

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ В ГОДЫ С РАЗНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ

^{1,2}А.А. Побеленская, ^{1,3}Л.Н. Коробова, ¹К.В. Павлова

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

³Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Пуцинский филиал, г. Пузино Московской области, Россия

E-mail: pobelenskayan@mail.ru

Для цитирования: Побеленская А.А., Коробова Л.Н., Павлова К.В. Эффективность применения биопрепаратов на яровой пшенице в годы с разной влагообеспеченностью // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 3 (76). – С. 143–149. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-76-3-143-149.

Ключевые слова: яровая пшеница, биопрепараты на основе *Bacillus*, гумат, обработка семян, корневая гниль, урожайность зерна.

Реферат. Представлены результаты трехлетней оценки влияния препаратов на основе *Bacillus*, использованных для обработки семян яровой пшеницы, на развитие корневой гнили и продуктивность культуры. Опыты проводились в северной лесостепи Приобья в 2019 и 2021–2022 гг. как полевые. Из трех лет исследований два года были с умеренной влажностью с ГТК по Селянинову 1,02 и 0,91, а 2022 г. – засушливым с ГТК = 0,69. Изучено действие на сорт яровой пшеницы Новосибирская 31 Фитона 8.67-9 на основе бактерий *B. subtilis* и *B. amyloliquefaciens* с КОЕ 10⁹, а также бактериально-гуминового препарата АФГ (смеси Фитона 8.67-9 и Цитогумата с титром 10⁷ КОЕ) в сравнении с химическим протравителем на основе дифеноконазола и ципроконазола и Цитогуматом. Цитогумат сделан из бурого угля и содержит калиевые и натриевые гуминовые кислоты, N, P, K, Ca, Mg, S и микроэлементы. Показано, что бактериальный Фитон 8-67.9 и бактериально-гуминовый препарат АФГ, использованные для обработки семян, снижали их зараженность возбудителями корневой гнили *Fusarium* и *Bipolaris sorokiniana* до уровня порога вредоносности и ниже и уменьшали пораженность болезнью первичных корней растений к куцению в 1,6–3,5 раза. В годы с умеренной влагообеспеченностью биологическая эффективность биопрепаратов была сравнима с химическим протравителем на основе дифеноконазола и ципроконазола, в засушливый год уступала ему. Урожайность зерна яровой пшеницы в годы с ГТК = 0,9–1,0 изменялась в ряду: препараты с бациллами (прибавка к контролю ≈ 20 %) > Цитогумат (+10 %) > химический эталон (+5,5 %). В засушливую вегетацию урожайность зерна яровой пшеницы (второй культурой после пара) была выше на 30–38 % на химическом протравителе.

EFFICACY OF BIOPREPARATIONS ON SPRING WHEAT UNDER VARIABLE MOISTURE CONDITIONS

^{1,2}A.A. Pobelenskaya, ^{1,3}L.N. Korobova, ¹K.V. Pavlova

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Pushchino branch, Pushchino, Moscow Region, Russia

E-mail: pobelenskayan@mail.ru

Keywords: spring wheat, *Bacillus*-based biopreparations, humate, seed treatment, root rot, grain yield.

Abstract. The results of a three-year assessment of the effect of *Bacillus*-based preparations used to treat spring wheat seeds on the development of root rot and crop productivity are presented. The experiments were conducted in the northern forest-steppe of the Ob region in 2019 and 2021–2022 as field experiments. Of the three years of research, two years were moderately humid with a GTC according to Selyaninov of 1.02 and 0.91, while 2022 was dry with a GTC of 0.69. The effect of Fitop 8.67-9 based on *B. subtilis* and *B. amyloliquefaciens* bacteria with 10⁹ CFU, as well as the bacterial-humic preparation AFG (a mixture of Fitop 8.67-9 and Cytogumate with a titer of 10⁷ CFU), was studied on the Novosibirskaya 31 spring wheat variety, in comparison with a chemical

fungicide based on difenoconazole and cyproconazole, and Cytogumate. Cytogumate is made from brown coal and contains potassium and sodium humic acids, N, P, K, Ca, Mg, S, and trace elements. It has been shown that bacterial Fitop 8-67.9 and bacterial-humic preparation AFG, used for seed treatment, reduced their infection with pathogens. It was shown that the bacterial preparation Fitop 8-67.9 and the bacterial-humic preparation AFG, used for seed treatment, reduced the infestation of seeds by the root rot pathogens Fusarium and Bipolaris sorokiniana to the threshold of harmfulness or lower, and reduced the disease incidence of the primary roots of plants by 1.6–3.5 times. In years with moderate moisture availability, the biological efficiency of biological products was comparable to that of a chemical fungicide based on difenoconazole and ciproconazole, but it was inferior in a dry year. The grain yield of spring wheat in years with GTC = 0.9–1.0 varied in the following order: products with Bacillus (approximately 20 % increase over the control) > Cytogumate (+10 %) > chemical reference (+5.5 %). In dry vegetation, the yield of spring wheat (the second crop after fallow) was 30–38 % higher on chemical seed treatment.

Яровая пшеница – важная полевая культура в регионах с относительно коротким летом и резко континентальными климатическими условиями. Значительные экономические потери и снижение качества зерна яровой пшеницы здесь связаны с повсеместным распространением грибных инфекций [1], что актуализирует такой метод управления ее урожайностью, как предпосевная обработка семян. Прием помогает повысить всхожесть растений, защитить их от болезней на ранних стадиях развития и стимулировать рост зародышевых корней и стебля.

На юге Западной Сибири семена яровой пшеницы инфицированы *Bipolaris sorokiniana* Shoem., грибами родов *Fusarium* L. (вызывают корневую гниль *root-rot* и гнили смешанной этиологии), *Ustilago tritici* (Pers.) Jens, *Septoria nodorum* Berk. (возбудители пыльной головки и септориоза) и *Alternaria* Nees [2–3].

Эффективная борьба с ними обычно включает сочетание химической обработки семян и агротехнических приемов. Альтернативой химической обработке семян может стать их инокуляция биопрепаратами, зарегистрированными как биопестициды или биоудобрения. Они обеспечивают здоровые всходы, улучшают энергию прорастания семян и полевую всхожесть, а также пищевую ценность зерновой продукции [4].

Среди биологических протравителей в относительно засушливой Южной Сибири наиболее эффективными считаются препараты на основе бактерий *Bacillus*. Бациллы долго сохраняются в почве в виде спор, продуцируют антагонистические соединения разной химической природы, а также стимулируют системную устойчивость растений к патогенным микроорганизмам [5–6]. Как антагонисты они контролируют корневые инфекции, в частности, ограничивают развитие и распространение корневой гнили [7–9].

Заболееваемость яровой пшеницы корневыми гнилями и их вредоносность сильно зависят от

влагообеспеченности вегетации. Засушливые условия способствуют доминированию в патогенном комплексе почв Западной Сибири возбудителя обыкновенной гнили *B. sorokiniana*, влажные – фузариев. Из-за засухи в момент закладки колоса (фазы кущения и выхода в трубку) снижается зерновая продуктивность яровой пшеницы, что усугубляется развитием корневых инфекций. Все это делает важным оценку биологической и хозяйственной эффективности инокуляции семян бактериальными и гуминовыми препаратами в условиях разной почвенной влажности.

Цель данной работы – изучить действие биопрепаратов для обработки семян на основе *Bacillus* в сравнении с химическим эталоном на заболеваемость и продуктивность яровой пшеницы в годы с разной влагообеспеченностью.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования провели на опытном поле Новосибирского государственного аграрного университета (северная лесостепь) в Новосибирской области. Опыты закладывали как полевые с площадью делянок на вариант 0,4 и более гектаров. Высевали яровую пшеницу сорта Новосибирская 31 с нормой 6 млн семян/га. В 2019 г. изучали первую культуру после пара, в 2021–2022 гг. вторую культуру. Агротехника в опытах была классической для зоны, с отвальной обработкой почвы. Перед посевом под вторую культуру вносили 18 кг д.в./га аммиачной селитры. В фазу кущения опыты обрабатывали баковыми смесями гербицидов против двудольных и однодольных сорняков.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесиловый, среднегумусный, среднесуглинистый с нейтральной реакцией среды.

Схема опыта: 1) контроль, без протравливания семян; 2) Фитоп 8.67-9, 1,6 мл/т; 3) АФГ,

0,33 л/т; 4) Цитогумат, 0,33 л/т; 5) химический эталон – дифеноконазол + ципроконазол, 30+6,3 г/л, 1 л/т.

Фитоп 8.67-9 – препарат на основе одного штамма *B. subtilis* и двух *B. amyloliquefaciens* с КОЕ 10^9 . Цитогумат – препарат из бурого угля, с калиевыми, натриевыми гуминовыми кислотами, фульвой кислотой, N, P, K, Ca, Mg, S и девятью микроэлементами. АФГ – смесовый препарат из Фитоба 8.67 и Цитогумата с титром 10^7 КОЕ.

В вариантах опыта учитывали зараженность семян фитопатогенами методом микологического анализа, заболеваемость растений корневой гнилью по органам по методике [10] и биологическую урожайность (отбором снопов с 1 м^2). Повторность микологического анализа трехкратная, остальных учетов шестикратная. Данные обрабатывали дисперсионным анализом по программе Snedecor [11], выявляя наименьшую существенную разность между средними значениями вариантов при $P_{0,95}$.

Из трех лет исследования 2019 и 2021 гг. были умеренно влажными с ГТК по Селянинову 1,02 и 0,91; 2022 г. – засушливым с ГТК = 0,69.

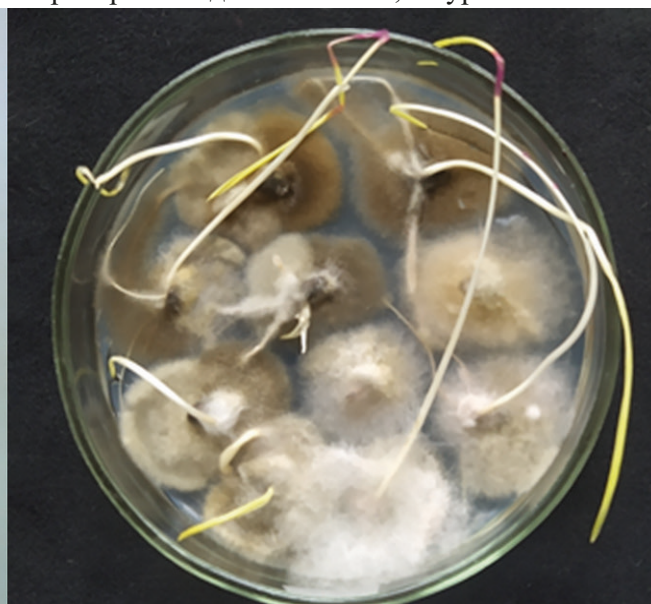
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Во все годы проведения опыта семена высеваемой пшеницы содержали возбудителей фузариозной и гельминтоспориозной инфекции (рис. 1). Их численность достигала порога вредоносности (ПВ) или была выше его, что требовало предпосевного обеззараживания. Например, в 2019 г. фузариев в посевном материале насчитывалось 2,5 ПВ, *Bipolaris sorokiniana* 1,5 ПВ. Условно-патогенные грибы рода *Alternaria* встречались у 55–80 % семян, плесени хранения аспергиллы и пенициллы у 0–7 %. В 2022 г. уровень семенной фузариозной инфекции был практически таким же, фитопатоген гельминтоспориум встречался у 20 % семян (1,3 ПВ), альтернария у 76,7 %.

Применяемые биопрепараты семенную инфекцию подавляли почти на уровне эталона – бинарного химического протравителя семян. Жизнеспособных грибов *Fusarium* после обработки Фитопом 8.67-9 и АФГ в семенах не обнаруживалось или их было меньше ПВ (=5 %). *B. sorokiniana* этими препаратами ограничивался в 2 раза. Цитогумат на биполярис в зерновке не влиял, а условно патогенную альтернарию все препараты подавляли слабо, на уровне 11–35 %.



2019 г.



2022 г.

Рис. 1. Патоконкомплекс семян яровой пшеницы Новосибирская 31 перед посевом
Pathocomplex of spring wheat seeds Novosibirsk 31 before sowing

Обеззараживание семян приводило к ограничению заболеваемости корневой системы пшеницы (таблица). В 2019 г. в кущение, когда закладывался колос, индекс развития корневой гнили на первичных корнях (ИРБ) у растений с обработанными семенами оказался меньше кон-

троля в 1,4–2,0 раза. В 2021 г. уменьшение ИРБ составило 2,3–3,4 раза, в 2022 г. 1,6–7 раз. Лучшие других препаратов оздоравливал первичные корни химический эталон с дифеноконазолом и ципроконазолом. Среднее место по биологической эффективности в отношении гнилей зародышевых

корней заняли бактериально-гуминовый препарат АФГ и бактериальный Фитоп 8.67-9. Биологическая эффективность Цитогумата была ниже и изменялась от 38 до 70 %.

Изучаемые препараты защищали растения, судя по эпикотилу, и от почвенной инфекции. Этот орган переносит главную почку побега к поверхности почвы и служит рецептором почвенных инфекций. В контроле в кущение ИРБ эпикотили изменялся в разные годы исследований от 8,2 до 10,4 %. В вариантах с Фитопом 8.67-9 и АФГ составлял в среднем 5,6 и 6,0 %. Хими-

ческий эталон снижал индекс развития болезни эпикотилиа в годы с умеренным увлажнением до 4,8–6,6 % и до 1,7 % в сухой год. В засушливую вегетацию здоровье эпикотилиа оказалось важным для сохранности растений и урожайности зерна, поскольку при пересыхании почвы они снабжались водой преимущественно от зародышевых корней, т.е. через эпикотиль.

ЦитогуMAT два года из трех лет никакого оздоравливающего действия на эпикотиль яровой пшеницы не показал.

Пораженность первичных корней корневой гнилью корневой системы яровой пшеницы в вариантах опыта
Infection of primary roots by root rot of the root system of spring wheat in experimental variants

Варианты	ИРБ, %, фаза кущения					
	2019 г. (ГТК = 1,02)		2021 г. (ГТК = 0,91)		2022 г. (ГТК = 0,69)	
	1	2	1	2	1	2
Контроль, без обработки семян	9,6	9,2	11,5	8,2	11,2	10,4
Фитоп 8.67-9	6,1	6,8	4,9	4,0	3,2	5,9
АФГ	6,2	7,4	3,4	5,4	3,5	5,3
ЦитогуMAT	5,4	10,3	4,5	5,0	6,9	9,7
Химический эталон*	4,9	6,6	3,4	4,8	1,6	1,7
НСР ₀₅	3,3	2,3	3,3	2,8	2,7	4,3

Примечания: 1 – первичные корни; 2 – эпикотиль; * – препарат с дифеноконазолом и ципроконазолом.

Урожайность яровой пшеницы в опыте изменялась по годам и зависела от предшественника. В умеренно увлажненном 2019 г. в контроле без обработки семян она составила по паровому предшественнику 352,0 г/м², а примерно в таких же условиях увлажнения по предшественнику вторая

пшеница в 2021 г. – 265,4 г/м². При этом прибавка урожайности по вариантам с обработкой семян в оба года исследований с ГТК = 0,9–1,0 имела одинаковую направленность (рис. 2) и уменьшалась в ряду: препараты с бациллами (Фитоп 8.67-9 и АФГ) > ЦитогуMAT > химический эталон.

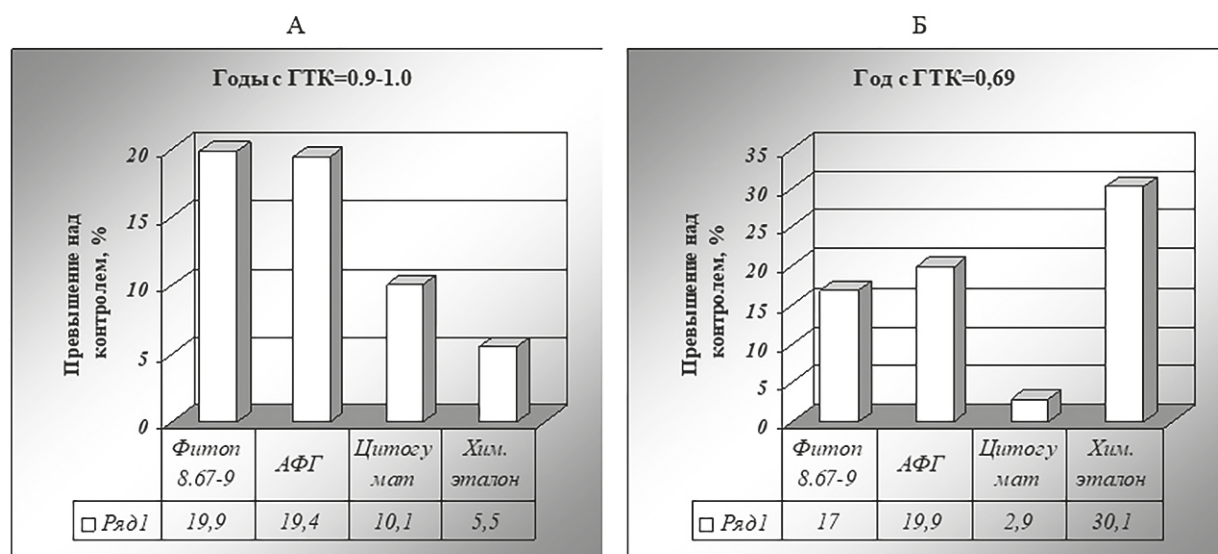


Рис. 2. Прибавка урожайности яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 от применения препаратов для обработки семян в разные по влагообеспеченности годы: А – среднее за 2019 и 2021 гг., Б – среднее за 2022 г.

В сухой год в посеве яровой пшеницы во всех изученных вариантах кроме химического протравителя (эталона) отмечалась низкая сохранность растений к уборке. Этому способствовали почвенная инфекция и ослабленная конкурентноспособность и стрессоустойчивость растений. Количество растений, сохранившихся к уборке, составило на изученных препаратах не более 40 % от нормы посева, в то время как в варианте с дифенокназолом и ципроконазолом густота стояния растений соответствовала норме.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Многолетняя практика и мировой опыт показывают, что возбудители корневых инфекций, выявленные нами в семенах яровой пшеницы в годы исследований, актуальны во всех регионах возделывания сельскохозяйственных культур [12], а вызываемые ими болезни можно существенно ограничить с помощью качественно проведенной предпосевной обработки семян биопрепаратами на основе бактерий рода *Bacillus* [12–13]. Важные аспекты такой обработки – возможность обеззараживания семян растений от фитопатогенов, экологическая безопасность для почвенной среды [14–15] и стимуляции роста корней и проростков экзометаболитами бацилл или гуминовыми веществами. В проведенных опытах инокуляция бактериями обеспечила оздоровление семенного материала от фитопатогенов до уровня порога вредоносности. Это привело к ограничению процента пораженности первичных корней растений корневой гнилью в 2019 и 2021–2022 гг. в 1,4–3,4 раза. В умеренно влажные вегетации биопрепараты для обработки семян показали биологическую эффективность в отношении корневой гнили, сравнимую с бинарным химическим эталоном с дифенокназолом и ципроконазолом. В засушливых условиях химический протравитель

оздоравливал корневую систему яровой пшеницы, защищал ее от почвенной инфекции гораздо лучше и обеспечил полноценную сохранность растений к уборке зерна.

Поэтому в сухой год, несмотря на небольшую массу 1000 зерен, урожайность яровой пшеницы варианта с химическим протравителем превзошла варианты с бактериальной инокуляцией семян. Относительно варианта с Фитопом 8.67-9 это произошло чуть больше, чем на треть, относительно АФГ – на 30 %.

ВЫВОДЫ

1. Использование бактериального Фитопа 8.67-9 и бактериально-гуминового препарата АФГ для обработки семян яровой пшеницы достаточно эффективно подавляет грибную инфекцию. Зараженность семян *Fusarium* и *Bipolaris sorokiniana* – возбудителями корневых гнилей злаков – после их применения снизилась до установленных порогов вредоносности (5 % для фузариев и 10–15 % для биопляриса).

2. Обработка семян препаратами с *Bacillus* способствовала оздоровлению первичных корней растений в 1,6–3,5 раза и защите пшеницы от почвенной инфекции до фазы кущения. Индекс поражения эпикотили корневой гнилью на фоне инокуляции семян Фитопом 8.67-9 оказался меньше контроля на 40 %, обработки АФГ на 30 %. Слабо эффективным в подавлении почвенной инфекции проявил себя гуминовый препарат Цитогумат.

3. Урожайность зерна яровой пшеницы в годы с ГТК = 0,9–1,0 изменялась в ряду: препараты с бациллами (прибавка к контролю ~20 %) > Цитогумат (+10 %) > химический эталон (+5,5 %). В засушливую вегетацию урожайность зерна третьей культуры по пару была выше на 30–38 % на химическом протравителе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Multi-peril* pathogen risks to global wheat production: a probabilistic loss and investment assessment / Y. Chai [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – № 13. – DOI: 10.3389/fpls.2022.1034600.
2. Коробова Л.Н. Влияние протравителей семян на биогенность почвы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2008. – № 9. – С. 12–16.
3. Торопова Е.Ю., Фещенко Е.С. Эффективность протравителей семян яровой пшеницы при возделывании по разным предшественникам в лесостепи Новосибирской области // *Защита и карантин растений*. – 2023. – № 4. – С. 15–18.

4. Влияние химических и биологических препаратов на всхожесть семян и выживаемость *Triticum aestivum* L. / С.А. Душкин, В.С. Лукьянцев, А.П. Глинушкин [и др.] // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6. – С. 30–33.
5. Дьяков Ю.Т. Фундаментальная фитопатология. – М., 2012. – 512 с.
6. *Advances in the control of phytopathogenic fungi that infect crops through their root system* / J.J.R. Coque, J.M.Álvarez-Pérez, R. Cobos [et al.] // *Adv. Appl. Microbiol.* – 2020. – Vol. 111. – P. 123–170. – DOI: 10.1016/bs.aambs.2020.01.003.
7. Коробова Л.Н., Гаврилец Т.В. Применение бактофита: и прибавка урожая, и оздоровление почвы // Защита и карантин растений. – 2006. – № 4. – С. 47–48.
8. Степанов М.И., Коробов В.А., Лемяк А.А. Эффективность биологического препарата Фитоп 8.67 на основе штаммов бактерий рода *Bacillus* на яровой пшенице в Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 12. – С. 36–38.
9. Мустапа У.А., Павлова К.В., Коробова Л.Н. Действие препаратов для обработки семян АФГ и Фитопа 8.67-9 на яровую пшеницу // Химия и жизнь: сб. ст. XXI Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2022. – С. 116–120.
10. Чулкина В.А. Методические указания по учету корневой гнили хлебных злаков в Сибири дифференцированно по органам. – Новосибирск, 1972. – 23 с.
11. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск, 2004. – 162 с.
12. *Bacillus amyloliquefaciens* FG14 as a potential biocontrol strain against rusty root rot of *Panax ginseng*, and its impact on the rhizosphere microbial community / J. Wang, J. Wang, T. Liu [et al.] // *Biol. Control.* – 2023. – Vol. 182. – Art. 10522. – DOI: 10.1016/j.biocontrol.2023.105221.
13. *Effective biocontrol of soybean root rot by a novel bacterial strain Bacillus siamensis* HT1/ H. He, Q. Zhai, Y. Tang [et al.] // *Physiological and Molecular Plant Pathology.* – 2023. – Vol. 125. – Art. 101984. – DOI: 10.1016/j.pmpp.2023.101984.
14. *Effects of triazole fungicides on soil microbiota and on the activities of enzymes found in soil: A review* / D.L. Roman, D.I. Voiculescu, M. Filip [et al.] // *Agriculture.* – 2021. – Vol. 11, № 9. – P. 893. – DOI: 10.3390/agriculture11090893.
15. Bedano J.C., Lavelle P., Zou X. Soil biodiversity for the sustainability of agroecosystems // *Acta Oecol.* – 2021. – Vol. 110. – Art. 103705. – DOI: 10.1016/j.actao.2021.103705.

REFERENCES

1. Chai Y. [et al.], Multi-peril pathogen risks to global wheat production: a probabilistic loss and investment assessment, *Frontiers in Plant Science*, 2022, No. 13, DOI: 10.3389/fpls.2022.1034600.
2. Korobova L.N., *Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki*, 2008, No. 9, pp. 12–16. (In Russ.)
3. Toropova E.Yu., Feshhenko E.S., *Zashhita i karantin rastenij*, 2023, No. 4, pp. 15–18. (In Russ.)
4. Dushkin S.A., Luk'yancev V.S., Glinushkin A.P. [i dr.], *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, No. 6, pp. 30–33. (In Russ.)
5. D'yakov Yu.T., *Fundamental'naya fitopatologiya* (Fundamental Phytopathology), Moscow, 2012, 512 p.
6. Coque J.J.R., Álvarez-Pérez J.M., Cobos R. [et al.], *Advances in the control of phytopathogenic fungi that infect crops through their root system*, *Adv. Appl. Microbiol.*, 2020, Vol. 111, pp. 123–170, DOI: 10.1016/bs.aambs.2020.01.003.
7. Korobova L.N., Gavrilcz T.V., *Zashhita i karantin rastenij*, 2006, No. 4, pp. 47–48. (In Russ.)
8. Stepanov M.I., Korobov V.A., Lelyak A.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, No. 12, pp. 36–38. (In Russ.)
9. Mustapa U.A., Pavlova K.V., Korobova L.N., *Ximiya i zhizn'* (Chemistry and Life), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk: Zolotoj Kolos, 2022, pp. 116–120. (In Russ.)
10. Chulkina V.A., *Metodicheskie ukazaniya po uchetu kornevoj gnili xlebnny'x zlakov v Sibiri differencirovanno po organam* (Guidelines for recording root rot of cereals in Siberia differentiated by organs), Novosibirsk, 1972, 23 p.
11. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on the computer), Krasnoobsk, 2004, 162 p.
12. Wang J., Wang J., Liu T. [et al.], *Bacillus amyloliquefaciens* FG14 as a potential biocontrol strain against rusty root rot of *Panax ginseng*, and its impact on the rhizosphere microbial community, *Biol. Control*, 2023, Vol. 182, Art. 10522, DOI: 10.1016/j.biocontrol.2023.105221.
13. He H., Zhai Q., Tang Y. [et al.], *Effective biocontrol of soybean root rot by a novel bacterial strain Bacillus siamensis* HT1, *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2023, Vol. 125, Art. 101984, DOI: 10.1016/j.pmpp.2023.101984.
14. Roman D.L., Voiculescu D.I., Filip M. [et al.], *Effects of triazole fungicides on soil microbiota and on the activities of enzymes found in soil: A review*, *Agri-culture*, 2021, Vol. 11, No. 9, pp. 893, DOI: 10.3390/agriculture11090893.
15. Bedano J.C., Lavelle P., Zou X., *Soil biodiversity for the sustainability of agroecosystems*, *Acta Oecol.*, 2021, Vol. 110, Art. 103705, DOI: 10.1016/j.actao.2021.103705.

Информация об авторах:

А.А. Побеленская, аспирант

Л.Н. Коробова, доктор биологических наук, старший научный сотрудник

К.В. Павлова, аспирант

Contribution of the authors:

A.A. Pobelenskaya, postgraduate student

L.N. Korobova, Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher

K.V. Pavlova, postgraduate student

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.