

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКОЙ
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»
(ФГБНУ ФНЦБЗР)

На правах рукописи



ГВОЗДЕВА МАРИЯ СЕРГЕЕВНА

**Научное обоснование биологической защиты озимой пшеницы от основных
грибных болезней в центральной зоне Краснодарского края**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель: доктор биол.
наук, член-корр. РАН, заместитель
директора по развитию и
координации НИР, г.н.с. лаборатории
иммунитета растений к болезням
ФГБНУ ФНЦБЗР
Волкова Галина Владимировна

Краснодар - 2023 г.

Оглавление

Введение.....	4
Глава I. ПАТОКОМПЛЕКС ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ КУЛЬТУРЫ (обзор литературы).....	12
1.1 Основные грибные заболевания озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края.....	12
1.2 Биологический метод как элемент интегрированной системы защиты озимой пшеницы против фитопатогенов.....	21
1.3 Химическая защита озимой пшеницы и проблема формирования резистентности фитопатогенов к фунгицидам	31
1.3.1 Ассортимент химических фунгицидов для защиты озимой пшеницы от фитопатогенов	31
1.3.2 Формирование резистентности фитопатогенов к фунгицидам и пути решения проблемы	41
Глава II. МЕСТО, УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	48
2.1 Место и агроклиматические условия	48
2.2 Объекты и материалы исследований	51
2.3 Методы исследований	57
2.3.1 Оценка эффективности биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции и их влияние на развитие листовых заболеваний озимой пшеницы	57
2.3.2 Оценка эффективности биологических фунгицидов против болезней листьев и колоса озимой пшеницы	60
2.3.3 Влияние химических и биологических фунгицидов на изменение агрессивности и вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы	62
2.3.4 Разработка элементов биологической защиты озимой пшеницы на сортах, различающихся по устойчивости к основным грибным заболеваниям	64
Глава III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	67
3.1 Оценка эффективности биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции и их влияние на развитие листовых заболеваний озимой пшеницы.....	67

3.2 Оценка эффективности биологических фунгицидов против болезней листьев и колоса озимой пшеницы	79
3.3 Влияние фунгицидов на изменение агрессивности и вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы	89
3.3.1 Влияние биологических фунгицидов на изменение вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы	89
3.3.2 Влияние химических фунгицидов на изменение агрессивности и вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы .	94
3.4 Разработка элементов биологической защиты озимой пшеницы на сортах, различающихся по устойчивости к основным грибным заболеваниям	106
Заключение	122
Выводы	127
Предложение производству	129
Список литературы	130
ПРИЛОЖЕНИЯ	157
Приложение А. Сорта-дифференциаторы и близкоизогенные линии пшеницы сорта Thatcher, несущие гены устойчивости <i>Lr</i>	158
Приложение Б. Развитие и распространенность заболеваний озимой пшеницы в условиях полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР (2018 - 2021 гг.)	160
Приложение В. Расчет показателей СК ₅₀ и СК ₉₅ для фунгицида Колосаль, КЭ методом пробит-анализа (ПО Statgraphics 19)	167
Приложение Г. Расчет показателей СК ₅₀ и СК ₉₅ для фунгицида Абакус Ультра, СЭ методом пробит-анализа (ПО Statgraphics 19)	170
Приложение Д. Свидетельство о государственной регистрации базы данных «Биологическая защита озимой пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> L.) от экономически значимых болезней»	173
Приложение Е. Акт внедрения базы данных «Биологическая защита озимой пшеницы (<i>Triticum aestivum</i> L.) от экономически значимых болезней»	174

Введение

Краснодарский край является одним из ведущих регионов интенсивного растениеводства, ежегодная площадь посева пшеницы составляет более 1,5 млн. гектаров (Федеральная служба государственной статистики [сайт]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy). По данным Федеральной службы государственной статистики, средняя урожайность пшеницы на территории края за последние 4 года составила 47,7 ц/га, на территории РФ этот показатель равен 28,8 ц/га. В 2022 году валовой сбор зерна достиг 10563,5 тыс. тонн (на 4,9 % больше, чем в 2021 г.), а урожайность – 66,4 ц/га (на 10,7 % больше, чем в 2021 г.).

На территории Краснодарского края выделяют шесть основных агроклиматических зон возделывания сельскохозяйственных культур – северная, центральная, западная, южно-предгорная, анапо-таманская и черноморская (Коробка и др., 2015). Каждой из них присущи определенные почвенно-климатические условия, определяющие структуру посевных площадей. Центральная зона является одной из основных для производства зерна и характеризуется континентальным климатом и умеренным увлажнением. В почвенном покрове преобладают самые плодородные почвы края – черноземы типичные и выщелоченные сверхмощные, поэтому и урожай зерновых по отношению к средним краевым показателям на 13,4 % выше (Пашковская, 2010).

Одним из основных факторов снижения урожайности зерна озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края является интенсивный рост развития возбудителей заболеваний. Экономически значимыми для региона являются: прикорневые и корневые гнили (гибеллинозная - *Gibellina cerealis* Pass., фузариозная – *Fusarium spp.*, офиоболезная - *Ophiobolus graminis* Sacc., церкоспореллезная - *Pseudocercospora herpotrichoides* Fron.), мучнистая роса (*Blumeria (Erysiphe)*

graminis DC. f. sp. *tritici* Marchal), бурая (листовая) ржавчина (*Puccinia triticina* Eriks.), желтая ржавчина (*Puccinia striiformis* West.), стеблевая (линейная) ржавчина (*Puccinia graminis* Erikss.), септориоз пшеницы (*Septoria tritici* Rob.), желтая пятнистость листьев (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler), фузариоз колоса (*Fusarium* spp.), чернь колоса (комплекс фитопатогенных грибов: *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link, *Epicoccum purpurascens* Ehrenb., *Botrytis cinerea* Pers. и др.), пыльная головня (*Ustilago tritici* Jens.), твердая головня (*Tilletia* spp.) и др. (Андросова и др., 2018; Волкова и др., 2018; Говоров и др., 2020).

Потери от болезней могут достигать 30 %, а при развитии эпифитотии – до 50 % и более (Сокирко и др., 2014). Главным фактором сохранения урожая зерна является своевременное, оперативное и качественное применение средств защиты растений.

Актуальность темы. Возрастающие требования к снижению пестицидной нагрузки на агроэкоценоз определяют острую необходимость в проведении исследований в данном направлении. Считается, что более 98 % распыляемых пестицидов достигают места назначения, отличного от их целевых объектов, становясь причиной загрязнения воздуха, воды и почвы (Pérez-Lucas et al., 2019). Из-за длительного распада действующих веществ использование химических препаратов приводит к их накоплению в окружающей среде и растениях (Илларионов, 2014). Расширение объемов применения биологических фунгицидов позволит снизить негативные последствия на агроценоз и обеспечит получение безопасной сельскохозяйственной продукции. Поэтому проведенные нами исследования по научному обоснованию биологической защиты озимой пшеницы от основных грибных болезней в центральной зоне Краснодарского края соответствуют современным потребностям населения страны и являются высоко актуальными в сельскохозяйственном растениеводстве.

Степень разработанности темы. Озимая пшеница относится к наиболее ценным продовольственным культурам и распространена в большинстве стран мира, поэтому исследования, направленные на экологизацию защиты озимой пшеницы от комплекса экономически значимых заболеваний, проводятся во многих регионах. За рубежом этому вопросу уделено внимание большого количества исследователей. Ведется разработка биологического контроля пшеницы против корневой гнили фузариозной этиологии (Spagnoletti et al., 2021), желтой ржавчины (Reiss, Jorgensen, 2017), мучнистой росы (Xie et al., 2021), септориоза листьев (Samain et al., 2017).

На территории РФ детально эту проблему изучают в Воронежской области (Власова и др., 2018), Алтайском крае (Манылова и др., 2018), Саратовской области (Спиридонов и др., 2017), Орловской области (Зевакин, Резвякова, 2020) и др. В условиях Краснодарского края учеными также ведется изучение влияния применения биологических фунгицидов на развитие фитопатогенов озимой пшеницы (Жевнова и др., 2019; Асатурова и др., 2019, Пикушова и др., 2020). Применение экологически малоопасных препаратов позволяет снизить степень поражения растений пшеницы ризоктониозно-пиренофорозным комплексом заболеваний (Андросова, 2018). Высев сортосмесей позволяет сдерживать развитие ржавчинных болезней (Волкова и др., 2018; 2020; 2021).

Цель исследований. Научное обоснование биологической защиты озимой пшеницы от основных грибных болезней в центральной зоне Краснодарского края.

Задачи исследований:

1. Оценить эффективность биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции и их влияние на развитие листовых заболеваний озимой пшеницы.
2. Оценить эффективность биологических фунгицидов против болезней листьев и колоса озимой пшеницы.

3. Изучить влияние химических фунгицидов на изменение агрессивности и вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы.

4. Изучить влияние биологических фунгицидов на изменение вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы.

5. Разработать элементы биологической защиты озимой пшеницы от основных грибных болезней на сортах, различающихся по устойчивости, в условиях центральной зоне Краснодарского края.

Научная новизна. Разработаны элементы биологической защиты озимой пшеницы на сортах с различной степенью устойчивости к основным грибным болезням (устойчивый сорт Сварог, восприимчивый сорт Гром), основанные на предпосевной обработке семян фунгицидом Витаплан, СП (20 г/т), в фазу выхода в трубку – Витаплан, СП (40 г/га), в фазу начала цветения – Трихоцин, СП (40 г/га), в фазу молочной спелости – Псевдобактерин-2, Ж (1,0 л/га). Получены новые знания о влиянии биологических фунгицидов Бактофит, СП и Псевдобактерин – 2, Ж на вирулентность популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы. Определено влияние фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) и двухкомпонентного фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) на вирулентность и агрессивность популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы. Установлено снижение чувствительности северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы к фунгициду на основе тебуконазола 250 г/л (Колосаль, КЭ).

Теоретическая значимость. Установлено снижение вирулентности и агрессивности северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы под действием химического фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) и двухкомпонентного фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ). Выявлено снижение чувствительности патогена к фунгициду на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ). Установлено отсутствие влияния

биологических фунгицидов Бактофит, СП и Псевдобактерин – 2, Ж на вирулентность северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы. Полученные результаты важны для теоретического понимания внутривидовой структуры и изменчивости возбудителя бурой ржавчины пшеницы под влиянием фунгицидов.

Практическая значимость. Разработанные элементы биологической защиты озимой пшеницы от основных грибных болезней прошли апробацию в ООО «АгроМир Сидс» Краснодарского края и предложены для сельскохозяйственного производства, ориентированного на получение экологически безопасной продукции. Экспериментально доказано снижение чувствительности северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины к фунгициду на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ). Сельхозтоваропроизводителям, использующим препараты с таким действующим веществом, рекомендовано отдавать предпочтение комбинированным фунгицидам или чередовать однокомпонентные препараты с различным механизмом действия.

Методология и методы исследований. Исследования выполнены по общепринятым методикам, которые подробно изложены в разделе «Материалы и методы исследований» во второй главе диссертации.

Положения, выносимые на защиту:

1. Влияние фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) и двухкомпонентного фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) на изменение чувствительности и патогенности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы.

2. Влияние биологических фунгицидов на основе бактерии *Pseudomonas aureofaciens* штамм BS 1393 (Псевдобактерин – 2, Ж) и *Bacillus subtilis* штамм ИПМ 215 (Бактофит, СП) на изменение вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы.

3. Различная отзывчивость на применение биологических фунгицидов устойчивого (Сварог) и восприимчивого (Гром) к основным грибным болезням сортов озимой пшеницы.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность полученных результатов подтверждена трехлетними испытаниями, использованием статистических методов обработки данных, подтверждена их практическим применением. Основные результаты диссертационной работы были доложены на российских и международных научно – практических конференциях: IX Всероссийская конференция молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса», посвященная 75-летию В.М. Шевцова, 24 – 26 ноября 2015 г., г. Краснодар; X Всероссийская конференция молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса», посвященная 120-летию И. С. Косенко, 29-30 ноября 2016 г., г. Краснодар; X Международная научно-практическая конференция «Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем. Становление и перспективы развития органического земледелия в Российской Федерации», 11-14 сентября 2018 г., г. Краснодар; XII Международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса», 27 февраля – 1 марта 2019 г., г. Ростов-на-Дону; IX Международная научно-практическая конференция «Защита растений от вредных организмов», 17-21 июня 2019 г., г. Краснодар; Международная научно-практическая конференция с элементами школы молодых ученых «Научные приоритеты адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства», 3-5 июля 2019 г., г. Краснодар; VII Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в науке и образовании», 4 - 9 сентября 2019 г., п. Дивноморское, Геленджикский район; II Международная конференция молодых ученых «Наука и молодежь: фундаментальные и прикладные проблемы в области селекции и генетики сельскохозяйственных культур», 24-25 октября 2019 г., г. Зерноград;

Юбилейная международная научно-практическая конференция «Современные методы и проблемы селекции, семеноводства и технологии возделывания зерновых и кормовых культур», 26 - 27 ноября 2020 г., г. Зерноград; VI Международная научно-практическая онлайн - конференция «Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы», 25-26 ноября 2020 г., г. Майкоп; XIII Международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса», проводимая в рамках XXIII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш», 26 – 28 февраля 2020 г., г. Ростов-на-Дону; X международная научно-практическая конференция «Защита растений от вредных организмов», 21-25 июня 2021 г., г. Краснодар; XIV Международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса», 24-26 февраля 2021 г., г. Ростов-на-Дону; VI Международная научная конференция «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки», 4-8 октября 2021 г., Симферополь; XV Юбилейная международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса», 2-4 марта 2022 г., г. Ростов-на-Дону; Международная научно-практическая конференция «От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК», 24-25 марта 2022 г., г. Екатеринбург; Международная научно-практическая конференция «Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур» и школа молодых ученых по эколого-генетическим основам растениеводства, 24-27 мая 2022 г., г. Краснодар; XI Международная научно-практическая конференция «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем», 13-15 сентября 2022 г., г. Краснодар; XVI Международная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса», 2 марта 2023 г., г. Ростов-на-Дону; XI Международная научно-практическая

конференция «Защита растений от вредных организмов», 19-23 июня 2023 г., г. Краснодар.

Публикации результатов исследований. По теме диссертации зарегистрирована одна база данных и опубликовано 12 работ, из которых 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 – в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus, WoS, 6 – в прочих изданиях.

Личный вклад соискателя. Автор принимала непосредственное участие в постановке и проведении опытов, обработке полученных данных, подготовке и написании публикаций и диссертационной работы.

Благодарность. Автор выражает благодарность научному руководителю, доктору биологических наук, член-корр. РАН, заместителю директора по развитию и координации НИР, главному научному сотруднику, руководителю лаборатории иммунитета растений к болезням ФГБНУ ФНЦБЗР, Волковой Галине Владимировне за помощь в постановке опытов и написании диссертационной работы; заместителю директора по научной работе, кандидату сельскохозяйственных наук Томашевич Наталье Сергеевне, начальнику отдела аспирантуры и образовательной деятельности Вертий Елене Александровне и заведующей лабораторией фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, кандидату биологических наук Кремневой Оксане Юрьевне за ценные советы, коллективу лаборатории микробиологической защиты растений за предоставление опытного образца биологического препарата, а также всему коллективу лаборатории иммунитета растений к болезням за помощь в проведении исследований.

Глава I. ПАТОКОМПЛЕКС ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ КУЛЬТУРЫ (обзор литературы)

1.1 Основные грибные заболевания озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края

Возбудители заболеваний озимой пшеницы снижают урожайность и качество зерна, поэтому культура требует постоянного фитосанитарного мониторинга и защиты. Для разработки научно обоснованной системы защиты важным аспектом является идентификация микроорганизмов. К основным патогенам сельскохозяйственных культур относятся грибы. Известно более 120 тысяч видов грибов, среди которых более 10 тысяч являются возбудителями болезней растений. На посевах озимых колосовых встречается около 25 видов (Сасова, 2010; Шкаликов и др., 2010; Сокирко и др., 2014). В центральной зоне Краснодарского края значимыми являются заболевания инфекционного выпревания зерновых культур, корневые гнили, мучнистая роса, септориоз и желтая пятнистость листьев, бурая, стеблевая и желтая ржавчины, фузариоз колоса.

Инфекционное выпревание озимой пшеницы. Одним из наиболее распространенных заболеваний озимой пшеницы, связанным с перезимовкой, является снежная плесень – поражение растений патогенами, развивающимися под снежным покровом при низких температурах (около 0° С) (Куперман, 1977). Это заболевание распространено по всему миру (Норвегия, Япония, Канада, Великобритания, США) (Bankina et al., 2012; Tkachenko, 2017; Glinushkin et al., 2018; Abdelhalim M. et al., 2020). На территории России ежегодное развитие снежной плесени на зерновых культурах с высокой степенью поражения отмечено в Приволжском (Республика Татарстан, Кировская область) и Центральном федеральном округе страны (Московская, Костромская области) (Gorshkov V. et al., 2020). По данным Россельхозцентра, с

2017 по 2020 годы снежная плесень была обнаружена на площади от 262,5 тыс. га до 967,7 тыс. га (Говоров и др., 2018; 2019; 2020; 2021). В Южном федеральном округе страны заболевание встречается ежегодно, максимальное развитие за последние 5 лет отмечено в 2017 году на площади 426,4 тыс. га, при этом развитие выше уровня ЭПВ отмечено на 95,1 тыс. га. Распространенность заболевания до 60 % отмечено в Усть-Лабинском районе центральной зоны Краснодарского края (Говоров и др., 2018; 2019; 2020; 2021).

К основным возбудителям снежной плесени относятся *Microdochium nivale*, *M. majus* (розовая снежная плесень), *Typhula incarnata*, *T. ishikariensis*, *T. phacorrhiza* (тифулез), *Pythium iwayami*, *P. okanoganense* (снежная гниль) и *Sclerotinia borealis* (склероциальная снежная плесень) (Ткаченко и др., 2015; Щуковская, 2016; Ропомарева, 2020). В агроценозе озимой пшеницы Краснодарского края распространен гриб *M. nivale*, вызывающий розовую снежную плесень (Волкова, 2021). Ежегодно патоген входит в комплекс возбудителей фузариозной корневой гнили озимой пшеницы. В зависимости от погодных условий зимнего периода, гриб может развиваться по типу «корневая гниль – снежная плесень» или «корневая гниль – фузариозный ожог листьев – фузариоз колоса и зерна» (Горьковенко и др., 2009; Щуковская, 2016). За счет выпадения снега на талую почву на поверхности температура держится на уровне, близком к 0°C. Растения озимых продолжают расти и интенсивно расходовать сахара, а затем и белки, что приводит к их голоданию. Ослабленные и угнетенные растения в большей степени подвержены заражению низкотемпературными патогенами, что приводит к их гибели в весенний период (Куперман, 1977; Марьина-Чермных и др., 2016).

Прикорневые и корневые гнили озимой пшеницы. Корневые гнили относятся к наиболее распространенным и трудноискореняемым заболеваниям (Белошапкина, 2012; 2016). Эффективность современных протравителей семян против возбудителей в условиях производства не превышает 50 % (Зазимко и др., 2011; Волкова и др., 2020), а недобор урожая в эпифитотийные годы может

достигать 50 - 60 % (Санин, 2011). На посевах встречаются такие возбудители как *Bipolaris sorokiniana* Shoem. – гельминтоспориозная корневая гниль; *Ophiobolus graminis* Saccardo (Svn.: *Gaeumannomyces graminis* Arxetoliver) - офиоболезная; *Rhizoctonia cerealis* Hoenen - ризоктониозная; *Gibellina cerealis* Pass. - гибеллина (белосоломенная болезнь); *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deighton. - церкоспореллезная прикорневая гниль и другие (Григорьев, 2012; Акимов, 2016; Желтова, Долженко, 2017).

Ежегодно на территории РФ поражение озимых корневыми гнилями выявляется на площади более 1135 тыс. га. В 2020 году этот показатель составил 1451,47 тыс. га. При этом поражение выше экономического порога вредоносности (ЭПВ) отмечается на площади около 700-800 тыс. га ежегодно (Говоров и др., 2021). В 2020 году в Южном федеральном округе корневые гнили обнаружены на площади 333,32 тыс. га, в том числе с развитием выше ЭПВ – 265,78 тыс. га (Говоров и др., 2021). Патокомплекс в Краснодарском крае на посевах озимых представлен возбудителями *G. cerealis*, *B. sorokiniana*, грибами родов *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* (Зазимко и др., 2006; Горьковенко, 2011; Богословская и др., 2015). Внешние признаки гнилей часто сходны друг с другом и одна часть растений может быть заражена двумя и более возбудителями, поэтому целесообразно проводить идентификацию в лабораторных условиях.

По сравнению с другими возбудителями чаще встречается фузариозная корневая гниль (*F. avenaceum* Saccardo, *F. culmorum* Saccardo, *F. graminearum* Shwabe и др.). Возбудитель заболевания сохраняется на растительных остатках (в виде мицелия и конидий), семенах (конидии) и в почве (хламидоспоры и склеротии) (Сокирко и др., 2014). При позднем заражении фузариозная корневая гниль проявляется на основании стебля, узле кущения и корнях в виде коричневых штрихов, которые позднее разрастаются и сливаются. Во влажных погодных условиях на пораженных участках образуется белый или светло-розовый мицелий гриба. При высоком развитии болезни наблюдается

отмирание первичных и вторичных корней, что приводит к гибели растений и изреженности посевов (Жевнова и др., 2015). Максимальное развитие корневой гнили фузариозной этиологии в центральной зоне Краснодарского края отмечается в фазу молочно - восковой спелости и достигает 30 % и более при распространенности 100 % (Волкова и др., 2020).

Листостебельные заболевания озимой пшеницы. Урожайность и качество зерна в большей степени зависит от фитосанитарного состояния посевов, в частности от развития листостебельных заболеваний. Возбудитель мучнистой росы — облигатный паразит, гриб *Blumeria (Erysiphe) graminis* (DC) Spreng. распространен по всему миру (Египет, Польша, Канада, Дания, Китай) (Abdelrhim et al., 2018; Matzen et al., 2019; Wu et al., 2019; Cieplak et al., 2021; Xue et al., 2021) и способен нанести ущерб урожаю до 30 % (Санин, 1999). Высокому развитию заболевания способствуют загущенные посевы, ослабление тургора растений, вызванное высокими температурами и резкими их перепадами, а также засуха и избыток азотных удобрений (Белошапкина, 2021). Благоприятными условиями для роста патогена служат относительная влажность воздуха 50 - 100 % и температура 18-23° С. Сохраняется в виде мицелия на посевах озимых колосовых и падалице, клейстотециями на растительных остатках. Поражает листья, листовые влагалища, стебли (Белошапкина, 2021).

На территории РФ заболевание ежегодно встречается на площади более чем 1500 тыс. га, максимальный процент поражения отмечен в европейской части страны. В Курганинской, Ростовской, Волгоградской, Брянской, Смоленской и других областях распространенность патогена достигает 40 %. В Южном федеральном округе против мучнистой росы за последние три года было обработано свыше 500 тыс. га посевов озимых зерновых культур. В весенний и летний период 2020 г. в Краснодарском крае распространенность заболевания достигла 13,6 % (Говоров и др., 2021).

Возбудители ржавчинных заболеваний наносят значительный вред сельскохозяйственным культурам, потери урожая могут достигать 50 % и более (Roelfs, 1974). На озимой пшенице встречаются 3 вида ржавчинных грибов. Возбудитель бурой (листовой) ржавчины пшеницы – гриб *Puccinia triticina* Erikss., двудомный, узкоспециализированный облигатный паразит. Гриб имеет свыше 200 физиологических рас, которые различаются по вирулентности (Гультяева, 2018). Источником инфекции служат пораженные всходы озимых зерновых и падалицы, промежуточные хозяева василистник и легица, злаковые сорняки. Гриб поражает листья и листовые влагалища. Первые признаки заболевания можно встретить поздней осенью на всходах озимой пшеницы (Санин, 2007). Развитию патогена способствует влажная и теплая погода, оптимальная температура 20-25 °С и наличие капельной влаги (Анпилогова, Волкова, 2000).

В европейской части страны патоген развивается по неполному циклу (Белашапкина, 2021). Заражение растений в период вегетации происходит с помощью урениоспор, распространяющихся потоками ветра на 1000 км (Гусев, Чекмарев, 2019). В условиях эпифитотийного развития бурой ржавчины на современных средне- и сильновосприимчивых сортах потери урожая зерна достигают 30 % (Дерова и др., 2020). Высокий процент развития патогена встречается во многих зернопроизводственных странах. Бурая ржавчина является одним из самых распространенных заболеваний пшеницы в Аргентине, Бразилии (German et al., 2007), Канаде (Mccallum et al., 2021), Германии (Conradt, 2017), Латвии (Peksa et al., 2019), Китае (Zhang et al., 2020).

На территории РФ на посевах озимых культур в последние годы возбудитель встречается на площади более 500 тыс. га. Наиболее благоприятными регионами для развития патогена являются Приволжский, Северо-Кавказский и Южный федеральные округа. В 2020 г. распространенность до 100 % отмечена в Сернурском районе Республики Марий Эл и Дюртюлинском районе Республики Башкортостан. В Южном

федеральном округе против болезни было обработано 39 тыс. га озимых зерновых культур. Максимальная распространенность отмечена в Динском районе на площади 30 га и составила 32 % (Говоров и др., 2021).

Возбудитель желтой ржавчины пшеницы - гриб *Puccinia striiformis* West. f. sp. *tritici* имеет более 60 рас, приуроченных к различным сортам (Белошапкина, 2021). Оптимальной температурой для развития ржавчины является 9-15°C, максимальная температура 23-26°C. Отличительной особенностью внешних признаков поражения является наличие на листьях светло-желтых вытянутых пустул, которые вскоре сливаются в полосы. В момент максимального развития патогена вокруг пустул в виде ожога темнеет и высыхает ткань (Матвеева, Волкова, 2019). На нижней стороне листа, при неблагоприятных условиях, образуются телии в виде черных штрихов, покрытых эпидермисом. В качестве промежуточного хозяина могут служить виды барбариса *Berberis chinensis* и *B. koreana* (Hovmøller, 2011).

Желтая ржавчина пшеницы встречается в Египте (Shahin, 2020), Китае, Индии, Пакистане, Узбекистане, Мексике и других странах (Sinha et al., 2021). На территории Российской Федерации на посевах озимых зерновых культур желтая ржавчина встречается ежегодно на площади до 30 тыс. га. Основной процент развития заболевания отмечен на юге страны. В последние годы на Кубани складываются благоприятные погодные условия для развития ржавчины. Теплая зима и мягкая осень способствуют сохранению и накоплению инфекционного материала, что приводит к раннему проявлению и быстрому развитию заболевания (Волкова и др., 2018). Распространенность выше ЭПВ в 2020 г. была выявлена на площади 23 тыс. га в Южном федеральном округе. Максимальная распространенность желтой ржавчины в весенний период наблюдалась в Темрюкском районе Краснодарского края на площади 15 га и составило 15 %. В 2019 г. распространенность до 40 % отмечена в Шовгеновском районе Республики Адыгея на 100 га (Говоров и др., 2021).

Возбудитель стеблевой (линейной) ржавчины пшеницы – паразитический гриб *Puccinia graminis* f. *tritici* Erikss. & Henning поражает чаще стебли и листовые влагалища, вызывая сильные разрывы эпидермиса (Волкова и др., 2011; 2020). В настоящее время идентифицировано более 300 рас, вирулентных к различным сортам пшеницы (Белошапкина, 2021). Патоген встречается во многих зернопроизводческих странах, Западной Европе (Saunders et al., 2019), Грузии (Olivera et al., 2019), Индии (Prasad et al., 2018) Китае (Li et al., 2018) и др. Заболевание проявляется в начале бурой продолговатыми пустулами с уредоспорами, к концу лета образуются черные телеопустулы. При сильном развитии отмечается полегание посевов пшеницы и снижение урожая вследствие истекания зерна. В отличие от других видов ржавчин, этот патоген способен вызывать полную гибель растения (Лапочкина и др., 2016). Оптимальными условиями для развития стеблевой ржавчины являются наличие капельной влаги или относительная влажность воздуха до 100 % и температура 22-25 °С. При эпифитотии заболевания потери урожая могут достигать 75 % (Кекало и др., 2017). Появление в 1999 г. вредоносной расы Ug99 в Уганде, преодолевшей устойчивость гена *Sr31*, введенного в большинство высокоурожайных сортов, привело к высокой степени поражения стеблевой ржавчиной и значительной потере урожая зерна (Волкова, Синяк, 2011; Рсалиев, 2018). Эпифитотийная вспышка заболевания была зафиксирована в Европе в 2016 г., когда раса ТТТТF поразила тысячи гектаров посевов пшеницы (Глушаков и др., 2021). В последние годы на территории Западной Сибири наблюдается высокий процент развития заболевания, что приводит к значительному экономическому ущербу производства пшеницы в регионе (Шаманин и др., 2020).

Высокая жизнеспособность гриба и способность спор распространяться на большие расстояния несет дополнительную опасность для производителей пшеницы в Южном федеральном округе России, а особенно в предгорьях Северного Кавказа. Это связано с благоприятными климатическими условиями

и наличием промежуточного хозяина – барбариса (Волкова, Синяк, 2011). На территории Северного Кавказа распространенность стеблевой ржавчины носит очаговый характер за счет позднего появления патогена на растении - хозяине. Однако *P. graminis* ежегодно фиксируют в Георгиевском, Кировском, Предгорном районах Ставропольского края, Усть-Джегутинском районе Карачаево-Черкесии, Наурском районе Чечни, Горном и Баксайском районах Кабардино-Балкарии (Волкова и др., 2020).

Возбудитель септориоза пшеницы - *Septoria tritici* Rob. et Desm. поражает преимущественно листья, реже влагалища, стебли и колос. Особенно быстро заболевание развивается при повышенной влажности. Оптимальными условиями для развития является температура от +14°C до +22°C и относительная влажность выше 90 %. Теплая и дождливая погода способствует образованию плодовых тел – пикнид, которые под действием влаги активно высвобождают пикноспоры и вторично инфицируют растения.

Заболевание встречается во многих зернопроизводственных странах. В Европе потери урожая зерна достигают 30 % (Jørgensen et al., 2014; Kristoffersen et al., 2020). Гриб *S. tritici* наиболее вредоносен в Норвегии, Финляндии, Германии, Франции, Дании, Польше и др. (Jørgensen et al., 2014; Kristoffersen et al., 2020).

Ежегодно в России септориоз встречается на площади более 3000 тыс. га, в 2021 поражение выше ЭПВ обнаружено на площади более 1600 тыс. га (2020 г. - 2369,96 тыс. га) (Говоров и др., 2021). В 2020 г. в Центральном федеральном округе септориоз был выявлен на посевах озимых зерновых на площади 1207,31 тыс. га. Высокая распространенность заболевания до 100 % была отмечена в летний период в Тульской, Смоленской, Владимирской, Костромской областях, развитие достигало 10,2 – 25,0 % (Говоров и др., 2021). В Южном федеральном округе заболевание с поражением выше ЭПВ было обнаружено на площади 604,78 тыс. га (в 2019 г. – 1149,21 тыс. га). В Краснодарском крае и Ростовской области в весенний период

распространенность заболевания отмечена на уровне 5,2 – 7,5 %, с развитием 0,2 – 1,7 %. Повышение среднесуточной температуры воздуха и отсутствие осадков в летний период существенно ограничивало развитие болезни (Говоров и др., 2021).

Возбудитель желтой пятнистости листьев (пиренофороза) - гриб *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem., телеоморфа *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Shoem. поражает чаще листья, но также способен поражать стебли, колос и колосковые чешуйки (Ким, Волкова, 2020). Пятна на листьях и листовых влагалищах округлые желтые или светло-коричневые, с хлоротичной зоной, при сильном поражении сливаются, листья желтеют и засыхают.

За последние годы на территории РФ пиренофороз на озимых зерновых культурах был зафиксирован на площади более 1300 тыс. га, выше ЭПВ – 871,23 тыс. га. В 2020 г. в Орловской области Центрального федерального округа в летний период процент распространенности заболевания возрос до 43 с развитием до 7 %. В Южном федеральном округе болезнь на посевах озимых зерновых была зафиксирована на 460,39 тыс. га, выше ЭПВ - 246,36 тыс. га (Говоров и др., 2021). В весенний период минимальная распространенность 2,0 – 3,2 % была выявлена в Республике Крым и в Краснодарском крае, с развитием 0,3 – 1,8 %. Максимальная распространенность 64 % была отмечена в Семикаракорском районе Ростовской области на площади 60 га. В летний период болезнь была обнаружена в Республике Адыгея с распространенностью 10 % и развитием 0,5 % (Говоров и др., 2021).

Болезни колоса. Возбудитель фузариоза колоса – грибы рода *Fusarium* Link, чаще *F. graminearum* и *F. avenaceum*, телеоморфа - *Gibberella saubinetii* (Mont.). Проявляется в явной и скрытой форме. В первом случае, при заражении в период начала колошения - цветения, происходит обесцвечивание колосковых чешуй, отдельных колосков или части колоса, обесцвечивание и деформация зерновки с образованием оранжево-розового налета в зоне зародыша или по всей поверхности зерна. При заражении в фазу молочно-

восковой спелости признаки поражения слабо выражены или совсем отсутствуют. Зерно несет скрытую форму инфекции. Гриб может продуцировать токсины дезоксиниваленол (ДОН), ниваленол (НИВ), диацетоксисцирпенол (ДАС), зеараленон (ЗЕН) и другие, обладающие токсичностью для животных, растений и некоторых грибов (Домрачева и др., 2021).

Ежегодно в России фузариоз колоса озимых зерновых культур встречается на площади более 120 тыс. га, интенсивность развития выше ЭПВ составляла более 60 тыс. га (Говоров и др., 2021). В 2020 г. в Южном федеральном округе на озимых зерновых колосовых культурах фузариоз колоса встречался на площади 46,41 тыс. га, в т.ч. с интенсивностью развития выше ЭПВ на 45,60 тыс. га. В предуборочный период с единичной распространенностью фузариоз фиксировался в Краснодарском крае, максимальная распространенность – 15 % отмечалась в Мостовском районе на 60 га (Говоров и др., 2021).

Таким образом, в центральной зоне Краснодарского края на озимой пшенице ежегодно встречается разнообразный патоконкомплекс возбудителей заболеваний. При оптимальных погодных условиях их распространенность может достигать 100 %, а потери урожая зерна – 10 % и более. Высокая вредоносность фитопатогенов на озимой пшенице обуславливает необходимость постоянного мониторинга и контроля развития заболеваний.

1.2 Биологический метод как элемент интегрированной системы защиты озимой пшеницы против фитопатогенов

С увеличением объема производства сельскохозяйственной продукции растет и потребность в интегрированной защите культур от комплекса вредных организмов (Бондаренко, 1986).

Интегрированная защита растений – это комплекс защитных мероприятий на определенной культуре, включающий биологический, агротехнический, химический, физический и другие приемы (Шкаликов, 2010). Главной задачей такой защиты является снижение численности опасных видов ниже ЭПВ. Интегрированная защита растений в полном объеме позволяет достичь высокой эффективности при соблюдении экологических требований и низком отрицательном воздействии на окружающую среду.

Главными составляющими в интегрированной защите является биологический метод, основанный на применении препаратов на основе живых микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности и позволяющий снизить развитие заболеваний и степень поражения на культуре (Миренков, 2008). Также использование генетически устойчивых сортов, рациональное использование агротехники, обоснованное и качественное применение химических препаратов (Бондаренко, 1986; Волкова, 2020).

Впервые в России в 1879 г. российский ученый И. И. Мечников начал проводить исследования в области биологической защиты растений и смог обосновать и реализовать использование микроорганизмов против вредителей сельскохозяйственных культур. Толчком для начала изучения и внедрения биометода послужило открытие в 1877 г. французским микробиологом Луи Пастером антагонизма культуры возбудителя сибирской язвы гнилостными бактериями - синегнойными палочками (Дьяков, 2015).

Защиту растений от возбудителей болезней с помощью микроорганизмов стали использовать значительно позже, чем регуляторов численности вредителей (Штерншис, 2004). В 1929 г. в Ленинграде (Санкт-Петербург) был основан Институт борьбы с вредителями и болезнями растений, в настоящее время Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (ВИЗР). В 30-е годы здесь были созданы лаборатории биологического и микробиологического методов защиты, а в последующие годы и в некоторых

республиканских институтах. Затем, в 1969 г. в Кишиневе был организован Всесоюзный НИИ биологических методов защиты растений (Замотайлов, 2012). В 70-е годы XX века в Красноярском государственном университете начали проводить работы по изучению энтомопатогенов и антагонистов возбудителей болезней растений (Замотайлов, 2012).

В 1992 г. в Краснодаре на базе Северо-Кавказского научно-исследовательского института фитопатологии решением правительства РФ от 08.12.92 г. №БС-П1-7828 и приказом РАСХН от 30.12.92 г. №137 был создан Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений (с 5 ноября 2019 г. переименован в ФГБНУ ФНЦБЗР), в котором и в настоящее время ведутся масштабные фундаментальные и прикладные исследования по направлению защиты растений. Сегодня научное учреждение является крупным исследовательским центром Российской Федерации в области биологической защиты растений, иммунитета растений к возбудителям заболеваний, фитосанитарного мониторинга агроэкосистем, органического земледелия и др. Ведутся работы по разработке и внедрению инновационных технологий защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов в системе органического земледелия. Проводится патентование полезных устройств и приборов для управления защитой растений, для отлова насекомых и др. (Патент N 129 353, N 129 363).

Применение препаратов на основе живых микроорганизмов и продуктов их метаболизма все чаще находит свое применение. Это связано с тем, что биологические препараты меньше оказывают негативного влияния, как на само растение, так и на окружающую среду в целом, позволяют сохранить биоценоз агроэкосистемы и получить экологически чистую продукцию. Главным толчком для интенсивного внедрения биологической защиты в сельское хозяйство, является принятие 8 августа 2018 г. федерального закона № 280 «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который регламентирует требования к

производству органической продукции и регулирует правовые отношения в сфере производства органической продукции в области растениеводства, животноводства и рыбоводства (ФЗ № 280). А также принятие 26 июня 2019 г. на Кубани закона "О развитии производства органической продукции на территории Краснодарского края", целью которого является регулирование правовых отношений в области производства органической продукции на территории края (№ 4077-КЗ, 2019).

Одним из важных составляющих элементов перехода к органическому земледелию является применение микробиологических препаратов для защиты сельскохозяйственных культур. На основании высокой эффективности и относительной безопасности в «Государственный Каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации» включено 23* (* без учета разных препаративных форм) биологических фунгицида против комплекса фитопатогенов на различных культурах (Государственный каталог, 2022). В том числе семь биопрепаратов на основе грибов рода *Trichoderma* (Глиокладин, СП; Оргамика Ф, Ж; Стернифаг, СП; Трианум Г, Г; Трианум – П, ВДГ; Триходерма Вериде 471, СП; Трихоплант, СК). На основе бактерий рода *Bacillus* зарегистрировано семь фунгицидов (Алирин-Б, СП; Баксис, Ж; Бактерра, СП; Бактофит, СП; Бактофорт, Ж; БисолбиСан, Ж; Фитоспорин-М, Ж). На основе бактерий рода *Pseudomonas* зарегистрировано пять биопрепаратов (Бинорам, Ж; Гуапсин плюс, Ж; Псевдобактерин – 2, Ж; Псевдобактерин – 3, Ж; Ризоплан, Ж). Так же в каталог внесены комбинированные биофунгициды Бинал, Ж и Споробактерин, СП (*B. subtilis*, *T. viride* F2001), Респекта, Ж (*B. amyloliquefaciens*, *P. aureofaciens*), Метабактерин, СП (*Methylobacterium extorquens*, *Streptomyces hygroscopicus*, *B. subtilis*) и Фитолавин, ВРК с действующим веществом фитобактериомицин (комплекс стрептотрициновых антибиотиков).

Одним из лидеров по производству и реализации биологических средств защиты растений на территории РФ является НВП «Башинком». Также существенный вклад в производство и внедрение микробиологических препаратов для растениеводства вносят филиалы ФГБУ «Россельхозцентр», ПО «Сиббиофарм», ООО «Биотехагро», СХП «Нива», группа компаний «АгроБиоТехнология», «Органик парк» (Bionovatic), «ОРТОН», «Фармбиомедсервис» и др. Они занимают 95 % рынка биологических средств защиты растений (Федоренко, 2018).

Биологические препараты способны на уровне химических фунгицидов защитить озимую пшеницу от возбудителей болезней. В каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ, зарегистрировано 13 препаратов на основе живых микроорганизмов для защиты озимой пшеницы (Государственный каталог, 2022).

Одним из распространенных микроорганизмов является бактерия *B. subtilis*. В сельском хозяйстве используют восемь штаммов: 26 Д (Фитоспорин-М, Ж), 63-Z (Баксис, Ж), В-10 ВИЗР (Алирин-Б, Ж) ВКМ-В-2604D, ВКМ-В-2605D (Витаплан, СП), ИПМ 215 (Бактофит, СК), Ч-13 (БисолбиСан), В-2918 (Бактофорт, Ж) (Государственный каталог, 2022).

Bacillus subtilis – это аэробная бактерия, известная под названием - сенная палочка, распространена в почве, воде и воздухе. За счет спорообразования, обладает высокой выживаемостью в неблагоприятных условиях (Кузьмина, 2003). В процессе жизнедеятельности синтезирует антибиотики (более 70), которые подавляют рост фитопатогенных микроорганизмов.

В почве бациллы находятся в виде спор или вегетативных клеток. Бактерии способны синтезировать липопептиды итурин, фенгицин, сурфактин, лихенизин, пумалицидин, курстакин и др. (Максимов, 2020). Штаммы *B. subtilis* проявляют разностороннее действие на возбудителей заболеваний: антибиотическое, антагонистическое, иммуномодулирующее. Кроме того, в большинстве случаев они проявляют стимулирующий эффект в отношении

защищаемой культуры (Березина, Костенко, 2008). Итурин в большей степени способен разрушать клеточные стенки некоторых бактерий и грибов за счет взаимодействия со стеринами и фосфолипидами мембран, а сурфактин участвует в образовании биопленки на корнях и подавляет рост патогенной микробиоты (Arroyave-Toro, 2017).

Препараты на основе штаммов бактерии *B. subtilis* эффективны против фузариозной, гельминтоспориозной и других корневых гнилей (Алирин - Б, Ж; Баксис, Ж; Бактофит, СП; Фитоспорин – М, Ж; Витаплан, СП), против плесневения семян (Фитоспорин – М, Ж; Баксис, Ж), мучнистой росы (Фитоспорин – М, Ж; Алирин-Б, Ж; Витаплан, СП; Бактофит, СП; Баксис, Ж), бурой ржавчины (Бактофит, СП), септориоза (Алирин-Б, Ж; Витаплан, СП; Бактофит, СП), каменной и пыльной головни (Баксис, Ж) (Государственный каталог, 2022).

Бактерии *B. amyloliquefaciens* также продуцируют вторичные метаболиты биоцидного действия. Например, сурфактин и фенгицин участвуют в формировании биопленки, что способствует повышению устойчивости растений к *Fusarium graminearum* и снижает содержание микотоксинов гриба (Максимов, 2020). Фунгицид на основе бактерии *B. amyloliquefaciens* БФТИМ КС-2 подавляет развитие фитопатогенных грибов рода *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium* и др., эффективен против гельминтоспориозной и фузариозной корневой гнили, мучнистой росы, септориоза. Содержит биологически активные вещества с антагонистической активностью по отношению к некоторым видам бактерий (Патент RU 2 528 058 С1). В состав препарата Бактофорт, Ж входит штамм ИМВВ-7100, эффективный против мучнистой росы, септориоза и при слабом развитии бурой ржавчины.

На основе бактерий из рода *Pseudomonas* зарегистрировано два биопрепарата, разрешенных для применения против заболеваний озимой пшеницы: Псевдобактерин-2, Ж (*P. aureofaciens*, штамм BS 1393), Ризоплан, Ж (*P. fluorescens*, штамм AP-33) (Государственный каталог, 2022). Бактерии этого

рода проявляют высокую антагонистическую активность по отношению к фитопатогенным микроорганизмам, а также способны стимулировать рост растений. Представители вида *P. aureofaciens* вырабатывают сидерофоры – органические соединения, связывающие железо из почвы. Этот процесс снижает количество доступного металла в ризосфере растений и угнетает размножение фитопатогенных грибов (David et al., 2018). Также клетки бактерий синтезируют индолил-3-уксусную кислоту, действующую как стимулятор роста, и различные органические кислоты, переводящие нерастворимые фосфаты почвы в доступные для растений формы (Боронин, 2000; Феклистова, 2007).

Препараты на основе бактерий рода *Pseudomonas* эффективны против гельминтоспориозной и фузариозной корневой гнили, фузариозной снежной плесени (Псевдобактерин-2, Ж), мучнистой росы (Псевдобактерин-2, Ж; Ризоплан, Ж), септориоза (Псевдобактерин-2, Ж; Ризоплан, Ж), бурой ржавчины (Псевдобактерин-2, Ж; Ризоплан, Ж) (Государственный каталог, 2022).

Важная роль в подавлении развития фитопатогенов отводится грибам-антагонистам рода *Trichoderma*. Их преимуществом является способность выживать в различных неблагоприятных условиях, модифицировать ризосферу и за счет высокой репродуктивной способности быстро колонизировать субстрат (Adnan et al., 2019). Антагонистические свойства вида *T. harzianum* хорошо изучены. В производстве препаратов для защиты озимой пшеницы используют штаммы ВКМ F-4099D (Стернифаг, СП) и Г 30 ВИЗР (Трихоцин, СП) (Государственный каталог, 2021). Представители этого вида могут подавлять развитие фитопатогенов путем прямого паразитирования. За счет выработки ферментов (целлюлаза, хитиназа и др.), разрушающих стенки клеток гриба, они используют их питательные вещества для жизнедеятельности (Adnan et al., 2019). Антагонизм все же превалирует в сдерживании патогенов. Гриб производит ряд антибиотиков (6-амил- α -пирон, линейные олигопептиды и

др.) и подавляет развитие преимущественно почвенных фитопатогенов, вызывающих корневые гнили (Трихоцин, СП; Стернифаг, СП), а также септориоз и мучнистую росу (Трихоцин, СП) (Adnan et al., 2019).

На основе вида *T. longibrachiatum* на озимой пшенице зарегистрирован фунгицид Трихоплант, СК. Препарат применяется как для внесения в почву и протравливания семян, так и для обработки вегетирующих растений против корневых гнилей. Для предпосевной обработки семян против корневых гнилей и плесневения зарегистрирован комбинированный фунгицид Бинал, Ж на основе бактерии *B. subtilis* и гриба *T. viride* штамм F2001.

Высокая эффективность биофунгицидов против экономически значимых заболеваний доказана во многих работах на территории соседних стран (Müller et al., 2016; Chihat et al., 2021).

Известны результаты применения бактерии *B. subtilis* QST 713 для борьбы с желтой ржавчиной на озимой пшенице в условиях восточной части Дании. Фунгицид снижал развитие заболевания до 60 %, но при сильном поражении эффективность была менее 30 %. Сдерживанию ржавчины способствовали увеличение кратности обработки биофунгицидом с двух до четырех за сезон с интервалом 8-10 дней (Reiss, 2017). Штамм бактерии *B. subtilis* SG6 показал высокую эффективность против фузариоза колоса в условиях северного Китая, развитие снижалось на 77,5 %, а содержание токсиканта дезоксиниваленола на 69,1 % (Zhao et al., 2014.). Испытания, проводимые *in vitro* в институте ландшафтной биогеохимии (Германия), показали, что 40 изолятов бактерии *P. fluorescens* из 175 ингибировали рост одного из четырех фитопатогенов (*F. culmorum*, *F. graminearum*, *A. tenuissima*, *A. alternata*), однако 58 % из 40 изолятов смогли подавить как один штамм фузариоза, так и альтернарии (Müller et al., 2016).

Изучение антагонистических свойств аргентинских штаммов гриба *T. harzianum* против септориоза листьев пшеницы показало, что 2 изолята более чем на 90 % снижали охват пикнидами и площадь некроза (Stocco et al., 2016).

Испытания в лабораторных и тепличных условиях штаммов грибов *T. harzianum* и *T. viride* против офиоболезной корневой гнили (*O. graminis*) показали, что оба вида разрушали гифы патогена и подавляли рост мицелия (Kianivafa et al., 2021). Штамм гриба *T. atroviride*, выделенный из почв Алжира, показал самый высокий процент снижения индекса заболеваемости *F. culmorum* до 97,3 % (Chihat et al., 2021).

На территории РФ так же ведутся испытания применения биологических агентов против экономически значимых заболеваний пшеницы (Кузина, 2013; Манылова и др., 2018; Зевакин, Резвякова, 2020). В условиях Ростовской области установили положительное влияние биофунгицидов на урожайность озимой пшеницы, прибавка в сравнении с контролем (без обработки) составила 18 ц/га (Авдеенко, 2014). В Ставропольском крае на посевах озимой пшеницы сорта Петровчанка, биологическая эффективность биопрепаратов Алирин Б, СП и Псевдобактерин – 2, Ж в борьбе с корневыми гнилями при применении их в фазу конец кущения - начало трубкования превышала показатели химических средств Альто Супер 330, КЭ и Феразим, КС в 1,5 раза (Караченцева, 2013). Применение биофунгицида БФТИМ КС-2, Ж влияло на биометрические показатели растений пшеницы. Длина первичных корешков увеличилась до 51 %, в сравнении с химическим препаратом, также отмечена максимальная масса растений (Иванченко, 2018). При включении в интегрированную систему защиты озимой пшеницы биопрепарата БФТИМ КС-2 урожайность зерна увечилась от 40,0 до 58,6 %, в сравнении с химическим фунгицидом. В условиях теплицы применение биопрепаратов на основе бактерий-антагонистов *Bacillus spp.* и *Pseudomonas spp.* против твердой головни на восприимчивом сорте Жница способствовало снижению развития заболевания. Высокий результат показали штамм *B. subtilis* ИБ-15 и биофунгицид Фитоспорин, СП. Их эффективность составила 82,5 % и 70,3 % соответственно. Препараты на основе бактерии *Pseudomonas spp.* были менее эффективны (Милевская, 2004).

Применение почвенного фунгицида Стернифаг, СП для защиты посевов зерновых колосовых культур от корневых гнилей в условиях Краснодарского края способствовало снижению развития заболевания, биологическая эффективность составила 65,7-100 % (Гришечкина, 2018). Биофунгицид Экстрасол (Бисолбисан, Ж) в опыте уменьшал инфицированность зерна возбудителем септориоза на 39,3 % по сравнению с контролем и обеспечил увеличение массы 1000 зерен на 7 % (Торопова, 2016). Предпосевная обработка семян пшеницы биофунгицидами в условиях Республики Марий Эл показала высокие результаты против корневых гнилей. Биологическая эффективность препарата Оргамика Ф, Ж была на уровне химического эталона и достигала 94,3–100 %. Биопрепарат Триходермин, Ж снижал развитие болезни на 80–90 %. Оба фунгицида оказывали положительное влияние на микробиоту ризосферы пшеницы, способствовали получению прибавки урожая до 1,08 т/га (Ямалиева, Апаева, 2019).

В условиях центральной зоны Краснодарского края применение лабораторных образцов *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517 против желтой пятнистости листьев озимой пшеницы на искусственном инфекционном фоне сдерживало как проникновение, так и развитие фитопатогена в растении. Штамм *B. subtilis* BZR 336g был наиболее эффективен при предпосевной обработке семян (38,4 %), в то время как *B. subtilis* BZR 517 наиболее эффективен при обработке вегетирующих растений пшеницы (43,8 %) (Асатурова и др., 2019).

Проведенный анализ литературы свидетельствует о высокой значимости биологического метода защиты растений. Правительством РФ принимаются серьезные шаги для расширения объема применения безопасных средств и получения органической продукции в виде утверждения законов, организации органов для поддержки сельхозтоваропроизводителей, предоставление субсидий. Ассортимент биологических фунгицидов позволяет стать альтернативой химическим препаратам в защите озимой пшеницы от ряда

вредных организмов. Многими учеными подтверждена высокая эффективность биофунгицидов против семенной и почвенной инфекции, листовых и колосовых заболеваний пшеницы.

Таким образом, снижение пестицидной нагрузки за счет внедрения биологических средств защиты позволит сохранить биоразнообразие в агроценозе и обеспечит саморегуляцию численности вредных объектов, запустит процесс супрессивности и восстановления плодородия почвы. Это будет способствовать получению экологически чистой и качественной сельскохозяйственной продукции, что в настоящее время является одной из основных проблем, как в России, так и в мире в целом.

1.3 Химическая защита озимой пшеницы и проблема формирования резистентности фитопатогенов к фунгицидам

1.3.1 Ассортимент химических фунгицидов для защиты озимой пшеницы от фитопатогенов

Современное сельское хозяйство предусматривает применение химических средств защиты растений как одно из эффективных мер снижения вредоносности фитопатогенов. На территории РФ ежегодно работы по защите зерновых колосовых культур ведутся на площади более 32 млн. га (Говоров и др., 2019; 2020; 2021). При этом экономическая целесообразность применения пестицидов в стране значительна, сохраненный урожай достигает 29,4 %, из них 7,9 % отведено действию фунгицидов (Захаренко, 2018).

Правовое регулирование безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами осуществляется согласно Федеральному закону от 19 июля 1997 г. № 109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» и другими нормативными правовыми актами. Пестициды проходят

обязательные регистрационные испытания с целью разработки эффективного и безопасного регламента применения и вносятся в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

В настоящее время зарегистрировано более 740 наименований действующих веществ и их комбинаций, в то время как, например в 2015 г. их насчитывалось около 440 (Государственный каталог, 2015, 2022). По данным Агентства плодородия, организации, осуществляющей оценку угроз и рисков безопасности и контроля использования пестицидов, спрос на российском рынке химических средств защиты в 2020 г. составил 200 тыс. тонн, а по прогнозам к 2030 г. этот показатель может вырасти от 278 до 341 тыс. тонн. В настоящее время по объемам продаж фунгициды занимают 3 место, после гербицидов и инсектицидов (Рынок химических средств..., 2021).

Фунгициды (от лат. *fungus* – гриб, *caedo* – убиваю) – это вещества химического или биологического происхождения, предназначенные для борьбы или сдерживания развития фитопатогенных грибов - возбудителей болезней сельскохозяйственных растений. По целевому назначению они делятся на следующие группы: почвенные – препараты для стабилизации почвенной микробиоты, не микрофлоры; протравители семян – действуют против семенной и почвенной инфекции; препараты для обработки вегетирующих растений - для защиты против листостебельных и колосовых заболеваний. Фунгициды могут быть защитного действия, то есть препятствующие внедрению возбудителя в ткани растений, лечащие – способные подавлять развитие возбудителя, внедрившегося в ткани растений (Попова, 2009).

На территории Краснодарского края ежегодно против фитопатогенов проводят защитные мероприятия на площади более 2 млн. га (Говоров и др., 2019; 2020; 2021). В условиях центральной зоны на посевах пшеницы, как уже отмечалось ранее часто встречаются такие вредоносные заболевания как корневые и прикорневые гнили, стеблевая, желтая и бурая ржавчины, желтая

пятнистость листьев, септориоз, фузариоз колоса и другие. Применение фунгицидов позволяет сдерживать их развитие, что способствует снижению потери урожайности. На озимой пшенице применяются фунгициды из 12 различных химических групп, наиболее представленными из которых являются триазолы, имидазолы, бензоимидазолы и стробилурины (Государственный каталог, 2022).

Триазолы - самая большая химическая группа. Она включает 12 действующих веществ, которые входят в состав более чем 200 фунгицидов, применяемых на озимой пшенице - дифеноконазол, метконазол, пропиконазол, протиоконазол, тебуконазол, тетраконазол, триадименол, триадимефон, тритиконазол, флутриафол, ципроконазол, эпоксиконазол (Государственный каталог, 2022).

Фунгициды более токсичны для мицелия гриба и в меньшей степени снижают прорастание спор и спорулирующую способность. Являются ингибиторами биосинтеза эргостерина в мембранах гриба. Действующее вещество вступает в реакцию С-14-деметилирования, блокирует отщепление метильной группы от ланостерина в 14-м положении (Тютюрев, 2010).

Триазолы с различной скоростью распадаются в почве. К неустойчивым относится триадимефон. К среднеустойчивым – тебуконазол (период полураспада в почве (Т50) - 56 суток) и дифеноконазол (Т50 - 85 суток). К устойчивым - эпоксиконазол (Т50 - 120 суток), ципроконазол (Т50 – 129 суток), тритиконазол (Т50 - 161 суток) и пропиконазол (Т50 – 214 суток). Самыми устойчивыми являются тетраконазол (Т50 - 430 суток) и флутриафол (Т50 - 860 суток) (Илларионов, 2014).

Известно, что действующие вещества триазольной группы влияют не только на патоген, но и на растение. Обработка семян злаковых культур препаратами, содержащими тебуконазол, приводят к биохимическим и физиологическим изменениям, которые способствуют повышению устойчивости к пониженным температурам (Побежимова и др., 2020). В

неблагоприятные агроклиматические условия на растении часто наблюдается ретардантный эффект, на озимой пшенице он проявляется в виде торможения процесса удлинения междоузлий (Попов и др., 2003). Преимущественное содержание 4S и 2R изомеров дифеноконазола в препарате позволяет снизить токсичное действие на растения, при этом сохранив фунгицидные свойства (Патент № 2656550). Подтверждено влияние триазолов в почве на уменьшение количества зеленой биомассы растений томатов, но при этом наблюдалось прибавка общего урожая за счет увеличения размера плодов (Jakl et al., 2021).

Метконазол проявляет сильную фунгицидную активность против возбудителей фузариоза колоса в сравнении с эпоксиконазолом и тебуконазолом. При этом использование метилового эфира рапсового масла как вспомогательного активного вещества снижает подавление роста мицелия грибов (Sawinska et al., 2016). Флутриафол более эффективен против патогенных грибов *Erysiphe graminis*, *Pyrenophora teres*, *Botrytis cinerea*, *Pyricularia oryzae*, *Ustilago zaeae* и *Rhynchosporium secalis*, чем тебуконазол и пропиконазол *in vitro* (Kwok, 1993).

Известно влияние триазолов на микробиоту ризосферы (Roman et al., 2021). Исследования в лабораторных условиях показали, что содержание дифеноконазола в концентрации 0,04 мг/кг почвы вызывало снижение микробной активности нецелевых микроорганизмов. В тоже время, как в других исследованиях, применение эпоксиконазола, флутриафола и тебуконазола в рекомендованных нормах не влияло или в меньшей степени влияло на почвенную микробную биомассу. Применение пропиконазола в норме 1,0 и 5,0 кг/га через неделю способствовало увеличению роста бактериальных и грибных сообществ по сравнению с необработанной почвой, а через две – четыре недели наблюдалось выраженное уменьшение почвенных микроорганизмов. Применение тетраконазола в рекомендованной норме снижало микробную биомассу и активность почвы в течение всего

инкубационного периода, а для повышенных концентраций негативное влияние на почвенную микрофлору сохранялось в течение 90 дней (Roman et al., 2021).

Фунгициды триазольной группы имеют широкий спектр действия против фитопатогенов. На озимой пшенице препараты на основе дифеноконазола, тебуконазола и тритиконазола применяются в качестве протравителей семян и эффективны против плесневения, ряда корневых гнилей, семенной инфекции септориоза, пыльной и твердой головни (Государственный каталог, 2022). К ним относятся Бункер, ВСК, Виталон, КС, Дивиденд Экстрим, КС, Доспех, КС, Максим Плюс, КС, Премис Двести, КС, Примэкс, КС и другие. Для защиты растений пшеницы в течение вегетации против септориоза листьев и желтой пятнистости зарегистрированы препараты на основе флутриафола, эпоксиконазола, ципроконазола, тетраконазола и тебуконазола. К ним относятся Алькор, КС, Импакт 500, КС, Колосаль, КЭ, Рекс С, КС, Рекрут, КС, Триафол, КС, Фоликур, КЭ, Эминент, МЭ. Фунгициды, содержащие пропиконазол, триадимефон, флутриафол и ципроконазол, эффективны против мучнистой росы и ржавчинных заболеваний пшеницы. К ним относятся Альто Супер, КЭ, Адванс, ВДГ, Профи, КЭ, Профи Супер, КЭ, Тилт, КЭ, Фолиант, КЭ, и другие. Колосовые заболевания сдерживают препараты на основе ципроконазола и эпоксиконазола, на пример Алькор, КС, Ракурс, СК, Рекс С, КС, Цимус, КС и другие (Государственный каталог, 2022).

Группа имидазолы включает два действующих вещества, которые входят в состав 60 фунгицидов, применяемых на озимой пшенице – имазалил и прохлораз. Вещества являются высоко растворимыми в органических растворителях и низко растворимыми в воде. Имазалил не устойчив в почве, период полураспада составляет 6 суток, а полный распад происходит за 61 сутки. Прохлораз напротив очень устойчив в почве, его период полураспада составляет 556 суток (Илларионов, 2014).

Механизм действия имидазолов связан с нарушением биосинтеза эргостерина, приводит к снижению образования белка и нуклеиновых кислот,

увеличивает содержание жирных кислот. Наблюдается изменение морфологии спор (Тютерев, 2010). Фунгицидная активность имазапила в отношении ряда фитопатогенов зависит от pH среды, так препараты менее эффективны при pH 5,2, чем при pH 7,0 (Siegel et al., 1977).

Применение имазапила в качестве протравителя семян ячменя положительно влияет на содержание в почве популяции *Pseudomonas* (Thirup et al., 2001). Также исследования в лабораторных условиях смешивания прохлора с почвой в различных концентрациях показали негативное влияние на популяцию почвенных грибов, стимулируя при этом рост бактерий (Tejada et al., 2011).

Фунгициды группы имидазолов на озимой пшенице применяются в комбинации с другими действующими веществами. Препараты, содержащие имазапил, используют в качестве протравителя семян против плесневения, твердой и пыльной головни, ряда корневых и прикорневых гнилей и мучнистой росы (Государственный каталог, 2022). К ним относятся Бенефис, МЭ, Клад, КС, Скарлет, МЭ, Туарег, СМЭ, Фаворит Трио, КС и другие. Прохлораз в комплексе с другими действующими веществами применяется против семенной и почвенной инфекции (Виал Трио, ВСК, Кинто Дуо, КС, Поларис, МЭ), а также против листовых и колосовых заболеваний (Бампер Супер, КЭ, Замир, ЭМВ,) (Государственный каталог, 2022).

К бензимидазолам относятся фунгициды защитного и лечащего действия. Группа одна из первых была предложена в качестве системных препаратов широкого спектра действия. Она включает четыре действующих вещества, которые входят в состав 45 фунгицидов, применяемых на озимой пшенице – беномил, карбендазим, тиабендазол, тиофанат-метил. Эти вещества низкорастворимы в воде. Беномил, тиофанат-метил и карбендазим неустойчивы в почве, период полураспада составляет до 22 суток. Период полураспада тиабендазола составляет 724 суток (Илларионов, 2014).

Все соединения сдерживают прорастание спор, рост аппрессориев и мицелия, подавляя образование ростовых трубочек за счет ингибирования биосинтеза микротубул при делении ядра клетки (Тютюрев, 2010). Эффективность препаратов на основе бензимидазолов зависит от среды водного раствора, с понижением значения рН снижается их фунгицидная активность.

Беномил химически не стабилен, при контакте с водой гидролизуется до карбендазила и в процессе хранения теряет защитные свойства (Попов и др., 2003). Тиофанат-метил также в клетках растений превращается в карбендазим.

Беномил и другие производные бензимидазола легко проникают в растения, как через корни, так и через стебли и листья, перемещаясь акропетально транспирационным потоком в ксилеме (Комарова и др., 2020). Также прямо пропорционально увеличению нормы применения беномила на семенах зерновых культур увеличивает активность антиоксидантных ферментов в проростках, что позволяет растению быстрее справиться с стрессовым фактором (Амиркулова, 2016).

Применение тиофанат-метила и карбендазима для защиты пшеницы является экологически безопасным решением, поскольку опыты показывают полное отсутствие остаточных количеств действующих веществ в зерне и соломе на момент уборки (Комарова и др., 2020). Установлено, что карбендазим в растении в качестве метаболита разлагается быстрее, чем в качестве действующего вещества (Комарова и др., 2020). Известно, что действующее вещество способствует появлению мутаций у растений. Это происходит за счет нарушения деления ядра клетки. Такая реакция растений на соединение служит одним из методов мутационной селекции в сельском хозяйстве (Черемисинов, 2017).

Фунгициды на основе соединений группы бензимидазолов обладают широким спектром действия. Препараты, содержащие беномил, применяют на посевах озимой пшенице в качестве протравителя семян против плесневения,

пыльной и твердой головни, фузариозной, церкоспореллезной и офиоблезной корневых гнилей (Государственный каталог, 2022). А также используют для опрыскивания посевов в период вегетации для сдерживания развития снежной плесени, мучнистой росы, корневых и прикорневых гнилей. К ним относятся Беномил 500, СП, Беназол, СП, Фундазол, СП и другие. Фунгициды на основе карбендазима, такие как Колфуго Супер, КС, Феразим, КС, применяются для опрыскивания посевов в период вегетации против корневых гнилей и мучнистой росы. Протравливание семян препаратами Карбезим, КС, Кредо, СК сдерживает развитие пыльной и твердой головни, корневых гнилей и плесневения семян. Тиабендазол содержится в фунгицидах в комбинации с другими действующими веществами, используется для обработки семян перед посевом против плесневения, пыльной и твердой головни, корневых гнилей, снежной плесени и мучнистой росы. Тиабендазол входит в состав Винцит Форте, КС, Доспех 3, КС, Клад, КС, Фаворит Трио, КС и других препаратов (Государственный каталог, 2022). Фунгицид Топсин-М, КС на основе тиофанат-метила применяют для опрыскивания посевов в период вегетации против мучнистой росы. Действующее вещество в комбинации с флутриафолом (Феникс Дуо, КС) эффективно против стеблевой и бурой ржавчины, септориоза листьев и колоса (Государственный каталог, 2022).

Стробилурины – системные и контактные фунгициды защитного, лечащего и искореняющего действия. Группа включает шесть действующих веществ, которые входят в состав 42 фунгицидов, применяемых на озимой пшенице – азоксистробин, крезоксим-метил, пикоксистробин, пиракlostробин, трифлостробин, флуоксастробин (Государственный каталог, 2022).

Первое действующее вещество было выделено из гриба *Strobilurus tenacellus*, позже ученые создали более эффективные и стабильные синтетические соединения. На рынки фунгициды поступают с начала 1990-х годов. Препараты обладают трансламинарным распределением по растению, поэтому имеют преимущества по сравнению с контактными пестицидами,

способны проникать в восковой слой листьев и перемещаться к нижней стороне листа. Фунгициды способны сдерживать прорастание спор, предотвращая проникновение патогена, а также снижать споруляцию, что делает их эффективными даже после проявления заболевания (Valba, 2007; Тютерев, 2010).

Механизм действия стробилуринов заключается в нарушении дыхания в клетке гриба. Происходит это за счет блокировки третьего комплекса переноса электронов в месте окисления хинона от цитохрома *b* к цитохрому *c1* во внешней мембране митохондрии (Тютерев, 2010).

Существуют данные, что стробилурины могут быть фитотоксичны для растений определенных генотипов. Например, сорт яблони Макинтош, популярный в Северной Америке, гибрид винограда Конкорд и некоторые сорта черешни чувствительны к действующим веществам из класса стробилуринов (Agrios, 2005). И напротив, могут обладать положительным влиянием на физиологию растений злаковых культур, создавая эффект «озеленения» и обеспечивая прибавку урожайности при неэффективной защите от фитопатогенов (Тютерев, 2010).

Подтверждено ингибирующее действие азоксистробина на рост корней и побегов озимой пшеницы, при этом влияние на корни было более выражено. С увеличением концентрации вещества эффект усиливался и составлял от 34,6 % до 63,1 %, но жизнеспособность клеток не снижалась (Бережная и др., 2020).

Стробилурины имеют различные периоды распада в почве. К неустойчивым относятся: трифлуксистробин (полураспад (T50) в почве – 7 суток), крезоксим-метил (T50 - 16 суток), пикоксистробин (T50 – 20 суток). К среднеустойчивым в почве относятся пиракlostробин (T50 – 32 суток) и флуоксастробин (T50 – 77 суток). К устойчивым относят азоксистробин (T50 - 180,7 суток) и димоксистробин (T50 - 365 суток) (Илларионов, 2014).

Отмечено достоверное увеличение не только урожайности зерна на сортах, восприимчивых и средневосприимчивых к листовостебельным

заболеваниям, но и улучшение качества зерна за счет действия пираклостробина. При этом на сортах, устойчивых к болезням, наблюдается только увеличение урожая (Асхадуллин и др., 2020).

Фунгициды на основе соединений группы стробилуринов обладают широким спектром действия. Азоксистробин часто используется в комплексе с действующими веществами триазольной группы. Например, препараты Азорит, СК и Амистар Экстра, СК эффективны против септориоза, пиренофороза, стеблевой и бурой ржавчины, мучнистой росы и черни колоса. Тебаз Про, СК (д.в. азоксистробин + тебуконазол) применяется для сдерживания листовых заболеваний, а также фузариоза и септориоза колоса. Для протравливания семян используют фунгициды, содержащие в комплексе флудиоксанил или тирам и тебуконазол. Препараты Багрец, КС, Гераклион, КС эффективны против плесневения семян, твердой головни, корневых гнилей и септориоза (Государственный каталог, 2022).

Препараты, содержащие в своем составе крезоксим-метил (Идеал, КС, Терапевт Про, КС и др.), применяются для опрыскивания растений в период вегетации против мучнистой росы, ржавчинных заболеваний, пятнистостей листьев, фузариоза и септориоза колоса. Аканто Плюс, КС на основе пикоксистробина и ципроконазола, также применяется на вегетирующих растениях озимой пшеницы для сдерживания развития желтой пятнистости листьев, мучнистой росы, бурой и желтой ржавчины, фузариоза колоса. Фунгициды на основе пираклостробина, такие как Иншур Перформ, КС, Тридим, КС, эффективны против плесневения семян, твердой и пыльной головни, корневых гнилей. Другие препараты используют для опрыскивания посевов в период вегетации для сдерживания развития стеблевой и бурой ржавчины, желтой пятнистости листьев, септориоза и мучнистой росы. К ним относятся Абакус Ультра, СЭ, Приаксор, КЭ, Феразим Грин, КС и другие. Деларо, КС, содержащий в своем составе трифлуксистробин и протиоконазол, применяется на озимой пшенице против листовых заболеваний.

Фунгициды на основе флуоксастробина, такие как Баритон, КС и Сценик Комби, КС, используют для предпосевной обработки семян с целью защиты от плесневения, твердой и пыльной головни, корневых и прикорневых гнилей, снежной плесени и септориоза. Препарат Эвито Т, КС эффективен против листовых болезней, фузариоза и септориоза колоса (Государственный каталог, 2022).

Обзор литературы подтверждает большой ассортимент химических средств защиты озимой пшеницы от возбудителей заболеваний. Группы фунгицидов имеют различное химическое происхождение и обладают разноцелевым механизмом действия на фитопатогены. Эффективность химических препаратов без сомнений остается на высоком уровне, поэтому объем их использования в сельском хозяйстве занимает ведущее место. Однако этот метод защиты имеет ряд серьезных недостатков. Несмотря на постоянное совершенствование ассортимента химических средств, они определенно оказывают негативное воздействие, как на защищаемые растения, так и на весь агроценоз в целом. Считается, что более 98 % распыляемых пестицидов достигают места назначения, отличного от их целевых объектов, становясь причиной загрязнения воздуха, воды и почвы (Pérez-Lucas et al., 2019). Из-за длительного распада действующих веществ использование химических фунгицидов приводит к их накоплению в окружающей среде и растительной продукции. А необоснованное и не соответствующее регламенту их применение способствует образованию резистентных форм в популяции фитопатогенов, что снижает эффективность защитных мероприятий и в дальнейшем может привести к неконтролируемым последствиям.

1.3.2 Формирование резистентности фитопатогенов к фунгицидам и пути решения проблемы

Резистентность (от лат. *resistento* – сопротивляться) – это естественный

процесс биологической эволюции фитопатогенов, позволяющий им адаптироваться к изменениям в окружающей среде, что обеспечивает жизнеспособность и дальнейшее существование популяции (Щербакова, 2019). Первые упоминания о развитии резистентности фитопатогенов к фунгицидам начали появляться после 1960 г. (Захаренко, 2001). Препараты на основе ртутьорганических соединений стали терять свою эффективность спустя 40 лет непрерывного использования, снижение чувствительности было зафиксировано у возбудителя гельминтоспориоза овса (*Pyrenophora avenae*) (Захаренко, 2001). Устойчивость мучнисторосяных грибов к пиримидинам, парши яблони (*Venturia inaequalis*) и серой гнили (*Botrytis cinerea*) к бензимидазолам появилась в начале 1970-х г., после двух лет использования. К 1977-1979 гг. были обнаружены устойчивые изоляты серой гнили к дикарбоксимидам на землянике и баклажане, после 3-х летнего применения (Гольшин, 1993). В 1980-1982 гг. выявлены случаи устойчивости возбудителя ложной мучнистой росы винограда (*Plasmopara viticola*) и фитофтороза картофеля (*Phytophthora infestans*) к фениламидам, возбудителя мучнистой росы зерновых культур (*Blumeria graminis*) – к фунгицидам, ингибирующим деметилирование. В это же время появилась резистентность у возбудителя серой гнили к дикарбоксимиду. В 1984 г., спустя 14 лет применения, резистентность обнаружена у возбудителя пыльной головни ячменя (*Ustilago nuda*) к фунгицидам карбоксанилидной группы. В середине 1980-х возбудитель септориоза пшеницы выработал устойчивость к фунгицидам группы бензимидазола, а в 2002 г. были обнаружены изоляты со сниженной чувствительностью к стробилурину (Pathogen risk list..., 2019). В 2007 г. выявлена резистентность грибов рода *Alternaria* к фунгицидам – ингибиторам сукцинатдегидрогеназы после четырех лет применения (Deising et al., 2008).

В конце 80 – х годов в мире было зафиксировано уже более 150 видов устойчивых фитопатогенов (Захаренко, 2001), а позже эта цифра достигла 250 видов (Damicone, 2014).

В зависимости от патогена и действующего вещества, устойчивость к фунгициду сохраняется от 6 месяцев до 3 – х лет. При этом возвратные мутации, приводящие к резкому падению устойчивости, также встречаются (Гольшин, 1993). Исследования доказывают, что резистентные изоляты часто вначале имеют пониженную приспособленность и сопровождаются падением патогенности, но в последующие годы наблюдается увеличение агрессивности возбудителя заболевания (Деревягина и др., 1999; Дьяков и др., 1998; 2007).

Комитетом по борьбе с устойчивостью к фунгицидам FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) предложена классификация по риску снижения эффективности фунгицидов к экономически значимым заболеваниям (Brent et al., 2007). Так, низкий риск формирования резистентности установлен к классу меди, дитиокарбаматов, хлороталонилов, фталимидов, пироксифенов, пробеназолов, серы, трициклазолов. Средний риск имеют классы хиноксифенов, аминов, 2-аминопиримидинов, азолов, ароматических углеводов, анилинопиримидинов, карбоновых кислот, карбоксанилидов, карпропамидов, амидов, цимоксанилов, касугамицинов, фенгексамидов, фенилпирролов, фосфоротиолатов. К группе с высоким риском относятся стробилурины, бензимидазолы, фениламины, дикарбоксимиды (Brent et al., 2007).

Возбудителей заболеваний также условно можно разделить на группы с различной степенью риска возникновения устойчивости к фунгицидам. По результатам мониторинга комитета FRAC фитопатогены отнесены к высокому риску в том случае, если обнаружена устойчивость к двум и более классам фунгицидов. Так, возбудитель мучнистой росы зерновых считается патогеном высокого риска, потому что устойчивость развилась к шести различным химическим классам в течение 2–5 лет. К этой же группе отнесены возбудители серой гнили, фитофтороза картофеля, парши яблони, пирикулярриоза риса, рамулярриоза ячменя, альтернариоза, ложной мучнистой росы на винограде и другие. Южный и северный гельминтоспориоз кукурузы, церкоспороз сои и

сахарной свеклы, церкоспореллез зерновых, антракноз, септориоз и желтая пятнистость листьев пшеницы отнесены к группе со средним риском развития резистентности. Грибы рода *Puccinia spp.*, *Pythium spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Sclerotium spp.*, *Tilletia spp.*, *Ustilago spp.* и другие являются патогенами с низким риском (Pathogen risk list., 2019).

Исследования изменения генома резистентных особей в популяции фитопатогенов позволило установить механизмы образования устойчивости к моносайтовым фунгицидам (Щербакова, 2019). Так, к веществам - ингибиторам деметилирования (азолы), ингибиторам внешнего хинона (стробилурины) и ингибиторам сукцинатдегидрогеназы устойчивость обусловлена изменением целевого белка из-за мутаций в кодирующем гене (Lucas et al., 2015). Это приводит к резкому снижению эффективности фунгицидов в полевых условиях (Deising et al., 2008). Есть сведения об адаптационных механизмах, направленных на снижение летальной концентрации токсиканта в клетке гриба, за счет действия ABC или других транспортеров (Щербакова, 2019). Также, например, для патогенных грибов свойственна деградация фунгицида метаболическими ферментами (Lucas et al., 2015).

Резистентность популяции фитопатогенов обусловлена в первую очередь накоплением в ней изолятов с низкой чувствительностью к фунгицидам. Известны случаи снижения чувствительности популяции возбудителя фузариоза колоса пшеницы (*F. graminearum*) к метконазолу и тебуконазолу. Среднее значение СК₅₀ для изолятов, собранных до масштабного применения этих действующих веществ (до 2000 г.), составляло 0,0240 мкг/мл для метконазола и 0,1610 мкг/мл для тебуконазола. В то время как значение этого показателя для изолятов, собранных в период с 2000 по 2014 годы, было значительно выше и составило 0,0405 мкг/мл и 0,3311 мкг/мл соответственно (Anderson et al., 2020).

В зависимости от патогена и действующего вещества, устойчивость к фунгициду сохраняется от 6 месяцев до 3 лет. При этом возвратные мутации,

приводящие к резкому падению устойчивости, также встречаются (Голышин, 1993).

Исследования доказывают, что изоляты, контактирующие с фунгицидом, часто вначале имеют пониженную приспособленность и сопровождаются падением патогенности, поэтому не представляют опасности эпифитотийного распространения патогена (Дьяков и др., 1998; 2007). Но в последующие годы наблюдается увеличение агрессивности возбудителя заболевания (Деревягина и др., 1999).

В работах Ю.Т. Дьякова (1998) наглядно показано падение патогенности в популяции возбудителя фитофтороза картофеля (*Phytophthora infestans*) под влиянием высоких доз фунгицидов. Отмечено подавляющее действие фунгицидов на основе дифеноконазола (триазолы) и флудиоксонила (фенилпирролы) на ооспорообразование возбудителя (Мыца, 2015). В работах Л.Г. Тырышкина (2017) описано снижение вирулентности и показателей агрессивности возбудителя листовой ржавчины ржи (*Puccinia dispersa*) под действием водного раствора бензимидазола. Также известно снижение средней вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы *P. triticina* под действием фунгицида Рекс дуо, КС (Кольбин и др., 2010).

Основными причинами возникновения устойчивости к фунгицидам является регулярное использование фунгицидов с одним механизмом действия, необоснованное их использование и нарушение установленного регламента применения. Так, в 2020 г. средняя пестицидная нагрузка на территории РФ составила 1,31 кг/га (Ежегодник ..., 2021). Максимальные значения зафиксированы в Сахалинской, Калининградской и Астраханской областях, 4,12 кг/га, 3,47 кг/га и 3,03 кг/га соответственно (Ежегодник ..., 2021). При этом для защиты зерновых культур предпочтения отдаются двух- и трехкомпонентным фунгицидам на основе тебуконазола, пропиконазола, трибендазима и спироксамина, таким как Фалькон, Абакус Ультра, Колосаль Про, Альто Супер, Солигор и Амистар Экстра (Страновой обзор..., 2020).

Объемы их применения в 2018 г. достигли от 0,34 тыс. тонн (Амистар Экстра) до 1,1 тыс. тонн (Фалькон).

В настоящее время ведутся работы по поиску среди аналогов и синтезу новых химических соединений с неспецифическим механизмом действия на целевой объект. Но для предотвращения риска снижения эффективности фунгицидов, необходимо прорабатывать антирезистентную стратегию их использования до начала введения в производство (Белан, 2003).

В сентябре 2019 г. в рамках IV Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России», организатором которого являлся ФГБНУ ВИЗР, был проведен симпозиум "Резистентность вредных организмов к пестицидам". Обсуждались актуальные вопросы снижения чувствительности вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур к пестицидам (Сухорученко, 2019). По данным мониторинга за период с 1964 по 2019 гг., у 17 видов фитопатогенов выявлены резистентные формы в полевых и тепличных условиях к действующим веществам из химических классов органофосфатов, ацилаланинов, фенилпирролов, триазолов, бензимидазолов (Сухорученко, 2020).

Предотвратить процесс эволюции невозможно, но снизить риск тотальной резистентности вредных организмов к фунгицидам является главной задачей на сегодняшний день. Детальное изучение этапов формирования резистентных форм в популяции вредных организмов, а также поиск химических веществ с новыми механизмами действия является основополагающим направлением для решения существующей проблемы (Волкова, 2007).

Актуальным остается соблюдение ряда правил защиты растений производителями растениеводческой продукции. Во-первых, это регулярный мониторинг развития заболеваний на посевах сельскохозяйственных культур, что обеспечит экономическую и экологическую целесообразность применения

фунгицидов. Чередовать моносайтовые препараты с различным механизмом действия и использовать комбинированные фунгициды из разных химических классов. Это позволит контролировать большой спектр заболеваний, а также предотвратит распространение устойчивых рас патогена при наличии резистентности. Важным аспектом также является следование регламентам применения пестицидов, которые устанавливают рекомендуемую норму, сроки и способы их использования, что обеспечит максимальную эффективность и снизит пестицидную нагрузку на агроэкосистему (Тютюрев, 2001; Hollomon, 2015).

Проведенный анализ литературы доказывает, что снижение чувствительности фитопатогенов к фунгицидам остается проблемой, с каждым годом число резистентных популяций становится больше (Сухорученко, 2019). Это подтверждает важность перманентного изучения факторов устойчивости. Одним из основных путей остается мониторинг, поэтому исследования, предлагаемые нами, позволяют выявить начало снижения чувствительности фитопатогенов, что в дальнейшем позволит корректировать систему защиты и предотвратить накопление резистентных форм в популяции фитопатогена.

Глава II. МЕСТО, УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Место и агроклиматические условия

Исследования проводили в г. Краснодар на опытных полях Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений», расположенного в центральной зоне Краснодарского края. Почвенный покров характеризуется черноземом выщелоченным мицелярно - карбонатным (черноземы глубокие выщелоченные) со слабокислой реакцией (рН 5,5...6,5). Рыхлые почвообразующие породы – глинистые и тяжелосуглинистые (Национальный атлас, 2015). Гумус в пахотном слое почвы – гуматный, составляет 3,0 – 4,5 %, постепенно уменьшающийся с глубиной. Содержание общего азота – 0,20 %, подвижного фосфора – 18,2 мг/100 г почвы, обменного калия – 30,6 мг/100 г (Слюсарев, 2018). Почва благоприятна для выращивания большинства сельскохозяйственных культур: зерновые (пшеница, ячмень, кукуруза), бобовые (горох, соя), технические (картофель, сахарная свекла) и др.

Центральная зона Краснодарского края характеризуется умеренным увлажнением с избыточной солнечной радиацией. Отмечается неустойчивость погодных условий, часто засушливые годы сменяются влажными, холодные зимы сменяются теплыми. Среднегодовое количество осадков (550 - 650 мм) распределяется по месяцам не равномерно. Осенние заморозки начинаются во второй – третьей декадах ноября. Зимний период с частыми оттепелями и незначительным снежным покровом, почва зачастую промерзает на глубину 10-15 см, поэтому условия перезимовки озимых не всегда благоприятны (Гоник, 2013). Средняя многолетняя температура января -1,8 °С, в феврале -0,9 °С. Отличительной особенностью осеннего и зимнего периода является повышенная влажность и обильные осадки. Весенние заморозки кончаются

обычно в первой декаде марта, далее наблюдается быстрое нарастание температур. Самые теплые и засушливые месяца за вегетационный период озимой пшеницы – июнь и июль, среднемноголетняя температура $+20,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Исследования проводили в 2018-2021 гг. Вегетационный сезон 2018-2019 гг. складывался благоприятно для развития озимой пшеницы (рисунок 1). Относительная влажность воздуха в течение всего периода была выше среднемноголетних показателей и составляла в среднем по месяцам 82 %. Зима малоснежная с преимущественно положительными температурами. В весенний период отмечены обильные осадки и оптимальная температура для развития фитопатогенов. В фазу восковой спелости отмечено выпадение обильных осадков, что повлияло на развитие колосовых заболеваний.

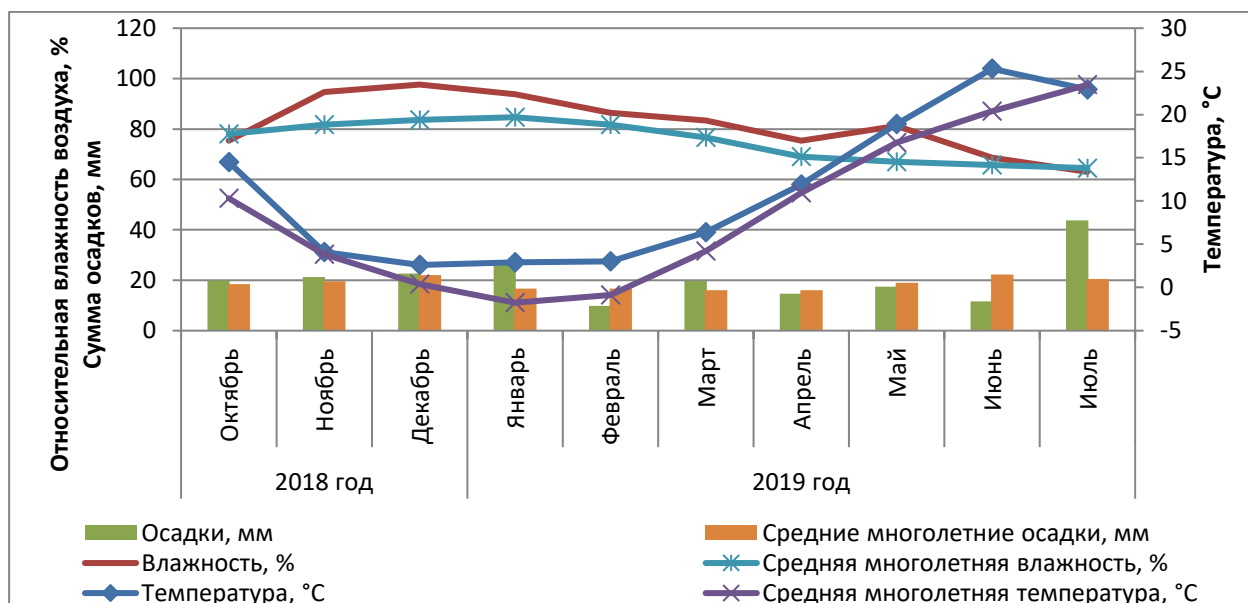


Рисунок 1 - Климатограмма погодных условий, метеостанция «Круглик», 2018-2019 гг., г. Краснодар

Вегетационный сезон 2019-2020 гг. значительно отличался от предыдущего года. Осенью, в период посева озимой пшеницы, отмечен недостаток влаги в почве, что повлияло на дружность всходов. Зима была малоснежная и теплая, с частыми оттепелями. Февраль характеризовался неблагоприятными климатическими условиями для развития культуры. В первой декаде наблюдались дни с температурой воздуха до $+17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6 февраля) и возвратные морозы до $-13,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (10 февраля). С первой декады марта по

третью декаду апреля отмечен дефицит влаги, что послужило фактором, сдерживающим развитие листовых заболеваний пшеницы (рисунок 2).

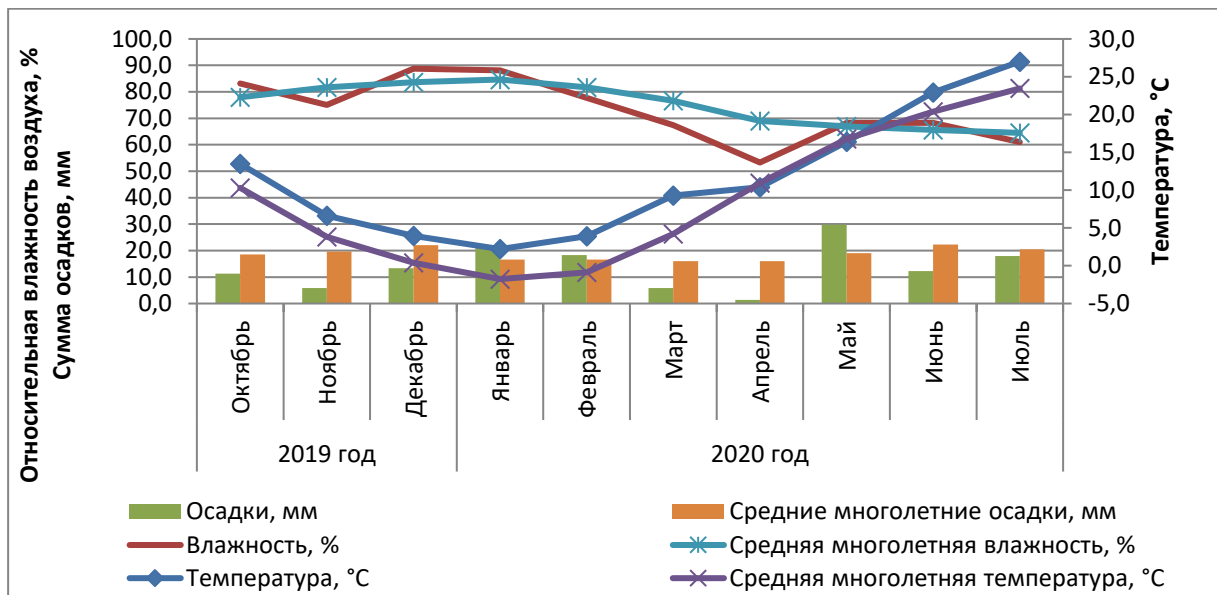


Рисунок 2 - Климатограмма погодных условий, метеостанция «Круглик», 2019-2020 гг., г. Краснодар

Вегетационный сезон 2020-2021 гг. характеризовался благоприятными условиями, как для развития растений пшеницы, так и для фитопатогенов. Зима отличалась обилием снега, а весенне-летний период - обилием осадков и повышенной влажностью воздуха (рисунок 3).

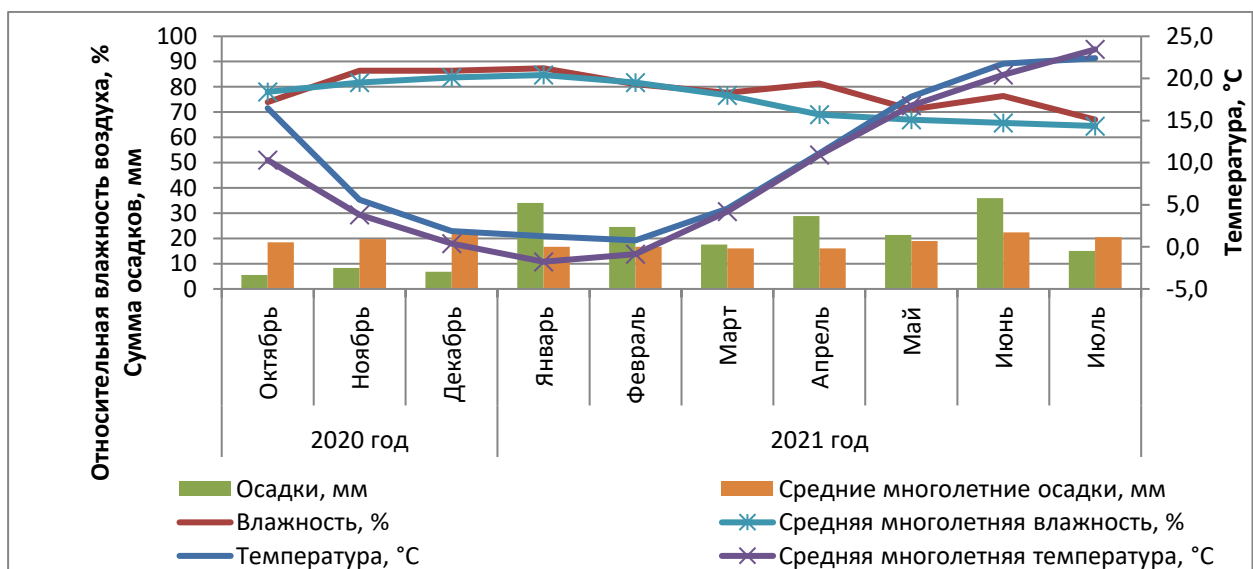


Рисунок 3 - Климатограмма погодных условий, метеостанция «Круглик», 2020-2021 гг., г. Краснодар

В этом году отмечено высокое развитие желтой пятнистости листьев и бурой ржавчины.

2.2 Объекты и материалы исследований

Объектами исследования являлись фитопатогенные грибы, вызывающие плесневение семян, фузариозную корневую гниль, септориоз листьев, желтую пятнистость листьев, бурую ржавчину.

Плесневение семян вызывают грибы родов *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Aspergillus* и др. (рисунок 4). Проявляется в виде налета на поверхности семян. Заболевание опасно в период хранения и в момент всходов культуры. При сильном развитии плесневение приводит к снижению всхожести.

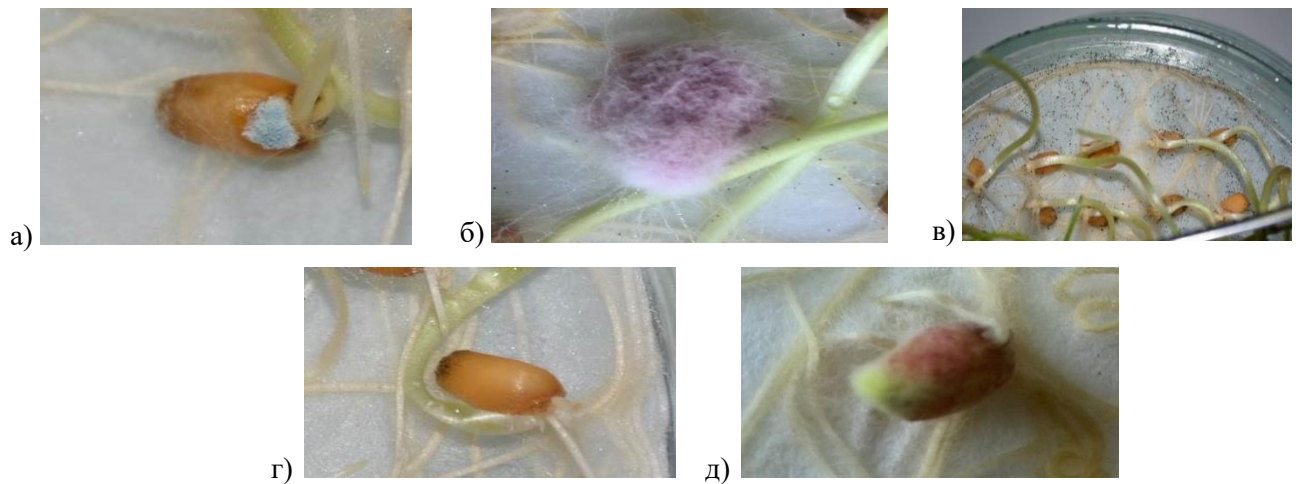


Рисунок 4 – Плесневение семян озимой пшеницы (фото Гвоздевой М.С.): а) *Penicillium spp.*; б) *Fusarium spp.*; в) *Rhizopus spp.*; г) *Alternaria spp.*; д) *Aspergillus spp.*

Возбудители фузариозной корневой гнили грибы рода *Fusarium* (рисунок 5) сохраняются на растительных остатках в виде конидий и мицелия, на семенах – конидиями, в почве – хламидоспорами и склероциями.

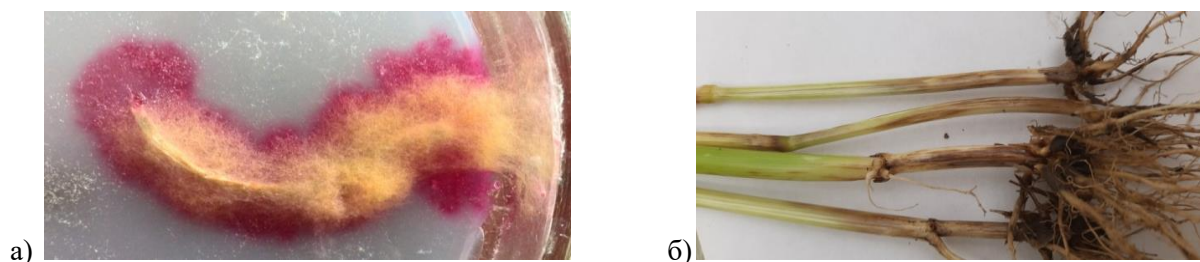


Рисунок 5 – Признаки фузариозной корневой гнили озимой пшеницы (фото Гвоздевой М.С.): а) мицелий гриба на голодном агаре; б) симптомы на прикорневой части

При раннем заражении патоген снижает полевую всхожесть семян за счет отмирания проростков. При позднем поражении на корнях, подземном междоузлии и у основания стебля появляются коричневые штрихи. Оптимальными условиями для развития фитопатогена является температура + 24-26 °С и относительная влажность воздуха 40-60 %.

Возбудитель септориоза листьев пшеницы (*S. tritici*) поражает преимущественно листья пшеницы, реже влагалища и стебли. Пятна линейные с желтой или темно-бурой каймой, в центре белеющие с многочисленными черными пикнидами (рисунок 6). Сохраняется на пораженных растительных остатках, на посевах пшеницы и падалице. Оптимальными условиями для развития гриба является температура + 20-25 °С и наличие капельной влаги более двух недель.

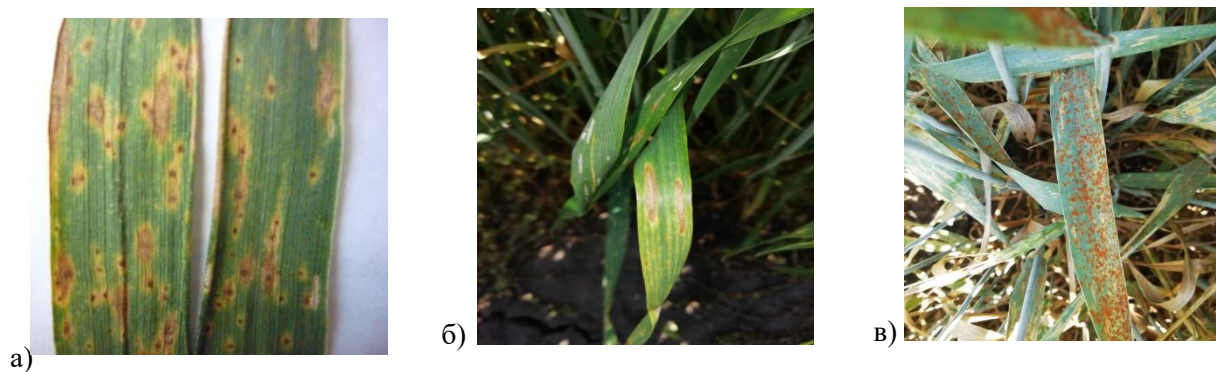


Рисунок 6 – Листовые заболевания озимой пшеницы (фото Гвоздевой М.С.): а) желтая пятнистость листьев (*P. tritici-repentis*); б) септориоз листьев (*S. tritici*); в) бурая ржавчина пшеницы (*P. triticina*)

Возбудитель желтой пятнистости (*P. tritici-repentis*) проявляется на листьях в виде желто-коричневых линзообразных пятен с темнеющим центром. Гриб сохраняется конидиями и псевдотециями на пораженных растительных остатках. Оптимальными условиями для развития фитопатогена является температура + 25-26 °С и относительная влажность воздуха 95-98 %.

Возбудитель бурой ржавчины пшеницы (*P. triticina*), узкоспециализированный, базидиальный, двудомный гриб с полным циклом развития, промежуточным хозяином служат василистник, легица, злаковые сорняки. Оптимальными условиями для развития патогена является

температура + 20-22 °С и относительная влажность воздуха 70-80 %. Заболевание проявляется в виде разрывов эпидермиса с образованием порошащих округлых хаотично разбросанных коричневых пустиул.

В опыте по изучению эффективности препаратов против листовых заболеваний использовали шесть биологических фунгицидов, зарегистрированных в «Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, 2019 г.», и один опытный образец биопрепарата на основе бактерии *Bacillus subtilis* штамма BZR 336g, Ж лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ ФНЦБЗР:

Витаплан, СП – фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *B. subtilis* (штамм ВКМ-В-2604D, титр 10^{10} КОЕ/г, штамм ВКМ-В-2605D, титр 10^{10} КОЕ/г) и продуктов ее жизнедеятельности. Предназначен для предпосевной обработки семян против фузариозной, офиоболезной и церкоспореллезной корневых гнилей с нормой применения 20 г/т и расходом рабочей жидкости - 10 л/т семян. Против септориоза листьев и мучнистой росы рекомендовано опрыскивание в период вегетации с нормой применения 20-40 г/га и расходом рабочей жидкости – 200-300 л/га.

Гамаир, СП – фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *B. subtilis* (штамм М-22 ВИЗР) и продуктов ее жизнедеятельности, титр не менее 10^{11} КОЕ/г. Предназначен для предпосевной обработки семян против фузариозной, офиоболезной и церкоспореллезной корневых гнилей с нормой применения 4-5 г/т и расходом рабочей жидкости - 10 л/т семян. Против септориоза листьев рекомендовано опрыскивание в период вегетации, с нормой применения 5-10 г/га и расходом рабочей жидкости - 300 л/га.

Псевдобактерин-2, Ж – фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *Pseudomonas aureofaciens* (штамм BS 1393) и продуктов ее жизнедеятельности, титр 2×10^9 КОЕ/мл. Предназначен для предпосевной обработки семян против снежной плесени, фузариозной и гельминтоспориозной корневых гнилей с нормой применения 1 л/т и расходом рабочей жидкости - 10 л/т семян. Против бурой ржавчины, септориоза листьев

и мучнистой росы рекомендовано опрыскивание в период вегетации (фаза трубкования), при появлении первых признаков заболевания, с нормой применения 1 л/га и расходом рабочей жидкости - 300 л/га.

Ризоплан, Ж – фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *P. fluorescens* штамм AP-33 (титр не менее 1 млрд. КОЕ/мл). Предназначен для обработки растений в период вегетации против бурой ржавчины, септориоза и мучнистой росы. Норма применения фунгицида 0,5-1 л/га, расход рабочей жидкости – 200 л/га.

Трихоцин, СП – фунгицид на основе гриба - антагониста *Trichoderma harzianum* (штамм Г 30 ВИЗР) и продуктов ее жизнедеятельности, титр 10^{10} КОЕ/г. Предназначен для предпосевной обработки семян против фузариозной и церкоспореллезной корневых гнилей с нормой применения 20 г/т и расходом рабочей жидкости - 10 л/т семян. Против септориоза листьев и мучнистой росы рекомендовано опрыскивание в период вегетации с нормой применения 30-40 г/га и расходом рабочей жидкости – 200-300 л/га.

Фитоспорин-М, СП – фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *B. subtilis* (штамм 26 Д) и продуктов ее жизнедеятельности, титр не менее 2 млрд. живых клеток и спор/г. Предназначен для предпосевной обработки семян против плесневения и гнили семян, гельминтоспориозной и фузариозной корневых гнилей с нормой применения 4-5 г/т и расходом рабочей жидкости - 10 л/т семян. Против снежной плесени, мучнистой росы и бурой ржавчины рекомендовано опрыскивание в период вегетации в фазу кущения и выхода в трубку, с нормой применения 2-3 кг/га и расходом рабочей жидкости - 300 л/га.

Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР на основе бактерии *B. subtilis* штамма BZR 336g, Ж (титр не менее $1,48 \times 10^9$ КОЕ/мл). Имеет широкий спектр антифунгального действия против фузариозной корневой гнили и фузариоза колоса, снежной плесени, корневых гнилей, желтой пятнистости листьев. Обладает ростостимулирующей активностью.

В опыте по изучению эффективности биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции использовали вышеописанные препараты: Витаплан, СП; Гамаир, СП; Псевдобактерин-2, Ж; Трихоцин, СП; Фитоспорин-М, СП; опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР на основе бактерии *B. subtilis* штамма BZR 336g, Ж, а также фунгициды:

Алирин Б, СП – фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *B. subtilis* (штамм В-10 ВИЗР) и продуктов ее жизнедеятельности, титр не менее 10^{11} КОЕ/г. Предназначен для предпосевной обработки семян против фузариозной, офиоблезной и церкоспореллезной корневых гнилей с нормой применения 4-5 г/т и расходом рабочей жидкости - 10 л/т семян. Против септориоза листьев и мучнистой росы рекомендовано опрыскивание в фазе кущения, последующее - через 15 дней с нормой применения 5-10 г/га и расходом рабочей жидкости - 300 л/га (Государственный каталог, 2022).

Бактофит, СП - фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *B. subtilis* (штамм ИПМ 215) и продуктов ее жизнедеятельности, титр не менее 2 млрд спор/г. Обладает антифунгальным действием против корневых гнилей, мучнистой росы, септориоза листьев и бурой ржавчины пшеницы. Протравливание семян рекомендовано перед посевом с нормой применения 3 кг/т. Применение в период вегетации рекомендовано в фазу выхода в трубку-колошение с интервалом 15 дней.

Бисолбисан, Ж – фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *B. subtilis* (штамм Ч-13) и продуктов ее жизнедеятельности, титр не менее 10^{10} КОЕ/г. Предназначен для предпосевной обработки семян против фузариозной, гельминтоспориозной корневых гнилей и плесневения семян с нормой применения 1-2 л/т и расходом рабочей жидкости - 10 л/т семян.

Глиокладин, Ж – фунгицид на основе живых микроорганизмов - бактерии *T. harzianum* (штамм 18 ВИЗР) и продуктов ее жизнедеятельности, титр не менее 10^9 КОЕ/м. Предназначен для предпосевной обработки семян против фузариозной и офиоблезной корневых гнилей с нормой применения 2 л/т и расходом рабочей жидкости - 10 л/т семян. Против септориоза листьев

рекомендовано опрыскивание в фазу кущения, с нормой применения 2 л/га и расходом рабочей жидкости – 150-250 л/га.

Фитолавин, ВРК – фунгицид на основе комплекса стрептотрициновых антибиотиков (32 г/л) и фитобактериомицина (БА-120000 ЕА/мл). Предназначен для предпосевной обработки семян и опрыскивания в фазу кущения против корневых гнилей, базального бактериоза, черного бактериоза с нормой применения 1,5-2 л/т (Государственный каталог, 2022).

Материалами исследования являлись также два химических фунгицида:

Колосаль, КЭ – системный фунгицид защитного и лечащего действия на основе тебуконазола (250 г/л), химический класс – триазолы. Предназначен для защиты озимой пшеницы против ржавчинных заболеваний, пятнистостей листьев и мучнистой росы. Опрыскивание рекомендовано в фазе появления флагового листа – начала колошения с нормой применения 0,5-1,0 л/га и расходом рабочей жидкости 300 л/га.

Абакус Ультра, СЭ – комбинированный фунгицид защитного и лечащего действия на основе пираклостробина (62,5 г/л) и эпоксиконазола (62,5 г/л), химический класс - стробилурины и триазолы, соответственно. Предназначен для защиты озимой пшеницы против мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины, септориоза листьев и колоса, желтой и темно-бурой пятнистостей. Опрыскивание рекомендовано в период вегетации при появлении первых признаков заболевания с нормой применения 1,0-1,5 л/га и расходом рабочей жидкости 300 л/га (Государственный каталог, 2022).

Материалами исследования являлись сорта озимой пшеницы с различной степенью устойчивости к фитопатогенам. Сорт Сварог – пшеница мягкая озимая селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Зона возделывания – Северо - Кавказский регион РФ. Потенциальная урожайность более 90 ц/га. Сорт среднеспелый, засухоустойчивый, морозостойкий, устойчив к полеганию и к осыпанию. Средневосприимчив к фузариозу колоса, среднеустойчив к вирусам, мучнистой росе и септориозу, устойчив к ржавчинным заболеваниям (Романенко и др., 2022).

Сорт Гром - пшеница мягкая озимая селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Зоны возделывания - Северо-Кавказский, Центрально-Черноземный и Нижневолжский регионы РФ. Потенциальная урожайность 120 ц/га. Сорт среднеспелый, устойчив к полеганию и осыпанию. Устойчив к мучнистой росе, среднеустойчив к вирусам, восприимчив к ржавчинным заболеваниям, септориозу, желтой пятнистости и фузариозу колоса (Кремнева, 2019; Романенко и др., 2022).

Предметом исследования являлась динамика развития заболеваний (фузариозная корневая гниль, септориоз листьев, желтая пятнистость, бурая ржавчина, чернь и фузариоз колоса); биологическая, хозяйственная и экономическая эффективность фунгицидов на основе живых микроорганизмов и химического происхождения против основных грибных болезней; чувствительность популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы к фунгициду на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) и двухкомпонентному фунгициду на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) и патогенность гриба под их влиянием; изменение вирулентности популяции *P. triticina* под действием биологических фунгицидов Бактофит, СП и Псевдобактерин-2, Ж; биологическая, хозяйственная и экономическая эффективность различных способов защиты на сортах, различающихся по устойчивости к основным грибным заболеваниям (Гром, Сварог).

2.3 Методы исследований

2.3.1 Оценка эффективности биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции и их влияние на развитие листовых заболеваний озимой пшеницы

Для изучения эффективности протравителей против комплекса патогенов озимой пшеницы был высеян сорт Гром. В опыте были использованы

биологические протравители и опытный образец биопрепарата на основе штамма бактерии *B. subtilis* BZR 336g лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ ФНЦБЗР (таблица 1). В качестве химического эталона использовали протравитель Максим, КС (флудиоксонил 25 г/л) в норме применения 2,0 л/т. Размещены варианты рендомизированным способом в 3-х кратной повторности, площадь каждой делянки 1 м². Учет корневых гнилей проводили в фазу кущения (осенний и весенний периоды) и молочно-восковой спелости. На каждой делянке было осмотрено по 30 растений. Развитие заболевания оценивали по шкале для оценки степени поражения растений корневыми гнилями в баллах (рисунок 7) (Долженко, 2009).

Таблица 1 – Схема опыта по изучению эффективности биологических протравителей, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2018-2021 гг.

Вариант опыта	Действующее вещество	Норма применения
Алирин Б, СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм В-10 ВИЗР	5,0 г/т
Бактофит, СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ИПМ 215	3,0 кг/т
Бисолбисан, Ж	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм Ч-13	1,0 л/т
Витаплан, СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ-В-2604D, <i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ-В-2605D	20,0 г/т
Гамаир, СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм М-22 ВИЗР	5,0 г/т
Глиокладин, Ж	<i>Trichoderma harzianum</i> , штамм 18 ВИЗР	2,0 л/т
Псевдобактерин-2, Ж	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> , штамм BS 1393	1,0 л/т
Трихоцин, СП	<i>Trichoderma harzianum</i> , штамм Г 30 ВИЗР	20,0 г/т
Фитоспорин-М, СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм 26 Д	0,5 кг/т
Фитолавин, ВРК	Комплекс стрептотрициновых антибиотиков 32 г/л Фитобактериомицин БА-120000 ЕА/мл	2,0 л/т
опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВZR 336g	3,0 л/т
Максим, КС, химический эталон	Флудиоксонил 25 г/л	2,0 л/т
Контроль (без обработки)	-	-

Идентификацию возбудителя корневой гнили проводили методом фрагментации корней и основания стеблей пораженных растений (Кольнобрицкий, 1989). Фитоэкспертизу семенного материала выполняли в лабораторных условиях по ГОСТ 12044-93.

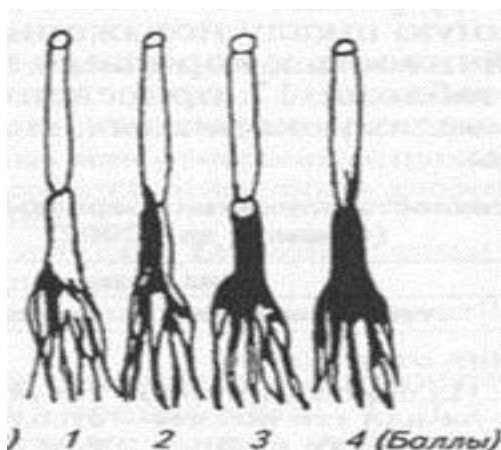


Рисунок 7 - Шкала для оценки степени поражения растений корневыми гнилями (балл) (Долженко, 2009)

Биологическую эффективность рассчитывали по формуле Аббота:

$$БЭ = \frac{(R_K - R_B)}{R_K} \times 100 \%$$

где: БЭ – биологическая эффективность фунгицида, %;

R_K – развитие заболевания в контроле (без обработки), %;

R_B – развитие заболевания в варианте, обработанном фунгицидом, %.

Дополнительный урожай рассчитывали как:

$$У_{доп} = У_B - У_K$$

где: $У_{доп}$ – дополнительный урожай (сохраненный урожай), ц/га;

$У_B$ – урожай в испытываемом варианте, ц/га;

$У_K$ – урожай в контроле, ц/га.

Хозяйственную эффективность рассчитывали как:

$$ХЭ = \frac{У_{доп}}{У_K} \times 100 \%$$

где: ХЭ – хозяйственная эффективность, %;

$У_{доп}$ – дополнительный урожай (прибавка урожая), ц/га;

$У_K$ – урожай в контроле, ц/га.

2.3.2 Оценка эффективности биологических фунгицидов против болезней листьев и колоса озимой пшеницы

Оценку эффективности биологических фунгицидов против листовых заболеваний проводили в полевых условиях на сорте Гром в 2019-2021 гг. В опыте было предусмотрено девять вариантов обработки, из них шесть - биологическими фунгицидами, разрешенными для использования на озимой пшенице, один - опытным образцом биопрепарата на основе штамма бактерии *B. subtilis* BZR 336g лаборатории микробиологической защиты растений ФГБНУ ФНЦБЗР (таблица 2). В качестве химического эталона использовали Амистар Экстра, СК с нормой применения 0,8 л/га в фазу выхода в трубку (Z 37-39) и конца колошения (Z 57-59). Также предусмотрен контроль (без обработки). В фазу выхода в трубку (Z 35-36), конца колошения (Z 57-59) и молочной спелости (Z 75-77) проведены обработки биологическими фунгицидами с помощью ручного опрыскивателя, расход рабочего раствора составил 300 л/га.

Таблица 2 – Схема опыта по изучению эффективности биологических фунгицидов против листовых заболеваний, полевой стационар ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант опыта	Действующее вещество	Норма применения препарата
Витаплан, СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ-В-2604D, <i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ-В-2605D	40,0 г/га
Гамаир, СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм М-22 ВИЗР	10,0 г/га
Псевдобактерин-2, Ж	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> , штамм BS 1393	1,0 л/га
Ризоплан, Ж	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , штамм AP-33	1,0 л/га
Трихоцин, СП	<i>Trichoderma harzianum</i> , штамм Г 30 ВИЗР	40,0 г/га
Фитоспорин-М, СП	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм 26 Д	3,0 кг/га
опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм BZR 336g	3,0 л/га
Амистар Экстра, СК, химический эталон	Азоксистробин 200 г/л + Ципроконазол 80 г/л	0,8 л/га
Контроль (без обработки)	-	-

Учеты осуществляли через 7 дней после обработки. Для определения развития бурой ржавчины использовали шкалу Петерсона (1948) (Койшибаев, 2012) (рисунок 8), для пятнистостей – шкалу Saari и Prescott (1975) (Кремнева, 2009) (рисунок 9).

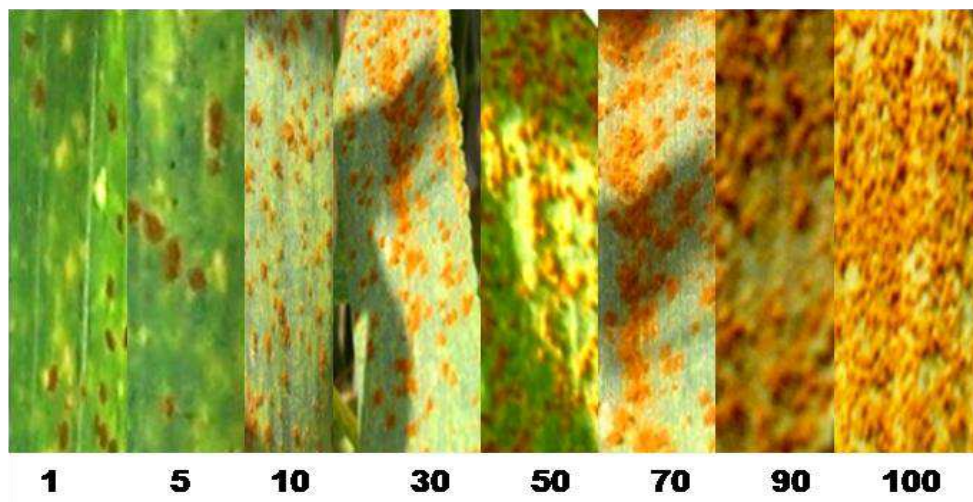


Рисунок 8 - Шкала Петерсона (1948) для оценки степени поражения растений пшеницы бурой ржавчиной, % (фото Кольбина Д.А.)

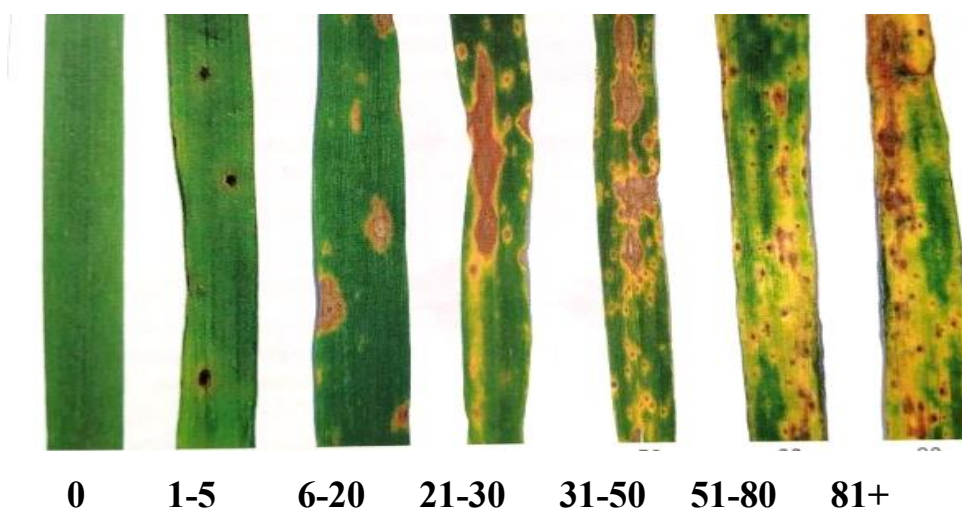


Рисунок 9 – Шкала Saari и Prescott (1975) для оценки степени поражения растений пшеницы пятнистостями, % (фото Кремневой О.Ю.)

Биологическую и хозяйственную эффективность рассчитывали по вышеописанным общепринятым методикам (Долженко, 2009). Достоверность различий между вариантами оценивали по показателю НСР (наименьшая существенная разница), которую рассчитывали с помощью компьютерной программы Microsoft Excel (Доспехов, 2011). Оценку экономической эффективности проводили по методике Н.Р. Гончарова (Гончаров, 2017).

2.3.3 Влияние химических и биологических фунгицидов на изменение агрессивности и вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы

Исследования проводили в теплице в 2020 году, где контролировали условия температуры, влажности, освещения. Изменение вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины под влиянием биологических фунгицидов изучали на восприимчивом к патогену сорте (Краснодарская 99). Инокуляцию осуществляли в фазе выхода в трубку. Инокулированные растения выдерживали во влажной камере в течение 18 ч, затем содержали в тепличных условиях при температуре +20-22 °С, относительной влажности воздуха 70-80 %, освещенности 10-15 тыс. люкс (Анпилогова, Волкова, 2000). По первым признакам заболевания проводили обработку фунгицидами Бактофит, СП (3 кг/га) и Псевдобактерин – 2, Ж (1 л/га). После проявления заболевания с каждого сорта был собран биоматериал для дальнейшего выделения монопустульных изолятов. Анализ вирулентности проводили с использованием 41 сорта-дифференциатора и близкоизогенной линии пшеницы сорта Thatcher, несущих гены устойчивости *Lr* (приложение А).

Тип реакции поражения растений бурой ржавчиной оценивали по шкале Mains и Jackson (Roelfs, 1992) (рисунок 10): тип реакции 0, 0₁, 1, (2) балла характеризует расоспецифическую устойчивость растения-хозяина, 2 (3) балла и процент поражения 10 % характеризует расонеспецифическую устойчивость, 3 и 4 - его восприимчивость (Kolmer, 2016).

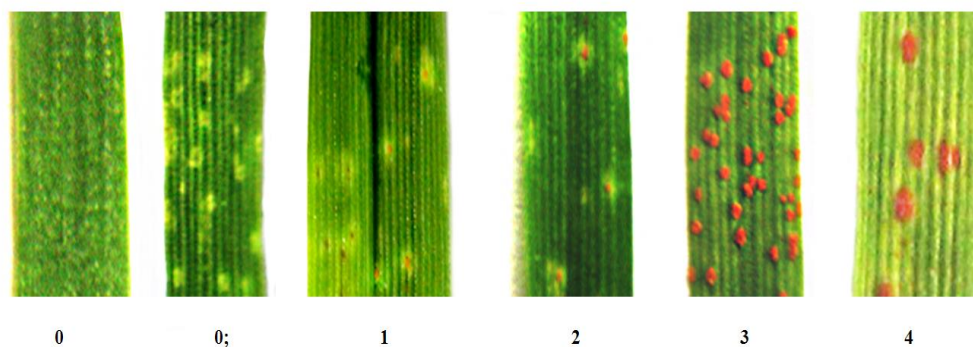


Рисунок 10 – Шкала E. V. Mains & H. S. Jackson (Roelfs, 1992)

Изучение влияния химических фунгицидов на изменение патогенности популяции возбудителя бурой ржавчины проводили в условиях теплицы. Для этого в 0,5 - литровые вазоны был посеян восприимчивый к бурой ржавчине сорт озимой пшеницы Краснодарская 99. Растения пшеницы в фазу всходов искусственно инфицировали северокавказской популяцией бурой ржавчины. Инокулированные растения выдерживали во влажной камере в течение 24 ч, затем содержали в тепличных условиях при температуре + 20 - 22 °С, относительной влажности воздуха 70-80 %, освещенности 10-15 тыс. люкс (Анпилогова, Волкова, 2000). По первым признакам заболевания (единичные пустулы) проводили обработку фунгицидами Колосаль, КЭ (нормы применения – 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 л/га, рекомендуемая – 0,5 л/га) и Абакус Ультра, СЭ (нормы применения – 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 л/га, рекомендуемая 1,0-1,5 л/га). Учеты осуществляли через 7 дней после обработки по количеству пустул патогена на листе. Для определения чувствительности патогена учитывали количество пустул на лист с типом реакции 3, 4 балла (Wolfe, 1975). Расчет биологической эффективности проводили по формуле Аббота (Долженко и др., 2009).

Собранные урединиоспоры гриба размножали по общепринятой методике на восприимчивом сорте Краснодарская 99 (Анпилогова, Волкова, 2000). Определяли показатели агрессивности возбудителя бурой ржавчины пшеницы (жизнеспособность, длительность латентного периода, спорулирующая способность, длительность споруляции) под влиянием действия различных норм применения фунгицида. Жизнеспособность спор бурой ржавчины проверяли во влажной камере. Для этого в чашки Петри помещали предметное стекло, покрытое тонким слоем борного вазелина. Споры бурой ржавчины наносили препаративной иглой, а затем росу ручным пульверизатором. Жизнеспособность проверяли через 24 часа. Под микроскопом вели подсчет общего количества спор и проросших спор.

Длительность латентного периода считали с момента инокуляции до проявления первых признаков заболевания (Пыжикова, 1972). Длительность

споруляции определяли с начала раскрытия пустул до завершения споруляции (Санин и др., 1975). Спорулирующую способность рассчитывали путем отношения количества пустул к массе собранного биоматериала (Санин и др., 1975). Чувствительность возбудителя бурой ржавчины пшеницы к тебуконазолу определяли расчетом показателей СК₅₀ и СК₉₅ (Лапач, 2000) путем построения пробит – регрессии с использованием программного обеспечения Statgraphics 19.

Вирулентность образцов урединиоспор *P. triticina* и фенотипический состав определяли по реакции 20 близкоизогенных линий сорта Thatcher с генами устойчивости: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30*, *LrB*, *Lr10*, *Lr14a*, *Lr18*, *Lr3bg*, *Lr14b*, *Lr20*, *Lr28* (приложение А). Для этого растения озимой пшеницы выращивали в вазонах объемом 25 мл на гидропонике, инокуляцию проводили в фазу всходов (Анпилогова, Волкова, 2000). По результатам дифференциации определяли частоту генов вирулентности путем отношения числа пустул с типом реакции 3–4 балла на линиях с известными генами устойчивости к числу пустул на универсально восприимчивом сорте Michigan Amber (Wolfe, 1975). Среднюю вирулентность определяли по Мартенсу (Михайлова и др., 2003). Различия между изолятами популяции по фенотипическому составу и частоте генов вирулентности определяли по индексу Нея (Nei, 1972).

2.3.4 Разработка элементов биологической защиты озимой пшеницы на сортах, различающихся по устойчивости к основным грибным заболеваниям

Для разработки элементов биологической защиты озимой пшеницы против комплекса фитопатогенов был высеян среднеустойчивый сорт (Сварог) и восприимчивый (Гром) к основным заболеваниям.

В опыте было предусмотрено три способа защиты посевов озимой пшеницы от грибных болезней (таблица 3):

-Биологическая защита - основана на применении биологических фунгицидов Витаплан, СП, с нормой применения 20 г/т (предпосевная обработка семян, Z 0), Витаплан, СП с нормой применения 40 г/га (обработка в фазу выхода в трубку, Z 32-33), Трихоцин, СП с нормой применения 40 г/га (обработка в фазу начала цветения, Z 59-61), Псевдобактерин-2, Ж с нормой применения 1,0 л/га (обработка в фазу молочной спелости, Z 75-77).

-Биологизированная защита - основана на применении биологических фунгицидов Витаплан, СП, с нормой применения 20 г/т (предпосевная обработка семян, Z 0), Витаплан, СП с нормой применения 40 г/га (обработка в фазу выхода в трубку, Z 32-33), химического фунгицида Амистар Экстра, КЭ с нормой применения 1,0 л/га (обработка в фазу начала цветения, Z 59-61).

-Химическая защита - основана на применении химических фунгицидов Максим, КС с нормой применения 1,5 л/т (предпосевная обработка семян, Z 0), Фундазол, СП с нормой применения 0,5 кг/га (обработка в фазу выхода в трубку, Z 32-33), Амистар Экстра, КЭ с нормой применения 1,0 л/га (обработка в фазу начала цветения, Z 59-61).

Таблица 3 - Схема обработок озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019 – 2021 гг.

Способ защиты	Фаза развития культуры / фунгицид (норма применения)			
	предпосевная обработка семян, Z 0	выход в трубку, Z 32-33	начало цветения, Z 59-61	молочная спелость, Z 75-77
Биологическая	Витаплан, СП (20 г/т)	Витаплан, СП (40 г/га)	Трихоцин, СП (40 г/га)	Псевдобактерин-2, Ж (1,0 л/га)
Биологизированная	Витаплан, СП (20 г/т)	Витаплан, СП (40 г/га)	Амистар Экстра, КЭ (1,0 л/га)	-
Химическая	Максим, КС (1,5 л/т)	Фундазол, СП (0,5 кг/га)	Амистар Экстра, КЭ (1,0 л/га)	-

Варианты размещали рендомизированным способом в 3-х кратной повторности, площадь каждой делянки 12 м². Обработку семян проводили за сутки до посева. Сев проводили в оптимальные для центральной агроклиматической зоны сроки с 1 по 15 октября ручной сеялкой «Слобожанка» однорядной, с нормой высева 200 кг/га. В фазу выхода в трубку (Z 32-33), начала цветения (Z 59-61) и молочной спелости (Z 75-77) проводили

обработки фунгицидами с помощью ручного опрыскивателя, расход рабочего раствора составил 300 л/га. Учеты осуществляли до обработки и через 7 дней после нее, последующие с интервалом 10-14 дней.

Достоверность различий между вариантами оценивали по показателю НСР (наименьшая существенная разница), которую рассчитывали с помощью компьютерной программы Microsoft Excel (Доспехов, 2011).

Глава III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Оценка эффективности биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции и их влияние на развитие листовых заболеваний озимой пшеницы

Семенной материал – основа хорошего урожая, поэтому посевные качества семян должны соответствовать требованиям, установленным действующим стандартом (ГОСТ Р 52325-2005).

Семена озимой пшеницы часто служат источником инфекции заболеваний. Наиболее вредоносными являются возбудители головни пшеницы (*Tilletia controversa*, *Ustilago tritici*, *T. caries*), септориоз колоса (*Septoria nodorum*), факультативно-сапротрофные микромицеты родов *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*), *Alternaria*, плесневые грибы рода *Penicillium*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Trichothecium* и др. (Пикушова, 2017). Основными патогенами почвенной микобиоты являются грибы рода *Fusarium*, *Bipolaris*, *Ophiobolus*, *Cercospora*, *Pythium*, *Gibellina* и другие (Шутко, 2011). Эффективным способом борьбы против семенной и почвенной инфекции является предпосевное протравливание семян.

В опыте были использованы 10 биологических фунгицидов, разрешенных для применения против фитопатогенов на озимой пшенице, и один опытный образец биопрепарата на основе штамма бактерии *B. subtilis* BZR 336g. В качестве химического эталона применяли протравитель Максим, КС (д.в. флудиоксонил 25 г/л) с нормой применения 2,0 л/т. Основными показателями для изучения были энергия прорастания, лабораторная всхожесть, зараженность семян грибной инфекцией.

Энергия прорастания в контроле (без обработки) составила 95 %, в вариантах с применением биологических фунгицидов она варьировала от 93 % (Фитолавин, ВРК) до 98 % (опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР,

Ж, Фитоспорин-М, СП) (таблица 4). В варианте с обработкой химическим эталоном Максим, КС этот показатель составил 96 %. Лабораторная всхожесть в контроле (без обработки) составила 96 %, в вариантах с применением биологических фунгицидов она варьировала от 95 % (Фитолавин, ВРК) до 99 % (Бактофит, СП, Трихоцин, СП). В варианте с обработкой химическим эталоном Максим, КС этот показатель составил 99 %. Патогенный комплекс на семенном материале озимой пшеницы сорта Гром был представлен грибами *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.*, *Rhizopus spp.*, *Aspergillus spp.*

Доминировали грибы рода *Alternaria*, частота встречаемости составила 31 % (рисунок 11). Наиболее эффективными против альтернариоза были Гамаир, СП и Псевдобактерин-2, Ж, биологическая эффективность составила 54,8 % и 51,6 % соответственно. Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР показал эффективность на уровне 48,4 %.

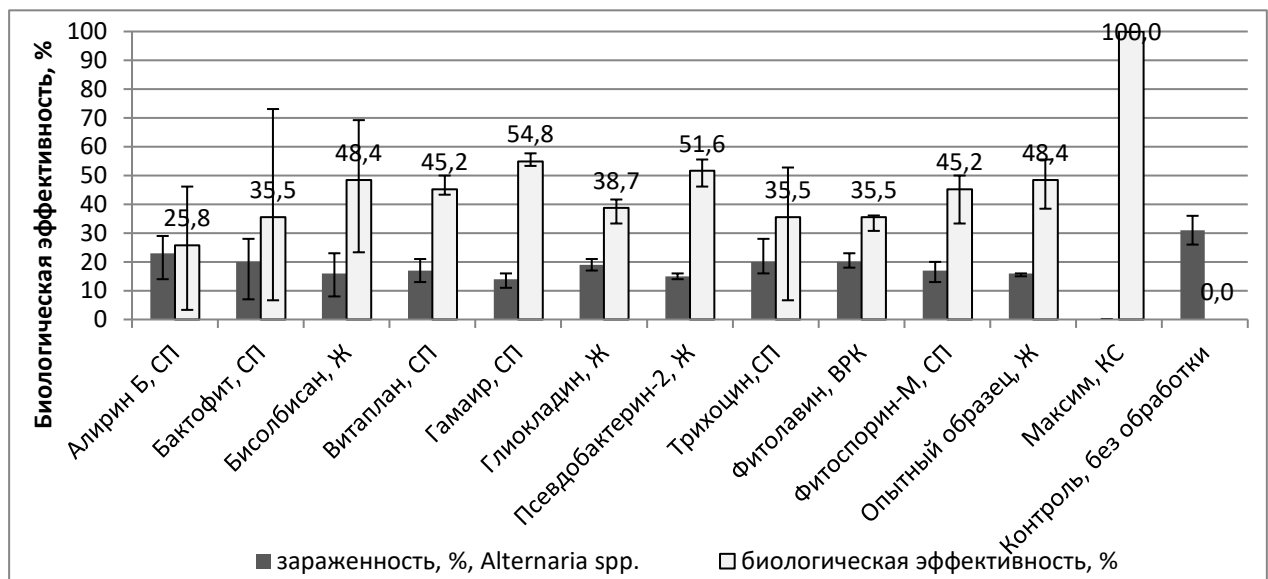


Рисунок 11 - Зараженность грибами рода *Alternaria* и биологическая эффективность протравителей против патогена на озимой пшенице сорта Гром, 2018-2021 гг.

Общая зараженность семян озимой пшеницы за годы исследований составила 39 %. На таком инфекционном фоне биологическая эффективность протравителей варьировала от 28,2 % (Алирин Б, СП) до 100 % (Максим, КС, химический эталон) (рисунок 12).

Таблица 4 – Оценка влияния препаратов на посевные качества семян озимой пшеницы и зараженность комплексом семенной инфекции, сорт Гром, 2018-2021 гг.

Вариант	Норма применения	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Зараженность, %				
				<i>Alternaria spp.</i>	<i>Rhizopus spp.</i>	<i>Penicillium spp.</i>	<i>Fuzarium spp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>
Алирин Б, СП	5,0 г/т	95 ±1,0	97 ±2,1	23 ±8,1	1 ±1,0	1 ±0,6	2 ±0,6	1 ±0,6
Бактофит, СП	3,0 кг/т	97 ±1,7	99 ±1,5	20 ±11,6	3 ±0,6	0 ±0,0	1 ±0,6	0 ±0,0
Бисолбисан, Ж	1,0 л/т	96 ±0,6	97 ±1,2	16 ±7,5	2 ±1,5	1 ±0,6	1 ±0,6	0 ±0,0
Витаплан, СП	20,0 г/т	95 ±4,4	98 ±1,7	17 ±4,0	0 ±0,0	0 ±0,0	0 ±0,0	0 ±0,0
Гамаир, СП	5,0 г/т	96 ±0,0	97 ±1,2	14 ±2,5	2 ±1,5	1 ±1,0	1 ±1,0	1 ±1,0
Глиокладин, Ж	2,0 л/т	96 ±2,1	97 ±1,2	19 ±2,1	3 ±1,5	0 ±0,0	0 ±0,0	1 ±0,6
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/т	95 ±3,5	97 ±2,0	15 ±1,2	2 ±0,6	0 ±0,0	0 ±0,0	1 ±0,6
Трихоцин, СП	20,0 г/т	97 ±0,6	99 ±1,0	20 ±6,7	1 ±1,0	0 ±0,0	1 ±0,6	1 ±0,6
Фитоспорин-М, СП	0,5 кг/т	98 ±1,5	98 ±0,6	17 ±3,8	2 ±1,5	1 ±0,6	1 ±0,6	1 ±1,0
Фитолавин, ВРК	2,0 л/т	93 ±0,6	95 ±0,6	20 ±2,5	2 ±1,5	1 ±0,6	1 ±1,0	2 ±1,5
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/т	98 ±1,5	98 ±1,0	16 ±0,6	1 ±0,6	0 ±0,0	1 ±0,6	1 ±1,0
Максим, КС (химический эталон)	2,0 л/т	96 ±2,6	99 ±0,6	0 ±0,0	0 ±0,0	0 ±0,0	0 ±0,0	0 ±0,0
контроль (без обработки)	-	95 ±1,5	96 ±1,2	31 ±5,0	3 ±1,0	2 ±0,6	2 ±0,6	1 ±1,0
НСР ₀₅		2,9	2,0	6,6	0,8	0,8	0,6	1,2

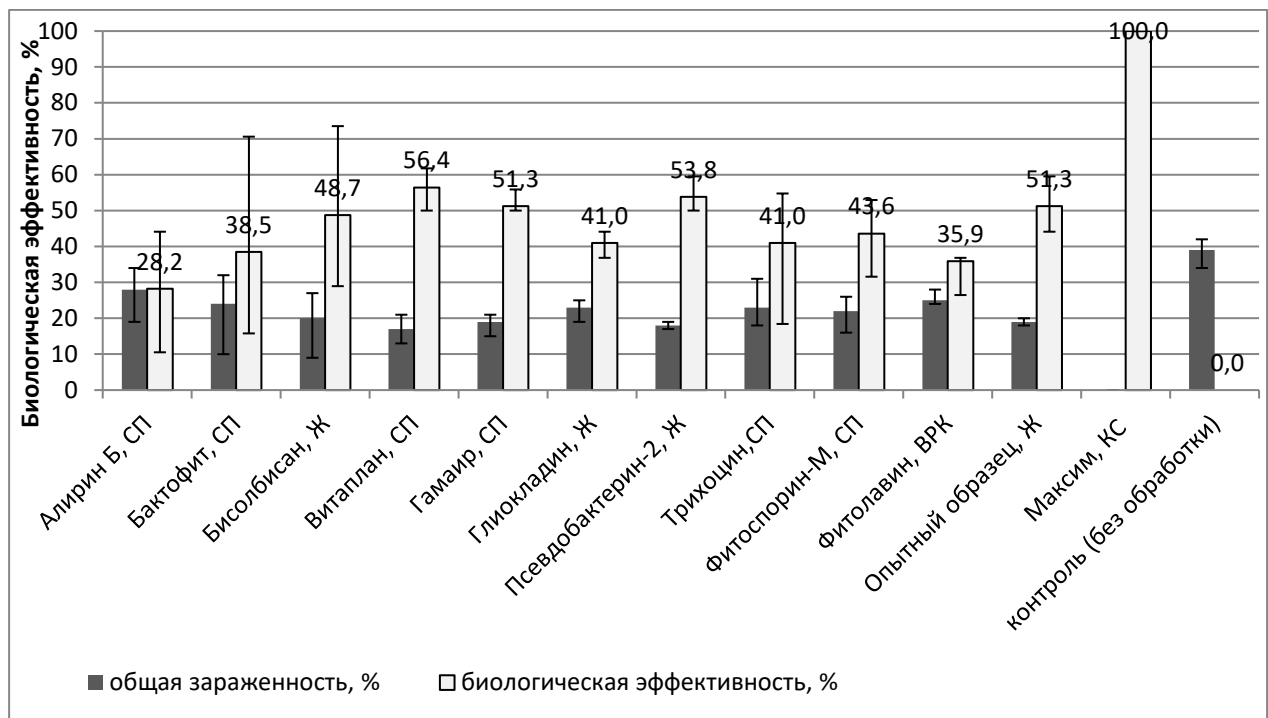


Рисунок 12 - Общая зараженность и биологическая эффективность протравителей против семенной инфекции на озимой пшенице сорта Гром, 2018-2021 гг.

Наиболее эффективными против семенной инфекции были фунгициды Псевдобактерин – 2, Ж (53,8 %) и Витаплан, СП (56,4 %). Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР показал эффективность на уровне 51,3 %. Химический фунгицид Максим, КС сдерживал развитие заболеваний на 100 %.

Корневые и прикорневые гнили зерновых культур в условиях умеренного климата Краснодарского края являются одними из наиболее вредоносных и трудноискореняемых заболеваний. Известно, что видовое соотношение почвенной инфекции изменяется по годам в зависимости от биологического цикла и агроклиматических условий обитания (Зазимко, 2013).

На территории края встречаются возбудители офиоболезной (*O. graminis*), гибеллинозной (*G. cerealis*), церкоспореллезной (*P. herpotrichoides*), гельмитоспориозной (*B. sorokiniana*), ризоктониозной (*R. cerealis*) корневых гнилей, но чаще встречается фузариозная гниль (*F. avenacium*, *F. culmorum*, *F. graminearum* и др.) (Жевнова, 2015).

Учет корневых гнилей проводили в фазу кущения (осенний и весенний вегетационный период) и молочно-восковой спелости (приложение Б, таблица

Б.1). В осенний период заболевание не было отмечено. В фазу кущения средняя распространенность корневых гнилей варьировала от 0 % (Витаплан, СП) до 44,5 % (контроль (без обработки)) (таблица 5).

Таблица 5 - Влияние применения биологических фунгицидов на распространенность и развитие корневых гнилей, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2018-2021 гг.

Вариант	Норма применения	Фаза кущение Z 28-30		Фаза молочно - восковая спелость Z 77-83	
		P*, %	R*, %	P, %	R, %
Алирин Б, СП	5,0 г/т	21,3 ±10,9	5,4 ±2,7	88,9 ±1,9	32,4 ±5,2
Бактофит, СП	3,0 кг/т	29,2 ±15,9	7,3 ±5,1	89,2 ±18,6	33,7 ±19,6
Бисолбисан, Ж	1,0 л/т	10,8 ±2,6	2,7 ±0,5	87,0 ±22,6	34,0 ±22,0
Витаплан, СП	20,0 г/т	0 ±0,0	0 ±0,0	90,1 ±17,2	31,2 ±18,7
Гамаир, СП	5,0 г/т	34,0 ±11,4	8,5 ±3,0	85,2 ±25,6	33,5 ±20,0
Глиокладин, Ж	2,0 л/т	42,3 ±28,7	11,2 ±6,3	87,7 ±21,2	27,7 ±7,5
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/т	39,0 ±17,4	9,8 ±4,5	87,5 ±21,7	33,4 ±20,4
Трихоцин, СП	20,0 г/т	41,2 ±11,0	10,3 ±4,8	85,6 ±25,0	29,1 ±23,4
Фитолавин, ВРК	0,5 кг/т	33,7 ±23,5	10,5 ±2,8	83,8 ±28,0	33,1 ±12,0
Фитоспорин-М, СП	2,0 л/т	13,9 ±6,3	7,8 ±8,8	88,4 ±20,1	31,9 ±10,7
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/т	18,0 ±8,1	4,5 ±1,7	80,4 ±16,6	26,7 ±4,3
Максим, КС, химический эталон	2,0 л/т	42,9 ±8,3	7,2 ±5,6	73,8 ±28,0	18,9 ±6,5
Контроль (без обработки)	-	44,5 ±29,0	17,4 ±5,7	96,8 ±5,5	49,4 ±14,4
НСР ₀₅		14,1	2,8	13,3	2,6

*R - развитие, %

P - распространенность, %

Развитие на контроле (без обработки) составило 17,4 %. В опытных вариантах этот показатель изменялся от 2,7 % (Бисолбисан, Ж) до 11,2 (Глиокладин, Ж). В фазу молочно-восковой спелости средняя распространенность варьировала от 73,8 % (Максим, КС, химический эталон) до 96,8 % (контроль (без обработки)). Развитие заболевания на контроле составило 49,4 %. В опытных вариантах этот показатель изменялся от 18,9 % (Максим, КС) до 34,0 % (Бисолбисан, Ж). Статистически достоверные различия

установлены во всех опытных вариантах в сравнении с контролем (без обработки). Наиболее эффективными против корневых гнилей в фазу кущения были биопрепараты Витаплан, СП (100 %), Бисолбисан, Ж (84,5 %), опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж (74,1 %). Химический фунгицид Максим, КС сдерживал развитие заболеваний на 58,6 % (рисунок 13).

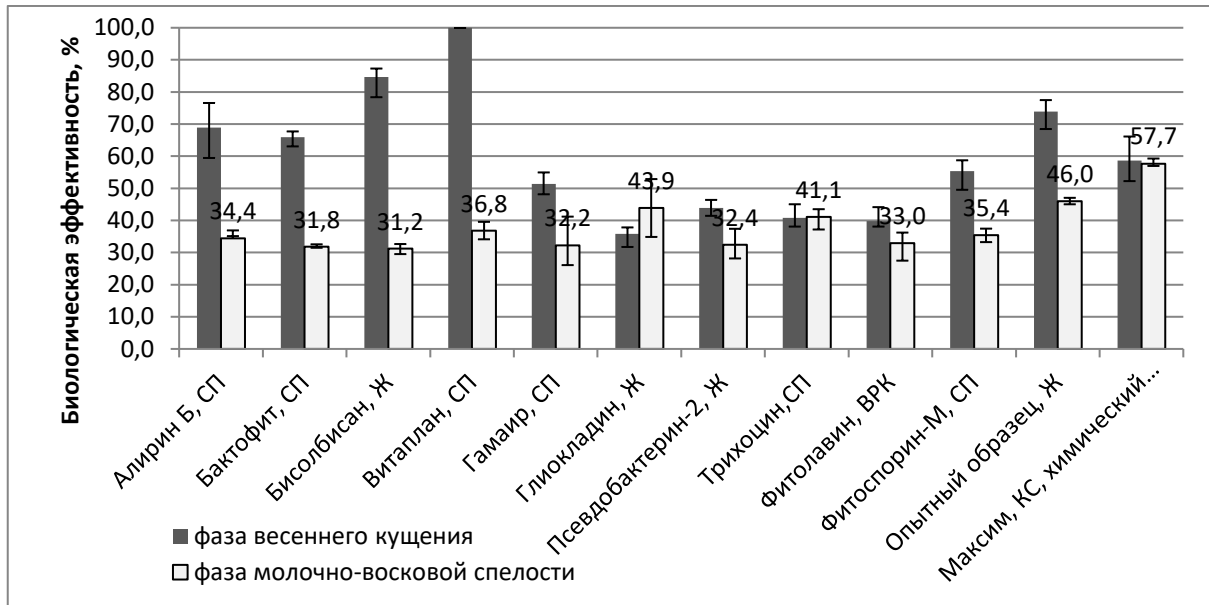


Рисунок 13 - Биологическая эффективность протравителей против фузариозной корневой гнили на озимой пшенице сорта Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2018–2021 гг.

Из 11-ти изученных биопрепаратов в фазу молочно – восковой спелости наиболее эффективными против корневой гнили фузариозной этиологии были опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж (46,0 %), Глиокладин, Ж (43,9 %) и Трихоцин, СП (41,1 %). Химический эталон Максим, КС показал лучший результат, биологическая эффективность составила 57,7 %.

Установлено влияние биологических протравителей на развитие септориоза листьев озимой пшеницы в ранневесенний период. При среднем развитии заболевания в контроле (без обработки) 1,4 %, лучший результат показали Псевдобактерин-2, Ж, Бисолбисан, Ж, Фитоспорин-М, СП и Максим, КС, эффективность составила по 71,4 % (таблица 6).

В фазу выхода в трубку развитие септориоза возросло до 9,4 %. На таком инфекционном фоне биологическая эффективность протравителей резко снизилась и варьировала от 30,9 % (Гамаир, СП) до 0 % (Алирин Б, СП).

Таблица 6 - Влияние применения биологических фунгицидов на развитие септориоза листьев озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Гром, 2019-2021 гг.

Вариант	Норма применения	Фаза кущения Z 29-30		Фаза выход в трубку Z 32-33	
		R*, %	Б.Э.*, %	R, %	Б.Э., %
Алирин Б, СП	5,0 г/т	0,6 ±0,4	57,1	9,4 ±2,4	0,0
Бактофит, СП	3,0 кг/т	1,0 ±1,3	28,6	8,6 ±4,6	8,5
Бисолбисан, Ж	1,0 л/т	0,4 ±0,0	71,4	8,2 ±2,2	12,8
Витаплан, СП	20,0 г/т	0,8 ±0,3	42,9	8,5 ±2,8	9,6
Гамаир, СП	5,0 г/т	0,5 ±0,1	64,3	6,5 ±1,8	30,9
Глиокладин, Ж	2,0 л/т	0,7 ±0,8	50,0	9,0 ±1,8	4,3
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/т	0,4 ±0,2	71,4	9,3 ±2,2	1,1
Трихоцин, СП	20,0 г/т	0,6 ±0,4	57,1	7,9 ±0,6	16,0
Фитоспорин-М, СП	0,5 кг/т	0,4 ±0,2	71,4	9,1 ±2,4	3,2
Фитолавин, ВРК	2,0 л/т	0,6 ±0,5	57,1	8,0 ±5,5	14,9
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/т	0,5 ±0,3	64,3	9,3 ±4,3	1,1
Максим, КС, химический эталон	2,0 л/т	0,4 ±0,4	71,4	9,3 ±3,3	1,1
Контроль (без обработки)	-	1,4 ±0,6	-	9,4 ±2,2	-
НСР ₀₅		0,2		3,5	

*R - развитие, %

Б.Э. - биологическая эффективность, %

При статистической обработке данных существенные различия в фазу кущения установлены между контролем (без обработки) и всеми опытными вариантами. При этом в фазу выхода в трубку существенных различий не выявлено.

Снижение развития семенной инфекции и листовых болезней за счет обработки семян встречаются в работах других исследователей. Так, применение химических протравителей на основе триаконазола и прохлораза показало высокую биологическую активность в ранние фазы развития пшеницы против септориоза колоса, а также против бурой ржавчины, желтой пятнистости листьев и мучнистой росы (Krzyzinska et al., 2005). Фунгициды на основе триадименола, имазалила и фуберидазола в меньшей степени снижали развитие бурой ржавчины и септориозной пятнистости листьев, но

длительность защитного действия была значительно выше (Krzyzinska et al., 2005). В опытных вариантах с протравливанием семян препаратами на основе *B. subtilis* и *T. harzianum* биологическая эффективность на разных сортах против септориоза листьев составила 38,2 – 46,2 % и 35,6 – 41,8 % соответственно, при развитии заболевания в контроле 23,3 – 39,0 %. Эффективность обработки семян бактериями *P. fluorescens* была ниже и составила 9,9 – 18,7 % (El-Mougy, Khalil et al., 2020).

Установлено влияние применения биологических фунгицидов на биометрические показатели растений озимой пшеницы сорта Гром (таблица 7).
Таблица 7 - Влияние применения биологических фунгицидов на биометрические показатели растений озимой пшеницы, сорт Гром, 2019-2021 гг.

Вариант	Норма применения	Фаза молочно - восковая спелость Z 77-83				
		длина растения, см	кустистость, побеги	продуктивная кустистость, побеги	длина листа, см	размер колоса, см
Алирин Б, СП	5,0 г/т	73,0 ±4,3	5,9 ±1,6	3,8 ±1,8	20,3 ±3,8	8,4 ±1,4
Бактофит, СП	3,0 кг/т	73,0 ±8,4	3,7 ±0,6	2,6 ±0,5	19,5 ±3,1	8,5 ±0,2
Бисолбисан, Ж	1,0 л/т	76,3 ±6,1	5,3 ±1,6	4,1 ±1,9	19,9 ±4,2	8,8 ±0,6
Витаплан, СП	20,0 г/т	72,4 ±4,8	3,3 ±1,4	2,3 ±1,3	18,5 ±2,9	8,4 ±0,5
Гамаир, СП	5,0 г/т	71,2 ±5,1	3,9 ±0,5	2,9 ±0,6	19,2 ±3,5	8,6 ±0,7
Глиокладин, Ж	2,0 л/т	70,4 ±4,9	4,5 ±1,3	3,3 ±1,8	19,0 ±3,0	8,6 ±0,7
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/т	72,7 ±6,2	5,2 ±0,9	3,8 ±0,9	19,2 ±3,3	9,0 ±0,8
Трихоцин, СП	20,0 г/т	71,8 ±8,3	4,0 ±0,2	2,8 ±1,3	19,7 ±3,0	8,8 ±0,5
Фитоспорин-М, СП	0,5 кг/т	71,4 ±4,9	3,8 ±1,7	2,5 ±2,0	19,4 ±2,3	8,8 ±0,3
Фитолавин, ВРК	2,0 л/т	70,6 ±5,2	3,2 ±0,5	2,0 ±1,1	19,5 ±3,5	8,5 ±0,5
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/т	73,2 ±5,0	3,8 ±0,4	2,6 ±1,3	20,9 ±4,2	8,7 ±0,7
Максим, КС, химический эталон	2,0 л/т	72,2 ±5,9	3,9 ±0,4	2,9 ±0,4	20,3 ±4,1	8,6 ±0,5
Контроль (без обработки)	-	69,3 ±5,0	3,2 ±0,3	2,3 ±0,9	18,6 ±2,3	8,1 ±0,2
НСР ₀₅		1,4	0,9	0,5	0,9	0,3

Так, опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж и Бисолбисан, Ж увеличивали высоту растений на 3,9 и более сантиметров в сравнении с контролем (без обработки). Среднее значение размера колоса в контроле (без обработки) составило 8,1 см. Лучшие результаты по этому показателю отмечены в вариантах, обработанных фунгицидами Псевдобактерин-2, Ж (9,0 см), Трихоцин, СП (8,8 см), Фитоспорин-М, СП (8,8 см) и Бисолбисан, Ж (8,8 см). Высокая продуктивная кустистость в сравнении с контролем (без обработки) (2,3 побега) отмечена в вариантах с применением биопрепаратов Бисолбисан, Ж, Алирин Б, СП, Псевдобактерин-2, Ж, где этот показатель составил 4,1, 3,8 и 3,8 побега соответственно. Между контролем (без обработки) и вариантами с применением фунгицидов Трихоцин, СП, Фитоспорин-М, СП, Фитолавин, ВРК, Бактофит, СП, Витаплан, СП и опытного образца биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР существенных различий не выявлено. Статистическая обработка данных доказывает достоверность влияния фунгицидов на длину растений и размер колоса во всех вариантах, наименьшая существенная разница для этих показателей составила 1,4 см и 0,3 см соответственно. Результаты наших исследований согласуются с работами других ученых. Так, предпосевная обработка семян озимой пшеницы в лабораторных условиях биофунгицидом на основе гриба *Trichoderma virens* способствовала достоверному увеличению длины колосоплека на 8,8 %, длины корня на 27,1 %, длины листа на 68,1 % (Щербакова, 2015). Обработка семян яровой пшеницы азотфиксирующими бактериями рода *Rhizobium* и *Azotobacter* увеличивала длину растений на 28,8 %, способствовала улучшению качества зерна и озерненности в колосе в сравнении с контролем (Baigonussova et al., 2021).

Применение биологических протравителей против фитопатогенов способствовало сохранению урожая зерна озимой пшеницы (таблица 8).

Таблица 8 - Влияние применения биологических протравителей на урожайность озимой пшеницы, сорт Гром, 2018-2021 гг.

Варианты	Норма применения	Масса 1000 зерен, г	Урожай зерна	
			общий, ц/га	сохраненный, ц/га
Алирин Б, СП	5,0 г/т	31,5±0,4	48,2±3,3	2,2
Бактофит, СП	3,0 кг/т	32,4±0,5	48,4±3,1	2,4
Бисолбисан, Ж	1,0 л/т	32,7±1,0	46,9±4,4	0,9
Витаплан, СП	20,0 г/т	32,4±0,5	48,8±2,8	2,8
Гамаир, СП	5,0 г/т	32,9±1,1	48,2±2,9	2,2
Глиокладин, Ж	2,0 л/т	32,7±0,9	48,5±2,8	2,5
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/т	31,9±0,6	48,8±2,9	2,8
Трихоцин, СП	20,0 г/т	31,8±0,9	48,5±2,9	2,5
Фитоспорин-М, СП	0,5 кг/т	31,5±0,2	47,2±3,9	1,2
Фитолавин, ВРК	2,0 л/т	31,9±0,2	46,7±4,2	0,7
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/т	32,2±0,3	48,5±3,0	2,5
Максим, КС, химический эталон	2,0 л/т	32,9±0,9	49,5±2,7	3,5
Контроль (без обработки)	-	30,4±0,4	46,0±4,0	-
НСР ₀₅		1,4	1,3	
НСР ₀₅ (по фактору А – погодные условия) = 0,9 ц/га; НСР ₀₅ (по фактору В – фунгициды) = 0,7 ц/га; НСР ₀₅ (для частных различий) = 1,3 ц/га Влияние фактора А (погодные условия) 64,1 %; влияние фактора В (фунгициды) 24,4 %; влияние взаимодействия АВ 6,2 %; влияние случайных факторов 5,3 %				

Урожайность варьировала от 46,0 ц/га (контроль (без обработки)) до 48,8 ц/га (Витаплан, СП, Псевдобактерин-2, Ж). Масса 1000 зерен изменялась в зависимости от варианта от 30,4 г (контроль (без обработки)) до 32,9 г (химический эталон Максим, КС и Гамаир СП). Лучший результат показали Гамаир, СП, Глиокладин, Ж и Бисолбисан, Ж, где масса семян составила 32,9 г, 32,7 г и 32,7 г соответственно. При этом достоверных различий между вариантами не выявлено. Значительное влияние на урожайность озимой пшеницы оказывали климатические условия в разные годы исследования – 64,1 %, влияние применения фунгицидов составило 24,4 %. Применение

биопрепаратов Витаплан, СП и Псевдобактерин-2, Ж позволило сохранить 6,1 % урожая зерна озимой пшеницы (рисунок 14). В варианте с применением опытного образца биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж, Трихоцина, СП, Глиокладина, Ж, Бактофита, СП сохраненный урожай зерна составил 5,4 %, в варианте с химическим фунгицидом Максим, КС – 7,6 %.

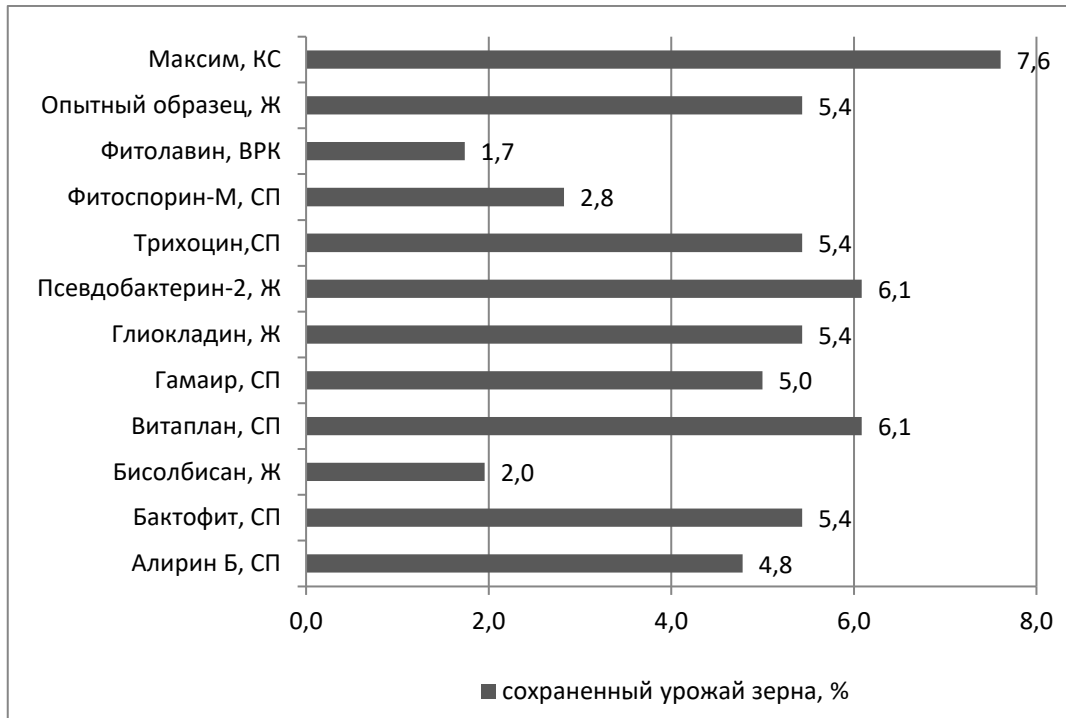


Рисунок 14 - Сохраненный урожай зерна озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2018–2021 гг.

Расчет экономической эффективности применения биологических протравителей основан на производственных затратах и чистом доходе. Среднерыночная стоимость зерна пшеницы составила 15000 руб./т в опытных вариантах и 14000 руб./т в контроле (без обработки) (таблица 9). Чистый доход на сорте Гром в вариантах с использованием биологических протравителей варьировал от 31365,3 руб./га (Фитолавин, ВРК) до 35285,3 руб./га (Псевдобактерин – 2, Ж). Уровень рентабельности применения биофунгицидов Псевдобактерин – 2, Ж и Витаплан, СП был выше в сравнении с остальными вариантами и составил 93,1 % и 93,0 % соответственно.

Таблица 9 – Экономическая эффективность применения биологических фунгицидов на озимой пшенице, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2018-2021 гг.

Вариант	Норма применения	С*, руб./га	ПЗ*, руб./га	ЧД*, руб./га	УР*, %
Алирин Б, СП	5,0 г/т	72300,0	37954,3	34345,7	90,5
Бактофит, СП	3,0 кг/т	72600,0	38651,0	33949,0	87,8
Бисолбисан, Ж	1,0 л/т	70350,0	37888,0	32462,0	85,7
Витаплан, СП	20,0 г/т	73200,0	37921,4	35278,6	93,0
Гамаир, СП	5,0 г/т	72300,0	37954,3	34345,7	90,5
Глиокладин, Ж	2,0 л/т	72750,0	37990,3	34759,7	91,5
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/т	73200,0	37914,7	35285,3	93,1
Трихоцин, СП	20,0 г/т	72750,0	37926,2	34823,8	91,8
Фитоспорин-М, СП	0,5 кг/т	70800,0	37886,1	32913,9	86,9
Фитолавин, ВРК	2,0 л/т	70050,0	38684,7	31365,3	81,1
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/т	72750,0	38017,8	34732,2	91,4
Максим, КС, химический эталон	2,0 л/т	74250,0	39204,5	35045,5	89,4
Контроль (без обработки)	-	64400,0	37758,7	26641,3	70,6

С* - стоимость валовой продукции, руб./га

ПЗ* - производственные затраты, руб./га

ЧД* - чистый доход, руб./га

УР* - уровень рентабельности, %

Таким образом, обработка семенного материала сорта Гром фунгицидом Псевдобактерин – 2, Ж (норма применения 1,0 л/т) и Витаплан, СП (норма применения 20 г/т) наиболее экономически выгодна и эффективна против семенной инфекции и корневой гнили фузариозной этиологии.

3.2 Оценка эффективности биологических фунгицидов против болезней листьев и колоса озимой пшеницы

Высокий процент развития фитопатогенов на флаговом листе способствует уменьшению ассимиляционной поверхности, разрушению хлорофилла, что приводит к снижению фотосинтеза, преждевременному старению и отмиранию. Поэтому защита озимой пшеницы от листовых заболеваний имеет большое значение в сохранении урожайности зерна. Известно, что по фазам онтогенеза озимой пшеницы меняется видовой состав и соотношение возбудителей (Боридко, 2016).

В годы исследований в весенне – летний вегетационный период на озимой пшенице сорта Гром часто встречались такие заболевания как септориоз листьев, желтая пятнистость, бурая ржавчина, чернь колоса. Также были отмечены единичные проявления мучнистой росы, желтой ржавчины и фузариоза колоса.

В опыте по оценке эффективности биологических фунгицидов против листовых заболеваний и болезней колоса озимой пшеницы были использованы биологические фунгициды Витаплан, СП (40 г/га); Гамаир, СП (10 г/га); Псевдобактерин-2, Ж (1,0 л/га); Ризоплан, Ж (1,0 л/га); Трихоцин, СП (40 г/га); Фитоспорин-М, СП (3,0 кг/га); опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж (3,0 л/га). В качестве химического эталона применяли препарат Амистар Экстра, СК (0,8 л/га). Обработки биологическими фунгицидами были проведены в фазу выхода в трубку (Z 37-39), конца колошения (Z 57-59) и молочной спелости (Z 75-77), химическим фунгицидом – в фазу выхода в трубку (Z 37-39), конца колошения (Z 57-59).

Развитие септориоза листьев в опыте по годам незначительно варьировало. Первые проявления заболевания отмечены в контроле (без обработки) в фазу кущения (Z 27-29). До фазы колошения (Z 51-55) отмечен рост развития *S. tritici* до 5,1 %, далее интенсивность снижалась, в фазу молочной спелости (Z 73-75) этот показатель составил 2,6 %, в фазу молочно -

восковой спелости септориоз не был обнаружен (таблица 10). При максимальном поражении в контроле (без обработки) развитие пятнистости в вариантах с применением фунгицидов изменялось от 0,5 % (Амистар Экстра, СК, химический эталон) до 2,9 % (Ризоплан, Ж). В фазу молочной спелости в вариантах с применением фунгицидов проявление заболевания снижалось и варьировало от 1,2 % (Фитоспорин-М, СП и Псевдобактерин-2, Ж) до 1,6 % (Ризоплан, Ж).

Таблица 10- Развитие септориоза листьев на озимой пшенице, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант*	Норма применения	Фаза выход в трубку, Z 39	Фаза колошение, Z 49-51	Фаза цветение, Z 61-65	Фаза молочная спелость, Z 71-73
Витаплан, СП	40,0 г/га	1,9 ±0,6	2,6 ±0,5	2,5 ±0,5	1,5 ±0,3
Гамаир, СП	10,0 г/га	1,5 ±0,4	2,1 ±0,4	2,1 ±0,4	1,3 ±0,1
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/га	1,6 ±0,5	2,2 ±0,3	2,2 ±0,3	1,2 ±0,3
Ризоплан, Ж	1,0 л/га	2,2 ±0,9	2,9 ±0,7	2,9 ±0,7	1,6 ±0,5
Трихоцин, СП	40,0 г/га	1,8 ±1,0	2,6 ±0,4	2,5 ±0,4	1,5 ±0,4
Фитоспорин-М, СП	3,0 кг/га	1,5 ±1,1	2,1 ±0,4	2,1 ±0,4	1,2 ±0,3
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/га	1,6 ±0,9	2,2 ±0,6	2,1 ±0,5	1,3 ±0,3
Амистар Экстра, СК, химический эталон	0,8 л/га	0,2 ±0,1	0,5 ±0,3	0,5 ±0,3	0,3 ±0,1
Контроль (без обработки)	-	4,0 ±1,0	5,1 ±0,7	4,8 ±0,7	2,6 ±0,6
НСР ₀₅		1,4	2,0	2,1	1,1

*1-ая обработка проведена в фазе Z 37-39; 2-ая обработка – Z 57-59; 3-я обработка – Z 75-77

Биологическая эффективность фунгицидов в фазу колошения варьировала от 43,1 % (Ризоплан, Ж) до 90,2 % (Амистар Экстра, СК, химический эталон) (рисунок 15). Лучший результат по эффективности против заболевания в фазу молочной спелости обеспечило применение биофунгицидов Фитоспорин-М, СП и Псевдобактерин-2, Ж, биологическая эффективность составила по 53,8 %. Химический эталон Амистар Экстра, СК сдерживал развитие заболевания на 88,5 %.

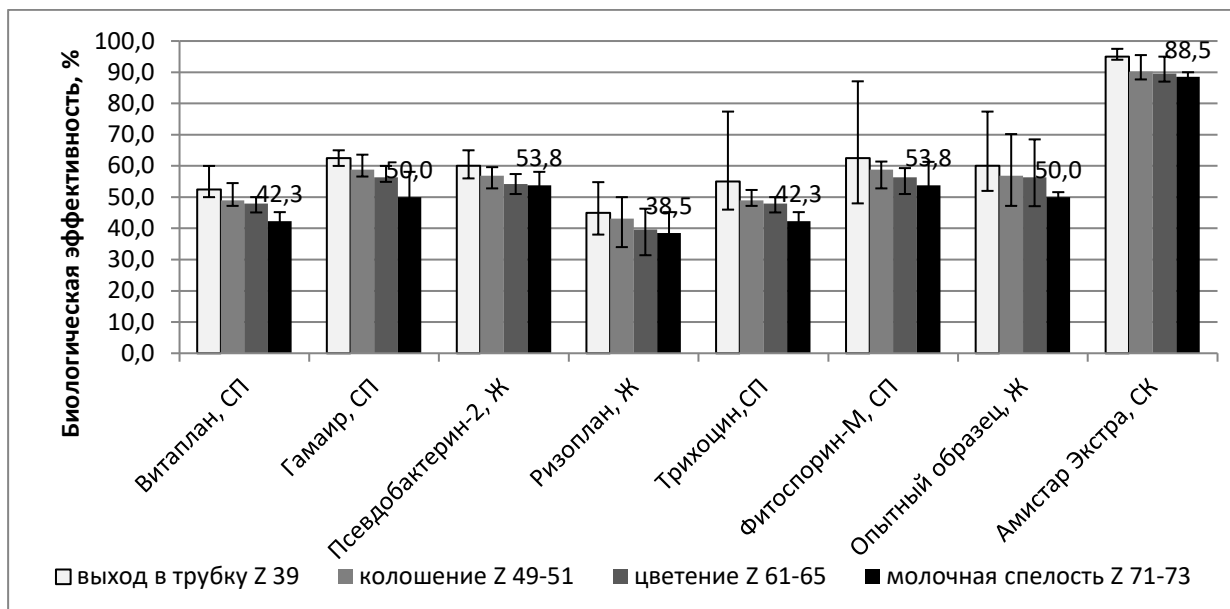


Рисунок 15 - Биологическая эффективность фунгицидов против септориоза озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Первые проявления желтой пятнистости листьев отмечены в контроле (без обработки) в фазу конца выхода в трубку. С фазы цветения до молочной спелости наблюдался интенсивный рост заболевания, развитие увеличилось с 4,3 % до 16,0 % (приложение Б, таблица Б.2). В фазу восковой спелости развитие достигло 23,0 % (таблица 11). При максимальном поражении в контроле (без обработки) развитие пятнистости в вариантах с применением фунгицидов изменялось от 5,1 % (Амистар Экстра, СК, химический эталон) до 15,7 % (Гамаир, СП).

С увеличением развития заболевания биологическая эффективность фунгицидов снижалась и в фазу колошения варьировала от 53,1 % (Ризоплан, Ж) до 96,9 % (Амистар Экстра, СК, химический эталон) (рисунок 16). В фазу восковой спелости при максимальном поражении желтой пятнистостью листьев лучший результат по эффективности против заболевания обеспечило применение опытного образца биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж (45,7 %) и Трихоцина, СП (47,4 %). Химический эталон Амистар Экстра, СК сдерживал развитие заболевания на 77,8 %.

Таблица 11 - Развитие желтой пятнистости листьев озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант*	Норма применения	Фаза колошение Z 49-51	Фаза цветение Z 61-65	Фаза молочная спелость Z 71-73	Фаза молочно-восковая спелость Z 75-77	Фаза восковая спелость Z 85-87
Витаплан, СП	40,0 г/га	1,3 ±2,1	2,0 ±2,6	8,0 ±9,1	10,3 ±10,0	13,3 ±12,4
Гамаир, СП	10,0 г/га	1,4 ±2,2	2,1 ±2,4	9,0 ±10,9	12,0 ±12,0	15,7 ±14,9
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/га	1,2 ±1,8	1,8 ±2,2	7,5 ±8,1	9,7 ±8,5	12,6 ±10,6
Ризоплан, Ж	1,0 л/га	1,5 ±2,3	2,2 ±2,6	8,5 ±10,2	10,3 ±10,0	13,0 ±12,1
Трихоцин, СП	40,0 г/га	1,3 ±1,9	1,9 ±2,1	7,5 ±8,3	9,3 ±8,5	12,1 ±10,2
Фитоспорин-М, СП	3,0 кг/га	1,3 ±2,1	2,0 ±2,5	8,3 ±9,8	10,6 ±10,5	13,9 ±13,7
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/га	1,3 ±2,0	1,9 ±2,4	8,0 ±9,3	9,9 ±9,2	12,5 ±10,8
Амистар Экстра, СК, химический эталон	0,8 л/га	0,1 ±0,2	0,3 ±0,1	2,9 ±2,5	3,1 ±2,7	5,1 ±4,9
Контроль (без обработки)	-	3,2 ±3,8	4,3 ±5,3	16 ±19,9	19 ±20,8	23 ±23,8
НСР ₀₅		0,9	1,7	3,6	4,1	3,9

*1-ая обработка Z 37-39; 2-ая обработка Z 57-59; 3-я обработка Z 75-77

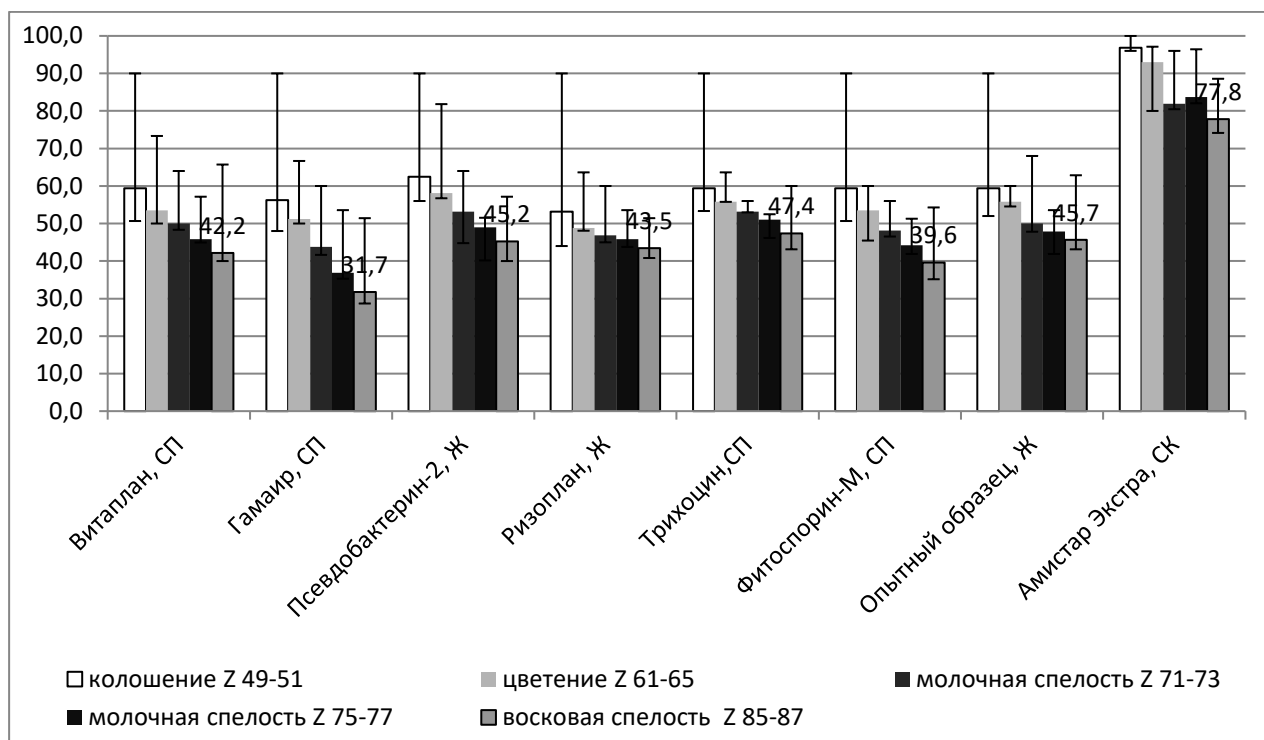


Рисунок 16 – Биологическая эффективность фунгицидов против желтой пятнистости листьев озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Гром, 2019-2021 гг.

Первые симптомы возбудителя бурой ржавчины пшеницы в годы исследований отмечены в начале колошения. В 2019 г. заболевание не встречалось, в 2020 г. установлено максимальное поражение в контроле (без обработки) (23,6 %) в фазу восковой спелости (приложение Б, таблица Б.3). Последующий год (2021) характеризовался эпифитотийным развитием патогена, в фазу восковой спелости этот показатель составил 57,2 % (таблица 12).

В фазу цветения при развитии ржавчины в контроле (без обработки) 8,7 %, развитие заболевания в вариантах с применением фунгицидов варьировало от 0 % (Амистар Экстра, СК, химический эталон) до 6,5 % (Гамаир, СП). При максимальном поражении в контроле (без обработки) 40,4 % развитие бурой ржавчины в вариантах с применением фунгицидов варьировало от 11,5 % (Амистар Экстра, СК, химический эталон) до 38,5 % (Гамаир, СП). Достоверные различия в сравнении с контролем (без обработки) отмечены в вариантах с применением химического фунгицида Амистар Экстра, СК, биопрепаратов Псевдобактерин-2, Ж и Ризоплан, Ж.

Таблица 12 – Развитие бурой ржавчины листьев озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант*	Норма применения	Фаза колошение Z 49-51	Фаза цветение Z 61-65	Фаза молочная спелость Z 71-73	Фаза молочная спелость Z 75-77	Фаза восковая спелость Z 85-87
Витаплан, СП	40,0 г/га	0 ±0,0	5,8 ±4,7	11,4 ±8,5	18,6 ±13,3	38,2 ±24,9
Гамаир, СП	10,0 г/га	0 ±0,0	6,5 ±4,9	12,1 ±8,5	19,7 ±14,9	38,5 ±25,9
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/га	0 ±0,0	5,4 ±5,0	10,0 ±7,4	16,4 ±13,6	34,2 ±26,3
Ризоплан, Ж	1,0 л/га	0 ±0,0	4,2 ±3,7	8,8 ±5,8	16,4 ±12,5	34,7 ±26,3
Трихоцин, СП	40,0 г/га	0 ±0,0	6,0 ±4,7	10,6 ±7,2	17,4 ±12,4	36,8 ±26,3
Фитоспорин-М, СП	3,0 кг/га	0 ±0,0	5,1 ±4,0	9,7 ±6,5	16,0 ±12,7	36,4 ±26,5
опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/га	0 ±0,0	4,6 ±3,3	9,2 ±5,8	16,5 ±13,1	36,4 ±26,4
Амистар Экстра, СК, химический эталон	0,8 л/га	0 ±0,0	0 ±0,0	1,1 ±0,1	2,1 ±1,3	11,5 ±8,3
Контроль (без обработки)	-	0,3 ±0,1	8,7 ±5,5	14,8 ±8,5	23,2 ±14,9	40,4 ±23,8
НСР ₀₅		6,9	1,9	2,5	3,1	5,1

*1-ая обработка Z 37-39; 2-ая обработка Z 57-59; 3-я обработка Z 75-77

Биологическая эффективность фунгицидов в фазу колошения при развитии заболевания менее 1 % во всех вариантах составила 100 % (рисунок 17). По мере увеличения интенсивности бурой ржавчины эффективность препаратов снижалась, в фазу восковой спелости этот показатель во всех вариантах с применением биофунгицидов был низким. Это может быть связано с паразитическими свойствами гриба и высокой скоростью проникновения в растение. Так, при оптимальных условиях + 20-22 °С и капельной влаге заражение происходит через 4 часа (Волкова и др., 2018). Химический эталон Амистар Экстра, СК сдерживал развитие заболевания на 71,5 %. Подобные результаты получены и у ряда других исследователей. В работах М. В. Сапожкова эффективность препарата на основе штамма бактерии *B. subtilis* составила 33,9 %, при этом развитие ржавчины в контроле не превышало 0,3 % (Сапожков, 2016). Биологическая эффективность применения лабораторного образца Витаплан, КЖ при искусственном инфицировании растений пшеницы возбудителем бурой ржавчины составила 10 %, при развитии заболевания в контроле 90 % (Краснобаева и др., 2020).

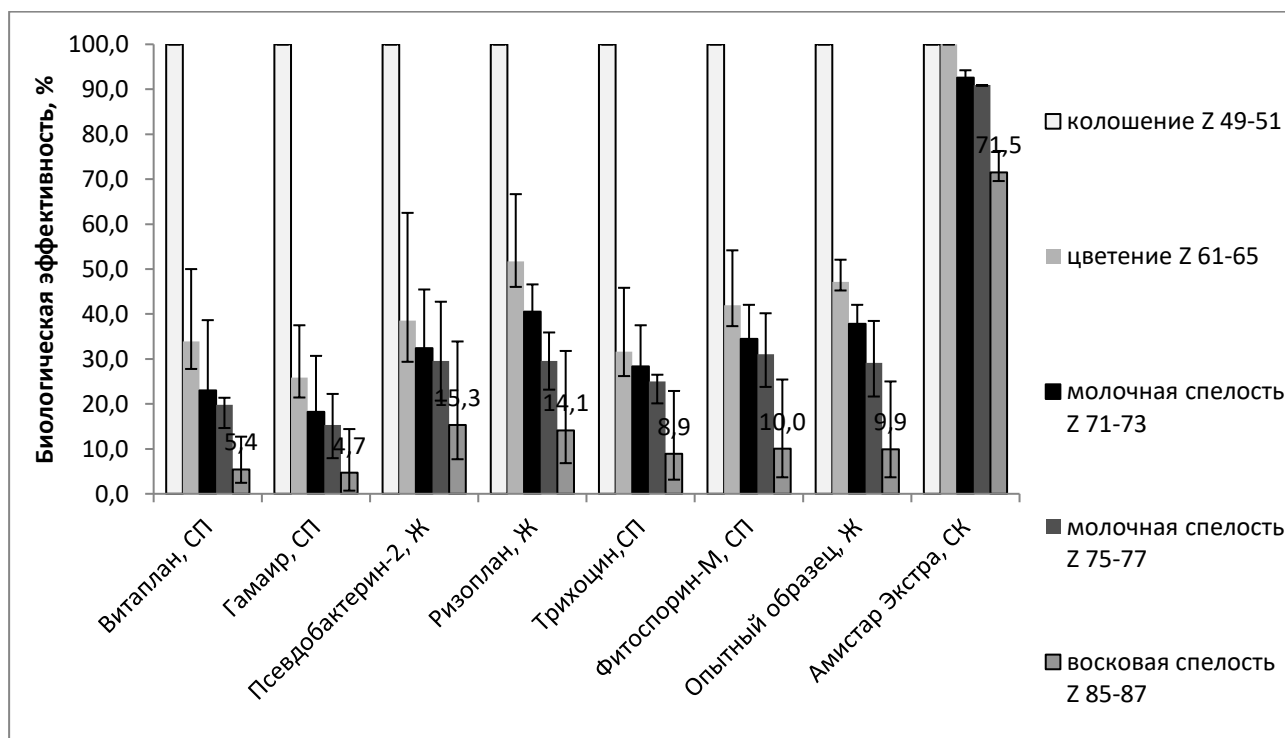


Рисунок 17 – Биологическая эффективность фунгицидов против бурой ржавчины озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР 2019 - 2021 гг.

Пораженность чернью колоса озимой пшеницы сорта Гром в фазу полной спелости в контроле (без обработки) составила 4,9 % (таблица 13). В вариантах с применением фунгицидов этот показатель варьировал от 0,6 % (Амистар Экстра, СК, химический эталон) до 3,9 % (Трихоцин, СП). Биологическая эффективность химического эталона Амистар Экстра, СК, составила 88,4 %. Лучший результат показали биофунгициды Ризоплан, Ж, Гамаир, СП и опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж. Сдерживание пораженности чернью колоса было на уровне 73,5 %, 65,3 % и 61,9 % соответственно.

Таблица 13 – Пораженность чернью колоса и биологическая эффективность фунгицидов, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант	Норма применения	Пораженность, %	Б.Э.*, %
Витаплан, СП	40,0 г/га	2,9 ±0,2	41,5
Гамаир, СП	10,0 г/га	1,7 ±0,2	65,3
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/га	3,3 ±0,2	32,7
Ризоплан, Ж	1,0 л/га	1,3 ±0,2	73,5
Трихоцин, СП	40,0 г/га	3,9 ±0,1	21,1
Фитоспорин-М, СП	3,0 кг/га	2,6 ±0,3	47,6
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/га	1,9 ±0,1	61,9
Амистар Экстра, СК, химический эталон	0,8 л/га	0,6 ±0,1	88,4
Контроль (без обработки)	-	4,9 ±0,8	0,0
НСР ₀₅		1,5	-

*Б.Э. - биологическая эффективность, %

Установлено влияние фунгицидов на массу 1000 зерен. В контроле (без обработки) этот показатель составил 32,3 г (таблица 14). В вариантах опыта масса 1000 зерен варьировала от 33,3 г (Фитоспорин-М, СП) до 35,6 г (Амистар Экстра, СК, химический эталон). Лучший результат из изученных биофунгицидов показали опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж и Трихоцин, СП, масса 1000 зерен составила по 33,8 г. Применение биологических фунгицидов против листовых заболеваний способствовало сохранению урожая зерна, в контроле (без обработки) урожайность составила 55,7 ц/га. В вариантах с применением биологических фунгицидов этот

показатель варьировал от 58,8 ц/га до 62,4 ц/га. В варианте с применением химического эталона Амистар Экстра, СК урожайность составила 67,2 ц/га.

Таблица 14 – Влияние фунгицидов на урожайность и массу 1000 зерен, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант	Норма применения	Масса 1000 зерен, г	Урожай зерна, ц/га	
			общий	сохраненный
Витаплан, СП	40,0 г/га	33,5 ±2,5	59,3 ±4,3	3,6
Гамаир, СП	10,0 г/га	33,6 ±2,7	58,8 ±4,5	3,1
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/га	33,7 ±2,3	60,2 ±3,6	4,5
Ризоплан, Ж	1,0 л/га	33,7 ±1,7	58,9 ±4,5	3,2
Трихоцин, СП	40,0 г/га	33,8 ±2,2	62,3 ±3,2	6,6
Фитоспорин-М, СП	3,0 кг/га	33,3 ±2,9	62,4 ±1,9	6,7
Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/га	33,8 ±2,8	62,0 ±3,4	6,3
Амистар Экстра, СК, химический эталон	0,8 л/га	35,6 ±2,5	67,2 ±4,0	11,5
Контроль (без обработки)	-	32,3 ±2,6	55,7 ±3,7	-
НСР ₀₅		0,2	2,1	
НСР ₀₅ (по фактору А – погодные условия) = 2,0 ц/га; НСР ₀₅ (по фактору В – фунгициды) = 1,6 ц/га; НСР ₀₅ (для частных различий) = 2,1 ц/га. Влияние фактора А (погодные условия) 74,6 %; влияние фактора В (фунгициды) 10,3 %; влияние взаимодействия АВ 7,0 %; влияние случайных факторов 6,1 %				

При двухфакторном дисперсионном анализе данных установлено, что основное влияние на урожайность (74,6 %) было отведено фактору А (погодные условия), влияние фактора В составило 10,3 %. Достоверные различия отмечены во всех вариантах опыта в сравнении с контролем (без обработки) как для показателя массы 1000 зерен, так и для урожайности.

Таким образом, обработка посевов озимой пшеницы биофунгицидами Трихоцин, СП и Фитоспорин-М, СП позволила сохранить по 12,0 % урожая зерна, опытным образцом биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж – 11,3 % (рисунок 18). В варианте с химическим фунгицидом Амистар Экстра, СК сохраненный урожай составил 20,6 %.

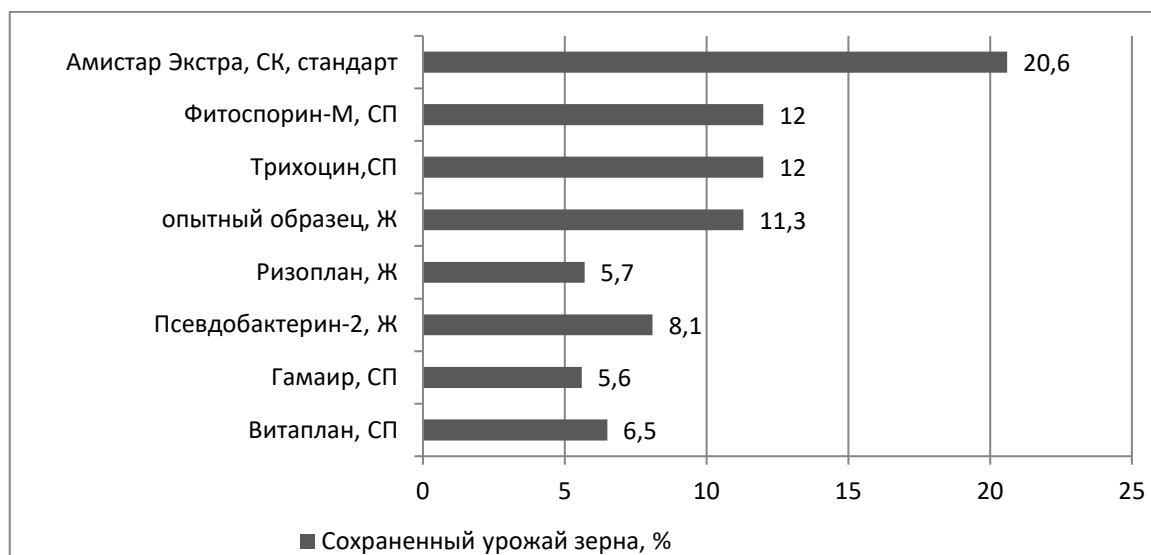


Рисунок 18 – Сохраненный урожай зерна озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Был также проведен расчет экономической эффективности применения биологических фунгицидов, ориентированный на среднерыночную стоимость зерна пшеницы 15000 руб./т в опытных вариантах и 14000 руб./т в контроле (без обработки) (таблица 15).

Таблица 15 – Экономическая эффективность применения биологических фунгицидов на озимой пшенице, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант	Норма применения	С*, руб./га	ПЗ*, руб./га	ЧД*, руб./га	УР*, %
Витаплан, СП	40,0 г/га	88950,0	39896,4	49053,6	123,0
Гамаир, СП	10,0 г/га	88200,0	41292,6	46907,4	113,6
Псевдобактерин-2, Ж	1,0 л/га	90300,0	39368,7	50931,3	129,4
Ризоплан, Ж	1,0 л/га	88350,0	39312,0	49038,0	124,7
Трихоцин, СП	40,0 г/га	93450,0	40455,4	52994,6	131,0
Фитоспорин-М, СП	3,0 кг/га	93600,0	44459,8	49140,2	110,5
опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	3,0 л/га	93000,0	40842,3	52157,7	127,7
Амистар Экстра, СК, химический эталон	0,8 л/га	100800,0	47613,6	53186,4	111,7
Контроль (без обработки)	-	77980,0	38182,2	39797,8	104,2

С* - стоимость валовой продукции, руб./га

ПЗ* - производственные затраты, руб./га

ЧД* - чистый доход, руб./га

УР* - уровень рентабельности, %

Чистый доход на сорте Гром в вариантах с использованием биологических фунгицидов варьировал от 46907,4 руб./га (Гамаир, СП) до 52994,6 руб./га (Трихоцин, СП). Рентабельность применения биофунгицидов Псевдобактерин – 2, Ж и Трихоцин, СП была выше в сравнении с остальными вариантами и составила 129,4 % и 131,0 % соответственно.

Таким образом, трехкратная обработка вегетирующих растений озимой пшеницы сорта Гром биофунгицидами против грибных фитопатогенов эффективна и экономически выгодна. Лучший результат по показателю урожайности установлен в вариантах с применением биофунгицидов Трихоцин, СП (62,3 ц/га), Фитоспорин-М, СП (62,4 ц/га), опытным образцом биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж (62,0 ц/га); по показателю рентабельности – Псевдобактерин – 2, Ж (129,4 %) и Трихоцин, СП (131,0 %).

3.3 Влияние фунгицидов на изменение агрессивности и вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы

3.3.1 Влияние биологических фунгицидов на изменение вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы

Известно влияние различных факторов на генетическую структуру популяций возбудителей заболеваний. Имеются данные по влиянию химических фунгицидов, генотипа сорта и абиотических факторов на популяцию возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы. В работах Кольбина Д. А. (Кольбин, Волкова, 2010) отмечается снижение средней вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы под влиянием комбинированного фунгицида Рекс дуо, КС, что сопровождается элиминацией изолятов, вирулентных к *Lr15*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr25*. Сорта озимой пшеницы с высокой степенью устойчивости способны влиять на генофонд популяции возбудителя. Установлено резкое снижение вирулентности

популяции бурой ржавчины под действием генотипа сорта озимой пшеницы с расосцецифической устойчивостью, изменялась частота изолятов к большинству линий с генами *Lr* (Волкова, 2020).

В работах Л. Г. Тырышкина установлено влияние элементов минерального питания на вирулентность популяции бурой ржавчины (Тырышкин, 2014). Под действием азотных удобрений отмечено снижение агрессивности возбудителя, а под действием калийного удобрения ее повышение (Тырышкин, 2015). Отмечено влияние разных значений рН на вирулентность и агрессивность патогена. При обработке ростков пшеницы раствором с высоким значением рН количество пустул снижалось в сравнении с контролем (Тырышкин, 2015). Под влиянием температуры в период инкубации возбудителя установлено изменение фенотипа вирулентности гриба *P. triticina* до авирулентности и наоборот (Тырышкин, 2014).

Поскольку объем применения биологических фунгицидов на посевах озимой пшеницы с каждым годом увеличивается, следует изучить их влияние на структуру популяций возбудителей заболеваний.

В данной работе впервые изучено влияние биологических фунгицидов на вирулентность популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы. В исследованиях были использованы препараты Псевдобактерин – 2, Ж с нормой применения 1,0 л/га и Бактофит, СП – 3,0 кг/га (таблица 16). Под влиянием биологического фунгицида Бактофит, СП снижалась частота встречаемости изолятов с генами вирулентности *pp*: *14b*, *34*, *50*, *20*; под влиянием фунгицида Псевдобактерин-2, Ж – изолятов с генами вирулентности *pp*: *14b*, *34*, *50*, *44*, *W*. В двух вариантах происходила элиминация изолятов с геном *p38*. Под влиянием препарата Бактофит, СП увеличивалась частота встречаемости изолятов, вирулентных к *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr3ka*, *LrB*, *Lr20*, *Lr2b*, *Lr15*, *Lr19*, *Lr45*, *Lr Exch*, под влиянием препарата Псевдобактерин-2, Ж увеличивалась частота тех же изолятов, а также изолятов, вирулентных к *Lr16*, *Lr17*, *Lr36*, *Lr41*. На уровне исходной популяции под влиянием фунгицида Бактофит, СП оставалась частота изолятов с генами *pp*: *9*, *16*, *11*, *17*, *30*, *10*, *14a*,

18, 3bg, 28, 21, 23, 25, 29, 32, 33, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 47, Kanr, W, а под влиянием фунгицида Псевдобактерин-2, Ж – те же изоляты с генами вирулентности, кроме pp: 16, 17, 36, 41, 44, W.

Таблица 16 – Частота изолятов *P. triticina*, вирулентных к изогенным линиям, под влиянием биологических фунгицидов, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2021 г.

Гены вирулентности, pp	Частота изолятов в образцах урединиоспор, %		
	исходная популяция (без обработки)	популяция, обработанная препаратом Псевдобактерин-2, Ж	популяция, обработанная препаратом Бактофит, СП
1	80,0	100	100
2a	6,7	38,5	40,0
2c	46,7	100	100
3	86,7	100	100
9	0	0	6,7
16	86,7	100	93,3
24	6,7	30,8	26,7
26	53,3	76,9	93,3
3ka	66,7	100	100
11	93,3	100	100
17	86,7	100	86,7
30	100	100	100
B	60,0	100	100
10	93,3	100	93,3
14a	93,3	100	100
18	93,3	92,3	93,3
3bg	93,3	100	93,3
14b	93,3	46,2	53,3
20	40,0	46,2	26,7
28	66,7	53,8	60,0
2b	0	53,8	86,7
15	6,7	53,8	53,3
19	0	15,4	20,0
21	93,3	92,3	100
23	93,3	100	100

25	86,7	100	93,3
29	6,7	15,4	13,3
32	80,0	92,3	93,3
33	93,3	100	100
34	93,3	76,9	73,3
36	86,7	100	86,7
38	6,7	0	0
40	93,3	100	100
41	6,7	23,1	6,7
42	0	7,7	0
43	0	0	0
44	93,3	61,5	86,7
45	33,3	61,5	46,7
47	0	0	0
50	53,3	7,7	33,3
Exch	53,3	84,6	86,7
Kanr	93,3	92,3	86,7
W	66,7	38,5	60,0
Средняя вирулентность по Мартенсу, %	57,8	66,5	67,3
Индекс Нея (Nei distance)	-	0,0487	0,0489
Индекс разнообразия Нея (Hs)	0,207	0,175	0,177

Средняя вирулентность исходной популяции (без обработки) составила 57,8 %. Под влиянием биологического фунгицида Псевдобактерин-2, Ж вирулентность возрастала и составила 66,5 %, под влиянием Бактофит, СП - 67,3 %.

При проведении статистического анализа рассчитан индекс Нея, показывающий степень влияния биопрепаратов на генофонд вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины. Согласно полученным данным, применение биофунгицидов Бактофит, СП и Псевдобактерин-2, Ж не имеет значительного влияния на вирулентность популяции *P. tritricina*. У исходной популяции (без обработки) разнообразие по генам вирулентности ($H_s = 0,207$) выше в сравнении с вариантами, обработанными биологическими фунгицидами, что говорит о снижении фенотипического разнообразия популяции патогена под действием биопрепаратов.

Была проведена оценка влияния биологических фунгицидов на изменение фенотипического состава популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы. Так, в вариантах, обработанных препаратами, отмечены изменения в реакции на заражение изогенных линий, несущих гены устойчивости *Lr24*, *Lr14b* (таблица 17). Тип поражения этих линий снижался с 2 баллов до «;» и с 3 баллов до 2 соответственно. Тип реакции других изогенных линий оставался на уровне исходной популяции, не подвергавшейся обработке биофунгицидом.

Таблица 17 – Изменение фенотипического состава популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы под влиянием биологических фунгицидов, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Гены вирулентности, pp	Тип реакции сортов на заражение, балл		
	исходная популяция (без обработки)	популяция, обработанная препаратом Псевдобактерин-2, Ж	популяция, обработанная препаратом Бактофит, СП
1	3	3	3
2a	2	2	2
2c	3	3	3
3	3	3	3
9	0	0	0
16	3	3	3
24	2	;	;
26	3	3	3
3ka	3	3	3
11	3	3	3
17	3	3	3
30	3	3	3
B	3	3	3
10	3	3	3
14a	3	3	3
18	3	3	3
3bg	3	3	3
14b	3	2	2
20	;	;	;
28	;	;	;
фенотип	PHTTQ	PHTTL	PHTTL

В результате анализа фенотипического состава популяции возбудителя бурой ржавчины выявлено два различных фенотипа РНТТQ (популяция, не обработанная биофунгицидами), РНТТL (популяция, обработанная биофунгицидами).

Таким образом, применение биологических фунгицидов Псевдобактерин – 2, Ж с нормой применения 1,0 л/га и Бактофит, СП – 3,0 кг/га на озимой пшенице не имеет достоверного влияния на структуру популяции возбудителя бурой ржавчины по вирулентности и фенотипическому составу. Поэтому расширение ассортимента применения фунгицидов в сторону биопрепаратов является безопасным решением проблемы пестицидной нагрузки в агроэкосистеме.

3.3.2 Влияние химических фунгицидов на изменение агрессивности и вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы

В настоящее время использование в системе интегрированной защиты химических фунгицидов позволяет получить потенциальную урожайность зерна, этот результат обуславливает высокая эффективность препаратов против целевого объекта. Основной проблемой применения пестицидов против заболеваний остается преодоление вредными организмами чувствительности к токсикантам (Волкова, 2001; Damicone, 2014).

В данной работе впервые была проведена оценка влияния фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) и двухкомпонентного фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) на вирулентность и показатели агрессивности северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы. Определен уровень чувствительности патогена к препаратам при однократной обработке.

Биологическая эффективность химических фунгицидов изменялась в зависимости от использования разных норм применения препаратов. В опыте с фунгицидом на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) среднее

количество пустул бурой ржавчины с типом реакции 3 балла составило 14,2 шт. на лист (рисунок 19). При увеличении нормы применения препарата этот показатель снижался от 6,7 шт. на лист (0,3 л/га) до 1,8 шт. (0,7 л/га). Биологическая эффективность варьировала от 52,8 % (0,3 л/га) до 87,3% (0,7 л/га). В варианте с применением рекомендованной нормы эффективность составила 77,5 %, что говорит о снижении чувствительности патогена.

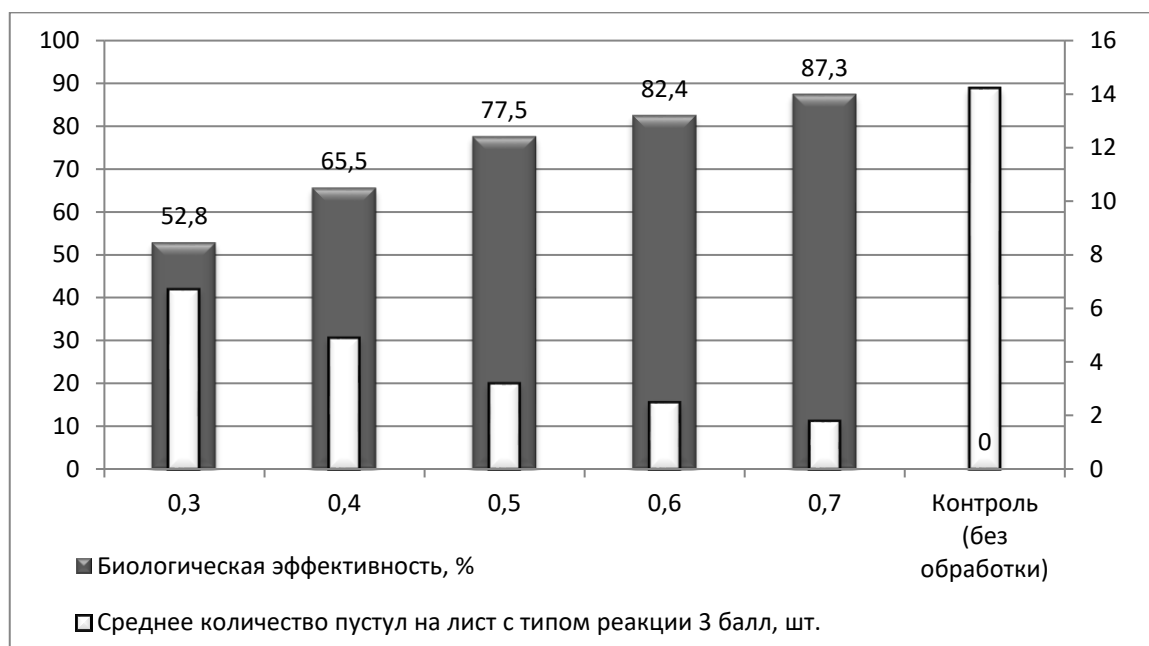


Рисунок 19 – Биологическая эффективность разных норм применения фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) против возбудителя бурой ржавчины пшеницы, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

При оценке чувствительности возбудителя бурой ржавчины пшеницы к препарату на основе тебуконазола было установлено, что показатели СК₅₀ и СК₉₅ для Колосаль, КЭ составили 63 мг/мл и 217 мг/мл соответственно (приложение В). Отмечено снижение чувствительности патогена к фунгициду. Так СК₉₅ существенно выше рекомендованной концентрации в рабочем растворе (125 мг/мл), используемом для защиты озимой пшеницы против *P. triticina*, в то время как показатель СК₅₀ оставался на том же уровне (65 мг/мл).

В опыте с фунгицидом на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) в контроле (без обработки) среднее количество пустул бурой ржавчины с типом реакции 3 балла составило 27,4 шт. на лист (рисунок 20). При увеличении нормы применения препарата

этот показатель снижался от 1,7 шт. на лист (0,75 л/га) до 0,1 шт. (1,75 л/га). Биологическая эффективность варьировала от 93,8 % (0,75 л/га) до 99,6 % (1,75 л/га). В варианте с применением рекомендованной нормы эффективность была высокая и составила 95,3 – 97,8 %.

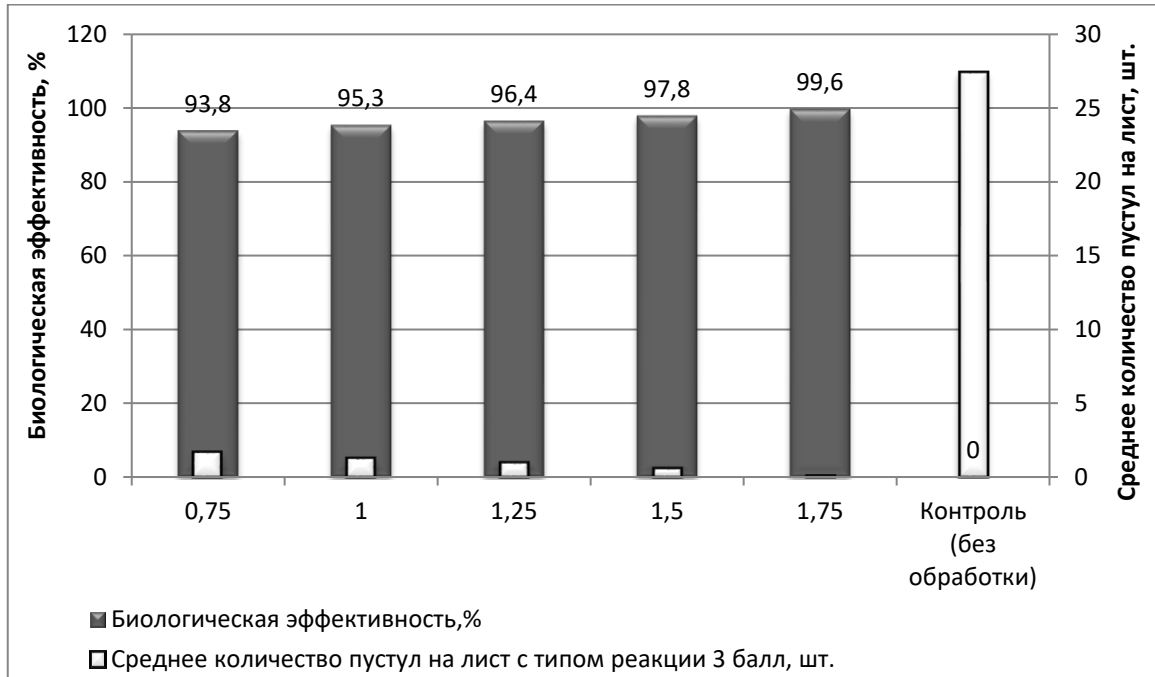


Рисунок 20 – Биологическая эффективность разных норм применения фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) против возбудителя бурой ржавчины пшеницы, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Показатели СК₅₀ и СК₉₅ в опыте с применением фунгицида Абакус Ультра, СЭ составили 61,7 мг/мл и 128,4 мг/мл соответственно, что близко к значениям рекомендованной концентрации в рабочем растворе (49,9 мг/мл и 125 мг/мл) и доказывает высокую чувствительность популяции возбудителя к данному токсиканту (приложение Г).

Жизнеспособность уединиоспор *P. triticina* рассчитывали в процентах путем отношения общего числа спор к количеству проросших. В контроле (без обработки) показатель принят за 100 %. С увеличением нормы применения фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) жизнеспособность изменялась от 83,3 % (норма применения 0,3 л/га) до 55,6 % (0,7 л/га) (рисунок 21). В варианте с рекомендуемой нормой фунгицида 0,5 л/га жизнеспособность спор возбудителя составляла 61,1 %.

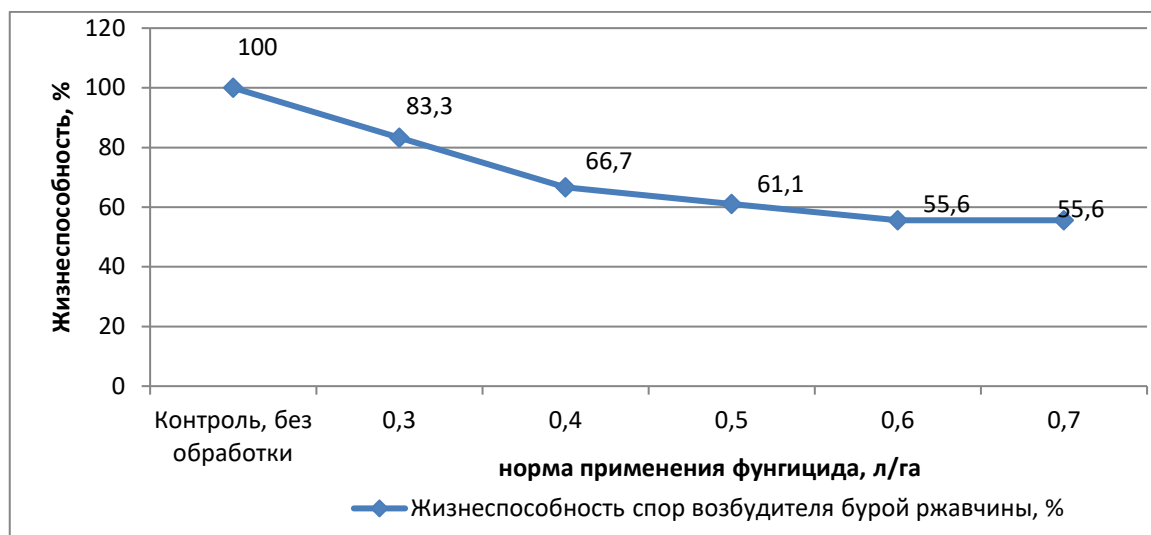


Рисунок 21 – Влияние разных норм применения фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) на жизнеспособность спор бурой ржавчины, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

В опыте с обработкой растений озимой пшеницы фунгицидом на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) показатель жизнеспособности варьировал от 69,1 % (норма применения 0,75 л/га) до 29,2 % (1,75 л/га) (рисунок 22). В варианте с рекомендуемой нормой фунгицида 1,0-1,5 л/га жизнеспособность спор возбудителя составляла 61,7 – 40,3 %.

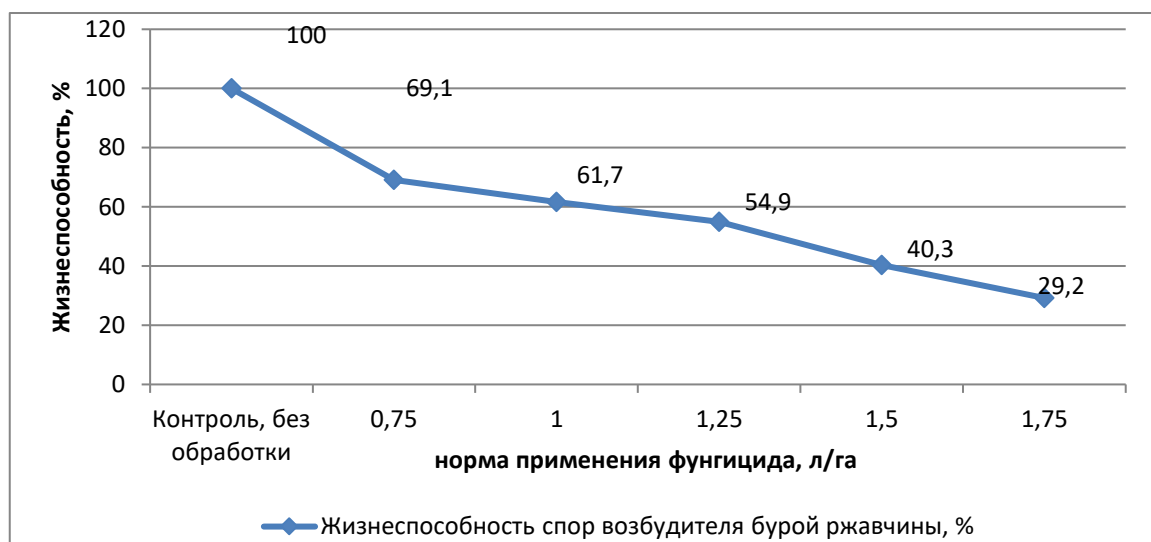


Рисунок 22 – Влияние разных норм применения фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) на жизнеспособность спор бурой ржавчины, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Установлено влияние разных норм применения фунгицида на показатели агрессивности популяции. Длительность споруляции снижалась с увеличением нормы применения фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) и варьировала от 13 суток (контроль (без обработки)) до 8 суток (нормы применения 0,6 л/га и 0,7 л/га) (рисунок 23).

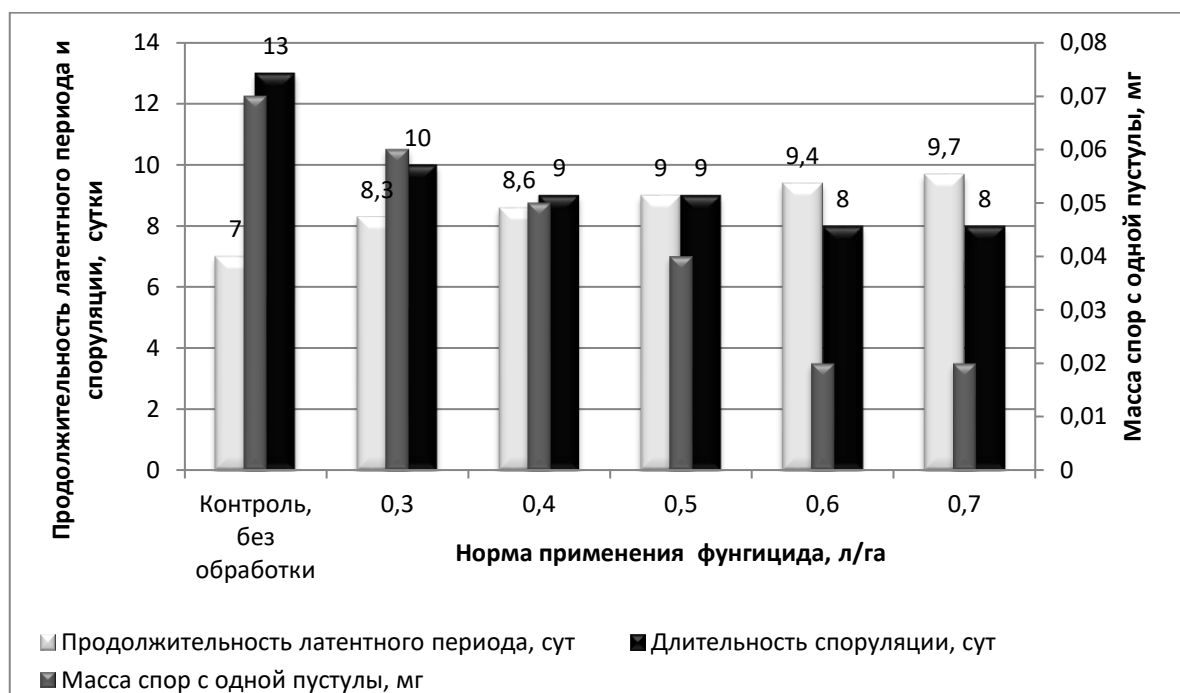


Рисунок 23 – Влияние разных норм применения фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) на показатели агрессивности возбудителя бурой ржавчины пшеницы, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Спорулирующая способность также снижалась с увеличением нормы применения препарата. В контроле (без обработки) было собрано 0,07 мг спор с одной пустулы. Меньшее количество спор было собрано с вариантов, обработанных фунгицидом, с нормами 0,6 л/га и 0,7 л/га. Показатель составил по 0,02 мг. Длительность латентного периода возрастала с увеличением нормы применения препарата. Латентный период варьировал от 7 суток в (контроле (без обработки)) и до 9,7 суток (норма применения 0,7 л/га).

В опыте с использованием фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) агрессивность также снижалась (рисунок 24). С увеличением нормы применения препарата

длительность споруляции снижалась от 14 суток (контроль (без обработки)) до 5 суток (1,75 л/га).

С увеличением нормы применения препарата Абакус Ультра, СЭ споруляция и ее длительность была значительно ниже, в отличие от применения фунгицида Колосаль, КЭ.

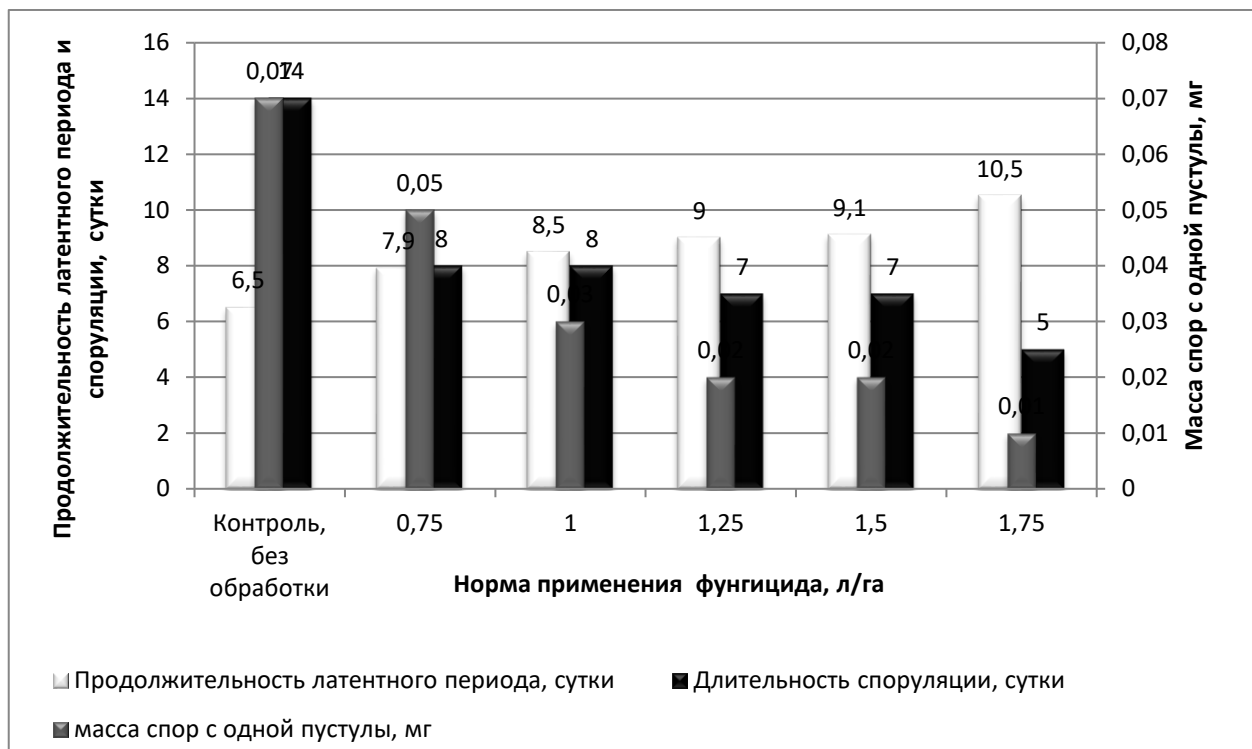


Рисунок 24 - Влияние разных норм применения фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) на показатели агрессивности возбудителя бурой ржавчины пшеницы, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Меньшее количество спор было собрано в варианте с повышенной нормой применения 1,75 л/га, где показатель составил 0,01 мг. Длительность латентного периода возрастала с увеличением нормы применения препарата. Латентный период варьировал от 6,5 суток в (контроле (без обработки)) и до 10,5 суток (норма применения 1,75 л/га).

Изучено влияние химических фунгицидов на вирулентность популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы (таблица 18). Под влиянием препарата на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) существенно не изменялась частота изолятов, вирулентных к *Lr2a*, *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr17*, *Lr30*, *Lr10*, *Lr18*,

Lr20, *Lr28*, оставаясь на уровне их встречаемости в популяции патогена, не обработанной препаратом.

Отрицательный отбор отмечен для изолятов с генами *pp*: 1, 2с, 3, 26, 3ка, 11, В, 14а, 3bg, 14b. С увеличением нормы применения фунгицида произошло уменьшение количества изолятов с генами *pp*: 2с, 3, 26, 3ка, В, 14а; увеличилась частота *p11*.

Таблица 18 – Частота изолятов с генами вирулентности (*pp*) в северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы под воздействием разных норм применения фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ), тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Ген <i>Lr</i>	Исходная популяция	Норма применения фунгицида, л/га				
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
частота изолятов в образцах урединиоспор, %						
1	49	9	57	49	11	20
2а	1	0	0	0	0	0
2с	19	11	9	7	6	0
3	69	79	61	56	58	50
9	0	0	0	0	0	0
16	33	63	44	41	35	32
24	0	0	0	0	0	0
26	42	40	29	31	25	18
3ка	27	39	33	24	21	6
11	74	12	27	47	45	46
17	46	79	62	49	51	45
30	2	0	0	5	1	4
В	53	58	42	41	39	39
10	47	64	48	47	45	42
14а	53	50	34	30	32	34
18	27	23	18	14	18	18
3bg	39	18	23	12	19	10
14b	53	36	29	27	35	33
20	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0
Средняя вирулентность популяции, %	31,7	29,1	25,8	24,0	22,1	19,9
Индекс Нея (Nei distance)	-	0,149	0,071	0,041	0,047	0,047
Индекс разнообразия Нея (Hs)	0,318	0,261	0,292	0,287	0,272	0,253

Средняя вирулентность популяции *P.triticina* в контроле (без обработки) составила 31,7 %, в варианте с нормой применения фунгицида 0,3 л/га – 29,1 %;

0,4 л/га – 25,8 %; 0,5 л/га – 24,0 %; 0,6 л/га – 22,1 %. При использовании повышенной нормы 0,7 л/га средняя вирулентность была в 1,6 раза меньше показателя в контроле (без обработки) и составила 19,9 %.

Согласно индексу Нея, максимальные различия ($N=0,149$) по частоте изолятов, вирулентных к линиям с генами *Lr*, получены между исходной популяцией (контроль (без обработки)) и вариантом с пониженной нормой применения фунгицида (0,3 л/га). С увеличением нормы применения препарата до рекомендуемой, значение индекса Нея снижается до 0,04 у.е., а при дальнейшем увеличении нормы применения варьирует незначительно ($N=0,041-0,047$). Максимальное разнообразие по генам вирулентности отмечено в исходной популяции ($H_s = 0,318$). При снижении или завышении нормы применения фунгицида отмечено уменьшение разнообразия популяции, что свидетельствует о движущем отборе в сторону распространения более агрессивных и вирулентных изолятов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при пониженных нормах применения фунгицида наблюдаются более значительные изменения генетической структуры популяции фитопатогена.

Под влиянием фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) существенно не менялась частота изолятов, вирулентных к *Lr2a*, *Lr9*, *Lr24*, *Lr17*, *Lr30*, *Lr20*, *Lr28*, оставаясь на уровне их встречаемости в популяции патогена, не обработанной препаратом (таблица 19). Отрицательный отбор отмечен для изолятов с генами *pp*: 1, 3, 16, 26, 3*ka*, 11, *B*, 10, 14*a*, 18, 3*bg*. С увеличением нормы применения фунгицида произошло уменьшение количества изолятов с генами *pp*: 1, 3, 26, 3*ka*, 11. Средняя вирулентность популяции *P.triticina* в контроле (без обработки) составила 40,0 %, в варианте с нормой применения фунгицида 0,75 л/га – 37,2 %; 1,0 л/га – 29,0 %; 1,25 л/га – 22,5 %; 1,5 л/га – 21,3 %. При использовании повышенной нормы 1,75 л/га средняя вирулентность была в 2,7 раза меньше показателя в контроле (без обработки) и составила 19,5 %.

Таблица 19 - Частота изолятов с генами вирулентности (pp) в северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы под воздействием разных норм применения фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ), тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Ген <i>Lr</i>	Исходная популяция	Норма применения фунгицида, л/га				
		0,75	1,0	1,25	1,5	1,75
	частота изолятов в образцах урединиоспор, %					
1	45	52	45	33	33	22
2a	2	0	0	0	1	1
2c	0	31	2	5	4	0
3	66	58	58	47	43	25
9	0	0	0	0	0	0
16	63	35	37	30	34	27
24	0	0	0	0	0	0
26	92	77	59	55	45	42
3ka	77	98	56	43	36	34
11	77	65	54	50	27	36
17	12	9	11	2	4	2
30	1	0	2	5	0	1
B	88	55	57	48	43	36
10	100	85	62	43	85	67
14a	76	33	55	21	9	21
18	23	15	5	4	2	6
3bg	53	48	32	18	13	21
14b	24	82	45	43	43	47
20	0	0	0	0	3	2
28	0	0	0	3	0	0
Средняя вирулентность популяции, %	40,0	37,2	29,0	22,5	21,3	19,5
Индекс Нея (Nei distance)	-	0,094	0,039	0,076	0,077	0,057
Индекс разнообразия Нея (Hs)	0,216	0,256	0,284	0,266	0,231	0,240

При расчете индекса Нея максимальные различия ($N=0,094$) по частоте изолятов, вирулентных к линиям с генами *Lr*, также получены между исходной популяцией (контроль (без обработки)) и вариантом с пониженной нормой применения фунгицида (0,75 л/га). С увеличением нормы применения препарата, значение индекса Нея варьировало от 0,039 до 0,077. Максимальное разнообразие по генам вирулентности отмечено в варианте с использованием рекомендованной нормы применения фунгицида ($H_s = 0,284$).

Была проведена оценка влияния разных норм применения фунгицидов на изменение фенотипического состава возбудителя бурой ржавчины пшеницы. Так, в опыте с использованием препарата на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) отмечены изменения в реакции на заражение изогенных линий, несущих гены устойчивости *Lr2c*, *Lr3ka* (таблица 20).

Таблица 20 – Фенотипический состав популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы под влиянием обработки фунгицидом на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) с различными нормами применения, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Ген <i>Lr</i>	Исходная популяция	Норма применения фунгицида				
		0,3 л/га	0,4 л/га	0,5 л/га	0,6 л/га	0,7 л/га
Тип реакции сортов на заражение, балл						
1	3	3	3	3	3	3
2a	2	2	2	2	2	2
2c	3	3	3	3	3	2
3	3	3	3	3	3	3
9	0	0	0	0	0	0
16	2	3	3	3	3	3
24	2	1	1	1	1	1
26	3	3	3	3	3	3
3ka	3	3	3	3	3	2
11	3	3	3	3	3	3
17	3	3	3	3	3	3
30	2	2	1	2	1	1
B	3	3	3	3	3	3
10	3	3	3	3	3	3
14a	3	3	3	2	3	3
18	3	3	2	3	3	3
3bg	3	2	3	2	3	3
14b	3	3	3	3	3	3
20	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0
фенотип	MHSTQ	PHSTG	PHSTQ	PHSRG	PHSTQ	MHJTQ

Тип поражения этих линий в варианте с повышенной нормой применения препарата (0,7 л/га) снижался с 3 баллов до 2. Под воздействием фунгицида, независимо от нормы препарата, тип поражения сорта с геном устойчивости *Lr24* снижался с 2 баллов до 1. Тип реакции изогенных линий, несущих гены устойчивости *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr26*, *Lr11*, *Lr17*, *LrB*, *Lr10*, *Lr14b*, *Lr20*, *Lr28*

оставался на уровне исходной популяции, не подвергавшейся обработке фунгицидом.

В результате анализа фенотипического состава популяции возбудителя бурой ржавчины выявлено 6 различных фенотипов – PHSTG (норма применения 0,3 л/га), PHSTQ (0,4 л/га), PHSRG (0,5 л/га), PHSTQ (0,6 л/га), MHJTG (0,7 л/га), MHSTQ (популяция, не обработанная фунгицидом).

В опыте с использованием препарата на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) в норме 0,75 л/га и 1,25 л/га тип поражения линии, несущей ген устойчивости *Lr 2c*, увеличивался с 2 до 3 баллов (таблица 21).

Таблица 21 – Фенотипический состав популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы под влиянием обработки фунгицидом на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) с различными нормами применения, тепличный комплекс ФГБНУ ФНЦБЗР, 2020 г.

Ген <i>Lr</i>	Исходная популяция	Норма применения фунгицида, л/га				
		0,75	1,0	1,25	1,5	1,75
тип реакции сортов на заражение, балл						
1	3	3	3	3	3	3
2a	2	2	2	2	2	2
2c	2	3	2	3	2	2
3	3	3	3	3	3	3
9	0	0	0	0	0	0
16	3	3	3	3	3	3
24	2	1	1	0	1	1
26	3	3	3	3	3	3
3ка	3	3	3	3	3	3
11	3	3	3	3	3	3
17	2	2	2	2	2	2
30	2	2	2	2	2	2
В	3	3	3	3	3	3
10	3	3	3	3	3	3
14a	3	2	3	3	3	3
18	3	2	2	2	2	3
3bg	3	3	3	3	2	3
14b	3	3	3	3	3	3
20	1	0;	0;	0;	1	1
28	0;	0;	0;	1	0;	0;
фенотип	MHQTQ	PHQQQ	MHQSQ	PHQSQ	MHQSG	MHQTQ

Тип поражения линии, несущей ген устойчивости *Lr2c*, в варианте с применением нормы препарата 0,75 л/га и 1,25 л/га увеличивался с 2 до 3 баллов. Под воздействием фунгицида, независимо от нормы препарата, тип поражения сорта с геном устойчивости *Lr24* снижался с 2 баллов до 1 и 0. На линиях с генами устойчивости *Lr14a*, *Lr18* и *Lr3bg* тип реакции изменялся на некоторых нормах применения с 3 до 2 баллов. Тип реакции изогенных линий, несущих гены устойчивости *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr16*, *Lr26*, *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30*, *LrB*, *Lr10*, *Lr14b*, оставался на уровне исходной популяции, не подвергавшейся обработке фунгицидом.

В результате анализа фенотипического состава популяции возбудителя бурой ржавчины выявлено 5 различных фенотипов – PHQQQ (норма применения 0,75 л/га), MHQSQ (1,0 л/га), PHQSQ (1,25 л/га), MHQSG (1,5 л/га), MHQTQ (1,75 л/га), MHQTQ (популяция, не обработанная фунгицидом).

Таким образом, при сравнительной оценке анализируемых показателей под действием химических фунгицидов установлено снижение агрессивности и вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы. При этом в опыте с использованием препарата на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) влияние более выражено. Рекомендуемая для сельскохозяйственного производства норма применения препарата на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) уже недостаточно эффективно сдерживает развитие заболевания, что говорит о снижении чувствительности патогена к токсиканту. Биологическая эффективность фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) остается на высоком уровне.

Поскольку Колосаль, КЭ относится к моносайтовым фунгицидам, то и формирование резистентности к нему будет быстрее, чем к Абакус Ультра, СЭ, содержащего два действующего вещества, за счет мутации в одном сайте гена (Дьяков и др., 2007). Тем более, что по результатам наших исследований, уже прослеживается тенденция снижения чувствительности патогена к тебуконазолу. В работах других ученых также встречаются данные по

резистентности фитопатогенов к фунгицидам триазоловой группы. Так, в Бразилии встречаются устойчивые формы к эпоксиканозолу и тебуконазолу в популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы, мучнистой росы и пирикулярриоза риса (Arduim et al., 2012; Tonin et al., 2013; Poloni, 2021).

Проведенные исследования позволяют прогнозировать изменения чувствительности популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы к фунгицидам и в дальнейшем корректировать применение защитных средств, за счет чередования использования однокомпонентных препаратов на основе тебуконазола с комбинированными из различных химических классов.

3.4 Разработка элементов биологической защиты озимой пшеницы на сортах, различающихся по устойчивости к основным грибным заболеваниям

С ухудшением экологической обстановки в агроценозе интегрированная система защиты пшеницы с элементами биологизации становится в приоритете. Биологические фунгициды эффективны против болезней, влияют на рост растений и действуют как индукторы болезнеустойчивости (Гришечкина, Долженко, 2017; Шутко и др., 2019).

Для разработки элементов биологической защиты озимой пшеницы против комплекса фитопатогенов были высеяны сорта, различающиеся по устойчивости к основным заболеваниям – Гром и Сварог.

В опыте предусмотрено 3 способа защиты посевов озимой пшеницы от комплекса заболеваний: биологическая защита с применением фунгицидов Витаплан, СП, Трихоцин, СП и Псевдобактерин-2, Ж; биологизированная защита с применением фунгицидов Витаплан, СП, Амистар Экстра, КЭ; химическая защита с применением фунгицидов Максим, КС, Фундазол, СП, Амистар Экстра, КЭ.

В осенний вегетационный период в годы исследования на посевах озимой пшеницы развитие корневых гнилей не было отмечено (приложение Б, таблица

Б.4). В фазу весеннего кущения развитие корневых гнилей на контроле (без обработки) сорта Сварог составило 19,0 % (таблица 22).

Таблица 22 - Влияние применения биологических фунгицидов на развитие и распространенность корневых гнилей, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2018-2021 гг.

Способ защиты	Фаза кущение Z 28-30		Фаза молочно-восковая спелость Z 77-83	
	*R, %	*P, %	R, %	P, %
Биологическая	5,4 ±1,0	27,6 ±9,9	36,6 ±9,8	98,4 ±1,6
Биологизированная	5,5 ±1,1	26,9 ±4,2	25,1 ±5,0	88,7 ±11,3
Химическая	5,6 ±1,5	23,5 ±7,2	25,0 ±0,3	78,8 ±16,3
Контроль (без обработки)	19,0 ±5,6	57,5 ±15,8	55,4 ±13,7	98,4 ±1,6
НСР ₀₅	4,9	6,3	3,5	4,1

*R - развитие, %; *P - распространенность, %

В зависимости от способа защиты развитие заболевания варьировала от 5,4 % (Витаплан, СП) до 5,6 % (Максим, КС). Распространенность изменялась от 23,5 % (Максим, КС) до 57,5 % (контроль (без обработки)). В фазу молочно – восковой спелости развитие корневых гнилей в контроле (без обработки) составило 55,4 %. В вариантах, обработанных фунгицидами, этот показатель варьировал от 25,0 % (Максим, КС) до 36,6 % (Витаплан, СП). Распространенность заболевания в контроле (без обработки) составила 98,4 %.

Биологическая эффективность протравителей против корневых гнилей в фазу весеннего кущения варьировала от 70,5 % (Максим, КС) до 71,6 % (Витаплан, СП) (рисунок 25). В фазу молочно – восковой спелости в варианте с биологической защитой этот показатель составил 33,9 %, в варианте с биологизированной защитой – 54,7 %, в варианте с применением химических фунгицидов – 54,9 %.

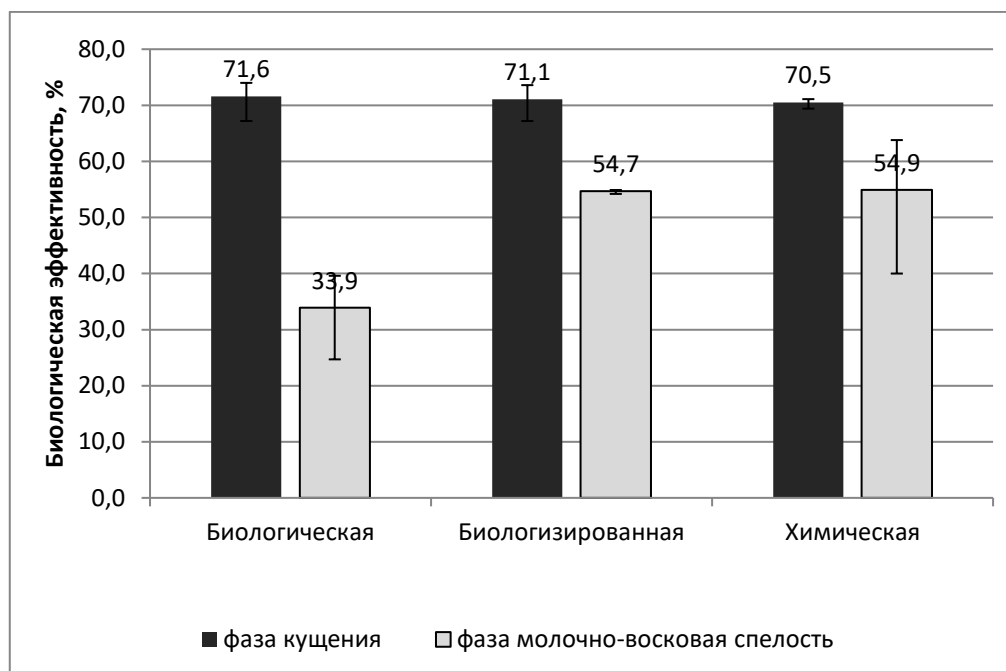


Рисунок 25 – Биологическая эффективность фунгицидов против корневых гнилей, сорт Сварог, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2018-2021 гг.

В фазу весеннего кущения развитие корневых гнилей на контроле (без обработки) сорта Гром составило 22,7 % (таблица 23). В зависимости от способа защиты развитие заболевания варьировало от 8,6 % до 7,8 %. Распространенность изменялась от 31,0 % (Витаплан, СП) до 57,1 % (контроль (без обработки)).

Таблица 23 - Влияние применения биологических фунгицидов на развитие и распространенность корневых гнилей, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Гром, 2018-2021 гг.

Способ защиты	Фаза кущение, Z 28-30		Фаза молочно-восковая спелость, Z 77-83	
	*R, %	*P, %	R, %	P, %
Биологическая	8,2 ±6,1	31,0 ±22,7	28,4 ±3,3	88,7 ±11,3
Биологизированная	7,8 ±5,7	31,3 ±23,0	23,6 ±1,1	92,3 ±7,7
Химическая	8,6 ±4,9	33,6 ±18,8	25,5 ±0,4	85,8 ±14,2
Контроль (без обработки)	22,7 ±12,0	57,1 ±14,4	52,3 ±3,7	99,3 ±0,7
НСР ₀₅	1,6	4,3	0,9	3,9

*R - развитие, %

*P - распространенность, %

В фазу молочно – восковой спелости развитие корневых гнилей в контроле (без обработки) составило 52,3 %. В вариантах, обработанных фунгицидами, этот показатель варьировал от 23,6 % (Максим, КС) до 28,4 % (Витаплан, СП). Распространенность заболевания в контроле (без обработки) составила 99,3 %.

Биологическая эффективность протравителей против корневых гнилей в фазу весеннего кушения варьировала от 65,6 % (Витаплан, СП) до 62,1 % (Максим, КС) (рисунок 26).

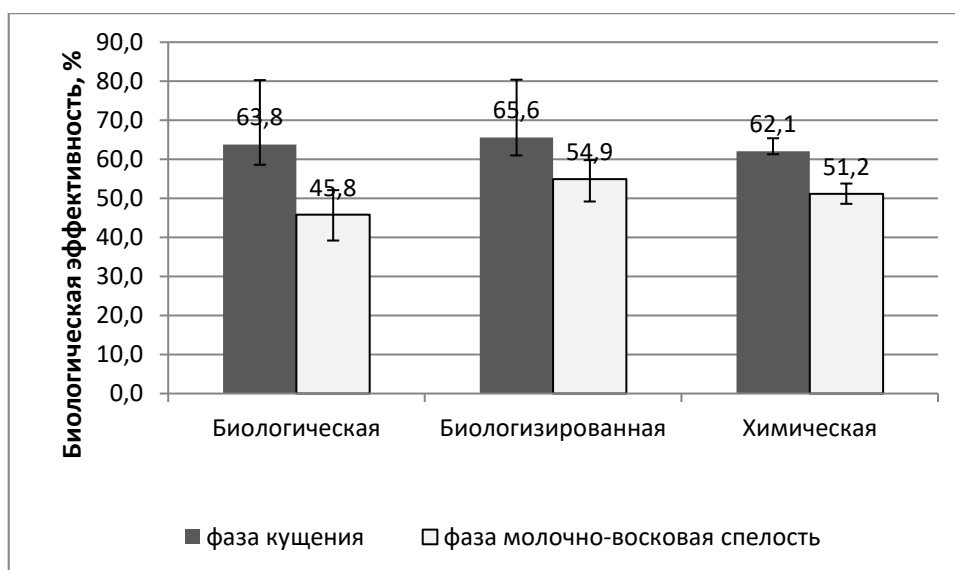


Рисунок 26 – Биологическая эффективность фунгицидов против корневых гнилей, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2018-2021 гг.

В фазу молочно-восковой спелости в варианте с биологической защитой эффективность составила 45,8 %, в варианте с биологизированной защитой – 54,9 %, в варианте с применением химических фунгицидов – 51,2 %.

Развитие септориоза листьев пшеницы имело незначительные различия по годам исследования (приложение Б, таблица Б.5). Первые проявления пятнистости отмечены в контроле (без обработки) в фазу кушения (таблица 24). На среднеустойчивом сорте (Сварог) до фазы цветения отмечен рост развития заболевания до 6,9 %, далее интенсивность резко снижалась.

Максимальное развитие септориоза листьев в фазу цветения отличалось по вариантам в зависимости от способа защиты и варьировало от 1,2 % (химическая защита) до 3,3 % (биологическая защита).

Таблица 24 – Развитие септориоза листьев озимой пшеницы, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Способ защиты*	Фаза выход в трубку Z 39	Фаза колошение Z 49-51	Фаза цветение Z 61-65
Устойчивый сорт (Сварог)			
Биологическая	0,4 ±0,1	1,1 ±0,1	3,3 ±0,2
Биологизированная	0,4 ±0,1	1,1 ±0,2	1,9 ±0,1
Химическая	0,2 ±0,1	0,7 ±0,2	1,2 ±0,2
Контроль (без обработки)	2,1 ±0,3	4,7 ±0,3	6,9 ±0,3
НСР ₀₅	0,1	1,1	0,6
Восприимчивый сорт (Гром)			
Биологическая	0,4 ±0,1	1,3 ±0,3	2,9 ±0,2
Биологизированная	0,3 ±0,1	1,2 ±0,3	2,0 ±0,2
Химическая	0,2 ±0,1	0,8 ±0,2	1,1 ±0,2
Контроль (без обработки)	2,7 ±0,2	7,0 ±0,3	8,7 ±0,4
НСР ₀₅	0,1	2,0	0,7

*1-ая обработка Z 32-33; 2-ая обработка Z 59 – 61

В контроле (без обработки) на восприимчивом сорте (Гром) до фазы цветения отмечен рост развития пятнистости до 8,7 %, далее оно резко снижалось. Максимальное развитие в фазу цветения выявлено в варианте с биологической защитой (2,9 %). В варианте с биологизированной защитой развитие составило 2,0 %. Применение химических фунгицидов позволило снизить этот показатель до 1,1 %.

Биологическая эффективность разных способов защиты озимой пшеницы против септориоза листьев в течение вегетации снижалась по мере роста развития заболевания (рисунок 27).

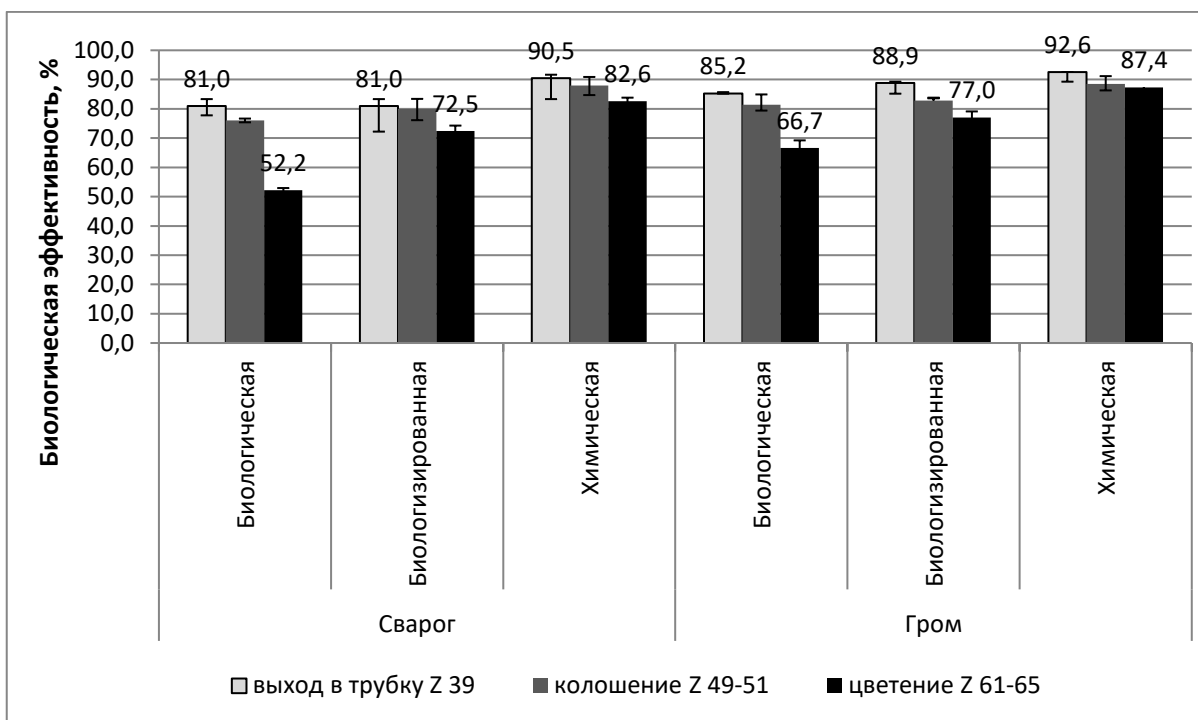


Рисунок 27 - Биологическая эффективность фунгицидов против септориоза листьев озимой пшеницы, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

На устойчивом сорте (Сварог) при максимальном развитии патогена в фазу цветения эффективность применения биологических фунгицидов составила 52,2 %. Биологизированная защита способствовала снижению развития *S. tritici* на 72,5 %. Биологическая эффективность применения химических фунгицидов составила 82,6 %.

На восприимчивом сорте (Гром) эффективность применения биологических фунгицидов составила 66,7 %. Биологизированная защита способствовала снижению развития патогена на 77,0 %, химическая защита – на 87,4 %.

Первые проявления желтой пятнистости листьев отмечены в контроле (без обработки) в фазу конца выхода в трубку (приложение Б, таблица Б.6). На устойчивом сорте (Сварог) развитие заболевания в фазу восковой спелости достигало 11,5 % (таблица 25).

Таблица 25 - Развитие желтой пятнистости листьев озимой пшеницы, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Способ защиты*	Фаза колошение Z 49-51	Фаза цветение Z 61-65	Фаза молочная спелость Z 75-77	Фаза восковая спелость Z 85-87
Устойчивый сорт (Сварог)				
Биологическая	0,9 ±1,0	4,5 ±0,1	5,4 ±0,3	6,5 ±0,1
Биологизированная	0,9 ±0,9	4,3 ±0,2	4,7 ±0,1	5,5 ±0,3
Химическая	0,8 ±0,8	3,4 ±0,3	3,7 ±0,2	4,2 ±0,7
Контроль (без обработки)	2,5 ±2,5	9,9 ±0,1	10,4 ±0,2	11,5 ±0,5
НСР ₀₅	0,2	0,2	0,6	0,7
Восприимчивый сорт (Гром)				
Биологическая	0,1 ±0,1	2,6 ±3,8	6,0 ±6,1	9,1 ±8,6
Биологизированная	0,1 ±0,1	2,5 ±3,6	5,6 ±5,9	7,8 ±8,0
Химическая	0,0 ±0,1	1,4 ±2,3	3,0 ±3,5	4,5 ±4,7
Контроль (без обработки)	1,5 ±0,5	8,8 ±9,8	16,4 ±15,0	21,5 ±19,9
НСР ₀₅	0,3	0,7	0,4	1,0

*1-ая обработка Z 32-33; 2-ая обработка Z 59 – 61; 3-я обработка Z 75-77

Максимальное развитие пятнистости листьев отличалось по вариантам в зависимости от способа защиты и варьировало от 4,2 % (химическая защита) до 6,5 % (биологическая защита).

В контроле (без обработки) на восприимчивом сорте (Гром) отмечен интенсивный рост заболевания, в фазу восковой спелости его развитие достигло 21,5 %. Максимальное проявление желтой пятнистости выявлено в варианте с биологической защитой (9,1 %). В варианте с биологизированной защитой развитие *P. tritici-repentis* составило 7,8 %. Применение химических фунгицидов позволило снизить этот показатель до 4,5 %.

По мере роста развития желтой пятнистости листьев пшеницы в течение вегетации биологическая эффективность в вариантах с различными способами защиты снижалась (рисунок 28).

На устойчивом сорте (Сварог) при максимальном развитии патогена в фазу восковой спелости эффективность применения биологических фунгицидов составила 43,5 %. Биологизированная защита способствовала снижению развития на 52,2 %, химическая защита – на 63,5 %.

На восприимчивом сорте (Гром) на высоком инфекционном фоне заболевания эффективность применения биологических фунгицидов составила 53,0 %. Биологизированная защита способствовала снижению развития на 63,7 %, химическая защита – на 79,1 %.

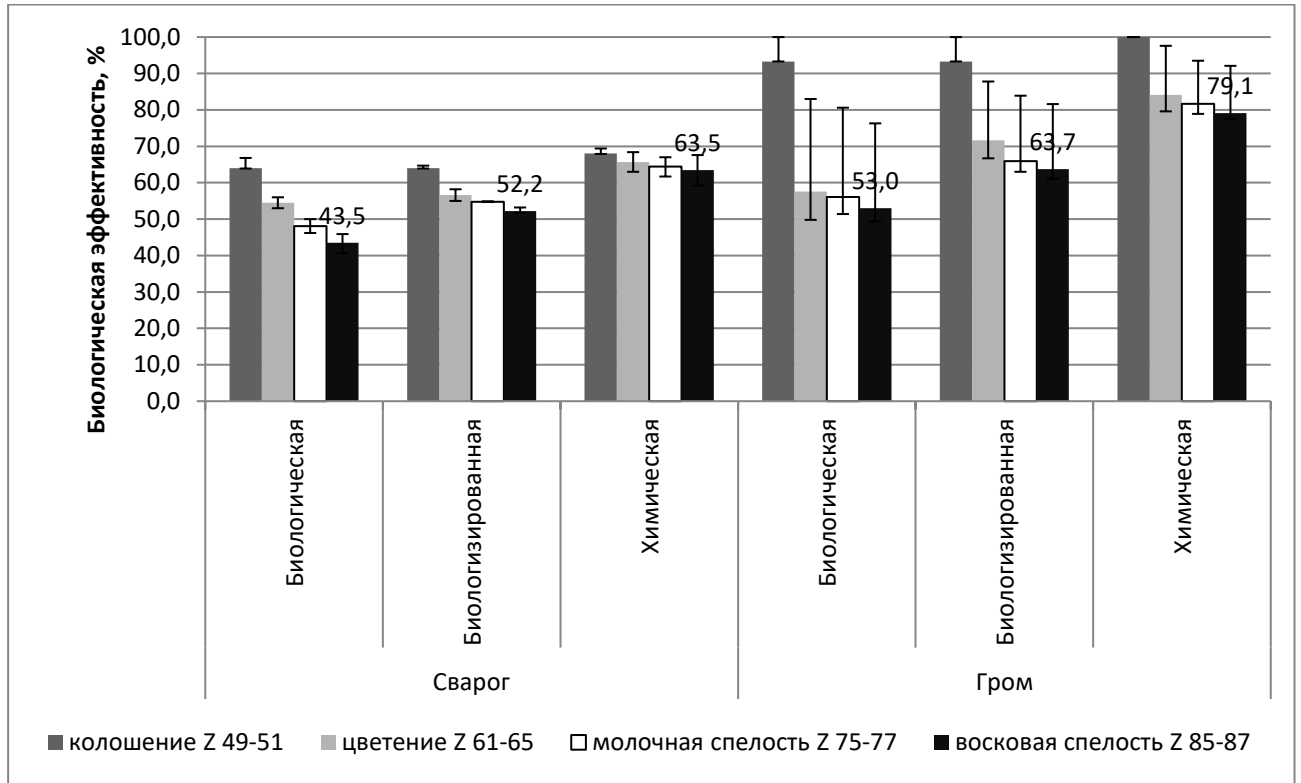


Рисунок 28 - Биологическая эффективность фунгицидов против желтой пятнистости листьев озимой пшеницы, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Бурая ржавчина пшеницы в годы исследования на устойчивом сорте (Сварог) проявлялась в виде единичных пустул, так как сорт имеет устойчивую реакцию к возбудителю. Развитие бурой ржавчины на восприимчивом сорте (Гром) по годам представлено в приложении Б, таблице Б.7. Первые симптомы болезни выявлены в фазу конца трубкования, к восковой спелости ее развитие составило 31,3 % (таблица 26). В вариантах с различными способами защиты развитие бурой ржавчины варьировало от 6,6 % (химическая защита) до 30,1 % (биологическая защита).

Таблица 26 – Развитие бурой ржавчины озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, восприимчивый сорт (Гром), 2019-2021 гг.

Способ защиты*	Фаза колошение Z 49-51	Фаза цветение Z 61-65	Фаза молочная спелость Z 75-77	Фаза восковая спелость Z 85-87
Биологическая	4,1 ±5,1	18,3 ±12,9	24,8 ±13,5	30,1 ±16,9
Биологизированная	4,1 ±5,1	18,3 ±12,9	24,8 ±13,5	27,6 ±16,3
Химическая	0,8 ±1,0	3,1 ±2,5	4,3 ±2,8	6,6 ±4,1
Контроль (без обработки)	6,8 ±6,6	23,2 ±14,9	28,5 ±14,1	31,3 ±17,0
НСР ₀₅	1,3	4,6	4,5	2,7

*1-ая обработка Z 32-33; 2-ая обработка Z 59 – 61; 3-я обработка Z 75-77

На сорте восприимчивом сорте (Гром) на высоком инфекционном фоне заболевания эффективность применения биологических фунгицидов составила 3,8 % (рисунок 29). Биологизированная защита способствовала снижению развития *P. triticina* на 11,8 %, химическая защита – на 78,9 %.

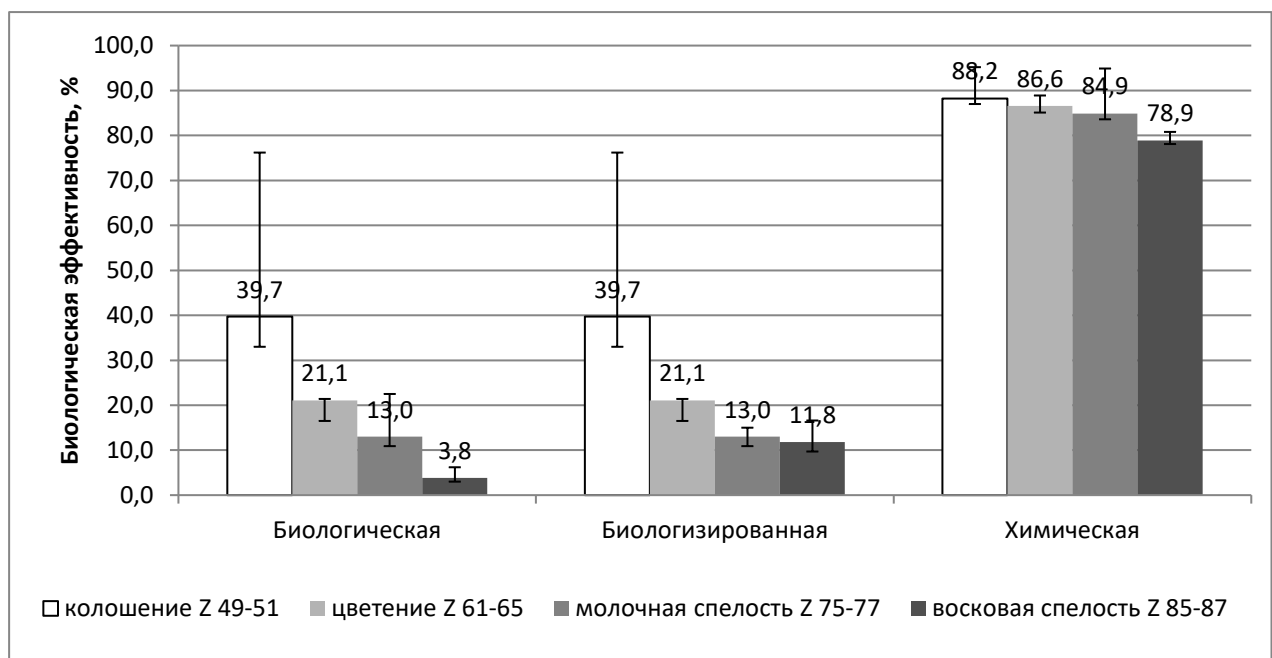


Рисунок 29 – Биологическая эффективность фунгицидов против бурой ржавчины озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Различные способы защиты озимой пшеницы против фитопатогенов влияли на биометрические показатели растений (таблица 27).

Таблица 27 – Влияние применения биологических фунгицидов на биометрические показатели, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Способ защиты	фаза кущения, Z 28-30			фаза молочной спелости, Z 75-77				
	длина растений, см	корень, см	кустистость, шт.	длина растения, см	кустистость, шт.	прод. кустистость, шт.	колос, см	длина листа, см
Устойчивый сорт (Сварог)								
Биологическая	19,2 ±4,5	11,9 ±0,4	4,1 ±1,2	92,6 ±0,5	4,4 ±0,3	3,7 ±0,2	8,9 ±0,2	19,6 ±0,1
Биологизированная	20,4 ±5,7	11,9 ±0,5	4,2 ±1,3	91,9 ±5,3	4,1 ±1,0	3,4 ±0,4	8,5 ±0,3	19,6 ±0,1
Химическая	18,6 ±5,3	12,0 ±0,4	4,3 ±1,9	89,2 ±3,0	3,9 ±0,6	3,6 ±0,6	8,3 ±0,2	19,9 ±0,2
Контроль (без обработки)	18,2 ±4,9	11,4 ±0,4	3,3 ±0,4	86,7 ±3,5	3,1 ±0,1	3,0 ±0,1	7,8 ±0,2	19,0 ±0,3
НСР ₀₅	0,9	0,5	1,1	2,7	0,6	0,2	0,3	0,3
Восприимчивый сорт (Гром)								
Биологическая	19,3 ±7,9	11,5 ±0,7	4,4 ±0,3	71,8 ±0,1	4,6 ±0,3	4,4 ±0,2	7,8 ±0,4	16,9 ±0,2
Биологизированная	18,9 ±7,5	11,9 ±0,3	5,0 ±0,9	71,5 ±0,8	5,2 ±0,4	4,1 ±0,1	7,5 ±0,4	15,9 ±0,3
Химическая	18,0 ±3,9	11,3 ±0,3	4,5 ±1,1	74,3 ±0,8	5,6 ±0,3	3,9 ±0,2	7,1 ±0,4	15,7 ±0,1
Контроль (без обработки)	17,3 ±4,6	11,2 ±0,3	4,2 ±0,4	71,3 ±0,2	4,3 ±0,3	3,3 ±0,2	6,6 ±0,1	14,5 ±0,2
НСР ₀₅	1,1	0,3	0,3	1,6	0,4	0,2	0,3	1,0

На устойчивом сорте (Сварог) в фазу кущения длина растений варьировала от 18,2 см (контроль (без обработки)) до 20,4 см (биологизированная защита). Максимальные показатели длины корня и кустистости установлены в варианте с применением химических фунгицидов (12,0 см и 4,3 шт. соответственно).

На восприимчивом сорте (Гром) в фазу кущения длина растений варьировала от 17,3 см (контроль (без обработки)) до 19,3 см (биологическая защита). Максимальные показатели длины корня и кустистости выявлены в варианте с применением химических фунгицидов (11,9 см и 5,0 шт. соответственно).

На устойчивом сорте (Сварог) в фазу молочно - восковой спелости длина растений варьировала от 86,7 см (контроль (без обработки)) до 92,6 см (биологическая защита). Максимальные показатели продуктивной кустистости и длины колоса отмечены в варианте с применением биофунгицидов (3,7 шт. и 8,9 см соответственно).

На восприимчивом сорте (Гром) длина растений варьировала от 71,3 см (контроль (без обработки)) до 74,3 см (химическая защита). Максимальные показатели продуктивной кустистости и длины колоса отмечены в варианте с применением биофунгицидов (4,4 шт. и 7,8 см соответственно).

Различные способы защиты озимой пшеницы против фитопатогенов влияли на структуру урожая зерна (таблица 28). На устойчивом сорте (Сварог) масса 1000 зерен в контроле (без обработки) составила 30,4 г. В варианте с химической защитой этот показатель был на уровне 31,6 г, в варианте с биологической и биологизированной защитой – по 31,3 г. Достоверные различия установлены во всех вариантах в сравнении с контролем (без обработки), наименьшая существенная разница при 5 % уровне значимости составила 0,8 г.

На восприимчивом сорте (Гром) масса 1000 зерен в контроле (без обработки) составила 29,7 г, в варианте с химической защитой – 33,3 г, в варианте с биологической защитой – 30,2 г, в варианте с биологизированной

защитой – 30,5 г. Достоверные различия выявлены во всех вариантах защиты в сравнении с контролем (без обработки), НСР₀₅ составила 0,4 г.

Таблица 28 – Влияние биологических фунгицидов на структуру урожая озимой пшеницы, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Способ защиты	Структура урожая зерна		
	масса 1000 зерен, г	количество зерен в 1 колосе, шт.	масса 1 колоса, г
Устойчивый сорт (Сварог)			
Биологическая	31,3 ±0,5	38,8 ±0,5	1,5 ±0,1
Биологизированная	31,3 ±0,6	39,3 ±0,3	1,4 ±0,1
Химическая	31,6 ±1,3	39,3 ±0,3	1,5 ±0,1
Контроль (без обработки)	30,4 ±0,5	37,5 ±0,2	1,4 ±0,1
НСР ₀₅	0,8	1,0	0,1
Восприимчивый сорт (Гром)			
Биологическая	30,2 ±2,1	34,0 ±0,5	1,3 ±0,3
Биологизированная	30,5 ±2,2	35,6 ±0,5	1,3 ±0,2
Химическая	33,3 ±1,5	35,5 ±0,3	1,3 ±0,2
Контроль (без обработки)	29,7 ±1,9	33,6 ±0,5	1,1 ±0,2
НСР ₀₅	0,4	0,9	0,2

На устойчивом сорте (Сварог) показатель массы одного колоса в варианте с применением биологических фунгицидов составил 1,5 г, в варианте с биологизированной защитой – 1,4 г, в варианте с химической защитой – 1,5 г, в контроле (без обработки) – 1,4 г. Достоверные различия в вариантах с применением защиты в сравнении с контролем (без обработки) не выявлены.

На восприимчивом сорте (Гром) масса одного колоса в контроле (без обработки) составила 1,1 г, в опытных вариантах - по 1,3 г. Достоверных различий между вариантами не выявлено.

На устойчивом сорте (Сварог) количество зерен в одном колосе варьировало от 37,5 шт. (контроль (без обработки)) до 39,3 шт. (биологизированная защита). На восприимчивом сорте (Гром) этот показатель варьировал 33,6 шт. (контроль (без обработки)) до 35,6 шт. (биологизированная защита).

Применение фунгицидов против фитопатогенов в различных способах защиты способствовало сохранению урожая озимой пшеницы в сравнении с контролем (без обработки) (таблица 29).

На устойчивом сорте (Сварог) урожайность в контроле (без обработки) составила 52,8 ц/га, на восприимчивом сорте (Гром) - 49,1 ц/га. Сохраненный урожай зерна в варианте с применением биологических фунгицидов на сорте Сварог составила 9,3 %, на сорте Гром – 9,8 %; в варианте с биологизированной защитой – 11,6 % (сорт Сварог) и 12,2 % (сорт Гром), в варианте с химической защитой – 16,5 % (сорт Сварог) и 17,3 % (сорт Гром).

Таблица 29 – Хозяйственная эффективность способов защиты озимой пшеницы, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Способ защиты	Урожайность, ц/га	Сохраненный урожай зерна	
		ц/га	%
Устойчивый сорт (Сварог)			
Биологическая	57,7 ±7,8	4,9	9,3
Биологизированная	58,9 ±7,7	6,1	11,6
Химическая	61,5 ±8,1	8,7	16,5
Контроль (без обработки)	52,8 ±7,6	-	-
Восприимчивый сорт (Гром)			
Биологическая	53,9 ±8,4	4,8	9,8
Биологизированная	55,1 ±8,2	6,0	12,2
Химическая	57,6 ±9,1	8,5	17,3
Контроль (без обработки)	49,1 ±7,6	-	-
НСР ₀₅ (по фактору А – сорт) = 0,3 ц/га; НСР ₀₅ (по фактору В – погодные условия) = 0,3 ц/га; НСР ₀₅ (по фактору С – способ защиты) = 0,5 ц/га; НСР ₀₅ (для частных различий) = 0,9 ц/га. Влияние фактора А (сорт) 6,4 %; влияние фактора В (погодные условия) 75,8 %; влияние фактора С (способ защиты) 17,0 %; влияние взаимодействия АВС 0,04 %; влияние случайных факторов 0,3 %.			

При статистической обработке данных значительное влияние (75,8 %) на урожайность в опыте оказывал фактор В (погодные условия) в разные годы исследования, влияние способов защиты составило 17,0 %, влияние сорта – 6,4 %.

Чистый доход на устойчивом сорте (Сварог) в варианте с использованием биологической защиты достиг 46835,4 руб./га, при этом уровень рентабельности составил 117,9 %, что на 16,9 % больше в сравнении с химической защитой и на 10,6 % больше в сравнении с биологизированной защитой (таблица 30). Чистый доход на восприимчивом сорте (Гром) в варианте с использованием биологической защиты достиг 41301,4 руб./га, при этом уровень рентабельности составил 104,4 %, что на 15,4 % больше в сравнении с химической защитой и на 9,7 % больше в сравнении с биологизированной защитой.

Таблица 30 – Экономическая эффективность способов защиты озимой пшеницы, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Способ защиты	Стоимость валовой продукции, руб.	Производственные затраты, руб.	Чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности %
Устойчивый сорт (Сварог)				
Биологическая	86550,0	39714,6	46835,4	117,9
Биологизированная	88350,0	42626,0	45724,0	107,3
Химическая	92250,0	45891,5	46358,5	101,0
Контроль (без обработки)	73920,0	38055,6	35864,4	94,2
Восприимчивый сорт (Гром)				
Биологическая	80850,0	39548,6	41301,4	104,4
Биологизированная	82650,0	42460,0	40190,0	94,7
Химическая	86400,0	45721,2	40678,8	89,0
Контроль (без обработки)	68740,0	37894,0	30846,0	81,4

Полученные данные свидетельствуют о различной эффективности изученных способов защиты озимой пшеницы против фитопатогенов. Восприимчивый сорт Гром оказался более отзывчивым на применение биологических фунгицидов. Эффективность препаратов против корневой гнили фузариозной этиологии на сорте была на 11,9 % выше в сравнении с устойчивым сортом Сварог, против септориоза листьев – на 14,5 %, против желтой пятнистости листьев – на 9,5 %.

Случаи отклика сортов пшеницы на технологию возделывания или средства защиты встречаются в исследованиях других ученых. Так в работе Р.Р. Мигранова была установлена высокая отзывчивость яровой пшеницы сорта Салават Юлаев в сравнении с сортом Ватан на предпосевную обработку семян биостимулятором Биосил и фунгицидом Булат (Мигранов, 2011). В условиях лесостепи Красноярского края из 11-ти изученных сортов отклик на применение удобрений и химических средств защиты по количеству колосков в колосе выявлен на сортах Свирель, Красноярская 12 и Новосибирская 31 (Келер и др., 2020). В работе В.В. Балашова с соавторами установлена отзывчивость сорта Волгоградская-23 на обработку семян препаратом Ризоагрин. Было отмечено большее увеличение массы 1000 зерен и увеличение урожайности в сравнении с другими сортами (Балашов, Левкин, 2007). В условиях Татарского НИИСХ восприимчивый к бурой ржавчине сорт Ситара был более отзывчивым в сравнении с устойчивым к патогену сортом Йолдыз. При степени поражения растений бурой ржавчиной до 80 % сохраненный урожай зерна сорта Ситара был на 4,1 ц/га больше (Асхадуллин и др., 2020). В работе В.С. Горьковенко было установлено, что 5 сортов селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» (Есаул, Таня, Нота, Краснодарская 99, Дока) из 21 изученного оказались наиболее отзывчивыми на применение фунгицида Фалькон, КЭ. В сравнении с вариантом без обработки сохраненный урожай зерна на этих сортах был более 6 ц/га (Горьковенко и др., 2018).

Несмотря на высокий инфекционный фон, на восприимчивом сорте (Гром) сохраненный урожай зерна во всех вариантах был выше на 0,5 – 0,8 % в сравнении с показателями устойчивого сорта (Сварог) и составила 9,8 % (биологическая защита), 12,2 % (биологизированная защита), 17,3 % (химическая защита). Это связано с влиянием применения средств защиты на биометрические показатели сорта. Так, значение продуктивной кустистости в вариантах сорта Гром было больше на 0,3-1,3 шт. в сравнении с сортом Сварог, а размер колоса и масса 1000 зерен на 1,0 – 1,1 см и на 0,7 – 2,0 г меньше соответственно.

Таким образом, при анализе данных хозяйственной и экономической эффективности на сортах, отличающихся по устойчивости – Сварог и Гром, лучший результат по показателю урожайности установлен в варианте с использованием химической защиты, по показателю рентабельности – с использованием биологической защиты.

Заключение

Изучено влияние 10-ти биологических фунгицидов, разрешенных для применения против фитопатогенов на озимой пшенице, и одного опытного образца биопрепарата на основе штамма бактерии *Bacillus subtilis* BZR 336g на развитие семенной и почвенной инфекции озимой пшеницы сорта Гром. Наиболее эффективными против семенной инфекции были фунгициды Псевдобактерин – 2, Ж (53,8 %) и Витаплан, СП (56,4 %). Опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР показал эффективность на уровне 51,3 %. Химический фунгицид Максим, КС сдерживал развитие заболеваний на 100 %. Наиболее эффективными против корневых гнилей фузариозной этиологии озимой пшеницы сорта Гром в фазу весеннего кущения были биопрепараты Витаплан, СП (100 %), Бисолбисан, Ж (84,5 %), опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж (74,1 %). Химический фунгицид Максим, КС сдерживал развитие заболеваний на 58,6 %. В фазу молочно – восковой спелости наиболее эффективными против корневой гнили фузариозной этиологии были опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж (46,1 %), Глиокладин, Ж (44,0 %) и Трихоцин, СП (41,1 %). Химический эталон Максим, КС показал лучший результат, его биологическая эффективность составила 57,7 %.

Изучено влияние биологических протравителей на развитие септориоза листьев озимой пшеницы. В фазу кущения лучший результат показали Псевдобактерин-2, Ж, Бисолбисан, Ж, Фитоспорин-М, СП и Максим, КС, эффективность составила по 71,4 %. В фазу выхода в трубку влияние протравителей на развитие пятнистости резко снизилось.

Применение биопрепаратов Витаплан, СП и Псевдобактерин-2, Ж против семенной и почвенной инфекции позволило сохранить по 2,8 ц/га урожая зерна озимой пшеницы. В варианте с химическим фунгицидом Максим, КС прибавка составила 3,5 ц/га. Уровень рентабельности применения биофунгицидов Псевдобактерин – 2, Ж и Витаплан, СП был выше в сравнении с остальными вариантами и составил 93,1 % и 93,0 % соответственно.

Проведена оценка эффективности семи биологических фунгицидов против листовых заболеваний и болезней колоса озимой пшеницы сорта Гром. Лучший результат по эффективности против септориоза листьев в фазу молочной спелости (Z 71-73) обеспечило применение биофунгицидов Фитоспорин-М, СП и Псевдобактерин-2, Ж, их биологическая эффективность составила по 53,8 %. Химический эталон Амистар Экстра, СК сдерживал развитие заболевания на 88,5 %.

В фазу восковой спелости (Z 85-87) лучший результат по эффективности против желтой пятнистости листьев обеспечило применение опытного образца биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж (45,7 %) и Трихоцина, СП (47,4 %). Химический эталон Амистар Экстра, СК сдерживал развитие заболевания на 77,8 %.

В фазу восковой спелости биологическая эффективность биофунгицидов против бурой ржавчины была низкой. Препараты Псевдобактерин 2, Ж и Ризоплан, Ж сдерживали развитие заболевания на уровне 15,3 % и 14,1 % соответственно.

Лучший результат против черни колоса показали биофунгициды Ризоплан, Ж, Гамаир, СП и опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж, их биологическая эффективность составила 73,5 %, 65,3 % и 61,9 % соответственно.

Обработка посевов озимой пшеницы биофунгицидами Трихоцин, СП, Фитоспорин-М, СП и опытным образцом биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж позволила сохранить 12,0 %, 11,3 % и 11,4 % урожая зерна озимой пшеницы соответственно. В варианте с химическим фунгицидом Амистар Экстра, СК прибавка урожая зерна составила 20,6 %. Рентабельность применения биофунгицидов Псевдобактерин – 2, Ж и Трихоцин, СП была выше в сравнении с остальными вариантами и составила 129,4 % и 131,0 % соответственно.

Изучено влияние фунгицидов биологического происхождения на изменение вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы. Под влиянием биологического фунгицида Бактофит, СП снижалась частота

встречаемости изолятов с генами вирулентности *pp*: *14b*, *20*, *34*, *50* и увеличивалась частота встречаемости изолятов, вирулентных к *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr3ka*, *LrB*, *Lr20*, *Lr2b*, *Lr15*, *Lr19*, *Lr45*, *Lr Exch*. Под влиянием биологического фунгицида Псевдобактерин-2, Ж снижалась частота встречаемости изолятов с генами вирулентности *pp*: *14b*, *34*, *44*, *50*, *W*, увеличивалась частота встречаемости изолятов, вирулентных к *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr3ka*, *Lr17*, *LrB*, *Lr20*, *Lr2b*, *Lr15*, *Lr19*, *Lr36*, *Lr41*, *Lr45*, *Lr Exch*. Применение биофунгицидов способствовало элиминации изолятов с геном *Lr38*. Под влиянием биологических фунгицидов Псевдобактерин-2, Ж и Бактофит, СП средняя вирулентность популяции составила 66,5 % и 67,3 % соответственно. В исходной популяции (без обработки) этот показатель был равен 57,8 %. При проведении статистического анализа установлено, что применение биофунгицидов Бактофит, СП и Псевдобактерин-2, Ж не имеет значительного влияния на изменение вирулентности и фенотипического состава популяции *P. triticina*.

Изучено влияние химических фунгицидов на изменение патогенности популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы. При оценке чувствительности возбудителя бурой ржавчины пшеницы к препарату на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) показатели $СК_{50}$ и $СК_{95}$ составили 63 мг/мл и 217 мг/мл соответственно, при концентрации в рекомендованном рабочем растворе 65 мг/мл и 125 мг/мл. Это свидетельствует о снижении чувствительности патогена к фунгициду. Показатели $СК_{50}$ и $СК_{95}$ в опыте с применением фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) составили 61,7 мг/мл и 128,4 мг/мл соответственно, что близко к значениям рекомендованной концентрации в рабочем растворе (49,9 мг/мл и 125 мг/мл) и доказывает высокую чувствительность популяции возбудителя к токсиканту.

С увеличением нормы применения фунгицидов снижалась жизнеспособность патогена, спорулирующая способность, длительность споруляции, средняя вирулентность и возрастала длительность латентного

периода. Согласно индексу Нея, максимальные различия по частоте изолятов, вирулентных к линиям с генами *Lr*, получены между исходной популяцией (контроль (без обработки)) и вариантами с пониженной нормой применения фунгицидов (Колосаль, КЭ (0,3 л/га) – $N=0,149$; Абакус Ультра, СЭ (0,75 л/га) – $N=0,094$ у.е.

Научно обоснована биологическая защита озимой пшеницы на сортах, различающихся по устойчивости к основным грибным болезням – устойчивый сорт (Сварог) и восприимчивый (Гром). На устойчивом сорте (Сварог) в фазу молочно-восковой спелости в варианте с биологической защитой эффективность протравителей против корневой гнили фузариозной этиологии была на уровне 33,9 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 45,8 %. В варианте с биологизированной защитой эффективность фунгицидов на устойчивом сорте (Сварог) составила 54,7 %, на восприимчивом сорте – 54,9 % (сорт Гром), в варианте с применением химической защиты на устойчивом сорте (Сварог) – 54,9 % и на восприимчивом сорте (Гром) – 51,2 %.

На устойчивом сорте (Сварог) в фазу цветения эффективность применения биологических фунгицидов против септориоза листьев составила 52,2 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 66,7 %. Эффективность биологизированной защиты на устойчивом сорте (Сварог) была на уровне 72,5 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 77,0 %, химической защиты на устойчивом сорте (Сварог) – 82,6 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 87,4 %.

На устойчивом сорте (Сварог) эффективность биологических фунгицидов против желтой пятнистости листьев в фазу восковой спелости составила 43,5 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 53,0 %. Биологизированная защита способствовала снижению развития заболевания на устойчивом сорте (Сварог) на 52,2 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 63,7 %. Эффективность химической защиты на устойчивом сорте (Сварог) составила 63,5 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 79,1 %.

На восприимчивом сорте (Гром) эффективность биологических фунгицидов против бурой ржавчины пшеницы эффективность составила 3,8 %.

Биологизированная защита способствовала снижению развития заболевания на 11,8 %, химическая защита – на 78,9 %.

Максимальные показатели продуктивной кустистости и длины колоса в фазу молочно - восковой спелости отмечены в вариантах с применением биологической защиты. На устойчивом сорте (Сварог) эти значения составили 3,7 шт. и 8,9 см соответственно, на восприимчивом сорте (Гром) 4,4 шт. и 7,8 см соответственно.

На устойчивом сорте (Сварог) урожайность в контроле (без обработки) составила 52,8 ц/га, на восприимчивом сорте (Гром) – 49,1 ц/га. Сохраненный урожай зерна в варианте с применением биологических фунгицидов на устойчивом сорте (Сварог) составила 9,3 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 9,8 %; в варианте с биологизированной защитой на устойчивом сорте (Сварог) – 11,6 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 12,2 %, в варианте с химической защитой на устойчивом сорте (Сварог) – 16,5 %, на восприимчивом сорте (Гром) – 17,3 %.

Уровень рентабельности на устойчивом сорте (Сварог) в варианте с использованием биологической защиты составил 117,9 %, что на 16,9 % больше в сравнении с химической защитой и на 10,6 % больше в сравнении с биологизированной защитой. На восприимчивом сорте (Гром) в варианте с использованием биологической защиты показатель был равен 104,4 %, что на 15,4 % больше в сравнении с химической защитой и на 9,7 % больше в сравнении с биологизированной защитой.

Выводы

1. Проведена оценка эффективности 11-ти биологических протравителей против семенной и почвенной инфекции и их влияния на развитие листовых заболеваний озимой пшеницы. Высокая хозяйственная и экономическая эффективность установлена в вариантах с применением препаратов Псевдобактерин – 2, Ж и Витаплан, СП. Применение этих биопрепаратов позволило сохранить по 2,8 ц/га урожая зерна озимой пшеницы. Рентабельность применения биофунгицидов Псевдобактерин – 2, Ж и Витаплан, СП была выше в сравнении с остальными вариантами и составила 93,1 % и 93,0 %, соответственно.

2. Проведена оценка эффективности семи биологических фунгицидов против болезней листьев и колоса озимой пшеницы. Высокая хозяйственная эффективность установлена в вариантах с применением препаратов Трихоцин, СП и Фитоспорин-М, СП. Прибавка урожая зерна к контролю (без обработки) составила 6,6 ц/га и 6,7 ц/га соответственно. Высокая экономическая эффективность установлена в вариантах с применением препаратов Псевдобактерин – 2, Ж и Трихоцин, СП, уровень рентабельности составил 129,4 % и 131,0 %, соответственно.

3. Получены новые знания о влиянии биологических фунгицидов Бактофит, СП и Псевдобактерин-2, Ж на изменение вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы. Установлено, что применение биологических фунгицидов не имеет значительного влияния на вирулентность и фенотипический состав популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы, что подтверждает статистический анализ данных. Средняя вирулентность составила 66,5 % и 67,3 %, соответственно, в контроле (без обработки) этот показатель был равен 57,8 %.

4. Получены новые знания о влиянии фунгицида на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ) и двухкомпонентного фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) на изменение агрессивности, вирулентности и чувствительности популяции

возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы. Установлено снижение чувствительности возбудителя *P. triticina* к фунгициду на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ). Показатель СК₉₅ составил 217 мг/мл, что в 1,7 раз больше в сравнении с концентрацией в рекомендованном рабочем растворе (125 мг/мл).

Чувствительность возбудителя бурой ржавчины пшеницы к фунгициду на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) остается на высоком уровне. Значения СК₅₀ и СК₉₅ в опыте составили 61,7 мг/мл и 128,4 мг/мл, соответственно, что близко к значениям рекомендованной концентрации в рабочем растворе (49,9 мг/мл и 125 мг/мл).

Установлено общее снижение агрессивности популяции возбудителя бурой ржавчины озимой пшеницы под действием химических фунгицидов. При этом в опыте с применением фунгицида на основе пираклостробина, 62,5 г/л и эпоксиконазола, 62,5 г/л (Абакус Ультра, СЭ) снижение более выражено.

Установлено снижение средней вирулентности популяции возбудителя бурой ржавчины под действием химических фунгицидов. При пониженных нормах применения фунгицида наблюдаются более значительные изменения структуры популяции по вирулентности фитопатогена.

5. Разработаны элементы биологической защиты озимой пшеницы на сортах, различающихся по устойчивости к основным грибным заболеваниям. Восприимчивый сорт (Гром) оказался более отзывчивым на применение биологических фунгицидов. Эффективность препаратов против корневой гнили фузариозной этиологии на сорте была на 11,9 % выше в сравнении с устойчивым сортом (Сварог), против септориоза листьев – на 14,5 %, против желтой пятнистости листьев – на 9,5 %.

Биологическая защита была наиболее рентабельной в сравнении с другими способами защиты. На устойчивом сорте (Сварог) применение биологической защиты способствовало сохранению 9,3 % урожая зерна, на восприимчивом сорте (Гром) – 9,8 %, уровень рентабельности составил 117,9 % и 104,4 %, соответственно.

Предложение производству

- Сельхозтоваропроизводителю рекомендовано применение биологической защиты устойчивого (Сварог) и восприимчивого (Гром) сортов озимой пшеницы при низком и среднем уровне развития грибных болезней, основанной на предпосевной обработке семян фунгицидом Витаплан, СП (20 г/т), в фазу выхода в трубку – Витаплан, СП (40 г/га), в фазу начала цветения – Трихоцин, СП (40 г/га), в фазу молочной спелости – Псевдобактерин-2, Ж (1,0 л/га). Более рентабельным является применение биологической защиты на устойчивом к основным грибным заболеваниям сорте (Сварог).

- Экспериментально доказано снижение чувствительности северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины к фунгициду на основе тебуконазола, 250 г/л (Колосаль, КЭ). Сельхозтоваропроизводителям, использующим препараты с таким действующим веществом, рекомендовано отдавать предпочтение комбинированным фунгицидам или чередовать однокомпонентные препараты с различным механизмом действия.

Список литературы

1. Авдеенко А.П., Черненко В.В., Горячев В.П., Горячева С.А. Эффективность применения биологических фунгицидов на озимой пшенице // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. N 7 (34). С. 36–40.
2. Акимов Т.А. Развитие грибных болезней и защита зерновых культур при разных технологиях возделывания в ЦР НЧЗ: автореферат дис. ... канд. сельскох. наук. Москва, 2016.
3. Амиркулова А.Ж., Чебоненко О.В., Абайлдаев А.О., Утарбаева А.Ш. Влияние фунгицида Фундазол на активность антиоксидантных ферментов злаковых культур // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. 2016. Т. 6. N 318. С. 102–106.
4. Андросова В.М., Диденко А.О., Подварко А.Т. Защита озимой пшеницы от ризоктониозно-пиренофорозного комплекса болезней в условиях Краснодарского края // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. N 12-2 (78). С. 8–13. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.78.12.037>.
5. Анпилогова Л.К., Волкова Г.В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе). Краснодар: Изд-во РАСХН, ВНИИБЗР, 2000. 28 с.
6. Асатурова А.М., Жевнова Н.А., Кремнева О.Ю. Экологически безопасные методы борьбы с желтой пятнистостью листьев пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2019. N 1 (17). С. 21–30. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2019-1-17-21-30>.
7. Асхадуллин Д.Ф., Асхадуллин Д.Ф., Василова Н.З., Багавиева Э.З., Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И. Влияние применения фунгицидов на основе стробилуринов на качество зерна яровой мягкой пшеницы // Агропромышленные технологии Центральной России. 2020. N 4(18). С. 23–31. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2020-18-23-31>.
8. Белан С.Р. Новые достижения в химии фунгицидов // Агрохимия. 2003. N 11. С. 27–32.

9. Белошапкина О.О., Акимов Т.А. Динамика и патогенный состав корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки дерново-подзолистой почвы // Известия РГАУ-МСХА. 2016. N 3. С. 47-60.
10. Белошапкина О.О., Акимов Т.А. Комплексная оценка эффективности фунгицидных протравителей озимой пшеницы *in vitro* и в полевых условиях // Теоретические и прикладные проблемы Агропромышленного комплекса. 2016. N 1. С. 58–63.
11. Белошапкина О.О., Гриценко В.В., Беленков А.И., Полин В.Д. Сравнение технологий возделывания зерновых культур в полевом опыте ЦТЗ. // Земледелие. 2012. N 4. С.17-24
12. Бережная Е.В., Корсукова А.В., Федотова О.А., Дорофеев Н.В., Грабельных О.И. Особенности ростигибирующего эффекта фунгицида азоксистробина и его способность тормозить расход сахаров в проростках озимой пшеницы. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. N 4. С. 657–665. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-4-657-665>.
13. Березина Н.В.; Костенко Т.А. Механизмы действия микробиологических препаратов "Алирин-Б" и "Гамаир" [Биопрепараты на основе *Bacillus subtilis*, обладающие антагонистической активностью в отношении возбудителей заболеваний овощных, цветочно-декоративных и плодово-ягодных культур]. // Биологические препараты. Сельское хозяйство. Экология / Москва: Изд-во ЭМ-Кооперация, 2008. С. 248–250.
14. Богословская Н.Б., Тосунов Д.К., Горьковенко В.С. Биологический метод контроля микромицета *Gibellina cerealis* pass. в агроценозе озимой пшеницы // Наука Кубани. 2015. N 1. С. 14–18.
15. Балашов В.В., Левкин В.Н. Отзывчивость сортов озимой мягкой пшеницы на основную обработку черного пара и технологии посева / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2007. № 1 (5). С. 16-19.
16. Боридко М.В., Смоляная Н.М. Наиболее значимые болезни озимой пшеницы и региональные ЭПВ в условиях Краснодарского края // Научное

- обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам 71-й науч.-практ. конф. студентов по итогам НИР за 2015 год / отв. за вып. А.Г. Кощаев. Краснодар: Изд-во Кубанского ГАУ, 2016. С. 45–47.
17. Боронин А.М., Кочетков В.В. Биологические препараты на основе псевдомонад // АГРО XXI. 2000. N 1. С. 140–145.
 18. Бондаренко Н. В. Биологическая защита растений // 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Изд-во Агропромиздат, 1986. 278 с.
 19. Власова Л.М., Подлесных Н.В., Федотов В.А., Попова О.В., Муравьев А.А. Опыт биологической защиты озимой пшеницы от болезней // Защита и карантин растений. 2018. N 8. С. 24–25.
 20. Волкова Г. В. Антрезистентная стратегия применения фунгицидов на основе триадимефона против возбудителя желтой ржавчины пшеницы на Северном Кавказе // Наука Кубани. 2007. N 2. С. 39–43.
 21. Волкова Г.В., Кудинова О.А., Мирошниченко О.О. Стеблевая ржавчина - особо опасное заболевание пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. N 1. С. 20–25. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10104>.
 22. Волкова Г.В., Синяк Е.В. Стеблевая ржавчина пшеницы // Защита и карантин растений. 2011. N 11. С. 14–16.
 23. Волкова Г. В. Гладкова Е.В., Ким Ю.С., Данилова А.В., Надыкта В.Д. Эффективность протравителей Виталон, КС и Клад, КС на озимой пшенице против семенной и почвенной инфекции // Рисоводство. 2020. N. 4. С. 49–56. <https://doi.org/10.33775/1684-2464-2020-49-4-49-56>.
 24. Волкова Г.В., Шуляковская Л.Н., Кудинова О.А., Матвеева И.П. Желтая ржавчина пшеницы на Кубани // Защита и карантин растений. 2018. N 4. С. 22. <https://doi.org/10.25992/BPP.2018.72.20689>.
 25. Волкова Г.В., Кудинова О.А., Мирошниченко О.О. Распространение стеблевой ржавчины на Северном Кавказе и иммунологическая характеристика ряда сортов озимой пшеницы к патогену // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. N 10. С. 43–45. <https://doi.org/11.24411/0235-2451-2018-11111>.

26. Волкова Г.В., Кудинова О.А., Ваганова О.Ф. Использование сортосмешанных посевов в защите озимой пшеницы от бурой ржавчины // Земледелие. 2020. N 5. С. 38–40. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10510>.
27. Волкова Г.В. Генерация резистентности у желтой ржавчины пшеницы (возбудитель *Puccinia striiformis* West.) к фунгицидам // Вестник защиты растений. 2001. N 2. С. 29–34.
28. Волкова Г.В., Кудинова О.А., Ваганова О.Ф. Влияние сортов озимой пшеницы с разными типами устойчивости к возбудителю бурой ржавчины на изменение структуры популяции по признаку вирулентности // Аграрный вестник Урала. 2020. N 8(199). С. 25–33. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-199-8-25-33>.
29. Волкова Г. В., Ваганова О. Ф., Кудинова О. А. Эффективность сортосмешанных посевов озимой пшеницы против возбудителя бурой ржавчины // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. N 7. С. 14–16. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10703>.
30. Волкова, Г.В. Гладкова Е.В., Мирошниченко О.О. Влияние сортосмешанных посевов пшеницы на снижение пораженности стеблевой ржавчиной (возбудитель *Puccinia graminis* Pers. F.sp. *tritici* Eriks. et Henn.) // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. N 4. С. 43–46. <https://doi.org/10.31857/S2500262721040098>.
31. Волкова Г.В., Яхник Я.В., Таранчева О.В. Иммунологическая оценка сортов озимых зерновых колосовых культур, высеваемых на юге России, к возбудителю розовой снежной плесени (*Microdochium nivale*) // Зерновое хозяйство России. 2021. N 5 (77). С. 75-80. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-77-5-75-80>
32. Глушаков Д.А., Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Кирьякова М.Н., Шпигель А.Л. Оценка сортов твердой пшеницы к стеблевой ржавчине в Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. N 3 (197). С. 5–11.

33. Говоров Д.Н., Живых А.В., Новоселов Е.С., Шабельникова А.А., Щетинин П.Б., Никулин А.Н., Умников В.И., Луговой И.Ю., Долгов А.И. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году / Под ред. Говорова Д.Н., Живых А.В. Москва: Изд-во ФГБУ РСЦ, 2018. 978 с.
34. Говоров Д.Н., Живых А.В., Новоселов Е.С., Шабельникова А.А., Щетинин П.Б., Никулин А.Н., Умников В.И., Долгов А.И., Волков И.А. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2018 году и прогноз развития вредных объектов в 2019 году / Под ред. Говорова Д.Н., Живых А.В. Москва: Изд-во ФГБУ РСЦ, 2019. 900 с.
35. Говоров Д.Н., Живых А.В., Новоселов Е.С., Шабельникова А.А., Никулин А.Н., Умников В.И., Долгов А.И., Волков И.А. Машенцев И.В. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2019 году и прогноз развития вредных объектов в 2020 году / Под ред. Говорова Д.Н., Живых А.В. Москва: Изд-во ФГБУ РСЦ, 2020. 897 с.
36. Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова Е.С., Никулин А.Н., Умников В.И., Долгов А.И., Волков И.А., Машенцев И.В., Ступаков А.И., Чернявский В.С. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2020 году и прогноз развития вредных объектов в 2021 году / Под ред. Говорова Д.Н., Живых А.В. Москва: Изд-во ФГБУ РСЦ, 2021. 912 с.
37. Голышин Н.М. Фунгициды. Москва: Изд-во Колос, 1993. 319 с.
38. Гоник Г.Е. Гоник Г.Г. Погодные условия и урожайность основных сельскохозяйственных культур в Центральной агрозональной зоне Краснодарского края // Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика: материалы науч.-практ. конф., Ставрополь, 25–26 сентября, 2013. С. 55–59.

39. Гончаров Н.Р. Методические подходы к экономической оценке эффективности мероприятий по защите растений в условиях отдельного эксперимента // Вестник защиты растений. 2017. N 3 (93). С. 44–54.
40. Горьковенко В.С., Замотайлов А.С., Смоляная Н.М., Дмитренко Ф.И. Хозяйственная эффективность фунгицида Фалькон, КЭ на коллекции сортов озимой пшеницы / В сборнике: Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Международной конференции. Ответственный за выпуск А.Х. Шеуджен. 2018. С. 215-218.
41. Горьковенко В.С. Распространение грибов рода *Pythium Pringsh.* в агроценозе пшеницы // Защита и карантин растений. 2011. N 4. С. 51–54.
42. Горьковенко В.С., Оберюхтина Л.А., Куркина Е.А. Вредоносность гриба *Microdochium nivale* в агроценозе озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2009 N 1. С. 34–35.
43. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений сортовые и посевные качества. Общие технические условия. Москва: Изд-во стандартов, 2006. 30 с.
44. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России) Издание официальное МОСКВА 2021 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/goshandbook> (дата обращения 17.01.2021).
45. Григорьев М.Ф. Изучение патогенных комплексов возбудителей наиболее распространенных типов корневых гнилей зерновых культур в центральном нечерноземье России // Известия ТСХА. 2012. N 2. С. 111–125.
46. Гришечкина Л. Д., Павлюшин В. А. Стернифаг для защиты посевов зерновых колосовых культур от корневой гнили // Биологическая защита растений - основа стабилизации агроэкосистем: материалы Межд. науч.-практ. конф., Краснодар, 11–13 сентября, 2018. С. 193–195.

47. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И. Микробиологические препараты для защиты пшеницы от возбудителей грибных болезней // *Агрехимия*. 2017. N 6. С. 81–91.
48. Гультяева Е. И. Генетическая структура популяций *Puccinia triticina* в России и её изменчивость под влиянием растения-хозяина // Дисс. ... докт. биол. наук. СПб. 2018.
49. Гусев И.В., Чекмарев В.В. Обзор наиболее вредоносных возбудителей болезней пшеницы, распространенных в Тамбовской области // *Colloquium-journal*. 2019. N 26-2 (50). С. 27–29.
50. Деревягина М.К., Еланский С.Н., Дьяков Ю.Т. Резистентность *Phytophthora infestans* к фунгициду диметоморфу // *Микология и фитопатология*. 1999. Т. 33. N. 3. С. 208–213.
51. Дерова Т.Г., Шишкин Н.В., Павленко О.С., Самофалов А.П. Вредоносность бурой ржавчины на сортах озимой пшеницы с различным уровнем устойчивости к патогену в условиях юга Ростовской области // *Зерновое хозяйство России*. 2020. N 6 (72). С. 108–114. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-72-6-108-114>.
52. Домрачева Л.И., Фокина А.И., Скугорева С.Г., Ашихмина Т.Я. Почвенные грибы рода *Fusarium* и их метаболиты: опасность для биоты, возможность использования в биотехнологии (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2021. N 1. С. 6-15. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-1-006-015>.
53. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Изд-во Альянс, 2011. ISBN 978-5-903034-96-3.
54. Дьяков Ю.Т. Популяционная биология фитопатогенных грибов. Москва: Изд-во Муравей, 1998. 377 с.

55. Дьяков Ю.Т., Еланский С.Н. Популяционная генетика *Phytophthora infestans* // Микология сегодня. Т. 1. 2007. С. 107–139.
56. Ежегодник «Состояние загрязнения пестицидами объектов природной среды Российской Федерации в 2020 г.» Обнинск: Изд-во ФГБУ НПО Тайфун, 2021. 88 с.
57. Жевнова Н. А., Томашевич Н. С., Асатунова А. М. Защита озимой пшеницы от фузариозной корневой гнили на основе применения бактериальных биопрепаратов // Молодой ученый. 2015. N 9(89). С. 23–24
58. Жевнова Н.А., Павлова М.Д., Асатунова А.М. Экологически безопасная защита зерновых культур от болезней грибной этиологии с помощью бактерий-антагонистов р. *Bacillus* // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы Межд. науч.-практ. конф., Ялта. 09–13 сентября, 2019. С. 260–262. <https://doi.org/10.33952/09.09.2019.128>.
59. Желтова К.В., Долженко В.И. Корневые гнили озимой пшеницы и их вредоносность // Вестник ОрелГАУ. 2017. N 1(64) С 45–51.
60. Зазимко М.И., Бузько В.Ю., Сидак П.В., Сидоров Н.М., Рудницкая Л.М. Комплексная защита семян и всходов озимой пшеницы от болезней // Защита и карантин растений. 2013. N. 9., С. 19–22.
61. Зазимко М.И., Монастырская Э.И., Таракановский А.Н., Саенко А.А. Гибеллиозная гниль стеблей озимой пшеницы в Краснодарском крае // Защита и карантин растений. 2006. N 7. С. 17–18.
62. Зазимко М.И., Сидак П.В., Слененко Л.Ф., Зазимко М.А. Фитосанитарные проблемы озимого поля // Защита и карантин растений. 2011. N 9. С. 22–23.
63. Российская Федерация. Законы. О развитии производства органической продукции на территории Краснодарского края. Закон от 26.06.2019 г. N 4077-КЗ [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справочно-правовая система. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 08.01.2020)
64. Замотайлов А.С. История и методология биологической защиты растений // Электронный курс лекций. Краснодар, 2012. 237 с.

65. Захаренко В. А. Экономическая целесообразность системы защиты зерновых культур в России // Достижения науки и техники АПК. 2018. N 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-tselesoobraznost-sistemy-zaschity-zernovyh-kultur-v-rossii> (дата обращения: 12.03.2022).
66. Зевакин А. С., Резвякова С. В. Повышение продуктивности озимой пшеницы на биологической основе // Вестник аграрной науки. 2020. N. 5 (86). С. 26-32. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.5.26>
67. Захаренко В.А. Проблема резистентности вредных организмов к пестицидам – мировая проблема // Вестник защиты растений. 2001. N 1. С. 3–17.
68. Иванченко Т.В. Применение биофунгицидов БСка-3 и БФТИМ - эффективная и экономически выгодная альтернатива химизации в сельском хозяйстве // Фермер. Черноземье, 2018. N 12 (21). С. 32–36.
69. Илларионов А.И. Химический метод защиты растений: учебное пособие // Воронеж: Изд-во ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. 259 с. ISBN 978-5-7267-0747-1
70. Караченцева Т.В. Биопрепараты в защите озимой пшеницы от корневых гнилей // Материалы V Межд. студ.-практ. конф. Студенческий научный форум. Москва, 2013. URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013007539> (дата обращения: 15.12.2021).
71. Кекало А.Ю., Немченко В.В., Заргарян Н.Ю. [и др.] Защита зерновых культур от болезней // Куртамыш: Изд-во Куртамышская типография, 2017. 172 с.
72. Келер В. В., Деменева А., Абду-Хамидовна М. Э. Варьирование элемента структуры урожайности яровой пшеницы в зависимости от интенсификации технологии // Научно-практические аспекты развития АПК [Электронный ресурс]: материалы национ. науч. конф. Часть 1 / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск. 2020. С. 112–115.

73. Ким Ю.С., Волкова Г.В. Желтая пятнистость листьев пшеницы: распространение, вредоносность, расовый состав (обзор) // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. N 2 (50).
74. Койшибаев М., Сагитов А. О. Защита зерновых культур от особо опасных болезней. Рекомендации. Алматы, 2012. 33 с.
75. Койшибаев М., Муминджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Анкара. 2016. 42 с.
76. Кольбин Д.А., Волкова Г.В. Воздействие фунгицидов разных химических классов на генофонд вирулентности северокавказской популяции бурой ржавчины пшеницы на юге России // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. Краснодар: Изд-во Кубанского ГАУ, 2010. N62(08).
77. Кольнобрицкий Н. И., Бондарь В. П. Метод диагностики возбудителя офиоболезной корневой гнили озимой пшеницы и изучение штаммов патогена // Защита растений. 1989. N 36. С. 21–25.
78. Комарова А. С., Петрова М. О., Черменская Т. Д. Экологически безопасная защита зерновых культур пестицидами, созданными на основе бензимидазолов // Агропромышленные технологии Центральной России. 2020. N 4(18). С. 47–54. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2020-18-47-54>.
79. Коновалова Н.Е., Суздальская М.В., Жемчужина А.И. Динамика расового состава возбудителей ржавчинных заболеваний хлебных злаков в СССР // Микология и фитопатология. 1970. Т. 4. N 2. С. 107–121.
80. Коробка А. Н., Орленко С. Ю., Алексеенко Е. В. [и др.]. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. Краснодар: ООО "Просвещение-Юг". 2015. 352 с. EDN VJCWGT.
81. Краснобаева И. Л., Коваленко Н. М., Попова Э. В. Влияние хитина на биологическую активность штаммов *Bacillus subtilis* // Вестник защиты растений. 2020. Т. 103. N 4. С. 233–240.

82. Кремнева О.Ю., Андропова А.Е., Волкова Г.В. Возбудители пятнистостей листьев пшеницы (пиренофороз и септориоз), изучение их популяций по морфолого-культуральным признакам и вирулентности // Методические рекомендации. Санкт Петербург. 2009. 25 с.
83. Кремнева О.Ю., Ким Ю.С., Волкова Г.В. Устойчивость сортов озимой пшеницы, высеваемых на юге России, к *Pyrenophora tritici-repentis* // Защита растений от вредных организмов: Материалы IX международной научно-практической конференции. Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина. 2019. С. 125-127.
84. Кузина Е.В. Леонтьева Т.Н., Логинов О.Н. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. N 3 (5). С.1649–1652.
85. Кузьмина Л. Ю. Мелентьев А.И. Колонизация ризосферы яровой пшеницы бактериями рода *Bacillus Cohn* при бактеризации семян // Микробиология. 2003. N 2. С. 268–274.
86. Куперман Ф. М., Моисейчик В. А. Вызревание озимых культур / Ленинград: Изд-во Гидрометеиздат, 1977. 168 с.
87. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Киев: Изд-во Морион, 2000. 320 с.
88. Лапочкина И.Ф., Баранова О.А., Шаманин В.П. и др. Создание исходного материала яровой мягкой пшеницы для селекции на устойчивость к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici*), в том числе и к расе Ug99 в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. N 3. С. 320–328. <https://doi.org/10.18699/VJ16.167>
89. Латур Б. Пастер. Война и мир микробов. С приложением «Несводимого» / Пер. А. Дьякова. СПб: Изд-во Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2015. 320 с.

90. Максимов И.В., Сингх Б.П., Черепанова Е.А., Бурханова Г.Ф., Хайруллин Р.М. Перспективы применения бактерий – продуцентов липопептидов для защиты растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2020. Т. 56., N 1. С. 19–34.
91. Манылова О. В., Чернышков В. Н., Карташов М. И. Эффективность биофунгицидов против корневых гнилей и септориоза озимой пшеницы в условиях лесостепи Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. N. 5 (163).
92. Марьина-Чермных О.Г., Хисматуллина Г.М. Снежная плесень на посевах озимых зерновых культур // Вестник Марийского государственного университета. 2016. Т. 2. N 3(7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/snezhnaya-plesen-na-posevah-ozimyh-zernovyh-kultur> (дата обращения: 06.07.2021).
93. Матвеева И.П., Волкова Г.В. Желтая ржавчина пшеницы. Распространение, вредоносность, меры борьбы (обзор) // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. N 2 (46). С. 102–116.
94. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. // под редак. В.И. Долженко. СПб: ВИЗР, 2009. 378 с.
95. Мигранов Р. Р. Эффективность препаратов предпосевной обработки семян сортов яровой пшеницы // Молодежная наука и АПК: проблемы и перспективы: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. 16-17 ноября. Уфа: ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2011. С 9–10.
96. Милевская И.А. Эффективность бактериальных препаратов при защите растений яровой пшеницы от твердой головни [препараты на основе бактерий-антагонистов р. *Bacillus* и *Pseudomonas*] // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2004. N 4. С. 988
97. Миренков Ю. А. Интегрированная защита растений: учебник для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по

- агрономическим специальностям. Минск: Изд-во ИВЦ Минфина, 2008. 360 с.
98. Михайлова Л.А., Гультяева Е.И., Мироненко Н.В. Методы исследования структуры популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. *f.sp. tritici* // Иммуногенетические методы создания устойчивых к вредным организмам сортов. (Методические рекомендации). СПб: Изд-во ВИЗР, 2003. 26 с.
99. Мыца Е.Д. Влияние некоторых пестицидов на возбудителей грибных болезней картофеля (*Solanum tuberosum* L.) и томата (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: МГУ, 2015.
100. Национальный атлас почв Российской Федерации / под ред. чл.-корр. РАН С.А. Шоба. Москва: Изд-во Астрель, 2011. 632 с.
101. Патент N 2 528 058 С1 Российская Федерация, МПК С 12 N 1/20, А 01 N 63/00, С 12 R 1/07. Штамм бактерий *Bacillus Amyloliquefaciens*, обладающий фунгицидным и бактерицидным действием, и биологический препарат на его основе для защиты зерновых растений от заболеваний, вызываемых фитопатогенными грибами: N 2013125726/10; заявл. 04.06.2013; опубл. 10.09.2014 / Азизбекян Р.Р., Кузнецова Н.И., Кузин А.И., Николаенко М.А.; патентообладатель ФГУП "ГосНИИгенетика". – 11 с.: ил. – Текст: непосредственный.
102. Патент N 129 353 Российская Федерация, МПК А 01 G 13/00. Прибор для управления фунгицидной защитой растений: N 2012158365/13; заявл. 29.12.2012; опубл. 27.06.2013 / Соколов Ю.Г., Евсюков Н.А., Ермоленко С.А.; патентообладатель ФГБНУ ВНИИБЗР. – 2 с.: ил. – Текст: непосредственный.
103. Патент N 129 363 Российская Федерация, МПК А 01 М 1/04. Ловушка для насекомых: N 2012158366/13; заявл. 29.12.2012; опубл. 27.06.2013 / Садковский В.Т., Соколов Ю.Г., Худой Ф.Ф., Ермоленко С.А.; патентообладатель ФГБНУ ВНИИБЗР. – 9 с.: ил. – Текст: непосредственный.

104. Патент N 2656550 С 2 Российская Федерация, МПК А 01 N 43/653, А 01 N 25/32, А 01 Р 3/00. Композиция стереоизомеров дифенокназола с пониженной фитотоксичностью: N 2015137600; заявл. 27.01.2014; опубл. 05.06.2018./ Годуин Д.Р., Хеминг А.М., Лотшютц К., Шнайтер П., Шутц В. Патентообладатель: Зингента Партисипейшнс АГ (СН). – 30 с.: ил. – Текст: непосредственный.
105. Пашковская А. А. Территориальная организация и эффективность зернового хозяйства Западного Кавказа и Предкавказья // Вестник российских университетов. Математика. 2010. Т. 15. N 5. С. 1595-1598.
106. Пикушова Э.А., Загорулько А.В., Шадрина Л.А., Москалева Н.А., Веретельник Е.Ю., Долбилова Т.А. Эффективность биологической и химической защиты озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2020. N 2. С. 24–27.
107. Пикушова Э. А. Теоретические и практические основы предпосевной подготовки семян озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2017. N 8. С. 33–36.
108. Побежимова Т.П., Корсукова А.В., Боровик О.А., Забанова Н.С., Дорофеев Н.В., Грабельных О.И., Войников В.К. Влияние тебуконазола и тебуконазол-содержащего препарата Бункер на функционирование митохондрий озимой пшеницы // Биологические мембраны. 2020. Т. 37. N 3. С. 224-234. [https://doi.org/ 10.31857/S0233475520020103](https://doi.org/10.31857/S0233475520020103).
109. Попов С. Я., Дорожкина Л. А., Калинин В. А. Основы химической защиты растений / Под ред. профессора С. Я. Попова. Москва: Изд-во Арт-Лион, 2003. 208 с.
110. Попова Л. М. Химические средства защиты растений: учебное пособие / СПб.: СПбГТУРП. 2009. 96 с.
111. Пыжикова Г.В. Влияние температуры на инфекцию и развитие желтой ржавчины пшеницы // Микология и фитопатология. 1972. Т. 6. N 3. С. 51–53.

112. Рсалиев А.С., Рсалиев Ш.С. Основные подходы и достижения в изучении расового состава стеблевой ржавчины пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т 22. N 8. С. 967–977.
113. Рынок химических средств защиты растений в России – 2021 // Агентство плодородия. 2021. 35 с.
114. Санин С.С. Защита пшеницы от бурой ржавчины // Приложение к журналу защита и карантин растений. 2007. N 11. С. 64–65.
115. Санин С.С., Макаров А.А. Биологические, агроэкологические и экономические аспекты фитосанитарного мониторинга. Вестник защиты растений. 1999. N 1. С. 62–66.
116. Санин С.С. Методы определения количества спор, образуемых ржавчинными и другими фитопатогенными грибами // Микология и фитопатология. 1975. Т. 9. N 3. С. 443–445
117. Санин С.С. Мотовилин А.А., Корнева Л.Г., Жохова Т.П., Полякова Т.М., Акимова Е.А., Химическая защита пшеницы от болезней при интенсивном зернопроизводстве // Защита и карантин растений. Москва, 2011 N 8. С. 3–8.
118. Сасова Н.А. Фитосанитарный мониторинг листовых болезней озимых колосовых культур в краснодарском крае // Защита растений. 2010. N 4. С 1–7.
119. Сапожков М. В. Влияние некорневой обработки аборигенными штаммами *Bacillus subtilis* на урожайность озимой пшеницы и распространение болезней грибной этиологии в условиях лесостепи ЦЧР // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. N 4 (51). С. 43–48. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2016.4.43>.
120. Слюсарев В.Н., Швец Т.В. Учебная практика по почвоведению с основами геологии: учеб. пособие. Краснодар: Изд-во Кубанского ГАУ, 2018. 127 с.
121. Сокирко В.П., Горьковенко В. С., Зазимко М. И. Фитопатогенные грибы (морфология и систематика): учеб. пособие. Краснодар: Изд-во Кубанского ГАУ, 2014. 178 с.

122. Сорты и гибриды: каталог / ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»; ред. кол. А.А. Романенко [и др.]. Краснодар: [ЭДВИ]. 2022. 152 с.
123. Спиридонов Ю.Я., Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Автаев Р.А., Стрижков Н.И., Атаев С.С., Суминова Н.Б., Даулетов М.А., Ленович Д.Р. Разработка интегрированной технологии защиты посевов полевых культур от болезней, вредителей и сорняков на основе биологических и химических методов // Аграрный научный журнал. 2017. N. 9. С. 37–42.
124. Страновой обзор производства и использования особо опасных пестицидов в России. Москва, 2020. URL: [https:// ipen. org/ sites/ default/ files/ documents/ final _russia _hhp_ country_ situation_ report_ru_ and_ en_14_may_2020. pdf](https://ipen.org/sites/default/files/documents/final_russia_hhp_country_situation_report_ru_and_en_14_may_2020.pdf) (дата обращения: 17.01.2021).
125. Сухорученко Г.И. Резистентность вредных организмов к пестицидам в России // Защита и карантин растений. 2020. N 1. С. 14–18.
126. Сухорученко Г. И. Проблема формирования резистентности к пестицидам в популяциях вредных видов во втором десятилетии XXI века в России // Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России: Сборник тезисов докладов, Санкт-Петербург, 09–11 сентября 2019 года / Под ред. Ганнибал Ф.Б. и др. Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН. 2019. С. 314.
127. Сухорученко Г. И. Резистентность вредных организмов к пестицидам – проблема защиты растений второй половины 20 столетия в странах СНГ // Вестник защиты растений. 2001. N 1. С. 18–37.
128. Ткаченко О.Б. Овсянкина А.В., Щуковская А.Г. Снежные плесени: развитие представлений и способы защиты растений // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. N 1. С. 16–29.
129. Торопова Е.Ю., Казакова О.А., Селюк М.П. Мониторинг и контроль септориоза пшеницы в Сибири // АПК России. 2016. Т. 23. N 5 С. 961-968
130. Тырышкин Л. Г. Влияние разных значений рН на вирулентность и агрессивность возбудителя листовой ржавчины пшеницы *Puccinia triticina*

- Erikss. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. N. 40. С. 45–49.
131. Тырышкин Л.Г. Изменение вирулентности возбудителя листовой ржавчины пшеницы под действием элементов минерального питания // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2014. N 35. С. 85-89.
132. Тырышкин Л.Г. Влияние элементов минерального питания на агрессивность возбудителя листовой ржавчины пшеницы *Puccinia triticina* Erikss // Известия СПбГАУ. 2015. N 38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-elementov-mineralnogo-pitaniya-na-agressivnost-vozbuditelya-listovoy-rzhavchiny-pshenitsy-puccinia-triticina-erikss> (дата обращения: 07.12.2021).
133. Тырышкин Л.Г. Изменение вирулентности возбудителя листовой ржавчины пшеницы под действием температуры // Известия СПбГАУ. 2014. N 36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-virulentnosti-vozbuditelya-listovoy-rzhavchiny-pshenitsy-pod-deystviem-temperatury> (дата обращения: 07.12.2021).
134. Тютюрев С. Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы // Российская акад. с.-х. наук, Всероссийский науч.-исслед. ин-т защиты растений. Санкт-Петербург: Нива, 2010. - 170 с. ISBN 5-86456-061-8.
135. Тютюрев С. Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам // Вестник защиты растений. 2001. N 1. С. 38–53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ustoychivosti-fitopatogenov-k-novym-fungitsidam> (дата обращения: 18.04.2022).
136. Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – Москва, 1999 –URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 26.01.2022).
137. Федеральный закон от 3.08.2018 г. N 280-ФЗ "Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"// КонсультантПлюс: справочно-правовая система

- [Официальный сайт]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 08.01.2020)
138. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Коноваленко Л.Ю. Современные технологии производства пестицидов и агрохимикатов биологического происхождения: науч. аналит. обзор. Москва: Изд-во ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 124 с.
139. Феклистова И.Н., Максимова Н.П. Биотехнологические подходы к созданию продуцентов антибиотиков на основе ризосферных бактерий рода *Pseudomonas* // Труды Белорусского гос. ун-та: научный журнал. 2007. Т 2. С. 181–189.
140. Фитопатология: учебник / под ред. О.О. Белошапкиной. Москва: ИНФРА-М, 2021. 288 с.
141. Черемисинов М. В. Дудин Г. П., Помелов А. В. Использование пестицидов как один из способов быстрого получения исходного материала в селекции ярового ячменя // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XII Всерос. науч.-практ. конфер., Киров, 13–14 апреля 2017 года. Киров: Вятский государственный университет. 2017. С. 173–178.
142. Шаманин В.П., Потоцкая И.В., Шепелев С.С., Пожерукова В.Е., Салина Е.А., Сколотнева Е.С., Ходсон Д., Хоумвёллер М., Патпур М., Моргунов А.И. Стеблевая ржавчина в Западной Сибири – расовый состав и эффективные гены устойчивости // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. N 2. С. 131–138. doi:.org/10.18699/VJ20.608/
143. Шкаликов В.А., Белошапкина О.О., Букреев Д.Д. Защита растений от болезней // Под ред. В. А. Шкаликова. 3-е изд., испр. и доп. М.: КолосС, 2010. 404 с.
144. Штерншис М.В. Джалилов Ф. С.-У., Андреева И.В. [и др.] Биологическая защита растений // Под ред. М. В. Штерншис. М.: КолосС, 2004. 264 с.
145. Шутко А. П., Гаврилов А. А., Передериева В. М. Управление патологическим процессом корневых гнилей озимой пшеницы на Ставрополье // Вестник АПК Ставрополья. 2011. N. 3. С. 18–23.

146. Шутко А. П., Тутуржанс Л. В., Михно Л. А., Передериева В. М. Защита озимой пшеницы от гибеллинозной гнили // Земледелие. 2019. N 7. С. 45–47. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10712>
147. Щербакова Т. Influence of pre-sowing treatment of wheat seedlings by biological preparation Gliocladin-SC on biometric indicators. 2015. Режим доступа: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2022100058> (дата обращения: 23.04.2022 г.).
148. Щербакова Л. А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т 54. N 5. С. 875–891.
149. Щуковская А. Г. Микогельминты в защите озимой пшеницы от розовой снежной плесени: дис. ... канд. биол. наук. Москва 2016 г., 143 с.
150. Ямалиева А.М., Апаева Н.Н. Применение биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2019. Т. 5. N 4 (20). С. 432–440.
151. Abdelhalim M., Brurberg M., Hofgaard I., Rognli O. Pathogenicity, host specificity and genetic diversity in Norwegian isolates of *Microdochium nivale* and *Microdochium majus* // European Journal of Plant Pathology. 2020. Vol. 156. N. 3. P. 885–895. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01939-5>
152. Abdelrhim A., Abd-Alla H.M., Abdou E.S., Ismail M.E., Cowger C. Virulence of Egyptian *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* Population and Response of Egyptian wheat cultivars. // Plant disease. 2018. Vol. 102. N. 2. P. 391–397. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-17-0975-RE>
153. Adnan M., Islam W., Shabbir A. Plant defense against fungal pathogens by antagonistic fungi with *Trichoderma* in focus // Microbial pathogenesis. 2019. Vol. 129. P. 7–18. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.042>.
154. Agrios G. Control of Plant Diseases // Plant Pathology, 2005. P. 293–353 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-047378-9.50015-4>.

155. Anderson N.R., Freije A.N., Bergstrom G.C. et al. Sensitivity of *Fusarium graminearum* to metconazole and tebuconazole fungicides before and after widespread use in wheat in the United States. *Plant Health Progress*. 2020. V. 21. N 2. P. 85–90. [https://doi.org/ 10.1094/PHP-11-19-0083-RS](https://doi.org/10.1094/PHP-11-19-0083-RS).
156. Arduim F.S., Reis E.M., Barcellos A.L., Camila T. In vivo sensitivity reduction of *Puccinia triticina* races, causal agent of wheat leaf rust, to DMI and QoI fungicides // *Summa Phytopathologica*. 2012. V. 38. P. 306–311. [https://doi.org/10.1590 / S0100-54052012000400006](https://doi.org/10.1590/S0100-54052012000400006)
157. Arroyave-Toro J. J., Mosquera S., Villegas-Escobar V. Biocontrol activity of *Bacillus subtilis* EA-CB0015 cells and lipopeptides against postharvest fungal pathogens // *Biological Control*. 114. P. 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.08.014>
158. Baigonussova Z.A., Tulkubaeva S.A., Tulaev Yu.V., Safronova O.S. Creating a biological product using Nitrogen-fixing bacteria before sowing wheat (north Kazakhstan) // *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*. 2021. Vol. 11. N. 1. P. 39–47. <https://doi.org/10.51847/XL40j39>
159. Balba H. Review of strobilurin fungicide chemicals // *Journal of Environmental Science and Health Part B*. 2007. Vol. 42. N. 4. P. 441–451.
160. Bankina B., Ruza A., Katamadze M., Kreita D., Paura L. Snow Mould Development under Conditions of Central Part of Latvia // *Proceedings of the Latvia University of Agriculture* 2012. Vol. 27. P. 1–5.
161. Brent K.J., Hollomon D.W. Fungicide resistance: the assessment of risk. Monograph. Basel, 2007.
162. Brent K.J., Hollomon D.W. Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed? Published by the Fungicide Resistance Action Committee. FRAC. Monograph N 1. Basel, 2007.
163. Chihat S., Aleandri M., Vannini A., Bruni N., Boureghda H. Identity and biocontrol efficiency of *Trichoderma spp.* isolated from different soils and ecosystems in Algeria // *Journal of Plant Pathology*. 2021. Vol. 103. N. 2. C. 493–511. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00761-0>

164. Cieplak M., Nucia A., Ociepa T., Okon S. Virulence Structure of *Blumeria graminis* f. sp. avenae Populations in Poland across 2014–2015 // The Plant Pathology Journal. 2021. Vol. 37. N. 2. P. 115. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.10.2020.0193>
165. Conradt T. Weather Effects on Crop Diseases in Eastern Germany // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly Conference Abstracts. 2017. Vol. 19. P. 2307.
166. Damicone J.P. Fungicide resistance management. Oklahoma cooperative extension [Электронный ресурс]. https://shareok.org/bitstream/handle/11244/319916/oksa_epp_7663_2014-02.pdf?sequence=1 (дата обращения: 17.01.2021).
167. David B.V., Chandrasehar G., Selvam P.N. *Pseudomonas fluorescens*: A plant-growth-promoting rhizobacterium (pgpr) with potential role in biocontrol of pests of crops // Crop improvement through microbial biotechnology. 2018. P. 221–243. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63987-5.00010-4>
168. Deising H. B., Reimann S., Pascholati S. F. Mechanisms and significance of fungicide resistance // Brazilian Journal of Microbiology. 2008. Vol. 39. N. 2. P. 286–295.
169. El-Mougy Nehal S., Khalil Mohamed S. A., El-Gamal & Mokhtar Nadia G., Abdel-Kader M. Impact of grain treatments with bioagents for suppressing foliar diseases severity of three wheat cultivars under field conditions // Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2020. Vol. 54: 7-8. P. 431–447. <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1841503>
170. FRAC. Pathogen risk list. Basel. 2019.
171. German S., Barcellos A., Chaves M., Kohli M., Campos P., Viedma L. The situation of common wheat rusts in the Southern Cone of America and perspectives for control. // Australian Journal of Agricultural Research. 2007. N 58(6). P. 620–630.

172. Glinushkin A.P., Ovsyankina A.V., Kiseleva M.I., Kolomiets T.M. Distribution of Fungi from the Genus *Fusarium* Link on Cereals // Russian Agricultural Sciences. 2018. Vol. 44. P. 235–240.
173. Gorshkov V., Osipova E., Ponomareva M., Ponomarev S., Gogoleva N., Petrova O., Gogoleva O. et al. Rye Snow Mold-Associated *Microdochium nivale* Strains Inhabiting a Common Area: Variability in Genetics, Morphotype, Extracellular Enzymatic Activities, and Virulence // Journal of Fungi. 2020. Vol. 6. N. 4. 335 p.
174. Hollomon D.W. Fungicide resistance: facing the challenge-a review // Plant protection science. 2015. Vol. 51. N. 4. P. 170–176.
175. Hovmøller, M. S., Sørensen, C. K., Walter, S., & Justesen, A. F. Diversity of *Puccinia striiformis* Cereals and Grasses. Annual Review of Phytopathology. 2011. N 49(1). P. 197–217. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095230>
176. Jakl M., Kovač I., Zeljković S.Ć., Dytrtová J.J. Triazole fungicides in soil affect the yield of fruit, green biomass, and phenolics production of *Solanum lycopersicum* L. // Food chemistry. 2021. Vol. 351. P. 129328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129328>
177. Jørgensen, L. N., Hovmøller, M. S., Hansen, J. G., Lassen, P., Clark, B., Bayles, R., Rodemann, B., Flath, K., Jahn, M., Goral, T., and Others. IPM strategies and their dilemmas including an introduction to www.eurowheat.org. Journal of Integrative Agriculture. 2014. Vol. 13(2) P. 265–281.
178. Kianivafa S., Bazgir E., Darvishnia M. Biological control of wheat take-all disease using *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* // Journal of Applied Research in Plant Protection. 2021. Vol. 10. N. 3. P. 93–107.
179. Krzyzinska B., Glazek M., Maczynska A. Seed treatment for control leaf spot diseases of spring wheat // Acta agrobotanica. 2005. Vol. 58. N 1. P. 37–43.
180. Kolmer J. A., Hughes M. E. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2014 // Plant Disease. 2016. Vol. 100. N 8. P. 1768–1773. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-15-1461-SR>

181. Kristoffersen R., Jørgensen L.N., Eriksen L.B., Nielsen G.C., Kiær L.P. Control of *Septoria tritici* blotch by winter wheat cultivar mixtures: Meta-analysis of 19 years of cultivar trials // *Field Crops Research*. 2020. Vol. 249. P. 107696. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107696>.
182. Kwok I. M. Y., Loeffler R. T. The biochemical mode of action of some newer azole fungicides // *Pesticide science*. 1993. Vol. 39. N 1. P. 1–11
183. Li T.Y., Ma Y.C., Wu X.X., Chen S., Xu X.F., Wang H., Cao Y.Y., Xuan Y.H. Race and virulence characterization of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in China // *Plos one*. 2018. Vol. 13. N 5. P. 197579. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197579>
184. Lucas J. A., Hawkins N. J., Fraaije B. A. The evolution of fungicide resistance // *Advances in applied microbiology*. 2015. Vol. 90. P. 29–92.
185. Matzen N., Heick T. M., Jørgensen L. N. Control of powdery mildew (*Blumeria graminis* spp.) in cereals by Serenade® ASO (*Bacillus amyloliquefaciens* (former subtilis) strain QST 713) // *Biological Control*. 2019. Vol. 139. P. 104067.
186. McCallum B. D., Reimer E., McNabb W., Foster A., Rosa S., Xue A. Physiologic specialization of *Puccinia triticina*, the causal agent of wheat leaf rust, in Canada in 2015–2019 // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2021. Vol. 43. P. 333–346. <https://doi.org/10.1080/07060661.2021.1888156>
187. Müller T. Fluorescent pseudomonads in the phyllosphere of wheat: potential antagonists against fungal phytopathogens // *Current microbiology*. 2016. Vol. 72. N 4. P. 383–389.
188. Nei M. Genetic Distance between Populations // *The American Naturalist*. 1972. Vol. 106. P. 283–292. <https://doi.org/10.1086/282771>
189. Olivera P.D., Sikharulidze Z., Dumbadze R., Szabo L.J., Newcomb M., Natsarishvili K., Rouse M.N., Luster D.G., Jin Y. Presence of a sexual population of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Georgia provides a hotspot for genotypic and phenotypic diversity // *Phytopathology*, 2019. Vol. 109. N 12. P. 2152–2160.

190. Peksa K., Bankina B. Characterization of *Puccinia recondita*, the causal agent of brown rust: a review // Res Rural Dev. 2019. N 2. P. 70–76. <https://doi.org/10.22616/rrd.25.2019.051>
191. Pérez-Lucas, G.; Vela, N.; El Aatik, A.; Navarro, S. Environmental risk of groundwater pollution by pesticide leaching through the soil profile // Pesticides .2019. Vol. 3. P. 45-68. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82418>
192. Peterson R.F., Cempbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. Can J Res Sect C // Canadian Journal of Research. 2011. Vol. 26. P. 495–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
193. Poloni N.M., Carvalho G., Nunes Campos Vicentini S. et al. Widespread distribution of resistance to triazole fungicides in Brazilian populations of the wheat blast pathogen // Plant Pathology. 2021. Vol. 70. P. 436– 448. <https://doi.org/10.1111/ppa.13288>
194. Ponomareva M.L. Snow mold of winter cereals: A complex disease and a challenge for resistance breeding // Theoretical and Applied Genetics. 2020. P. 1–15.
195. Prasad P., Bhardwaj S.C., Savadi S., Kashyap P.L., Gangwar O.P., Khan H. et al. Population distribution and differentiation of *Puccinia graminis tritici* detected in the Indian subcontinent during 2009–2015 // Crop Protection. 2018. Vol. 108. P. 128-136.
196. Reiss A., Jorgensen L.N. Biological control of yellow rust of wheat (*Puccinia striiformis*) with Serenade®ASO (*Bacillus subtilis* strain QST713) // Crop Protection. 2017. Vol. 93. P. 1-8.
197. Roelfs A. P. Evidence for two populations of wheat stem and leaf rust in the USA // Plant Disease Rep. 1974. N 32. P. 806–809.
198. Roelfs A. P., Singh R. P., Saari E. E. Rust diseases of wheat: concepts and methods management. Mexico: CIMMIT, 1992. 81 p.

199. Roman D.L., Voiculescu D.I., Filip M., Ostafe V., Isvoran A. Effects of triazole fungicides on soil microbiota and on the activities of enzymes found in soil: a review // *Agriculture*. 2021. Vol. 11. N 9. P. 893.
200. Saari E. E., Prescott I. M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases // *Plant Disease Report*. 1975. Vol. 59. 377 p.
201. Samain E., Tuinen D., Jeandet P., Aussenac T., Selim S. Biological control of septoria leaf blotch and growth promotion in wheat by *Paenibacillus* sp. strain B2 and *Curtobacterium plantarum* strain EDS // *Biological Control*. 2017. Vol. 114. P. 87–96.
202. Saunders D. G. O., Pretorius Z. A., Hovmøller M. S. Tackling the re-emergence of wheat stem rust in Western Europe // *Communications biology*. 2019. Vol. 2. N. 1. P. 1–3.
203. Sawinska Z., Sobiech Ł., Danielewicz J., Perek A., Horoszkiewicz J., Skrzypczak G. The impact of surfactants on efficiency of the triazole fungicides // *Przemysł Chemiczny*. 2016. Vol. 95. N 6. P. 1141–1143. <https://doi.org/10.15199/62.2016.6.10>
204. Siegel M. R., Kerkenaar A., Sijpesteijn A. K. Antifungal activity of the systemic fungicide imazalil // *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 1977. Vol. 83. N. 1. P. 121–133.
205. Shahin A. A. Occurrence of new races and virulence changes of the wheat stripe rust pathogen (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in Egypt // *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 2020. Vol. 53. N. 11-12. P. 552–569
206. Sinha P., Chen X. Potential infection risks of the wheat stripe rust and stem rust pathogens on barberry in Asia and Southeastern Europe // *Plants*. 2021. Vol. 10. N. 5. P. 957.
207. Spagnoletti F., Carmona M., Balestrasse K., Chiocchio V., Giacometti R., Lavado R.S. The arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus intraradices* reduces the root rot caused by *Fusarium pseudograminearum* in wheat // *Rhizosphere*. 2021. Vol. 19. P. 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100369>.

208. Stocco M., Mónaco C., Abramoff C., Lampugnani G., Salerno G., Kripelz N., Cordo C., Consolo V. Selection and characterization of Argentine isolates of *Trichoderma harzianum* for effective biocontrol of *Septoria* leaf blotch of wheat // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2016. Vol. 32. N. 3. P. 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11274-015-1989-9>.
209. Tejada M., Gómez I., García-Martínez A., Osta P., Parrado J. Effects of Prochloraz fungicide on soil enzymatic activities and bacterial communities // Ecotoxicology and environmental safety. 2011. Vol. 74. N. 6. P. 1708–1714.
210. Thirup L., Johnsen K., Winding A. Succession of indigenous *Pseudomonas* spp. and actinomycetes on barley roots affected by the antagonistic strain *Pseudomonas fluorescens* DR54 and the fungicide imazalil // Applied and Environmental Microbiology. 2001. Vol. 67. N. 3. P. 1147–1153.
211. Tkachenko O., Ovsyankina A.V., Shchukovskaya, A.G. Snow Mold: History of the study and control // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya. 2017. Vol. 50. P. 72. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.1.16eng>
212. Tonin R.F.B., Reis E.M., Danelli A.L.D. Etiologia e quantificação dos agentes causais de manchas foliares na cultura do trigo nas safras 2008 a 2011 // Summa Phytopathologica. 2013. V. 39. P. 102–109.
213. Wu X.X., Xu X.F., Ma X., Chen R.Z., Li T.Y., Cao Y.Y. Virulence structure and its genetic diversity analyses of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* isolates in China // BMC evolutionary biology. 2019. Vol. 19. N. 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12862-019-1511-3>
214. Xie, D., Cai, X., Yang, C., Xie, L., Qin, G., Zhang, M., Huang, Y., Gong, G., Chang, X. and Chen, H., Studies on the control effect of *Bacillus subtilis* on wheat powdery mildew // Pest Manag Sci. 2021. Vol. 77. P. 4375–4382. <https://doi.org/10.1002/ps.6471>
215. Xue A.G., Lim S., Chen Y., Humphreys G., Cao W., Menzies J. Virulence structure of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*, the causal agent of wheat powdery mildew, in Ontario, Canada, in 2018 and 2019 // Canadian Journal of Plant Pathology. 2021. P. 1–9.

216. Wolfe M. S., Schwarzbach E. The use of virulence analysis in cereal mildews // *Phytopathology*. 1975. Vol. 82 (4). P. 297–307.
217. Zhang L., Shi C.C., Li L.R., Li M., Meng Q.F., Yan H.F. et al. Race and virulence analysis of *Puccinia triticina* in China in 2014 and 2015 // *Plant disease*. 2020. Vol. 104. N. 2. P. 455–464. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-1051-RE>
218. Zhao Y., Selvaraj J.N., Xing F., Zhou L., Wang Y., Song H., Tan X., Sun L., Sangare L., Folly Y.M. et al. Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum* // *PloS ONE*. 2014. Vol. 9. N 3. P. 92486.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Сорто-дифференциаторы и близкоизогенные линии пшеницы сорта Thatcher, несущие гены устойчивости *Lr*

Гены <i>Lr</i>	Генетическое происхождение линий
1	Centenario/6* Thatcher, RL 6003
2a	Webster/6* Thatcher, RL 6016
2b	Thatcher *6/Carina, RL 6019
2c	Thatcher*6/Loros, RL 6025
3a(=3)	Democrat/6* Thatcher, RL 6002
3bg	Bage/8* Thatcher, RL 6042
3ка	Thatcher*6/Klein Aniversario, RL 6007
9	Thatcher*6/Transfer, RL 6010
10	Thatcher*6/ Exchange, RL 6004
11	Thatcher*6/Hussar, RL 6053
14a	Selkirk/6* Thatcher, RL 6013
14b	Thatcher*6/ M. Escobar, RL 6006
15	Thatcher *6/Kenya W1483, RL 6052
16	Thatcher *6/Exchange, RL 6005
17	Thatcher *6/K. Lucero, RL 6008
18	Thatcher *7/South.Africa 43, RL 6090
19	Thatcher *7/T4Ag.elongatum, RL 6040
20	Thatcher *6/Timmo, RL 6092
21	Thatcher *6/RL5406 (Tetra Cant. /T.tauschii, RL 6043)
23	Lee FL310/6* Thatcher, RL 6012
24	Thatcher *6/Agent, RL 6064
25	Thatcher *7/Transec, RL 6084
26	Thatcher *6/St.1.25, RL 6078
28	Thatcher *6/C77.1, RL 6079
29	Thatcher *6//CS7D/Ag≠11, RL 6080
30	Thatcher *6/Terenzio, RL 6049
32	Thatcher *7/Ae.tauschii, RL 6086
33	Thatcher *6/PI.58548, RL 6057
34	Thatcher *6/PI.58548, RL 6058
36	Neepawa*5/T.speltoides 2-9
38	Thatcher *6/T7 Kohn, RL 6097
40	KS89WGRC07, R50117
41	TAM107*3/T.tauschii TA 2460

42	Century(<i>Lr24</i>)*3/ <i>T.tauschii</i> TA2450
43+24	TAM200
44	Thatcher *6/ <i>T.spelta</i> 7831
45	<i>Secale cereale</i>
B	Thatcher *6/ <i>Carina</i> , RL 6051
W	Thatcher *6/W336
47	<i>Ae.Speltoides</i>
50	KS96WGRC 36
Exch	Tc6/Exchange
Kanr	-

Приложение Б. Развитие и распространенность заболеваний озимой пшеницы в условиях полевого стационара ФГБНУ
ФНЦБЗР (2018 - 2021 гг.)

Таблица Б. 1 – Развитие и распространенность корневой гнили фузариозной этиологии в весенне–летний период на озимой пшенице сорта Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2018 - 2021 гг.

Вариант опыта	Фаза кущение Z 28-30								Фаза молочная спелость Z 75-77							
	2019		2020		2021		среднее		2019		2020		2021		среднее	
	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %
Алирин Б, СП	13,8	3,5	33,8	8,5	16,4	4,2	21,3	5,4	90	26,8	90	33,2	86,7	37,2	88,9	32,4
Бактофит, СП	26,4	5,1	46,4	13,1	14,9	3,6	29,2	7,3	100	43	100	47	67,7	11,2	89,2	33,7
Бисолбисан, Ж	7,9	2,4	11,7	2,4	12,8	3,2	10,8	2,7	100	54,9	100	36,1	60,9	11	87	34
Витаплан, СП	0	0	0	0	0	0	0	0	100	37,7	100	45,7	70,2	10,1	90,1	31,2
Гамаир, СП	21,2	5	37,6	9,8	43,1	10,6	34	8,5	100	44	100	46	55,6	10,4	85,2	33,5
Глиокладин, Ж	61,8	12,7	55,8	16,7	9,4	4,3	42,3	11,2	100	27,3	100	35,3	63,2	20,4	87,7	27,7
Псевдобактерин-2, Ж	22,3	5,5	37,7	9,5	57	14,5	39	9,8	100	41,8	100	48,2	62,5	10,1	87,5	33,4
Трихоцин, СП	38,1	7,1	53,5	15,9	32,1	8	41,2	10,3	100	40	100	45	56,7	2,2	85,6	29,1
Фитоспорин-М, СП	15,8	7,3	60,4	11,7	25	12,4	33,7	10,5	100	38,4	100	41,6	51,5	19,4	83,8	33,1
Фитолавин, ВРК	7,1	1,4	15,1	4,2	19,5	17,9	13,9	7,8	100	42,1	100	32,9	65,2	20,7	88,4	31,9
опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	8,6	2,5	23	5,3	22,4	5,7	18	4,5	90	23,5	90	31,5	61,3	25	80,4	26,7
Максим, КС, химический эталон	34,1	4,6	44,1	3,4	50,5	13,6	42,9	7,2	90	24,2	90	20,8	41,5	11,6	73,8	18,9
Контроль (без обработки)	44,4	11,1	73,6	18,9	15,6	22,2	44,5	17,4	100	60,8	100	54,2	90,5	33,3	96,8	49,4

Таблица Б. 2 – Развитие желтой пятнистости листьев озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант опыта	Развитие желтой пятнистости листьев, %																			
	фаза колошение Z 49-51				фаза цветение Z 61-65				фаза молочная спелость Z 71-73				фаза молочная спелость Z 75-77				фаза восковая спелость Z 85-87			
	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
Витаплан, СП	0,2	0,1	3,7	1,3	0,4	0,3	5,2	2,0	3,1	0,9	20,1	8,0	6,4	1,2	23,4	10,3	9	1,2	29,7	13,3
Гамаир, СП	0,2	0,1	3,9	1,4	0,5	0,5	5,2	2,1	3,3	1	22,7	9,0	7,1	1,3	27,5	12,0	10	1,7	35,3	15,7
Псевдобактерин-2, Ж	0,3	0,1	3,3	1,2	0,6	0,2	4,5	1,8	3,7	0,9	17,8	7,5	7	1,4	20,6	9,7	9,6	1,5	26,7	12,6
Ризоплан, Ж	0,3	0,1	4,2	1,5	0,7	0,4	5,4	2,2	3	1	21,4	8,5	5,8	1,3	23,9	10,3	8,1	1,7	29,3	13,0
Трихоцин, СП	0,3	0,1	3,5	1,3	0,6	0,4	4,6	1,9	3,2	1,1	18,3	7,5	6,3	1,4	20,2	9,3	9,1	1,4	25,8	12,1
Фитоспорин-М, СП	0,2	0,1	3,7	1,3	0,6	0,6	4,9	2,0	3	1,1	20,8	8,3	5,7	1,4	24,7	10,6	8,1	1,6	32,1	13,9
опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	0,3	0,1	3,6	1,3	0,6	0,5	4,6	1,9	3	0,8	20,3	8,0	6,8	1,3	21,5	9,9	9,1	1,3	27,2	12,5
Амистар Экстра, СК, химический эталон	0	0	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	1	0,1	7,6	2,9	2,1	0,1	7	3,1	2,1	0,4	12,8	5,1
Контроль (без обработки)	1	1	7,5	3,2	1,5	1,1	10,4	4,3	6,7	2,5	38,9	16,0	11,7	2,8	42,5	19,0	16	3,5	49,5	23,0

Таблица Б. 3 – Развитие бурой ржавчины пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Вариант опыта	Развитие бурой ржавчины листьев, %														
	фаза колошение Z 49-51			фаза цветение Z 61-65			фаза молочная спелость Z 71-73			фаза молочная спелость Z 75-77			фаза восковая спелость Z 85-87		
	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее
Витаплан, СП	0,0	0,0	0,0	2,4	9,1	5,8	5,4	17,4	11,4	9,2	28,0	18,6	20,6	55,8	38,2
Гамаир, СП	0,0	0,0	0,0	3,0	9,9	6,5	6,1	18,1	12,1	9,1	30,2	19,7	20,2	56,8	38,5
Псевдобактерин-2, Ж	0,0	0,0	0,0	1,8	8,9	5,4	4,8	15,2	10,0	6,7	26,0	16,4	15,6	52,8	34,2
Ризоплан, Ж	0,0	0,0	0,0	1,6	6,8	4,2	4,7	12,9	8,8	7,5	25,2	16,4	16,1	53,3	34,7
Трихоцин, СП	0,0	0,0	0,0	2,6	9,3	6,0	5,5	15,7	10,6	8,6	26,2	17,4	18,2	55,4	36,8
Фитоспорин-М, СП	0,0	0,0	0,0	2,2	7,9	5,1	5,1	14,3	9,7	7,0	25,0	16,0	17,6	55,1	36,4
опытный образец биопрепарата ФГБНУ ФНЦБЗР, Ж	0,0	0,0	0,0	2,3	6,9	4,6	5,1	13,3	9,2	7,2	25,7	16,5	17,7	55,1	36,4
Амистар Экстра, СК, химический эталон	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,2	1,1	1,2	3,0	2,1	5,6	17,4	11,5
Контроль (без обработки)	0,2	0,3	0,3	4,8	12,6	8,7	8,8	20,8	14,8	11,7	32,8	23,2	23,6	57,2	40,4

Таблица Б. 4 – Развитие корневой гнили фузариозной этиологии, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорта Сварог и Гром, 2018-2021 гг.

Система защиты	Фаза кушение Z 28-30				Фаза молочная спелость Z 75-77			
	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
Устойчивый сорт (Сварог)								
Биологическая	6,4	5,4	4,4	5,4	41,7	31,4	36,6	36,6
Биологизированная	6,5	5,5	4,4	5,5	31,1	19,1	25,1	25,1
Химическая	7,1	5,6	4,1	5,6	25	25	25	25,0
Контроль (без обработки)	24,6	19	13,4	19,0	69	41,7	55,4	55,4
Восприимчивый сорт (Гром)								
Биологическая	14,3	8,2	2,1	8,2	28,5	29,7	27	28,4
Биологизированная	13,5	7,8	2,1	7,8	23,6	24,7	22,5	23,6
Химическая	13,4	8,6	3,7	8,6	25,5	25	25,9	25,5
Контроль (без обработки)	34,6	22,7	10,7	22,7	52,3	48,6	56	52,3

Таблица Б. 5 - Развитие септориоза листьев озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорта Сварог и Гром, 2019-2021 гг.

Способ защиты	Фаза выход в трубку Z 39				Фаза колошение Z 49-51				Фаза цветение Z 61-65			
	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
Устойчивый сорт (Сварог)												
Биологическая	0,3	0,4	0,4	0,4	1,1	1	1,2	1,1	3,1	3,3	3,4	3,3
Биологизированная	0,3	0,5	0,4	0,4	1,3	1	1	1,1	1,9	1,9	1,8	1,9
Химическая	0,1	0,3	0,2	0,2	0,7	0,9	0,6	0,7	1,2	1,1	1,4	1,2
Контроль (без обработки)	2	1,8	2,4	2,1	4,5	4,6	5,1	4,7	6,5	7	7,1	6,9
Восприимчивый сорт (Гром)												
Биологическая	0,3	0,4	0,4	0,4	1,6	1,1	1,1	1,3	2,7	2,9	3,1	2,9
Биологизированная	0,3	0,3	0,4	0,3	0,9	1,4	1,2	1,2	1,9	1,9	2,3	2
Химическая	0,1	0,3	0,2	0,2	0,9	0,6	1	0,8	1,3	1,2	1,6	1,4
Контроль (без обработки)	2,5	2,8	2,7	2,7	6,9	6,8	7,3	7	8,7	9,1	8,3	8,7

Таблица Б. 6 – Развитие желтой пятнистости листьев озимой пшеницы, сорта Сварог и Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦ БЗР, 2019-2021 гг.

Способ защиты	Фаза колошение Z 49-51				Фаза цветение Z 61-65				Фаза молочная спелость Z 75-77				Фаза восковая спелость Z 85-87			
	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
Устойчивый сорт (Сварог)																
Биологическая	1,9	0	0,9	0,9	4,4	4,6	4,5	4,5	5,1	5,7	5,4	5,4	6,5	6,6	6,5	6,5
Биологизированная	1,8	0	0,9	0,9	4,5	4,1	4,3	4,3	4,6	4,8	4,7	4,7	5,8	5,2	5,5	5,5
Химическая	1,5	0	0,8	0,8	3,7	3,1	3,4	3,4	3,9	3,5	3,7	3,7	4,9	3,6	4,2	4,2
Контроль (без обработки)	4,9	0	2,5	2,5	10	9,8	9,9	9,9	10,2	10,6	10,4	10,4	12	11,1	11,5	11,5
Восприимчивый сорт (Гром)																
Биологическая	0,1	0,1	0	0,1	0,5	0,4	7	2,6	4,9	0,6	12,6	6,0	8,3	0,9	18,1	9,1
Биологизированная	0,1	0,1	0	0,1	0,5	0,3	6,7	2,5	4,3	0,5	12,1	5,6	6,3	0,7	16,4	7,8
Химическая	0	0,1	0	0	0,1	0,1	4,1	1,4	1,9	0,2	6,9	3,0	3,6	0,3	9,5	4,5
Контроль (без обработки)	1,5	1,9	1	1,5	4,1	2,3	20,1	8,8	13,3	3,1	32,7	16,4	18,4	3,8	42,2	21,5

Таблица Б. 7 – Развитие бурой ржавчины озимой пшеницы, сорт Гром, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, 2019-2021 гг.

Способ защиты	Фаза колошение Z 49-51			Фаза цветение Z 61-65			Фаза молочная спелость Z 75-77			Фаза восковая спелость Z 85-87		
	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее	2020	2021	среднее
Биологическая	0,5	7,7	4,1	9,2	27,4	18,3	15,2	34,3	24,8	18,1	42,0	30,1
Биологизированная	0,5	7,7	4,1	9,2	27,4	18,3	15,2	34,3	24,8	16,1	39,1	27,6
Химическая	0,1	1,5	0,8	1,3	4,9	3,1	2,3	6,3	4,3	3,7	9,5	6,6
Контроль (без обработки)	2,1	11,5	6,8	12,7	33,8	23,2	18,5	38,5	28,5	19,3	43,3	31,3

Приложение В. Расчет показателей СК₅₀ и СК₉₅ для фунгицида Колосаль, КЭ
методом пробит-анализа (ПО Statgraphics 19)

Расчетная регрессионная модель (максимальная вероятность)

<i>Параметр</i>	<i>Оценка</i>	<i>Стандартная ошибка</i>
ПОСТОЯННАЯ	-0,669202	0,446725
концентрация, %	0,0106518	0,00361626

Анализ отклонений

<i>Источник</i>	<i>Отклонение</i>	<i>Дф</i>	<i>P-значение</i>
Модель	9,20607	1	0,0024
Остаточный	0,255303	3	0,9682
Итого (корр.)	9,46137	4	

Процент отклонений = 97,3016

Скорректированный процент = 55,0245

Тест коэффициента вероятности

<i>Фактор</i>	<i>Хи-квадрат</i>	<i>Дф</i>	<i>P-значение</i>
концентрация, %	9,20607	1	0,0024

Остаточный анализ

	<i>Оценка</i>
n	5
MSE	0,00844298
MAE	0,0162632
MARE	2,40392
ME	0,000604565
MPE	-0,176322

Пояснение: Выходные данные показывают результаты установки модели пробитной регрессии для описания взаимосвязи между снижением развития возбудителя бурой ржавчины пшеницы и одной независимой переменной (концентрация). Поскольку значение P для модели в таблице анализа отклонений

меньше 0,05, существует статистически значимая связь между переменными на уровне достоверности 95,0%. Кроме того, значение Р для остатков больше или равно 0,05, что указывает на то, что модель не является значительно хуже наилучшей возможной модели для этих данных при уровне достоверности 95,0% или выше.

На панели также показано, что процент отклонений в снижении развития заболевания, объясненный моделью, равен 97,3016 %. Эта статистика аналогична обычной статистике R-Squared. Скорректированный процент, который больше подходит для сравнения моделей с различными числами независимых переменных, составляет 55,0245 %.

Таблица обратных предсказаний концентрации фунгицида Колосаль, КЭ.

<i>Процент снижения развития заболевания</i>	<i>Концентрация, мг/мл</i>	<i>Min значение доверительного интервала</i>	<i>Max значение доверительного интервала</i>
0,1	-227,289	-916,42	-87,9316
0,5	-178,995	-772,269	-58,7504
1,0	-155,573	-702,381	-44,5751
2,0	-129,982	-626,042	-29,0625
3,0	-113,744	-577,624	-19,2037
4,0	-101,53	-541,211	-11,7769
5,0	-91,5944	-511,6	-5,72791
6,0	-83,1377	-486,403	-0,572874
7,0	-75,7227	-464,316	3,95254
8,0	-69,0836	-444,544	8,00934
9,0	-63,0455	-426,566	11,7032
10,0	-57,4874	-410,022	15,1076
15,0	-34,4756	-341,575	29,2531
20,0	-16,1865	-287,254	40,5735
25,0	-0,496026	-240,732	50,3658
30,0	13,5945	-199,044	59,2504
35,0	26,6514	-160,524	67,5936
40,0	39,0412	-124,116	75,6535
45,0	51,0285	-89,0885	83,6498

50,0	<u>62,825</u>	-54,9148	91,8152
55,0	74,6215	-21,2248	100,464
60,0	86,6088	12,1311	110,132
65,0	98,9986	44,8041	121,927
70,0	112,056	75,2141	138,38
75,0	126,146	100,23	163,937
80,0	141,836	119,009	201,472
85,0	160,126	134,88	251,243
90,0	183,137	151,53	317,185
91,0	188,695	155,303	333,361
92,0	194,734	159,335	351,0
93,0	201,373	163,705	370,459
94,0	208,788	168,523	392,254
95,0	<u>217,244</u>	173,954	417,175
96,0	227,18	180,267	446,521
97,0	239,394	187,954	482,675
98,0	255,632	198,077	530,828
99,0	281,223	213,884	606,873
99,5	304,645	228,246	676,574
99,9	352,939	257,673	820,479

Пояснение: В этой таблице показаны обратные прогнозы, полученные из установленной модели. Обратные предсказания указывают значение концентрации фунгицида Колосаль, КЭ, при котором модель достигает определенных процентов. Например, значение $СК_{50}$ равно 62,825 мг/мл, $СК_{95}$ – 217,244 мг/мл. Также отображаются приближенные фидуциальные доверительные интервалы для обратных предсказаний.

Приложение Г. Расчет показателей СК₅₀ и СК₉₅ для фунгицида Абакус Ультра, СЭ
методом пробит-анализа (ПО Statgraphics 19)

Расчетная регрессионная модель (максимальная вероятность)

<i>Параметр</i>	<i>Оценивать</i>	<i>Стандартная ошибка</i>
ПОСТОЯННЫЙ	-1,52556	0,184753
концентрация, %	0,0247005	0,001891

Анализ отклонений

<i>Источник</i>	<i>Отклонение</i>	<i>Дф</i>	<i>P-значение</i>
Модель	401,851	1	0,0000
Остаточный	46,8707	4	0,0000
Итого (корр.)	448,722	5	

Процент отклонений = 89,5546

Скорректированный процент = 88 6632

Тест коэффициента вероятности

<i>Фактор</i>	<i>Хи-квадрат</i>	<i>Дф</i>	<i>P-значение</i>
концентрация, %	401,851	1	0,0000

Остаточный анализ

	<i>Оценка</i>
n	6
MSE	0,320001
MAE	0,0897343
MAPE	1505,35
ME	0,056001
MPE	-1489,82

Пояснение: Выходные данные показывают результаты установки модели регрессии пробита для описания взаимосвязи между снижением развития возбудителя бурой ржавчины пшеницы и одной независимой переменной (концентрация). Поскольку значение P для модели в таблице анализа отклонений

меньше 0,05, существует статистически значимая взаимосвязь между переменными на уровне достоверности 95,0 %.

На панели также показано, что процент отклонений в снижении развития заболевания равен 89,5546 %. Эта статистика аналогична обычной статистике R-Squared. Скорректированный процент, который больше подходит для сравнения моделей с разным количеством независимых переменных, составляет 88,6632%.

Таблица обратных предсказаний для концентрации фунгицида Абакус Ультра, СЭ.

<i>Процент снижения развития заболевания</i>	<i>Концентрация, мг/мл</i>	<i>Min значение доверительного интервала</i>	<i>Max значение доверительного интервала</i>
0,1	-63,3464	-90,5573	-42,9047
0,5	-42,5201	-66,2501	-24,5997
1,0	-32,4197	-54,4842	-15,6995
2,0	-21,3835	-41,6506	-5,95231
3,0	-14,3814	-33,5232	0,246984
4,0	-9,11398	-27,4184	4,91967
5,0	-4,82936	-22,4593	8,72722
6,0	-1,18247	-18,2436	11,9733
7,0	2,01514	-14,5517	14,8239
8,0	4,87822	-11,2498	17,3801
9,0	7,48208	-8,25022	19,7081
10,0	9,87894	-5,49213	21,8542
15,0	19,8026	5,89137	30,7751
20,0	27,6896	14,8887	37,9152
25,0	34,456	22,5628	44,0855
30,0	40,5323	29,411	49,6699
35,0	46,163	35,7131	54,8886
40,0	51,506	41,647	59,8868
45,0	56,6754	47,3384	64,7723
50,0	<u>61,7625</u>	52,8846	69,6347
55,0	66,8497	58,3697	74,5583
60,0	72,0191	63,8742	79,6308
65,0	77,3621	69,4838	84,9532

70,0	82,9927	75,303	90,6547
75,0	89,0691	81,4741	96,9164
80,0	95,8355	88,2154	104,019
85,0	103,722	95,9122	112,46
90,0	113,646	105,383	123,293
91,0	116,043	107,64	125,94
92,0	118,647	110,081	128,828
93,0	121,51	112,751	132,016
94,0	124,708	115,718	135,591
95,0	<u>128,354</u>	119,084	139,687
96,0	132,639	123,017	144,52
97,0	137,906	127,825	150,49
98,0	144,909	134,176	158,466
99,0	155,945	144,111	171,112
99,5	166,045	153,142	182,746
99,9	186,872	171,636	206,864

Пояснение: В этой таблице показаны обратные прогнозы, полученные из установленной модели. Обратные предсказания указывают на значение концентрации фунгицида Абакус Ультра, СЭ, при котором модель достигает определенных процентов. Например, значение $СК_{50}$ равно 61,7625 мг/мл, $СК_{95}$ – 128,354 мг/мл. Также отображаются приближенные фидуциальные доверительные интервалы для обратных предсказаний.

Приложение Д. Свидетельство о государственной регистрации базы данных
«Биологическая защита озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) от экономически
значимых болезней»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2022622864

**Биологическая защита озимой пшеницы (*Triticum
aestivum* L.) от экономически значимых болезней**

Правообладатель: **Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный центр
биологической защиты растений» (RU)**

Авторы: **Гвоздева Мария Сергеевна (RU), Волкова Галина
Владимировна (RU)**

Заявка № **2022622728**

Дата поступления **01 ноября 2022 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных **14 ноября 2022 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b90077e14c40f0a94edbd24145dc7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 2.03.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов

Приложение Е. Акт внедрения базы данных «Биологическая защита озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) от экономически значимых болезней»

Утверждаю:
 Директор ФГБНУ ФНЦБЗР
 А. М. Асатурова
 « 1 » февраля 2023 г.



Утверждаю:
 Директор
 ООО «АгроМир Сидс»
 Э. Е. Асламов
 2023 г.



АКТ внедрения базы данных

«Биологическая защита озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) от экономически значимых болезней».

Краткое описание разработки:

База данных включает результаты многолетних исследований применения биопрепаратов от основных заболеваний озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края. Содержит шкалу ВВСН для определения фенологических стадий развития озимой пшеницы, симптомы заболеваний и их краткое описание, фазы развития растений пшеницы для учета болезней, пороги вредоносности, перечень биологических фунгицидов, разрешенных к применению на территории РФ, их сроки и кратность использования.

Место проведения работ: Краснодарский край, Красноармейский р-н, п. Заветное, ООО «АгроМир Сидс»

Время проведения работ: октябрь 2021 г. - декабрь 2022 г.

Разработчик: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»

Исполнители: Гвоздева М. С., Волкова Г. В.

Основание выполнения: договор о научно-техническом сотрудничестве № 2021-1159 от 02.12.21.

Сведения о внедрении: база данных «Биологическая защита озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) от экономически значимых болезней» (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022622864 от 14.11.2022 г., авторы: Гвоздева М. С., Волкова Г. В.) внедрена в ООО «АгроМир Сидс» в рамках научного сопровождения технологии получения экологически безопасной продукции озимой пшеницы с использованием биологических фунгицидов.

Сведения об эффективности внедрения (биологическая, экономическая, экологическая и др.): в результате внедрения в производство ООО «АгроМир Сидс» технологии использования биологических фунгицидов на озимой пшенице уменьшилось количество обработок химическими препаратами, что способствовало снижению пестицидной нагрузки на агроценоз и получению экологически безопасной продукции.

ОТ ИСПОЛНИТЕЛЯ:

Гл.н.с., зав. лабораторией иммунитета
растений к болезням
ФГБНУ ФНЦБЗР, д.б.н.


Волкова Г.В.

ОТ ЗАКАЗЧИКА:

Директор
ООО «АгроМир Сидс»


Асламов Э. Е.