

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

*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»

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

**Пакина Елена Николаевна**

доктор сельскохозяйственных наук,

доцент

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                       | 6  |
| ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....                                                                      | 12 |
| 1.1. Особенности, производство и народнохозяйственное значение яровой пшеницы и ярового ячменя..... | 12 |
| 1.1.1. Особенность яровой пшеницы и ярового ячменя.....                                             | 12 |
| 1.1.2. Общие особенности выращивания яровой пшеницы и ярового ячменя.....                           | 13 |
| 1.1.3. Объём производства пшеницы и ячменя.....                                                     | 14 |
| 1.1.4. Хозяйственное значение пшеницы и ячменя.....                                                 | 16 |
| 1.2. Ключевые вопросы и задачи в области производства и исследований пшеницы и ячменя.....          | 18 |
| 1.3. Распространенность и вредоносность грибных заболеваний в посевах пшеницы и ячменя.....         | 19 |
| 1.3.1. Листостеблевые заболевания яровой пшеницы и ячменя.....                                      | 20 |
| 1.3.2. Колосовые болезни яровой пшеницы и ярового ячменя.....                                       | 25 |
| 1.4. Система защиты пшеницы и ячменя от грибных заболеваний.....                                    | 26 |
| 1.4.1. Агротехнические приёмы по защите пшеницы и ячменя от грибных заболеваний.....                | 27 |
| 1.4.2. Биологические средства защиты пшеницы и ячменя от грибных заболеваний.....                   | 29 |
| 1.4.3. Система фунгицидной защиты пшеницы и ячменя от грибных заболеваний.....                      | 30 |
| 1.5. Значения микроэлементов в минеральном питании растений яровой пшеницы и ярового ячменя.....    | 38 |
| 1.5.1. Сера и её формы, усвоение растениями пшеницы ячменя.....                                     | 40 |
| 1.5.2. Дефицит серы в пахотных почвах, влияние избытка и недостатка серы на пшеницу и ячмень.....   | 41 |
| 1.5.3. Значения серы в производстве пшеницы и ячменя.....                                           | 43 |

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....                                                                | 46 |
| 2.1. Место и почвенные условия проведения исследований.....                                                                        | 46 |
| 2.2. Метеорологические условия проведения исследований.....                                                                        | 46 |
| 2.2.1. Характеристика агроклиматических условий Московской области.....                                                            | 46 |
| 2.3. Объекты и методика проведения исследования.....                                                                               | 49 |
| 2.3.1 Характеристика сортов и пестицидов.....                                                                                      | 49 |
| 2.3.2. Полевые методики исследования.....                                                                                          | 53 |
| 2.3.3. Лабораторные методики исследования.....                                                                                     | 57 |
| ГЛАВА 3. ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ, БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....         | 62 |
| 3.1. Фенологические наблюдения посевов яровой пшеницы.....                                                                         | 62 |
| 3.2. Фитосанитарное состояние агроценоза яровой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья.....                                  | 64 |
| 3.3. Влияние препаратов на распространенность и степень развития септориоза листьев ( <i>Zymoseptoria tritici</i> ).....           | 69 |
| 3.4. Влияние препаратов на распространенность и степень развития мучнистой росы ( <i>Blumeria graminis</i> ).....                  | 80 |
| 3.5. Влияние препаратов на распространенность и степень развития стеблевой ржавчины ( <i>Puccinia graminis</i> ).....              | 82 |
| 3.6. Влияние препаратов на распространенность и степень совместного развития грибов рода <i>Fusarium</i> и <i>Alternaria</i> ..... | 85 |
| 3.7.1. Влияние защитных мероприятий на биометрические показатели яровой пшеницы.....                                               | 91 |
| 3.7.2. Влияние защитных мероприятий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы.....                                            | 94 |

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ГЛАВА 4. ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ, БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....      | 101 |
| 4.1. Фенологические наблюдения посевов ярового ячменя.....                                                                      | 101 |
| 4.2. Фитосанитарное состояние агроценоза ярового ячменя в условиях Немчиновки.....                                              | 103 |
| 4.3. Влияние препаратов на распространения и развития пятнистостей.....                                                         | 107 |
| 4.4. Влияние препаратов на распространенность и развития грибов рода <i>Fusarium</i> .....                                      | 117 |
| 4.5. Влияние защитных мероприятий на формирование элементов продуктивности и урожайность ярового ячменя.....                    | 122 |
| 4.5.1. Влияние защитных мероприятий на биометрические показатели ярового ячменя.....                                            | 122 |
| 4.5.2. Влияние препаратов на урожайность ярового ячменя и качество.....                                                         | 128 |
| ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КЛАССА ТРИАЗОЛА НА РОСТ ШТАММОВ ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ.....                                  | 135 |
| 5.1. Восприимчивость штаммов грибов-возбудителей яровой пшеницы и ярового ячменя к тебуконазолу.....                            | 135 |
| 5.2. Восприимчивость штаммов грибов-возбудителей яровой пшеницы к пропиконазолу.....                                            | 137 |
| 5.3. Динамика распространения фитопатогенных грибов в посевах яровых зерновых культур и их морфология .....                     | 139 |
| 5.3.1. Динамика соотношения <i>Fusarium</i> и <i>Alternaria</i> в посевах яровой пшеницы.....                                   | 140 |
| 5.3.2. Видовой состав грибов рода <i>Fusarium</i> в посевах ярового ячменя.....                                                 | 141 |
| 5.3.3. Морфология некоторых видов грибов <i>Fusarium</i> и <i>Alternaria</i> .....                                              | 142 |
| ГЛАВА 6. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ..... | 146 |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1. Экономическая эффективность препаратов в посевах яровой пшеницы.....              | 147 |
| 6.2. Экономическая эффективность защитных мероприятий в посевах ярового<br>ячменя..... | 149 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....                                                                        | 153 |
| ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....                                                         | 155 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....                                                          | 156 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ.....                                                                        | 177 |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Пшеница (*Triticum aestivum* L.) и ячмень (*Hordeum vulgare* L.) 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, заражение грибными возбудителями ограничивает производство яровых зерновых культур в Московской области и других регионах. Грибные болезни ярового ячменя и пшеницы включают воздушные инфекции, поражающие стебли и листья (гельминтоспориозная пятнистость, ринхоспориоз, ржавчина, мучнистая роса, септориоз) и колос (фузариоз, септориоз, чернь колоса и др.), а также почвенных инфекций, поражающих проросток и корней (фузариозное увядание, гельминтоспориоз и др.) [16; 17; 52]. Возбудители воздушных инфекций могут быстро распространяться при благоприятных условиях, вызывая потери урожая до 30–60% от листостеблевых и 10–20% от колосовых [51]. Некоторые возбудители накапливают микотоксины, обладающие генотоксическим и канцерогенным действием [17; 78]. Развитию грибных заболеваний способствуют такие агротехнические факторы, как ранние сроки посева, высокая густота высева и несоблюдение севооборота [49; 89]. Эти задачи требуют комплексного подхода, включающего использование устойчивых сортов, соблюдение агротехнических норм и применение современных средств защиты растений.

Современные методы комплексной борьбы с этими заболеваниями оказываются недостаточно эффективными. Среди сортов ячменя и пшеницы, выращиваемых в России и многих странах мира, лишь немногие обладают высокой устойчивостью к различным болезням, особенно к септориозу. Агротехнические мероприятия не обеспечивают полной защиты посевов от болезни, а отдельные приемы способны лишь незначительно замедлить их развитие. Протравливание семян также демонстрирует низкую результативность при развитии в большинстве

пятнистости [49]. Поэтому ключом к производству зерновых яровых культур является применение фунгицидов. Однако при высоких дозах или длительном использовании одних и тех же фунгицидов грибы могут развивать к ним устойчивость, что снижает эффективность применимых препаратов. Фунгициды класса триазолов могут вызвать устойчивость всего за 2 года [102]. В России недостаточно данных о проявлениях устойчивых штаммов в популяции фитопатогенных грибов, хотя в других странах устойчивые штаммы уже зарегистрированы [102; 122; 148]. Важно отслеживать механизмы устойчивости в популяциях патогенов яровых зерновых культур для повышения эффективности фунгицидов.

Дефицит серы в пахотных почвах, вызванный снижением выбросов серы и использованием минеральных удобрений с высоким содержанием NPK, стал ограничивающим фактором для производства ячменя и пшеницы. Глобальное выпадение серы сократилось более чем на 40%, что привело к снижению атмосферного осадения на сельскохозяйственных землях. Дефицит серы в почвах также снижает урожайность производства зерновых. Более 90% пахотных почв России имеют низкое содержание серы, что снижает урожайность из-за ухудшения устойчивости растений к стрессам [5; 63]. Необходимы дополнительные исследования, чтобы выяснить влияние применения серы на эффективность фунгицидов в борьбе с болезнями ячменя и пшеницы.

Снижение ограничивающих факторов для увеличения урожайности зерновых культур, удовлетворяющих потребности растущего населения — важная задача. 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 отечественные учёные такие, как А. Н. Аристархова (2016), А. И. Алтухов (2020), Г. В. Волкова (2019), С. И. Воронов (2010–2023), Т. Ю. Гагкаева

(1990–2024), А. Ю. Кекало (2010–2024), Л. М. Козлова (2020), Н. А. Крупенько (2023), Т. В. Лебедева (2018), А. С. Орина (2010–2023), Ю. Н. Плескачев (2010–2022), Е. С. Рогожникова (2016), С. С. Санин (1971–2024), О. Н. Санина (2016), Л. В. Сидорова (2017), Е. Ю. Торопова (2010–2021), В. И. Турусов (2019), А. В. Чевычелов (2019), Ю. К. Шашко (2020) и А. П. Шутко (2018). Несмотря на значительный объем 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.

**Цель и задачи исследования.** В связи с вышеизложенным, цель нашей работы – снижение 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 яровой 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 (Беляна, Радмира) и ярового ячменя (Надежный, Нур) выявлены различия в восприимчивости к заболеваниям и отзывчивости на фунгициды и их комбинацию с серосодержащим удобрением.

**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.

**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. Сортовые 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.

**Степень достоверности и апробации результатов**

**Степень достоверности** подтверждается результатами трехлетних исследований, проведенных в строгом 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 в сборнике: 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, 2023.

**Публикации результатов исследований.** По материалам диссертации опубликованы 14 (четырнадцать) научные работы, 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.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1. Особенности, производство и народнохозяйственное значение яровой пшеницы и ярового ячменя

#### 1.1.1. Особенности яровой пшеницы и ярового ячменя

Пшеница и ячмень — однодольные растения из порядка Poales и семейства злаков (Poaceae), являющиеся важнейшими зерновыми культурами [132]. Это однолетние самоопыляющиеся растения, которые имеют схожую морфологию. Ячмень можно отличить по светло-зеленой листве, развитым лигулам (язычок), и крупным серповидным ушкам и сильным кущениям [6]. В то время как ячмень имеет желтый цвет, пшеница в сухом виде бледно-желтая. Пшеница в основном используется для потребления человеком, тогда как ячмень чаще идет на корм животным. Обе культуры проходят стадии: прорастание семян, всходы, кущение, цветение, формирование зерна и созревание.

Выращиваемая сегодня пшеница относится по уровню плоидности к четырем видам рода *Triticum*: *T. monococcum* (диплоидный,  $2n=14$ ), *T. turgidum* и *T. timopheevi* (тетраплоиды,  $2n=28$ ) и *T. aestivum* (гексаплоид,  $2n=42$ ). Из этих видов *T. aestivum* имеет наибольшее экономическое значение и лучше всего адаптирована к различным природным условиям. *T. turgidum* также широко выращивается и лучше приспособлен к сухому климату. Первый тетраплоидный вид, *T. turgidum*, возник в результате гибридизации *T. monococcum* (геном А) и *T. searsii* (геном В). Одомашнивание этой тетраплоидной пшеницы (AABB) привело к появлению полбы — предка современной твердой пшеницы. Гексаплоидная мягкая пшеница (*T. aestivum*, AABBDD) возникла при гибридизации тетраплоидного *T. turgidum* и диплоидного *T. tauschii* (геном D) [8; 82].

В зависимости от числа рядов зерен в колосе ячмень подразделяется на три типа: шестирядный (*H. vulgare*), четырехрядный (*H. tetrastichum*) и двурядный (*H. distichum*) [109]. Этот показатель имеет важное значение, поскольку определяет плодovitость соцветий и, как следствие, урожайность культуры. Наиболее

распространенный тип, включающий как шестирядные, так и двурядные сорта, обладающий высокой урожайностью и устойчивостью к заболеваниям [147].

Пшеницу и ячмень можно также разделить на яровые сорта, высеваемые весной и убираемые летом, и озимые сорта, высеваемые осенью и убираемые следующим летом. Яровые сорта обладают широкой адаптацией к различным условиям и не требуют вернализации [9]. Они имеют короткий цикл роста (70-110 дней), что позволяет избежать летней засухи [147].

### **1.1.2. Общие особенности выращивания яровой пшеницы и ярового ячменя**

Выращивание яровой пшеницы и ярового ячменя имеет свои особенности, связанные с их биологическими характеристиками, требованиями к условиям выращивания, агротехническими приёмами и своевременным проведением всех необходимых мероприятий. Важно учитывать систему севооборота, разнообразие сорняков, а также особенности возбудителей и вредителей, чтобы сохранить урожай. Эффективность этих приемов в сохранении урожайности подтверждена многочисленными исследованиями [13; 43; 61].

Для пшеницы и ярового ячменя необходимо использовать азотные, серные, фосфорные и калийные удобрения в зависимости от стадии развития. Яровая пшеница и ячмень особенно нуждаются в фосфоре в период прорастания и начала кущения, когда корневая система ещё не сформирована [13]. Азот важен с кущения до колошения, что способствует развитию корней и формированию крупных колосьев. В период от всходов до налива зерна растения потребляют много калия и фосфора, что увеличивает массу зерна и устойчивость к болезням [44; 61]. Также рекомендуется использовать микроудобрения, содержащие бор, сера, молибден, марганец и цинк для стимуляции роста.

Отбор высококачественных семян является экономически эффективным способом повышения производства пшеницы и ячменя. Необходимо сортировать семена по ГОСТ Р 52325-2005. Обработка семян помогает бороться с инфекциями, а

для защиты молодых растений важно выбрать подходящий протравитель, учитывая фитоэкспертизу семенного материала и специфику действия вещества [13; 61].

Важно правильно выбрать сроки посева (дата посева может влиять на цикл развития насекомых-вредителей, возбудителей болезни, и др.) для оптимизации урожайности и качества зерна [13; 61]. Ранний посев позволяет более эффективно использовать запасы почвенной влаги, в то время как поздний может привести к ухудшению технологических показателей от низких температур и высокой влажности во время наливания и созревания зерна [61].

Нормы высева зависят от почвенно-климатических условий, особенностей сорта, влажности почвы, предшественника, засоренности поля, а также от времени и техники посева. Для России оптимальные нормы высева составляют 5,0-6,0 млн всхожих зерен на гектар. Более высокие нормы рекомендуются для удобренных участков с повышенной влажностью, а для сухих регионов и сортов степного экотипа — снижены до 5,0-4,5 млн. Глубина заделки определяется размером семян, типом почвы и наличием влаги, оптимальная глубина составляет 4-5 см [13; 61].

### **1.1.3. Объём производства пшеницы и ячменя**

Пшеница и ячмень — ключевые зерновые культуры, которые выращиваются более чем в 100 странах мира, охватывая широкий спектр климатических условий — от умеренных до субтропических и засушливых зон. По объёму производства зерновых эти культуры занимают третье и четвертое места, уступая лишь кукурузе и рису.

Мировое производство пшеницы демонстрирует устойчивый рост: с 640,3 млн тонн в 2010 году оно увеличилось до 793,0 млн тонн в 2024 году. Основными производителями пшеницы являются Китай, Индия, Россия, США и Франция [27; 36]. Россия также занимает лидирующую позицию в мировом экспорте пшеницы, обеспечивая 15% от общего объёма экспорта. За ней следуют США (14%), Канада (12%) и Австралия (11%) [118].

В России пшеница играет ключевую роль в зерновом производстве, составляя около 60% от общего объёма. За последние годы производство пшеницы в стране

значительно выросло: с 41,5 млн тонн в 2010 году до 81,8 млн тонн в 2024 году. При этом доля яровой пшеницы составляет примерно треть от общего объема производства (рисунок 1). Этот рост обусловлен как улучшением агротехнологий, так и расширением посевных площадей, что позволяет России укреплять свои позиции на мировом рынке зерна.

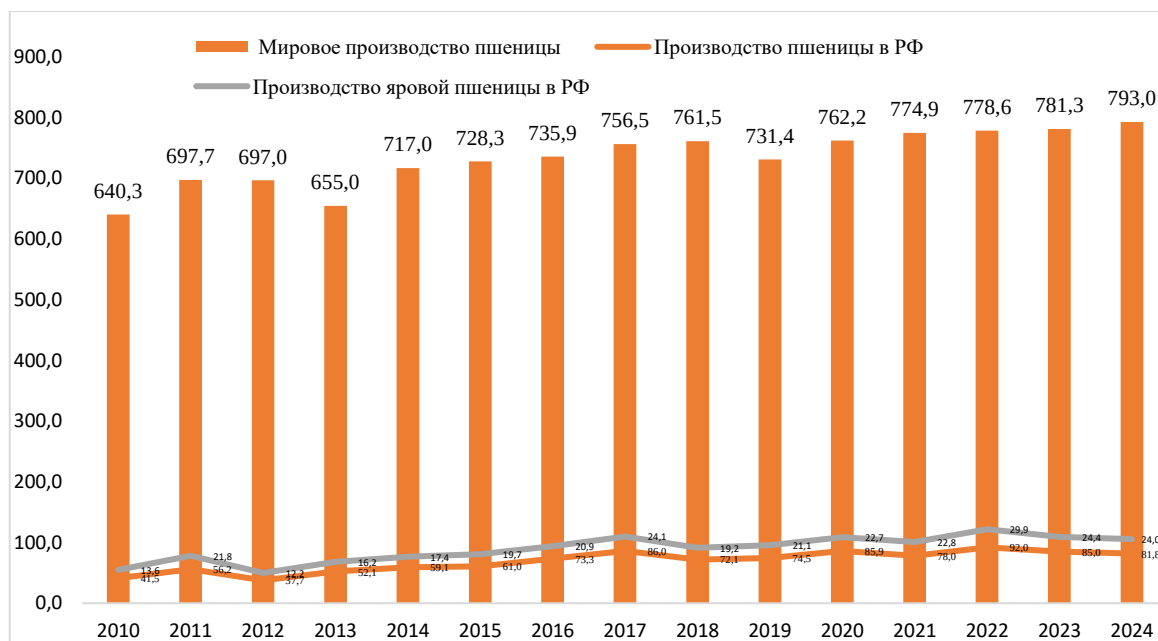


Рисунок 1. Производство яровой пшеницы 2010-2024 гг. (млн тонн)

Ячмень — универсальная зерновая культура, отличающаяся высокой адаптивностью к различным климатическим условиям, включая холодные регионы и засушливые зоны. Мировое производство ячменя на протяжении последних 13 лет остается стабильным и составляет 120–150 миллионов тонн в год. В 2019 году Европа была крупнейшим производителем ячменя, обеспечивая более 60% мирового объема. За ней следовали Азия (16%) и Северная и Центральная Америка (9%).

В России ячмень занимает важное место в структуре зернового производства. Площадь посевов ячменя в стране остается стабильной с 2010 года и составляет около 8 млн га в год [1]. При этом производство ячменя в России значительно увеличилось: с 8,3 млн тонн в 2010 году до 23,4 млн тонн в 2023 году. Более 80% этого объема приходится на яровой ячмень (рисунок 2).

Рост производства ячменя в России связан с повышением урожайности и эффективности агротехнологий, что позволяет стране не только удовлетворять

внутренние потребности, но и укреплять свои позиции на мировом рынке. Ячмень широко используется в пищевой промышленности, производстве кормов для животных и пивоваренной отрасли, что подчеркивает его экономическую значимость.



Рисунок 2. Производство ярового ячменя 2010-2024 гг. (млн тонн)

#### 1.1.4. Хозяйственное значение пшеницы и ячменя

Пшеница является одной из самых важных зерновых культур в мире, наряду с рисом и кукурузой. Она широко используется в питании человека, кормовой промышленности и для технических целей. Около 70% мирового производства пшеницы идет на питание человека, 20% — на корма для животных, и 2-3% — на промышленную переработку [137]. В 2019/2020 годах мировое производство пшеницы составило 763,7 млн тонн, из которых более 523,3 млн тонн было использовано для питания человека, а 137,4 млн тонн — для кормов [105].

Пшеница обладает высокой питательной ценностью. Ее зерно состоит на 70% из крахмала и на 14% из белка, включая важные аминокислоты и ненасыщенные жирные кислоты. Белок пшеницы представлен альбуминами, глобулинами, глютеинами и глиадинами [135; 136]. Кроме того, пшеница содержит клетчатку (11,6%), растворимую клетчатку (0,6-2,8%), арабиноксиланы (4,9-6,9%),  $\beta$ -глюкан



(0,3-0,95%), фруктозу (0,6-2,9%), целлюлозу (1,67-3,05%) и лигнин (2,1-2,9%) [111; 142]). Эти свойства делают пшеницу незаменимой в рационе питания.

Основное применение пшеницы — производство муки, которая используется для изготовления хлеба, печенья, крекеров, вафель и других продуктов, характерных для "западного образа жизни". Глютен, содержащийся в пшенице, также применяется в производстве биополимеров, что подчеркивает его важность в промышленности [135].

В промышленности пшеница используется для производства крахмала, клейковины, солода и спирта [37]. Современные заводы способны производить 40-50 тонн муки в час с использованием водосберегающих технологий. Пшеничный крахмал находит применение в пищевой промышленности (например, в качестве загустителей, эмульгаторов и текстурирующих веществ), а также в производстве биопластиков, бумаги, клеев и этанола. Он также используется в детском питании, энергетических напитках и кормах для животных [106].

Ячмень, хотя и уступает пшенице, кукурузе и рису по объему потребления, остается важной культурой, особенно в кормовой и промышленной отраслях. Зерно ячменя состоит на 70% из крахмала, 10-20% из белка, 5-10% из  $\beta$ -глюкана, 2-3% из свободных липидов и 2,5% из минеральных веществ [142]. Около 70% ячменя используется в качестве корма для крупного рогатого скота и свиней, благодаря его высокой энергетической ценности и легкой усвояемости.

Пивоваренный ячмень занимает второе место по объему использования, составляя около 21% от общего производства [142]. Кроме того, ячмень применяется для производства биоэтанола, бионефти, бумаги, фармацевтических препаратов и косметических средств [96; 142]. Ячменная солома также используется как ингибитор роста водорослей, что помогает предотвратить эвтрофикацию водоемов и снижает негативное воздействие на окружающую среду [142].

Таким образом, пшеница и ячмень играют ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности, кормовой базы и промышленного производства, что делает их незаменимыми культурами в глобальной экономике.

## **1.2. Ключевые вопросы и задачи в области производства и исследований пшеницы и ячменя**

Развитие области выращивания ячменя и пшеницы может ограничиваться несколькими факторами: климатические условия, почвенные условия, болезни и вредители, технологические ограничения, экономические факторы, изменение климата и др.

Недостаток сортов с высокой питательной ценностью, таких как белок и крахмал, является серьезной проблемой в производстве яровых зерновых культур. В России лишь 68% сортов озимой и 62% сортов яровой пшеницы способны производить высококачественное зерно [4]. Несмотря на разнообразие, количество сортов пивоваренного ячменя остается низким, и около 80-90% солода в стране импортируется или производится из зарубежных сортов [60]. В 2021 году из 38 сортов ячменя только 14 были отечественными, что составило 41% посевных площадей в Рязанской области, тогда как в 2005 году этот показатель достигал 88% [35].

Наиболее серьезные препятствия для производства ячменя и пшеницы включают нехватку высокоурожайных и устойчивых сортов, конкуренцию со стороны сорняков, эпифитотии грибных заболеваний и абиотические стрессы, такие как засуха и тепловой стресс. Около половины мировой пшеницы подвержено тепловому стрессу, а 20 миллионов гектаров регулярно испытывают нехватку воды [111]. Полегание также является распространенной проблемой, приводящей к потерям урожая в 20-50% из-за ухудшения качества зерна, вызванного слабостью стебля [2].

Изменение климата оказывает значительное влияние на урожайность пшеницы и ячменя. Влияние климатических изменений на сельское хозяйство варьируется в зависимости от региона и имеет значительные социально-экономические последствия [69; 139]. Увеличение глобальных температур и изменение погодных условий приводят к снижению ожидаемой урожайности этих культур. Глобальные потери от жары и засухи составили 1,4% для зерновых в период с 1961 по 2014 годы [117].

Стремительный рост цен на удобрения и пестициды, а также снижение плодородия почв привели к уменьшению их водо- и питательной способности. В некоторых регионах России наблюдается нехватка микроэлементов из-за несбалансированного применения удобрений. Во многих странах отсутствуют рекомендованные зональные базовые технологии для выращивания пшеницы и ячменя ожидаемого качества во всех почвенно-климатических зонах, а выполнение технологических процессов отклоняется от оптимальных показателей и рекомендаций науки и техники [4].

Возникновение устойчивости к фунгицидам у патогенов грибов и оомицетов стало серьезной проблемой с 1970-х годов, когда появились сайт-специфические ингибиторы. Развитие резистентности может быть вызвано повторным применением одного и того же фунгицида, использованием пониженной нормы или его применением при сильном заражении, когда поле не может быть восстановлено [22; 80].

Квалифицированная рабочая сила необходима для инноваций в производстве и переработке пшеницы и ячменя. Существует также потребность в специалистах, обученных традиционным методам, таким как оценка качества зерна и муки. Поддержка исследований в области производства пшеницы и ячменя требует участия как промышленных, так и государственных партнеров. Это создает препятствия для совместных исследований и обмена опытом, необходимых для решения глобальных проблем в этой области [111].

### **1.3. Распространенность и вредоносность грибных заболеваний в посевах пшеницы и ячменя**

Пшеница и ячмень, независимо от региона выращивания и уровня агротехники, подвержены грибным заболеваниям на протяжении всего производственного цикла. Эти заболевания можно разделить на три группы: почвенные, листостебельные и колосовые инфекции [16; 17; 52]. Высокая экологическая адаптивность патогенов обеспечивает их присутствие в фитосанитарных системах всех ключевых зернопроизводящих регионов [49]. Некоторые заболевания встречаются редко,

другие — ежегодно и на больших площадях. Особенности возбудителей и заболеваний определяются их эколого-эпидемиологическими характеристиками, включая механизмы распространения, выживания и повреждения растений.

Некоторые заболевания имеют один цикл развития в год (моноциклические), другие — множество циклов (полициклические), что способствует быстрому развитию эпифитотий. Эпидемиология изучает факторы, влияющие на циклы заболеваний: количество первичных источников инфекции, длительность латентного и инфекционного периодов, скорость спорообразования [83]. Патогены различаются по этим параметрам, а также по их взаимодействию с растением-хозяином и окружающей средой, что приводит к формированию различных жизненных стратегий. Например, заболевания типа ржавчины характеризуются как г-стратегии с высоким уровнем источников инфекции, коротким латентным периодом, высокой скоростью образования спор и низкой эффективностью использования источника инфекции. В противоположность им, k-стратегии предполагают иную адаптационную тактику [156]. Знание стадий цикла болезни используется в моделях прогнозирования заболеваний растений, таких как для *Fusarium sp.*, *P. triticina*, *P. striiformis*, *B. graminis*, *R. graminicola* [66; 84].

Борьба с моноциклическими болезнями наиболее эффективна при уничтожении источника инфекции, тогда как для контроля полициклических заболеваний требуются дополнительные меры, включая использование устойчивых сортов и применение фунгицидов.

### **1.3.1. Листостеблевые заболевания яровой пшеницы и ячменя**

Листостебельные грибные патогены поражают все виды пшеницы и ячменя во всех регионах их выращивания с момента их одомашнивания. Среди них наиболее экономически значимыми являются ржавчины (*Puccinia spp.*), мучнистая роса (*B. graminis*), желтая (*P. tritici-repentis*), сетчатая (*P. teres*) и полосатая (*P. graminea*) пятнистости, септориоз (*Z. tritici*, *P. nodorum*, *S. avenae* и другие), рамуляриоз и ринхоспориоз [56]. Воздействие этих патогенов приводит к дегенерации клеток паренхимы листа, что вызывает накопление липидных глобул, перерождение

хлоропластов и образование отложений между клеточной стенкой и плазмалеммой. Это, в свою очередь, снижает площадь листьев, высоту растений и массу зерна, задерживает появление новых листьев и лишает растение питательных веществ. Наиболее значительные потери урожая наблюдаются в случаях, когда флаговый лист и два нижних листа повреждаются до окончания фазы налива зерна. Это приводит к снижению фотосинтетической активности и увеличению потерь влаги.

Ржавчина, вызываемая грибами рода *Puccinia*, занимает третье место среди наиболее приоритетных грибных патогенов в мире [85]. Существует три наиболее значимых ржавчинных заболевания пшеницы и ячменя: стеблевая ржавчина (черная), полосатая ржавчина (желтая) и листовая ржавчина (коричневая или карликовая). Они вызываются соответственно *P. graminis* f. sp. *tritici*, *P. striiformis* f. sp. *tritici* и *P. triticina* (для пшеницы), а также *P. graminis* f. sp. *hordei*, *P. striiformis* f. sp. *hordei* и *P. hordei* (для ячменя). Эти облигатные биотрофные патогены способны быстро распространяться и преодолевать устойчивость сортов, образуя пять типов спор [73]. Определенные расы ржавчины доминируют в полевых вспышках, что связано с появлением новых штаммов. Возбудители также имеют альтернативных хозяев, таких как *Berberis* и *Mahonia*, что делает их гетерогенными паразитами.

Желтая ржавчина проявляется на листьях и влагалищах, образуя удлиненные пустулы желто-оранжевого цвета, которые располагаются линейно между жилками. Стеблевая ржавчина поражает стебли и листья, вызывая появление овальных или удлиненных оранжево-красных поражений с обеих сторон листа. Листовая ржавчина характеризуется образованием круглых или удлиненных коричневых пятен на листовых пластинках и влагалищах. Оптимальная температура для развития ржавчины составляет 30°C для стеблевой ржавчины, 25°C для листовой ржавчины и 12–15°C для полосатой ржавчины. Стеблевая ржавчина распространена в теплых условиях на поздних стадиях роста, тогда как полосатая ржавчина хорошо адаптирована к умеренным зонам с влажной и прохладной погодой [73].

Потери урожая от ржавчины могут достигать 20% [12]. Жёлтая ржавчина пшеницы и карликовая ржавчина ячменя являются наиболее разрушительными.

Вспышки этих заболеваний в Китае в 1950, 1964, 1990, 2002 и 2017 годах привели к потере урожая до 13,8 млн тонн (на площади 550 млн га) и почти 3 млн тонн (на площади 15 млн га) соответственно [157; 158]. С 1970-х годов стеблевая ржавчина пшеницы не представляет серьезной опасности [158]. Однако во многих странах мира наблюдаются изменения в популяциях *P. triticina* [97; 98]. С 2001 по 2009 год все протестированные штаммы *P. triticina* были авирулентны к гену устойчивости *Lr9*. С 2010 года вирулентность к *Lr9* увеличивается в азиатской части России (Урал и Западная Сибирь) из-за внедрения сортов, содержащих этот ген. Вирулентность к генам *Lr2a* и *Lr15* была ниже в Дагестане (6–33%) и европейских регионах (35–67%) по сравнению с азиатскими (84–96%). С 2012 по 2018 год почти все штаммы *P. triticina* стали вирулентными к гену *Lr1* [97]. Эти изменения связаны с внедрением новых сортов пшеницы, изменением генетического фона растений-хозяев, а также изменением климата [98]. Эволюция *P. hordei* на Северном Кавказе была изучена Волковой и др. [12] и объясняется наличием неэффективных генов устойчивости.

Септориоз пшеницы — это заболевание, вызываемое преимущественно грибами *Parastagonospora nodorum*, *Zymoseptoria tritici* и *Parastagonospora avenae* f. sp. *tritici* [89]. Это грибное заболевание встречается во всех регионах, где выращивается пшеница. *Z. tritici* является гемибиотрофом, тогда как *P. nodorum* — некротрофом [86]. Оба патогена образуют конидии, известные как пикнидиоспоры, которые формируются в полузакрытых плодовых телах различной формы. В отличие от *P. nodorum*, который также поражает колос, *Z. tritici* проявляется преимущественно на листьях, реже на стеблях. На листьях образуются коричневые овальные или линзовидные пятна, окруженные хлорозом или пожелтением [49]. На пораженных зернах наблюдается коричневое обесцвечивание или симптомы ожога [49]. При заражении *Z. tritici* выделяется эффекторный белок Mg3LysM, в то время как *P. nodorum* производит токсичные некротрофные эффекторы, такие как ToxA, Tox1 и Tox2, на ранних стадиях колонизации [86]. Выделение ферментов, разрушающих клеточные стенки (ксилаказы, гликаназы, глюканазы и целлюлазы), также вызывает некроз тканей хозяина и является одним из признаков,

отличающих *P. nodorum* от *Z. tritici* [86; 89]. В зимний межвегетационный период *Z. tritici* сохраняется на живых растениях, тогда как *P. nodorum* и *P. avenae* f. *sp. triticea* — в семенах и растительных остатках. Вегетационный период может характеризоваться совместным развитием всех трех видов на одном растении, что зависит от погодных условий, сортов и фаз развития. Грибы *P. nodorum* и *P. avenae* f. *sp. triticea* чаще проявляются в поздние фазы вегетации на флаговом листе, узлах стебля и колосе.

С момента своего обнаружения в 1970-х годах септориоз распространился почти по всем регионам России, но его вредоносность наиболее высока в Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Северо-Западном, Приволжском и Сибирском федеральных округах [49]. Септориоз также широко распространен в основных регионах выращивания пшеницы в Европе, Северной Америке, Австралии, Восточной Африке и Средиземноморье [142]. Развитие септориоза значительно зависит от агроклиматической зоны. Умеренное проявление и эпифитотии болезни могут наблюдаться от 5 до 9 раз за десятилетний период в Центральном, Южном, Северо-Кавказском и Сибирском федеральных округах и от 3 до 5 раз в Приволжском и Уральском федеральных округах. В 2021 году распространение *Z. tritici* на пшеничных полях Капитан Миранда, Итапуа, Парагвай, составило более 50% [114]. Септориоз представляет собой серьезную угрозу, и многие предложенные методы борьбы с ним оказываются неэффективными. В условиях эпифитотий потери урожая могут достигать 40%. Септориоз приводит к снижению содержания белка и клейковины, а также ухудшению посевных качеств семян [49]. На борьбу с патогеном *Z. tritici* приходится около 70% ежегодного использования фунгицидов в Европе [91].

Мучнистая роса, вызываемая грибом *Blumeria graminis*, занимает шестое место среди грибных патогенов пшеницы и ячменя и восьмое место по потерям урожая от вредителей и патогенов в мире [85; 131]. Этот биотрофный грибок поражает злаки, такие как пшеница, ячмень и овес, а также другие травы [34]. Специализированные формы гриба связаны с определенными культурами: *B. graminis* f. *sp. hordei* (ячмень),

f. sp. *tritici* (пшеница), *B. graminis* f. sp. *secalis* (рожь), *B. graminis* f. sp. *avenae* (овес). Гриб развивается на растениях специфических генотипов, а его быстрое распространение обусловлено коротким жизненным циклом, воздушными спорами и возможностью половой рекомбинации. Мучнистая роса также является эктопаразитом, развиваясь на поверхности эпидермальных клеток растения.

В некоторых регионах, таких как Россия, Бразилия и Китай, потери урожая от мучнистой росы могут достигать 35%, 62% и 40% соответственно [70; 107]. В Австралии экономический ущерб от недостаточного контроля заболевания оценивается в 100 миллионов австралийских долларов в год [143]. Симптомы заболевания включают появление беловатого войлочного налета, перемежающегося черными точками. Мучнистая роса развивается в условиях высокой влажности (выше 85%) и при температуре 15–25°C [53]. Факторы, способствующие развитию заболевания, включают поздний и слишком густой посев, а также избыточное внесение азотных удобрений [48]. Небольшой дождь или роса увеличивают влажность, что способствует развитию заболевания. Сильный дождь, напротив, может механически разрушать колонии грибов, снижая их распространение.

Сетчатая пятнистость ячменя вызывается грибом *Pyrenophora teres*, который существует в двух формах: *P. teres* f. *teres* (сетчатая) и *P. teres* f. *maculata* (круговая или точечная) [68]. *P. teres* f. *teres* вызывает продольно-поперечные некротические полосы вдоль жилок листа, окруженные хлорозом. *P. teres* f. *maculata* вызывает коричневые круглые или эллиптические поражения, также сопровождающиеся хлорозом. Различия в симптомах обусловлены особенностями инфекционного процесса и выделяемыми фитотоксинами (пиренолиды, пиренолины, аспергиломарасмин А и др.) [119; 152]. Оптимальные условия для развития болезни: температура 20°C и влажность не менее 95%. Потери урожая могут достигать 40% в России [25].

Быстрая эволюция патогена, включая половое размножение (гетероталлический гриб с типами спаривания MAT-1 и MAT-2) [129] (и рекомбинацию между штаммами [125]), приводит к появлению новых патотипов, устойчивых к фунгицидам [68] и



способных преодолевать устойчивость ячменя. Распространение спор происходит воздушно-капельным путем внутри региона, а также через международную торговлю семенами. Важно отметить, что большинство сортов ячменя имеют низкую восприимчивость к сетчатой форме, однако пятнистая форма может поражать многие сорта.

### **1.3.2. Колосовые болезни яровой пшеницы и ярового ячменя**

Основными грибными заболеваниями колоса являются фузариоз и чернь колоса (оливковая плесень), зарегистрированные почти во всех регионах, где выращивают пшеницу и ячмень [41]. Заражение чаще всего происходит во время цветения, так как пыльники способствуют прорастанию спор и росту патогенов. Эти заболевания снижают как урожайность, так и качество зерна, а также приводят к накоплению микотоксинов в зерне [17; 40].

Фузариоз вызывается более чем 30 видами грибов из родов *Fusarium* и *Microdochium*. Преобладание определенного патогена зависит от географического положения и условий окружающей среды). Например, в Урале и Сибири доминируют *F. sporotrichioides*, *F. avenaceum* и *F. poae* [16]. Первые симптомы фузариоз колоса появляются вскоре после цветения и проявляются в обесцвечивании колосков, затем колос становится розоватым с мицелием, а зерно чернеет, теряет массу и сморщивается [17].

Потери урожайности могут достигать 35-40% при сильном поражении, а в некоторых случаях — до 50%. Исследования, проведенные в естественных условиях в Беларуси и с помощью искусственного заражения, показали, что прямые потери урожайности пшеницы могут достигать 50 % и более [64]. Потеря качества зерна обусловлена выработкой термостойких токсинов грибами рода *Fusarium*, что приводит к снижению питательной ценности, падению продажной цены, увеличению затрат на контроль качества и возникновению заболеваний у людей и животных. Недавние исследования, проведенные во многих частях мира, показали, что концентрация фузариотоксинов в зерновых превышает эти пределы [17].

Черная гниль, вызываемая фитопатогенными грибами, такими как *Alternaria*, *Cladosporium*, *Stemphylium* и *Epicothium*, приводит к потере качества зерна. Эти грибы активно поражают колосья зерновых культур в условиях влажной погоды, особенно на последних стадиях созревания. В Ленинградской области доля видов грибов рода *Fusarium* составляет 3-18%, а *Alternaria* — 47-81%, в зависимости от года и сорта [41]. В азиатской части России доминируют представители рода *Alternaria* [40]. Зерновые колосья, пораженные представителями *Alternaria*, демонстрируют черное обесцвечивание верхней части шелухи, что напоминает симптомы черной мякины. Плесень проявляется сильнее при задержке сбора урожая.

Кроме потерь урожая, *Alternaria* и *Cladosporium* накапливают микотоксины, негативно влияющие на качество продукции. К ним относятся альтернариол, охратоксины и фумонизины, обладающие генотоксическими и канцерогенными свойствами [40; 76; 78]. Пшеница содержит больше токсинов, чем ячмень: 100% в овсе, 90% в пшенице и 88% в ячмене [40].

Септариоз колоса, вызванный *P. nodorum*, распространен в Центральном Нечерноземном районе России. Симптомы включают темно-коричневые и фиолетовые поражения на колосе, что приводит к "пятнистости колоса". Риск для ячменя ниже, чем для пшеницы. Оптимальные условия для болезни: температура 20-25°C и влажность около 98%. *P. nodorum* снижает озерненность колоса на 14,2%, массу 1000 зёрен на 40,8% и массу зерна на 20,1% [58].

Устойчивые сорта и фунгициды значительно снизили потери от других заболеваний колосовых, таких как головневых и спорынья (больше не имеют значения в России) [59].

#### **1.4. Система защиты пшеницы и ячменя от грибных заболеваний**

Сельхозпроизводители разного уровня используют ряд методов в построении программы борьбы с патогенными грибами для сохранения урожайности, качества урожая и экономического баланса хозяйства, такие как агротехнические, биологические и химические.

#### 1.4.1. Агротехнические приёмы по защите пшеницы и ячменя от грибных заболеваний

Чтобы снизить потери урожайности от болезней, необходимо использовать агротехнические приёмы: севооборот, обработка почва, выбор устойчивых сортов, оптимизация сроков посева, правильное удобрение, удаление растительных остатков и др.

Севооборот позволяет эффективно использовать ресурсы почвы благодаря разнообразию культур с различными корневыми системами. Это достигается за счет разрыва цикла развития патогенов, что уменьшает первичные источники заражения и снижает вредоносность заболеваний. Высокая распространенность септориоза (50-80%) на сорте Эль Хауария указывает на наличие специфической популяции *Z. tritici*, адаптированной к этому сорту, что связано с многолетней монокультурой [79].

Обработка почвы при промежуточном посеве важна для уничтожения растительных остатков, содержащих аскоспоры и другие источники первичной инфекции. Она эффективно снижает заболеваемость зерновых культур, уменьшает избыток влаги и сорняки, которые служат "зелеными мостами" для патогенов. Однако исследования показывают, что обработка почвы может незначительно влиять на развитие септориоза и бурой ржавчины [31]. Таким образом, обработка почвы и севооборот недостаточны из-за способности спор легко перемещаться.

Выбор и создание устойчивых сортов являются ключевыми в борьбе с болезнями зерновых культур. Устойчивый сорт ограничивает заражение и делится на два типа генетической устойчивости. Первый — устойчивость, проявляющаяся на стадии начального роста, но легко преодолеваемая новыми штаммами патогенов. Второй — устойчивость, проявляющаяся на более поздних стадиях роста, которая более долговечна и не зависит от сорта. Ранее акцент делался на классические методы селекции, но за последние 20 лет разработаны молекулярные подходы, такие как трансгенная технология и маркер-ориентированная селекция, для повышения устойчивости сортов ячменя. Проведено QTL-картирование для выявления устойчивости к *Cochliobolus sativus* и *B. graminis* у ячменя [95; 130; 149].

Некоторые сорта ячменя проявляют устойчивость к различным заболеваниям. Например, сорта ‘Чираз’, ‘Cheerio’ и ‘Одиссей’ устойчивы к мучнистой росе, а ‘Чираз’, ‘Eifel’, ‘Ursa’ и ‘Sunshine’ — к карликовой ржавчине. Также сорт Омский 101 устойчив к черной и каменной головням [39]. Среди 558 местных сортов ячменя 75 оказались устойчивыми к мучнистой росе и карликовой ржавчине [7].

Генетическая устойчивость к фузариозу является сложной и количественно контролируемой, сильно зависящей от окружающей среды и состояния растений. Она делится на пять типов: Тип-1 (устойчивость к первичному заражению патогеном), Тип-2 (устойчивость к распространению патогена), Тип-3 (устойчивость к накоплению токсинов или способность к детоксикации выделяемых токсинов), Тип-4 (устойчивость к заражению сердцевин) и Тип-5 (толерантность). Типы 1 и 2 наиболее изучены, в то время как устойчивость третьего типа привлекает внимание из-за своих качественных аспектов [75].

Использование высококачественных семян и соблюдения сроков, густоты и сроков посева являются важными критериями при возделывании ярового ячменя. Болезни, которые могут передаются семенами, представляют собой серьезную угрозу в зерновом производстве. Ранний посев может увеличить риск инфекций, подвергая урожай и молодые проростки воздействию листовых болезней. Для достижения максимального урожая важно создать прочную структуру элементов урожайности [50; 52].

По мере роста растений патогенные грибы находят идеальные условия для развития, особенно при высоких дозах удобрений, что может привести к активному развитию септориоза. Повышенная чувствительность к высокому уровню азота объясняется анатомическими и биохимическими изменениями, а также увеличением органических соединений, используемых биотрофными патогенами. Контроль за внесением удобрений позволяет ограничить остатки азота после уборки, не влияя на урожайность и снижая риски для окружающей среды. Программа внесения должна корректироваться ежегодно в зависимости от остатков и погодных условий.

Ключевым моментом является выбор правильного сочетания агротехнических приемов [50].

#### **1.4.2. Биологические средства защиты пшеницы и ячменя от грибных заболеваний**

Биологический контроль становится все более интересным для исследователей и включает использование живых организмов, таких как *Trichoderma*, *Bacillus*, *Pseudomonas* и другие, для снижения ущерба от патогенов. Штаммы, такие как *B. subtilis* и *T. harzianum*, показали снижение грибных заболеваний на ячмене более чем на 20%. Эффективность этого метода связана с ингибированием роста патогенов через конкуренцию за ресурсы, антибиоз и гиперпаразитизм, а также со стимуляцией иммунитета растений [18; 47].

Растительные экстракты показали значительный потенциал в борьбе с грибными заболеваниями пшеницы, являясь экологически безопасной альтернативой синтетическим фунгицидам. В частности, метанольный экстракт, полученный из корневищ *Curcuma zedoaria*, показал высокую противогрибковую активность в отношении возбудителя листовой ржавчины пшеницы (*P. triticina*) [99]. Полевые испытания также подтвердили эффективность растительных экстрактов в борьбе с грибными патогенами. Например, внекорневые обработки экстрактами гвоздики, имбиря и корицы значительно снизили интенсивность развития стеблевой ржавчины (*P. graminis f.sp. tritici*) на пшенице. Наибольшую эффективность показал экстракт гвоздики, который снизил заболеваемость на 84,9% и способствовал увеличению урожайности зерна по сравнению с контролем [88]. Противогрибное действие растительных экстрактов связано с наличием в их составе биологически активных соединений, таких как фенолы, флавоноиды, танины и кумарины. Эти вещества подавляют рост патогенов, а также усиливают защитные механизмы растений, стимулируя выработку вторичных метаболитов [87].

Одной из проблем биологического контроля является недостаточная надежность его эффективности (сложность применения, период действия). Активность биологических агентов зависит от окружающей среды, что делает её

неконтролируемой переменной. Кроме того, биологический контроль часто фокусируется на немедленном снижении заболеваемости, не учитывая долгосрочные взаимодействия с патогенами и экосистемой. В случаях одновременного заражения ячменя и пшеницы разными патогенами, химический контроль оказывается более приоритетным [18].

### 1.4.3. Система фунгицидной защиты пшеницы и ячменя от грибных заболеваний

Фунгициды являются основным инструментом в интегрированной борьбе с болезнями зерновых культур, применяемым для устранения недостатков агротехнических приемов. Согласно национальному каталогу пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению в Российской Федерации в 2023 году, для борьбы с болезнями ярового ячменя и пшеницы используется около 287 фунгицидов. Эти препараты созданы на основе примерно 46 действующих веществ, преимущественно из классов триазолов, пиразолкарбоксамидов, стробилуринов, неоникотиноидов, бензимидазолов и имидазолов [20; 21]. Структура некоторых действующих веществ представлены на рисунке 3.

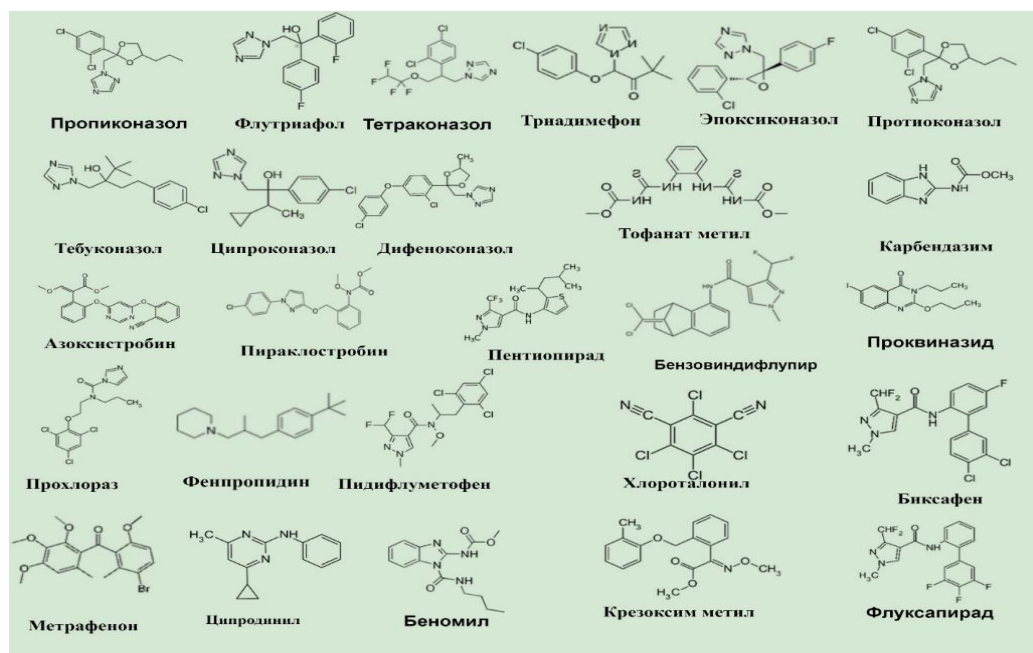


Рисунок 3. Структура некоторые химические ассортименты, входящие в составе фунгицидов.

Среди этих препаратов представлено 68 на основе 12 компонентов, из которых 36 однокомпонентных, 27 двухкомпонентных и 5 трехкомпонентных, применяющих против болезней листьев и стеблей. Среди однокомпонентных преобладают триазолы: 9 на пропиконазоле, 9 на флутриафоле, 3 на тебуконазоле и 2 на триадимефоне. Также есть 2 фунгицида на основе карбендазима и тиофанат-метила, 3 на хлороталониле, и по одному на проквиназиде, метрафеноне и пентиопираде (Таблица 1). Эти фунгициды широко применяются против септориоза, ржавчины, мучнистой росы и гельминтоспориозной пятнистости листьев пшеницы и ячменя [21]. Препараты на основе пропиконазола и тебуконазола являются дешевыми и эффективными, занимая значительную долю рынка. Исследование Петрова и Долженко [42] показало, что препараты Тилт и Титул 390 показал высокую эффективность против мучнистой росы и бурой ржавчины на уровне 47,8% и 100% соответственно. Биологическая эффективность препаратов Импакт, Абаронца, Призма, Колосаль, Максони и Титаниум варьировала от 31,4% до 74,3% при септориозе на яровой пшенице и от 36,2% до 83,1% при пятнистостях на яровом ячмене [11].

Комплекс грибных патогенов одновременно поражает яровые зерновые культуры на различных стадиях их развития. Для повышения биологической эффективности фунгицидов и снижения появления устойчивых штаммов фитопатогенных грибов в каталоге зарегистрированы многокомпонентные комбинированные фунгициды нового поколения. Из двухкомпонентных фунгицидов наибольшее распространение получили препараты на основе триазолов (17), таких как Бродер, КЭ (150 + 150 г/л) и Дуэлянт, КЭ (250 + 250 г/л) (дифеноконазол + пропиконазол), Геката, КМЭ (120 + 60 г/л) (дифеноконазол + тетраконазол), Колосаль Про, КМЭ (300 + 200 г/л), Пропишанс Универсал, КМЭ (300 + 200 г/л) и Профи Форте, КМЭ (300 + 200 г/л) (пропиконазол + тебуконазол), Альпари, КЭ (250 + 80 г/л), Виртуоз, КЭ (250 + 80 г/л), Профи Супер, КЭ (250 + 80 г/л), Тузол, КЭ (250 + 80 г/л), Калибел, КЭ (250 + 80 г/л) и Атлант Супер, КЭ (250 + 80 г/л) (пропиконазол + ципроконазол), Прозаро Квантум, КЭ (80 + 160 г/л) (протиоконазол + тебуконазол),

Фараон Супер, КС (250 + 250 г/л) (тебуконазол + флутриафол), Фарго, КС (250 + 80 г/л) (тебуконазол + ципроконазол), Осирис, КЭ (37,5 + 27,5 г/л) (эпоксиконазол + метконазол) и Флинт, ВСК (120 + 80 г/л) (поксиконазол + ципроконазол).

Таблица 1 –Однокомпонентные листовые фунгициды (для борьбы с листовыми и колосовыми болезнями) по количеству действующих веществ, входящих в их состав

| Химический класс                | Действующие вещества | Препараты                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Триазолы                        | Пропиконазол         | Тилт, КЭ(250 г/л), Атлант, КЭ (250 г/л), Пеон, КЭ (250 г/л), Прогноз, КЭ (250 г/л), Пропи Плюс, КЭ (250 г/л), Профи, КЭ (250 г/л), Кобальт, КМЭ (400 г/л), Тимус, КЭ (250 г/л) и Титан, КЭ (250 г/л)                  |
|                                 | Флутриафол           | Импакт 500, КС (500 г/л), Кэнсел, КС (250 г/л), Минхати, КС (250 г/л), Флуафол, КС (250 г/л), Фитолекарь, КС (250 г/л), Форис, КС (250 г/л), Адванс, ВДГ (800 г/кг), Компакт, КС (250 г/л) и Флутриобел, КС (250 г/л) |
|                                 | Тебуконазол          | Универсал, КС (500 г/л), Тебузол, ВЭ (250 г/л) и Фезан 250, КЭ (250 г/л)                                                                                                                                              |
|                                 | Триадимефон          | Байзафон, СП (250 г/кг), Привент, СП (250 г/кг)                                                                                                                                                                       |
|                                 | Тетраконазол         | Эминент, МЭ (125 г/л).                                                                                                                                                                                                |
| Бензимидазолы                   | Карбендазим          | Аксиома, КС (500 г/л) и Казим, КС (500 г/л)                                                                                                                                                                           |
|                                 | Тиофанат-метил       | Топсин-М, СП (700 г/кг) и Топсин-М, КС (500 г/л)                                                                                                                                                                      |
| Нитрилы                         | Хлороталонил         | Талант, СК (500 г/л), браво, КС (500 г/л), Пугил 500, КС (500 г/л)                                                                                                                                                    |
| Бензофеноны                     | Метрафенон           | Флексити, КС (300 г/л)                                                                                                                                                                                                |
| Пиразолкарбоксамиды             | Пентиопирад          | Аффет, КС (200 г/л)                                                                                                                                                                                                   |
|                                 | Бензовиндифлупир     | Элатус Плюс, КЭ (100 г/л)                                                                                                                                                                                             |
| Квиназолиноны<br>(Хиназалиноны) | Проквиназид          | Талиус, КЭ (200 г/л)                                                                                                                                                                                                  |

Три комбинации включают триазолы и пиразолкарбоксамиды: Зантара, КЭ (166 + 50 г/л) (тебуконазол + биксафен), Абруста, КС (60 + 150 г/л) (ципроконазол + пентиопирад) и Элатус Эйс, КЭ (250 + 40 г/л) (пропиконазол + бензовиндифлупир). Ещё две комбинации объединяют триазолы со стробилуринами: Абакус Ультра, СЭ



(62,5 + 62,5 г/л) и Абакус Прайм, СЭ (85 + 62,5 г/л) (пираклостробин + эпоксиконазол). Также встречаются другие сочетания, например, Тилт Турбо, КЭ (450 + 125 г/л) (фенпропидин + пропиконазол), Бонтима, КЭ (187,5 + 62,5 г/л) и Бонтима Форте, КЭ (187,5 + 62,5 г/л) (ципродинил + изопиразам), Азорро, КС (300 + 100 г/л) (карбендазим + азоксистробин) и Приаксор, КЭ (150 + 75 г/л) (пираклостробин + флуксапироксад).

Среди трёхкомпонентных фунгицидов выделяются Капелла, МЭ (120 + 60 + 30 г/л) (пропиконазол + флутриафол + дифеноконазол), Терапевт Про, КС (125 + 125 + 80 г/л) (крезоксим-метил + эпоксиконазол + дифеноконазол), Цериакс Плюс, КЭ (41,6 + 66,6 + 41,6 г/л) (эпоксиконазол + пираклостробин + флуксапироксад) и Миравис Нео, СЭ (125 + 100 + 75 г/л) (пропиконазол + азоксистробин + пидифлуметофен), а также Кантик, КЭ (200 + 150 + 100 г/л) (прохлораз + фенпропидин + тебуконазол). Такое разнообразие комбинаций значительно расширяет возможности для борьбы с различными заболеваниями сельскохозяйственных культур [21]. Применение фунгицидов предназначены для борьбы с листовыми инфекциями обеспечивало сохранение более 25% урожая пшеницы от бурой ржавчины, мучнистой росы и линейной ржавчины, что приводило к прибыли от 1106 до 3868 руб./га и увеличению рентабельности на 20-25% на основе 2-3 действующих веществ: Рекс Дуо, Фалькон, Колосаль, ПРО, Триада и Альто супер [29]. Эффективность Капелла, МЭ варьировала от 50% до 99% в зависимости от региона и развития мучнистой росы, септориоза и бурой ржавчины [42].

Фунгициды против комплекса болезней включают 107 препаратов: 33 однокомпонентных, 54 двухкомпонентных и 14 трехкомпонентных. Они применяются против различных групп болезней (листочекельные и колосовые).

Среди однокомпонентных фунгицидов наибольшее распространение получили препараты на основе Карбендазима (14 препаратов), которые представлены такими средствами, как Аксиома, КС (500 г/л) , Кардон, КС (500 г/л) , Казимир, КС (500 г/л) , Комфорт, КС (500 г/л) , Дерозал Евро, КС (500 г/л) , Феразим, КС (500 г/л) , Зимошанс, КС (500 г/л) , Зим 500, КС (500 г/л) , Колфуго Супер, КС (200 г/л) , Кредо,

СК (500 г/л) , Сарфун, СК (500 г/л) , Карзибел, КС (500 г/л) , Карбезим, КС (500 г/л) и Карзитек, КС (500 г/л) . На втором месте по распространенности находятся препараты на основе Беномила (5 препаратов): Беномил 500, СП (500 г/кг) , Беназол, СП (500 г/кг) , Бенорад, СП (500 г/кг) , Фундазол, СП (500 г/кг) и Нор-Би, СП (500 г/кг). В классе триазолов выделяются препараты на основе Тебуконазола (3 препарата): Колосаль, КЭ (250 г/л) , Глайдер, КС (500 г/л) и Гранберг, КЭ (250 г/л) , а также Флутриафола (2 препарата): Скальпель, КС (250 г/л) и Флутривит, КС (250 г/л) . Также используются препараты на основе Пропиконазола (2 препарата): Титул 390, ККР (390 г/л) и ПропиШанс, КЭ (250 г/л) , и Ципроконазола (2 препарата): Алькор, КС (400 г/л) и Рекрут, КС (400 г/л). В классе стробилюринов представлен единственный препарат на основе Пикоксистробина: Экселент, КС (250 г/л).

В ассортименте двухкомпонентных фунгицидов представлено 54 препарата, среди которых доминируют средства на основе триазолов (25 препаратов). Наиболее распространены комбинации пропиконазола + ципроконазол , такие как Альто Супер, КЭ (250 + 80 г/л), Альто Турбо, КЭ (250 + 160 г/л), Золтан, КЭ (250 + 80 г/л), Профи Супер, КЭ (250 + 80 г/л), Ранголи-Ципрос, КЭ (250 + 80 г/л), Фильтерр, КЭ (250 + 80 г/л), Пропишанс Супер, КЭ (250 + 80 г/л), Анемон, КЭ (250 + 80 г/л) и Атлант Супер, КЭ (250 + 80 г/л). Также активно используются комбинации пропиконазола + тебуконазола : Альтазол Форте, КЭ (300 + 200 г/л), Гранберг Про, КЭ (300 + 200 г/л), Комиссар, КЭ (300 + 200 г/л), Проназол Про, КЭ (300 + 200 г/л) и Титул Дуо, ККР (200 + 200 г/л). Встречаются и другие комбинации триазолов: протиоконазол + тебуконазол (Витазол Экстра, ВДГ (300 + 300 г/л), Крестраж, КЭ (80 + 160 г/л), Прозаро, КЭ (125 + 125 г/л), Фея, КЭ (125 + 125 г/л)), дифеноконазол + тебуконазол (Оплот, ВСК (90 + 45 г/л), Магнелло, КЭ (100 + 250 г/л)), тебуконазол + триадимефон (Авиаль, КЭ (125 + 100 г/л)), тебуконазол + флутриафол (Страйк Форте, КС (225 + 75 г/л), Импакт Супер, КС (225 + 75 г/л)) и эпоксиконазол + ципроконазол (Ракурс, СК (240 + 160 г/л), Флинт, ВСК (120 + 80 г/л)).

Комбинации триазолов со стробилюринами охватывают 21 препарат, включая азоксистробин + ципроконазол (Стробишанс Про, СК (200 + 80 г/л), Амистар Экстра,

СК (200 + 80 г/л), Азорит, СК (200 + 80 г/л), Триактив Экстра, КС (200 + 80 г/л)), азоксистробин + тебуконазол (Альтруист, КЭ (60 + 100 г/л), Альтруист, СК (60 + 100 г/л), Кустодия, КС (120 + 200 г/л), Тебаз Про, СК (200 + 250 г/л), Брандер, КС (200 + 160 г/л), Азоксит, КС (200 + 160 г/л)), азоксистробин + эпоксиконазол (Спирит, СК (240 + 160 г/л), Зарница, КС (200 + 187,5 г/л), Эпоксин, КС (200 + 100 г/л)), дифеноконазол + азоксистробин (Тумен, ТКС (167 + 67 г/л)), азоксистробин + дифеноконазол (Аякс, КС (200 + 125 г/л)), пикоксистробин + ципроконазол (Аканто Плюс, КС (200 + 80 г/л)), тебуконазол + флуоксастробин (Эвито Т, КС (250 + 180 г/л)), пираклостробин + тебуконазол (Оскар, КЭ (125 + 125 г/л)), крезоксим-метил + эпоксиконазол (Идеал, КС (250 + 250 г/л)), флутриафол + азоксистробин (Консул, КС (125 + 125 г/л)) и азоксистробин + протиоконазол (МиксФил, КС (150 + 120 г/л)).

Среди менее распространенных (8), но важных комбинаций выделяются триазолы + нитрилы (Персео, КС (68 + 233 г/л)), триазолы + фениламины (Дивиденд Экстрим, КС (92 + 23 г/л)), бензимидазолы + стробилурины (Азорро, КС (300 + 100 г/л), Феразим Грин, КС (300 + 100 г/л)), пиразолкарбоксамины + триазолы (Миравис Эйс, СЭ (150 + 125 г/л), Адексар, КЭ (62,5 + 62,5 г/л)) и морфолины + триазолы (Инпут, КЭ (300 + 160 г/л), Рекс Плюс, СЭ (84 + 250 г/л)).

В ассортименте трехкомпонентных фунгицидов, применяемых против комплекса болезней, представлено 14 препаратов, среди которых доминируют комбинации триазолов со стробилуринами (7 средств). Также встречаются триазолы (3 препарата), пиразолкарбоксамины + триазолы (2 препарата), а также по одному средству для морфолинов + триазолов и пиразолкарбоксаминов + триазолов + стробилуринов. Среди триазолов выделяются такие комбинации, как пропиконазол + тебуконазол + эпоксиконазол (Триада, ККР (140 + 140 + 72 г/л)), тебуконазол + пропиконазол + ципроконазол (Титул Трио, ККР (160 + 80 + 80 г/л)) и пропиконазол + флутриафол + дифеноконазол (Капелла, МЭ (120 + 60 + 30 г/л)).

Комбинации триазолов со стробилуринами включают: тебуконазол + пираклостробин + протиоконазол (Эйс, ККР (160 + 80 + 40 г/л)), тебуконазол + флутриафол + азоксистробин (Сансэр Ультра, КС (317 + 93 + 90 г/л)), тебуконазол +

крезоксим-метил + эпоксиконазол (Венто, КС (140 + 125 + 116 г/л)), азоксистробин + протиоконазол + дифеноконазол (Протазокс, КС (200 + 125 + 60 г/л)), пропиконазол + азоксистробин + ципроконазол (Амистар Трио, КЭ (125 + 100 + 30 г/л)) и азоксистробин + тебуконазол + ципроконазол (Триактив, КС (100 + 120 + 40 г/л), ТриАгро, КС (100 + 120 + 40 г/л)).

Пиразолкарбоксамиды в сочетании с триазолами представлены препаратами: пропиконазол + бензовиндифлупир + ципроконазол (Элатус Риа, КЭ (208,33 + 83,33 + 66,67 г/л)) и протиоконазол + тебуконазол + биксафен (Скайвэй, КЭ (100 + 100 + 75 г/л)). Среди морфолинов + триазолов выделяется комбинация спироксамин + тебуконазол + триадименол (Фалькон, КЭ (250 + 167 + 43 г/л)). Единственным представителем пиразолкарбоксамидов + триазолов + стробилуринов является эпоксиконазол + пираклостробин + боскалид (Кристалл, КС (160 + 100 + 90 г/л)).

Представители этой группы фунгицидов стимулируют рост растений, повышая погашение углерода, активность фермента нитрат-редуктазы и стрессоустойчивость [11]. Эффективность фунгицидов в защите яровой пшеницы от септориоза составила в среднем 53,2%, 76,3% и 94,0% для однокомпонентных (триазол), двухкомпонентных (триазол + триазол и триазол + карбоксамид) и трехкомпонентных (триазолы) фунгицидов. Эффективность против ярового ячменя от пятнистостей составила 64,3%, 68,5% и 77,1% [11].

При составлении схем применения фунгицидов важно учитывать, что все препараты как правило содержат один или несколько компонентов с различными механизмами действия, что влияет на их эффективность. Триазолы являются системными фунгицидами, тогда как имидазолы действуют как контактные. Оба класса ингибируют грибковый CYP450 (CYP51), что приводит к снижению содержания эргостерола в клеточной мембране гриба и ингибированию его роста. Однако триазолы и имидазолы менее эффективны в ингибировании образования спор по сравнению со стробилуринами и другими ингибиторами комплекса II митохондриальной дыхательной цепи, поскольку ранние стадии прорастания спор поддерживаются запасами эргостерола в спорах гриба [124].

Морфолины действуют аналогично азолам, ингибируя биосинтез стеролов в мембране грибов, но через специфические ферменты ( $\Delta 14$ -редуктазу и  $\Delta 8$   $\Delta 7$ -изомеразу) [32]. Стробилурины, производные гиперпаразитического гриба *Strobilurus tenacellus*, обладают широким спектром действия против различных грибов. Они нарушают клеточное дыхание, блокируя перенос электронов на уровне белка цитохрома *b* в митохондриях, что приводит к снижению производства АТФ, основного источника энергии для клеток [92].

Механизм противогрибкового действия бензимидазольных соединений основан на их антимиотическом эффекте, который достигается за счет связывания с  $\beta$ -тубулином. Это приводит к морфологическим изменениям в гифах мицелия, связанным с исчезновением микротрубочек [92; 107].

Хлороталонил — это ктивное вещество, эффективное против многих патогенных грибов. Он проникает в клетки грибов и воздействует на белки, регулирующие метаболические функции, необходимые для роста. Эффективность хлороталонила ограничивается необходимостью одновременных изменений в тысячах белков, что делает эволюцию грибов к устойчивости практически невозможной [32]. Карбоксамиды и пиразол-карбоксамиды ингибируют функционирование комплекса II, сукцинатдегидрогеназы в дыхательной цепи грибов. Механизм действия пиридинов и аилинопиримидинов заключается в ингибировании синтеза метионина [92].

Благодаря таким различным способам действия и способам передвижения, смеси триазольных фунгицидов со стробилуринами, другими ингибиторами комплекса II митохондриальной дыхательной цепи являются не только высокоэффективными средствами борьбы с болезнями, но и обеспечивают стратегический и более сильный контроль над появлением устойчивых штаммов грибных патогенов.

Действующие вещества триазолов проникают в кутикулу растений и перемещаются в ксилеме к верхним частям растения, подавляя психрофильные грибы. Не все стробилурины обладают системным действием; например,

азоксистробин мигрирует трансламинарно и восходящим путем по ксилеме. Ограниченная подвижность триазолов обеспечивает защиту только тех тканей, которые были на момент применения. Подвижность триазольных фунгицидов варьируется, и флутриафол считается наиболее подвижным среди них [124].

Снижении эффективности препаратов активного вещества происходит под воздействием нескольких факторов: вымывание дождевой водой или росой, снос воздействием ветра при обработке, метаболизм в растении и фотолитиз и др. Хлороталонил особенно чувствителен к фотодеградации, в то время как морфолины устойчивы к осадкам [32; 130]. Температура не влияет на поглощение и эффективность пропиконазола. Триазолы эффективны против грибных патогенов на поздних стадиях их жизненного цикла, таких как колонизация и предспоруляция. В отличие от них, стробилурины более эффективны на начальных стадиях, во время прорастания спор и начальных инфекционных процессов [72].

### **1.5. Значения микроэлементов в минеральном питании растений яровой пшеницы и ярового ячменя**

Экономические потери урожая пшеницы и ячменя часто связаны со стрессовыми условиями, которые снижают фотосинтетическую активность, вызывают опадение цветков, уменьшают размер и массу зерна, а также ухудшают его качество. Это негативно влияет на промышленную переработку зерна и препятствует реализации генетического потенциала растений [69; 139; 150; 151]. Для повышения урожайности в условиях климатических изменений важную роль играет минеральное питание, включая использование микроэлементов [45].

Микроэлементы, такие как железо (Fe), марганец (Mn), цинк (Zn), бор (B), медь (Cu), молибден (Mo), кремний (Si) и сера (S), необходимы для нормального роста и развития растений, даже в незначительных количествах (таблица 2). Они участвуют в ключевых метаболических процессах, таких как фотосинтез, дыхание и синтез важных соединений. Например, медь важна для транспорта электронов, а марганец участвует в дыхательных процессах.

Таблица 2 – Микроэлементы, необходимые для роста растений, их роль в метаболизме растений и симптомы, связанные с их недостатком.

| Микроэлементы | Путь                                            | Ферменты                                                                                                               | Основные симптомы при недостатке                                                                                                            | Источник                                          |
|---------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Медь (Cu)     | Транспорт электронов                            | Оксидаза аскорбиновой кислоты, тирозиназа, моноаминоксидаза, уриказа, цитохромоксидаза, фенолят, лакказ и пластоцианин | Хлороз молодых листьев                                                                                                                      | $\text{Cu}^{2+}$                                  |
| Хлор (Cl)     | Фотосинтетические реакции                       |                                                                                                                        | Плохая всхожесть, хлороз и некротические поражения.                                                                                         | $\text{Cl}^-$                                     |
| Марганец (Mn) | Дыхание                                         | Некоторые дегидрогеназы, декарбоксилазы, киназы, оксидазы и пероксидазы                                                | Снижение содержания сахара и целлюлозы, повышенная чувствительность к засухе, снижение плодovitости.                                        | $\text{Mn}^{2+}$                                  |
| Молибден (Mo) | Поглощение растениями азота                     | Нитрогеназа, азот-редуктаза                                                                                            | Симптомы дефицита молибдена схожи с симптомами дефицита азота (хлороз) или серы. Основные симптомы - снижение роста и бледно-зеленая листва | $\text{HMoO}_4^-$ –<br>$\text{MoO}_4^{2-}$        |
| Бор (B)       | Деление клеток, рост и функционирование мембран | Синтез урацила, структура клеточной стенки                                                                             | Задачи, связанные с формированием клеточной стенки, включая отмирание точек роста, снижение роста побегов, корней и репродуктивных органов  | $\text{BO}_3^-$ or<br>$\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ |
| Цинк (Zn)     | Транспорт электронов и биосинтез ауксина        | Спиртовая дегидрогеназа, глутаминовая дегидрогеназа и карбоновая ангидраза                                             | межилковый хлороз и некроз новых листьев                                                                                                    | $\text{Zn}^{2+}$                                  |
| Железо (Fe)   | Синтез хлорофилла, фотосинтез, дыхание          | Аконитаза, каталаза, пероксидазы и некоторых ферментов цикла Кребса                                                    | Молодые листья сильно хлорируются и могут стать белыми или желто-белыми                                                                     | $\text{Fe}^{3+}$<br>$\text{Fe}^{2+}$              |

Сера может быть лимитирующим фактором, особенно на глинистых и песчаных почвах с низким содержанием органики [10].

Дефицит микроэлементов проявляется в виде специфических симптомов, таких как хлороз (пожелтение листьев), снижение роста и нарушения формирования клеточных структур (таблица 2). Например, недостаток железа вызывает хлороз молодых листьев, а дефицит молибдена приводит к бледно-зеленой листве и замедлению роста [11].

Сера может быть лимитирующим фактором, особенно на глинистых и песчаных почвах с низким содержанием органики [10].

Дефицит микроэлементов проявляется в виде специфических симптомов, таких как хлороз (пожелтение листьев), снижение роста и нарушения формирования клеточных структур (таблица 2). Например, недостаток железа вызывает хлороз молодых листьев, а дефицит молибдена приводит к бледно-зеленой листве и замедлению роста [111].

#### **1.5.1. Сера и её формы, усвоение растениями пшеницы и ячменя**

Сера - важнейшее питательное вещество для растений, необходимое для различных физиологических процессов. Основные соединения серы включают: восстановленную серу (диметилсульфид, карбонилсульфид, диоксид серы), растворенные сульфаты в водных системах и сульфиды металлов в осадочных породах [104].

Существует три основных источника серы для растений: атмосферные осадки, разложение органических остатков и удобрения (сульфат, элементарная сера, сочетание сульфата и элементарной серы, жидкие серные удобрения). Атмосферная сера образуется в результате использования ископаемого топлива и может окисляться в диоксид серы, который осажается в виде сульфатов [93]. Элементарная сера — дорогое удобрение, экономически целесообразное только в регионах с месторождениями. Растения усваивают ее лишь после преобразования микроорганизмами в сульфат [134]. На этот процесс влияют факторы, такие как качество измельчения, температура и влажность почвы, тип почвы, активность



микрофлоры и количество ионов. Элементарная сера выносится из верхнего слоя почвы незначительно и действует дольше, чем другие серные удобрения. Ее полная натуральность и долговечность делают ее рекомендуемым фитосанитарным решением по сравнению с синтетическими составами [93].

Сульфатсодержащие удобрения, такие как сульфат аммония и сульфат калия, обеспечивают немедленный доступ серы для растений и составляют основную часть S-удобрений, вносимых в почву. Сера в этих удобрениях представлена в виде иона  $\text{SO}_4^{2-}$ , что делает её сразу доступной для поглощения растениями [62; 134]. Они также являются хорошими источниками S и других элементов, таких как N, P, K, Mg, Cu, Fe, Mn и Zn. Примеры таких соединений включают сульфат аммония (24% серы и 21% азота), сульфат магния (28-30% серы), сульфат калия (18% серы и 50% калия), простой суперфосфат (12% серы и 15-20% фосфора) и фосфогипс (17,7-23.4%) и др. [103].

Серные удобрения также доступны в жидкой форме, среди которых наиболее известны тиосульфат аммония, тиосульфат калия и тиосульфат кальция [77]. Эти удобрения быстро усваиваются растениями, что позволяет им практически мгновенно реагировать на дефицит серы. Такой тип удобрений часто называют "стартовым удобрением".

### **1.5.2. Дефицит серы в пахотных почвах, влияние избытка и недостатка серы на пшеницу и ячмень**

Избыток серы (S) в почве может привести к ее подкислению [141; 155], что негативно сказывается на биосинтезе глютена и вызывает токсичность для элементов, таких как Al и Mn. Пшеница и ячмень особенно чувствительны к этой токсичности [128]. Подкисленные почвы также могут вызывать дефицит P, Ca, Mg и Mo, так как сульфат-ионы ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) конкурируют с молибдат-ионами ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) за поглощение корнями [115]. Высокие дозы S-удобрений могут негативно влиять на урожайность пшеницы [54; 63]. Важно учитывать S как питательное вещество в сельском хозяйстве и применять "4Rs" – правильное место, норму, время и источник для удобрений.

В последние десятилетия почвы почти во всех регионах мира характеризуются снижением доступности подвижных соединений серы для растений. В зависимости от страны, от 20% до 90% пахотных земель имеют низкую обеспеченность серой. Например, в России дефицит серы составляет 57,8% [4], в Великобритании — 23%, в Германии — 40% [90], а в Индии — 58,6% [138]. Наиболее высокий дефицит наблюдается в Эфиопии — 92% [88], в Польше — 91,7% [71] и в Бангладеш — 80% [108].

Недостаток серы обусловлен уменьшением выбросов с предприятий и других источников в результате экологических мер. Модели Feinberg et al. [90] показывают, что глобальное выпадение серы снизилось на 40-56%. С 2010 по 2017 год выбросы диоксида серы в Китае сократились на 62% [155], а с 1900 по 2010 год — на 70% в Европе [90]. Однако этих сокращений недостаточно для удовлетворения потребностей культур серой. Использование очищенных минеральных удобрений с высоким содержанием NPK, но без серы, также усугубляет проблему. Замена суперфосфата и сульфата аммония на мочевины и другие удобрения привела к резкому сокращению поставок серы, что создает отрицательный баланс.

Дефицит серы, как и азота, замедляет рост и вызывает пожелтение листьев, так как образуется меньше хлорофилла (рисунок 4). Он снижает урожайность и питательную ценность зерна, уменьшая количество колосьев, зерен и массу зерна. Также дефицит серы влияет на содержание и состав белка в пшенице и ячмене [155]. Это приводит к ремобилизации сульфата из вакуолей, нарушению азотного обмена и снижению синтеза липидов и фитогормонов and. В результате снижается фотосинтетическая активность и устойчивость растений к стрессам.

Важно отметить, что, избыток серы (S) в почве может приводить к ее подкислению, что негативно сказывается на биосинтезе глютена и вызывает токсичность для таких элементов, как Al и Mn, особенно у пшеницы и ячменя [128; 141; 155]. Подкисленные почвы также могут вызывать дефицит P, Ca, Mg и Mo, так как сульфат-ионы ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) конкурируют с молибдат-ионами ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) за поглощение

корнями [115]. Важно учитывать S как питательное вещество в сельском хозяйстве и применять "4Rs" – правильное место, норму, время и источник для удобрений.



Рисунок 4. Симптом недостатка серы у растений недостатка серы у растений пшеницы (А) и ячменя (Б) [145; 146].

### 1.5.3. Значения серы в производстве пшеницы и ячменя

Сера играет ключевую роль в защите растений от биотического и абиотического стресса, а также в повышении урожайности и качества пшеницы и ячменя [54; 101]. С древних времен сера известна своими фунгицидными свойствами и используется в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями. Ее фунгицидный эффект обусловлен токсическим действием на патогены и продуктами распада, такими как  $H_2S$ , которые нарушают рост грибов, блокируя прорастание спор и подавляя клеточное дыхание. Сера, входя в состав различных соединений (цистеин, метионин,  $H_2S$ , сульфолипиды, глюкозинолаты, фитоалексин и глутатион), усиливает естественную устойчивость растений, известную как серо-индуцированная устойчивость. Серосодержащие соединения играют ключевую роль в восприятии патогенов и активации сигналов, связанных с защитными процессами, регулируемые растительными гормонами (салициловая кислота, жасмоновая

кислота, этилен) и реактивными формами кислорода [101; 110; 150; 151]. Сера также является важным компонентом витаминов, аминокислот и антиоксидантов, играя ключевую роль в детоксикации активных форм кислорода и биосинтезе витаминов [57; 101]. Эти соединения повышают устойчивость к биотическим (патогены и вредители) и абиотическим (засуха, холод, избыток тяжелых металлов) стрессам [101].

Некорневое внесение элементарной серы снижает поражение ячменя фузариозной головней на 32 % и повышает урожайность на 13 % [100]. Применение NaHS снижает развитие *F. graminearum* и улучшает параметры роста пшеницы [154]. NaHS генерирует  $H_2S$ , который снижает содержание  $H_2O_2$  и малондиальдегида, повышая активность антиоксидантных ферментов и устойчивость пшеницы к *F. graminearum* [154]. Внесение серных удобрений с тиабациллом снижает тяжесть патогена *Gaeumannomyces graminis* на пшенице и ячмене [96]. Комбинированное внекорневое применение S и ципроконазола уменьшает мучнистую росу и задерживает старение листьев, увеличивая урожайность пшеницы [116]. S также эффективно борется с вредителями, такими как трипсы и красный паутинный клещ [144].

Внесение удобрений помогает растениям образовать больше зерна и повышает урожайность зерновых. Это связано с тем, что внесение удобрений помогает растениям поглощать больше солнечного света в критический период, вероятно, благодаря увеличению площади поверхности листьев [126]. В пшенице и ячмене S играет важную роль в технологическом качестве зерна и его хлебопекарной ценности, воздействуя на качество белков. Сера (S) играет ключевую роль в индукции генов протеаз, связанных со старением, в листьях ячменя [145]. Применение S модифицирует гордеины (проламины), основные резервные белки ячменя. Внесение удобрений улучшает солодовый экстракт и 5-аминолевулиновую кислоту, снижая твердость солода [126]. Глутаминсинтетаза (GS) и переносчики аминокислот (AAT) важны для усвоения и рециркуляции азота. S влияет на экспрессию генов HvGS (HvGS1-1, HvGS1-2, HvAAP7 и HvProT1) и HvAAT, регулируя ремобилизацию

аминокислот через флоэму ячменя [145]. Также S влияет на метаболизм углерода и синтез крахмала в пшенице, участвуя в экспрессии генов SnRK1, SuSy и крахмалсинтазы, а также генов SnRK2, ответственных за устойчивость к абиотическим стрессам [127]. Объем и качество хлеба зависят от количества цистеина и метионина в зернах. Эти S-содержащие аминокислоты образуют дисульфидные связи (SS) в клейковинной фракции белков, придают муке окислительные свойства, а тесту - эластичность и прочность. Внесение сульфата аммония и сульфата калия улучшило урожайность и увеличило содержание белка в яровом ячмене до 6% [71]. Максимальный урожай зерна и соломы ячменя был получен при обработке, включающей внесение 20 кг/ га в Эфиопии [67]. Внесение S-содержащих удобрений для опудривания семян оказало положительное влияние на накопление белка и клейковины яровой пшеницей. По этим показателям товарная продукция соответствовала 2-му и третьему товарным классам [26] (Захарова и др., 2018).

В России [63] исследовали экономическую эффективность применения комплексных минеральных удобрений NPKS на типичных черноземных почвах, и в результате было отмечено, что на черноземных почвах NPKS ниже, чем на темно-серой лесной почве. Таким образом, рентабельность применения NPKS под яровую пшеницу составила 122 % на типичном черноземе и 136 % на темно-серой лесной почве [63].

## **ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1. Место и почвенные условия проведения исследований**

Опыты проводились в 2022-2024 гг. на экспериментальном поле Технологического центра по земледелию ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»), расположенном в Новомосковском АО, д. Соколово.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая на морене в комплексе до 10% слабокислой. Мощность пахотного горизонта составляет 26-28 см, содержание органического вещества варьируется в пределах 3,2-4,1%, pH соль 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.

### **2.2. Метеорологические условия проведения исследований**

#### **2.2.1. Характеристика агроклиматических условий Московской области**

Климат Московской области умеренно континентальный, что связано с удаленностью от крупных водоемов. Сезоны четко выражены: лето теплое, а зима умеренно холодная с устойчивым снежным покровом. Промерзание почвы достигает 1 метра. Среднегодовая температура воздуха составляет  $+3,7$ – $+3,8^{\circ}C$ , а количество осадков варьируется от 540 до 650 мм. В Московской области 171 день в году наблюдаются осадки, в основном в виде дождя. Несмотря на достаточное увлажнение, бывают годы с дефицитом влаги. Летний световой день длится 15-17 часов, а период активной вегетации с температурой выше  $10^{\circ}C$  составляет 138-140 дней, с суммарной величиной активных температур не более  $2050^{\circ}C$ . Период с температурой ниже  $0^{\circ}C$  длится 120-135 дней, начинаясь в середине ноября и заканчиваясь в конце марта [3].

#### **2.2.2. Метеорологические условия в годы проведения исследования**

За последние три года (2022–2024) наблюдается заметное повышение температуры по сравнению со среднемноголетними значениями, особенно в весенние

и летние месяцы. В марте 2022, 2023 и 2024 годов температура во всех декадах была выше среднемноголетних показателей, с наибольшим отклонением в третьей декаде марта 2023 года, когда температура превысила норму на  $5,2^{\circ}\text{C}$ . Аналогичная тенденция наблюдалась в апреле, где в 2023 и 2024 годах температура значительно превышала средние значения, особенно в первой декаде апреля 2024 года, когда отклонение составило  $+6,0^{\circ}\text{C}$ . В мае 2022 года температура была ниже нормы, но уже в 2023 и 2024 годах отмечалось повышение, особенно в третьей декаде мая 2024 года, когда температура была выше среднемноголетней на  $4,4^{\circ}\text{C}$ .

Летние месяцы также демонстрируют тенденцию к потеплению. В июне 2022 и 2024 годов температура была выше среднемноголетних значений, с наибольшим отклонением в первой декаде июня 2024 года ( $+3,1^{\circ}\text{C}$ ). В июле 2022 и 2024 годов температура также превышала норму, особенно в первой декаде июля 2024 года, когда отклонение составило  $+5,2^{\circ}\text{C}$ . В августе 2022 года температура была значительно выше среднемноголетних значений, но в 2023 и 2024 годах наблюдались колебания, с понижением в третьей декаде августа 2023 года на  $1,0^{\circ}\text{C}$  (рисунок 5 и приложение А. 1, А. 2, А. 3).

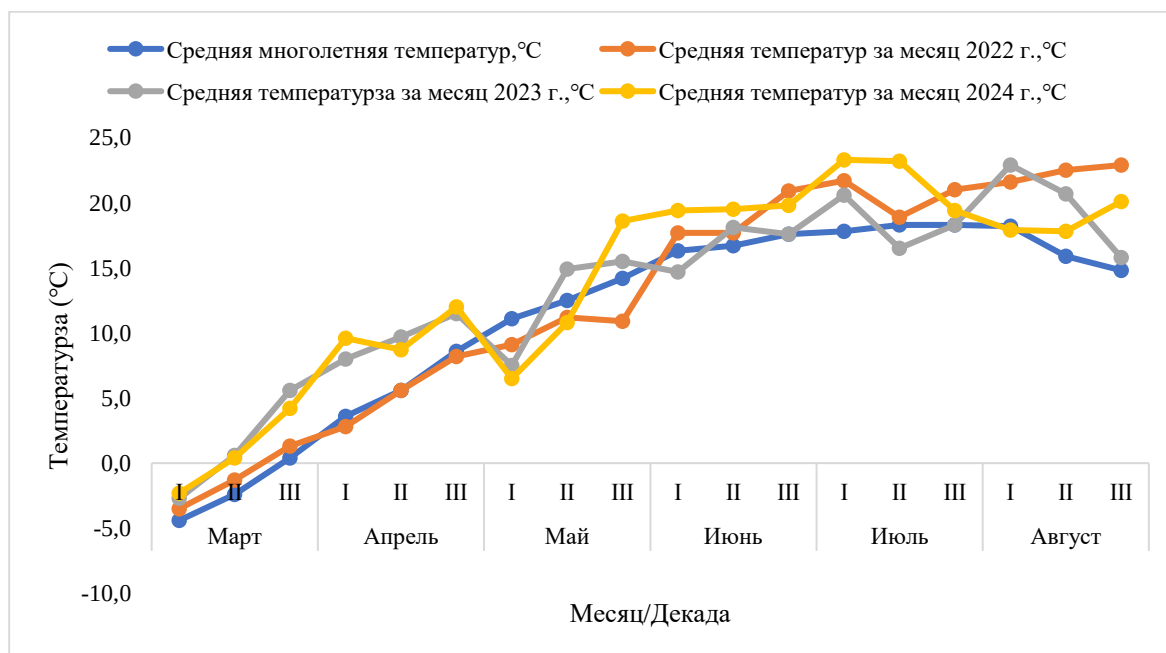


Рисунок 5. Средняя температура за годы исследований и среднемноголетние данные

Анализ метеорологических условий за годы исследований (2022-2024 гг) в части количества осадков в сравнении со среднемноголетними значениями позволяет

выявить значительные колебания. В марте 2022 года сумма осадков была ниже среднемноголетних значений, особенно во второй декаде, когда осадки отсутствовали полностью. Однако в 2023 году март оказался более влажным, с превышением нормы во второй и третьей декадах (25,2 мм и 25,8 мм соответственно). В 2024 году март был засушливым, особенно в первой и второй декадах, когда выпало всего 0,4 мм осадков.

Апрель 2022 года характеризовался аномально высоким количеством осадков в первой декаде (29,1 мм при норме 11,1 мм), тогда как в 2023 году вторая декада апреля была практически без осадков (0,2 мм). В 2024 году во второй декаде апреля наблюдалось значительное увеличение осадков (33,0 мм), что почти в два раза превысило среднемноголетние значения. Май 2022 года был относительно влажным, особенно в третьей декаде (39,0 мм), но в 2023 и 2024 годах наблюдались значительные колебания: в 2023 году вторая декада мая была засушливой (2,1 мм), а в 2024 году третья декада мая прошла без осадков.

Летние месяцы также показали неоднородное распределение осадков. В июне 2022 года количество осадков было ниже нормы, особенно в третьей декаде (2,1 мм). Однако в 2023 году июнь был более влажным, с превышением нормы в третьей декаде (52,7 мм). В 2024 году вторая декада июня выделилась аномально высоким количеством осадков (121,4 мм), что значительно превысило среднемноголетние значения. Июль 2023 года оказался крайне дождливым, особенно во второй и третьей декадах (71,8 мм и 77,3 мм соответственно), тогда как в 2022 и 2024 годах количество осадков было ближе к норме или ниже. Август 2022 года был засушливым, с минимальным количеством осадков во всех декадах (менее 2 мм), но в 2023 и 2024 годах наблюдалось восстановление уровня осадков, хотя и с неравномерным распределением.

В целом, за период 2022–2024 годов наблюдаются значительные отклонения от среднемноголетних значений осадков, с периодами аномально высокой влажности (июнь 2024 года, июль 2023 года) и засушливости (март 2024 года, август 2022 года)



(рисунок 6 и приложение А. 1, А. 2, А. 3).

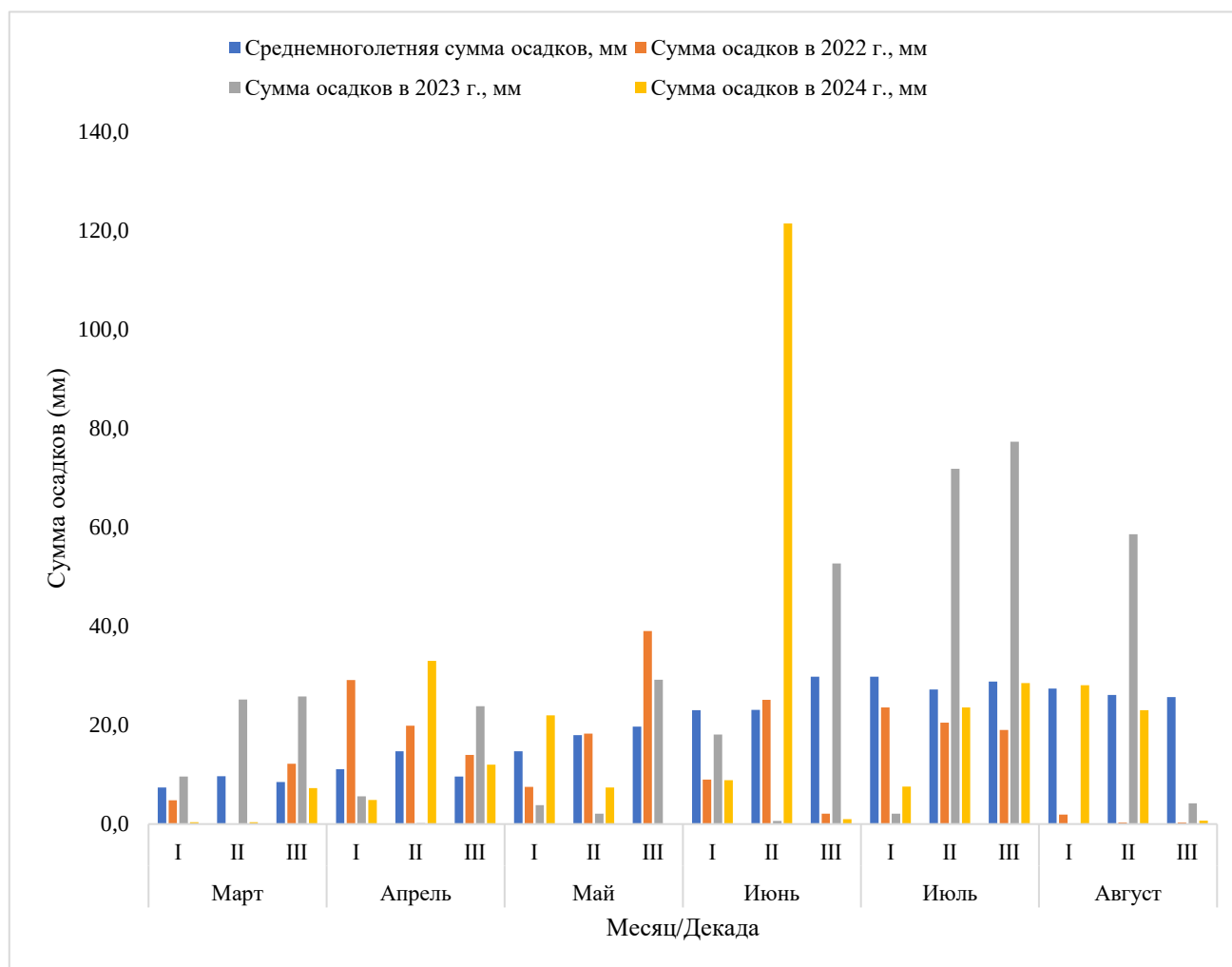


Рисунок 6. График сравнения осадков за годы исследований и среднемноголетних данных

## 2.3. Объекты и методика проведения исследования

### 2.3.1 Характеристика сортов и пестицидов

Объектами исследований служили три фунгицида (Альто Супер, КЭ, Колосаль Про, КМЭ, Капелла, МЭ), одно серосодержащее листовое удобрение (Ультрамаг СуперСера-900), два сорта ярового ячменя (Нур и Надежный) и два сорта яровой пшеницы (Радмира и Беяна).

**Предмет исследования** – динамика развития грибов в посевах ярового ячменя и яровой пшеницы, урожайность зерна.

**Сорт Нур.** Ячмень яровой (*Hordeum vulgare* L.) сорта Нур был включен в реестр в 2002 году. Этот сорт относится к группе зернофуражных и пивоваренных культур

и характеризуется среднеспелостью с вегетационным периодом от 70 до 93 дней. Масса 1000 зёрен составляет от 39 до 47 граммов, а средняя урожайность в различных регионах достигает 34,2 центнера на гектар. Сорт Нур зарегистрирован в Госреестре для Центрального (3) и Средневолжского (7) регионов, и его рекомендуют для возделывания в Московской области и Республике Татарстан. Сорт обладает высокой устойчивостью к полеганию и хорошо противостоит пыльной и каменной головне. Однако он умеренно восприимчив к корневым гнилям и стеблевой ржавчине, а также восприимчив к полосатой пятнистости и сильно подвержен гельминтоспориозу. Засухоустойчивость сорта Нур оценивается как средняя. В целом, сорт демонстрирует хорошие агрономические характеристики и подходит для различных условий возделывания, что делает его привлекательным выбором для сельскохозяйственных производителей.

**Сорт Надежный** — это яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.), который был включен в реестр допущенных сортов в 2017 году. Он относится к группе среднеспелых сортов с вегетационным периодом от 71 до 89 дней. Масса 1000 зёрен составляет 41-51 грамм, а средняя урожайность в различных регионах достигает 39,5 центнеров с гектара. Надежный зарегистрирован в Госреестре для Центрального и Волго-Вятского регионов. Рекомендуется для возделывания в таких областях, как Калужская, Рязанская, Смоленская, Тульская, Нижегородская, Свердловская, а также в Пермском крае и Удмуртской Республике. Он обладает высокой устойчивостью к полеганию, хорошей засухоустойчивостью и умеренной устойчивостью к корневым гнилям. Надежный демонстрирует отличные агрономические характеристики и подходит как для зернофуражного, так и для пивоваренного производства.

**Сорт Радмира.** Радмира сорт мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), который был включен в реестр допущенных сортов в 2020 году. Масса 1000 зёрен составляет от 32 до 41 граммов. Средняя урожайность в регионах составляет 30,8 центнера на гектар. Сорт относится к среднеспелым, с вегетационным периодом от 76 до 107 дней. Он рекомендован для возделывания в Центральном и Волго-Вятском регионах. Устойчивость сорта Радмира к полеганию

соответствует уровню стандартов, а также он обладает умеренной устойчивостью к таким заболеваниям, как мучнистая роса, бурой ржавчине, пыльной и твёрдой головне.

**Сорт Беяна** — это высококачественная мягкая яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), запатентованная в 2022 году. Масса зёрен: 1000 зёрен этого сорта весит от 31 до 47 граммов. Средняя урожайность в различных регионах колеблется от 2,98 до 5,93 центнера на гектар. Сорт относится к среднеспелым, с вегетационным периодом от 91 до 126 дней. Сорт Беяна демонстрирует высокую устойчивость к полеганию, превосходя сорт Радмира. Он также обладает высокой устойчивостью к таким заболеваниям, как мучнистая роса, пыльная и твердая головня, а также умеренной устойчивостью к стеблевой ржавчине и фузариозу колоса, что делает его надежным выбором для сельского хозяйства [21].

**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. Такое сочетание механизмов действия обеспечивает высокую эффективность в борьбе с широким спектром заболеваний. Капелла МЭ характеризуется высокой скоростью действия, быстро проникая через листья и стебли растений и перемещаясь акропетально. Препарат обладает длительным защитным эффектом, что делает его надежным инструментом для повышения урожайности и качества зерновых культур [21].

Препарат Капелла, МЭ проявляет защитное действие в течение 3–4 недель. При эпифитотийном развитии заболеваний период защиты сокращается до 7–10 дней. Эффект от обработки наступает уже через 2–3 часа после применения. Согласно рекомендациям, фунгицид используется на посевах пшеницы и ячменя в дозах 0,8–1,0 г/га. Оптимальный период обработки — фаза выхода в трубку до начала колошения. Капелла хорошо совместим с большинством пестицидов для создания

баковых смесей. Тем не менее, перед применением необходимо проводить проверку совместимости конкретных препаратов для избежания негативных реакций [21].

**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 на капеллу, МЭ. Фунгицид обладает профилактическим, лечебным и искореняющим действием. После применения он проникает в растение и распределяется по нему, начиная с основания стебля и достигая колоса, а также от основания листа к его вершине. Действие препарата на возбудителей болезней начинается в течение нескольких часов после применения. Альто Супер, КЭ после применения проникает в растение и распространяется снизу вверх по стеблю к колосу и от основания листа к его вершине, начинается действие препарата на возбудителя болезни в течение нескольких часов. Такой механизм способствует равномерному распределению действующих веществ по растению и препятствует их смыванию. Действие Альто Супер, КЭ продолжается более 3-4 недель, что обеспечивает максимальную защиту растений в критические периоды их роста. Рекомендуемая доза применения составляет 0,4-0,5 г/га на посевах пшеницы и ячменя, с оптимальным периодом обработки в вегетационный период до конца колошения. Фунгицид совместим в баковых смесях с большинством пестицидов и удобрений, используемых на зерновых культурах, что делает его удобным для применения в агрономической практике [21].

**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. Механизм действия Колосаль Про, КМЭ основан на ингибировании биосинтеза эргостерола в клеточных мембранах фитопатогенов с помощью тебуконазола и пропиконазола. Это приводит к разрушению клеточных стенок возбудителей, остановке роста мицелия и их последующей гибели. Действующие вещества перемещаются акропетально по ксилеме (снизу вверх по стеблю к колосу и от

основания листа к его верхушке), быстро поглощаясь вегетативными частями растений. Колосаль Про проникает в растение через листья и стебли в течение 2–4 часов после обработки. Препарат обладает длительным защитным действием (4–5 недель), что позволяет сократить количество обработок и повысить качество урожая. Благодаря высокой проникающей способности, Колосаль Про, КМЭ устойчив к смыванию дождем. Рекомендуется применять препарат на посевах пшеницы и ячменя в дозах 0,3–0,4 л/га. При приготовлении баковых смесей Колосаль Про, КМЭ следует добавлять в бак опрыскивателя последним. Не рекомендуется смешивать его с препаратами, имеющими сильноокислую или сильнощелочную реакцию. Перед применением необходимо проверить баковую смесь на совместимость и фитотоксичность по отношению к обрабатываемой культуре [21].

**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. Оптимальная доза составляет 0,2-3 л/га с возможностью проведения 1-3 подкормок за вегетационный период (ГКТ, 2023). Ультрамаг СуперСера-900 совместим в баковых смесях с большинством пестицидов и удобрений, используемых на зерновых культурах, что делает его удобным для применения в агрономической практике [21].

### **2.3.2. Полевые методики исследования**

Полевые исследования были проведены в 2022–2024 гг. на опытном поле Технологического центра по земледелию ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»), расположенному в Новомосковском АО, д. Соколово.

Схема многофакторного опыта представлена в таблице 3. Площадь опытной деланки – 4м×7,5м (30м<sup>2</sup>). Повторность опыта трехкратная, расположение деланок рандомизированное. Препараты применяли с помощью ручного опрыскивателя. Посевные качества семян по ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества».

Предшественниками культур являлись зернобобовые культуры, что способствует снижению численности вредителей и улучшению плодородия почвы. Основная обработка почвы включала культивацию при помощи специализированной техники, например 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 направлена на создание оптимальных условий для посева. Она включает культивацию на глубину до 8 см при наличии физической спелости почвы. Этот этап помогает удалить сорняки и заделать ранее внесенные удобрения. Завершающим шагом является предпосевное боронование с использованием РВК-3,6 [14; 15].

Основное минеральное питание растений осуществляли за счет внесения удобрений в дозировке N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub>. Для поддержания интенсивного роста культур была проведена дополнительная подкормка азотными удобрениями в количестве 100 кг/га.

Для повышения всхожести и защиты семян от болезней использовали нами препарат Оплот Трио, ВСК (Азоксистробин 40 г/л Дифеноконазол 90 г/л Тебуконазол 45 г/л) в дозе 0,5 л/т для протравливания семян. Защитные мероприятия против сорняков начинаются с фазы кущения. В этот период 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. Такая комбинация позволяет эффективно контролировать как двудольные, так и злаковые сорняки. Для защиты посевов от вредителей применяли инсектицид Децис Профи, ВДГ (Дельтаметрин 250 г/кг) при 0,03 г/га [14; 15]. Это средство обеспечивает

надежную защиту растений от основных насекомых-вредителей, таких как жуки-щелкуны, тли и совки.

Таблица 3 – Схема опыта в 2022–2024 гг.

| Вариант, № | Препарат                                     | Норма расхода   |
|------------|----------------------------------------------|-----------------|
| 1          | Контроль без обработки                       | -               |
| 2          | Альто Супер, КЭ                              | 0,5л/га         |
| 3          | Колосаль Про, КМЭ                            | 0,4л/га         |
| 4          | Капелла, МЭ                                  | 1л/га           |
| 5          | Альто Супер, КЭ + Ультрамаг Супер Сера-900   | 0,5л/га + 3л/га |
| 6          | Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900 | 0,4л/га + 3л/га |
| 7          | Капелла, МЭ + Ультрамаг Супер Сера-900       | 1л/га + 3л/га   |

**Полевой мониторинг.** В течение всего вегетационного периода на опытных участках проводили регулярное наблюдение для оценки фитосанитарного состояния до и после опрыскивания. В основные фазы развития яровой пшеницы и ярового ячменя, учет динамики распространенности, степени поражения и развитие этих грибных болезней осуществлялся после появления первых симптомов. Объем пробы для каждого варианта опыта составил 240 растений для определения степени развития заболевания. Однако с каждой делянки использовали 3 нестационарных рамках по 1м<sup>2</sup> для оценки распространённости грибных заболеваний. Образцы различных заболеваний, полученные в ходе полевых наблюдений, помещали в бумажные пакеты, на которые указывались дата, название участка, вид и сорт. Эти образцы затем доставлялись в лабораторию для микологического исследования.

**Распространенность болезни** определяется как доля пораженных растений (или их отдельных частей) относительно общего количества растений в пробе. Этот показатель выражается в процентах и рассчитывается по формуле (Кекало А.Ю. и др. 2017):  $P (\%) = \frac{n}{N} 100$ , где: n – количество пораженных растений в пробе, а N – общее количество растений в пробе, включая как больные, так и здоровые.

**Степень поражения растений** представляет собой качественный показатель, который отражает проявление болезни. Он определяется по площади пораженной поверхности органов растений, такие как пятна или пустулы, а также по

выраженности других симптомов заболеваний. Пятнистости листьев, мучнистая роса и фузариоз колоса по 5-балльной шкале (рисунок 7) [28; 65], а стеблевая ржавчина по шкале Петерсона [123]. **Развитие болезни** отражает среднюю степень поражения как отдельного участка, так и всего поля. При анализе развития болезни как интегрального показателя, расчет осуществляется с использованием определенной формулы [28]:  $R(\%) = \frac{\sum(a*b)}{N*K} 100$ , где: R – развитие болезни,  $\sum(a*b)$  – сумма произведений количества больных растений (a) на соответствующий им балл поражения (b), N – общее количество растений в пробе (как больных, так и здоровых) и K – максимальный балл шкалы учета.

**Биологическая эффективность** препаратов, таких как фунгициды, играет ключевую роль в агрономии, позволяя выбрать наиболее эффективные средства защиты растений. Она определяется по снижению распространенности и интенсивности развития болезни по сравнению с контролем. Для определения её применяется следующая формула:  $БЭ(\%) = \frac{(K-O)}{K} 100$ , где: K и O — распространенность или развитие болезни соответственно в контроле и опытном варианте.

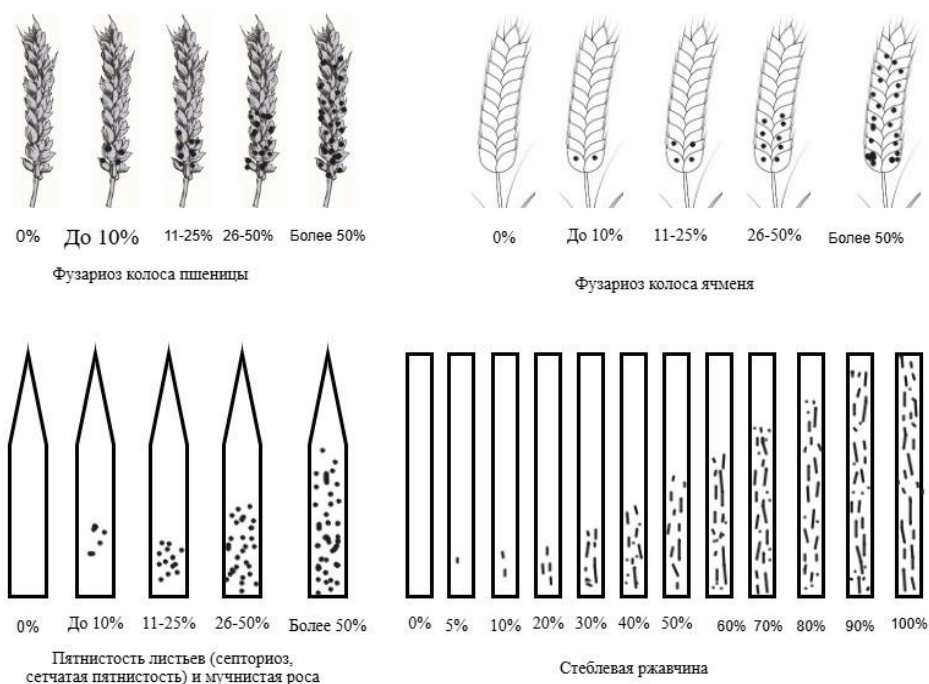


Рисунок 7. Учет степени поражения посевов



**Параметры урожайность.** Структуру урожая учитывали по методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Структуру урожая изучали на материале с фиксированных площадок ( $0,25 \text{ м}^2$ ) в 2-х местах делянки всех повторностей опыта. Учет урожая методом комбайновой уборки 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 новых сортов, качество зерна (массу 1000 зерен, содержание белка).

### **2.3.3. Лабораторные методики исследования**

**Подготовка среды для выделения патогенных.** Для выделения, очистки и длительного хранения патогенов использовали среду картофельно-глюкозный агар (КГА) (на 1 л). Сначала сварили картофельный бульон из расчета 200 г (для хранения) - 400 г (для опытов) картофеля на литр воды. После этого картофель удалили, добавили глюкозу из расчета 2 г на 100 мл, разлили по колбам, добавили агар из расчета 1,1 г на 100 мл, закрыли колбы фольгой (сложив минимум в 2 слоя), провели автоклавирование, добавили антибиотик/фунгицид и разлили по чашкам в боксе.

**Выделение и очистка грибов из пораженных колосьев и листьев.** В лабораторных условиях патогены были выделены из зерна и фрагментов листьев растения, проявляющих характерные симптомы болезни. Для сегментов листьев вырезали квадрат шириной около 5 мм вокруг пятнистых симптомов, обычно состоящих из некротического пятна, часто окруженного хлоротичным кольцом. Образцы сначала промывают проточной водой и в ламинарном боксе дезинфицируют поверхностно 1% раствором гипохлорита натрия в течение 1 минут, затем в течение 30 секунд в 70% этаноле и затем трижды промывают стерильной дистиллированной водой. После стерилизации образцы помещали в стерильные влажные камеры и на КГА в чашках Петри с антибиотиком (пенициллин). и их инкубировали при температуре  $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  в течение 2-4 дней. Для получения чистых изолятов каждый полученный изолят пересевают стерильным пинцетом в центр чашки Петри, содержащей среду КГА, а затем инкубируют при  $26^{\circ}\text{C}$  в течение 6 дней.

**Получение мицелия для молекулярных исследований.** Для каждого чистого штамма мицелий выращивают в чашках Петри на гороховой среде (10 г гороха на 100 мл воды. Кипятить в течении 5 мин, автоклавировать, разлить). После 7 дней выращивания при 26°C мицелий выложили на стерильную фильтровальную бумагу для удаления всех следов среды.

**Выделение ДНК.** Мицелий измельчили вручную в ступке с использованием корунда ( $Al_2O_3$ ) и 500 мкл 2% СТАБ-буфера. Полученную смесь перенесли в микропробирку и добавили еще 500 мкл буфера. После гомогенизации на вортексе смесь инкубировали в термостате при 65°C в течение 1 часа, встряхивая пробирку каждые 15 минут. По завершении инкубации добавили 500 мкл хлороформа и провели центрифугирование при 5°C в течение 10 минут. Верхний слой (супернатант) аккуратно перенесли в новую микропробирку, избегая захвата нижнего слоя. Если супернатант оставался мутным, процедуру с хлороформом повторяли. Затем добавили 70 мкл  $CH_3COOK$  и 400 мкл изопропанола, после чего снова центрифугировали при 5°C в течение 10 минут. Надосадочную жидкость удалили, а оставшийся осадок ("медузку") промыли 150 мкл 70% этанола, центрифугировали 5 минут и удалили спирт. Процедуру промывки повторили. Осадок высушили от остатков спирта (возможно использование термостата при 50°C), добавили 50 мкл деионизированной воды или ТЕ-буфера и поместили в морозильник при -20°C для хранения.

**Амплификация.** Обработали бокс ультрафиолетом, приготовили реакционную смесь: вода, ТАВ-буфер  $\times 10$ , dNTP, Праймер 1, Праймер 2, Полимераза (избегали размораживания). Разлили смесь по микропробиркам по 23 мкл, добавили в каждую по 2 мкл ДНК. Поместили пробирки в амплификатор (термоциклер), установили программу и запустили процесс. После завершения амплификации ампликоны можно было заморозить.

**Электрофорез/Очистка ампликона.** Приготовили 1% агарозный гель: растворили 1 г агарозы в 99 мл TBE-буфера, нагревая в микроволновке до полного растворения. Добавили 20 мкл бромистого этидия и тщательно перемешали. Залили

раствор в форму, предварительно выровненную по уровню, вставили гребенки и дождались застывания. Для полного затвердевания и охлаждения перенесли форму в холодильник.

Установили форму в камеру для электрофореза, при необходимости долили TBE-буфер. Аккуратно извлекли гребенки, чтобы не повредить гель. В крайние лунки внесли по 10 мкл маркера (ladder). К ампликону (ПЦР-продукту) добавили по 2 мкл Loading dye (загрузочного буфера) и аккуратно внесли смесь в лунки (пипетку вставляли в лунку и осторожно выпускали содержимое). Поскольку ДНК имеет отрицательный заряд, электрофорез проводился от черного электрода (-) к красному (+). Напряжение: 80 В для малой ванны, 120 В для большой. Время проведения составило 40 минут.

После завершения электрофореза перенесли гель на УФ-стол. Включили УФ-подсветку и оценили результат. Если требовалось секвенирование, вырезали светящиеся полосы скальпелем. Остатки геля утилизировали.

**Проверочный электрофорез.** Очищенный ДНК 4 мкл, буфер 2 мкл, смешивается на куске парафинового листа. Все остальное, как при обычном электрофорезе.

**Подготовка к секвенированию.** Образцы + праймеры концентрации 5мк. Разведение праймера для получения 5мк - 5мкл праймера + 95мк (вода деионизированная). Количество праймера 5мк: 10мкл + 2мкл\*количество образцов.

Мучнистая роса и стеблевая ржавчина — это заболевания, которые очень легко определить по их симптомам. Поскольку они являются облигатными паразитами, присутствие ответственных грибов можно подтвердить с помощью симптомов и прямого микроскопического наблюдения за пораженными частями растений [24; 112; 133]. Септориоз — это заболевание, симптомы которого очень похожи на симптомы желтой пятнистости, вызываемой *P. tritici-repentis*. Чтобы подтвердить возбудитель, ДНК была выделена из листьев с симптомами септориоза с использованием метода, основанного на детергенте цетилтриметиламмония бромиде (СТАВ), с включением модификаций, описанных Stakheev et al. [140]. Концентрация и чистота образцов ДНК

оценивались с помощью флуорометра Qubit (Thermo Scientific, США). Универсальная пара праймеров (F: 5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3'; R: 5'-GCATATCAATAAGCGGAGGA-3') [153] использовалась для амплификации ITS-последовательностей при следующем ПЦР-профиле: 93°C в течение 90 с; 93°C в течение 10 с; 60°C в течение 15 с; и 72°C в течение 10 с (40 циклов). Продукты ПЦР были клонированы с использованием набора InstA Clone Quick-TA (Евроген, Россия) в соответствии с протоколом производителя. Секвенирование ДНК проводилось в АО «Евроген» с использованием набора ABI PRISM BigDye Terminator v.3.1, после чего продукты реакции анализировались на автоматическом секвенаторе ABI PRISM 3730 (Applied Biosystems).

**Патогенность выделенных штаммов.** Для подтверждения постулатов Роберта Коха патогенность изолятов на пшенице изучали путем искусственного заражения сегментов листьев в лабораторных условиях по методу Voerema et al. [74]. Мицелиальную суспензию получали путем культивирования изолятов на жидкой среде типа Чапека (30,0 г глюкозы, 2,0 г нитрата натрия, 1,0 г монозамещенного фосфорнокислого калия, 0,5 г сульфата магния, 0,5 г хлорида калия, 0,01 г оксида сульфата железа, 1 л дистиллированной воды) (ГОСТ 13496.6-71). Каждый изолят высевали в 50 мл среды на 250 мл колбы в течение 7 дней на качалке (200 об/мин). Мицелий отделяли от культуральной жидкости, экстрагировали и измельчали, концентрацию мицелия доводили до 50 мг/мл.

Отобранные в поле листья внешне здоровых растений промывали стерильной водой и разрезали стерильными ножницами на части. Отрезки листьев растений помещали в чашки Петри (по четыре отрезка на чашку) на фильтровальную бумагу, смоченную стерильной водой. Каплю (10 мкл) суспензии мицелия помещали в центр сегмента листа. Инокулят наносили на абаксиальную или адаксиальную поверхности сегментов листьев, как целых, так и проколотых в центре иглой. Чашки Петри инкубировали на лабораторном столе при естественном освещении [74]. Наблюдения проводились после 3-го дня инкубации.

**Влияние триазолов на рост штаммов возбудителей грибных заболеваний.**

Испытания *in vitro* проводили на среде (картофель (200), глюкоза (100), агар (20)) с добавлением действующего вещества пропиконазола в количестве 1, 10 и 100 мг/л и тебуконазол в количестве 0,1, 1 и 10 мг/л. В качестве контроля использовали среду без фунгицида. Культуры инкубировали в термостате с заданной температурой  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . в течение 7 дней. Оценивали эффективность препаратов путем измерения радиального роста колоний каждого гриба. Радиальный рост измерялся по двум перпендикулярным осям, проведенным от основания каждой чашки Петри и пересекающимся в центре колонии. Для каждого штамма путём математической обработки определяли показатель ЕС50 (концентрация фунгицида, необходимая для замедления скорости радиального прироста колонии на 50 % относительно контроля).

**Статистический анализ данных.** Параметры анализировали с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) и обрабатывали с помощью статистического программного обеспечения GENSTAT (15-я версия, Rothampstead, Великобритания). Средние показатели сравнивали с помощью теста множественного ряда Стьюдента-Ньюмана-Кеулса (СНК) при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  [23]. Для подтверждения достоверности данных остатки сначала оценивали на нормальность и однородность с помощью тестов Шапиро-Уилка и Бартлетта, обеспечивая соответствие предположениям о нормальном распределении, как описано в работе Musaev [120].

### **ГЛАВА 3. ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ, БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

#### **3.1. Фенологические наблюдения посевов яровой пшеницы**

Фенофазы яровой пшеницы являются ключевыми этапами её развития, которые определяются суммой эффективных температур и условиями окружающей среды. Наступление и продолжительность каждой фазы зависят от таких факторов, как температура, влажность почвы и количество осадков. В период с 2022 по 2024 гг. наблюдались значительные колебания климатических условий, которые влияли на сроки и характер прохождения фенофаз.

Для всходов яровой пшеницы оптимальна температура составляет 15–20 °С и влажность почвы 70–90% от полной полевой влагоёмкости. В фазе кущения благоприятна температура 10–12 °С. В период выхода в трубку и колошения оптимальная температура составляет 15–16 °С, а во время цветения — 18–23 °С. Для молочной спелости подходит температура 16–23 °С, а в фазу налива и созревания — 22–25 °С. Потребление воды варьируется: 5–7% в период всходов, 15–20% в фазе кущения и 50–60% в фазе колошения. Для нормального развития необходим запас доступной влаги в почве не менее 20–30 мм [14; 15].

В 2022 году развитие сортов Беяна и Радмира проходило синхронно (таблица 4). Однако в фазе колошения наблюдались небольшие различия: сорт Беяна достиг этой фазы 10 июля, а Радмира — 7 июля. Средняя температура в этот период составляла 21,7 °С, а осадки — 23,6 мм. Цветение у Беяны началось 17 июля, а у Радмиры — 14 июля, при температуре 18,9 °С и осадках 20,5 мм. Наиболее благоприятными были фазы цветения и молочной спелости, однако на этапах кущения, выхода в трубку и колошения наблюдались повышенные температуры и недостаток осадков, что могло негативно сказаться на урожайности. В 2023 году фазы колошения сорт Беяна достиг 30 июня, а Радмира — 27 июня при средней температуре 17,6 °С и значительных осадках 52,7 мм. Цветение началось 8 июля для Беяны и 7 июля для Радмиры, когда температура поднялась до 20,6 °С, а осадки составили 2,1 мм. Наиболее благоприятными были фазы колошения и молочной

спелости, где температура и осадки соответствовали или были близки к требованиям культуры. Однако на этапах всходов, выхода в трубку, цветения и восковой спелости наблюдались значительные отклонения: недостаток осадков и повышенные температуры могли негативно повлиять на урожайность и качество зерна. Избыточное увлажнение в фазы молочной и молочно-восковой спелости также могло создать задачи, такие как переувлажнение и затруднение уборки. В 2024 году яровая пшеница столкнулась с неблагоприятными условиями: низкие температуры на ранних этапах, недостаток влаги в ключевые фазы (кущение, колошение) и избыток осадков в фазы выхода в трубку и созревания. Выход в трубку (17 июня): основным отклонением стали чрезмерные осадки (121,4 мм), которые могли вызвать переувлажнение почвы, затруднить доступ кислорода к корням и увеличить риск заболеваний.

Таблица 4 – Фенологические фазы развития яровой пшеницы в 2022-2024 гг.

| Сорт<br>Фенофазы  | Беляна |        |       | Радмира |       |       |
|-------------------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|
|                   | 2022   | 2023   | 2024  | 2022    | 2023  | 2024  |
| Посев             | 11.05  | 06.05  | 15.05 | 11.05   | 06.05 | 15.05 |
| Всходы            | 25.05  | 18.05  | 23.05 | 25.05   | 18.05 | 23.05 |
| Кущение           | 07.06  | 02.06  | 10.06 | 07.06   | 02.06 | 10.06 |
| Выход в трубку    | 25.06. | 15.06. | 17.06 | 25.06.  | 15.06 | 17.06 |
| Колошение         | 10.07  | 30.06  | 07.06 | 07.07   | 27.06 | 29.06 |
| Цветение          | 17.07  | 08.07  | 12.07 | 14.07   | 07.07 | 10.07 |
| Молочная спелость | 24.07  | 18.07  | 17.07 | 24.07   | 18.07 | 17.07 |
| Молочно-восковая  | 04.08  | 25.07  | 21.07 | 04.08   | 25.07 | 21.07 |
| Восковая спелость | 10.08  | 08.08  | 22.07 | 10.08   | 08.08 | 22.07 |
| Полная спелость   | 15.08  | 17.08  | 09.08 | 15.08   | 17.08 | 09.08 |

### **3.2. Фитосанитарное состояние агроценоза яровой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья**

Мониторинг посевов яровых зерновых культур является важным инструментом в современном сельском хозяйстве, обеспечивая не только эффективное управление урожайностью, но и устойчивость агросистем к биотическим и абиотическим стрессам. В период с 2022 по 2024 год нами был проведен детальный фитосанитарный мониторинг посевов яровой пшеницы в условиях Московской области (Немчиновка). Основное внимание уделялось выявлению даты появления первых признаков, доли встречаемости и степени развития грибных заболеваний на различных фазах вегетации культур.

За последние три года (2022–2024) в условиях Центрального Нечерноземья 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 июле, где 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 засухливости (март 2024, август 2022). Эти изменения оказали влияние на развитие заболеваний в посевах яровой пшеницы и ярового ячменя.

Среди наблюдаемых болезней яровой пшеницы выделяются септориоз, стеблевая ржавчина, мучнистая роса и фузариоз колоса. Некоторые грибные заболевания, такие как септориоз, фузариоз колоса, наблюдались на посевах каждый год, в то время как другие болезни были отмечены только в 2024 году. Доля пораженных растений листостебельными болезнями достигала 15-30% в годы с повышенной влажностью. Фузариоз колоса – выявлен в комплексе с альтернариозом (чернь колоса). Это заболевание стало одним из наиболее значимых, так как привело к снижению качества зерна. Распространенность достигала 12-15% в годы с обильными осадками в период цветения и налива зерна. Полученные данные согласуются с результатами исследований, проведенных Санин и др. [50] которые



также отмечали высокую распространенность септориоза и фузариоза в условиях Центрального региона России.

**Септориоз листьев** характеризуется некротическими поражениями на листьях. Первые симптомы обычно проявляются в виде небольших, пропитанных водой пятен на нижних листьях. Эти поражения могут увеличиваться и становиться коричневато-серыми с желто-зеленой каймой вокруг мертвой ткани (рисунок 8). По мере развития болезни она может привести к преждевременному увяданию листьев и снижению способности растений к эффективному фотосинтезу, что в итоге негативно сказывается на общем состоянии растений и их урожайности.

Молекулярно-генетический анализ маркерных последовательностей гена ITS подтвердил идентификацию исследуемых штаммов как *Zymoseptoria tritici*. Соответствие депонированным в базе данных NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) последовательностями составило 99-100 % для гена ITS.

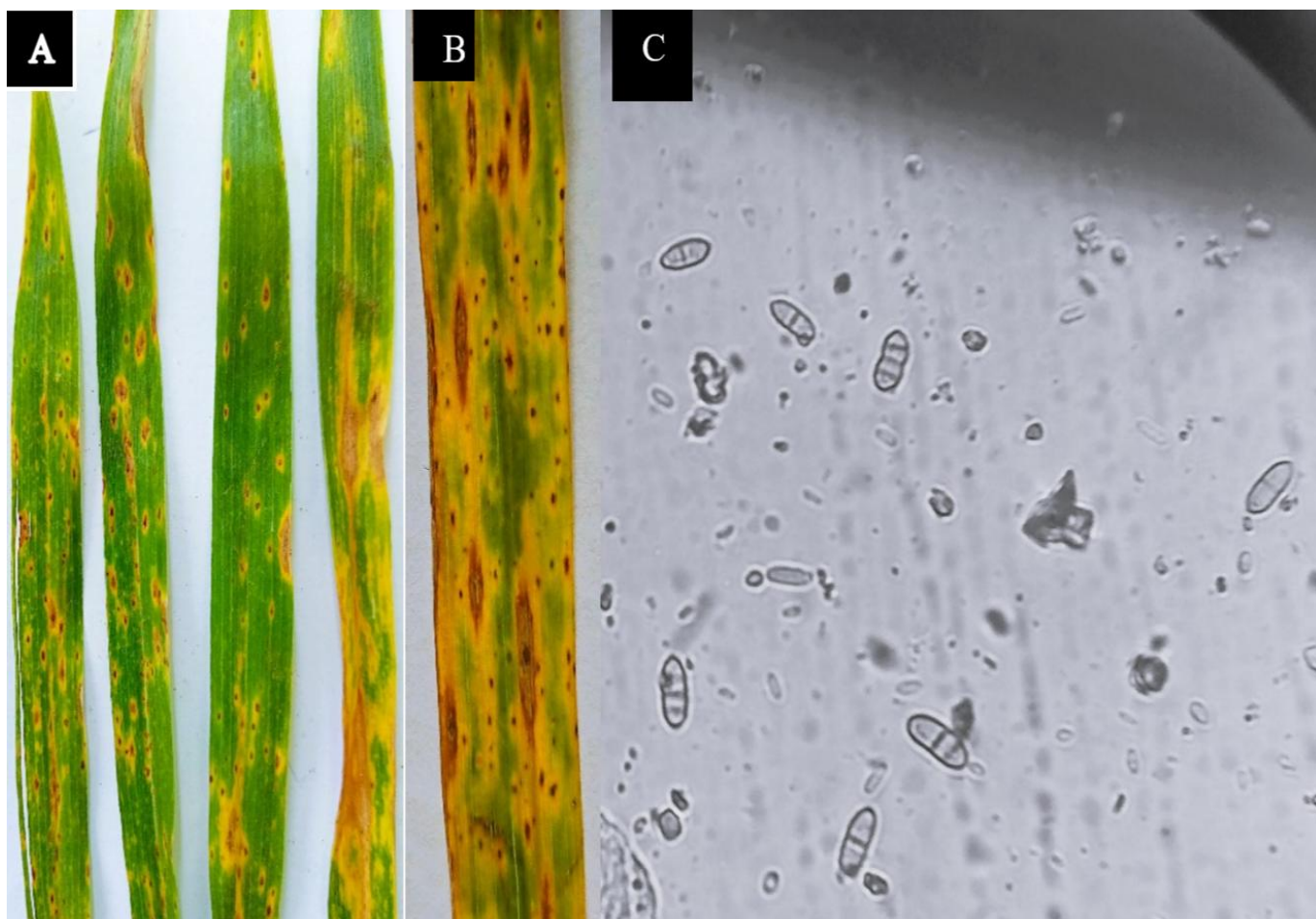


Рисунок 8. А и В - симптомы септориоза листьев; С - аскоспоры

**Мучнистая роса** — это заболевание, вызываемое грибом *B. graminis* f. sp. *tritici*, которое легко диагностируется на зерновых культурах. Симптомы данного заболевания проявляются на всех надземных частях растения, особенно на листьях, влагалищах и стеблях. Первоначальные признаки включают небольшие желтые пятна на листьях, которые со временем трансформируются в белый пушистый грибковый налет. По мере развития пустул мучнистой росы они темнеют и становятся серыми или коричневыми. В конечном итоге половые репродуктивные структуры, содержащие черные аскоспоры и клейстотеции, формируются в пустулах мучнистой росы, как правило, ближе к концу вегетационного сезона (рисунок 9).

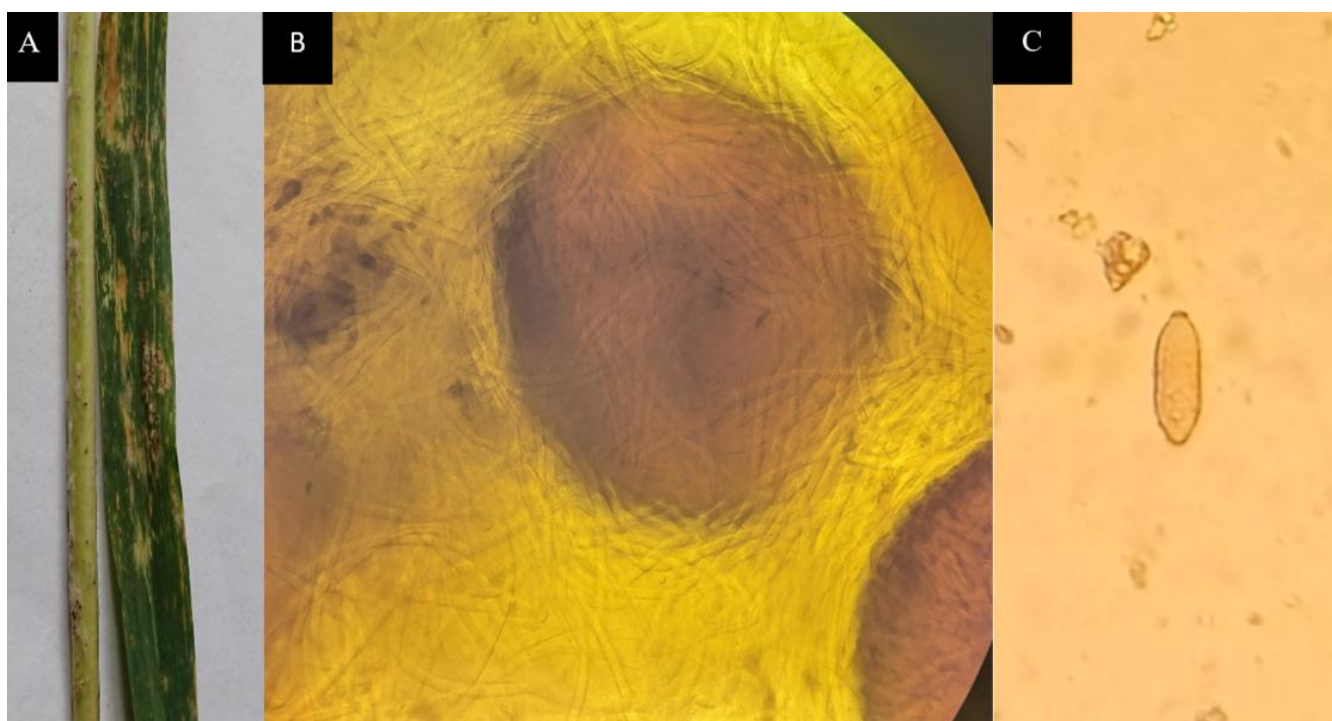


Рисунок 9. А - симптомы мучнистой росы, В - клейстотеции (плодовые тела гриба) и С - аскоспоры.

**Стеблевая ржавчина**, вызываемая грибом *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, проявляется на пшенице в виде темно-коричневых или красновато-коричневых пустул (телиоспор) на листьях и стеблях. Эти пустулы различаются по размеру и содержат споры, способные заражать другие растения (рисунок 10). Зараженные растения замедляют рост и становятся более подверженными полеганию из-за ослабленных стеблей. Мониторинг симптомов важен для эффективного управления стеблевой ржавчиной пшеницы.



Рисунок 10. А и В - симптомы стеблевой ржавчины, С - телиоспоры *P. graminis*.

**Фузариоз колоса** — это значимое грибное заболевание, вызываемое патогеном *Fusarium*. Симптомы обычно проявляются после цветения и зависят от условий окружающей среды. При позднем развитии фузариоза внешние признаки поражения проявляются еще менее заметно, даже при наличии спороношения на чешуйках. Симптомы обычно проявляются к концу июля или началу августа, после периода непрерывного увлажнения.

Фузариоз колоса поражает как пшеницу, так и ячмень, но симптомы могут несколько отличаться у этих двух культур из-за различий в их физиологии и восприимчивости. Наиболее заметные симптомы включают обесцвеченные колоски (колоски теряют свой зеленый цвет), имеющие розоватую окраску (розоватый или оранжевый грибковый налёт, особенно во влажных условиях), и наличие поврежденных фузариозом зерен на пшеницы. Болезнь вызывает высыхание верхней части колоса (нарушение водоснабжения) (рисунок 11). Зерна в пораженных болезнью колосьях обычно выглядят сморщенными, обесцвеченными, мелкими или щуплыми. Понимание этих симптомов имеет решающее значение для раннего выявления и борьбы с фузариозом колоса в посевах зерновых культур.





Рисунок 11. Симптомы фузариоза колоса яровой пшеницы

**Чернь колоса, или альтернариоз колоса**, вызываемый грибами рода *Alternaria*, в частности *A. alternata*, также известна как оливковая плесень злаков. Симптомы этого заболевания могут проявляться на стеблях (у основания колоса) и колосовых чешуях яровой пшеницы, образуя на них тёмные пятна (почернения) (рисунок 12). Кроме того, заражение зерна приводит к образованию «чёрного зародыша», снижению качества урожая и ухудшению его способности к прорастанию. Инфекции, вызываемые *Alternaria*, часто связаны с благоприятными для роста грибов условиями окружающей среды, такими как высокая влажность и повышенные температуры, что особенно наблюдалось в 2023 году. По сравнению с предыдущими годами, в 2023 году в фазу молочной спелости (вторая декада июля — 71,8 мм осадков) и молочно-восковой спелости (третья декада июля — 77,3 мм осадков) выпало значительно больше осадков. Следует отметить, что оливковая плесень (гниль) злаков может также вызываться другими возбудителями, такими как *S. herbarum*, *E. purpurascens* и *B. cinerea* Pers., которые, однако, не были выявлены на нашем поле.



Рисунок 12. Симптомы альтернариоза колоса яровой пшеницы

### 3.3. Влияние препаратов на распространенность и степень развития септориоза листьев (*Zymoseptoria tritici*)

**Септориоз** — это наиболее вредоносное и распространённое грибное заболевание, которое поражает как яровую, так и озимую пшеницу. Оно характеризуется сложностью этиологических процессов и многофакторностью эпифитотиологии, что делает его особенно коварным в Московской области [49]. Для борьбы с септориозом необходимо применять химическую защиту, включая опрыскивания посевов эффективными фунгицидами.

В 2022 году среди листовых заболеваний септориоз листьев был выявлен нами на посевах яровой пшеницы. Результаты мониторинга показали, что его распространённость и степень развития варьировали в зависимости от стадии развития растений, сорта и применяемых защитных мероприятий. В начале цветения доля и степень развития септориоза листьев в контроле без обработки составляли соответственно 8,8% и 24,4% на сорте Беяна и 12,5% и 27,9% на сорте Радмира. Наблюдали небольшое увеличение этих показателей в фазу молочной спелости. Так, доля и степень поражения септориоза в контроле без обработки достигали на сорте

Беляна 10,0% и 27,3%, а на сорте Радмира – 14,4% и 29,0%. Полученные данные показывают, что сорт Беляна более устойчив к септориозу по сравнению с сортом Радмира. Увеличение показателей заболеваемости в фазу молочной спелости подтверждает, что оба сорта подвержены заболеванию, однако у сорта Беляна отметили меньшую степень поражения. Важным статистическим показателем является  $p$ -значение, который позволяет оценить значимость различий между группами. В нашем случае  $p$ -значения для сортов пшеницы и препаратов показали, что различия между ними в фазах молочной спелости и начала цветения являются статистически значимыми ( $p \leq 0,001$ ).

Таблица 5 – Распространённость (%) и степень развития (%) септориоза на посевах яровой пшеницы в 2022 г.

|                                                |                    | Сорт              |        |                   |        |                   |        |                   |        |
|------------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
|                                                |                    | Беляна            |        |                   |        | 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                         | -                  | 8,8               | 24,4   | 10,0              | 27,3   | 12,5              | 27,9   | 14,4              | 29,0   |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 2,0               | 9,4    | 3,5               | 12,0   | 2,1               | 9,9    | 4,0               | 11,3   |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 2,0               | 6,1    | 2,9               | 10,0   | 2,0               | 11,1   | 3,4               | 12,9   |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 2,0               | 7,8    | 3,5               | 6,4    | 2,5               | 12,6   | 3,8               | 12,6   |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га | 5,0               | 5,4    | 2,0               | 8,0    | 2,0               | 8,0    | 3,1               | 8,0    |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 4,0               | 7,4    | 2,0               | 9,4    | 1,6               | 8,0    | 2,6               | 8,0    |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 3,0               | 3,6    | 2,0               | 9,4    | 2,3               | 10,0   | 3,1               | 10,5   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,4 <sup>нз</sup> | 1,0*** | 0,5***            | 0,4*** | 0,4 <sup>нз</sup> | 1,0*** | 0,5***            | 0,4*** |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,5***            | 0,6*** | 0,5***            | 0,7*** | 0,5***            | 0,6*** | 0,5***            | 0,7*** |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                    | 8,2               | 8,0    | 9,6               | 2,6    | 8,2               | 1,0    | 9,6               | 2,6    |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 12,8              | 5,1    | 11,5              | 6,0    | 12,8              | 0,6    | 11,5              | 6,0    |

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

Коэффициент вариации (CV%) служит для оценки однородности данных и показывает степень изменчивости результатов. В нашем исследовании коэффициенты вариации варьировались от 1,0% до 12,8% в зависимости от сорта и препарата (таблица 5).

Результаты также показывают частота встречаемости и степень развития септориоза после применяемых защитных мероприятий в 2–4 раза были ниже контроля без обработки. Их биологическая эффективность варьировалась в зависимости от сорта и его фазы развития. Все три фунгицида показали одинаковый уровень снижения доли септориоза (77,3%), однако у варианта Колосаль Про, КМЭ отметили наибольшее снижение степени развития (74,9%) на сорте Беяна и (84,0%) на сорте Радмира в начале цветения (рисунок 13).

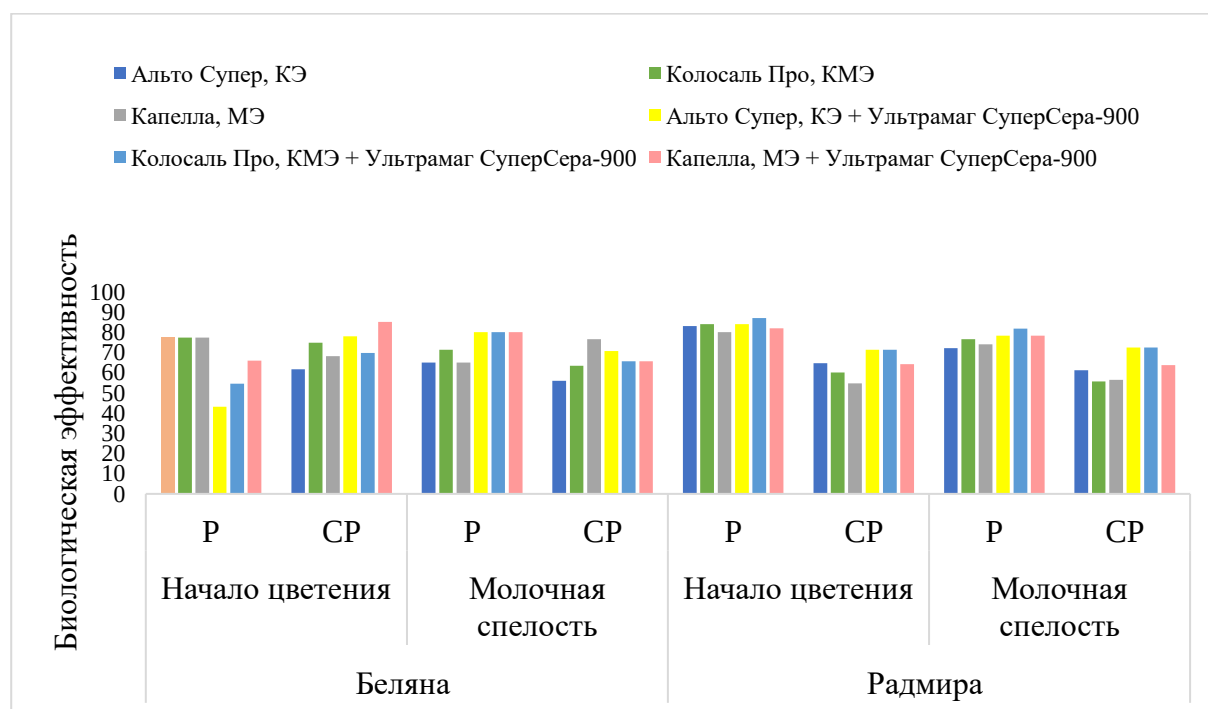


Рисунок 13. Биологическая эффективность (%) препаратов в снижении септориоза на посевах яровой пшеницы в 2022 г.

Боковая смесь фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900 оказалась более эффективным по сравнению с их индивидуальным применением на сорте Радмира. Наибольшее снижение наблюдали при применении Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 (0,4л/га+ 3л/га), его биологическая эффективность составила 71,0-87,0% (рисунок 13).

Применение Альто Супер, КЭ отдельно показало более высокие результаты в снижении доли септориоза на стадии начала цветения по сравнению с комбинированным вариантом. Но на стадии молочной спелости боковая смесь оказалась более эффективным в снижении доли септориоза. Применение баковой смеси Капелла, МЭ и Ультрамаг СуперСера-900 показало более высокий процент снижения степени развития на стадии начало цветения, но результаты по снижению доли септориоза на стадии молочной спелости остались одинаковыми.

В 2023 году единственное проявление септориоза было зафиксировано на сортах яровой пшеницы Беяна и Радмира, в фазах цветения и молочной спелости. У сорта Беяна наблюдалось незначительное увеличение доли септориоза с 13,5% до 14,1%, но степень заболевания возросла значительно с 10,0% (в начале цветения) до 22,1% (в фазе молочной спелости) в контроле без обработки. У сорта Радмира доля встречаемости септориоза листьев увеличилась с 15,1% до 19,5%, а степень развития — с 19,6% до 25,3% в контроле без обработки (таблица 6). Это указывает на большую восприимчивость сорта Радмира к заболеванию по сравнению с новым сортом Беяна. В целом, сорт Беяна более устойчив к септориозу, с более низкими показателями доли и степени развития.

Снижение септориоза является важным аспектом в защите яровой пшеницы. Результаты исследований по биологической эффективности препаратов показывают значительные различия в снижении показателей септориоза листьев в зависимости от сорта пшеницы и применяемых защитных мероприятий. Альто Супер, КЭ является наиболее эффективным фунгицидом на обоих сортах в начале цветения, тогда как в молочной спелости Капелла, МЭ показывает лучшие результаты на сорте Радмира, а Колосаль Про, КМЭ на сорте Беяна. Фунгициды, особенно Альто Супер, КЭ и Колосаль Про, КМЭ в сочетании с Ультрамаг СуперСера-900, оказались наиболее эффективными в снижении показателей септориоза с биологической эффективностью 58,8-87,6% по сравнению с контролем без обработки (рисунок 14). Препарат Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 демонстрирует наивысшую эффективность как на сорте Беяна, так и



на Радмире, особенно в фазе молочной спелости. Хотя сорт Радмира более чувствителен к заболеванию, применяемые препараты существенно снизили развитие и степень проявления заболевания по сравнению с сортом Беяна.

Таблица 6 – Распространённость (%) и степень развития (%) септориоза на посевах яровой пшеницы в 2023 г.

|                                             |                 | Сорт            |        |                   |        |                 |        |                   |        |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------|-------------------|--------|-----------------|--------|-------------------|--------|
|                                             |                 | Беяна           |        |                   |        | Радмира         |        |                   |        |
| 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                      | -               | 13,5            | 10,0   | 14,1              | 22,1   | 15,1            | 19,6   | 19,5              | 25,3   |
| Альто Супер, КЭ                             | 0,5л/га         | 3,5             | 3,4    | 5,0               | 6,3    | 2,5             | 4,0    | 5,1               | 4,5    |
| Колосаль Про, КМЭ                           | 0,4л/га         | 4,9             | 4,0    | 4,5               | 5,0    | 3,5             | 5,0    | 6,0               | 5,4    |
| Капелла, МЭ                                 | 1л/га           | 5,6             | 4,4    | 4,5               | 10,0   | 4,1             | 4,0    | 5,3               | 4,4    |
| Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га + 3л/га | 4,5             | 3,4    | 5,3               | 5,0    | 3,5             | 2,6    | 4,3               | 3,3    |
| Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га + 3л/га | 3,5             | 3,8    | 3,5               | 5,0    | 3,1             | 2,4    | 4,0               | 3,1    |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га + 3л/га | 5,5             | 4,1    | 4,4               | 5,0    | 3,4             | 3,4    | 5,6               | 3,9    |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,2***          | 0,5*** | 0,5***            | 0,5*** | 0,2***          | 0,5*** | 0,5***            | 0,5*** |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,7***          | 0,8*** | 0,7***            | 0,6*** | 0,7***          | 0,8*** | 0,7***            | 0,6*** |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)            |                 | 3,8             | 7,5    | 6,6               | 5,0    | 3,8             | 7,5    | 6,6               | 5,0    |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)        |                 | 12,3            | 14,4   | 10,0              | 7,6    | 12,3            | 14,4   | 10,0              | 7,6    |

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

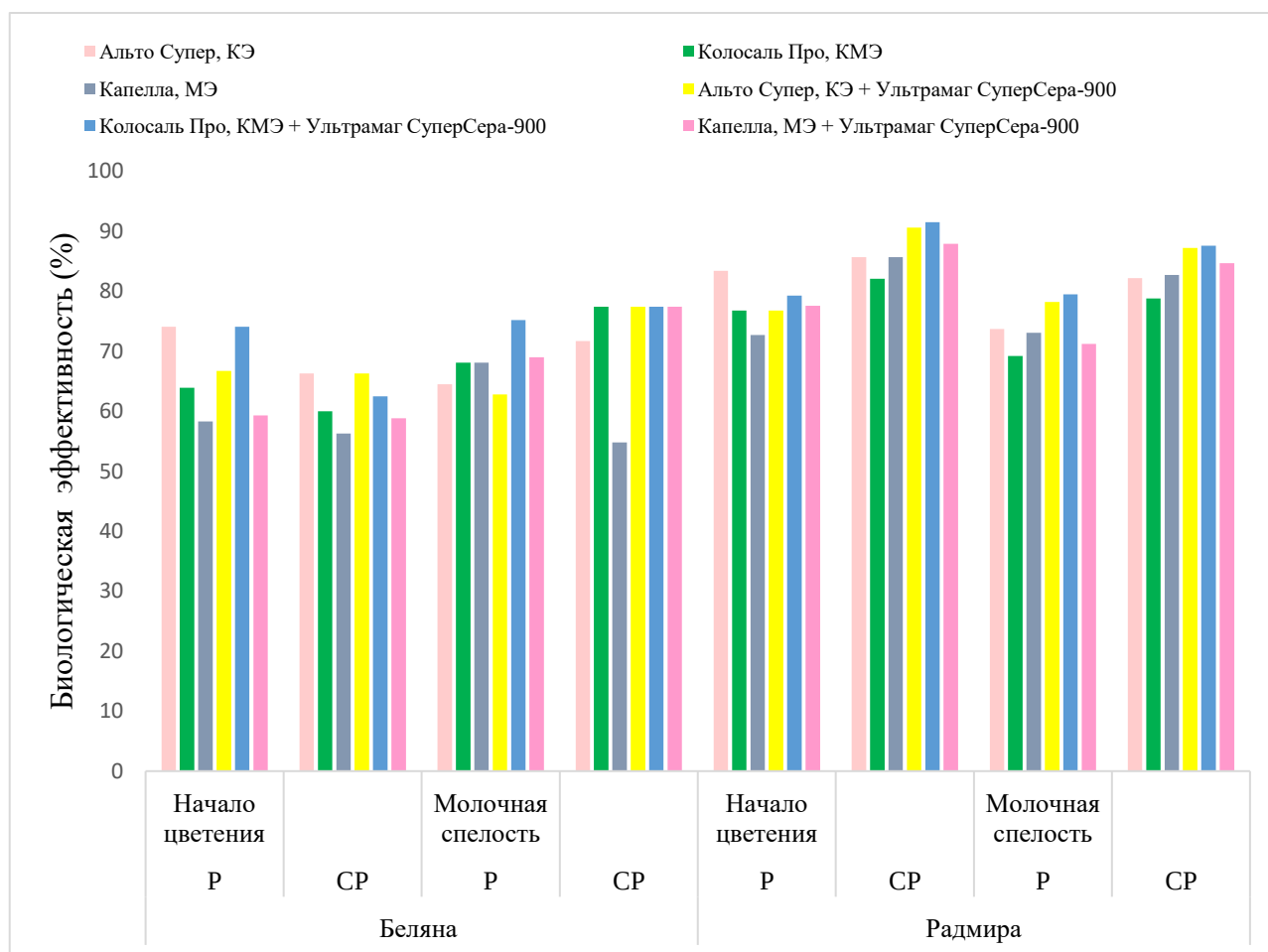


Рисунок 14. Биологическая эффективность (%) препаратов в снижении септориоза на посевах яровой пшеницы в 2023 г.

В 2024 году в условиях Немчиновки на посевах яровой пшеницы были отмечены ранние проявления листостебельных заболеваний, таких как септориоз, стеблевая ржавчина и мучнистая роса. Результаты мониторинга показали, что распространённость и степень развития этих заболеваний варьировали в зависимости от стадии развития растений, сортовых особенностей и применяемых защитных мероприятий.

Таблице 7 представлены распространённость и степень развития септориоза у двух сортов яровой пшеницы на разных стадиях ее развития. У сорта Беляна доля заболевания в начале цветения составляла 14,3%, в фазе молочной спелости увеличивалось до 16,3%, а степень развития увеличивалось с 9,0% до 21,5% в контроле без обработки. У сорта Радмира доля септориоза было ниже в начале цветения (8,9%), но также достигала в фазе молочной спелости до 13,4%. Однако по

сравнению с сортом Беяна степень развития у сорта Радмира было выше в молочную фазу с 11,3 до 26,1% в контроле без обработки. Сорт Беяна более поражен септориозом в молочной фазе по сравнению с сортом Радмира.

Таблица 7 – Распространённость (%) и степень развития (%) септориоза на посевах яровой пшеницы в 2024 г.

|                                                   |                    | Сорт            |        |                   |        |                 |        |                   |        |
|---------------------------------------------------|--------------------|-----------------|--------|-------------------|--------|-----------------|--------|-------------------|--------|
|                                                   |                    | Беяна           |        |                   |        | Радмира         |        |                   |        |
| 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                            | -                  | 14,3            | 9,0    | 16,3              | 21,5   | 8,9             | 11,3   | 13,4              | 26,1   |
| Альто Супер, КЭ                                   | 0,5л/га            | 5,1             | 2,8    | 4,0               | 6,9    | 1,5             | 5,0    | 5,1               | 10,1   |
| Колосаль Про, КМЭ                                 | 0,4л/га            | 3,1             | 3,0    | 3,4               | 6,8    | 1,6             | 6,3    | 4,1               | 8,1    |
| Капелла, МЭ                                       | 1л/га              | 3,6             | 3,1    | 4,1               | 10,9   | 1,6             | 5,8    | 4,2               | 10,0   |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг<br>СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га | 3,6             | 1,4    | 3,4               | 9,4    | 1,3             | 4,0    | 4,6               | 6,3    |
| Колосаль Про, КМЭ<br>+ Ультрамаг<br>СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 2,4             | 3,1    | 2,9               | 6,1    | 1,1             | 2,5    | 3,0               | 4,6    |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 2,9             | 1,9    | 3,3               | 6,3    | 1,3             | 4,0    | 2,5               | 11,1   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                          |                    | 0,4***          | 0,4*** | 0,4 <sup>НЗ</sup> | 0,7**  | 0,4***          | 0,4*** | 0,4 <sup>НЗ</sup> | 0,7**  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                      |                    | 0,7***          | 0,8*** | 0,7***            | 1,0*** | 0,7***          | 0,8*** | 0,7***            | 1,0*** |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)               |                    | 10,0            | 7,0    | 5,6               | 5,5    | 10,0            | 7,0    | 5,6               | 5,5    |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)           |                    | 19,1            | 18,7   | 13,2              | 9,8    | 19,1            | 18,7   | 13,2              | 9,8    |

Примечание: Р= Распространённость, СР= Степень развития, НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,01$ , \*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

Обработка фунгицидами, такими как Альто Супер, Колосаль Про и Капелла, показала значительное снижение ( $p \leq 0,001$ ) показателей септориоза по сравнению с контролем без обработки. В начале цветения Колосаль Про, КМЭ показал наилучшие значения биологической эффективности по снижению доли септориоза (78,1%) в начале цветения и в молочной спелости (79,3%) для сорта Беяна, в то время как сорт Радмира в начале цветения Альто Супер показал наивысшее снижение доли септориоза (83,1%), а Капелла с МЭ в молочной спелости (69,2%) по сравнению с контролем без обработки. При применении Альто Супер, КЭ отметили наилучшую эффективность по снижению септориоза на сорте Беяна: 69,4% в начале цветения и 68,0% в молочной спелости, в то время как на сорте Радмира эффективность составила 55,8% и 61,2% соответственно. Колосаль Про, КМЭ показал схожие результаты на сорте Беяна (66,7% и 68,3%) и сорте на Радмира (44,7% и 68,9%), соответственно. Капелла, МЭ в целом показал меньшую эффективность по сравнению с двумя предыдущими фунгицидами (рисунок 15).

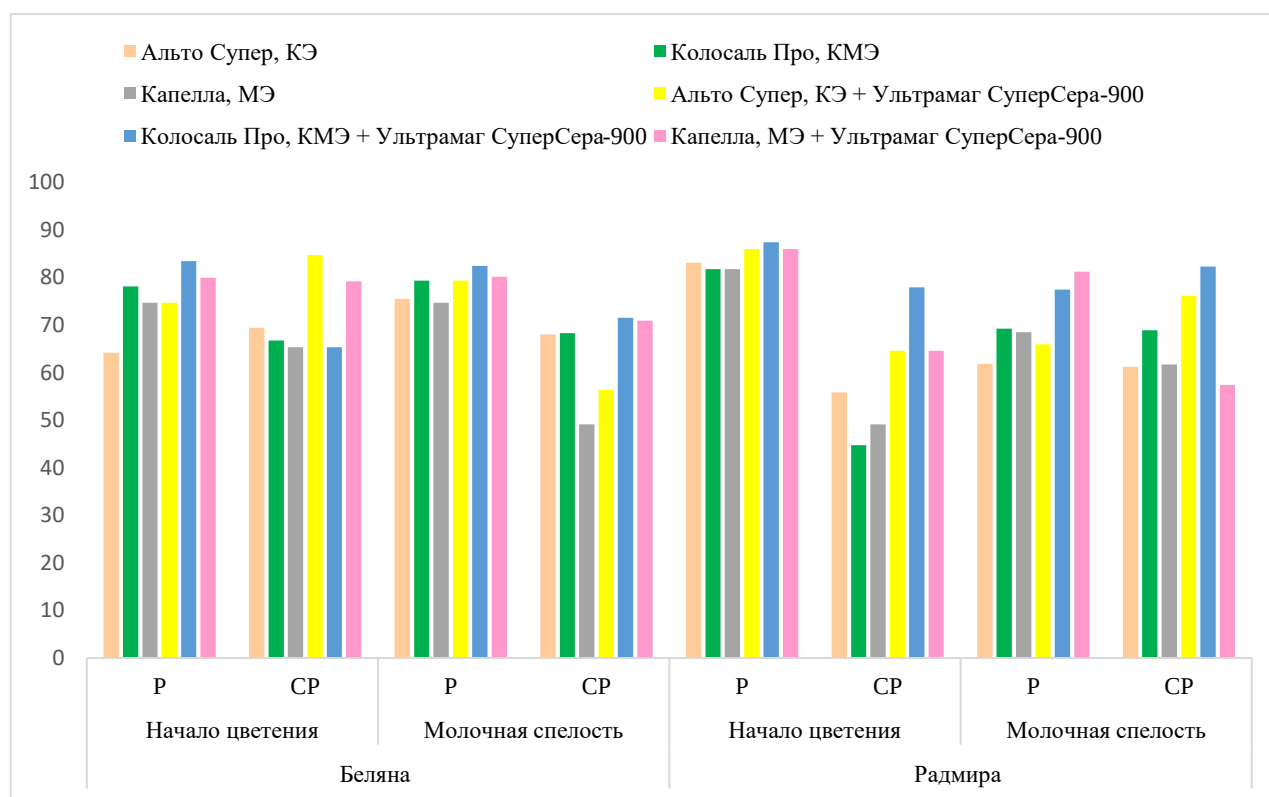


Рисунок 15. Биологическая эффективность (%) препаратов в снижении септориоза на посевах яровой пшеницы в 2024 г.

Кроме того, добавление Ультрамаг СуперСера-900 также повысило эффективность фунгицидов, способствуя значительному снижению ( $p \leq 0,001$ ) степени развития и распространенности септориоза по сравнению с их отдельным применением. Препарат Колосль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 был более эффективным, его биологическая эффективность составила 65,3-87,4% и 65,3% (рисунок 15).

Согласно исследованиям, проведенным Саниным и др., [49], Саниным и др., [52], на опытных полях ВНИИФ, септориоз является одним из наиболее распространенных заболеваний пшеницы и может появляться в посевах каждый год, особенно в условиях повышенной влажности. В таблицах представлены данные о влиянии защитных мероприятий на средние показатели септориоза двух сортов яровой пшеницы на стадиях развития с 2022 по 2024 год. Результаты показывают общую тенденцию к увеличению развития и степени развития септориоза листьев по мере приближения фазы молочной спелости. У сорта Беяна развитие заболевания в начале цветения составляло 12,2%, а в фазе молочной спелости оно достигло до 13,5% на контроле без обработки. У сорта Радмира развитие заболевания в начале цветения такая же, как у сорта Беяна (12,2%), но в фазу молочной спелости оно достигло до 15,8%. Степень развития септориоза листьев сильнее выражена у сорта Радмира: в начале цветения - 19,6%, в молочной фазе — 26,8%. Сорт Беяна имеет меньший показатель 14,5% в начале цветения и 23,6% в молочной фазе в контроле без обработки. Таким образом, сорт Беяна более умеренно устойчивый к септориозу (таблица 8).

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 наблюдается у 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%).

Таблица 8 – 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   | Р               | СР     | Р                 | СР                | Р               | СР     | Р                 | СР                |
| 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 <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,1***          | 0,3*** | 0,3**             | 0,2 <sup>НЗ</sup> | 0,1***          | 0,3*** | 0,3**             | 0,2 <sup>НЗ</sup> |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,3***          | 0,5*** | 0,4***            | 0,3***            | 0,3***          | 0,5*** | 0,4***            | 0,3***            |
| НСР <sub>05</sub> (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               |

Примечание: Р= Распространённость, СР= Степень развития, НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,01$ , \*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

Средняя максимальная биологическая эффективность в снижении поражения септориозом 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 показал преимущество по снижению степени развития на всех стадиях и сортах (прибавка +1,9-12,5%) (рисунок 16).

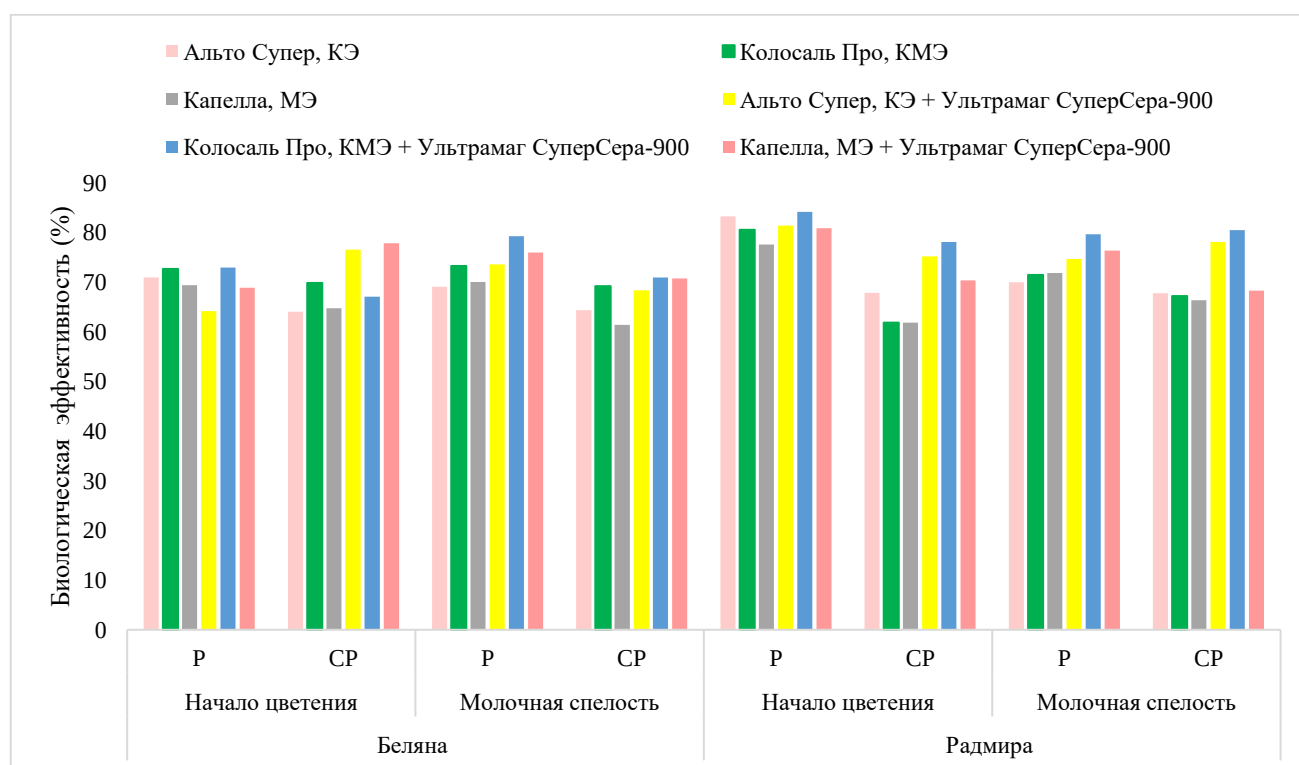


Рисунок 16. Биологическая эффективность (%) препаратов в снижении септориоза на посевах яровой пшеницы в 2022-2024 гг.

Полученные данные подчеркивают важность выбора соответствующих защитных мероприятий с учетом конкретного сорта и стадии роста растения.

### **3.4. Влияние препаратов на распространенность и степень развития мучнистой росы (*Blumeria graminis*)**

Мучнистая роса является одним из основных заболеваний, поражающих яровую пшеницу в Московской области [52]. Инфекция распространяется конидиями, которые переносятся воздушно-капельным путем, что делает её особенно опасной в условиях высокой влажности. По данным исследований, массовые вспышки этого заболевания наблюдаются в 4-5 из 10 лет [29]. Интенсивность поражения яровой мягкой пшеницы мучнистой росой варьируется в зависимости от климатических условий и устойчивости сортов. В некоторых случаях уровень поражения может достигать до 48% [34]. Эффективные меры борьбы, включая выбор устойчивых сортов и применение фунгицидов, могут помочь снизить уровень поражения и сохранить урожай.

Мучнистая роса была зафиксирована нами только в 2024 году на посевах пшеницы. Установлено, что оцениваемые показатели болезни различаются в зависимости от сорта, фазы развития растений и применяемого способа защиты. Контроль без обработки продемонстрировал наивысшие показатели как по распространенности, так и по степени развития мучнистой росы. Сорт Радмира имеет высокую долю встречаемости мучнистой росы как в начале цветения (19,4%), так и в молочной спелости (20,5%) в контрол без обработки. В то время как сорт Беяна показывает значительно меньшие значения (7,9% и 10,1% соответственно). Степень развития мучнистой росы на сорте Беяна в начале цветения (17,5%) выше, чем у сорта Радмира (15,6%). Однако в молочной спелости Радмира показывает более высокую степень развития (18,9%) по сравнению с Беяной (17,5%) в контрол без обработки. Сорт Радмира более подвержен мучнистой росе (таблица 9).

Сравнение показывает, что все защитные мероприятия значительно снижали как долю встречаемости, так и степень развития мучнистой росы по сравнению с контролем без обработки. Альто Супер, КЭ являлся наиболее эффективным



фунгицидом в снижении заболевания как на стадии начала цветения, так и на стадии молочной спелости для обоих сортов.

Таблица 9 – Распространённость (%) и степень развития (%) мучнистой росы на посевах яровой пшеницы в 2024 г.

|                                             |                 | Сорт            |        |                   |                   |                 |        |                   |                   |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------|-------------------|-------------------|-----------------|--------|-------------------|-------------------|
|                                             | Норма расхода   | Беляна          |        |                   |                   | 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 <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,4***          | 0,7*** | 0,2***            | 0,6 <sup>НЗ</sup> | 0,4***          | 0,7*** | 0,2***            | 0,6 <sup>НЗ</sup> |
| НСР <sub>05</sub> (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              |

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

Его биологическая эффективность составила 100% снижение доли и степени развития мучнистой росы у сорта Беляна, 78,1% и 63,9% у сорта Радмира в начале цветения, а в молочной спелости — 85,8% и 77,8% у сорта Беляна, 81,1% и 81,5% у сорта Радмира, соответственно (рисунок 17).

Применение боковой 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.

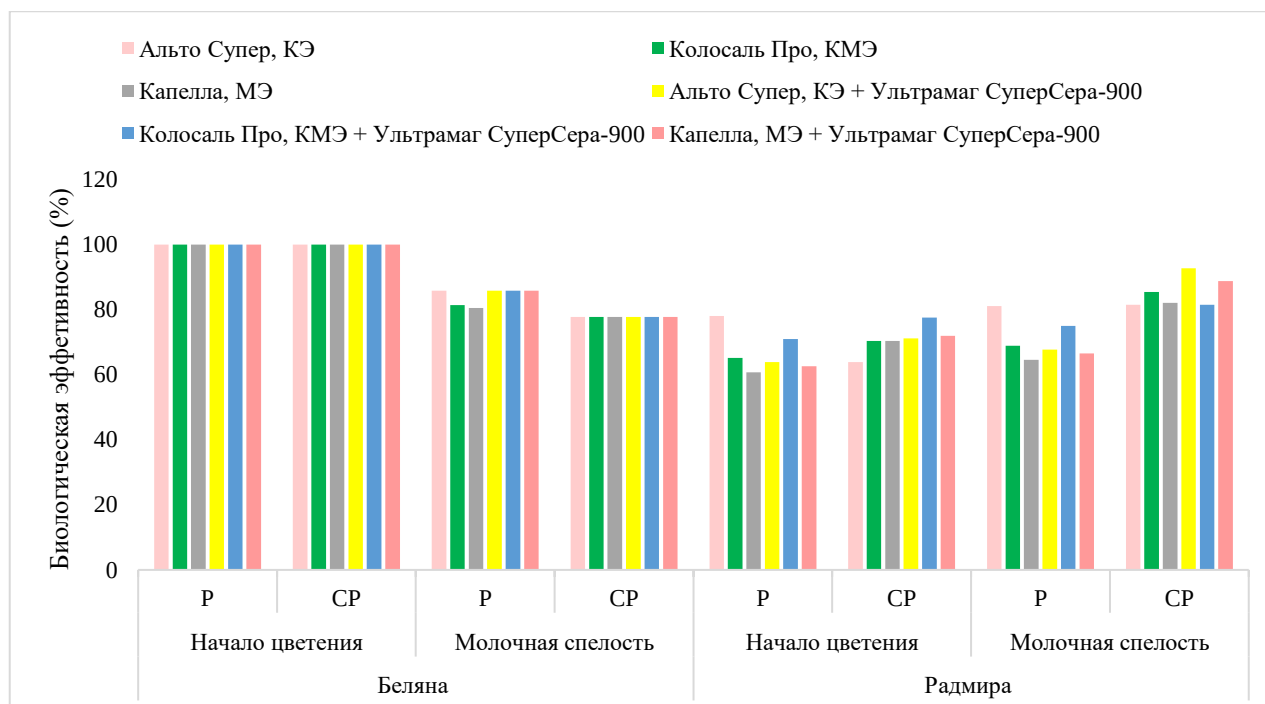


Рисунок 17. Биологическая эффективность (%) препаратов в снижении мучнистой росы на посевах яровой пшеницы в 2024 г.

### 3.5. Влияние препаратов на распространенность и степень развития стеблевой ржавчины (*Puccinia graminis*)

Стеблевая ржавчина является одним из самых вредоносных заболеваний, поражающих посевы пшеницы. Это может привести к значительным потерям урожая и исторически приводило к голоду из-за его влияния на продовольственную безопасность [30; 55]. Распространённость и интенсивность развития ржавчины зависят от множества факторов, включая погодные условия, агротехнические практики и генетическую устойчивость сортов.

Кроме септориоза и мучнистой росы, была отмечена стеблевая ржавчина в посевах яровой пшеницы в 2024 г и являлась наиболее распространенной болезнью у обоих сортов. Сорта Беляна и Радмира проявляют разную степень восприимчивости к стеблевой ржавчине на разных стадиях развития. У обоих сортов наблюдалось увеличение развития и степени развития заболевания от начала цветения до фазы

молочной зрелости. Эта тенденция соответствует типичному развитию стеблевой ржавчины, при котором показатели заболевания имеют тенденцию увеличения по мере созревания растения. В начале цветения у сорта Беяна развитие заболевания было несколько ниже (15,9%) по сравнению с сортом Радмира (16,5%), но степень развития была ниже и составила 13,8% против 16,3% у сорта Радмира в контроле без обработки. В фазе молочной спелости у сорта Беяна развитие (28,8%) и степень развития стеблевой ржавчиной (34,5%) были выше, чем у сорта Радмира, у которой их составили соответственно 31,6% и 32,5% в контроле без обработки (таблица 10).

Таблица 10 – Распространённость (%) и степень развития (%) стеблевой ржавчины 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                      | -               | 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 <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,3***          | 0,5*** | 0,6**             | 0,5*** | 0,3***          | 0,5*** | 0,6**             | 0,5*** |
| НСР <sub>05</sub> (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    |

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

Это говорит о том, что сорт Беяна может быть более восприимчива к стеблевой ржавчине по мере созревания.

Результаты показывают, что биологическая эффективность различается в зависимости от используемого препарата, сорта и стадии развития растения. Исследования показали, что применение фунгицидов в сочетании с удобрениями значительно ( $p \leq 0,001$ ) снижает как долю, так и степень развития стеблевой ржавчины на посевах яровой пшеницы. 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% (рисунок 18).

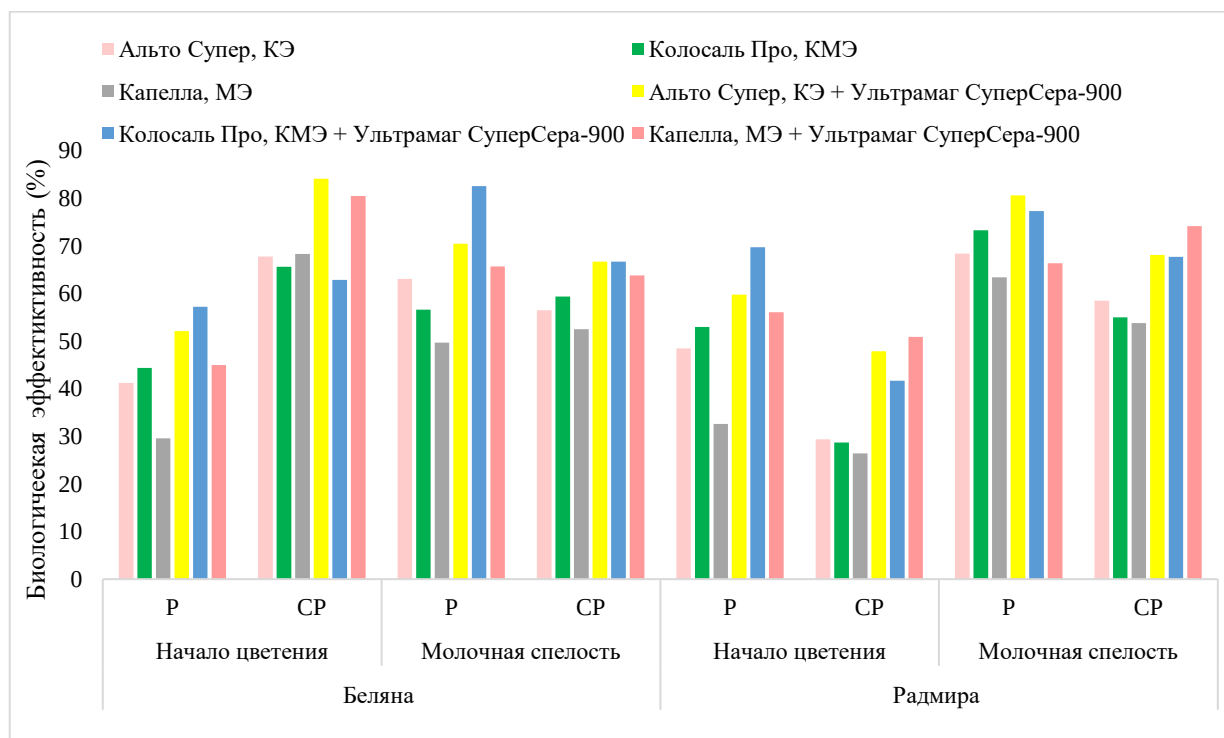


Рисунок 18. Биологическая эффективность (%) препаратов в снижении стеблевой ржавчины на посевах яровой пшеницы в 2024.

Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 и Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 также представляются наиболее эффективными вариантами для снижения поражения стеблевой ржавчиной на сортах Беяна и Радмира соответственно по сравнению с контролем без обработки. Добавление серы позволило существенно повысить эффективность по всем параметрам стеблевой

ржавчины с прибавки 7,4-18,5% (Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900), 2,7%-16,7% при Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 и 10,0-20,0% Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 как на сорте Беяна, так и на сорт Радмира по сравнению с отдельным применением (рисунок 18). На сорте Беяна, эффективность препаратов была выше в целом по сравнению с сортом Радмира, особенно в фазе молочной спелости. Это может указывать на лучшую реакцию сорта Беяна на обработку фунгицидами.

### **3.6. Влияние препаратов на распространенность и степень совместного развития грибов рода *Fusarium* и *Alternaria***

В последние годы в ряде исследований наблюдают совместном развитии фузариоза и альтернариоза на посевах яровой пшеницы [40]. В условиях изменяющегося климата и роста устойчивости патогенов к традиционным средствам защиты, разработка и оценка новых препаратов становится особенно актуальной.

За период 2022-2024 наблюдали совместное развития болезни фузариоз-альтернариоза колоса в посевах яровой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья.

В таблице 11 представлены данные по сортам пшеницы Беяна и Радмира, а также результаты применения различных препаратов В 2022 г в контроле без обработки у обоих сортов наблюдали самые высокие показатели развития и степени развития фузариоз-алтернариоза: Беяна - 12,4% и 27,5% и Радмира - 13,9% и 16,3% соответственно. Однако доминирование представителей *Fusarium* и *Alternaria* в этих симбиотических отношениях варьируется в зависимости от фазы развития растения, климатических условий и сорта.

Все проведенные защитные мероприятия значительно снизили развитие и степень развития болезней по сравнению с контролем. Капелла, МЭ показал наилучшие результаты биологической эффективности как для сорта Беяна, так и для Радмира.

Также отмечается, что отдельное применение Альто супер, КЭ и Колосаль Про, КМЭ также значительно снизили развитие болезни, особенно на сорте Беяна (77,8%).

Таблица 11 – Биологическая эффективность (%) препаратов для защиты яровой пшеницы совместного развития фузариоза и альтернариоза в 2022 г.

| Сорт                                           | Норма расхода      | Беляна |        |        |        | Радмира |        |        |        |
|------------------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Вариант/параметры                              |                    | Р (%)  | БЭ (%) | СР (%) | БЭ (%) | Р (%)   | БЭ (%) | СР (%) | БЭ (%) |
| Контроль без обработки                         | -                  | 12,4   | -      | 27,5   | -      | 13,9    | -      | 16,3   | -      |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 2,8    | 77,8   | 10,0   | 63,6   | 4,9     | 64,9   | 5,6    | 65,5   |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 2,8    | 77,8   | 12,5   | 54,5   | 5,4     | 61,3   | 5,4    | 67,0   |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 3,5    | 71,8   | 6,9    | 75,0   | 3,8     | 73,0   | 4,1    | 74,7   |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 6,3    | 49,6   | 8,8    | 68,2   | 4,4     | 68,5   | 6,3    | 61,7   |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 3,5    | 71,8   | 5,6    | 79,5   | 4,8     | 65,8   | 4,1    | 74,7   |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 2,0    | 83,9   | 7,5    | 72,7   | 2,8     | 80,2   | 3,5    | 78,5   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,9**  |        | 1,7*** |        | 0,9**   |        | 1,7*** |        |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,8*** |        | 1,2*** |        | 0,8***  |        | 1,2*** |        |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)            |                    | 15,1   |        | 13,7   |        | 15,1    |        | 13,7   |        |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 16,4   |        | 16,7   |        | 16,4    |        | 16,7   |        |

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

Среди комбинации, применение Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 показало наибольшая биологическая эффективность в снижении развития комплекса колосовых болезни (фузариоз-алтернариоза) для сорта Беляна - 83,9% и Радмира - 80,2%. Самая высокая биологическая эффективность по снижению степени развития пшеницы болезнями была достигнута при использовании Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900 для сорта Беляна (79,5%) и Капелла, МЭ и Ультрамаг Супер Сера-900 для сорта Радмира. Для сортов и препаратов  $p$ -значения показывают, что различия в эффективности являются статистически значительными ( $p \leq 0,001$ ), что подтверждает надежность полученных данных. Коэффициенты вариации (CV%)

для сортов и препаратов находятся в пределах 15-16%, что указывает на умеренную изменчивость результатов (таблице 11).

В 2023 г. наблюдали также совместное развитие фузариоз-альтернариоза на посевах яровой пшеницы. Представлены ниже данные о доли встречаемости и степени проявления комплексных заболеваний колоса (фузариоза- альтернариоза) в посевах яровой пшеницы при различных обработках. В контрольном варианте без обработки доля встречаемости и степень развития заболевания колоса составил 10,5 % и 22,6 % у сорта Беяна, а также 10,0 % и 23,9 % у сорта Радмира соответственно (таблице 12).

Таблица 12 – Биологическая эффективность (%) препаратов для защиты яровой пшеницы совместного развития фузариоза и альтернариоза в 2023 г.

| Сорт                                           | Норма расхода      | Беяна  |        |        |        | Радмира |        |        |        |
|------------------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Вариант/параметры                              |                    | Р (%)  | БЭ (%) | СР (%) | БЭ (%) | Р (%)   | БЭ (%) | СР (%) | БЭ (%) |
| Контроль без обработки                         | -                  | 10,5   |        | 22,6   |        | 10,0    |        | 23,9   |        |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 4,0    | 61,9   | 7,0    | 69,0   | 2,6     | 73,8   | 7,1    | 70,2   |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 3,4    | 67,9   | 13,3   | 41,4   | 3,1     | 68,8   | 5,9    | 75,4   |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 3,9    | 63,1   | 11,9   | 47,5   | 2,4     | 76,3   | 4,0    | 83,3   |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 2,8    | 73,8   | 15,1   | 33,1   | 2,3     | 77,5   | 7,0    | 70,7   |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 3,0    | 71,4   | 15,6   | 30,9   | 2,3     | 77,5   | 5,8    | 75,9   |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 3,8    | 64,3   | 4,5    | 80,1   | 2,0     | 80,0   | 6,0    | 74,9   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,3*** |        | 0,6*** |        | 0,3***  |        | 0,6*** |        |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,6*** |        | 1,8*** |        | 0,6***  |        | 1,8*** |        |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                    | 5,4    |        | 4,9    |        | 5,4     |        | 4,9    |        |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)           |                    | 13,8   |        | 16,8   |        | 13,8    |        | 16,8   |        |

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

Обработка фунгицидами, как отдельно, так и в сочетании с серосодержащим удобрением, показала достоверное снижение ( $p \leq 0,001$ ) этих показателей в 2–4 раза по сравнению с контролем. Самая высокая биологическая эффективность была отмечена

при применении Капелла, МЭ и Ультрамаг Супер Сера-900 для обоих сортов, составив 64,3 % и 80,1 % у сорта Беяна, а также 80,0 % и 74,9 % у сорта Радмира соответственно по показателям доли и степени совместного развития фузариоза-альтернариоза. Препараты Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900 и Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 показали меньшую эффективность по сравнению с их индивидуальным применением в снижении степени развития заболевания (таблице 12).

Распространённость и степень развития комплексных колосовых болезней фузариоза-альтернариоза в посевах яровой пшеницы представлены в таблице 13 в зависимости от защитных мероприятий и сорта 2024 году.

Таблица 13 – Биологическая эффективность (%) препаратов для защиты яровой пшеницы совместного развития фузариоза и альтернариоза в 2024 г.

| Сорт                                           | Норма расхода      | Беяна              |        |                    |        | Радмира            |        |                    |        |
|------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
| Вариант/параметры                              |                    | Р (%)              | БЭ (%) | СР (%)             | БЭ (%) | Р (%)              | БЭ (%) | СР (%)             | БЭ (%) |
| Контроль без обработки                         | -                  | 25,0               |        | 36,5               |        | 21,6               |        | 28,3               |        |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 6,3                | 75,0   | 10,5               | 71,2   | 6,5                | 69,9   | 12,3               | 56,7   |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 9,3                | 63,0   | 16,1               | 55,8   | 5,1                | 76,3   | 14,5               | 48,8   |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 5,6                | 77,5   | 6,9                | 81,2   | 6,4                | 70,5   | 14,1               | 50,1   |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 2,6                | 89,5   | 8,8                | 76,0   | 5,3                | 75,7   | 10,0               | 64,7   |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 2,3                | 91,0   | 7,5                | 79,5   | 3,3                | 85,0   | 12,5               | 55,8   |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 2,0                | 92,0   | 5,3                | 85,6   | 4,9                | 77,4   | 11,9               | 58,0   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,5 <sup>НЗ</sup>  |        | 1,4 <sup>**</sup>  |        | 0,5 <sup>НЗ</sup>  |        | 1,4 <sup>**</sup>  |        |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,7 <sup>***</sup> |        | 1,4 <sup>***</sup> |        | 0,7 <sup>***</sup> |        | 1,4 <sup>***</sup> |        |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)            |                    | 5,1                |        | 8,2                |        | 5,1                |        | 8,2                |        |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 9,2                |        | 10,1               |        | 9,2                |        | 10,1               |        |



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

В контрольном варианте без обработки эти показатели составили 25,0 % и 36,5 % у сорта Беяна, а также 21,6 % и 28,3 % у сорта Радмира соответственно по показателям развития и степени проявления болезней. В обработанных вариантах эти показатели варьировали от 2,0% до 16,1 %. Как и в 2022 и 2023 годах применение защитных мероприятий снизило развитие заболеваний в 2-5 раз и степень развития в 2-3 раза. Наибольшая биологическая эффективность была отмечена в вариантах с использованием Капелла, МЭ + Ультрамаг Супер Сера-900 — 92,0 % (развитие) и 85,6 % (степень развития) у сорта Беяна, а также Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900 — 85,0 % (развитие) и 55,8 % (степень развития) у сорта Радмира. Отдельное применение Капелла, МЭ и Альто Супер, КЭ также значительно снизило уровень фузариоза-альтернариоза по сравнению с Колосаль Про, КМЭ (таблице 13).

За период 2022-2024 гг. средние проценты распространённости и степени развития комплексных колосовых болезней фузариоза-альтернариоза в посевах яровой пшеницы представлены в таблице в зависимости от защитных мероприятий и сорта. Средние показатели распространённости и тяжести составили 16,0 и 28,9% у сорта Беяна и 15,2 и 22,8% у сорта Радмира соответственно. Это свидетельствует о том, что оба сорта яровой мягкой пшеницы обладают умеренной устойчивостью к одновременному заражению фузариозом-альтернариозом. При применении препаратов они снизились в 2–4 раза по сравнению с контролем без обработки (таблице 14).

Совместное применение фунгицида с серосодержащим удобрением было более эффективным по сравнению с их индивидуальным применением. В снижении развития и степени развития одновременному заражению посева фузариозом-альтернариозом средняя биологическая эффективность Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 и Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 составила соответственно 83,8 и 80,0 и 81,7 и 66,9% у сортов Беяна и 78,7 и 68,7 и 77,2 и 67,3%

у сортов Радмир. Это соответствует повышению их эффективности на 13% и 12% и 17,1 и 22,7% у сорта Беяна и на 8,0 и 1,7% и 9% и 7,4% у сорта Радмир по отношению к индивидуальному применению Капелла, МЭ и Колосаль Про, КМЭ. Применение Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 также было более эффективным по сравнению с индивидуальным применением Альто Супер, КЭ на сорте Радмир.

Таблица 14 – Средняя биологическая эффективность (%) препаратов для защиты яровой пшеницы совместного развития фузариоза и альтернариоза в 2022-2024 гг.

| Сорт                                           | Норма расхода      | Беяна              |        |                    |        | 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 +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 3,9                | 75,6   | 10,9               | 62,3   | 4,0                | 73,7   | 7,8                | 65,9   |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 2,9                | 81,7   | 9,6                | 66,9   | 3,5                | 77,2   | 7,5                | 67,3   |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 2,6                | 83,8   | 5,8                | 80,0   | 3,2                | 78,7   | 7,1                | 68,7   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,3 <sup>НЗ</sup>  |        | 1,1 <sup>**</sup>  |        | 0,3 <sup>НЗ</sup>  |        | 1,1 <sup>**</sup>  |        |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,4 <sup>***</sup> |        | 0,8 <sup>***</sup> |        | 0,4 <sup>***</sup> |        | 0,8 <sup>***</sup> |        |
| НСР <sub>05</sub> (год)                        |                    | 0,3 <sup>***</sup> |        | 0,6 <sup>***</sup> |        | 0,3 <sup>***</sup> |        | 0,6 <sup>***</sup> |        |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                    | 4,8                |        | 8,5                |        | 4,8                |        | 8,5                |        |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)           |                    | 5,8                |        | 7,5                |        | 5,8                |        | 7,5                |        |

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

Таким образом, применение различных препаратов для защиты яровой пшеницы значительно снижает как распространенность, так и степень поражения фузариозом и альтернариозом. Боковые смеси показывают наилучшие результаты, что подтверждает необходимость их использования в агрономической практике для повышения урожайности и качества зерна (таблице 14).

### **3.7. Влияние защитных мероприятий на формирование элементов продуктивности и урожайность яровой пшеницы**

#### **3.7.1. Влияние защитных мероприятий на биометрические показатели яровой пшеницы**

Влияние продуктивной кустистости на урожайность зерновых очень велико, и в различных исследованиях подчеркивается ее критическая роль наряду с другими компонентами урожайности. В частности, продуктивная кустистость стебля может составлять до 50 % от уровня урожайности. Более высокая плотность посева часто приводит к повышению урожайности зерна, особенно у пшеницы, где сорт с пониженной способностью к кущению выигрывают от более плотной посадки. В нашем исследовании количество продуктивной стеблей яровой пшеницы значительно варьировалось в зависимости от сорта, защитных мер и погодных условиях года яровой пшеницы ( $p \leq 0,001$ ). В таблице 15 представлены данные о влиянии различных препаратов на продуктивную кустистость яровой пшеницы, измеряемую в шт./м<sup>2</sup> за три года. Сорт Радмира показал более высокую продуктивность по сравнению с сортом Беяна в контрольной группе за все три года. Средняя продуктивность Радмира составила 462 шт./м<sup>2</sup>, тогда как у сорта Беяна — 395 шт./м<sup>2</sup>. Наблюдали Препараты показали значительное увеличение продуктивной кустистости по сравнению с контролем. В целом, комбинированное применение с Ультрамаг СуперСера-900 дали более высокие показатели по сравнению с отдельным применением, за исключением Альто Супер, КЭ у сорта Беяна и Капелла, МЭ у сорта Радмира, где отдельное применение показало лучшие результаты. Низкие значения коэффициента вариации указывают на стабильность результатов в разные годы (таблице 15 и приложение Б. 1).

Количество зерен в колосе зерновых культур является важным показателем, который влияет на общую урожайность. Количество зерен в колосе зерновых культур варьируется в зависимости от различных факторов, включая сорт, условия выращивания и агрономические практики. В данной таблице представлены данные о влиянии различных препаратов на количество зерен (шт./колос) яровой пшеницы. В

контроле без обработки среднее значение данного показателя составил 28 шт./колос у сорта Беяна и 32 шт./колос у сорта Радмира. В целом, оба сорта яровой пшеницы показывают положительное влияние препаратов на количество зерен. Сорт Радмира в среднем демонстрирует более высокие результаты по сравнению с сортом Беяна.

Применение фунгицидов нового поколения, особенно их комбинации с Ультрамаг СуперСера-900 оказал влияния на данный показатель.  $p$ -значение для сортов и препаратов составляет  $p \leq 0,001$ , что указывает на высокую статистическую значимость. Коэффициент вариации (CV%) для сортов колебался от 7,2% до 8,3%, что говорит о стабильности результатов. На вариантах этот показатель превышала показатель контроля на 11,6-13,1% (таблице 15 и приложение Б. 2).

За годы исследований в контроле без обработки, средняя масса зерен с колоса для сорта Беяна составляет 1,08 г, в то время как для сорта Радмира она равна 1,10 г.  $p$ -значение (0,003) указывает на наличие статистически значимой разницы между сортами яровой пшеницы. Таким образом, сорт Радмира показывает немного более высокую среднюю массу зерен с колоса по сравнению с сортом Беяна.

Наилучший результат по массе зерна на обоих сортах на варианте Капелла, МЭ, как на Беяна (1,33 г), так и на Радмира (1,47 г). Среди баковой смеси препаратов, наиболее эффективным является Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 с показателем 1,32 г на сорте Беяна и Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 с показателем 1,41 г на сорте Радмира. Однако на обоих сортах применении баковой смеси препаратов Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 не показало преимущества по сравнению с отдельным применением Капелла, МЭ. Эти результаты подчеркивают важность выбора подходящего препарата в зависимости от сорта пшеницы для достижения оптимальных показателей массы зерен (таблице 15 и приложение Б. 3).

Вес зерна является важным фактором, определяющим урожайность, и может быть снижен грибными заболеваниями. Было изучено нами влияние различных препаратов на массу 1000 зёрен двух сортов яровой пшеницы в условиях Московской

области. Результаты показали, что этот показатель варьируется в зависимости от сорта, погодных условий и применяемых мер защиты (таблицу 14).

Таблица 15–Влияние защитных мероприятий на биометрические показатели яровой пшеницы

| Сорт                                              |                    | Беляна                                     |                               |                            |                     | Радмира                                    |                               |                            |                     |
|---------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Год                                               | Норма расхода      | Продуктивных<br>стеблей шт./м <sup>2</sup> | Количество зерен<br>шт./колос | Масса зерен с<br>колоса, г | Масса 1000 зёрен, г | Продуктивных<br>стеблей шт./м <sup>2</sup> | Количество зерен<br>шт./колос | Масса зерен с<br>колоса, г | Масса 1000 зёрен, г |
| Контроль без<br>обработки                         | -                  | 395                                        | 28                            | 1,08                       | 37,1                | 462                                        | 32                            | 1,10                       | 33,9                |
| Альто Супер, КЭ                                   | 0,5л/га            | 474                                        | 31                            | 1,17                       | 38,6                | 575                                        | 35                            | 1,27                       | 35,2                |
| Колосаль Про,<br>КМЭ                              | 0,4л/га            | 454                                        | 33                            | 1,27                       | 38,5                | 570                                        | 35                            | 1,42                       | 35,7                |
| Капелла, МЭ                                       | 1л/га              | 460                                        | 31                            | 1,33                       | 39,4                | 596                                        | 37                            | 1,47                       | 37,0                |
| Альто Супер, КЭ<br>+ Ультрамаг<br>СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га | 443                                        | 32                            | 1,26                       | 40,6                | 615                                        | 37                            | 1,41                       | 35,4                |
| Колосаль Про,<br>КМЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 459                                        | 31                            | 1,29                       | 39,4                | 588                                        | 36                            | 1,36                       | 37,0                |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 482                                        | 31                            | 1,32                       | 41,0                | 506                                        | 36                            | 1,30                       | 38,0                |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                          |                    | 23,6**                                     | 0,4***                        | 0,02**                     | 0,2***              | 23,6**                                     | 0,4***                        | 0,02**                     | 0,2***              |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                      |                    | 18,4***                                    | 0,5***                        | 0,03***                    | 0,1***              | 18,4***                                    | 0,5***                        | 0,03***                    | 0,1***              |
| НСР <sub>05</sub> (год)                           |                    | 9,8***                                     | 0,3***                        | 0,01***                    | 0,1***              | 9,8***                                     | 0,3***                        | 0,01***                    | 0,1***              |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)               |                    | 0,4                                        | 4,2                           | 6,9                        | 0,1                 | 0,4                                        | 4,2                           | 6,9                        | 0,1                 |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)           |                    | 1,5                                        | 5,7                           | 9,9                        | 0,1                 | 1,5                                        | 5,7                           | 9,9                        | 0,1                 |

Примечание: НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$ , \*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

Обработка и сорт оказали значительное влияние на массу 1000 зёрен ( $p \leq 0,001$ ). На контрольном варианте без обработки были отмечены наименьшие значения массы 1000 зёрен для обоих сортов: в среднем 37,1 г для сорта Беяна и 33,9 г для сорта Радмира (таблице 18). В 2024 году наблюдается снижение этого показателя у обоих сортов, что ниже в 2022 и 2023 годах, что может свидетельствовать о неблагоприятных условиях и высокой заболеваемости.

Применение различных препаратов оказало значительное влияние на массу 1000 зёрен яровой пшеницы. При этом баковые смеси препаратов Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900, Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 и Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 показали наилучшие результаты. Низкие значения коэффициента вариации (CV%) указывают на высокую однородность полученных результатов, что является положительным признаком для повторяемости эксперимента (таблице 15 и приложение Б. 4).

### **3.7.2. Влияние защитных мероприятий на урожайность и качество зерна яровой пшеницы**

#### **3.7.2.1. Влияние защитных мероприятий на урожайность яровой пшеницы**

Фунгициды играют ключевую роль в защите зерновых культур от различных заболеваний, которые могут существенно снизить урожайность. Когда фунгициды применяются совместно с серосодержащими удобрениями, это может привести к синергетическому эффекту, где оба компонента усиливают действие друг друга. Это связано с тем, что серосодержащие удобрения способствуют улучшению усвоения питательных веществ растениями, что, в свою очередь, усиливает их устойчивость к болезням. Наши исследования показывают, комплексная защита культуры, обеспеченная защитными мероприятиями, положительно повлияла на количество собранного зерна у пшеницы.

Данные по урожайности двух сортов пшеницы, Беяна и Радмира, в 2022, 2023 и 2024 годах представлены в таблице. В целом, у сорта Радмира были отмечены более

стабильную и высокую урожайность по сравнению с сортом Беяна за все годы наблюдений в контроле без обработки. Радмира неизменно превосходила Беяну во все три года. Средняя урожайность Радмиры составляет 4,20 т/га, в то время как Беяна - 3,67 т/га в контроле без обработки. Урожайность сорта Радмира составила 4,76 т/га в 2022 году, 4,69 т/га в 2023 году и 3,15 т/га в 2024 году. Радмира демонстрирует более стабильную урожайность с течением времени, что говорит о том, что она может быть лучше адаптирована к изменчивым климатическим условиям. Такая стабильность может иметь решающее значение для производителей, которые полагаются на предсказуемые результаты для планирования и финансовой стабильности (таблице 16).

Таблица 16 – Оценка эффективности применения защитных мероприятий на формирование урожайности яровой пшеницы (т/га)

| Сорт                                           |                    | Беяна  |                   |        |         | Радмира |                   |        |         |
|------------------------------------------------|--------------------|--------|-------------------|--------|---------|---------|-------------------|--------|---------|
|                                                |                    | 2022   | 2023              | 2024   | Средняя | 2022    | 2023              | 2024   | Средняя |
| Год                                            | Норма расхода      |        |                   |        |         |         |                   |        |         |
| Контроль без обработки                         | -                  | 3,09   | 4,95              | 2,98   | 3,67    | 4,76    | 4,69              | 3,15   | 4,20    |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 3,59   | 5,93              | 3,27   | 4,26    | 5,46    | 5,18              | 3,72   | 4,79    |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 4,19   | 5,27              | 3,44   | 4,3     | 5,07    | 5,33              | 3,81   | 4,73    |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 3,94   | 5,72              | 3,49   | 4,39    | 5,25    | 5,56              | 3,56   | 4,79    |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га | 3,71   | 5,63              | 3,48   | 4,27    | 5,55    | 5,39              | 3,86   | 4,94    |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га<br>+ 3л/га | 4,23   | 5,5               | 3,92   | 4,55    | 5,88    | 5,56              | 3,87   | 5,10    |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га<br>+ 3л/га | 3,98   | 5,31              | 3,82   | 4,37    | 5,72    | 5,73              | 3,65   | 5,03    |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,4**  | 0,2 <sup>нз</sup> | 0,2**  | 0,1**   | 0,4**   | 0,2 <sup>нз</sup> | 0,2**  | 0,1**   |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,2*** | 0,2***            | 0,2*** | 0,1***  | 0,2***  | 0,2***            | 0,2*** | 0,1***  |
| НСР <sub>05</sub> (год)                        |                    | -      | -                 | -      | 0,1***  | -       | -                 | -      | 0,1***  |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                    | 2,0    | 1,6               | 1,2    | 0,9     | 2,0     | 1,6               | 1,2    | 0,9     |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 2,7    | 1,2               | 1,5    | 0,5     | 2,7     | 1,2               | 1,5    | 0,5     |

Примечание: НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$ , \*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

Урожайность у сорта Беляна достигает пика в 2023 году и составляет 4,95 т/га, но значительно снижается в 2024 году до 2,98 т/га в контроле без обработки (таблице 16).

Все препараты значительно увеличили урожайность яровой пшеницы, как для сорта Беляна, так и для сорта Радмира по сравнению с контролем без обработки. Прибавка урожайности варьировалась в зависимости от защитных мероприятий, по годам и сортам. Высокую прибавку отметили при отдельном применении фунгицидов и составила в среднем 16,08, 17,17 и 19,62% у сорта Беляна и 14,05, 12,62 и 14,05 у сорта Радмира, соответственно. Применение фунгицидов в сочетании с Ультрамаг СуперСера-900 существенно повысило урожайность яровой пшеницы, особенно в случае с Колосаль Про, КМЭ. Однако применение Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 показывало наибольшую среднюю прибавку 23,98% для сорта Беляна и 21,43% для сорта Радмира по сравнению с контролем без обработки (рисунок 19).

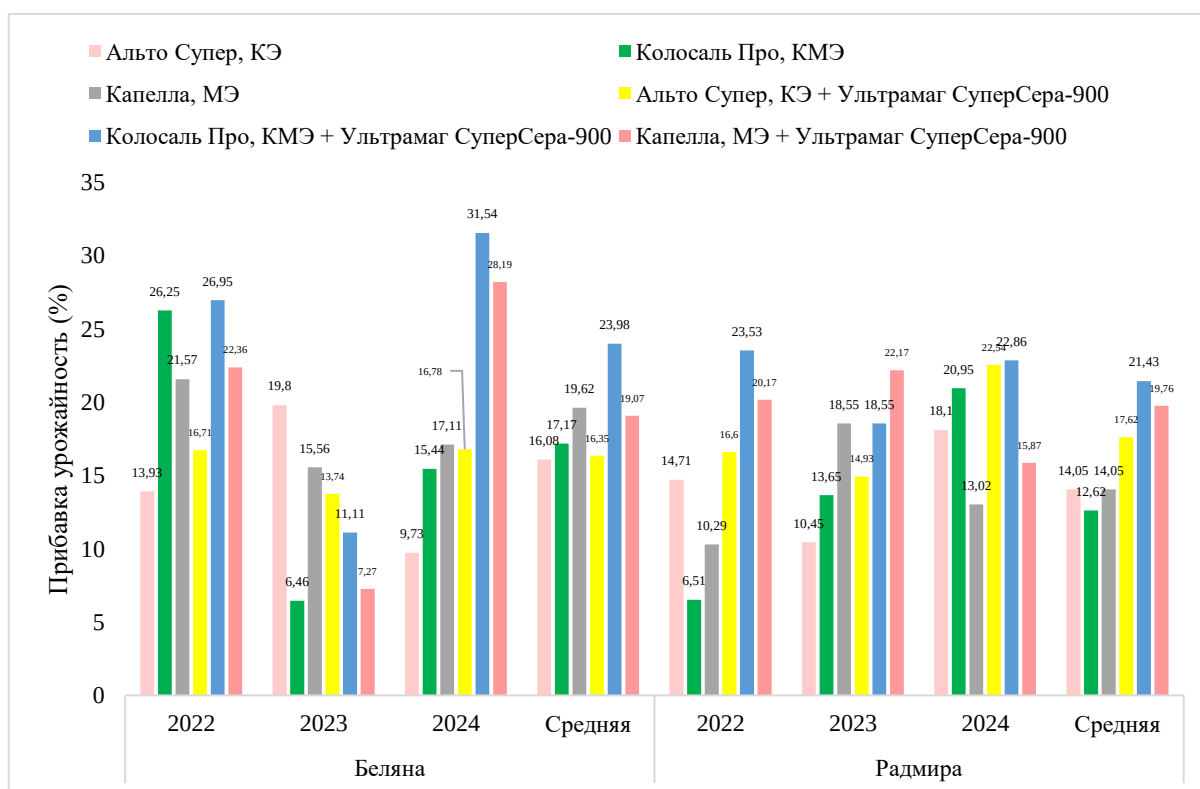


Рисунок 19. Прибавка урожайности (%) по сравнению с контролем без обработки

Но применение Альто Супер, КЭ и Капелла, МЭ в сочетании с Ультрамаг СуперСера-900 привели к незначительной прибавке по сравнению с отдельным



применением у сорта Беяна (рисунок 19). Это подчеркивает важность выбора правильной комбинации для достижения максимальных результатов по сравнению с контролем без обработки.

### **3.7.2.2. Влияние защитных мероприятий на качество зерна яровой пшеницы**

Качество зерна яровой пшеницы, определяемое такими показателями, как содержание белка и клейковины, напрямую влияет на его пищевую и технологическую ценность. В современных условиях сельского хозяйства для повышения этих показателей активно используются агрохимические препараты, включая фунгициды и серосодержащие удобрения.

На рисунке 19 представлены данные о влиянии различных препаратов на содержание белка и клейковины в зерне яровой пшеницы сортов Беяна и Радмира за 2022-2024 годы. Было нами установлено, что содержание белка и клейковины варьировалось в зависимости от особенности сортов яровой пшеницы, защитных мероприятий и погодных условиях. По средним значениям за три года в контроле без обработки можно сделать вывод, что сорт Беяна имеет более высокие показатели как по содержанию белка (13,1%), так и по содержанию клейковины (22,1%) по сравнению с сортом Радмира (12,3% белка и 21,8% клейковины). Это указывает на большую потенциальную ценность сорта Беяна для производства высококачественной муки и продуктов переработки.

Климатические условия непосредственно влияют на фитосанитарное состояние растений и их качественные характеристики. Таким образом, 2023 год является наиболее благоприятным с точки зрения фитосанитарного состояния и качества зерна благодаря умеренным температурам и высокой влажности, которые обеспечили оптимальные условия для роста растений и эффективного действия защитных препаратов. 2024 год, напротив, оказался наиболее неблагоприятным из-за экстремальных погодных условий, спровоцировавших массовое развитие заболеваний и снижение качественных характеристик зерна. В 2022 году засушливые условия ограничили распространение большинства заболеваний, однако наблюдалось развитие септориоза, фузариоза. Низкая влажность способствовала

сохранению качественных показателей зерна, но засуха могла ограничить потенциал накопления питательных веществ, таких как белок и клейковина (и приложение Б. 5)

Кроме того, отмечено, что, применение фунгицидов и их комбинаций с серой положительно влияет на качественные показатели зерна яровой пшеницы по сравнению с контролем. Наибольшая эффективность среди фунгицидов без серы наблюдается у Колосаль Про, КМЭ, который увеличивает содержание белка до 13,7% и клейковины до 24,3% в среднем за три года. Однако наиболее значительный эффект достигается при комбинации фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900. Среди комбинаций, наилучшие результаты по качественным показателям зерна яровой пшеницы наблюдаются при использовании Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900. Средние значения показателей для этой комбинации составляют 14,0% содержания белка и 24,5% содержания клейковины для сорта Беяна, а для сорта Радмира — 13,5% белка и 23,0% клейковины (рисунок 20 и приложение Б. 5).

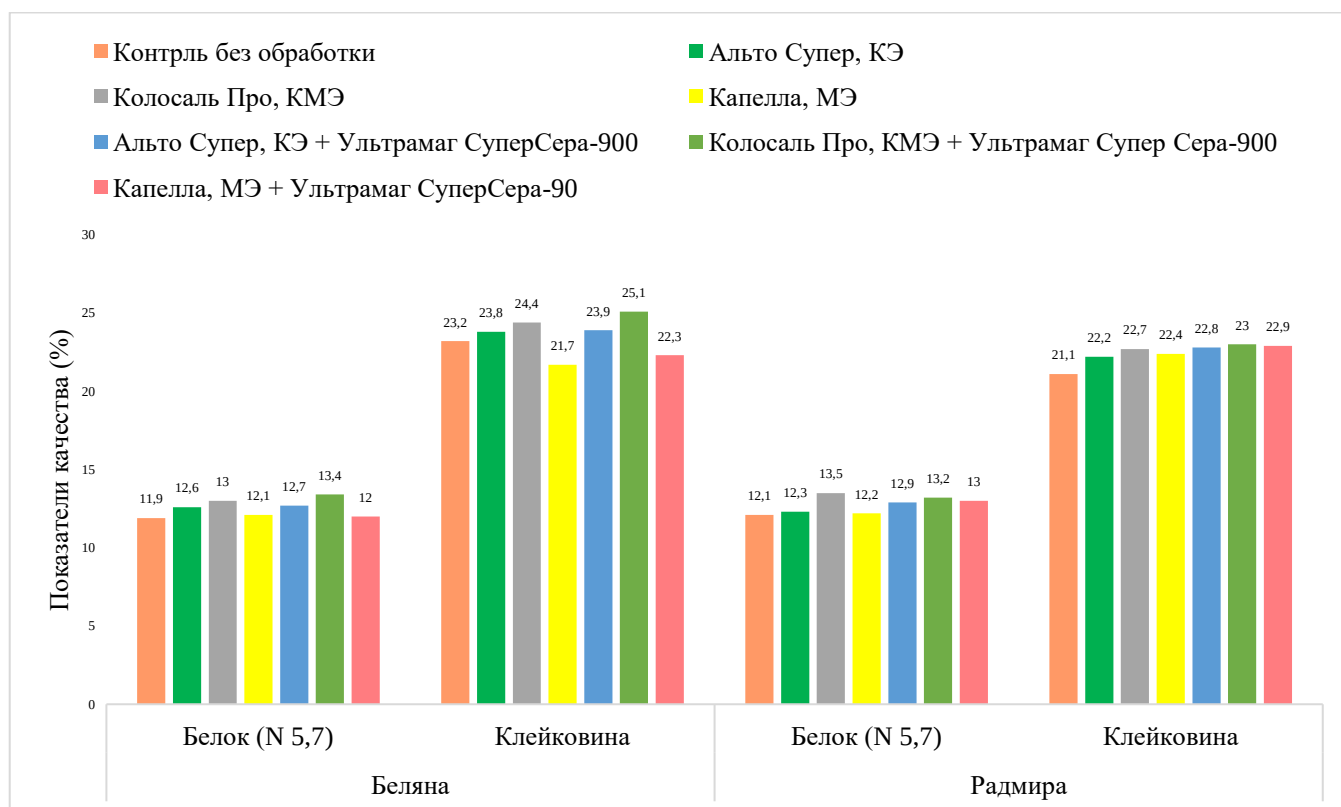


Рисунок 20. Средние показатели (%) качества зерна яровой пшеницы в 2022-2024

Эти данные подчеркивают эффективность применения данной комбинации для достижения высоких качественных показателей зерна яровой пшеницы.

Фенологические наблюдения показали, что развитие растений существенно зависело от погодных условий каждого года. Наиболее благоприятными для роста и формирования урожая оказались 2022 и 2023 годы, тогда как в 2024 году неблагоприятные погодные условия (низкие температуры на ранних этапах, недостаток влаги в ключевые фазы и избыток осадков в период созревания) негативно сказались на продуктивности культуры.

В результате проведенных исследований установлено, что защита яровой пшеницы от комплекса грибных заболеваний требует системного подхода с учетом биологических особенностей сортов и фенологических фаз развития растений. Изучение эффективности современных фунгицидов (Альто Супер, КЭ, Колосаль Про, КМЭ, Капелла, МЭ) и их комбинаций с серосодержащим удобрением Ультрамаг СуперСера-900 показало значительное снижение распространенности и степени поражения основных болезней – фузариоза, альтернариоза, септориоза, мучнистой росы и стеблевой ржавчины.

Наиболее стабильные результаты показали баковые смеси фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900, обеспечившие максимальную биологическую эффективность в диапазоне 65-87% в зависимости от сорта и фазы развития растений. Особенно высокие показатели получены при подавлении совместного развития фузариоза и альтернариоза: комбинация Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 показала эффективность до 83,8% у сорта Беяна и 80,0% у сорта Радмира.

Установлено положительное влияние защитных мероприятий на формирование элементов продуктивности и урожайность яровой пшеницы. Применение современных фунгицидов позволило достичь прибавки урожая от 12,4% до 25,8% по сравнению с контролем без обработки. Наибольшая эффективность отмечена при использовании комбинации Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900, что также положительно сказалось на качестве зерна, увеличив содержание белка до 14,0% и клейковины до 24,5% у сорта Беяна.

Полученные данные подтвердили необходимость дифференцированного подхода к защите растений с учетом конкретных условий выращивания. Коэффициенты вариации показателей находились в пределах 7-16%, что свидетельствует о достоверности результатов и возможности их практического применения. Выявленные закономерности позволяют рекомендовать использование баковых смесей фунгицидов нового поколения с серосодержащими удобрениями для повышения устойчивости растений к комплексу болезней и оптимизации показателей качества зерна в условиях меняющегося климата.

## **ГЛАВА 4. ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ, БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

### **4.1. Фенологические наблюдения посевов ярового ячменя**

Ячмень является культурой, малотребовательной к теплу. Для его развития необходима сумма активных температур от 1200 до 1800°C, в зависимости от сорта. Оптимальная температура для появления всходов — +10–12°C, при которой они появляются через 3–4 дня. Важным условием для дружных всходов является влажность пахотного слоя на уровне 60–70% от полной полевой влагоемкости. В фазе кущения наиболее благоприятна температура +10–12°C, хотя развитие возможно и при +15–17°C. На этапе выхода в трубку ячмень активно растет при +12–18°C, а к началу колошения поглощает 75% всех питательных веществ. В период налива и созревания зерна ячмень лучше переносит температуры +23–25°C, тогда как при температуре ниже +13–14°C эти процессы замедляются. Оптимальная сумма осадков для периода всходы-колошение составляет 70 мм, а для периода всходы-налив — 120 мм.

В таблице 17 представлены фенологические фазы развития ярового ячменя для сортов Надежный и Нур за период 2022–2024 гг. Оба сорта демонстрируют схожие сроки прохождения основных этапов развития, хотя наблюдаются незначительные различия в зависимости от года и сорта.

В 2022 году условия для развития ярового ячменя были наиболее близки к оптимальным. Температура в фазах всходов (10,9°C) и выхода в трубку (17,7°C) находилась в пределах нормы, что способствовало своевременному появлению всходов и активному росту растений. Сумма осадков за период всходы-колошение составила 87,7 мм, что близко к оптимальным 70 мм, обеспечивая достаточную влажность почвы. В фазах налива и созревания зерна температура (21,0–22,5°C) также была близка к оптимальной (+23–25°C), что благоприятно сказалось на формировании урожая. В период от цветения до полной спелости температура колебалась в пределах 18,9–22,5°C, что близко к оптимальным значениям для этих

фаз. Осадки в этот период были умеренными (0,3–20,5 мм), что способствовало равномерному созреванию зерна.

В 2023 году условия были менее благоприятными. Температура в фазе всходов (14,9°C) превышала оптимальные значения (+10–12°C), что могло замедлить появление всходов. Недостаток осадков (2,1 мм) в этот период также создал неблагоприятные условия для развития растений. В фазе кущения температура (14,7°C) находилась в допустимых пределах, но в фазах налива и созревания зерна она была ниже оптимальной (16,5–22,9°C), что могло замедлить эти процессы. Сумма осадков за период всходы-колошение (72,9 мм) была близка к норме, но их неравномерное распределение снизило эффективность. В период от цветения до полной спелости температура колебалась в пределах 16,5–22,9°C, что ниже оптимальной для налива и созревания зерна.

В 2024 году условия были наименее благоприятными. Высокая температура в фазах всходов (18,6°C) и кущения (19,4°C) значительно превышала оптимальные значения, что негативно сказалось на развитии растений. Критически низкое количество осадков (0,0 мм) в фазе всходов и их избыток (121,4 мм) в фазе выхода в трубку создали дисбаланс влажности почвы. В фазах налива и созревания зерна температура (17,8–23,2°C) была ниже оптимальной, что замедлило эти процессы. Сумма осадков за период всходы-колошение (122,4 мм) превышала норму, но их неравномерное распределение снизило эффективность. В период от цветения до полной спелости температура колебалась в пределах 17,8–23,3°C, что ниже оптимальной для этих фаз. В целом, условия были 2022 году наиболее близки к оптимальным, особенно в фазах всходов, выхода в трубку и налива зерна. Но в 2023 году условия были менее благоприятными в связи с высокой температурой в фазах всходов и кущения, а также низкой температуры в фазах налива и созревания. А в 2024 году условия были и неблагоприятными из-за высокой температуры в фазах всходов и кущения, недостатка влаги в фазах всходов и колошения, а также избытка осадков в фазе выхода в трубку (таблица 17).

Таблица 17– Фенологические фазы развития ярового ячменя в 2022-2024 гг.

| Сорт<br>Фенофазы  | Надежный |        |       | Нур    |       |       |
|-------------------|----------|--------|-------|--------|-------|-------|
|                   | 2022     | 2023   | 2024  | 2022   | 2023  | 2024  |
| Посев             | 11.05    | 06.05  | 15.05 | 11.05  | 06.05 | 15.05 |
| Всходы            | 25.05    | 16.05  | 23.05 | 25.05  | 16.05 | 23.05 |
| Кущение           | 06.06    | 02.06  | 10.06 | 07.06  | 02.06 | 10.06 |
| Выход в трубку    | 20.06.   | 15.06. | 17.06 | 25.06. | 15.06 | 17.06 |
| Колошение         | 04.07    | 30.06  | 27.06 | 10.07  | 27.06 | 27.06 |
| Цветение          | 14.07    | 05.07  | 09.07 | 17.07  | 04.07 | 08.07 |
| Молочная спелость | 25.07    | 15.07  | 17.07 | 24.07  | 15.07 | 17.07 |
| Молочно-восковая  | 02.08    | 20.07  | 21.07 | 04.08  | 20.07 | 21.07 |
| Восковая спелость | 07.08    | 25.07  | 22.07 | 10.07  | 25.07 | 22.07 |
| Полная спелость   | 13.08    | 08.08  | 15.08 | 15.08  | 08.08 | 15.08 |

#### 4.2. Фитосанитарное состояние агроценоза ярового ячменя в условиях

##### Немчиновки

Успех возделывания ячменя во многом зависит от его фитосанитарного состояния — комплекса факторов, влияющих на здоровье растений и их устойчивость к неблагоприятным условиям. Научно-исследовательский центр Немчиновка (Московская область) представляет собой площадку для изучения агроценозов различных сельскохозяйственных культур, включая яровой ячмень. Особенности климата региона, характеризующиеся переменчивостью погодных условий, значительной влажностью и возможными периодами засухи. Кроме того, интенсивное развитие болезней требует постоянного мониторинга и внедрения эффективных методов защиты.

Среди наблюдаемых болезней ярового ячменя были выявлены нами фузариоз колоса, комплекс пятнистости (сетчатая и темно-бурая пятнистости) листьев и карликовая ржавчина ячменя. Однако карликовая ржавчина ярового ячменя имела

низкий уровень распространённости, не превышая 2% от общего числа зарегистрированных случаев листовых болезней.

Погодные условия существенно влияют на фитосанитарное состояние ярового ячменя. Повышение температуры весной и летом стимулирует развитие грибных заболеваний, особенно при высокой влажности. Так, аномальные осадки (121,4 мм в июне 2024 года и до 77,3 мм в июле 2023 года) способствовали активному распространению инфекций. В то же время, засушливые периоды, как в 2022 году, когда осадки были минимальными, тормозили развитие болезней. Некоторые грибные заболевания, такие как фузариоз и комплекс пятнистости, наблюдались на посевах каждый год, в то время как карликовую ржавчину были отмечены только в 2024 году.

**Сетчатая пятнистость.** Сетчатая пятнистость проявляется развитием бурых пятен в виде более или менее вытянутой сети (прямоугольные, линейные, овальные, неправильные и точечные пятна), которые могут распространяться по всей поверхности листовой пластинки в виде более или менее длинных продольных некрозов. Эти пятна обычно окружены хлоротичной зоной. На поздней стадии различные пятна сливаются и быстро приводят к гибели пораженных листьев.

Патоген (*Pyrenophora teres*, анаморф: *Drechslera teres*). На среде КГА колонии *P. teres* имеют темно-зеленый мицелий. Из пучков белого прямостоячего мицелия появляются корнезии, часто возникающие в культуре на питательной среде; когда культура становится старой, они образуют склероции, которые являются органами сохранения гриба в неблагоприятных условиях. Колонии темно-зеленые, короткие, блестящие и мелкополосатые. В среде часто наблюдается легкая оранжевая пигментация. Под световым микроскопом конидии гладкие, субцилиндрические, закругленные на концах, прямые или слегка изогнутые, золотисто-коричневого цвета, часто расположены в коротких цепочках из 2-3 конидий. Они имеют от 2 до 5 поперечных перегородок (рисунок 21).



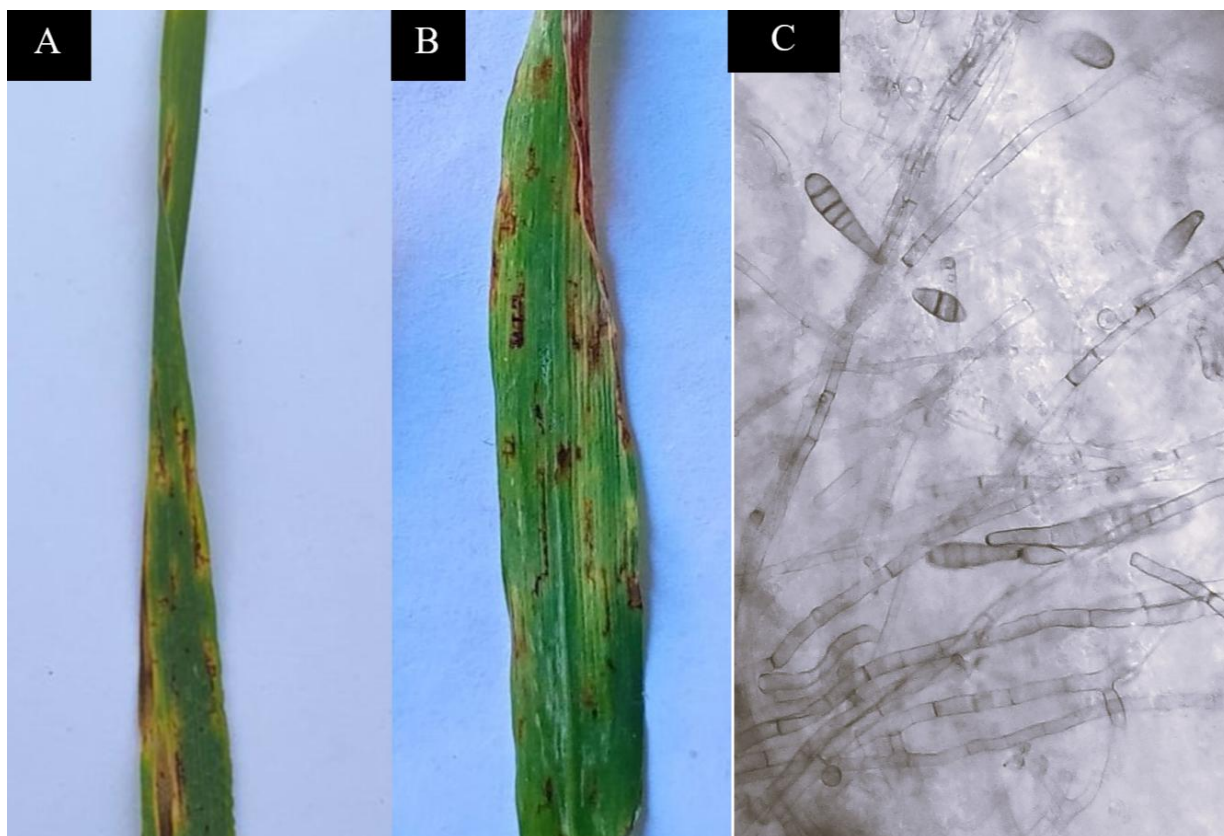


Рисунок 21. А и В - симптомы сетчатой пятнистости на листьях ячменя, С- конидии *P. teres*

**Тёмно-бурая пятнистость (гельминтоспориозная пятнистость).** Типичные симптомы гельминтоспориозной пятнистости (*Bipolaris sorokiniana*) — это эллиптические темно-коричневые пятна, окруженные желтым ореолом. Пятна могут удлиняться и разграничиваться жилками, но поражения никогда не будут иметь вид длинных узких полос, подобных сетчатой полосе. Это заболевание часто путают с сетчатой пятнистостью, формой *maculata*, из-за схожих симптомов, поэтому выделение и идентификация патогена являются важными шагами для подтверждения диагноза. Подчеркнем, что этот патоген вызывает гниль корней у злаковых культур. В данном исследовании семена ячменя обрабатывались предпосевным фунгицидом Оплот Трио, ВСК как в контрольной, так и в опытной вариантах.

Микроскопическое исследование выявляет у *B. sorokiniana* наличие конидиеносцев, образующихся на мицелии поодиночке или небольшими группами. Они могут быть прямыми или гибкими, окрашены и геникулюрованные на вершине. Конидии темно-коричневые, гладкие, прямые или слегка изогнутые. Они имеют от 3

до 9 поперечных перегородок, которые часто очень толстые и мало похожи на таковые у других гельминтоспоридий (рисунок 22). Молекулярно-генетический анализ последовательностей маркеров ITS подтвердил идентификацию изучаемых штаммов как *B. sorokiniana*. Совпадение с последовательностями, размещенными в базе данных NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), составило 99–100% для гена ITS.

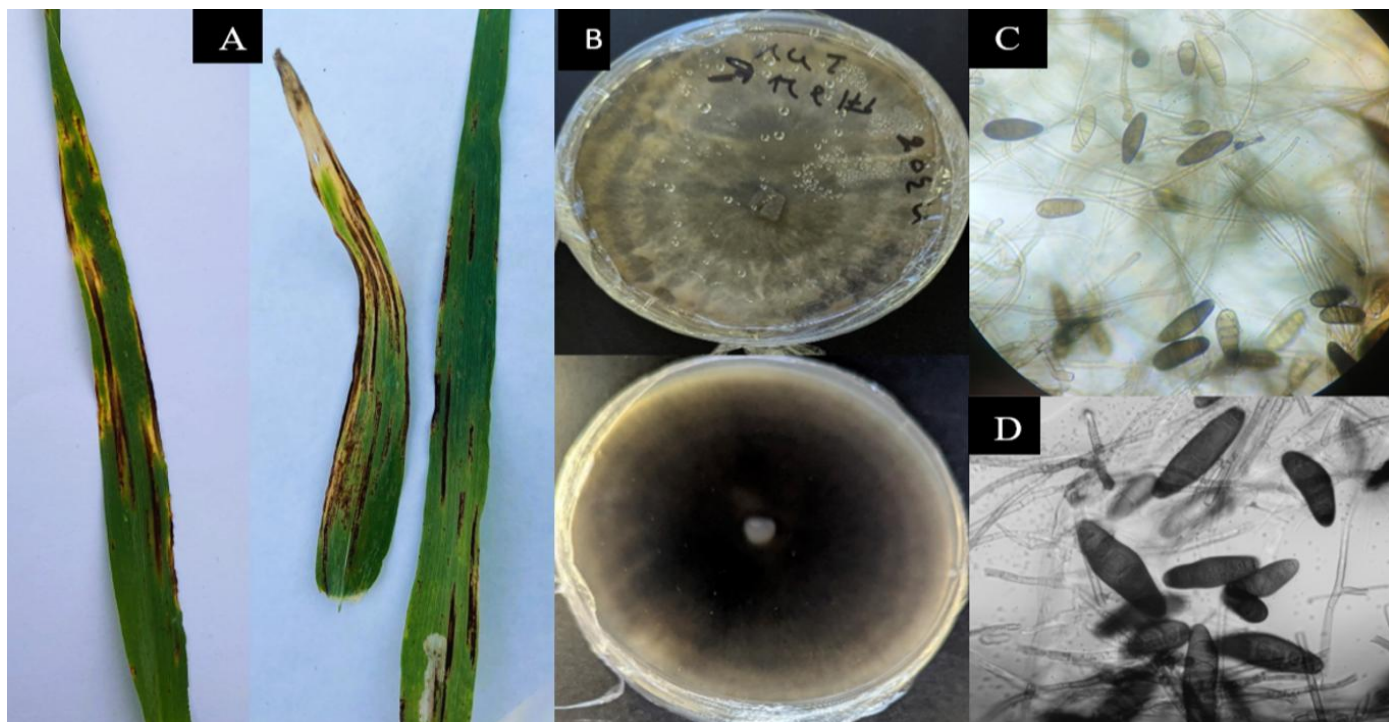


Рисунок 22. А - симптомы гельминтоспориозной пятнистости на листьях ячменя, В - колонии изолятов *B. sorokiniana* на КГА, С - конидии *B. sorokiniana*, обнаруженные при прямом микроскопическом исследовании поражённых листьев ячменя, D - конидии *B. sorokiniana*, обнаруженные при прямом микроскопическом исследовании колоний изолятов *B. sorokiniana* на КГА.

**Фузариоз колоса** — это заболевание, вызываемое грибами рода *Fusarium*, которые поражают колосья ячменя. Симптомы обычно проявляются к концу июля или началу августа, после периода непрерывного увлажнения. У ячменя пораженные зерна трудно заметить. Симптомы не столь характерны, как у пшеницы, и их можно спутать с симптомами других заболеваний, таких как гельминтоспориоз и сетчатая пятнистость. Заболевшие колоски часто становятся коричневыми или темно-коричневыми (рисунок 23). Сначала на базальной части флагового листа ячменя, а затем и на чешуйках появляются светлоокрашенные пятна с пурпурной каймой. На

пораженных частях можно увидеть розовые пятна на чешуйках: это скопления спор. Зерна в пораженных болезнью обычно не заполняются должным образом, в результате чего они выглядят сморщенными, обесцвеченными, мелко-белыми и легкими.



Рисунок 23. Симптомы фузариоза колоса ярового ячменя

#### 4.3. Влияние препаратов на распространения и развития пятнистостей

Комплекс пятнистости ячменя — важное заболевание, поражающее посевы ячменя в Московской области. Распространенность и вредоносность этого заболевания зависят от особенностей сорта, стадии развития, погодных условий и применяемых защитных мероприятий. Эффективные стратегии управления имеют решающее значение для минимизации его воздействия, особенно на критических стадиях роста, таких как начало цветения и молочная спелость.

Показатели комплекса пятнистости на разных стадиях развития растения (начало цветения и фаза молочной спелости) у двух сортов ячменя, Надежный и Нур, в 2022 году представлены в таблице 18. В контрольной группе без обработки на сорте Надежный было отмечено низкое развитие заболевания на обеих стадиях роста по сравнению с сортом Нур. В начале цветения доля встречаемости комплекса пятнистости составила 6,1% у сорта Надежный и 10,0% у сорта Нур. Эта тенденция



сохранялась до стадии молочной спелости, когда этот показатель заболевания у сорта Надежный увеличился до 8,0%, а у сорта Нур — до 13,0%. Что касается степени развития, то на сорте Надежный был зафиксирован более высокий показатель в начале цветения — 16,9% по сравнению с сортом Нур (9,0%). Однако на стадии молочной спелости степень развития у сорта Надежный осталась неизменной и составила 16,9%, в то время как у сорта Нур увеличилась до 15,0%. Увеличение этих показателей болезни по мере развития растения у обоих сортов подчеркивает прогрессирующий характер комплекса пятнистости ячменя (таблица 18).

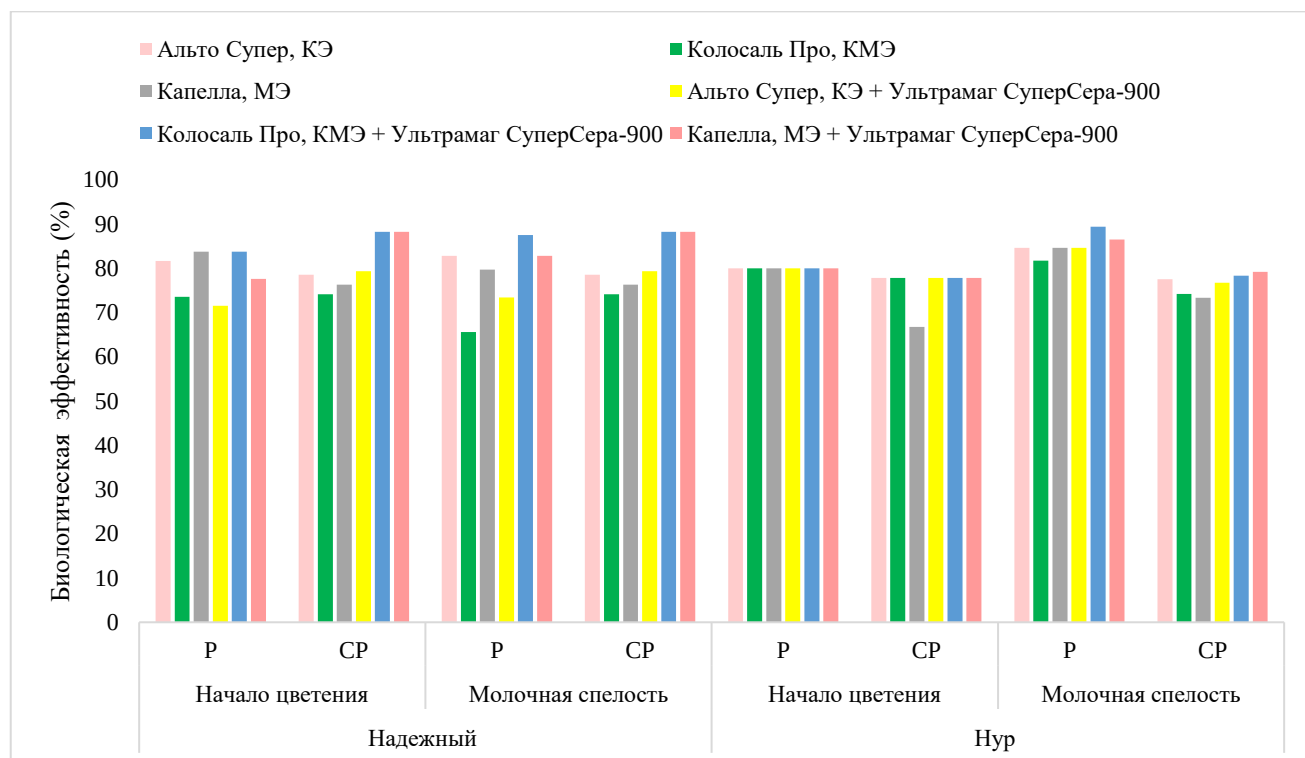


Рисунок 24. Биологическая эффективность (%) препаратов для защиты ярового ячменя от комплекса пятнистости в 2022 г.

Проведенная оценка эффективности различных препаратов для снижения показателей комплекса пятнистости ячменя показала, что все препараты значительно ( $p \leq 0,001$ ) снизили развитие и степень развития комплекса пятнистости по сравнению с контролем без обработки. На обоих сортах Альто Супер, КЭ показывает высокую эффективность, особенно на фазе молочной спелости, где снижение доли достигает 84,6% и степени развития 77,5%. Комбинации препаратов с Ультрамаг показывают улучшенные результаты, особенно на поздних стадиях роста по сравнению с отделом

применением. Среди их Колосаль Про, КМЕ + Ультрамаг СуперСера-900 дал наивысшую эффективность защиты ярового ячменя от комплекса пятнистости на стадии молочной спелости у обоих сортов. Его биологическая эффективность составила 89,4% снижения развития и 78,3% снижения степени проявления заболевания у сорта Нур (рисунок 18).

Таблица 18 – Распространённость (%) и степень развития (%) комплекса пятнистости ячменя в 2022 г.

|                                             |                 | 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                      | -               | 6,1             | 16,9   | 8,0               | 16,9              | 10,0            | 9,0    | 13,0              | 15,0              |
| Альто Супер, КЭ                             | 0,5л/га         | 1,1             | 3,6    | 1,4               | 3,6               | 2,0             | 2,0    | 2,0               | 3,4               |
| Колосаль Про, КМЭ                           | 0,4л/га         | 1,6             | 4,4    | 2,8               | 4,4               | 2,0             | 2,0    | 2,4               | 3,9               |
| Капелла, МЭ                                 | 1л/га           | 1,0             | 4,0    | 1,6               | 4,0               | 2,0             | 3,0    | 2,0               | 4,0               |
| Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га + 3л/га | 1,8             | 3,5    | 2,1               | 3,5               | 2,0             | 2,0    | 2,0               | 3,5               |
| Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+ 3л/га  | 1,0             | 2,0    | 1,0               | 2,0               | 2,0             | 2,0    | 1,4               | 3,3               |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+ 3л/га  | 1,4             | 2,0    | 1,4               | 2,0               | 2,0             | 2,0    | 1,8               | 3,1               |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,2***          | 0,1*** | 0,2***            | 0,1 <sup>НЗ</sup> | 0,2***          | 0,1*** | 0,2***            | 0,1 <sup>НЗ</sup> |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,2***          | 0,5*** | 0,4***            | 0,3***            |                 | 0,5*** | 0,4***            | 0,3***            |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)            |                 | 7,0             | 2,9    | 6,8               | 2,3               | 7,0             | 2,9    | 6,8               | 2,3               |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)        |                 | 9,4             | 11,2   | 11,5              | 5,1               | 9,4             | 11,2   | 11,5              | 5,1               |

Примечание: Р= Распространённость, СР= Степень развития, НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,01$ , \*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

В 2023 году результаты показали различия в эффективности защитных мероприятий в зависимости от сорта ячменя и фазы его развития. На обоих сорта отмечали относительно низкий развитие комплекса пятнистости, причем ее развитие составило 5,3 и 6,5% у сорта Надежный и 6,0 и 14,14% у сорта Нур, соответственно в начале цветения и в фазе молочной спелости. Однако степень развития заболевания у сорта Надежный составила 14,4 и 18,1% и 14,0 и 25,0% Нур, соответственно. *P*-значение для сортов и препаратов указывает на значимость различий между ними (таблица 19).

Таблица 19 – Распространённость (%) и степень развития (%) комплекса пятнистости ячменя в 2023 г.

|                                                |                    | 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                         | -                  | 5,3                | 14,4               | 6,5                | 18,1               | 6,0                | 14,0               | 14,4               | 25                 |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 1,5                | 4                  | 1,5                | 4,9                | 1,0                | 3,0                | 2,8                | 3,0                |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 1,5                | 5                  | 1,5                | 6,0                | 1,6                | 4,0                | 3,5                | 3,0                |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 1,0                | 5,1                | 1                  | 5,4                | 2,0                | 4,0                | 3,8                | 3,0                |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 1,8                | 4,0                | 1,8                | 4,6                | 1,1                | 3,0                | 2,1                | 3,0                |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 1,0                | 3,1                | 1,0                | 3,5                | 1,1                | 3,0                | 2,9                | 3,0                |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 1,4                | 3,0                | 1,4                | 3,0                | 1,1                | 3,0                | 3,4                | 3,0                |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,2 <sup>нз</sup>  | 0,1 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>нз</sup>  | 0,2 <sup>нз</sup>  | 0,1 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>нз</sup>  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,4 <sup>***</sup> | 0,1 <sup>***</sup> | 0,7 <sup>***</sup> | 0,3 <sup>***</sup> | 0,4 <sup>***</sup> | 0,1 <sup>***</sup> | 0,7 <sup>***</sup> | 0,3 <sup>***</sup> |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                    | 6,7                | 1,4                | 4,0                | 2,2                | 6,7                | 1,4                | 4,0                | 2,2                |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 20,1               | 2,6                | 21,0               | 2,4                | 20,1               | 2,6                | 21,0               | 2,4                |

Поимемечание: Р= Распространённость, СР= Степень развития, НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,01$ , \*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

На сорте Надежный Альто Супер, КЭ и Колосаль Про, КМЭ показали одинаковую эффективность в снижении доли комплекса пятнистости на

уровне 71,4%. Однако Капелла, МЭ показала более низкие результаты. В степени развития комплекса пятнистости Колосаль Про, КМЭ оказался наиболее эффективным, снизив ее до 65,2%. На сорте Нур Капелла, МЭ показал наиболее высокую эффективность в снижении доли комплекса пятнистости на начальном цветении с 66,7%. В степени развития на молочной спелости Альто Супер, КЭ показал наилучшие результаты с 88%. При применении препаратов Колосаль Про, КМЭ и Ультрамаг СуперСера-900 было достигнуто наилучшее снижение доли комплекса пятнистости на обоих сортах: для сорта Надежный — 81% (начало цветения) и 84,6% (молочная спелость); для сорта Нур — 81,3% и 80% соответственно (рисунок 25).

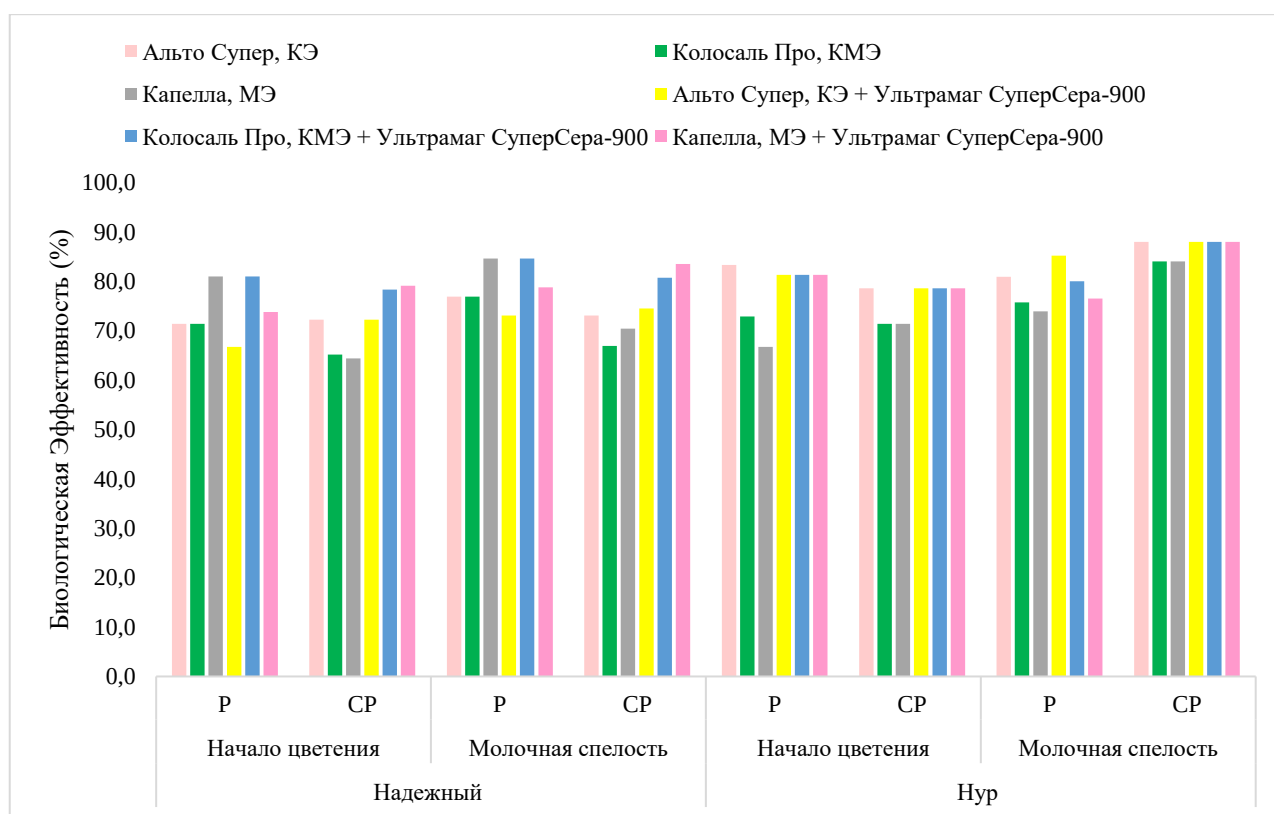


Рисунок 25. Биологическая эффективность (%) препаратов для защиты ярового ячменя от комплекса пятнистости в 2023 г.

По степени развития заболевания наиболее эффективными были Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 на сорте Нур и Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 на сорте Надежный. Снижение степени развития составляет 78,6% в

начале цветения и 88% в молочной спелости на сорте Нур при применении Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 (рисунок 25).

В 2024 году данные по биологической эффективности различных фунгицидов в сочетании с серосодержащим удобрением Ультрамаг СуперСера-900 для защиты сортов ярового ячменя Надежный и Нур от комплекса пятнистости представлены в таблице. В начале цветения у сорта Надежный развитие заболевания (6,0%) и степень развития (10,0%) был ниже, чем у сорта Нур (15,0% и 12,0 соответственно). В фазе молочной спелости несмотря на то, что развитие комплекса пятнистости было одинаково у двух сортов, степень развития болезни была значительно выше у сорта Нур (30,3%). Сорт Надежный показал лучшую устойчивость по сравнению с Нур.  $p$ -значения для препаратов ( $p \leq 0,001$ ) указывают на статистически значимые различия в эффективности между различными обработками, в то время как для сортов это значение не столь критично (0,217), что говорит о меньшей значимости различий между сортами в начале цветения. Сорт Надежный показал лучшую устойчивость по сравнению с Нур (таблица 20).

Все препараты показали высокий процент снижения сетчатой пятнистости. На сорте Надежный фунгициды Колосаль Про, КМЭ и Капелла, МЭ показали снижение доли на уровне 83,3%, в то время как Альто Супер, КЭ — 66,7% по сравнению с контролем без обработки в начале цветения. По степени развития все три фунгицида снизили показатели на 20%. В фазе молочной спелости в фазе молочной спелости является наиболее эффективным. На сорте Нур Капелла, МЭ достиг наилучшего результата по снижению доли (84,2%), а Альто Супер, КЭ — по снижению степени развития (66,7%) в начале цветения. Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 показал 83,0% снижения доли на сорте Надежный и 85,8% на сорте Нур. Лучший результат по степени развития на сорте Надежный показал Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 (71,7%). На сорте Нур все препараты показали также схожие результаты по степени развития, но Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 и Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 имели одинаковые показатели (83,3%).



Таблица 20 – Распространённость (%) и степень развития (%) комплекса пятнистости ячменя в 2024 г.

|                                             |                 | 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                      | -               | 6,0                | 10,0               | 27,3               | 24,8               | 15,0               | 12,0               | 26,5               | 30,3               |
| Альто Супер, КЭ                             | 0,5л/га         | 2,0                | 8,0                | 6,6                | 6,0                | 3,0                | 4,0                | 5,3                | 10,6               |
| Колосаль Про, КМЭ                           | 0,4л/га         | 1,0                | 8,0                | 8                  | 8,0                | 3,3                | 5,0                | 7,0                | 10                 |
| Капелла, МЭ                                 | 1л/га           | 1,0                | 8,0                | 6,4                | 8,0                | 2,4                | 4,5                | 5,5                | 12,9               |
| Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га + 3л/га | 1,0                | 8,0                | 5,4                | 7,0                | 3,0                | 3,0                | 6,0                | 9,0                |
| Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+ 3л/га  | 1,0                | 8,0                | 4,6                | 8,0                | 2,1                | 2,0                | 4,6                | 5,0                |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+ 3л/га  | 1,0                | 8,0                | 5,9                | 8,0                | 4,3                | 2,0                | 4,4                | 4,5                |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,2 <sup>нз</sup>  | 0,2 <sup>нз</sup>  | 0,2 <sup>***</sup> | 0,5 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>нз</sup>  | 0,2 <sup>нз</sup>  | 0,2 <sup>***</sup> | 0,5 <sup>***</sup> |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,4 <sup>***</sup> | 0,4 <sup>***</sup> | 0,3 <sup>***</sup> | 0,6 <sup>***</sup> | 0,4 <sup>***</sup> | 0,4 <sup>***</sup> | 0,3 <sup>***</sup> | 0,6 <sup>***</sup> |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)            |                 | 6,7                | 6,7                | 6,5                | 4,3                | 6,7                | 6,7                | 6,5                | 4,3                |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)        |                 | 20,1               | 20,1               | 11,8               | 5,8                | 20,1               | 20,1               | 11,8               | 5,8                |

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

Таким образом, Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 является наиболее эффективным препаратом для защиты ярового ячменя от сетчатой пятнистости (рисунок 26).

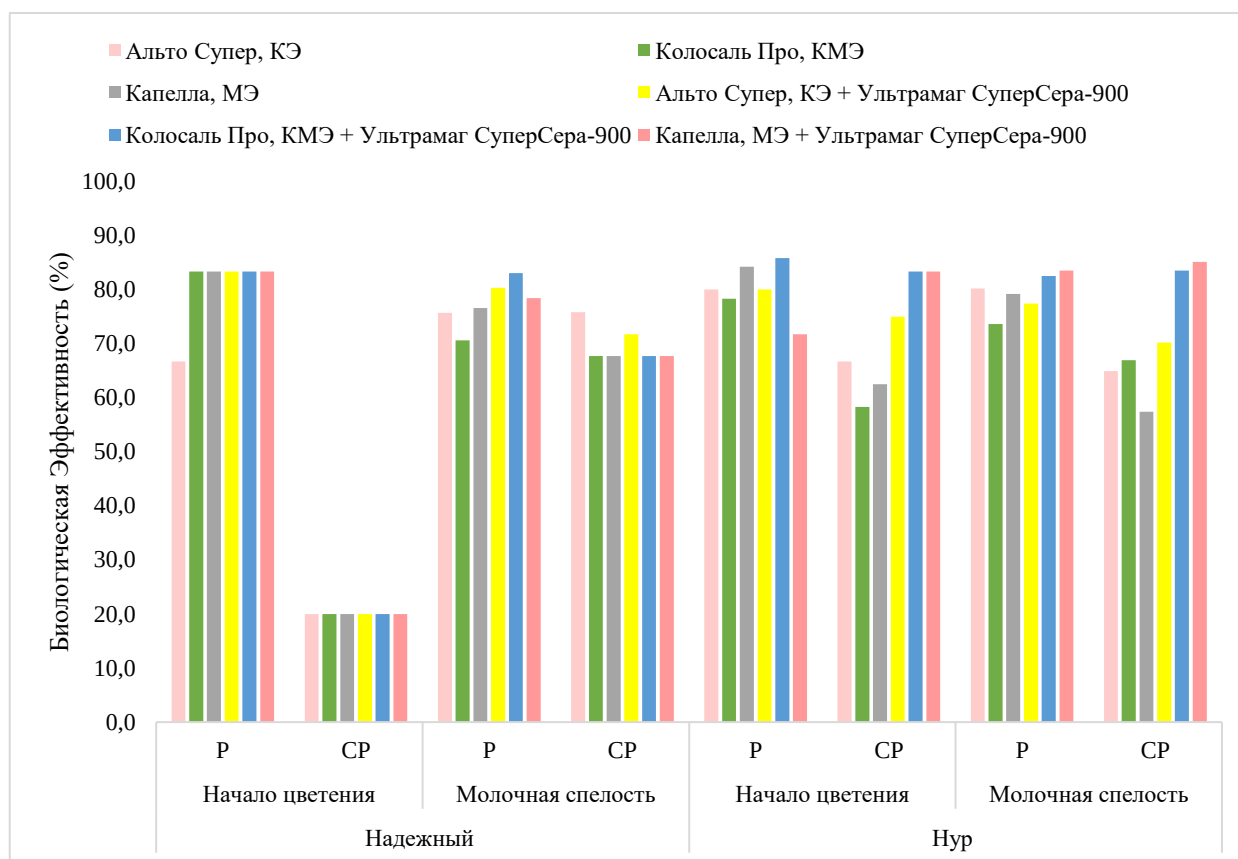


Рисунок 26. Биологическая эффективность (%) препаратов для защиты ярового ячменя от комплекса пятнистости в 2024 году

Комплекс пятнистости ячменя является одной из значительных болезней, влияющих на урожайность этой культуры. В 2022-2024 годах средняя распространённость и степень развития комплекса пятнистости ячменя остаются на высоком уровне и зависят от факторов, таких как влажность и температура. В условиях повышенной влажности и умеренных температур болезнь может развиваться более активно. В начале цветения средние развитие и степень развития комплекса пятнистости листьев в контроле без обработки составляли соответственно 5,8% и 13,8% у сорта Надежный и 10,3% и 11,7% у сорта Нур и что является относительно низким показателем. А в фазе молочной спелости эти показатели достигли до 13,9% и 19,9% у сорта Надежный и 18,0% и 23,4% у сорта Нур соответственно в контроле без обработки (Таблица 21).

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 доле, так и по степени развития комплекса пятнистости на обоих сортах (Нур и Надежный) в начале цветения и на молочной спелости.

Таблица 21. Средняя распространённость (%) и степень развития (%) комплекса пятнистости 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 <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,1***          | 0,04*** | 0,2***            | 0,2*** | 0,1***          | 0,04*** | 0,2***            | 0,2*** |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,2***          | 0,2***  | 0,4***            | 0,2*** | 0,2***          | 0,2***  | 0,4***            | 0,2*** |
| НСР <sub>05</sub> (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  $p \leq 0,001$

Это свидетельствует о том, что комбинированное применение фунгицида с серосодержащим удобрением значительно улучшает защитные свойства и

способствует снижению проявлений болезни. Препарат Капелла, МЭ (фунгицид) демонстрирует высокую эффективность по снижению доли комплекса пятнистости 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 пятнистости 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 пятнистости 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 среднюю высокую эффективность в снижении как доли, так и степени развития комплекса пятнистости по сравнению с Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 на обоих сортах (рисунок 27).

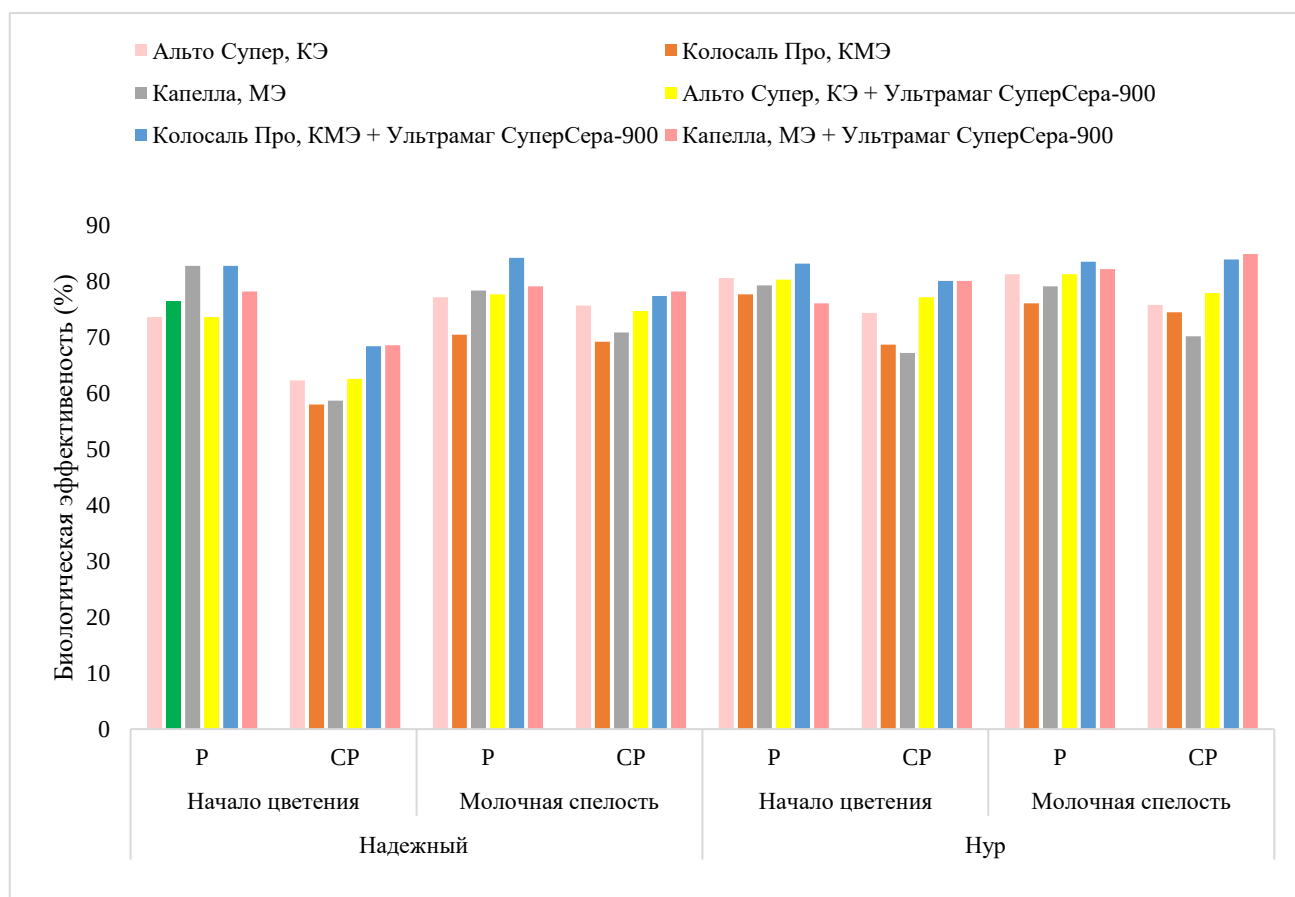


Рисунок 27. Средняя биологическая эффективность (%) препаратов для защиты ярового ячменя от комплекса пятнистостей в 2022-2024 гг.

#### **4.4. Влияние препаратов на распространенность и развития грибов рода**

##### **Fusarium**

Фузариоз колоса является одним из наиболее опасных заболеваний ярового ячменя, способным значительно снижать урожайность и качество зерна. В условиях Немчиновки, как и в других регионах, фунгициды используются активно для защиты посевов ярового ячменя от фузариоза и других заболеваний. В условиях изменяющегося климата и увеличения числа патогенов, эффективные методы защиты растений становятся необходимыми для обеспечения стабильных урожаев.

Результаты применения различных препаратов на показатели фузариоза колоса ярового ячменя в условиях Немчиновки представлены в таблице. В контроле без обработки отмечено самое высокое развитие (7,4 у Надежного и 6,9 у Нура) и степень развития (10,0 у обоих сортов) фузариоза колоса. В 2022 году климатические условия в Московской области оказались менее благоприятными для развития фузариоза колоса яровых зерновых культур. Это можно объяснить несколькими факторами, влияющими на рост и распространение возбудителей фузариоза. Достаточное количество осадков может создавать условия, способствующие распространению фузариоза. Напротив, в 2022 году условия были более сухими, что ограничило количество влаги, доступной для роста грибов, и способствовало снижению заболеваемости (таблица 22).

Все обработки препаратами привели к заметному снижению развития и степени развития фузариоза колоса по сравнению с контролем. Полученные данные также свидетельствуют о том, что два сорта ячменя по-разному реагируют на обработку препаратами с точки зрения развития и степени развития болезни. Биологическая эффективность в снижении доли распространения я фузариоза была выше при обработке Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 и Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 на обоих сортах: 86,5% (Надежный) и 85,5% (Нур). Степень развития снизилась до 50,0% у сорта Надежный и до 70,0% у сорта Нур при применении препаратов (таблица 22). Сорт Надежный в целом показал более высокие показатели биологическая эффективность по сравнению с сортом Нур. Это может

свидетельствовать о лучшей устойчивости первого сорта к фузариозу или о более эффективном взаимодействии с применяемыми препаратами.

Таблица 22 – Биологическая эффективность (%) препаратов для защиты ярового ячменя от фузариоза колоса в 2022 г.

| Сорт                                           | Норма расхода      | Надежный |        |        |        | Нур    |        |        |        |
|------------------------------------------------|--------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Вариант/параметры                              |                    | Р (%)    | БЭ (%) | СР (%) | БЭ (%) | Р (%)  | БЭ (%) | СР (%) | БЭ (%) |
| Контроль без обработки                         | -                  | 7,4      | -      | 10,0   | -      | 6,9    | -      | 10,0   |        |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 1,4      | 80,9   | 6,0    | 40,0   | 2      | 70,9   | 3,0    | 70,0   |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 2,0      | 72,9   | 6,0    | 40,0   | 2,3    | 67,3   | 3,0    | 70,0   |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 2,0      | 72,9   | 5,0    | 50,0   | 2      | 70,9   | 3,0    | 70,0   |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 1,0      | 86,5   | 5,0    | 50,0   | 1,9    | 72,7   | 3,0    | 70,0   |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 1,0      | 86,5   | 5,0    | 50,0   | 1,0    | 85,5   | 3,0    | 70,0   |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 1,0      | 86,5   | 5,0    | 50,0   | 1,0    | 85,5   | 3,0    | 70,0   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,1**    |        | 0,1*** |        | 0,1**  |        | 0,1*** |        |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,2***   |        | 0,1*** |        | 0,2*** |        | 0,1*** |        |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                    | 3,3      |        | 2,0    |        | 3,3    |        | 2,0    |        |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 7,8      |        | 4,2    |        | 7,8    |        | 4,2    |        |

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

В таблице 23 представлены данные о развитии и степени фузариоза колоса при различных вариантах обработки. Климатические условия 2023 года также оказались менее благоприятными для развития заболевания, что создало уникальные возможности для изучения влияния различных обработок на развитие фузариоза.

В контроле без обработки отмечены эти показатели составили 5,0% и 12,8% у сорта Надежный и 8,4 и 14,6% у сорта Нур. Все обработки препаратами привели к заметному снижению развития и степени развития фузариоза колоса по сравнению с

контролем. Колосаль Про, КМЭ показал еще более высокие результаты по снижению доли фузариоза колоса, с эффективностью 80,0% для сорта Надежный и 71,7% для сорта Нур. Снижение степени поражения для всех трех фунгицидов было одинаковой для сорта Надежный, составив 43,7%. Однако для сорта Нур результаты варьировались: Альто Супер, КЭ показал 65,8%, Колосаль Про, КМЭ — 65,8%, а Капелла, МЭ — 72,6% (таблица 23).

Наилучшие результаты были достигнуты с использованием комбинированных обработок. Максимальная эффективность в снижение заболевания также была получена при применении Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900, составившая 80,0% для сорта Надежный и 71,7% для сорта Нур. Все препараты показали схожую степень поражения для сорта Надежный (43,7%). Однако для сорта Нур снижение степени поражения варьировала: у Альто Супер составила 69,2%, что ниже, чем у Колосаль Про (70,9%) и Капелла (72,6%) (таблица 23).

Таблица 23 – Биологическая эффективность (%) препаратов для защиты ярового ячменя от фузариоза колоса в 2023 году

| Сорт                                        | Норма расхода   | Надежный  |        |                   |        | Нур       |        |                   |        |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------|--------|-------------------|--------|-----------|--------|-------------------|--------|
| Вариант/параметры                           |                 | Р (%)     | БЭ (%) | СР (%)            | БЭ (%) | Р (%)     | БЭ (%) | СР (%)            | БЭ (%) |
| Контроль без обработки                      | -               | 5,0       |        | 12,8              |        | 8,4       |        | 14,6              |        |
| Альто Супер, КЭ                             | 0,5л/га         | 1,2       | 76,8   | 5,0               | 43,7   | 2,9       | 65,7   | 5,0               | 65,8   |
| Колосаль Про, КМЭ                           | 0,4л/га         | 1,0       | 80,0   | 5,0               | 43,7   | 43,7      | 71,7   | 5,0               | 65,8   |
| Капелла, МЭ                                 | 1л/га           | 1,0       | 80,0   | 5,0               | 43,7   | 3         | 64,2   | 4,0               | 72,6   |
| Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га + 3л/га | 1,0       | 80,0   | 5,0               | 43,7   | 2,4       | 71,7   | 4,5               | 69,2   |
| Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+ 3л/га  | 1,6       | 67,5   | 5,0               | 43,7   | 2,5       | 70,2   | 4,3               | 70,9   |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+ 3л/га  | 1,8       | 65,0   | 5,0               | 43,7   | 2,3       | 73,2   | 4,0               | 72,6   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,3***    |        | 0,1 <sup>НЗ</sup> |        | 0,3***    |        | 0,1 <sup>НЗ</sup> |        |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,40,3*** |        | 0,20,3***         |        | 0,40,3*** |        | 0,20,3***         |        |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)            |                 | 10,5      |        | 2,0               |        | 10,5      |        | 2,0               |        |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)        |                 | 16,0      |        | 3,2               |        | 16,0      |        | 3,2               |        |

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

Данные, представленные в таблице 24, показывают уровень развития фузариоза и степень его поражения для каждого сорта при различных обработках за 2024 г. В контроле без обработки у сорта Надежный уровень развития фузариоза составил 20,8%, а степень поражения — 22,1%. У сорта Нур эти показатели составили 18,6% и 15,0% соответственно. В частности, 2024 год отличался высокой влажностью и продолжительными периодами дождей в критические стадии колошения и начала цветения, что создало благоприятные условия для развития грибов рода *Fusarium*.

Таблица 24 – Биологическая эффективность препаратов для защиты ярового ячменя от фузариоза колоса в 2024 году

| Сорт                                           | Норма расхода      | Надежный |        |        |        | Нур    |        |        |        |
|------------------------------------------------|--------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Вариант/параметры                              |                    | Р (%)    | БЭ (%) | СР (%) | БЭ (%) | Р (%)  | БЭ (%) | СР (%) | БЭ (%) |
| Контроль без обработки                         | -                  | 20,8     |        | 22,1   |        | 18,6   |        | 15,0   |        |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 5,4      | 74,1   | 8,0    | 63,8   | 5      | 72,4   | 5,0    | 66,7   |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 6,5      | 68,7   | 10,0   | 54,8   | 6,1    | 66,4   | 5,0    | 66,7   |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 4,0      | 80,7   | 8,0    | 63,8   | 2      | 88,3   | 4,0    | 73,3   |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 5,1      | 75,3   | 5,6    | 74,5   | 4,0    | 77,7   | 4,5    | 70,0   |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 3,0      | 85,5   | 6,0    | 72,9   | 2,4    | 86,3   | 4,3    | 71,7   |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 3,0      | 85,5   | 4,0    | 81,9   | 2,1    | 87,7   | 4,0    | 73,3   |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,2***   |        | 0,4*** |        | 0,2*** |        | 0,4*** |        |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,4***   |        | 0,6*** |        | 0,4*** |        | 0,6*** |        |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                    | 2,3      |        | 4,5    |        | 2,3    |        | 4,5    |        |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)           |                    | 6,7      |        | 7,3    |        | 6,7    |        | 7,3    |        |



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

Применение фунгицидов значительно снизило уровень фузариоза у обоих сортов. Использование трёхкомпонентного фунгицида Капелла, МЭ показало значительное снижение развития фузариоза на 80,7% для сорта Надежный и на 88,3% для сорта Нур (таблица 24).

Наибольшее снижение наблюдалось при комбинировании фунгицидов с серосодержащим удобрением Ультрамаг СуперСера-900. Боковая смесь Капелла, МЭ с Ультрамаг СуперСера-900 позволила уменьшить степень развитие заболевания у сорта Надежный на 81,9% и у сорта Нур на 73,3% (таблица 24).

Средние показатели поражения фузариозом колоса в посевах ярового ячменя в условиях Московской области представлены в таблице 25. В контроле без обработки уровень распространения и степень развития заболевания составил 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.

Таблица 25. 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 <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,2**    |        | 0,1*** |        | 0,2    |        | 0,1    |        |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,2***   |        | 0,2*** |        | 0,2**  |        | 0,1*** |        |
| НСР <sub>05</sub> (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    |        |

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

В обработанных вариантах 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 показал 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 отделом применения Колосаль Про, КМЭ и Альто Супер, КЭ. Средние значения также показывают, что добавление Ультрамаг СуперСера-900 увеличило 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 25).

#### **4.5. Влияние защитных мероприятий на формирование элементов продуктивности и урожайность ярового ячменя**

##### **4.5.1. Влияние защитных мероприятий на биометрические показатели ярового ячменя**

Количество продуктивных стеблей на квадратный метр (шт./м<sup>2</sup>) существенно влияет на урожайность ярового ячменя, при этом оптимальное управление этого показателя имеет решающее значение для максимальной урожайности. Влияние применения препаратов на количество продуктивных стеблей двух сортов ярового ячменя за период 2022-2024 гг. представлено в таблице. Результаты наши показали, что этот показатель значительно зависит от сорта, года, защитных мер (таблица 31).

Среднее количество продуктивных стеблей составляет 733 шт./м<sup>2</sup> у сорта Надежный и 632. шт./м<sup>2</sup> у сорта Нур в контроле без обработки. Таким образом, сорт Надежный показывает высшее среднее количество продуктивных стеблей по сравнению с сортом Нур на контрольной группе без обработки. Разница в среднем количестве составляет 101 шт./м<sup>2</sup> в пользу сорта Надежный. р-значение для сортов показывает значимость различий между ними, с наименьшими значениями. Коэффициент вариации (CV%) для сортов показывает низкую изменчивость результатов, что свидетельствует о стабильности данных (Таблица 26 и приложение В. 1).

В обработанных вариантах Альто Супер, Колосаль Про и Капелла данный показатель был значительно выше по сравнению с контролем без обработки. При этом Капелла, МЭ является наиболее эффективным препаратом для сорта Надежный (834 шт./м<sup>2</sup>), а Альто Супер, КЭ — для сорта Нур (692 шт./м<sup>2</sup>). Использование боковой смесей фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900, значительно повышает данный показатель обоих сортов. Использование комбинации Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 приводит к увеличению среднего количества продуктивных стеблей как для сорта Нур (увеличение на 50 шт./м<sup>2</sup>), так и для сорта Надежный (увеличение на 52 шт./м<sup>2</sup>) по сравнению Капелла, МЭ. Альто Супер + Ультрамаг СуперСера-900 также приводит к увеличению среднего количества продуктивных стеблей как для сорта Нур (увеличение на 39 шт./м<sup>2</sup>), так и для сорта Надежный (увеличение на 32 шт./м<sup>2</sup>). Колосаль Про + Ультрамаг СуперСера-900 приводит к увеличению среднего количества продуктивных стеблей как для сорта Нур (увеличение на 13 стеблей), так и для сорта Надежный (увеличение на 76 шт./м<sup>2</sup>) по сравнению с отдельным применением Колосаль Про. Коэффициент вариации, CV% для препаратов находится в диапазоне 0,4-0,9, что свидетельствует о средней вариабельности данных по препаратам (Таблица 26 и приложение В. 2).

Количество зерен в колосе ярового ячменя может варьироваться в зависимости от различных факторов, включая условия роста и сорта ячменя.

За три года наши исследования показывают значительные различия (количество зерен в колосе ярового ячменя) в результатах в зависимости от используемого препарата и года. Сорт Нур показал более высокое среднее количество зерен с колоса (20 зерен) по сравнению с сортом Надежный, который в среднем имел 18 зерен в контроле без обработки. Пораженные растения часто формируют меньшее количество зерен, что напрямую влияет на урожайность. Применение фунгицидов может значительно увеличить количество зерен в колосе за счет снижения потерь, вызванных болезнями. Препараты оказывают значительное влияние на количество зерен с колоса ярового ячменя, как для сорта Надежный, так и для сорта Нур по сравнению с контролем без обработки. Статистический анализ подтверждает значимость различий в эффективности как по сортам, так и по препаратам ( $p \leq 0,001$ ). Альто Супер, КЭ и Колосаль Про, КМЭ показали одинаковые результаты по сортам: 19 зерен с колоса для сорта Надежный и 21 зерно для сорта Нур.

Использование фунгицидов в сочетании с другими агрономическими практиками, такими как правильное удобрение и управление поливом, может создать оптимальные условия для роста ярового ячменя, что также способствует увеличению количества зерен. Сера является важным элементом для роста растений, так как она участвует в синтезе аминокислот, белков и других жизненно важных соединений. Сера также участвует в фотосинтетических процессах, что влияет на общий уровень продуктивности растения. Улучшение фотосинтетической активности может привести к увеличению количества зерен. Применение серных удобрений может улучшить качество и количество урожая, способствуя лучшему развитию колосков и увеличению. При применении баковой смеси Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 отметили наилучшие результаты для сорта Надежный (22 зерна с колоса), в то время как Капелла, МЭ и Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 оказался наиболее эффективным для сорта Нур (22 зерна с колоса). Коэффициенты вариации (CV%) для сортов и препаратов находятся в пределах 3,6% - 8,5%, что указывает на стабильность результатов в течение трех лет (Таблица 26 и приложение В. 3).

Масса зерна с колоса ярового ячменя является комплексным показателем, который зависит от множества факторов, включая сорт, условия выращивания и применение агрономических практик. Грибные болезни, такие как фузариоз, сетчатая пятнистость, могут значительно повлиять на массу зерен с колоса ярового ячменя и других злаковых культур. Эффективное использование фунгицидов может снижать развитие этих заболеваний и, как следствие, сохранить массу зерен.

Исследования показывают, что применение различных препаратов оказывает значительное влияние на массу зерна с колоса ярового ячменя за 2022-2024 гг. Сорт Нур имеет среднюю массу зерна 1,04 г, что выше, чем у сорта Надежный с показателем 0,91 г в условиях контроля без обработки. По сравнению с фунгицидами Капелла, МЭ и Колосаль Про, КМ, Альто Супер, КЭ показывает наивысшую среднюю массу зерна по обоим сортам, особенно по сорту Нур (1,10 г). У сорта Надежный наблюдали лучшие результаты при использовании препаратов. Применение Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 показал наивысшую массу зерна (1,17 г) на сорт Надежный и Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 у сорта Нур (1,13 г). Таким образом, эффективность препаратов варьируется в зависимости от сорта ячменя, что может быть полезно для агрономов при выборе средств защиты и для достижения максимальной урожайности. Добавление Ультрамаг СуперСера-900 к препаратам, таким как Альто Супер, КЭ и Колосаль Про, КМЭ, может значительно повысить массу зерна ярового ячменя, особенно для сорта Надежный. Однако для сорта Нур результаты менее выражены, и наилучшие показатели достигаются с использованием Альто Супер. Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 демонстрирует значительно высшую массу зерна (1,17 г) на сорте Надежный по сравнению с Альто Супер, КЭ (0,98 г), а на сорте Нур показал 1,11 г против 1,10 г у Альто Супер, КЭ (таблица 26 и приложение В. 4).

Применение Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 приводит к увеличению средней массы зерна как для сорта Надежный (1,00 г против 0,97 г), так и для сорта Нур (1,11 г против 1,08 г) по сравнению с использованием отдельно Колосаль Про, КМЭ. Для сорта Надежный применение Капелла, МЭ дает более

высокую среднюю массу (0,99 г) по сравнению с комбинированным применением с Ультрамаг СуперСера-900 (0,93 г). В то же время, для сорта Нур комбинированное применение Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 (1,12 г) превышает отдельное применение Капелла, МЭ (1,13 г) (Таблица 26).

Масса 1000 зёрен является ключевым агрономическим показателем, который влияет на всхожесть, урожайность и качество зерна. Этот показатель важен, поскольку он влияет на технологии переработки и качество готового продукта. Масса 1000 зерен пивоваренного ярового ячменя обычно составляет от 45 до 55 г., в зависимости от сорта и условий выращивания. Применение фунгицидов снижает развития грибных заболеваний, которые могут негативно влиять на развитие растений и, соответственно, на массу зерен.

Влияние различных препаратов на массу 1000 зёрен двух сортов ярового ячменя в период с 2022 по 2024 год представлено в таблице 26. Все препараты показывают значительное влияние на данный показатель в зависимости от сорта ярового ячменя, так и от погодных условий по годам, что подтверждается низкими р-значениями ( $\leq 0,001$ ) для сортов и препаратов, указывая на статистическую значимость результатов. Сорт Надежный имеет среднюю массу 1000 зёрен 45,4 г, что ниже, чем у сорта Нур, который имеет среднюю массу 47,1 г в контроле без обработки. Среди трех фунгицидов, Колосаль Про показал наилучшие результаты по средней массе 1000 зёрен за три года (48,9 г), превосходя Альто Супер (47,3 г) и Капеллу (46,8 г) у сорта сорт Надежный. В то же время, у сорта Нур Капелла показала наилучшую среднюю массу 1000 зёрен (49,3 г), немного опережая Альто Супер и Колосаль Про (оба по 48,9 г). Колосаль Про и Капелла показали наибольшую стабильность, с меньшими колебаниями по годам у сортов Надежный и Нур соответственно. Сера является важным элементом для роста растений и может способствовать улучшению фотосинтетических процессов. Листовое внесение серы может помочь в повышении усвоения других питательных веществ, что в свою очередь может положительно сказаться на массе зерен. Наибольшая эффективность увеличения показателей наблюдалась при использовании комбинации Колосаль Про + Ультрамагом

СуперСера-900 у сорта Надежный (50,8 г) и Капелла, МЭ + Ультрамагом СуперСера-900 у сорта Нур (49,9 г).

Это может быть связано с различной реакцией сортов на действующие вещества и механизмы действия фунгицидов. Коэффициент вариации (CV%) для сортов и препаратов остается на уровне 0,1-0,2%, что свидетельствует о стабильности результатов (таблица 26 и приложение В. 4).

Таблица 26–Влияние защитных мероприятий на биометрические показатели ярового ячменя

| Сорт                                              |                    | Надежный                                       |                               |                            |                     | Нур                                            |                               |                            |                     |
|---------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Год                                               | Норма расхода      | Продуктивная<br>кустистость шт./м <sup>2</sup> | Количество зерен<br>шт./колос | Масса зерен с<br>колоса, г | Масса 1000 зёрен, г | Продуктивная<br>кустистость шт./м <sup>2</sup> | Количество зерен<br>шт./колос | Масса зерен с<br>колоса, г | Масса 1000 зёрен, г |
| Контроль без<br>обработки                         | -                  | 733                                            | 18                            | 0,91                       | 45,4                | 632                                            | 20                            | 1,04                       | 47,1                |
| Альто Супер, КЭ                                   | 0,5л/га            | 825                                            | 19                            | 0,98                       | 47,3                | 692                                            | 21                            | 1,10                       | 48,9                |
| Колосаль Про,<br>КМЭ                              | 0,4л/га            | 781                                            | 19                            | 0,97                       | 48,9                | 678                                            | 21                            | 1,08                       | 48,7                |
| Капелла, МЭ                                       | 1л/га              | 834                                            | 19                            | 0,99                       | 46,8                | 676                                            | 22                            | 1,12                       | 49,3                |
| Альто Супер, КЭ<br>+ Ультрамаг<br>СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га | 751                                            | 22                            | 1,17                       | 47,2                | 731                                            | 21                            | 1,11                       | 49,3                |
| Колосаль Про,<br>КМЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 857                                            | 20                            | 1,00                       | 50,8                | 691                                            | 21                            | 1,11                       | 49,3                |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 886                                            | 19                            | 0,93                       | 48,8                | 726                                            | 22                            | 1,13                       | 49,9                |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                          |                    | 6,7**                                          | 0,1***                        | 0,02***                    | 0,1***              | 6,7**                                          | 0,1***                        | 0,02***                    | 0,1***              |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                      |                    | 6,7***                                         | 0,2***                        | 0,03***                    | 0,2***              | 6,7***                                         | 0,2***                        | 0,03***                    | 0,2***              |
| НСР <sub>05</sub> (год)                           |                    | 3,1***                                         | 0,1***                        | 0,02***                    | 0,1***              | 3,1***                                         | 0,1***                        | 0,02***                    | 0,1***              |

|                                         |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)     | 0,1 | 3,3 | 4,0 | 0,0 | 0,1 | 3,3 | 4,0 | 0,0 |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат) | 0,4 | 2,3 | 7,6 | 0,0 | 0,4 | 2,3 | 7,6 | 0,0 |

Примечание: НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$ , \*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

#### **4.5.2. Влияние препаратов на урожайность ярового ячменя и качество**

##### **4.5.2.1. Влияние препаратов на урожайность ярового ячменя**

Яровой ячмень является одной из ключевых зерновых культур, широко возделываемых в различных регионах России, включая Московскую область. Его успешное возделывание во многом зависит от фитосанитарного состояния посевов, которое формируется под влиянием климатических факторов и агротехнических мероприятий. Изменение погодных условий, характеризующееся повышением температуры и нестабильным распределением осадков, создает новые вызовы для выращивания данной культуры. В условиях переменчивого климата возрастает значимость применения современных защитных препаратов, таких как фунгициды и удобрения, которые способствуют снижению рисков потерь урожайности от болезней и стрессовых факторов.

Исследования за период 2022–2024 годов показали, что урожайность двух сортов ярового ячменя существенно колеблется в зависимости от защитных мероприятий и погодных условий. В контроле без обработки средняя урожайность для сорта Надежный составила 5,91 т/га, а для сорта Нур — 4,49 т/га. Это показывает, что оба сорта имеют низкую урожайность без применения каких-либо препаратов. Сорт Надежный показал более высокую урожайность благодаря формированию большего количества продуктивных стеблей по сравнению с сортом Нур. В условиях изменения климата сорт Нур показал более стабильную урожайность: средние значения в необработанном контроле составили 4,06 т/га в 2022 году, 5,19 т/га в 2023 году и 4,23 т/га в 2024 году. В то же время, урожайность сорта Надежный снизилась на 2 т/га как в контроле, так и в обработке в 2024 году, который характеризовался высокой зараженностью посевов сетчатой пятнистостью и большим количеством



осадков по сравнению с предыдущими годами. В контроле без обработки средняя урожайность составила 6,26 т/га в 2022 году, 6,65 т/га в 2023 году и 4,81 т/га в 2024 году.

Все препараты способствовали увеличению урожайности обоих сортов в среднем на 2,56-23,40% по сравнению с контролем.

Таблица 27 – Урожайность (т/га) сортов ярового ячменя в 2022-2024 гг.

| Сорт                                        |                 | Надежный           |                    |                    |                    | Нур                |                    |                    |                    |
|---------------------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Год                                         | Норма расхода   | 2022               | 2023               | 2024               | Средняя            | 2022               | 2023               | 2024               | Средняя            |
| Контроль без обработки                      | -               | 6,26               | 6,65               | 4,81               | 5,91               | 4,06               | 5,19               | 4,23               | 4,49               |
| Альто Супер, КЭ                             | 0,5л/га         | 6,42               | 7,25               | 5,08               | 6,25               | 4,34               | 5,35               | 4,76               | 4,82               |
| Колосаль Про, КМЭ                           | 0,4л/га         | 6,73               | 7,53               | 5,12               | 6,46               | 4,92               | 5,69               | 4,81               | 5,14               |
| Капелла, МЭ                                 | 1л/га           | 6,76               | 7,32               | 5,02               | 6,37               | 4,5                | 5,4                | 4,78               | 4,89               |
| Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га + 3л/га | 6,57               | 7,41               | 5,16               | 6,38               | 4,49               | 5,91               | 5,02               | 5,14               |
| Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+ 3л/га  | 6,78               | 7,48               | 5,21               | 6,49               | 4,67               | 5,92               | 4,98               | 5,19               |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+ 3л/га  | 7,35               | 7,61               | 5,18               | 6,71               | 5,01               | 5,85               | 5,08               | 5,31               |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,1 <sup>***</sup> | 1,3 <sup>**</sup>  | 0,2 <sup>***</sup> | 0,5 <sup>**</sup>  | 0,1 <sup>***</sup> | 1,3 <sup>**</sup>  | 0,2 <sup>***</sup> | 0,5 <sup>**</sup>  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,1 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>***</sup> | 0,1 <sup>***</sup> | 0,1 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>***</sup> | 0,2 <sup>***</sup> | 0,1 <sup>***</sup> |
| НСР <sub>05</sub> (год)                     |                 | -                  | -                  | -                  | 0,1 <sup>***</sup> | -                  | -                  | -                  | 0,1 <sup>***</sup> |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)            |                 | 0,4                | 4,5                | 0,1                | 1,6                | 0,4                | 4,5                | 0,1                | 1,6                |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)        |                 | 0,4                | 5,6                | 0,1                | 2,4                | 0,4                | 5,6                | 0,1                | 2,4                |

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

Применение комбинации фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900 показало наибольшее увеличение урожайности, что подчеркивает важность комплексного подхода в агрономии для достижения максимальных результатов. Однако наибольшая средняя урожайность составила 6,71 т/га у сорта Надежный и 5,31 т/га у сорта Нур при применении трехкомпонентного фунгицида Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 (таблица 27). 2023 год показал самую высокую урожайность обоих сортов в большинстве обработок, что свидетельствует о благоприятных условиях выращивания. В 2024 году наблюдалось снижение урожайности обоих сортов.

У сорта Нур отметили более высокие прибавки в урожайности по сравнению с сортом Надежный при использовании фунгицидов в сочетании с листовым удобрением. Это может свидетельствовать о большей реакции сорта Нур к применяемым препаратам. Наибольшая средняя прибавка наблюдалась при использовании комбинации Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 и составила 13,54% у сорта Надежный и 18,26% у сорта Нур по сравнению с контролем. Это показатель также почти 2 раза больше при отдельном применении Капелла, МЭ. Применение Колосаль Про, КМЭ также показало значительную среднюю прибавку, которая составила 9,31% у сорта Надежный и 14,48% у сорта Нур по сравнению с контролем (рисунок 28).

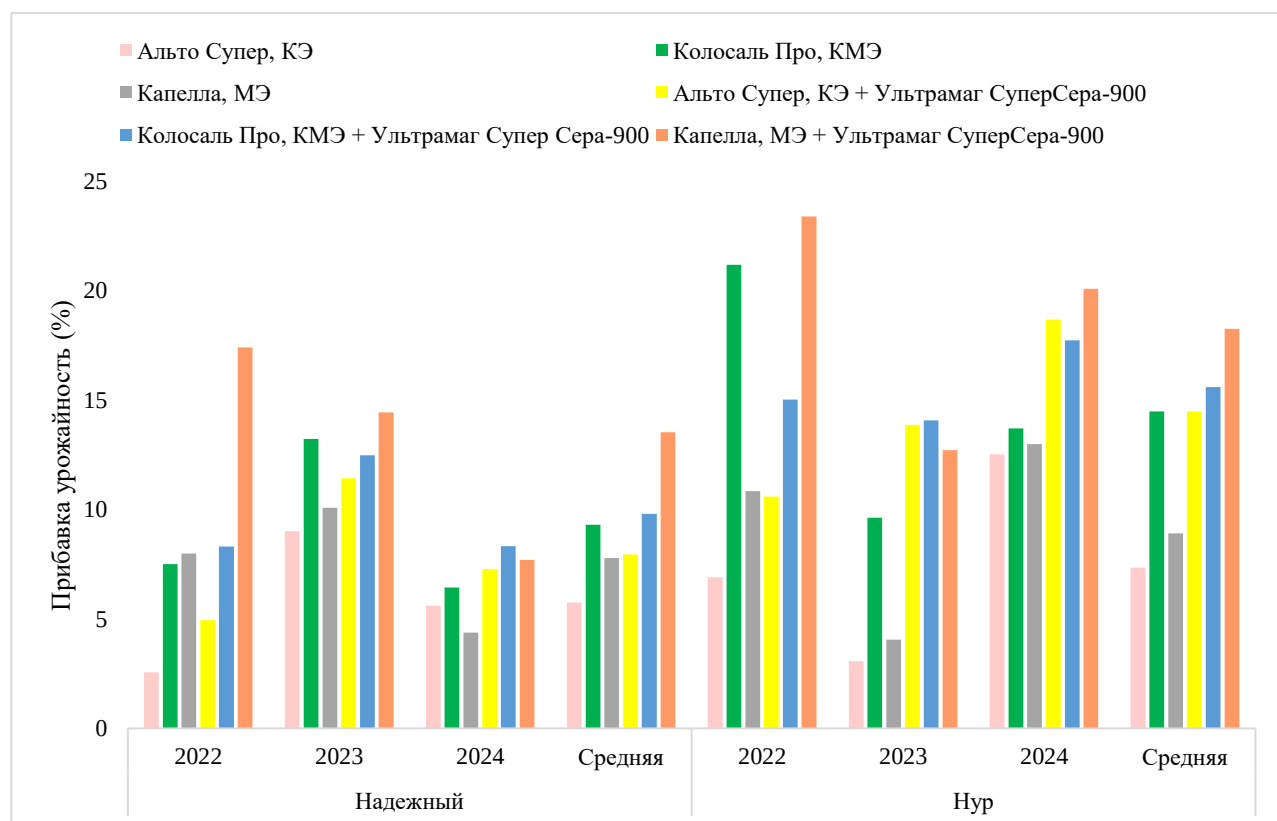


Рисунок 28. Прибавка урожайности (%) ярового ячменя по сравнению с контролем без обработки.

#### 4.5.2.2. Влияние препаратов на качество зерна ярового ячменя

Качество зерна ярового ячменя является важнейшим фактором, определяющим его использование в различных отраслях: кормопроизводстве, пивоваренной и спиртовой промышленности. Основными качественными показателями зерна являются содержание белка и экстрактивность, которые зависят от генетических особенностей сорта, агротехнических приемов и условий выращивания, включая применение защитных мероприятий. Фунгициды играют ключевую роль в защите растений от болезней, но их влияние на качество зерна может быть как прямым, так и косвенным. Кроме того, добавление серосодержащих удобрений, таких как Ультрамаг СуперСера-900, способствует улучшению питательного статуса растений и положительно влияет на биохимический состав зерна.

В таблице 28 представлены данные о влиянии различных препаратов на содержание белка и экстрактивности в зерне ярового ячменя сортов Нур и Надежный за 2022–2024 годы. Исследования показали, что содержание белка и экстрактивности

зависит от особенностей сортов ярового ячменя, применяемых защитных мероприятий и погодных условий. По средним значениям за три года можно сделать вывод, что сорт Нур имеет более высокие показатели по содержанию белка (10,8%) по сравнению с сортом Надежный (9,3%). Однако сорт Надежный превосходит Нур по экстрактивности (79,8% против 77,6%), что указывает на его большую ценность для производства кормовых или пивоваренных продуктов.

Погодные условия играют ключевую роль в формировании качественных показателей зерна. Засушливые условия способствуют меньшему распространению заболеваний в 2022 году и, как следствие, более высокому качеству зерна, тогда как высокая влажность и экстремальные температуры приводят к ухудшению фитосанитарного состояния и снижению качественных показателей в 2024 году.

Кроме того, установлено, что применение фунгицидов и их комбинаций с серой положительно влияет на качественные показатели зерна ярового ячменя по сравнению с контролем. Наибольшая эффективность среди фунгицидов без добавления серы наблюдается у препарата Колосаль Про, КМЭ, который увеличивает содержание белка до 10,8% и экстрактивности до 78,7% в среднем за три года.

Таблица 28 – Влияние препаратов на качественные показатели зерна ярового ячменя (за 2022-2024 гг.)

| Год     | Показатели           | Контроль без обработки | Альто Супер. КЭ | Колосаль Про. КМЭ | Капелла. МЭ | Альто Супер. КЭ + Ультрамаг СуперСера-900 | Колосаль Про. КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900 | Капелла. МЭ + Ультрамаг СуперСера-900 |
|---------|----------------------|------------------------|-----------------|-------------------|-------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
| Нур     |                      |                        |                 |                   |             |                                           |                                              |                                       |
| 2022    | Белок (N 5.7), % с.в | 11,7                   | 11,9            | 11,3              | 11,6        | 11,8                                      | 11,7                                         | 11,6                                  |
| 2023    |                      | 10,9                   | 11,0            | 11,3              | 11,1        | 11,5                                      | 11,1                                         | 11,7                                  |
| 2024    |                      | 9,7                    | 10,0            | 9,8               | 10,2        | 10,3                                      | 10,0                                         | 10,3                                  |
| Средняя |                      | 10,8                   | 11,0            | 10,8              | 11,0        | 11,2                                      | 10,9                                         | 11,2                                  |
| 2022    | Экстрактивно         | 77,6                   | 77,6            | 77,2              | 78,1        | 76,9                                      | 77,7                                         | 78,3                                  |

|          |                       |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2023     |                       | 77,1 | 77,6 | 77,5 | 77,9 | 78,0 | 77,7 | 78,1 |
| 2024     |                       | 76,4 | 77,0 | 77,2 | 76,9 | 77,2 | 76,9 | 77,1 |
| Средняя  |                       | 77,0 | 77,4 | 77,3 | 77,6 | 77,4 | 77,4 | 77,8 |
| Надежный |                       |      |      |      |      |      |      |      |
| 2022     | Белок (N 5.7), % с.в. | 10,3 | 10,5 | 10,4 | 10,8 | 10,9 | 11,0 | 10,9 |
| 2023     |                       | 8,1  | 8,3  | 8,2  | 8,6  | 8,7  | 8,3  | 8,9  |
| 2024     |                       | 9,3  | 9,6  | 9,4  | 9,8  | 10,1 | 9,8  | 10,0 |
| Средняя  |                       | 9,2  | 9,5  | 9,3  | 9,7  | 9,9  | 9,7  | 9,9  |
| 2022     | %                     | 79,0 | 79,6 | 79,9 | 79,5 | 80,1 | 80,0 | 80,4 |
| 2023     |                       | 78,9 | 79,5 | 79,1 | 79,8 | 80,0 | 79,9 | 80,1 |
| 2024     |                       | 79,1 | 80,1 | 80,4 | 80,2 | 80,8 | 81,0 | 80,7 |
| Средняя  |                       | 79,0 | 79,7 | 79,8 | 79,8 | 80,3 | 80,3 | 80,4 |

Однако наиболее значительный эффект достигается при комбинации фунгицидов с Ультрамаг СуперСера-900. Среди всех комбинаций наилучшие результаты по качественным показателям наблюдаются при использовании Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900. Для сорта Нур средние значения показателей составляют 10,5% содержания белка и 78,2% экстрактивности, а для сорта Надежный — 9,4% белка и 80,1% экстрактивности. Таким образом, использование препарата Капелла, МЭ в сочетании с Ультрамаг СуперСера-900 является оптимальным решением для повышения качества зерна ярового ячменя, особенно в условиях необходимости улучшения как содержания белка, так и экстрактивности.

В ходе исследований 2022-2024 гг. в Московской области была проведена комплексная оценка эффективности защитных мероприятий для ярового ячменя. Установлено, что оптимальные показатели роста культуры достигаются при температуре +10-12°C на этапе всходов и достаточном увлажнении (87,7 мм за период всходы-колошение). В последующие годы неблагоприятные погодные условия существенно влияли на развитие растений. Фитосанитарный мониторинг выявил преобладание грибных заболеваний: комплекс пятнистостей и фузариоз колоса.

Особенно активное развитие болезней наблюдалось при повышенной влажности (до 121,4 мм в июне 2024 г.). Сорт Надежный показал лучшую устойчивость по сравнению с сортом Нур.

Наибольшая эффективность защиты достигнута при комбинированном применении современных фунгицидов с серосодержащим удобрением Ультрамаг СуперСера-900. Лучшие результаты показала комбинация Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 с биологической эффективностью до 85,5% против фузариоза колоса.

Установлено положительное влияние защитных мероприятий на формирование урожайности и качественные показатели зерна. Применение защитных препаратов обеспечило прибавку урожая от 12,4% до 25,8%, достигнув максимального значения 6,71 т/га при обработке Капелла, МЭ + Ультрамаг. Качественные показатели зерна также значительно улучшились: содержание белка увеличилось до 11,2%, экстрактивность – до 80,4%. Наиболее эффективными оказались трехкомпонентные системы защиты, сочетающие фунгициды и листовые подкормки.

Результаты исследований подтвердили необходимость дифференцированного подхода к защите ярового ячменя с учетом сортовых особенностей и погодных условий. Коэффициенты вариации показателей (7-16%) свидетельствуют о достоверности полученных данных. Рекомендовано использовать комбинированные обработки фунгицидами нового поколения с серосодержащими удобрениями для повышения устойчивости растений и улучшения качества зерна.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка адаптивных систем защиты растений с учетом развития резистентности патогенов и экологических аспектов применения химических средств защиты.

## ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КЛАССА ТРИАЗОЛА НА РОСТ ШТАММОВ ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

Для борьбы с грибными инфекциями широко используются системные фунгициды, в частности триазолы, к которым относятся тебуконазол и пропиконазол. Эти действующие вещества входят в состав многих препаратов применяемых против широкого спектра патогенных грибов. Однако длительное использование триазолов может привести к развитию устойчивости у грибов-патогенов, что значительно осложняет управление заболеваниями. Напомним, что штамм чувствителен к действующему веществу, если его значение ЕС50 низкое и для остановки его роста на 50 % требуется низкая концентрация фунгицида. И наоборот, штамм устойчив, если его значение ЕС50 высоко. В ходе исследования были протестированы 49 штаммов грибов, принадлежащих к комплексу видов *Fusarium*, *Alternaria* и *B. sorokiniana*, а также другим родам, выделенных из колоса и листьев яровой пшеницы и ярового ячменя.

### 5.1. Восприимчивость штаммов грибов-возбудителей яровой пшеницы и ярового ячменя к тебуконазолу

Из 15 протестированных штаммов, выделенных из пшеницы, большинство показали высокую чувствительность к тебуконазолу (Таблица 29). Двенадцать штаммов (75%) имели значения ЕС50 менее 1 мг/л, что указывает на их высокую восприимчивость к препарату (рисунок 30). Два штамма (F2 и F29) имели среднюю восприимчивость (ЕС50 от 1 до 5 мг/л). Однако один штамма (F26) показали значительное снижение чувствительности, с ЕС50 выше 5 мг/л, что может быть признаком развития устойчивости (приложение Г, рисунок Г. 1).

Среди девяти протестированных штаммов, выделенных из ячменя, преобладают высокочувствительные линии. Шесть штаммов (66.7%) показывают ЕС50 ниже 1 мг/л, что указывает на их высокую восприимчивость к тебуконазолу. Три штамма (F6-Я, F7-Я, F24-Я-2 (*B. sorokiniana*) и F24-Я-1 (*B. sorokiniana*) имеют ЕС50 более 1 мг/л (приложение Г, рисунок Г. 2).

Таблица 29 – Чувствительность штаммов из пораженных образцов яровой пшеницы к тебуконазолу была оценена для определения их значений ЕС50 в 2022-2024 гг.

| Штамм | Название род или комплекс вида | Год сбора | ЕС50, мг/л |
|-------|--------------------------------|-----------|------------|
| F2    | <i>F. equiseti</i>             | 2022      | 2.00       |
| F3    | <i>F. equiseti</i>             | 2022      | 0.64       |
| F33   | <i>Fusarium sp.</i>            | 2023      | 0.50       |
| F40   | <i>A. alternata</i>            | 2023      | 1.50       |
| F25   | <i>Fusarium sp.</i>            | 2023      | 1.08       |
| F29   | <i>Fusarium sp.</i>            | 2023      | 1.75       |
| F26   | <i>F. sporotrichioides</i>     | 2023      | 6.00       |
| F34   | <i>Bjerkandera adusta</i>      | 2023      | 0.50       |
| F35   | <i>A. alternata</i>            | 2023      | 0.61       |
| F24-1 | <i>Alternaria sp.</i>          | 2023      | 0.75       |
| F11   | <i>Alternaria</i>              | 2024      | 0.94       |
| F22   | <i>Fusarium sp.</i>            | 2024      | 0.57       |
| F-8-2 | <i>F. avenaceum</i>            | 2024      | 0.60       |
| F51   | <i>F. poae</i>                 | 2024      | 0.93       |
| F52   | <i>A. alternata</i>            | 2024      | 3.50       |

Штаммы грибов-возбудителей яровой пшеницы и ярового ячменя в Московской области в основном остаются чувствительными к тебуконазолу (Таблица 30).

Однако наличие отдельных устойчивых штаммов подчеркивает важность усиленного мониторинга и своевременного внедрения мер по управлению устойчивостью. Это позволит сохранить эффективность применения фунгицидов и обеспечить стабильную продуктивность зерновых культур.



Таблица 30 – Чувствительность штаммов из пораженных образцов ярового ячменя к тебуконазолу была оценена для определения их значений ЕС<sub>50</sub> в 2022-2024 гг.

| Штамм   | Название род или комплекс вида | Год сбора | ЕС <sub>50</sub> , мг/л |
|---------|--------------------------------|-----------|-------------------------|
| F24-Я-1 | <i>B.sorokiniana</i>           | 2023      | 6.33                    |
| F7-Я    | <i>F. equiseti</i>             | 2024      | 2.75                    |
| F6-Я    | <i>Peniophora cinerea</i>      | 2024      | 1.40                    |
| F3-Я    | <i>F. poae</i>                 | 2024      | 1.08                    |
| F5-Я    | <i>F. equiseti</i>             | 2024      | 1.25                    |
| F24-Я-2 | <i>B. sorokiniana</i>          | 2024      | 2.50                    |
| F34-2   | <i>Fusarium sp</i>             | 2024      | 0.50                    |
| F4-Я    | <i>Peniophora cinerea</i>      | 2024      | 0.82                    |
| F9-Я    | <i>F. equiseti</i>             | 2024      | 0.50                    |

## 5.2. Восприимчивость штаммов грибов-возбудителей яровой пшеницы к пропиконазолу

В таблица 31 и 32 представлены данные о чувствительности штаммов грибов-возбудителей яровой пшеницы и ярового ячменя к пропиконазолу, выраженные в значениях ЕС<sub>50</sub>. Из 37 протестированных штаммов, выделенных из пшеницы, 23 штаммов проявляют высокую восприимчивость к пропиконазолу ( $EC_{50} \leq 1$  мг/л). У 14 штаммов ЕС<sub>50</sub> более 1 мг/л. Наибольшие значения ЕС<sub>50</sub>, свидетельствующие о низкой чувствительности, наблюдаются у штаммов F4 (11,00 мг/л), контроль 11 (11,50 мг/л), F1 (6,50 мг/л), F5 (7,64 мг/л) и контроль 7 (7,81 мг/л) (таблицы 31 и 32). Эти данные подчеркивают важность постоянного мониторинга чувствительности патогенов к фунгицидам, так как их эффективность может значительно варьироваться в зависимости от вида гриба и других факторов. Большинство штаммов грибов-возбудителей болезней яровой пшеницы и ярового ячменя в Московской области остаются чувствительными к пропиконазолу (приложение Г, рисунок Г. 3).

Таблица 31 – Чувствительность штаммов к пропиконазолу была оценена для определения их значений EC50 в 2022 году

| Штамм       | Название              | Год сбора | EC50  |
|-------------|-----------------------|-----------|-------|
| контроль 5  | <i>Alternaria sp.</i> | 2022      | 5.13  |
| контроль 7  | <i>F. equiseti</i>    | 2022      | 7.81  |
| контроль 9  | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 1.94  |
| контроль 10 | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 6.68  |
| контроль 11 | <i>Alternaria sp.</i> | 2022      | 11.50 |
| альто 2     | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 1.05  |
| альто 5     | <i>Alternaria sp.</i> | 2022      | 1.00  |
| альто 6     | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 0.87  |
| альто 11    | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 0.94  |
| альто 12    | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 1.00  |
| альто 14    | <i>Alternaria sp.</i> | 2022      | 3.25  |
| контроль 15 | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 0.68  |
| Контроль 20 | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 2.00  |
| Контроль 21 | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 1.07  |
| Контроль 22 | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 2.17  |
| Контроль 24 | <i>F. equiseti</i>    | 2022      | 1.00  |
| Контроль 26 | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 0.91  |
| Альто 22    | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 0.67  |
| Альто 23    | <i>F. equiseti</i>    | 2022      | 1.10  |
| альто 24    | <i>Alternaria sp.</i> | 2022      | 1.33  |
| альто 25-1  | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 1.07  |
| альто 25-2  | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 0.96  |
| Альто 27    | <i>Fusarium sp.</i>   | 2022      | 1.18  |

Таблица 32 – Чувствительность штаммов к пропиконазолу была оценена для определения их значений EC50 в 2023 году

| Штамм | Название                         | Год сбора | EC50  |
|-------|----------------------------------|-----------|-------|
| F1    | <i>Alternaria sp.</i>            | 2023      | 6.50  |
| F2    | <i>F. equiseti</i>               | 2023      | 2.13  |
| F3    | <i>F. equiseti</i>               | 2023      | 2.25  |
| F4    | <i>Alternaria sp.</i>            | 2023      | 11.00 |
| F5    | <i>Alternaria sp.</i>            | 2023      | 7.64  |
| F24   | <i>A. alternata</i>              | 2023      | 0.62  |
| F26   | <i>Fusarium sporotrichioides</i> | 2023      | 0.81  |
| F34   | <i>Bjerkandera adusta</i>        | 2023      | 0.65  |
| F35   | <i>A. alternata</i>              | 2023      | 1.11  |
| F40   | <i>A. alternata</i>              | 2023      | 0.74  |
| F29   | <i>Fusarium sp.</i>              | 2023      | 0.50  |
| F31   | <i>Fusarium sp.</i>              | 2023      | 0.55  |
| F33   | <i>Fusarium sp.</i>              | 2023      | 0.53  |
| F23   | <i>Fusarium sp.</i>              | 2023      | 0.54  |

### 5.3. Динамика распространения фитопатогенных грибов в посевах яровых зерновых культур и их морфология

Исследование фитопатогенных грибов, таких как представители родов *Fusarium* и *Alternaria*, является важным аспектом в защите сельскохозяйственных культур от болезней. Эти патогены оказывают значительное влияние на урожайность и качество зерновых культур, включая пшеницу и ячмень. В условиях изменения климата и интенсификации сельского хозяйства наблюдается динамика в распространении и видовом составе фитопатогенов. Это требует постоянного мониторинга для своевременного выявления потенциальных угроз и разработки эффективных мер борьбы. В рамках данного исследования были проанализированы

данные о распространенности и видовом составе *Fusarium* и *Alternaria* в посевах яровой пшеницы и ячменя за период 2022–2024 годов.

### 5.3.1. Динамика соотношения *Fusarium* и *Alternaria* в посевах яровой пшеницы

В исследуемом периоде 2022–2024 годов в посевах яровой пшеницы наблюдалась значительная динамика в соотношении представителей грибов родов *Fusarium* и *Alternaria* (рисунок 29). Общее количество выделенных штаммов грибов в посевах яровой пшеницы составило 27 в 2022 г., 39 в 2023 г. и снизилось до 11 в 2024 г. В 2022 г. доля представителей рода *Fusarium* составляла 56,0%, а *Alternaria* — 44,0%. К 2023 году произошло изменение баланса: доля *Alternaria* увеличилась до 56,4%, тогда как *Fusarium* снизилась до 43,6%. Однако в 2024 году доля видов *Fusarium* достигла 81,8%, в то время как *Alternaria* сократилась до 18,9% (рисунок 29). Это может быть связано с изменением климатических условий.

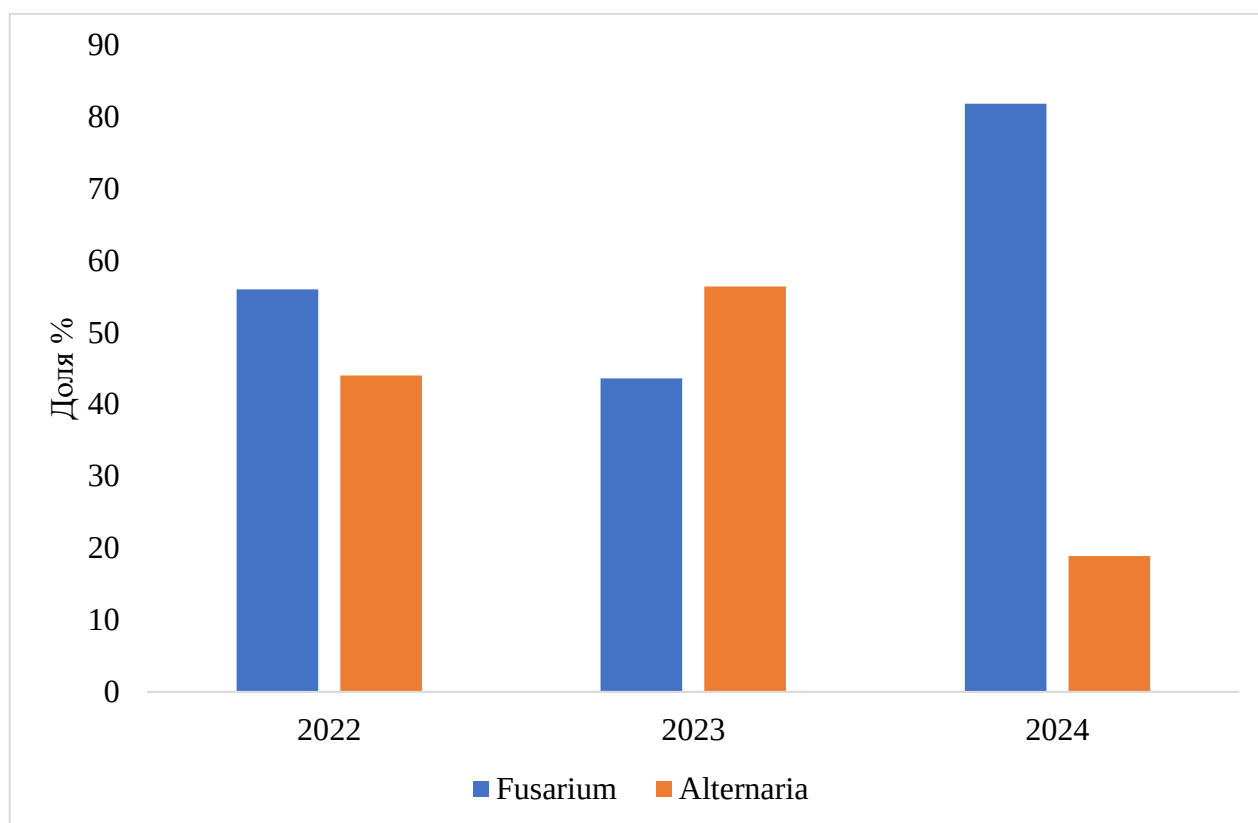


Рисунок 29. Процент встречаемости представителей рода *Fusarium* и *Alternaria* в посевах яровой пшеницы в 2022-2024

В 2022–2024 годах в посевах яровой пшеницы наблюдалась четкая тенденция к изменению видового состава грибов рода *Fusarium*. В 2022 году было выделено 18 штаммов, среди которых доминировал вид *F. equiseti* (44,4%), а также присутствовали *Fusarium sp.* (33,3%), *F. sporotrichioides* (5,6%), *F. verticillioides* (5,6%) и *F. oxysporum* (11,1%). К 2023 году общее количество штаммов увеличилось до 22, однако доля *F. equiseti* снизилась до 13,7%, а доминирующим стал *Fusarium sp.* (54,5%), наряду с *F. sporotrichioides* (31,8%). В 2024 году видовое разнообразие значительно сократилось: из 9 выделенных штаммов остались только *Fusarium sp.* (55,6%), *F. sporotrichioides* (33,3%), *F. verticillioides* (11,1%) и *F. poae* (незначительная доля) (таблица 33). Это указывает на упрощение структуры популяции *Fusarium*, где ключевую роль стали играть *Fusarium sp.* и *F. sporotrichioides*, что может быть связано с изменением климатических условий или другими экологическими факторами.

Таблица 33 – Видовой состав грибов рода *Fusarium* в посевах яровой пшеницы в 2022-2024

| Год  | Штаммы | Вид <i>Fusarium</i> (%) |                |                     |                            |                     |                           |                     |
|------|--------|-------------------------|----------------|---------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
|      |        | <i>F. equiseti</i>      | <i>F. poae</i> | <i>Fusarium sp.</i> | <i>F. sporotrichioides</i> | <i>F. avenaceum</i> | <i>F. verticillioides</i> | <i>F. oxysporum</i> |
| 2022 | 18     | 44,4                    | 0              | 33,3                | 5,6                        | 0                   | 5,6                       | 11,1                |
| 2023 | 22     | 13,7                    | 0              | 54,5                | 31,8                       | 0                   | 0                         | 0                   |
| 2024 | 9      | -                       | 55,6           | 33,3                | 0                          | 11,1                | 0                         | 0                   |

### 5.3.2. Видовой состав грибов рода *Fusarium* в посевах ярового ячменя

В 2022–2024 годах на посевах ярового ячменя наблюдалась динамика в видовом составе грибов рода *Fusarium*, при этом грибы рода *Alternaria* не были обнаружены. В 2022 году популяция *Fusarium* была представлена только одним видом — *F. equiseti*, который составлял 100% штаммов (7 штаммов). В 2023 году произошло снижение

доли *F. equiseti* до 60% (3 штамма), а также появились другие виды — *Fusarium sp.* (40%, 2 штамма). К 2024 году видовое разнообразие увеличилось: помимо *F. equiseti* (50%, 5 штаммов), *F. poae* (20%, 2 штамма), и *Fusarium sp.* (30%, 3 штамма) (таблица 34). Отсутствие *Alternaria* на протяжении всех трех лет может быть связано с особенностями сортов ярового ячменя. Таким образом, за исследуемый период произошло увеличение видового разнообразия *Fusarium*.

Таблица 34 – Видовой грибов рода *Fusarium* на яровом ячмене в 2022-2024

| Год  | Штаммы | Вид <i>Fusarium</i> (%) |                  |                     |
|------|--------|-------------------------|------------------|---------------------|
|      |        | <i>F. equiseti</i>      | <i>F. poae</i> , | <i>Fusarium sp.</i> |
| 2022 | 7      | 100                     | 0                | 0                   |
| 2023 | 5      | 60                      | 0                | 40                  |
| 2024 | 10     | 50                      | 20               | 30                  |

### 5.3.3. Морфология некоторых видов грибов *Fusarium* и *Alternaria*

*F. equiseti*. Колонии на КГА достигают 80 мм при 25 °С через 7 дней, колонии на питательной среде КГА имеют цвет от белого до кремового, мицелий пушистый и полувоздушный. Макроконидии часто серповидные, заострены на концах, с 3–5 перегородками, от гиалиновых до бледно-коричневых. Микроконидии (мелкие споры) встречаются реже, обычно одноклеточные (рисунок 30).



Рисунок 30. Морфология *F. equiseti*

***F. sporotrichioides*.** Колонии на КГА достигают 80 мм при 25 °С через 7 дней, Мицелии обильные, растут плотно и быстро. Первоначально культура белая или бледно-красная, но с возрастом пигмент темнеет и могут появиться оранжевые спородохии. В агаре образуются красные пигменты. Макроконидии серповидные до почти полулунных, изогнутые и сужающиеся, с 3-5 перегородками, но преимущественно с 3 перегородками. С 0-септированными грушевидными микроконидиями (рисунок 31).



Рисунок 31. Морфология *F. sporotrichioides*

***A. alternata*.** Мицелий – хорошо развит, пушистый, септированный (раздельный), гиалиновые (полупрозрачные) гифы. Колонии имеют цвет от темно-серого до черного, с бархатистой или ватной поверхностью. Обратная сторона – от темно-коричневого до черного. Конидиеносцы прямостоячие, с перегородками, коленчатые (изогнутые) и часто разветвленные. Пигментация: темно-коричневая из-за выработки меланина (рисунок 32).



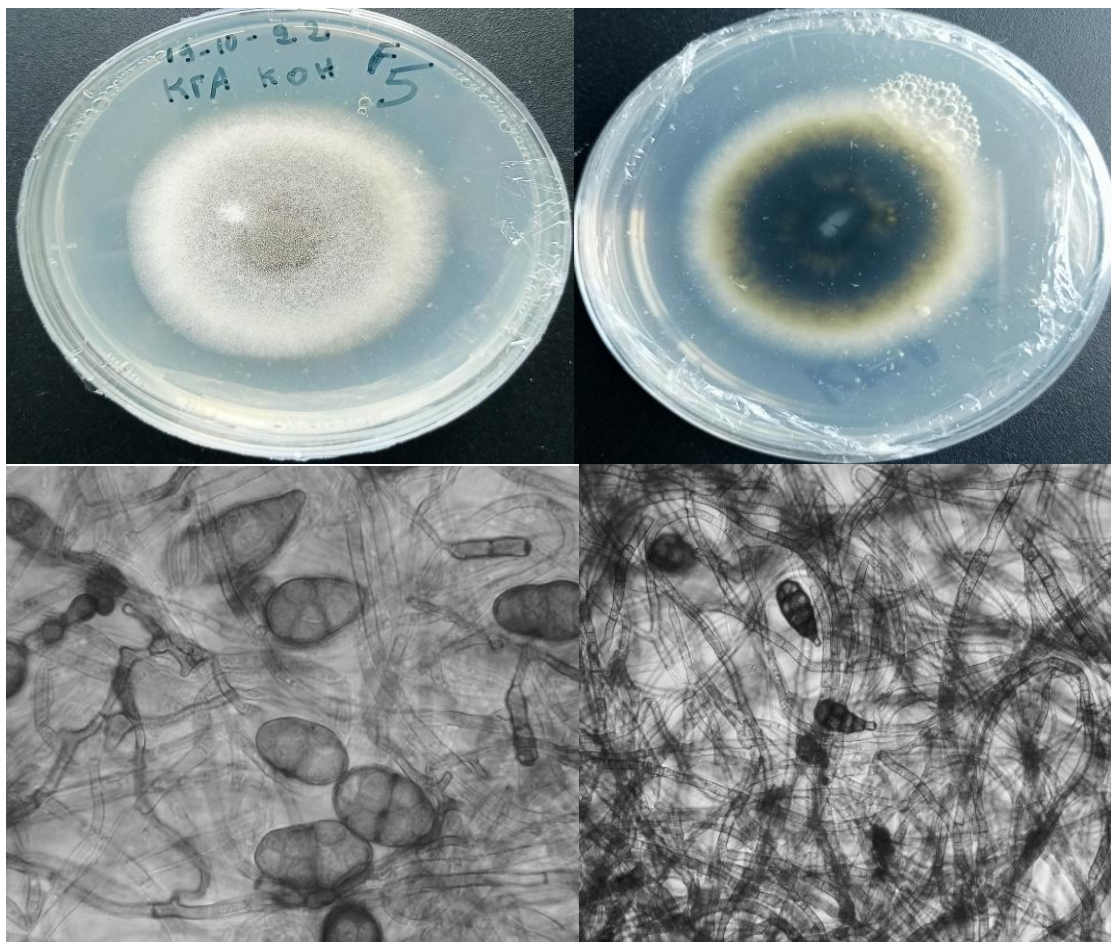


Рисунок 32. Морфология *A. alternata*

В ходе исследования изучена чувствительность фитопатогенных грибов к триазольным фунгицидам в Московской области. Установлено, что большинство штаммов сохраняют чувствительность к тебуконазолу (75% из пшеницы и 66,7% из ячменя с  $EC_{50} \leq 1$  мг/л) и пропиконазолу (62% высокочувствительных штаммов пшеницы). Однако выявлены устойчивые формы: *F. sporotrichioides* ( $EC_{50} = 6$  мг/л), *B. sorokiniana* ( $EC_{50} = 6,33$  мг/л) и некоторые штаммы *Alternaria* sp. ( $EC_{50}$  до 11,5 мг/л).

Анализ динамики видового состава показал значительные изменения в популяциях патогенов. В посевах пшеницы наблюдалось увеличение доли *Alternaria* с 44% до 56,4% в 2022-2023 гг., затем резкое преобладание *Fusarium* (81,8%) в 2024 году. Произошла смена доминирующих видов от *F. equiseti* к *Fusarium* sp. и *F. sporotrichioides*. В посевах ячменя отмечено расширение видового разнообразия *Fusarium* при полном отсутствии *Alternaria*. Выявленные изменения могут быть связаны с климатическими факторами, интенсификацией сельского хозяйства и



давлением фунгицидов. Это подчеркивает важность разработки стратегий управления устойчивостью через чередование механизмов действия фунгицидов, использование альтернативных методов защиты и регулярный мониторинг патогенов.

Полученные данные подчеркивают необходимость постоянного мониторинга чувствительности патогенов и разработки адаптивных стратегий защиты. Рекомендуется чередование химических классов фунгицидов, комбинирование триазолов с серосодержащими препаратами и учет региональной динамики патогенов. Особое внимание следует уделить контролю распространения устойчивых штаммов *F. sporotrichioides* и *B. sorokiniana*.

Морфологические характеристики исследованных видов согласуются с литературными данными. Например, *F. equiseti* имеет пушистый бело-кремовый мицелий с серповидными макроконидиями, а *F. sporotrichioides* отличается обильным ростом и красной пигментацией. *A. alternata* характеризуется темно-серыми колониями с меланиновой пигментацией.

## **ГЛАВА 6. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ**

Современное сельскохозяйственное производство требует комплексного подхода к оценке эффективности возделывания культур, включая анализ экономической целесообразности применения различных агротехнических мероприятий. Одним из ключевых аспектов является оценка экономической эффективности использования средств защиты растений, таких как фунгициды, и их комбинаций с серосодержащими удобрениями. Экономическая эффективность в данном контексте подразумевает достижение максимального урожая с единицы площади при минимальных затратах ресурсов, включая трудовые, материальные и финансовые.

Экономическая эффективность сельскохозяйственного производства определяется способностью хозяйства получать прибыль от реализации продукции, что напрямую связано с рентабельностью. Рентабельность рассчитывается как отношение чистого дохода к совокупным затратам на производство. В случае возделывания яровых зерновых культур важным показателем является прирост урожайности, достигаемый за счет применения фунгицидов и их комбинаций с серосодержащими удобрениями, а также снижение себестоимости продукции.

Применение фунгицидов как отдельно так и их комбинаций с серосодержащими удобрениями способствует повышению урожайности яровых зерновых культур за счет защиты растений от болезней и улучшения их минерального питания. Однако для достижения экономической эффективности важно оптимизировать затраты на данные препараты, учитывая их стоимость и влияние на себестоимость продукции. В ходе исследования экономической эффективности применения фунгицидов отдельно и их комбинации с серосодержащими удобрениями были рассчитаны следующие ключевые показатели: урожайность, материально-денежные затраты на один гектар, себестоимость 1 ц продукции, чистый доход и рентабельность.

### **6.1. Экономическая эффективность препаратов в посевах яровой пшеницы**

При анализе таблицы 43 установили, что экономические показатели выращивания яровой пшеницы в условиях Немчиновки за три года варьировались в зависимости от сортовых особенностей и защитных мероприятий. По сравнению со сортом Беяна, Радмира на контрольном варианте без обработки показал более высокие результаты по всем ключевым показателям: урожайность, себестоимость, прибыль и рентабельность.

По сравнению со сортом Беяна, Радмира на контрольном варианте без обработки показал более высокие результаты по всем ключевым показателям: урожайность, себестоимость, прибыль и рентабельность.

Для сорта Радмира урожайность на контроле составила 4,20 т/га, тогда как применение фунгицидов Альто Супер, КЭ, Колосаль Про, КМЭ и Капелла, МЭ повысило этот показатель до 4,79 т/га, 4,73 т/га и 4,79 т/га соответственно. Наибольшая урожайность (5,10 т/га) была достигнута при использовании комбинации Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900. Себестоимость 1 т продукции на контроле составила 5 995,60 руб./т, а наименьшая себестоимость (5 551,22 руб./т) была отмечена при обработке Колосаль Про, КМЭ. Максимальная прибыль (26 968,87 руб./га) была получена на варианте с комбинацией Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900.

Для сорта Беяна средняя урожайность на контроле составила 3,67 т/га, а применение фунгицидов Альто Супер, КЭ, Колосаль Про, КМЭ и Капелла, МЭ повысило её до 4,26 т/га, 4,30 т/га и 4,39 т/га соответственно. Наибольшая урожайность (4,55 т/га) была достигнута при использовании комбинации Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900. Себестоимость 1 т продукции на контроле составила 6 861,44 руб./т, а наименьшая себестоимость (6 102,38 руб./т) была отмечена при обработке Колосаль Про, КМЭ. Максимальная прибыль (21 052,75 руб./га) также была зафиксирована на варианте с комбинацией Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900.

Таблица 43 – 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 |
|----------------------------------------|------------------------|-----------------|-------------------|-------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 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                        |
| Сорт Радмира                           |                        |                 |                   |             |                                            |                                              |                                        |
| 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 Беяна                             |                        |                 |                   |             |                                            |                                              |                                        |
| 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                                  |

При сравнении применения фунгицидов отдельно и их комбинаций с серосодержащими удобрениями по показателю рентабельности выявлено, что для сорта Радмира наибольшая рентабельность (98,36%) достигнута при использовании Колосаль Про, КМЭ отдельно, что превышает показатели комбинации Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг Супер Сера-900 (99,32%) , а для сорта Беяна наибольшая

рентабельность (80,72%) также отмечена при отдельном применении Колосаль Про, КМЭ, что выгоднее комбинации с Ультрамаг Супер Сера-900 (79,46%). Ультрамаг Супер Сера-900 с другими фунгицидами (Альто Супер, КЭ и Капелла, МЭ) также показали рентабельность ниже, чем при их использовании отдельно.

## **6.2. Экономическая эффективность защитных мероприятий в посевах ярового ячменя**

При анализе данных таблицы 44 по экономической эффективности применения препаратов в посевах ярового ячменя за 2022-2024 гг. сорт Надежный на контрольном варианте без обработки показал более высокие результаты по всем ключевым показателям: урожайность, себестоимость, прибыль и рентабельность по сравнению со сортом Нур.

Выявлено также, что использование фунгицидов и их комбинаций с серосодержащими удобрениями способствовало повышению урожайности, снижению себестоимости и увеличению прибыли и рентабельности для обоих сортов — Нур и Надежный.

Для сорта Нур урожайность на контроле составила 4,49 т/га, а применение фунгицидов Альто Супер, КЭ, Колосаль Про, КМЭ и Капелла, МЭ повысило её до 4,82 т/га, 5,14 т/га и 4,89 т/га соответственно. Наибольшая урожайность (5,31 т/га) достигнута при использовании комбинации Капелла, МЭ + Ультрамаг Супер Сера-900. Себестоимость 1 т продукции на контроле составила 5 608,35 руб./т, а наименьшая себестоимость (5 106,47 руб./т) отмечена при обработке Колосаль Про, КМЭ. Максимальная прибыль (25 152,75 руб./га) получена при применении Колосаль Про, КМЭ, что на 5 434,25 руб. выше, чем на контроле (19 718,50 руб./га).

Для сорта Надежный урожайность на контроле составила 5,91 т/га, а применение фунгицидов повысило её до 6,25 т/га, 6,46 т/га и 6,37 т/га соответственно. Наибольшая урожайность (6,71 т/га) отмечена при использовании комбинации Капелла, МЭ + Ультрамаг Супер Сера-900. Себестоимость 1 т продукции на контроле составила 4 260,86 руб./т, а наименьшая себестоимость (4 062,73 руб./т) и

максимальная прибыль (38 352,75 руб./га) были достигнуты при обработке посевов фунгицидом Колосаль Про, КМЭ.

При сравнении применения фунгицидов отдельно и их комбинаций с серосодержащими удобрениями по показателю средней рентабельности продукции для ярового ячменя за три года выявлено, что на сорте Нур наибольшая рентабельность (95,75%) достигнута при использовании Колосаль Про, КМЭ отдельно, что превышает показатели комбинированных вариантов. Применение Альто Супер, КЭ отдельно показало рентабельность 78,27%, а в комбинации с Ультрамаг Супер Сера-900 рентабельность увеличилась до 83,42%. Для Капелла, МЭ рентабельность при отдельном использовании составила 69,99%, а в комбинации с Ультрамаг Супер Сера-900 — 74,23%. Таким образом, комбинации с Ультрамаг Супер Сера-900 для этих препаратов показали небольшое увеличение рентабельности, но всё же уступили Колосаль Про, КМЭ отдельно.

Для сорта Надежный наибольшая рентабельность (145,96%) также достигнута при использовании Колосал Про, КМЭ отдельно. Применение Альто Супер, КЭ отдельно показало рентабельность 130,99%, а в комбинации с Ультрамаг Супер Сера-900 рентабельность снизилась до 122,04%. Для Капелла, МЭ рентабельность при отдельном использовании составила 122,12%, а в комбинации с Ультрамаг Супер Сера-900 — 119,34%. Таким образом, комбинации с Ультрамаг Супер Сера-900 для этих препаратов не обеспечили значительного увеличения рентабельности, а в случае с Альто Супер, КЭ привели к её снижению.

Общая тенденция показывает, что применение Колосал Про, КМЭ отдельно является более экономически выгодным по сравнению с комбинациями с Ультрамаг Супер Сера-900. Для Альто Супер, КЭ и Капелла, МЭ комбинации с Ультрамаг Супер Сера-900 дали небольшое увеличение рентабельности для сорта Нур, но для сорта Надежный их эффективность была ниже или сопоставима с отдельным применением.

Таблица 44 – 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 |
|----------------------------------------|------------------------|-----------------|-------------------|-------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 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                        |
| Сорт Нур                               |                        |                 |                   |             |                                            |                                              |                                        |
| 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                          |                        |                 |                   |             |                                            |                                              |                                        |
| 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                                 |

На основе проведенного анализа эффективности защитных мероприятий для яровых зерновых культур в условиях Московской области за 2022-2024 гг. 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 Беяна), а для ярового ячменя - 6,71 т/га (сорт Надежный).

Однако экономическая эффективность различных схем защиты существенно различалась. Наибольшая рентабельность производства достигалась при использовании фунгицида Колосаль Про в чистом виде: для пшеницы показатели составили 156,55% (сорт Радмира) и 133,18% (сорт Беяна), а для ячменя - 155,43% (сорт Нур) и 221,12% (сорт Надежный). Комбинации фунгицидов с Ультрамаг Супер Сера-900, хотя и обеспечивали максимальную урожайность, демонстрировали несколько меньшие экономические показатели.

Особенно важным фактором оказался выбор сорта - сорта Радмира (пшеница) и Надежный (ячмень) показали лучшие экономические результаты по всем ключевым показателям, включая урожайность, себестоимость и рентабельность, по сравнению с другими исследуемыми сортами. Полученные данные подчеркивают необходимость комплексного подхода к выбору защитных мероприятий, учитывающего как агрономическую эффективность, так и экономическую целесообразность конкретных схем защиты в зависимости от выращиваемого сорта и рыночной конъюнктуры.



## 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 Беяну (пшеница) и Нур (ячмень) 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%.

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 (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 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 Беяна, 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.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. АБ-Центр. Экспертно-аналитический центр агробизнеса. зерновые: площади, сборы и урожайность в 2001-2024 гг. URL: <https://ab-centre.ru/news/yachmen-ploschadi-sbory-i-urozhaynost-v-2001-2019-gg?ysclid=lcxdqpntx8924094427> (Дата обращения: 02.02.2025)
2. Агеева, Е. В. Полегание пшеницы: генетические и экологические факторы и способы преодоления / Е. В. Агеева, И. Н. Леонова, И. Е. Лихенко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24, № 4. – С. 356-362. – DOI 10.18699/VJ20.628. – EDN GZCEPB.
3. Агроклиматический справочник по Московской области /С.А. Сапожникова. - Л.: Гидрометеиздат, 1954. - 194 с.
4. Алтухов, А. И. Проблема повышения качества пшеницы в стране требует комплексного решения / А. И. Алтухов, А. А. Завалин, Н. З. Милащенко, С. В. Трушкин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 32-39. – EDN PHACEU.
5. Аристархов, А. Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения / А. Н. Аристархов // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2016. — № 5. — С. 39–47.
6. Баталова, Г. А. Состояние и перспективы селекции и возделывания зернофуражных культур в России / Г. А. Баталова // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 3. – С. 11-14. – EDN OIWOWJ.
7. Баташева, Б. А. Устойчивость местных сортов ячменя к грибным болезням / Б. А. Баташева, М. Г. Муслимов, Г. И. Арнаутова // Аграрная наука. – 2019. – № S1. – С. 61-65. – DOI 10.32634/0869-8155-2019-326-1-61-65. – EDN CMDDVP.
8. Белан, И. А. Ресурсный потенциал сортов пшеницы мягкой яровой для условий Западной Сибири и Омской области (аналитический обзор) / И. А. Белан, Л. П. Россеева, Н. П. Блохина [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22, № 4. – С. 449-465. – DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.4.449-465. – EDN NTNDZB.

9. Белоус, Н. М. Яровые зерновые культуры: биология и технологии возделывания / Н. М. Белоус, В. Е. Ториков, Н. С. Шпилев, О. В. Мельникова. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2010. – 122 с. – ISBN 5-88517-161-0. – EDN TVJYDX.
10. Болдышева, Е. П. Методологические аспекты исследования оптимизации применения микроудобрений под зерновые культуры / Е. П. Болдышева, В. И. Попова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2017. – № 3(10). – С. 2. – EDN ZQQPON.
11. Буга С.Ф., Жуковский А.Г., Склименок Н.А., Жук Е.И., Радына А.А., Поплавская Н.Г., Лешкевич В.Г. Эффективность современного ассортимента фунгицидов в защите зерновых культур от болезней / С.Ф. Буга, А.Г. Жуковский, Н.А. Склименок, Е.И. Жук, А.А. Радына и др. // *Земледелие и растениеводство*. – 2015. – № 2. – С. 35-42.
12. Волкова, Г. В. Вирулентность популяции возбудителя карликовой ржавчины ячменя на Северном Кавказе в 2014-2017 годах / Г. В. Волкова, А. В. Данилова, & О. А. Кудинова // *Сельскохозяйственная биология*. – 2019. – № 54(3). – Р. 589-596. – DOI 10.15389/agrobiology.2019.3.589rus. – EDN LNUFFL.
13. Воронов, С. И. Технологическое обеспечение возделывания зерновых культур в интенсивном земледелии Сорт, плодородие почвы, освоение / С. И. Воронов, Б. И. Сандухадзе, А. А. Гончаренко [и др.] // ФИЦ «Немчиновка». – 2020. – С. 221
14. Воронов, С.И. Агротехнологический регламент возделывания яровой мягкой пшеницы сорта Радмира по интенсивной технологии в условиях Нечерноземной зоны/ С.И. Ворнов, Н.В. Давыдова, В.Д. Штырхунов, Ю.А. Лаптина, Ю.Н. Плескачев и др.// Новоивановское, ФИЦ «Немчиновка». 2024. 17 с.
15. Воронов, С.И. Ячмень пивоваренный. Технология возделывания в Центральном раоне Нечерноземной зоны РФ / С.И. Воронов, В.В. Конончук, Л.М. Ерошенко, С.М. Тимошенко, В.Д. Штырхунов, Е.В. Калабашкина и др.// М.: ФИЦ «Немчиновка». 2024. – 67 с.

16. Гаврилова, О. П. Разнообразие грибов рода *Fusarium* и их микотоксинов в зерне из азиатской части России / О. П. Гаврилова, Т. Ю. Гагкаева, А. С. Орина, Н. Н. Гогина // Микология и фитопатология. – 2022. – Т. 56, № 3. – С. 194-206. – DOI 10.31857/S0026364822030035. – EDN DONXYT.
17. Гагкаева, Т. Ю. Фузариоз зерновых культур / Т. Ю. Гагкаева, О. П. Гаврилова, М. М. Левитин, К. В. Новожилов // Защита и карантин растений. – 2011. – № S5. – С. 69-120. – EDN TZQUYF.
18. Гвоздева, М. С. Оценка эффективности биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции на озимой пшенице / М. С. Гвоздева, Г. В. Волкова // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 7. – С. 43-48. – DOI 10.24411/0235-2451-2020-10707. – EDN AXFUCW.
19. ГОСТ Р 52325-2005 «Национальный стандарт Российской Федерации семена сельскохозяйственных растений сортовые и посевные качества. Общие технические условия. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/gost-r-52325-2005-nacionalnyj-standart-rossi/> (Дата обращения: 02.02.2025)
20. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – Москва: Минсельхоз России, 2020. – 807 с.
21. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. - Москва. – 2023. – 816 с.
22. Грекова, А. Б. Устойчивость оомицета *Phytophthora infestans* к фунгициду мандипропамид / А. Б. Грекова, М. А. Побединская, Е. М. Чудинова, С. Н. Еланский // Микология и фитопатология. – 2021. – Т. 55, № 4. – С. 291-296. – DOI 10.31857/S0026364821040048. – EDN YOLLSZ.
23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985.
24. Еремеева, С.В. Плесневые грибы. Методы выделения, идентификации, хранения: справочное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и специальностям экологического, биологического и биотехнологического профиля/С.В. Еремеева.— Астрахань: АГТУ.— 2009.— 104 с.

25. Ерошенко, Л. М. Селекция на повышение адаптивного потенциала ярового ячменя по устойчивости к листовым пятнистостям в Центральном регионе России / Л. М. Ерошенко, М. М. Ромахин, А. Н. Ерошенко [и др.] // Аграрная наука. – 2019. – № S1. – С. 66-70. – DOI 10.32634/0869-8155-2019-326-1-66-70. – EDN BBJZEF.
26. Захарова, Д. А. Влияние обработки зёрен серосодержащими удобрениями на продуктивность и качественные показатели зерна яровой пшеницы / Д. А. Захарова, А. Х. Куликова, А. В. Карпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2(42). – С. 54-60. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-2-54-60. – EDN OUMQOX.
27. Зимняков, В. М. Тенденции производства пшеницы в России / В. М. Зимняков // Инновационная техника и технология. – 2020. – № 2(23). – С. 48-52. – EDN DUUGKG.
28. Кекало А.Ю. и др. Защита зерновых культур от болезней / А.Ю. Кекало, В.В. Немченко, Н.Ю. Заргарян, М.Ю. Цыпышева / Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017. – 172 с.
29. Кекало, А. Ю. Фитосанитарные задачи пшеничного поля и эффективность средств защиты от болезней / А. Ю. Кекало, В. В. Немченко, Н. Ю. Заргарян, А. С. Филиппов // Агрохимия. – 2020. – № 10. – С. 45-50. – DOI 10.31857/S0002188120100038. – EDN VVNAJO.
30. Киселева, М. И. Иммунологическая оценка устойчивости к бурой ржавчине образцов яровой пшеницы из коллекции ВИР / М. И. Киселева, Н. С. Жемчужина, Т. М. Коломиец // Защита и карантин растений. – 2024. – № 1. – С. 27-30. – DOI 10.47528/1026-8634\_2024\_1\_27. – EDN KKRQLL.
31. Козлова, Л. М. Оценка развития болезней зерновых культур при ресурсосберегающих системах обработки почвы и применении биопрепаратов в адаптивно-ландшафтном земледелии / Л. М. Козлова, Е. Н. Носкова, Ф. А. Попов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 6. – С. 721-732. – DOI 10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732. – EDN FUMOYG.

32. Крупенько, Н. А. Классификация и механизм действия химических фунгицидов, применяемых для защиты зерновых культур от болезней в Беларуси / Н. А. Крупенько // *Вестник защиты растений (Plant Protection News)*. – 2023. – Vol. 106– № 2. – С. 84-92. DOI 10.31993/2308-6459-2023-106-2-15690

33. Крупенько, Н. А. Особенности действия и ретроспективный анализ эффективности фунгицидов для защиты пшеницы мягкой озимой от болезней листового аппарата / Н. А. Крупенько, И. Н. Одинцова // *Вестник защиты растений*. – 2020. – Т. 103, № 4. – С. 224-232. – DOI 10.31993/2308-6459-2020-103-4-13741. – EDN LRSTXH.

34. Лебедева, Т. В. Проявление устойчивости к мучнистой росе у образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции генетических ресурсов растений ВИР / Т. В. Лебедева, Е. В. Зуев, А. Н. Брыкова // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. – 2018. – Т. 179, № 3. – С. 272-277. – DOI 10.30901/2227-8834-2018-3-272-277. – EDN CPOEJC.

35. Левакова, О. В. Изучение сортовых и посевных качеств районированных сортов ярового ячменя в первичных звеньях семеноводства в условиях центральной части Рязанской области / О. В. Левакова, О. В. Гладышева, Е. Ю. Ушакова // *Аграрная наука*. – 2023. – № 3. – С. 94-99. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-368-3-94-99. – EDN FPQIFV.

36. Ленточкин, А. М. Состояние производства и потребления зерна / А. М. Ленточкин // *Пермский аграрный вестник*. – 2019. – № 2(26). – С. 78-87. – EDN VEKXYT. Санин, С. С. Защита растений и устойчивое земледелие в XXI столетии / С. С. Санин // *Защита и карантин растений*. – 2020. – № 4. – С. 9-16. – EDN DFXWXL.

37. Масалов, В. Н. Состояние зернового хозяйства России, роль зерновых в кормлении сельскохозяйственных животных и питании человека / В. Н. Масалов, Н. А. Березина, И. В. Червонова // *Вестник аграрной науки*. – 2021. – № 2(89). – С. 3-15. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2021.2.3.

38. Минсельхоз, Р. Ф. Характеристики сортов растений, впервые включённых в 2023 году в Государственный реестр селекционных достижений,



допущенных к использованию: официальное издание. – М / Р. Ф. Минсельхоз // ФГБНУ «Росинформагротех». – 2023. – 631с.

39. Николаев, П. Н. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 / П. Н. Николаев, О. А. Юсова, Н. И. Аниськов [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180, № 2. – С. 83-88. – DOI 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88. – EDN SQKNPJ.

40. Орина, А. С. Симбиотические взаимоотношения грибов *Fusarium* и *Alternaria*, колонизирующих зерно овса / А. С. Орина, О. П. Гаврилова, Т. Ю. Гагкаева, И. Г. Лоскутов // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 5. – С. 986-994. – DOI 10.15389/agrobiology.2017.5.986rus. – EDN ZRXOCX.

41. Павлюшин, В. А. Интегрированная защита озимой пшеницы / В. А. Павлюшин, В. И. Долженко, А. М. Шпанев [и др.] // Защита и карантин растений. – 2015. – № 5. – С. 38-71. – EDN UYNUZR.

42. Петрова, Н. Г. Эффективность фунгицидов на основе триазолов на пшенице яровой при разных фонах минерального питания / Н. Г. Петрова, Т. В. Долженко // Плодородие. – 2021. – № 4(121). – С. 14-17. – DOI 10.25680/S19948603.2021.121.04. – EDN SUVROM.

43. Плескачев, Ю. Н. Совершенствование системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя / Ю. Н. Плескачев, С. И. Воронов, Р. С. Грабов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 1(57). – С. 88-95. – DOI 10.32786/2071-9485-2020-01-09. – EDN OCYWYO.

44. Плескачев, Ю. Н. Экономическая эффективность способов основной обработки почвы и удобрений при возделывании озимой пшеницы / Ю. Н. Плескачев, Г. В. Черноморов, Н. А. Бугреев [и др.] // Задачи развития АПК региона. – 2019. – № 2(38). – С. 135-139. – DOI 10.15217/issn2079-0996.2019.2.135. – EDN LGJHVX.

45. Попова, В. И. Агрономическая эффективность технологий применения азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы / В. И. Попова, В. П. Кормин,

Н. В. Гоман [и др.] // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2021. – № 2(25). – EDN FCIVBN.

46. Постовалов, А. А. Эффективность предпосевной обработки зёрен ярового ячменя фунгицидами / А. А. Постовалов, С. Ф. Суханова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2(55). – С. 42-49. – DOI 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49. – EDN LYPPSZ.

47. Резвякова, С. В. Биологизированная технология возделывания озимой пшеницы / С. В. Резвякова, Л. П. Еремин, А. В. Таракин [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 3(43). – С. 94-99. – DOI 10.24412/2309-348X-2022-3-94-99. – EDN GXHGIQ.

48. Рогожникова, Е. С. Влияние удобрений на поражение ярового ячменя болезнями в IV агроклиматической зоне Ленинградской области / Е. С. Рогожникова, А. М. Шпанев, М. А. Фесенко // Вестник защиты растений. – 2016. – № 4(90). – С. 56-61. – EDN XWYYDN.

49. Санин, С. С. Защита пшеницы от эпифитотий септориоза листьев и колоса / С. С. Санин, А. А. Санина, Е. В. Пахолкова [и др.] // Защита и карантин растений. – 2022. – № 11. – С. 4-13. – DOI 10.47528/1026-8634\_2022\_11\_4. – EDN MOHWCS.

50. Санин, С. С. Интенсификация производства зерна пшеницы, фитосанитария и защита растений в Центральном районе России / С. С. Санин, Б. И. Сандухадзе, Р. З. Мамедов [и др.] // Агрохимия. – 2020. – № 10. – С. 36-44. – DOI 10.31857/S0002188120100105. – EDN SEEZCE.

51. Санин, С. С. Фитосанитарная экспертиза зернового поля и принятие решений по опрыскиванию пшеницы фунгицидами. Теория и практические рекомендации / С. С. Санин // Приложение к журналу "Защита и карантин растений". – 2016. – № 5. – С. 2-34.

52. Санин, С.С. Технологии интенсивного зернопроизводства и защита растений / С. С. Санин, Б. И. Сандухадзе, Р. З. Мамедов [и др.] // Защита и карантин

растений. – 2021. – № 5. – С. 9-16. – DOI 10.47528/1026-8634\_2021\_5\_9. – EDN BYLVCD.

53. Семенова, А. Г. Устойчивость к вредным организмам современных сортов ячменя / А. Г. Семенова, А. В. Анисимова, О. Н. Ковалева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2021. – Т. 182, № 4. – С. 108-116. – DOI 10.30901/2227-8834-2021-4-108-116. – EDN SBFAOR.

54. Сидорова, Л. В. Влияние азота, серы и калия в составе удобрений на урожайность и качество ярового ячменя / Л. В. Сидорова, В. Н. Яичкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 5(67). – С. 52-53. – EDN ZSMJYL.

55. Сколотнева, Е. С. Характеристика популяций *Ruscinia graminis* f. sp. *tritici*, существующих на мягкой пшенице в Поволжском и Центральном регионах России, по микросателлитным локусам / Е. С. Сколотнева, Ю. В. Лаприна, О. А. Баранова [и др.] // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2023. – Т. 9, № 4. – С. 201-208. – DOI 10.18699/LettersVJ-2023-9-23. – EDN QBDY CZ.

56. Соболева, О. Н. Генетический контроль устойчивости образцов местного ячменя к ринхоспориозу / О. Н. Соболева, Г. С. Коновалова, Е. Е. Радченко // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2016. – Т. 20, № 5. – С. 616-622. – DOI 10.18699/VJ16.141. – EDN WYCWEZ.

57. Титов, А. Ф. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам : учебное пособие / А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина ; А. Ф. Титов, В. В. Таланова, Н. М. Казнина; Институт биологии Карельского НЦ РАН. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2011. – 77 с. – ISBN 978-5-9274-0491-9. – EDN QKUKXZ.

58. Торопова, Е.Ю. Фитосанитарный мониторинг и контроль фитопатогенов яровой пшеницы / Е. Ю. Торопова, И. Г. Воробьева, Г. Я. Стецов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 6. – С. 25-32. – DOI 10.24411/0235-2451-2021-10605. – EDN LKYSUG.

59. Торопова, Е.Ю. Эпидемический процесс септориоза на сортах яровой пшеницы / Е.Ю. Торопова, О. А. Казакова, В. В. Пискарев // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Vol. 24, No. 2. – P. 139-148. – DOI 10.18699/VJ20.609. – EDN FQVIAQ.

60. Трубачеева, Н. В. Задачи и возможности изучения пивоваренных признаков ячменя с использованием молекулярно-генетических подходов / Н. В. Трубачеева, Л. А. Першина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 2. – С. 171-177. – DOI 10.18699/VJ21.021. – EDN JEZBJR.

61. Турусов, В. И. Влияние способов обработки на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя в условиях юго- востока ЦЧР / В. И. Турусов, В. М. Гармашов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 12. – С. 20-25. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-11204. – EDN NALCRG.

62. Цховребов, В. С. Влияние фосфогипса и серосодержащих удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе / В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, А. М. Никифорова, Д. В. Калугин // Агрохимический вестник. – 2018. – № 4. – С. 21-23. – DOI 10.24411/0235-2516-2018-10021. – EDN XUZEJV.

63. Чевычелов, А. В. Влияние удобрений, содержащих серу, на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Курской области / А. В. Чевычелов, Л. В. Левшаков, В. И. Лазарев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 4. – С. 54-57. – DOI 10.24411/2587-6740-2019-14066. – EDN JQFOIE.

64. Шашко, Ю. К. Прямые и косвенные потери, определяющие вредоносность грибов *P. Fusarium* - возбудителей фузариоза колоса и зерна пшеницы / Ю. К. Шашко, Е. Л. Долгова, М. Н. Шашко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2020. – Т. 58, № 1. – С. 55-67. – DOI 10.29235/1817-7204-2020-58-1-55-67. – EDN JZLKZG.

65. Шутко, А.П. Фитосанитарная диагностика болезней растений: учебное пособие / А.П. Шутко, Л.В. Тутуржанс. – Ставрополь: АГРУС, 2018. - 111 с.

66. Ababa, G. Reviews of taxonomy, epidemiology, and management practices of the barley scald (*Rhynchosporium graminicola*) disease / G. Ababa, A. Kesho, Y. Tadesse,

D. Amare // Heliyon. – 2023. – Vol. 9, No. 3. – P. e14315. – DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e14315. – EDN VCNVFN.

67. Assefa, S. Growth, yield components, and yield response of food barley (*Hordeum vulgare* L.) to the application of sulfur nutrient under balanced fertilization at North Central Highland of Ethiopia / S. Assefa, B. Shewangizaw, K. K. Yassin, L. Getaneh // Journal of Crop Science and Biotechnology. – 2021. – 24, No.4. –P.461-467. – DOI 10.1007/s12892-021-00094-5

68. Backes, A. Pyrenophora teres: Taxonomy, Morphology, Interaction With Barley, and Mode of Control / A. Backes, E. Ait Barka, C. Jacquard, G. Guerriero // Frontiers in Plant Science. – 2021. – Vol. 12, No. APR. – P. 614951. – DOI 10.3389/fpls.2021.614951. – EDN COFHFY.

69. Bajwa, A. A. Impact of climate change on biology and management of wheat pests / A. A. Bajwa, M. Farooq, A. M. Al-Sadi [et al.] // Crop Protection. – 2020. – Vol. 137. – P. 105304. – DOI 10.1016/j.cropro.2020.105304. – EDN ACQSJG.

70. Bapela, T. Breeding Wheat for Powdery Mildew Resistance: Genetic Resources and Methodologies—A Review / T. Bapela, H. Shimelis, T. Terefe [et al.] // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, No. 4. – P. 1173. – DOI 10.3390/agronomy13041173. – EDN SGWEZQ.

71. Barczak, B. Yield of spring barley in conditions of sulfur fertilization / B. Barczak, W. Lopuszniak, M. Moskal // Journal of Central European Agriculture. – 2019. – Vol. 20, No. 2. –P. 636-646. – DOI 10.5513/JCEA01/20.2.2115

72. Bartlett, D. W. The strobilurin fungicides /D. W. Bartlett, J. M. Clough, J. R. Godwin, A. A. Hall // Pest management science. – 2001. – Vol. 58(7). – P. 649–662. – DOI 10.1002/ps.520

73. Bhavani, S. Wheat Rusts: Current Status, Prospects of Genetic Control and Integrated Approaches to Enhance Resistance Durability / S. Bhavani, R. P. Singh, D. P. Hodson, J. Huerta-Espino, M. S. Randhawa // In *Wheat improvement: Food Security in a changing climate*, Cham: Springer International Publishing. – 2022. –P. 125–141. – DOI 10.1007/978-3-030-90673-3\_8

74. Boerema, G. H. *Phoma identification manual. Differentiation of specific and infra-specific taxa in culture* / G. H. Boerema, J. de Gruyter, M. E. Noordeloos, M. E. C. Hamers (Ed.) // Wallingford, UK: CABI Publishing. – 2004. – DOI 10.1079/9780851997438.0000
75. Brar, G. S. Genetic factors affecting Fusarium head blight resistance improvement from introgression of exotic Sumai 3 alleles (including Fhb1, Fhb2, and Fhb5) in hard red spring wheat / G. S. Brar, A. L. Brûlé-Babel, Yu. Ruan [et al.] // BMC Plant Biology. – 2019. – Vol. 19, No. 1. – P. 1-19. – DOI 10.1186/s12870-019-1782-2. – EDN ISIOHO.
76. Bretträger, M. Screening of Mycotoxigenic Fungi in Barley and Barley Malt (*Hordeum vulgare* L.) Using Real-Time PCR-A Comparison between Molecular Diagnostic and Culture Technique / M. Bretträger, T. Becker, M. Gastl // *Foods (Basel, Switzerland)*. – 2022. – Vol. 11(8). – P. 1149. – DOI 10.3390/foods11081149
77. Brodowska, M. S. Application of Urea and Ammonium Nitrate Solution with Potassium Thiosulfate as a Factor Determining Macroelement Contents in Plants / M. S. Brodowska, M. Wyszowski, M. Karsznia // *Agronomy*. – 2024. – Vol. 14, No. 6. – P. 1097. – DOI 10.3390/agronomy14061097. – EDN IFFWRI.
78. Castañares, E. Alternaria in malting barley: Characterization and distribution in relation with climatic conditions and barley cultivars / E. Castañares, M. I. Dinolfo, S. A. Stenglein [et al.] // *International Journal of Food Microbiology*. – 2021. – Vol. 357. – P. 109367. – DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109367. – EDN ISLLKW.
79. Chedli, R. B. H. Occurrence of Septoria tritici blotch (*Zymoseptoria tritici*) disease on durum wheat, triticale, and bread wheat in Northern Tunisia / R. B. H. Chedli, S. B. M'Barek, A. Yahyaoui, Z. Kehel, & S. Rezgui // *Chilean journal of agricultural research*. – 2018. – Vol. 78, No. 4. – P. 559-568. – DOI 10.4067/S0718-58392018000400559
80. Cook, N. M. High frequency of fungicide resistance-associated mutations in the wheat yellow rust pathogen *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* / N. M. Cook, S. Chng, T.

L. Woodman [et al.] // Pest Management Science. – 2021. – Vol. 77, No. 7. – P. 3358-3371. – DOI 10.1002/ps.6380. – EDN CURFLE.

81. Curtis, T. Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety / T. Curtis, N. G. Halford // *The Annals of applied biology*. – 2014. – Vol. 164(3). – P. 354–372. – DOI 10.1111/aab.12108

82. de Sousa, T. The 10,000-year success story of wheat! / T. De Sousa, M. Ribeiro, C. Sabença, G. Igrejas // *Foods*. – 2021. – Vol. 10, No. 9. – DOI 10.3390/foods10092124. – EDN XIPAUB.

83. de Vallavieille-Pope, C. Assessment of epidemiological parameters and their use in epidemiological and forecasting models of cereal airborne diseases/ C. de Vallavieille-Pope, S. Giosue, L. Munk, A. Newton et al. // *Agronomie*. – 2000– Vol. 20(7). – P. 715-727. – DOI 10.1051/agro:2000171

84. De Wolf, E. D. Disease cycle approach to plant disease prediction / E. D. De Wolf, S. A. Isard // *Annu. Rev. Phytopathol.* – 2007. – Vol. 45(1), 203-220. – DOI 10.1146/annurev.phyto.44.070505.143329

85. Dean, R. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology / R. Dean, J. A. L. Van Kan, Z. A. Pretorius [et al.] // *Molecular Plant Pathology*. – 2012. – Vol. 13, No. 4. – P. 414-430. – DOI 10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x. – EDN YCXIBV.

86. Duba, A. Review of the Interactions between Wheat and Wheat Pathogens: *Zymoseptoria tritici*, *Fusarium spp.* and *Parastagonospora nodorum* / A. Duba, K. Goriewa-Duba, U. A. Wachowska // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2018. – Vol. 19, No. 4. – P. 1138. – DOI 10.3390/ijms19041138

87. El-Gamal, N. G. Effectiveness of plant extracts for repressing stem rust disease severity of wheat caused by *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Pers under field conditions / N. G. El-Gamal, N. S. El-Mougy, M. S. Ali Khalil, M. M. Abdel-Kader // *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. – 2022. – Vol. 32, No. 1. – P. 127. – DOI 10.1186/s41938-022-00621-8. – EDN KFPNLN.

88. Ethio-SIS (Ethiopia Soil Fertility Status). 2016. Fertilizer Recommendation Atlas of the Southern Nations, Nationalities and Peoples' Regional State, Ethiopia. pp 81.

89. Eyal, Z. The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management / Z. Eyal, A.L. Scharen, J.M. Prescott, M. van Ginkel// Mexico: CIMMYT, 1987. – 52 p.
90. Feinberg, A. Reductions in the deposition of sulfur and selenium to agricultural soils pose risk of future nutrient deficiencies / A. Feinberg, A. Stenke, T. Peter [et al.] // Communications Earth and Environment. – 2021. – Vol. 2, No. 1. – DOI 10.1038/s43247-021-00172-0. – EDN GFDWOO.
91. Fones H. The impact of Septoria tritici Blotch disease on wheat: An EU perspective / H. Fones, & S. Gurr // Fungal Genet. Biol. – 2015. – Vol. 79. – P. 3–7. – DOI 10.1016/j.fgb.2015.04.004
92. FRAC. FRAC Code List© 2022: Fungal Control Agents Sorted by Cross-Resistance Pattern and Mode of Action (Including Coding for FRAC Groups on Product Labels). Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). 2022. URL: <http://www.frac.info/> (дата обращения 18.10.2023).
93. Fuentes-Lara, L.O. From Elemental Sulfur to Hydrogen Sulfide in Agricultural Soils and Plants / L.O. Fuentes-Lara, J. Medrano-Macías, F. Pérez-Labrada, E.N. Rivas-Martínez, E.L. García-Enciso et al.// *Molecules*. – 2019.– Vol. 24, No.– P. 2282. – DOI 10.3390/molecules24122282
94. Geng, L. Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods / La. Geng, M. Li, G. Zhang, L. Ye // Food Quality and Safety. – 2022. – Vol. 6. – DOI 10.1093/fqsafe/fyac012. – EDN AJOLME.
95. Genievskaya, Yu. Identification of Quantitative Trait Loci Associated with Powdery Mildew Resistance in Spring Barley under Conditions of Southeastern Kazakhstan / Yu. Genievskaya, A. Zatybekov, S. Abugalieva, Ye. Turuspekov // Plants. – 2023. – Vol. 12, No. 12. – P. 2375. – DOI 10.3390/plants12122375. – EDN SECMHY.
96. Ghadamkheir, M. Influence of sulfur fertilization on infection of wheat take-all disease caused by the fungus *Gaeumannomyces graminis* var. *Tritici* / M. Ghadamkheir, K. P. Vladimirovich, E. Orujov [et al.] // Research on Crops. – 2020. – Vol. 21, No. 3. – P. 627-633. – DOI 10.31830/2348-7542.2020.098. – EDN OXAUMS.



97. Gulyaeva, E. I. Regional and temporal differentiation of virulence phenotypes of *Puccinia triticina* from common wheat in Russia during the period 2001–2018 / E. I. Gulyaeva, E. L. Shaydayuk, E. G. Kosman // *Plant Pathology*. – 2020. – Vol. 69, No. 5. – P. 860-871. – DOI 10.1111/ppa.13174. – EDN ZLGKKU.
98. Gulyaeva, E. I. SSR-based analysis of structural variation of the Russian population of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in 2019–2021 / E. I. Gulyaeva, E. L. Shaydayuk, E. G. Kosman // *Plant Pathology*. – 2024. – Vol. 73, No. 7. – P. 1761-1774. – DOI 10.1111/ppa.13919. – EDN LRSQSE.
99. Han, J. W. In vivo assessment of plant extracts for control of plant diseases: A sesquiterpene ketolactone isolated from *Curcuma zedoaria* suppresses wheat leaf rust / J. W. Han, K. S. Jang, Y. H. Choi [et al.] // *Journal of Environmental Science and Health. Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*. – 2018. – Vol. 53, No. 2. – P. 135-140. – DOI 10.1080/03601234.2017.1397448. – EDN VDOCEA.
100. Haneklaus, S. Effect of foliar-applied elemental sulphur on *Fusarium* infections in barley / S. Haneklaus, E. Bloem, U. Funder, E. Schnug // *Landbauforschung Volkenrode*. – 2007. – Vol. 57, No. 3. – P. 213-217.
101. Hasanuzzaman, M. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator / M. Hasanuzzaman, M. H. M. B. Bhuyan, F. Zulfiqar [et al.] // *Antioxidants*. – 2020. – Vol. 9, No. 8. – P. 1-52. – DOI 10.3390/antiox9080681. – EDN UOXTUK.
102. Hayes, L. E. Evidence of Selection for Fungicide Resistance in *Zymoseptoria tritici* Populations on Wheat in Western Oregon / L. E. Hayes, K. E. Sackett, N. P. Anderson [et al.] // *Plant disease*. – 2016. – Vol. 100(2). – P. 483–489. – DOI 10.1094/PDIS-02-15-0214-RE
103. Heckman, J. E365: Sulfur Nutrition and Soil Fertility Management for New Jersey Crops (Rutgers NJAES). 2021. URL: <https://njaes.rutgers.edu/e365/> (Дата обращения 02.02.2025)

104. Holmer, M. Sulphate reduction and sulphur cycling in lake sediments: A review / M. Holmer, P. Storkholm // *Freshwater Biology*. – 2001. – Vol. 46, No. 4. – P. 431-451. – DOI 10.1046/j.1365-2427.2001.00687.x. – EDN YIWBXO.
105. IGC. International Grains Council (2021). *Supply and Demand. Wheat*. URL: <https://www.igc.int/en/markets/marketinfo-sd.aspx>. (Дата обращения: 02.02.2025)
106. Igrejas, G. The Importance of Wheat / G. Igrejas, G. Branlard // In: Igrejas, G., Ikeda, T., Guzmán, C. (eds) *Wheat Quality For Improving Processing And Human Health*. Springer, Cham. – 2020. – P. 1-7. – DOI 10.1007/978-3-030-34163-3\_1
107. Kang, Y. Mechanisms of powdery mildew resistance of wheat—a review of molecular breeding / Y. Kang, M. Zhou, A. Merry, K. Barry // *Plant Pathology*. – 2020. – Vol. 69, No. 4. – P. 601-617. – DOI 10.1111/ppa.13166
108. Khan, Md. H. R. Reclamation of a Badarkhali hot spot of acid sulfate soil in relation to rice production by basic slag and aggregate size treatments under modified plain–ridge–ditch techniques / Md. H. R. Khan, S. M. Kabir, Md. M. A. Bhuiyan, H. P. Blume, Y. Oki, T. Adachi // *Soil Science and Plant Nutrition*. – 2008. – Vol. 54, No. 4. – P. 574–586. – DOI 10.1111/j.1747-0765.2008.00263.x
109. Kok, Y. J. Brewing with malted barley or raw barley: what makes the difference in the processes? / Y. J. Kok, D. S. W. Ow, X. Bi [et al.] // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2019. – Vol. 103, No. 3. – P. 1059-1067. – DOI 10.1007/s00253-018-9537-9. – EDN OGSQEW.
110. Künstler, A. The Versatile Roles of Sulfur-Containing Biomolecules in Plant Defense—A Road to Disease Resistance / A. Künstler, G. Gullner, A. L. Ádám [et al.] // *Plants*. – 2020. – Vol. 9, No. 12. – P. 1705. – DOI 10.3390/plants9121705. – EDN KIZSPR.
111. Langridge, P. Meeting the Challenges Facing Wheat Production: The Strategic Research Agenda of the Global Wheat Initiative / P. Langridge, M. Alaux, N. F. Almeida [et al.] // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12, No. 11. – P. 2767. – DOI 10.3390/agronomy12112767. – EDN IUWKWA.

112. Leslie, J. F. The Fusarium Laboratory Manual / J. F. Leslie, B. A. Summerell // The Fusarium Laboratory Manual, 2007. – P. 1-388. – DOI 10.1002/9780470278376. – EDN SRFUQN.
113. Lichiheb, N. Measuring Leaf Penetration and Volatilization of Chlorothalonil and Epoxiconazole Applied on Wheat Leaves in a Laboratory-Scale Experiment / N. Lichiheb, C. Bedos, E. Personne, P. Benoit, V. Bergheaud et al., et al. // *Journal of environmental quality*. –2015. – Vol. 44, No. 6.– P. 1782–1790. – DOI 10.2134/jeq2015.03.0165
114. Maidana-Ojeda, M. First Report of Zymoseptoria tritici Causing Septoria tritici Blotch in Wheat in Paraguay / M. Maidana-Ojeda, M. A. Fernández-Gamarra, G. A. Enciso-Maldonado [et al.] // *Plant Disease*. – 2023. – DOI 10.1094/pdis-06-23-1150-pdn. – EDN AKKRLW.
115. Maillard, A. Non-Specific Root Transport of Nutrient Gives Access to an Early Nutritional Indicator: The Case of Sulfate and Molybdate / A. Maillard, E. Sorin, P. Etienne, S. Diquélou, A. Koprivova, S. Kopriva, et al. // *PLoS ONE*. – 2016. –Vol. 11, No. 11. – P. e0166910. – DOI: 10.1371/journal.pone.0166910
116. Maria, I. Unleashing the synergistic effect of promising fungicides: a breakthrough solution for combating powdery mildew in pea plants / Maria, I. Naz, R. Khan [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2024. – Vol. 15. – DOI 10.3389/fmicb.2024.1448033. – EDN CUIJYQ.
117. Mehrabi, Z. The cost of heat waves and droughts for global crop production / Z. Mehrabi, N. Ramankutty // *bioRxiv*. –2017.– P. 188151. – DOI 10.1101/188151
118. Mottaleb, Kh. A. Potential impacts of Ukraine-Russia armed conflict on global wheat food security: A quantitative exploration / Kh. A. Mottaleb, G. Kruseman, S. Snapp // *Global Food Security*. – 2022. – Vol. 35. – P. 100659. – DOI 10.1016/j.gfs.2022.100659. – EDN NQENSE.
119. Muria-Gonzalez, M. J. Profile of the in vitro secretome of the barley net blotch fungus *Pyrenophora teres f. teres* / M. J. Muria-Gonzalez, K. G. Zulak, E. Allegaert, R. P.

Oliver, S. R. Ellwood // *Physiol. Mol. Plant Pathol.* – 2020. – Vol. 109. – P. 101451. – DOI 10.1016/j.pmpp.2019.101451.

120. Musaev F. Economic justification for applying instrumental methods of seed quality control / F. Musaev, V. Pivovarov, S. Beleskyi // IOP Conference Series: Earth and Environment Science. – 2019. – Vol. 395. – No. 1. – P. 012083. – DOI: 10.3390/plants12051022.

121. OCDE/FAO (2023), « OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2022) », OECD Agriculture Statistics (base de données), <https://doi.org/10.1787/13d66b76-en>

122. Pasquali, M. Searching molecular determinants of sensitivity differences towards four demethylase inhibitors in *Fusarium graminearum* field strains / M. Pasquali, M. Pallez-Barthel, M. Beyer // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. – 2020. – Vol. 164. – P. 209-220. – DOI 10.1016/j.pestbp.2020.02.006. – EDN FPGHCN.

123. Peterson RF, Campbell AB, Hannah AE (1948) A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Can J Res Sect C* 26: 496-500.

124. Poole, N. F. The role of fungicides for effective disease management in cereal crops/ N. F. Poole, M. E. Arnaudin // *Canadian Journal of Plant Pathology*. – 2014. – Vol. 36(1). – P. 1–11. DOI 10.1080/07060661.2013.870230

125. Poudel, B. Investigating hybridisation between the forms of *Pyrenophora teres* based on Australian barley field experiments and cultural collections / B. Poudel, M. W. Sutherland, A. Martin [et al.] // *European Journal of Plant Pathology*. – 2019. – Vol. 153, No. 2. – P. 465-473. – DOI 10.1007/s10658-018-1574-9. – EDN JMMKPG.

126. Prystupa, P. Sulfur fertilization of barley crops improves malt extract and fermentability / P. Prystupa, A. Peton, E. Pagano, & F. G. Gutierrez-Boem // *Journal of Cereal Science*. – 2019. – Vol. 85. – P. 228–235. – DOI 10.1016/j.jcs.2018.12.014

127. Raffan, S. The Sulphur Response in Wheat Grain and Its Implications for Acrylamide Formation and Food Safety / S. Raffan, J. Oddy, N. G. Halford // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2020. – Vol. 21, No. 11. – P. 3876. – DOI 10.3390/ijms21113876. – EDN LAEODM.

128. Rahman, M. A. Importance of Mineral Nutrition for Mitigating Aluminum Toxicity in Plants on Acidic Soils: Current Status and Opportunities / M. A. Rahman, S. H. Lee, H. C. Ji, A. H. Kabir, C. S. Jones, K. W. Lee // *International journal of molecular sciences*. – 2018. – Vol. 19, No. 10. – P. 3073. – DOI 10.3390/ijms19103073
129. Rau, D. Isolation and characterization of the mating-type locus of the barley pathogen *Pyrenophora teres* and frequencies of mating-type idiomorphs within and among fungal populations collected from barley landraces / D. Rau, F. J. Maier, R. Papa, A. H. Brown, V. Balmas et al. // *Genome*. – 2005. – Vol. 48, No. 5. – P. 855-869. – DOI 10.1139/g05-046046
130. Romero, C. C. T. Mapping resistance to powdery mildew in barley reveals a large-effect nonhost resistance QTL / C. C. T. Romero, Ja. P. Vermeulen, A. Vels [et al.] // *Theoretical and Applied Genetics TAG*. – 2018. – Vol. 131, No. 5. – P. 1031-1045. – DOI 10.1007/s00122-018-3055-0. – EDN SQXKXU.
131. Savary, S. The global burden of pathogens and pests on major food crops / S. Savary, L. Willocquet, S. J. Pethybridge, P. Esker, N. McRoberts, A. Nelson // *Nature ecology & evolution*. – 2019. – Vol. 3, No.3. – P. 430–439. – DOI DOI 10.1038/s41559-018-0793-y
132. Schnurbusch, T. Wheat and barley biology: Towards new frontiers / T. Schnurbusch // *Journal of Integrative Plant Biology*. – 2019. – Vol. 61, No. 3. – P. 198-203. – DOI 10.1111/jipb.12782. – EDN XAKEDH.
133. Senanayake, I. C. Morphological approaches in studying fungi: collection, examination, isolation, sporulation and preservation / I. C., Senanayake, A. R., Rathnayaka, D. S., Marasinghe, M. S., Calabon, E., Gentekaki [et al.] // *129 Mycosphere*. – 2020. – Vol. 11, No. 1. – P. 2678-2754. – DOI 10.5943/MYCOSPHERE/11/1/20. – EDN SNMHZY.
134. Sharma, R. K. Revisiting the role of sulfur in crop production: A narrative review / R. K. Sharma, M. S. Cox, C. Oglesby, Ja. S. Dhillon // *Journal of Agriculture and Food Research*. – 2024. – Vol. 15. – P. 101013. – DOI 10.1016/j.jafr.2024.101013. – EDN FYGPXW.

135. Shewry, P. R., Hey, S. J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health / P. R. Shewry, S. J. Hey // *Food and energy security*. – 2015. – Vol. 4, No. 3. – P., 178–202. – DOI 10.1002/fes3.64
136. Shewry, P. Wheat grain proteins: Past, present, and future / P. Shewry // *Cereal Chemistry*. – 2023. – Vol. 100, No. 1. – P. 9-22. – DOI 10.1002/cche.10585. – EDN WOKEAM.
137. Shiferaw, B. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security / B. Shiferaw, G. Muricho, M. Smale [et al.] // *Food Security*. – 2013. – Vol. 5, No. 3. – P. 291-317. – DOI 10.1007/s12571-013-0263-y. – EDN YEEGUB.
138. Shukla, A. K. Deficiency of phyto-available sulphur, zinc, boron, iron, copper and manganese in soils of India / A. K. Shukla, S. K. Behera, Ch. Prakash [et al.] // *Scientific Reports*. – 2021. – Vol. 11, No. 1. – P. 1-13. – DOI 10.1038/s41598-021-99040-2. – EDN ETPOGW.
139. Skendžić, S. The impact of climate change on agricultural insect pests / S. Skendžić, I. P. Živković, D. Lemić [et al.] // *Insects*. – 2021. – Vol. 12, No. 5. – DOI 10.3390/insects12050440. – EDN DSSBFW.
140. Stakheev, A.A.; Khairulina, D.R.; Zavriev, S.K. Four-locus phylogeny of *Fusarium avenaceum* and related species and their species-specific identification based on partial phosphate permease gene sequences. *Int. J. Food Microbiol.* 2016, 225, 27–37.
141. Tabak, M. The Effect of Amending Soil with Waste Elemental Sulfur on the Availability of Selected Macroelements and Heavy Metals / M. Tabak, A. Lisowska, B. Filipek-Mazur, Ja. Antonkiewicz // *Processes*. – 2020. – Vol. 8, No. 10. – P. 1245. – DOI 10.3390/pr8101245. – EDN LTSXQV.
142. Tricase, C. Economic analysis of the barley market and related uses / C. Tricase, V. Amicarelli, E. Lamonaca, & R. L. Rana // *Grasses as food and feed*. – 2018. – Vol. 10. – P. 25-46. DOI 10.5772/intechopen.78967
143. Tucker, M. Origin of Fungicide-Resistant Barley Powdery Mildew in Western Australia: Lessons to Be Learned. / M. Tucker, F. Lopez-Ruiz, K. Jayasena, and R. Oliver

// In: Ishii, H., Hollomon, D. (eds) Fungicide Resistance in Plant Pathogens. Springer, Tokyo. – 2015. – P. 329–340. – DOI 10.1007/978-4-431-55642-8\_20

144. Tuxtaev, Sh. X. Sulfur in nature and its impact on spiders / Sh. X. Tuxtaev, M. F. Xayrulloev, M. Ochilova // E3S Web of Conferences : Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 апреля 2023 года. Vol. 389. – Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. – P. 02009. – DOI 10.1051/e3sconf/202338902009. – EDN ARLYJR.

145. Veliz, C. G. Regulation of senescence-associated protease genes by sulphur availability according to barley (*Hordeum vulgare* L.) phenological stage/ C. G. Veliz, M. V. Criado, M. F. Galotta, I. N. Roberts, C. Caputo//*Annals of botany*. –2020. –Vol. 126, No. 3. –P. 435–444. – DOI 10.1093/aob/mcaa071

146. Veliz, C. G. Sulphur deficiency inhibits nitrogen assimilation and recycling in barley plants / C. G. Veliz, I. N. Roberts, M. V. Criado, C. Caputo // *Biologia Plantarum*. – 2017. – Vol. 61, No. 4. – P. 675-684. – DOI 10.1007/s10535-017-0722-y. – EDN YEHDPC.

147. Verstegen, H. The world importance of barley and challenges to further improvements / H. Verstegen, O. Köneke, V. Korzun, R. Von Broock // *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. – 2014. – Vol. 69. – P. 3-19. – DOI 10.1007/978-3-662-44406-1\_1. – EDN YDNKGL.

148. Vicentini, S. N. C. Efflux Pumps and Multidrug-Resistance in *Pyricularia oryzae* Triticum Lineage / S. N. C. Vicentini, S. I. Moreira, A. G. Da Silva [et al.] // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12, No. 9. – P. 2068. – DOI 10.3390/agronomy12092068. – EDN KXYMBB.

149. Visionsi, A. Genome Wide Association Mapping of Spot Blotch Resistance at Seedling and Adult Plant Stages in Barley / A. Visionsi, S. Rehman, S. Gyawali [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. – 2020. – Vol. 11, No. FEB. – P. 642. – DOI 10.3389/fpls.2020.00642. – EDN XLMGQD.

150. Wang, B. X. Impacts of climate change on crop production, pests and pathogens of wheat and rice / B. X. Wang, A. R. Hof, Ch. S. Ma // *Frontiers of Agricultural*

Science and Engineering. – 2022. – Vol. 9, No. 1. – P. 4. – DOI 10.15302/j-fase-2021432. – EDN BDZMVZ.

151. Wang, T. Elemental Sulfur Inhibits Yeast Growth via Producing Toxic Sulfide and Causing Disulfide Stress / T. Wang, Yu. Yang, M. Liu [et al.] // *Antioxidants*. – 2022. – Vol. 11, No. 3. – P. 576. – DOI 10.3390/antiox11030576. – EDN IRJGJK.

152. Weiergang, I. Correlation between sensitivity of barley to *Pyrenophora teres* toxins and susceptibility to the fungus / I. Weiergang, H. J. Lyngs Jorgensen, I. M. Moller [et al.] // *Physiological and Molecular Plant Pathology*. – 2002. – Vol. 60, No. 3. – P. 121-129. – DOI 10.1006/pmpp.2002.0384. – EDN BCWVGR.

153. White, T. J., T. Bruns, S. Lee, and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics, p. 315-322. **In** M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninsky, and T. J. White (ed.), *PCR protocols: a guide to methods and applications*. Academic Press, San Diego, Calif.

154. Yao, Y. Hydrogen sulphide alleviates Fusarium Head Blight in wheat seedlings / Yu. Yao, W. Kan, P. Su [et al.] // *PeerJ*. – 2022. – Vol. 10. – P. e13078. – DOI 10.7717/peerj.13078. – EDN ZSCYXE.

155. Yu, Z. Impact and mechanism of sulphur-deficiency on modern wheat farming nitrogen-related sustainability and gliadin content / Z. Yu, M. She, T. Zheng [et al.] // *Communications Biology*. – 2021. – Vol. 4, No. 1. – DOI 10.1038/s42003-021-02458-7. – EDN MHTIUU.

156. Zadoks, J. C. Epidemiology and plant disease management / J. C. Zadoks, R. D. Schein // *Epidemiology and plant disease managemen*. – 1979.

157. Zhang, L. Race and Virulence Analysis of *Puccinia triticina* in China During 2011 to 2013 / L. Zhang, Yu. Xiao, Y. Gao [et al.] // *Plant Disease*. – 2020. – Vol. 104, No. 8. – P. 2095-2101. – DOI 10.1094/pdis-01-20-0047-re. – EDN NMBTFI.

158. Zhao, J. Fighting wheat rusts in China: a look back and into the future / J. Zhao, Zh. Kang // *Phytopathology Research*. – 2023. – Vol. 5, No. 1. – P. 6. – DOI 10.1186/s42483-023-00159-z. – EDN UBGHAK.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### А. 1 Метеорологические условия 2022 г. (Метеостанция Немчиновка)

| Месяц  | Декада | Температура<br>°C |       | Осадки,<br>мм |       | Средняя<br>месяц |   | Осадки,<br>сумма,мм |   |
|--------|--------|-------------------|-------|---------------|-------|------------------|---|---------------------|---|
|        |        | ср.мн             | факт. | ср.мн         | факт. | м.т°C            | ф | м.мм                | ф |
| Март   | 1      | -4,4              | -3,5  | 7,4           | 4,8   | -2,1 - -1,1      |   | 25,6 – 17,0         |   |
|        | 2      | -2,4              | -1,3  | 9,7           | 0,0   |                  |   |                     |   |
|        | 3      | 0,4               | 1,3   | 8,5           | 12,2  |                  |   |                     |   |
| Апрель | 1      | 3,6               | 2,8   | 11,1          | 29,1  | 5,9 – 5,6        |   | 35,4 – 63,0         |   |
|        | 2      | 5,6               | 5,6   | 14,7          | 19,9  |                  |   |                     |   |
|        | 3      | 8,6               | 8,2   | 9,6           | 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   | 17,0 – 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   |                  |   |                     |   |

## А. 2 Метеорологические условия 2023 г. (Метеостанция Немчиновка)

| Месяц  | Декада | Температура<br>°С |       | Осадки,<br>мм |       | Средняя<br>месяц |   | Осадки,<br>сумма,мм |   |
|--------|--------|-------------------|-------|---------------|-------|------------------|---|---------------------|---|
|        |        | ср.мн             | факт. | ср.мн         | факт. | м.т°С            | ф | м.мм                | ф |
| Март   | 1      | -4,4              | -2,7  | 7,4           | 9,6   | -2,1 – 1,3       |   | 25,6 – 60,6         |   |
|        | 2      | -2,4              | 0,6   | 9,7           | 25,2  |                  |   |                     |   |
|        | 3      | 0,4               | 5,6   | 8,5           | 25,8  |                  |   |                     |   |
| Апрель | 1      | 3,6               | 8,0   | 11,1          | 5,6   | 5,9 – 9,7        |   | 35,4 – 29,6         |   |
|        | 2      | 5,6               | 9,7   | 14,7          | 0,2   |                  |   |                     |   |
|        | 3      | 8,6               | 11,5  | 9,6           | 23,8  |                  |   |                     |   |
| Май    | 1      | 11,1              | 7,5   | 14,7          | 3,8   | 12,6 – 12,7      |   | 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  | 17,0 – 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 – 151,2        |   |
|        | 2      | 18,3              | 16,5  | 27,2          | 71,8  |                  |   |                     |   |
|        | 3      | 18,3              | 18,3  | 28,8          | 77,3  |                  |   |                     |   |
| Август | 1      | 18,2              | 22,9  | 27,4          | 0,1   | 16,3 – 19,7      |   | 79,2 – 62,9         |   |
|        | 2      | 15,9              | 20,7  | 26,1          | 58,6  |                  |   |                     |   |
|        | 3      | 14,8              | 15,8  | 25,7          | 4,2   |                  |   |                     |   |

## А. 3 Метеорологические условия 2024г. (Метеостанция Немчиновка)

| Месяц  | Декада | Температура, °С |       | Осадки, мм |       | Среднее по месяцу |       |        |       |
|--------|--------|-----------------|-------|------------|-------|-------------------|-------|--------|-------|
|        |        | t °С            |       |            |       |                   |       | осадки |       |
|        |        | ср.мн.          | факт. | ср.мн.     | факт. | ср.мн.            | факт. | ср.мн. | факт. |
| Март   | 1      | - 4,4           | - 2,3 | 7,4        | 0,4   | -2,1              | 0,8   | 25,8   | 8,1   |
|        | 2      | - 2,4           | 0,4   | 9,9        | 0,4   |                   |       |        |       |
|        | 3      | 0,4             | 4,2   | 8,5        | 7,3   |                   |       |        |       |
| Апрель | 1      | 3,6             | 9,6   | 11,1       | 4,9   | 5,9               | 10,1  | 26,9   | 49,9  |
|        | 2      | 5,6             | 8,7   | 8,8        | 33,0  |                   |       |        |       |
|        | 3      | 8,6             | 12,0  | 7,0        | 12,0  |                   |       |        |       |
| Май    | 1      | 11,1            | 6,5   | 14,7       | 22,0  | 12,6              | 12,2  | 52,4   | 29,4  |
|        | 2      | 12,5            | 10,8  | 18,0       | 7,4   |                   |       |        |       |
|        | 3      | 14,2            | 18,6  | 19,7       | 0,0   |                   |       |        |       |
| Июнь   | 1      | 16,3            | 19,4  | 23,0       | 8,9   | 16,9              | 19,6  | 75,9   | 131,3 |
|        | 2      | 16,7            | 19,5  | 23,1       | 121,4 |                   |       |        |       |
|        | 3      | 17,6            | 19,8  | 29,8       | 1,0   |                   |       |        |       |
| Июль   | 1      | 17,8            | 23,3  | 29,8       | 7,6   | 18,1              | 21,9  | 85,8   | 59,7  |
|        | 2      | 18,3            | 23,2  | 27,2       | 23,6  |                   |       |        |       |
|        | 3      | 18,3            | 19,4  | 28,8       | 28,5  |                   |       |        |       |
| Август | 1      | 18,2            | 17,9  | 27,4       | 28,1  | 16,3              | 18,6  | 79,2   | 51,8  |
|        | 2      | 15,9            | 17,8  | 26,1       | 23,0  |                   |       |        |       |
|        | 3      | 14,8            | 20,1  | 25,7       | 0,7   |                   |       |        |       |

## Приложение Б

Б. 1 Влияние защитных мероприятий на продуктивную кустистость шт./м<sup>2</sup> яровой пшеницы в 2022-2024 гг.

| Сорт                                        |                 | Беляна  |         |         |         | Радмира |         |         |         |
|---------------------------------------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Год                                         | Норма расхода   | 2022    | 2023    | 2024    | Средняя | 2022    | 2023    | 2024    | Средняя |
| Контроль без обработки                      | -               | 446     | 420     | 319     | 395     | 474     | 460     | 451     | 462     |
| Альто Супер, КЭ                             | 0,5л/га         | 598     | 490     | 334     | 474     | 620     | 600     | 506     | 575     |
| Колосаль Про, КМЭ                           | 0,4л/га         | 590     | 448     | 324     | 454     | 646     | 620     | 445     | 570     |
| Капелла, МЭ                                 | 1л/га           | 580     | 406     | 393     | 460     | 653     | 634     | 502     | 596     |
| Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га + 3л/га | 576     | 419     | 335     | 443     | 718     | 682     | 445     | 615     |
| Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га + 3л/га | 580     | 440     | 357     | 459     | 646     | 628     | 491     | 588     |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га + 3л/га | 544     | 556     | 345     | 482     | 512     | 508     | 498     | 506     |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 27,2**  | 1,8***  | 23,6**  | 23,6**  | 27,2**  | 1,8***  | 23,6**  | 23,6**  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 11,6*** | 10,9*** | 18,4*** | 18,4*** | 11,6*** | 10,9*** | 18,4*** | 18,4*** |
| НСР <sub>05</sub> (год)                     |                 | -       | -       | 9,8***  | 9,8***  | -       | -       | 9,8***  | 9,8***  |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)            |                 | 0,4     | 0,0     | 0,6     | 0,4     | 0,4     | 0,0     | 0,6     | 0,4     |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)        |                 | 0,8     | 0,9     | 0,4     | 1,5     | 0,8     | 0,9     | 0,4     | 1,5     |

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

**Б. 2 Влияние защитных мероприятий на количество зерен шт./колос яровой  
пшеницы в 2022-2024 гг.**

| Сорт                                           |                    | Беяна  |        |        |         | Радмира |        |        |         |
|------------------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|
| Вариант                                        | Норма расхода      | 2022   | 2023   | 2024   | Средняя | 2022    | 2023   | 2024   | Средняя |
| Контроль без обработки                         | -                  | 20     | 32     | 31     | 28      | 37      | 35     | 23     | 32      |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 26     | 33     | 33     | 31      | 38      | 39     | 27     | 35      |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 23     | 44     | 32     | 33      | 39      | 39     | 28     | 35      |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 25     | 37     | 31     | 31      | 44      | 39     | 27     | 37      |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га | 26     | 34     | 35     | 32      | 42      | 42     | 28     | 37      |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 26     | 34     | 34     | 31      | 40      | 41     | 26     | 36      |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 26     | 34     | 35     | 31      | 38      | 44     | 27     | 36      |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 1,1*** | 1,1*** | 0,9*** | 0,4***  | 1,1***  | 1,1*** | 0,9*** | 0,4***  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 1,5*** | 1,7*** | 1,5*** | 0,5***  | 1,5***  | 1,7*** | 1,5*** | 0,5***  |
| НСР <sub>05</sub> (год)                        |                    | -      | -      | -      | 0,3***  |         |        |        | 0,3***  |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                    | 8,3    | 7,2    | 7,3    | 4,2     | 8,3     | 7,2    | 7,3    | 4,2     |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 12,3   | 11,6   | 13,1   | 5,7     | 12,3    | 11,6   | 13,1   | 5,7     |

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

Б. 3 Влияние защитных мероприятий на массу зерен (г) с колоса у два сорта яровой пшеницы в 2022-2024 гг.

| Сорт                                           |                    | Беляна      |                    |            |         | Радмира |                        |            |         |
|------------------------------------------------|--------------------|-------------|--------------------|------------|---------|---------|------------------------|------------|---------|
| Варианты                                       | Норма расхода      | 2022        | 2023               | 2024       | Средняя | 2022    | 2023                   | 2024       | Средняя |
| Контроль без обработки                         | -                  | 0,83        | 1,38               | 1,02       | 1,08    | 1,32    | 1,32                   | 0,66       | 1,10    |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 0,95        | 1,42               | 1,15       | 1,17    | 1,38    | 1,43                   | 1,00       | 1,27    |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 0,94        | 1,7                | 1,18       | 1,27    | 1,58    | 1,59                   | 1,09       | 1,42    |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 1,05        | 1,72               | 1,21       | 1,33    | 1,70    | 1,70                   | 1,00       | 1,47    |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га | 1,1         | 1,51               | 1,18       | 1,26    | 1,64    | 1,64                   | 0,95       | 1,41    |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га<br>+ 3л/га | 1,11        | 1,54               | 1,22       | 1,29    | 1,48    | 1,49                   | 1,10       | 1,36    |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га<br>+ 3л/га | 1,14        | 1,58               | 1,24       | 1,32    | 1,42    | 1,43                   | 1,04       | 1,30    |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,05**<br>* | 0,05 <sup>НЗ</sup> | 0,9**<br>* | 0,02**  | 0,05*** | 0,05 <sup>Н</sup><br>3 | 0,9**<br>* | 0,02**  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,07**<br>* | 0,08**<br>*        | 1,5**<br>* | 0,03*** | 0,07*** | 0,08**<br>*            | 1,5**<br>* | 0,03*** |
| НСР <sub>05</sub> (год)                        |                    | -           | -                  | -          | 0,01*** | -       | -                      | -          | 0,01*** |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)            |                    | 10,7        | 8,9                | 7,3        | 6,9     | 10,7    | 8,9                    | 7,3        | 6,9     |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 14,7        | 14,0               | 13,1       | 9,9     | 14,7    | 14,0                   | 13,1       | 9,9     |

Примечание: НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$ , \*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

## Б. 4 Влияние препаратов на массу 1000 зёрен (г) яровой пшеницы в 2022-2024 гг.

|                                                | Норма расхода      | Беяна  |        |        |         | Радмира |        |        |         |
|------------------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|
|                                                |                    | 2022   | 2023   | 2024   | Средняя | 2022    | 2023   | 2024   | Средняя |
| Контроль без обработки                         | -                  | 39,8   | 40,4   | 31,0   | 37,1    | 36,1    | 36,0   | 29,6   | 33,9    |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 40,2   | 42,2   | 33,3   | 38,6    | 37,4    | 36,6   | 31,5   | 35,2    |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 41,2   | 42,1   | 32,0   | 38,5    | 37,3    | 36,8   | 32,9   | 35,7    |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 40,7   | 46,5   | 31,0   | 39,4    | 38,9    | 40,7   | 31,3   | 37,0    |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га | 40,8   | 45,4   | 35,5   | 40,6    | 36,7    | 37,6   | 31,8   | 35,4    |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 40,3   | 43,9   | 34,0   | 39,4    | 38,7    | 39,3   | 33,1   | 37,0    |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 41,1   | 46,9   | 35,1   | 41,0    | 40,7    | 41,3   | 31,9   | 38,0    |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,3*** | 0,2*** | 0,1*** | 0,2***  | 0,3***  | 0,2*** | 0,1*** | 0,2***  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,3*** | 0,1*** | 0,2*** | 0,1***  | 0,3***  | 0,1*** | 0,2*** | 0,1***  |
| НСР <sub>05</sub> (год)                        |                    | -      | -      | -      | 0,1***  | -       | -      | -      | 0,1***  |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)            |                    | 0,2    | 0,1    | 0,1    | 0,1     | 0,2     | 0,1    | 0,1    | 0,1     |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 0,4    | 0,2    | 0,4    | 0,1     | 0,4     | 0,2    | 0,4    | 0,1     |

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

**Б. 5 Влияние защитных мероприятий на качественные показатели зерна яровой пшеницы (за 2022-2024 гг.)**

|                |                         | Контрль<br>без<br>обработки | Альто<br>Супер,<br>КЭ | Колосаль<br>Про,<br>КМЭ | Капелла,<br>МЭ | Альто<br>Супер, КЭ<br>+<br>Ультрамаг<br>СуперСера-<br>900 | Колосаль<br>Про, КМЭ<br>+<br>Ультрамаг<br>Супер<br>Сера-900 | Капелла,<br>МЭ +<br>Ультрамаг<br>СуперСера-<br>90 |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Беляна</b>  |                         |                             |                       |                         |                |                                                           |                                                             |                                                   |
| 2022           | Белок (N 5,7),<br>% с.в | 11,9                        | 12,6                  | 13,0                    | 12,1           | 12,7                                                      | 13,4                                                        | 12,0                                              |
|                | Клейковина,%<br>с.в.    | 21,3                        | 23,8                  | 24,4                    | 21,7           | 24,9                                                      | 25,1                                                        | 22,3                                              |
| 2023           | Белок (N 5,7),<br>% с.в | 13,8                        | 14,0                  | 14,3                    | 13,9           | 14,2                                                      | 14,6                                                        | 14,1                                              |
|                | Клейковина,%<br>с.в.    | 25,1                        | 25,8                  | 26,2                    | 25,8           | 26,1                                                      | 26,4                                                        | 26,0                                              |
| 2024           | Белок (N 5,7),<br>% с.в | 13,5                        | 14,2                  | 14,6                    | 14,5           | 14,8                                                      | 14,9                                                        | 14,7                                              |
|                | Клейковина,%<br>с.в.    | 19,9                        | 22,1                  | 22,8                    | 22,4           | 22,9                                                      | 23,1                                                        | 22,8                                              |
| <b>Радмира</b> |                         |                             |                       |                         |                |                                                           |                                                             |                                                   |
| 2022           | Белок (N 5,7),<br>% с.в | 12,1                        | 12,3                  | 13,5                    | 12,2           | 12,9                                                      | 13,2                                                        | 13,0                                              |
|                | Клейковина,%<br>с.в.    | 21,1                        | 22,2                  | 22,7                    | 22,4           | 22,8                                                      | 23,0                                                        | 22,9                                              |
| 2023           | Белок (N 5,7),<br>% с.в | 12,4                        | 12,9                  | 13,1                    | 13,3           | 13,0                                                      | 13,5                                                        | 13,7                                              |
|                | Клейковина,%<br>с.в.    | 24,2                        | 24,8                  | 25,0                    | 25,2           | 25,4                                                      | 25,8                                                        | 26,0                                              |
| 2024           | Белок (N 5,7),<br>% с.в | 12,5                        | 13,0                  | 12,9                    | 13,2           | 13,6                                                      | 13,2                                                        | 13,9                                              |
|                | Клейковина,%<br>с.в.    | 20,1                        | 21,9                  | 22,2                    | 22,0           | 22,6                                                      | 22,8                                                        | 22,4                                              |



## Приложение В

В. 1 Влияние защитных мероприятий на продуктивную кустистость (шт./м<sup>2</sup>) ярового  
ячменя

| Сорт                                              |                    | Надежный            |                    |                     |                    | Нур                 |                    |                     |                    |
|---------------------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|                                                   | Норма расхода      | 2022                | 2023               | 2024                | Средняя            | 2022                | 2023               | 2024                | Средняя            |
| Контроль без обработки                            | -                  | 638                 | 608                | 952                 | 733                | 704                 | 560                | 632                 | 632                |
| Альто Супер, КЭ                                   | 0,5л/га            | 734                 | 736                | 1005                | 825                | 904                 | 508                | 664                 | 692                |
| Колосаль Про, КМЭ                                 | 0,4л/га            | 650                 | 692                | 1001                | 781                | 668                 | 596                | 770                 | 678                |
| Капелла, МЭ                                       | 1л/га              | 744                 | 710                | 1047                | 834                | 724                 | 536                | 768                 | 676                |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг<br>СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 668                 | 614                | 971                 | 751                | 706                 | 676                | 812                 | 731                |
| Колосаль Про, КМЭ<br>+ Ультрамаг<br>СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 798                 | 720                | 1052                | 857                | 730                 | 620                | 722                 | 691                |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 814                 | 752                | 1093                | 886                | 696                 | 702                | 780                 | 726                |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                          |                    | 10,9 <sup>НЗ</sup>  | 3,6 <sup>**</sup>  | 30,9 <sup>**</sup>  | 6,7 <sup>**</sup>  | 10,9 <sup>НЗ</sup>  | 3,6 <sup>**</sup>  | 30,9 <sup>**</sup>  | 6,7 <sup>**</sup>  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                      |                    | 15,9 <sup>***</sup> | 9,2 <sup>***</sup> | 14,2 <sup>***</sup> | 6,7 <sup>***</sup> | 15,9 <sup>***</sup> | 9,2 <sup>***</sup> | 14,2 <sup>***</sup> | 6,7 <sup>***</sup> |
| НСР <sub>05</sub> (год)                           |                    | -                   | -                  | -                   | 3,1 <sup>***</sup> | -                   | -                  | -                   | 3,1 <sup>***</sup> |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)               |                    | 0,1                 | 0,0                | 0,3                 | 0,1                | 0,1                 | 0,0                | 0,3                 | 0,1                |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)           |                    | 0,9                 | 0,6                | 0,6                 | 0,4                | 0,9                 | 0,6                | 0,6                 | 0,4                |

Примечание: НЗ=Незначимо при  $p \geq 0,05$ , \*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$ ,  
\*\*\*=Значимо при  $p \leq 0,001$

## В. 2 Влияние защитных мероприятий на количество зерен с колос шт./ колос ярового ячменя в 2022-2024 гг.

| Сорт                                        |                 | Надежный |        |        |         | Нур    |        |        |         |
|---------------------------------------------|-----------------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
|                                             | Норма расхода   | 2022     | 2023   | 2024   | Средняя | 2022   | 2023   | 2024   | Средняя |
| Контроль без обработки                      | -               | 19       | 18     | 17     | 18      | 18     | 22     | 20     | 20      |
| Альто Супер, КЭ                             | 0,5л/га         | 20       | 19     | 17     | 19      | 21     | 22     | 21     | 21      |
| Колосаль Про, КМЭ                           | 0,4л/га         | 21       | 20     | 17     | 19      | 20     | 23     | 21     | 21      |
| Капелла, МЭ                                 | 1л/га           | 20       | 19     | 19     | 19      | 21     | 23     | 21     | 22      |
| Альто Супер, КЭ + Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га + 3л/га | 24       | 23     | 19     | 22      | 21     | 22     | 22     | 21      |
| Колосаль Про, КМЭ + Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+ 3л/га  | 21       | 21     | 18     | 20      | 20     | 24     | 21     | 21      |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+ 3л/га  | 20       | 20     | 18     | 19      | 20     | 23     | 23     | 22      |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                    |                 | 0,4**    | 0,3*** | 0,4*** | 0,1***  | 0,4**  | 0,3*** | 0,4*** | 0,1***  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                |                 | 0,6***   | 0,7*** | 0,7*** | 0,2***  | 0,6*** | 0,7*** | 0,7*** | 0,2***  |
| НСР <sub>05</sub> (год)                     |                 | -        | -      | -      | 0,1***  | -      | -      | -      | 0,1***  |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)            |                 | 5,2      | 3,6    | 5,3    | 3,3     | 5,2    | 3,6    | 5,3    | 3,3     |
| Коэффициент вариации, CV% (препарат)        |                 | 8,0      | 8,2    | 8,5    | 2,3     | 8,0    | 8,2    | 8,5    | 2,3     |

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

### В. 3 Эффективность препаратов в увеличении массы зерна (г) с колоса ярового ячменя

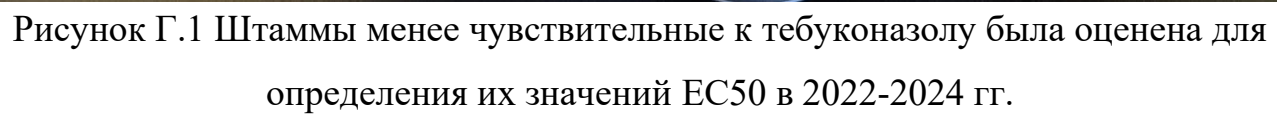
|                                                | Норма<br>расход<br>а | Надежный                 |                      |                      |                      | Нур                  |                      |                      |                      |
|------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                                |                      | 2022                     | 2023                 | 2024                 | Средняя              | 2022                 | 2023                 | 2024                 | Средняя              |
| Контроль без обработки                         | -                    | 0,99                     | 0,96                 | 0,79                 | 0,91                 | 0,96                 | 1,21                 | 0,95                 | 1,04                 |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га              | 1,06                     | 1,04                 | 0,84                 | 0,98                 | 1,10                 | 1,22                 | 0,97                 | 1,10                 |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га              | 1,06                     | 1,03                 | 0,83                 | 0,97                 | 1,02                 | 1,26                 | 0,96                 | 1,08                 |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га                | 1,05                     | 1,05                 | 0,86                 | 0,99                 | 1,08                 | 1,23                 | 1,03                 | 1,12                 |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га<br>+ 3л/га   | 1,34                     | 1,33                 | 0,85                 | 1,17                 | 1,14                 | 1,18                 | 0,99                 | 1,11                 |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га<br>+ 3л/га   | 1,08                     | 1,08                 | 0,84                 | 1,00                 | 1,05                 | 1,30                 | 0,99                 | 1,11                 |
| Капелла, МЭ + Ультрамаг<br>СуперСера-900       | 0,4л/га<br>+ 3л/га   | 0,97                     | 1,00                 | 0,82                 | 0,93                 | 1,00                 | 1,27                 | 1,11                 | 1,13                 |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                      | 0,03 <sup>1**</sup>      | 0,02 <sup>1***</sup> | 0,04 <sup>1***</sup> | 0,02 <sup>1***</sup> | 0,03 <sup>1**</sup>  | 0,02 <sup>1***</sup> | 0,04 <sup>1***</sup> | 0,02 <sup>1***</sup> |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                      | 0,04 <sup>1**</sup><br>* | 0,05 <sup>1***</sup> | 0,05 <sup>1**</sup>  | 0,03 <sup>1***</sup> | 0,04 <sup>1***</sup> | 0,05 <sup>1***</sup> | 0,05 <sup>1**</sup>  | 0,03 <sup>1***</sup> |
| НСР <sub>05</sub> (год)                        |                      | -                        | -                    | -                    | 0,02 <sup>1***</sup> | -                    | -                    | -                    | 0,02 <sup>1***</sup> |
| Коэффициент вариации, CV% (сорт)               |                      | 7,8                      | 5,2                  | 11,1                 | 4,0                  | 7,8                  | 5,2                  | 11,1                 | 4,0                  |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                      | 10,4                     | 11,1                 | 13,7                 | 7,6                  | 10,4                 | 11,1                 | 13,7                 | 7,6                  |

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

## В. 4 Влияние защитных мероприятий на массу 1000 зёрен (г) ярового ячменя

|                                                | Норма расхода      | Надежный |        |        |         | Нур    |        |        |         |
|------------------------------------------------|--------------------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
|                                                |                    | 2022     | 2023   | 2024   | Средняя | 2022   | 2023   | 2024   | Средняя |
| Контроль без обработки                         | -                  | 48,1     | 48,5   | 39,5   | 45,4    | 48,1   | 51,2   | 42     | 47,1    |
| Альто Супер, КЭ                                | 0,5л/га            | 50,3     | 51,1   | 40,6   | 47,3    | 49,6   | 52,3   | 44,9   | 48,9    |
| Колосаль Про, КМЭ                              | 0,4л/га            | 50,5     | 54,6   | 41,5   | 48,9    | 49,3   | 52,9   | 43,8   | 48,7    |
| Капелла, МЭ                                    | 1л/га              | 50,1     | 49,7   | 40,6   | 46,8    | 50,1   | 54,9   | 43,1   | 49,3    |
| Альто Супер, КЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900   | 0,5л/га +<br>3л/га | 50,6     | 49,3   | 41,6   | 47,2    | 49,5   | 53,5   | 45     | 49,3    |
| Колосаль Про, КМЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900 | 0,4л/га+<br>3л/га  | 56,2     | 56,2   | 39,9   | 50,8    | 50,3   | 53,5   | 44     | 49,3    |
| Капелла, МЭ +<br>Ультрамаг СуперСера-900       | 0,4л/га+<br>3л/га  | 52,6     | 52,5   | 41,3   | 48,8    | 50,3   | 55,3   | 44,1   | 49,9    |
| НСР <sub>05</sub> (сорт)                       |                    | 0,1***   | 0,2*** | 0,2*** | 0,1***  | 0,1*** | 0,2*** | 0,2*** | 0,1***  |
| НСР <sub>05</sub> (препарат)                   |                    | 0,2***   | 0,2*** | 0,2*** | 0,2***  | 0,2*** | 0,2*** | 0,2*** | 0,2***  |
| НСР <sub>05</sub> (год)                        |                    | -        | -      | -      | 0,1***  | -      | -      | -      | 0,1***  |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (сорт)            |                    | 0,1      | 0,1    | 0,1    | 0,0     | 0,1    | 0,1    | 0,1    | 0,0     |
| Коэффициент вариации,<br>CV% (препарат)        |                    | 0,2      | 0,2    | 0,2    | 0,0     | 0,2    | 0,2    | 0,2    | 0,0     |

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





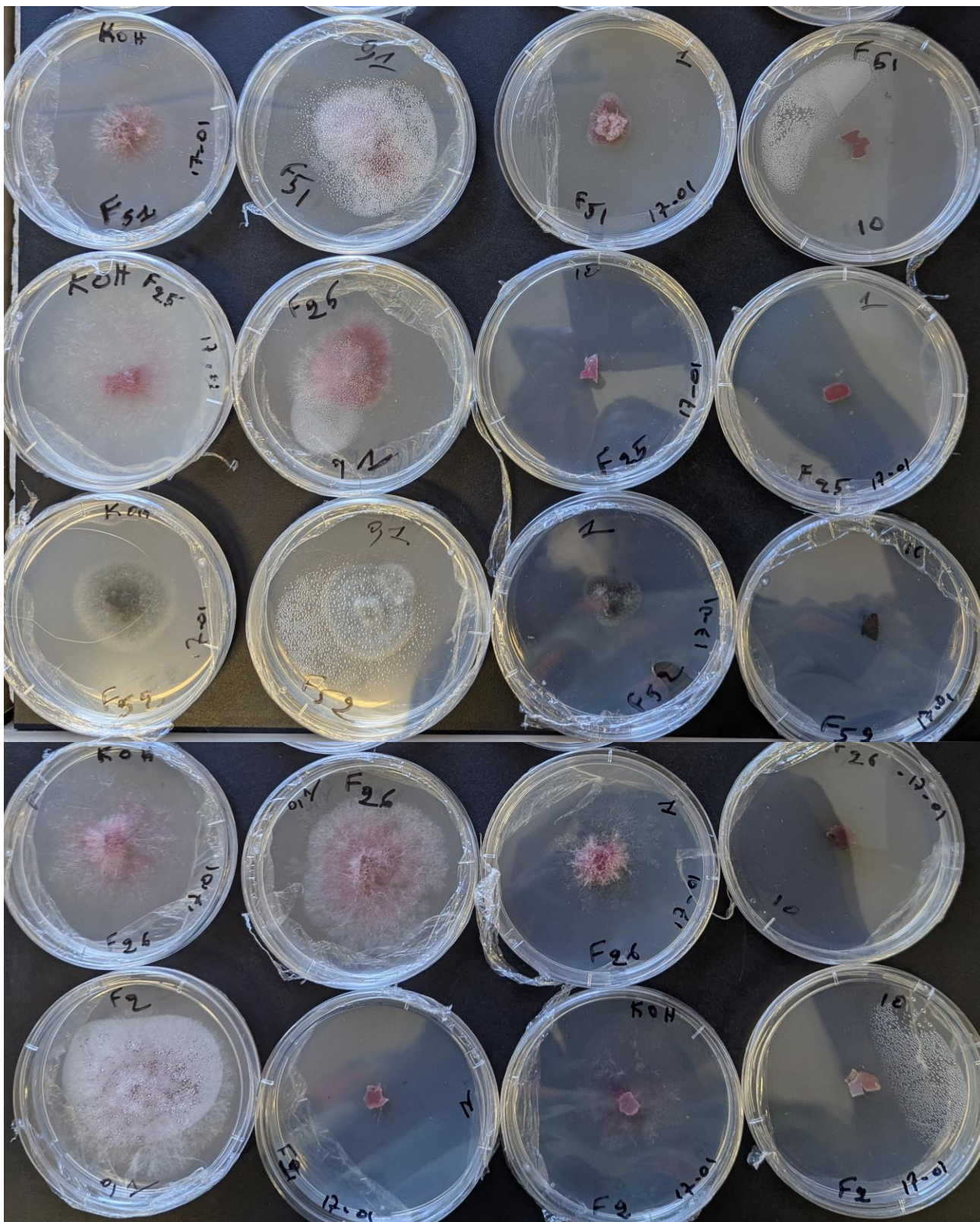


Рисунок Г. 2 Чувствительность штаммов к тебуконазолу была оценена для определения их значений  $EC_{50}$  в 2022-2024 гг.



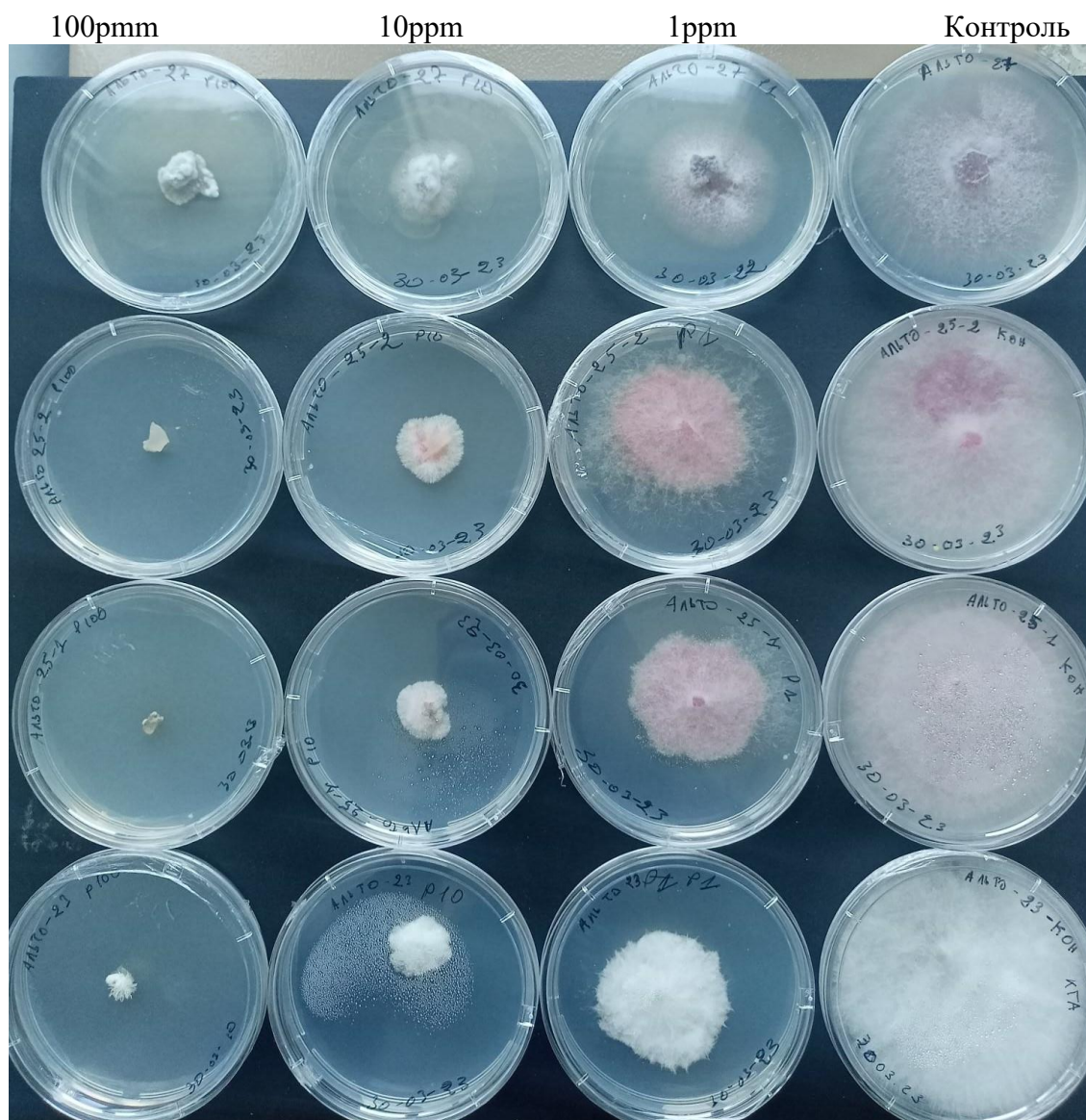


Рисунок Г. 3 Чувствительность штаммов к пропиконазолу была оценена для определения их значений  $EC_{50}$  в 2022-2024 гг.