

Эффективность применения бактерий-антагонистов при возделывании картофеля на территории Томской области

О. М. Минаева^{1,2}, Е. Е. Акимова¹, Т. И. Зюбанова¹✉, А. В. Кравец¹, Н. Н. Терещенко³

¹ Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

³ Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Россия

✉ E-mail: t.i.zyubanova@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – оценка эффективности применения бактерий *Pseudomonas extremorientalis* PhS1 в производственном цикле возделывания картофеля. **Методы.** Учеты посадок и качества нового урожая и наблюдения за ними проведены стандартными методиками и рекомендациями в течение трех лет. Изучена оценка фитопатологического состояния посадок картофеля в течение вегетационных сезонов, урожайность, фракционный состав, товарность и пораженность клубней картофеля нового урожая возбудителями заболеваний. Для анализа использовано не менее 100 растений на вариант исследования в каждый учет. **Научная новизна.** Впервые изучены возможность и эффективность применения штамма бактерий, изолированного из микробиоценоза копролитов дождевых червей и обладающего ростостимулирующими и антифунгальными свойствами, *P. extremorientalis* PhS1 в традиционной схеме возделывания картофеля на территории Томской области. **Результаты.** Установлено, что бактеризация клубней опытным штаммом приводила к снижению распространенности комплекса заболеваний на посадках картофеля в 2–6 раз в зависимости от сорта и погодных условий вегетационного периода, наибольшее уменьшение развития отмечено для возбудителей черной ножки (в 2–10 раз) и альтернариоза (в 2–5 раз) картофеля. Снижение индекса развития альтернариоза и фитофтороза (в 14–60 раз) бактеризованных растений происходило за счет как уменьшения количества растений с признаками заболеваний, так и уменьшения интенсивности поражения посадок. Бактеризация картофеля способствовала увеличению биологической урожайности картофеля на 5–20 %, улучшала фитосанитарное состояние клубней нового урожая, увеличивала сохранность продовольственного картофеля и повышение качества семенного материала. Полученные экспериментальные данные позволяют рекомендовать включение бактерий *P. extremorientalis* PhS1 в традиционную схему возделывания картофеля на территории Томской области.

Ключевые слова: *Pseudomonas extremorientalis*, *Solanum tuberosum*, альтернариоз, биопрепарат, клубневой анализ, фитосанитарный мониторинг, фитофтороз, черная ножка

Благодарности. Исследование проведено в рамках деятельности КНТП «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы.

Для цитирования: Минаева О. М., Акимова Е. Е., Зюбанова Т. И., Кравец А. В., Терещенко Н. Н. Эффективность применения бактерий-антагонистов при возделывании картофеля на территории Томской области // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 07. С. 1037–1047. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-07-1037-1047>.

Дата поступления статьи: 15.07.2024, **дата рецензирования:** 10.03.2025, **дата принятия:** 14.04.2025.

Efficiency of using antagonist bacteria when cultivating potatoes in the Tomsk region

O. M. Minaeva^{1,2}, E. E. Akimova¹, T. I. Zyubanova^{1✉}, A. V. Kravets¹, N. N. Tereshchenko³

¹ Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – a branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

² Tomsk State University, Tomsk, Russia

³ Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russia

✉ E-mail: t.i.zyubanova@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research is to evaluate the efficiency of using *Pseudomonas extremorientalis* PhS1 bacteria in the production cycle of potato cultivation. **Methods.** Observations and records of plantings and the quality of the new crop were carried out using standard methods and recommendations for three years. The assessment of the phytopathological state of potato plantings during the growing seasons, as well as the yield, fractional composition, marketability and the infestation of new crop potato tubers by pathogens were studied. At least 100 plants were used per study variant during each record for analysis. The scientific novelty of the research is to establish the possibility and efficiency of using a bacterial strain isolated from the microbial cenosis of earthworm coprolites and having growth-stimulating and antifungal properties, *P. extremorientalis* PhS1, in the traditional scheme of potato cultivation in Tomsk region. **Results.** It was established that bacterization of tubers with an experimental strain led to a decrease in the prevalence of a complex of diseases on potato plantings by 2–6 times, depending on the variety and weather conditions of the growing season; the greatest decrease in development was noted for potato pathogens of blackleg (2–10 times) and Alternaria blight (2–5 times). A decrease in the severity index of Alternaria and late blight (14–60 times) of bacterized plants occurred both due to a decrease in the number of plants with signs of diseases, and due to a decrease in the severity of damage to plantings. Bacterization of potatoes contributed to an increase in the biological yield of potatoes by 5–20%, improved the phytosanitary condition of tubers of the new crop, increased the safety of food potatoes and improved the quality of seed material. The experimental data obtained allow us to recommend the inclusion of *P. extremorientalis* PhS1 bacteria in the traditional scheme of potato cultivation in Tomsk region.

Keywords: *Pseudomonas extremorientalis*, *Solanum tuberosum*, Alternaria blight, biological product, analysis of potato tuber infection, phytosanitary monitoring, late blight, blackleg

Acknowledgements. This research was carried out within the framework of the Complex Scientific and Technical Project (CSTP) activity “Development of potato breeding and seed production in the Russian Federation” of the Federal Scientific and Technical Program for the Development of Agriculture for 2017–2025.

For citation: Minaeva O. M., Akimova E. E., Zyubanova T. I., Kravets A. V., Tereshchenko N. N. Efficiency of using antagonist bacteria when cultivating potatoes in Tomsk region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (07): 1037–1047. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-07-1037-1047>. (In Russ.)

Date of paper submission: 15.07.2024, **date of review:** 10.03.2025, **date of acceptance:** 14.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – одна из важнейших продовольственных культур в Российской Федерации, выращиваемая на площади около 1 075 тыс. га [1]. По итогам 2023 года производство картофеля в организованном секторе, по данным Росстата, составило 8,6 млн тонн, что на 18 % превышает результат 2022 года. Средняя урожайность для хозяйств всех категорий увеличилась с 173,9 ц/га до 190,6 ц/га. Для сельскохозяйственных предприятий эта цифра несколько выше и находится на уровне 307,3 ц/га [2]. В то же время показатели

урожайности картофеля в таких странах, как США, Великобритания, Нидерланды и Германия, достигают 440–480 ц/га [3].

Среди целого ряда причин, которые оказывают существенное влияние на урожайность данной культуры (климатические условия, возделывание недостаточно продуктивных сортов, проблемы с посевным материалом и т. д.), снижение продуктивности и качества картофеля связывают с потерей урожая, вызванной поражением растений многочисленными возбудителями заболеваний.

Во время вегетации растения картофеля могут поражаться различными листовыми инфекциями, включая фитофтороз и альтернариоз. В зависимости от погодных условий эти болезни способны существенно снизить урожайность культуры, а также качество собранных клубней: так, только связанные с фитофторозом общемировые экономические потери достигают 6–7 млрд долларов США [4].

По разным оценкам, Россия ежегодно теряет от фитофтороза картофеля в среднем около 4 млн т урожая. В годы эпифитотий потери урожая от фитофтороза могут достигать 70 % [5]. Во всем мире средние потери урожая картофеля от альтернариоза составляют 5 % в год; в отдельные годы пораженность может достигать 100 %, а урожайность при этом снижается до 78 % [6].

Пораженность клубней возбудителями заболеваний также имеет огромное значение, особенно для семенного картофеля. Согласно требованиям к качеству семян, наличие пораженных фитофторозом клубней допускается до 2 %, а паршой и ризоктониозом – до 5 % [7].

Известно, что совместное использование химических и биологических методов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур способствует повышению урожайности растений, улучшению качества получаемой продукции и подавлению развития фитопатогенов, особенно почвообитающих [7; 8].

Применение микробных препаратов способствует увеличению продуктивности картофеля [9–13]. Биопрепараты обладают способностью интенсифицировать физиолого-биохимические процессы в растениях, повышать устойчивость к стрессам и болезням [7]. В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур биологически активные вещества, продуцируемые микробными штаммами, обладают ростостимулирующей, антистрессовой и иммунопротекторной активностью, повышают устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды [7; 14–16]. В отличие от химических средств защиты растений биопрепараты обладают избирательностью действия. Микробные изоляты, внесенные в почву в составе биопрепаратов, быстро адаптируются к агроценозам и становятся их частью, увеличивая супрессивную активность почв. Среди всего многообразия полезных микроорганизмов, применяемых в защите растений, часто используются представители таких родов, как *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Streptomyces* [9; 14–16]. Псевдомонады играют важную роль в защите растений, поскольку они способны подавлять рост фитопатогенных микроорганизмов и улучшать здоровье растений [15].

Использование биопрепаратов совместно с химическими фунгицидами может усилить их защит-

ный эффект за счет пролонгированного действия, т. к. внесенные микробные изоляты остаются на поверхности растений, занимая соответствующие экологические ниши, в которых способны подавлять фитопатогенные организмы за счет всего комплекса известных положительных свойств, проявляемых ими в процессе своей жизнедеятельности. Применение биологических препаратов и регуляторов роста на картофеле для обработки клубней и вегетирующих растений наряду с химическими пестицидами делает систему обработок более гибкой, учитывающей погодные факторы и уровни развития вредных организмов [8].

Таким образом, цель работы – оценить эффективность применения бактерий *Pseudomonas extremorientalis* в производственном цикле возделывания картофеля на территории Томской области.

Методология и методы исследования (Methods)

В исследовании использованы бактерии *Pseudomonas extremorientalis* PhS1, выделенные из копролитов дождевых червей и обладающие антифунгальной активностью против ряда фитопатогенов и ростостимулирующей способностью на некоторые сельскохозяйственные культуры [17; 18]. Ранее проведенные эксперименты показали выживаемость исследуемого штамма в баковых смесях с протравителями. В полевом производственном эксперименте оценивали эффективность предпосадочной обработки клубней картофеля экспериментальной микробной культурой на фитопатологическое состояние посадок картофеля в вегетационном сезоне, урожайность, фракционный состав, товарность и пораженность клубней картофеля нового урожая возбудителями заболеваний. Необходимые наблюдения и учеты проводили по стандартным методикам, осматривая не менее 100 растений картофеля каждого варианта в течение всей вегетации [5; 19].

Полевые испытания проведены на полях ООО «Агрофирма „Зоркальцевская“» с. Зоркальцево Томского района в вегетационных сезонах 2021–2023 годов. В 2021 году в эксперименте использован сорт Гала, в 2022 году – Ред Скарлетт, в 2023 году – Ариэль.

Клубни обрабатывали рабочей жидкостью протравителя (д. в. – клотианидин 207 г/л, пенфлуфен 66,5 г/л) из расчета 0,3 л/т клубней непосредственно перед посадкой. В опытном варианте к рабочей суспензии протравителя добавлена партия микробной культуры (д. в. *Pseudomonas extremorientalis* PhS1) из расчета 0,13 л/т. Посадка осуществлена по зональным рекомендациям из расчета 2,4 т/га в конце мая.

Площадь каждого варианта – от 10 до 20 га.

Агротехнические показатели

Почва – серая оподзоленная легкосуглинистая. Содержание гумуса – 5,1–5,4 %. Реакция по-

членного раствора 5,0–5,4. Сумма поглощенных оснований – 10,5–12,3 мг-экв./100 г. Содержание подвижных форм питательных веществ: нитратного азота – $17,6 \pm 1,9$ мг/кг, аммонийного азота – $4,3 \pm 1,7$ мг/кг, фосфора – $290,7 \pm 22,1$ мг/кг и калия – $84,3 \pm 5,9$ мг/кг почвы.

Предшественник – яровая пшеница. Осенью проведена зяблевая вспашка, весной – боронование, вспашка (перед вспашкой в почву внесено 500 кг/га Калимаг). За два дня до посадки картофеля проведено фрезерование.

Посадка картофеля проведена механизированным способом с внесением минеральных удобрений (диаммофоска ($N_8P_{26}K_{26}$) – 230 кг/га). Уход за растениями: при окучивании (фаза вегетативного роста) внесено 220 л/га КАС-32 в гребень. В течение вегетационного сезона механизированным способом выполнены обработки следующими препаратами (в рекомендуемой дозе): в фазу бутонизации – гербицидом (д. в. 250 г/кг римсульфурон); от фитофтороза в фазу смыкания ботвы – фунгицидом (д. в. – манкоцеб 640 г/кг, металаксил 80 г/кг) – 400 л/га; в фазу цветения – фунгицидом (д. в. – меди хлорокись 689 г/кг, цимоксанил 42 г/кг) – 400 л/га; в фазу созревания – фунгицидом (д. в. – хлороталонил 500 г/л) – 400 л/га. Осуществлено предуборочное скашивание ботвы. Уборка картофеля проведена в начале сентября (в 2022 году в середине августа) вручную из расчета не менее 200 кустов/вариант выборочно со всей площади посадки. Через месяц сделан клубневой анализ урожая картофеля (ГОСТ 33996-2016).

Данные о распространенности болезней на посевах картофеля и в клубневом анализе представлены в виде вероятностей с доверительными интервалами по Стьюденту ($p < 0,05$). Данные об урожайности и структуре урожая представлены в виде средних арифметических величин с доверительными интервалами по Стьюденту ($p < 0,05$).

Метеорологические показатели

Климат Томской области характеризуется как континентальный с коротким и теплым летом, продолжительной и холодной зимой, поздними веснами и ранними осенними заморозками.

Погодные условия всего вегетационного периода 2021 года характеризовались высоким накоплением от средней многолетней суммы эффективных температур (> 5 °C) с третьей декады апреля по вторую декаду сентября с превышением осадков в июне и сентябре и недобором в мае, июле и августе. ГТК = 1,24 определяет вегетационный период как умеренно влажный и умеренно теплый, при этом в течение всего сезона наблюдались резкие колебания ГТК: в мае – 0,42, в июне – 2,56 (крайне неблагоприятные условия для проведения агротехнических мероприятий и роста растений).

Погодные условия вегетационного периода 2022 года характеризовались высоким накоплением от средней многолетней суммы эффективных температур (> 5 °C) с третьей декады апреля до середины третьей декады сентября с превышением осадков в июне, июле и сентябре и недобором в мае и августе. ГТК = 1,40 определяет вегетационный период как умеренно влажный и умеренно теплый.

Погодные условия всего вегетационного периода 2023 года характеризовались высокими среднесуточными температурами и отсутствием осадков. ГТК = 0,86 определяет вегетационный период как засушливый, умеренно теплый. Сумма осадков за летний период составляла от 62 до 88 % от нормы, причем долгая засуха сменялась обильными осадками в короткий срок: в мае осадки ниже нормы на 87 %, июне – на 23 %, июле – на 38 %, августе – на 12 %. В сентябре осадки превышали норму на 22,3 %.

Результаты (Results)

В полевых экспериментах установлено, что обработка клубней жидкой микробной культурой способствовала меньшему развитию и распространенности всех заболеваний надземной части картофеля в течение всех вегетационных сезонов (таблица 1).

Наибольшее распространение заболевания картофеля получили в сезоне 2021 года. В вегетационные сезоны 2022 и 2023 гг. общая пораженность картофеля на посадках незначительна: от 2–16 % из-за низкого развития листовых инфекций (фитофтороза и альтернариоза). По всей видимости, это связано с погодными условиями августа (недобор осадков и умеренно засушливая погода), в течение которого традиционно данные заболевания в Западной Сибири получают значительное распространение.

В вегетационный сезон 2021 года установлено статистически значимое снижение распространенности заболеваний на посадках бактеризованного картофеля в фазы вегетативного роста, цветения и созревания в 2–6 раз за счет меньшего проявления черной ножки и альтернариоза.

В литературе неоднократно отмечено улучшение фитосанитарного состояния посадок картофеля при применении микробных культур или биопрепаратов на их основе. Биопрепарат «Картофин» (*B. subtilis*-И5-12/23) в отношении комплекса болезней картофеля в период вегетации и при длительном хранении клубней на сорте Сантэ показал высокую биологическую эффективность против возбудителей грибных и бактериальных болезней: в период вегетации эффективность препарата в отношении фитофтороза, ризоктониоза и сухой гнили составляла от 37,5 до 100 % [9]. Применение биопрепаратов «Картофин» (*Bacillus subtilis* И5-12/23) и «БисолбиСан» (*B. subtilis* ч-13) в условиях предгорной зоны Северного Кавказа тоже оказало благоприятное действие на снижение пораженности расте-

ний фитофторозом на 15,2 и 10,9 % соответственно [20]. Отмечено ослабление развития болезней на начальных этапах вегетации картофеля при использовании биопрепарата «Ризоплан» (*Pseudomonas fluorescence* AP 33) [8], а также уменьшение распространенности фитофтороза при предпосадочной обработке клубней данным биопрепаратом [10]. На территории Томской области применение бактерий рода *Pseudomonas* способствовало улучшению фитосанитарной обстановки, уменьшая распространенность и развитие ризоктониоза и фитофтороза на посадках картофеля до 60 % по отношению к небактеризованным растениям [22].

Положительное влияние исследуемых бактерий *Pseudomonas extremorientalis* PhS1 обусловлено комплексом полезных свойств, связанных с выделением ими полезных вторичных метаболитов, среди

которых отмечены сидерофоры, ростостимулирующие метаболиты, способность к иммобилизации фосфора, а также индукцией системной резистентности у бактеризованных растений [17; 18; 22].

В связи с благополучной фитосанитарной обстановкой в вегетационный сезон 2022 года различия в распространенности болезней между небактеризованными и бактеризованными растениями статистически незначимы, но наблюдалась тенденция к уменьшению количества растений картофеля с признаками заболеваний в 2,5–2,9 раз бактеризованных клубней. Кроме того, из-за того что эксперимент проведен на семенных посадках картофеля, а растения уже к середине августа образовали крупные по размеру клубни, хозяйство провело уборку урожая в середине августа, поэтому отсутствуют данные более поздних фитосанитарных обследований.

Таблица 1
Фитопатологический анализ посадок картофеля в разные фазы вегетации в разные годы исследований

| Обработка | Σ, % | Ризоктониоз, % | Черная ножка, % | Фитофтороз, % | | Альтернатриоз, % | |
|------------------------------------|--------------------|----------------|------------------|---------------|--------|-------------------|--------|
| | | | | P | IR | P | IR |
| 2021 г. (сорт Гала) | | | | | | | |
| Фаза всходов | | | | | | | |
| Контроль | 4,0 ± 2,9 | 0 | 4,0 ± 2,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Бактерии | 1,0 ± 0,9 | 0 | 1,0 ± 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Фаза вегетативного роста | | | | | | | |
| Контроль | 8,3 ± 4,6 | 0 | 8,3 ± 4,6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Бактерии | 1,4 ± 1,3 | 0 | 1,4 ± 1,3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Фаза бутонизации | | | | | | | |
| Контроль | 28,8 ± 9,4 | 1,3 ± 0,9 | 25,0 ± 8,9 | 2,5 ± 2,3 | 0,3 | 0 | 0 |
| Бактерии | 21,3 ± 8,3 | 6,3 ± 4,5 | 15,0 ± 7,0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Фаза цветения | | | | | | | |
| Контроль | 24,4 ± 8,8 | 2,2 ± 2,0 | 11,1 ± 5,9 | 1,1 ± 1,0 | 0,01 | 10 ± 5,6 | 0,14 |
| Бактерии | 11,3 ± 6,0 | 2,5 ± 2,2 | 1,3 ± 1,2 | 0 | 0 | 7,5 ± 4,7 | 0,03 |
| Фаза созревания | | | | | | | |
| Контроль | 70,0 ± 9,5 | 0 | 0 | 12,0 ± 7,5 | 0,6 | 58,0 ± 11,0 | 6,4 |
| Бактерии | 26,0 ± 11,2 | 0 | 0 | 12,0 ± 7,5 | 0,9 | 14,0 ± 8,2 | 0,2 |
| 2022 г. (сорт Ред Скарлетт) | | | | | | | |
| Фаза всходов | | | | | | | |
| Контроль | 5,0 ± 3,9 | 0 | 5,0 ± 3,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Бактерии | 1,7 ± 1,3 | 0 | 1,7 ± 1,3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Фаза бутонизации | | | | | | | |
| Контроль | 5,0 ± 3,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,0 ± 3,9 | 7,25 |
| Бактерии | 2,0 ± 1,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,0 ± 1,4 | 0,5 |
| Фаза цветения | | | | | | | |
| Контроль | 7,5 ± 4,7 | 0 | 0 | 1,0 ± 0,9 | 0,1 | 6,5 ± 4,6 | 10,2 |
| Бактерии | 2,9 ± 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,9 ± 1,6 | 1,5 |
| 2023 г. (сорт Ариэль) | | | | | | | |
| Фаза бутонизации | | | | | | | |
| Контроль | 7,0 ± 4,6 | 0 | 1,0 ± 0,9 | 0 | 0 | 6,0 ± 4,5 | 0,015 |
| Бактерии | 4,0 ± 3,5 | 0 | 1,0 ± 0,9 | 0 | 0 | 3,0 ± 2,7 | 0,0025 |
| Фаза цветения | | | | | | | |
| Контроль | 16,0 ± 6,9 | 0 | 0 | 6,0 ± 4,5 | 0,0039 | 10,0 ± 5,7 | 0,0048 |
| Бактерии | 6,0 ± 4,5 | 1,0 ± 0,9 | 0 | 3,0 ± 2,7 | 0,0003 | 2,0 ± 1,8 | 0,0002 |
| Фаза созревания | | | | | | | |
| Контроль | 7,0 ± 4,1 | 0 | 0 | 3,0 ± 1,8 | 0,0002 | 4,0 ± 2,7 | 0,0007 |
| Бактерии | 3,0 ± 2,7 | 0 | 0 | 1,0 ± 0,9 | 0,0001 | 2,0 ± 1,8 | 0,0002 |

Примечание. Σ – общая пораженность болезнями; P – распространенность заболевания; IR – индекс развития заболевания; полужирным шрифтом выделены статистически значимые отличия от контроля (p < 0,05).

Table 1

Phytopathological analysis of potato plantings in different phases of the growing season in different years of research

Агротехнологии

| Treatment | Σ, % | Rhizoctoniasis, % | Blackleg, % | Late blight, % | | Alternaria blight, % | |
|--|--------------------|-------------------|------------------|----------------|--------|----------------------|--------|
| | | | | P | IR | P | IR |
| Year 2021, Gala variety | | | | | | | |
| <i>Seedling phase</i> | | | | | | | |
| Control | 4.0 ± 2.9 | 0 | 4.0 ± 2.9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bacteria | 1.0 ± 0.9 | 0 | 1.0 ± 0.9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Vegetative growth phase</i> | | | | | | | |
| Control | 8.3 ± 4.6 | 0 | 8.3 ± 4.6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bacteria | 1.4 ± 1.3 | 0 | 1.4 ± 1.3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Budding phase</i> | | | | | | | |
| Control | 28.8 ± 9.4 | 1.3 ± 0.9 | 25.0 ± 8.9 | 2.5 ± 2.3 | 0.3 | 0 | 0 |
| Bacteria | 21.3 ± 8.3 | 6.3 ± 4.5 | 15.0 ± 7.0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Flowering phase</i> | | | | | | | |
| Control | 24.4 ± 8.8 | 2.2 ± 2.0 | 11.1 ± 5.9 | 1.1 ± 1.0 | 0.01 | 10 ± 5.6 | 0.14 |
| Bacteria | 11.3 ± 6.0 | 2.5 ± 2.2 | 1.3 ± 1.2 | 0 | 0 | 7.5 ± 4.7 | 0.03 |
| <i>Maturation phase</i> | | | | | | | |
| Control | 70.0 ± 9.5 | 0 | 0 | 12.0 ± 7.5 | 0.6 | 58.0 ± 11.0 | 6.4 |
| Bacteria | 26.0 ± 11.2 | 0 | 0 | 12.0 ± 7.5 | 0.9 | 14.0 ± 8.2 | 0.2 |
| Year 2022, Red Scarlett variety | | | | | | | |
| <i>Seedling phase</i> | | | | | | | |
| Control | 5.0 ± 3.9 | 0 | 5.0 ± 3.9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bacteria | 1.7 ± 1.3 | 0 | 1.7 ± 1.3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Budding phase</i> | | | | | | | |
| Control | 5.0 ± 3.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.0 ± 3.9 | 7.25 |
| Bacteria | 2.0 ± 1.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.0 ± 1.4 | 0.5 |
| <i>Flowering phase</i> | | | | | | | |
| Control | 7.5 ± 4.7 | 0 | 0 | 1.0 ± 0.9 | 0.1 | 6.5 ± 4.6 | 10.2 |
| Bacteria | 2.9 ± 1.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.9 ± 1.6 | 1.5 |
| Year 2023, Ariel variety | | | | | | | |
| <i>Budding phase</i> | | | | | | | |
| Control | 7.0 ± 4.6 | 0 | 1.0 ± 0.9 | 0 | 0 | 6.0 ± 4.5 | 0.015 |
| Bacteria | 4.0 ± 3.5 | 0 | 1.0 ± 0.9 | 0 | 0 | 3.0 ± 2.7 | 0.0025 |
| <i>Flowering phase</i> | | | | | | | |
| Control | 16.0 ± 6.9 | 0 | 0 | 6.0 ± 4.5 | 0.0039 | 10.0 ± 5.7 | 0.0048 |
| Bacteria | 6.0 ± 4.5 | 1.0 ± 0.9 | 0 | 3.0 ± 2.7 | 0.0003 | 2.0 ± 1.8 | 0.0002 |
| <i>Maturation phase</i> | | | | | | | |
| Control | 7.0 ± 4.1 | 0 | 0 | 3.0 ± 1.8 | 0.0002 | 4.0 ± 2.7 | 0.0007 |
| Bacteria | 3.0 ± 2.7 | 0 | 0 | 1.0 ± 0.9 | 0.0001 | 2.0 ± 1.8 | 0.0002 |

Note. Σ – Total disease incidence; P – Disease prevalence; IR – Disease severity index; Statistically significant differences from the control (p < 0.05) are in bold.

В вегетационный сезон 2023 года засуха пришлась на начало вегетации (количество осадков в мае на 87 % меньше нормы, в июне – на 23 %), в связи с чем до фазы бутонизации растений с признаками заболеваний на экспериментальном поле не обнаружено. На протяжении всего вегетационного периода картофеля отмечена низкая пораженность растений: до 16 % растений поражено в контрольном варианте. Значимое уменьшение количества бактеризованных растений с признаками заболеваний установлено только для фазы цветения (в 2,7 раза по отношению к контролю). Снижение общей пораженности связано со значительно меньшим количеством бактеризованных растений картофеля с симптомами альтернариоза (в 5 раз).

На протяжении всего эксперимента в течение трех вегетационных сезонов наблюдалось уменьшение не только распространенности заболеваний картофеля, но и развития фитофтороза и альтернариоза на посадках, где к традиционной технологии возделывания картофеля добавлена бактеризация клубней (уменьшение развития фитофтороза до 14 раз, альтернариоза – до 60 раз), что связано с меньшей интенсивностью поражения бактеризованных растений по сравнению с небактеризованными.

Кроме благоприятного влияния бактеризации на фитосанитарное состояние посадок картофеля, также установлено увеличение биологической урожайности картофеля во все вегетационные периоды проведения полевых экспериментов (таблица 2).

Бактеризация клубней привела к увеличению биологической урожайности картофеля по отношению к традиционной схеме выращивания картофеля: в 2021 году на 6–9 %, в 2022 году – на 5–7 %, в 2023 году – на 22–25 %. Большая биологическая урожайность в основном связана с увеличением средней массы клубней (на 7–20 %), полученных от бактеризованных растений. Положительное влияние бактерий на урожайность картофеля, по нашему мнению, в значительной мере обусловлено отзывчивостью сорта на бактеризацию и погодными условиями вегетационного периода, в свою очередь, определяющими эффективность колонизации ризосферы бактериями.

Увеличение урожайности картофеля при применении полезных штаммов ризобактерий и биопрепаратов на их основе отмечено в целом ряде исследований [7; 8; 11–13]. При этом увеличение урожайности находилось в основном на уровнях, сопоставимых с полученными нами экспериментальными данными или превышающих их. Так, в полевых экспериментах с применением биопрепарата «Ризоплан» отмечено увеличение урожайности картофеля на 33–40 % [10], использование серии биопрепаратов на основе *Bacillus subtilis* привело к увеличению урожайности на 30–42 % в зависимости от года исследований и используемого сорта картофеля [7; 20; 23].

По истечении месяца хранения нового урожая картофеля, полученного в полевых экспериментах, проведен клубневой анализ, направленный на фитосанитарную оценку качества полученного урожая (таблица 3).

В целом можно отметить положительное влияние бактеризации клубней на качество нового урожая картофеля. Исключение составил вегетационный период 2021 года, в котором получены клубни с признаками поражения фитопатогенами, превышающими (хоть и статистически незначимо) количество клубней контроля. При этом при бактеризации несколько увеличилось количество клубней с признаками порошистой и сетчатой парши, а также с признаками сухих гнилей.

В вегетационный период 2022 года значимого снижения распространенности фитопатогенов на клубнях нового урожая в варианте с бактеризацией не отмечено, однако наблюдается тенденция к уменьшению пораженности клубней, полученных от бактеризованных растений, по отношению к контролю (в 2 раза).

Применение предпосадочной обработки клубней бактериальной суспензией в 2023 году привело к статистически значимому снижению общей зараженности клубней более чем в 10 раз относительно традиционной схемы возделывания картофеля.

Таблица 2
Влияние бактеризации на урожай и структуру урожая картофеля в полевом эксперименте в разные вегетационные периоды

| Обработка | Общее количество клубней, шт/растение | Суммарная масса клубней/растение, г | Биологический урожай, т/га |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 2021 г. (сорт Гала) | | | |
| Контроль | 11,22 ± 0,74 | 790,56 ± 48,38 | 32,94 ± 2,02 |
| Бактерии | 10,16 ± 0,75 | 849,96 ± 57,93 | 35,37 ± 2,41 |
| 2022 г. (сорт Ред Скарлетт) | | | |
| Контроль | 10,23 ± 0,63 | 744,06 ± 51,34 | 32,74 ± 2,26 |
| Бактерии | 11,43 ± 0,70 | 788,54 ± 59,25 | 34,70 ± 2,61 |
| 2023 г. (сорт Ариэль) | | | |
| Контроль | 6,50 ± 0,46 | 1050,15 ± 57,10 | 46,21 ± 2,51 |
| Бактерии | 7,23 ± 0,47 | 1293,27 ± 66,12 | 56,90 ± 2,91 |

Table 2
The effect of bacterization on the yield and structure of the potato crop in a field experiment during different growing seasons

| Treatment | Total number of tubers, pcs. per plant | Total weigh of tubers per plant, g | Biological yield, t/ha |
|--|--|------------------------------------|------------------------|
| Year 2021, Gala variety | | | |
| Control | 11.22 ± 0.74 | 790.56 ± 48.38 | 32.94 ± 2.02 |
| Bacteria | 10.16 ± 0.75 | 849.96 ± 57.93 | 35.37 ± 2.41 |
| Year 2022, Red Scarlett variety | | | |
| Control | 10.23 ± 0.63 | 744.06 ± 51.34 | 32.74 ± 2.26 |
| Bacteria | 11.43 ± 0.70 | 788.54 ± 59.25 | 34.70 ± 2.61 |
| Year 2023, Ariel variety | | | |
| Control | 6.50 ± 0.46 | 1050.15 ± 57.10 | 46.21 ± 2.51 |
| Bacteria | 7.23 ± 0.47 | 1293.27 ± 66.12 | 56.90 ± 2.91 |

Таблица 3

Клубневой анализ картофеля нового урожая

| Обработка | Поражено болезнями, % | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|------------|-------------|--------------------|------|-----------|------------------|----------------|
| | Всего | из них | | | | | | | Порошистая парша | Сетчатая парша |
| | | Кольцевая гниль | Мокрая гниль | Фитофтороз | Сухие гнили | Парша обыкновенная | | | | |
| P | IR | | | | | | | | | |
| 2021 г. (сорт Гала) | | | | | | | | | | |
| Контроль | 12,5 ± 4,6 | 0 | 0,5 ± 0,4 | 0,5 ± 0,4 | 1,5 ± 1,4 | 8,5 ± 3,9 | 2,7 | 1,5 ± 1,4 | 0 | |
| Бактерии | 17,5 ± 5,7 | 0 | 0 | 0 | 3,0 ± 2,4 | 8,0 ± 3,8 | 2,3 | 5,0 ± 3,0 | 1,5 ± 1,4 | |
| 2022 г. (сорт Ред Скарлетт) | | | | | | | | | | |
| Контроль | 6,0 ± 4,3 | 0,5 ± 0,4 | 0 | 0 | 3,0 ± 2,4 | 0,5 ± 0,5 | 2 | 2,0 ± 1,8 | 0 | |
| Бактерии | 3,0 ± 2,4 | 0 | 0 | 0 | 1,0 ± 0,9 | 0 | 0 | 1,5 ± 1,4 | 0,5 ± 0,4 | |
| 2023 г. (сорт Ариэль) | | | | | | | | | | |
| Контроль | 40,0 ± 9,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40,0 ± 9,3 | 0,05 | 0 | 0 | |
| Бактерии | 3,9 ± 2,6* | 0 | 0 | 0 | 0,8 ± 0,8 | 3,1 ± 2,4* | 0,01 | 0 | 0 | |

Table 3

Tuber analysis of new crop potato

| Treatment | Affected by diseases, % | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|------|-----------|--------------|-----------------|
| | Total | of them | | | | | | | Powdery scab | Reticulate scab |
| | | Ring rot | Wet rot | Late blight | Dry rot | Common scab | | | | |
| | | | | | | P | IR | | | |
| Year 2021, Gala variety | | | | | | | | | | |
| Control | 12.5 ± 4.6 | 0 | 0.5 ± 0.4 | 0.5 ± 0.4 | 1.5 ± 1.4 | 8.5 ± 3.9 | 2.7 | 1.5 ± 1.4 | 0 | |
| Bacteria | 17.5 ± 5.7 | 0 | 0 | 0 | 3.0 ± 2.4 | 8.0 ± 3.8 | 2.3 | 5.0 ± 3.0 | 1.5 ± 1.4 | |
| Year 2022, Red Scarlett variety | | | | | | | | | | |
| Control | 6.0 ± 4.3 | 0.5 ± 0.4 | 0 | 0 | 3.0 ± 2.4 | 0.5 ± 0.5 | 2 | 2.0 ± 1.8 | 0 | |
| Bacteria | 3.0 ± 2.4 | 0 | 0 | 0 | 1.0 ± 0.9 | 0 | 0 | 1.5 ± 1.4 | 0.5 ± 0.4 | |
| Year 2023, Ariel variety | | | | | | | | | | |
| Control | 40.0 ± 9.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40.0 ± 9.3 | 0.05 | 0 | 0 | |
| Bacteria | 3.9 ± 2.6 | 0 | 0 | 0 | 0.8 ± 0.8 | 3.1 ± 2.4 | 0.01 | 0 | 0 | |

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Полученные экспериментальные данные о фитосанитарном состоянии посадок картофеля в вегетационные периоды 2021–2023 годов, урожайности, его структуре и качестве показали эффективность приема бактеризации клубней *P. extremorientalis* PhS1 в традиционной схеме возделывания.

Несмотря на обработку клубней картофеля химическим протравителем, а также трехкратную обработку посадок фунгицидами, на посадках Томской области в отдельные годы наблюдается значительное распространение заболеваний, прежде всего листовых инфекций (фитофтороза и альтернариоза), в связи с чем использование бактерий, обладающих антифунгальными свойствами, а также оказывающих иммуномодулирующее действие на бактеризованные растения, является перспективным и успешным способом оздоровления семенных и продовольственных посадок.

Экспериментальные данные показали, что бактеризация приводит к уменьшению распространенности заболеваний на посадках картофеля в 2–6 раз в зависимости от сорта и погодных условий

вегетационного периода. Еще более значительным является уменьшение индекса развития листовых инфекций, что служит сигналом индукции у бактеризованных растений системной резистентности по отношению к возбудителям листовых пятнистостей.

Бактеризация картофеля *P. extremorientalis* PhS1 также способствует увеличению биологической продуктивности растений (на 5–20 %) за счет увеличения средней массы клубней нового урожая и улучшению их фитосанитарного состояния, что способствует повышению сохранности продовольственного картофеля, а также более высокому качеству семенного материала. В зависимости от сорта и инфекционного фона уменьшение пораженности клубней возбудителями заболеваний может достигать 10 раз.

Таким образом, полученные данные позволяют рекомендовать применение фосфатмобилизующих бактерий *P. extremorientalis* PhS1 с антифунгальными свойствами на посадках семенного и продовольственного картофеля путем добавления микробной культуры к протравителю клубней в схеме возделывания с применением химических фунгицидов на территории Томской области.

Библиографический список

1. РОССТАТ. Бюллетень «Посевные площади Российской Федерации в 2023 году» [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 01.07.2024).
2. РОССТАТ. Бюллетень «Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в 2023 году». Ч. 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 01.07.2024).
3. ФАОСТАТ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data> (дата обращения: 01.07.2024).
4. Кузнецова М. А., Якушева О. И., Рогожин А. Н., Стацюк Н. В., Боровский К. В., Демидова В. Н. Риск развития эпифитотий фитофтороза картофеля в регионах Российской Федерации: оценка за период 2019–2023 гг. // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38, № 2. С. 4–10. DOI: 10.53859/02352451_2024_38_2.
5. Филиппов А. В. Фитофтороз картофеля // Защита и карантин растений. 2012. № 5 (приложение). С. 61–87.
6. Алдиба А. Ш., Еськов И. Д. Влияние обработки различными микроорганизмами на развитие альтернариоза (*Alternaria solani*) и урожайность картофеля // Аграрный научный журнал. 2021. № 3. С. 4–8. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp4-8.
7. Гериева Ф. Т., Газданова И. О. Эффективность применения перспективных биопрепаратов нового поколения в условиях Северо-Кавказского региона // Аграрный вестник Урала. 2021. № 03 (206). С. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9.
8. Попов Ю. В., Рукин В. Ф. Совместное применение биопрепаратов, регуляторов роста и пестицидов для защиты картофеля // Защита и карантин растений. 2016. № 5. С. 18–21.
9. Новикова И. И., Бойкова И. В., Павлюшин В. А., Зейрук В. Н., Васильева С. В., Деревягина М. К. Биологическая эффективность препаративных форм на основе микробов-антагонистов для защиты картофеля от болезней при вегетации и хранении // Вестник защиты растений. 2015. № 4 (86). С. 12–19.
10. Прищепенко Е. А., Биккинина Л. М. Влияние предпосадочной обработки клубней картофеля на пораженность фитофторозом и урожайность культуры // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 21–23.
11. Жевора С. В., Федотова Л. С., Тимошина Н. А., Князева Е. В. Применение удобрений при биологизации картофелеводства // Плодородие. 2021. № 1 (118). С. 50–53.
12. Черемисин А. И., Хамова О. Ф., Шулико Н. Н., Тукмачева Е. В. Влияние биопрепаратов комплексного действия на биологическую активность ризосферы и урожайность картофеля // Плодородие. 2021. № 6 (123). С. 66–68.
13. Тимошина Н. А., Князева Е. В., Федотова Л. С., Жевора С. В. Плодородие почвы и продуктивность картофеля на основе сидератов, минеральных удобрений и биологически активных препаратов // Плодородие. 2023. № 2 (131). С. 8–13.
14. Петров В. Б., Чеботарь В. К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 08. С. 11–15.
15. Коршунова Т. Ю., Бакаева М. Д., Кузина Е. В., Рафикова Г. Ф., Четвериков С. П., Четверикова Д. В., Логинов О. Н. Роль бактерий рода *Pseudomonas* в устойчивом развитии агросистем и защите окружающей среды (Обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2021. Т. 57, № 3. С. 211–227. DOI: 10.31857/S0555109921030089.
16. Павлюшин В. А., Новикова И. И., Бойкова И. В. Перспективы и возможности микробиологической защиты растений для повышения уровня экологической безопасности в агроценозах (обзор) // Защита и карантин растений. 2022. № 4. С. 10–18. DOI: 10.47528/1026\$8634_2022_4_10.
17. Минаева О. М., Акимова Е. Е., Терещенко Н. Н., Кравец А. В., Зюбанова Т. И., Апеньшева М. В. Перспективы использования псевдомнад, ассоциированных с почвенными люмбрицидами, против возбудителей корневых гнилей яровых зерновых // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 1. С. 91–100. DOI: 10.15389/agrobology.2019.1.91rus.
18. Терещенко Н. Н., Кравец А. В., Акимова Е. Е., Минаева О. М., Зотикова А. В. Эффективность применения микроорганизмов, изолированных из копролитов дождевых червей, для увеличения урожайности зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2013. № 5. С. 10–17.
19. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / Под общ. ред. С. В. Жеворы; Москва: ФГБНУ ВНИИКХ, 2019. 120 с.
20. Гериева Ф. Т., Газданова И. О., Дзедзаев Х. Т., Моргоев Т. А., Бекмурзов Б. В. Применение биологических препаратов в производстве картофеля на почвах Северной Осетии // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 4–8. DOI: 10.28983/asj.y2021i12pp4-8.
21. Акимова Е. Е., Минаева О. М. Влияние бактерий *Pseudomonas* sp. В-6798 на фитопатологическое состояние картофеля в полевых экспериментах // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 2 (6). С. 42–47.

22. Минаева О. М., Акимова Е. Е., Терещенко Н. Н., Зюбанова Т. И., Апеньшева М. В., Кравец А. В. Влияние бактерий рода *Pseudomonas* на активность пероксидазы в растениях пшеницы при инфицировании *Bipolaris sorokiniana* // Физиология растений. 2018. Т. 65, № 5. С. 366–375. DOI: 10.1134/S0015330318050214.

23. Дзедаев Х. Т., Газданова И. О., Бекмурзов Б. В. Биологическая борьба с фитофторозом картофеля, вызываемым *Phytophthora infestans* // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-2-10.

Об авторах:

Оксана Модестовна Минаева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук, Томск, Россия; доцент кафедры сельскохозяйственной биологии, доцент, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия; ORCID 0000-0002-5925-6022, AuthorID 129309. E-mail: tom05@mail.ru

Елена Евгеньевна Акимова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук, Томск, Россия; ORCID 0000-0002-3279-8200, AuthorID 620274. E-mail: akimovanell@mail.ru

Татьяна Ивановна Зюбанова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук, Томск, Россия; ORCID 0000-0002-9429-9706, AuthorID 880772. E-mail: t.i.zyubanova@yandex.ru

Александра Владимировна Кравец, старший научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук, Томск, Россия; ORCID 0000-0003-3057-8623, AuthorID 184708. E-mail: kravets@mail.ru

Наталья Николаевна Терещенко, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Россия; ORCID 0000-0002-3084-6926, AuthorID 55389. E-mail: ternat@mail.ru

References

1. ROSSTAT, Bulletin “Cultivated areas of the Russian Federation in 2023” [Internet]. 2023 [cited 2024 July 01]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>. (In Russ.)
2. ROSSTAT, Bulletin “Gross yields and yields of agricultural crops in the Russian Federation in 2023.” Part 2 [Internet]. 2023 [cited 2024 July 01]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>. (In Russ.)
3. FAOSTAT [Internet]. 2023 [cited 2024 July 01]. Available from: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data>. (In Russ.)
4. Kuznetsova M. A., Iakusheva O. I., Rogozhin A. N., Statsyuk N. V., Borovsky K. V., Demidova V. N. Risk of development of epiphytotic of potato late blight in the regions of the Russian Federation: assessment for the period 2019–2023. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2024; 38 (2): 4–10. DOI: 10.53859/02352451_2024_38_2_4. (In Russ.)
5. Filippov A. V. Late blight of potatoes. *Plant protection and quarantine*. 2012; 5 (Supplement): 61–87. (In Russ.)
6. Aldiba A. S., Eskov I. D. The influence of treatment by different microorganisms on the development of alternariosis (*Alternaria solani*) and the potato yield. *Agrarian Scientific Journal*. 2024; 6: 4–11. DOI: 10.28983/asj.y2021i3pp4-8. (In Russ.)
7. Gerieva F. T., Gazdanova I. O. The use of promising biological products for the potato plant in the North Caucasus. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 3 (206): 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9. (In Russ.)
8. Popov Yu. V., Rukin V. F. Combined use of biopreparations, growth regulators and pesticides for potato protection. *Plant Protection and Quarantine*. 2016; 5: 18–21. (In Russ.)
9. Novikova I. I., Boikova I. V., Pavlyushin V. A., Zeiruk V. N., Vasilyeva S. V., Derevyagina M. K. Biological efficiency of preparative forms based on the microbe-antagonists for potato protections against diseases at vegetation and storage. *Plant Protection News*. 2015; 4 (86): 12–19. (In Russ.)
10. Prishchepenko E. A., Bikkinina L. M. Influence of pre-processing of potato tubers on phytofluorosis involvement and crop yield. *Plant Protection and Quarantine*. 2020; 4: 21–23. (In Russ.)

11. Zhevorina S. V., Fedotova L. S., Timoshina N. A., Knyazeva E. V. Fertilizers application during biologisation of potato growing. *Plodorodie*. 2021; 1 (118): 50–53. (In Russ.)
12. Cheremisin A. I., Khamova O. F., Shuliko N. N., Tukmacheva E. V. Influence of the use of biological products of complex action on the biological activity of the potato rhizosphere. *Plodorodie*. 2021; 6 (123): 66–68. (In Russ.)
13. Timoshina N. A., Knyazeva E. V., Fedotova L. S., Zhevorina S. V. Soil fertility and potato productivity based on siderates, mineral fertilizers and bioactive addition. *Plodorodie*. 2023; 2 (131): 8–13. (In Russ.)
14. Petrov V. B., Chebotar V. K. Microbiological preparations as the basis element of intensive agrotechnologies in crop production. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2011; 8: 11–15. (In Russ.)
15. Korshunova T. Y., Bakaeva M. D., Kuzina E. V., Rafikova G. F., Chetverikov S. P., Chetverikova D. V., Loginov O. N. Role of bacteria of the genus *Pseudomonas* in the sustainable development of agricultural systems and environmental protection (Review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2021; 3 (57): 281–296. DOI: 10.1134/S000368382103008X.
16. Pavlyushin V. A., Novikova I. I., Boikova I. V. Prospects and opportunities of microbiological plant protection for increasing level of ecological safety in agricultural plant communities (a review). *Plant Protection and Quarantine*. 2022; 4: 10–18. (In Russ.)
17. Minaeva O. M., Akimova E. E., Tereshchenko N. N., Kravets A. V., Zyubanova T. I., Apenysheva M. V. Pseudomonads associated with soil lumbricides as promising agents in root rot biocontrol for spring grain crops. *Agricultural Biology*. 2019; 1 (54): 91–100. DOI: 10.15389/agrobiol.2019.1.91eng.
18. Tereshchenko N. N., Kravets A. V., Akimova E. E., Minayeva O. M., Zotikova A. P. Effectiveness of applying microorganisms isolated from earthworm coprolites in increasing yielding capacity of grain crops. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2013; 5: 10–17. (In Russ.)
19. Methodology for conducting agrotechnical experiments, accounting, observations and analyzes on potatoes. S. V. Zhevorina, editor-in-chief. Moscow: FGBNU VNIKKh, 2019. 120 p. (In Russ.)
20. Gerieva F. T., Gazdanova I. O., Dzedaev Kh. T., Morgoev T. A., Bekmurzov B. V. The effectiveness of the use of biological preparations in the production of potatoes on the soils of North Ossetia. *Agrarian Scientific Journal*. 2021; 12: 4–8. DOI: 10.28983/asj.y2021i12pp4-8. (In Russ.)
21. Akimova E. E., Minaeva O. M. The effect of bacteria *Pseudomonas* sp. B-6798 on psychopathological state of potato in the field experiments. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2009; 2(6): 42–47. (In Russ.)
22. Minaeva O. M., Akimova E. E., Tereshchenko N. N., Zyubanova T. I., Apenysheva M. V., Kravets A. V. Effect of *Pseudomonas* bacteria on peroxidase activity in wheat plants when infected with *Bipolaris sorokiniana*. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2018; 5 (65): 717–725. DOI: 10.1134/S1021443718040052.
23. Dzedayev Kh. T., Gazdanova I. O., Bekmurzov B. V. Biological control of *Phytophthora infestans* in potatoes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 9 (23): 2–10. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-2-10. (In Russ.)

Authors' information:

Oksana M. Minaeva, candidate of biological sciences, senior researcher, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – a branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia; associate professor of the department of agricultural biology, Institute of Biology, Tomsk State University, Tomsk, Russia; ORCID 0000-0002-5925-6022, AuthorID 129309.

E-mail: mom05@mail.ru

Elena E. Akimova, candidate of biological sciences, senior researcher, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – a branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia; ORCID 0000-0002-3279-8200, AuthorID 620274. *E-mail: akimovanell@mail.ru*

Tatyana I. Zyubanova, candidate of biological sciences, senior researcher, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – a branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia; ORCID 0000-0002-9429-9706, AuthorID 880772. *E-mail: t.i.zyubanova@yandex.ru*

Aleksandra V. Kravets, senior researcher, Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – a branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia; ORCID 0000-0003-3057-8623, AuthorID 184708. *E-mail: kravets@mail.ru*

Natalya N. Tereshchenko, doctor of biological sciences, associate professor, professor of the department of radio-electronic technologies and environmental monitoring, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russia; ORCID 0000-0002-3084-6926, AuthorID 55389. *E-mail: ternat@mail.ru*