



Научная статья/Research Article

УДК 579.64

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-3-3-10

Полина Александровна Аболенцева¹, Сергей Витальевич Хижняк²,Софья Владимировна Овсянкина³✉, Андрей Андреевич Чураков⁴^{1,2,3,4}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия¹polina18.ti@gmail.com²skhizhnyak@yandex.ru³sofi-kras@mail.ru⁴andchurakov@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМ. *BACILLACEAE*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ, ПРОТИВ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ГРИБНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Цель исследований – оценить эффективность представителей сем. *Bacillaceae*, выделенных из сельскохозяйственных почв Красноярского края, против возбудителей грибных болезней картофеля. Методом встречных культур изучена антибиотическая активность 21 штамма р. *Bacillus*, идентифицированных как представители *B. altitudinis*, *B. atrophaeus*, *B. cereus*, *B. Megaterium*, *B. simplex*, *B. subtilis* и *Bacillus* sp. и 1 штамма р. *Peribacillus* (идентифицированного как *P. simplex*), выделенных авторами из сельскохозяйственных почв Красноярского края, в отношении актуальных для региона возбудителей грибных болезней картофеля *Geotrichum candidum* (возбудитель резиновой гнили), *Rhizoctonia solani* (возбудитель ризоктониоза), *Fusarium equiseti* (возбудитель фузариоза) и *Alternaria* sp. (возбудитель альтернариоза). Из протестированных штаммов 3 штамма не проявили антагонизма в отношении указанных возбудителей, 1 штамм был активен только против *Alternaria* sp., 1 – против *Alternaria* sp. и *R. solani*, остальные 17 штаммов проявили ту или иную степень антагонистической активности против всех четырех возбудителей. Максимальную чувствительность к набору изученных штаммов проявила *Alternaria* sp. (средняя по штаммам зона подавления роста 11,17 мм), минимальную – *F. equiseti* (средняя по штаммам зона подавления роста 7,33 мм). Для *G. candidum* и *R. solani* средняя по штаммам зона подавления роста была соответственно 9,21 и 9,70 мм. Несмотря на наличие статистически значимой ($p < 0,05$) положительной корреляции между возбудителями по чувствительности к штаммам-антагонистам (от $r = 0,612$ между *Alternaria* sp. и *F. equiseti* до $r = 0,810$ между *F. equiseti* и *R. solani*), двухфакторный дисперсионный анализ выявил статистически значимый ($p < 0,001$) эффект взаимодействия между факторами «штамм антагониста» и «таксономическая принадлежность гриба» с показателем силы влияния 15,41 %. Это свидетельствует о разном спектре антигрибной активности у изученных штаммов и подчеркивает необходимость использовать в биопрепаратах набор штаммов, различающихся по спектру антигрибной активности.

© Аболенцева П.А., Хижняк С.В., Овсянкина С.В., Чураков А.А., 2024

Вестник КрасГАУ. 2024. № 3. С. 3–10.

Bulliten KrasSAU. 2024;(3):3–10.

Ключевые слова: картофель, грибные болезни, *Geotrichum candidum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium equiseti*, *Alternaria* sp., штаммы-антагонисты, *Bacillus*, *Peribacillus*

Для цитирования: Эффективность представителей сем. *Bacillaceae*, выделенных из сельскохозяйственных почв Красноярского края, против возбудителей грибных болезней картофеля / П.А. Аболентцева [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 3. С. 3–10. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-3-3-10.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в рамках темы «Разработка биопрепарата комплексного действия для защиты и стимулирования роста картофеля в технологиях производства органической сельскохозяйственной продукции».

Polina Aleksandrovna Abolentseva¹, **Sergey Vitalievich Khizhnyak**²,

Sofya Vladimirovna Ovsyankina³✉, **Andrey Andreevich Churakov**⁴

^{1,2,3,4}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹polina18.ti@gmail.com

²skhizhnyak@yandex.ru

³sofi-kras@mail.ru

⁴andchurakov@gmail.com

EFFECTIVENESS OF MEMBERS OF THE FAMILY *BACILLACEAE*, ISOLATED FROM AGRICULTURAL SOILS OF KRASNOYARSK REGION, AGAINST FUNGAL DISEASES OF POTATO

The purpose of research is to evaluate the effectiveness of representatives of the family *Bacillaceae*, isolated from agricultural soils of the Krasnoyarsk Region, against pathogens of fungal diseases of potatoes. The antibiotic activity of 21 strains of *p. Bacillus* was studied using the counter-culture method, identified as members of *B. altitudinis*, *B. atrophaeus*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. simplex*, *B. subtilis* and *Bacillus* sp. and 1 strain *p. Peribacillus* (identified as *P. simplex*), isolated by the authors from agricultural soils of the Krasnoyarsk Region, in relation to the causative agents of potato fungal diseases *Geotrichum candidum* (causal agent of rubber rot), *Rhizoctonia solani* (causative agent of rhizoctonia blight), *Fusarium equiseti* (causative agent of fusarium blight), and *Alternaria* sp. (the causative agent of *Alternaria* blight). Of the tested strains, 3 strains did not show antagonism against the indicated pathogens, 1 strain was active only against *Alternaria* sp., 1 – against *Alternaria* sp. and *R. solani*, the remaining 17 strains showed varying degrees of antagonistic activity against all four pathogens. *Alternaria* sp. showed maximum sensitivity to the set of strains studied (the average zone of growth inhibition by strain is 11.17 mm), the minimum is *F. equiseti* (the average zone of growth inhibition by strain is 7.33 mm). For *G. candidum* and *R. solani*, the average growth inhibition zone across strains was 9.21 and 9.70 mm, respectively. Despite the presence of a statistically significant ($p < 0.05$) positive correlation between pathogens in terms of sensitivity to antagonist strains (from $r = 0.612$ between *Alternaria* sp. and *F. equiseti* to $r = 0.810$ between *F. equiseti* and *R. solani*), two-factor analysis of variance revealed a statistically significant ($p < 0.001$) interaction effect between the factors “antagonist strain” and “taxonomic affiliation of the fungus” with an influence strength of 15.41 %. This indicates a different spectrum of antifungal activity in the studied strains and emphasizes the need to use in biological products a set of strains that differ in the spectrum of antifungal activity.

Keywords: potato, fungal diseases, *Geotrichum candidum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium equiseti*, *Alternaria* sp., antagonist strains, *Bacillus*, *Peribacillus*

For citation: Effectiveness of members of the family *Bacillaceae*, isolated from agricultural soils of Krasnoyarsk Region, against fungal diseases of potato / P.A. Abolentseva [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(3): 3–10 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-3-3-10.

Acknowledgments: the work has been carried out with the financial support of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation within the framework of the project "Development of a biopreparation of complex action to protect and stimulate the growth of potatoes in technologies for the production of organic agricultural products".

Введение. Картофель (*Solanum tuberosum*) является одной из важнейших продовольственных культур. Как и другие сельскохозяйственные культуры, картофель поражается целым спектром болезней, существенно снижающих урожай как во время вегетации, так и при хранении. Так, в России потери урожая картофеля от болезней составляют от 13 до 30 % [1].

В настоящее время в качестве одного из наиболее перспективных направлений в защите растений от болезней рассматривается биологический метод, основанный на применении микробных штаммов-антагонистов как альтернативы традиционно используемым химическим препаратам [2]. Широкому распространению биологического метода защиты растений в сельском хозяйстве препятствует очень ограниченная номенклатура биопрепаратов, присутствующих на рынке, что в первую очередь обусловлено недостаточным числом эффективных штаммов-антагонистов. В этой связи поиск таких штаммов и их комбинаций рассматривается в качестве исключительно актуальной задачи [3]. При этом предпочтение должно отдаваться штаммам, выделенным из местных микробных

сообществ, и, соответственно, адаптированным к местным почвенно-климатическим условиям. Настоящие исследования посвящены поиску автохтонных штаммов-антагонистов для биологической защиты картофеля от грибных болезней в почвенно-климатических условиях Красноярского края.

Цель исследований – оценить эффективность представителей сем. *Bacillaceae*, выделенных из сельскохозяйственных почв Красноярского края, против возбудителей грибных болезней картофеля.

Задачи: изучить антибиотическую активность штаммов сем. *Bacillaceae* в отношении возбудителей ризоктониоза, фузариоза, альтернариоза и резиновой гнили картофеля; проверить наличие индивидуальных различий в спектрах антифунгальной активности изучаемых штаммов.

Объекты и методы. Объектами исследования служили 21 штамм р. *Bacillus* и 1 штамм р. *Peribacillus*, выделенные авторами из сельскохозяйственных почв Красноярского края и на этапе предварительных исследований проявившие антибиотическую активность в отношении грибов (табл. 1).

Таблица 1

Штаммы-антагонисты, использованные в работе

Штамм	Таксономическая принадлежность	Метод идентификации
1	2	3
RSA 2	<i>Bacillus altitudinis</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 4	<i>Bacillus megaterium</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 9	<i>Bacillus atrophaeus</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 11	<i>Bacillus subtilis/ Bacillus atrophaeus</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 12	<i>Peribacillus simplex</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 15	<i>Bacillus simplex</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 17	<i>Bacillus cereus group / Bacillus subtilis</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 19	<i>Bacillus atrophaeus</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 20 (1)	<i>Bacillus subtilis</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 20 (2)	<i>Bacillus subtilis</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
Pa1	<i>Bacillus sp.</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
Pa2	<i>Bacillus sp.</i>	Культурально-морфологический
Pa3	<i>Bacillus sp.</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
АЛ3	<i>Bacillus cereus</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
Ал4	<i>Bacillus sp.</i>	Культурально-морфологический
CX5	<i>Bacillus cereus</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
CX6	<i>Bacillus atrophaeus</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
*RSA 1 (B-13893)	<i>Bacillus atrophaeus</i>	По нуклеотидной последовательности гена 16SpPHK
RSA 8	<i>Bacillus atrophaeus</i>	По нуклеотидной последовательности гена 16SpPHK

Окончание табл. 1

1	2	3
RSA 16 (1)	<i>Bacillus atrophaeus</i>	По нуклеотидной последовательности гена 16SpРНК
RSA 16 (2)	<i>Bacillus atrophaeus</i>	MALDI-TOF масс-спектрометрия
RSA 18	<i>Bacillus atrophaeus</i>	По нуклеотидной последовательности гена 16SpРНК

Примечание: знаком (*) помечен штамм, на который получены патенты на изобретение; в скобках указаны номера, под которыми штамм депонирован в Национальном биоресурсном центре «Все-российская коллекция промышленных микроорганизмов» (БРЦ ВКПМ)(Москва).

В качестве тест-культур использованы возбудитель резиновой гнили картофеля *Geotrichum candidum*, возбудитель ризоктониоза *Rhizoctonia solani*, возбудитель фузариоза *Fusarium equiseti* и возбудитель альтернариоза *Alternaria* sp. *G. candidum* выделен авторами в ходе анализа первого случая появления резиновой гнили в Красноярском крае и идентифицирован по совокупности культурально-морфологических свойств [4]. *R. solani* и *F. equiseti* выделены авторами в соавторстве с С.В. Прудниковой в ходе анализа семенного материала картофеля в учебно-научном комплексе (УНПК) «Борский» ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, расположенном в Сухобузимском районе Красноярского края, и идентифицированы по совокупности культурально-морфологических признаков и нуклеотидным последовательностям фрагмента гена 28S рРНК [5]. Изолят *Alternaria* sp. выделен авторами из пораженного альтернариозом картофеля в УНПК «Борский» и идентифицирован по совокупности культурально-морфологических признаков.

Проверку антибиотической активности штаммов-антагонистов в отношении тест-культур проводили методом встречных культур [6] по ширине зоны подавления роста в трехкратной повторности после 10 сут инкубирования при температуре 25 ± 1 °С. В качестве питательной среды

использовали среду № 2 ГРМ (Сабуро) производства ФБУН ГНЦ ПМБ, разведенную в 2 раза и дополненную агаром до 20 г/л. Ранее нами было показано, что данная среда хорошо поддерживает рост как бактериальных штаммов-антагонистов р. *Bacillus*, так и фитопатогенных грибов [7].

Для анализа сходства реакции тест-культур на набор штаммов-антагонистов использовали корреляционный анализ. Для сравнения тест-культур по чувствительности к штаммам-антагонистам использовали двухфакторный дисперсионный анализ, где в качестве факторов выступали штамм антагониста и штамм тест-культуры. В качестве post-hoc тестов использовали рекомендуемые в современной литературе тесты Тьюки (Tukey HSD test) и Шеффе (Scheffe's S test) [8]. Для анализа группировки штаммов по антагонистической активности в отношении всего набора тест-культур использовали проекцию на Главные компоненты.

Результаты и их обсуждение. В зависимости от штамма-антагониста и тест-культуры средние по повторностям зоны подавления роста фитопатогенных грибов варьировали от 0 до 20 мм (рис. 1, табл. 2).

Между тест-культурами отмечена достаточно высокая корреляция в реакции на набор изучаемых штаммов (табл. 3).

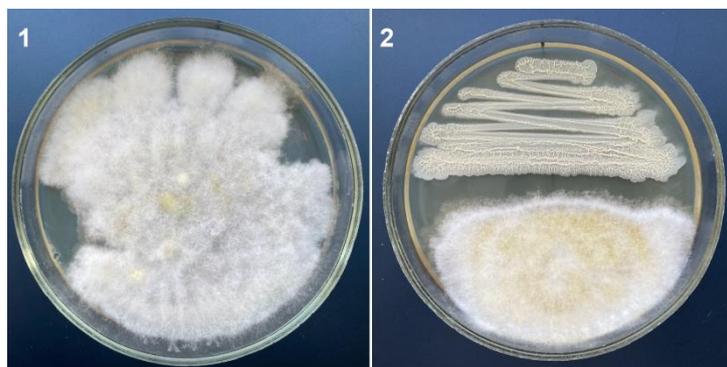


Рис. 1. Пример подавления роста *F. equiseti* в присутствии штаммов-антагонистов: 1 – контроль без антагонистов; 2 – штамм-антагонист CX5

Средние зоны подавления роста у различных штаммов фитопатогенных грибов
в присутствии разных штаммов-антагонистов, мм

Штамм бактерий	Тест-культура			
	<i>Alternaria sp.</i>	<i>G. candidum</i>	<i>R. solani</i>	<i>F. equiseti</i>
RSA1	18,3	12,3	8,0	7,0
RSA8	11,7	11,0	11,0	10,0
RSA16 (1)	13,3	13,3	14,3	11,0
RSA16 (2)	12,0	14,0	10,3	2,7
CX5	12,0	13,0	11,3	6,3
CX6	13,3	11,7	20,3	10,3
Pa1	12,3	8,0	13,0	8,3
Pa2	13,3	0,0	0,0	0,0
Pa3	6,3	0,0	1,0	0,0
АЛ3	17,3	12,7	18,3	12,3
АЛ4	14,7	13,7	15,7	15,7
RSA2	0,0	0,0	0,0	0,0
RSA4	0,0	0,0	0,0	0,0
RSA9	14,0	9,7	8,7	9,3
RSA11	8,3	13,3	9,0	8,7
RSA12	0,0	0,0	0,0	0,0
RSA15	14,0	11,0	8,3	2,7
RSA17	16,0	15,7	13,0	9,3
RSA18	10,0	4,0	13,0	12,7
RSA19	11,7	13,3	15,0	9,7
RSA20(1)	14,0	13,0	13,3	9,0
RSA20(2)	13,0	13,0	9,7	16,3

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между зонами отсутствия роста у разных тест-культур
под влиянием изучаемых штаммов

Тест-культура	<i>Alternaria sp.</i>	<i>G. candidum</i>	<i>R. solani</i>	<i>F. equiseti</i>
<i>Alternaria sp.</i>	1,000	0,751	0,696	0,612
<i>G. candidum</i>	0,751	1,000	0,797	0,691
<i>R. solani</i>	0,696	0,797	1,000	0,810
<i>F. equiseti</i>	0,612	0,691	0,810	1,000

Примечание: жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции, статистически значимые на уровне $p < 0,05$.

Тем не менее двухфакторный дисперсионный анализ показал, что антагонистический эффект статистически значимо ($p < 0,001$) зависит не только от биологических особенностей штамма-антагониста и тест-культуры, но и от взаимодействия «штамм бактерий × тест-культура», отражающего индивидуальную реакцию тест-культур

на отдельные штаммы, т. е. различия в спектре антигрибной активности у разных штаммов-антагонистов.

При этом основным источником варьирования размеров зоны подавления являются особенности штамма бактерий (соответствующий показатель силы влияния составляет 59,56 %).

Показатель силы влияния фактора «тест-культура» составил 4,78 %, показатель силы влияния взаимодействия «штамм бактерий × тест-культура» составил 15,41 % (табл. 4).

В целом по вариантам штаммов-антагонистов и тест-культур наиболее чувствительными к действию антагонистов оказалась *Alternaria* sp., наименее чувствительным – *F. equiseti* (табл. 5, 6).

Таблица 4

Результаты дисперсионного анализа влияния штамма-антагониста и штамма фитопатогенного гриба на размер зоны подавления роста

Источник вариации	Показатель силы влияния, %	Статистическая значимость эффекта p
Штамм бактерий	59,56	0,000000
Тест-культура	4,78	0,000000
Штамм бактерий × тест-культура	15,41	0,000060
Случайное варьирование	20,25	–

Таблица 5

Статистическая значимость различий p между тест-культурами по средней зоне подавления роста в присутствии штаммов-антагонистов согласно тесту Шеффе

Тест-культура	Средняя зона подавления, мм	<i>Alternaria</i> sp.	<i>G. candidum</i>	<i>R. solani</i>
<i>Alternaria</i> sp.	11,17	–	0,016	0,117
<i>G. candidum</i>	9,21	0,016	–	0,885
<i>R. solani</i>	9,70	0,117	0,885	–
<i>F. equiseti</i>	7,33	0,000	0,023	0,002

Здесь и далее: p-значения даны с округлением до третьего знака.

Таблица 6

Статистическая значимость различий p между тест-культурами по средней зоне подавления роста в присутствии штаммов-антагонистов согласно тесту Тьюки

Тест-культура	Средняя зона подавления, мм	<i>Alternaria</i> sp.	<i>G. candidum</i>	<i>R. solani</i>
<i>Alternaria</i> sp.	11,17	–	0,006	0,069
<i>G. candidum</i>	9,21	0,006	–	0,851
<i>R. solani</i>	9,70	0,069	0,851	–
<i>F. equiseti</i>	7,33	0,000	0,010	0,001

Отмеченный выше эффект взаимодействия факторов «штамм бактерий × тест-культура» привел к тому, что ранговый анализ не выявил ни одного штамма, который занял бы первое место по антагонистическому действию на все тест-культуры. Так, например, штамм RSA1, занявший лидирующую позицию по антигрибному эффекту в отношении *Alternaria* sp., занял лишь 14-е место по аналогичному эффекту в отношении *F. equiseti*. В противоположность

этому штамм RSA20 (2) проявил высокую антагонистическую активность в отношении *F. Equiseti* (1-е место по антигрибному эффекту), относительно слабую активность в отношении *Alternaria* sp. (11-е место). При этом проекция штаммов по их активности в отношении всего набора тест-культур на первые две главные компоненты не выявила какой-либо выраженной группировки штаммов по спектру антигрибной активности (рис. 2).

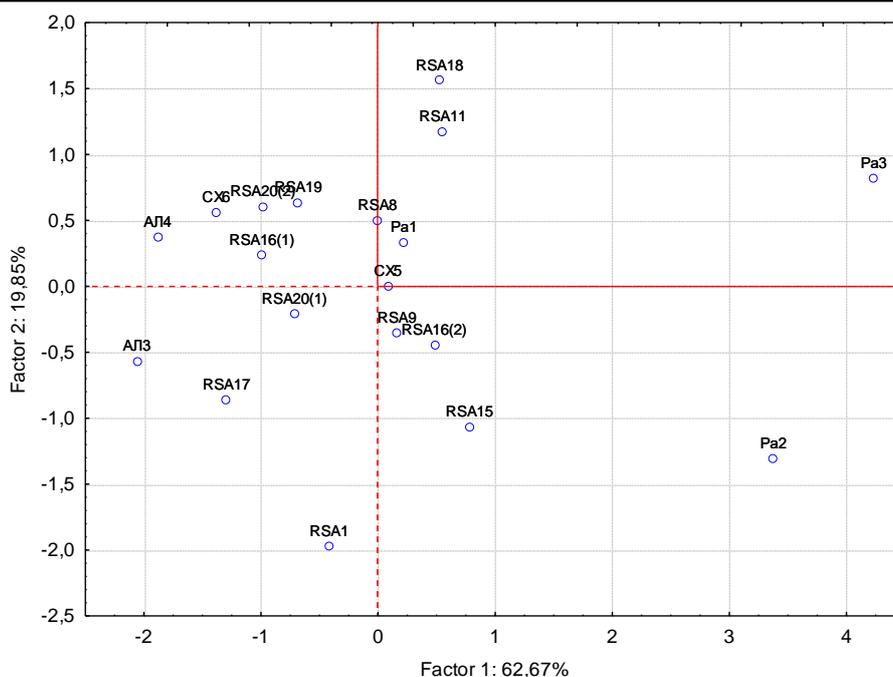


Рис. 2. Проекция штаммов-антагонистов по спектру их антигрибной активности на первые две Главные компоненты (в качестве исходных данных использованы данные таблицы 1; при проведении анализа исключены штаммы RSA2, RSA4 и RSA12, не проявившие антагонистической активности в отношении ни одной из тест-культур)

Таким образом, при составлении биопрепаратов для защиты картофеля от грибных болезней необходимо использовать не какой-либо один штамм-антагонист, а комплекс штаммов с разным спектром антигрибной активности.

Это свидетельствует о разном спектре антигрибной активности у изученных штаммов и подчеркивает необходимость использовать в биопрепаратах целый набор штаммов, различающихся по спектру антигрибной активности.

Заключение

1. В результате проверки антагонистической активности 22 штаммов сем. *Bacillaceae*, выделенных из сельскохозяйственных почв Красноярского края, 19 штаммов проявили антагонизм против актуальных для региона возбудителей грибных болезней картофеля *Alternaria sp.*, *G. candidum*, *R. solani* и *F. equiseti*. Из них 1 штамм был активен только против *Alternaria sp.*, 1 – против *Alternaria sp.* и *R. solani*, остальные 17 штаммов проявили ту или иную степень антагонистической активности против всех четырех возбудителей.

2. Максимальную чувствительность к набору изученных штаммов в среднем проявила *Alternaria sp.*, минимальную – *F. equiseti*.

3. Дисперсионный анализ выявил статистически значимый ($p < 0,001$) эффект взаимодействия факторов «штамм антагониста × таксономическая принадлежность гриба», на долю которого пришлось 15,41 % общего варьирования экспериментальных данных. Это взаимодейст-

Список источников

1. Бакетов П.В. Снижение потерь картофеля и овощей. М.: Россельхозиздат, 2001.
2. Microbial interactions within multiple-strain biological control agents impact soil-borne plant disease / B. Niu [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. 2020. Т. 11. P. 585404.
3. Microbial Consortia for Plant Protection against Diseases: More than the Sum of Its Parts / T. Maciag [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023. Т. 24, № 15. P. 12227.
4. Хижняк С.В., Овсянкина С.В., Чураков А.А. Первое сообщение о вызываемой *Geotrichum candidum* резиновой гнили картофеля в Красноярском крае // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 10. С. 106–113.
5. Выделение и идентификация автохтонных возбудителей болезней картофеля, распространенных в регионах Сибири / С.В. Прудникова [и др.] // *Биотехнология новых материалов – окружающая среда – качество*

- жизни: мат-лы IV Междунар. науч. конф., Красноярск, 10–13 октября 2021 г. Красноярск: СФУ, 2021. С. 174–177.
6. In Vitro Antagonistic Characteristics of Bacilli Isolates against Trichoderma spp. and Three Species of Mushrooms / W.G. Kim [et al.] // Mycobiology. 2008. 36 (4):266-9. DOI: 10.4489/MYCO.2008.36.4.266..
 7. Почвенные микробные сообщества как источник штаммов для биологической защиты сои от фузариоза в Приенисейской Сибири / С.А. Родовиков [и др.] // Вестник Нижневартского государственного университета. 2020. № 2. С. 4–11. DOI: 10.36906/2311-4444/20-2/01.
 8. Comparing multiple comparisons: practical guidance for choosing the best multiple comparisons test / S. Midway [et al.] // Bioinformatics and Genomics. 2020. DOI: 10.7717/peerj.10387.
 4. Hizhnyak S.V., Ovsyankina S.V., Churakov A.A. Pervoe soobschenie o vyzyvaemoj *Geotrichum candidum* rezinovoj gnili kartofelya v Krasnoyarskom krae // Vestnik KrasGAU. 2023. № 10. S. 106–113.
 5. Vydelenie i identifikaciya avtohtonnyh vozбудitelej boleznej kartofelya, rasprostranennyh v regionah Sibiri / S.V. Prudnikova [i dr.] // Biotekhnologiya novyh materialov – okruzhayuschaya sreda – kachestvo zhizni: mat-ly IV Mezhdunar. nauch. konf., Krasnoyarsk, 10–13 oktyabrya 2021 g. Krasnoyarsk: SFU, 2021. S. 174–177.
 6. In Vitro Antagonistic Characteristics of Bacilli Isolates against Trichoderma spp. and Three Species of Mushrooms / W.G. Kim [et al.] // Mycobiology. 2008. 36 (4):266-9. DOI: 10.4489/MYCO.2008.36.4.266..
 7. Pochvennye mikrobyne soobschestva kak istochnik shtammov dlya biologicheskoy zaschity soi ot fuzarioza v Prienisejskoj Sibiri / S.A. Rodovikov [i dr.] // Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2020. № 2. S. 4-11. DOI: 10.36906/2311-4444/20-2/01.
 8. Comparing multiple comparisons: practical guidance for choosing the best multiple comparisons test / S. Midway [et al.] // Bioinformatics and Genomics. 2020. DOI: 10.7717/peerj.10387.

Refereces

1. Baketov P.V. Snizhenie poter' kartofelya i ovoschej. M.: Rossel'hozizdat, 2001.
2. Microbial interactions within multiple-strain biological control agents impact soil-borne plant disease / B. Niu [et al.] // Frontiers in Microbiology. 2020. T. 11. P. 585404.
3. Microbial Consortia for Plant Protection against Diseases: More than the Sum of Its Parts / T. Maciag [et al.] // International Journal

Статья принята к публикации 16.02.2024 / The article accepted for publication 16.02.2024.

Информация об авторах:

Полина Александровна Аболенцева¹, научный сотрудник лаборатории селекции и оригинального семеноводства

Сергей Витальевич Хижняк², профессор кафедры экологии и природопользования, доктор биологических наук, доцент

Софья Владимировна Овсянкина³, заведующая лабораторией сельскохозяйственной и экологической биотехнологии, кандидат биологических наук

Андрей Андреевич Чураков⁴, руководитель центра селекции и семеноводства, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Polina Aleksandrovna Abolentseva¹, Researcher, Laboratory of Breeding and Original Seed Production
Sergey Vitalievich Khizhnyak², Professor at the Department of Ecology and Environmental Management, Doctor of Biological Sciences, Docent

Sofya Vladimirovna Ovsyankina³, Head of the Laboratory of Agricultural and Environmental Biotechnology, Candidate of Biological Sciences

Andrey Andreevich Churakov⁴, Head of the Center for Selection and Seed Production, Candidate of Agricultural Sciences