобрения, иммуномодуляторы и регуляторы роста и развития. Разнообразие органической продукции может полностью гарантировать реализацию потенциальных сортовых свойств сельскохозяйственных растений и минимизировать ущерб от неблагоприятных погодных условий [118, 119].

Эффективность применения баковых смесей пестицидов с регулятором роста Энергия-М (0,01 кг/га) в системах защиты озимой пшеницы сорта Даная исследовали ученые Е. А. Артемьева и др. [120] в 2019–2020 гг. Под воздействием регулятора роста растений отмечалось снижение негативного воздействия пестицидов на ростовые процессы, повышение урожайности на 18 % за счет формирования дополнительного количества продуктивных стеблей (80 шт./м²), была получена более высокая чистая операционная прибыль по сравнению с системой защиты без регулятора роста растений.

В. П. Грунская и др. [121] в опыте, проведенном в 2015-2017 гг., сообщили, что за счет применения удобрений (микробиологического Метилотрофина и N₆₀P₆₀K₆₀) урожайность увеличилась в большей степени при их совместном использовании – на Московской 40, с 4,28 т/га до 6,33 т/га и на Московской 56 от 4,6 т/га до 7,11 т/га, соответственно. Установлено, что совместное использование минеральных удобрений (N₆₀P₆₀K₆₀) с обработкой семян и посевов микробиологическим препаратом Метилотрофин положительно воздействует на урожайность озимой пшеницы при оптимальной влажности почвы.

Е. В. Калюта вместе с коллегами [122] изучали влияние биопрепаратов, основанных на карбоксиметильных продуктах переработки растительного сырья, на рост и развитие яровой пшеницы. Было обнаружено, что препараты (водный раствор 150 г на 1 т семян на 10 л воды) увеличивали

урожайность пшеницы на 30–43 % в небольшом мелкоделяночном опыте, на 11–15 % в полевом опыте и на 21–32 % в производственных условиях. Повышение урожайности пшеницы под действием регуляторов роста не всегда сопровождается увеличением содержания белка и клейковины в зерне. Использование биопрепаратов стимулирует рост и развитие растений, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды, подавляет развитие фитопатогенов, оптимизирует минеральное питание растений [123–126]. С. Г. Жданов и др. [127] изучали мелиоративную эффективность культур-фитомелиорантов и обнаружили, что на факторы плодородия (увлажнение, густота, содержание в почве подвижных форм основных элементов питания) больше всего влияют биологические особенности возделываемых культур и в меньшей степени – технология возделывания. Полевые опыты подтвердили эффективность комплексных водорастворимых удобрений с микроэлементами для обработки семян и посевов озимой пшеницы. Установлено, что использование препаратов Новоферт, Нагро и Аквадонмикро повысило урожайность и качество зерна при экономической целесообразности и экологической безопасности [88]. Согласно исследованиям, проведенным А. А. Горьковым [128], применение биопрепаратов оказывает значительное влияние на ростовые и физиологические процессы. В частности, они повышают энергию прорастания на 15 процентов, всхожесть на 10–16 процентов, формируют растения более устойчивыми к болезням и заморозкам.

1.6. Применение регуляторов роста растений

Регуляторы роста растений — органические химические вещества, отличные от элементов питания и витаминов. Даже в малых дозах они способны воздействовать на физиологические процессы растений, изменяя характер их роста и развития. Установлено, что данные вещества оказывают существенное влияние на урожайность и качество зерна [129].

Закономерности роста, развития и старения растений при различных условиях определяют результативность сельскохозяйственного производства. В течение онтогенеза растения регулируют продуктивность через изменение интенсивности фотосинтетических процессов, эффективности перераспределения элементов питания и значений индекса урожая [130, 131]. Фитогормоны способны стимулировать ростовые процессы и увеличивать продуктивность растений. Этилен, к примеру, представляет собой фитогормон, регулирующий ростовые процессы и старение. В современном сельском хозяйстве регуляторы роста широко применяются [132], поскольку они непосредственно влияют на гормональный баланс, выступая в роли природных фитогормонов, их синтетических аналогов, ингибиторов биосинтеза или транспорта гормонов, а также блокаторов гормональных рецепторов [133, 134].

Некоторые, так называемые атипичные регуляторы роста растений, вызывают локальные, кратковременные или даже токсические реакции. В настоящее время известно около сорока активных веществ с регулирующим действием, которые применяются как по отдельности, так и в различных комбинациях. На определенных фазах органогенеза регуляторы роста существенно влияют на морфогенез растений. Применение регуляторов на ранних этапах формирования стебля значительно уменьшает его длину, повышая устойчивость культуры к полеганию [135]. Ряд исследователей отмечает, что использование регуляторов роста в начальные фазы развития увеличивает площадь листовой поверхности [136]. Триазольные препараты характеризуются способностью регулировать рост растений и проявляют выраженное фунгицидное действие. Кроме того, они повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды [137]. Механизм их действия связан с воздействием на изопреноидный путь и гормональный баланс: триазолы подавляют синтез гиббереллинов, уменьшают выработку этилена и способствуют увеличению содержания цитокининов [138, 139]. В условиях Нечерноземной зоны озимая

пшеница подвергается воздействию большого количества неблагоприятных факторов. Поэтому необходимо разработать агротехнические приемы, повышающие устойчивость растений к их действию и позволяющие получать высокие и хозяйственно выгодные урожаи с хорошим качеством зерна [140]. В современной агротехнике большое значение имеет регулирование роста и развития растений с помощью физиологически активных веществ. Эти вещества можно отнести к недорогим элементам агротехники благодаря их широкому спектру действия, способности напрямую влиять на потенциал растений и, как следствие, повышать урожайность и качество сельскохозяйственной продукции [141]. С помощью физиологически активных веществ можно напрямую регулировать рост и развитие растений, мобилизовать их генетический потенциал, что приводит к повышению продуктивности и качества урожая [142].

При разработке адаптивных элементов и технологий возделывания озимой пшеницы важно использовать новые сорта с высокой урожайностью и применять регуляторы роста растений. Согласно исследованиям ученых, регулирующие рост препараты являются перспективными, поскольку не уступают минеральным удобрениям по эффективности и экономичности, имеют высокую окупаемость инвестиций. В предгорной зоне Республики Адыгея исследователи провели эксперимент влияния регуляторов роста Регоплант, Биолан и Стимпо на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сортов Утриш и Калым. В результате было установлено, что обработка семян сортов озимой пшеницы Утриш и Калым значительно повысила урожайность зерна по сравнению с контролем на 1,56 т/га [143]. Соотношение белка и клейковины в зерне изучаемых сортов озимой пшеницы было изменено регуляторами роста Стимпо и Биосил. Вариант с использованием регулятора роста Стимпо принес урожайность зерна 4,53 т/га, при рентабельности производства более 75 %, а у сорта Калым урожайность зерна составила 4,73 т/га, при рентабельности производства более 96 % [143]. Регуляторы роста растений могут играть важную роль в повышении

урожайности и качества зерновых культур. Покрытие семян озимой пшеницы фунгицидом Поларис в сочетании с регулятором роста Мелафен обеспечило урожайность на уровне 41,8–61,5 ц/га и показатели натуры зерна от 671 до 758 г/л в условиях Уфимского района Республики Башкортостан [144]. Результаты исследования показали, что предпосевная обработка семян регуляторами роста приводит к увеличению урожайности озимой пшеницы от 0,17 до 0,40 тонн на гектар. Использование регуляторов роста при возделывании озимой пшеницы положительно влияет на качество зерна, включая количество белка, крахмалистость, количество и качество клейковины, объемную массу зерна и другие показатели, которые влияют на технологичность и хлебопекарные свойства продукции [145]. Применение регуляторов роста значительно увеличивает урожайность озимой пшеницы, а также формирование ее структурных элементов. Варианты опыта показали увеличение урожая от 2,3 ц/га до 23,3 ц/га. Вид и способ применения препарата во многом определяют его эффективность [146].

Обработка растений стимулирующими препаратами, а также обработка семян перед посевом улучшили рост и развитие растений. По данным ряда исследований [147], коэффициент кущения увеличивался с 15,2 до 24,2 % побегов на растение в вариантах с применением препаратов Новосил, Бинорам и Витавакс; при использовании Витавакс + Бинорам всхожесть семян в полевых условиях повышалась с 3,9 до 6,6 %. Продуктивность и качественные показатели зерна озимой пшеницы сортов Горянка и Майкопчанка были изучены при применении регуляторов роста Моддус, КЭ и Эмистим С. Было обнаружено, что в варианте с использованием регулятора роста Эмистим С отдача была выше на 62,0 %, тогда как в контрольном варианте отдача была наименьшей 38,8 % [148]. Исследования В. А. Исайчева и Е. В. Проваловой показали, что предпосевная обработка семян фосфорорганическими регуляторами роста вызывает положительные сдвиги в

обменных процессах, стимулирует физиологические процессы прорастания семян и развивающихся из них проростков [149].

Урожайность и качество зерна сортов озимой пшеницы были значительно повышены использованием регуляторов роста растений Энергия М, Циркон и НВ-101. Опыты показали, что применение данных препаратов повышает продуктивность и качество зерна озимой пшеницы [150]. Регуляторы роста имеют важное практическое значение, увеличивая урожайность, качество продукции и устойчивость зерновых к абиотическим стрессам. Предпосевная обработка семян и опрыскивание посевов в фазе кущения препаратами Эпин-Экстра и Циркон повысили полевую всхожесть, число продуктивных стеблей, озерненность колоса, массу колоса и урожайность в условиях засухи и высоких температур [151]. Подкормка Силиплантом в фазе кущения повышает устойчивость озимой пшеницы к засухе и высоким температурам, улучшает основные показатели структуры урожая, например, длину колоса и его озерненность, а также массу зерна в колосе, а также способствует увеличению общей и продуктивной кустистости. При двукратном опрыскивании растений в условиях экстремально высоких температур увеличивается количество колосьев на растении, их масса и масса 1000 зерен.

1.7. Эффективность использования удобрений и перспективных средств защиты растений

1.7.1. Экономическая эффективность

На фоне перехода к рыночным отношениям рост сельского хозяйства и АПК страны во многом зависит от эффективного использования всех факторов производства, укрепления материально-технической базы предприятий, достижений научно-технического прогресса и инновационной деятельности. Согласно исследованиям экономической эффективности выращивания озимой пшеницы по различным предшественникам, увеличение доз удобрений приводит к увеличению производственных затрат. Высокие урожаи и отпускные цены зерна

обеспечат их возврат инвестиций [24]. Их возврат на инвестиции может быть обеспечен за счет высоких урожаев и отпускной цены произведенного зерна.

А. Х. Куликова и др. [152] провели анализ экономической эффективности и показали, что применение диатомита в чистом виде в норме 3 т/га рентабельно, несмотря на достаточно высокие расходы на транспортировку и внесение. Применение диатомита с мочевиной в дозе 40 кг/га повысило рентабельность на 15% относительно контроля, а полная норма минеральных удобрений — на 38%. Выращивание озимой пшеницы без удобрений экономически эффективнее использования диатомита с полным минеральным удобрением в дозах 3 т/га или 5 т/га. Результаты экспериментов А. П. Долматова и др. [153] показали, что наиболее высокий условный доход и уровень рентабельности при некорневых подкормках озимой пшеницы аммиачной селитрой и эпсомитом получены в варианте с их совместным внесением. Исследования, изучающие комплексное применение удобрений (навоз, сидерат, минеральные удобрения, известь, микробиологические препараты нового поколения и жидкие удобрения на основе микроэлементов на основе хелата) для озимой пшеницы, показали, что использование МБП «Экстрасол» и микроэлементного удобрения на основе хелата «Аквадон-Микро» экономически выгодно для всех видов паров [76]. При незначительных затратах (1480–1540 рублей на гектар) использование их обеспечивало дополнительный чистый доход в размере 2660–6560 рублей на гектар, при этом затраты окупались в 1,7–4,3 раза. В ходе исследований Н. И. Мамсирова и А. А. Мнатсаканяна [46] установлено, что, несмотря на высокую урожайность в варианте с дозой минеральных удобрений $N_{90}P_{90}K_{60}$, с хозяйственной точки зрения наиболее эффективным оказался вариант с внесением удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$. По данным А. Г. Демидова и Д. А. Ахмедшина [80] за счет применения этих форм удобрений (1,0 ц/га аммофоса ($N_{12}P_{52}$), аммиачной селитры (4,02 т/га) и совместного применения КАС-32 с тиосульфатом аммония (АТС) в соотношении 4 : 1 – 4, 10 т/га) получены самые высокие

экономические показатели производства зерна в опыте. Рентабельность составила 33%, прибыль – 12066–12326 руб./га, себестоимость тонны зерна – 9119–9124 руб.

М. М. Сабитов при изучении технологий возделывания озимой пшеницы по чистому пару с использованием районированных сортов местной селекции установил повышение стоимости зерна на 9,5–12,9% относительно контроля. Затраты труда на основную обработку почвы упали на 2,6–6,1 %, а затраты на средства защиты и удобрения увеличились на 7,1–25,0 % по вариантам [18]. Ф. В. Ерошенко и др. [154] сообщили, что показатели максимальной эффективности возделывания сорта Зустріч в опыте отмечены для предыдущего чистого пара на удобренном фоне: средняя прибыль за годы исследований (2016–2018 гг.) составляет 6045,9 руб./га, уровень рентабельности 170,1 %, себестоимость 3554,1 руб./т. Наиболее высокие показатели экономической эффективности отмечены у сорта Ставка. Самая высокая прибыль (46921,3 руб./га) при его возделывании отмечена в варианте с размещением посевов по чистому пару на удобренном фоне, при этом максимальная рентабельность наблюдалась в варианте с посевом по чистому пару без применения минеральных удобрений (223,0 %).

Ж. К. Кежембаев и А. К. Умбетов [155] исследовали влияние минеральных удобрений на плодородие почвы и урожайность озимой пшеницы на богарных полуполноценных землях с минимизацией основной обработки почвы. При расчете экономической эффективности они показали, что условный чистый доход по вариантам обработки менялся по годам, а нулевой вариант имел самый высокий условный чистый доход (11400 тенге), в основном из-за низких затрат. При прямом посеве получена высокая окупаемость на варианте с внесением N_{90} – 9,78 кг зерна, а на фоне основных обработок отмечена высокая окупаемость на единицу затрат.

Полевые исследования, проведенные В. И. Лазаревым и др. [88], показали, что использование водорастворимых комплексных удобрений с

микроэлементами при обработке семян и вегетирующих растений озимой пшеницы привело к получению чистого дохода в размере 2878–3660 руб./га (за вычетом затрат, связанных с собственно обработкой семян), а использование микроудобрений Новоферт, Нагро и Аквадон-Микро при семеноводстве привело к росту чистого дохода в два раза. Полевые опытные исследования на посевах озимой пшеницы карбамидаммиачного удобрения (КАС-32) Л. В. Левшакова и др. [89] показали, что двукратная обработка посевов в фазе кущения в дозе N_{30} и начала трубкования в дозе N_{15} обеспечила максимальное значение условного чистого дохода 27605,20 руб./га и наименьшую себестоимость зерна 4691,30 руб./т. Применение карбамидаммиачного удобрения (КАС-32) по сравнению с твердыми азотными удобрениями показало более высокие показатели экономической эффективности. Исследователи В. К. Дридигер и А. Г. Стукалов [52] поясняют, как технология выращивания озимой пшеницы с использованием различных доз минеральных удобрений влияет на экономическую эффективность производства в зоне нестабильного увлажнения Ставропольского края. Они обнаружили, что как посев по традиционной технологии с любой дозой минеральных удобрений, так и увеличение доз минеральных удобрений привело к снижению экономической эффективности возделывания.

1.7.2. Энергетическая эффективность

Энергетический анализ необходим для эффективного управления производством. При увеличении энергоемкости аграрного производства относительная величина созданного продукта (выход продукции на единицу затраченной энергии) уменьшается, несмотря на увеличение получаемой продукции [156]. Энергетическая оценка является условным показателем энергетической рентабельности производства и позволяет количественно оценить энергетическую стоимость полученной сельскохозяйственной продукции [157, 158]. По заключению А. М. Алиева и др. [111], длительное использование

комплекса средств химизации обеспечивает получение 7–8 тонн зерна на гектар озимой пшеницы и значительно повышает энергетическую эффективность технологии возделывания культуры. По исследованиям Е. К. Кувшинова и др. [29], рост интенсификации увеличивал себестоимость валовой продукции и снижал уровень рентабельности из-за высоких издержек производства по сравнению с экстенсивной технологией. Однако экономический эффект был достигнут за счет улучшения качества зерна и повышения урожайности. Л. И. Ермакова [159] отмечала, что варианты с сидеральными посевами и минеральными удобрениями привели к желаемому урожаю озимой пшеницы. Увеличение структурной продуктивности привело к увеличению урожая зерна в вариантах с сидератом и минеральными удобрениями. Озерненность колоса увеличилась на 9–13 %, длина – на 8–10 %, масса зерна с колоса – на 19–25 %. Использование покровных культур сидератов в виде посевов в органическом севообороте позволило снизить дозы минеральных удобрений на 23–29 %. С. В. Жиленко с соавторами [160] показали эффективность применения различных норм минеральных удобрений и азотных подкормок в вегетацию озимой пшеницы. Данные агрохимические приемы существенно повышают урожайность, качество зерна, всхожесть и энергию прорастания семян, густоту и высоту растений. По данным В. А. Шевченко с соавторами [81], минимизация основной и предпосевной обработок почвы под озимую пшеницу снижает энергозатраты в 1,9 раза относительно отвальной и в 2,3 раза — относительно глубокой обработки. В результате расход топлива снижается на 20,6 кг/га и 30,6 кг/га, соответственно. При введении $N_{30}P_{60}K_{60}$ энергетическая эффективность на минеральном фоне питания была выше ($K_c = 1,80$) по сравнению с дозой $N_{60}P_{60}K_{90}$ ($K_c = 1,71$), а по органоминеральному фону питания после комбинации $N_{60}P_{60}K_{90}$ с соломой (1,66) по сравнению с $N_{60}P_{60}K_{90}$ с навозом (1,59). Энергозатраты на использование азотно-фосфорных удобрений для озимой пшеницы также различались на разных фонах основной обработки почвы, согласно исследованиям Ж. К. Кежембаева и

А. К. Умбетов [155]. Производство и использование фосфорных удобрений потребляет больше энергии, имея энергетический коэффициент от 2,9 до 4,4.

Заключение раздела

Согласно анализу литературных данных, использование технологий интенсификации земледелия, в которых используются азотные удобрения для обеспечения растений калием и фосфором, биопрепараты, регуляторы роста и методы защиты растений озимой пшеницы, играют решающую роль в формировании урожая и регулировании качества зерна озимой пшеницы.

Современные условия растениеводства требуют все более широкого использования биологических факторов для интенсификации земледелия. Биопрепараты занимают важное место в агротехнологиях озимой пшеницы для регулирования минерального питания и поддержания необходимого фитосанитарного статуса посевов. Это особенно актуально при выращивании зерновых, где применение агрохимикатов следует ограничивать и комбинировать с органическими удобрениями и биопрепаратами.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Место проведения эксперимента и характеристики почвы

В период с 2020 по 2023 годы на опытном полигоне сортовых технологий озимых зерновых культур и систем защиты растений Технологического центра сельского хозяйства Федерального исследовательского центра (ФИЦ «Немчиновка») в деревне Соколово Московской области проводили экспериментальные изучения по теме исследования. Опытные участки имели среднесуглинистую дерново-подзолистую почву. В июне для каждого исследования из пахотного слоя 0–20 см почвы отбирали пробы для агрохимического анализа. Опытные исследования сортовой агротехники озимой пшеницы проводили на пяти полях в соответствии с севооборотом.

Агрохимические показатели почвы, такие как pH_{KCl} , гидролитическая кислотность, содержание подвижных форм фосфора, калия, кальция и магния, изменились на полях, на которых выращивалась озимая пшеница (табл. 1).

Таблица 1. Изменения агрохимических показателей дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в севообороте

Показатели	Годы		
	2021	2022	2023
pH_{KCl}	4,4	5,7	5,5
Кислотность гидролизата почвы, мг-экв на 100 г почвы	4,18	1,34	1,55
Содержание P_2O_5 , мг/кг (по Кирсанову)	171	316	192,5
Содержание K_2O , мг/кг (по Кирсанову)	157	125	155
Содержание Ca^{+2} , ммоль на 100 г почвы	6,88	7,42	15,45
Содержание Mg^{+2} , ммоль на 100 г почвы	1,86	2,13	1,30

В 2020–2021 году результаты анализов показали, что почва среднесуглинистая дерново-подзолистая. Реакция почвенной среды была от сильноокислой до кислой ($pH_{сол.}$ 4,3–4,7). Содержание фосфора в подвижном

состоянии остается высоким (155–195 мг/кг), а доступность подвижного калия увеличивается до 157–180 мг/кг. Содержание обменного кальция колебалось от 6,35 до 7,23 мг/экв/100 г. Содержание магния в почвенном слое от 0 до 0,2 м колебалось от 1,39 до 2,33 мг/экв/100 г почвы.

В 2021–2022 годах в пахотном слое содержание нитратного азота составляло в среднем 1,34 мг/кг почвы. Результаты исследования показали, что реакция почвы была от сильнокислой до слабокислой (рН сол. 4,4–5,5). Содержание фосфора подвижного оставалось очень высоким (316 мг/кг), а доступность подвижного калия была стабильной (125 мг/кг). Обменный кальций составил 7,42 мг/экв/100 г. Количество магния составило 2,13 мг/экв на 100 г почвы.

В 2022–2023 годах содержание нитратного азота в пахотном слое составляло в среднем 1,56 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора была от сильнокислой до слабокислой (рН сол. 4,4–5,3). Содержание фосфора подвижного оставалось очень высоким (259 мг/кг), а доступность подвижного калия оставалась неизменной (156 мг/кг). Обменный кальций составлял 9,48 мг/экв/100 г. Количество магния составило 2,63 мг/экв на 100 г почвы.

В течение всего времени наблюдений содержание нитратного азота в почве было очень низким: в 2021 году оно составляло от 3,49 до 4,61 мг/кг, а к 2023 году снизилось до 1,56 мг/кг. Подвижный фосфор в почве в среднем был на высоком уровне — от 175 мг/кг в 2021 году до 316 мг/кг в 2022 году. Концентрация подвижного калия в пахотном слое также была на высоком уровне: в 2021 году — 168,5 мг/кг, а в 2022 году — 125 мг/кг. Содержание кальция достигло 6,79 мг-экв/100 г в 2021 году и 9,48 мг-экв/100 г в 2023 году. Содержание магния в слое 0–0,2 м варьировало от 1,86 мг-экв/100 г почвы в 2021 году до 2,63 мг-экв/100 г в 2023 году.

2.2. Метеорологические условия проведения исследований

Сельское хозяйство является самой непредсказуемой сферой деятельности человека, так как во многом зависит как от климатических условий, так и от погодных условий мест выращивания сельскохозяйственных культур. Одним из основных факторов, влияющих на формирование урожая, является погода. Неблагоприятная погода часто приводит к резкому снижению эффективности сельскохозяйственного производства. Рисунки 1–6 и приложения А показывают метеорологические условия вегетационных периодов 2020–2023 годов по данным метеорологической станции ФИЦ «Немчиновка». Температурный режим, количество осадков и распределение осадков различались в течение вегетационного периода по годам.

В целом метеоусловия 2020–2021 гг. складывались благоприятно для озимых культур. С учетом ГТК 1,52 год характеризовался оптимальной влагообеспеченностью. 07 ноября среднесуточная температура составила +5°C.

Растения вошли в зиму в хорошем состоянии. В узле кущения уровень сахара был в пределах 20–23%. Во вторую декаду декабря начался снег, при средней температуре от –3,7 до –5,3 градусов. Температура почвы на уровне узла кущения приблизилась к нулю. В зимние месяцы (январь, февраль) почва оставалась покрытой устойчивым слоем снега. Общее количество осадков за этот период составило 114,2 миллиметра. Наибольшее количество выпало во вторую декаду февраля – 32,3 миллиметра. В марте высота снежного покрова достигла 1,5 метра. Таяние снега закончилось в первой декаде апреля. Температура апреля была выше обычной на 2 градуса. Во вторую декаду апреля снова началась вегетация растений. В середине мая средняя температура воздуха составила 18,3 градуса, в середине июня — 24,4°C, в середине июля — 22,2°C (рис. 1, приложение А). ГТК (2020–2021 гг.) = 1,52; ГТК (2021–2022 гг.) = 1,50; ГТК (2022–2023 гг.) = 1,82

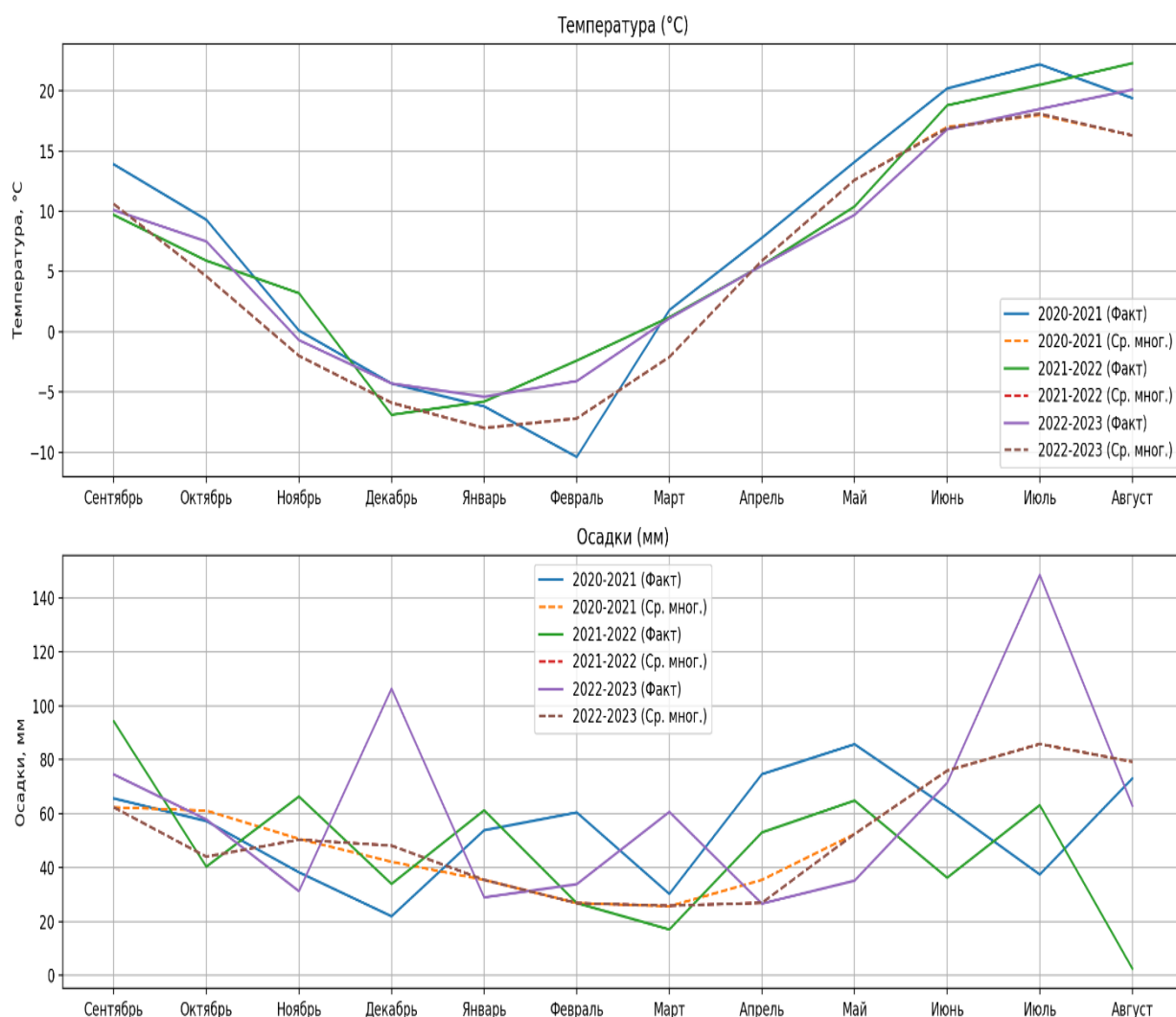


Рисунок 1 – Гидрометеорологические условия вегетационного периода озимой пшеницы в 2020–2023 гг. по данным ФГБУ «ГАМЦ «Росгидромет»

Больше всего осадков (44,8 мм) было в третьей декаде апреля, что почти в 6,4 раза превышает обычное количество; в первой декаде мая выпало 48,3 мм — это в 3,3 раза больше нормы. Это повлияло на изменение оптимальных сроков посева яровых культур. Общий объем осадков в апреле составил 74,6 мм, в мае — 85,7 мм. В июне и июле при высоких температурах в первой и второй декадах июля наблюдался недобор осадков: 71 мм (в 2,4 раза меньше нормы) и 47 мм (в 1,7 раза меньше нормы) от нормы. Гидротермический коэффициент весенне-летнего периода составил 1,36.

Приведены данные вегетационного периода 2021–2022 гг., гидротермический коэффициент для озимой пшеницы составил 1,50. Весной погода была такой, что растения, которые пережили зиму в хорошем состоянии, хорошо росли. В сентябре было тепло, средняя температура в день составляла 9,7°C. В первой декаде максимальная температура достигла 11,3°C, что на 1,7°C ниже обычного. Температура во второй и третий декады чуть выше средних показателей за многие годы (см. рис. 1, приложение А). Всего за сентябрь выпало 94,2 мм осадков, что на 51% больше нормы. Несмотря на то, что посеяли озимую пшеницу поздно — 13 сентября —, хорошая погода помогла всходам появиться в начале октября. Средняя температура в октябре была 13,9°C, превысив норму на 2,9°C при среднемноголетнем значении 11,0°C. Распределение осадков было крайне неравномерным, их сумма составила 40,3 мм, что на 34% ниже нормы. Первая декада октября характеризовалась отсутствием осадков. Основное количество осадков (29,7 мм, на 47% выше нормы) пришлось на вторую декаду. 07 ноября зафиксирован переход температуры через +5°C. Ноябрьский температурный режим превышал среднемноголетние показатели. Сумма осадков составила 66,3 мм, что на 31% выше нормы. В декабре среднесуточные температуры соответствовали многолетним значениям. В первой декаде образовался устойчивый снежный покров мощностью до 1 см на промерзшей почве. В начале января 2022 года высота снега составляла 9–12 см, к концу месяца — 27–38 см. Январские осадки превысили норму на 73%, достигнув 61,2 мм при норме 35,4 мм. Средняя температура составила –5,8°C, что на 2,2°C ниже нормы; подекадные значения варьировали от –0,9 до –2,4°C. В первой декаде февраля среднесуточные температуры находились в диапазоне от 0,1 до –3,7°C, осадков выпало 26,8 мм. К концу второй декады февраля мощность снежного покрова достигла 33 см. В третьей декаде ноября температура почвы на уровне узла кущения достигла +1,5°C. В декабре она колебалась от –0,3°C в первой декаде до –0,5...–0,7°C в последующие декады. В январе и феврале 2022 года при

увеличении мощности снежного покрова температура почвы на глубине узла кущения оставалась в диапазоне от 0,3 до $-0,2^{\circ}\text{C}$. Возобновление вегетации озимых зерновых произошло в третьей декаде апреля. В течение каждой декады температура воздуха оставалась стабильной и составляла в среднем $5,6^{\circ}\text{C}$. За один месяц количество осадков выросло на 56 % по сравнению с многолетним показателем. Отличительной чертой весеннего периода 2022 года стал дефицит тепла в мае; первая декада характеризовалась пониженными температурами — на 2 градуса ниже среднемноголетней нормы. Одновременно наблюдался недостаток атмосферных осадков. В первой декаде мая их сумма составила половину от нормы. Вторая и третья декады мая также отличались пониженным температурным режимом. Июнь характеризовался теплой влажной погодой, благоприятствовавшей ростовым процессам и развитию растений. Гидротермические условия в осенне-зимний период, в основном за счет накопления влаги, привели к более интенсивному развитию растений озимой пшеницы. Тем не менее, третья декада месяца являлась периодом засухи и недостатка влаги. Осадки составили всего два миллиметра. Температурный режим июля характеризовался повышенными значениями в первую и третью декады — на 3–4 градуса выше среднемноголетних показателей. Сумма месячных осадков достигла 85,8 мм, на 26% меньше нормы. В августе наблюдалась самая сильная засушливость в текущем году, как по температуре, так и по количеству осадков. В первой половине месяца выпало на 93% меньше дождя, чем обычно, и температура была на 3,4 градуса выше нормы. Во второй половине августа уборка не прекращалась, и за этот период выпало всего 0,3 мм дождя.

В целом погода 2022–2023 годов была благоприятна для озимых культур. Учитывая, что показатель ГТК составлял 1,82, год можно назвать достаточно влажным. 22 октября температура воздуха была на 5 градусов выше средней. Растения успешно прошли закалку к зимнему периоду. Содержание сахара в узле кущения было в пределах от 19 до 21 процентов. Зимой, то есть в декабре, январе

и феврале, было много снега. В первой декаде декабря снежный покров образовался при температуре от минус 2,5 до минус 10,9 градусов. Во второй декаде декабря выпало 67,9 миллиметров осадков, то есть в четыре раза больше обычного. Температура почвы на уровне узла кущения была 0,2 градуса, а средняя температура воздуха — 2,9 градуса. В январе выпало немного осадков — 28,9 миллиметров за месяц. В первой декаде температура была очень низкой, среднесуточно — минус 9,6 градуса, а в третьей декаде — чуть выше, около минус 2 градуса. Во второй и третьей декадах февраля выпало 28 миллиметров осадков. В эти периоды часто происходили дневные оттепели и ночные заморозки. В первой декаде марта высота снежного покрова достигла 1,3 метра. Снег полностью растаял к началу апреля (см. рис. 1, приложение А).

В первой декаде апреля снова началась вегетация растений. Средняя температура была выше нормы на 4,4 градуса. За месяц выпало 26,6 миллиметров осадков, что совпадало со средними многолетними значениями. В первой и второй декадах мая количество осадков составило 5,9 миллиметра, что в 5,5 раз меньше нормы. Тем не менее условия были благоприятны для весеннего сева. В июне и июле температурный режим приближался к норме. В третьей декаде июня выпало 52,7 миллиметра дождя, что больше обычного на 76%. Во второй декаде июля выпало 69,1 миллиметра осадков, что больше нормы на 154%, а в третьей декаде июля — 77,3 миллиметра, что превышает среднее значение на 168% соответственно. Осадки выпадали в форме дождей. Повышенные температуры первой и второй декад августа (22–23°C) ускорили созревание зерна.

2.3. Объект и предметы исследования

Объектом исследования служили три сорта озимой пшеницы: Немчиновская 85, Московская 40 и Московская 27. В ходе работы оценивали, как эти сорта реагируют на применение минеральных удобрений и средств защиты

растений в условиях средней полосы Нечерноземной зоны России, чтобы оценить их влияние на урожайность и качество зерна. В качестве объекта исследования использовались сорта озимой пшеницы из районов Центрального Нечерноземья, которые представлены выше.

Гибридная комбинация *Lutescens* 982/08 × Памяти Федина дала сорт Московская 27. Московская 27 – сорт, устойчивый к септориозу, бурой и стеблевой ржавчине и очень зимостойкий. Сорт устойчив к полеганию, дает больше зерна и больше продуктивных побегов на квадратный метр. Средняя урожайность составила 54,7 тонны на гектар (максимальная урожайность — 8,89 тонны на гектар), а растения достигли высоты 92,6 см. По элементам структуры урожайности сорт показал лучшие результаты среди других образцов: количество колосьев на один квадратный метр составило 604,3 штуки, масса 1000 зерен — 49,6 грамма, содержание белка в зерне — 14,4 процента [161].

По данным агроном эксперт, сорт Московская 40: эритроспермум. Вегетация: 271–319 дней, среднеспелый. Размер: 73–98. Колеоптильная антоциановая пигментация: средне-сильная. Куст: промежуточный, полупрямостоячий. Вошина: на колосе средняя, на суставе флагового листа – средняя. Форма кончика: веретеновидная, булавовидная. Длина и густота ушей: средние. Остевой волос початка средней длины. Край верхушки уха: не выражен. Плечо: округлое, узкое и прямое. Вилка: слегка изогнутая. Зерно: окрашенное. Удельный вес 1000 зерен 37–48 г. Заготовка дает обильный урожай при самых неблагоприятных условиях. Ни септориоз, ни твердая головня, ни снежная плесень не вредили пшенице, но она не была застрахована от мучнистой росы и бурой ржавчины. Хлебопекарные качества хорошие: сорт вошел в число лучших представителей озимой пшеницы. Рост колосьев не превышает 73–75 см, что для озимой пшеницы является значительным достижением. Из муки сорта Московской 40 хлебобулочные изделия выпекаются в промышленных масштабах. Мука элитная, высшего качества, с отличными характеристиками. Тесто

формируется за 4,5 минуты, а его размерная стабильность оценивается в пять баллов. Урожайность сорта пшеницы Московская 40 составляет около 33,7 ц/га. Однако на черноземе прибавка по норме 4,1 ц/га, т. е. урожайность 40,1 ц/га. В 2009 году в Калужской области был собран рекордный урожай, составивший 66,5 цента с гектара.

Гибридная комбинация Агапик (Италия) × Памяти Федина была индивидуальным отбором для создания сорта Немчиновская 85. Урожайность за годы исследования составляла в среднем 7,9 т/га, а максимальная – 10,1 т/га. Превышение нормы на 1,4 т/га было значительным. Растение достигло высоты 85,1 см, что на 21,5 см ниже стандартной высоты сорта. Отличается высоким содержанием клейковины в муке (30,8 %) и высоким содержанием белка в зерне (15 %). В 2019 году в экологическом сортоиспытании в Дубовицком, Орловской области, урожайность сорта составила 9,45 т/га.

2.4. Схема опыта и методология исследований

Исследования проводили в соответствии с Паспортом специальности ВАК Миннауки и высшего образования РФ 4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений. Метод ВНИИЗР (Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Защиты Растений) использовался для оценки восприимчивости озимой пшеницы к основным возбудителям грибных болезней [162]. Наблюдения проводили в фазы кущения, колошения и молочной спелости озимой пшеницы (приложение С). По диагонали учетной площади отбирали по 10 проб от 10 растений и определяли интенсивность поражения каждой болезнью. Затем по формулам определяли степень распространения и развития болезней.

Для достижения максимальной продуктивности озимой пшеницы следует размещать ее севооборот, в котором используются оптимальные предшественники, обеспечивает высокий уровень агротехники при возделывании

каждой культуры. Смена культур, отличающихся по своим биологическим особенностям, требованиям к условиям выращивания, воздействию на почву, способности подавлять сорняки и устойчивости к болезням и вредителям, создаёт благоприятные условия для воды, микробов и питания. Севооборот разработан с учётом организационно-экономических и почвенно-климатических условий, содержащий занятый пар, озимые зерновые, яровые зерновые и бобовые культуры. В опыте однолетние травы были предшественниками озимых культур. Эксперимент проводился по схеме с двумя факторами. Первый фактор — это сорта озимой пшеницы: Немчиновская 85, Московская 40 (как стандарт), Московская 27, выведенная в ФИЦ «Немчиновка». Второй фактор — это способы ведения агротехники, отличающиеся по количеству используемых минеральных удобрений и фитосанитарных средств: базовый (1), интенсивный (2) и высокий уровень интенсивности (3).

Фактор В включает в себя химикаты и методы выращивания (табл. 2). Протравливание семян было необходимо во всех трёх технологиях. В этом использовались Винцит Форте, 1,25 л на гектар, и Пикус, 1,0 л на гектар.

1. Базовая технология – это система получения урожая, которая имеет более 50 % биологического потенциала сорта растений и максимизирует использование ресурсов агроландшафта и плодородия почвы. Ожидается урожайность от 3,0 до 3,5 т/га. Удобрения применялись в количестве $N_{90}P_{60}K_{90}$ ($N_{30}P_{60}K_{90}$ — основное удобрение, N_{60} — весной во время роста). Смесь, состоящая из гербицида, инсектицида и фунгицида (Линтур, ВДГ 180 г/га + Данадим Пауер, КЭ 1 л/га + Импакт Эксклюзив, КС 0,5 л/га), используется только осенью для защиты растений. Защита весной, как ожидалось, проводится.

2. Интенсивная технология — это метод получения хорошего зерна, при котором компенсируется убыток питательных веществ и защищается посев от вредителей, болезней и сорняков, что позволяет реализовать более 65% потенциала сорта. Прогнозируемая урожайность достигает 5,0–5,5 т/га. Дозы

удобрений: $N_{30}P_{90}K_{120}$ — основное, N_{60} в фазе весеннего кущения и N_{30} при выходе в трубку. В осенний период используются средства защиты: гербициды, инсектициды и фунгициды. Для контроля сорной растительности применяли гербицид Тандем, ВДГ в дозе 0,03 кг/га, инсектицид Данадим Пауэр, КЭ в норме 1 л/га, а также фунгицид Импакт Эксклюзив, КС в дозе 0,5 л/га. Весной проводили обработки инсектицидом Данадим Пауэр, КЭ (1 л/га), фунгицидом Альто Супер, КЭ (0,5 л/га) и ретардантом Сапресс, КЭ (0,3 л/га) в фазе GS. При наличии мятликовых сорняков использовали препараты Импакт Эксклюзив, КС (0,75 л/га) и Данадим Пауэр, КЭ (0,6 л/га), а также Фокстрот, ВЭ (1,0 л/га) в сочетании с Сапресс, КЭ (0,3 л/га) в фазе GS 31–32. Согласно прогнозам развития болезней для защиты колоса применяли фунгицид Консул, КС (1,0 л/га) и инсектицид Вантекс, КС (60 мл/га).

3. Высокоинтенсивная технология является системой формирования максимальной урожайности качественного зерна с компенсацией выноса элементов питания при возделывании. Реализуется благодаря использованию высокопродуктивных сортов, комплексной защите от болезней, вредителей и сорняков, а также применению удобрений с учетом рационального использования финансовых, энергетических и трудовых ресурсов. Обеспечивает реализацию сортового потенциала свыше 85%. Планируемая урожайность озимой пшеницы превышает 7,0 т/га. Нормы удобрений были такими: $N_{180}P_{120}K_{180}$. Основные удобрения вносили как $N_{60}P_{120}K_{180}$. За сезон проводили подкормки: N_{60} в период весеннего кущения, N_{30} при выходе культуры в трубку и N_{30} в фазе колошения. В осенний период применяли средства защиты растений: гербициды, инсектициды и фунгициды — Атон, ВДГ 0,06 кг/га, Данадим Сила, КЭ 1 л/га, Импакт Эксклюзив, КЭ 0,5 л/га, ретардант Сапресс, КЭ 0,3 л/га. Весной применялись Агроксон, ВР 0,5 л/га, Данадим Пауэр, КЭ 0,6 л/га, Вантекс, КС 60 мл/га, Альто Супер, КЭ 0,5 л/га. При массовом распространении вредителей и эпифитотийном развитии болезней использовались Консул, КС 0,8 л/га совместно

с инсектицидом Данадим Пауэр, КЭ 0,6 л/га и Сапресс, КЭ 0,3 л/га (фаза ГС 31–32). Защита флагового листа обеспечивалась препаратами Консул, СК 1,0 л/га и Вантекс, МКС 0,6 л/га..

Таблица 2. Схема опыта по агротехнологиям озимой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка»

Предшественник	Система обработки почвы	Технология (фактор В)	
		Дозы удобрений, кг д. в. на га	Система защиты растений*
Черный пар	Вспашка на глубину 20–22 см, культивация на 10–12 см. Предпосевная культивация на 6–8 см, обработка почвы агрегатом «Катрос»	Базовая	
		Основное внесение N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀ ; подкормка N ₆₀	Протравливание семян + обработка посевов осенью (фаза 2–3 листа) баковой смесью пестицидов (гербицид + фунгицид + инсектицид), весной (фазы кушение – выход в трубку) обработка пестицидами по прогнозу
		Интенсивная	
		Основное внесение N ₃₀ P ₉₀ K ₁₂₀ ; подкормки N ₆₀ + N ₃₀	Протравливание семян + обработка посевов осенью (фаза 2–3 листа) баковой смесью пестицидов (гербицид + фунгицид + инсектицид), весной (фаза конец кушения - выход в трубку) – обработка посевов (гербицид + фунгицид + инсектицид + ретардант), защита колоса по прогнозу (фунгицид + инсектицид)
		Высокоинтенсивная	
		Основное внесение N ₃₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀ ; подкормки N ₆₀ + N ₃₀ +N ₃₀	Протравливание семян + обработка посевов осенью (фаза 2–3 листа) баковой смесью пестицидов (гербицид + фунгицид + инсектицид + ретардант), весной (фаза конец кушения - вывод в трубку) обработка посевов с использованием гербицидов, фунгицидов и ретардантов, а также обязательная защита в фазе флагового листа с использованием фунгицидов и инсектицидов
Примечание – * – Название пестицидов и препаративная форма соответствуют Государственному каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению в Российской Федерации			

Опрыскивание посевов проводили «Amazonе US – 605» 07 сентября (поле № 5) в 2020 г., 13 сентября (поле № 2) в 2021 г., и 12 сентября (поле № 4) в 2022 г. сорта озимой пшеницы высевали после однолетней злаково-бобовой смеси (вика + овес). Площадь поля составляет 1,7 гектара, а площадь опыта — 1,2 гектара. Каждая технология занимала общую площадь 80 квадратных метров (размером 4 метра на 20 метров), с учётом площади 16 квадратных метров и четырёхкратным повторением. После уборки предыдущего покрытия почву дважды обрабатывали агрегатом «Катрос».

После этого добавляли удобрения, перерабатывали почву и через 14 дней проводили посев с помощью сеялки Amazone. Норма высева озимой пшеницы Московская 40, Немчиновская 85 и Московская 27 составляла 5 млн всхожих зерен на гектар. Для уборки участков использовался комбайн «Winterschtaiger», а для скашивания участков – зерноуборочный комбайн «Сампо-500». По стандартам, принятым в России [163], измеряли и оценивали массу зерен в колосе, массу 1000 зерен, натуру зерна, содержание и качество сырой клейковины, содержание сырого белка (белка) в лабораторных условиях. Эти стандарты включали отбор средних проб для анализов по ГОСТ 13586.3-83 [164], натуру зерна по ГОСТ 10840-64 [165], массу 1000 зерен по ГОСТ 10842-89 [166], содержание и качество клейковины по ГОСТ 28796-90 [167], содержание сырого протеина по ГОСТ 10846-91 [168].

2.5. Агротехника в опыте

2.5.1. Место в севообороте

Современные сорта озимой пшеницы выращивают в севооборотах, где используются оптимальные предшественники, чтобы получить максимальный урожай. Научно обоснованное чередование культур позволило достичь высокого уровня агротехники. В севообороте применяют разные культуры, которые отличаются по своим биологическим особенностям, требованиям к условиям роста и воздействию на почву. Это помогает уменьшить поражение сорняками, вредителями и болезнями, улучшить водный и микрофлорный режим почвы. Выбор севооборота включает пар, озимые, яровые, зернобобовые и пропашные культуры, что соответствует организационным и почвенно-климатическим условиям.

2.5.2. Система удобрения

Озимая пшеница, являясь основной продовольственной культурой, дающая стабильные урожаи в основных районах возделывания, характеризуется высокой

чувствительностью к внесению удобрений. Эти высокие требования к плодородию почвы предопределены особенностями роста и развития растений, а также усвоением питательных веществ. Высокая урожайность озимой пшеницы обеспечивается только на плодородных почвах или при оптимальном использовании органических и минеральных удобрений. Почвенный раствор оказывает значительное влияние на развитие растений озимой пшеницы. Использование минеральных удобрений является необходимым условием получения высокого урожая, поскольку продуктивность и качество зерна определяются уровнем обеспеченности растений элементами питания в течение вегетационного периода. При этом интенсивные сорта более требовательны к условиям питания и способны полностью реализовать генетический потенциал только при полноценном и сбалансированном обеспечении элементами питания. Следует отметить, что норма минеральных удобрений пропорциональна выносу элементов питания и урожайности. После вспашки вносили минеральные удобрения и заделывали их в почву на глубину от 5–10 до 22–25 см. Заделка в почву производилась культиватором и боронами, в слое 0–6 см остается 30–50 % гранул, что может значительно снизить действие удобрений, а при недостатке влаги выход их минимален из-за высыхания верхнего слоя почвы.

В связи с тем, что озимая пшеница осенью усваивает небольшое количество элементов питания, эффективность удобрений под весеннее внесение фосфора и калия снижается в 1,5–2,0 раза. Азот и фосфор наиболее интенсивно поступают в растение с фазы весеннего кущения до колошения, когда происходит интенсивный рост вегетативных органов и формируется колос. Так, озимая пшеница до фазы колошения поглощает от 75 до 78 % азота и от 73 до 76 % максимального количества фосфора, а от 83 до 95 % общего количества калия, поступающего в растения в период от фазы весеннего кущения до фазы колошения, принимается и усваивается. Существует два критических периода, недостаток питательных элементов которых крайне негативно сказывается на

формировании будущего урожая: первый период наблюдается от появления всходов до ухода растений в зиму (осень), а второй – от весеннего отрастания до начала выхода растений в трубку (ранняя весна). Осенью растения озимой пшеницы потребляют относительно небольшое количество элементов питания, но очень чувствительны к их недостатку, особенно фосфора. Растения должны получать умеренное азотное питание и повышенное количество фосфора и калия для хорошего роста и перезимовки. Умеренная подача азота способствует нормальному развитию растений и создает условия для лучшего кущения. В этот период избыток азота приводит к снижению накопления углеводов в растениях, развития механических тканей и устойчивости растений к различным заболеваниям, ухудшает условия их зимовки, растения вытягиваются и полегают. Достаточное поступление фосфора улучшает развитие корневой системы, энергию кущения, синтез углеводов в листьях и узлах кущения, улучшает усвоение азота и создает благоприятные условия для развития растений, одновременно повышая устойчивость растений к низким температурам зимой. Достаточное поступление калия способствует накоплению углеводов в растениях, поддерживает оптимальный водный баланс и повышает устойчивость растений к болезням.

Озимая пшеница чувствительна к азотному питанию ранней весной. Действительно, она раньше возобновляет рост и требует лучшего азотного питания в этот период. Из-за низких температур минеральных соединений азота в почве очень мало, так как процесс мобилизации этого элемента в почве идет плохо и нитраты вымываются из корнеобитаемого слоя осадками осенью, зимой и ранней весной. Поэтому без дополнительного азота растения плохо растут и их кустистость слабеет. Начало появления трубчатых ростков из меристемы верхушечных точек роста стеблей растений, новые колоски, которые дифференцируются и в конце фазы трубчатых ростков отмирают во время весеннего кущения; количество колосков в колосе после этого периода уже не

увеличивается. Другими словами, при недостатке азота дифференцировка колоса происходит поздно, колос становится коротким и имеет мало колосков, а зерно становится хилым. Дефицит азота у озимой пшеницы неизбежно вызовет снижение урожайности в весенний период роста и развития. Качественные характеристики урожая озимой пшеницы формируются на этапе налива зерна. Аккумуляция белка в зерне происходит за счет поступления азота из почвы и растительной массы: 60–70% азота зерна образуется вследствие реутилизации из вегетативных органов и 30–40% — из почвы. Поступление азота в зерно из различных источников определяется режимом питания растений, внешними факторами и влагообеспеченностью почвы. Недостаток азота ранней весной приводит к снижению урожайности и качества зерна в период налива зерна из-за низкого накопления белка.

2.5.3. Методы предотвращения развития вредителей, болезней и сорных растений

2.5.3.1. Методика защиты растений от болезней

Среди самых опасных грибковых заболеваний озимой пшеницы выделяют ржавчину, мучнистую росу, септориоз и фузариоз. Для борьбы с этими болезнями и снежной плесенью применяют комплексные меры защиты. Рекомендованные защитные приемы используются при превышении уровня пораженности посевов экономических порогов вредоносности в фазе колошения. При слабом развитии заболеваний целесообразно профилактическое опрыскивание с минимальными нормами расхода фунгицидов. Для предотвращения поражения комплексом почвенных патогенов проводят предпосевную обработку семян биологическими препаратами. С целью ограничения развития мучнистой росы и септориоза выполняют обработку почвы и уничтожение растительных остатков. При незначительном уровне заражения проводится профилактическое опрыскивание с минимальной защитной нагрузкой. В случае критического развития болезней

осуществляют одно- или двукратные фунгицидные обработки в период вегетации, строго соблюдая регламент применения препаратов.

2.5.3.2. Методические подходы к защите от вредных организмов

Главными вредителями озимой пшеницы являются шведская муха, темная и светлая цикадки, мучной клещ, злаковая листовёртка, пшеничный трипс, полосатая хлебная блошка, хлебная тля и проволочник. Средства защиты растений применялись в период вегетации культуры.

Для проведения эксперимента на каждой делянке отбирали по десять растений в разных точках участка. Опрыскивание посевов осуществляли с использованием опрыскивателей ОПШ-15, ОПШ-15-01, ОП-2000-2-01 и ПОМ-630 при сплошном распылении, а также агрегатов РШ-110-1,6 и РШ-110-2,5. Обработки выполняли в утренние часы при скорости движения техники 6–10 км/ч и скорости ветра не более 3 м/с.

2.5.3.3. Методика защиты от сорных растений

При планировании и выполнении полевых опытов учитывали видовой состав сорной растительности, её биологические особенности и степень засорённости посевов. В исследованиях рассматривали два основных направления борьбы с сорняками — агротехническое и химическое.

Агротехнический способ, основанный на системе почвообработки и севооборотов, обеспечивал результативное угнетение разных биологических групп сорняков, ограничение благоприятных для них условий и уменьшение запаса семян и органов, которые позволяют растениям размножаться без привлечения семян, в слое почвы, где растут культуры. Осенняя вспашка была одним из основных методов борьбы с сорняками. Химический метод заключался в применении гербицидов, выбор которых по количеству и срокам использования зависел от того, насколько почва засорена, в какой фазе находится озимая пшеница и какие погодные условия. Гербицидная обработка посевов выполнялась в период полного кущения озимой пшеницы для предупреждения

распространения сорняков. Это связано с тем, что озимая пшеница весной растет медленно, что делает ее более податливой для засорения сорняками.

2.6. Методы наблюдений, учётов и анализов

На протяжении трехлетнего периода исследования выполнялись согласно действующим государственным стандартам для мониторинга водного режима, питательного статуса почвы, агрофизических параметров, фотометрических и фотосинтетических характеристик растений. Применялись стандартизированные методики для установления элементов структуры урожая, продуктивности сортов, качественных показателей и характеристик зерна. Содержание NPK в почве и зерне, концентрация сырого протеина (формула $N \times 6,25$), крупность зерна определялись по Государственной методике сортоиспытания [169–177]. В период роста растений изучали агрофизические и агрохимические свойства почвы: плотность, количество воды, доступной для растений, и уровень питательных веществ (азот, фосфор, калий). В момент уборки проверяли структуру и урожайность разных сортов, а также качество зерна: содержание клейковины и белка, морфологические признаки, стекловидность и хлебопекарные свойства. Фенологические исследования озимой пшеницы проводились в порядке следования фаз её развития, таких как всходы, осенние и весенние кущения, выход в трубку, колошение, молочная спелость и полная спелость. Фазу всходов или прорастания определяли по появлению первого настоящего листа или шильца. Появление трех боковых листьев озимой пшеницы ознаменовало фазу осеннего кущения. Разрастание самого нижнего междоузлия стебля свидетельствовало о фазе выхода в трубку. Появление колосовидных соцветий в пазухе флагового листа свидетельствовало о фазе колошения. В фазе колошения листья растений остаются зелеными на всех уровнях. Через девять–двенадцать дней наступает фаза молочной спелости. В этот период масса зерна почти вдвое растет, а листья среднего яруса начинают желтеть и умирать. Все вегетативные органы отмирают во время полной спелости. Наступление

твердости зерна и легкое отделение зерна от колосковых чешуек были признаками фазы полной спелости. Во всех этапах проводились измерения густоты посева. Образцы растений измельчали и сушили при 100–105 °С для определения содержания сухого вещества. Динамику прироста сухой массы измеряли с помощью государственной методики сортоиспытаний зерновых, бобовых и кормовых культур. Полевая всхожесть измерялась путем расчета их количества на закрепленных с осени участках (0,83 x 0,15 см²), а затем вычислялась как процентное отношение количества семян, давших всходы, к количеству семян, посеянных. Процент растений, перезимовавших по отношению к числу растений в полной всхожести, используется для оценки сохранности растений после перезимовки посевов озимой пшеницы [178]. Чтобы найти чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПП), измерили площадь листа (S).

Площадь (S) листовой поверхности была измерена в течение следующих периодов времени:

- Перед тем как зайти в зиму;
- в стадию кущения;
- в стадию выхода в трубку;
- в стадию колошения и
- в фазу полной спелости зерна следует использовать метод промеров (измерений), используя формулу А. Н. Зуева.

Площадь общего листа пробы (Дср, см) равна:

$$S = D_{\text{ср}} \times Ш_{\text{ср}} \times 0,7 \times n, \quad (2.1)$$

где Шср – ширина листа, см;

n – количество измеренных листьев, шт.

Для определения фотосинтетического потенциала (ФП, тыс. м²/га сутки) за вегетационный период используется следующая формула А. А. Ничипоровича и др.

$$\Phi\Pi = \frac{(Л1 + Л2) \times Т1 + (Л2 + Л3) \times Т2 + (Л3 + Л4) \times Т3}{2}, \quad (2.2)$$

где Л1 – площадь листьев в предыдущей фазе, тыс. м²/га;

Л2, Л3, Л4 – площадь следующей фазы, тыс. м²/га;

Т – количество дней между фазами.

Чистую продуктивность фотосинтеза растений (ЧПФ, г/м² в сутки) считают по формуле:

$$\text{ЧПФ} = \frac{В2 - В1}{\Phi\Pi}, \quad (2.2)$$

где В1 = абсолютно сухая масса растений, достигнутая в предыдущей фазе, г/м²;

В2 = представляет собой абсолютно сухую массу растений в последующую фазу, г/м²;

ФП = фотосинтетический потенциал за период вегетации, тыс. м²/га сутки.

Чтобы найти ЧПФ посева, нужно измерить абсолютно сухую массу растений в граммах на квадратный метр в те же сроки (фазы), что и измерять площадь листьев. Растения выбираются в трех местах по диагонали из двух смежных повторений каждого сорта. У колосовых растений два смежных рядка длиной 56 см, или 0,5 м. Растения в лаборатории взвешивают, измельчают и из этой массы выделяют две навески по 40–50 г каждая. В сушильном шкафу навески высушивают до постоянной массы при температуре 60–70 °С. Вычисляют сухую массу растений и процент влажности на 1м².

Уборка проводилась комбайном «Winterschtaiger». Для расчета затрат на выращивание озимой пшеницы использовали стандартные технологические карты, при этом учитывались изменения закупочных цен на рынке. В ходе исследований данные агрометеорологической станции Немчиновка позволили охарактеризовать погодные условия для озимой пшеницы. Расчет экономической эффективности применения минеральных удобрений и препаратов по защите растений при возделывании озимой пшеницы производился на основании технологических карт по ценам и тарифам, действующим за 2021–2023 гг.

Расчет экономической эффективности:

1. Стоимость урожая = урожайность x закупочную цену;
2. Условно чистый доход = стоимость – затраты;
3. Рентабельность = затраты / стоимость x 100;
4. Себестоимость = затраты + 30 % от затрат / урожайность;
5. Окупаемость = чистый доход / затраты.

Расчет энергической эффективности:

1. Выход энергии = урожайность x коэффициент (16,44);
2. Затраты = урожайность x коэффициент (12) / 100;
3. Коэффициент энергетической эффективности = выход энергии / затраты / урожайность.

Для статистической обработки результатов исследований использовали компьютерную версию «АГРОС» 2.07 и программы Microsoft Office Excel, RStudio и Python. Экономическая эффективность определялась по методике, разработанной НИИ экономики сельского хозяйства. Эта методика основывалась на технологических картах, которые были составлены для каждого из рассмотренных вариантов агротехнологий. Для оценки энергоэффективности также используются методы экономической эффективности.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Наблюдения за фенологическими фазами развития растений и водно-физическими свойствами почвы

В ходе проведённых исследований установлено, что формирование культуры при использовании различных технологий возделывания определяется совокупностью факторов. Некоторые из этих факторов, в том числе климатические условия, влияют на все растения одинаково. Другие факторы, например, качество обработки почвы, её плодородие, внесение удобрений и использование защитных средств, также играют важную роль и другие технологические действия — это результат выбранного способа выращивания культуры и по-разному воздействуют на состояние почвы и развитие растений во время их роста.

Климат влияет на рост и развитие растений, время наступления фенологических фаз и продолжительность вегетационного периода, что влияет на урожайность растений [179]. Продолжительность вегетационного периода также значительно влияет на показатели качества зерна озимой пшеницы.

Протравливание семян перед посевом, внесение повышенных доз удобрений и использование препаратов по защите растений в период Вегетация повлияла на появление растений, их зимовку и рост на поле. Также обработка семян стимулирует их развитие, защищает от болезней и вредителей, что особенно важно на ранних этапах жизни растений, помогает накапливать сахар и другие вещества, необходимые для зимовки. В течение каждого из трех лет, посев озимой пшеницы проводился в оптимальные сроки для Центрального Нечерноземья: 7 сентября в 2020 г., 13 сентября в 2021 г. и 12 сентября в 2022 г. Температурный режим, влажность почвы на глубине посева и качество семян определяли продолжительность посевно–всходового периода. На восьмой и десятый день после посева мы наблюдали полные всходы.

Полевая всхожесть определяется как процент проросших растений по сравнению с количеством жизнеспособных семян, выявленных при посеве. Урожайность озимой пшеницы зависит от всхожести и качества семян. Многие факторы влияют на то, как хорошо взойдет озимая пшеница в поле; главными из них являются погодные условия, длительность периода посева, состояние слоя почвы, где будут посажены семена, качество самих семян и наличие остатков растений на поверхности почвы. (табл. 3).

Таблица 3. Полевая всхожесть семян и перезимовка растений

Показатель		Сельскохозяйственный год											
		2020–2021				2021–2022				2022–2023			
		Немчиновская 85	Московская 27	Московская 40	НСР ₀₅	Немчиновская 85	Московская 27	Московская 40	НСР ₀₅	Немчиновская 85	Московская 27	Московская 40	НСР ₀₅
Полевая всхожесть	шт./м ²	437	466	456	-	430	433	450	-	440	417	291	-
	%	88	93	91	18,5	85	87	90	23,9	88	83	58	20,1
Перезимовка	шт./м ²	415	439	437	-	402	418	442	-	411	390	272	-
	%	98	97	95	15,3	94	97	98	17,7	99	94	66	16,2

Данные таблицы 2 показали, что в 2021 году полевая всхожесть семян составляла от 88 до 93 процентов в зависимости от сорта и технологии возделывания. Таким образом, все сорта пшеницы озимой продемонстрировали стабильное развитие растений осенью. Сорт Немчиновская 85 показал самый

высокий уровень перезимовки (98 процентов), а сорт Московская 27 показал 97 процентов и сорт Московская 40 показал 95 процентов.

В 2022 году всхожесть семян колебалась от 85 до 90 % в зависимости от сорта. Таким образом, все сорта продемонстрировали стабильное развитие растений осенью. Лучшая перезимовка отмечена у сорта Московская 40 – 98 %, у сорта Московская 27 количество перезимовавших растений составило 97 %, у сорта Немчиновская 85 количество перезимовавших растений составило 94 %.

В зависимости от сорта в 2023 году полевая всхожесть семян увеличилась от 58 до 88 %. Перезимовка растений озимой пшеницы всех сортов варьировала. Таким образом, все сорта озимой пшеницы хорошо развивались осенью. У сорта Немчиновская 85 была наилучшая перезимовка – 99 %; у сорта Московская 27 количество перезимовавших растений составило 94 %, а у сорта Московская 40 количество перезимовавших растений составило 66 %.

Сроки появления и развития фенологических фаз зависят от общего количества теплоэффективных дней и условий, в которых растёт растение. Интенсивные технологии защищают растения от вредителей и болезней, а также помогают им лучше питаться. Эти технологии помогают растениям лучше использовать процесс фотосинтеза, что приводит к увеличению количества зеленой массы, которая затем превращается в различные ткани и органы растений. Из-за этого рост растений становится более интенсивным, и срок созревания урожая увеличивается. В таблице 3 представлены фенологические наблюдения за развитием озимой пшеницы. Они подходят для данного климата. На десятый, одиннадцатый и двенадцатый день после посева (17, 23 и 25 сентября соответственно) были замечены полные всходы. Спасибо за теплую погоду в первых днях октября, благодаря этому растения хорошо подготовились к зиме. Весной их подкормили азотными удобрениями (15 апреля в 2021 году, 12 апреля в 2022 году и 10 апреля в 2023 году) несколько ускорилось отрастание, и в мае температура была достаточно высокая (выше 10 градусов Цельсия), началась фаза

колошения 11 мая 2021 года, 18 мая 2022 года и 19 мая 2023 года. Ускоряются этапы, которые начинаются с выхода в трубку и продолжаются до молочной зрелости. Урожай озимой пшеницы созрели 28.07.2021 г., 03.08.2022 г. и 04.08.2023 г. Различия между сортами не превышали 1–2 дня.

Все сорта озимой пшеницы имеют высокий процент перезимовавших растений, кроме Московской 40 в 2023 году. Вступление и переход растений через разные стадии зависят от суммы тепла и условий, в которых они находятся. Современные методы, которые обеспечивают растениям лучшее питание и защищают растения от болезней и вредителей, помогают лучше использовать процесс фотосинтеза, что ведет к увеличению количества зеленой массы. Эта масса нужна для роста и развития тканей и органов растения. Логично, что при интенсивном росте растений удлиняется период их жизни.

Прохождение фенофаз отличалось от среднемноголетних значений из-за изменчивой погоды (табл. 4).

В наших исследованиях всходы появились в 2020, 2021 и 2022 годах, соответственно на 10, 12 или 11 день. Фаза кущения у растений озимой пшеницы наступила в 2020 году через 32 дня после всходов, в 2021 году – 33 дня, а в 2022 году – 32 дня. Выход растений в трубку произошёл в 2021 году 11 мая, в 2022 году – 18 мая, а в 2023 году – 19 мая, что соответствует срокам 211, 204 и 208 дней. Колошение в 2021 и 2023 годах наступило через 22 дня после выхода растений в трубку, а в 2022 году – через 23 дня, то есть 2 июня, 11 июня и 10 июня соответственно. Цветение и молочная спелость происходили с интервалом 4–5 дней. Молочно–восковая спелость зерна озимой пшеницы наступила в 2021 году через 19 дней, в 2022 году – через 17 дней и в 2023 году – через 16 дней после наступления молочной спелости зерна наступает восковая спелость, соответственно, через 20, 18 и 19 дней после молочно-восковой спелости и полная спелость – через 8, 7 и 9 дней после восковой, соответственно. Убрали озимую пшеницу в 2021 году 28 июля, в 2022 году – 03 августа и в 2023 году – 04 августа.

Общая продолжительность вегетационного периода озимой пшеницы за опытные годы колебалась от 323 до 326 дней.

Таблица 4. Сроки и длительность фенологических фаз развития озимой пшеницы

Фазы развития растений	Дата наступления фазы развития					
	2020–2021 гг.		2021–2022 гг.		2022–2023 гг.	
	Календарные сроки	Продолжительность, дней	Календарные сроки	Продолжительность, дней	Календарные сроки	Продолжительность, дней
Посев*	07.09.2020	-	13.09.2021	-	12.09.2022	-
Всходы	17.09.2020	10	25.09.2021	12	23.09.2022	11
Кущение	19.10.2020	32	28.10.2021	33	25.10.2022	32
Выход в трубку	11.05.2021	211	18.05.2022	204	19.05.2023	208
Колошение	02.06.2021	22	10.06.2022	23	11.06.2023	22
Цветение	06.06.2021	4	15.06.2022	5	16.06.2023	5
Молочная спелость	11.06.2021	5	20.06.2022	5	19.06.2023	4
Молочно-восковая спелость	30.06.2021	19	07.07.2022	17	05.07.2023	16
Восковая спелость	20.07.2021	20	25.07.2022	18	24.07.2023	19
Полная спелость	28.07.2021	8	01.08.2022	7	02.08.2023	9
Уборка*	28.07.2021	-	03.08.2022	-	04.08.2023	-
Вегетационный период	-	323	-	324	-	326
Примечание – * – операции посева и уборки не относятся к фенологическим фазам развития растений						

Посев был выполнен осенью 2020 года 7 сентября. В весенне-летний период много выпало дождя. В третью декаду апреля выпало 44,8 мм осадков, что в 6,4 раза больше обычного. В первую декаду мая выпало 48,3 мм, что в 3,3 раза больше среднего. Всего в апреле выпало 74,6 мм осадков, а в мае – 85,7 мм. В июне и июле было тепло, но дождь выпал меньше обычного: в первую декаду июля – 71 мм, что в 2,4 раза меньше, а во вторую декаду июля – 47 мм, что в 1,7 раза меньше.

Гидротермический коэффициент за весенне-летний период составил 1,36. Зимой растения хорошо пережили и весной имели возможность нормально развиваться.

13 сентября 2021 года был проведён осенний посев. Всходы озимой пшеницы появились на двенадцатый день после посева, а ещё через пять дней растения перешли в фазу листораспускания. Фаза выхода в трубку сформировалась 18 мая, что было обусловлено своевременным внесением азотных удобрений при весенней подкормке, несколько ускорившей рост, а также благоприятным температурным режимом мая, когда среднесуточные температуры превышали 10 °С. Созревание озимых наступило 1 августа 2022 года.

12 сентября 2022 года закончили осенние посевы. Через одиннадцать дней после посева появились всходы. Наблюдения за развитием озимой пшеницы показали, что погода сильно влияет на рост растений. Полные всходы были зафиксированы 23 сентября. В первой декаде октября, когда была тёплая погода, начался процесс распускания листьев 6 октября, после чего растения вошли в зиму в хорошем состоянии. Весной 2023 года была проведена подкормка азотными удобрениями, способствовала ускорению роста, и 7 июня была зарегистрирована фаза выхода в трубку при достаточном обеспечении теплом в мае (среднесуточная температура выше 10 °С). В результате продолжительность периода от появления всходов до наступления молочной спелости сократилась. Созревание озимых культур началось 2 августа 2023 года.

Плотность, которая показывает массу сухой почвы в единице объема при естественном состоянии, является одним из признаков строения пахотного слоя.

Плотность растений зависит от микробов в почве, условий, в которых они живут, скопления питательных веществ и от водно-воздушного, а также теплового режима.

Согласно исследованиям И. Б. Ревути и других [180], для каждого отдельного вида растений существует своё оптимальное значение плотности,

которое создаёт наиболее благоприятные условия для роста и получения урожая. Это составляет 1,1–1,3 г/см³ для озимых культур (табл. 5).

Таблица 5. Плотность почвы под озимой пшеницей на глубине 0–20 см, г/см³, за 2021–2023 годы.

Сорт	Технология	Фаза развития								
		Кущение			Выход в трубку			Колошение		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Немчиновская 85	Б	1,14	1,10	1,17	1,17	1,19	1,16	1,18	1,28	1,29
	И	1,13	1,09	1,15	1,18	1,24	1,13	1,16	1,27	1,28
	В	1,15	1,12	1,14	1,17	1,17	1,14	1,17	1,28	1,27
Московская 27	Б	1,13	1,11	1,17	1,20	1,19	1,17	1,17	1,27	1,30
	И	1,12	1,12	1,16	1,18	1,21	1,15	1,18	1,29	1,28
	В	1,11	1,11	1,17	1,21	1,20	1,15	1,17	1,29	1,29
Московская 40	Б	1,13	1,09	1,18	1,18	1,21	1,17	1,19	1,28	1,28
	И	1,13	1,12	1,18	1,19	1,19	1,16	1,17	1,27	1,29
	В	1,12	1,11	1,16	1,21	1,19	1,15	1,19	1,28	1,29
НСР ₀₅		0,06	0,39	0,10	0,07	0,34	0,13	0,09	0,32	0,45
Примечание – Б – базовая, И – интенсивная, В – высокоинтенсивная технология; НСР ₀₅ – наименьшая существенная разность для 5 %-го уровня значимости										

Плотность почвы под посевами озимой пшеницы соответствовала оптимальным значениям в основные периоды роста культуры, в зависимости от используемых технологий. За три года она колебалась в фазу кущения, фазу выхода в трубку и фазу колошения.

В 2020–2021 году плотность почвы была оптимальной. В период кущения она составляла 1,11–1,15 г/см³, в период выхода в трубку — 1,17–1,21 г/см³, а в период колошения — 1,16–1,19 г/см³.

Плотность сложения была оптимальной и в 2021–2022 году. В фазе кущения она составляла 1,09–1,12 г/см³; в фазе выхода в трубку – 1,17–1,24 г/см³; и в фазе колошения – 1,26–1,29 грамма на кубический сантиметр.

Плотность сложения была также оптимальной в 2022–2023 году. Изменения наблюдались в фазу кущения от 1,14 до 1,18 г/см³, выхода в трубку от 1,13 до 1,17 г/см³ и колошения от 1,27 до 1,31 г/см³.

Недостаток или избыток влаги в почве может оказать существенное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Систематическое наблюдение за влажностью почвы у разных растений позволяет выявить потребности растений в воде на отдельных стадиях развития и выяснить, зависит ли продуктивность растений от режима влажности почвы. Кроме того, на основе данных о влажности оцениваются различные агрономические и рекультивационные мероприятия по обогащению, сохранению и регулированию влаги.

Рост надземной части растений и их корней зависит от уровня влажности почвы. В период, когда появляются всходы, до формирования куста состояние посевов зависит от влаги в верхнем слое почвы (0–20 см). Для правильного развития посевов уровень влаги должен быть более 10 мм. Если воды недостаточно, то образуются пустые колоса и происходит череззернище, что снижает массу зерна. Если влага избыточная, то посевы полегают, а риск болезней и вредителей увеличивается. Уровень влажности почвы для посевов разных сортов озимой пшеницы указан в таблице 6 и приложении D.

Таблица 6. Показатели влажности в процентах почвы на глубине 0–20 см под озимой пшеницей за период с 2021 по 2023 год.

Сорт	Технология	Фаза развития								
		Кущение			Выход в трубку			Колошение		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Немчиновская 85	Б	20,4	18,9	16,5	15,0	15,8	17,6	14,3	10,9	13,8
	И	19,8	18,0	16,3	14,5	15,5	18,2	13,2	10,6	14,0
	В	23,1	18,2	16,8	14,9	15,4	18,9	13,3	10,7	13,7
Московская 27	Б	22,5	18,9	17,2	14,6	15,5	17,2	14,2	10,7	13,5
	И	20,2	18,0	17,5	15,6	15,6	16,4	14,4	10,9	13,9
	В	19,9	18,7	17,4	14,8	15,8	19,5	14,7	10,2	13,4
Московская 40	Б	20,4	18,2	16,9	15,4	15,6	18,4	13,2	10,4	14,2
	И	21,3	18,8	16,4	15,9	15,7	18,5	14,4	10,8	13,7
	В	21,6	18,4	17,3	14,9	15,5	19,0	14,4	10,9	13,3
НСР ₀₅ по опыту		0,57								
НСР ₀₅ по фактору А		0,80								
НСР ₀₅ по фактору В		0,97								

В 2021 году у озимой пшеницы было достаточно влаги в пахотном горизонте от 0 до 20 см в течение всего вегетационного периода. Влага почвы составляла 19,8–23,1 % во время кушения, а во время выхода в трубку 14,5–15,9 % и колошения 13,2–14,7 %.

В 2022 году влажность почвы под озимой пшеницей в стадии кушения составляла 18,0–18,9%, в стадии выхода в трубку — 15,4–15,8%, а в стадии колошения — 10,2–10,9%.

В 2023 году влажность почвы под озимой пшеницей в стадии кушения составила 16,3–17,5%, в стадии выхода в трубку — 16,4–19,1%, а в стадии колошения — 13,3–14,2%.

В таблице 7 и в приложении Е приведены данные о количестве воды, которая может быть использована растениями (измеряется в миллиметрах), в слое почвы толщиной 0–20 см под посевами разных сортов озимой пшеницы.

Таблица 7. Количество воды, доступной для растений (мм), в слое почвы 0–20 см под посевами различных сортов озимой пшеницы.

Сорт	Технология	Фаза развития								
		Кушение			Выход в трубку			Колошение		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Немчиновская 85	Б	19,5	20,9	25,3	12,9	19,0	27,6	12,4	13,2	20,9
	И	19,5	19,9	24,4	13,5	18,6	28,3	12,0	13,5	21,2
	В	20,6	20,1	25,4	12,1	18,5	30,0	12,8	13,6	20,6
Московская 27	Б	20,4	20,9	27,0	12,2	18,6	27,0	12,0	13,4	20,3
	И	18,4	19,9	27,5	12,9	18,7	24,6	12,8	13,6	21,1
	В	18,3	20,7	27,3	13,9	18,9	31,8	13,8	12,8	19,9
Московская 40	Б	19,5	20,1	26,4	13,9	18,7	29,6	11,9	13,0	21,7
	И	18,5	20,8	25,2	12,8	18,9	29,6	12,0	13,5	20,7
	В	18,5	20,4	27,0	16,1	18,6	30,5	12,9	13,6	19,6
НСР ₀₅ по фактору А		0,68								
НСР ₀₅ по фактору В		0,74								

В 2021 году запасы продуктивной влаги в пахотном слое (0–20 см) составляли 17,1–21,3 мм во время фазы кушения, 12,1–16,1 мм в период выхода растений из трубки и в фазе кушения запасы воды в почве составляли 11,9–13,8

мм. Достаточное количество воды позволило растениям расти и развиваться, а также получить урожай озимой пшеницы. В фазе кущения в 2022 году уровень воды в верхнем слое почвы (на глубину до 20 см) составлял 19,9–21,8 мм.

В 2022 году во время кущения, при посевах, объем воды, доступной для растений, в верхнем слое почвы (глубиной до 20 см) был в пределах 19,9–21,8 мм. Осадки, которые выпадали время от времени в период выхода растений из трубки, почти не повлияли на рост растений и количество воды в верхнем слое почвы. В период колошения уровень воды немного понизился, но он оставался на уровне 10 мм в слое на глубине 20 см, что хватало для созревания зерна. На протяжении всего периода роста растений уровень воды в почве не достиг критического уровня засухи.

В фазе кущения в 2023 году объем воды в верхнем слое почвы (0–20 см) составлял 24,4–27,5 мм. запасы продуктивной влаги в пахотном слое (0–20 см) составляли 24,4–27,5 мм. Периодически выпавшие осадки в фазе выхода в трубку практически не влияли на развитие растений и запасы влаги в пахотном слое. Осадки, которые выпадали время от времени в период выхода растений из трубки, почти не влияли на рост растений и количество воды в верхнем слое почвы. В фазе колошения году количество воды в верхнем слое почвы (0–20 см) составляло 24,4–27,5 мм.

Таким образом, уровень увлажнённости почвы и запасы доступной влаги в слое 0–20 см, где формируется основная часть корневой системы, были достаточными, что обеспечило нормальный рост, развитие и формирование урожая озимой пшеницы.

3.2. Режим минерального питания

Одной из самых важных проблем современного сельского хозяйства является снижение плодородия почв. Это связано с тем, что большое количество

органических и минеральных веществ извлекается из почвы в процессе производства товарной продукции, при этом их восполнение составляет всего от десяти до двадцати процентов [181, 182].

Наблюдения за количеством нитратного азота в верхнем слое почвы (0–20 см) в разных вариантах опытов в 2021 году показали, что содержание нитратного азота менялось в течение всего периода роста озимой пшеницы. Эти изменения зависели от использованной технологии и количества внесённых азотных удобрений (рис. 2, 3 и 4, приложение F).

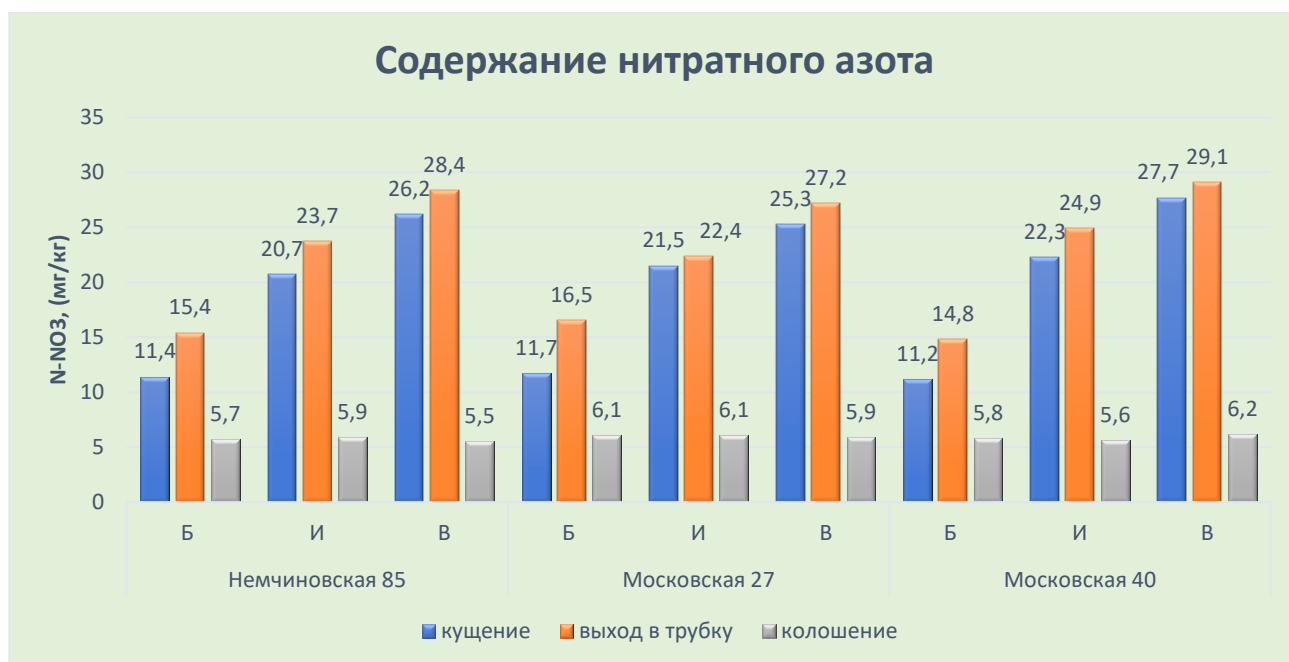


Рисунок 2. Динамика содержания нитратного азота в верхнем слое почвы (0–20 см) в 2021 году, выраженная в мг на килограмм абсолютно сухой почвы.

В период кущения содержание нитратного азота в верхнем слое почвы при использовании базовой технологии было низким, и составляло 11,2–11,7 мг/кг.

В то же время при применении интенсивных и высокоинтенсивных технологий уровень нитратного азота был значительно выше: 20,7–22,3 мг/кг и 25,3–27,7 мг/кг соответственно.

Применение азотных удобрений позволило сохранить содержание нитратного азота на уровне, соответствующем фазе выхода в трубку озимой пшеницы.

На базовой технологии уровень нитратного азота составил 14,8–16,5 мг/кг. При интенсивной технологии он достиг 22,4–24,9 мг/кг, а при высокоинтенсивной – 27,2–29,1 мг/кг, что означало высокий уровень содержания.

В результате сильного роста растений озимой пшеницы в фазе колошения содержание нитратного азота в верхнем слое почвы снизилось до 5,5–6,2 мг/кг. при всех вариантах ухода, что соответствовало очень низкому уровню.

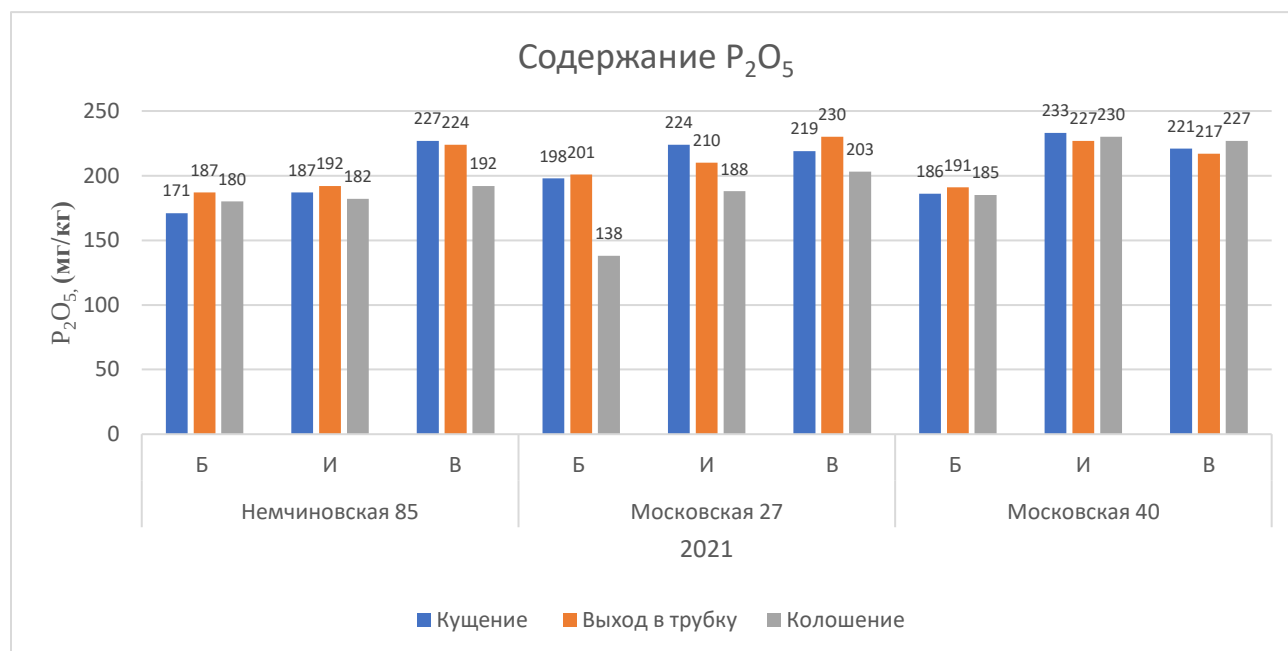


Рисунок 3. Содержание фосфора в пахотном слое почвы на глубине от 0 до 20 см в 2021 году, мг на килограмм абсолютно сухой почвы.

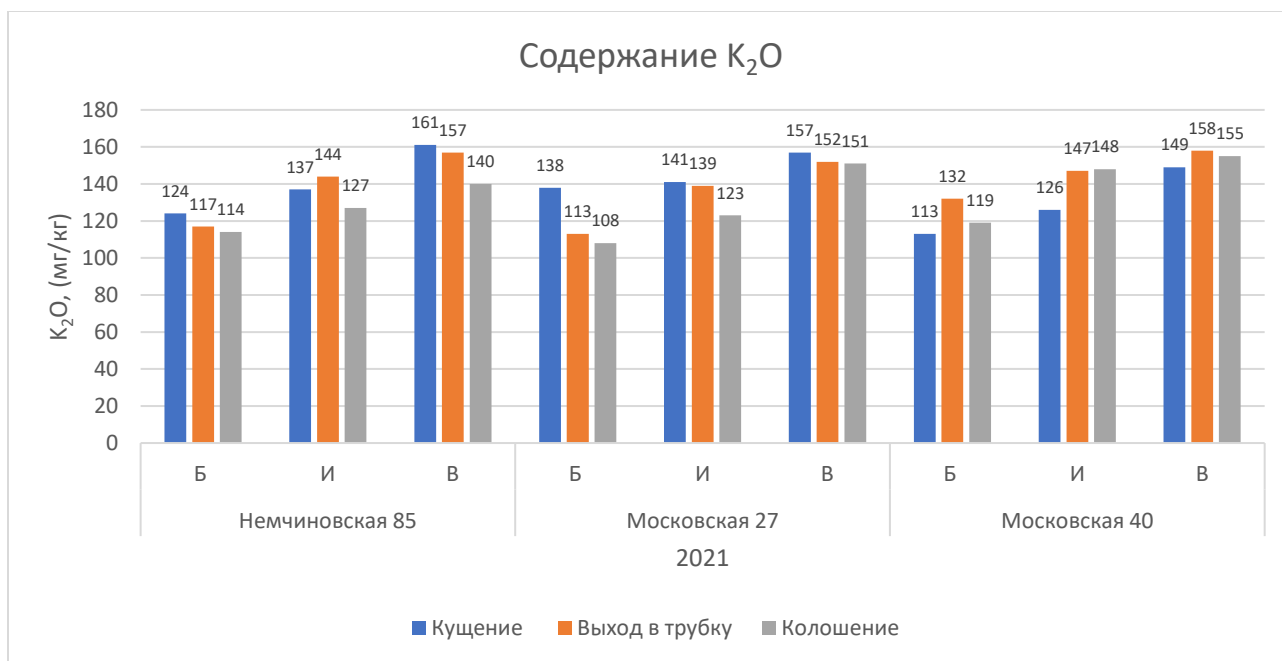


Рисунок 4. Изменения уровня калия в верхнем слое почвы на глубине от 0 до 20 см в 2021 году, выраженные в миллиграммах калия на килограмм абсолютно сухой почвы.

В течение сезона посева озимой пшеницы в 2022 году уровень нитрата азота в верхнем слое почвы оставался низким, не превышая 10 мг на килограмм, в слое почвы на глубине 0–20 см (рис. 10). Но в тенденции увеличивалось с ростом интенсивности по всем технологиям и во все фазы развития. Такое низкое содержание азота обуславливается низкими температурами в мае (9,1; 11,2; 10,9 °C), что препятствовало росту и развитию растений. Согласно рабочей программы под озимые культуры внесли удобрение с содержанием азота 10 %, фосфора 26 %, калия 26 %. Осенью азот израсходовался, весной отбирали образцы до подкормки (кущение, табл. 10). Затем провели подкормку аммиачной селитрой и через 10 дней второй срок отбора образцов. В почве имеем низкое содержание азота (выход в трубку). И опять та же самая ситуация. К третьему сроку (колошение) опять в почве низкое содержание азота, а в растениях достаточное для развития.

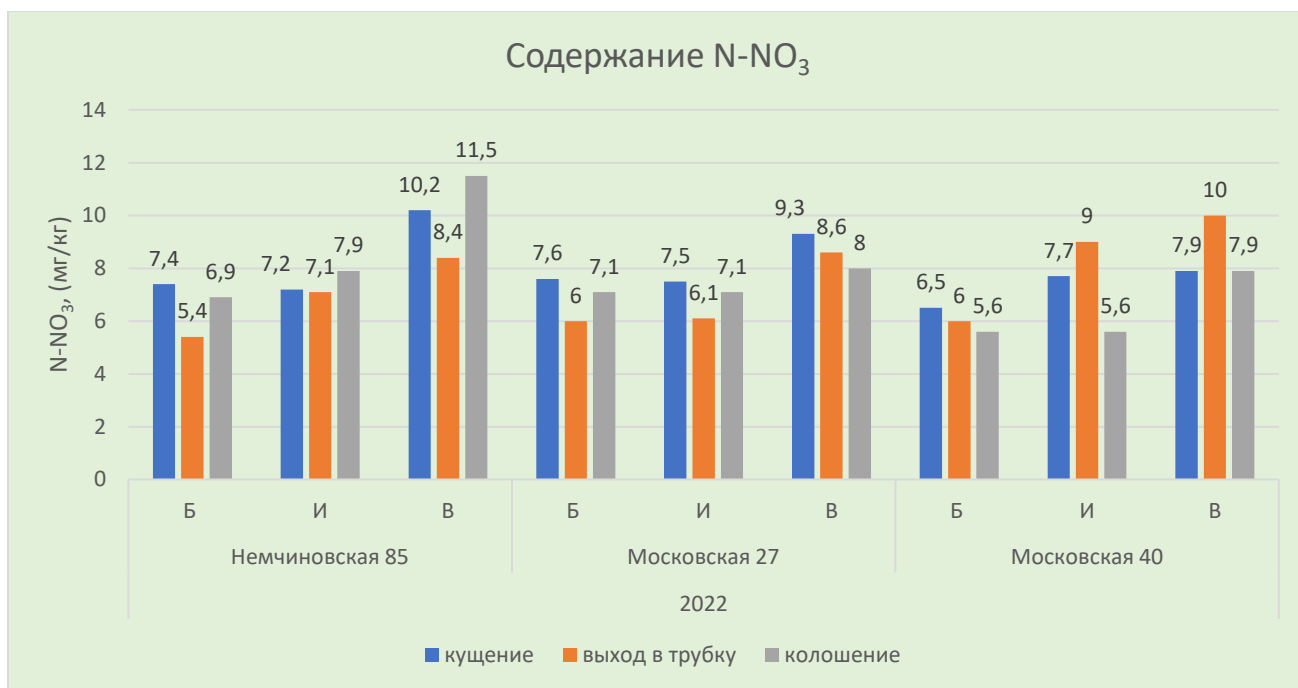


Рисунок 5. Динамика содержания нитратного азота в пахотном слое почвы в диапазоне от 0 до 20 см в 2022 году

В отношении фосфора и калия можно сказать, что содержание их находится в группе за 250 мг/100 г почвы по всем фазам развития и изучаемым технологиям (рис. 6 и 7). Кроме варианта с Немчиновской 85, базовая и высокоинтенсивная технология, где среднее содержание калия (80–120 мг/100 г почвы).

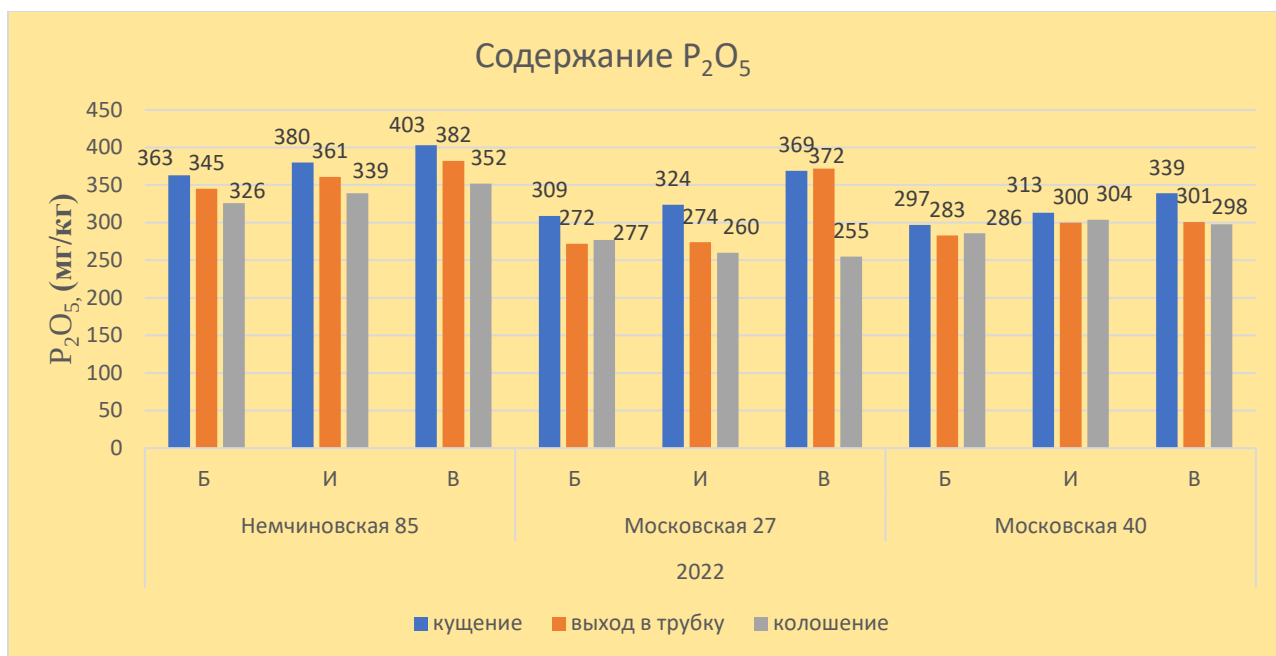


Рисунок 6. В 2022 году динамика содержания фосфора в пахотном слое почвы в диапазоне от 0 до 20 см

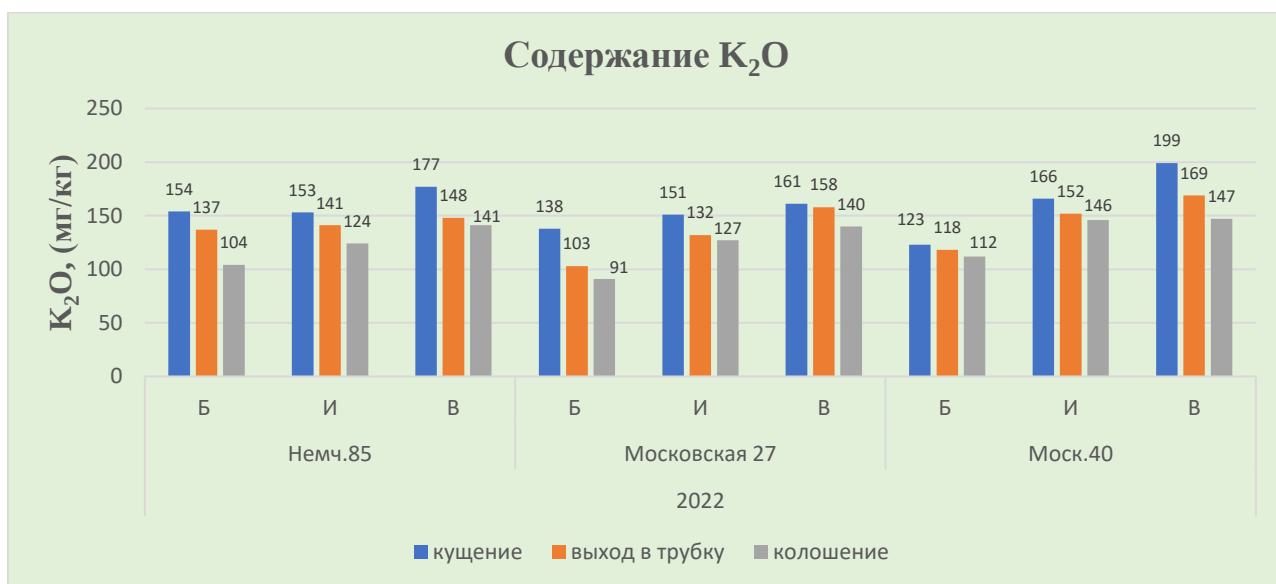


Рисунок 7. Динамика содержания калия в пахотном слое почвы в диапазоне от 0 до 20 см в 2022 г.

Содержание питательных элементов в растениях показывает, что азота в них достаточно в фазу кущения и в последующие фазы развития. Скорее всего, это произошло за счет подкормки посевов аммиачной селитрой.

Таким образом, запас основных элементов питания был достаточным во всех фазах для роста, развития растений озимой пшеницы и получения достаточного количества урожая.

После уборки урожая проведено обследование пахотного слоя поля № 2 по таким агрохимическим показателям как реакция почвенной среды, содержание подвижного фосфора и калия.

В нашем анализе содержание питательных веществ в растениях показывает, что азота им достаточно в фазу кущения и в более поздние фазы развития (приложение F). Скорее всего, это произошло из-за подкормки посевов аммиачной селитрой.

Наблюдение за количеством нитратного азота в слое пахотной почвы на глубине от 0 до 20 сантиметров в разных вариантах опытов в 2023 году показали (рис. 8), что уровень нитратного азота менялся в течение всей вегетационной стадии озимой пшеницы, в зависимости от используемой технологии и количества азотных удобрений.

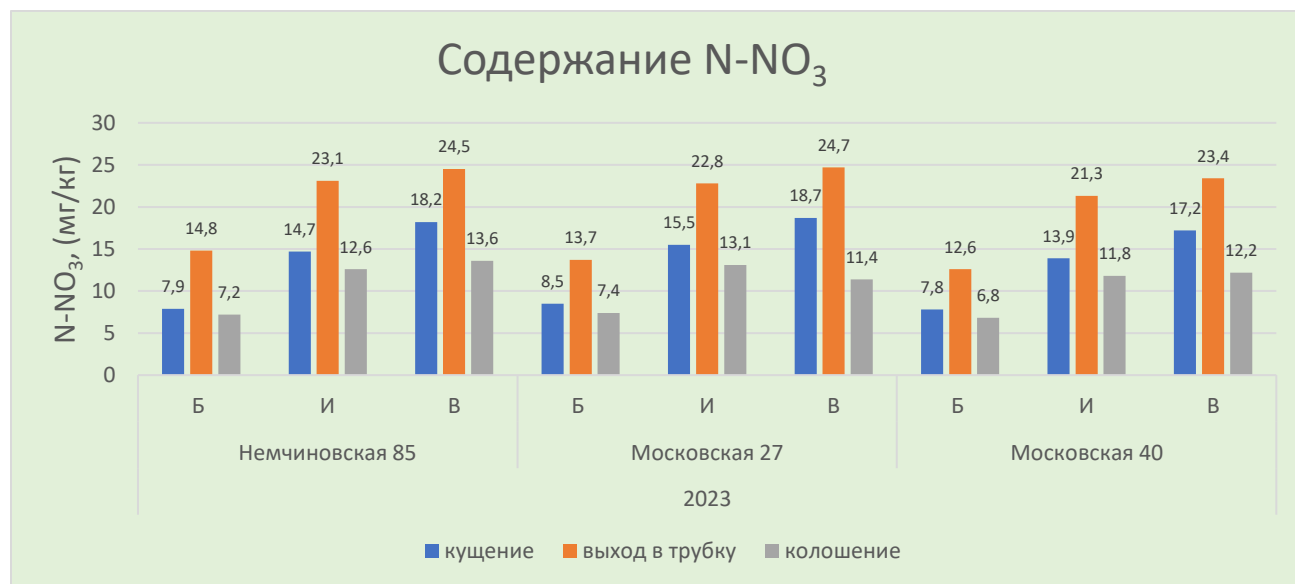


Рисунок 8. Изменение содержания нитратного азота в пахотном слое почвы в диапазоне от 0 до 20 см в 2023 году

Осенью азот израсходовался, весной отбирали образцы до подкормки (кущение). За тем провели подкормку аммиачной селитрой и через 10 дней второй

срок отбора образцов. В почве имеем низкое содержание азота (выход в трубку). И опять та же самая ситуация. К третьему сроку (колошение) опять в почве низкое содержание азота, а в растениях достаточное для развития.

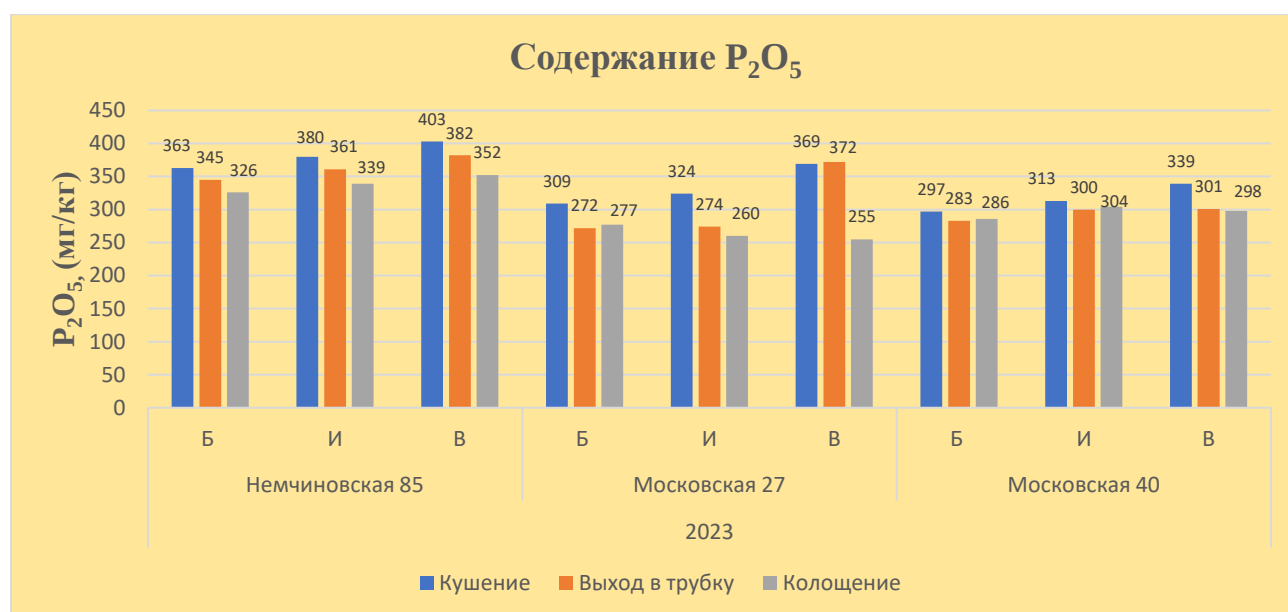


Рисунок 9. Динамика содержания фосфора в пахотном слое почвы (0–20 см) 2023 г.

В отношении фосфора и калия можно сказать, что содержание их находится в группе за 250 мг/100 г почвы по всем фазам развития и изучаемым технологиям (рис 9, 10). Кроме варианта с Немчиновской 85, базовая и высокоинтенсивная технология, где среднее содержание калия (144–166 мг/100 г почвы).

Содержание питательных элементов в растениях показывает, что азота в них достаточно в фазу кушения и в последующие фазы развития (приложение F). Скорее всего, это произошло за счет подкормки посевов аммиачной селитрой.

В период формирования куста содержание нитратного азота в верхнем слое почвы при стандартной технологии оставался низким и менялся в диапазоне 7,8–8,5 мг на килограмм, в зависимости от типа сорта.

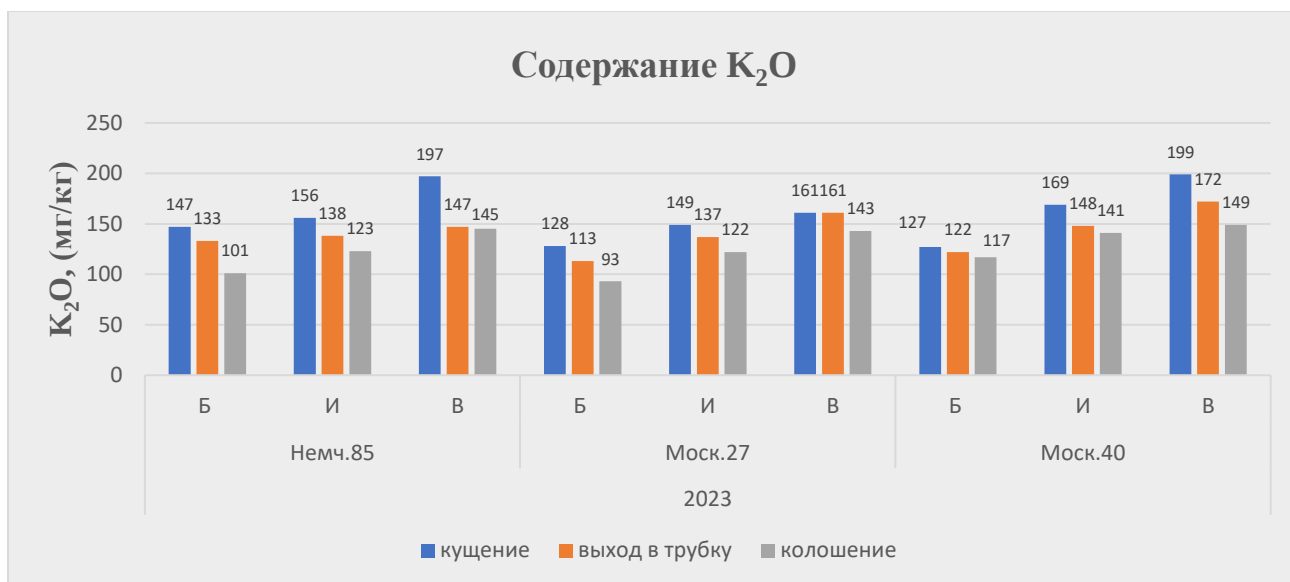


Рисунок 10. Изменение содержания калия в слое почвы, который используется для земледелия (глубиной до 20 см), в 2023 году.

В условиях применения интенсивных методов уровень калия в среднем находился в пределах 14,0–15,6 мг/кг, а при использовании более интенсивного подхода значения были в диапазоне 17,3–18,8 мг/кг. Чтобы ускорить рост растений, внесение азотных удобрений весной помогало сохранять уровень нитратного азота в почве на начальном этапе роста растений. В обычной технологии этот уровень составлял средний (12,7–14,7 мг/кг), в более интенсивной — высокий (21,4–24,6 мг/кг), а в очень интенсивной — 23,7–25,7 мг/кг. Потребление зелени озимой пшеницы уменьшает количество нитратного азота в верхнем слое почвы после уборки колоса. Уровень азота в базовой технологии был 6,6–8,2 мг/кг, в интенсивной — 12,1–13,0 мг/кг, а в почве — 11,5–13,4 мг/кг.

Мониторинг содержания азота в растениях озимой пшеницы показал, что в фазу выхода в трубку его количество в надземной части было оптимальным в интенсивной и высокоинтенсивной технологии.

Для сорта Немчиновская 85 оно составило 3,42–3,69%, для сорта Московская 27 содержание азота в растениях составляет 3,32–3,74%, а для сорта Московская 40 — 3,38–3,55% (приложение G). Эти показатели достигнуты благодаря ранней весной подкормке азотными удобрениями (аммиачной селитрой) и второй подкормке в период активного роста стебля.

В период колосования оптимальное количество азота в надземной части растений озимой пшеницы было сохранено в интенсивной и высокоинтенсивной технологиях.

В базовой технологии уровень азота в растениях при выходе в трубку оказался ниже оптимального на 25% для сорта Немчиновская 85, на 40% для сорта Московская 27 и на 33% для сорта Московская 40.

Полученные на опытном участке результаты свидетельствуют о том, что применение интенсивных технологий возделывания озимой пшеницы возможно только при проведении дополнительных агрометеорологических работ. В частности, добавление органических удобрений и известкование являются важными элементами системы выращивания зерновых культур.

3.3. Фотосинтетическая деятельность растений

Фотосинтез – важный процесс жизни растений, благодаря которому в растительном мире достигается расширенное воспроизводство органической массы [183]. Физиологические особенности растений и их реакция на изменения окружающей среды влияют на размер листьев, способность к фотосинтезу, силу фотосинтеза, чистую эффективность фотосинтеза и, соответственно, общий уровень продуктивности.

Фотосинтетическая деятельность растений играет решающую роль в формировании урожая полевых культур. Урожай растений в основном зависит от

площади листьев и их способности работать, то есть от эффективности процесса фотосинтеза. В разные периоды роста на один квадратный метр листьев накапливается разное количество сухого вещества, как показали исследования, проведенные по разным методам.

Общий урожай озимой пшеницы формируется в зависимости от того, насколько активно растения формируют листья.

Качество и количество зерна, которое получается в итоге, во многом зависят от погодных условий в период роста растений. Быстрое развитие листовой поверхности благодаря использованию удобрений и защитных средств играет ключевую роль в получении высокого урожая озимой пшеницы.

Работа листьев в течение всего периода роста отражается через фотосинтетический потенциал (ФП).

На долю фотосинтеза приходится до 95 процентов всей запасенной в растениях энергии. Чтобы добиться высоких урожаев, необходимо создать оптимальные условия для работы фотосинтетического аппарата на протяжении вегетационного периода [184, 185, 186].

Показатели фотосинтетического потенциала и чистой фотосинтетической продуктивности сильно отличались в зависимости от сорта и технологии при возделывании озимой пшеницы в условиях достаточного увлажнения в течение всего периода исследований (таблица 8). С увеличением интенсивности технологии рос фотосинтетический потенциал.

В 2021 г. фотосинтетическая деятельность различных экспериментальных технологий колебалась в среднем от 3576 до 7642 тыс. г/м² в сутки за годы исследований за межфазный период «выход в трубку–колошение». В межфазном периоде «колошение–молочная спелость» этот показатель достигал минимума 3576–6080 тыс. г/м² в сутки, а затем увеличился до 4482.67–6169 тыс. г/м² в сутки в межфазном периоде «колошение–выход в трубку». Показатели

фотосинтетической деятельности озимой пшеницы зависели от фазы роста и развития растения, а также от технологии, изученной в эксперименте.

Озимая пшеница давала наименьшее количество фотосинтеза в вариантах с базовой технологией посадки. У сорта Московская 27, Московская 40 и Немчиновская 85 эти показатели соответственно составили 5331,58; 5094,50 и 4080,42 г/м² в сутки.

Таблица 8. Фотосинтетическая активность растений озимой пшеницы при разных технологиях выращивания (тыс. г/м² в сутки, среднее за 2021–2023 гг.)

Сорт		Немчиновская 85				Московская 27			Московская 40		
Технология			Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Межфазный период	кушение-выход в трубку	2021	3724	5748	6696	3707	4362	6348	4426	5234	5740
		2022	3702	4460	5433	4477	6093	6330	4406	5475	6251
		2023	3302	4360	5233	4277	6193	6230	4306	5375	6251
	выход в трубку-колошение	2021	6480	7619	7824	6831	7635	7924	6918	7761	8273
		2022	6057	6859	7400	5702	6904	7693	4950	5747	6973
		2023	6293	6705	7702	5100	6659	7057	4550	5447	6673
	колошение-молочная спелость	2021	4413	5208	6095	4468	4928	5789	3937	4831	5409
		2022	4498	5224	6003	4594	5798	5924	3939	4801	5490
		2023	4537	5631	6409	4490	5339	5624	3609	4903	5524
	кушение-молочная спелость	2021	4833	6445	6810	5092	5650	6641	5197	5987	6457
		2022	4733	5545	6310	4992	6250	6641	4497	5387	6257
		2023	4495	5787	6376	4956	6541	6924	4143	5541	6457

НСР ₀₅ по опыту	19,04
НСР ₀₅ по фактору А	18,90
НСР ₀₅ по фактору В	20,55

Данные о фотосинтетической деятельности озимой пшеницы, собранные в 2022 году в увлажненных условиях, показали, что показатели фотосинтетического потенциала и чистой фотосинтетической продуктивности существенно различаются в зависимости от сорта и технологии. С появлением новых интенсивных и высокоинтенсивных сортов озимой пшеницы необходимо установить, как изменяются показатели фотосинтетической деятельности ее посевов в зависимости от технологий в Центрально–Нечерноземной зоне, так как этот вопрос недостаточно изучен. Основными показателями фотосинтетической активности сельскохозяйственных культур являются площадь листьев, фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза. Их размер зависит от внешних условий окружающей среды во время роста растения, а также от свойств конкретного сорта.

Результаты по фотосинтетическому потенциалу и чистой продуктивности фотосинтеза сильно различались в зависимости от сорта и метода выращивания в увлажненных условиях посевов пшеницы в 2023 году. Работа ассимиляционного листового аппарата на базовой технологии варьировалась по сортам от 2843 до 3544 тыс. м² на гектар в сутки, по интенсивной технологии — в пределах 3645–4846 тыс. м² на гектар в сутки, по высокоинтенсивной — 4594–5269 тыс. м² на гектар в сутки. Наибольший фотосинтетический поток в условиях года был отмечен у сорта Московская 27 и Немчиновкой 85.

3.4. Площадь листьев

Исследования показали, что размер листовой поверхности влияет на урожайность, особенно озимой пшеницы. О. М. Друмова и И. И. Гасанова [187] доказали, что урожайность зерна пшеницы напрямую зависит от площади её листьев. Действительно, фотосинтетическая деятельность листа определяет

урожайность озимой пшеницы. Другими словами, площадь поверхности листьев зависит от численных градиентов эффективности процесса фотосинтетической деятельности. Одной из важнейших задач в достижении высокой урожайности является обеспечение оптимального развития листовой площади озимой пшеницы с максимальной эффективностью.

Многие факторы, такие как биологические особенности сорта и технология возделывания, влияют на форму листовой поверхности. Общий биологический урожай озимой пшеницы зависит от того, насколько активно растения формируют листья. Эти свойства, связанные с фотосинтезом, влияют на общий урожай. Качество и количество полученного зерна в большой степени зависят от погодных условий, которые действуют в течение всего периода роста растений. Быстрое развитие листовой поверхности в результате применения удобрений и средств защиты растений имеет решающее значение для высокой урожайности озимой пшеницы.

Методы возделывания, минеральные удобрения и средства защиты растений, используемые в опыте, также влияли на площадь листьев в весенний период вегетации; в этот период наибольшие площади наблюдались во время роста и развития растений.

В эксперименте площадь ассимиляции листьев озимой пшеницы измеряли с помощью метода «высечек», а накопление сухого вещества определяли при помощи взвешивания. После этого растения разбирали и их вегетативную массу сушили до тех пор, пока она не станет полностью сухой.

Наше исследование показало, что площадь листьев озимой пшеницы менялась по фазам вегетации в зависимости от погодных условий, методов возделывания пшеницы и доз удобрений. При выращивании по базовой технологии с началом возобновления весенней вегетации в фазе кущения листовая поверхность озимой пшеницы снизилась до $0,56 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

При использовании высокоинтенсивной технологии максимальная площадь листовой поверхности одного растения в фазе колошения составляла 4,52 м²/м² для сорта Московская 27, 4,34 м²/м² для сорта Московская 40 и 3,64 м²/м² для сорта Немчиновская 85, соответственно. Поскольку растения нижних листьев усыхают во время фазы молочной спелости, ассимилирующая поверхность сильно сокращается, и по разным сортам она снижалась в 2–3 раза.

Применение интенсивной и высокоинтенсивной технологии соответственно обеспечило заметное увеличение листовой площади с 3,81 до 4,52 м²/м² (рис. 11, приложение Н).

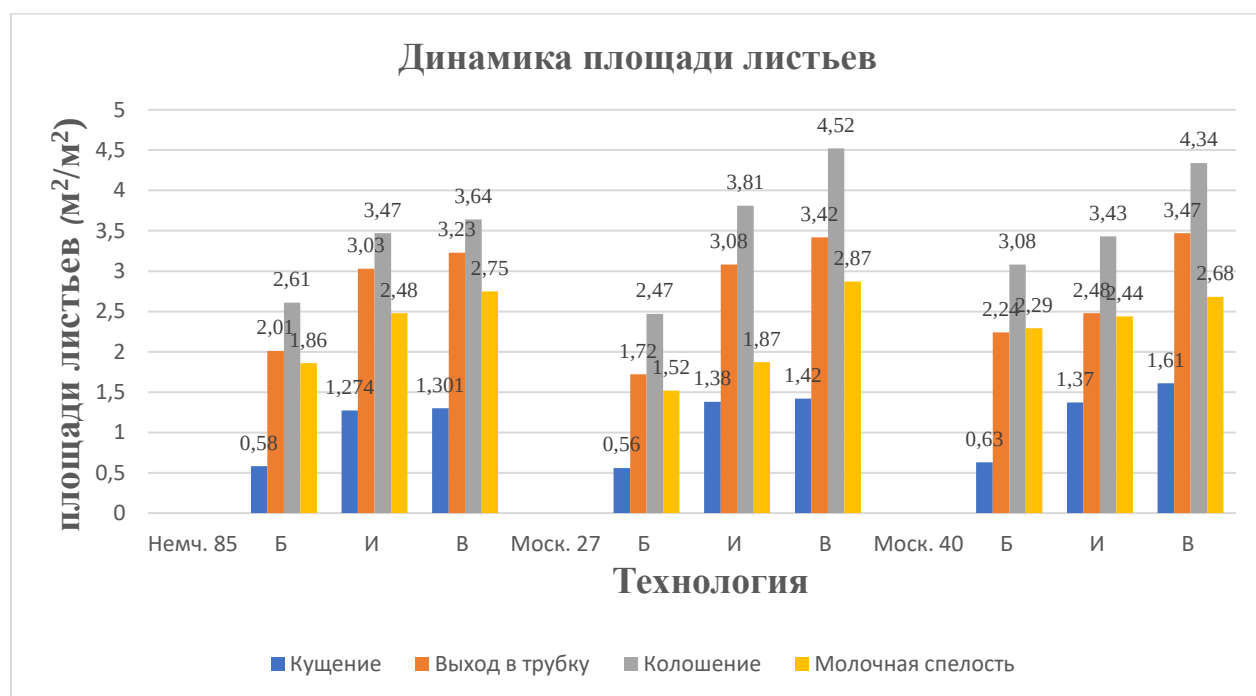


Рисунок 11. Динамика площади листьев культур озимой пшеницы вместе с методами возделывания и использованием удобрений, м²/м² (среднее значение за 2021–2023 годы)

Технологии, изучаемые в эксперименте, значительно изменили листовую площадь озимой пшеницы. Все сорта, независимо от технологии выращивания, имели минимальную площадь листьев 0,56 м²/м². Высокая интенсивность привела к тому, что растения стали плотнее и увеличилась площадь их листьев. Например, при обычной технологии посадки площадь листьев в стадии кущения составляла

0,56 квадратных метра на квадратный метр. При интенсивной технологии эта площадь увеличивалась до 1,38 м²/м² и высокоинтенсивной технологии до 1,42 м²/м².

Несмотря на то, что базовая технология пшеницы показывает уменьшение листовой площади по сравнению с двумя другими технологиями, в целом листовая площадь растений увеличилась. У сорта Московская 27 листовая площадь была самой высокой, и она составляла 1,72–3,42 м² на квадратный метр в фазе выхода в трубку и 2,47–3,52 м² на квадратный метр в фазе колошения.

Изучаемые сорта имели минимальную площадь листьев при базовой технологии, а при интенсивной технологии площадь листьев увеличивалась. В фазе колошения было отмечено наибольшее различие в площади листовой поверхности между изучаемыми технологиями. Сорт Московская 27 имел площадь 4,52 м²/м², а сорт Немчиновская 85 имел площадь 4,34 м²/м².

Сорт Московская 27 лидирует по способности формирования биомассы и площади листовой поверхности. Растения этого сорта имели наибольшую площадь листовой поверхности почти с фазы кущения до созревания, и эта величина динамично изменялась в зависимости от технологии возделывания. Сорт Московская 40 имел оптимальную площадь листовой поверхности 0,63 м²/м² в фазе колошения и 3,08 м²/м² в фазе колошения при базовой технологии.

Площадь листьев увеличивалась по мере прохождения фенологических фаз, достигая максимума в фазе колошения. Поскольку эта фаза колошения связана со старением растений и отмиранием листьев, площадь листьев стала постепенно уменьшаться после ее прохождения. Тем не менее, закономерности площади освоения культур оставались постоянными во всех фазах вегетации. При использовании базовой технологии площадь листьев была наименьшей, хотя она немного увеличилась благодаря подкормкам, но всё равно оставалась ниже, чем при возделывании озимой пшеницы с интенсивной и высокой технологией.

Погода также повлияла на размер листьев озимой пшеницы. Таким образом, короткий период осенней вегетации не позволил растениям создать хорошо развитый листовой аппарат осенью. Однако в сложившихся климатических условиях за годы исследований посевы по высокоинтенсивной технологии имели более высокую площадь ассимиляции, чем по интенсивной и базовой технологиям.

Идеальная площадь листовой поверхности для большинства сельскохозяйственных культур находится в пределах от 2 до 7 м² на 1 м², как указано в работах И. С. Шатилова и А. И. Столярова [188], а также А. Г. Матвеева [183]. После проведения всех экспериментов и исследований в течение 29 лет, посевы озимой пшеницы, выполненные по обеим технологиям и при каждой дозе удобрений к фазе колошения, достигали оптимальных значений площади листовой поверхности. Однако при возделывании озимой пшеницы по высокоинтенсивной технологии эти значения оказывались выше.

3.5. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза

Фотосинтетический потенциал является особенностью ассимиляционного аппарата пшеницы и более сложен по отношению к площади листа [185, 189, 190]. Фотосинтетический потенциал характеризует сумму площади поверхности листьев растений за определенный период. Значение фотосинтетического потенциала определяется для прогнозирования продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур [191]. Этот показатель получается путем сложения значений площади листьев, участвовавших в фотосинтезе в течение определенного вегетационного периода, их сумма за межфазные периоды составляет общий фотосинтетический потенциал. Согласно исследованиям ученого В. К. Дридигера [52], фотосинтетический потенциал — это показатель, который учитывает площадь листьев растений и время, которое они работают, и используется для общей оценки способности растений производить пищу через

фотосинтез. Лучшие культуры имеют фотосинтетический потенциал менее 2 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$ на 100 дней вегетации.

В среднем за три года исследований показатель фотосинтетического потенциала у посевов озимой пшеницы менялся в зависимости от того, как развивалась листовая часть. В наших исследованиях посевы озимой пшеницы, выращиваемые по технологии с высокой интенсивностью, достигали максимальных показателей фотосинтетического потенциала в пределах 4,2–7,5 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$. При использовании интенсивной и базовой технологий этот показатель был в диапазоне 3,4–6,5 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$ и 2,2–3,4 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$ соответственно. Увеличенная площадь листа и относительно более длительный период его работы обеспечивают увеличение фотосинтетического потенциала.

В нашем исследовании 2020–2021 годов (табл. 9) оптимальные значения фотосинтетического потенциала при высокоинтенсивном посеве озимой пшеницы составляли 4,2–7,5 млн м^2 в сутки на га. При интенсивной и базовой технологиях она составила 3,4–6,7 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$ и 2,2–2,9 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$, соответственно. Для высокоинтенсивного посева озимой пшеницы в 2021–2022 гг. оптимальный фотосинтетический потенциал составил 4,2–6,7 млн $\text{м}^2/\text{сут./га}$. При интенсивной и базовой технологиях это составило 3,7–5,5 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$ и 2,7–3,7 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$, соответственно. В то же время при высокоинтенсивном посеве озимой пшеницы в 2022–2023 гг. были достигнуты оптимальные значения фотосинтетического потенциала в размере 4,3–7,2 млн $\text{м}^2 \times \text{день/га}$. Это составило 3,6–5,1 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$ для базовых технологий и 2,6–2,8 млн $\text{м}^2 \times \text{сут./га}$ для интенсивных технологий, соответственно. На общий фотосинтетический потенциал сельскохозяйственных культур наибольшее влияние оказывают погодные условия и технологии. Таким образом, фотосинтетический потенциал и площадь листьев растений тесно связаны. Хорошо развитый фотосинтетический аппарат способен производить большое количество ассимиляторов, что обеспечивает высокую продуктивность растений. При определенных условиях

выращивания растений степень и продолжительность работы ассимиляционного аппарата являются основными факторами, ограничивающими биологическую продуктивность растений. Анализ данных наших исследований показал, что наибольшее влияние на суммарный фотосинтетический потенциал сельскохозяйственных культур оказывали погодные условия и технологии.

Таблица 9. Фотосинтетический потенциал и чистая фотосинтетическая продуктивность озимой пшеницы по сортам и технологиям возделывания (2021–2023 гг.)

Сорт	Технология	ФП, млн. м ² /га дней			ЧПФ, г/м ² сутки		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023
Немчиновская 85	Б	2,7	3,2	2,8	3,9	3,7	3,4
	И	6,5	5,5	5,1	4,2	4,3	5,9
	В	7,5	6,7	7,2	4,4	5,7	7,4
Московская 27	Б	2,9	3,4	2,7	3,3	3,7	3,1
	И	3,9	3,7	3,6	4,9	6,3	4,9
	В	4,5	4,2	4,3	5,5	6,6	6,2
Московская 40	Б	2,4	2,7	2,6	3,8	4,4	3,7
	И	3,8	4,2	4,1	4,9	5,2	4,8
	В	4,5	4,7	4,9	5,2	5,7	5,5
НСР ₀₅ по фактору А		4,2					
НСР ₀₅ по фактору В		4,8					

Наибольший фотосинтетический потенциал (7,5 млн м²×сут/га и 6,5 млн м²×сут/га) был зафиксирован в экспериментах 2021 года у сорта Немчиновская 85 при высокой интенсивности технологии и уровне посева 7 сентября наблюдался высокий уровень. У сорта Московская 56 наблюдался наименьший фотосинтетический потенциал – 2,2 млн м²×сут/га при базовой технологии. Показатели фотосинтетического потенциала по сортам и технологиям колебались

от 2,2 до 7,5 млн м²/га за день в увлажненных условиях в 2021 году, как показано в таблице 9. Фотосинтетический потенциал увеличивался с развитием технологии. Сорт Немчиновка 85 демонстрирует наивысший фотосинтетический потенциал в условиях года. Показатель дней для интенсивной технологии составлял 6,5 млн м²/га, а для высокоинтенсивной технологии – 7,5 млн м²/га. У сортов Московская 40 и Московская 27 показатели по интенсивной и высокоинтенсивной технологиям были ниже.

В зависимости от сортов и технологий наблюдения за чистой продуктивностью фотосинтеза посевов пшеницы во влажных условиях в 2022 г. показали колебания от 3,7 до 6,6 млн г/м² сутки. Полученные результаты показали, что по мере увеличения интенсивности технологии чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась. Сорт Московская 27 имеет самый высокий ЧПФ в течение года. Для технологии с высокой интенсивностью этот показатель составил 6,6 млн г/м² в день, а для интенсивной технологии — 6,3 млн г/м². Средний показатель сорта Немчиновская 85 оказался на 4,6 млн г/м² в день ниже, а варианты колебались от 4,3 до 5,7 млн г/м² в день при интенсивной и высокой интенсивности соответственно.

В результате анализа показателя ФП можно увидеть, что сорт Немчиновская 85 показал более высокие значения, чем любой другой изученный сорт. При использовании высокоинтенсивной технологии выращивания ФП достиг 7,13 млн м²/га в день. Это на 64 % больше, чем у сорта Московская 27, и на 52 % больше, чем у сорта Московская 40. Использование интенсивной технологии позволило достичь средних показателей ФП: у сорта Немчиновская 85 — 5,1–6,5 млн м²/га в сутки, у сорта Московская 40 — 4,3–4,5 млн м²/га в сутки, а у сорта Московская 27 — 3,8–4,2 млн м²/га в сутки.

Сравнение ФП у изучаемых сортов при прочих равных условиях показало явное преимущество сорта Немчиновская 85. Сорт Московская 40 имел небольшое преимущество в значениях ФП по сравнению с сортом Московская 27.

Разные сорта показали разные реакции по фотосинтетическому потенциалу в зависимости от того, насколько интенсивно применяются технологии. У сорта озимой пшеницы Немчиновская 85 при использовании высокоинтенсивной технологии фотосинтетический потенциал увеличивался с 6,7 до 7,5 млн $\text{м}^2 \cdot \text{сут}/\text{га}$, что соответствует приросту на 21,82 %. У сорта Московская 27 повышение ФП составляло 23,539 %, а у сорта Московская 40 — 74,07 %. Отсюда следует, что растения сорта Немчиновская 85 демонстрируют более высокий уровень формирования ФП при высокоинтенсивной технологии, чем растения других сортов.

Чистая продуктивность фотосинтеза варьировала в среднем от 3,4 до 6,1 г на квадратный метр в сутки в течение трёх лет наблюдений (табл. 9). Значения чистой продуктивности фотосинтеза зависели от стадии роста и развития озимой пшеницы, а также от технологии, используемой в опыте. Озимая пшеница накапливала минимальное количество сухого вещества на листовой поверхности на сортах, выращиваемых с высокоинтенсивной технологией. Сорта Московская 27, Московская 40 и Немчиновская 85 показали значения 6,1; 5,5 и 5,8 граммов на квадратный метр в сутки соответственно. Если сравнить эти значения ФП, можно заметить, что чем выше показатель ФП у сорта, тем меньше его урожайность за день.

Отмечено, что сорта Московская 27, Московская 40 и Немчиновская 85 имели увеличение чистой фотосинтетической продуктивности при переходе от базовой к высокоинтенсивной технологии. Использование интенсивных технологий позволяет получить больший урожай, полностью защищать растения от сорняков, вредителей и болезней, а также повысить эффективность фотосинтеза. Так, фотосинтетическая продуктивность сорта Московская 27 увеличивается от 0,7 до 1,3 млн $\text{г}/\text{м}^2$ в сутки в зависимости от технологии. Благодаря высокоинтенсивным технологиям фотосинтетическая продуктивность сорта Московская 40 увеличилась с 1,4 до 2,1 млн $\text{г}/\text{м}^2$ в сутки, а для сорта

Немчиновская 85 — с 2,8 до 4,2 млн г/м² в сутки. Как и у предыдущих сортов, высокоинтенсивная технология привела к лучшим результатам фотосинтеза.

Эти два фактора напрямую связаны с урожайностью зерна. По мнению исследователей И. Я. Пигорева и В. А. Семькина [192], культуры с фотосинтетическим потенциалом в пределах 2 млн м² × дней/га дают урожай только 5,0 т/га, в то время как 3–4 млн м² × дней/га могут дать урожай 8,0 т/га. Изменения величины ассимиляционной поверхности и продолжительности ее работы могут быть измерены фотосинтетическим потенциалом и чистой продуктивностью фотосинтеза, которые, как правило, имеют прямую связь с выходом биомассы [182, 189]. Характер динамики листовой площади отражается и подчиняется тем же закономерностям в фотосинтетическом потенциале растений [193].

3.6. Накопления сухого вещества

Изучение того, как растения накапливают сухое вещество, очень важно для понимания, как влияют различные сельскохозяйственные технологии на плодородие озимой пшеницы.

Мы заметили, что растения озимой пшеницы активно накапливают сухое вещество в период с «выхода в трубку» до «колошения», и достигают наибольшего уровня накопления в период молочной спелости. Утрата части листьев и расход пластических веществ на дыхание снижают этот показатель к фазе полной спелости (табл. 10).

Таблица 10. Динамика накопления сухого вещества в посевах озимой пшеницы (средний показатель за 2021–2023 гг., г/м²)

Технология	Межфазный период			
	Кущение-выход в трубку	Выход в трубку-колошение	Колошение-молочная спелость	Кущение-молочная спелость
Немчиновская 85				
Б	191	600	385	1176
И	234	603	448	1285
В	256	689	472	1417

Московская 27				
Б	247	614	475	1336
И	279	666	528	1473
В	322	720	550	1593
Московская 40				
Б	274	661	503	1438
И	324	702	569	1595
В	363	784	651	1798
НСР ₀₅ по фактору А		14,7		
НСР ₀₅ по фактору В		16,2		

Условия, при которых выращивают озимую пшеницу, сильно влияют на то, как растения накапливают сухое вещество. В течение нескольких лет исследований в начале стадии выхода в трубку средняя масса сухого вещества растений в вариантах, где применяли базовую технологию, составила 191 г/м² для сорта Немчиновская 85, 247 г/м² для сорта Московская 27 и 274 г/м² для сорта Московская 40. Во все периоды наблюдений у всех сортов установлено накопление сухого вещества в вариантах с интенсивной технологией. Тем не менее, влияние интенсивной и высокоинтенсивной технологии различалось в зависимости от стадии развития растения. Например, с момента кущения до выхода в трубку сорт Московская 27 накапливает больше сухого вещества на 32–75 г/м², чем при обычной технологии. С выхода в трубку до колошения накапливается 52–106 г/м², а с колошения до молочной спелости — 53–78 г/м².

В результате применения интенсивной и высокоинтенсивной технологии в сорте Московская 40 прибавки составили 50–89 г/м², 41–123 г/м² и 56–148 г/м². Сорт Московская 40 наиболее адаптирован к интенсивным и высокоинтенсивным технологиям выращивания пшеницы, и с начала вегетации до созревания он получил наибольшую прибавку сухого вещества по сравнению с другими сортами. При использовании интенсивных и высокотехнологичных методов у сорта Немчиновская 85 прирост сухого вещества в период с кущения до выхода в трубку составил 43–65 г/м², в период с выхода в трубку до колошения – 3–89 г/м², а в период с колошения до молочной спелости – 63–87 г/м². Показано, что

использование минеральных удобрений и современных средств защиты посева пшеницы увеличивает количество сухого вещества на единицу площади посева. Все сорта, изучаемые в этом исследовании, демонстрируют это четко во время различных периодов роста, а также в общем периоде «кущение – молочная спелость».

3.7. Фитосанитарное состояние посевов и эффективность средств защиты растений

В процессе выращивания новых перспективных сортов озимой пшеницы важно обеспечить безопасное фитосанитарное состояние посевов. Это связано с тем, что потери от вредителей, болезней и сорняков могут достигать 30 % [194].

Использование всех фитосанитарных ресурсов, влияющих на повышение урожая и его качество, необходимо для интенсификации современного растениеводства [138, 195]. Вводятся в производство новые сорта озимой пшеницы и их отзывчивость на применяемые средства защиты растений приобретает актуальность и большое научное и промышленное значение [196].

Анализ показал, что улучшение защиты и добавление питательных веществ в почву помогают растениям создавать лучшие условия для начала роста и развития. Растения были готовы к зиме и имели достаточно питательных веществ, что позволило им успешно зимовать. При современных технологиях возделывания новых культур озимой пшеницы борьба с сорняками также является актуальной проблемой.

В ходе наших исследований было установлено, что плохая погода способствовала распространению снежной плесени, мучнистой росы, бурой ржавчины и септориоза. Основными вредителями стали проволочники, клопы, цикадки, зеленоглазки и тля. Среди сорняков были замечены просо белое, болотная трава, звездчатка, полевая фиалка, белая марь, непахучая ромашка, мятыльник, рабитник, сизый щетинник, полевая ярутка, цепкий подмаренник, обыкновенная щирица, розовый осот, лекарственный одуванчик и другие.

В 2021 году для обработки семян использовался препарат Пикус в количестве 1,0 литра на тонну при обработке вегетирующих растений.

В высокоинтенсивной технологии применялись Данадим Пауэр в объеме 0,6 литра на гектар и Вантекс в количестве 0,06 литра на гектар. При использовании Пикуса в дозе 1,0 литра на тонну семян биологическая эффективность препарата при борьбе с цикадками, проволочниками, шведскими мухами и другими вредителями составила от 74 до 96 процентов (рис. 12, приложение I).

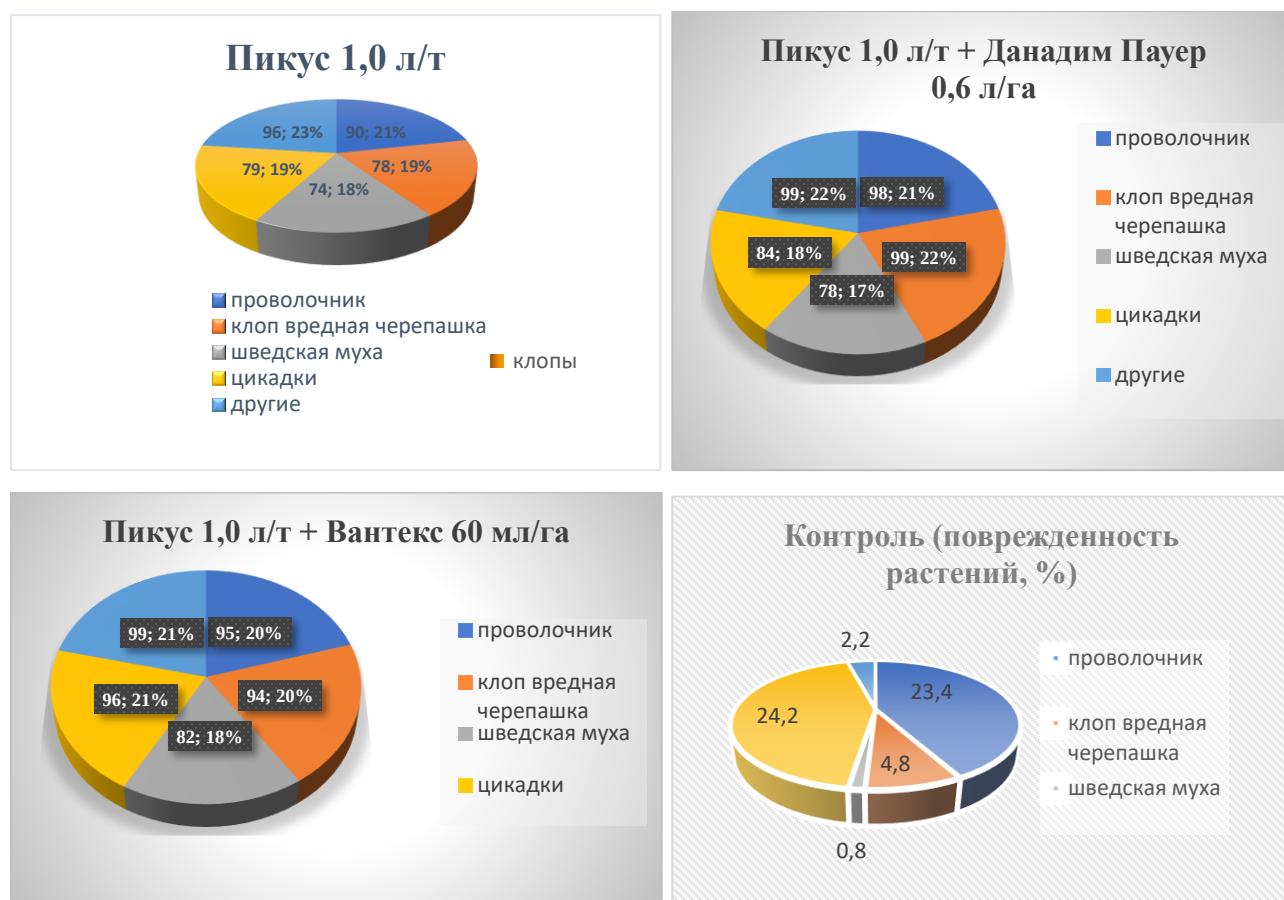


Рисунок 12. Биологическая эффективность инсектицидов на озимой пшенице, % (2021 г.)

Обработка растений препаратом Данадим Пауэр в объеме 0,6 л на 1 га уменьшала повреждение посевов проволочником на 98%, цикадами — на 84%, шведской мухой — на 78%, а повреждение другими вредителями — на 99%. При использовании инсектицида Вантекс в объеме 60 мл на 1 га вместе с

протравливанием семян препаратом Пикус (1,0 л на 1 тонну) биологическая эффективность против перечисленных вредителей колебалась от 82 до 99%. Применение Пикуса как протравителя семян, а также последующая обработка растений вегетирующего возраста препаратами Данадим Пауэр или Вантекс значительно снижала повреждения от вредителей и помогала сохранить урожай. Эти меры положительно влияли на структуру урожая и уровень урожайности сортов озимой пшеницы. В целом выбранная система защиты способствовала лучшему развитию растений и формированию зерна высокого качества.

В 2022 году для обработки семян использовали Пикус в количестве 0,7 литра на тонну, а для обработки растений во время роста — Вантекс в количестве 0,06 литра на гектар.

Когда применяли Пикус в дозе 1,0 литра на тонну, повреждение посевов озимой пшеницы насекомыми — цикадками, проволочником, хлебной полосатой блошкой и шведской мухой стало меньше, а эффективность препаратов составляла 76–95% (рис. 13, приложение I).



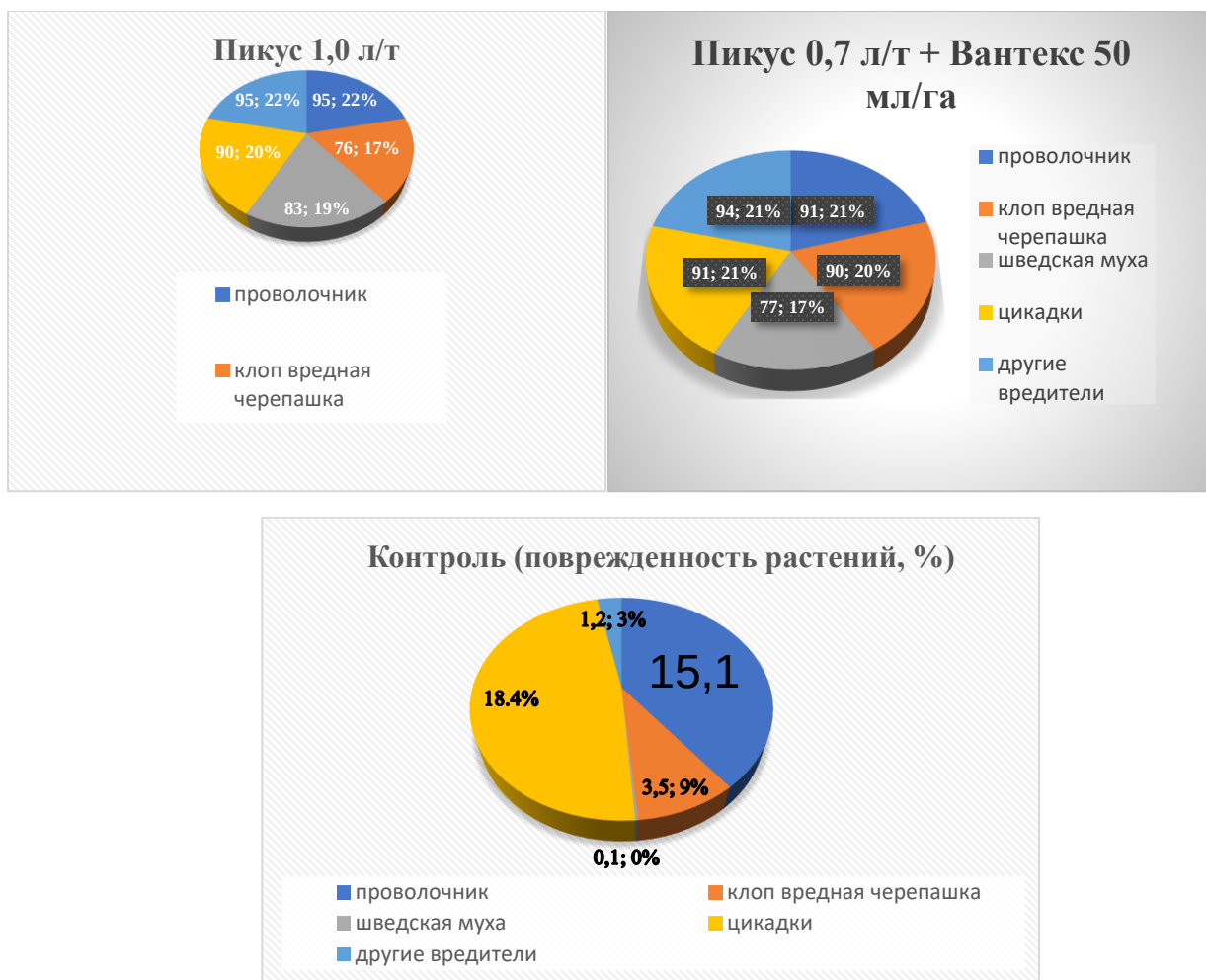


Рисунок 13. Биологическая эффективность инсектицидов на посевах озимой пшеницы, % (2022 год)

В посевах озимой пшеницы было заметно сокращение поражения растений проволочниками на 90–98%, цикадами — на 75–91%, шведской мухой — на 73–83%, а ущерб от других вредителей уменьшился на 94–99%. В качестве средства для обработки семян Пикус уменьшил повреждение растений вредителями и способствовал сохранению растений озимой пшеницы. В дозе 1,0 л/т препарат был наиболее эффективен. Это отразилось на структуре урожая и урожайности озимой пшеницы.

В 2023 году для обработки семян использовали препарат Пикус в количестве 1 литра на тонну, а для обработки растений во время их роста — Данадим Пауер в

объёме 0,6 литра на гектар при интенсивной технологии и Вантекс в объёме 0,06 литра на гектар при высокоинтенсивной технологии. Обработка семян препаратом Пикус в объёме 1 литр на тонну снизила повреждение посевов озимой пшеницы, вызванное цикадками, шведской мухой, проволочником и другими вредителями. Биологический эффект препарата составил от 71 до 91 процентов (рис. 14, приложение I).

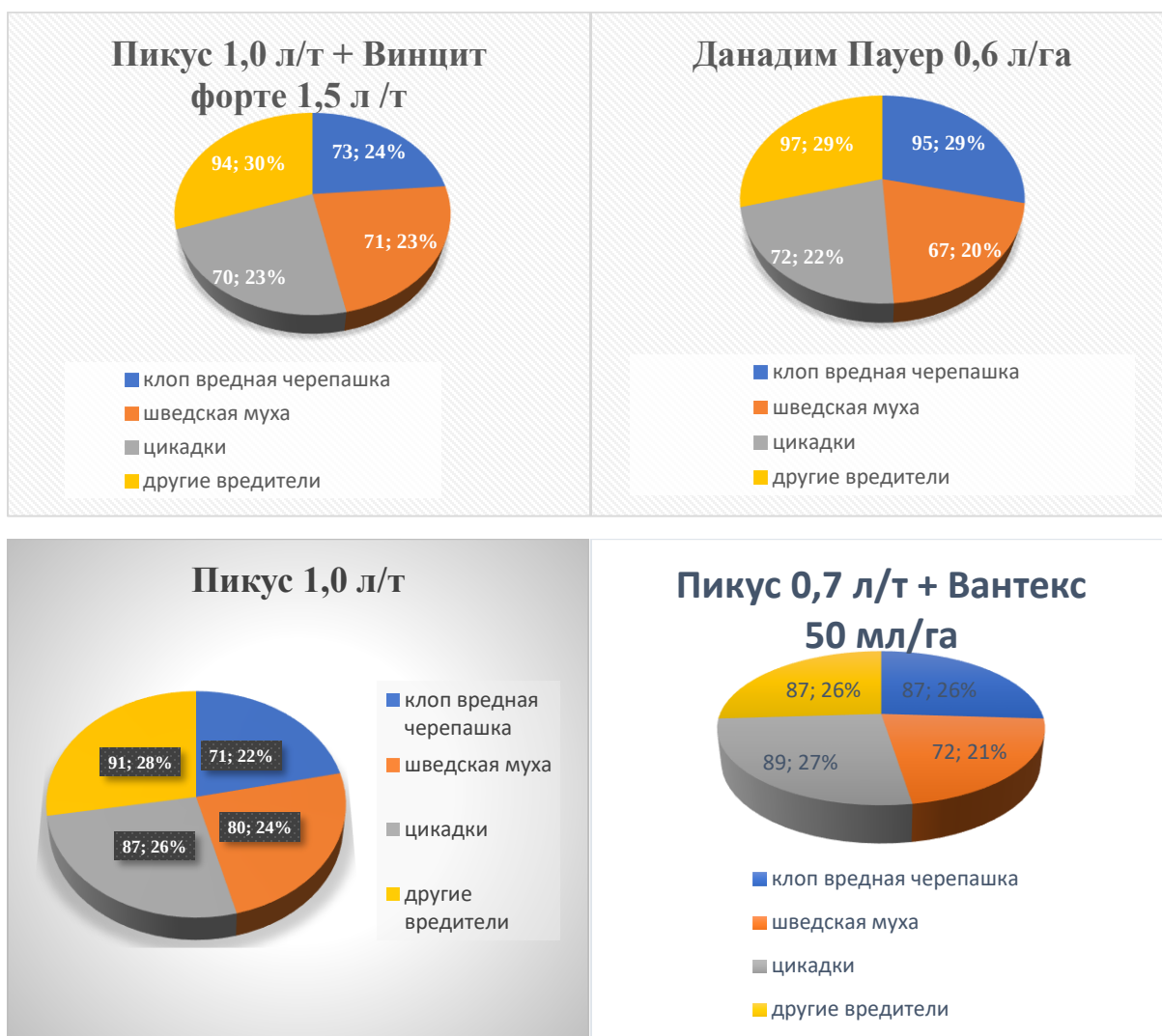




Рисунок 14. Показатель эффективности инсектицидов на озимой пшенице, % (2023 г.)

Когда растения обработали препаратом Данадим Пауэр в объеме 0,6 литра на гектар, повреждения от цикадок снизились на 72 процента, повреждения от шведской мухи — на 67 процентов, а количество других вредителей уменьшилось на 97 процентов. При использовании препарата Вантекс в количестве 50 мл на гектар вместе с протравителем семян Пикус в объеме 0,7 литра на тонну, биологическая эффективность против указанных вредителей составила 87–89 процентов.

Использование препарата Пикус как протравителя семян, а также последующая обработка посевов в период роста инсектицидами Данадим Пауэр или Вантекс позволяла значительно снизить повреждение растений вредителями и помогала сохранить урожай. Эти меры оказали влияние на формирование структуры урожая и величину продуктивности исследуемых сортов озимой пшеницы.

В 2021 году весной, после того как снег растаял, снежная плесень развилась на 17,8 %. Затем, на протяжении следующих стадий роста растений, мучнистая роса встречалась в 17,3 процентах случаев, бурая ржавчина — в 10,8 процентах,

септориоз — в 7,5 процентах, фузариоз колоса — в 1,5 процентах, а корневые гнили — в 6,2 процентах. Для борьбы с грибными болезнями применяли современные фунгициды, такие как Импакт Эксклюзив, Альто Супер и Консул. Эти препараты хорошо подавляли развитие болезней. Наиболее эффективным оказался Консул: в фазе закладки растений в дозе 0,8 л/га, а в фазе колошения – в дозе 1,0 л/га. Биологическая эффективность препаратов зависела от вида болезни и составляла от 92 до 99 процентов. Особенно хорошо препараты с дозировкой 0,75 л/га справлялись с септориозом и фузариозом колоса, снижая их на 93–95 процентов. Хорошие результаты по эффективности показал препарат Альто Супер в дозе 0,5 л/га. Развитие болезней снизилось на 85–95 процентов (рис. 15, приложение I).

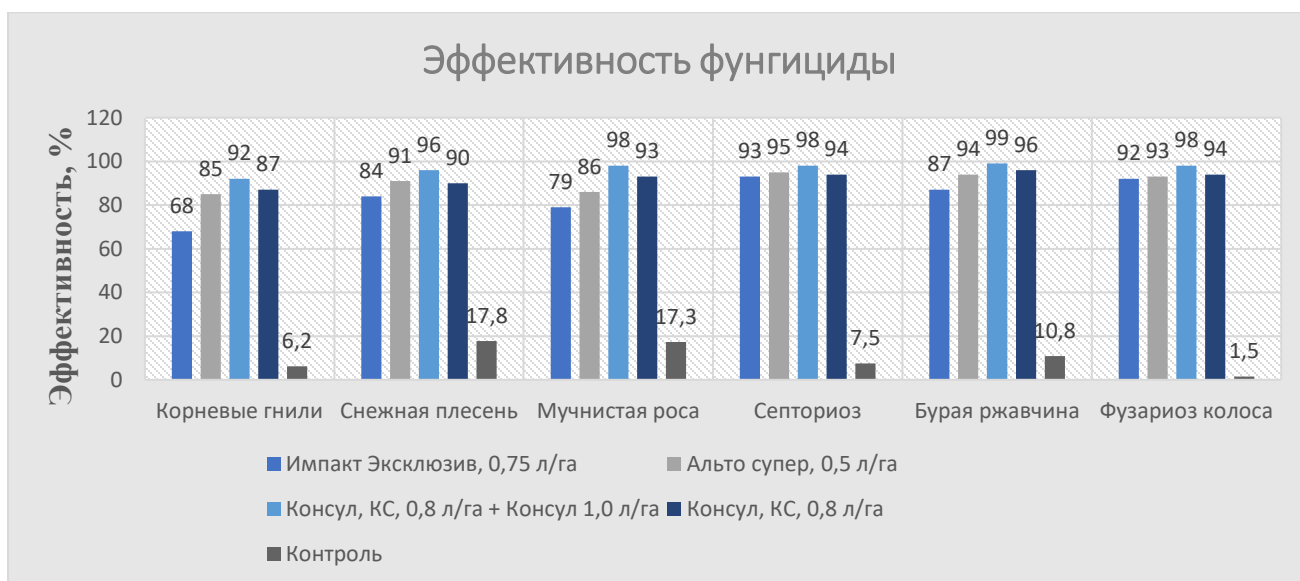


Рисунок 15. Биологическая эффективность фунгицидов на урожае озимой пшеницы, % (2021 год)

В 2022 году у озимой пшеницы было поражение снежной плесенью в 12%, мучнистой росой — 12%, бурой ржавчиной — 5%, септориозом — 4%, а корневыми гнилями — 6% (рис. 16, приложение I). Эффективность фунгицидов определялась как спектром возбудителей болезней, так и особенностями применяемых препаратов. Наиболее высокий результат был отмечен у фунгицида Консул, эффективность которого достигала максимальных значений при

внесении 0,8 л/га в фазу выхода в трубку и 1 л/га в фазу колошения. В зависимости от заболевания озимой пшеницы биологическая эффективность данного препарата составляла 90–99 %.

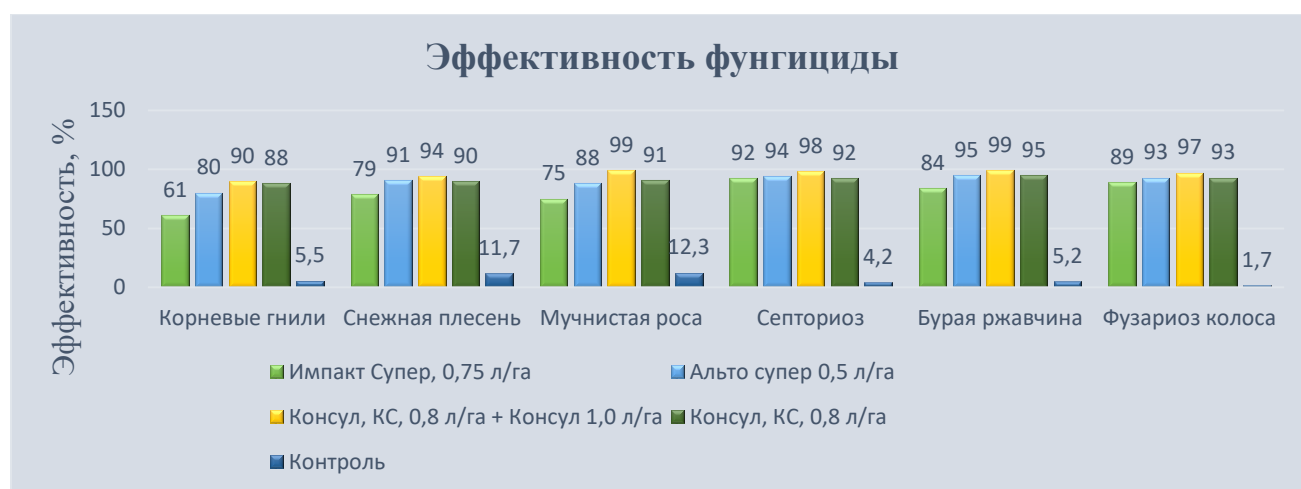


Рисунок 16. Биологическая эффективность фунгицидов на озимой пшенице, %
(2022 г.)

При использовании фунгицидов Консул в количестве 0,8 литров на гектар и Импакт Супер в количестве 0,75 литра на гектар биологическая эффективность составила 88–95 % и 61–92 % соответственно. Наилучшие результаты зафиксированы в условиях прошлого года при двухкратном применении препарата Консул с расходом 0,8 и 1,0 литра на гектар.

В опыте 2023 г. развитие снежной плесени достигало 18,7 %, мучнистой росы 16,3 %, бурой ржавчины 11,9 %, септориоза 7,8 % и корневых гнилей 5,8 %. Фунгициды нового поколения Импакт Супер, Альто Супер и Консул эффективно подавляли развитие грибных заболеваний. Консул в дозировке 0,8 л/га при выходе в трубку и 1,0 л/га при колошении показал лучший результат. Биологическая эффективность по болезням составила от 89 до 98 % (рис. 17, приложение I).

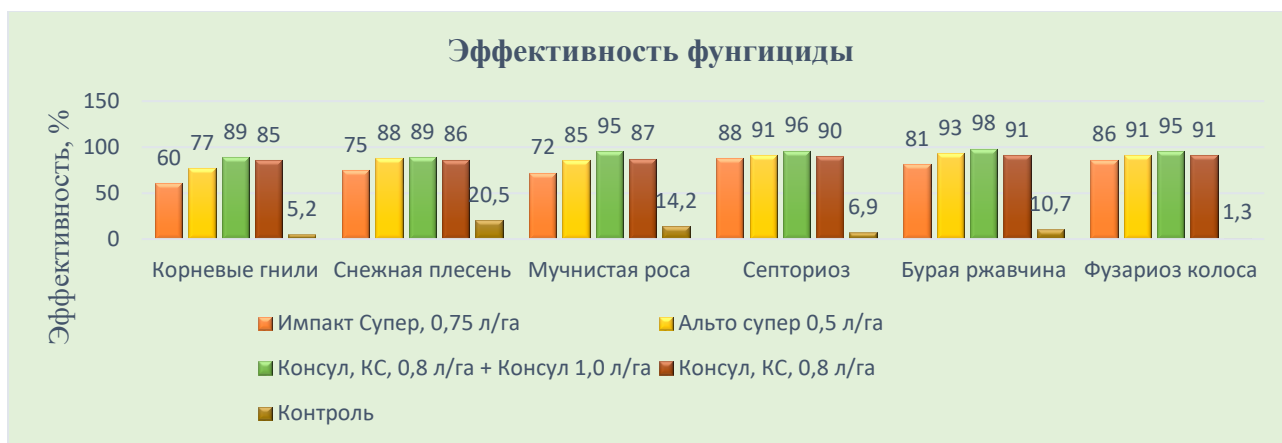


Рисунок 17. Биологическая эффективность фунгицидов на озимой пшенице, %
(2023 г.)

Применение фунгицидов Консул в количестве 0,8 л на гектар и Импакт Супер в количестве 0,75 л на гектар дало высокую биологическую эффективность — 85–91 % и 60–88 % соответственно. Наилучшие результаты получили в условиях года при двух разгах применения Консула с расходом 0,8 и 1,0 л на гектар.

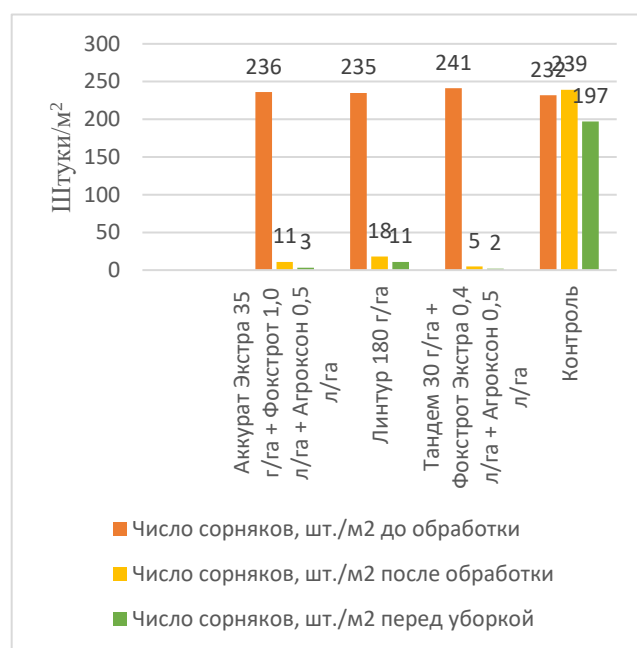
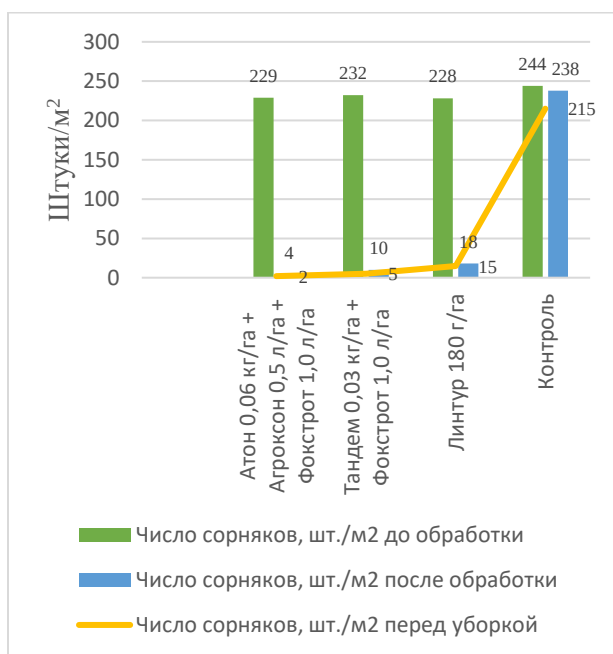
3.8. Засоренность посевов

В современных технологиях выращивания озимой пшеницы большое значение имеет борьба с сорняками. В течение трех лет исследований в посевах озимой пшеницы наблюдался смешанный тип засоренности, при котором преобладали перезимовавшие однолетние сорняки.

Просо куриное (*Echinochloa crusgalli* L.), сушеница топяная (*Gnaphalium uliginosum* L.), звездчатка средняя (*Stellaria media* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr), марь белая (*Chenopodium album* L.), ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.), мятлик полевой (*Poa annua* L.), метлица (*Apera spica venti* L.), щетинник (*Matricaria inodora* L.), мятлик полевой (*Poa annua* L.), метлица (*Apera spica venti* L.), щетинник сизый (*Cetaria glauca* L.). В условиях высокоинтенсивной и интенсивной технологий использовали гербицид Тандем в средней норме 25

г/га, тогда как в базовой технологии применяли препарат Аккурат Экстра в той же средней дозировке — 25 г/га.

В полевом опыте 2021 года гербициды испытывались при различных уровнях интенсивности возделывания. В вариантах с интенсивной и высокой интенсивностью применяли препарат Атон в количестве 0,06 кг на гектар. В интенсивной технологии дополнительно использовали Тандем в дозе 0,03 кг на гектар, а в базовой технологии — гербицид Линтур в количестве 180 г на гектар. Комбинация Тандема 0,03 кг/га и Фокстрота 1,0 л/га давала биологическую эффективность от 96 до 98%, Атон 0,06 кг/га с Фокстротом 1,0 л/га — 98–99%, Линтур 180 г/га — 92–93% (рис. 18, приложение I). От раннего колошения до полного созревания зерна применяемые гербициды обеспечивали хорошую борьбу с сорняками и высокую биологическую эффективность, что положительно сказалось на повышении урожайности культуры.



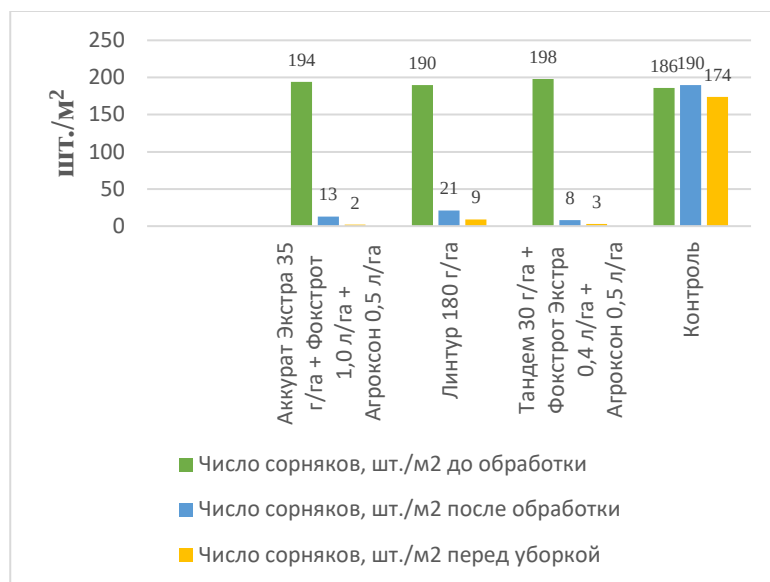
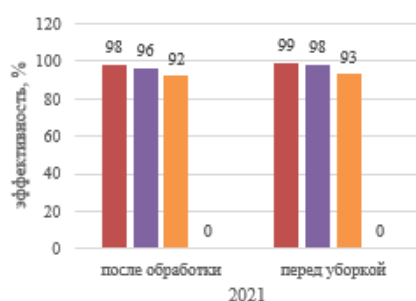
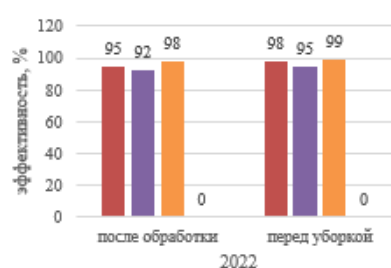


Рисунок 18. Число сорняков (шт./м²) в посевах озимой пшеницы за 2021–2023 годы.

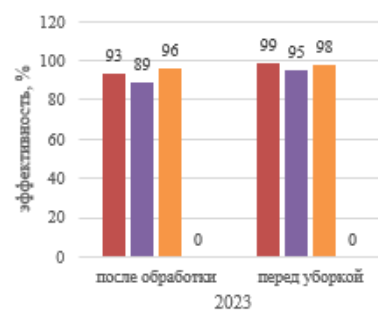
В ходе опытов с использованием гербицидов биологическая эффективность в основной технологии составила 92 % после обработки и 93 % перед уборкой. При более интенсивной технологии этот показатель вырос до 96 % после обработки и до 98 % перед уборкой. В случае высокой интенсивности технологии биологическая эффективность осталась на уровне 98 % как после обработки, так и перед уборкой.



- Атон 0,06 кг/га + Агроксон 0,5 л/га + Фокстрот 1,0 л/га
- Тандем 0,03 кг/га + Фокстрот 1,0 л/га
- Линтур 180 г/га
- Контроль



- Аккурат Экстра 35 г/га + Фокстрот 1,0 л/га + Агроксон 0,5 л/га
- Линтур 180 г/га
- Тандем 30 г/га + Фокстрот Экстра 0,4 л/га + Агроксон 0,5 л/га
- Контроль



- Аккурат Экстра 35 г/га + Фокстрот 1,0 л/га + Агроксон 0,5 л/га
- Линтур 180 г/га
- Тандем 30 г/га + Фокстрот Экстра 0,4 л/га + Агроксон 0,5 л/га
- Контроль

Рисунок 19. Эффективность гербицидов в посевах озимой пшеницы в период с 2021 по 2023 год, в процентах.

Проведённый анализ показал, что все изученные препараты оказывали высокое биологическое воздействие на сорную растительность, причём степень их воздействия возрастала по мере повышения интенсивности применяемой технологии. Наши наблюдения свидетельствуют, что при использовании высокоэффективных гербицидов прибавка урожая достигает 0,7–1,2 т/га.

В 2022 году проводили опыты с использованием гербицидов Атон (60 г/га), Аккурат Экстра (35 г/га) и Тандем (20 г/га), чтобы выяснить, как новые сорта озимой пшеницы реагируют на эти препараты. В базовой технологии применяли Линтур в количестве 180 г/га. Комбинация Тандем (30 г/га) с Фокстротом Экстра (0,4 л/га) и Агроксоном (0,5 л/га) показала эффективность 98–99 %. Аккурат Экстра (35 г/га) вместе с Фокстротом (1,0 л/га) и Агроксоном (0,5 л/га) дал эффективность 95–98 %. У Линтура (180 г/га) эффективность была 92–95 % (приложение I). Все препараты показали высокую эффективность, что положительно повлияло на урожайность. В базовой технологии эффективность после обработки составила 92 %, а перед уборкой — 95 %. В интенсивной технологии эти значения были 98 % и 99 % соответственно. В высокоинтенсивной технологии эффективность после обработки — 95 %, а перед уборкой — 98 %.

В 2023 году провели дополнительные исследования, чтобы понять, как действуют гербициды при разных уровнях использования. В базовом варианте применяли Линтур в количестве 180 г на гектар, а в более интенсивных и высоких вариантах — Тандем (20 г/га), Фокстрот Экстра (0,4 л/га) и Агроксон (0,5 л/га). Также применяли Аккурат Экстра (35 г/га), Фокстрот (1,0 л/га) и Агроксон (0,5 л/га). При использовании Тандема в количестве 30 г/га вместе с Фокстротом Экстра (0,4 л/га) и Агроксоном (0,5 л/га) эффективность составила 96–98%.

Аккурат Экстра (35 г/га) вместе с Фокстротом (1,0 л/га) и Агроксоном (0,5 л/га) дал результат 93–99%. Линтур (180 г/га) показал эффективность 89–95% (приложение I). Гербициды успешно подавляли рост сорняков уже к началу колошения и до полного созревания. Это, естественно, повлияло на урожайность.

Мы проанализировали эффекты гербицидов и обнаружили, что озимая пшеница усиливает их действие на сорняки, особенно те, что растут внизу. Это происходит, когда пшеница растет правильно и развивается хорошо. Такой эффект называется синергетическим, потому что гербициды и пшеница вместе лучше борются с сорняками. Поэтому с развитием технологий применяют больше гербицидов, так как они очень эффективны в борьбе с сорняками. Высокоэффективные гербициды приносят прибавки урожая от 0,7 до 1,5 т/га, согласно многолетним исследованиям [8, 197]. При использовании высокоэффективных гербицидов мы обнаружили, что прибавка урожая составляет 0,7–1,2 т/га [198, 199].

3.9. Структура урожая

Анализ строения растений — это важный способ понять, как урожай формируется. Этот метод помогает заметить, как урожай растет и какие методы влияют на его получение. Формирование растения зависит от того, сколько у него полезных стеблей, сколько зерен в колосе, массы одного thousand зерен и других показателей, которые определяют урожайность культуры. Урожайность озимой пшеницы зависит от количества полезных стеблей на один квадратный метр, от массы зерна в колосе и других частей урожая. Все эти показатели зависят от разных условий: биологических, агротехнических, почвенных и погодных. Использование минеральных удобрений и обработка растений защитными средствами помогли повысить урожайность изученных сортов озимой пшеницы.

Таблица 11. Структура урожая озимой пшеницы по различным технологиям возделывания в среднем за 2021–2023 гг.

Сорт	Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология	Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Полевая всхожесть, %	84,7	86,7	92,0	85,0	87,0	90,7	86,3	91,7	94,3
Перезимовка, %	93,0	93,7	97,7	95,0	96,0	99,0	98,0	97,3	98,7
Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	608	626	658	618	631	651	570	594	616
Коэффициент продуктивной кустистости	2,7	3,1	3,7	2,9	3,4	3,6	2,5	3,0	3,3
Количество зерен в колосе, шт.	26,4	28,1	30,8	27,7	30,5	33,4	27,0	28,3	31,0
Масса 1000 зерен, г	43,2	45,9	48,1	45,2	46,8	48,0	45,3	46,9	48,1
Биологическая урожайность, г/м ²	695,4	805,3	974,9	764,8	893,0	1038,5	675,1	790,2	916,7
НСР ₀₅ по опыту	6,8								
НСР ₀₅ по фактору А	3,9								
НСР ₀₅ по фактору В	3,9								

Кустистость, как общая, так и продуктивная, является одним из основных признаков, определяющих продуктивность растения. Продуктивность растений зависит от свойств сортов, способов выращивания и погоды, особенно в весенний и осенний периоды, когда растения быстро растут и образуют кусты.

При изучении кустистости разных сортов озимой пшеницы было найдено (табл. 11), что все сорта показали более высокую продуктивную кустистость при использовании минеральных удобрений и средств защиты, а при использовании высокоинтенсивной технологии продуктивная кустистость была значительно выше. Сорт Московская 27 в базовой технологии показал продуктивную кустистость 2,9, сорт Немчиновская 85 — 2,7, а сорт Московская 40 — 2,4. При интенсивной технологии показатели продуктивной кустистости увеличились: у Московской 27 — 3,5, у Немчиновской 85 — 3,2, а у Московской 40 — 2,9. В высокоинтенсивной технологии сорт Немчиновская 85 показал 3,8, Московская 27 — 3,6, а Московская 40 — 3,2.

Такой важный показатель, как количество продуктивных стеблей на единицу площади, определяется как количеством растений, сохранившихся к уборке, так и коэффициентом их кущения. Производительность стеблестоя в основном зависела от количества растений, которые сохранились к моменту уборки, так как коэффициент ветвления различался существенно между вариантами опытов, где применялись минеральные удобрения и защитные средства.

В варианте базовой технологии каждый сорт имел меньшее количество продуктивных стеблей на единицу площади. В случае использования интенсивных и высокоинтенсивных технологий этот показатель значительно увеличивался. Например, по сравнению с основным вариантом технологии и интенсивным, высокоинтенсивным вариантом технологии количество продуктивных стеблей на единицу площади составило 9 и 18 шт./м² для сорта Немчиновская 85, 17 и 26 шт./м² для сорта Московская 27, 10 и 24 шт./м² для Московской 40 (среднее за годы исследований).

Таким образом, за годы исследований было показано, что вариант с высокоинтенсивной технологией дал наибольшее количество продуктивных стеблей из всех сортов. Можно сделать вывод, что изученные сорта требуют более интенсивного весеннего кущения, чтобы их популяция стеблей была более продуктивной.

Производительность колоса во многом зависит от количества колосков и цветков в колосе, а также от того, насколько хорошо он озернен. Период формирования колосков является одной из важных фаз роста растений. Анализ сортов озимой пшеницы показал, что на количество зерен в главном колосе значительно влияет внесение минеральных удобрений и средств защиты растений в период вегетации растений. Независимо от года исследований, для каждого сорта характерно меньшее количество зерен в главном колосе. Варианты с

интенсивной и высокоинтенсивной технологией демонстрировали определенные сортовые особенности.

Например, для Немчиновской 85 базовая технология количество зерен в главном колосе составляло 9,8 %, для Московской 27 – 20 % зерен в колосе, а для Московской 40 – 9,6 % зерен в колосе. Варианты с интенсивной и высокоинтенсивной технологией отличаются количеством зерен в главном колосе. Для Немчиновской 85 это 13,2 % зерен в колосе, для Московской 27 – 7,5 % зерен в колосе, а для Московской 40 – 13,9 % зерен в колосе.

Индивидуальная продуктивность растения обычно становится лучше, когда зерна становятся тяжелее, но сама масса одного тысячи зерен не влияет основным образом на получение хорошего урожая. Важнее, насколько меняется масса зерновок при изменении плотности стеблестоя. Сорта, у которых масса одного тысячи зерен меняется меньше при увеличении плотности стеблестоя, более перспективны. Масса 1000 зерен сортов озимой пшеницы менялась в зависимости от технологии. Например, сорт Московская 40 при базовой технологии имел 27 крупных зерен.

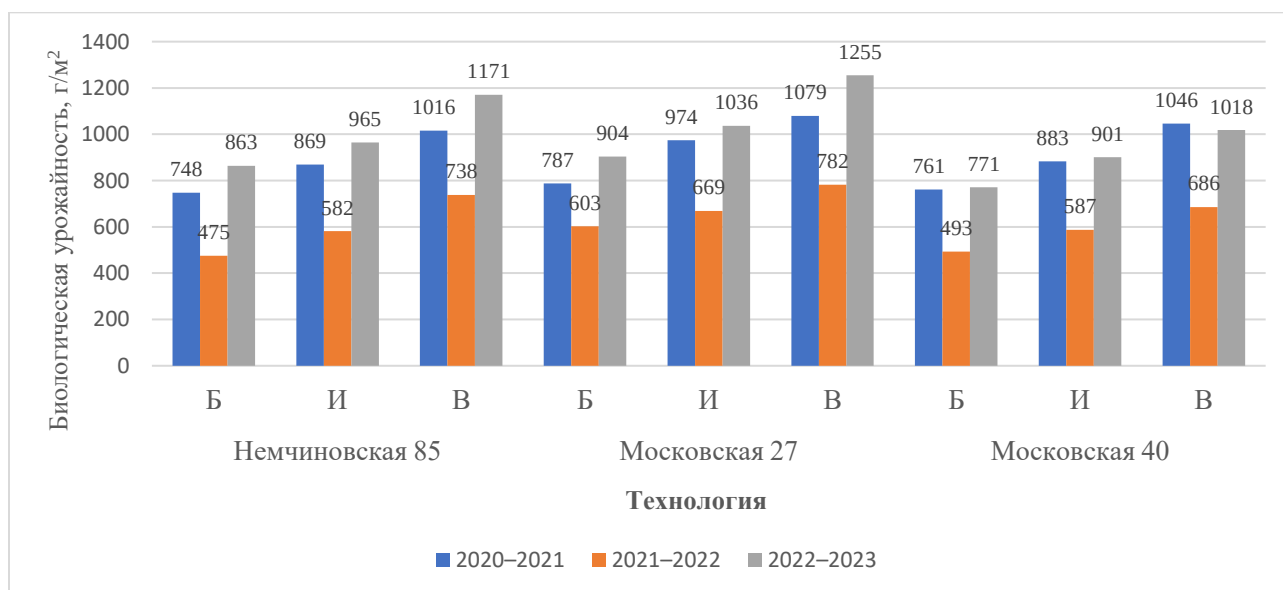


Рисунок 20. Биологическая урожайность озимой пшеницы по различным технологиям (среднее за 2021–2023 гг.)

В ходе наших исследований в 2021 году мы обнаружили, что количество продуктивных стеблей сорта Немчиновская 85 увеличилось с базовой интенсивности 772 до 790 шт./м²; количество стеблей сорта Московская 27 увеличилось с 752 до 778 шт./м²; количество стеблей сорта Московская 40 увеличилось с 749 до 773 шт./м². Лучший сорт Немчиновская 85, увеличил массу 1000 зерен с 41,1 до 44,2 г, за ним следует сорт Московская 27, увеличив массу с 42,7 до 43,9 г, соответственно, с увеличением интенсивности основных высокоинтенсивных технологий (приложение J).

По базовой технологии биологическая продуктивность каждого из исследованных сортов была низкой и составляла от 617 до 1079 г/м². В технологии с высокой интенсивностью сорт Московская 27 показал наибольшую биологическую продуктивность (1079 г/м²), а сорт Московская 40 – наименьшую (1046 г/м²). Применение современных высокотехнологичных методов при выращивании озимой пшеницы повысило урожайность сортов на 18–55 % (приложение J). Увеличение полевой всхожести, количества продуктивных стеблей и массы зерна с колоса показали высокую урожайность зерна в меньшей степени, увеличив массу тысячи зерен. Размер сорта Немчиновская 85 составляет от 43,2 до 48,1 граммов.

Московская 27 оказалась более урожайной. У этого сорта образовалось самое большое количество плодородных стеблей – 598 штук на квадратный метр. Урожайность зерна увеличилась с 603 до 782 грамма на квадратный метр.

Немчиновская 85 показал, что чем больше использовали средства защиты растений и минеральных удобрений (от 475 до 738 г/м²), тем выше урожай.

Урожайность зерна у сорта Немчиновская 85 выросла с 4,52 до 6,43 тонны на гектар, у Московской 27 – до 7,15 тонны на гектар, а у Московской 40 – до 6,24 тонны на гектар при использовании высокотехнологичных методов. Согласно результатам полевого опыта 2023 года (приложение Л 3), число продуктивных

стеблей у сорта Немчиновская 85 возросло с 470 шт./м² при базовой технологии до 628 шт./м² при высокоинтенсивной. У сорта Московская 27 данный показатель вырос с 480 до 573 штук на квадратный метр, а у сорта Московская 40 — с 503 до 528 штук на квадратный метр. Сорт Московская 27 также выделялся по массе 1000 зерен: при переходе от интенсивной к высокоинтенсивной технологии она увеличилась с 51,4 до 55,8 г. У сорта Немчиновская 85 масса 1000 зерен возросла с 48,5 до 53,1 г при аналогичном повышении уровня интенсивности.

Средний биологический урожай сорта Немчиновская 85 составил 695,4 г/м² при базовой технологии, 805,3 г/м² при интенсивной технологии и 974,9 г/м² при высокоинтенсивной технологии. Урожайность сорта Московская 27 составила 764,8 г/м² при базовой технологии, 893 г/м² при интенсивной технологии и 1038,5 г/м² при высокоинтенсивной технологии. Сорт Московская 40 дал средний биологический урожай 675,1 г/м² при базовой технологии, 790,2 г/м² при интенсивной технологии и 916,7 г/м² при высокоинтенсивной технологии.

За период исследований биологическая урожайность озимой пшеницы сорта Немчиновская 85 составляла 695,4–974,9 г/м², Московской 27 – 764,8–1038,5 г/м², а Московской 40 – 675,1–916,7 г/м².

Наши результаты согласуются с данными других исследователей. По данным А. П. Авдеевко [200], применение Био-Дона (0,2 л/га) повышает структуру урожая и продуктивность озимой пшеницы сорта Дон 107 на 0,25 т/га, сорта Лидия на 0,34 т/га. Обработка растущих растений Гумитом в фазе кущения (1 л на гектар) и в фазе выхода в трубку (0,5 л на гектар) увеличила число плодородных стеблей на 118 штук на квадратный метр, количество зерен в колосе на 2,9 штуки и массу 24 тысяч зерен на 3,4 грамма [201]. А. Я. Барчукова и др. [202], в варианте с применением Мелафена, отмечали большее количество сформированных продуктивных стеблей (2,3; в контроле – 1,8 шт.), большую длину и озерненность в колосе (9,1 см и 61,3 шт.; в контроле – 8,5 см и 54,0 шт.). Результаты исследований, проведенные А. А. Тедеевой и В. В. Тедеевой [203]

доказали, что обработка стимуляторами роста способствует увеличению плотности стеблей. При применении регуляторов роста Нера и Стабилан колошение растений происходило на 2–3 дня позже, чем в контроле, урожайность зерна составила 1,36 т/га. П. М. Политыко и другие [195] установили, что при высокой интенсивной технологии сорт Галина даёт больше плодородных стеблей (узлов кущения), чем сорта Немчиновская 57 и Немчиновская 24, которые показывают результаты почти в два раза лучше, чем сорт Московская 40 при обычной технологии. При использовании высокой интенсивной технологии масса зерна в колосе у стандартного сорта Московская 39 увеличилась в среднем на 29 %, а у сорта Галина — на 15 %.

3.10. Урожайность

За три года наших исследований урожайность сортов озимой пшеницы увеличилась благодаря тому, что стали больше уделять внимания уходу за растениями. Климат сильно влияет на урожайность культур. Обычно урожай зерна получается меньше в те годы, когда выпадает мало дождя, особенно летом. Тем не менее, средняя урожайность озимой пшеницы по сортам оказалась в пределах от 7,65 до 8,56 тонн на один гектар благодаря использованию удобрений и средств для защиты растений (табл. 12, приложение К). Сорт Московская 27 продемонстрировал наибольшую отзывчивость на внесение минеральных удобрений и применение фитосанитарных препаратов, достигнув урожайности 8,56 т/га.

Таблица 12. Урожайность различных сортов озимой пшеницы при применении технологий с разным уровнем интенсивности в 2021 году, тонны на гектар

Сорт (А)		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология (В)		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
	I	6,26	8,83	9,53	7,12	9,87	10,33	6,20	9,50	9,75

Урожайность по повторениям	II	6,82	9,19	9,89	7,41	10,08	10,56	5,95	7,75	8,88
	III	6,62	9,03	9,20	7,09	10,21	10,89	6,24	9,17	9,38
	IV	6,06	9,56	9,54	7,21	9,68	11,55	6,13	8,81	9,34
Среднее (фактор А)		6,44	9,15	9,54	7,21	9,96	10,83	6,13	8,81	9,34
Среднее по сорту		7,65			8,56			8,09		
Прибавка к базовой	т/га	-	2,71	3,10	-	2,75	3,62	-	2,68	3,21
	%	-	42,08	48,13	-	38,14	50,20	-	43,71	52,36
Среднее (фактор В)		Б			И			В		
		6,59			9,30			9,90		
Прибавка к базовой	т/га	-			2,71			3,31		
	%	-			41,12			50,23		
НСР ₀₅ по опыту		0,45 т/га								
НСР ₀₅ по фактору А		0,23 т/га								
НСР ₀₅ по фактору В		0,20 т/га								

В зависимости от применяемой технологии урожайность сорта Московская 40 варьировала в пределах 6,13–9,34 т/га, тогда как в контрольном варианте она составляла 5,49 т/га. Прибавки составляли 0,64–3,85 т/га к контролю (11,66–70,13 %). С повышением уровня интенсивности возделывания сорта Московская 27 его урожайность возрастала с 7,21 т/га до 10,83 т/га, а прибавки урожая составляли 0,96–4,6 т/га к контролю (15,36–73,6 %). С повышением уровня интенсивности возделывания сорта Немчиновская 85 его урожайность возрастала с 6,44 т/га до 9,54 т/га, а прибавки урожая составляли 0,96–4,06 т/га к контролю (17,52–74,09 %). В среднем сорта Московская 40, Московская 27 и Немчиновская 85 дали урожай соответственно 7,44 тонны на гектар, 8,56 тонны на гектар и 7,65 тонны на гектар. В контрольном опыте урожайность озимой пшеницы в среднем составила 5,80 тонны на гектар. При использовании базовой технологии урожайность увеличилась на 1,19 тонны на гектар (20,5 %), по интенсивной – на 3,57 т/га (61,55 %), по высокой интенсивности – на 4,16 т/га (71,72 %).

Увеличение интенсификации возделывания сортов озимой пшеницы привело к увеличению урожая в 2022 году. Погодные условия года значительно влияли на урожайность растений. Недостаток урожая зерна обычно наблюдается в годы с небольшим количеством осадков, особенно в летние месяцы. Однако урожайность озимой пшеницы в среднем по сортам оказалась в пределах 4,52–

7,15 тонн на гектар благодаря использованию средств защиты растений и удобрений (таблица 13, приложение К).

В 2023 году сорта озимой пшеницы Московская 27 и Немчиновская 85 показали лучшие результаты при применении минеральных удобрений и препаратов защиты растений.

При базовой технологии урожайность Московской 27 составила 8,61 тонны на гектар, а Немчиновской 85 – 8,18 тонн на гектар.

По сорту Московская 27 дополнительно получено 1,32 тонны на гектар (15 %) по интенсивной технологии и 3,51 тонны на гектар (41 %) по технологии высокой интенсивности. Урожай зерна в Немчиновке увеличивался с 8,18 тонн на гектар до 9,17 и 11,28 тонн на гектар, соответственно, с ростом уровня интенсификации возделывания.

Таблица 13. Урожайность разных сортов озимой пшеницы при применении технологий с разным уровнем интенсивности в 2022 году, тонны на гектар

Сорт (А)		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология (В)		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Урожайность по повторениям	I	4,53	5,72	6,50	5,72	6,48	7,03	4,62	5,37	6,14
	II	4,62	5,64	6,30	5,61	6,62	7,19	4,43	5,28	6,31
	III	4,55	5,67	6,57	6,18	6,50	7,31	4,84	5,20	6,28
	IV	4,36	5,61	6,36	6,11	6,60	7,06	4,58	5,48	6,23
Среднее (фактор А)		4,52	5,66	6,43	5,91	6,55	7,15	4,62	5,33	6,24
Среднее по сорту		5,53			6,53			5,39		
Прибавка к базовой	т/га	-	1,14	1,91	-	0,64	1,24	-	0,71	1,62
	%	-	25,2	42,2	-	10,8	20,9	-	15,3	35,0
Среднее (фактор В)		Б			И			В		
		5,02			5,85			6,61		
Прибавка к базовой	т/га	-			0,83			1,59		
	%	-			16,53			31,67		
НСР ₀₅ по опыту		0,12 т/га								
НСР ₀₅ по фактору А		0,10 т/га								
НСР ₀₅ по фактору В		0,20 т/га								

Прибавка урожайности составил 0,99 тонны на гектар (12%) при использовании интенсивной технологии и 3,10 тонны на гектар (38%) при

применении высокоинтенсивной технологии по отношению к базовой технологии (таблица 14, приложение К).

Таблица 14. Урожайность разных сортов озимой пшеницы при применении технологий с разным уровнем интенсивности в 2023 году, тонны на гектар

Сорт (А)		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология (В)		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Урожайность по повторениям	I	8,07	9,29	11,30	8,30	10,09	11,81	7,57	8,97	9,98
	II	7,77	9,09	11,45	8,16	9,64	12,28	7,48	8,53	9,49
	III	7,85	9,18	11,14	7,95	10,15	11,97	7,33	8,56	9,51
	IV	7,95	9,11	11,23	8,02	9,83	12,42	7,39	8,60	9,86
Среднее (фактор А)		8,18	9,17	11,28	8,61	9,93	12,12	7,44	8,67	9,71
Среднее по сорту		9,54			10,22			8,61		
Прибавка к базовой	т/га	-	0,99	3,10	-	1,32	3,51	-	0,71	1,62
	%	-	12	38	-	15	41	-	15,3	35,0
Среднее (фактор В)		Б			И			В		
		8,07			9,26			11,04		
Прибавка к базовой	т/га	-			1,19			2,97		
	%	-			14,75			36,80		
НСР ₀₅ по опыту		0,17 т/га								
НСР ₀₅ по фактору А		0,15 т/га								
НСР ₀₅ по фактору В		0,29 т/га								

В среднем существует значительная разница (по фактору А) между изучаемыми сортами. Московская 27 дал в среднем более 10 тонн зерна с одного гектара. Это лучший показатель среди всех сортов этого года. Немчиновская 85 урожайностью в среднем 9,54 тонны на гектар оказался на 0,74 тонны ниже, чем у сорта Московская 27. Разница между урожаем сорта Московская 27 и сорта Московская 40 в среднем составила 1,67 тонны на гектар, а между сортами Московская 27 и Московская 40 – 1,43 тонны на гектар. По базовой технологии урожайность озимой пшеницы была 7,95 тонны на гектар. На 15 % больше стала урожайность по интенсивной технологии – это 1,23 тонны на гектар. По высокоинтенсивной технологии урожайность выросла на 36 %, то есть на 2,83 тонны на гектар.

Мы обнаружили, что наши результаты коррелируют с результатами других исследователей, которые изучали те же темы. Урожайность озимой пшеницы (сорт Бригада с использованием $N_{50}P_{50}K_{120}$ и $N_{100}P_{100}K_{240}$) была изучена в зависимости от различных агротехнологий возделывания озимой пшеницы. Показано, что для обеспечения стабильного урожая зерна озимой пшеницы необходимо вносить более высокие дозы минеральных удобрений [204].

А. А. Горьков [205] обнаружил, что при использовании ВРЗ у сорта Леонида урожайность зерна составляла 8,67 т/га, а при использовании ВР1 и ВР2 урожайность сорта Кристелла составляла 0,87 т/га или 33 %. Предпосевная обработка биопрепаратами и опрыскивание всходов в сочетании с микроэлементами гарантирует прибавку урожая озимой пшеницы на 5–30 процентов, а также улучшение технологических качеств зерна. Г. Я. Маслова и др. [206] сообщали, что такие показатели продуктивности, как масса зерна в колосе (2,1–2,5 г), количество зерен в колосе (от 44 до 48 шт.) и масса 1000 зерен (51,2–52,6 г) соответствовали высокому урожаю. Урожайность пшеницы 2 класса (77,2 ц/га) и высокое качество зерна (натура 789 г/л, общая стекловидность 60 %, содержание белка – 14,2 %, клейковина 29,0 %) были достигнуты благодаря интенсивным технологиям [207].

3.11. Качество зерна

Согласно ГОСТ 9353–90 [114, 208, 209], основная задача выращивания озимой пшеницы — получить зерно высокого качества, особенно с высоким содержанием белка и клейковины, а также достичь хорошего урожая. Для этого важно правильно управлять водой в почве, использовать удобрения и следить за тем, чтобы растения не болели.

Содержание белка и клейковины являются главными биохимическими признаками, которые помогают судить о качестве зерна озимой пшеницы. Чтобы

получить качественное зерно, сажают сорта, которые хорошо подходят для обработки [210]. Поэтому важно выбрать способы выращивания, которые помогут растению полноценно развиваться, чтобы улучшить качество зерна пшеницы. Содержание белка – это количество белка, выраженное в процентах, и должно быть на уровне 11–17 %. При повышении содержания белка более 17–19 % и снижении менее 11 % качество хлеба ухудшается. Отношение количества сырого глютена к общему количеству белка является показателем содержания клейковины. Хлебопекарные качества муки из зерна пшеницы зависят от содержания клейковины. Содержание белка и клейковины находится в тесной взаимосвязи: повышение уровня белка на 11–17 % приводит к увеличению содержания клейковины на 16–32 %.

В 2021 году величина белка в зерне изменялась в зависимости от применяемой технологии. При высокой интенсивности содержание белка было таким: 16,6 % у сорта Московская 27, 18,3 % у сорта Московская 40 и 19,4 % у сорта Немчиновская 85. У озимой пшеницы сорта Московская 27 белок составил 15,7 %, сорта Московская 40 — 17,9 %, а сорта Немчиновская 85 — 18,7 %. При использовании обычной технологии содержание белка в всех сортах снизилось на 0,4–2,2 %. В тех случаях, где использовалась более развитая технология, в сортах Московская 40 и Московская 27 содержание белка оказалось выше, чем при обычной технологии, на 1,8–2,2 %, а в сорте Немчиновская 85 оно оказалось ниже на 1,5–2,2 % (табл. 15).

Таблица 15. Качество зерна озимой пшеницы при использовании различных технологий (2021 г.)

Сорт		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Биологическая урожайность, г/м ²		748	869	1016	787	978	1079	761	883	1046
Урожайность	т/га	6,44	9,15	9,54	7,21	9,96	10,83	6,13	8,81	9,34

	прибавка к базовой	-	2,71	3,10	-	2,75	3,62	-	2,68	3,21
	%	-	42,08	48,13	-	38,14	50,20	-	43,71	52,36
Натура зерна, г/ л		815	808	802	818	811	804	813	807	800
Содержание, %	белка	17,2	18,7	19,4	15,3	15,7	16,6	16,1	17,9	18,3
	клейковины	32,9	34,4	36,0	29,8	31,4	34,7	36,3	37,9	40,7
НСР ₀₅ по опыту		12,06								
НСР ₀₅ по фактору А		10,62								
НСР ₀₅ по фактору В		7,18								

Клейковина зерна озимой пшеницы сорта Московская 40 при использовании высокоинтенсивной технологии составляла 40,7%, сорта Московская 27 – 34,7%, а сорта Немчиновская 85 – 36%. При применении интенсивной технологии содержание клейковины в зерне озимой пшеницы было 31,4% у сорта Московская 27, а содержание клейковины составило 37,9%, у сорта Московская 40 — 34,4%, а у сорта Немчиновская 85 — 34,4%. При применении базовой технологии уровень клейковины у всех сортов оказался ниже на 1,6–4,9%. У сорта Московская 40 содержание клейковины превысило базовый уровень на 1,6–4,4%, у сорта Немчиновская 85 — на 1,5–3,1%, а у сорта Московская 27 — на 1,6–4,9 %.

В 2022 году содержание белка в зерне зависело от используемой технологии. При высокоинтенсивной технологии содержание белка составило 15,5 % у сорта Московская 27, 15,3 % — у сорта Московская 40 и 14,7 % — у сорта Немчиновская 85. В зерне сорта Московская 27 белок составил 15,3 %, сорта Московская 40 — 14,9 %, а сорта Немчиновская 85 — 14,7 % при интенсивной технологии. При основной технологии содержание белка в зерне этих сортов снизилось на 0,2–1,2 %. В зерне сорта Московская 40 белка оказалось на 0,8–1,2 % больше, чем при основной технологии; в зерне сорта Немчиновская 85 белка на 0,5 % больше, а в зерне сорта Московская 27 белка на 0,2–0,4 % больше, чем при основной технологии (табл. 16).

Таблица 16. Качество зерна озимой пшеницы в 2022 году при использовании различных методов выращивания

Сорт		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Биологическая урожайность, г/м ²		435	600	832	575	693	921	439	562	789
Урожайность	т/га	4,52	5,66	6,43	5,91	6,55	7,15	4,62	5,33	6,24
	прибавка к базовой	–	+1,1	+1,9	–	+0,6	+1,2	–	+0,7	+1,6
	%	–	24,4	42,2	–	10,2	20,3	–	15,2	34,8
Натура зерна, г/ л		805	803	800	816	813	804	810	807	805
Содержание, %	белка	14,2	14,7	14,7	15,1	15,3	15,5	14,1	14,9	15,3
	клейковины	29,6	30,9	31,0	25,8	26,5	27,2	30,3	31,9	33,7
НСР ₀₅ по опыту		13,26								
НСР ₀₅ по фактору А		9,82								
НСР ₀₅ по фактору В		8,34								

При использовании высокой интенсивной технологии содержание глютена в зерне озимой пшеницы получилось следующим: у сорта Московская 40 — 33,7%, у сорта Московская 27 — 27,2%, у сорта Немчиновская 85 — 28,5% — 31,0 %. В условиях интенсивной технологии данный показатель достигал 26,5 % у сорта Московская 27, 31,9 % — У сорта Московская содержание белка составляет 40 и 30,9 процента, а у сорта Немчиновская — 85 процентов. При применении базовой технологии содержание клейковины в зерне всех трёх сортов снижалось на 0,7–3,4 %. При этом у сорта Московская 40 показатель превышал обычный уровень на 1,6–3,4 %, у сорта Немчиновская 85 — на 1,3–1,4 %, а у сорта Московская 27 — на 0,7–1,4 %. Урожайность зерна по сорту Немчиновская 85 увеличилась с 4,52 до 6,43 тонны на гектар, по сорту Московская 27 – до 7,15 тонны на гектар, а по сорту Московская 40 – до 6,24 тонны на гектар (табл. 17). Качество зерна, включая натуру, содержание белка и клейковины в муке, улучшалось при более интенсивном возделывании озимой пшеницы.

Таблица 17. Качество зерна озимой пшеницы с использованием различных технологий (2023 г.)

Сорт		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Биологическая урожайность, г/м ²		863	965	1171	904	1036	1255	771	901	1019
Урожайность	т/га	8,18	9,17	11,28	8,02	9,83	12,42	7,44	8,67	9,71
	прибавка к базовой	–	+0,99	+3,10	–	+1,32	+3,51	–	+1,23	+2,27
	%	–	12	38	–	15	41	–	16	30
Натура зерна, г/ л		801	800	797	812	805	802	808	803	801
Содержание, %	белка	14,1	14,6	14,9	15,0	15,2	15,2	14,3	14,7	15,4
	клейковины	29,9	30,9	31,2	25,6	26,3	27,4	30,2	32,3	33,5
НСР ₀₅ по опыту		11,46								
НСР ₀₅ по фактору А		8,67								
НСР ₀₅ по фактору В		7,38								

По данным Юго-Восточного НИИСХ, снижение содержания клейковины на 9,55 % происходит в результате увеличения гидротермического коэффициента на 1 единицу, а увеличение дозы удобрения на 1 сотку увеличивает содержание белка на 2 %. Вклад любых средств защиты оценивается в 1,04 %. Например, содержание белка увеличивается на 1,04 % при использовании только гербицида; на 2,08 % при использовании инсектицида и гербицида; на 3,12 % при применении фунгицида, инсектицида и гербицида. Увеличение гидротермического коэффициента на 1 единицу за вегетационный период приводит к снижению содержания белка на 3,78 %, а увеличение дозы удобрения на 1 ц/га приводит к увеличению содержания белка на 0,63 %. По оценкам, вклад традиционных средств защиты составляет 0,44 %. Содержание белка увеличивается на 0,44 % при применении одного средства (гербицида, инсектицида или триазольного фунгицида) и на 0,88 % при применении двух средств и на 1,32 % при применении всех трех средств (гербицид, инсектицид и фунгицид).

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Энерго-экономическая оценка эффективности сельскохозяйственного производства озимой пшеницы имеет важное значение. Она позволяет сравнить разнородные технологии, определить структуру энергетических и материальных потоков в агроценозах, выявить основные резервы ресурсосбережения в сельском хозяйстве [111, 211]. Применение удобрений является одним из основных агротехнических приемов при возделывании озимой пшеницы, направленных на получение высоких и стабильных урожаев. Согласно В. Н. Босаку [212], ключевыми факторами эффективности выращивания озимой пшеницы выступают применение удобрений и пестицидов. Главными критериями энергетической результативности служат удельные энергозатраты, представляющие собой объем энергии на единицу продукции, и энергетический коэффициент, отражающий отношение энергии в готовой продукции к энергии, затраченной на её получение. Двумя ключевыми показателями экономической эффективности являются чистый доход и рентабельность, или отношение чистого дохода к затратам. Максимизация урожайности с гектара при минимизации энергозатрат является основой энергоэффективного выращивания озимой пшеницы [213]. Применение показателей экономической и энергетической эффективности при оценке систем удобрения озимой пшеницы позволило выявить наиболее выгодные варианты, которые могут быть рекомендованы для внедрения в производство.

4.1. Экономическая эффективность

Для расчета затрат на производство озимой пшеницы в 2021 году применяли технологическую карту Федерального исследовательского центра «Немчиновка». Стоимость материалов определяли по цене их покупки. Анализ

эффективности разных способов выращивания сортов озимой пшеницы показал, что применение интенсивных методов требует больше расходов, связанных с использованием химических препаратов для борьбы с болезнями и вредителями, а также с частым применением азотных удобрений при подкормке (табл. 18).

Таблица 18. Экономическая эффективность разных способов выращивания сортов озимой пшеницы, 2021 год

Сорт		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Урожайность, т/га		6,44	9,15	9,54	7,21	9,96	10,83	6,13	8,81	9,34
Стоимость урожая, руб./га		70840	100650	104940	79310	109560	119130	67430	96910	102740
Затраты на возделывание, руб./га		25517	31905	38868	25517	31905	38868	25517	31905	38868
Условный чистый	доход, руб./га	45323	68745	66072	53793	77655	80262	41913	65005	63872
Окупаемость, руб./руб.		1,77	2,15	1,70	2,11	2,43	2,06	1,64	2,04	1,64
Рентабельность		36,02	31,70	37,04	32,17	29,09	32,63	37,84	32,92	37,83

*Цена реализации зерна – 11 руб./кг

Условный чистый доход растёт вместе с увеличением продуктивности, а покрытие затрат меняется противоположным образом. Среди рассмотренных сортов наибольший условно чистый доход показал сорт Московская 27, при росте технологической интенсификации доход составил 53793, 77655 и 80262 руб./га. В результате рентабельность возделывания этого сорта была выше по сравнению с двумя другими сортами. По базовой технологии она составила 2,11 руб./руб., а по высокоинтенсивной технологии снизилась до 2,06 руб./руб. Во всех используемых технологиях возделывание оказалось выгодным для всех сортов. Учитывая то, что затраты на производство зерна и особенно озимой пшеницы ежегодно растут, в будущем важную роль сыграют цены, по которым покупают

зерно. Нужно отметить, что с ростом этих цен повышается эффективность, и выращивание сортов становится более прибыльным.

В эксперименте 2022 года стоимость производства культур взята как стоимость по карте технологий Московского НИИСХ «Немчиновка». При подсчёте дохода от зерновых культур учитываются цены на покупку зерна. Согласно анализу эффективности методов выращивания сортов озимой пшеницы, увеличение урожайности приводит к росту условного чистого дохода (табл. 19).

Таблица 19. Экономическая эффективность разных способов выращивания сортов озимой пшеницы в 2022 году

Сорт	Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология	Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Урожайность, т/га	4,52	5,66	6,43	5,91	6,55	7,15	4,62	5,33	6,24
Стоимость урожая, руб./га	63280	79240	90020	82740	91700	100100	64680	74620	87360
Затраты на возделывание, руб./га	29314	35334	39480	29314	35334	39480	29314	35334	39480
Условный чистый доход, руб./га	33966	43906	50540	53426	56366	60620	35366	39286	47880
Окупаемость, руб./руб. затрат	1,16	1,24	1,28	1,82	1,60	1,54	1,21	1,11	1,21
Рентабельность	46,32	44,59	43,86	35,43	38,53	39,44	45,32	47,35	45,19

*Цена реализации зерна – 14,00 руб./кг

Наибольший условно чистый доход показал сорт Московская 27, при росте технологической интенсификации он составил 53426, 56366 и 60620 рублей с гектара. В результате рентабельность инвестиций в выращивание этого сорта оказалась выше, чем у двух других сортов. Она составила 1,82 рубля на рубль затрат по базовой технологии, снизилась до 1,54 руб./ руб. затрат по высокоинтенсивной. Самый маленький условно чистый доход показал сорт Московская 40 при стандартной технологии – 35366 руб./га, при высокоинтенсивной технологии он увеличился до 47880 руб./га. Окупаемость

затрат при переходе от базовой к высокоинтенсивной технологии сохранялась на уровне 1,21 руб./руб. в чистом виде.

Себестоимость производства озимой пшеницы в рамках эксперимента в 2023 году была посчитана по технологии, созданной в Федеральном исследовательском центре «Немчиновка». Себестоимость полученного урожая оказалась сопоставима с ценой приобретения зерна. Анализ экономической эффективности технологий выращивания сортов озимой пшеницы в 2023 году (табл. 20) показал, что при использовании интенсивных методов увеличиваются затраты на производство. Это связано с тем, что применяются больше азотных удобрений при подкормках, а также используются химические препараты для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями.

Согласно оценке экономической эффективности систем защиты растений при выращивании сортов озимой пшеницы с высоким уровнем технологической сложности, рост урожайности способствует увеличению условного чистого дохода. С ростом интенсификации цена гектара составила 109560 руб./га для сорта Московская 27, 95880 руб./га для сорта Немчиновская 85 и 77040 руб./га для сорта Московская 40. При применении основной технологии возделывания озимой пшеницы наибольшие затраты были у сорта Московская 27 — на 2,77 руб. больше, чем у других. У сорта Немчиновская 85 расходы увеличились на 2,43 руб., а у сорта Московская 40 — на 1,95 руб.

Таблица 20. Экономическая эффективность разных способов выращивания сортов озимой пшеницы в 2023 году

Сорт	Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология	Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Урожайность, т/га	8,18	9,17	11,28	8,02	9,83	12,42	7,44	8,67	9,71
Стоимость урожая, руб./га	98160	110040	135360	96240	117960	149040	89280	104040	116520

Затраты на возделывание, руб./га	29314	35334	39480	29314	35334	39480	29314	35334	39480
Условный чистый доход, руб./га	68846	74706	95880	66926	82626	109560	59966	68706	77040
Окупаемость, руб./руб. затрат	2,35	2,11	2,43	2,28	2,34	2,77	2,04	1,94	1,95
Рентабельность	29,86	32,11	29,17	30,46	29,95	26,49	32,83	33,96	33,88

*Цена реализации зерна – 12,00 руб./кг

Таким образом, все технологические приемы возделывания этих сортов оказались рентабельными до 2023 года. Рентабельность составила от 29,86 до 32,83 % по базовой технологии, от 29,95 до 33,96 % по интенсивной технологии и от 29,17 до 33,88 % по высокоинтенсивной технологии. А. М. Кравцов и А. В. Загорулько [207] установили, что чистая прибыль с гектара посевов по ресурсосберегающей технологии составила 31745 рублей при себестоимости 1 ц зерна 284 рубля. Важно подчеркнуть, что при ежегодном увеличении расходов на производство зерна значительное влияние оказывают покупные цены на зерно. С увеличением этих цен повышается экономическая прибыльность, и выращивание различных сортов становится более выгодным.

4.2. Энергетическая эффективность

Энергетическая эффективность – это отношение биологической энергии, накопленной в урожае, к технической (антропогенной) энергии, затраченной на выращивание, сбор и послеуборочную обработку урожая. Хотя антропогенная энергия является важным фактором, она позволяет растениям более эффективно использовать неорганические энергетические ресурсы природы [214]. Проблемы энергообеспечения сельскохозяйственного производства привели к поиску путей интенсификации сельскохозяйственного производства, таких как использование органических севооборотов, выведение новых высокоурожайных сортов,

устойчивых к болезням, вредителям и стрессам, переход к минимальной и нулевой обработке почвы, посев промежуточных культур для получения кормов и использование зеленых удобрений [215, 216]. «Каждый луч солнечного света, не захваченный зеленой поверхностью поля, луга или леса – это богатство, потерянное навсегда», – справедливо подчеркивал К. А. Тимирязев. В своем исследовании Г. Я. Маслова и др. [206] подтвердили, что использование новых, более высоких урожаев озимой пшеницы повышает энергетическую эффективность возделывания и снижает затраты энергии на единицу продукции. Н. В. Войтович и др. [216] считает, что антропогенная энергия хоть и важна, является лишь дополнительным средством, которое помогает растениям лучше использовать энергию из неорганических природных ресурсов. Доля невозобновляемой энергии в общей «цене» урожая составляет около 0,0025–0,05 % по сравнению с «рабочей» энергией солнца. Поскольку на производство и применение удобрений и пестицидов приходится половина энергии, используемой в растениеводстве, оценка энергоэффективности растениеводства становится все более популярной.

В проведенных исследованиях отбор оптимальной системы питания, сорта озимой пшеницы и защитных мероприятий основывался на анализе воздействия минеральных удобрений и фитосанитарных средств на энергетическую результативность возделывания озимой пшеницы. Рост коэффициента энергетической эффективности (КЭЭ) указывает на большую окупаемость затрат на повышение урожайности энергией, аккумулированной в продукции. Энергетическая эффективность рассчитывалась ежегодно (табл. 21, 22, 23). КЭЭ приближается к единице при повышении интенсивности технологических процессов.

Расчеты свидетельствуют, что в 2021 году энергетическая результативность возделывания озимой пшеницы находилась на достаточно высоком уровне, поскольку КЭЭ превышал единицу (табл. 21). Потребление и выход обменной

энергии связаны напрямую. Увеличение урожайности изучаемых сортов приводит к росту выхода обменной энергии.

Таблица 21. Энергетическая эффективность выращивания сортов озимой пшеницы в 2021 году

Сорт		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Показатели	Урожайность, т/га	6,44	9,15	9,54	7,21	9,96	10,83	6,13	8,81	9,34
	Выход энергии, ГДж/га	140,5	150,5	189,8	163,0	215,3	225,1	157,7	176,2	209,6
	Затраты на возделывании, ГДж/ц	11,2	12,4	17,9	11,6	16,5	20,8	14,4	16,2	19,7
	Коэффициент энергетической эффективности	1,6	1,3	1,2	1,4	1,3	1,1	1,5	1,2	1,1

При использовании базовой технологии у сорта Московская 27 образовывалось 163,01 ГДж/га обменной энергии. При переходе к интенсивной технологии этот показатель увеличивался на 52,31 ГДж/га, а при применении высокоинтенсивной технологии рост составлял 62,06 ГДж/га по сравнению с базовым вариантом. Для сорта Московская 40 показатели составили 157,72 ГДж/га при базовой технологии, 176,21 ГДж/га при интенсивной и 209,64 ГДж/га при высокоинтенсивной, что означает увеличение на 18,49 до 51,92 ГДж/га. У сорта Немчиновская 85 обменная энергия достигала 140,50 ГДж/га при базовом уровне, 150,54 ГДж/га при интенсивном и 189,78 ГДж/га при высокоинтенсивном, что эквивалентно увеличению на 10,04–49,28 ГДж/га. Энергопотребление формировалось под влиянием количества применяемых минеральных удобрений, пестицидов, техники и расхода горюче-смазочных материалов (ГСМ). Затраты энергии на производство одного центнера зерна у сорта Немчиновская 85 возрастали с 11,2 до 17,9 ГДж/га, у сорта Московская 27 — с 11,6 до 20,8 ГДж/га, а у сорта Московская 40 — с 14,4 до 19,7 ГДж/га при повышении уровня интенсивности технологии. КЭЭ снижается с увеличением интенсивности

технологии. У сорта Немчиновская 85 он снижается с 1,6 до 1,2, у сорта Московская 27 с 1,4 до 1,1, а у сорта Московская 40 с 1,5 до 1,1.

Поскольку КЭЭ в 2022 году больше единицы, расчеты показывают, что производство озимой пшеницы имеет относительно высокую энергетическую эффективность (табл. 22). Урожайность напрямую зависит от количества обменной энергии. Урожайность проверенных сортов увеличивалась вместе с ростом интенсивности технологии, что приводило к увеличению количества обменной энергии.

Таблица 22. Энергетическая эффективность возделывания сортов озимой пшеницы в 2022 году

Сорт		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Показатели	Урожайность, т/га	4,52	5,66	6,43	5,91	6,55	7,15	4,62	5,33	6,24
	Выход энергии, ГДж/га	102,4	105,3	114,2	112,7	118,7	121,9	94,3	137	177,2
	Затраты на возделывании, ГДж/ц	10,1	10,9	11,8	9,7	11,3	12,6	9,3	13,4	18,6
	Коэффициент энергетической эффективности	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4	1,2	1,8	1,3	1,1

При базовой технологии возделывания озимой пшеницы выход энергии составил 94,3-112,7 ГДж/га. У сортов Немчиновская 85, Московская 27 и Московская 40 применение интенсивной технологии привело к увеличению выхода энергии на 2,9; 6,0; и 42,7 ГДж/га соответственно. Выходы энергии при высокоинтенсивной технологии достигли 9,28; 11,81 и 82,89 ГДж/га соответственно. Энергозатраты на производство одного центнера зерна сорта Немчиновская 85 выросли с 10,1 до 11,8 ГДж/га по мере совершенствования технологии. Показатели сорта Московская 27 увеличились с 9,7 до 12,6 ГДж/га, а у сорта Московская 40 увеличились с 9,3 до 18,6 ГДж/га.

Энергоэффективность снижается с ростом интенсивности технологии. Сорт Московская 27 уменьшился с 1,6 до 1,2, сорт Немчиновская 85 уменьшился с 1,6 до 1,3, а сорт Московская 40 уменьшился с 1,8 до 1,1. Таблица 23 показывает рост энергетического выхода в сочетании с ростом урожайности за 2023 год.

Таблица 23. Энергетическая эффективность выращивания сортов озимой пшеницы в 2021 году

Сорт		Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40		
Технология		Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
Показатели	Урожайность, т/га	8,18	9,17	11,28	8,02	9,83	12,42	7,44	8,67	9,71
	Выход энергии, ГДж/га	134,5	150,8	185,4	131,9	161,6	204,2	122,3	142,5	159,6
	Затраты на возделывании, ГДж/ц	9,8	11,0	13,5	9,6	11,8	14,9	8,9	10,4	11,6
	Коэффициент энергетической эффективности	1,7	1,5	1,2	1,7	1,4	1,1	1,8	1,6	1,4

Энергетический выход сортов Московская 40 составил 159,6 ГДж/га, сорт Немчиновская 85 — 185,4 ГДж/га и сорт Московская 27 — 204,2 ГДж/га при использовании высокоинтенсивной технологии возделывания. Для производства зерна сорту Немчиновская 85 требовалось 9,8–13,5 ГДж/га, Московской 27– 9,6–14,9 ГДж/га, Московской 40 – 8,9–11,6 ГДж/га. КЭЭ снижается с увеличением интенсивности технологии. У сорта Немчиновская 85 он снижается от 1,7 до 1,2, у сорта Московская 27 от 1,7 до 1,1, а у сорта Московская 40 от 1,8 до 1,4.

ВЫВОДЫ

1. При возделывании сортов озимой пшеницы Немчиновская 85, Московская 27 и Московская 40 на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Центрального Нечерноземья использование элементов технологии разного уровня интенсивности (базового, интенсивного и высокоинтенсивного) позволило получить высокие урожаи качественной продукции.

2. Сорта озимой пшеницы имели высокую полевую всхожесть и перезимовку растений во все годы исследований, соответственно: в 2020–2021 году – 88–93 % и 95–98 %; в 2021–2022 году – 85–90 % и 94–98 %; в 2022–2023 году – 83–88 % и 94–99 %. Только сорт Московская 40 в 2022–2023 году уступал по этим показателям Московской 27, соответственно на 25 и 28 %, Немчиновской 85 – на 30 и 33 %.

3. Плотность сложения почвы под посевами озимой пшеницы имела оптимальное значение в слое от 0 до 20 см. В фазе кущения она составляла 1,09–1,18 г/см³, выхода в трубку – 1,13–1,24 г/см³ и колошения – 1,16–1,30 г/см³.

4. В слое почвы 0–20 см влажность почвы под озимой пшеницей составляла 16,3–23,1 % в фазе кущения, 14,5–19,1 % в фазе выхода в трубку и 10,2–14,7 % в фазе колошения, что было близко к среднемноголетним значениям.

5. Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см под озимой пшеницей во все фазы развития были близки к средним многолетним значениям и составляли 17,1–27,5 мм в фазе кущения, 12,1–30,7 мм в фазе выхода в трубку и 11,9–21,8 мм в фазе колошения.

6. Наибольшее содержание нитратного азота в пахотном слое почвы от 0 до 20 см обеспечивалось по высокоинтенсивной технологии в фазу выхода в трубку в 2021 году в посевах Немчиновской 85 – 28,4 мг/кг, Московской 27 – 27,2 мг/кг и Московской 40 – 29,1 мг/кг почвы, в 2023 году, соответственно 24,5; 24,7 и 23,4 мг/кг почвы. В 2022 году самое высокое содержание нитратного азота

обеспечивалось при этой же технологии, но в фазу колошения у Немчиновской 85 – 11,5 мг/кг, у Московской 27 в фазу кущения – 9,3 мг/кг и у Московской 40 в фазу выхода в трубку – 10,0 мг/кг почвы.

7. Самое высокое содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы обеспечивалось по высокоинтенсивной технологии в фазу кущения в посевах Немчиновской 85 и Московской 40, соответственно – 403 и 339 мг/кг, Московской 27 в фазу выхода в трубку – 372 мг/кг почвы.

8. Наибольшее содержание подвижного калия в пахотном слое почвы от 0 до 20 см обеспечивалось по высокоинтенсивной технологии в фазу кущения в 2021 и 2022 годах в посевах Немчиновской 85 – 177 мг/кг, Московской 27 – 161 мг/кг и Московской 40 – 199 мг/кг почвы, в 2023 году, соответственно 197; 161 и 199 мг/кг почвы.

9. Самая высокая фотосинтетическая активность обеспечивалась при высокоинтенсивной агротехнологии в 2021 году в межфазный период кущение – выход в трубку растений озимой пшеницы у сорта Немчиновская 85 – 6696 тыс. г/м² сутки. В межфазный период выход в трубку – колошение наибольшая фотосинтетическая активность отмечалась также в 2021 году при высокоинтенсивной технологии у сорта Московская 40 – 8273 тыс. г/м² сутки. В период колошение – молочная спелость в этом же году при этой же технологии в посевах сорта Немчиновская 85 – 6095 тыс. г/м² сутки.

10. Наибольшая площадь листьев обеспечивалась в фазу колошения у растений озимой пшеницы сорта Московская 27 при высокоинтенсивной технологии – 4,52 м²/м², у Московской 40 – 4,34 м²/м² и Немчиновской 85 – 3,64 м²/м².

11. Самый высокий фотосинтетический потенциал наблюдался у растений озимой пшеницы Немчиновская 85 в 2021 году при возделывании по высокоинтенсивной технологии – 7,5 млн. м²га дней, а наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза у этого же сорта и такой же технологии, но в 2023 году – 7,4 г/м² сутки.

12. Накопление сухого вещества в растениях озимой пшеницы было максимальным при возделывании сорта Московская 40 по высокоинтенсивной технологии в межфазный период кущение – выход в трубку – 363 г/м², в межфазный период выход в трубку – колошение – 784 г/м² и в период колошение – молочная спелость – 651 г/м².

13. Биологическая эффективность от применения фунгицида Консул, КС в концентрации 1,0 л/га составила от 90 до 99 %, Консул, КС в концентрации 0,8 л/га составила от 87 до 96 %, Альто Супер, КЭ 0,5 л/га от 80 до 96 %, Импакт Эксклюзив, КС 0,75 л/га – 60–93 %. Биологическая эффективность от применения инсектицидного протравителя Пикус, КС 1,0 л/т в баковой смеси с инсектицидом Вантекс, МКС 60 мл/га составила 82–99 %; Пикус, КС 1,0 л/т + Данадим Пауер, КЭ 0,6 л/га от 78 до 99 %, Данадим Пауер, КЭ 0,6 л/га – от 70 до 99 %, Пикус, КС 1,0 л/т – от 74 до 96 %, Пикус, КС 0,7 л/т – от 77 до 94 %. Биологическая эффективность при комплексном применении препаратов (Пикус, КС 1,0 л/т + Винцит Форте, КС 1,5 л/т, Данадим Пауер, КЭ 0,6 л/га, Пикус, КС 1,0 л/т + Вантекс, МСК 50 мл/га) составила 22,19–38,05 %.

14. Внесение минеральных удобрений в дозах N₁₂₀₋₁₅₀, P₉₀₋₁₂₀ и K₁₂₀₋₁₈₀ кг/га улучшило агрохимические свойства почвы. Содержание в почве нитратного азота, подвижного фосфора и калия интенсивно увеличивалось. Хороший рост озимой пшеницы был достигнут благодаря эффективной защите растений от болезней, вредителей и сорняков, особенно при использовании интенсивных методов.

15. Фитосанитарное состояние посевов было удовлетворительным. Защитные мероприятия обеспечивали высокую биологическую эффективность их от вредителей, болезней и сорняков, достигая 80–99 %. Это отразилось на урожайности. За три года исследований препараты для защиты растений повысили эффективность применения азотных удобрений за счет снижения численности сорняков и заболеваемости растений. Протравливание семян

препаратом Пикус, КС 1,0 л/т перед посевом и обработка посевов пестицидами значительно улучшили фитосанитарное состояние посевов. Сорняки и их биомасса сократились в 11–18 раз, септориоз снизился на 88–98 %, корневые гнили – на 60–89 %, снежная плесень – на 75–96 %, мучная роса – на 72–99 %, фузариоз колоса – на 86–98 % и бурая ржавчина – на 81–99 %.

16. Согласно анализу структуры урожая, сорта Московская 27 и Немчиновская 85 являются экологически устойчивыми. Они дали очень продуктивный стебель, хорошую крупность колоса и хорошую массу зерен в колосе, что обеспечило высокую урожайность при оптимальном минеральном питании и хорошем фитосанитарном состоянии посевов. Благодаря хорошим агрометеорологическим условиям сорта Московская 27 и Немчиновская 85 смогли достичь свой потенциал урожайности (8,56–10,22 т/га и 7,65–9,54 т/га, соответственно).

17. С увеличением интенсивности технологии возделывания количество продуктивных стеблей увеличилось с 487 до 790 шт./м² у сорта Немчиновская 85, с 530 до 778 шт./м² у Московской 27, с 432 до 773 шт./м² у Московской 40. Масса 1000 зерен повышалась по мере увеличения интенсивности технологии. По интенсивной и высокоинтенсивной технологиям масса 1000 зерен варьирует от 43,4 до 51,0 г и от 44,2 до 53,1 г у сорта Немчиновская 85, соответственно; от 43,1 до 53,6 г и от 43,9 до 55,8 г у Московской 27; от 42,6 до 51,4 г и от 43,5 до 52,9 г у Московской 40.

18. Анализ энергоэффективности технологий возделывания озимой пшеницы показал, что производство энергии увеличивается с увеличением урожайности. При переходе от базовой к высокоинтенсивной технологии энергозатраты на выращивание зерна возрастают с 1,7 до 6,7 ГДж/ц у сорта Немчиновская 85, с 2,9 до 9,2 ГДж/ц у сорта Московская 27, с 2,7 до 9,3 ГДж/ц у сорта Московская 40. Коэффициент энергоэффективности снижался с 1,7–1,6

(базовая) до 1,3–1,2 (высокоинтенсивная) у сорта Немчиновская 85, с 1,6–1,4 до 1,2–1,1 у сорта Московская 27, с 1,8–1,5 до 1,4–1,1 у сорта Московская 40.

19. Согласно проведенным расчетам экономической эффективности, с ростом урожайности условный чистый доход увеличивался. Наблюдалась обратная зависимость между урожайностью, затратами на выращивание и технологией, которая с увеличением интенсивности технологии в среднем снижается от 1,74 до 1,57 руб. на рубль затрат у сорта Немчиновская 85; от 1,96 до 1,81 рубля за рубль затрат у сорта Московская 27; с 1,63 до 1,41 рубля на рубль затрат у сорта Московская 40. Экономическая эффективность по всем технологиям возделывания и изучаемым сортам озимой пшеницы будет увеличиваться с ростом закупочных цен на зерно.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения высоких урожаев качественного зерна озимой пшеницы на дерново-подзолистой почве Центрального Нечерноземья рекомендуется использовать базовую, интенсивную и высокоинтенсивную технологию при выращивании сортов Немчиновская 85, Московская 27 и Московская 40.

Базовая технология возделывания всех сортов озимой пшеницы рекомендуется для хозяйств с низким экономическим уровнем развития.

Интенсивная технология предполагает урожайность 5–5,5 т/га при внесении 120 кг азота, 90 кг фосфора и 120 кг калия и использовании инсектицида Вантекс, МКС 60 мл/га, гербицида Аккурат Экстра, ВДГ 25 мл/га и фунгицида Альто Супер, КЭ 0,5 л/га, инсектоакарицида Данадим Эксперт, КЭ 0,6 л/га, регулятора роста Сапресс, КЭ 0,3 л/га, опрыскивании инсектоакарицидом Данадим Пауэр, КЭ 0,6 л/га и фунгицидом Импакт Супер, КС 0,75 л/га для защиты колоса.

Высокоинтенсивная технология для ожидаемой урожайности более 8 т/га с дозой азота до 150 кг, фосфора до 120 кг и калия до 180 кг и использованием инсектицида Вантекс, МКС 60 мл/га; для защиты флагового листа используются следующие препараты: гербицид Тандем, ВДГ 25 г/га, инсектоакарицид Данадим Пауэр, КЭ 0,6 л/га и регулятор роста Сапресс, КЭ 0,3 л/га; Импакт Супер, КС 0,75 л/га и регулятор роста Сапресс, КЭ 0,3 л/га; опрыскивании колоса инсектицидом Вантекс, МКС 60 мл/га и фунгицидом Консул, КС 1,0 л/га.

Интенсивные и высокоинтенсивные технологии позволяют повысить урожайность зерна озимой пшеницы до 12 т/га при высоких качественных показателях зерна за счет снижения повреждаемости до 72–99 %, засоренности до 89–99 %.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследований

Изучить влияние препаратов, содержащих наночастицы, на урожайность и стрессоустойчивость в технологии возделывания озимой пшеницы.

Провести комплексную оценку качества зерна озимой пшеницы, выращенной с учетом элементов, используемых при технологическом возделывании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Политыко П. М., Киселев Е. Ф., Капранов В. Н. и др. Роль минеральных удобрений и средств защиты растений в формировании урожайности и качества зерна сортов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) при разных технологиях возделывания на дерново-подзолистых почвах // Проблемы агрохимии и экологии. 2017. № 2. С. 13–18.
2. Geng X., Wang F., Ren W., Hao Z. Climate change impacts on winter wheat yield in Northern China // *Advances in Meteorology*. 2019. Vol. 2019. P. 1–12.
3. Терентьев С. Е., Романова И. Н., Шелахова М. В. и др. Урожайность новых сортов зерновых культур, в зависимости от уровня минерального питания // Зерновое хозяйство России. 2012. № 3. С. 60–63.
4. Справцева Е. В., Мимонов Р. В., Белоус Н. М. и др. Оценка эффективности удобрений и биопрепарата Гумистим при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве // Агрохимический вестник. 2019. № 2. С. 42–47.
5. Оборин М. С. Влияние региональных программ на развитие агропромышленного комплекса // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2022. № 1 (65). С. 43–48.
6. Авдееenko С. С., Змий Е. А. Использование генетического потенциала пшеницы и риса в биологизации производства зерновых культур // Проблемы методологии и опыт практического применения синергетического подхода в научных исследованиях: материалы Международной науч.-практ. конференции / ООО Агентство международных исследований. Пермь, 2022. Том I. С. 192–194.
7. Гулянов Ю. А. Адаптация агротехнологий к изменяющемуся климату в зоне черноземов южных Волгоградского Прихоперья // Вопросы степеведения. 2022. № 2. С. 47–59.
8. Глазова З. И., Новиков В. М. Влияние некорневых подкормок на накопление сахаров, урожай и качество зерна озимой пшеницы // Земледелие. 2015. № 4. С. 24–30.

9. Ребух Н. Я. Совершенствование системы применения минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы // Современные направления в решении проблем АПК на основе инновационных технологий: материалы Международной науч.-практ. конференции, посвященной 90-летию образования ФИЦ «Немчиновка» / ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет. М., 2021. С. 226–232.

10. Яхтанигова Ж. М. Агробиологическая оценка пшеницы озимой при различных способах посева // Социально-экологические технологии. 2018. № 4. С. 49–63.

11. Ваулина Г. И., Милащенко Н.З., Тимофеев О. В. Окупаемость азотных удобрений в интенсивных технологиях возделывания озимой пшеницы в ЦРНЗ // Плодородие. 2009. № 4. С. 3–5.

12. Тютюнов С. И., Доманов Н. М., Ибадуллаев К. Б. и др. Агроэкономическая эффективность технологий различной степени интенсификации // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 7–9.

13. Осипов А. А. Влияние элементов технологий возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на юго-западе Центрального региона России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Осипов Алексей Андреевич. Брянск, 2018. 24 с.

14. Солнцев П. И., Доманов Н. М., Ибадуллаев К. Б. Продуктивность севооборота в зависимости от погодных условий и технологии возделывания культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 13–15.

15. Технологические основы растениеводства: учеб. пособие / И. П. Козловская, Л. А. Веремейчик, Т. М. Дайнеко и др.; под ред. И. П. Козловской. Минск: ИВЦ Минфина, 2010. 432 с.

16. Кирасиров З. А., Курятникова Н. А., Бакулова И. В. Влияние предпосевной обработки на агрофизические свойства почвы при возделывании озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 9. С. 28–29.

17. Стрижков Н. И., Сайфуллин Р. Г., Даулетов М. А. и др. Элементы сортовой агротехники в защите посевов пшеницы от вредных организмов на черноземах южных Саратовского Правобережья // Аграрный научный журнал. 2015. № 6. С. 39–42.

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

19. Šíp V., Vavera R., Chrpová J., Kusá H., Růžek P. Winter wheat yield and quality related to tillage practice, input level and environmental conditions // Soil and Tillage Research. 2013. Vol. 132. P. 77–85.

20. Ярошенко С. С. Морозостійкість та зернова продуктивність пшениці озимої залежно від агротехнічних прийомів вирощування // Зернові культури. 2020. Vol. 4. № 1. С. 64–70.

21. Плескачев Ю. Н., Бугреев Н. А., Черноморов Г. В. и др. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки почвы в условиях Нижнего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5 (65). С. 3–6.

22. Карабутов А. П., Уваров Г. И., Найденов А. А. Особенности агротехники озимой пшеницы в меняющихся погодных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 43–45.

23. Дубовик Д. В., Виноградов Д. Ю. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от агротехнических приемов возделывания в различных погодных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 2. С. 30–32.

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

25. Богомазов С. В., Гришин Г. Е., Тихонов Н. Н. и др. Роль агротехнических приемов и абиотических факторов в формировании урожайности озимой пшеницы // Нива Поволжья. 2015. № 2 (35). С. 2–8.

26. Костылев П. И., Старикова Д. В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа после обработки стимуляторами // Аграрный вестник Урала. 2014. № 5 (123). С. 10–12.

27. Милащенко Н. З., Шкуркин С. И., Чернова Л. С. и др. Экологически безопасная интенсификация зональных технологий для увеличения производства продовольственного зерна пшеницы // Плодородие. 2021. № 4 (121). С. 63–65.

28. Ребух Н. Я., Политыко П. М., Капранов В. Н. и др. Влияние трех технологий возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. в условиях Московского региона // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 113–122.

29. Кувшинова Е. К., Гордеева Ю. В., Анипенко Л. Н. Влияние элементов технологии на урожайность, технологические свойства зерна и экономическую эффективность при возделывании озимой пшеницы // Мелиорация и гидротехника. 2015. № 2 (18). С. 146–162.

30. Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Storchak I. G., Oganyan L. R. and Chernova I. V. Influence of various elements of cultivation technology on the chlorophyll content in winter wheat plants and its yield // Agrarian Bulletin of the. 2020. Vol. 196. № 5. P. 27–37.

31. Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Оганян Л. Р. и др. Влияние различных агротехнических приемов на урожай и качество зерна новых сортов озимой пшеницы селекции Северо-Кавказского ФНАЦ: // Аграрный вестник Урала. 2019. № 10 (189). С. 23–31.

32. Турусов В. И., Гармашов В. М., Корнилов И. М. и др. Влияние системы обработки почвы, удобрений, гербицида и регулятора роста на сорный компонент в посевах озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2015. № 12. С. 26–28.

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

34. Думбров С. И. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях каштановых почв Волгоградской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Думбров Сергей Иванович. Волгоград, 2008. 23 с.

35. Кожухарь Т. В., Кириченко Е. В., Кохан С. С. Влияние минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биологическими препаратами на содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы // Агрохимия. 2010. № 1. С. 61–67.

36. Гулянов Ю. А., Досов Д. Ж. Особенности формирования площади листьев и фотосинтетического потенциала при различном сочетании приемов удобрения озимой пшеницы на черноземах южных оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 26–29.

37. Медведев Г. А., Куракулова Е. А. Оптимизация нормы высева и доз удобрений озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2007. № 1. С. 26–28.

38. Адамень Ф. Ф., Демчук А. В. Фотосинтетическая деятельность ячменя различных биологических групп в зависимости от сроков посева и норм высева // Аграрная наука. 2019. № 1. С. 57–60.

39. Адамень Ф. Ф., Демчук А. В. Пути повышения устойчивости растений ячменя озимого к вредным организмам при выращивании в степной зоне Крымского полуострова // Аграрная наука. 2019. № 5. С. 61–64.

40. Доценко К. А., Федулов Ю. П. Видовой состав альгофлоры агроценозов Кубани // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 134. С. 1177–1194.

41. Теммоев М. И., Езиев М. И. Применение регуляторов роста растений при возделывании озимой пшеницы в условиях степной зоны КБР // Приоритетные

векторы развития промышленности и сельского хозяйства: материалы Международной науч.-практ. конференции / ГОУ ВПО Донбасская аграрная академия. Макеевка, 2018. Том II. С. 171–178.

42. Никитин В. В., Навальнев В. В. Влияние длительного применения удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2016. № 5. С. 33–36.

43. Минеев В. Г., Гомонов Н. Ф., Овчинникова М. Ф. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствиях // Агрохимия. 2004. № 7. С. 5–10.

44. Ширяев А. В. Накопление пожнивно-корневых остатков озимой пшеницы в зависимости от удобрений, предшественников и способа обработки почвы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 8. С. 145–149.

45. Guliyeva R. Influence of Fertilization on Gray-Brown Soils on Change of Food Mode in Soil Under Winter Wheat // BSP. 2020. Vol. 6. № 5. P. 224–232.

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

47. Артемьев А. А., Гурьянов А. М. Эффективность возделывания озимой пшеницы при дифференцированном использовании минеральных удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 4. С. 26–31.

48. Дридигер В. К., Стукалов Р. С. Оценка no-till технологии выращивания озимой пшеницы, в сравнении с традиционной, в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. P. 39–42.

49. Asgari M. J., Gharineh M. H., Ziaian A. H., Asoudar M. A. Effects of water stress on wheat nitrogen use under minimum and conventional tillage systems // Cro. Resear. 2017. Vol. 52. № 6. P. 209.

50. Ребух Н. Я., Политыко П. М., Капранов В. Н., Киселев Е. Ф. Вынос элементов питания и окупаемость минеральных удобрений урожаем сортов

озимой пшеницы в технологиях разного уровня интенсивности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Vol. 14. № 2. С. 142–153.

51. Каргин В. И., Захаркина Р. А., Латышова И. А. и др. Оценка эффективности применения минеральных удобрений и биопрепаратов под озимую пшеницу // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 7. С. 21–23.

52. Дридигер В. К., Матвеев А. Г. Влияние технологии возделывания на рост, развитие, урожайность и экономическую эффективность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Центрального Предкавказья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 110. С. 749–757.

53. Peigné J., Messmer M., Aveline A., Berner A., Mäder P., Carcea M., Narducci V., Samson M. F. Wheat yield and quality as influenced by reduced tillage in organic farming // Org. Agr. 2014. Vol. 4. № 1. P. 1–13.

54. Babulicová M., Enhancing of winter wheat productivity by the introduction of field pea into crop rotation // Agriculture (Polnohospodárstvo). 2016. Vol. 62. № 3. P. 101–110.

55. Babulicová M. The influence of fertilization and crop rotation on the winter wheat production // Plant Soil Environ. 2014. Vol. 60. № 7. P. 297–302.

56. Partal E., Paraschivu M. Results regarding the effect of crop rotation and fertilization on the yield and qualities at wheat and maize in South of Romania // Scientific Papers. Series A. Agronomy 2020. Vol. LXIII. № 2. P. 184–189.

57. Woźniak A. Effect of crop rotation and cereal monoculture on the yield and quality of winter wheat grain and on crop infestation with weeds and soil properties // Int. J. Plant Prod. 2019. Vol. 13. № 3. P. 177–182.

58. Васильева М. С. Приемы повышения продуктивности полевого севооборота на черноземе типичном // Плодородие. 2018. № 4 (103). С. 46–48.

59. Назарюк В. М., Калимуллина Ф. Р. Влияние удобрений и растительных остатков на плодородие почвы, продуктивность и химический состав зерновых культур // Агрохимия. 2010. № 6. С. 18–27.

60. Ореховская А. А., Ступаков А. Г. Влияние агротехнических приемов на продуктивность озимой пшеницы в условиях ЦЧР // Вестник Международного института питания растений. 2015. № 1. С. 6–9.

61. Бровкина Т. Я. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от агротехнических приемов ее выращивания в учхозе " Кубань " г. Краснодар // Концепции устойчивого развития науки в современных условиях: материалы Международной науч.-практ. конференции / ООО Агентство международных исследований. Самара, 2018. С. 310–312.

62. Исмаилов А. Б., Мукайлов М. Д., Юсуфов Н. А. и др. Эффективность возделывания озимой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений // Проблемы Развития АПК Региона. 2015. Т. 21. № 1 (21). С. 11–14.

63. Богомазов С. В., Ткачук О. А., Павликова Е. В. и др. Роль агротехнических приемов в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях черноземных почв Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2014. № 2 (31). С. 2–7.

64. Litke L., Gaile Z., Ruža A. Nitrogen fertilizer influence on winter wheat yield and yield components depending on soil tillage and forecrop // Research for rural development. 2017. Vol. 2. P. 54–61.

65. Вислобокова Л. Н., Иванова О. М. Удобрение пшеницы озимой в условиях ЦЧЗ Тамбовской области // Зерновое хозяйство России. 2015. № 1. С. 42–45.

66. Смуров С. И., Агафонов Г. С., Гапиенко О. В. Влияние элементов агротехники на продуктивность озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2011. № 5. С. 15–17.

67. Куликова М. А., Ступаков А. Г., Желтухина В. И. и др. Влияние аллелопатических свойств экстракта *Matricaria Chamomilla* L. На всхожесть семян

и формирование проростков культурных растений // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 7. С. 26–31.

68. Качмар О. И., Вавринович О. В., Щерба М. М. Продуктивность короткоротационных севооборотов в зависимости от систем удобрения // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 88–93.

69. Накаряков А. М., Завалин А. А. Влияние биопрепаратов и удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на светло-серой лесной почве // Плодородие. 2021. № 4 (121). С. 26–30.

70. Конова А. М., Гаврилова А. Ю. Баланс питательных веществ в условиях различного насыщения севооборота удобрениями // Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах: материалы Международной научной конференции / Всероссийский НИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова. М., 2018. С. 169–174.

71. Окорков В. В. Влияние удобрений на изменение содержания и группового состава почвенного органического вещества серых лесных почв Ополья // Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах: материалы Международной научной конференции / Всероссийский НИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова. М., 2018. С. 221–232.

72. Якушев В. П., Лекомцев П. В., Воропаев В. В. и др. Дифференцированное применение средств химизации при выращивании яровой пшеницы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 4. С. 13–17.

73. Завалин А. А., Накаряков А. М. Эффективность применения биопрепаратов в посеве озимой пшеницы на светло-серой лесной почве // Земледелие. 2021. № 1. С. 27–30.

74. Магомедов Н. Р., Абдуллаев Ж. Н., Сулейманов Д. Ю. и др. Урожайность твердой озимой пшеницы в зависимости от минерального питания и систем обработки почвы в Дагестане // Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 18–20.

75. Нецадим Н. Н., Коваль А. В., Капралов С. П. и др. Урожайность сортов озимой пшеницы в зависимости от приемов подготовки почвы и применения удобрений // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2022. № 32 (195). С. 90–103.

76. Рысев М. Н., Дятлова М. В., Федотова Е. Н. и др. Эффективность комплексного применения удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистой почве // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 19–27.

77. Пироженко В. В. Эффективность применения азотных удобрений под сорта озимой пшеницы различных периодов селекции // Плодородие. 2018. № 4 (103). С. 24–25.

78. Сабирова Р. М., Хисамиев Ф. Ф., Шакиров Р. С. Эффективность применения гранулированного куриного помета как основного удобрения на серых лесных почвах Республики Татарстан // Плодородие. 2020. № 3 (114). С. 29–32.

79. Хатамов С. Р. Эффективность применения минеральных удобрений и органоминерального компоста под озимую пшеницу // Масличные культуры. 2019. № 1 (177). С. 77–81.

80. Демидова А. Г., Ахмедшина Д. А. Эффективность разных форм азотного удобрения при ранневесенней подкормке озимой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского Края // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (14). С. 6–13.

81. Шевченко В. А., Осама З., Матюк Н. С. и др. Эффективность систем обработки и удобрений под озимую пшеницу в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Плодородие. 2010. № 2. С. 42–44.

82. Хакимов Р. А., Никифорова С. А., Хакимова Н. В. Формирование урожайности озимой пшеницы по занятому пару в зависимости от уровня минерального питания // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 2. С. 33–40.

83. Малкандуева А. Х., Кашукоев М. В. Урожай и технологические показатели озимой пшеницы в зависимости от приемов возделывания // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 5 (103). С. 33–39.

84. Panfilova A., Gamayunova V., Smirnova I. Influence of fertilizing with modern complex organic-mineral fertilizers to grain yield and quality of winter wheat in the southern steppe of Ukraine // Agraarteadus, 2020. № 2. P. 196–201.

85. Титовская А. И., Кузнецова Л. Н., Ступаков А. Г. и др. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от удобрений и предшественников // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 3 (15). С. 116–125.

86. Ахмедов Ш. Г., Рзаев М. Я. Влияние агрохимических показателей опытных участков и условий питательной среды на возделывание сортов озимой мягкой пшеницы // Почвоведение и агрохимия. 2014. № 1. С. 65–69.

87. Турусов В. И., Богатых О. А., Дронова Н. В. и др. Влияние предшественников на пищевой режим почвы, урожайность и качество озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в условиях Юго-Востока ЦЧР // Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 2. С. 11–15.

88. Лазарев В. И., Шершнева О. М., Золотарева И. А. и др. Комплексные водорастворимые удобрения с микроэлементами на посевах озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 9. С. 45–47.

89. Левшаков Л. В., Иванова Е. В., Рудов М. Н. и др. Оптимизация азотного питания в период вегетации озимой пшеницы на чернозёмных почвах в условиях

Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 8. С. 87–94.

90. Волынкина О. В. Баланс питательных веществ на посевах сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2020. № 4 (115). С. 13–16.

91. Мимонов Р. В., Белоус Н. М., Смольский Е. В. и др. Баланс элементов питания при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве в зависимости от системы удобрения // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (83). С. 3–10.

92. Чухина О. В., Жуков Ю. П., Быков Г. Н. Продуктивность яровой пшеницы при разных дозах и способах внесения азотных удобрений в Вологодской области // Плодородие. 2012. № 6. С. 5–8.

93. Присянников Е. В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия: 5 // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 13–17.

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

95. Гусейнов А. М., Байрамов Б. С., Гусейнов Н. В. и др. Гумус и его роль в генезисе сухих и влажно-субтропических почв Азербайджана // Плодородие. 2018. № 3 (102). С. 20–25.

96. Гулиева Р. Х. Влияние удобрений на прирост соломы озимой пшеницы в Гянджа-Казахском массиве // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. № 10. С. 164–168.

97. Воробьев В. Б. Влияние уровней азотного питания озимой пшеницы на баланс питательных веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 107–111.

98. Персикова Т. Ф., Царёва М. В. Мониторинг плодородия дерново-подзолистой почвы в зависимости от её гранулометрического состава, внесения куриного помёта и подстилочного навоза КРС под озимую пшеницу // Вестник

Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 158–162.

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

100. Волосевич А. Н., Трубняков М. Д., Рыбаков А. О. и др. Динамика агрохимических показателей почвы в зависимости от применения азотсодержащих минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых культур в условиях Северо-Запада РФ // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 13–26.

101. Бобренко И. А., Попова В. И., Гоман Н. В. Метод расчета доз цинковых удобрений на основе полевого опыта при возделывании озимой пшеницы // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2018. № 1 (12). С. 2.

102. Горянин О. И., Чичкин А. П. Формирование почвенного плодородия под влиянием систем удобрений и технологий возделывания нового поколения в севооборотах степного Заволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5–3. С. 1058–1064.

103. Кануков З. Т., Лазарев Т. К., Дзанагов С. Х. Плодородие чернозема и урожайность озимой пшеницы при применении удобрений // Плодородие. 2008. № 6. С. 4–6.

104. Зеленин И. Н., Смирнов А. А. Продуктивность культур и баланс гумуса в короткоротационном зернопаровом севообороте // Нива Поволжья. 2012. № 2. С. 22–26.

105. Гасанов Г. Н., Гасанова С. М., Салихов С. А. и др. Прогноз баланса гумуса в лугово-каштановой почве под озимой пшеницей в зависимости от применяемых удобрений // Плодородие. 2011. № 2. С. 19–21.

106. Несмеянова М. А., Коротких Е. В., Дедов А. В. Органическое вещество почвы и его качество в севооборотах с биологической направленностью // Агропромышленные технологии Центральной России. 2017. № 1 (3). С. 52–61.

107. Ахметзянов М. Р., Таланов И. П. Влияние приемов основной обработки почвы и растительной биомассы на продуктивность культур в звене севооборота // Плодородие, 2019. № 5 (110). С. 41–45.

108. Ермолаев Н. Н., Шилина Л. И., Литвинов Д. В. и др. Баланс элементов питания в короткоротационных севооборотах на черноземах левобережной Лесостепи Украины // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 1. С. 59–63.

109. Никитин С. Н. Изменение содержания гумуса в почве за ротацию севооборота при использовании удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 10. С. 13–15.

110. Керимов Я. Г. Пищевой режим и баланс гумуса почвы в зависимости от севооборота, обработки и удобрений // Плодородие. 2008. № 6. С. 6–8.

111. Алиев А. М., Старостина Е. Н., Кирпичников Н. А. и др. Энергетическая эффективность комплексного применения средств химизации при возделывании озимой пшеницы // Плодородие. 2018. №5 (104). С. 29–31.

112. Потапова Н. В., Смолин Н. В., Савельев А. С. Воздействие регуляторов роста на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2013. № 4 (20). С. 41–45.

113. Фадеева И. Д., Газизов И. Н., Курмакаев Ф.Ф. и др. Влияние фунгицидной обработки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2. С. 49–54.

114. Еремин Л. П. Фитосанитарное состояние посевов – важный фактор повышения качества зерна озимой пшеницы // Генетические ресурсы растений – основа селекции и семеноводства в развитии органического сельского хозяйства:

материалы Всероссийской научно-практической конференции / Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина. Орел, 2018. С. 65–69.

115. Петренкова В. П., Олейников Е. С. Влияние протравителей семян на развитие септориоза листьев пшеницы озимой и урожайность // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (47). С. 39–42.

116. Ивановна К. Т. Эффективность применения фунгицидов на сортах озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2007. № 32. С. 99–105.

117. Данилец Е. А. Влияние биопрепаратов на урожайность озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Данилец Екатерина Александровна. Ставрополь, 2020. 22 с.

118. Нугманова Т. А. Использование биопрепаратов для растениеводства // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2017. № 144–1. С. 211–214.

119. Ноздрачева Р. Г. Агроэкологическое обоснование возделывания культуры абрикоса в промышленных садах Воронежской области // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2009. № 1 (20). С. 7–23.

120. Artemieva E. A., Zakharova M. N., Rozhkova L. V. The effectiveness of the use of Energia-M growth regulator in the protection system of winter wheat // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Vol. 22. № 6. P. 887–895.

121. Грунская В. П., Тулинова Е. А., Коломейченко В. В. Влияние микробиологического удобрения Метилотрофин на урожайность и качество озимой пшеницы // Вестник аграрной науки. 2018. № 2 (71). С. 3–11.

122. Калюта Е. В., Мальцев М. И., Маркин В. И. и др. Влияние препаратов, полученных из карбоксиметилированного растительного сырья на ростовые

процессы, урожайность и биохимические показатели зерна пшеницы // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 361–368.

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

124. Никитин С. Н., Захаров С. А. Влияние минеральных удобрений, биопрепаратов и последствий навоза на биологические свойства почвы и урожайность яровой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2 (34). С. 37–42.

125. Оленин О. А., Зудилин С. Н. Разработка многокомпонентных органических удобрений на основе диатомита для органического земледелия // Плодородие. 2021. № 1 (118). С. 40–45.

126. Тихонович И. А., Завалин А. А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации в РФ // Плодородие. 2016. № 5 (92). С. 28–32.

127. Жданов С. Г., Ревенко В. Ю., Белоусов М. М. Влияние сельскохозяйственных культур-фитомелиорантов на изменение плодородия и продуктивности эродированных чернозёмов Западного Предкавказья // Масличные культуры. 2015. № 2 (162). С. 68–79.

128. Горьков А. А. Разработка новых биопрепаратов для возделывания современных сортов озимой пшеницы // Наука без границ и языковых барьеров: материалы Международной научно-практической конференции / ФГБОУ ВО Орловский государственный аграрный университет. Орел, 2018. С. 22–27.

129. Zhao Chang-xing, Ma Dong-hui, Wang Yue-fu, Lin Qi. Effects of nitrogen application rate and post-anthesis soil moisture content on the flag leaf senescence and kernel weight of wheat. // Yingyong Shengtai Xuebao. 2008. Vol. 19. № 11. P. 2388–2393.

130. Пигорев И. Я., Тарасов С. А. Влияние биопрепаратов на распространенность листостебельных заболеваний озимой пшеницы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 42–45.

131. Данилов А. В. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество продукции зерновых культур // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017. Т. 3. № 1 (9). С. 28–32.

132. Tripathi S. C., Sayre K. D., Kaul J. N., Narang R. S. Growth and morphology of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) culms and their association with lodging: effects of genotypes, N levels and ethephon // Field crops research. Elsevier, 2003. Vol. 84. № 3. P. 271–290.

133. Ласточкина О. В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus spp.*: механизмы реализации и практическая значимость (ОБЗОР) // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 5. С. 843–867.

134. Frantz J. M., Pinnock D., Klassen S., Bugbee B. Characterizing the environmental response of a gibberellic acid-deficient rice for use as a model crop // Agronomy Journal. Wiley Online Library, 2004. Vol. 96. № 4. P. 1172–1181.

135. Rajala A., Peltonen-Sainio P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth // Agronomy Journal. Wiley Online Library, 2001. Vol. 93. № 4. P. 936–943.

136. Emam Y., Moaid G. R. Effect of planting density and chlormequat chloride on morphological and physiological characteristics of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivar // Journal of Agricultural Science and Technology (JAST), 2000. Vol. 2. P. 72–73.

137. Jaleel C. A., Gopi R., Panneerselvam R. Alterations in lipid peroxidation, electrolyte leakage, and proline metabolism in *Catharanthus roseus* under treatment with triadimefon, a systemic fungicide // Comptes Rendus Biologies. 2007. Vol. 330. № 12. P. 905–912.

138. Политыко П. М., Парыгина М. Н., Вольпе А. А. и др. Защита озимых культур осенью // Защита и карантин растений. 2008. № 8. С. 20–22.
139. Jaleel C. A., Gopi R., Panneerselvam R. Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment // *Comptes Rendus Biologies*. 2008. Vol. 331. № 4. P. 272–277.
140. Мамсиров Н. И., Макаров А. А. Значение регуляторов роста в формировании высоких показателей продуктивности и качества зерна озимой пшеницы // Новые технологии. 2019. № 3. Р. 173–180.
141. Сорока Т. А. Влияние регуляторов роста и микроэлементов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. Т. 33. № 1–1. С. 42–44.
142. Бутузов А. С. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2009. № 11. С. 50–52.
143. Нешин И. В. Мясоедова С. С., Бархатова О. А. и др. Роль регуляторов роста в повышении продуктивности озимой пшеницы // Земледелие. 2012. № 3. С. 25–27.
144. Кузнецов И. Ю., Поварницына А. В., Ахметзянов М. Р. и др. Эффективность применения стимулятора роста Мелафен при обработке семян озимой пшеницы протравителем "Поларис" // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2. С. 15–19.
145. Исайчев В. А., Андреев Н. Н., Каспировский А. В. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян регуляторами роста // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3 (23). С. 14–19.
146. Седых Н. В., Каргалев И. В., Подколзин О. А. Влияние регуляторов роста и биопрепаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на темно-каштановых почвах Ставропольского края // Плодородие. 2011. № 1. С. 15–16.

147. Балашов В. В., Агафонов А. К. Влияние регуляторов роста и фунгицидов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области // Плодородие. 2013. № 1 (70). С. 28–29.

148. Мамсиров Н. И., Дагужиева З. Ш. Влияние минеральных удобрений и регуляторов роста на продуктивность озимой пшеницы в Адыгее // Новые технологии. 2016. № 2. С. 117–123.

149. Исайчев В. А., Провалова Е. В. Влияние регуляторов роста на ранних этапах роста и развития растений озимой пшеницы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3. С. 80–85.

150. Чурзин В. Н., Серебряков Ф. А., Серебряков В. Ф. Роль регуляторов роста растений и сортов в повышении урожайности и качества зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 1 (29). С. 56–60.

151. Вакуленко В. В. Влияние регуляторов роста на урожайность сельскохозяйственных культур в различных зонах России // Зерновое хозяйство России. 2015. № 1. С. 24–26.

152. Куликова А. Х., Яшин Е. А., Данилова Е. В. Эффективность диатомита и минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2007. № 5. С. 18–19.

153. Долматов А. П., Васильев И. В., Томин А. П. и др. Эффективность использования новых видов органических и минеральных удобрений на озимой пшенице и нуте в условиях Оренбургского Предуралья: // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 74–76.

154. Ерошенко Ф. В., Шестакова Е. О., Оганян Л. Р. и др. Экономическая эффективность возделывания новых сортов озимой пшеницы селекции Северо-Кавказского ФНАЦ // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 9. С. 114–117.

155. Кежембаева Ж. К., Умбетов А. К. Экономическая и энергетическая эффективность применения минеральных удобрений на различных фонах обработки почвы на богаре юго-востока Казахстана // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (75). С. 26–29.

156. Бобренко И. А., Попова В. И., Гоман Н. В. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу в Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (13). С. 3–9.

157. Бобренко И. А. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на черноземах Западной Сибири: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.01.04 / Бобренко Игорь Александрович. Тюмень, 2004. 32 с.

158. Ермохин Ю. И., Бобренко И.А. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур: монография. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2005. 282 с.

159. Ермакова Л. И. Эффективность поукосных сидератов при возделывании озимой пшеницы в полевом севообороте // Владимирский земледелец. 2019. № 3 (89). С. 24–27.

160. Жиленко С. В., Винничек Л. Б., Аканова Н. И. Эффективность агрохимических приемов при возделывании озимых зерновых культур // Нива Поволжья. 2015. № 2 (35). С. 19–25.

161. Sanduhadze B. I., Bugrova V.V., Krakhmalyova M. S. et. al. Features of the winter wheat varieties genotype cultivated in the Russian Federation's Non-Chernozem Earth Zone // Russ. Agricult. Sci. 2020. Vol. 46. № 6. P. 545–549.

162. Чумаков А. Е., Захарова Т. И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1990. 125 с.

163. Казаков Е. Д. Методы оценки качества зерна: Лаб. практикум: [По спец. «Хранение и технология перераб. зерна»]. М.: Агропромиздат, 1987. 214 с.
164. ГОСТ 13586.3-83 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб (с Изменениями № 1, 2) – <https://docs.cntd.ru/document/1200024346>.
165. ГОСТ 10840-64 Зерно. Методы определения натуры (с Изменениями № 1, 2) – <https://docs.cntd.ru/document/1200023848>.
166. ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян (с Изменением № 1) – <https://docs.cntd.ru/document/1200023854>.
167. ГОСТ 28796-90 (ИСО 5531-78) Мука пшеничная. Определение содержания сырой клейковины – <https://docs.cntd.ru/document/1200022410>.
168. ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка (Издание с Поправкой) – <https://docs.cntd.ru/document/1200023864>.
169. Волкова Н. А., Белкина Р. И. Технологические свойства зерна озимой пшеницы в агроклиматических зонах Тюменской области // Агропродовольственная политика России. 2015. № 3 (39). С. 59– 61.
170. Милащенко Н. З., Самойлов Л. Н., Трушкин С. В. Проблемы интенсификации производства зерна пшеницы и их решение // Плодородие. 2018. № 2 (101). С. 21–25.
171. Навальнев В. В. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы и сахарной свеклы различной степени интенсификации в Центральном Черноземье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Навальнев Владимир Викторович. Курск, 2006. 26 с.
172. Нуруллин Э. Г. Предпосевная подготовка семян зерновых культур по новой технологии // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 16. С. 28–30.
173. Morgounov A., Akin B., Demir L., Keser M., Kokhmetova A., Martynov S., Orhan Ş., Özdemir F. Yield gain due to fungicide application in varieties of winter wheat

(Triticum aestivum) resistant and susceptible to leaf rust // Crop Pasture Sci. 2015. Vol. 66. № 7. P. 649.

174. Беренштейн И. Б., Воложанинов С. С., Машков А. М. и др. Послеуборочная обработка зерна и соломы в производстве семян зерновых (колосовых) культур // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2019. № 20 (183). С. 66–77.

175. Горячковская Р. И., Лисовский Э. А., Тарадай О. А. Нормы технологического проектирования предприятий послеуборочной обработки и хранения продовольственного фуражного зерна и семян зерновых, зернобобовых, масличных культур и трав – <https://docs.cntd.ru/document/1200036316>.

176. Система применения удобрений: учеб. пособие / В. В. Лапа, В. Н. Емельянова, Ф. Н. Леонов [и др.]; под ред. В. В. Лапы. Гродно: Гродненский ГАУ, 2011. 416 с.

177. Титова В. И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях // Агрохимический вестник. 2016. № 1. С. 2–7.

178. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

179. Пряхина С. И., Скляр Ю. А., Васильева М. Ю. и др. Агрометеорологические условия формирования продуктивности яровой пшеницы по межфазным периодам онтогенеза // Известия Саратовского университета. 2008. Т. 8. № 1. С. 22–25.

180. Ревут И. Б., Соколовская Н. А., Васильев А. М. Структура и плотность почвы – основные параметры, кондиционирующие почвенные условия жизни растений // Пути регулирования почвенных условий жизни растений. Л.: Гидрометеиздат. 1971. С. 51–125.

181. Зотиков В. И., Задорин А. Д. Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем: монография. Орел: Картуш, 2007. 197 с.

182. Гарифуллина Л. Ф. Влияние расчетных доз минеральных удобрений и приёмов предпосевной обработки семян на урожайность и качество зерна озимой мягкой пшеницы на серых лесных почвах Республики Татарстан: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Гарифуллина Лиана Фирдавиевна. Казань, 2017. 22 с.

183. Матвеев А. Г. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания и удобрений на выщелоченном черноземе Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Матвеев Алексей Геннадьевич. Ставрополь, 2015. 24 с.

184. Козечко В. И. Продуктивность сортов пшеницы озимой в зависимости от технологических приемов выращивания в условиях северной степи Украины // Весці нацыянальнай акадэміі навук беларусі. 2014. № 3. С. 46–50.

185. Корхова М. М. Продуктивність сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків сівби та норм висіву в умовах Південного Степу України: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Корхова Маргарита Михайлівна. Херсон, 2015. 24 с.

186. Радченко Л. А., Женченко К. Г. Выше культура земледелия – ниже зависимость от погодных условий // Посібник українського хлібороба. 2010. № 1. С. 268–270.

187. Друмова О. М., Гасанова І. І. Ріст і розвиток рослин різних сортів пшениці озимої впродовж весняної вегетації в північному степу // Зернові культури. 2020. Т. 4. № 1. С. 116–121.

188. Шатилов И. С., Столяров А.И. Руководство по программированию урожая. М.: Россельхозиздат, 1986. 156 с.

189. Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений. М.: Наука, 1982. 318 с.

190. Ничипорович А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 158 с.

191. Мокроносов А. Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. М.: Наука, 1983. 64 с.

192. Пигорев И. Я., Семькин В. А. Содержание элементов питания в растениях и вынос их с урожаем озимой пшеницы // Фундаментальные исследования. 2007. № 2. С. 38–40.

193. Виноградов Д. В. Агроэкологическое обоснование устойчивого производства масличных культур южного Нечерноземья: автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.02.08, 06.01.01 / Виноградов Дмитрий Валериевич. Москва, 2011. 47 с.

194. Политыко П. М., Матюта С. В., Зяблова М. Н. и др. Сортовые агрохимические и фитосанитарные технологии возделывания озимой пшеницы в Центральном регионе России // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 4. С. 25–28.

195. Политыко П. М., Матюта С. В., Беленикин С. В. и др. Эффективность технологий возделывания сортов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) селекции Московского НИИСХ «Немчиновка» на серых лесных почвах // Проблемы агрохимии и экологии. 2015. № 2. С. 15–21.

196. Политыко П. М., Матюта С. В., Шаклеин И. В. и др. Роль сорта в технологии возделывания озимой пшеницы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2014. № 1. С. 21–30.

197. Аленин П. Г., Кшникаткина А. Н. Продукционный потенциал зерновых, зернобобовых, кормовых, лекарственных культур и совершенствование технологии их возделывания в лесостепи Среднего Поволжья. Пенза: Пензенский ГАУ, 2012. 267 с.

198. Congera A., Mamadou B., Nyambose J. at. el. Effect of chemical plant protection products on yield and grain quality of winter wheat in the conditions of Central Non-Chernozem region of Russia // Agrarian Science. 2023. № 12. P. 95–101.

199. Congera A., Mamadou B., Nyambose J. at. el. Effect of phytosanitary products on yield and grain quality of winter wheat in the conditions of Central Non-Chernozem region of Russia // AJAR. Academic Journals, 2024. Vol. 20. № 1. P. 30–38.

200. Авдеев А. П. Экономическая эффективность возделывания сортов озимой пшеницы при применении биологического препарата // Актуальные вопросы современной науки и образования: материалы II Международной научно-практической конференции / Международный центр научного партнерства «Новая Наука». Петрозаводск, 2019. С. 358–361.

201. Мамеев В. В., Ториков В. Е., Никифоров В. М. и др. Эффективность применения гумитона в интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (83). С. 11–18.

202. Барчукова А. Я., Чернышева Н. В., Синяшин К. О. и др. Влияние препарата Мелафен на формирование структуры урожая, урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы докладов участников 9-ой научно-практической конференции "Анапа-2016". Анапа, 2016. С. 20–22.

203. Тедеева А. А., Тедеева В. В. Элементы технологии возделывания озимой пшеницы в степной зоне РСО – Алания // Аграрная наука. 2021. № 5. С. 56–59.

204. Коваль А. В. Эффективность применения различных агроприемов на урожайность озимой пшеницы сорта Бригады в условиях Западного Предкавказья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 150. С. 246–256.

205. Горьков А. А. Агробиологическое обоснование применения биопрепаратов для озимой пшеницы // Вестник аграрной науки. 2019. № 5 (80). С. 133–139.

206. Маслова Г. Я., Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Урожайность и элементы структуры урожая сортов озимой пшеницы конкурсного сортоиспытания в условиях Самарской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 240–246.

207. Кравцов А. М., Загорулько А. В. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от технологии выращивания после пропашных предшественников на черноземе, выщелоченном западного Предкавказья // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 106. С. 351–365.

208. Мачихина Л., Чурусов К., Ветёлкин Г. О новом национальном стандарте на зерно пшеницы (ГОСТ Р 52554–2006 "Пшеница. Технические условия") // Хлебопродукты. 2007. № 7. С. 34–37.

209. Юхин Г. П., Печаткин В. А., Хасанов А. Н. Повышение эффективности послеуборочной обработки зерна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 3. С. 30–31.

210. Салтыкова О. Л., Зудилин С. Н. Возделывание озимой пшеницы для получения зерна высокой белковости в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 3–9.

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

212. Босак В. Н. Продуктивность озимых зерновых культур в зависимости от применения удобрений // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. 2008. № 2. С. 3–7.

213. Бутько А. А., Пашинский В. А., Родькин О. И. Оценка биоэнергетической эффективности возделывания сортов озимой пшеницы в условиях среднего Поволжья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 10 (163). С. 83–87.

214. Политыко П. М., Тоноян С. В., Киселев Е. Ф. и др. Технологические решения при повышении продуктивности озимой тритикале // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. № 15. С. 24–31.

215. Редникова Т. В. Биоэнергетика в устойчивом развитии сельского хозяйства: проблемы и перспективы развития отрасли // Сельское хозяйство. ООО НБ-МЕДИА, 2020. № 4. С. 21–30.

216. Войтович Н. В., Политыко П. М., Осипова А. В. и др. Оценка эффективности технологий возделывания яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах Центрального региона России // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (78). С. 3–8.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Метеорологические условия в период вегетации озимых культур

Месяц	Декад а	Температура, °C		Осадки, мм		Среднее по месяцу			
		ср. мн.	факт	ср. мн.	факт т	ср. мног., °C	факт, °C	ср. мног., мм	факт, мм
2020									
Сентябрь	1	13,0	16,5	24,7	13,9	10,6	13,9	62,3	65,6
	2	10,2	11,5	20,9	48,9				
	3	8,5	13,8	16,7	2,8				
Октябрь	1	6,7	13,3	20,2	9,4	4,6	9,3	61,1	57,2
	2	5,1	8,0	20,2	31,1				
	3	2,0	6,7	20,7	16,7				
Ноябрь	1	-0,1	5,7	20,0	13,4	-2,0	0,1	50,6	38,2
	2	-1,5	-5,7	15,2	7,4				
	3	-4,4	0,4	15,1	17,4				
Декабрь	1	-4,7	-5,3	13,1	1,5	-5,9	-4,3	42,1	21,9
	2	-6,4	-3,7	16,3	13,9				
	3	-6,7	-3,8	18,7	6,5				
2021									
Январь	1	-7,9	-3,0	12,9	13,1	-8,0	- 6,2	35,4	53,8
	2	-8,0	-13,7	9,5	24,5				
	3	-8,0	-1,8	13,0	16,2				
Февраль	1	-8,0	-10,4	10,5	16,6	-7,2	- 10,4	26,8	60,4
	2	-7,9	-14,2	9,0	32,3				
	3	-5,7	-6,5	7,3	11,5				
Март	1	-4,4	-4,7	7,4	9,3	-2,1	1,8	25,6	30,2
	2	-2,4	-2,8	9,9	13,0				
	3	0,4	2,2	8,5	7,9				
Апрель	1	3,6	4,3	11,1	24,4	5,9	7,8	35,4	74,6
	2	5,6	11,8	8,8	5,4				
	3	8,6	7,3	7,0	44,8				
Май	1	11,1	9,2	14,7	48,3	12,6	14,1	52,4	85,7
	2	12,5	18,3	18,0	9,7				
	3	14,2	14,8	19,7	27,7				

Июнь	1	16,3	16,3	23,0	17,6	17,0	20,2	75,9	62,2
	2	16,7	20,0	23,1	21,1				
	3	17,6	24,4	29,8	23,5				
Июль	1	17,8	22,2	29,8	12,2	18,	22,2	85,8	37,4
	2	18,3	24,9	27,2	6,3				
	3	18,3	19,6	28,8	18,9				
Август	1	18,2	20,4	27,4	24,4	16,3	19,4	79,2	73,0
	2	15,9	20,5	26,1	36,8				
	3	14,8	17,4	25,7	11,8				
Сентябрь	1	13,0	11,3	24,7	29,3	10,6	9,7	62,3	94,2
	2	10,2	10,2	20,9	28,0				
	3	8,5	7,6	16,7	36,9				
Октябрь	1	6,7	5,4	20,2	-	4,6	5,9	44,0	40,3
	2	5,1	6,0	20,2	29,7				
	3	2,0	6,2	20,7	10,6				
Ноябрь	1	-0,1	4,5	20,0	18,3	-2,0	3,2	50,3	66,3
	2	-1,5	0,5	15,2	24,2				
	3	-4,4	4,6	15,1	23,8				
Декабрь	1	-4,7	-4,6	13,1	19,6	-5,9	-6,9	48,1	33,9
	2	-6,4	-4,2	16,3	23,6				
	3	-6,7	-11,8	18,7	6,9				
2022									
Январь	1	-7,9	-5,3	12,9	18,5	-8,0	-5,8	35,4	61,2
	2	-8,0	-6,5	9,5	19,0				
	3	-8,0	-5,7	13,0	23,7				
Февраль	1	-8,0	-3,7	10,5	13,5	-7,2	-2,4	26,8	26,8
	2	-7,9	-0,1	9,0	7,5				
	3	-5,7	-0,4	7,3	5,8				
Март	1	-4,4	-5	7,4	4,8	-2,1	1,2	25,8	17,0
	2	-2,4	-1,3	9,9	-				
	3	0,4	1,3	8,5	12,2				
Апрель	1	3,6	2,8	11,1	29,1	5,9	5,5	26,9	53,0
	2	5,6	5,6	8,8	19,9				
	3	8,6	8,2	7,0	14,0				
Май	1	11,1	9,1	14,7	7,5	12,6	10,4	52,4	64,8
	2	12,5	11,2	18,0	18,3				
	3	14,2	10,9	19,7	39,0				
Июнь	1	16,3	17,7	23,0	9,0	16,9	18,8	75,9	36,2
	2	16,7	17,7	23,1	25,1				
	3	17,6	20,9	29,8	2,1				

Июль	1	17,8	21,7	29,8	23,6	18,1	20,5	85,8	63,1
	2	18,3	18,9	27,2	20,5				
	3	18,3	21,0	28,8	19,0				
Август	1	18,2	21,6	27,4	1,9	16,3	22,3	79,2	2,5
	2	15,9	22,5	26,1	0,3				
	3	14,8	22,9	25,7	0,3				
Сентябрь	1	13,0	9,3	24,7	8,3	10,6	10,1	62,3	74,5
	2	10,2	11,4	20,9	24,8				
	3	8,5	9,5	16,7	41,4				
Октябрь	1	6,7	11,3	20,2	39,9	4,6	7,5	44,0	57,8
	2	5,1	6,7	20,2	9,4				
	3	2,0	4,5	20,7	8,5				
Ноябрь	1	- 0,1	1,5	20,0	3,9	- 2,0	- 0,7	50,3	31,2
	2	- 1,5	1,7	15,2	17,1				
	3	- 4,4	- 3,9	15,1	10,2				
Декабрь	1	- 4,7	- 8,7	13,1	10,1	- 5,9	- 4,3	48,1	106,3
	2	- 6,4	- 2,9	16,3	67,9				
	3	- 6,7	- 1,4	18,7	28,3				
2023									
Январь	1	- 7,9	- 9,6	12,9	18,0	- 8,0	- 5,4	35,4	28,9
	2	- 8,0	- 4,5	9,5	9,0				
	3	- 8,0	- 2,0	13,0	1,9				
Февраль	1	- 8,0	- 2,0	10,5	5,8	-7,2	- 4,1	26,8	33,8
	2	- 7,9	- 4,0	9,0	16,3				
	3	- 5,7	- 6,4	7,3	11,7				
Март	1	- 4,4	- 2,8	7,4	9,6	-2,1	1,1	25,8	60,6
	2	- 2,4	0,6	9,9	25,2				
	3	0,4	5,6	8,5	25,8				
Апрель	1	3,6	8,0	11,1	5,6	5,9	5,5	26,9	26,6
	2	5,6	9,7	8,8	0,2				
	3	8,6	11,5	7,0	20,8				
Май	1	11,1	7,5	14,7	3,8	12,6	9,7	52,4	35,1
	2	12,5	14,9	18,0	2,1				
	3	14,2	15,5	19,7	29,2				
Июнь	1	16,3	14,7	23,0	18,1	16,9	16,8	75,9	71,4
	2	16,7	18,1	23,1	0,6				
	3	17,6	17,6	29,8	52,7				
Июль	1	17,8	20,6	29,8	2,1	18,1	18,5	85,8	148,5
	2	18,3	16,5	27,2	69,1				
	3	18,3	18,3	28,8	77,3				

Август	1	18,2	22,9	27,4	0,1	16,3	20,1	79,2	62,9
	2	15,9	21,6	26,1	58,6				
	3	14,8	15,8	25,7	4,2				

Приложение В. Методы исследования и показатели наблюдения в эксперименте

Показатели	Методы определения	Источник	Фазы развития и сроки сбора образцов
Содержание NPK в почве в слое 0-20 см (нитраты, P ₂ O ₅ , K ₂ O)	Определение нитратов по методу ЦИНАО	ГОСТ 26488-85	• Всходы • Выход в трубку • Колошение
	Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО	ГОСТ 26207-91	
Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений (фазы роста).	Методика Госкомиссии по сортоиспытанию	1. Опытное дело в полеводстве. / Под ред. Г.Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат, 1982. – 87 с. 2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [Текст] : [В 7 вып.] / Гос. комис. по сортоиспытанию с.-х. культур при М-ве	Все фазы роста
Густота всходов, шт./м ² . Перезимовка			Полные всходы
Структура урожая. Отбор снопов с площадки 0,25м ²			Перед уборкой

		сельск. хоз-ва СССР. Изменения и дополнения... на 1990 год. Вып. 37. Методические материалы / 22 см. — Москва : Колос, 1971- , 1989. — 25 с.	
Определение в растениях содержания NPK и вынос с урожаем	Определение азота по Кьельдалю	ГОСТ 13496.4-93	• Всходы • Выход в трубку • Колошение
	Фотометрический и титриметрический методы определения содержания фосфора	ГОСТ 26657-97	
	Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия	ГОСТ 30504-97	
Фитосанитарное состояние посевов (учет сорняков, вредителей, болезней)	Глазомерная оценка по шкалам, количественный учет	Методика ВИЗР, 1985 г.	• Кущение • Выход в трубку, • Колошение • Перед уборкой

Учет урожая	Метод комбайновой уборки с учетных площадок и приведение урожая зерна к 14% влажности и 100% чистоте	ОСТ 10 106-87	Уборка
• Технологические свойства зерна • Натура и выравненность • Содержание белка • Хлебопекарные качества	Методика Госкомиссии по сортоиспытанию	Центральная лаборатория государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 192 с.	После уборки

Приложение С. Характеристики и компоненты фитопрепаратов

Препараты	Действующее вещество	Химический класс	Препаративная форма
Гербициды			
Аккурат Экстра	70 г/кг метсульфурон-метила + 680 г/кг тифенсульфурон-метила	сульфонилмочевины	Водно-диспергируемые гранулы
Тандем	600 г/кг трибенурон-метила + 200 г/кг флорасулама	сульфонилмочевины + триазолпиримидины	Водно-диспергируемые гранулы
Линтур	659 г/кг дикамба к-та (в форме натриевой соли) + 41 г/кг триасульфурон	Производные бензойной кислоты сульфонилмочевины	Водно-диспергируемые гранулы
Инсектициды			
Вантекс	60 г/л гамма-цигалотрина	Синтетические пиретроиды	Микро капсулированная суспензия
Данадим Эксперт	400 г/л диметоата	Фосфорорганические соединения	Концентрат эмульсии
Данадим Пауер	400 г/л диметоата + 6,4 г/л гамма-цигалотрина	Фосфорорганические соединения + пиретроиды	Концентрат эмульсии
Пикус	600 г/л имидаклоприда	неоникотиноиды	Концентрат суспензии

Фунгициды			
Винцит Форте	37,5 г/л флутриафола + 25 г/л тиабендазола + 15 г/л имазалила	Производные триазолов, бензимидазолы и имидазолы	Концентрат суспензии
Импакт Супер	75 г/л флутриафола + 225 г/л тебуконазола	Производные триазолов	Концентрат суспензии
Альто супер	250 г/л пропиконазол + 80 г/л ципроконазол	триазолы	Концентрат эмульсии
Консул	125 г/л флутриафола + 125 г/л азоксистробина	триазолы + стробилурины	Концентрат суспензии
Регуляторы роста			
Сапресс	250 г/л тринексапак-этила	Производные циклогександиона	Концентрат эмульсии

Приложение D. Влажность почвы под озимой пшеницей в слое 0–20 см

Год	Сорт	Технология	Фаза развития		
			Кущение	Выход в трубку	Колошение
2020–2021	Немчиновская 85	Б	20,4	15,0	14,3
		И	19,8	14,5	13,2
		В	23,1	14,9	13,3
	Московская 27	Б	22,5	14,6	14,2
		И	20,2	15,6	14,4
		В	19,9	14,8	14,7
	Московская 40	Б	20,4	15,4	13,2
		И	21,3	15,9	14,4
		В	21,6	14,9	14,4
2021–2022	Немчиновская 85	Б	18,9	15,8	10,9
		И	18,0	15,5	10,6
		В	18,2	15,4	10,7
	Московская 27	Б	18,9	15,5	10,7
		И	18,0	15,6	10,9
		В	18,7	15,8	10,2
	Московская 40	Б	18,2	15,6	10,4
		И	18,8	15,7	10,8
		В	18,4	15,5	10,9
2022–2023	Немчиновская 85	Б	16,5	17,6	13,8
		И	16,3	18,2	14,0
		В	16,8	18,9	13,7
	Московская 27	Б	17,2	17,2	13,5
		И	17,5	16,4	13,9
		В	17,4	19,5	13,4
	Московская 40	Б	16,9	18,4	14,2
		И	16,4	18,5	13,7
		В	17,3	19,0	13,3

**Приложение Е. Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–20 см для
разных сортов озимой пшеницы**

Сорт	Технология	Фаза развития								
		Кущение			Выход в трубку			Колошение		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Немчиновская 85	Б	19,5	20,9	25,3	12,9	19,0	27,6	12,4	13,2	20,9
	И	19,5	19,9	24,4	13,5	18,6	28,3	12,0	13,5	21,2
	В	20,6	20,1	25,4	12,1	18,5	30,0	12,8	13,6	20,6
Московская 27	Б	20,4	20,9	27,0	12,2	18,6	27,0	12,0	13,4	20,3
	И	18,4	19,9	27,5	12,9	18,7	24,6	12,8	13,6	21,1
	В	18,3	20,7	27,3	13,9	18,9	31,8	13,8	12,8	19,9
Московская 40	Б	19,5	20,1	26,4	13,9	18,7	29,6	11,9	13,0	21,7
	И	18,5	20,8	25,2	12,8	18,9	29,6	12,0	13,5	20,7
	В	18,5	20,4	27,0	16,1	18,6	30,5	12,9	13,6	19,6

*Примечание: Б - базовая, И - интенсивная, В - высокоинтенсивная технология

Приложение F. Изменение концентрации основных питательных веществ в пахотном слое почвы (0–20 см)

Сорт	Технология*	Фаза развития								
		Кущение			Выход в трубку			Колошение		
		N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N- NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
2020–2021										
Немчиновская 85	Б	11,4	171	124	15,4	187	117	5,7	180	114
	И	20,7	187	137	23,7	192	144	5,9	182	127
	В	26,2	227	161	28,4	224	157	5,5	192	140
Московская 27	Б	11,7	198	138	16,5	201	113	6,1	138	108
	И	21,5	224	141	22,4	210	139	6,1	188	123
	В	25,3	219	157	27,2	230	152	5,9	203	151
Московская 40	Б	11,2	186	113	14,8	191	132	5,8	185	119
	И	22,3	233	126	24,9	227	147	5,6	230	148
	В	27,7	221	149	29,1	217	158	6,2	227	155
2021–2022										
Немчиновская 85	Б	7,4	363	154	5,4	345	137	6,9	326	104
	И	7,2	380	153	7,1	361	141	7,9	339	124
	В	10,2	403	177	8,4	382	148	11,5	352	141
Московская 27	Б	7,6	309	138	6,0	272	103	7,1	277	91
	И	7,5	324	151	6,1	274	132	7,1	260	127
	В	9,3	369	161	8,6	372	158	8,0	255	140
Московская 40	Б	6,5	297	123	6,0	283	118	5,6	286	112
	И	7,7	313	166	9,0	300	152	5,6	304	146
	В	7,9	339	199	10,0	301	169	7,9	298	147
2022–2023										
Немчиновская 85	Б	7,9	349	147	14,8	349	133	7,2	316	101
	И	14,7	377	156	23,1	363	138	12,6	341	123
	В	18,2	409	197	24,5	384	147	13,6	357	145
Московская 27	Б	8,5	289	128	13,7	270	113	7,4	267	93
	И	15,5	304	149	22,8	275	137	13,1	262	122

	В	18,7	329	161	24,7	373	161	11,4	253	143
Московская 40	Б	7,8	298	127	12,6	273	122	6,8	284	117
	И	13,9	322	169	21,3	287	148	11,8	301	141
	В	17,2	339	199	23,4	291	172	12,2	308	149

*Примечание: Б - базовая, И - интенсивная, В - высокоинтенсивная технология

Приложение Г. Содержание азота в надземной массе озимой пшеницы, %

Сорт	Технология	Фаза развития	
		Выход в трубку	Колошение
Немчиновская 85	Б	2,68	1,29
	И	3,42	1,47
	В	3,69	1,71
Московская 27	Б	2,57	1,26
	И	3,32	1,42
	В	3,74	1,68
Московская 40	Б	2,78	1,29
	И	3,38	1,31
	В	3,55	1,66

*Примечание: а) Б – базовая технология; И – интенсивная технология; В – высокоинтенсивная технология; б) оптимальные значения содержания азота в растительной массе

Приложение Н. Площадь листьев озимой пшеницы в зависимости от технологий возделывания и удобрений, м²/м².

Фенологическая фаза	Технология								
	Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В
	2021			2022			2023		
Кущение	0,58	1,14	1,22	0,56	1,38	1,42	0,63	1,37	1,61
Выход в трубку	2,01	3,13	3,58	1,72	3,08	3,42	2,24	2,48	3,47
Колошение	2,60	3,01	3,28	2,47	3,81	4,52	3,08	3,43	4,34
Молочная спелость	1,86	2,48	2,90	1,52	1,87	2,57	2,29	2,44	3,09
Среднее	1,76	2,44	2,75	1,57	2,36	2,98	2,06	2,43	3,13

Приложение I. Биологическая эффективность средств защиты озимой пшеницы

Инсектициды					
Вариант	Биоэффективность, %				
	Проволочник	Клоп	Шведская муха	Цикадки	Другие
2020-2021					
Пикус 1,0 л/т	90	78	74	79	96
Пикус 1,0 л/т + Данадим Пауер 0,6 л/га	98	99	78	84	99
Пикус 1,0 л/т + Вантекс 60 мл/га	95	94	82	96	99
Контроль (поврежденность растений, %)	23,4	4,8	0,8	24,2	2,2
2021-2022					
Пикус 1,0 л/т + Винцит форте 1,5 л/т	90	78	73	75	95
Данадим Пауер 0,6 л/га	98	98	70	75	99
Пикус 1,0 л/т	95	76	83	90	95
Пикус 0,7 л/т + Вантекс 50 мл/га	91	90	77	91	94
Контроль (поврежденность растений, %)	15,1	3,5	0,1	18,4	1,2
2022-2023					
Пикус 1,0 л/т + Винцит форте 1,5 л/т	-	73	71	70	94
Данадим Пауер 0,6 л/га	-	95	67	72	97

Пикус 1,0 л/т	-	71	80	87	91	
Пикус 0,7 л/т + Вантекс 50 мл/га	-	87	72	89	87	
Контроль (поврежденность растений, %)	-	5,2	0,6	22,4	1,7	
Фунгициды						
	Корневые гнили	Снежная плесень	Мучнистая роса	Септориоз	Бурая ржавчина	Фузариоз колоса
2020-2021						
Импакт Эксклюзив, 0,75 л/га	68	84	79	93	87	92
Альто супер, 0,5 л/га	85	91	86	95	94	93
Консул, КС, 0,8 л/га + Консул 1,0 л/га	92	96	98	98	99	98
Консул, КС, 0,8 л/га	87	90	93	94	96	94
Контроль	6,2	17,8	17,3	7,5	10,8	1,5
2021-2022						
Импакт Эксклюзив, 0,75 л/га	61	79	75	92	84	89
Альто супер, 0,5 л/га	80	91	88	94	95	93
Консул, КС, 0,8 л/га + Консул 1,0 л/га	90	94	99	98	99	97
Консул, КС, 0,8 л/га	88	90	91	92	95	93
Контроль	5,5	11,7	12,3	4,2	5,2	1,7

2022-2023						
Импакт Эксклюзив, 0,75 л/га	60	75	72	88	81	86
Альто супер, 0,5 л/га	77	88	85	91	93	91
Консул, КС, 0,8 л/га + Консул 1,0 л/га	89	89	95	96	98	95
Консул, КС, 0,8 л/га	85	86	87	90	91	91
Контроль	5,2	20,5	14,2	6,9	10,7	1,3
Гербициды						
	Ко-во сорняков, шт./м ²			Биоэффективность, %		
	до обработки	после обработки	перед уборкой	после обработки	перед уборкой	
2020-2021						
Атон 0,06 кг/га + Агроксон 0,5 л/га + Фокстрот 1,0 л/га	229	4	2	98	99	
Тандем 0,03 кг/га + Фокстрот 1,0 л/га	232	10	5	96	98	
Линтур 180 г/га	228	18	15	92	93	
Контроль	244	238	215	—	—	
2021-2022						
Контроль	232	239	197	-	-	

Аккурат Экстра 35 г/га + Фокстрот 1,0 л/га + Агроксон 0,5 л/га	236	11	3	95	98
Линтур 180 г/га	235	18	11	92	95
Тандем 30 г/га + Фокстрот Экстра 0,4 л/га + Агроксон 0,5 л/га	241	5	2	98	99
2022-2023					
Контроль	186	190	174	-	-
Аккурат Экстра 35 г/га + Фокстрот 1,0 л/га + Агроксон 0,5 л/га	194	13	2	93	99
Линтур 180 г/га	190	21	9	89	95
Тандем 30 г/га + Фокстрот Экстра 0,4 л/га + Агроксон 0,5 л/га	198	8	3	96	98

**Приложение J. Структура урожая озимой пшеницы в зависимости от испытанных технологий
возделывания**

Сорт	Немчиновская 85			Московская 27			Московская 40			НСР05
Технология	Б	И	В	Б	И	В	Б	И	В	
2020-2021										
Полевая всхожесть, %	87	89	94	86	88	92	87	94	96	18,5
Перезимовка, %	96	95	98	96	96	99	99	98	99	15,3
Число продуктивных стеблей, шт./м²	772	781	790	752	769	778	749	759	773	10,91
Коэффициент продуктивной кустистости	2,7	3,3	3,9	2,9	3,7	3,8	2,4	3,1	3,4	0,3
Число зерен в колосе	23,4	25,7	29,1	24,5	29,4	31,6	24,9	27,3	31,1	0,31
Масса 1000 зерен, г	41,1	43,3	44,2	42,7	43,1	43,9	40,8	42,6	43,5	0,27
Биологическая урожайность, г/м²	748	869	1016	787	974	1079	761	883	1046	21,94
2021-2022										
Полевая всхожесть, %	83	85	90	84	86	90	85	90	94	23,9
Перезимовка, %	91	92	98	95	96	99	98	98	99	17,70
Число продуктивных стеблей, шт./м²	487	502	522	571	581	598	432	479	498	6,30
Коэффициент продуктивной кустистости	2,6	2,9	3,7	2,9	3,1	3,1	2,4	2,6	2,9	0,2

Число зерен в колосе	24,4	26,7	30,1	25,5	26,4	29,6	24,9	26,3	28,7	1,18
Масса 1000 зерен, г	40,0	43,4	47,0	41,4	43,6	44,2	45,8	46,6	48,0	1,61
Биологическая урожайность, г/м ²	475	582	738	603	669	782	493	587	686	12,67
2022-2023										
Полевая всхожесть, %	84	86	92	85	87	90	87	91	93	20,1
Перезимовка, %	92	94	97	94	96	99	97	96	98	16,20
Число продуктивных стеблей, шт./м ²	565	595	662	530	543	578	530	543	578	4,39
Коэффициент продуктивной кустистости	2,8	3,2	3,7	3,0	3,4	3,8	2,7	3,3	3,6	0,2
Число зерен в колосе	31.5	31.8	33.3	33.2	35.6	38.9	31.1	31.4	33.3	1,5
Масса 1000 зерен, г	48.5	51	53.1	51.4	53.6	55.8	49.3	51.4	52.9	0,36
Биологическая урожайность, г/м ²	863.2	965	1170.6	904.4	1036.1	1254.6	771.2	900.6	1018.2	13,10

**Приложение К. Урожайность сортов озимой пшеницы в зависимости от испытанных технологий
возделывания**

Сорт (А)	Технология (В)	Урожайность по повторениям				Среднее (фактор А)	Прибавка к базовой	
		I	II	III	IV		т/га	%
2020-2021								
Немчиновская 85	Б	6,26	6,82	6,62	6,06	6,44	-	-
	И	8,83	9,19	9,03	9,56	9,15	2,71	42,08
	В	9,53	9,89	9,20	9,54	9,54	3,10	48,13
Среднее по сорту						7,65		
Московская 27	Б	7,12	7,41	7,09	7,21	7,21	-	-
	И	9,87	10,08	10,21	9,68	9,96	2,75	38,14
	В	10,33	10,56	10,89	11,55	10,83	3,62	50,20
Среднее по сорту						8,56		
Московская 40	Б	6,20	5,95	6,24	6,13	6,13	-	-
	И	9,50	7,75	9,17	8,81	8,81	2,68	43,71
	В	9,75	8,88	9,38	9,34	9,34	3,21	52,36
Среднее по сорту						8,09		
Среднее (фактор В)		1				2	3	
		6,59				9,30	9,90	
Прибавка к базовой								
т/га		—				2,71	3,31	

%		—				41,12	50,23	
НСР ₀₅ по опыту = 0,45 т/га НСР ₀₅ по фактору А = 0,23 т/г НСР ₀₅ по фактору В = 0,20 т/га								
2021-2022								
Сорт (А)	Технология (В)	Урожайность по повторениям				Среднее (фактор А)	Прибавка к базовой	
		I	II	III	IV		т/га	%
Немчиновская 85	Б	4,53	4,62	4,55	4,36	4,52	-	-
	И	5,72	5,64	5,67	5,61	5,66	1,14	25,2
	В	6,50	6,30	6,57	6,36	6,43	1,91	42,2
Среднее по сорту						5,53		
Московская 27	Б	5,72	5,61	6,18	6,11	5,91	-	-
	И	6,48	6,62	6,50	6,60	6,55	0,64	10,8
	В	7,03	7,19	7,31	7,06	7,15	1,24	20,9
Среднее по сорту						6,53		
Московская 40	Б	4,62	4,43	4,84	4,58	4,62	-	-
	И	5,37	5,28	5,20	5,48	5,33	0,71	15,3
	В	6,14	6,31	6,28	6,23	6,24	1,62	35,0
Среднее по сорту						5,39		
Среднее (фактор В)				1		2	3	
				5,02		5,85	6,61	

т/га				–		0,83		1,59	
%				–		16,53		31,67	
НСР ₀₅ по опыту = 0,20 т/га									
НСР ₀₅ по фактору А = 0,12 т/га									
НСР ₀₅ по фактору В = 0,10 т/га									
2022-2023									
Сорт (А)	Технология (В)	Урожайность по повторениям				Среднее (фактор А)	Прибавка к базовой		
		I	II	III	IV		т/га	%	
Немчиновская 85	Б	8,07	7,77	7,85	7,95	8,18	–	–	
	И	9,29	9,09	9,18	9,11	9,17	+0,99	12	
	В	11,30	11,45	11,14	11,23	11,28	+3,10	38	
Среднее по сорту						9,54			
Московская 27	Б	8,30	8,16	7,95	8,02	8,61	–	–	
	И	10,09	9,64	10,15	9,83	9,93	+1,32	15	
	В	11,81	12,28	11,97	12,42	12,12	+3,51	41	
Среднее по сорту						10,22			
Московская 40	Б	7,57	7,48	7,33	7,39	7,44	–	–	
	И	8,97	8,53	8,56	8,60	8,67	+1,23	16	
	В	9,98	9,49	9,51	9,86	9,71	+2,27	30	
Среднее по сорту						8,61			
Среднее (фактор В)				Б		И	В		

	8,07	9,26	11,04
т/га	—	1,19	2,97
%	—	14,75	44,60
НСР ₀₅ по сорту (фактор А) = 0,17 т/га; НСР ₀₅ по технологии (фактор В) = 0,15 т/га НСР ₀₅ по опыту = 0,29 т/га			