

На правах рукописи

ДИАКИТЕ СИМБО

**Фитосанитарный мониторинг и защита яровых зерновых культур от
грибных болезней в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации**

Специальность

4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Москва – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

**Научный
руководитель:**

Пакина Елена Николаевна,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор
агробиотехнологического департамента аграрно-
технологического института ФГАОУ «Российский университет
дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

**Официальные
оппоненты:**

Зейрук Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных
наук, главный научный сотрудник лаборатории защиты
растений ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр
картофеля им. А.Г. Лорха».

Астайкина Анжелика Анатольевна, кандидат биологических
наук, научный сотрудник лаборатории химии гумусовых
веществ и минеральных соединений почв факультета
почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова».

**Ведущая
организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и
генетики Сибирского отделения Российской академии наук»
(ИЦИГ СО РАН)

Защита диссертации состоится « » -----2025 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета
ПДС 2021.002 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса
Лумумбы» (РУДН) по адресу: 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 8 корп.2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке в УНИБЦ (Научной библиотеке) ФГАОУ ВО
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) по адресу: 117198
ул. Миклухо-Маклая, д. 6, и на сайте: <https://www.rudn.ru/science/dissovet>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат сельскохозяйственных наук

Романова Е.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Пшеница и ячмень занимают ключевое место среди зерновых культур благодаря их высокой экономической и питательной ценности. Однако их производство сталкивается с серьезными вызовами, связанными с биотическими и абиотическими стрессами. К абиотическим факторам относятся изменения климата, засоление почв, дисбаланс питательных веществ и другие неблагоприятные условия. Среди биотических факторов, грибные болезни ячменя и пшеницы вызывают значительные потери урожая до 30–60% (Гагкаева и др., 2011; Санин и др., 2021; Гаврилов а и др., 2022). Некоторые патогены накапливают микотоксины в зерне, опасные для здоровья (Castañares et al., 2020; Bretträger et al., 2022). Развитию болезней способствуют ранние сроки посева, высокая густота высева, несоблюдение севооборота и др. (Санин и др., 2022; Eyal et al., 1987).

Современные методы борьбы с заболеваниями ячменя и пшеницы оказываются недостаточно эффективными. Из множества сортов, выращиваемых в России и других странах, лишь немногие обладают высокой устойчивостью, особенно к септориозу. Агротехнические мероприятия не обеспечивают полной защиты, а отдельные приемы лишь незначительно замедляют развитие болезней.

Поэтому фунгициды остаются ключевым инструментом, но их длительное применение приводит к развитию устойчивости у грибов. Например, триазолы могут терять эффективность уже через 2 года (Hayes et al., 2016). В России недостаточно данных о проявлениях устойчивых штаммах в популяции фитопатогенных грибов, хотя в других странах устойчивые штаммы уже зарегистрированы (Hayes et al., 2016; Pasquali et al., 2020; Vicentini et al., 2022). Важно отслеживать механизмы устойчивости в популяциях патогенов яровых зерновых культур для повышения эффективности фунгицидов.

Дефицит серы в почвах также снижает урожайность зерновых. Более 90% пахотных почв России имеют низкое содержание серы, что снижает урожайность из-за ухудшения устойчивости растений к стрессам (Аристархов, 2016). Одним из решений является отбор высокопродуктивных сортов с повышенной устойчивостью к патогенам и разработка индивидуальных систем применения удобрений и защитных мероприятий, адаптированных для этих сортов.

Степень разработанности. Вопросами эффективности применения фунгицидов и серосодержащих микроудобрений в посевах пшеницы и ячменя занимались многие учёные такие, как А. Н. Аристархова, Г. В. Волкова, С. И. Воронов, Т. Ю. Гагкаева, А. Ю. Кекало, Л. М. Козлова, Н. А. Крупенько, Т. В. Лебедева, А. С. Орина, Ю. Н. Плескачев, Е. С. Рогожникова, С. С. Санин, О. Н. Санина, Л. В. Сидорова, Е. Ю. Торопова, В. И. Турусов, А. В. Чевычелов, Ю. К. Шашко и А. П. Шутко и другие. Несмотря на значительный объём накопленных данных, многие аспекты остаются недостаточно изученными. В частности, недостаточно внимания уделено вопросам взаимодействия серосодержащих микроудобрений и фунгицидов, их комплексного влияния на устойчивость

растений к патогенам и продуктивность зерновых культур. Это определяет необходимость дальнейших научных исследований, направленных на повышение урожайности и устойчивости яровой пшеницы и ярового ячменя к биотическим стрессам в условиях изменяющегося климата и роста потребностей в продовольствии.

Объект исследования – сорта ярового ячменя Нур и Надежный и яровой мягкой пшеницы Беяна и Радмира, фунгициды (Альто супер, КЭ, Капелла, МЭ-2017 и Колосаль про, КМЭ) и серосодержащее удобрение (Ультрамаг СуперСера-900).

Предмет исследования - снижение вредоносности патогенных грибов в посевах яровой пшеницы и ярового ячменя путем некорневого применения серосодержащего микроудобрения и фунгицидов.

Цель и задачи исследования. В связи с вышеизложенным, цель нашей работы – снижения развития, вредоносности патогенных грибов в посевах яровой пшеницы и ярового ячменя путем применения комбинаций некорневого серосодержащего микроудобрения в сочетании с различными фунгицидами.

В соответствии с указанной целью работы были поставлены следующие задачи:

1. Провести мониторинг развития, распространения и вредоносности фитопатогенных грибов на яровом ячмене и пшенице
2. Сравнить влияние различных фунгицидов и их смесей с листовым удобрением на развитие грибных заболеваний.
3. Изучить влияние фунгицидов и их смесей с листовым удобрением на структуру урожая и технологические показатели качества зерна ярового ячменя и яровой пшеницы.
4. Дать оценку экономической эффективности применения фунгицидов и их сочетания с листовым удобрением.
5. Провести поиск штаммов, устойчивых к пропиконазолу и тебуконазолу, в популяциях основных патогенных грибов в условиях Московской области.

Научная новизна работы: впервые исследовано влияние комбинированного применения современных фунгицидов (Альто Супер, КЭ; Капелла, МЭ; Колосаль Про, КМЭ) с серосодержащим микроудобрением (Ультрамаг СуперСера-900) на развитие грибных заболеваний (септориоз, стеблевая ржавчина, мучнистая роса, фузариоз колоса, комплекс пятнистостей листьев) и продуктивность яровой пшеницы и ярового ячменя. Установлено, что комбинации фунгицидов с серосодержащим удобрением повышают биологическую эффективность препаратов на 3,6–22,7% в зависимости от климатических условий, сорта и фазы развития растений. Определено положительное влияние применяемых средств не только на снижение заболеваемости, но и на биометрические показатели растений, урожайность и качественные характеристики зерна (содержание белка, клейковины, экстрактивности). Проведена оценка чувствительности штаммов грибов-

возбудителей болезней яровой пшеницы и ячменя (родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*) к тебуконазолу и пропиконазолу. Выявлено, что большинство штаммов сохраняют высокую чувствительность к данным действующим веществам, однако выявлены устойчивые формы *F. sporotrichioides*, *B. sorokiniana* и *Alternaria sp.* (EC50 до 11,5 мг/л).

Разработаны рекомендации по применению фунгицидов с серосодержащим удобрением для повышения урожайности яровой пшеницы и ячменя. Впервые для сортов яровой пшеницы (Беяна, Радмира) и ярового ячменя (Надежный, Нур) выявлены различия в восприимчивости к заболеваниям и отзывчивости на фунгициды и их комбинации с серосодержащим удобрением.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Влияние комбинированного применения современных фунгицидов с серосодержащим микроудобрением на развитие грибных заболеваний и биометрические показатели, урожайность и качество зерна яровой пшеницы и ярового ячменя.
2. Сортные различия в восприимчивости к заболеваниям и отзывчивости на обработки.
3. Оценка чувствительности штаммов грибов-возбудителей (*Fusarium*, *Alternaria*, *Bipolaris*) к действующим веществам фунгицидов из класса триазолов.
4. Экономическая эффективность применения фунгицидов и их комбинаций с серосодержащими удобрениями.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные результаты исследований расширяют теоретические представления о возможностях применения современных фунгицидов в сочетании с серосодержащими микроудобрениями для защиты яровых ячменя и пшеницы от комплекса фитопатогенных грибов. Впервые установлено, что комбинированное использование данных средств способствует не только снижению заболеваемости растений, но и улучшению их биометрических показателей, структуры урожая и качественных характеристик зерна. Разработаны экономически обоснованные рекомендации по применению фунгицидов и их комбинаций с серосодержащими удобрениями. Результаты исследования могут быть внедрены в практику агропромышленного производства, учебные программы вузов и методические материалы, способствуя оптимизации технологий возделывания яровых ячменя и пшеницы.

Методология и методы исследований. Исследования были основаны на изучении и анализе научной литературы отечественных и зарубежных авторов. В процессе работы применяли принципы системного анализа и стандартные, проверенные методики проведения исследований. Полевые и лабораторные эксперименты проводили согласно утвержденным методическим рекомендациям по оценке биологической эффективности пестицидов и агрохимикатов. Подтверждение сделанных выводов базируется на оценке достоверности статистических показателей.

Степень достоверности и апробации результатов. Степень достоверности подтверждается результатами трехлетних исследований, проведенных в соответствии с методикой полевых опытов и лабораторных анализов, с трехкратным повторением в разные по погодным условиям годы. Данные статистически обработаны и апробированы, что обеспечивает высокую надежность результатов.

Результаты исследований доложены на пяти научных конференциях, включая три международных.

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 14 (четырнадцать) научных работ, в том числе 1 (одна) в изданиях, базы данных Cas, 8 (восемь) в зарубежных изданиях (Scopus) и 5 (пять) в РИНЦ.

Личный вклад автора заключается в проведении полевых и лабораторных опытов, комплексной обработке и интерпретации результатов исследований, подготовке материалов для научных публикаций, написании диссертации.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 191 странице печатного текста, содержит 44 таблицы, 32 рисунка, 4 приложения. Включает в себя 6 глав, заключение, практические рекомендации. Список литературы состоит из 158 источников, в том числе на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность всем, кто оказал помощь при выполнении работы. Особую признательность хочется выразить д.с-х.н., Пакиной Е.Н., директору агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института РУДН, за руководство исследованием. За научную и методическую помощь автор благодарит к.с.-х.н. Калабашкину Е.В., зав. лаб. ФИЦ «Немчиновка» и к.с.-х.н. Цымбалову В.А., сотр. ФИЦ «Немчиновка». Значительный вклад внесли также к.б.н., доц. Чудинова Е.М., д.б.н., проф. Поляков А.В., гл. науч. сотр. сектора агробиотехнологий лаборатории репродуктивной биотехнологии предбридингового центра ВНИИО, и д.б.н., проф. Еланский С.Н. Автор также благодарит сотрудников агробиотехнологического департамента Аграрно-технологического института РУДН: д.с-х.н. Мейсама Заргара, а также лаборантов Цинделиани А.А. и Скокова Д.Н. за помощь в проведении лабораторной части работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проведения исследования, сформулированы цели и задачи, обозначены основные положения, выносимые на защиту, охарактеризована научная новизна и практическая значимость исследования.

В первой главе представлен обзор литературы, который раскрывает особенности яровой пшеницы и ярового ячменя, их народнохозяйственное значение, ключевые проблемы в производстве культур, распространенность и вредоносность грибных заболеваний, а также системы защиты (агротехнические, биологические и химические). Рассмотрена роль микроэлементов в минеральном

питании растений; значение серы, её формы, особенности усвоение растениями, наличие в почве и влияние на урожайность пшеницы и ячменя.

Во второй главе подробно описаны методики исследования, включая место и характеристику почвы опытного участка, почвенно-климатические особенности, метеорологические условия в годы проведения опытов, сорта и пестициды, полевые и лабораторные методики исследования, а также статистический анализ данных.

Исследования проводились в 2022-2024 гг., в стационарном опыте, на полях лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка». Лабораторная часть работы выполнена в агробиотехнологическом департаменте РУДН.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая на морене в комплексе до 10% слабокислая. Мощность пахотного горизонта составляет 26-28 см, содержание органического вещества варьируется в пределах 3,2-4,1%, pH около 5,7-5,8 (слабокислая, близка к нейтральной), гидролитическая кислотность – 3 мл. экв на 100 г почвы, подвижного P_2O_5 по Кирсанову – 165-193 мг/кг (высокое) и обменного K_2O – 80-119 мг/кг (среднее) почвы.

Исследовали четыре препарата: Альто Супер, КЭ, Колосаль Про, КМЭ, Капелла, МЭ и Ультрамаг СуперСера-900, сорта ярового ячменя Нур и Надежный и яровой пшеницы Беяна и Радмира.

Сорт ярового ячменя Нур является высокопродуктивным и качественным пивоваренным сортом, включённым в Госреестр в 2002 году и рекомендованным для возделывания в Центральном и Средневолжском регионах, включая Московскую область и Республику Татарстан. Он был получен методом индивидуального отбора из гибридной комбинации сортов Верас х Московский 3/125 коллективом селекционеров ФИЦ «Немчиновка». Нур устойчив к пыльной и каменной головне, умеренно восприимчив к корневым гнилям и стеблевой ржавчине, но восприимчив к полосатой пятнистости и сильно восприимчив к гельминтоспориозу.

Сорт ячменя ярового Надежный является высокопродуктивным и качественным пивоваренным сортом, включённым в Госреестр в 2017 году. Он рекомендован для возделывания в Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском и Средневолжском регионах, включая Калужскую, Рязанскую, Смоленскую, Тульскую, Нижегородскую, Свердловскую области, Пермский край и Удмуртскую Республику. Сорт был получен методом индивидуального отбора из гибридной комбинации (Аннабель × Эльф) коллективом селекционеров ФИЦ «Немчиновка» и ФГБНУ «Федеральный Научный Агроинженерный Центр Вим». Сорт обладает умеренной устойчивостью к корневым гнилям.

Сорт мягкой яровой пшеницы Радмира включена в Госреестр в 2020 году. Он рекомендован для возделывания в Центральном (3) и Волго-Вятском (4) регионах. Сорт был получен из гибридной популяции с участием сортов *Злата* и

Эстер коллективом селекционеров ФИЦ «Немчиновка». Сорт относится к категории ценных по качеству, обладает хорошими хлебопекарными свойствами. Радмира умеренно устойчив к мучнистой росе, бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне.

Сорт Беяна — это высококачественная мягкая яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), запатентованная в 2022 году. Сорт создан методом индивидуального отбора из гибридной популяции F5 (Энгелина х Эстер) коллективом селекционеров ФИЦ «Немчиновка». Устойчив к головневым болезням, мучнистой росе септориозу, бурой и умеренно устойчив к стеблевой ржавчине.

Капелла, МЭ — это системный трёхкомпонентный фунгицид, производства АО «Щёлково Агрохим». Препаративная форма микроэмульсия, содержащая 120 г/л пропиконазола + 60 г/л флутриафола + 30 г/л дифеноконазола относящиеся к химическому классу триазолов. Эти действующие вещества ингибируют биосинтез эргостерола, что приводит к разрушению клеточных мембран грибов. Капелла МЭ характеризуется высокой скоростью действия, быстро проникая через листья и стебли растений и перемещаясь акропетально. Препарат Капелла, МЭ проявляет защитное действие в течение 3–4 недель.

Альто Супер, КЭ — это системный двухкомпонентный фунгицид, производства ООО «Сингента». Он представлен в форме концентрата эмульсии и содержит 250 г/л пропиконазола и 80 г/л ципроконазола, которые относятся к классу триазолов. Его механизм действия схож с препаратом Капелла, МЭ. Действие Альто Супер, КЭ продолжается более 3-4 недель, что обеспечивает максимальную защиту растений в критические периоды их роста.

Колосаль Про, КМЭ — это двухкомпонентный системный фунгицид, производства ЗАО Фирма «Август». Препарат выпускается в форме концентрата микроэмульсии, содержащей 300 г/л пропиконазола и 200 г/л тебуконазола относящиеся к химическому классу триазолов. Препарат обладает длительным защитным действием (4–5 недель), что позволяет сократить количество обработок и повысить качество урожая.

Ультрамаг СуперСера-900 — это серосодержащее жидкое микроудобрение, производства АО «Щёлково Агрохим». Его уникальность заключается в наличии трёх форм серы (тиосульфат). Общая концентрация действующих веществ составляет 75%: сера - 900 г/л (70%) и азот - 65 г/л (5%). Сера способствует усвоению азота и других макро- и микроэлементов. Удобрение повышает устойчивость растений к стрессовым условиям, таким как засуха и болезни. Сера играет важную роль в синтезе белков и хлорофилла, что улучшает фотосинтетические процессы. Препарат рекомендован для применения на посевах пшеницы и ячменя.

В годы исследований (2022–2024 гг.) в Московской области наблюдались значительные отклонения от среднеголетних значений температуры и осадков. Температура повысилась, особенно в весенние и летние месяцы. Наиболее заметные отклонения были зафиксированы в марте, апреле и июне,

когда температура превышала норму на 3–6°C. В отношении осадков наблюдались колебания в их количестве, с периодами аномально высокой влажности (июнь 2024, июль 2023) и засушливости (март 2024, август 2022).

Опытные участки обрабатывали препаратами с помощью ручного опрыскивателя до появления болезней или при первых признаках их появления в фазе выхода в трубку. Площадь опытной делянки – 4м×7,5м (30м²). Повторность опыта трехкратная, расположение делянок рандомизированное. Посевные качества семян соответствовали ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта в 2022-2024гг.

Обработка	Норма расхода
Контроль без обработки	0
Альто Супер, КЭ	0,5л/га
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га
Капелла, МЭ	1л/га
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг Супер Сера-900	0,5л/га + 3л/га
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900	0,4л/га + 3л/га
Капелла, МЭ + Ультрамаг Супер Сера-900	1л/га + 3л/га

Предшественниками являлись зернобобовые культуры. Основная обработка почвы включала культивацию при помощи специализированной техники, КПК-4СУ или КПК-8С. Через 10–14 дней после первичной обработки была проведена вспашка на глубину пахотного слоя с использованием плугов с предплужниками (ПЛН 3-35). Предпосевная весенняя обработка включала культивацию на глубину до 8 см при наличии физической спелости почвы. Завершающим шагом являлось предпосевное боронование с использованием РВК-3,6. Основное минеральное питание растений осуществляли за счет внесения удобрений в дозе N₃₂P₃₂K₃₂. Для поддержания интенсивного роста культур была проведена дополнительная подкормка азотными удобрениями в количестве 100 кг/га. Для повышения всхожести и защиты семян от болезней и вредителей использовали препарат Оплот Трио, ВСК (Азоксистробин 40 г/л Дифеноконазол 90 г/л Тебуконазол 45 г/л) в дозе 500 мл/т для протравливания семян. В фазе кушения применяли гербициды: Примадонна, СЭ (содержит 200 г/л 2,4-Д кислоты в сложном 2-этилгексиловом эфире и 3,7 г/л флорасулама) в дозе 0,6 л/га, Мортира, ВДГ (трибенурон-метил, 750 г/кг) – 15 г/га, Фидес (КЭ) (мефенпир-диэтил 27 г/л и феноксапроп-П-этил 100 г/л) – 0,5 л/га. Для защиты посевов от вредителей применяли инсектицид Децис Профи, ВДГ (Дельтаметрин 250 г/кг) при 0,03 г/га.

Оценку биологической эффективности изучаемых фунгицидов проводили согласно методикам Кекало (2017), Шутко (2018) и Петерсона (Peterson, 1948). Вид патогенов определяли путем микроскопирования и молекулярных

исследований по методикам, описанным в работах (Leslie, Summerell, 2007; Еремеева, 2009; Stakheev et al., 2016; White et al., 1990; Senanayake et al., 2020).

Структуру урожая учитывали по методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Уборка методом прямого комбайнирования с учетных площадок и приведение урожайности зерна к 14 % влажности и 100 % чистоте. Технологические свойства зерна лабораторным методом по ГОСТ 10846-91, ГОСТ 10842-89, ГОСТу 13586.1-2014. При уборке определяли структуру и урожайность сортов, качество зерна (массу 1000 зерен, содержание белка).

Статистическую обработку данных проводили по методам Б.А. Доспехова (1985) и Musaev (2019) с использованием дисперсионного анализа. Для анализа данных применяли электронные таблицы «Microsoft Office Excel» и статистическое программное обеспечение GENSTAT (15-я версия, Rothampstead, Великобритания).

В третьей главе представлены результаты исследований по фенологическим фазам сортов, заболеваемости, биометрическим показателям и урожайности яровой пшеницы в зависимости от защитных мероприятий с 2022 по 2024 годы. Фенологические показатели сортов Беяна и Радмира показали схожесть в развитии, однако сорт Радмира в большинстве случаев достигал ключевых фаз (колошение, цветение) на 2–3 дня раньше, чем Беяна.

Среди болезней яровой пшеницы выделяются септориоз, стеблевая ржавчина, мучнистая роса и фузариоз колоса. Септориоз и фузариоз наблюдались ежегодно, тогда как стеблевая ржавчина и другие заболевания проявились только в 2024 году. Распространенность и степень поражения зависели от стадии развития растений, сорта и защитных мероприятий. Пораженность листостебельными болезнями достигала 15–30% во влажные годы, а фузариозом — 12–15% при обильных осадках во время цветения и налива зерна.

В таблице 2 представлены данные о развитии септориоза листьев (*Zymoseptoria tritici*) на двух сортах яровой пшеницы в разные стадии развития культуры. Результаты показывают, что развитие септориоза листьев усиливается по мере приближения фазы молочной спелости. У сорта Беяна заболевание увеличилось с 12,2% в начале цветения до 13,5% в фазе молочной спелости (контроль без обработки), а степень развития составила 14,5% и 23,6% соответственно. У сорта Радмира развитие заболевания также началось с 12,2%, но достигло 15,8% к фазе молочной спелости, а степень развития повысилась с 19,6% до 26,8%. Таким образом, Беяна проявляет более устойчивые характеристики к септориозу по сравнению с Радмирой.

Таблица 2 – Распространённость и степень развития септориоза на посевах яровой пшеницы в 2022-2024 гг.

	Сорт			
	Беяна		Радмира	
Фаза развития	Начало цветения	Молочная спелость	Начало цветения	Молочная спелость

Вариант/параметры	Норма расхода	P	CP	P	CP	P	CP	P	CP
Контроль без обработки	-	12,2	14,5	13,5	23,6	12,2	19,6	15,8	26,8
Альто Супер, КЭ	0,5л/га	3,5	5,2	4,2	8,4	2,0	6,3	4,7	8,6
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га	3,3	4,4	3,6	7,3	2,4	7,5	4,5	8,8
Капелла, МЭ	1л/га	3,7	5,1	4,0	9,1	2,7	7,5	4,4	9,0
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,5л/га + 3л/га	4,4	3,4	3,6	7,5	2,3	4,9	4,0	5,9
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га + 3л/га	3,3	4,8	2,8	6,8	1,9	4,3	3,2	5,2
Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га + 3л/га	3,8	3,2	3,2	6,9	2,3	5,8	3,7	8,5
НСР ₀₅ (сорт)		0,1** *	0,3** *	0,3**	0,2 ^{НЗ}	0,1** *	0,3** *	0,3**	0,2 ^{НЗ}
НСР ₀₅ (препарат)		0,3** *	0,5** *	0,4** *	0,3** *	0,3** *	0,5** *	0,4** *	0,3** *
НСР ₀₅ (год)		0,2** *	0,3** *	0,3** *	0,3** *	0,2** *	0,3** *	0,3** *	0,3** *
Коэффициент вариации, CV% (сорт)		2,0	3,5	3,1	1,6	2,0	3,5	3,1	1,6
Коэффициент вариации, CV% (препарат)		7,3	6,9	4,9	3,6	7,3	6,9	4,9	3,6

P= - P распространённость, CP= Степень развития, НЗ=Незначимо при $p \geq 0,05$, **=Значимо при $p \leq 0,01$, ***=Значимо при $p \leq 0,001$

Все три фунгицида показали значительное снижение ($p \leq 0,001$) как доли септориоза, так и степени его развития на различных стадиях роста пшеницы. Колосаль Про, КМЭ показал наивысшее снижение степени развития септориоза на сорте Беяна с 69,9% в начале цветения и 69,2% в молочной спелости, а на сорте Радмира Альто Супер — 67,9% и 67,8% соответственно. На сорте Беяна наибольшее снижение доли септориоза наблюдалось при использовании фунгицида Колосаль Про, КМЭ как на стадии начала цветения (72,7%), так и на стадии молочной спелости (73,3%). На сорте Радмира также Альто Супер, КЭ показывает наилучшие результаты на стадии начала цветения (83,3%), в то время как Капелла, МЭ демонстрирует высокие показатели на стадии молочной спелости (71,9%). Средняя максимальная биологическая эффективность в снижении показателей септориоза наблюдалась при применении Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 и составила 67,1-84,2% по сравнению с контролем на обоих сортах на всех фазах развития. При этом применении Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 в сравнении с Колосаль Про, КМЭ показало увеличение биологической эффективности в снижении септориоза

как на стадии начала цветения, так и на стадии молочной спелости, с наибольшими прибавками по сорту Радмира (3,6-8,2%). На стадии начала цветения биологическая эффективность Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 в снижении доли септориоза на сорте Беяна составила 68,9% (прибавка - 0,5%), а для сорта Радмира — 80,9% (прибавка +3,3%). На стадии молочной спелости эффективность составила 76,0% (прибавка +5,9%) для сорта Беяна и 76,4% (прибавка +4,5%) для сорта Радмира по сравнению с Капелла, МЭ. Кроме того, Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 продемонстрировал преимущество по снижению степени развития на всех стадиях и сортах (прибавка +1,9-12,5%) (рисунок 1). Полученные данные подчеркивают важность выбора соответствующих защитных мероприятий с учетом особенности сорта и стадии развития растения.

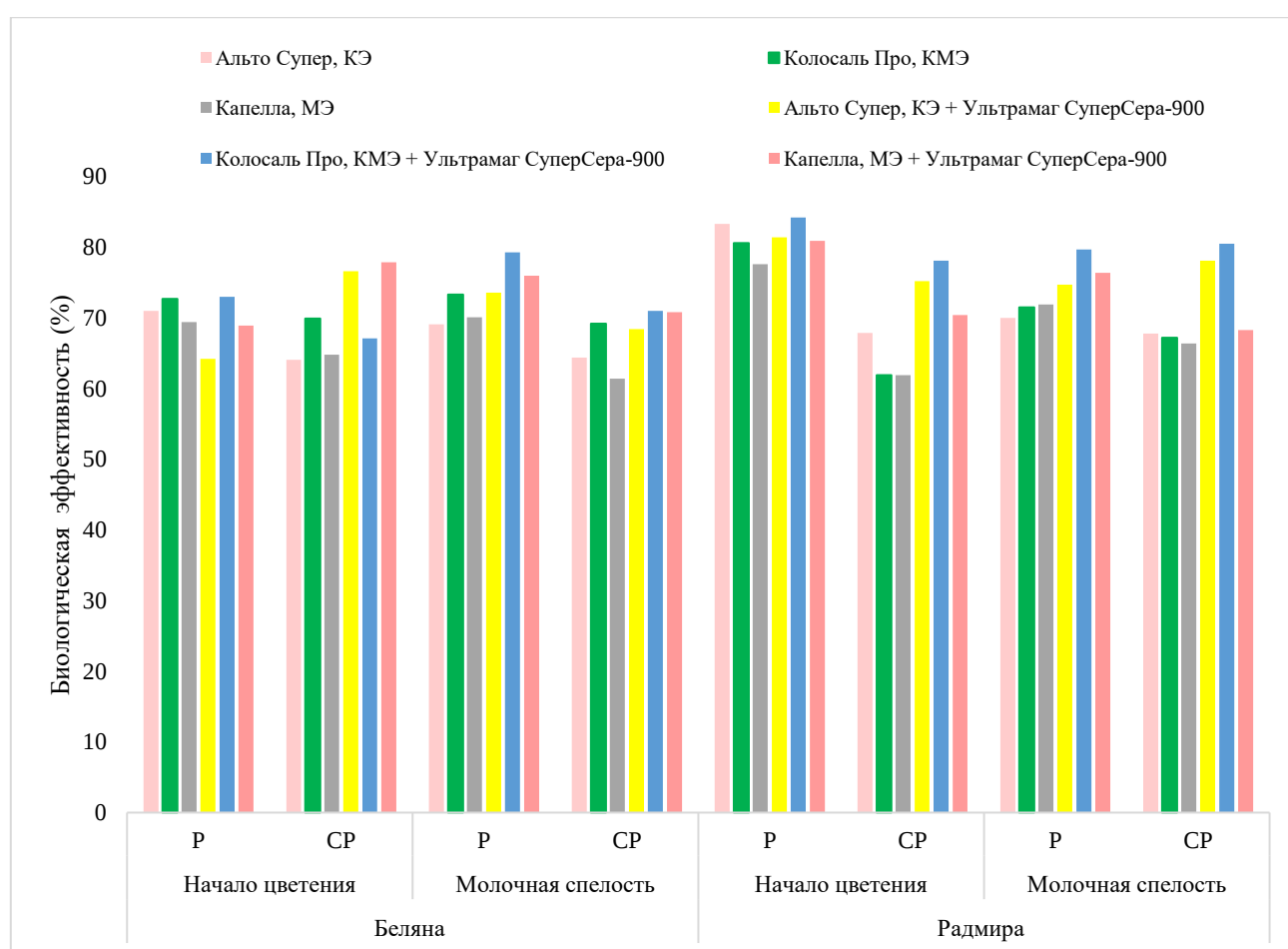


Рисунок 1. Биологическая эффективность в снижении развития септориоза в посевах яровой пшеницы в 2022-2024 гг.

Мучнистая роса является одним из основных заболеваний, поражающих яровую пшеницу в Московской области. Инфекция распространяется конидиями, которые переносятся воздушно-капельным путем, что делает её особенно опасной в условиях высокой влажности. Интенсивность поражения яровой мягкой пшеницы мучнистой росой варьируется в зависимости от климатических условий и устойчивости сортов. Мучнистая роса была зафиксирована нами

только в 2024 году на посевах пшеницы. В контроле без обработки на сорте Радмира отмечена высокая доля встречаемости мучнистой росы: 19,4% в начале цветения и 20,5% в молочной спелости. У сорта Беяна эти значения существенно ниже — 7,9% и 10,1% соответственно. Степень развития болезни в начале цветения выше у сорта Беяна (17,5%) по сравнению со сортом Радмира (15,6%), но в молочной спелости ситуация меняется: у Радмиры степень развития достигает 18,9%, а у сорта Беяна остается на уровне 17,5% (Таблица 3). Таким образом, сорт Радмира более подвержен мучнистой росе.

Таблица 3 – Распространённость и степень развития мучнистой росы на посевах яровой пшеницы в 2024 г.

	Норма расхода	Сорт							
		Беяна				Радмира			
Фаза развития		Начало Цветение		Молочная спелость		Начало Цветение		Молочная спелость	
Вариант/параметры		Р	СР	Р	СР	Р	СР	Р	СР
Контроль без обработки	-	7,9	17,5	10,1	17,5	19,4	15,6	20,5	18,9
Альто Супер, КЭ	0,5л/га	0,0	0,0	2,0	2,0	4,3	5,6	3,9	3,5
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га	0,0	0,0	2,6	2,0	6,8	4,6	6,4	2,8
Капелла, МЭ	1л/га	0,0	0,0	2,8	2,0	7,6	4,6	7,3	3,4
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,5л/га + 3л/га	0,0	0,0	2,0	2,0	7,0	4,5	6,6	1,4
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	0,0	0,0	2,0	2,0	5,6	3,5	5,1	3,5
Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	0,0	0,0	2,0	2,0	7,3	4,4	6,9	2,1
НСР ₀₅ (сорт)		0,4***	0,7***	0,2***	0,6 ^{НЗ}	0,4***	0,7***	0,2***	0,6 ^{НЗ}
НСР ₀₅ (препарат)		0,6***	0,9***	0,3***	0,8***	0,6***	0,9***	0,3***	0,8***
Коэффициент вариации, CV% (сорт)		7,9	12,9	5,6	11,3	7,9	12,9	5,6	11,3
Коэффициент вариации, CV% (препарат)		12,2	20,0	10,4	16,9	12,2	20,0	10,4	16,9

Р= Распространённость, СР= Степень развития, НЗ=Незначимо при $p \geq 0,05$, ***=Значимо при $p \leq 0,001$

Сравнительный анализ показывает, что все протестированные препараты значительно снижали как долю встречаемости, так и степень развития мучнистой росы по сравнению с контролем без обработки. Альто Супер, КЭ оказался наиболее эффективным фунгицидом в снижении заболевания как на стадии начала цветения, так и на стадии молочной спелости для обоих сортов. Его биологическая эффективность составила 100% снижение доли и степени развития мучнистой росы у сорта Беяна, 78,1% и 63,9% у сорта Радмира в начале цветения, а в молочной спелости — 85,8% и 77,8% у сорта Беяна, 81,1% и 81,5% у сорта Радмира, соответственно (рисунок 2).

Применение баковой смеси фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900 показали схожие результаты по сравнению с их отдельным применением, без значительной процентной прибавки в снижении мучнистой росы на обоих сортах.

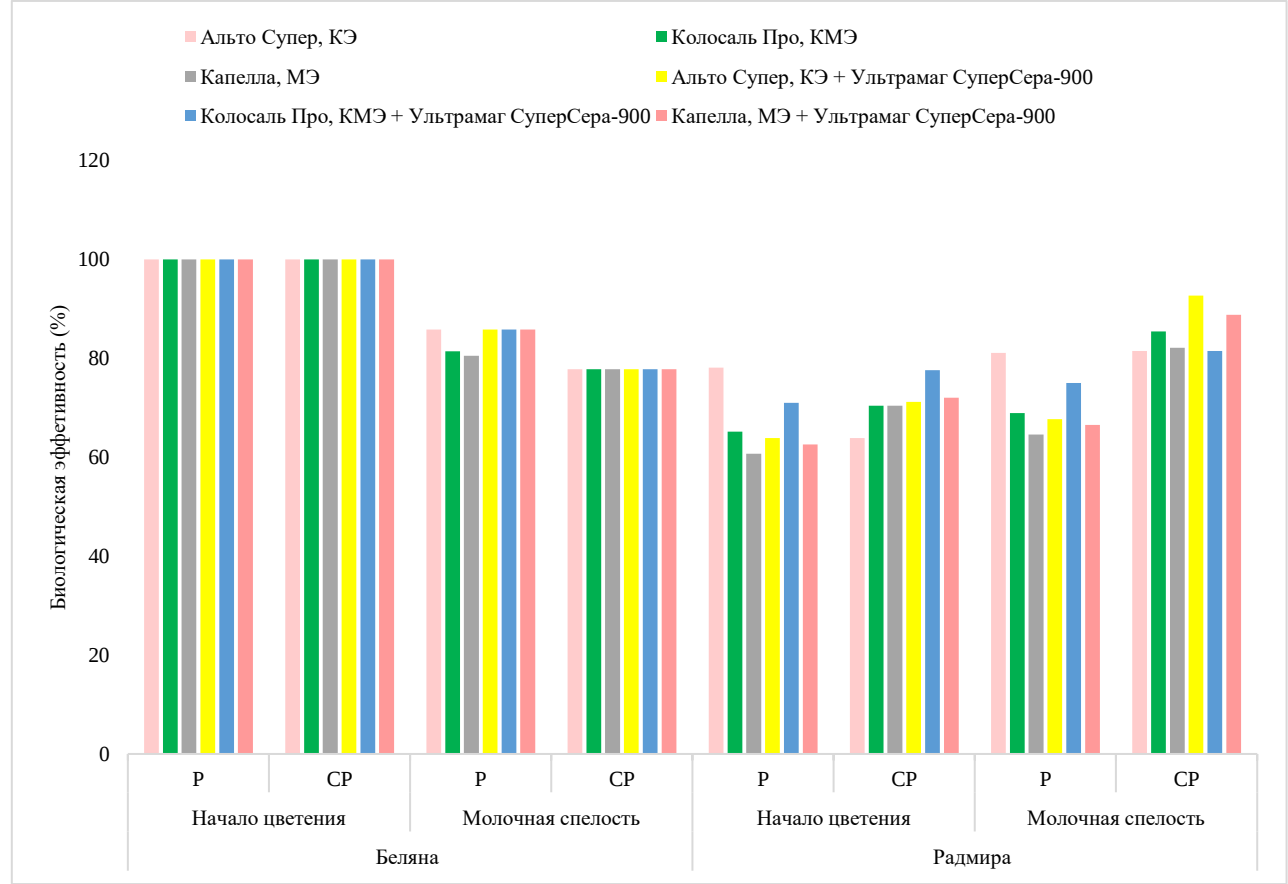


Рисунок 2. Биологическая эффективность в снижении развития мучнистой росы в посевах яровой пшеницы в 2024 г.

Кроме септориоза и мучнистой росы, была отмечена стеблевая ржавчина в посевах яровой пшеницы в 2024 г., которая в этом году оказалась наиболее распространенной болезнью у обоих сортов. Сорта БеLYана и Радмира проявляют разную степень восприимчивости к стеблевой ржавчине на разных стадиях развития. В начале цветения у сорта БеLYана распространенность заболевания была несколько ниже (15,9%) по сравнению с сортом Радмира (16,5%), а степень развития составила 13,8% против 16,3% у сорта Радмира в контроле без обработки. В фазе молочной спелости у сорта БеLYана распространенность (28,8%) и степень развития стеблевой ржавчины (34,5%) были выше, чем у сорта Радмира, у которой эти показатели составили соответственно 31,6% и 32,5% в контроле без обработки (таблица 4). Это говорит о том, что сорт БеLYана может быть более восприимчива к стеблевой ржавчине по мере созревания.

Таблица 4 – Распространённость и степень развития стеблевой ржавчины на посевах яровой пшеницы в 2024 г.

		Сорт	
		БеLYана	Радмира
	Норма расхода		

Фаза развития		Начало цветения		Молочная спелость		Начало цветения		Молочная спелость	
Вариант/параметры		P	CP	P	CP	P	CP	P	CP
Контроль без обработки	-	15,9	13,8	28,8	34,5	16,5	16,3	31,6	32,5
Альто Супер, КЭ	0,5л/га	7,9	4,4	10,6	15,0	8,5	11,5	10,0	13,5
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га	7,3	4,8	12,5	14,0	7,8	11,6	8,4	14,6
Капелла, МЭ	1л/га	10,1	4,4	14,5	16,4	11,1	12,0	11,6	15,0
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,5л/га + 3л/га	5,8	2,2	8,5	11,5	6,6	8,5	6,1	10,4
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	4,8	5,1	5,0	11,5	5,0	9,5	7,2	10,5
Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	7,1	2,7	9,9	12,5	7,3	8,0	10,6	8,4
НСР ₀₅ (сорт)		0,3***	0,5***	0,6**	0,5***	0,3***	0,5***	0,6**	0,5***
НСР ₀₅ (препарат)		0,9***	0,8***	0,9***	1,1***	0,9***	0,8***	0,9***	1,1***
Коэффициент вариации, CV% (сорт)		2,6	5,3	3,9	2,6	2,6	5,3	3,9	2,6
Коэффициент вариации, CV% (препарат)		10,6	10,2	7,4	6,7	10,6	10,2	7,4	6,7

P= Распространённость, CP= Степень развития, **=Значимо при $p \leq 0,001$, ***=Значимо при $p \leq 0,001$

Применение фунгицидов значительно снизило развитие болезни ($p \leq 0,001$). При отдельном применении Колосаль Про, КМЭ является наиболее эффективным фунгицидом как для сорта Беяна, так и для сорта Радмира с биологической эффективностью от 28,7 до 73,3%. Комбинации с Ультрамаг СуперСера-900 повысили эффективность: Альто Супер + Ультрамаг СуперСера-900 дал прибавку 7,4–18,5%, Колосаль Про + Ультрамаг СуперСера-900 — 2,7–16,7%, Капелла + Ультрамаг СуперСера-900 — 10,0–20,0% (рисунок 3).

Сорт Беяна показал более высокую реакцию на обработку, особенно в фазе молочной спелости, что подчеркивает важность выбора препаратов с учетом сортовых особенностей.

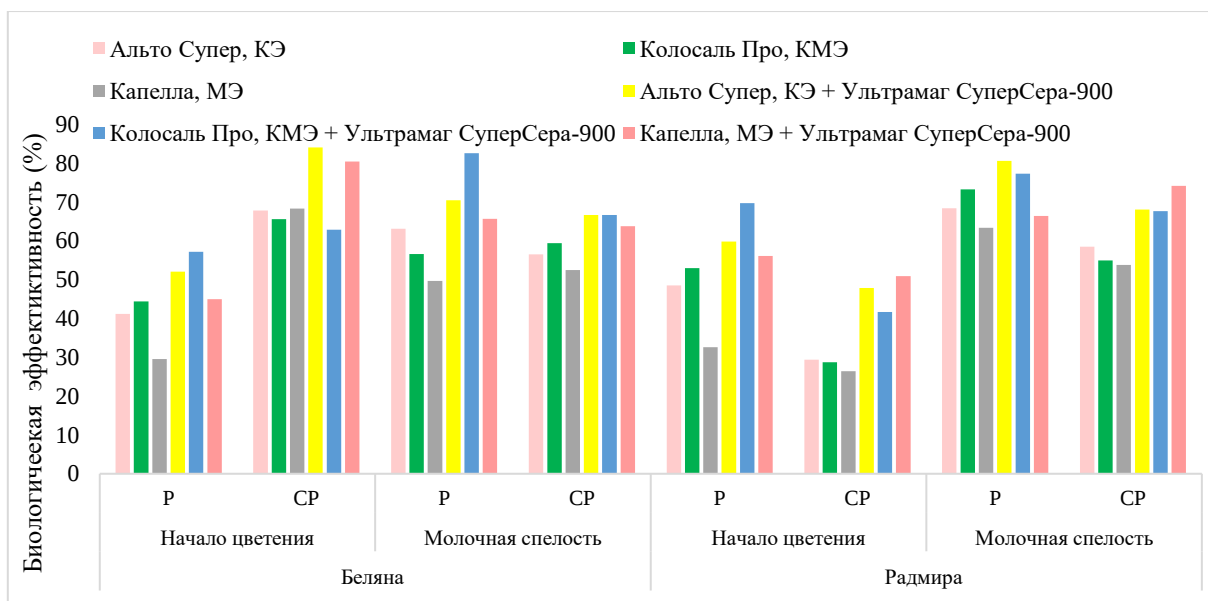


Рисунок 3. Биологическая эффективность в снижении развития стеблевой ржавчины в посевах яровой пшеницы в 2024 г.

За период 2022-2024 наблюдали совместное развития болезни фузариоз-альтернариоз колоса в посевах яровой пшеницы. Средние показатели распространенности и степени развития составили 16,0% и 28,9% у сорта БеLYана и 15,2% и 22,8% у Радмиры, что указывает на умеренную устойчивость обоих сортов. Применение фунгицидов снизило показатели в 2–4 раза. Баксовые смеси фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900 показали наибольшую эффективность (66,9–83,8%), превосходя раздельное применение на 8–22,7% (таблица 5).

Таблица 5 – Средняя биологическая эффективность препаратов для защиты яровой пшеницы от совместного развития фузариоза и альтернариоза в 2022-2024 гг.

Сорт	Норма расхода	БеLYана				Радмира			
Вариант/параметры		Р	БЭ	СР	БЭ	Р	БЭ	СР	БЭ
Контроль без обработки	-	16,0	-	28,9	-	15,2	-	22,8	-
Альто Супер, КЭ	0,5л/га	4,4	72,7	9,2	68,3	4,7	69,3	8,3	63,5
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га	5,2	67,7	14,0	51,7	4,5	70,2	8,6	62,3
Капелла, МЭ	1л/га	4,3	72,9	8,6	70,4	4,2	72,4	7,4	67,5
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,5л/га + 3л/га	3,9	75,6	10,9	62,3	4,0	73,7	7,8	65,9
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	2,9	81,7	9,6	66,9	3,5	77,2	7,5	67,3
Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	2,6	83,8	5,8	80,0	3,2	78,7	7,1	68,7
НСР ₀₅ (сорт)		0,3 ^{НЗ}		1,1 ^{**}		0,3 ^{НЗ}		1,1 ^{**}	
НСР ₀₅ (препарат)		0,4 ^{***}		0,8 ^{***}		0,4 ^{***}		0,8 ^{***}	
НСР ₀₅ (год)		0,3 ^{***}		0,6 ^{***}		0,3 ^{***}		0,6 ^{***}	
Коэффициент вариации, CV% (сорт)		4,8		8,5		4,8		8,5	
Коэффициент вариации, CV% (препарат)		5,8		7,5		5,8		7,5	

БЭ= биологическая эффективность, Р= Распространённость, СР= Степень развития, НЗ=Незначимо при $p \geq 0,05$, **=Значимо при $p \leq 0,001$, ***=Значимо при $p \leq 0,001$

Защитные меры положительно влияли не только на снижение заболеваемости, но и на биометрические показатели растений, урожайность и качественные характеристики зерна (содержание белка, клейковины). В 2022–2024 годах в контроле без обработки сорт Радмира показал более высокие показатели: продуктивная кустистость — 462 шт./м², количество зерен — 32 шт./колос, масса 1000 зерен — 33,9 г и урожайность — 4,20 т/га. У сорта Беяна эти показатели составили: продуктивная кустистость — 395 шт./м², количество зерен — 28 шт./колос, масса 1000 зерен — 37,1 г и урожайность — 3,67 т/га.

Таблица 6— Влияние препаратов на формирование элементов продуктивности и урожайность яровой пшеницы 2022-2024 гг.

Сорт		Беяна				Радмира			
Год	Норма расхода	Масса 1000 зерен, г.	урожайность яровой пшеницы (т/га)	Белок (N 5,7), % с.в	Клейковина, % с.в.	Масса 1000 зерен, г.	урожайность яровой пшеницы (т/га)	Белок (N 5,7), % с.в	Клейковина, % с.в
Контроль без обработки	-	37,1	3,67	11,9	23,2	33,9	4,20	12,1	21,1
Альто Супер, КЭ	0,5л/га	38,6	4,26	12,6	23,8	35,2	4,79	12,3	22,2
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га	38,5	4,3	13,0	24,4	35,7	4,73	13,5	22,7
Капелла, МЭ	1л/га	39,4	4,39	12,1	22,1	37,0	4,79	12,2	22,4
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,5л/га + 3л/га	40,6	4,27	12,7	24,9	35,4	4,94	12,9	22,8
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га + 3л/га	39,4	4,55	13,4	25,1	37,0	5,10	13,2	23,0
Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га + 3л/га	41,0	4,37	12,0	22,3	38,0	5,03	13,0	22,9
НСР ₀₅ (сорт)		0,2***	0,1**	0,2**	0,2**	0,2***	0,1**	0,2***	0,2**
НСР ₀₅ (препарат)		0,1***	0,1***	0,2***	0,6***	0,1***	0,1***	0,2***	0,6***
НСР ₀₅ (год)		0,1***	0,1***	0,2***	0,9***	0,1***	0,1***	1,1	0,9***
Коэффициент вариации, CV% (сорт)		0,1	0,9	1,1	3,1	0,1	0,9	2,1	3,1
Коэффициент вариации, CV% (препарат)		0,1	0,5	2,1	6,4	0,1	0,5		6,4

=Значимо при $p \leq 0,001$, *=Значимо при $p \leq 0,001$

Применение препаратов, таких как Альто Супер, КЭ, Колосаль Про, КМЭ и Капелла, МЭ, а также их комбинаций с Ультрамаг СуперСера-900, значительно ($p \leq 0,001$) повысило элементы продуктивности и урожайность яровой пшеницы. Комбинации с Ультрамаг СуперСера-900, особенно Колосаль Про, КМЭ, обеспечили наибольшую прибавку урожайности: у сорта Беяна урожайность достигла 4,55 т/га, а у Радмиры — 5,10 т/га. Качество зерна также улучшилось: содержание белка увеличилось до 13,4% у Беяны и 13,2% у Радмиры, а

клейковины — до 25,1% и 23,0% соответственно. Масса 1000 зерен возросла до 39,4 г у Беяны и 37,0 г у Радмиры (таблица 6).

В четвертой главе представлены результаты исследований по фенологическим фазам сортов, заболеваемости, биометрическим показателям и урожайности ярового ячменя в зависимости от защитных мероприятий с 2022 по 2024 годы.

Сорт Надежный отличается более ранним выходом в трубку по сравнению с сортом Нур (на 5 дней в 2022 году и на 1-2 дня в 2023–2024 годах).

Среди болезней ярового ячменя выявлены фузариоз колоса, комплекс пятнистостей (сетчатая и темно-бурая пятнистости) и карликовая ржавчина. Карликовая ржавчина имела низкую распространённость (до 2%) и наблюдалась только в 2024 году, тогда как фузариоз и комплекс пятнистостей отмечались ежегодно. Комплекс пятнистостей ячменя в 2022–2024 гг. проявлял высокую распространённость и степень развития, особенно при повышенной влажности и умеренных температурах. В контроле без обработки в начале цветения распространённость составила 5,8% и 10,3%, а степень развития — 13,8% и 11,7% у сортов Надежный и Нур соответственно. К молочной спелости эти показатели увеличились до 13,9% и 18,0% (распространённость) и 19,9% и 23,4% (степень развития) для Надежного и Нур (таблица 7).

Таблица 7 –Средняя распространённость и степень развития комплекса пятнистостей ячменя в 2022-2024 гг.

		Сорт							
		Надежный				Нур			
Фаза развития		Начало цветения		Молочная спелость		Начало цветения		Молочная спелость	
Вариант/параметры	Норма расхода	Р	СР	Р	СР	Р	СР	Р	СР
Контроль без обработки	-	5,8	13,8	13,9	19,9	10,3	11,7	18,0	23,4
Альто Супер, КЭ	0,5л/га	1,5	5,2	3,2	4,8	2,0	3,0	3,4	5,7
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га	1,4	5,8	4,1	6,1	2,3	3,7	4,3	6,0
Капелла, МЭ	1л/га	1,0	5,7	3,0	5,8	2,1	3,8	3,8	7,0
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,5л/га + 3л/га	1,5	5,2	3,1	5,0	2,0	2,7	3,4	5,2
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	1,0	4,4	2,2	4,5	1,7	2,3	3,0	3,8
Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	1,3	4,3	2,9	4,3	2,5	2,3	3,2	3,5
НСР ₀₅ (сорт)		0,1***	0,04***	0,2***	0,2***	0,1***	0,04***	0,2***	0,2***
НСР ₀₅ (препарат)		0,2***	0,2***	0,4***	0,2***	0,2***	0,2***	0,4***	0,2***
НСР ₀₅ (год)		0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Коэффициент вариации, CV% (сорт)		4,7	0,7	3,6	2,3	4,7	0,7	3,6	2,3
Коэффициент вариации, CV% (препарат)		8,4	3,1	7,4	3,3	8,4	3,1	7,4	3,3

Р= Распространённость, СР= Степень развития, ***=Значимо при $p \leq 0,001$

Применение фунгицидов отдельно или в сочетании с некорневым серосодержащим удобрением в период выхода в трубку значительно снижало

долю распространения патогенных грибов в посевах ярового ячменя в начале цветения. Препарат Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 демонстрирует более высокую эффективность (от 68,4 до 84,2%) по сравнению с Колосаль Про, КМЭ (от 58,0 до 81,3 %) как по распространенности, так и по степени развития комплекса пятнистостей на обоих сортах (Нур и Надежный) в начале цветения и на молочной спелости. Это свидетельствует о том, что комбинированное применение фунгицида с серосодержащим удобрением значительно улучшает защитные свойства и способствует снижению проявлений болезни. Препарат Капелла, МЭ демонстрирует высокую эффективность по снижению доли комплекса пятнистостей на начальном этапе цветения и в молочной спелости для сорта Надежный, а также для сорта Нур. Однако, в сравнении с препаратом Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900, эффективность по степени развития комплекса пятнистостей в начале цветения и на молочной спелости на сорте Нур была значительно выше у комбинированного препарата. Биологическая эффективность Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 по снижению степени развития комплекса пятнистостей составила 68,6% против 58,7% в начале цветения и 78,2% против 70,9% в фазе молочная спелость у сорта Надежный. У Альто Супер, КЭ наблюдали более высокую эффективность в снижении как распространенности, так и степени развития комплекса пятнистости по сравнению с Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 на обоих сортах (рисунок 4).

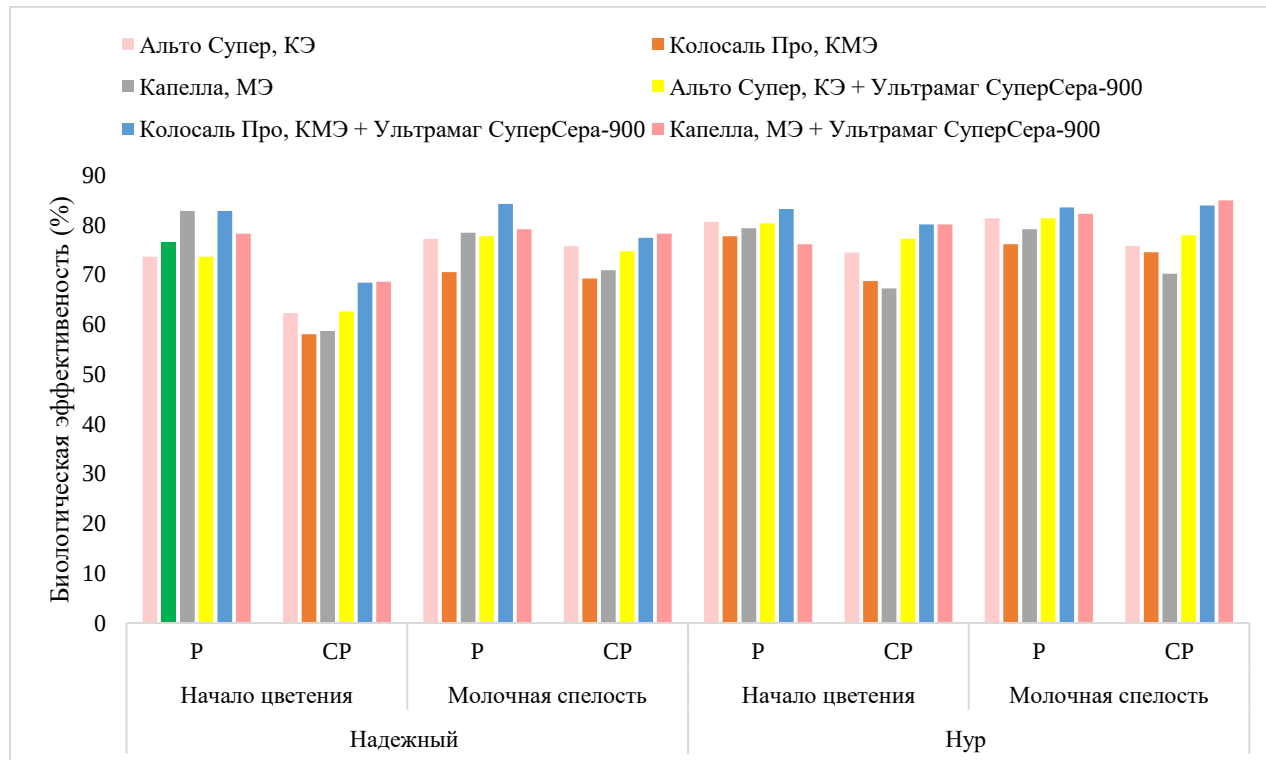


Рисунок 4. Средняя биологическая эффективность препаратов для защиты ярового ячменя от комплекса пятнистостей в 2022-2024 гг.

Результаты применения различных препаратов для контроля фузариоза колоса ярового ячменя представлены в таблице 8. В контроле без обработки уровень распространения и степень развития заболевания составили 11,1% и 15,0% на сорте Надежный и 11,3% и 13,2% на сорте Нур соответственно. Средние значения за три года показали, что различия между этими двумя сортами были незначительными.

В вариантах с обработками эти показатели варьировали от 1,8% до 6,3%, что соответствовало биологической эффективности препаратов в диапазоне 53,3–84,1%. Сравнение показателей эффективности фунгицидов показывает, что препарат Капелла, МЭ продемонстрировал наивысшую биологическую эффективность как для сорта Надежный (79,0% для распространённости и 60,0% для степени поражения), так и для сорта Нур (79,4% для распространённости и 72,2% для степени поражения) по сравнению с применением Колосаль Про, КМЭ и Альто Супер, КЭ. Средние значения также показывают, что добавление Ультрамаг СуперСера-900 повысило биологическую эффективность фунгицидов, что важно для достижения лучших результатов в агрономической практике. Средняя биологическая эффективность применения Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 составила 83,2% и 64,4% для сорта Надежный и 82,6% и 70,7% для сорта Нур в отношении развития и степени развития соответственно. Это соответствует увеличению эффективности от 4,9% до 17,5% по сравнению с отдельным применением Колосаль Про, КМЭ. При других комбинированных обработках этот рост оказался незначительным (таблица 8).

Таблица 8– Средняя биологическая эффективность препаратов для защиты ярового ячменя от фузариоза колоса в 2022-2024 гг. (%)

Сорт	Норма расхода	Надежный				Нур			
Вариант/параметры		Р	БЭ	СР	БЭ	Р	БЭ	СР	БЭ
Контроль без обработки	-	11,1		15,0		11,3		13,2	
Альто Супер, КЭ	0,5л/га	2,7	76,0	6,3	57,8	3,3	70,8	4,3	67,2
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га	3,2	71,5	7,0	53,3	3,6	68,1	4,3	67,2
Капелла, МЭ	1л/га	2,3	79,0	6,0	60,0	2,3	79,4	3,7	72,2
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,5л/га + 3л/га	2,4	78,7	5,2	65,3	2,8	75,5	4,0	69,7
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	1,9	83,2	5,3	64,4	2,0	82,6	3,9	70,7
Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га+ 3л/га	1,9	82,6	4,7	68,9	1,8	84,1	3,7	72,2
НСР ₀₅ (сорт)		0,2**		0,1***		0,2		0,1	
НСР ₀₅ (препарат)		0,2***		0,2***		0,2**		0,1***	
НСР ₀₅ (год)		0,1***		0,1***		0,2***		0,2***	
Коэффициент вариации, CV% (сорт)		3,6		1,5		3,6		1,5	
Коэффициент вариации, CV% (препарат)		4,3		3,7		4,3		3,7	

БЭ= биологическая эффективность, Р= Распространённость, СР= Степень развития, **=Значимо при $p \leq 0,001$, ***=Значимо при $p \leq 0,001$

Защитные меры положительно влияли не только на снижение заболеваемости, но и на биометрические показатели растений, урожайность и качественные характеристики зерна (содержание белка и экстрактивности). Влияние препаратов на формирование элементов продуктивности и урожайность ярового ячменя в 2022–2024 гг. показало значительные различия между сортами Надежный и Нур. В контроле без обработки сорт Надежный имел продуктивную кустистость 733 шт./м², количество зёрен 18 шт./колос, массу 1000 зерен 45,4 г и урожайность 5,91 т/га, тогда как у Нур эти показатели составили 632 шт./м², 20 шт./колос, 47,1 г и 4,49 т/га соответственно. Применение препаратов (Альто Супер, КЭ; Колосаль Про, КМЭ; Капелла, МЭ) и их комбинаций с Ультрамаг СуперСера-900 значительно ($p \leq 0,001$) повысило эти показатели. Баковая смесь Капелла, МЭ и Ультрамаг СуперСера-900 обеспечила максимальную прибавку урожайности пшеницы сортов Надежный (6,71 т/га при продуктивной кустистости 886 шт./м², 19 зёрен/колос и массе 1000 зерен 48,8 г) и Нур (5,31 т/га при 726 шт./м², 22 зёрна/колос и массе 1000 зерен 49,9 г), а также повысило качество зерна за счёт увеличения содержания белка до 9,9% (Надежный) и 11,2% (Нур) с экстрактивностью 80,4% и 77,4% соответственно (таблица 9).

Таблица 9– Влияние препаратов на формирование элементов продуктивности и урожайность ярового ячменя 2022-2024гг.

Сорт	Год	Норма расхода	Надежный				Нур			
			Масса 1000 зерен, г.	Урожайность (т/га)	Белок (N 5,7), % с.в	Экстрактивность, %	Масса 1000 зерен, г.	Урожайность яровой пшеницы (т/га)	Белок (N 5,7), % с.в	Экстрактивность, %
Контроль без обработки	-	-	45,4	5,91	9,2	79	47,1	4,49	10,8	77,0
Альто Супер, КЭ	0,5л/га	0,5л/га	47,3	6,25	9,5	79,7	48,9	4,82	11,0	77,4
Колосаль Про, КМЭ	0,4л/га	0,4л/га	48,9	6,46	9,3	79,8	48,7	5,14	10,8	77,3
Капелла, МЭ	1л/га	1л/га	46,8	6,37	9,7	79,8	49,3	4,89	11	77,6
Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,5л/га + 3л/га	0,5л/га + 3л/га	47,2	6,38	9,9	80,3	49,3	5,14	11,2	77,4
Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га + 3л/га	0,4л/га + 3л/га	50,8	6,49	9,7	80,3	49,3	5,19	10,9	77,4
Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900	0,4л/га + 3л/га	0,4л/га + 3л/га	48,8	6,71	9,9	80,4	49,9	5,31	11,2	
НСР ₀₅ (сорт)			0,1***	0,5**	0,2***	0,2***	0,1***	0,5**	0,2***	0,2***
НСР ₀₅ (препарат)			0,2***	0,1***	0,2***	0,2***	0,2***	0,1***	0,2***	0,2***
НСР ₀₅ (год)			0,1***	0,1***	0,1***	0,2***	0,1***	0,1***	0,1***	0,2***
Коэффициент вариации, CV% (сорт)			0,0	1,6	4,1	3,3	0,0	1,6	4,1	3,3
Коэффициент вариации, CV% (препарат)			0,0	2,4	6,3	6,1	0,0	2,4	6,3	6,1

=Значимо при $p \leq 0,001$, *=Значимо при $p \leq 0,001$

В пятой главе исследовано влияние триазольных фунгицидов (пропиконазола и тебуконазола) на рост 49 штаммов патогенных грибов на питательной среде (КГА), выделенных из колоса и листьев яровой пшеницы и ячменя. Исследование показало, что большинство штаммов сохранили высокую чувствительность к препаратам ($EC_{50} \leq 1$ мг/л): 75% штаммов из пшеницы и 66,7% из ячменя к тебуконазолу, а также 62% штаммов пшеницы к

пропиконазолу. Однако выявлены устойчивые формы: *F. sporotrichioides* (EC50 = 6 мг/л), *B. sorokiniana* (EC50 = 6,33 мг/л) и отдельные штаммы *Alternaria sp.* (EC50 до 11,5 мг/л) (таблица 10).

Анализ динамики видового состава выявил значительные изменения в популяциях патогенов. В 2022 и 2024 годах виды грибов рода *Fusarium* доминировали, составляя 64% (18 штаммов) и 82% (9 штаммов) от общего числа выделенных штаммов соответственно, тогда как доля *Alternaria* составила 36% (9 штаммов) и 18% (2 штамма). Однако в 2023 году доля *Alternaria* увеличилась до 56% (22 штамма), а доля *Fusarium* снизилась до 44% (17 штаммов), что связано с повышенной влажностью в начале августа, благоприятной для развития *Alternaria*. Таким образом, несмотря на временные колебания, грибы рода *Fusarium* остаются основными патогенами на яровой пшенице. В посевах ячменя отмечено увеличение числа видов *Fusarium*, при этом *Alternaria* полностью отсутствовала (таблица 10).

Таблица 10– Влияние действующих веществ из класса триазола на рост штаммов патогенных грибов в 2022-2024 гг.

Род	Вид	Число штаммов/год			ЕС50, мг/л		Культура
		2022	2023	2024	Пропиконазол	Тебуконазол	
Fusarium	<i>F.equiseti</i>	8	2	0	1,00–7,81	0,50–2,75	Яровая пшеница
	<i>F. poae</i>	0	0	5		0,50–1,08	
	<i>F. sporotrichioides</i>	1	6	0	0,53–0,91	0,50–6,00	
	<i>F. avenaceum</i>	0	0	1	-	0,60	
	<i>F. verticillioides</i>	1	0	0	1,18	-	
	<i>F. oxysporum</i>	2	0	0	0,50–2,17	-	
	<i>Fusarium sp.</i>	6	9	3	0,50–6,68	0,57-1,08	
Alternaria	<i>A. alternata</i>	4	15	2	0,62–1,1	1.50–3,5	Яровой ячмень
	<i>Alternaria sp.</i>	5	7	0	1,33–11,50	0,61–0,94	
Fusarium	<i>F. equiseti</i>	7	3	5	1,00–6,00	0,50–2,75	
	<i>F. poae,</i>	0	0	2	-	0,50–1,08	
	<i>Fusarium sp.</i>	0	2	3		0,50	
Alternaria	<i>A. alternata</i>	0	0	0	-	-	
	<i>Alternaria sp.</i>	0	0	0	-	-	
Bipolaris	<i>B. sorokiniana</i>	2	2	2	-	2,50–6,33	
Итого число штаммов		105			49		
Примечание: - = не протестированы							

В главе шестой приведено экономическое обоснование применения препаратов для защиты яровых зерновых культур от патогенных грибов.

На основе анализа эффективности защитных мероприятий для яровой пшеницы в условиях за 2022–2024 годы установлено, что применение фунгицидов и их комбинаций с серосодержащими удобрениями существенно повышает урожайность по сравнению с контрольными вариантами без обработки.

Для яровой пшеницы максимальная урожайность составила 5,10 т/га (сорт Радмира) и 4,55 т/га (сорт Беляна). Однако экономическая эффективность различных схем защиты существенно различалась. Наибольшая рентабельность достигалась при использовании фунгицида Колосаль Про, КМЭ в чистом виде: показатели составили 98,36% для сорта Радмира и 80,72% для сорта Беляна.

Таблица 11 – Средняя экономическая эффективность применения препаратов в посевах яровой пшеницы за 2022-2024 гг.

Вариант	Контроль без обработки	Альто Супер, КЭ	Колосаль Про, КМЭ	Капелла, МЭ	Альто Супер, КЭ + Ультрамаг Супер Сера-900	Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900	Капелла, МЭ + Ультрамаг Супер Сера-900
Сорт Радмира							
Норма применения фунгицида л/га		0,5 л/га	0,4 л/га	1 л/га	0,5 л/га + 3 л/га	0,4 л/га + 3 л/га	1 л/га + 3 л/га
Урожайность с 1 га, т,	4,20	4,79	4,73	4,79	4,94	5,10	5,03
Цена реализации 1 т, руб.	11 000,00	11 000,00	11 000,00	11 000,00	11 000,00	11 000,00	11 000,00
Денежная выручка с 1 га, руб.	46 200,00	52 690,00	52 030,00	52 690,00	54 340,00	56 100,00	55 330,00
Производственные затраты на 1 га, руб.	25 181,50	27 025,62	26 247,25	28 722,50	28 830,04	29 131,13	30 529,75
Себестоимость 1 т продукции, руб.	5 995,60	5 642,10	5 551,22	5 996,35	5 835,23	5 711,99	6 069,53
Прибыль на 1 га, руб.	21 018,50	25 664,38	25 782,75	23 967,50	25 509,96	26 968,87	24 800,25
Рентабельность продукции, %	82,95	94,89	98,36	89,35	93,87	99,32	90,37
Сорт Беляна							
Норма применения фунгицида л/га		0,5 л/га	0,4 л/га	1 л/га	0,5 л/га + 3 л/га	0,4 л/га + 3 л/га	1 л/га + 3 л/га
Урожайность с 1 га, т,	3,67	4,26	4,30	4,39	4,27	4,55	4,37
Цена реализации 1 т, руб.	11 000,00	11 000,00	11 000,00	11 000,00	11 000,00	11 000,00	11 000,00
Денежная выручка с 1 га, руб.	40 370,00	46 860,00	47 300,00	48 290,00	46 970,00	50 050,00	48 070,00
Производственные затраты на 1 га, руб.	25 181,50	27 025,62	26 247,25	28 722,50	28 830,04	29 131,13	30 529,75
Себестоимость 1 т продукции, руб.	6 861,44	6 343,01	6 102,38	6 542,71	6 751,76	6 402,45	7 006,12
Прибыль на 1 га, руб.	15 188,50	19 834,38	21 052,75	19 567,50	18 139,96	20 918,87	17 540,25
Рентабельность продукции, %	60,21	74,17	80,72	74,22	67,63	79,46	66,61

Комбинации фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900, хотя и обеспечивали максимальную урожайность, демонстрировали несколько меньшие показатели рентабельности : 99,32% для Радмиры и 79,46% для Беляны. Особенно важным фактором оказался выбор сорта (таблица 11). Сорт Радмира показал лучшие экономические результаты по всем ключевым показателям, включая урожайность, себестоимость и рентабельность, по сравнению с сортом Беляна.

На основе анализа эффективности защитных мероприятий для ярового ячменя в условиях за 2022–2024 годы установлено, что применение фунгицидов

и их комбинаций с серосодержащими удобрениями существенно повышает урожайность по сравнению с контрольными вариантами без обработки. Сорт Надежный на контрольном варианте без обработки превосходил сорт Нур по всем параметрам: урожайности, себестоимости, прибыли и рентабельности. Для ярового ячменя максимальная урожайность составила 6,71 т/га (сорт Надежный) и 5,31 т/га (сорт Нур).

Таблица 12 – Средняя экономическая эффективность применения препаратов в посевах ярового ячменя за 2022-2024 гг.

Вариант	Контроль без обработки	Альто Супер, КЭ	Колосаль Про, КМЭ	Капелла, МЭ	Альто Супер, КЭ + Ультрамаг Супер Сера-900	Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900	Капелла, МЭ + Ультрамаг Супер Сера-900
Сорт Нур							
Норма применения фунгицида л/га		0,5 л/га	0,4 л/га	1 л/га	0,5 л/га + 3 л/га	0,4 л/га + 3 л/га	1 л/га + 3 л/га
Урожайность с 1 га, т,	4,49	4,82	5,14	4,89	5,14	5,19	5,31
Цена реализации 1 т, руб.	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00
Денежная выручка с 1 га, руб.	44 900,00	48 200,00	51 400,00	48 900,00	51 400,00	51 900,00	53 100,00
Производственные затраты на 1 га, руб.	25 181,50	27 025,62	26 247,25	28 722,50	28 830,04	29 131,13	30 529,75
Себестоимость 1 т продукции, руб.	5 608,35	5 606,97	5 106,47	5 873,72	5 608,96	5 612,93	5 749,48
Прибыль на 1 га, руб.	19 718,50	21 174,38	25 152,75	20 177,50	22 569,96	22 768,87	22 570,25
Рентабельность продукции, %	78,42	78,27	95,75	69,99	83,42	83,85	74,23
Сорт Надежный							
Норма применения фунгицида л/га		0,5 л/га	0,4 л/га	1 л/га	0,5 л/га + 3 л/га	0,4 л/га + 3 л/га	1 л/га + 3 л/га
Урожайность с 1 га, т,	5,91	6,25	6,46	6,37	6,38	6,49	6,71
Цена реализации 1 т, руб.	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00	10 000,00
Денежная выручка с 1 га, руб.	59 100,00	62 500,00	64 600,00	63 700,00	63 800,00	64 900,00	67 100,00
Производственные затраты на 1 га, руб.	25 181,50	27 025,62	26 247,25	28 722,50	28 830,04	29 131,13	30 529,75
Себестоимость 1 т продукции, руб.	4 260,86	4 324,10	4 062,73	4 509,03	4 518,97	4 488,62	4 549,89
Прибыль на 1 га, руб.	33 918,50	35 474,38	38 352,75	34 977,50	34 969,96	35 768,87	36 570,25
Рентабельность продукции, %	134,98	130,99	145,96	122,12	122,04	124,39	119,34

Однако экономическая эффективность различных схем защиты существенно различалась. Сорт Надежный на контрольном варианте без обработки превосходит сорт Нур по всем параметрам: урожайности, себестоимости, прибыли и рентабельности. Наибольшая рентабельность производства достигалась при использовании фунгицида Колосаль Про в чистом виде: показатели составили 95,75% для сорта Нур и 145,96% для сорта Надежный. Комбинации фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900, хотя и обеспечивали

высокую урожайность, демонстрировали несколько меньшие экономические показатели. Для сорта Надежный комбинации с Ультрамаг СуперСера-900 не обеспечили значительного увеличения рентабельности, а в случае с Альто Супер даже привели к её снижению (с 130,99% до 122,04%) (таблица 12). Общая тенденция показывает, что применение Колосаль Про является более экономически выгодным по сравнению с комбинациями с Ультрамаг СуперСера-900.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённых исследований за 2022–2024 годы получены следующие ключевые результаты:

В агроценозах яровой пшеницы в условиях Московской области зафиксированы септориоз, фузариоз колоса, стеблевая ржавчина и мучнистая роса, при этом септориоз и фузариоз проявлялись ежегодно, а стеблевая ржавчина – только в 2024 году. У ярового ячменя преобладали фузариоз колоса и комплекс пятнистостей листьев, тогда как карликовая ржавчина встречалась с низкой интенсивностью (до 2%).

Сравнение сортов показало, что Радмира (пшеница) и Надежный (ячмень) превосходят Беляну (пшеница) и Нур (ячмень) по урожайности и её элементам (продуктивным стеблям, количеству зёрен в колосе), но при этом сорта Беляна (пшеница) и Нур (ячмень) имеют более высокую устойчивость к заболеваниям, хотя и дают меньший урожай.

Применение фунгицидов достоверно снижало развитие основных заболеваний. Наибольшая эффективность против септориоза пшеницы отмечена у препарата Колосаль Про (снижение на 67,9–69,9%), а его комбинация с серосодержащим удобрением Ультрамаг СуперСера-900 повышала эффективность на 3,6–8,2%. Против фузариоза колоса наиболее результативным оказалось сочетание Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 (эффективность до 83,8%). Обработки посевов препаратами способствовали увеличению урожайности: у пшеницы – до 23,98%, у ячменя – до 23,40%. Масса 1000 зёрен возрастала на 3–4%. Качество зерна улучшилось: у пшеницы содержание белка достигло 14,0%, клейковины – 24,5%; у ячменя экстрактивность повысилась до 80,1%.

В 2022 и 2024 годах доминировали виды грибов рода *Fusarium*, а в 2023 году — виды рода *Alternaria* в посевах яровой пшеницы. На ячмене встречались только представители рода *Fusarium*.

Большинство исследованных штаммов сохранили чувствительность к тебуконазолу ($EC_{50} \leq 1$ мг/л), однако выявлены устойчивые формы *F. sporotrichioides*, *B. sorokiniana* и *Alternaria sp.* (EC_{50} до 11,5 мг/л).

Наибольшая рентабельность защиты достигнута при использовании фунгицидов без серосодержащих добавок: для пшеницы (Колосаль Про – 80,72–98,36%) и для ячменя (Колосаль Про – 95,75–145,96%). Комбинации с Ультрамаг СуперСера-900, несмотря на прибавку урожая, демонстрировали меньшую экономическую эффективность.

Можно заключить, что фунгициды и их комбинации с Ультрамаг СуперСера-900 эффективны для снижения заболеваемости и повышения урожайности. При этом наибольшая экономическая эффективность достигается при использовании Колосаль Про в чистом виде. Выбор сорта играет ключевую роль: Радмира (пшеница) и Надежный (ячмень) показали лучшие результаты по всем параметрам. Необходим постоянный мониторинг чувствительности патогенов для предотвращения развития устойчивости.

Практические рекомендации

Сорт Надежный (яровой ячмень) и Радмира (яровая пшеница) выделяются по совокупности показателей —максимальная урожайность и экономическая эффективность и являются предпочтительными для возделывания в условиях Нечерноземной зоны РФ. По сравнению с ними, Сорт Нур может быть рекомендован для возделывания в случае необходимости получения зерна с высоким содержанием белка, однако он требует более интенсивных мер защиты от болезней, особенно при высоком инфекционном фоне. Сорт Беляна, в свою очередь, характеризуется большей устойчивостью к основным грибным заболеваниям по сравнению с сортом Радмира, но формирует более низкую урожайность, что делает его менее эффективным в условиях интенсивной технологии возделывания.

Все применяемые препараты показали высокую эффективность в защите яровых зерновых культур от грибных заболеваний, однако оптимальной стратегией защиты с точки зрения экономической рентабельности и устойчивости к болезням является использование фунгицида Колосаль Про, КМЭ отдельно.

Применение серосодержащего микроудобрения Ультрамаг СуперСера-900 целесообразно только при высоком инфекционном фоне или в условиях выраженного дефицита серы в почве, поскольку его использование увеличивает биологическую эффективность фунгицидов, но не всегда оправдано экономически.

Для дальнейшего повышения эффективности защиты яровых зерновых культур рекомендуется продолжить исследования по мониторингу устойчивости патогенов к действующим веществам фунгицидов и изучению влияния серосодержащих микроудобрений на рост, развитие и продуктивность сортов в условиях изменяющегося климата.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные работы, опубликованные в научных журналах, индексируемых в БД Scopus

1. Plant growth and development responses to sulfur nutrition and disease attack under climate change: role of sulfur and management strategies for wheat and barley / **S. Diakite**, F. S. Saquee, N. J. Kavhiza [et al.] // Pedosphere. – 2024. – DOI 10.1016/j.pedsph.2024.12.004. – EDN XHNOMC.

2. Effect of thiamethoxam seed treatment on insect pest prevalence and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / T. Astarkhanova, A. V. Bereznov,

F. S. Saquee, **S. Diakite** [et al.] // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. – 2024. – Vol. 56, No. 3. – P. 1072-1082. – DOI 10.54910/sabrao2024.56.3.15. – EDN GSSDYY.

3. Effectiveness of *Rhodococcus erythropolis* strain OPI-01 on the fungal development in winter wheat / A. Behzad, **S. Diakite**, T. S. Astarkhanova [et al.] // Biodiversitas. – 2024. – Vol. 25, No. 3. – DOI 10.13057/biodiv/d250320. – EDN MTGZDE.

4. Optimizing herbicide doses for weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Moscow region of Russia / R. Didace, **S. Diakite**, M. Zargar, A. A. A. Abdiee // Research on Crops. – 2023. – Vol. VOLUME 24, No. ISSUE 3 (SEP). – DOI 10.31830/2348-7542.2023.roc-963. – EDN CIEKXX.

5. New Advances in Nano-Enabled Weed Management Using Poly(Epsilon-Caprolactone)-Based Nanoherbicides: A Review / M. Zargar, M. Bayat, F. S. Saquee, **S. Diakite** [et al.] // Agriculture. – 2023. – Vol. 13, No. 10. – P. 2031. – DOI 10.3390/agriculture13102031. – EDN HJHGQW.

6. The Efficacy of Micronutrient Fertilizers on the Yield Formulation and Quality of Wheat Grains / F. S. Saquee, **S. Diakite**, N. J. Kavhiza [et al.] // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, No. 2. – P. 566. – DOI 10.3390/agronomy13020566. – EDN YOGWVZ.

7. Impacts of climate change, forms, and excess of nitrogen fertilizers on the development of wheat fungal diseases / **S. Diakite**, E. N. Pakina, A. Behzad [et al.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2023. – Vol. 15, No. 2. – P. 303-336. – DOI 10.12731/2658-6649-2023-15-2-303-336. – EDN CFVBDJ.

8. Yield losses of cereal crops by *Fusarium* Link: A review on the perspective of biological control practices/ **S. Diakite**, E. N. Pakina, M. Zargar [et al.] // Research on Crops. – 2022. – Vol. 23, No. 2. – DOI 10.31830/2348-7542.2022.057. – EDN EGSACT.

Научная публикация, входящая в базу данных Cas

1. Влияние агротехнологий разного уровня интенсивности на продуктивность сортов яровой пшеницы и экономическую эффективность в условиях Центральной Нечерноземной зоны / С. И. Воронов, Е. В. Калабашкина, В. Н. Музраев, **С. Диаките** // Аграрная Россия. – 2025. – № 3. – С. 3-7. – DOI 10.30906/1999-5636-2025-3-3-7. – EDN WOVVJO.

Публикации в международных, Всероссийских, региональных научнопрактических конференциях, журналах и сборниках трудов

1. *Fusarium* head blight, growth, yield, and quality traits of spring wheat as influenced by variety and cultivation technologies / F. S. Saquee, **S. Diakite**, E. N. Pakina [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. – 2025. – No. 1(53). – DOI 10.60797/JAE.2025.53.3. – EDN HEJUSC.

2. Производство пшеницы в Мали: проблема и комплексные решения / **С. Диаките**, С. С. Гиндо, Е. Н. Пакина [и др.] // *Journal of Agriculture and Environment*. – 2024. – № 2(42). – DOI 10.23649/JAE.2024.42.12. – EDN AURGCV.

3. Развитие фузариоза на пшенице яровой в технологиях возделывания разного уровня интенсификации / С. С. Франсес, Е. Н. Пакина, **С. Диаките** [и др.] // *Инновационные технологии в селекции, семеноводстве и возделывании зерновых культур: проблемы, достижения и перспективы* : Сборник научных статей Международной научной конференции, посвящённой 300-летию Российской академии наук. В 2-х томах, Москва, 04–05 апреля 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Немчиновка", 2024. – С. 53-57. – EDN KISQJL.

4. Роль экспортируемой российской пшеницы в обеспечении продовольственной безопасности на африканском континенте / **С. Диаките**, Е. Н. Пакина, М. Заргар [и др.] // *В целях устойчивого развития цивилизации: сотрудничество, наука, образование, технологии* : сборник материалов Международной научной конференции студентов и молодых ученых, Москва, 22–26 ноября 2022 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2023. – С. 56-78. – EDN QUTGMF.

5. Влияние фунгицида нового поколения на развития возбудителя сетчатой пятнистости пивоваренного ячменя / С. Диаките, Е. Н. Пакина, В. А. Цымбалова [и др.] // *Достижения и перспективы селекции и технологий возделывания сельскохозяйственных культур* : Международная научная конференция, посвященная 140-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, лауреата Государственной премии, Героя Социалистического Труда Виктора Евграфовича Писарева, Москва, 29–30 марта 2023 года. – Москва: ФИЦ «Немчиновка», 2023. – С. 60-66. – EDN KCSIOI.

АННОТАЦИЯ

Фитосанитарный мониторинг и защита яровых зерновых культур от колосовых и листостебельных болезней в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации

Грибные болезни, включая листостеблевые, колосовые и почвенные, существенно ограничивают производство зерна яровых культур в Московском и других регионах. Прямые потери урожая могут достигать 30–60% от листостеблевых, 10–20% от колосовых и 15–25% от почвенных болезней. При длительном применении одних и тех же фунгицидов патогены могут развивать к ним устойчивость, что снижает эффективность. В России недостаточно данных о проявлениях устойчивых штаммах в популяции фитопатогенных грибов, хотя в

других странах устойчивые штаммы уже зарегистрированы. Важно отслеживать механизмы устойчивости в популяциях патогенов яровых зерновых культур для повышения эффективности фунгицидов. В мире большинство пахотных почв недостаточно обеспечены подвижными формами серы, что может привести к снижению урожайности из-за ухудшения устойчивости растений к стрессам и влияния на компоненты урожайности, а также снижению питательной ценности зерна ячменя. Одна из возможностей решения этой проблемы это подбор высокопродуктивных сортов с повышенной устойчивостью к патогенам и разработка индивидуальную систему применения удобрений и защитных мероприятий, адаптированных для этих сортов. Поэтому, целью нашей работы является увеличение урожайности за счет снижения развития, вредоносности патогенных грибов в посевах яровой пшеницы и ярового ячменя путем применения комбинаций некорневого серосодержащего микроудобрения и разных фунгицидов. В соответствии с указанной целью работы были поставлены следующие задачи: провести мониторинг развития, распространения и вредоносности фитопатогенных грибов на яровом ячмене и пшенице. Сравнить влияние различных фунгицидов и их смесей с листовым удобрением на развитие грибных заболеваний. Изучить влияние фунгицидов и их смесей с листовым удобрением на структуру урожайности и технологические показатели качества зерна ярового ячменя и яровой пшеницы. Дать экономическую эффективность применению фунгицидов и их сочетание с листовым удобрением. Провести поиск штаммов, устойчивых к пропиконазолу и тебуконазолу, в популяциях основных патогенных грибов в условиях Московской области. Лабораторная часть работы проведены в агробиотехнологическом департаменте Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва), а полевые опыты закладывали в 2022-2024 гг. на базе полевой опытной станции Федерального научно-исследовательского центра «Немчиновка» (в Новомосковском АО, д. Соколово). В агроценозах яровой пшеницы в условиях Московской области зафиксированы септориоз, фузариоз колоса, стеблевая ржавчина и мучнистая роса, при этом септориоз и фузариоз проявлялись ежегодно, а стеблевая ржавчина – только в 2024 году. У ярового ячменя преобладали фузариоз колоса и комплекс пятнистостей листьев, тогда как карликовая ржавчина встречалась с низкой интенсивностью (до 2%). Сравнение сортов показало, что Радмира (пшеница) и Надежный (ячмень) превосходят по урожайности и её элементам (продуктивным стеблям, количеству зёрен в колосе), но при этом сорта Беяна (пшеница) и Нур (ячмень) имеют более высокую устойчивость к заболеваниям, хотя и дают меньший урожай. Применение фунгицидов достоверно снижало развитие основных заболеваний. Наибольшая эффективность против септориоза пшеницы отмечена у препарата Колосаль Про (снижение на 67,9–69,9%), а его комбинация с серосодержащим удобрением Ультрамаг СуперСера-900 повышала эффективность на 3,6–8,2%. Против фузариоза колоса наиболее результативным оказалось сочетание Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 (эффективность до 83,8%). Обработки посевов препаратами способствовали увеличению

урожайности: у пшеницы – до 23,98%, у ячменя – до 23,40%. Масса 1000 зёрен возростала на 3–4%. Качество зерна улучшилось: у пшеницы содержание белка достигло 14,0%, клейковины – 24,5%; у ячменя экстрактивность повысилась до 80,1%. Большинство исследованных штаммов сохранили чувствительность к тебуконазолу ($EC_{50} \leq 1$ мг/л), однако выявлены устойчивые формы *F. sporotrichioides*, *B. sorokiniana* и *Alternaria* sp. (EC_{50} до 11,5 мг/л). В 2022 и 2024 годах доминировали виды грибов рода *Fusarium*, а в 2023 году — виды рода *Alternaria* в посевах яровой пшеницы. На ячмене встречались только представители рода *Fusarium*. Наибольшая рентабельность защиты достигнута при использовании фунгицидов без серосодержащих добавок: для пшеницы (Колосал Про – 80,72–98,36%) и для ячменя (Колосал Про – 95,75–145,96%). Комбинации с Ультрамаг СуперСера-900, несмотря на прибавку урожая, демонстрировали меньшую экономическую эффективность. Можно заключить, что фунгициды и их комбинации с Ультрамаг СуперСера-900 эффективны для снижения заболеваемости и повышения урожайности. При этом наибольшая экономическая эффективность достигается при использовании Колосаль Про, КМЭ в чистом виде. Выбор сорта играет ключевую роль: Радмира (пшеница) и Надежный (ячмень) показали лучшие результаты по всем параметрам. Необходим постоянный мониторинг чувствительности патогенов для предотвращения развития устойчивости.

Abstract

Phytosanitary Monitoring and Protection of Spring Cereal Crops Against Ear and Leaf-Stem Diseases in the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation

Fungal diseases, including foliar, ear, and soil-borne pathogens, significantly limit grain production of spring crops in Moscow region and other areas, with direct yield losses reaching 30-60%, 10-20%, and 15-25% respectively. Prolonged fungicide use has led to resistance development, though Russia lacks comprehensive data on resistant strains despite their documentation elsewhere, necessitating continuous monitoring of resistance mechanisms. Global sulfur deficiency in arable soils further exacerbates yield reductions by impairing plant stress resistance and grain quality, prompting the need for high-yielding, disease-resistant varieties and tailored fertilization strategies. This study aimed to enhance yields of spring wheat and barley by combining foliar sulfur microfertilizers with various fungicides, focusing on disease monitoring, treatment efficacy comparisons, yield/quality assessments, economic analyses, and resistance screening (2019-2022, Moscow region). Field trials revealed septoria and *Fusarium* as predominant wheat diseases (stem rust only in 2022), while barley suffered mainly from *Fusarium* head blight. The varieties Radmira (wheat) and Nadezhny (barley) showed superior yield potential, whereas Belyana and Nur exhibited better disease resistance. Colossal Pro, CME demonstrated highest efficacy against septoria (67.9-69.9% reduction), enhanced by 3.6-8.2% when combined with Ultramag SuperSera-900, while the Capella ME + Ultramag mixture achieved 83.8% control of

Fusarium head blight. Treatments boosted yields by up to 23.98% (wheat) and 23.40% (barley), improved grain weight (3-4% increase) and quality (14% protein, 24.5% gluten in wheat; 80.1% barley extractability). Although most pathogens remained tebuconazole-sensitive ($EC_{50} \leq 1$ mg/l), resistant Fusarium and Alternaria strains (EC_{50} up to 11.5 mg/l) emerged, with Fusarium dominating in 2019/2021 and Alternaria in 2020. Only *Fusarium* species were found on barley. The highest protection profitability was achieved using sulfur-free fungicides: for wheat (Colosal Pro, CME – 80.72–98.36%) and barley (Colosal Pro, CME – 95.75–145.96%%). Combinations with Ultramag SuperSera-900, despite increasing yield, were less cost-effective. In conclusion, fungicides and their combinations with Ultramag SuperSera-900 effectively reduce disease and boost yield. However, Colosal Pro, CME alone delivers the highest economic returns. Variety selection is crucial: Radmira (wheat) and Nadezhny (barley) outperformed in all metrics. Continuous pathogen sensitivity monitoring is essential to prevent resistance development.