

Растениеводство, защита и биотехнология растений

УДК: 632.93

DOI 10.31857/S2500262724050043 EDN SJAORT

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА МИКРОМИЦЕТЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© 2024 г. **А. А. Новиков**, доктор сельскохозяйственных наук,
К. А. Родин, кандидат сельскохозяйственных наук, **С. В. Мельник**, **А. С. Кажгалiev**

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –
филиал Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова,
400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9
E-mail: alexeynovikov@inbox.ru

Исследования проводили с целью сравнения влияния различных систем защиты растений на количественный состав почвенных микромицетов при выращивании картофеля в условиях Нижнего Поволжья. Работу выполняли в 2021–2023 гг. в Волгоградской области на светло-каштановых тяжелосуглинистых почвах при орошении дождеванием в посадках сорта Гулливер. Оценивали степень заражения клубней картофеля при трех вариантах системах защиты: I – биологическая; II – химическая (контроль); III – интегрированная. В почвенных образцах перед посадкой количество сапрофитных микромицетов составляло 71,93...91,8 %, среди которых наиболее распространенными были грибы рода *Penicillium* sp. (33,6...44,2 тыс. КОЕ/г). Кроме них, были отмечены представители родов *Trichoderma* sp. (0...2,5 тыс. КОЕ/г), *Aspergillus* sp. (1,24...19,7 тыс. КОЕ/г) и *Rhizopus* sp. (0...8,1 тыс. КОЕ/г), а также патогенные грибы рода *Fusarium* sp. (5,8...9,92 тыс. КОЕ/г). После применения биологических средств защиты растений в почвенных образцах зафиксирована более высокая доля сапрофитных (*Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp.) микромицетов (73,9 %), чем после использования химических средств (61 %) и интегрированной системы (59,6 %). В том числе представителей рода *Penicillium* sp. в варианте с биологическими средствами защиты растений было больше, чем при применении химических препаратов, на 15,6 %, *Trichoderma* sp. – на 70 %, *Aspergillus* sp. – на 77,8 %. Количество патогенных микромицетов (*Fusarium* sp.) в почвенных образцах после использования биологических соединений составляло 26,1 %, химических препаратов – 38,9 %, интегрированной системы – 40,3 %. Использование биологических средств защиты растений при выращивании картофеля в условиях Нижнего Поволжья при орошении можно считать перспективным приемом для повышения сапрофитности и уменьшения патогенности почвенной микрофлоры.

THE INFLUENCE OF VARIOUS PLANT PROTECTION SYSTEMS ON MICROMYCETES IN POTATO CULTIVATION IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

A. A. Novikov, K. A. Rodin, S. V. Mel'nik, A. S. Kazhgaliev

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture,
Kostyakov Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Amelioration,
400002, Volgograd, ul. im. Timiryazeva, 9
E-mail: alexeynovikov@inbox.ru

The research was carried out in order to compare the effect of various plant protection systems on the quantitative composition of soil micromycetes when growing potatoes in irrigated of the Lower Volga region. The work was carried out in 2021–2023 in the Volgograd region on light chestnut heavy loamy soils under irrigation by sprinkling in Gulliver cultivar plantings. The degree of infection of potato tubers was assessed on three variants of protection systems: I – biological; II – chemical (control); III – integrated. The experience was laid out in three-fold repetition, the accounting area of the plot was 294 m². In the pre-sowing soil samples, the number of saprophytic micromycetes was 71.93...91.8 %, among which the most common were fungi of the genus *Penicillium* sp. (33.6...44.2 thousand CFU/g), and the rest are represented by fungi of the genus *Trichoderma* sp. (0...2.5 thousand CFU/g), *Aspergillus* sp. (1.24...19.7 thousand CFU/g), and *Rhizopus* sp. (0...8.1 thousand CFU/g). Representatives of the genus *Fusarium* sp. are noted among the pathogens. (5.8...9.92 thousand CFU/g). A higher percentage of saprophytic (*Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp.) micromycetes (73.9 %) than after the use of chemicals (61 %) and an integrated system (59.6 %). Thus, representatives of the genus *Penicillium* sp. were 15.6 % more than with the use of chemicals, *Trichoderma* sp. by 70 %, *Aspergillus* sp. by 77.8 %. The number of pathogenic micromycetes (*Fusarium* sp.) in soil samples after the use of biological compounds was 26.1 %, chemical compounds 38.9 %, integrated system 40.3 %. Thus, the use of biological protective agents in potato cultivation in the conditions of the Lower Volga region during irrigation contributes to an increase in saprophytivity and a decrease in the pathogenicity of soil microflora and is a promising technique.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum* L.), микромицеты, патогены, сапрофиты, защита растений, биологические средства, химические средства.

Keywords: potatoes, *solanum tuberosum*, micromycetes, pathogens, saprophytes, plant protection, biological agents, chemical agents.

Нижнее Поволжье расположено в аридной климатической зоне. Высокие температуры и малое количество атмосферных осадков формируют жесткие условия для ведения сельского хозяйства. Для того чтобы нивели-

ровать их неблагоприятное влияние на рост и развитие культурных растений, применяют различные системы орошения. При этом дополнительное увлажнение способствует развитию и распространению фитопатогенов [1].

Картофель – одна из важнейших сельскохозяйственных культур, которая вносит существенный вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны. Обладая высокой пластичностью, культура способна формировать высокую урожайность, в том числе в условиях крайне засушливого климата Нижнего Поволжья. Однако картофель сильно восприимчив к большому числу патогенов. Это обусловлено высоким содержанием в клубнях воды и крахмала, что формирует благоприятную среду для развития микроорганизмов [2]. Микромицеты – основной биотический стрессор, действие которого приводит к потере урожайности при выращивании культуры и хранении продукции [3].

Поскольку картофель размножается вегетативным путем, первичным источником инфекции считают семенные клубни. Кроме того, благодаря сапрофитному типу питания и разнообразию клеточных структур, обеспечивающих размножение, микромицеты способны долгое время сохраняться в почве [4].

Согласно анализу урожая, выращенного в Саратовской области в 2018–2021 гг., основными патогенами в клубнях были *Rhizoctonia* sp., *Alternaria* sp. и *Phytophthora* sp. [5]. В 2019 г. в Республике Татарстан доля пораженного *Fusarium* sp. урожая составила 18,8...35% [4]. В микрофлоре 152 образцов зараженного картофеля, собранных в разных регионах Алжира, было выявлено 13 видов *Fusarium* sp. и *Neocosmospora* sp. [6]. Таким образом, распространение патогенных микромицетов не зависит от почвенно-климатических условий.

Для защиты картофеля от патогенов применяют биологические и химические препараты [7, 8]. При этом в зависимости от условий окружающей среды некоторые химические соединения могут находиться в почве более 10 лет и мигрировать в воду, воздух и растения, тем самым влияя на здоровье населения. Использование химических средств для защиты растений от патогенов оказывает сильное негативное влияние на агробиоценоз. Это происходит из-за разрушения структуры биоценоза и появления у патогенных микроорганизмов устойчивости к применяемым средствам, из-за чего возникает необходимость в большем расходе препарата или применении новых химических соединений. Нарушение структуры биоценоза также приводит к снижению биоресурсной функции почв, которая обеспечивает секвестрацию углерода, минерализацию органических соединений и играет важную роль в поддержании питания растений [9].

В качестве альтернативы химическим веществам возможно использование биологических препаратов, которые содержат активные комплексы метаболитов и живые культуры микроорганизмов [10, 11, 12]. Их действие селективно, направлено против определенных патогенов и не влияет на сапрофитные микроорганизмы. Однако использование таких препаратов требует определенных условий среды и соблюдения ряда правил для достижения оптимального эффекта [13, 14]. Интегрированная система защиты растений предусматривает применение химических средств защиты растений в сочетании с биологическими.

Например, использование биологических препаратов при выращивании картофеля в Краснодарском крае способствовало частичному балансированию состава почвенных микроорганизмов, улучшало биометрические показатели растений, повышало урожайность и качество клубней. Применение биопрепарата СХП1 на территории Астраханской области увеличивало полевую всхожесть картофеля на 14,8%, урожайность – на 19,8%. Кроме того, препарат был эффективен против *Alternaria* sp. [15].

Таким образом, результаты исследований, проведенных в различных регионах, свидетельствуют об эффективности применения биологических средств защиты растений картофеля. Однако для условий Нижнего Поволжья не установлены закономерности их воздействия на микробиологическое состояние почвы при орошении.

Цель исследования – установить влияние химической и биологической систем защиты растений на содержание микромицетов в почве при выращивании картофеля на орошении в Нижнем Поволжье.

Методика. Исследования проводили в 2021–2023 гг. в Советском районе города Волгограда в посадках картофеля сорта Гулливер. Схема опыта предусматривала изучение трех вариантов системы защиты растений (СЗР) – биологической, химической (контроль) и интегрированной.

При биологической СЗР осуществляли следующие мероприятия:

клубни перед посадкой обрабатывали препаратами Геостим Фит А (3 л/т), Геостим Фит Ж (2 л/т), Гумел Люкс (2 л/т) и Гелиос Супер (2 л/т) в баковой смеси; при появлении единичных всходов проводили обработку баковой смесью препаратов Геостим Фит Ж (1,5 л/га) в сочетании с БСка-3 (4 л/га) и Импровер (50 мл/га), после чего выполняли междурядную обработку для заделки биологических препаратов в прикорневую область; вегетирующие растения в фазы активного роста, смыкания в рядке, бутонизации и цветения опрыскивали биопрепаратами в составе баковой смеси: Геостим Фит Ж (1,5 л/га), БСка-3 (4 л/га), Импровер (50 мл/га), Бфтим (4 л/га), Гумел Люкс (1,0 л/га), Гелиос Азот (3,0 л/га), Гелиос Трио (0,5 л/га) и Гелиос Супер (2 л/га). При превышении численности колорадского жука экономического порога вредоносности добавляли Инсетим (4,0 л/га) [16].

Химическая СЗР (контроль) предусматривала следующие мероприятия:

обработка клубней инсектицидом Максим в дозе 0,2 л/т;

при смыкании рядов растений опрыскивание фунгицидом Ревус, КС (0,6 л/га) в сочетании с инсектицидом Регент, ВДГ (0,025 л/га);

в фазах бутонизации и цветения обработка фунгицидом Луна Транкливити (0,6 л/га) и инсектицидом Регент, ВДГ (0,025 л/га) [16].

Интегрированная система заключалась в применении биологической схемы и дополнительной обработке клубней перед посадкой фунгицидом Максим (0,2 л/т).

Почва участка – светло-каштановая тяжелосуглинистая. Мощность гумусового горизонта – 0,00...0,26 м. Содержание гумуса в пахотном горизонте низкое – 1,19%. Почва участка характеризуется низкой обеспеченностью гидролизующим азотом – 31,0 мг/кг почвы (по Шмелевой и Тютреву), средней – подвижным фосфором – 44,0 мг/1,0 кг почвы (P_2O_5 , по Мачигину) и повышенной – калием – 316,0 мг/кг почвы (K_2O , ГОСТ 2642785 в модификации ЦИНАО). Реакция почвенного раствора (рН) 7,4. Сумма обменных оснований (S) – 42,1 мг-экв./100 г почвы (по Каппену).

В период вегетации картофеля в 2021 г. сумма атмосферных осадков составляла 42% ($\Sigma=202,8$ мм), в 2022 и 2023 гг. – 61% ($\Sigma=162,8$ мм) и 73% ($\Sigma=136,8$ мм) от среднегодовой нормы соответственно. При этом гидротермический коэффициент (ГТК) в 2021 г. был равен 0,6; в 2022 и 2023 гг. – 0,4.

Посадку в 2021 г. проводили 6 мая, в 2022 г. – 19 мая и в 2023 г. – 5 мая, уборку – соответственно 17, 27

Табл. 1. Количество микромицетов в почве перед посадкой картофеля и после уборки на фоне применения различных средств защиты, тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы

Год	<i>Penicillium</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Fusarium</i>
Перед посадкой					
2021	33,6	0	19,7	8,1	5,8
2022	40,9	0	1,2	0	9,9
2023	44,2	2,5	5,1	2,5	7,6
Среднее	39,6±3,1 ^{b*}	0,8±0,8 ^b	8,7±5,6 ^a	3,5±2,4 ^a	7,8±1,2 ^b
Биологическая СЗР					
2021	59,6	4,7	7,0	0,0	26,9
2022	65,9	5,1	0,0	3,8	16,5
2023	77,7	2,6	3,9	0,0	18,1
Среднее	67,7±5,3 ^a	4,1±0,8 ^a	3,6±2 ^b	1,3±1,2 ^b	20,5±3,2 ^a
Химическая СЗР					
2021	72,3	1,1	0,0	3,4	45,2
2022	34,1	1,2	2,4	2,4	30,5
2023	64,8	1,3	0,0	8,9	12,7
Среднее	57,1±11,7 ^a	1,2±0,1 ^b	0,8±0,8 ^b	4,9±2 ^a	29,5±9,4 ^a
Интегрированная СЗР					
2022	47,6	2,4	0,0	1,2	30,5
2023	54,4	1,3	2,6	2,6	47,9
Среднее	34,0±3,4 ^b	1,2±0,5 ^b	0,9±1,3 ^b	1,3±0,7 ^b	26,1±8,7 ^a

*Здесь и в табл. 2 разными буквами обозначены величины, которые статистически значимо различаются по U-критерию Манна – Уитни при $p \leq 0,05$.

и 21 сентября. Способ полива – дождевание. Водный режим почвы поддерживали на уровне не ниже 80% НВ в слое 0,4 м.

Предшественник – соя. Опыт закладывали методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом размещении вариантов. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянки по системе защиты растений 294 м².

Качество семенного материала на всхожесть определяли по ГОСТ 12038-84. Фитопатологическую оценку клубней проводили по ГОСТ 59551-2021. Статистическую обработку данных выполняли с использованием U-критерия Манна – Уитни.

Результаты и обсуждение. Перед посадкой картофеля количество *Penicillium* sp., которые выступают антагонистами грибов рода *Fusarium* ssp. [17], в почве в 2022 и 2023 гг. было больше, чем в 2021 г., на 21 и 31%. Грибы рода *Trichoderma* sp. отмечали в почвенных образцах 2023 г., а в 2021 и 2022 гг. их не обнаружили. *Trichoderma* sp. используют для оздоровления почв, поскольку представители этого рода выделяют вещества, которые способствуют разложению растительных остатков, и супрессивные соединения, ингибирующие развитие фитопатогенов [18]. Количество *Aspergillus* sp. почве в 2022 и 2023 гг., было меньше, чем в 2021 г.,

Табл. 2. Доля сапрофитных и паразитарных микромицетов в почве после применения различных средств защиты

Система защиты	Год	Сапрофитные микромицеты, %	Паразитарные микромицеты, %
Перед посадкой	2021	91,8	8,2
	2022	71,9	28,1
	2023	87,8	12,2
	среднее	83,8±6,1 ^a	16,6±6,1 ^a
Биологическая	2021	63,7	36,6
	2022	78,9	21,1
	2023	79,3	20,7
	среднее	73,9±5,1 ^a	26,1±5,2 ^a
Химическая	2021	50,3	49,7
	2022	47,1	52,9
	2023	85,7	14,3
	среднее	61±12,4 ^{ab}	38,9±12,4 ^{ab}
Интегрированная	2022	64,3	35,7
	2023	55	45
	среднее	59,6±4,7 ^b	40,3±4,7 ^b

на 93,7% и 74,1% соответственно. *Aspergillus* sp. относят к высшим плесневым грибам, которые встречаются преимущественно в почвах южной зоны [19]. Количество *Rhizopus* sp. в 2023 г., по сравнению с 2021 г., было меньше на 69,1%, а в 2022 г. они отсутствовали. Представители этого рода – нитчатые сапрофитные грибы – растут во влажном и теплом климате [20]. Увлажнение почвы при выращивании сельскохозяйственных культур на территории Нижнего Поволжья способствует созданию благоприятной среды для их развития. Численность представителей рода *Fusarium* sp. в 2022 г. была больше, чем в 2021 г., на 71%, а в 2023 г. – меньше на 23,4% (табл. 1).

В целом наибольшее количество сапрофитных микроорганизмов перед посадкой наблюдали в 2021 и 2023 гг. – соответственно 91,8% и 87,8% от общей численности микрофлоры. Однако в 2022 г. доля патогенных микромицетов достигала 28,07%. Степень зараженности посадочного материала *Fusarium* sp., *Alternaria* sp. и бактериями во все годы исследования была высокой.

После сбора урожая картофеля количество почвенных микромицетов менялось в зависимости от используемого способа защиты растений. Доля сапрофитных микромицетов при использовании биологических препаратов снижалась на 11,8%, а в вариантах с химической и интегрированной системами – на 27,2 и 28,9% (табл. 2).

Количество *Penicillium* sp. в почве при использовании биологической системы защиты растений было больше, чем в варианте с химической, на 15,6%, с интегрированной – на 49%. Средняя численность *Trichoderma* sp. при применении биологических средств была на 70% больше, чем при использовании химических веществ и интегрированной системы. Наибольшее количество *Aspergillus* sp. отмечено в варианте с биологической СЗР, после применения химической и интегрированной СЗР оно было ниже соответственно на 77,8% и 75%. Численность *Rhizopus* sp. на фоне биологической и интегрированной систем была одинаковой, а при использовании химических препаратов она была выше на 276%. Наибольшее количество грибов рода *Fusarium* sp. отмечено при использовании химических соединений, при интегрированной системе и применении биологических препаратов оно было меньше соответственно на 11,5% и 30,5% (см. табл. 1).

Урожай характеризовался высокой зараженностью *Fusarium* sp. и бактериями при использовании всех трех изучаемых систем защиты. Степень зараженности клубней *Alternaria* sp. в варианте с биологической СЗР была меньше, чем при химической и интегрированной системах, *Phoma* sp. при использовании биологических и химических средств – ниже, чем в варианте с интегрированной защитой (табл. 3).

Табл. 3. Степень зараженности урожая при использовании различных систем защиты

Система защиты растений	Год	Микроорганизм			
		<i>Fusarium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Phoma</i>	Бактерии
Биологическая	2021	+++	+	-*	+++
	2022	+++	++	+	+++
	2023	++	+	+	+
	среднее	+++	++	-	+++
Химическая	2021	+++	++	-	+++
	2022	++	+++	+	+++
	2023	+++	+++	+	+++
	среднее	+++	+++	++	+++

* – отсутствие заражения, + – низкая зараженность, ++ – средняя зараженность, +++ – высокая зараженность.

Выводы. Использование различных систем защиты растений при выращивании картофеля в условиях Нижнего Поволжья влияет на состав почвенных микромицетов. Биологическая СЗР обеспечивает большее сохранение сапрофитных микромицетов в сравнении с химической. Так, численность представителей рода *Penicillium* sp. в варианте с применением только биологических препаратов была выше, чем при использовании химических, на 15,6%, *Trichoderma* sp. – на 70%, *Aspergillus* sp. – на 77,8%, а микромицетов рода *Fusarium* sp. – меньше на 43,9%.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России FNFR-2023–0001 «Комплексная оценка биологического потенциала перспективных отечественных сортов картофеля и разработка агротехнологии устойчивого производства семенных клубней для условий орошаемого земледелия».

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ.

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

- Новиков А. А. Рациональное использование водных ресурсов картофеля при его выращивании в орошаемых звеньях севооборотов на черноземах // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 5. С. 37–41.
- Действие биологических препаратов на численность патогенных и сапрофитных микромицетов, колонизирующих клубни картофеля / А. В. Широков, Л. И. Пусенкова, Е. Ю. Лобастова и др. // Сельскохозяйственная биология. 2012 № 1. С. 117–120.
- Khedher S. B., Mejdoub-Trabelsi B., Tounsi S. Biological potential of *Bacillus subtilis* V26 for the control of *Fusarium* wilt and tuber dry rot on potato caused by *Fusarium* species and the promotion of plant growth // Biological Control. 2021. Vol. 152. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S104996442030671X> (дата обращения: 21.07.2024). doi: 10.1016/j.biocontrol.2020.104444.
- Фузариозное поражение клубней картофеля / Р. М. Потехина, Л. Е. Матросова, Е. Ю. Тарасова и др. // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2020. № 22. С. 484–486.
- Еськов И. Д., Теняева О. Л., Шаповалов А. Г. Защита картофеля от болезней при гребневой технологии возделывания в лесостепной зоне Поволжья // Биосфера. 2022. Т. 14. № 4. С. 319–322. doi: 10.24855/biosfera.v14i4.696.
- Identification and pathogenicity of *Fusarium* spp. Associated with tuber dry rot and wilt of potato in Algeria / N. Azil, E. Stefanczyk, S. Sobkowiak, et al. // European Journal of Plant Pathology. 2021. Vol. 159. No. 3. P. 495–509.
- Дзедзедзе Х. Т., Газданова И. О., Бекмурзов Б. В. Биологическая борьба с фитофторозом картофеля, вызываемым *Phytophthora infestans* // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23. № 9. С. 2–10.
- Защита картофеля при хранении / В. Н. Зейрук, Г. Л. Белов, С. В. Васильева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 2. С. 27–31.
- Семенов М. В. Микробиологические индикаторы экологических функций почв // Почвоведение: горизонты будущего. Шестая конференция молодых ученых почвенного института им. В. В. Докучаева. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2022. С. 11.
- Павлюшин В. А., Новикова И. И., Бойкова И. В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438. doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus.
- Брескина Г. М., Масютенко Н. П., Чуян Н. А. Биопрепараты как средство восстановления здоровья черноземных почв // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2 (58). С. 25–31.
- Экологическое состояние ризосферы перспективных сортов яровой мягкой пшеницы при применении биопрепаратов / Н. Н. Шулико, И. А. Корчагина, Е. В. Тукмачева и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 10. С. 21–27.
- Моделирование эффективности штаммов *Bacillus subtilis* в зависимости от природно-климатических факторов при возделывании мягкой пшеницы / Л. Е. Колесников, И. И. Новикова, В. А. Павлюшин и др. // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 4. С. 29–37.
- Эффективность лабораторного образца биопрепарата на основе *Bacillus velezensis* 336g при различных способах его применения для защиты от болезней озимых колосовых / А. М. Асатурова, Н. М. Сидоров, Н. С. Томашиевич и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 5. С. 28–33.
- Изучение влияния биопрепарата на основе *Bacillus atrophaeus* на урожайность картофеля / О. Б. Сопрунова, В. Е. Сопрунова, Ш. Б. Байрамбеков и др. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. Т. 8. № 4. С. 86–95.
- Родин К. А., Новиков А. А., Новиков А. Е. Совершенствование технологии возделывания картофеля при разных системах защиты растений в условиях Нижнего Поволжья // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 4. С. 349–361. doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-349-361.
- Селиванова Г. А., Гаврилова М. Ю. Снижение инфекционного потенциала почв свекловичного агроценоза ЦЧР путем интродукции антагонистов из рода *Penicillium* // Защита картофеля. 2020. № 1. С. 19–20.
- Соколова Л. М. Патокомплексное разнообразие микробиоты в аллювиально-луговой, среднесуглинистой почве // Инновационные идеи молодых исследователей: сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции. Уфа: Издательство «НИИЦ Вестник науки», 2023. С. 28–38.
- Сердюк О. А. Почвенная микофлора агроценозов яровых рапса и рыжика // Масличные культуры. 2024. № 1. Т. 197. С. 119–124. doi: 10.25230/2412-608X-2024-1-197-119-124.
- A fungus-based soil improvement using *Rhizopus oryzae* inoculum / C. Jerez Lazo, N. Lee, P. Tripathi, et al. // International Journal of Geo-Engineering. 2024. Vol. 15. No. 1. Article 18. URL: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-024-00218-0> (дата обращения: 22.07.2024). doi: 10.1186/s40703-024-00218-0.

Поступила в редакцию 24.08.2024

После доработки 18.09.2024

Принята к публикации 15.10.2024