



ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2026 TOM 109 ВЫПУСК 2
 VOLUME ISSUE



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

ФУНГИЦИДНАЯ ЗАЩИТА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ОТ ГРИБА *PYRENOPHORA TRITICI-REPENTIS*

О.Ю. Кремнева*, И.В. Чеботок, К.Э. Гасиян, А.М. Асатурова, Г.В. Волкова, Н.А. Жевнова

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар

*ответственный за переписку, e-mail: kremenoks@mail.ru

Наиболее популярный метод борьбы с болезнями растений, в том числе с желтой пятнистостью листьев пшеницы (возбудитель – *Pyrenophora tritici-repentis*), это использование фунгицидов. Цель данных исследований – изучение эффективности биологических фунгицидов по степени подавления развития *P. tritici-repentis* *in vitro* и в полевых условиях, а также определение их совместимости с синтетическими фунгицидами, имеющими высокую эффективность. В результате полевой оценки биологическая эффективность микробиологических препаратов варьировала от 38% до 57%, химических – от 56% до 98%. Ингибирующая активность микробиологических препаратов была высокой (от 61 до 72%). В результате изучения совместимости биологических и химических фунгицидов, обладающих высокой эффективностью в условиях поля, установлено, что препарат Псевдобактерин-3, Ж на основе штамма бактерий рода *Pseudomonas* оказался совместим со всеми испытанными химическими фунгицидами, кроме Магнелло, КЭ (100 г/л дифеноконазола, 250 г/л тебуконазола). Препараты на основе бактерий рода *Bacillus* показали различную совместимость с синтетическими фунгицидами. Максимальное количество химических препаратов (11 из 14) были совместимы с Фитоспорином М, Ж. Восемь препаратов оказались совместимы с Органика С, Ж. Препараты на основе штаммов грибов рода *Trichoderma* не показали совместимости с изучаемыми синтетическими фунгицидами. Данные результаты могут быть использованы для разработки эффективных интегрированных систем защиты растений от желтой пятнистости листьев пшеницы.

Ключевые слова: пшеница озимая, желтая пятнистость листьев пшеницы, биологические фунгициды, химические фунгициды, совместимость препаратов, эффективность фунгицидов

Поступила в редакцию: 07.07.2026

Принята к печати: 12.08.2026

Введение

Возбудитель желтой пятнистости листьев (гриб *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler) имеет особую экономическую значимость из-за вызываемых им значительных потерь урожая пшеницы не только в регионах Российской Федерации, но и во всех странах возделывания культуры. В последние годы все чаще в литературе приводятся данные о широком распространении болезни в Европе, Азии, Северной и Южной Америке, Африке, а также Австралии (Patel et al., 2012; MacLean et al., 2018; See et al., 2020; Каперс et al., 2024). В России данный патоген распространен во многих регионах: на территории Краснодарского и Ставропольского краев, Башкирии, Курганской, Ленинградской, Новгородской, Омской, Псковской областях, на Алтае, а также Калининградской области и Поволжье (Маркелова, Иванова, 2012; Защепкин и др., 2015; Евсеев, 2018; Мироненко и др., 2019; Kremneva et al., 2021).

По данным Россельхозцентра, опубликованным в «Обзоре фитосанитарного состояния посевов сельхозкультур в РФ и прогноз развития вредных объектов» за 2024–2025 гг., максимальная распространенность заболевания в Южном Федеральном округе достигла 50% (Обзор ..., 2024). На полях южных предгорий Северо-Кавказского региона весеннее распространение патогена в разные годы составляло 90–100%, а развитие 40–50% (Шутко, 2013; Кремнева и др., 2014, 2019; Ким, Волкова, 2020).

В зависимости от способности синтезировать некротрофные эффекторы на основе паттернов вирулентности на

дифференциальном наборе генотипов пшеницы штаммы *P. tritici-repentis* разделяют на восемь рас. Это разнообразие позволяет возбудителю адаптироваться в новых условиях существования, что осложняет проведение защитных мероприятий (Левитин и др., 2019; Кремнева и др., 2019; Мироненко, 2025).

Минимальная обработка почвы с сохранением пораженных растительных остатков, возделывание восприимчивых сортов приводит к накоплению инфекции и увеличению численности популяции (Кремнева и др., 2014; Пономарев и др., 2022).

Наиболее популярным методом борьбы с болезнями растений, в том числе и с желтой пятнистостью, является использование фунгицидов, относящихся к разным химическим группам. Несмотря на то, что в ассортимент рынка отечественных пестицидов постоянно происходит внедрение новых фунгицидов, отвечающих предъявляемым на сегодняшний день экотоксикологическим требованиям, химическая нагрузка на экосистемы остается также большой (Долженко и др., 2021; Гришечкина и др., 2022).

Известно, что химические препараты способны подавлять развитие не только вредных, но и полезных организмов, вследствие неизбирательности своего действия, а также загрязнять окружающую среду в результате нерегламентированного использования (Азизбекян, 2013; Maksimov et al., 2018). Многократное применение химических фунгицидов может привести к развитию резистентности

патогенов, что со временем еще больше ограничивает их эффективность (Mehamdiaa et al., 2020; Ayilara et al., 2023).

Учитывая глобальную тенденцию экологизации сельскохозяйственной продукции, важно уменьшить зависимость от химических фунгицидов, заменяя их микробиологическими препаратами. Применение биологических фунгицидов может рассматриваться не только в качестве альтернативы химическим пестицидам, но и как важный элемент интегрированной системы защиты растений, призванный существенно снизить применение химических средств (Тимофеева и др., 2011; Жевнова и др., 2018).

Против возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы зарегистрировано 69 химических действующих веществ (Макаренко, 2025). Химические препараты, которые зарегистрированы против *P. tritici-repentis*, относятся в основном к следующим соединениям: триазолы, бензоимидазолы, карбоксамиды. Зарегистрированных на пшенице озимой биологических препаратов против желтой пятнистости на территории РФ нет. Однако против других пятнистостей листьев зерновых имеются зарегистрированные препараты на основе штаммов микроорганизмов

рода *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Trichoderma* и др. (Реестр..., 2026). Также имеется ряд зарубежных и российских исследований, показывающих эффективность использования микроорганизмов в борьбе с *P. tritici-repentis* (Perelló et al., 2007; Khana et al., 2010; Кремнева и др., 2013; Kremneva et al., 2015; Larran et al., 2016; Асатурова и др. 2019, 2024; Asaturova et al., 2022; El-Saadonyet al., 2022).

Эффективность совместного использования биологических препаратов с химическими во многом зависит от совместимости биологической составляющей и химического действующего вещества (Тимофеева, 2011; Жевнова, 2018). Поэтому важный этап при составлении интегрированных систем защитных мероприятий является оценка совместимости пестицидов разной природы.

Целью данных исследований являлось изучение эффективности биологических фунгицидов по степени подавления развития *P. tritici-repentis in vitro* и в полевых условиях, определение их совместимости с химическими фунгицидами, показавшими высокую эффективность.

Материалы и методы

Лабораторные и полевые эксперименты проводили на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), расположенного в центральной зоне Краснодарского края. В исследованиях использованы штаммы из биоресурсной коллекции ФГБНУ ФНЦБЗР «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» (<https://fncbzt.ru/brk-i-unu/unique-installation-1/>).

Изучение антагонистической активности биологических препаратов в отношении *P. tritici-repentis in vitro*

В лабораторных условиях *in vitro* проводили оценку микробиологических препаратов, проявляющих

антагонизм в отношении возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы.

Объектом исследований являлась тест культура *P. tritici-repentis* (Ptr), изолят Кг-05/2024, выделенная из пораженных образцов листьев восприимчивого сорта Алексеев и отнесенный к 8 расе, наиболее широко распространенной в южных регионах России (Кремнева, 2019).

Для изучения антагонистической активности *in vitro* были испытаны биологические фунгициды на основе разных штаммов микроорганизмов, зарегистрированные против пятнистостей на зерновых культурах на территории Российской Федерации (таблица 1) (Реестр ..., 2026).

Таблица 1. Биологические фунгициды, используемые в опыте

№	Название	Норма применения	Штамм-производитель препарата	Компания производитель
1	Органика Ф, Ж	1 л/га	<i>Trichoderma asperellum</i> , штамм OPF-19	ООО «ОРГАНИК ПАРК»
2	Псевдобактерин-3, Ж	1 л/га	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> , штамм ВКМ В-2391Д	ООО «ОРГАНИК ПАРК»
3	Системика М, Ж	1 л/га	<i>Bacillus mojavensis</i> , штамм PS 17	ООО «ОРГАНИК ПАРК»
4	Органика С, Ж	1 л/га	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , штамм OPS-32	ООО «ОРГАНИК ПАРК»
5	Стернифог, СП	80 г/га	<i>Trichoderma harzianum</i> , штамм ВКМ F-4099D	ООО УК «АБТ-ГРУПП»
6	Алирин-Б, Ж	2 л/га	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм В-10 ВИЗР	ООО УК «АБТ-ГРУПП»
7	Витаплан, СП	20 г/т	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ-В-2604D, <i>Bacillus subtilis</i> , штамм ВКМ-В-2605D	ООО УК «АБТ-ГРУПП»
8	Фитоспорин М, Ж	1 л/га	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм 26 Д	ООО «НВП «БашиИнком»

Table 1. Biological fungicides used in the experiment

№	Name	Application rate	Producer strain	Manufacturing company
1	Organica F, L	1 l/ha	<i>Trichoderma asperellum</i> , strain OPF-19	LLC «Organic Park»
2	Pseudobacterin-3, L	1 l/ha	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> , strain VKM B-2391D	LLC «Organic Park»
3	Systemica M, L	1 l/ha	<i>Bacillus mojavensis</i> , strain PS 17	LLC «Organic Park»
4	Organica C, L	1 l/ha	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , strain OPS-32	LLC «Organic Park»
5	Sternifag, WP	80 g/ha	<i>Trichoderma harzianum</i> , strain VKM F-4099D	LLC UK «ABT-GRUPP»
6	Alirin-B, L	2 l/ha	<i>Bacillus subtilis</i> , strain B-10 VIZR	LLC UK «ABT-GRUPP»
7	Vitaplan, WP	20 g/t	<i>Bacillus subtilis</i> , strain VKM-B-2604D <i>Bacillus subtilis</i> , strain VKM-B-2605D	LLC UK «ABT-GRUPP»
8	Phytopsporin M, L	1 l/га	<i>Bacillus subtilis</i> , strain 26 D	LLC «NBP BashIncom»

Определение антагонистической активности биопрепаратов проводили методом двойных (встречных) культур (Ваксман, 1947; Егоров, 1957) на картофельно-глюкозном агаре (КГА). Культуры инкубировали в течение 20 дней при температуре + 28 °С. Контроль – чистая культура патогенного гриба без антагониста. Учеты проводили на 5-е, 10-е, 15-е и 20-е сутки. Отмечали характер взаимоотношений гриба *P. tritici-repentis* и биопрепаратов: наличие или отсутствие зоны ингибирования, их размер, изменение цвета, плотности, толщины и направления роста мицелия патогена.

Степень ингибирования роста мицелия патогена определяли по формуле (Montealegre et al., 2003):

$$И = (1 - (A/B)) \times 100,$$

где И – ингибирование, %; А – рост гриба в варианте; В – рост гриба в контроле.

Оценка эффективности химических и биологических фунгицидов в полевых условиях

Оценку эффективности химических фунгицидов проводили в период с 2012 по 2019 гг., биологических – 2014–2015 гг., 2023–2024 гг. на опытных полях ФГБНУ ФНЦБЗР. Учеты и наблюдения осуществляли согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» (2009). В экспериментах были использованы восприимчивые к патогену сорта пшеницы озимой, развитие болезни на которых может превышать 20% (Матвеева и др., 2018; Kremneva, 2021): Краснодарская 99 (2012–2015 гг.), Калым (2014 г.), Батько (2015–2016 гг.), Гром (2016–2019 гг.), Алексеич (2023–2024 гг.), широко возделываемые на юге России, в том числе и в Краснодарском крае. Обработки проводили 1 и 2-кратно. Первую обработку проводили при появлении первых признаков заболевания в фазу выхода в трубку – флаг лист (Z 35–37) степень развития не превышала 1–3%; вторую – в фазу колошения (Z 51–59). Степень развития болезни учитывали на искусственном инфекционном фоне в фазу максимального развития в период молочно-восковой спелости зерна GS 75–80 по модифицированной шкале (Волкова и др., 2012).

В таблице 2 представлены химические фунгициды из разных классов, эффективность которых изучалась в полевых условиях в отношении *P. tritici-repentis* с 2012 по 2019 гг.

Изучение совместимости биологических и химических фунгицидов *in vitro*

В исследование были взяты биологические и химические фунгициды, показавшие эффективность в подавлении патогена *P. tritici-repentis* как в лабораторных, так и в полевых условиях (таблица 1 и 2). Также в исследования были взяты новые химические фунгициды (таблица 3), высокая эффективность (70–90%) которых в отношении патогена была показана Макаренко В.В. и соавторами (2020, 2023, 2025).

Совместимость изучаемых препаратов определяли модифицированным методом диффузии в агар (Маслиенко, 1999). Мясопептонный агар (МПА) использовали для вариантов с биопрепаратами на основе штаммов бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, КГА использовали в вариантах с биопрепаратами на основе грибов рода *Trichoderma*.

В центре чашки Петри (ЧП) с питательной средой делали лунки диаметром 0.8 мм специальным сверлом-пробойником, куда вносили 0.1 мл необходимого химического препарата в рабочей концентрации. Для определения совместимости лунку делали в центре, а биопрепарат наносили радиальным штрихом по направлению от края лунки с внесенным химическим препаратом к краю ЧП. О совместимости препаратов судили по наличию зон ингибирования, изменению морфологии штамма-продуцента в составе биопрепаратов (Маслиенко, 1999).

Учеты проводили на 5-е и 7-е сутки совместного культивирования. При необходимости делали замеры зон ингибирования фунгицидов. Если зона ингибирования отсутствовала препараты считались совместимыми, если зона ингибирования составляла 1–3 мм – частично совместимыми, более 3 мм – несовместимыми (Тимофеева, 2011; Жевнова, 2022).

Таблица 2. Химические фунгициды, эффективность которых изучена в отношении *Pyrenophora tritici-repentis* в полевых условиях (2012–2019 гг.)

№	Название	Норма применения, л/га	Действующее вещество	Химический класс	Годы испытаний
1	Альто Супер, КЭ	0.5	250 г/л пропиконазола + 80 г/л ципроконазола	Триазолы + Триазолы	2012–2014
2	Амистар Трио, КЭ	1.0	125 г/л пропиконазола + 100 г/л азоксистробина + 30 г/л ципроконазола	Триазолы + метоксиакрилаты + Триазолы	2012–2014
3	Фалькон, КЭ	0.6	250 г/л спирокарбама + 167 г/л тебуконазола + 43 г/л триадименол	Морфолины + Триазолы + Триазолы	2012–2016
4	Прозаро, КЭ	0.8–1.0	125 г/л пропиконазола + 125 г/л тебуконазола	Триазолы + Триазолы	2014–2015
5	Амистар Экстра, СК	0.5–1.0	200 г/л азоксистробина + 80 г/л ципроконазола	Метоксиакрилаты + Триазолы	2016–2018
6	Тебаз Про, СК	1.0	200 г/л азоксистробина + 250 г/л тебуконазола	Метоксиакрилаты + Триазолы	2017–2018
7	Венто, КС	0.8	140 г/л тебуконазола + 125 г/л крезоксим-метила + 116 г/л эпоксиконазола	Триазолы + Стробилурины + Триазолы	2018–2019
8	Магнелло, КЭ	1.0	100 г/л дифеноконазола + 250 г/л тебуконазола	Дифениловые эфиры + Триазолы	2018–2019

Table 2. Chemical fungicides tested against *Pyrenophora tritici-repentis* in field conditions (2012–2019)

№	Name	Application rate, l/ha	Active ingredients	Chemical classes	Years of Trials
1	Alto Super, EC	0.5	250 g/l propiconazole + 80 g/l cyproconazole	Triazoles + Triazoles	2012–2014
2	Amistar Trio, EC	1.0	125 g/l propiconazole + 100 g/l azoxystrobin + 30 g/l cyproconazole	Triazoles + methoxyacrylates + Triazoles	2012–2014
3	Falkon, EC	0.6	250 g/l spiroxamine + 167 g/l tebuconazole + 43 g/l triadimenol	Morpholines + Triazoles + Triazoles	2012–2016
4	Prosaro, EC	0.8–1.0	125 g/l propiconazole + 125 g/l tebuconazole	Triazoles + Triazoles	2014–2015
5	Amistar Extra, SK	0.5–1.0	200 g/l azoxystrobin + 80 g/l cyproconazole	Methoxyacrylates + Triazoles	2016–2018
6	Tebaz Pro, SR	1.0	200 g/l azoxystrobin + 250 g/l tebuconazole	Methoxyacrylates + Triazoles	2017–2018
7	Vento, SK	0.8	140 g/l tebuconazole + 125 g/l kresoxim-methyl + 116 g/l epoxiconazole	Triazoles + Strobilurins + Triazoles	2018–2019
8	Magnello, EC	1.0	100 g/l difenoconazole + 250 g/l tebuconazole	Diphenyl ethers + Triazoles	2018–2019

Таблица 3. Химические фунгициды, включённые в исследование совместимости с биологическими фунгицидами, предварительно показавшие высокую эффективность в полевых условиях против *Pyrenophora tritici-repentis* (по данным Макаренко и др., 2020, 2023, 2025)

№	Название	Норма применения, л/га	Действующее вещество	Химический класс
1	Альтазол Форте, КЭ	0.3–0.6	300 г/л пропиконазол + 200 г/л тебуконазол	Триазолы + Триазолы
2	Каюнис, КЭ	0.6–1.0	75 г/л бикафен + 150 г/л спироксамин + 100 г/л трифлуксистробин	Карбоксамиды + Спирокеталамины + Стробилурины
3	Квейк 112,5 Нео, КЭ	1.75	50 г/л фенпикоксамид + 62.5 г/л пираклостробин	Ацилоксиметилловый эфир (производные) + Стробилурины
4	Кобальт, КМЭ	0.25–0.4	400 г/л пропиконазол	Триазолы
5	Миравис Нео, СЭ	0.5–1.0	125 г/л пропиконазол + 100 г/л азоксистробин + 75 г/л пидифлуметофен	Триазолы + Антибиотические препараты + Пиразолкарбоксамиды
6	Балая, КЭ	0.6–0.8	100 г/л мепентрифлуконазол + 100 г/л Пираклостробин	Триазолы + Стробилурины

Table 3. Chemical fungicides used to compare compatibility with biological fungicides, which have previously shown high effectiveness in the field against *Pyrenophora tritici-repentis* (according to Makarenko et al., 2020, 2023, 2025)

№	Name	Application rate, l/ha	Active ingredients	Chemical classes
1	Altazol Forte, EK	0.3–0.6	300 g/l propiconazole + 200 g/l tebuconazole	Triazoles + Triazoles
2	Cajunis, EK	0.6–1.0	75 g/l bixafen + 150 g/l spiroxamine + 100 g/l trifloxystrobin	Carboxamides + Spiroketalamins + Strobilurins
3	Quake 112,5 Neo, EK	1.75	50 g/l fempicoxamide + 62.5 g/l pyraclostrobin	Acyloxymethyl ether (derivatives) + Strobilurins
4	Cobalt, EMK	0.25–0.4	400 g/l propiconazole	Triazoles
5	Miravis Neo, SE	0.5–1.0	125 g/l propiconazole + 100 g/l azoxystrobin + 75 g/l pydiflumetofen	Triazoles + Antibiotics + Pyrazole Carboxamides
6	Balaya, EK	0.6–0.8	100 g/l mepentrifluconazole + 100 g/l pyraclostrobin	Triazoles + Strobilurins

Результаты

Антагонистическая активность биологических препаратов в отношении *P. tritici-repentis* in vitro

В таблице 4 и на рисунке 1 представлены результаты измерения активности микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов: диаметр зоны ингибирования и степень подавления роста мицелия патогена.

В результате проведенной оценки восьми микробиологических препаратов по признаку активности против *P. tritici-repentis*, большая часть фунгицидов проявила очень высокую ингибирующую активность (от 60.8 до 72.1%), препарат Псевдобактерин также обладал достаточной активностью – 43.8% (рисунок 1).

Таким образом, все испытанные фунгициды можно рассматривать в качестве потенциальных для контроля возбудителя желтой пятнистости листьев на посевах пшеницы.

Оценка эффективности химических фунгицидов в полевых условиях

Степень развития болезни на пшенице в фазу молочно-восковой спелости (Z 75–80) на контрольных вариантах (необработанных фунгицидами) на искусственном инфекционном фоне составляла: в 2013–2015 гг. на сорте Краснодарская 99.0 – 33.3%, 25.0% и 30.0%, соответственно; в 2014 г. на сорте Калым – 28.0%, в 2015, 2016 гг. на сорте Батько – 25.0% и 21.5%, соответственно; в 2017–2019 гг. на сорте Гром – 33.0%, 24.7% и 27.5%, соответственно.

На рисунке 2 представлены средние значения биологической эффективности химических фунгицидов в

отношении *P. tritici-repentis* в полевых условиях за годы исследований.

В результате испытаний фунгициды проявили значительную биологическую эффективность на высоком фоне развития болезни. Биологическая эффективность испытанных препаратов отличалась при однократной и двукратной обработках. При однократном применении в фазу колошения (Z51–59) большая часть испытанных препаратов, за исключением Альто Супер, КЭ, Амистар Трио, КЭ и Прорзаро, КЭ, показала эффективность от 80.0% до 91.4%. При двукратной обработке максимальная эффективность – 97.7% была отмечена для препарата Магнелло, КЭ. Препараты Прозаро, КЭ и Амистар Экстра, СК также показали высокую эффективность – 92.4% и 89.2%, соответственно. Различия по эффективности препаратов могут быть обусловлены как способом действия химических соединений, входящих в состав препаратов, так и фунготоксичностью действующих веществ, их поведением при проникновении в растение (Волкова и др., 2015).

Оценка эффективности биологических фунгицидов в полевых условиях

Изучение эффективности биологических препаратов: Алирин Б, Ж, Витаплан, СП, Бактофит, СК, Гамаир, СП, Фитоспорин М, Ж, Трихоцин, СП, Глиаклодин Ж при двукратной обработке в условиях поля по отношению к *P. tritici-repentis* проводили в 2014–2015 гг. на пшенице озимой сортов Восторг и Калым, соответственно. Эффективность препаратов: Псевдобактерин – 3, Ж, Оргамика С, Ж,

Таблица 4. Антагонистическая активность различных биопрепаратов по отношению к патогену *Pyrenophora tritici-repentis* в лабораторных условиях на КГА

Биопрепарат	Диаметр зоны ингибирования, мм			Ингибирование роста мицелия, %		
	5-е сут.	10-е сут.	15-е сут.	5-е сут.	10-е сут.	15-е сут.
Оргамика С, Ж	19.7±0.6	23.0±2.6	22.3±2.5	28.9	58.9	72.1
Системика М, Ж	20.0±0.0	25.0±1.0	23.3±2.9	27.7	55.4	70.8
Оргамика Ф, Ж	22.7±4.9	24.7±9.1	23.3±7.3	18.1	56.0	70.8
Алирин-Б, Ж	20.3±0.6	25.0±2.0	26.0±1.7	26.5	55.4	67.5
Витаплан, СП	21.0±6.4	25.0±12.5	27.3±14.2	24.1	55.4	65.8
Фитоспорин М, Ж	22.3±1.2	28.7±1.5	27.3±2.5	19.3	48.8	65.8
Стернифог, СП	25.7±1.2	28.3±2.9	31.3±5.5	7.2	49.4	60.8
Псевдобактерин-3, Ж	27.0±1.0	39.0±1.0	45.0±0.0	3.0	30.4	43.8
Контроль <i>P. tr</i>	27.7±2.1	56.0±2.3	80.0±0.0	-	-	-

Примечание: в таблице представлены средние величины по трем повторностям и стандартное отклонение

Table 4. Antagonistic activity of various biopreparations against the pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* in laboratory conditions on potato glucose agar

Biopreparation	Inhibition zone diameter, mm			Inhibition of mycelial growth, %		
	5 dpi	10 dpi	15 dpi	5 dpi	10 dpi	15- dpi
Orgamika C, L	19.7±0.6	23.0±2.6	22.3±2.5	28.9	58.9	72.1
Systemica M, L	20.0±0.0	25.0±1.0	23.3±2.9	27.7	55.4	70.8
Orgamika F, L	22.7±4.9	24.7±9.1	23.3±7.3	18.1	56.0	70.8
Alirin B, L	20.3±0.6	25.0±2.0	26.0±1.7	26.5	55.4	67.5
Vitaplan, WP	21.0±6.4	25.0±12.5	27.3±14.2	24.1	55.4	65.8
Fitosporin M, L	22.3±1.2	28.7±1.5	27.3±2.5	19.3	48.8	65.8
Sternifag, WP	25.7±1.2	28.3±2.9	31.3±5.5	7.2	49.4	60.8
Pseudobacterin-3, L	27.0±1.0	39.0±1.0	45.0±0.0	3.0	30.4	43.8
Control <i>P. tr</i>	27.7±2.1	56±2.3	80±0.0	-	-	-

Note: The table shows the mean values for three replicates and the standard deviation

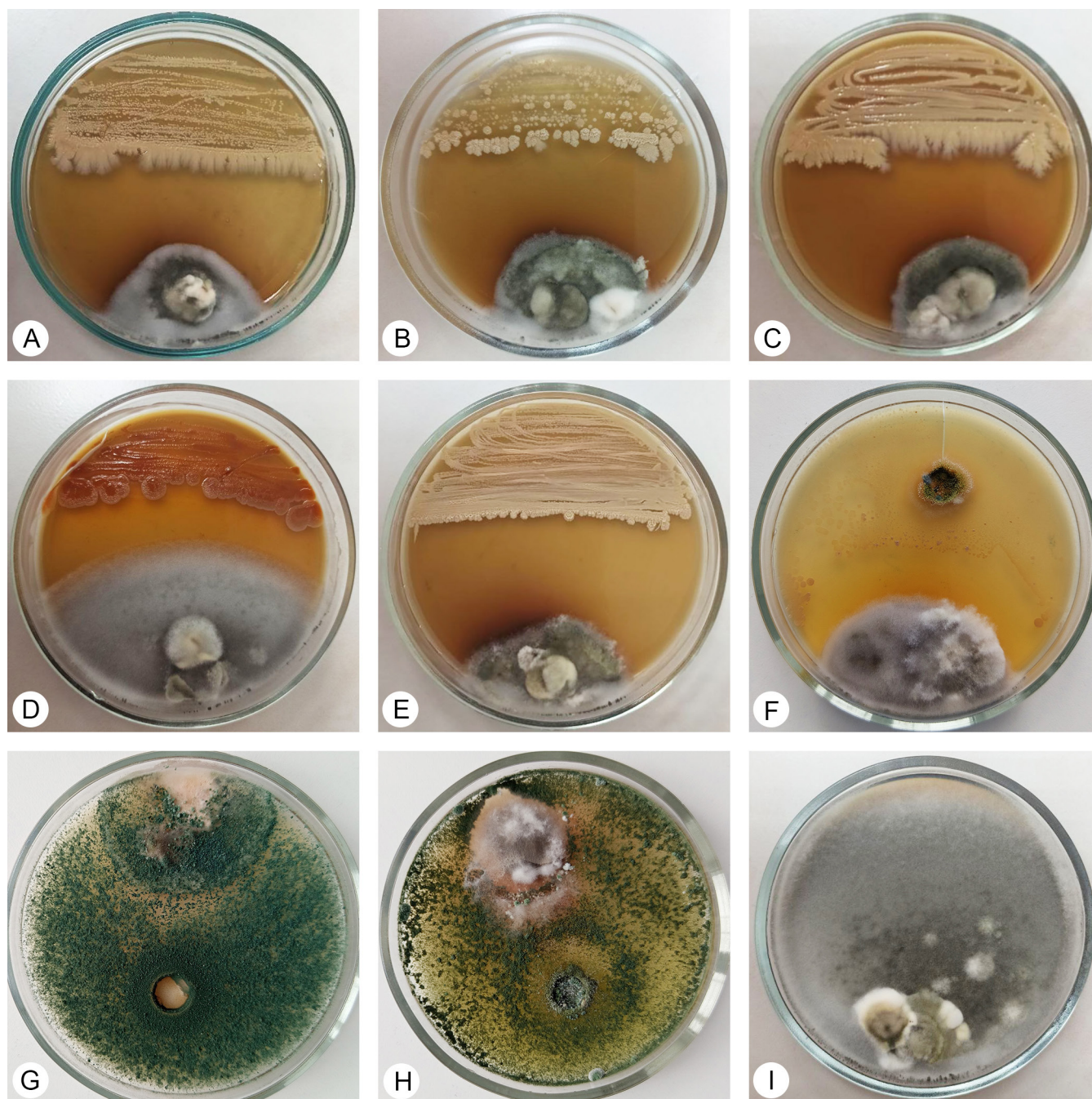


Рисунок 1. Антагонистическая активность различных биопрепаратов в отношении гриба *Pyrenophora tritici-repentis* в лабораторных условиях *in vitro* на КГА: **А** – *P. tritici-repentis* + Фитоспорин, **В** – *P. tritici-repentis* + Алирин-Б, **С** – *P. tritici-repentis* + Системика М, **Д** – *P. tritici-repentis* + Псевдобактерин, **Е** – *P. tritici-repentis* + Оргамика М, **Ф** – *P. tritici-repentis* + Витоплан, **Г** – *P. tritici-repentis* + Оргамика Ф, **Н** – *P. tritici-repentis* + Стернифаг, **И** – Контроль (чистая культура *P. tritici-repentis*)

Figure 1. Antagonistic activity of various biopreparations against the fungus *Pyrenophora tritici-repentis* in laboratory conditions *in vitro* on potato glucose agar: **A** – *P. tritici-repentis* + Fitosporin M, **B** – *P. tritici-repentis* + Alirin-B, **C** – *P. tritici-repentis* + Systemica M, **D** – *P. tritici-repentis* + Pseudobacterin-3, **E** – *P. tritici-repentis* + Orgamika M, **F** – *P. tritici-repentis* + Vitoplan, **G** – *P. tritici-repentis* + Orgamika F, **H** – *P. tritici-repentis* + Sternifag, **I** – Control (*P. tritici-repentis*)

Оргамика Ф, Ж, Системика М, Ж изучали в 2023–2024 гг. на сортах Алексеич и Гром. Развитие болезни в контрольном варианте на сорте Восторг составляло 21.0%, на сорте Калым 27.1%, соответственно в 2014 г. и 2015 г.; на сорте Алексеич – 7.7% (2023 г.); на сорте Гром – 10.8% (2024 г.).

Эффективность биологических фунгицидов в полевых условиях в отношении возбудителя желтой пятнистости листьев представлена на рисунке 3.

Большая часть изученных препаратов показала эффективность от 46.6% до 56.6% при двукратной обработке против возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы. Препарат Гамаир, СП оказался менее эффективным (37.5%).

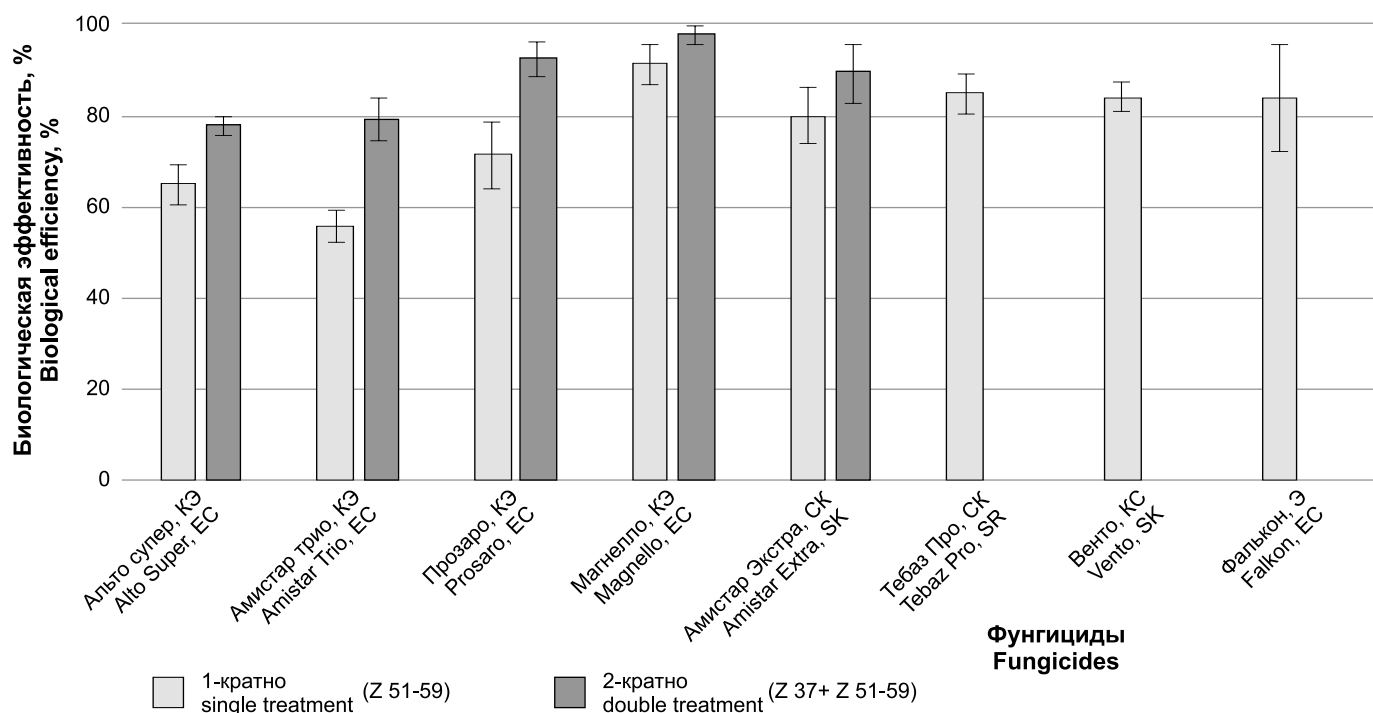


Рисунок 2. Биологическая эффективность химических фунгицидов в отношении *Pyrenophora tritici-repentis* (среднее за несколько лет)

Figure 2. Biological effectiveness of chemical fungicides against *Pyrenophora tritici-repentis* (average over the years of research)

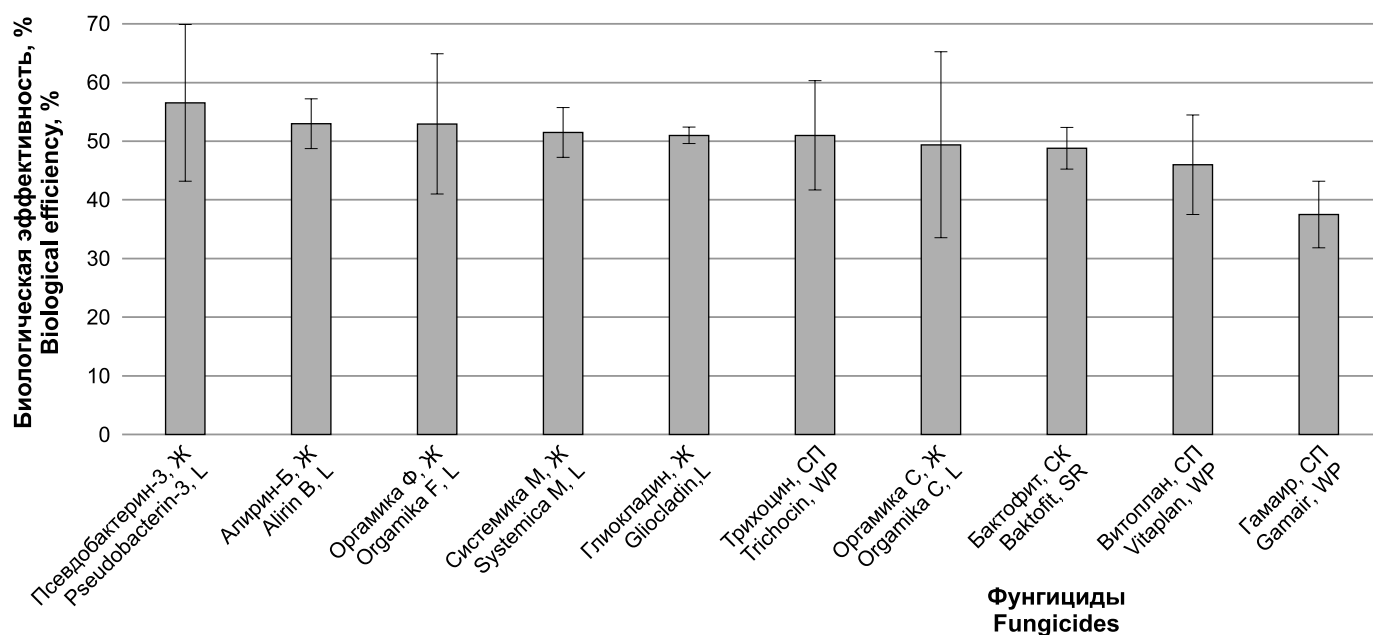


Рисунок 3. Биологическая эффективность биологических фунгицидов в отношении *Pyrenophora tritici-repentis* (среднее за годы исследований, 2014–2015 гг., 2023–2024 гг.)

Figure 3. Biological effectiveness of biological fungicides against *Pyrenophora tritici-repentis* (average over the years of research)

Изучение совместимости химических и биологических фунгицидов *in vitro*

Для разработки эффективных интегрированных систем защитных мероприятий от фитопатогенов важным элементом является оценка индивидуальной чувствительности и совместимости микроорганизмов, на основе которых разработаны препараты, с химическими пестицидами различных классов. Для исследования были взяты биологические препараты, которые показали высокую

ингибирующую активность в отношении гриба *in vitro* и химические пестициды различных химических групп, показавшие биологическую эффективность в условиях поля. Всего протестировали 14 химических и 8 биологических фунгицидов. Результаты совместимости препаратов представлены в таблице 5.

Установлено, что биологический препарат Псевдобактерин-3 на основе штамма рода *Pseudomonas* оказался совместим со всеми испытанными химическими

Таблица 5. Совместимость химических и биологических фунгицидов *in vitro*

Химические препараты	Биологические препараты							
	Псевдобактерин -3, Ж	Фитоспорин М, Ж	Органика С, Ж	Системика М, Ж	Алирин-Б, Ж	Виталплан, СП	Органика Ф, Ж	Стернифог, СП
Альтазол Форте, КЭ	+	+	-	-	-	-	-	-
Альто Супер, КЭ	+	+	+	±	+	+	-	-
Амистар Трио, КЭ	+	+	+	+	+	-	-	-
Амистар Экстра, СК	+	+	+	+	+	-	-	-
Балая, КЭ	+	-	-	±	-	-	-	-
Венто, КС	+	+	+	-	±	+	-	-
Каюнис, КЭ	+	+	+	-	+	-	-	-
Квейк 112,5 Нео	+	+	±	-	+	-	-	-
Кобальт, КМЭ	+	+	+	+	±	±	-	-
Магнелло, КЭ	-	-	±	-	-	±	-	-
Миравис Нео, СЭ	+	-	+	+	+	-	-	-
Прозаро, КЭ	+	+	-	-	-	+	-	-
Тебаз Про, СК	+	+	+	+	±	+	-	-
Фалькон, КЭ	+	+	-	-	-	-	-	-

Примечания: + совместимость; - не совместимость; ± частичная совместимость.

Table 5. Compatibility of chemical and biological fungicides *in vitro*

Chemicals prepares	Biological prepares							
	Pseudobacterin-3, L	Fitosporin M, L	Orgamika C, L	Systemica M, L	Alirin -B, L	Vitalplan, WP	Orgamika F, L	Sternifag, WP
Altazol Forte, EC	+	+	-	-	-	-	-	-
Alto Super, EC	+	+	+	±	+	+	-	-
Amistar Trio, EC	+	+	+	+	+	-	-	-
Amistar Extra, SK	+	+	+	+	+	-	-	-
Balaya, EC	+	-	-	±	-	-	-	-
Vento, SK	+	+	+	-	±	+	-	-
Cajunis, EC	+	+	+	-	+	-	-	-
Quake 112,5 Neo, EK	+	+	±	-	+	-	-	-
Cobalt, EMK	+	+	+	+	±	±	-	-
Magnello, EC	-	-	±	-	-	±	-	-
Miravis Neo, SE	+	-	+	+	+	-	-	-
Prozaro, EC	+	+	-	-	-	+	-	-
Tebaz Pro, EC	+	+	+	+	±	+	-	-
Falcon, EC	+	+	-	-	-	-	-	-

Note: + compatibility; - incompatibility; ± partial compatibility.

фунгицидами, кроме Магнелло, КЭ. Препараты на основе микроорганизмов рода *Bacillus* показали различную совместимость к химическим фунгицидам: максимальное количество химических препаратов – 11 из 14 были совместимы с Фитоспорином М, 8 препаратов – с Органика С, препараты на основе штаммов грибов рода *Trichoderma* не показали совместимости с изучаемыми химическими фунгицидами. В ЧП наблюдалась выраженная зона изменения роста вокруг лунки – буро-оранжевые участки, снижение зелёного спороношения, деформация края колонии.

Среди химических препаратов из разных классов совместимость была в основном к 2–5 биопрепаратам. Исключением был препарат Магнелло, КЭ, который не показал полной совместимости ни с одним из изученных биологических фунгицидов.

В качестве примера на рисунках 4–6 показана совместимость препарата Фитоспорин М, Системика М, Стернифог, СП.

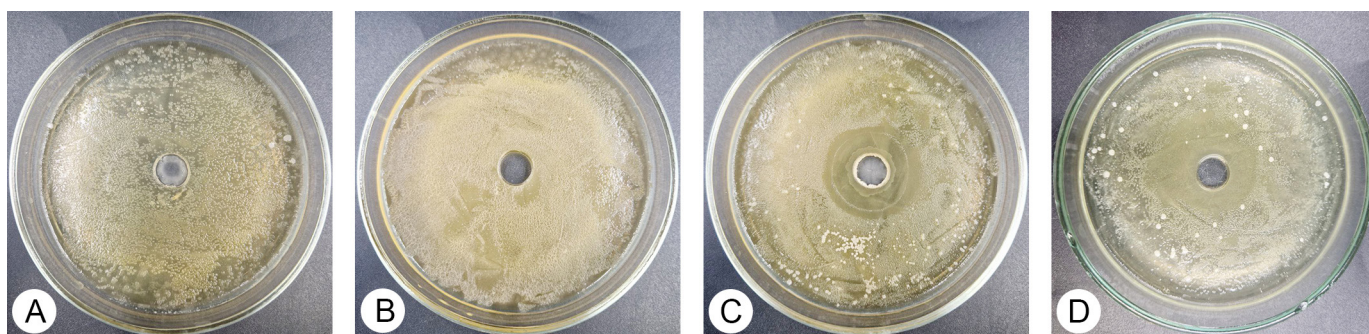


Рисунок 4. Совместимость биологического препарата Фитоспорин М с химическими фунгицидами: **А** – Амистар Экстра; **В** – Кобальт, КМЭ; отсутствие совместимости Фитоспорин М: **С** – Миравис Нео, СЭ; **Д** – Магнелло, КЭ

Figure 4. Compatibility of the biological fungicide Fitosporin M with chemical fungicides: **A** – Amistar Extra; **B** – Cobalt, KME; no compatibility Fitosporin M: **C** – Miravis Neo, SE; **D** – Magnello, EC

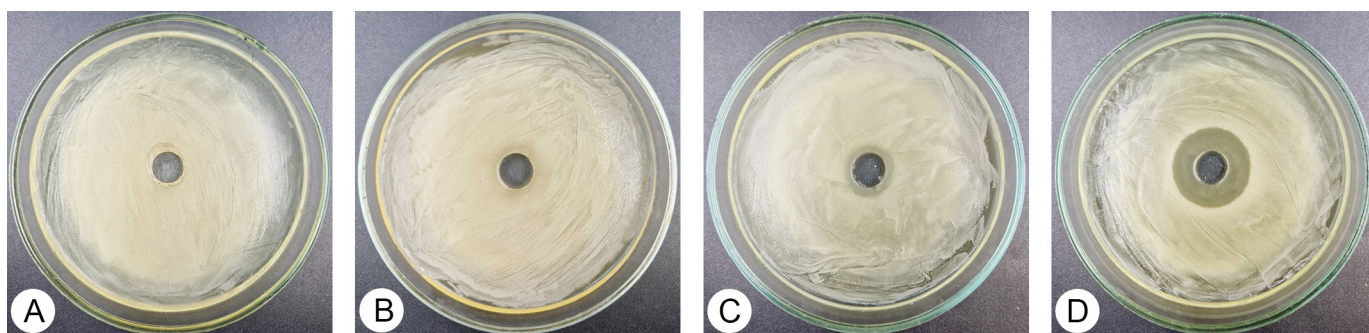


Рисунок 5. Совместимость биологического препарата Системика М с химическими фунгицидами: **А** – Амистар Экстра; **В** – Амистар Трио КЭ; частичная совместимость: **С** – Альто Супер, КЭ; отсутствие совместимости: **Д** – Магнелло, КЭ

Figure 5. Compatibility of the biological drug Systemica M: **A** – Amistar Extra; **B** – Amistar Trio EC; partial compatibility: **C** – Alto Super, EC; no compatibility: **D** – Magnello, EC

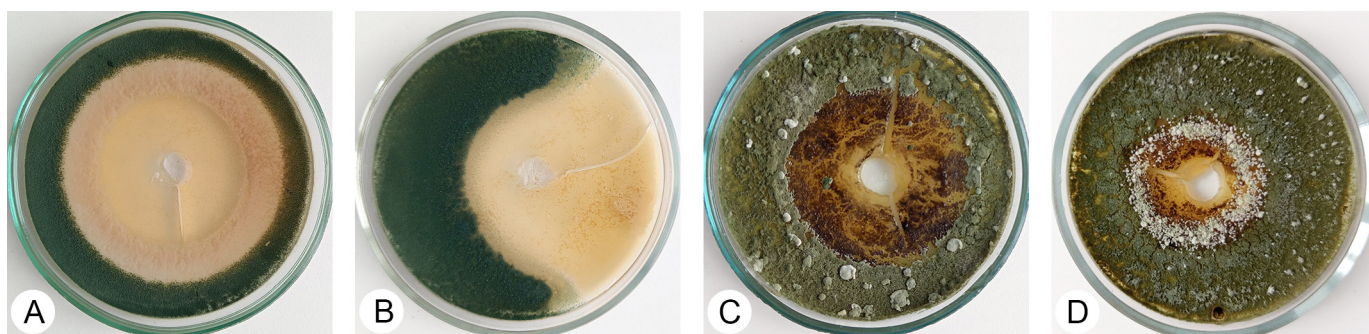


Рисунок 6. Отсутствие совместимости биологического препарата Оргамика Ф: **А** – Альто Супер; **В** – Амистар Экстра; биологического препарата Стернифаг: **С** – Альто Супер, **Д** – Каюнис, КЭ

Figure 6. Incompatibility of the biological fungicide Orgamika F with chemical fungicides: **A** – Alto Super; **B** – Amistar Extra; the biological product Sternifag: **C** – Alto Super, **D** – Cajunis, EC

Обсуждение

В наших исследованиях показана эффективность применения химических фунгицидов из разных классов против возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы в условиях поля. Препараты из химических классов триазолы, стробилурины, дефиниловые эфиры, на основе таких действующих веществ как азоксистробин, ципроконазол, протиконазол, тебуконазол, дифеноконазол и др. показали наилучшую эффективность к *P. tritici-repentis* – более 90% при двукратном внесении. Наши результаты хорошо согласуются с данными, полученными В.А. Павлюшиным с соавторами (2015) и Л.Д. Гришечкиной (2018), которые показали в своих исследованиях, что среди фунгицидов

для обработки зерновых культур в период вегетации доминирующее положение занимают препараты на основе триазоловых соединений, обеспечивающие надежную защиту пшеницы от многих фитопатогенов, в том числе и от желтой пятнистости листьев. В зарубежных работах также показано, что для успешной борьбы с *P. tritici-repentis* используются фунгициды на основе пропиконазола, тебуконазола, пираклостробина и азоксистробина из классов триазолов, стробилуринов, стимуляторов роста и антибиотиков (Patel et al., 2012; Salam et al., 2013; Sautua, Carmona, 2021). Наибольшую эффективность обеспечивают комбинированные препараты за счет усиления их

биоцидной активности и расширения спектра подавляемых фитопатогенов (Гришечкина, 2018).

Длительное и нерегламентированное использование синтетических фунгицидов может иметь негативное последствие из-за эффекта накопления их в окружающей среде и низкой биоразлагаемости. Это может привести к загрязнению окружающей среды, вызывая хронические заболевания человека, истощение озонового слоя, остаточную токсичность и вред для нецелевых организмов (Deres, Diriba, 2023). Методы биоконтроля ценятся благодаря своим уникальным характеристикам, таким как безопасность и простота применения (Rajapakse et al., 2016).

В наших исследованиях показана эффективность биологических препаратов на основе разных микроорганизмов против *P. tritici-repentis* в полевых условиях. Фунгициды на основе некоторых штаммов бактерий *B. subtilis*, *B. mojavensis* и *P. aureofaciens* показали эффективность от 48.0% до 56.5% на умеренном инфекционном фоне (развитие болезни варьировало от 7.7% до 27.0%). Грибные фунгициды на основе штаммов *T. asperellum* и *T. harzianum* показали также высокую эффективность (51.0–52.9%). Ранее в наших работах было показано, что предпосевная обработка семян и растений озимой пшеницы в период вегетации штаммами *B. subtilis* BZR 336 g и *B. subtilis* BZR 517 в полевых условиях мелкоделяночного опыта обеспечила достоверную биологическую эффективность против патогена на 26.3–49.2%, в зависимости от варианта опыта (Асатурова, 2019; Asaturova et al., 2022). Гвоздевой М.С. также проводилось изучение эффективности различных биологических препаратов в условиях поля к основным болезням пшеницы. Эффективность препаратов Витоплан, Трихоцин, Псевдобактерин-2 против желтой пятнистости листьев также была на уровне 45–60% на сорте Гром в разные фазы вегетации (Гвоздева, Волкова, 2023).

Исследования в области защиты растений от желтой пятнистости листьев пшеницы в мире сводятся главным образом к применению химических фунгицидов, однако биологические методы борьбы все больше набирают популярность. Интересным представляется совместное применение обоих типов фунгицидов с целью уменьшения химической нагрузки в земледелии. Одним из способов усиления защитных мероприятий без увеличения пестицидного пресса на агроценозы является совместное применение биологических и химических препаратов (Жевнова и др., 2018). Имеются данные, в которых демонстрируется

положительный эффект от совместного применения химических и биологических препаратов, при этом используются их пониженные нормы применения (Kumar, 2008; Сергиенко, 2010; Mondani, 2021).

Работ по совместимости химических и биологических фунгицидов на рост и развитие возбудителя желтой пятнистости *P. tritici-repentis* практически не встречается. В наших исследованиях в лабораторных условиях *in vitro* показана совместимость 14 химических и 8 биологических фунгицидов. Большая часть препаратов оказалась совместима между собой. Выявленные различия в совместимости могут быть обусловлены природой микроорганизма – продуцента биопрепарата, особенностями конкретного штамма, механизмом действия и концентрацией химического фунгицида, а также его препаративной формой. Ранее было показано, что чувствительность представителей рода *Trichoderma* к фунгицидам существенно различается как между отдельными видами и штаммами, так и в зависимости от действующего вещества и его концентрации (Figueras-Roca et al., 1996; McLean et al., 2001). В настоящем исследовании препараты на основе грибов рода *Trichoderma* не показали совместимости с испытанными химическими фунгицидами, тогда как препараты на основе бактерий родов *Bacillus* и *Pseudomonas* характеризовались вариабельной реакцией. Полученные результаты могут быть связаны с тем, что многие из изученных химических фунгицидов воздействуют на процессы, жизненно важные для всех грибов, независимо от принадлежности к той или иной экологической группе. Согласно классификации FRAC, азолы и триазолы, ингибируют деметилирование в процессе биосинтеза стеролов; стробилурины – перенос электронов в комплексе III дыхательной цепи, а карбоксамиды – активность сукцинатдегидрогеназы комплекса II (FRAC, 2026). Поэтому данные препараты потенциально способны подавлять развитие как фитопатогенных грибов, так и грибов рода *Trichoderma*. Вместе с тем бактериальные агенты также нельзя считать заведомо устойчивыми к химическим фунгицидам: степень подавления ими роста колоний *B. subtilis* может зависеть от действующего вещества, его концентрации и препаративной формы (Shahid, Khan, 2018; Wesche, Schnabel, 2025). Установленные закономерности характеризуют конкретные сочетания коммерческих препаратов и условия проведенного опыта и не могут автоматически распространяться на все штаммы соответствующих видов или родов.

Благодарности

Исследование по совместимости биологических и химических фунгицидов выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00273, <https://rscf.ru/project/25-26-00273/>

Библиографический список (References)

- Азизбеян РР (2013) Использование спорообразующих бактерий в качестве биологических средств защиты растений. *Биотехнология* 1:69–77
- Асатурова АМ (2019) Экологически безопасные методы борьбы с желтой пятнистостью листьев пшеницы. *Таврический вестник аграрной науки* 1(17):21–30
- Асатурова АМ, Жевнова НА, Сидоров НМ, Кремнева ОЮ (2024) Эффективность бактерий антагонистов *Bacillus* и *Pseudomonas* в качестве агентов биоконтроля сетчатой пятнистости озимого ячменя в полевых условиях. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки* 54(10) (311):69–77. DOI:10.26898/0370-8799-2024-10-7
- Ваксман ЗА (1947) Антагонизм микробов и антибиотические вещества. М.: Гос. изд-во иностр. лит. 391 с.
- Волкова ГВ, Кремнева ОЮ, Андропова АЕ, Надикта ВД (2012) Желтая пятнистость листьев пшеницы (возбудитель *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler): монография. М.: АМА-ПРЕСС. 282 с.
- Волкова ГВ, Кремнева ОЮ, Попов ИБ (2015) Эффективность химических фунгицидов против возбудителя

- желтой пятнистости листьев пшеницы. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета* 112:154–163
- Гвоздева МС, Волкова ГВ (2023) Влияние различных систем защиты озимой пшеницы сорта Сварог на развитие грибных болезней. *Юг России: экология, развитие* 18(2):140–151
- Гришечкина ЛД (2018) Агробιοлогическое и экотоксикологическое обоснование формирования ассортимента фунгицидов для защиты пшеницы. *Автореф. дисс. ... д.с.-х.н.* СПб. 39 с.
- Гришечкина ЛД, Долженко ВИ, Кунгурцева ОВ (2022) Фунгициды для защиты вегетирующих зерновых колосовых культур. *Защита и карантин растений* 2:37–56
- Долженко ВИ, Сухорученко ГИ, Лаптев АВ (2021) Развитие химического метода защиты растений в России. *Защита и карантин растений* 4:3–13
- Евсеев ВВ (2018) Пиренофороз пшеницы в лесостепи Южного Зауралья: монография. Белгород: ООО Эпицентр. 156 с.
- Егоров НС (1957) Выделение микробов-антагонистов и биологические методы учета их антибиотической активности. М.: Изд-во Моск. ун-та. 78 с.
- Жевнова НА, Войтка ДВ, Федорович МВ (2018) Совместное применение химических и биологических препаратов для защиты растений и снижения пестицидного пресса на агроценозы. Материалы Международной научно-практической конференции «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». 392–395
- Жевнова НА (2022) Биоэкологическое обоснование применения новых штаммов бактерий *Bacillus subtilis* перспективных для создания микробиопрепаратов для защиты озимой пшеницы от возбудителей фузариозной корневой гнили и желтой пятнистости листьев. *Дисс. к.б.н.* Краснодар. 133 с.
- Защепкин ЕЕ, Шутко АП, Тутуржанс ЛВ (2015) Желтая пятнистость как составная часть патогенного комплекса озимой пшеницы в центральном предкавказье. *Современные проблемы науки и образования* 2(2). <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22326> (26.02.2018).
- Ким ЮС, Волкова ГВ (2020) Желтая пятнистость листьев пшеницы: распространение, вредоносность, расовый состав (Обзор). *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии* 2(50):105–116. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-2-105-116>
- Кремнева ОЮ, Асатурова АМ, Волкова ГВ (2013) Отбор штаммов бактерий, проявляющих антагонизм в отношении возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы. *Биотехнология* 29(5):54–59
- Кремнева ОЮ, Волкова ГВ, Попов ИБ (2014) Желтая пятнистость листьев пшеницы и влияние предшественника на ее развитие. *Труды Кубанского государственного аграрного университета* 47:79–84
- Кремнева ОЮ, Волкова ГВ, Коваленко НМ (2019) Динамика расового состава *Pyrenophora Tritici-repentis* в Северо-Кавказском регионе. *Микология и фитопатология* 53(4):246–253
- Левитин ММ, Афанасенко ОС, Гагкаева ТЮ, Ганнибал ФБ, Гультеяева ЕИ, Мироненко НВ (2019) Популяционные исследования грибов – возбудителей болезней зерновых культур. *Вестник защиты растений* 4(102):5–16. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16>
- Макаренко ВВ, Долженко ВИ (2020) Оценка биологической эффективности нового комбинированного фунгицида против листовых патогенов яровой пшеницы. *Известия СПбГАУ* СПб. 4(61):42–49
- Макаренко ВВ, Долженко ВИ, Макаренко ЕВ (2023) Новое средство защиты пшеницы яровой от листовых болезней. *Плодородие* 5:107–110. DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.27
- Макаренко ВВ (2025) Биолого-токсикологическое обоснование использования новых фунгицидов для защиты пшеницы яровой и озимой на северо-западе нечерноземной зоны. *Дисс. ... к.б.н.* СПб. 180 с.
- Маркелова ТС, Иванова ОВ (2012) Устойчивость образцов яровой и озимой пшеницы к желтой пятнистости листьев в условиях Нижнего Поволжья. *Сельскохозяйственная биология* 3:118–12
- Маслиенко ЛВ (1999) Биологический метод защиты подсолнечника и других сельскохозяйственных культур от болезней. *Агро XXI* 8:9
- Матвеева ИП, Ким ЮС, Ваганова ОФ, Мирошниченко ОО, Кремнева ОЮ, Волкова ГВ (2018) Устойчивость широко районированных сортов озимой пшеницы различной селекции к эпифитотийно опасным заболеваниям: бурой, желтой, стеблевой ржавчине и желтой пятнистости листьев пшеницы в Краснодарском крае. *Международный научно-исследовательский журнал* 12-2(78):40–44
- Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (под ред. Долженко В.И.). (2009) СПб.: ВИЗР. 378 с.
- Мироненко НВ, Коваленко НМ, Баранова ОА (2019) Характеристика географически отдаленных популяций *Pyrenophora tritici-repentis* по вирулентности и генам токсинообразования ToxA и ToxB. *Вестник защиты растений* 1(99):24–29
- Мироненко НВ (2025) Роль транспозабельных элементов в генетической изменчивости фитопатогенных грибов. Материалы V международной научно-практической конференции «Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам». 12
- Обзор фитосанитарного состояния посевов сельхозкультур в РФ и прогноз развития вредных объектов за 2024–2025 гг. М.: 1239 с. <https://rosselhoccenter.ru/obzory-i-prognozy/>
- Павлюшин ВА, Долженко ВИ, Шпанев АМ, Гришечкина ЛД др. (2015) Интегрированная защита озимой пшеницы. *Защита и карантин растений* 5:38–71
- Пономарев АВ, Кремнева ОЮ, Гасиян КЭ, Данилов РЮ (2022) Влияние способов обработки почвы на развитие болезней пшеницы. *Юг России: экология, развитие* 17.4(65):174–181. DOI:10.18470/1992-1098-2022-4-174-181
- Реестр пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Раздел Пестициды. М. 2026. 1744 с.
- Сергиенко ВГ, Ткаленко АН, Титова ЛВ (2010) Использование биопрепаратов для защиты овощных культур от болезней. *Защита и карантин растений* 7:28–30

- Тимофеева МГ, Актуганов ГЭ, Крутьков ВМ, Галимзянова НФ (2011) Влияние различных групп синтетических пестицидов на развитие, выживаемость и антагонистическую активность некоторых видов аэробных спорообразующих бактерий. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук* 5(2):239–243
- Шутко АП (2013) Биологическое обоснование оптимизации системы защиты озимой пшеницы от болезней в Ставропольском крае. *Автореф. дисс. д.с.-х.н.* СПб.-Пушкин. 47 с.
- Asaturova A, Zhevnova N, Tomashevich N, Pavlova M, Kremneva O, Volkova G, Sidorov N (2022) Efficacy of new local bacterial agents against *Pyrenophora tritici-repentis* in Kuban region, Russia *Agronomy* 12(2):373. DOI:10.3390/agronomy12020373
- Aylara MS, Adeleke BS, Akinola SA, Fayose ChA, Adeyemi UT, et al (2023) Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: a case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. *Frontiers in Microbiol.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1040901> (15.12.2025)
- Deresa EM, Diriba TF (2023) Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases: A comprehensive review of their efficacy, commercial representatives, advantages, challenges for adoption, and possible solutions. *Heliyon* 9: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13810>
- El-Saadony MT, Saad AM, Soliman SM, Salem HM, Ahmed AI, et al (2022) Plant growthpromoting microorganisms as biocontrol agents of plant diseases: Mechanisms, challenges and future perspectives. *Front. Plant Sci.* 13:923880. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.923880>
- Figueras-Roca M, Cristani C, Vannacci G (1996) Sensitivity of *Trichoderma* isolates and selected resistant mutants to DMI fungicides. *Crop Protection*. 15(7):615–620. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(96\)00005-1](https://doi.org/10.1016/0261-2194(96)00005-1)
- Fungicide Resistance Action Committee – FRAC (2026) FRAC Code List 2026: Fungicides Sorted by Mode of Action. Fungicide Resistance Action Committee.
- Kaņeps J, Bankina B, Moročko-Bičevska I, Apsīte K, Roga A, et al (2024) Sensitivity Analysis of *Pyrenophora tritici-repentis* to Quinone-Outside Inhibitor and 14 α -Demethylase Inhibitor Fungicides in Latvia. *Pathogens* 13(12):1060. <https://doi.org/10.3390/pathogens13121060>
- Khana MR, Brienb EO, Carney BF (2010) A fluorescent pseudomonad shows potential for the control of net blotch disease of barley. *Biological Control* 54(1):41–45
- Kremneva OYu, Asaturova AM, Zharnikova MD, Volkova GV (2015) Bacterial strains antagonistic to *Pyrenophora tritici-repentis* in vitro demonstrate different efficacy on wheat seedling in green house. *Agricultural Biology* 50(1):99–106. DOI:10.15389/agrobiology.2015.1.99rus
- Kremneva OYu, Volkova GV, Kim YS, Mironenko NV, Kovalenko NM, et al (2021) Resistance of winter wheat varieties to tan spot in the North Caucasus region of Russia. *Saudi Journal of Biological Sciences* 28(3):1787–1794. DOI:10.1016/j.sjbs.2020.12.021
- Kumar R., Mishra P., Singh G., Yadav R. S. (2008) Integration of bioagents and fungicides for management of collar rot of chickpea. *Journal of biological control* 22:487–489
- Larran SS, Simón MR, Moreno MV, Perello A (2016) Endophytes from wheat as biocontrol agents against tan spot disease. *Biological control* 92:17–23. Doi: 10.1016/j.biocontrol.2015.0902
- McLean KL, Hunt J, Stewart A (2001) Compatibility of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* C52 with selected fungicides. *New Zealand Plant Protection* 54:84–88. DOI:10.30843/nzpp.2001.54.3780.
- MacLean DE, Lobo JM, Coles K, Harding MW, May WE, et al (2018) Fungicide application at anthesis of wheat provides effective control of leaf spotting diseases in western Canada. *Crop Protection* 112:343–349
- Maksimov IV, Maksimova TI, Sarvarova ER, Blagova DK (2018) Endophytic Bacteria as effective agents of new generation biopesticides (review). *Applied Biochemistry and Microbiology* 54(2):134–148
- Mehamdiaa D, Meradb T, Tichatia L (2020) Triazole and strobilurin fungicides sensitivity of *Pyrenophora tritici-repentis* isolates originated from Eastern Algeria. *Mikologiya i Fitopatologiya* 54(3):221–227
- Mondani L, Chiusa G, Battilani P (2021) Chemical and biological control of *Fusarium* species involved in garlic dry rot at early cropstages. *Eur. J. Plant Pathol* 160:575–587
- Montealegre JR, Reyes R, Perez LM (2003) Selection of bioantagonistic bacteria to be used in biological control of *Risotonia solani* in tomato. *Electronic Journal of Biotechnology* 6(2):116–127
- Patel JS, Gudmestad NC, Meinhardt S, Adhikari TB (2012) Pyraclostrobin sensitivity of baseline and fungicide exposed isolates of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Crop Prot* 34:37–41
- Perelló A, Moreno V, Mónaco C, Simón MR (2007) Effect of *Trichoderma* spp. isolates for biological control of tan spot of wheat caused by *Pyrenophora tritici-repentis* under field conditions in Argentina. *Biocontrol* 53:895–904. Doi: 10.1007/s10526-007-9110-4
- Rajapakse RHS, Ratnasekera D, Abeysinghe S (2016) Biopesticides Research: Current Status and Future Trends in Sri Lanka. *Agriculturally Important Microorganisms* 219–234
- Salam KP, Thomas GJ, Beard C, Loughman R, Macleod WJ, et al (2013) Application of meta-analysis in plant pathology: a case study examining the impact of fungicides on wheat yield loss from the yellow spot-septoria nodorum blotch disease complex in western Australia. *Food Security* 5(3):319–325
- Shahid M, Khan MS (2018) Cellular destruction, phytohormones and growth modulating enzymes production by *Bacillus subtilis* strain BC8 impacted by fungicides. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 149: 8–19. DOI: 10.1016/j.pestbp.2018.05.001.
- Sautua FJ, Carmona MA (2021) Detection and characterization of QoI resistance in *Pyrenophora tritici-repentis* populations causing tan spot of wheat in Argentina. *Plant Pathology* 70:2125–2136. <https://doi.org/10.1111/ppa.13436>
- See PTh, Schultz N, Moffat CS (2020) Evaluation of *Pyrenophora tritici-repentis* Infection of Wheat Heads. *Agriculture* 10(9):417. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090417>
- Wesche J, Schnabel G (2025) Impact of DMI fungicides on *Bacillus subtilis* cell growth and consequences for disease control. *Plant Disease* 109(8):1668–1674. DOI: 10.1094/PDIS-11-24-2367-RE.

Translation of Russian References

- Azizbekyan RR (2013) [Use of spore-forming bacteria as biological plant protection products]. *Biotechnology* 1:69–77 (in Russian)
- Asaturova AM (2019) [Environmentally friendly methods for controlling yellow spot of wheat leaves]. *Tavricheskiy Vestnik Agrarnoy Nauki* 1(17): 21–30 (in Russian)
- Asaturova AM, Zhevnova NA, Sidorov NM, Kremneva OY (2024) [Efficiency of *Bacillus* and *Pseudomonas* antagonist bacteria as biocontrol agents for net blotch of winter barley under field conditions]. *Siberian Vestnik Agrarnoy Nauki* 54(10)(311):69–77. DOI: 10.26898/0370-8799-2024-10-7htps://www.elibrary.ru/item.asp?id=75077790 (in Russian)
- Vaksman ZA (1947) [Microbial antagonism and antibiotic substances]. Moscow: State University. Foreign Publishing House Lit. 391 p. (in Russian)
- Volkova GV, Kremneva OY, Andronova AE, Nadykta VD (2012) [Yellow leaf spot of wheat (pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler): monograph]. Moscow: AMA-PRESS. 282 p. (in Russian)
- Volkova GV, Kremneva OY, Popov IB (2015) [Efficiency of chemical fungicides against the causal agent of yellow leaf spot of wheat]. *Polythematic online electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 112:154–163 (in Russian)
- Gvozdeva MS, Volkova GV (2023) [The influence of various protection systems of winter wheat variety Svarog on the development of fungal diseases]. *South of Russia: ecology, development* 18(2):140–151 (in Russian)
- State Catalog of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in the Russian Federation. Moscow, 2025. 956 p. (in Russian)
- Grishchekina, LD (2018) [Agrobiological and Ecotoxicological Substantiation of Forming a Range of Fungicides for Wheat Protection. Abstract of a Doctor of Agricultural Sciences (St. Petersburg). 39 p. (in Russian)]
- Grishchekina, LD, Dolzhenko, VI, Kungurtseva, OV (2022) [Fungicides for the Protection of Vegetative Cereal Crops]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2:37–56 (in Russian)
- Dolzhenko VI, Sukhoruchenko GI, Laptiev AB (2021) [Development of chemical methods of plant protection in Russia]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 4:3–13 (in Russian)
- Evseev VV (2018) [Pyrenophora blight of wheat in the forest-steppe of the Southern Trans-Urals: monograph]. Belgorod: OOO Epitsentr. 156 p. (in Russian)
- Egorov NS (1957) [Isolation of antagonist microbes and biological methods for assessing their antibiotic activity]. Moscow: Moscow University Press. 78 p. (in Russian)
- Zhevnova NA, Voitka DV, Fedorovich MV (2018) [Combined use of chemical and biological products for plant protection and reduction of pesticide pressure on agroecosystems]. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference “Biological Plant Protection – the Basis for Stabilizing Agroecosystems”*. 392–395 (in Russian)
- Zhevnova NA (2022) [Bioecological substantiation of the use of new strains of *Bacillus subtilis* bacteria promising for the creation of microbiological products for the protection of winter wheat from the causative agents of Fusarium root rot and yellow leaf spot]. *Diss. Cand. Sci. (Biology)*. Krasnodar, 133 p. (in Russian)
- Zashchepkin EE, Shutko AP, Tuturzhans LV (2015) [Yellow leaf spot as a component of the pathogenic complex of winter wheat in the central Caucasus]. *Modern Problems of Science and Education* 2(2). <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22326> (26.02.2018) (in Russian)
- Kim YuS, Volkova GV (2020) [Yellow leaf spot of wheat: distribution, harmfulness, and racial composition (Review)]. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2(50):105–116. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-2-105-116> (in Russian)
- Kremneva OY, Asaturova AM, Volkova GV (2013) [Selection of bacterial strains exhibiting antagonism towards the causal agent of yellow leaf spot of wheat]. *Biotechnology* 29(5):54–59 (in Russian)
- Kremneva OY, Volkova GV, Kovalenko NM (2019) [Dynamics of the racial composition of *Pyrenophora tritici-repentis* in the North Caucasus region]. *Mycologiyay and Phytopathologiyay* 53(4):246–253 (in Russian)
- Kremneva OY, Volkova GV, Popov IB (2014) [Yellow leaf spot of wheat and the effect of the precursor on its development]. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University* 47:79–84 (in Russian)
- Levitin MM, Afanasenko OS, Gagkaeva TYu, Gannibal FB, Gulyaeva EI, Mironenko NV (2019) [Population studies of fungi – causative agents of grain crop diseases]. *Buylleten' zashchity rastenij*. 4(102):5–16. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-4-102-5-16> (in Russian)
- Makarenko VV (2025) [Biological and toxicological substantiation of the use of new fungicides to protect spring and winter wheat in the northwest of the non-chernozem zone]. *Diss. ... PhD in Biology*. St. Petersburg. 180 p. (in Russian)
- Makarenko VV, Dolzhenko VI (2020) [Evaluation of the biological efficiency of a new combined fungicide against foliar pathogens of spring wheat]. *Izvestiya SPbGAU*. St. Petersburg. 4(61):42–49 (in Russian)
- Makarenko VV, Dolzhenko VI, Makarenko EV (2023) [A new means of protecting spring wheat from foliar diseases]. *Plodorodie* 5:107–110. DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.27 (in Russian)
- Markelova TS, Ivanova OV (2012) [Resistance of spring and winter wheat accessions to yellow leaf spot in the Lower Volga region]. *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya* 3:118–121 (in Russian)
- Maslienko LV (1999) [Biological method of protecting sunflower and other agricultural crops from diseases]. *Agro XXI* 8:9 (in Russian)
- Matveeva IP, Kim YS, Vaganova OF, Miroshnichenko OO, Kremneva OY, et al (2018) [Stability of widely distributed varieties of winter wheat of different selection to epiphytotically dangerous diseases: brown, yellow, stem rust, and yellow leaf spots of wheat leaves in Krasnodar Region]. *International Research Journal* 78:40–44. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.78.12.044>.
- Methodological guidelines for registration testing of fungicides in agriculture (ed. Dolzhenko V.I.). (2009) St. Petersburg: VIZR. 378 p. (in Russian)
- Mironenko NV, Kovalenko NM, Baranova OA (2019) [Characterization of geographically distant populations of *Pyrenophora tritici-repentis* by virulence and

- toxin-producing genes ToxA and ToxB]. *Buylleten' zashchity rasteniy* 1(99):24–29 (in Russian)
- Mironenko NV (2025) [The role of transposable elements in the genetic variability of phytopathogenic fungi]. *Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference “Modern Problems of Plant Immunity to Pests”*, St. Petersburg. 12 (in Russian)
- Review of the phytosanitary condition of agricultural crops in the Russian Federation and the forecast of pest development for 2024–2025. Moscow: 1239 p. <https://rosselhocenter.ru/obzory-i-prognozy/> (in Russian)
- Pavlyushin VA, Dolzhenko VI, Shpanev AM, Grishechkina LD et al. (2015) [Integrated protection of winter wheat]. *Zashchita i karantin rasteniy* 5:38–71 (in Russian)
- Ponomarev AV, Kremneva OY, Gasyan KE, Danilov RYu (2022) [The influence of soil cultivation methods on the development of wheat diseases]. *South of Russia: ecology, development*. 17.4(65):174–181. DOI:10.18470/1992-1098-2022-4-174-181 (in Russian)
- Sergienko VG, Tkalenko AN, Titova LV (2010) [Use of biological preparations to protect vegetable crops from diseases]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 7:28–30 (in Russian)
- Timofeeva MG, Aktuganov GE, Krutkov VM, Galimzyanova NF (2011) [The influence of various groups of synthetic pesticides on the development, survival and antagonistic activity of some species of aerobic spore-forming bacteria]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 5(2):239–243 (in Russian)
- Shutko AP (2013) [Biological Substantiation of Optimization of the Winter Wheat Disease Protection System in Stavropol Krai]. Abstract of Doctor of Agricultural Sciences Dissertation. St. Petersburg-Pushkin, 47 p. (in Russian)

Plant Protection News, 2026, 109(2), p. 149–162

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy); 1.06+QU (Microbiology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2026-109-2-18214>

Full-text article

FUNGICIDAL PROTECTION OF WINTER WHEAT AGAINST THE FUNGUS *PYRENOPHORA TRITICI-REPENTIS*

O.Yu. Kremneva*, I.V. Chebotok, K.E. Gasyan, A.M. Asaturova, G.V. Volkova, N.A. Zhevnova

Federal Research Center of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

*corresponding author; e-mail: kremenoks@mail.ru

The most widely used approach for controlling plant diseases, including tan spot of wheat (caused by *Pyrenophora tritici-repentis*), is the application of fungicides. The objective of this study was to evaluate the efficacy of biological fungicides in suppressing the development of *P. tritici-repentis* both *in vitro* and under field conditions, as well as to assess their compatibility with highly effective synthetic fungicides. Field assessments revealed that the biological effectiveness of microbiological preparations ranged from 38% to 57%, whereas that of chemical preparations ranged from 56% to 98%. *In vitro* inhibitory activity of the microbiological preparations against the pathogen was high, varying between 61% and 72%. Compatibility testing of biological and synthetic fungicides demonstrated that Pseudobacterin-3, (based on a *Pseudomonas* strain) was compatible with all tested chemical products except Magnello (difenoconazole, 100 g/l and tebuconazole, 250 g/l). Preparations based on *Bacillus* spp. exhibited variable compatibility with synthetic fungicides. Among these, Fitosporin-M, showed compatibility with the maximum number of chemicals (11 out of 14), while Organica C, was compatible with eight preparations. In contrast, microbial preparations based on *Trichoderma* strains did not show compatibility with any of the synthetic fungicides tested. These findings may be useful for the development of effective integrated pest management strategies against tan spot of wheat.

Keywords: winter wheat, tan spot of wheat, biological fungicides, chemical fungicides, compatibility of preparations, effectiveness of fungicides

Submitted: 07.07.2026

Accepted: 12.08.2026