

Оригинальная статья / Original article
УДК 632.4 (632.9)
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-140-151

Влияние различных систем защиты озимой пшеницы сорта Сварог на развитие грибных болезней

Мария С. Гвоздева, Галина В. Волкова

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия

Контактное лицо

Мария С. Гвоздева, научный сотрудник
лаборатории иммунитета растений к болезням,
ФГБНУ ФНЦБЗР; 350039 Россия, Краснодарский
край, г. Краснодар, п/о 39.
Тел. +79189791801
Email maria-v23@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9141-6647>

Формат цитирования

Гвоздева М.С., Волкова Г.В. Влияние различных
систем защиты озимой пшеницы сорта Сварог на
развитие грибных болезней // Юг России:
экология, развитие. 2023. Т.18, N 2. С. 140-151.
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-140-151

Получена 31 марта 2023 г.
Прошла рецензирование 20 апреля 2023 г.
Принята 27 апреля 2023 г.

Резюме

Цель. Изучить влияние различных систем защиты озимой пшеницы сорта Сварог на развитие грибных болезней в условиях центральной зоны Краснодарского края.

Материал и методы. Исследования проводили 2018–2021 гг. в условиях полевого стационара ФГБНУ ФНЦБЗР на озимой пшенице сорта Сварог. Климат вегетационных сезонов 2018–2019 гг. и 2020–2021 гг. был благоприятным для роста растений и развития фитопатогенов. Сезон 2019–2020 гг. отличался недостатком влаги и весенними заморозками. Опыт предусматривал три системы защиты от грибных заболеваний – биологическую, интегрированную и химическую. Также был предусмотрен контроль (без обработки).

Результаты. Эффективность биологической системы защиты против фузариозной корневой гнили составила 33,9%, против септориоза листьев – 52,2%, против желтой пятнистости – 43,5%. Биологическая эффективность интегрированной системы защиты против указанных заболеваний составила 54,7%, 72,5% и 52,2% соответственно; химической защиты – 54,9%, 82,6% и 63,5% соответственно. Прибавка урожая зерна к контролю (без обработки) при использовании биологической системы защиты была на уровне 9,3%, интегрированной – 11,6%, химической – 16,5%. Уровень рентабельности при этом составил 117,9%, 107,3% и 101,0% соответственно.

Заключение. Использование биологической защиты озимой пшеницы сорта Сварог эффективно и может быть рекомендовано для производственной практики с целью снижения пестицидной нагрузки на агроценоз.

Ключевые слова

Озимая пшеница, фузариозная корневая гниль, септориоз, желтая пятнистость листьев, биологическая защита, хозяйственная эффективность.

The influence of various methods of protection of the winter wheat variety Svarog against the development of fungal diseases

Maria S. Gvozdeva and Galina V. Volkova

Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

Principal contact

Maria S. Gvozdeva, Researcher, Laboratory of Plant Immunity to Diseases, Federal Research Centre of Biological Plant Protection (FRCBPP); p/o 39 Krasnodar, Krasnodar Territory, Russia 350039.

Tel. +79189791801

Email maria-v23@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9141-6647>

How to cite this article

Gvozdeva M.S., Volkova G.V. The influence of various methods of protection of the winter wheat variety Svarog against the development of fungal diseases. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 2, pp. 140-151. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-2-140-151

Received 31 March 2023

Revised 20 April 2023

Accepted 27 April 2023

Abstract

Aim. To study the influence of various methods of protecting winter wheat of the Svarog variety against the development of fungal diseases in the conditions of the central zone of Krasnodar Territory.

Material and Methods. The studies were carried out in 2018–2021 on winter wheat of the Svarog variety in the conditions of the field station of the FRCBPP. The climate of the 2018–2019 and 2020–2021 growing seasons was favourable for plant growth and development of phytopathogens. The 2019–2020 season was characterised by a lack of moisture and spring frosts. The experiment provided for three methods of protection – biological, integrated and chemical. A control (without processing) was also provided.

Results. The effectiveness of the biological protection system against Fusarium root rot was 33.9%, against leaf septoria 52.2% and against yellow spot 43.5%. The biological effectiveness of the integrated protection system against these diseases was 54.7%, 72.5% and 52.2%, respectively, while effectiveness of chemical protection was 54.9%, 82.6% and 63.5%, respectively. The increase in grain yield compared to the control (i.e. without treatment) was: when using a biological protection system 9.3%; integrated; 11.6%; and chemical 16.5%. The level of profitability at the same time amounted to 117.9%, 107.3% and 101.0%, respectively.

Conclusion. The use of biological protection of winter wheat variety Svarog is effective and can be recommended for production practice in order to reduce the pesticide load on the agrocenosis.

Key Words

Winter wheat, Fusarium root rot, Septoria, yellow leaf spot, biological protection, economic efficiency.

ВВЕДЕНИЕ

Пшеница является главной продовольственной и стратегической культурой в России. По данным Федеральной службы государственной статистики, ее посевные площади ежегодно составляют более 28 миллионов гектаров [1]. В Краснодарском крае озимая пшеница занимает ведущее место, это связано с почвенно-климатическими требованиями культуры, которые совпадают с условиями данной агроклиматической зоны. В 2022 году в крае было высеяно 1,6 миллионов гектаров, средняя урожайность составила 66,4 ц/га [1].

Одним из главных факторов, снижающих урожай зерна культуры, является поражение растений болезнями. В условиях центральной зоны Краснодарского края на озимой пшенице встречаются такие вредоносные заболевания, как корневые и прикорневые гнили (*Fusarium* spp., *Ophiobolus graminis*, *Bipolaris sorokiniana*, *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Rhizoctonia cerealis*), мучнистая роса (*Blumeria graminis*), пятнистости листьев (*Septoria tritici*, *Pyrenophora tritici-repentis*), ржавчинные заболевания (*Puccinia triticea*, *P. striiformis*, *P. graminis*), фузариоз колоса (*Fusarium* spp.), чернь колоса (*Botryotinia fuckeliana*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum* и др.) и другие [2; 3]. При высоком развитии заболеваний экономические потери могут достигать 20% и выше [4; 5].

Для сохранения потенциального урожая зерна необходимо соблюдать ряд требований, одним из которых является проведение своевременных защитных мероприятий. По данным Россельхозцентра в 2022 г. на территории РФ на зерновых колосовых культурах провели обработки фунгицидами на площади 17,1 миллионов гектаров, из них биологическими препаратами обработано 813,6 тысяч гектаров [6].

Химические фунгициды занимают основной объем средств защиты пшеницы от фитопатогенов, поскольку обладают рядом преимуществ. Их использование обеспечивает высокую фунгицидную активность и длительный срок защитного действия [7]. Например, препараты на основе бензовиндифлупира и соединений триазола эффективно сдерживают развитие септориоза листьев, мучнистой росы, бурой ржавчины и желтой пятнистости [8]. Протравители с действующими веществами флудиоксонил и ципроконазол обеспечивают защиту против семенной и почвенной инфекции и способны подавлять рост микромицетов из рода *Pythium*, *Fusarium* и *Alternaria* [9]. Препараты на основе тиофанатметила и комбинации действующих веществ дифеноконазол и тебуконазол обладают высокой биологической эффективностью против фузариоза колоса [10].

Ассортимент биофунгицидов, разрешенных для применения на озимой пшенице, значительно меньше в сравнении с ассортиментом химических препаратов. Согласно справочнику пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории РФ, на сегодняшний день зарегистрировано 16 фунгицидов на основе живых микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности [11]. Основными действующими веществами биофунгицидов являются штаммы бактерий *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas fluorescens*, и грибов *Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma reesei*, *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* [11]. Их

используют для предпосевной обработки семян от почвенных и семенных инфекций, а также для опрыскивания растений в период вегетации при первых признаках развития листовых заболеваний.

Применение биологических препаратов в мировой отрасли растениеводства с каждым годом возрастает, это связано с доказанной эффективностью микроорганизмов против фитопатогенов и экологической безопасностью для агроценоза.

В работах зарубежных ученых отмечено ингибирующее действие штамма бактерии *B. subtilis* на прорастание спор возбудителя мучнистой росы пшеницы (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). Происходит нарушение целостности клеточной мембраны за счет снижения мембранного потенциала митохондрий и накопления активных форм кислорода в спорах. Также было установлено положительное влияние *B. subtilis* на биометрические показатели растений пшеницы и повышение устойчивости к заболеванию [12]. В борьбе с мучнистой росой эффективен препарат на основе штамма бактерии *B. amyloliquefaciens*, при искусственном заражении лучший результат был отмечен при использовании препарата в день инокуляции [13].

В лабораторных условиях скрининг штаммов бактерии *Bacillus* spp. показал, что штаммы JY122, JY214, ZY133, NW03 и Z-14 имеют антагонистическую активность против оphiоболезной корневой гнили [14]. Снижают развитие фузариозной корневой гнили штаммы *B. subtilis* BZR 336g и *B. subtilis* BZR 517, их эффективность во время созревания озимой пшеницы достигала 22,8% и 17,2% соответственно [15].

Целью нашего исследования являлось изучение влияния различных систем защиты озимой пшеницы сорта Сварог на развитие грибных болезней в условиях центральной зоны Краснодарского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили 2018–2021 гг. в условиях полевого стационара Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологической защиты растений» (ФГБНУ ФНЦБЗР), г. Краснодар.

Территория ФГБНУ ФНЦБЗР находится в центральной агроклиматической зоне. Почва – выщелоченный сверхмощный чернозем, со слабокислой реакцией (рН 6,7). Содержание гумуса в пахотном слое почвы – 3,8%, общего азота – 0,20%, подвижного фосфора и калия – 26,5 мг/кг и 215,0 мг/кг почвы соответственно. Значение показателя пористости достигает 54,8% от объема почвы, что близко к оптимальным значениям (55–65%). Плотность в верхнем горизонте составляет 1,1–1,21 г/см³, величина максимальной гигроскопичности достигает 12,2% [16].

Погодные условия в период исследования отличались по годам (рис. 1). В 2018–2019 гг. и 2020–2021 гг. вегетационных сезонах климат складывался благоприятно как для роста растений озимой пшеницы, так и для развития фитопатогенов. Осенний и зимний период отличался обильным выпадением осадков, весной отмечалась повышенная влажность воздуха и оптимальная среднесуточная температура. Вегетационный сезон 2019–2020 гг. характеризовался экстремальными погодными условиями. Зимний период был теплым с частыми оттепелями и возвратными морозами. Весенний период отличался недостатком влаги.

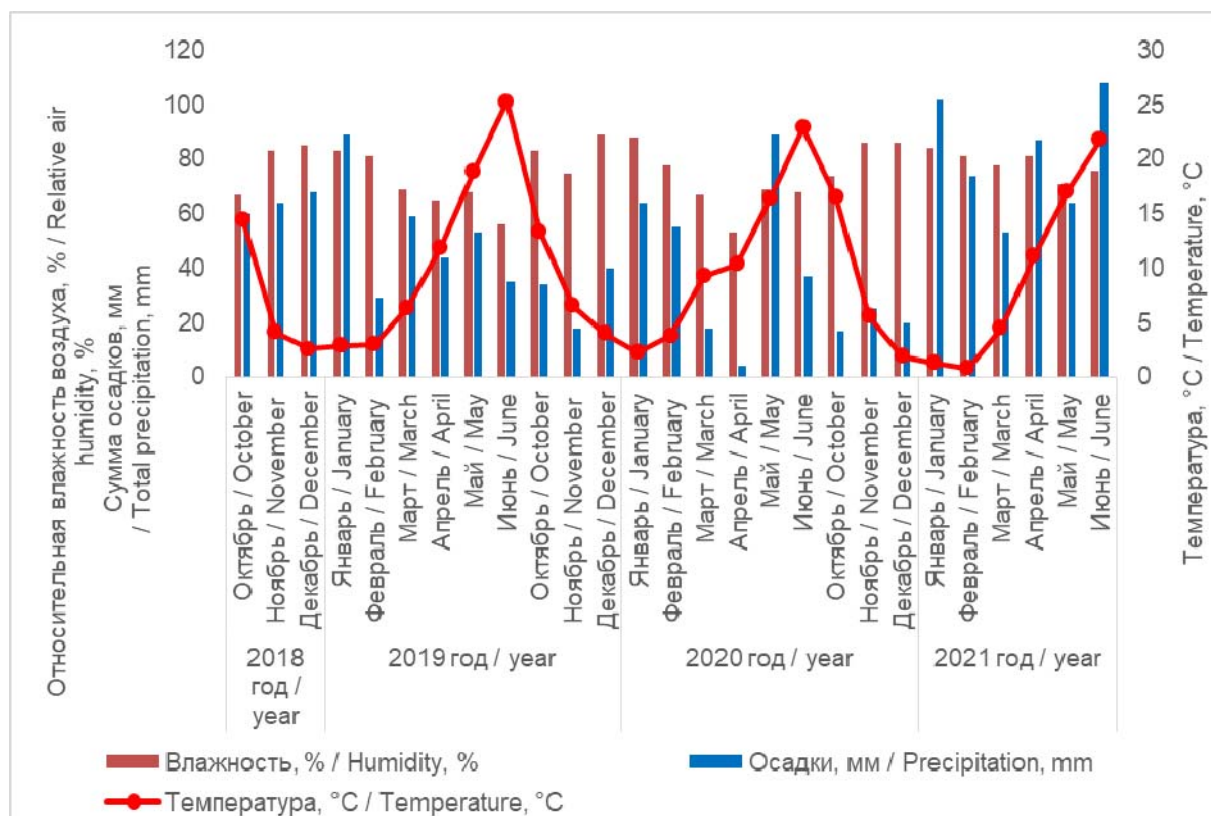


Рисунок 1. Климатограмма погодных условий, метеостанция «Круглик», 2018–2019 гг., 2019–2020 гг., 2020–2021 гг. вегетационные сезоны, г. Краснодар

Figure 1. Climatogram of weather conditions, Kruglik weather station, 2018–2019, 2019–2020, 2020–2021 growing seasons, Krasnodar

Материалом для исследования был сорт озимой мягкой пшеницы Сварог, включенный в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2017 г. Оригинатором является ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Сорт широко районирован, к зонам возделывания относятся Северо-Кавказский, Средне-волжский и Нижневолжский регионы РФ. Обладает устойчивой реакцией к заражению бурой и желтой ржавчинами, среднеустойчивой к листовым пятнистостям и вирусам, средневосприимчивой к фузариозу колоса [17].

В опыте были использованы фунгициды, содержащие в своем составе живые микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности Витаплан, СП и Трихоцин, СП. Препарат Витаплан, СП на основе бактерии *Bacillus subtilis* штаммы ВКМ-В-2604D (титр 10^{10} КОЕ/г) и ВКМ-В-2605D (титр 10^{10} КОЕ/г), зарегистрирован против фузариозной, гельминтоспориозной, церкоспореллезной корневых гнилей, септориоза и мучнистой росы. Препарат Трихоцин, СП на основе гриба *Trichoderma harzianum* штамм Г 30 ВИЗР (титр 10^{10} КОЕ/г), зарегистрирован против фузариозной, гельминтоспориозной корневых гнилей, септориоза и мучнистой росы. Также были использованы химические фунгициды Максим, КС (ДВ: флудиоксонил 25 г/л) для предпосевной обработки семян, Фундазол, СП (ДВ: беномил 500 г/кг) и Амистар Экстра, КЭ (ДВ: азоксистробин 200 г/л + ципроконазол 80 г/л) для обработки растений в течение вегетации.

Схема опыта предусматривала определение не отдельного влияния фунгицидов на развитие заболе-

ваний, а их совместную эффективность. Было изучено три системы защиты: биологическая – использование биофунгицидов, интегрированная – использование биологических и химических фунгицидов, химическая – использование химических фунгицидов. Кратность обработок и фазы применения препаратов представлены в таблице 1.

Посев проводили в первой декаде октября ручной сеялкой «Слобожанка» в норме 200 кг/га, размещение делянок рендомизированное, повторность 3-х кратная, площадь каждой делянки 12 м² [18]. Семена обрабатывали перед посевом методом полусухого протравливания с нормой расхода рабочего раствора 10 л/т. Обработки растений озимой пшеницы в период вегетации проводили ручным опрыскивателем с нормой расхода рабочего раствора 300 л/га.

Учет корневых гнилей проводили в фазе осеннего (Z 23-25) и весеннего кущения (Z 27-29), а также молочно-восковой спелости (Z 79-83). Развитие заболевания определяли по шкале для оценки поражения растений различными видами грибов, вызывающих корневые гнили в баллах, где 0 балл – признаки поражения отсутствуют, 1 балл – на первичных и вторичных корнях отдельные участки бурого цвета, 2 балла – основание стебля белесое слегка бурое, отдельные корни или значительные их участки бурые, 3 балла – основание стебля темное с перехватом, большая часть корней отмерла, 4 балла – полное отмирание или отсутствие продуктивных стеблей [19].

Таблица 1. Схема обработок озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2018–2021 гг.
Table 1. Scheme of winter wheat treatments, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2018–2021

Система защиты Protection system	Фаза развития культуры / фунгицид (норма применения) Crop development phase / fungicide (application rate)			
	предпосевная обработка семян Z 0 pre-sowing seed treatment Z 0	выход в трубку Z 32-33 stem elongation Z 32-33	начало цветения Z 59-61 beginning of flowering Z 59-61	молочная спелость Z 75-77 milky ripeness Z 75-77
Биологическая biological	Витаплан, СП (20 г/т) Vitalplan, WP (20 g/t)	Витаплан, СП (40 г/га) Vitalplan, WP (40 g/ha)	Трихоцин, СП (40 г/га) Trichotsin, WP (40 g/ha)	Псевдобактерин-2, Ж (1 л/га) Pseudobacterin-2, L (1 l/ha)
Интегрированная Integrated	Витаплан, СП (20 г/т) Vitalplan, WP (20 g/t)	Витаплан, СП (40 г/га) Vitalplan, WP (40 g/ha)	Амистар Экстра, КЭ (1 л/га) Amistar Extra, EC (1 l/ha)	Обработка не предусмотрена Treatment not undertaken
Химическая Chemical	Максим, КС (1,5 л/т) Maxim, SC (1,5 l/t)	Фундазол, СП (0,5 кг/га) Fundazol, WP (0,5 kg/ha)	Амистар Экстра, КЭ (1 л/га) Amistar Extra, EC (1 l/ha)	Обработка не предусмотрена Treatment not undertaken

Учеты листовых заболеваний осуществляли через 7 дней после обработки, последующие с интервалом 10–14 дней [19]. Биологическую эффективность рассчитывали по формуле Аббота. За 3 дня до уборки проводили учет структуры урожая (количество и масса зерен в одном колосе, масса 1000 зерен) [19]. Уборку осуществляли малогабаритным селекционным комбайном «Неге». Достоверность различий между вариантами оценивали по наименьшей существенной разнице (НСР) при 5%-ном уровне значимости. Экономическую

эффективность рассчитывали по методике Н.Р. Гончарова [20].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В годы исследования на посевах озимой пшеницы встречались преимущественно корневые гнили фузариозной этиологии. В фазу осеннего кущения заболевание не было отмечено. В фазу весеннего кущения развитие корневой гнили на контроле (без обработки) составило 19,0%, распространенность – 57,5% (табл. 2).

Таблица 2. Влияние применения систем защиты на развитие и распространенность фузариозной корневой гнили, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2018–2021 гг.

Table 2. The impact of the use of protection systems on the development and prevalence of Fusarium root rot, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2018–2021

Система защиты Protection system	Фаза кущения Z 28-30 Phase tillering Z 28-30		Фаза молочно-восковая спелость Z 77-83 Phase milky-wax ripeness Z 77-83	
	*R, %	*P, %	R, %	P, %
Биологическая Biological	5,4±1,0	27,6±9,9	36,6±9,8	98,4±1,6
Интегрированная Integrated	5,5±1,1	26,9±4,2	25,1±5,0	88,7±11,3
Химическая Chemical	5,6±1,5	23,5±7,2	25,0±0,3	78,8±16,3
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	19,0±5,6	57,5±15,8	55,4±13,7	98,4±1,6
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	4,9	6,3	3,5	4,1

Примечание: *R – развитие, %; *P – распространенность, %

Note: *R – development, %; *P – prevalence, %

В зависимости от системы защиты развитие корневой гнили изменялось от 5,4% (биологическая защита) до 5,6% (химическая защита). Достоверные различия выявлены только между контролем (без обработки) и изученными вариантами. Распространенность варьировала от 23,5% (химическая защита) до 27,6% (биологическая защита). В фазу молочно – восковой спелости развитие корневой гнили в контроле (без обработки) составило 55,4%, распространенность достигла 98,4%. В варианте, обработанном химичес-

кими фунгицидами, эти значения были ниже и составили 25,0% и 78,8% соответственно, в варианте с применением интегрированной защиты – 25,1% и 88,7%, биологической защиты – 36,6% и 98,4%. По показателю R (развитие) не выявлено достоверных различий между вариантами с применением интегрированной и химической защиты. По показателю P (распространенность) не выявлено достоверных различий между контролем (без обработки) и биологической защитой.

Биологическая эффективность систем защиты в фазу весеннего кущения против фузариозной корневой гнили была высокой и варьировала от 70,5% (химическая защита) до 71,6% (биологическая защита) (рис. 2). В фазу молочно – восковой спелости значение этого показателя в вариантах снижалось, это может быть связано с интенсивным ростом развития заболевания и ограниченным периодом защитного действия препаратов. Эффективность биологической защиты составила 33,9%, интегрированной – 54,7%, в варианте с применением химических фунгицидов – 54,9%.

В ходе исследования было изучено влияние систем защиты на биометрические показатели растений пшеницы. В фазу кущения достоверное увеличение высоты растений было отмечено в варианте с применением интегрированной защиты (20,4 см) и биологической защиты (19,2 см) (табл. 3). Максимальные показатели длины корня установлены в варианте с химической системой защиты – 12,0 см. Достоверных различий по показателю кустистости в изученных вариантах не установлено.

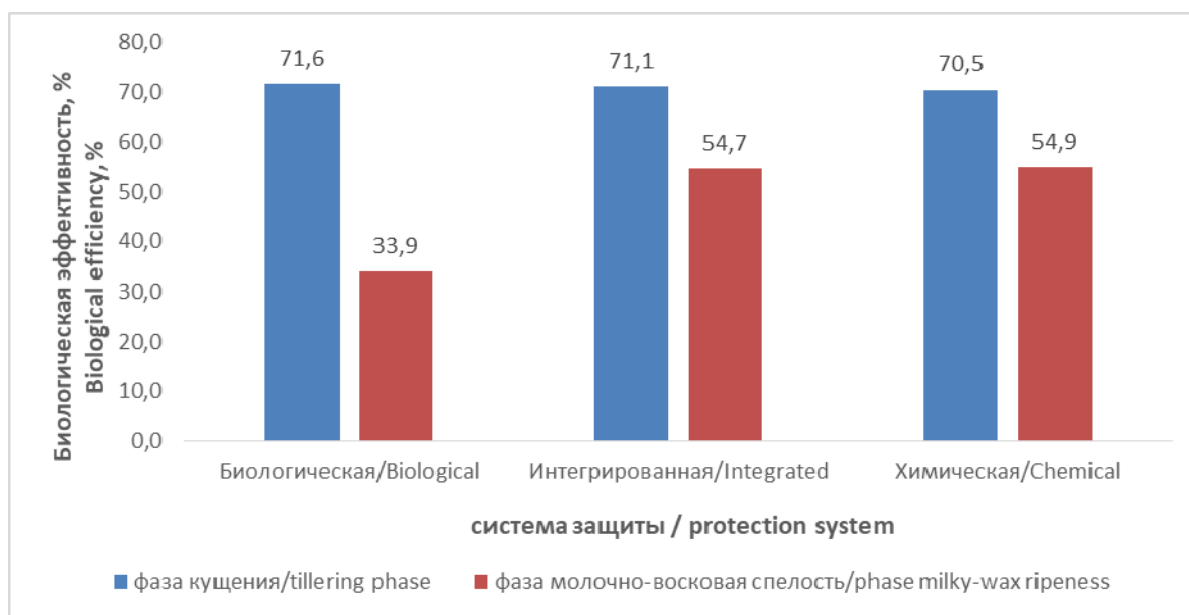


Рисунок 2. Биологическая эффективность систем защиты от фузариозной корневой гнили, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2018–2021 гг.

Figure 2. Biological efficiency of protection systems against *Fusarium* root rot, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2018–2021

Таблица 3. Влияние применения систем защиты на биометрические показатели растений озимой пшеницы в фазу кущения, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.

Table 3. Influence of the use of protection systems on the biometric parameters of winter wheat plants in the tillering stage, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2019–2021

Система защиты Protection system	Фаза кущения Z 28-30 / Phase tillering Z 28-30		
	высота растений, см plant height, cm	длина корень, см root length, cm	кустистость, шт. bushiness, units.
Биологическая / Biological	19,2±4,5	11,9±0,4	4,1±1,2
Интегрированная / Integrated	20,4±5,7	11,9±0,5	4,2±1,3
Химическая / Chemical	18,6±5,3	12,0±0,4	4,3±1,9
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	18,2±4,9	11,4±0,4	3,3±0,4
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,9	0,5	1,1

В фазу молочно-восковой спелости высота растений в контроле (без обработки) составила 86,7 см, продуктивная кустистость – 3,0 шт., размер колоса – 7,8 см, длина флагового листа – 19,0 см (табл. 4).

Достоверное увеличение высоты растений установлено в вариантах с биологической (92,6 см) и интегрированной защитой (91,9 см). Максимальные показатели продуктивной кустистости и размера колоса отмечены в варианте с применением биофунгицидов (3,7 шт. и 8,9 см соответственно). Это может быть

связано с тем, что биологические фунгициды обладают ростостимулирующим действием. Известно, что колонизация корней бактериями *B. subtilis* обеспечивает растение дополнительным источником питательных веществ за счет своей активной жизнедеятельности, а также способствует выработке фитогормона ауксина в корнях пшеницы, что положительно влияет на рост растений и обеспечивает защиту от стрессовых факторов [21; 22].

Таблица 4. Влияние применения систем защиты на биометрические показатели растений озимой пшеницы в фазу молочно-восковой спелости, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.**Table 4.** Influence of the use of protection systems on the biometric parameters of winter wheat plants in the phase of milky-wax ripeness, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2019–2021

Система защиты Protection system	Фаза молочно-восковая спелость Z 77-83 Phase milky-wax ripeness Z 77-83				
	высота растений, см plant height, cm	кустистость, шт. bushiness, items.	продуктивная кустистость, шт. productive tillering, pcs.	длина колоса, см wheat ear length, cm	длина флагового листа, см flag leaf length, cm
Биологическая biological	92,6±0,5	4,4±0,3	3,7±0,2	8,9±0,2	19,6±0,1
Интегрированная Integrated	91,9±5,3	4,1±1,0	3,4±0,4	8,5±0,3	19,6±0,1
Химическая Chemical	89,2±3,0	3,9±0,6	3,6±0,6	8,3±0,2	19,9±0,2
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	86,7±3,5	3,1±0,1	3,0±0,1	7,8±0,2	19,0±0,3
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	2,7	0,6	0,2	0,3	0,3

В период вегетации на озимой пшенице встречались такие заболевания, как септориоз листьев и желтая пятнистость. Буря ржавчина в годы исследования проявлялась в виде единичных пустул и не требовала мероприятий, подавляющих развитие, так как сорт Сварог имеет устойчивую реакцию к возбудителю. В отдельные годы в фазу выхода второго междоузлия

встречались очаги мучнистой росы с развитием менее 1%.

Первые проявления септориоза листьев были отмечены в контроле (без обработки) в фазу кущения (табл. 5). До фазы цветения развитие заболевания возросло до 6,9%, далее интенсивность резко снижалась. Это связано с увеличением температуры воздуха и снижением влажности со второй декады мая.

Таблица 5. Влияние применения систем защиты на развитие септориоза листьев озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.**Table 5.** Influence of the use of protection systems on the development of Septoria leaf blight on winter wheat, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2019–2021

Система защиты* Protection system*	Фаза выход в трубку Z 39 Phase stem elongation Z 39	Фаза колошение Z 49-51 Phase head emergence Z 49-51	Фаза цветение Z 61-65 Flowering phase Z 61-65
Биологическая Biological	0,4±0,1	1,1±0,1	3,3±0,2
Интегрированная Integrated	0,4±0,1	1,1±0,2	1,9±0,1
Химическая Chemical	0,2±0,1	0,7±0,2	1,2±0,2
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	2,1±0,3	4,7±0,3	6,9±0,3
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,1	1,1	0,6

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

Note: *1st processing Z 32-33; 2nd processing Z 59 – 61; 3rd processing Z 75 – 77

В вариантах с применением различных систем защиты развитие септориоза на листьях отличалось. В фазу цветения при использовании биологической защиты этот показатель составил 3,3%, интегрированной – 1,9%, химической – 1,2%. Достоверные различия установлены между всеми изученными вариантами.

Биологическая эффективность разных систем защиты озимой пшеницы от септориоза листьев в течение вегетации снижалась по мере роста проявлений заболевания (рис. 3).

При максимальном развитии патогена в фазу цветения эффективность применения биологических фунгицидов составила 52,2%. Интегрированная защита способствовала снижению развития *S. tritici* на 72,5%. Сдерживающим фактором интенсивности болезни в изученной системе послужила обработка растений в

фазу начала цветения химическим фунгицидом Амистар Экстра, КС. Биологическая эффективность применения химических фунгицидов составила 82,6%.

Первые проявления желтой пятнистости листьев были отмечены в конце выхода в трубку в контроле (без обработки). В фазу колошения развитие заболевания составило 2,5% и к фазе восковой спелости возросло до 11,5% (табл. 6).

В вариантах с применением различных систем защиты развитие желтой пятнистости на листьях отличалось. В фазу восковой спелости при использовании биологической защиты этот показатель составил 6,5%, интегрированной – 5,5%, химической – 4,2%. Достоверные различия установлены между всеми изученными вариантами.

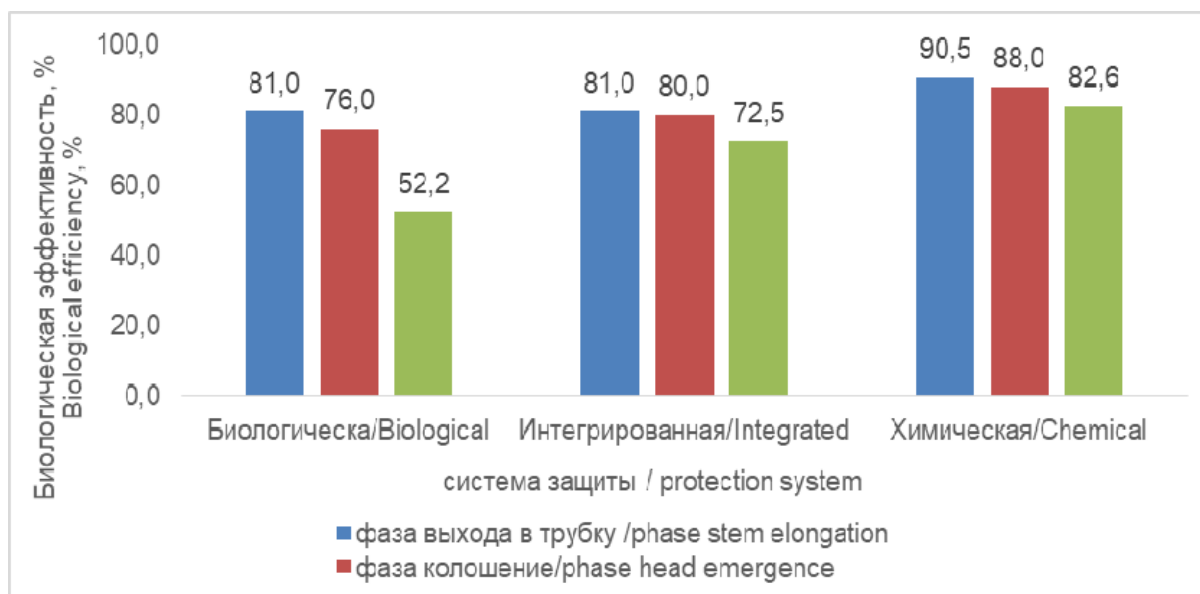


Рисунок 3. Биологическая эффективность систем защиты от септориоза листьев озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦ БЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.

Figure 3. Biological effectiveness of protection systems against Septoria leaf blight on winter wheat, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2019–2021

Таблица 6. Влияние применения систем защиты на развитие желтой пятнистости листьев озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦ БЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.

Table 6. Influence of the use of protection systems on the development of yellow leaf spot on winter wheat, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2019–2021

Система защиты*	Фаза колошение Z 49-51	Фаза цветение Z 61-65	Фаза молочно-восковая спелость Z 75-77	Фаза восковая спелость Z 85-87
Protection system*	Phase head emergence Z 49-51	Flowering phase Z 61-65	Phase milky-wax ripeness Z 75-77	Wax ripeness of grain Z 85-87
Биологическая / Biological	0,9±1,0	4,5±0,1	5,4±0,3	6,5±0,1
Интегрированная Integrated	0,9±0,9	4,3±0,2	4,7±0,1	5,5±0,3
Химическая / Chemical	0,8±0,8	3,4±0,3	3,7±0,2	4,2±0,7
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	2,5±2,5	9,9±0,1	10,4±0,2	11,5±0,5
НСП ₀₅ / LSD ₀₅	0,2	0,2	0,6	0,7

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

Note: *1st processing Z 32-33; 2nd processing Z 59 – 61; 3rd processing Z 75 – 77

С увеличением интенсивности роста пятнистости на листьях пшеницы в течение вегетации биологическая эффективность снижалась (рис. 4).

При максимальном развитии патогена в фазу восковой спелости в варианте с применением биологических фунгицидов этот показатель составил 43,5%, при интегрированной защите – 52,2%, при химической защите – 63,5%.

В ходе работы были учтены показатели структуры урожая зерна (табл. 7). Масса 1000 зерен в контроле (без обработки) составила 30,4 г, в варианте с химической защитой – 31,6 г, в варианте с биологической и интегрированной защитой по 31,3 г. Достоверные различия установлены во всех вариантах в сравнении с контролем (без обработки), при этом между системами защиты достоверных различий не выявлено.

Масса одного колоса в вариантах варьировала от 1,4 г (биологическая и химическая защита) до 1,5 г

(интегрированная защита, контроль (без обработки)). Достоверные различия между вариантами не выявлены. Количество зерен в одном колосе в контроле (без обработки) составило 37,5 шт. Максимальное значение этого показателя было установлено в вариантах с использованием интегрированной и химической системы защиты (по 39,3 шт.)

Урожайность озимой пшеницы значительно изменялась по годам, в зависимости от погодных условий, влияние фактора составило 79,9%. Также были выявлены достоверные различия между вариантами (табл. 8).

В контроле (без обработки) урожай зерна составил 52,8 ц/га. Максимальная прибавка к контролю была отмечена в варианте с применением химической защиты – 16,5%. При интегрированной системе этот показатель составил 11,6%, при использовании биологических фунгицидов – 9,3%.

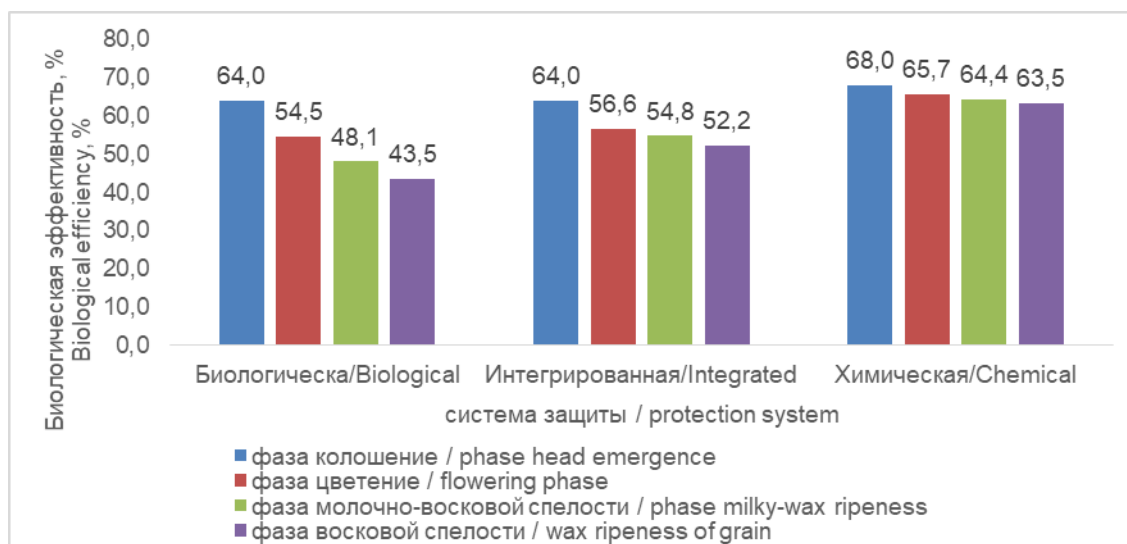


Рисунок 4. Биологическая эффективность систем защиты от желтой пятнистости листьев озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.

Figure 4. Biological effectiveness of protection systems against yellow leaf spot on winter wheat, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2018–2021

Таблица 7. Влияние биологических фунгицидов на структуру урожая озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.

Table 7. Effect of biological fungicides on the structure of the winter wheat crop, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2019–2021

Система защиты Protection system	Структура урожая зерна Grain yield structure		
	масса 1000 зерен, г weight of 1000 grains, g	количество зерен в 1 колосе, шт. number of grains in 1 spike, pcs.	масса 1 колоса, г weight of 1 ear, g
Биологическая / Biological	31,3±0,5	38,8±0,5	1,5±0,1
Интегрированная Integrated	31,3±0,6	39,3±0,3	1,4±0,1
Химическая / Chemical	31,6±1,3	39,3±0,3	1,5±0,1
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	30,4±0,5	37,5±0,2	1,4±0,1
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	0,8	1,0	0,1

Таблица 8. Хозяйственная эффективность систем защиты озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.

Table 8. Economic efficiency of winter wheat protection systems, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, variety Svarog variety, 2019–2021

Система защиты Protection system	Урожайность, ц/га Productivity, c/ha	Прибавка к контролю (без обработки) Control Gain (Untreated)	
		ц/га / c/ha	%
Биологическая biological	57,7±7,8	4,9	9,3
Интегрированная Integrated	58,9±7,7	6,1	11,6
Химическая Chemical	61,5±8,1	8,7	16,5
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	52,8±7,6	-	-

НСР₀₅ (по фактору А – погодные условия) = 0,6 ц/га; НСР₀₅ (по фактору В – системы защиты) = 0,7 ц/га;

НСР₀₅ (для частных различий) = 1,1 ц/га.

Влияние фактора А (погодные условия) 79,9%; влияние фактора В (системы защиты) 19,3%;

влияние взаимодействия АВ 0,5%; влияние случайных факторов 0,3%

LSD₀₅ (according to factor A – weather conditions) = 0.6 c/ha; LSD₀₅ (by factor B – protection systems) = 0.7 c/ha;

LSD₀₅ (for partial differences) = 1.1 c/ha.

Influence of factor A (weather conditions) 79.9%; the influence of factor B (protection systems) 19.3%;

influence of interaction AB 0.5%; influence of random factors – 0.3%

Экономическая эффективность при использовании разных систем защиты отличалась (табл. 9).

В вариантах с применением биологических фунгицидов производственные затраты были ниже и

составили 39714,6 руб. (биологическая защита) и 42626,0 руб. (интегрированная защита). В варианте с использованием химической системы этот показатель составил 45891,5 руб.

Таблица 9. Экономическая эффективность систем защиты озимой пшеницы, полевой стационар ФГБНУ ФНЦБЗР, сорт Сварог, 2019–2021 гг.

Table 9. Economic efficiency of methods for protecting winter wheat, field station Federal Research Centre of Biological Plant Protection, Svarog variety, 2019–2021

Система защиты Protection system	Стоимость валовой продукции, руб. The cost of gross output, rub.	Производственные затраты, руб. Production costs, rub.	Чистый доход, руб./га Net income, rub./ha	Уровень рентабельности, % Profitability level, %
Биологическая Biological	86550,0	39714,6	46835,4	117,9
Интегрированная Integrated	88350,0	42626,0	45724,0	107,3
Химическая Chemical	92250,0	45891,5	46358,5	101,0
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	73920,0	38055,6	35864,4	94,2

Максимальный уровень рентабельности отмечен в варианте с применением биологической защиты – 117,9%, в варианте с интегрированной защитой этот показатель составил 107,3%, химической защитой – 101,0%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты доказывают эффективность использования разных систем защиты на озимой пшенице сорта Сварог в условиях центральной зоны Краснодарского края.

Эффективность биологической системы защиты против фузариозной корневой гнили в фазу молочно-восковой спелости составила 33,9%, интегрированной – 54,7%, химической – 54,9%; против септориоза в фазу цветения – соответственно 52,2%, 72,5% и 82,6%; против желтой пятнистости – 43,5%, 52,2% и 63,5%. Использование биологической защиты способствовало сохранению 4,9 ц/га урожая зерна в сравнении с контролем (без обработки), интегрированной защиты – 6,1 ц/га, химической защиты – 8,7 ц/га, чистая прибыль при этом составила 46835,4 руб./га, 45724,0 руб./га и 46358,5 руб./га соответственно.

Для снижения пестицидной нагрузки и уменьшения затрат на производство зерна рекомендована система биологической защиты озимой пшеницы сорта Сварог.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRN-2022-0004.

ACKNOWLEDGEMENT

The research was carried out in accordance with the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of research on the topic No FGRN-2022-0004.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сельское хозяйство и балансы продовольственных ресурсов // Федеральная служба государственной

статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения 13.03.2023)

2. Budynkow N.I., Mikhaleva S.N. Monitoring of Alternaria Fungi on Winter Wheat Grain in Farms in the South of Russia (2014–2020) // Russian Agricultural Sciences. 2022. V. 48. N 1. P. 119–125. DOI: 10.3103/S1068367422070072

3. Ким Ю.С., Волкова Г.В. Желтая пятнистость листьев пшеницы: распространение, вредоносность, расовый состав (обзор) // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. N 2 (50). С. 105–116. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-2-105-116

4. Chen X. Pathogens which threaten food security: *Puccinia striiformis*, the wheat stripe rust pathogen // Food Security. 2020. N 12. P. 239–251.

5. Санин С.С., Санина А.А., Пахолкова Е.В., Корнева Л.Г., Карлова Л.В., Рулева О.М. Защита пшеницы от эпитотий септориоза листьев и колоса // Защита и карантин растений. 2022. N 11. С. 4–13. DOI: 10.47528/1026-8634-2022-11-4

6. Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова Е.С., Никулин А.Н., Умников В.И., Чернявский В.С., Зайцев М.А., Лысенко К.А., Голубев В.А., Варенова Д.А. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2022 году и прогноз развития вредных объектов в 2023 году / Под ред. Говорова Д.Н., Живых А.В. Москва: Изд-во ФГБУ РСЦ, 2023. 226 с.

7. Гришечкина Л.Д., Долженко В.И., Кунгурцева О.В. Развитие исследований по формированию современного ассортимента фунгицидов // Агрохимия. 2020. N 9. С. 32–47. DOI: 10.31857/S0002188120090070

8. Гришечкина Л.Д., Силаев А.И. Элатус Риа – эффективный фунгицид для защиты озимой пшеницы от пятнистостей листьев и колоса // Аграрный научный журнал. 2020. N 2. С. 9–15. DOI: 10.28983/asj.y2020i2pp9-15

9. Лавринова В.А., Полунина Т.С., Гусев И.В., Леонтьева М.П. Влияние фунгицидов и природных факторов на микобиоту корневой системы и почвы // Вестник аграрной науки. 2018. N 2 (71). С. 12–18. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.2.12

10. Глазунова Н.Н., Безгина Ю.А., Шипуля А.Н., Волосова Е.В., Пашкова Е.В. Поиск новых решений для борьбы с фузариозом колоса // Земледелие. 2022. N 7. С. 45–47. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-7-45-47

11. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской

- Федерации. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России). Издание официальное. Москва. 2022. URL: <https://www.agroxxi.ru/goshandbook> (дата обращения 10.03.2023)
12. Yi Y.-J., Yin Y.-N., Yang Y.-A., Liang Y.-Q., Shan Y.-T., Zhang Ch.-F., Zhang Y.-R., Liang Z.-P. Antagonistic Activity and Mechanism of *Bacillus subtilis* XZ16-1 Suppression of Wheat Powdery Mildew and Growth Promotion of Wheat // *Phytopathology*. 2022. V. 112. N 12. P. 1418–1423. DOI: 10.1094/PHYTO-04-22-0118-R
 13. 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. N 139. Article ID: 104067. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.104067
 14. Feodorova-Fedotova L., Bankina B., Strazdina V. Possibilities for the biological control of yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in winter wheat in Latvia in 2017–2018 // *Agronomy Research*. 2019. V. 17. N 3. P. 716–724. DOI: 10.15159/AR.19.137
 15. Асатурова А.М., Сидорова Т.М., Томашевич Н.С., Жевнова Н.А., Хомяк А.И., Козицын А.Е., Дубяга В.М., Павлова М.Д., Сидоров Н.М., Аллаhverдян В.В. Изучение антагонистических и ростстимулирующих свойств штаммов *Bacillus subtilis*, перспективных для создания эффективных биофунгицидов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. Т. 21. N 3. P. 263–272. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.263-272
 16. Слюсарев В.Н., Швеиц Т.В., Осипов А.В. Почвы Краснодарского края. Краснодар: Редакционный отдел и типография КубГАУ, 2022. 260 с.
 17. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Лавренчук Н.Ф. и др. Сорта и гибриды: каталог. Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко. Краснодар: Издательство "ЭДВИ". 2022. 152 с.
 18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. Москва: Альянс, 2011. 351 с.
 19. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В.И. Долженко Санкт-Петербург: ВИЗР. 2009. 377 с.
 20. 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.
 21. Hashem A., Tabassum B., Fathi Abd Allah E. *Bacillus subtilis*: a plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2019. N 26. P. 1291–1297. DOI: 10.1016/j.sjbs.2019.05.004
 22. Shah D., Khan M.S., Aziz S., Ali H., Pecoraro L. Molecular and biochemical characterization, antimicrobial activity, stress tolerance, and plant growth-promoting effect of endophytic bacteria isolated from wheat varieties // *Microorganisms*. 2022. V. 10. N 21. DOI: 10.3390/microorganisms10010021
- REFERENCES**
1. *Sel'skoe khozyaistvo i balansy prodovol'stvennykh resursov. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki* [Agriculture and balances of food resources. Federal State Statistics Service]. Available at: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (accessed 13.03.2023) (In Russian)
 2. Budynkow N.I., Mikhaleva S.N. Monitoring of Alternaria Fungi on Winter Wheat Grain in Farms in the South of Russia (2014–2020). *Russian Agricultural Sciences*, 2022, vol. 48, no. 1, pp. 119–125. DOI: 10.3103/S1068367422070072
 3. Kim Yu.S., Volkova G.V. Yellow leaf spot of wheat: distribution, harmfulness, racial composition (review). *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2020, no. 2 (50), pp. 105–116. (In Russian) DOI: 10.18286/1816-4501-2020-2-105-116
 4. Chen X. Pathogens which threaten food security: *Puccinia striiformis*, the wheat stripe rust pathogen. *Food Security*. 2020, no. 122, pp. 239–251.
 5. Sanin S.S., Sanina A.A., Pakholkova E.V., Korneva L.G., Karlova L.V., Ruleva O.M. Protection of wheat against epiphytotic of septoria leaf and spike. *Plant Protection and Quarantine*, 2022, no. 11, pp. 4–13. (In Russian) DOI: 10.47528/1026-8634-2022-11-4
 6. Govorov D.N., Zhiviykh A.V., Shabelnikova E.S., Nikulin A.N., Umnikov V.I., Chernyavsky V.S., Zaitsev M.A., Lysenko K.A., Golubev V.A., Varenova D.A. *Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Rossiiskoi Federatsii v 2022 godu i prognoz razvitiya vrednykh ob"ektov v 2023 godu* [A review of the phytosanitary state of agricultural crops in the Russian Federation in 2022 and a forecast for the development of harmful objects in 2023]. Moscow, FGBU RSC Publ., 2023, 226 p. (In Russian)
 7. Grishechkina L.D., Dolzhenko V.I., Kungurtseva O.V. Development of research on the formation of a modern range of fungicides. *Agrochemistry*, 2020, no. 9, pp. 32–47. (In Russian) DOI: 10.31857/S0002188120090070
 8. Grishechkina L.D., Silaev A.I. Elatus ria is an effective fungicide for protecting winter wheat from leaf and ear blotches. *Agrarian Scientific Journal*, 2020, no. 2, pp. 9–15. (In Russian) DOI 10.28983/asj.y2020i2pp9-15
 9. Lavrinova V.A., Polunina T.S., Gusev I.V., Leontieva M.P. Influence of fungicides and natural factors on the mycobiota of the root system and soil. *Bulletin of agrarian science*, 2018, no. 2 (71), pp. 12–18. (In Russian) DOI: 10.15217/issn2587-666X.2018.2.12
 10. Glazunova N.N., Bezgina Yu.A., Shipulya A.N., Volosova E.V., Pashkova E.V. Search for new solutions to combat fusariosis of the ear. *Agriculture*, 2022, no. 7, pp. 45–47. (In Russian) DOI: 10.24412/0044-3913-2022-7-45-47
 11. *Gosudarstvennyi katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiiskoi Federatsii* [State catalog of pesticides and agrochemicals permitted for use on the territory of the Russian Federation]. Moscow, 2022. (In Russian) Available at: <https://www.agroxxi.ru/goshandbook> (accessed 10.03.2023)
 12. Yi Y.-J., Yin Y.-N., Yang Y.-A., Liang Y.-Q., Shan Y.-T., Zhang Ch.-F., Zhang Y.-R., Liang Z.-P. Antagonistic Activity and Mechanism of *Bacillus subtilis* XZ16-1 Suppression of Wheat Powdery Mildew and Growth Promotion of Wheat. *Phytopathology*, 2022, vol. 112, no. 12, pp. 1418–1423. DOI: 10.1094/PHYTO-04-22-0118-R
 13. 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, no. 139, pp, article id: 104067. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.104067
 14. Feodorova-Fedotova L., Bankina B., Strazdina V. Possibilities for the biological control of yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) in winter wheat in Latvia in 2017–2018. *Agronomy Research*, 2019, vol. 17, no. 3, pp. 716–724. DOI: 10.15159/AR.19.137
 15. Asaturova A.M., Sidorova T.M., Tomashevich N.S., Zhevnova N.A., Khomyak A.I., Kozitsyn A.E., Dubyaga V.M., Pavlova M.D., Sidorov N.M., Allahverdyan V.V. The study of antagonistic and growth-stimulating properties of *Bacillus subtilis* strains, promising for the creation of effective biofungicides. *Agrarian science of the Euro-North-East*, 2020, vol. 21, no. 3, pp. 263–272. (In Russian) DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.3.263-272
 16. Slyusarev V.N., Shvets T.V., Osipov A.V. *Pochvy Krasnodarskogo kraya* [Soils of the Krasnodar Territory]. Krasnodar, KubGAU Publ., 2022, 260 p. (In Russian)

17. Romanenko A.A., Bespalova L.A., Lavrenchuk N.F. *Sorta i gibridy: katalog* [Varieties and hybrids: catalog]. Krasnodar, EDVI Publ., 2022, 152 p. (In Russian)
18. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Alliance Publ., 2011, 351 p. (In Russian)
19. Dolzhenko V.I., ed. *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaistve* [Guidelines for registration testing of fungicides in agriculture]. St. Petersburg, VIZR Publ., 2009, 377 p. (In Russian)
20. Goncharov N.R. Methodological approaches to the economic evaluation of the effectiveness of plant protection measures under the conditions of a separate experiment. *Vestnik zashchity rastenii* [Bulletin of Plant Protection]. 2017, no. 3 (93), pp. 44–54. (In Russian)
21. Hashem A., Tabassum B., Fathi Abd Allah E. *Bacillus subtilis*: a plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2019, no. 26, pp. 1291–1297. DOI: 10.1016 / j.sjbs.2019.05.004
22. Shah D., Khan M.S., Aziz S., Ali H., Pecoraro L. Molecular and biochemical characterization, antimicrobial activity, stress tolerance, and plant growth-promoting effect of endophytic bacteria isolated from wheat varieties. *Microorganisms*, 2022, vol. 10, no. 21. DOI: 10.3390/microorganisms10010021

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Мария С. Гвоздева, Галина В. Волкова в равной степени выполняли все работы в ходе исследования. Оба автора в равной степени участвовали в написании рукописи и несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Maria S. Gvozdeva and Galina V. Volkova contributed equally to all the work during the study. Both authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Мария С. Гвоздева / Maria S. Gvozdeva <http://orcid.org/0000-0002-9141-6647>

Галина В. Волкова / Galina V. Volkova <http://orcid.org/0000-0002-3696-2610>