

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ *BACILLUS ATROPHAEUS* НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

В.Е. Сопрунова¹, О.Б. Сопрунова¹, Ш.Б. Байрамбеков², Е.В. Полякова²

¹ Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

² Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Астраханская область, г. Камызяк, Россия

Исследования последних лет активно рассматривают вопросы разработки и внедрения в сельскохозяйственное производство биологических средств защиты растений на основе бактерий, среди которых основными объектами являются представители рода *Bacillus*, способствующие росту растений, контролирующие развитие фитопатогенов, улучшающие фитосанитарное состояние почв и повышающие урожайность сельскохозяйственных культур. Особый интерес применение данных бактерий представляет в условиях низкого уровня осадков и засоления почв. Разрабатываемые на основе бактерий рода *Bacillus* биопрепараты способствуют как улучшению условий роста растений при солевом стрессе, так и получению экологически чистого сырья и сельскохозяйственной продукции. Одним из развивающихся направлений в растениеводстве Астраханской области является картофелеводство, что связано с возможностью получения как раннего картофеля, так и двух урожаев в год. Целью представляемого исследования являлось изучение влияния биопрепарата на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474, выделенного из почв Астраханской области, на ростовые и формообразовательные процессы раннего картофеля, возделываемого в условиях аридного климата и орошаемого земледелия Астраханской области. Проведено сравнительное изучение жидкой и сухой форм биопрепарата на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 в различных вариантах обработки при выращивании раннего картофеля сорта Ред Скарлет. В результате полевых опытов установлено, что применение препарата методом предпосадочного опрыскивания дна борозды и двукратного пролива под корень по вегетации способствует повышению полевой всхожести на 14,8 %, снижению заболеваемости картофеля альтернариозом на 51,8 % и, тем самым, повышению урожайности на 19,8 %.

Ключевые слова: бактериальный биопрепарат, *Bacillus*, картофель, полевые испытания.

Сельское хозяйство в Астраханской области, в большей степени ориентированное на производство растениеводческой продукции, на протяжении многих лет является одной из основных отраслей экономики. В настоящее время, кроме традиционно возделываемых культур (рис, томаты, арбузы), в регионе выращивают перец, баклажаны, кабачки, огурцы, морковь, свеклу, лук и капусту. Одно из важнейших мест в агропромышленном секторе занимает картофелеводство, обеспечивая потребности не только местного населения, но и других регионов России. Климатические условия региона позволяют получать по периодам уборки два урожая картофеля в год: ранний (июнь-июль) и поздний (сентябрь-октябрь). Особенностью земледелия в регионе является орошение всех выращиваемых культур, в том числе и картофеля, что связано с интенсивным освоением сельскохозяйственных ресурсов. Это, как следствие, приводит к ряду серьезных проблем: загрязнению удоб-

рениями на орошаемых полях, вторичному засолению и осолонцеванию почв, снижению продуктивности земель или к полной ее потере [1, 2].

При этом осолонцевание сельскохозяйственных земель из-за низкого уровня осадков, высокого уровня испарения воды и неправильной практики полива является достаточно распространенной проблемой не только в отдельных регионах России, но и в мире [2–4]. В условиях засоления в возделываемых сельскохозяйственных культурах происходят нарушения нескольких метаболических путей, связанные с фотосинтезом, дыханием, гомеостазом окислительно-восстановительной системы, регуляцией фитогормонов, а также синтезом углеводов и аминокислот, что приводит к снижению всхожести, ухудшению роста растений и сокращению получаемой продукции [5, 6].

В последнее время в растениеводстве значительно возрос интерес к экологически

устойчивым производственным системам, позволяющим получать продукцию, в которой содержание вредных веществ меньше, чем в обычной (стандартной) продукции, но, при этом, соответствующую по качеству необходимым нормативным документам, что привело к расширению сектора органического земледелия [7–14], представляющего собой форму ведения сельского хозяйства без использования синтетических удобрений, пестицидов, регуляторов роста растений, кормовых добавок, генетически модифицированных организмов. Одним из наиболее эффективных и получивших распространение методов является применение биопрепаратов на основе бактериальных культур, где несомненное лидерство принадлежит бактериям рода *Bacillus* (*B. cereus*, *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* и др.). Разрабатываемые на основе данных бактерий препараты способствуют росту растений во время солевого стресса и являются экологически чистым подходом к развитию устойчивого сельского хозяйства [14–18]. Кроме этого, антагонистическая активность *Bacillus* контролирует рост мицелиальных грибов, предотвращая заболевания растений [17–26], увеличивая рост и урожайность сельскохозяйственных культур.

Применение полезных для растений микроорганизмов является альтернативой химическим фунгицидам, бактерицидам и нематоцидам и способствует эффективному экологически безопасному подходу для улучшения роста и борьбы со многими болезнями растений [17, 27].

Цель данного исследования – изучить влияние препарата на основе *Bacillus*

atrophaeus ВКПМ В-11474 на ростовые и формообразовательные процессы картофеля раннего срока посадки.

Объекты и методика исследований

Полевые опыты по внесению биопрепаратов проводили на полях крестьянско-фермерского хозяйства Камызякского района Астраханской области на картофеле сорта Рэд Скарлет.

Полевые опыты и учет урожая проводили согласно общепринятым методам полевых испытаний [28, 29].

Картофель высаживали вручную по схеме 140×20 см, орошение капельное. Уход за посадками картофеля заключался в регулярных поливах с поливной нормой от 10–15 м³/га в начальный период вегетации с постепенным увеличением до 40 м³/га. На опытных участках за вегетацию проведено 3 культивации с окучиванием, одна ручная прополка. Площадь опытной делянки 50 м², учетной делянки – 25 м², повторность опыта четырехкратная.

Препараты при выращивании картофеля применяли в 2-х вариантах (табл. 1): 1) опрыскивание дна борозды перед посадкой и 2 пролива (в период бутонизации и массового цветения) под корень растений; 2) двукратное опрыскивание растений (в период единичного цветения и в конце цветения). Для сравнения выбран коммерческий биопрепарат Витаплан СП. В качестве контрольного варианта выращивался картофель без обработки препаратами.

Опытные партии биопрепарата (Ж – суспензия и СХП – сухой порошок) на основе жизнеспособного непатогенного штамма *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474. Суспен-

Таблица 1

Схема обработки картофеля в полевых опытах

Вариант	Способ применения	Норма расхода	Применение
Контроль	Без обработки	–	–
Витаплан, СП	Опрыскивание дна борозды перед посадкой	80 г/га	Перед посадкой (в соответствии с инструкцией по применению)
СХП 1 Ж 1	Опрыскивание дна борозды перед посадкой+2 пролива под корень растений	1 % раствор. 300 л/га 100 мл/растение	Перед посадкой, 1– бутонизация; 2– массовое цветение
СХП 2 Ж 2	Двукратное опрыскивание растений	1 % раствор. 300 л/га	Единичное цветение и конец цветения

зию получали при непрерывном периодическом жидкофазном культивировании в промышленном ферментере на картофельно-глюкозной среде с титром жизнеспособных клеток не менее 10^9 КОЕ/мл, сухой препарат, полученный лиофильным высушиванием, перед применением суспендировали до титра жизнеспособных клеток не менее 10^9 КОЕ/мл.

При выращивании картофеля учитывали следующие показатели качества получаемого урожая: полевую всхожесть клубней при появлении единичных и массовых всходов (% проросших клубней); биометрические показатели вегетативной массы картофеля по количеству побегов (шт.) и высоте ботвы (мм) во время бутонизации, цветения и созревания клубней; степень развития альтернариоза в периоды цветения, налива и созревания клубней по наличию признаков развития болезни оценивали по распространению альтернариоза Р (%), развитию болезни R (%) и биологической эффективности биопрепаратов БЭ (%); урожайность картофеля (т/га) и структуру урожая картофеля по фракциям (продовольственная, семенная, нестандартная, брак – большие клубни).

Биологическую эффективность биопрепаратов с учетом развития степени болезни R (распространение альтернариоза) в опытном варианте и контроле (%) рассчитывали по формуле [28, 29]:

$$P = 100 \cdot (P_k - P_o) / P_k,$$

где P_k и P_o – распространенность болезни, соответственно, в контроле и опытном вариантах.

Развитие болезни R (%), отражающее среднюю степень поражения опытных деленок, рассчитывали по формуле [28, 29]:

$$R = 100 \cdot \sum(nb) / NK,$$

где n – количество пораженных растений, b – соответствующий балл их поражения, N – общее количество растений в опыте, K – высший балл шкалы учета.

Интенсивность поражения в баллах оценивалась по следующей шкале: 0 – отсутствие признаков заболевания; 1 – поражено до 10 % поверхности растения или его отдельных органов; 2 – поражено 11–25 % поверхности растения или его отдельных органов; 3 – более 50 % поверхности растения или его отдельных органов получили поражения [28, 29].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью дисперсионного анализа [28, 30].

Результаты исследований

Учет всхожести, проведенный через 10 дней после появления единичных всходов, показал, что применение биопрепаратов, увеличивает всхожесть клубней немного ниже в сравнении с коммерческим препаратом Витаплан СП (табл. 2), но, в то же время превышает в обоих вариантах обработки показатели контроля.

В период учета массовых всходов установлено (см. табл. 2), что наибольший эффект достигнут в варианте при предпосадочном опрыскивании дна борозды. При этом, биопрепарат СХП1 увеличивает полевую всхожесть клубней на 14,8 %, превышая данный показатель при применении препарата Витаплан СП (10,8 %), биопрепарат Ж1 – на 7,6 %.

Таблица 2
Полевая всхожесть картофеля сорта Ред Скарлет, %

Вариант обработки	Период учета	
	единичные всходы	массовые всходы
Контроль	27,3	74,5
Витаплан, СП	35,6	85,3
СХП 1	32,8	89,3
Ж 1	28,9	81,2
СХП 2	28,0	74,9
Ж 2	27,5	74,6
НСР _{0,05}	1,2	2,3

Проведенные фенологические наблюдения и данные биометрических измерений свидетельствуют о том, что изучаемые препараты не оказали отрицательного влияния на рост и развитие растений (табл. 3).

Все фазы роста и развития картофеля, определяемые по количеству побегов и высоте ботвы, наступали одновременно. Перед уборкой урожая в вариантах, где применялись биопрепараты на основе *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 с предпосадочным опрыскиванием дна борозды и двукратным проливом под корень растений, высота растений в течение всего периода наблюдений (от бутонизации до созревания клубней) существенно пре-

Таблица 3
Влияние биопрепаратов на биометрические показатели вегетативной массы картофеля сорта
Ред Скарлет

Вариант обработки	Период наблюдений					
	бутонизация		цветение		созревание клубней	
	побеги, штук	высота, см	побеги, штук	высота, см	побеги, штук	высота, см
Контроль	5,3	32,1	5,4	48,0	5,6	62,8
Витаплан, СП	5,7	36,5	5,8	50,8	6,5	65,4
СХП 1	5,4	35,9	4,9	60,2	6,4	69,8
Ж 1	4,8	32,2	5,0	59,5	6,3	67,7
СХП 2	5,5	34,8	6,0	58,7	6,2	65,4
Ж 2	5,4	33,3	5,5	57,5	5,8	62,9
НСР _{0,05}	F _ф < F _T	1,2	F _ф < F _T	2,5	F _ф < F _T	3,1

вышла показатели контрольного варианта и в сравнении со стандартным препаратом Витаплан СП – начиная с периода цветения и до созревания клубней.

Развитие *Alternaria solani* (R) во время первого учета (период цветения) на растениях картофеля в контрольном варианте составила 73,1 %, в варианте с трехкратным применением биопрепарата СХП1 – 35,2 %. При этом показатель биологической эффективности в варианте с применением испытываемого биопрепарата СХП1 составил 51,8 % и незначительно уступает коммерческому препарату Витаплан СП (55,5 %) (табл. 4).

Во время второго учета (налив клубней) показатели биологической эффективности (БЭ) применения биопрепаратов понизились на 2,2–6,8 %, за исключением варианта тройной обработки сухой препаративной формой биопрепарата (СХП1), где биологическая эффективность составила максимальное значение (52,7 %). В целом, тенденция положительного влияния биопрепаратов на снижение распространения и развития заболевания по вегетации в сравнении с контролем сохранилась. Перед уборкой урожая защитный эффект биопрепаратов ослабел, однако в варианте с трехкратным внесением биопрепарата СХП1 биологическая эффективность также максимальная – 29,2 % (см. табл. 4).

В целом, установлено, что применение испытываемых форм биопрепарата оказало положительное влияние на урожайность картофеля (табл. 5), как продовольственной, так и семенной фракции.

Применение биопрепаратов, оказавшее влияние на формирование и рост растений, снижение развития альтернариоза на картофеле способствовало повышению общей урожайности: в вариантах с двукратным опрыскиванием растений жидкой формой биопрепарата (Ж2) на 6,6 % (1,7 т/г), препаративной формой (СХП2) – на 11,2 % (2,9 т/г). Применение стандартного препарата Витаплан, СП показало увеличение урожайности на 14,53 % (3,7 т/г). В варианте с трехкратным применением жидкого биопрепарата (Ж1) прибавка урожайности составила 18,9 % (4,9 т/г). Предпосадочное опрыскивание дна борозды и двукратный пролив под корень препаративной формой (СХП1) обеспечило максимальное повышение урожайности на 19,8 % (5,1 т/г).

Максимальный эффект увеличения продовольственной фракции картофеля получен при применении препаративной формы *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 (СХП1) (5,3 т/га) в варианте опрыскивания дна борозды перед посадкой и двойным проливом под корень растений, тогда как двукратное опрыскивание растений как препаративной формой, так и жидкой формой оказывает максимальный эффект на формирование семенной фракции (урожайность на 4,4 т/г и 3,2 т/га соответственно).

Кроме этого, применение испытываемых форм препаратов оказало влияние на снижение содержания больных клубней в урожае, причем максимальный эффект достигнут при применении сухой препаративной формы (СХП) в обоих вариантах обработки.

Таблица 4

Действие биопрепаратов на распространение и развитие альтернариоза на картофеле сорта Ред Скарлет

Вариант обработки	Период наблюдений								
	Цветение			Налив клубней			Созревание клубней		
	Р	R	БЭ	Р	R	БЭ	Р	R	БЭ
Контроль	87,9	73,1	–	99,9	82,9	–	100,0	91,4	–
Витаплан, СП	72,3	32,5	55,5	90,2	41,6	49,8	96,9	65,2	28,7
СХП 1	69,9	35,2	51,8	89,5	39,2	52,7	99,6	64,7	29,2
Ж 1	78,8	36,9	49,5	94,8	42,7	48,5	99,4	64,9	28,9
СХП 2	74,7	38,2	47,7	92,5	45,4	45,2	99,3	66,8	26,9
Ж 2	75,4	39,8	45,6	94,7	47,9	42,2	99,8	67,1	26,6
НСР _{0,05}	F _ф < F _т	2,3	–	1,5	2,4	–	1,6	4,1	–

Примечание: Р – распространение болезни, R – Развитие болезни; БЭ – биологическая эффективность изучаемого препарата против заболевания.

Таблица 5

Влияние биопрепаратов на структуру урожая картофеля сорта Ред Скарлет

Вариант обработки	Урожайность,		В том числе по фракциям:							
			продовольственная, диаметр > 55 мм		семенная, диаметр 55–35 мм		нестандарт диаметр менее 35 мм		брак, больные клубни (парша)	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Контроль	25,8	100,0	6,4	24,8	12,9	50,0	5,9	22,9	0,6	2,3
Витаплан, СП	29,5	114,3	10,5	35,6	15,4	52,2	3,4	11,5	0,2	0,7
СХП1	30,9	119,8	11,7	37,9	15,2	49,2	3,9	12,6	0,1	0,3
Ж1	30,7	118,9	10,1	32,9	16,3	53,1	4,1	13,3	0,2	0,7
СХП2	28,7	111,2	8,0	27,9	17,3	60,2	3,3	11,5	0,1	0,4
Ж2	27,5	106,6	7,8	28,4	16,1	58,5	3,2	11,6	0,4	1,4
НСР _{0,05}	2,6	–	1,3	–	1,1	–	0,2	–	0,1	–

Выводы

Таким образом, применение биопрепарата СХП1 с предпосадочным опрыскиванием дна борозды и двукратным проливом под корень при выращивании картофеля Рэд Скарлет раннего срока посадки в условиях аридного климата и орошаемого земледелия Астраханской области способствует повышению совокупности показателей урожайности: повышение полевой всхожести на 14,8 %, эффективность против альтернариоза – 51,8 % и повышение урожайности на 19,8 %.

Литература

1. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
2. Челобанов Н.В. Мелиорация и использование орошаемых земель в Астраханской области. – Астрахань: ФАКЕЛ, 2002. – 560 с.
3. Панкова Е.И., Горохова И.Н., Конюшкова М.В., Любимова И.Н., Базыкина Г.С. Современные тренды развития почв солонцовых комплексов на юге степной и полупустынной зонах в природных условиях и при антропоген-

ных воздействиях // Экосистемы: экология и динамика, 2019. – Т. 3, № 2. – С. 44–88.

4. Mullera A., Ferré M., Engel S., Gattingerd A., Holzkämper A., Huberg R., Müllerh M., Sixi J. Can soil-less crop production be a sustainable option for soil conservation and future agriculture? // *Land Use Policy*, 2017. – Vol. 69. – P. 102–105.

5. Munns R., Tester M. Mechanisms of Salinity Tolerance // *Annu. Rev. Plant Biol.* – 2008. – Vol. 59. – P. 651–681.

6. Radhakrishnan R., Lee I.J. Regulation of salicylic acid, jasmonic acid and fatty acids in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by spermidine promotes plant growth against salt stress // *Acta Physiol. Plant.* – 2013. – Vol. 35. – P. 3315–3322.

7. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная микробиология как основа экологически устойчивого агропроизводства: фундаментальные и прикладные аспекты // *Сельскохозяйственная биология.* – 2011. – № 3. – С. 3–9.

8. Abbott L.K., Manning D.A. C. Soil health and related ecosystem services in organic agriculture // *Sustainable Agriculture Research.* – 2015. – Vol. 4, № 3. – P. 116.

9. Crowder D. W., Reganold J. P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale // *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2015. – Vol. 112, № 24. – P. 7611–7616.

10. Reganold J.P., Wachter J.M. Organic agriculture in the twenty-first century // *Nature plants.* – 2016. – Vol. 2, №2. – P. 15221.

11. Willer H., Lernoud J. The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2016. *Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM Organics International*, 2016. – P. 1–336.

12. Connor D.J. Organic agriculture and food security: A decade of unreason finally implodes // *Field Crops Research.* – 2018. – Vol. 225. – P. 128–129.

13. Кудоярова Г.Р., Курдиш И.К., Мелентьев А.И. Образование фитогормонов почвенными и ризосферными бактериями как фактор стимуляции роста растений // *Известия Уфимского научного центра РАН.* – 2011. – № 3. – С. 5–15.

14. Шульце Э., Пахомова Н.В., Нестеренко Н.Ю., Крылова Ю.В., Рихтер К.К. Традиционное и органическое сельское хозяйство: анализ сравнительной эффективности с

позиции концепции устойчивого развития // *Вестник Санкт-Петербургского университета.* – 2015. – Сер. 5, Вып. 4. – С. 4–39.

15. Сираева З.Ю., Захарова Н.Г., Егоров С.Ю. Использование бактерий из рода *Bacillus* // *Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук.* – 2004. – № 5. – С. 71–75.

16. Мелентьев А.И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus Cohn* в агроэкосистемах. – М.: Наука, 2007. – 147 с.

17. Воронкович Н.В., Ананьева И.Н., Коломиец Э.И. Бактерии рода *Bacillus* как агенты биологического контроля фитопатогенов картофеля // *Актуальные проблемы естественных наук.* – Новосибирск: Изд-во «Априори», 2011. – 138 с.

18. Кузнецова Т.Н., Кузнецов В.И. Биологические аспекты создания биопрепаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis* и их использование в сельском хозяйстве // *Системы высокоурожайного земледелия и биотехнологии как основа инновационной модернизации АПК в условиях климатических изменений.* – Уфа: НВП «БашиИнком», ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2011. – С. 46–52.

19. Чеботарь В.К., Петров В.Б., Шапошников А.И., Кравченко Л.В. Биохимические критерии оценки агрономически значимых свойств бацилл, используемых при создании микробиологических препаратов // *Сельскохозяйственная биология.* – 2011. – № 3. – С. 119–122.

20. Широков А.В., Логинов О.Н., Мелентьев А.И., Актуганов Г.Э. Белковые и пептидные факторы *Bacillus* sp. 739-ингибиторы роста фитопатогенных грибов // *Прикладная биохимия и микробиология.* – 2002. – Т. 38, № 2. – С. 161–165.

21. Широков А.В., Кудоярова Р.А., Кузнецов В.И. Антигрибная активность штамма *Bacillus subtilis* 26 Д – основа биопрепарата «Фитоспорин М» // *Биотехнология – охрана окружающей среды.* Т. 39. М.: Графикон. – 2006. – С. 257–258.

22. Коряжкина М.Ф. *Bacillus atrophaeus* SKD – I как перспективный штамм для разработки биопрепарата // *Юг России: экология, развитие.* – 2010. – № 4. – С. 80–83.

23. Широков А.В., Пусенкова Л.И., Лобастова Е.Ю., Тропынина Т.С. Действие биологических препаратов на численность патогенных и сапротрофных микромицетов, колонизирующих клубни картофеля // *Сельскохо-*

заяственная биология. – 2012. – № 1. – С. 117–120.

24. Штерншис М.В., Беляев А.А., Цветкова В.П., Шпатова Т.В., Леяк А.А., Бахвалов С.А. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН, 2016. – 233 с.

25. Abdalla M. Biological control and induction of systemic resistance against cucumber fusarium wilt by plant growth promoting rhizobacteria. // *Egypt. J. Biol. Pest Cont.* – 2015. – Vol. 25. – P. 407–413.

26. Aydi-Ben-Abdallah R., Jabnoun-Khiareddine H., Nefzi A., Mokni-Tlili S., Daami-Remadi M. Biocontrol of fusarium wilt and growth promotion of tomato plants using endophytic bacteria isolated from *Solanum elaeagnifolium* stems. // *J. Phytopathol.* – 2016. – Vol. 164. – P. 811–824.

27. Максимов И.В., Абизгильдина Р.Р., Пусенкова Л.И. Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов (обзор) // Сборник научных статей журнала «Прикладная биохимия и микробиология» – М.: Российская академия наук, 2011. – № 4. – С. 373–385.

28. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

29. Долженко В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. – СПб: ВИЗР, 2009. – 378 с.

30. Кирюшин Б.Д. Методика научной агрономии. Ч. 2: Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. – М.: Изд-во МСХА. – 2005. – 200 с.

Сопрунова Ольга Борисовна, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой «Прикладная биология и микробиология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (г. Астрахань), soprunova@mail.ru

Сопрунова Вера Евгеньевна, старший преподаватель кафедры «Технология товаров и товароведение» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (г. Астрахань), soprunova.vera@mail.ru

Байрамбеков Шамиль Байрамбекович, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом орошаемого земледелия, главный научный сотрудник отдела орошаемого земледелия ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», структурное подразделение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства (г. Камызяк, Астраханская область), vviridis@mail.ru

Полякова Екатерина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», структурное подразделение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства (г. Камызяк, Астраханская область), vviridis@mail.ru

Поступила в редакцию 9 июня 2020 г.

STUDY OF THE EFFECT OF THE BIOLOGICAL PRODUCT BASED ON *BACILLUS ATROPHAEUS* ON POTATO QUALITY

V.E. Soprunova¹, O.B. Soprunova¹, Sh.B. Bayrambekov², E.V. Polyakova²

¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russian Federation

² Caspian Federal Agricultural Research Centre, Russian Academy of Sciences, Kamyzyak, Russian Federation

Research in recent years has been actively considering the development and implementation of biological plant protection products based on bacteria in agricultural production, among which the main objects are representatives of the genus *Bacillus*, which promote plant growth, control the development of phytopathogens, improve the phytosanitary condition of soils and increase crop yields. Of particular interest is the use of these bacteria in conditions of low precipitation and soil salinity. Biologics developed on the basis of bacilli contribute both to improving plant growth conditions under salt stress, and to obtaining environmentally friendly raw materials and agricultural products. One of the developing areas in crop production in the Astrakhan region is potato production, which is associated with the possibility of obtaining both early potatoes and 2 harvests per year. The purpose of the present study was to study the effect of a biological preparation based on *Bacillus atrophaeus* VKPM B-11474, isolated from the soils of the Astrakhan region, on the growth and formation processes of early potatoes cultivated in arid climate and irrigated agriculture of the Astrakhan region. A comparative study of liquid and dry forms of a biological preparation based on *Bacillus atrophaeus* VKPM B-11474 in various processing options for growing early potatoes of the Red Scarlet variety was conducted. As a result of field experiments determined that use of the drug by the method of pre-spraying the bottom of the furrow and two-time Strait at the root of the growing season promotes germination of 14.8 %, decrease in incidence of potato early blight of 51.8 % and thereby increase yield by 19.8 %.

Keywords: bacterial biopreparation, *Bacillus*, potatoes, field tests.

References

1. Mineev V.G., Debreceni B., Mazur T. *Biologicheskoe zemledelie i mineral'nye udobreniya* [Biological agriculture and mineral fertilizers]. Moscow, 1993. 415 p.
2. Chelobanov N.V. *Melioratsia i ispol'zovanie oroshaemikh zemel' v Astraxanskoy oblasti* [Reclamation and use of irrigated land in Astrakhan region]. Astrakhan, 2002. 560 p.
3. Pankova E.I., Gorokhova I.N., Konyushkova M.V., Lubimov I.N., Bazykin G.S. [Modern trends of soil development of salt complexes in the south of steppe and semi-desert zones in natural conditions and under anthropogenic influences]. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika* [Ecosystems: ecology and dynamics], 2019, vol. 3, no. 2, pp. 44–88. (in Russ.)
4. Mullera A., Ferré M., Engel S., Gattingerd A., Holzkämper A., Huberg R., Müllerh M., Sixi J. Can soil-less crop production be a sustainable option for soil conservation and future agriculture? *Land Use Policy*, 2017, vol. 69, pp. 102–105. DOI: 10.1016/j.landusepol.2017.09.014
5. Munns R., Tester M. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 2008, vol. 59, pp. 651–681. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911
6. Radhakrishnan R., Lee I.J. Regulation of salicylic acid, jasmonic acid and fatty acids in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by spermidine promotes plant growth against salt stress. *Acta Physiol. Plant*, 2013, vol. 35, pp. 3315–3322. DOI: 10.1007/s11738-013-1364-0
7. Tikhonovich I.A., Provorov N.A. [Agricultural microbiology as the basis of environmentally sustainable agricultural production: fundamental and applied aspects]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2011, no. 3, pp. 3–9. (in Russ.)
8. Abbott L.K., Manning D.A. C. Soil health and related ecosystem services in organic agriculture. *Sustainable Agriculture Research*, 2015, vol. 4, no. 3, p. 116.

9. Crowder D.W., Reganold J.P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, vol. 112, no. 24, pp. 7611–7616. DOI: 10.1073/pnas.1423674112
10. Reganold J.P., Wachter J.M. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants*, 2016, vol. 2, no. 2, p. 15221.
11. Willer H., Lernoud J. *The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2016*. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM Organics International, 2016, pp. 1–336.
12. Connor D.J. Organic agriculture and food security: A decade of unreason finally implodes. *Field Crops Research*, 2018, vol. 225, pp. 128–129. DOI: 10.1016/j.fcr.2018.06.008
13. Kudoyarova G.R., Kurdish I.K., Melentyev A.I. [Formation of phytohormones by soil and rhizospheric bacteria as a factor of stimulation of plant growth]. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of the Ufsk Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2011, no. 3, pp. 5–15. (in Russ.)
14. Schulze E., Pakhomova N.V., Nesterenko N.Y., Krylova Yu.V., Richter K.K. [Traditional and organic agriculture: analysis of comparative efficiency from the perspective of the concept of sustainable development]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta* [Journal of St. Petersburg University], 2015, no. 5, iss. 4, pp. 4–39. (in Russ.)
15. Sirayeva Z.Y., Zakharova N.G., Yegorov S.Y. Use of bacteria from the genus *Bacillus* [Ispol'zovanie bakteriy roda *Bacillus*]. *Vestnik Rossiyskoy Akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Journal of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2004, no. 5, pp. 71–75. (in Russ.)
16. Melent'yev A.I. *Aerobnye sporoobrazuyushchie bakterii Bacillus Cohn v agroekosistemach* [Aerobic spore-forming bacteria *Bacillus* Cohn in agroecosystems]. Moscow, 2007, 147 p.
17. Voronkovich N.V., Ananeva I.N., Kolomyets E.I. *Bakterii roda Bacillus kak agenty biologicheskogo kontrolya fitopatogenov kartofelya. Aktual'nye problemy estestvennykh nauk* [Bacteria of the genus *Bacillus* as agents of biological control of potato phytopathogens. Topical problems of natural sciences]. Novosibirsk, 2011, 138 p.
18. Kuznetsova T.N., Kuznetsov V.I. [Biological aspects of the creation of biopreparations based on *Bacillus subtilis* bacteria and their use in agriculture]. *Sistemy vysokourozhaynogo zemledeliya i biotekhnologii kak osnova innovatsionnoy modernizatsii APK v usloviyakh klimaticheskikh izmeneniy* [Systems of high-yield farming and biotechnology as the basis of innovative modernization of agro-industrial complex in conditions of climate change]. Ufa, 2011, pp. 46–52. (in Russ.)
19. Chebotar V.K., Petrov V.B., Shaposhnikov A.I., Kravchenko L.V. [Biochemical criteria for assessing agronomically significant properties of bacilli used in the creation of microbiological preparations]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2011, no. 3, pp. 119–122. (in Russ.)
20. Shyrovkov A.V., Loginov O.N., Melentyev A.I., Actuganov G.E. [Protein and peptide factors *Bacillus* sp. 739-inhibitors of growth of phytopathogenic fungi]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied biochemistry and microbiology], 2002, vol. 38, no. 2, pp. 161–165. (in Russ.)
21. Shyrovkov A.V., Kudoyarova R.A., Kuznetsov V.I. *Antigribnaya aktivnost' shtamma Bacillus subtilis 26 D – osnova biopreparata "Fitosporin M"* [Antifungal activity of *Bacillus subtilis* 26 D strain is the basis of "Phytosporin M" biopreparation]. *Biotechnology – environmental protection*, vol. 39. Moscow, 2006, pp. 257–258.
22. Koryazhkina M.F. [*Bacillus atrophaeus* SKD – 1 kak perspektivnyy shtamm dlya razrabotki biopreparata]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development], 2010, no. 4, pp. 80–83. (in Russ.)
23. Shyrovkov A.V., Busenkova L.I., Lobastova E.Y., Tropynina T.S. [The effect of biological preparations on the number of pathogenic and saprotrophic micromycetes colonizing potato tubers]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology], 2012, no. 1, pp. 117–120. (in Russ.) DOI: 10.15389/agrobiolgy.2012.1.117eng
24. Sternshis M.V., Bialiayev A.A., Tsvetkova V.P., Spatov T.V., Lelyak A.A., Bahvalov S.A. *Biopreparaty na osnove bakteriy roda Bacillus dlya upravleniya zdorov'em rasteniy* [Biopreparations based on bacteria of the genus *Bacillus* for plant health management]. Novosibirsk, 2016, 233 p.

25. Abdalla M. Biological control and induction of systemic resistance against cucumber fusarium wilt by plant growth promoting rhizo-organisms. *Egypt. J. Biol. Pest Cont.*, 2015, vol. 25, pp. 407–413.
26. Aydi-Ben-Abdallah R., Jabnoun-Khiareddine H., Nefzi A., Mokni-Tlili S., Daami-Remadi M. Biocontrol of fusarium wilt and growth promotion of tomato plants using endophytic bacteria isolated from *Solanum elaeagnifolium* stems. *J. Phytopathol.*, 2016, vol. 164, pp. 811–824. DOI: 10.1111/jph.12501
27. Maksimov I.V., Abizgildin R.R., Busenkova L.I. [Plant growth stimulating microorganisms as an alternative to chemical means of protection against pathogens (review)]. *Sbornik nauchnykh statey zhurnala "Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya"* [Collection of scientific articles of the journal Applied biochemistry and microbiology]. Moscow, 2011, no. 4, pp. 373–385. (in Russ.)
28. Dospechov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Method of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, 1985, 351 p.
29. Dolgenko V.I. *Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaystve* [Methodical Instructions on Registration Tests of Fungicides in Agriculture]. St. Petersburg, 2009, 378 p.
30. Kiryushin B.D. *Metodika nauchnoy agronomii. Chasty 2. Postanovka opytov i statistiko-agronomicheskaya otsenka ich rezul'tatov* [Methodology of scientific agronomy. Part 2. Setting of experiments and statistical and agronomic assessment of their results]. Moscow, 2005, 200 p.

Olga B. Soprunova, Doctor of Biological Sciences, Professor, head of the Department «Applied Biology and Microbiology», Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, soprunova@mail.ru.

Vera E. Soprunova, Senior Lecturer, Department «Goods Technology and Commodity Science», Astrakhan State Technical University, Astrakhan, soprunova.vera@mail.ru.

Shamil B. Bayrambekov, Doctor of Agricultural Sciences, head of Irrigated Agriculture, Chief Researcher of Irrigated Agriculture Department, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of Caspian Federal Agricultural Research Centre, Russian Academy of Sciences, Kamyzyak, vviridis@mail.ru

Ekaterina V. Polyakova – Candidate of agricultural sciences, employee of Irrigated Agriculture, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – branch of Caspian Federal Agricultural Research Centre, Russian Academy of Sciences, Kamyzyak, vviridis@mail.ru

Received June 9, 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Изучение влияния биопрепарата на основе *Bacillus Atrophaeus* на урожайность картофеля / В.Е. Сопрунова, О.Б. Сопрунова, Ш.Б. Байрамбеков, Е.В. Полякова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2020. – Т. 8, № 4. – С. 86–95. DOI: 10.14529/food200411

FOR CITATION

Soprunova V.E., Soprunova O.B., Bayrambekov Sh.B., Polyakova E.V. Study of the Effect of the Biological Product Based on *Bacillus Atrophaeus* on Potato Quality. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 86–95. (in Russ.) DOI: 10.14529/food200411