

УДК 632.937

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-348-4-91-96>

Оригинальное исследование/Original research

Шелихова Е.В.,
Масленникова В.С.,
Цветкова В.П.,
Калмыкова Г.В.,
Дубовский И.М.

¹ Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, 160, г. Новосибирск, 630039, Российская Федерация, E-mail: vera.cvetkova.23.05@mail.ru

² СФНЦ РАН, ул. Центральная, Президиум, р. п. Краснообск, Новосибирский район, Новосибирская область, 633501, Российская Федерация E-mail: shelikhova.ev@yandex.ru

Ключевые слова: картофель, ризоктониоз, фитосанитарное состояние, фунгицидная и ростостимулирующая активность, биологическая защита

Для цитирования: Шелихова Е.В., Масленникова В.С., Цветкова В.П., Калмыкова Г.В., Дубовский И.М. Улучшение фитосанитарного состояния и продуктивности картофеля под действием перспективных штаммов бактерий рода *Bacillus*. Аграрная наука. 2021; 348 (4): 91–96.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-348-4-91-96>**Конфликт интересов отсутствует**

Evgeniya V. Shelikhova,
Vladislava S. Maslennikova,
Vera P. Tsvetkova,
Galina V. Kalmykova,
Ivan. M. Dubrovsky

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Novosibirsk State Agrarian University”, Novosibirsk, Russia E-mail: vera.cvetkova.23.05@mail.ru

² Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia E-mail: shelikhova.ev@yandex.ru

Key words: potato, rhizoctonia, phytosanitary condition, fungicidal and growth-stimulating activity, biological protection

For citation: Shelikhova E.V., Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Kalmykova G.V., Dubrovsky I.M. Improvement of the phytosanitary condition and productivity of potatoes under the influence of promising strains of bacteria of the genus *Bacillus*. Agrarian Science. 2021; 348 (4): 91–96. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-348-4-91-96>**There is no conflict of interests**

Улучшение фитосанитарного состояния и продуктивности картофеля под действием перспективных штаммов бактерий рода *Bacillus*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для защиты картофеля от болезней в настоящее время применяются химические пестициды. Их главным преимуществом является эффективность, массовость и быстрота. Главным недостатком — опасность для жизни человека и теплокровных животных токсичное воздействие, а также гибель полезных насекомых (пчел, шмелей), опыляющих растения. К тому же у большинства вредоносных бактерий и грибов вырабатывается устойчивость к воздействию химикатов, что заставляет производителей создавать новые, все более токсичные препараты. Для решения этой задачи первоочередное значение имеет совершенствование технологии возделывания картофеля в сторону ее биологизации, то есть поиск биологических агентов, создание и применение на их основе биопрепаратов для защиты картофеля и получения экологически безопасной продукции.

Методы. Целью исследования являлась оценка ростостимулирующего и антифунгального действия бактерий рода *Bacillus* на картофеле сорта Тулеевский. Полевые опыты проводились период 2019–2020 гг. в Новосибирской области, г. Новосибирск, УПХ «Сад Мичуринцев» Новосибирского ГАУ. Для улучшения морфометрических показателей и снижения распространенности ризоктониоза клубни картофеля обрабатывали штаммами бактерий рода *Bacillus*: *B. thuringiensis* ssp. *morrisoni*; *B. thuringiensis* ssp. *dacota*; *B. subtilis*; *B. liheniformis*. В качестве эталона применяли Фитоспорин-М, П (*B. subtilis* штамм 26 Д).

Результаты. Лучшие результаты (в среднем за 2 года) получены в варианте с применением штамма *B. subtilis*, который обеспечил увеличение биомассы растений в 1,7 (2019 г.) и в 1,2 (2020 г.) раза и количество столонов на 43% по сравнению с контрольным вариантом. Применение штамма *B. thuringiensis* ssp. *dacota* в 2019 году обеспечило увеличение длина наземной части на 10%, в 1,2 раза — количество стеблей и в 1,6 раза — столонов. Распространенность возбудителя черной парши во все сроки учета снижалась в 1,7–3,7 раза относительно контроля в варианте *B. subtilis*, а на 10-й неделе учета — в 3,5 (2019) и 2,6 (2020) раза относительно эталона. Применение бактериальных штаммов позволило получить более качественный и высокий урожай по сравнению с контрольным вариантом и эталонном. При использовании штаммов *B. thuringiensis* ssp. *morrisoni* и *B. thuringiensis* ssp. *dacota* в 2019 году урожайность увеличилась в 1,4 и 1,5 раза, соответственно, а в 2020 году штаммов *B. subtilis* и *B. thuringiensis* ssp. *morrisoni* — в 1,2 и 1,3 раза, соответственно.

Improvement of the phytosanitary condition and productivity of potatoes under the influence of promising strains of bacteria of the genus *Bacillus*

ABSTRACT

Relevance. Chemical pesticides are currently used to protect potatoes from diseases. Their main advantage is efficiency, mass scale and speed. The main disadvantage is the dangerous to human life and warm-blooded animals toxic effect, as well as the death of beneficial insects (bees, bumblebees) pollinating plants. In addition, most harmful bacteria and fungi develop resistance to chemicals, forcing manufacturers to create new, increasingly toxic drugs. To solve this problem, it is of paramount importance to improve the technology of potato cultivation in the direction of its biologization, that is, the search for biological agents, the creation and use of biological agents on their basis for protecting potatoes and obtaining environmentally friendly products.

Methods. The aim of the study was to evaluate the growth-stimulating and antifungal action of bacteria of the genus *Bacillus* on potatoes of the Tulevsky variety. The results of field experiments are presented for the period 2019–2020. The experiments were conducted in the Novosibirsk region, g. Novosibirsk, UPH “Garden of Michurintsev” of the Novosibirsk State Agrarian University. To improve morphometric parameters and reduce the prevalence of rhizoctonia, potato tubers were treated with strains of the bacterium of the genus *Bacillus*: *B. thuringiensis* ssp. *morrisoni*; *B. thuringiensis* ssp. *dacota*; *B. subtilis*; *B. liheniformis*. Phytosporin-M, P (*B. subtilis* strain 26 D) was used as a reference.

Results. The best results (on average for 2 years) were seen in the variant using the *B. subtilis* strain, which provided an increase in plant biomass by 1.7 (2019) and 1.2 (2020) times and the number of stolons by 43% compared to the control variant. The use of the strain *B. thuringiensis* ssp. *dacota* in 2019 provided an increase in the length of the ground part by 10%, by 1.2 times-the number of stems and by 1.6 times — stolons. The prevalence of the causative agent of the black scab in all periods of accounting decreased by 1.7–3.7 times compared to the control in variant *B. subtilis*, and on the 10th week of accounting — in 3.5 (2019) — 2.6 (2020) times relative to the standard. The use of bacterial strains allowed us to achieve a higher quality and higher yield compared to the control version and the standard. When using strains of *B. thuringiensis* ssp. *morrisoni* and *B. thuringiensis* ssp. *dacota* in 2019, the yield increased by 1.4 and 1.5 times, respectively, and in 2020, with the strains of *B. subtilis* and *B. thuringiensis* ssp. *morrisoni* — by 1.2 and 1.3 times respectively.

Поступила: 11 мая
После доработки: 13 мая
Принята к публикации: 13 мая

Received: 11 May
Revised: 13 May
Accepted: 13 May

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является распространенной сельскохозяйственной культурой в России, в том числе и в Сибири. Благодаря богатым биохимическим свойствам картофеля важен для питания населения, как корм для животных, для семенных и технических целей. В условиях Сибирского региона картофель в значительной степени поражается комплексом болезней, из которых наиболее значимой является ризоктониоз (*Rhizoctonia solani* Kuhn). Зараженность семенных клубней склероциальной формой в отдельных случаях достигает более 80% [1].

Современные методы ведения сельского хозяйства в значительной степени зависят от химических веществ, которые при всех равных условиях оказывают вредное воздействие на окружающую среду, на питательную ценность сельскохозяйственных продуктов, здоровье сельскохозяйственных рабочих и потребителей. Негативное воздействие химических удобрений, пестицидов, гербицидов можно уменьшить с помощью микробных препаратов, которые играют важную роль в достижении экологически устойчивого сельского хозяйства. Применение данных препаратов также оказывает влияние на плодородие почвы, увеличивая пестицидную нагрузку на агробиоценозы [2–4].

Благодаря природному антагонизму в отношении фитопатогенных грибов, в том числе и к *R. solani*, бактерии рода *Bacillus* являются распространенными агентами биологического контроля. Эти грамположительные ризосферные бактерии колонизируют корни растений, улучшая их рост, повышают урожайность и расширяют доступ микроэлементов к корням растения-хозяина [5–7]. Штаммы бактерии *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* обладают не только высокой степенью фунгицидной активности, но и стимулируют рост растений [8–10].

Энтомопатогенные бактерии *Bacillus thuringiensis* составляют основу 90% всех коммерческих биоинсектицидов, применяемых в мире, контролируют численность некоторых видов насекомых-вредителей, в т.ч. и вредителей картофеля: картофельную моль, колорадского жука и др. [11, 12]. Кроме инсектицидного действия выявлены фунгицидная и ростостимулирующая активность штаммов *B. thuringiensis* на ряде сельскохозяйственных культур [13, 14].

Разработка препаратов на основе бактериальных штаммов обычно включает несколько этапов, при этом скринингу штаммов в полевой среде предшествует скрининг в контролируемых лабораторных условиях [15]. Ранее в результате определения фунгицидной активности *in vitro* установлено, что некоторые испытанные штаммы *Bacillus* проявили высокую степень антагонизма по отношению к фитопатогенным грибам *A. alternata* и *F. oxysporum* [16]. Данные исследования послужили основой для полевых испытаний штаммов.

Цель исследования — оценка ростостимулирующего действия штаммов рода *Bacillus* и их фунгицидной активности в отношении *Rhizoctonia solani* Kuhn в полевых условиях на картофеле.

Условия, материалы и методы

Полевые опыты проводились в Новосибирской области, г. Новосибирск, УПХ «Сад Мичуринцев» Новосибирского ГАУ в 2019–2020 годах по методике Б.А. Доспехова [17]. Объекты исследования: среднеранний картофель сорта Тулеевский (оригинатор — ГНУ Кемеровский НИИСХ Россельхозакадемии), ризоктониоз картофеля (*Rhizoctonia solani* Kuhn), штаммы р. *Bacillus*:

B. thuringiensis ssp. *morrisoni* (Btm); *B. thuringiensis* ssp. *dacota* (Btd); *B. subtilis* (Bs); *B. licheniformis* (Bl). В качестве эталона применяли Фитоспорин-М, П (*B. subtilis* штамм 26 Д).

Почва опытного участка — серая лесная тяжелосуглинистая на бескарбонатном тяжелом суглинке. Обеспеченность гумусом пахотного слоя — 4,5%, реакция среды по pH около 6,3, обеспеченность нитратным азотом достаточно низкая (менее 10 мг/кг), фосфором — повышенная (до 13 мг/100 г), калием — средняя (около 6 мг/100 г).

Предшественник — пар. Густота посадки 40,8 тыс./га, схема посадки — 0,7×0,35 м. Площадь учетной делянки — 60 м², повторность — трехкратная.

Важными условиями, определяющими развитие ризоктониоза на картофеле, являются температура и влажность почвы и воздуха, поэтому необходимо при его изучении учитывать погодные условия. В июле 2019 года выпало 98 мм осадков, что составило 161,0% от среднемесячной суммы осадков, а температура составила 19,2 °С, что способствовало развитию склероциальной формы ризоктониоза и распространению болезни на стеблях. В июне 2020 года стояла устойчивая воздушная засуха (осадков выпало всего 66% от нормы), что не способствовало проявлению ризоктониоза на стеблях картофеля, но он проявлялся в виде сетчатого некроза на клубнях.

В полевых испытаниях была проведена оценка штаммов на пораженность картофеля возбудителем черной парши (ризокониозом) и их влияние на морфометрические показатели и урожайность. Клубни перед посадкой были обработаны согласно схеме опыта: контроль (обработка водой); Фитоспорин-М (0,5 г на 1000 мл воды); Bs (титр 2,0·10⁶ спор/мл); Bl (титр 5,1·10⁶ спор/мл); Btm (титр 2,7·10⁶ спор/мл); Btd (титр 5,6·10⁶ спор/мл).

Учет пораженности ризоктониозом ростков и стеблей проводили через 4, 6 и 10 недель после посадки. Распространенность заболевания рассчитывали по формуле [18]:

$$P = (П \cdot 100) / N,$$

где P — количество пораженных растений, N — общее количество учетных растений. Оценка пораженности стеблей проводили по пятибалльной шкале Франка [19]: 0 — поражение отсутствует; 1 — штрихи и язвы на ростке (стебле) длиной до 25 мм; 2 — язвы на ростке (стебле) длиной до 50 мм; 3 — язвы на ростке (стебле) длиной более 50 мм, но не окольцовывают росток (стебель) полностью; 4 — обширные язвы, окольцовывающие росток (стебель); 5 — росток (стебель) сгнил или надломился.

Степень поражения ризоктониозом клубней нового урожая определяли по соотношению массовой доли здоровых клубней и пораженных различными формами заболевания. Более точная оценка состояния клубней рассчитывали по склероциальному индексу (S_i) [20]:

$$S_i = \frac{1 \times h + 3,5 \times m + 5 \times k + 6 \times l}{c + h + m + k + l},$$

где c — масса здоровых клубней, г; h — масса клубней, пораженных сетчатым некрозом и углубленной пятнистостью, г; m — масса клубней с единичными склероциями и склероциями на 1/10 поверхности, г; k — масса клубней со склероциями, занимающими 1/4 поверхности, г; l — масса клубней со склероциями, занимающими 1/2 поверхности, г.

Учет биологической урожайности осуществляли путем взвешивания клубней, собранных с делянки, с последующим пересчетом на 1 га.

Агротехника включала зяблевую вспашку в конце сентября — начале октября, весной — вспашку, культивацию (15–20 см). Посадка производилась вручную 25 мая (2019) и 14 мая (2020). Уход за посадками включал: внесение удобрений «Кемира картофельное» (30–40 г/м² почвы), прополку, окучивание. Уборка — вручную.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных компьютерных программ SNEDECOR для Windows [21].

Результаты и обсуждения

Оценка влияния обработки клубней картофеля перед посадкой бактериальными штаммами на морфометрические показатели растения представлена в таблице 1. Лучшие результаты за 2 года получены в варианте с применением штамма *Bs*, который обеспечил увеличение биомассы растений в 1,7 (2019) и в 1,2 (2020) раза и количества столонов на 43% по сравнению с контрольным вариантом. Отмечена статистически достоверная разница в варианте с *Bs* на 6-й неделе по длине, количеству стеблей (2019) и общему количеству столонов (2020).

Применение штамма *Btd* было также эффективным: длина надземной части в среднем за все недели учета увеличилась на 10% (2019) и 42% (2020), количество стеблей — в 1,2 раза и столонов — в 1,6 раза. В 2020 году при обработке штаммом *Btm* биомасса растений увеличилась в 1,5 раза, длина стебля — на 11% относительно контрольного варианта (табл. 1).

При использовании микробных штаммов снижалась пораженность стеблей *R. solani Kuhn*. При обработке клубней штаммом *Bs* распространенность возбудителя черной парши во все сроки учета снижалась в 1,7–3,7 раза относительно контроля, а на 10-й неделе учета — в 3,5 (2019) и 2,6 (2020) раза относительно эталона (рис. 1).

Биологическая эффективность (БЭ) при обработке штаммом *Bs* в среднем за все недели учета составила 75,9% (2019) и 72,4% (2020). При применении штамма *Btd* индекс развития снизился в 5,3 раза, БЭ составила 81,7% (2019). Индекс развития черной парши в варианте со штаммом *Btm* уменьшился в 4,1 раза, БЭ составила 63,4% (2020) (табл. 2).

Применение изучаемых штаммов оказывало ростостимулирующее и оздоравливающее действие на растения картофеля, что позволило получить более качественный и высокий урожай по сравнению с кон-

Таблица 1. Влияние бактериальных штаммов на морфометрические показатели картофеля

Table 1. Influence of bacterial strains on morphometric parameters of potatoes

Вариант опыта	Неделя учета	Масса 1 растения, г		Длина, см				Количество, шт.			
				стеблей		корней		стеблей		столонов	
		2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Контроль	4	96,0	104,7	12,1	13,7	12,0	16,3	4,0	4,0	17,7	18,7
	6	184,0	259,7	32,7	34,0	12,7	16,3	4,0	4,3	19,3	19,7
	10	475,7	510,3	47,7	49,7	19,7	12,3	4,0	4,3	27,7	23,3
Фитоспорин-М	4	124,0	114,3	17,5	13,7	10,3	15,3	4,3	3,3	25,3	16,3
	6	234,7	504,7*	34,3	40,7*	28,3*	15,0	4,7	3,3	26,3	17,0
	10	823,7*	632,7	53,0	49,7	29,0*	19,7*	5,0	3,3	40,7*	24,3
<i>Bs</i>	4	112,0	125,0	13,0	11,7	11,4	13,3	6,3	3,7	22,7	26,7
	6	258,3	402,0	32,3	40,7*	16,7	13,3	6,7*	3,7	22,7	29,3*
	10	789,0*	753,0*	49,0	58,0*	27,0*	21,3*	6,8*	3,0	42,0*	29,7
<i>Bl</i>	4	124,7	127,0	13,9	15,7	10,8	13,0	4,0	4,3	16,0	20,0
	6	180,3	445,7*	35,0	43,7*	20,7*	13,3	4,0	4,3	28,0	28,3
	10	681,7*	665,3	50,0	52,3	28,0*	16,0	5,0	5,0	30,3	28,3
<i>Btm</i>	4	74,0	120,7	14,0	12,7	12,9	16,0	3,0	4,0	16,3	16,3
	6	361,7	461,0*	38,0	38,7	18,0	16,0	3,7	4,0	17,3	20,3
	10	516,0	799,3*	51,0	55,3*	22,7	19,3*	4,3	4,0	23,7	20,3
<i>Btd</i>	4	104,0	114,7	17,0	12,7	10,7	12,3	3,7	4,7	20,0	21,0
	6	203,0	578,7*	32,3	42,0*	22,3*	13,3	4,3	4,7	31,0*	29,3*
	10	709,0*	644,7	52,7	57,7*	25,7*	17,3	4,7	4,7	45,0*	29,3
НСП ₀₅ по году		43,2		1,4		1,2		0,5		2,4	
НСП ₀₅ по варианту		74,9		2,5		2,2		0,9		4,2	
НСП ₀₅ по дате учета		53,0		1,8		1,5		0,6		2,9	
НСП ₀₅ среднее		183,7		6,3		5,4		2,2		10,3	

*статистически достоверный результат

трольными вариантами (рис. 2). При использовании штаммов *Btm* и *Btd* в 2019 году урожайность увеличилась в 1,4 и 1,5 раза, соответственно, а в 2020 году штаммов *Bs* и *Btm* — в 1,2 и 1,3 раза (табл. 3).

Распространенность ризоктониоза на клубнях нового урожая в 2019 году, который проявлялся в склероциальной форме, снизилась при применении штаммов *Bs* (в 10,4 раз), *Bl* (в 2,7 раза) и *Btd* (в 1,4 раза). В 2020 году распространенность ризоктониоза в результате засушливой погоды была ниже. Тем не менее, обработка клубней штаммом *Bs* привела к снижению возбудителя ризоктониоза в 3,1 раза, а штаммом *Bl* — в 2,2 раза. В течение двух лет высокая биологическая эффективность (90,6%) была получена при обработке клубней штаммом .

Рис. 1. Распространенность ризоктониоза (2019–2020 гг.)

Fig. 1. Prevalence of rhizoctonia disease (2019–2020)

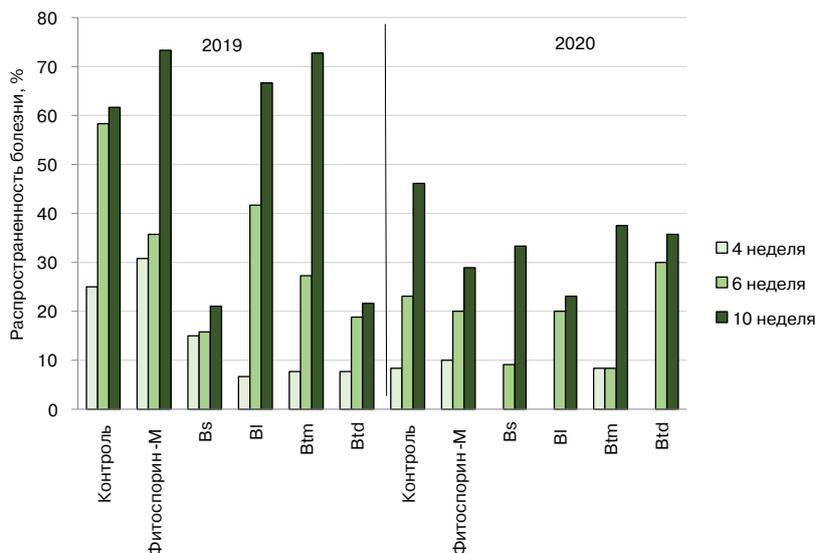


Таблица 2. Антифунгальное действие биоагентов на картофеле

Table 2. Antifungal action of bioagents on potatoes

Вариант опыта	Неделя учета	Биологическая эффективность, %		Индекс развития, %	
		2019	2020	2019	2020
Контроль	4	-	-	10,0	4,6
	6	-	-	18,3	6,7
	10	-	-	21,7	15,4
Среднее				16,6	8,9
Фитоспорин-М	4	38,5	56,5	6,2	2,0
	6	67,0	40,3	7,1	4,0
	10	5,5	56,5	17,3	6,7
Среднее		37	48,4	10,2	32,7
<i>Bs</i>	4	70,0	100,0	3,0	0
	6	80,6	73,1	4,2	1,8
	10	77,0	56,5	4,2	6,7
Среднее		75,8	72,4	3,8	2,8
<i>Bl</i>	4	86,7	100,0	1,3	0,0
	6	46,2	31,3	11,7	4,6
	10	0	56,5	18,3	6,7
Среднее		66,5	78,4	31,3	3,7
<i>Btm</i>	4	84,6	63,0	1,5	1,7
	6	58,0	74,6	9,0	1,7
	10	-	51,3	23,6	7,5
Среднее		71,3	63,4	11,4	3,4
<i>Btd</i>	4	85,0	100,0	1,5	0
	6	80,3	-	3,6	8,6
	10	80,2	9,1	4,3	14,0
Среднее		81,7	55,0	3,2	7,5

Рис. 2. Внешний вид картофеля по периодам учета (2019–2020 гг.): А — через 4 недели; Б — через 6 недель; В — через 10 недель

Fig. 2. Appearance of potatoes by accounting periods (2019–2020): А — after 4 weeks; Б — after 6 weeks; В — after 10 weeks

Таблица 2. Урожайность и распространенность ризоктониоза на клубнях картофеля нового урожая

Table 2. Productivity and prevalence of rhizoctonia on new crop potato tubers

Вариант	Урожайность, т/га		S. i.		Распространенность ризоктониоза, %		Биологическая эффективность, %	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Контроль	22,8	23,0	2,0	0,4	40,0	4,3	-	-
Фитоспорин-М	24,7	24,0	1,1*	0,3	23,5	3,7	41,3	13,9
Bs	22,9	26,4	0,6*	0,1*	3,8	0,4	90,5	90,7
Bl	27,0	26,6	1,0*	0,2*	14,6	2,0	63,5	53,5
Btm	32,1*	29,8*	0,7*	0,3	33,3	5,6	16,8	-
Btd	33,8*	24,9	0,7*	0,3	24,3	2,6	39,3	39,5
НСР ₀₅ по году	1,3		0,2					
НСР ₀₅ по варианту	3,3		0,4					
НСР ₀₅ среднее	4,8		0,6					

*статистически достоверный результат

Выводы

Применение новых штаммов бактерий р. *Bacillus* привело к улучшению морфометрических показателей в период вегетации. Лучший результат получен при обработке клубней *B. thuringiensis* spp. *dacota* (2019), *B. thuringiensis* spp. *morrisoni* (2020), *B. subtilis* (2019–2020). Использование штамма *B. subtilis* обеспечило увеличение биомассы растений в 1,7–1,2 раза, а штамма *B. thuringiensis* spp. *morrisoni* — в 1,5 раза по сравнению с контрольным вариантом. Под действием штаммов *B. thuringiensis* spp. *dacota* и *B. thuringiensis* spp. *morrisoni* длина стебля была выше контрольных растений на 10–11%.

Предпосадочная обработка клубней картофеля штаммом *B. subtilis* снизила распространенность возбу-

дителя черной парши во все сроки учета в 1,7–3,7 раза относительно контроля, а на 10-й неделе учета — в 3,5 (2019) и 2,6 (2020) относительно эталона.

Изучаемые штаммы позволили получить более качественный и высокий урожай по сравнению с контрольным вариантом. При применении штаммов *B. thuringiensis* spp. *morrisoni* и *B. thuringiensis* spp. *dacota* в 2019 году урожайность увеличилась в 1,4 и 1,5 раза, соответственно, а в 2020 году штаммов *B. subtilis* и *B. thuringiensis* spp. *morrisoni* — в 1,2 и 1,3 раза.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90006.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Пилипова Ю. В., Шалдыева Е. М. Мониторинг вредных организмов как основа фитосанитарной оптимизации агроэкосистем картофеля // Инновации и продовольственная безопасность. – 2019. – №. 1. – С. 42–50.
2. Новикова И.И. Полифункциональные биопрепараты для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем в биологическом земледелии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства, 2019. № 2(99). – С. 183–194.
3. Tsvetkova, V. P., Shternshis M. V., Shatalova E. I., Bakhvalov S.A., Maslennikova V.S., Grishchikina V.S. Polyfunctional Properties of the Entomopathogenic Bacterium in Protecting Potato in Western Siberia // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2016, Vol. – 13(1). – P. 9–15
4. Цветкова В. П., Штерншиш М. В., Бахвалов С. А. Влияние энтомопатогенной бактерии *Bacillus thuringiensis* на колорадского жука и ризоктониоз картофеля в условиях Новосибирской области // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Болгарии, Часть I, 2014. — С. 146–147.
5. Alori E. T., Babalola O. O. Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa // Frontiers in microbiology. – 2018. – V. 9. – P. 2213.
6. Khan N., Bano A. M. D., Babar A. Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rainfed agriculture // PloS one. – 2020. – V. 15. – P. 32.
7. Феоктистова Н. В., Марданова А.М., Хадиева Г.Ф., Шарипова М.Р. Ризосферные бактерии // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2016. – Т. 158. – №. 2.
8. Штерншиш М. В., Беляев А. А., Цветкова В. П., Шпатова Т. В., Леляк А. А., Бахвалов С. А. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений / монография // Новосибирск: изд-во СО РАН. – 2016. – С. 284.
9. Леляк А. А. Штерншиш М. В. Антагонистический потенциал сибирских штаммов *Bacillus* spp. в отношении возбудителей болезней животных и растений // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – №. 1 (26). – С. 42–51.
10. Singh R. P., Jha P. N. A halotolerant bacterium *Bacillus licheniformis* HSW-16 augments induced systemic tolerance to salt stress in wheat plant (*Triticum aestivum*) // Frontiers in plant

science. – 2016. – V. 7. – P. 1890.

11. Шпатова Т. В., Штерншиш М.В., Асатурова А.М., А.И. Хомяк Штаммы *Bacillus thuringiensis* с энтомопатогенными и антифунгальными свойствами // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем, выпуск 10, 2018. – С. 310.

12. Калмыкова Г. В., Горобей И. М., Осипова Г. М. Перспективы использования *Bacillus thuringiensis* как биологического агента защиты растений // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – №. 4. – С. 12–19.

13. Каменек Л. К., Сатарова Т. А., Каменек Д. В., Терпиловский М. А. Антифунгальное действие -эндотоксина *Bacillus thuringiensis* в отношении возбудителя фитофтороза картофеля в полевых условиях и при хранении // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – №. 1. – С. 112–117.

14. Бахвалов С. А. Цветкова В. П., Шпатова Т. В., Штерншиш М. В., Гришечкина С. Д. Экологические взаимоотношения в системе: энтомопатогенная бактерия *Bacillus thuringiensis*-фитопатогенный гриб *Rhizoctonia solani*-растение-хозяин *Solanum tuberosum* // Сибирский экологический журнал. – 2015. – Т. 22. – №. 4. – С. 643–650.

15. Backer R. et al. Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture // Frontiers in plant science. – 2018. – V. 9. – P. 1473.

16. Горобей И.М., Калмыкова Г.В., Давыдова Н.В., Андреева И.В. Штаммы *Bacillus thuringiensis* с ростостимулирующей и фунгицидной активностью // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. – Т. 48. – № 6. – С. 5–12. DOI:10.26898/0370-8799-2018-6-1

17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб // М.: Книга по требованию. – 2012. – С. 350.

18. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. – М.: «КолосС», 2012. 127 с.

19. Frank J. A. et al. Comparison of tuberborne and soilborne inoculum in the *Rhizoctonia* disease of potato // Phytopathology. – 1980. – V. 70. – №. 5. – P. 1–53.

20. Шалдыева Е. М., Пилипова Ю. В. Ризоктониоз картофеля: склероциальный индекс // Защита и карантин растений. – 1999. – Т. 5. – С. 16–17.

21. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск: РПО СО РАСХН, 2012. 282 с.

ОБ АВТОРАХ:

Шелихова Е.В., аспирант, младший научный сотрудник
Масленикова В.С., аспирант, младший научный сотрудник
Калмыкова Г.В., ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук
Цветкова В.П., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук
Дубовский И.М., профессор, доктор биологических наук

ABOUT THE AUTHORS:

E.V. Shelikhova, graduate student, junior researcher
V.S. Maslennikova, a graduate student, junior researcher
G.V. Kalmykova, leading researcher, candidate of biological sciences
V.P. Tsvetkova, Associate Professor, candidate of agricultural sciences
I.M. Dubovsky, professor, doctor of biological sciences