

## ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ *BACILLUS LICHENIFORMIS* НА ПЛОДОНОСЯЩЕЙ ПЛАНТАЦИИ САДОВОЙ ЗЕМЛЯНИКИ

Р.Р. Колоколов, А.А. Беляев

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

**Для цитирования:** Колоколов Р.Р., Беляев А.А. Полифункциональное действие штаммов бактерий *Bacillus licheniformis* на плодоносящей плантации садовой земляники // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 2(75). – С. 36–45. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-75-2-36-45.

**Ключевые слова:** земляника, бактериальные штаммы, адаптирующее действие, ростостимулирующее действие, защитное действие, биологическая эффективность, продуктивность.

**Реферат.** В производственном эксперименте на плодоносящих насаждениях земляники в сельскохозяйственной артели «Сады Сибири» (Новосибирская область) в 2022–2024 гг. доказано наиболее эффективное стимулирование адаптивных свойств и вегетативного размножения растений под влиянием предпосадочной обработки корневой системы саженцев штаммами бактерий *Bacillus licheniformis* ВКПМ В-10561, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562, *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 и *B. licheniformis* ВКПМ В-10564 в концентрациях  $1 \times 10^5$  КОЕ/мл. Приживаемость высаженных растений увеличивалась на 13–17 % относительно контроля. Количество дочерних розеток у продуктивных растений возрастало на 33–58 %, до уровня 4,8–5,7 розеток/растение. Наибольшие ростостимулирующее, а также защитное действие против грибных инфекционных болезней оказывали штаммы *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 и *B. licheniformis* ВКПМ В-10564. Количество листьев у одного растения увеличивалось на 14–21 %, биомасса одного растения – на 42–48 %, длина корней – на 10–16 % относительно контроля. Против белой пятнистости листьев, фузариоза и вертициллезоза данные штаммы действовали с биологической эффективностью от 41 до 81 %. Доказано стимулирование урожайности земляники во всех вариантах с предпосадочной обработкой бактериальными штаммами на 0,3–1,0 т/га. Под влиянием штамма *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 урожайность увеличивалась на 35 %, при 2,7 т/га в контрольном варианте, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 – на 16 %, *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 – на 10 % и *B. licheniformis* ВКПМ В-10564 – на 30 %.

## POLYFUNCTIONAL EFFECT OF *BACILLUS LICHENIFORMIS* BACTERIAL STRAINS ON A FRUITING PLANTATION OF GARDEN STRAWBERRY

R.R. Kolokolov, A.A. Belyaev

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: belyaev.an.ar@gmail.com

**Keywords:** strawberry, bacterial strains, adaptive action, growth-stimulating action, protective action, biological efficiency, productivity.

**Abstract.** In a production experiment in production strawberry plantings in the agricultural cooperative “Gardens of Siberia” (Novosibirsk region) in 2022–2024, the most effective stimulation of the adaptive properties and vegetative propagation of plants under the influence of pre-planting treatment of the root system of seedlings with bacterial strains *Bacillus licheniformis* VKPM B-10561, *B. licheniformis* VKPM B-10562, *B. licheniformis* VKPM B-10563 and *B. licheniformis* VKPM B-10564 at concentrations of  $1 \times 10^5$  CFU/ml was proven. The survival rate of planted plants increased by 13–17 % relative to the control. The number of daughter rosettes in productive plants increased by 33–58 %, to a level of 4.8–5.7 rosettes/plant. The strains *B. licheniformis* VKPM B-10563 and *B. licheniformis* VKPM B-10564 had the greatest growth-stimulating and protective effect against fungal infectious diseases. The number of leaves per plant increased by 14–21 %, the biomass of one plant – by 42–48 %, the length of roots – by 10–16 %, relative to the control. Against white leaf spot, fusarium and verticillium wilt, these strains acted with biological efficiency from 41 to 81 %. Stimulation of strawberry yield in all variants with pre-planting treatment with bacterial strains by 0.3–1.0 t/ha was proven. Under the influence of the *B. licheniformis* strain VKPM B-10561, the yield increased by 35 %, with 2.7 t/ha in the control variant, *B. licheniformis* VKPM B-10562 – by 16 %, *B. licheniformis* VKPM B-10563 – by 10 % and *B. licheniformis* VKPM B-10564 – by 30 %.

В защите растений активно используются биологические препараты на основе штаммов сапротрофных бактерий рода *Bacillus* Cohn против грибных болезней различных сельскохозяйственных культур. В настоящее время в Российской Федерации разрешено применение штаммов видов *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn, *B. amyloliquefaciens* (Fukumoto) Priest et al. [1], которые используются как одиночные штаммы или в смесях между собой, а также с бактериями рода *Pseudomonas*, вида *B. thuringiensis*, в смесях с грибами рода *Trichoderma*, а также в смесях с актиномицетами. Известно полифункциональное действие биологических препаратов на основе бактерий рода *Bacillus*, включающее наряду с защитным действием антагонистического и иммунизирующего характера адаптирующее (антистрессовое), ростостимулирующее влияние на растения [2]. Наряду с указанными видами бацилл проводятся испытания штаммов сапротрофных бактерий вида *B. licheniformis* (Weigmann) Chester, обладающих похожими свойствами [3]. В частности, отмечена антагонистическая активность штаммов *B. licheniformis* против фитопатогенов на основе антибиоза [4], синтез липопептидов, обладающих антибиотической активностью, подавляющей грибы рода *Fusarium* [5]. В лабораторных условиях доказана ингибирующая активность штаммов *B. licheniformis* против грибов р. *Fusarium*, которая составляла 33–64 % [2]. Показано повышение засухоустойчивости растений на основе синтеза ферментов системы этилензависимой регуляции роста растений, продукции индолилуксусной кислоты, что позволяло увеличить всхожесть семян пшеницы соответственно на 11–46 %, жизнеспособность проростков — на 11–151 % [6]. Получена биологическая эффективность действия штаммов *B. licheniformis* против парши яблони 57–69 % в условиях эпифитотии [7]. В наших предварительных исследованиях было доказано антистрессовое действие предпосадочной обработки саженцев земляники штаммом бактерий *B. licheniformis*, приводившее к уменьшению поврежденности плодов солнечными ожогами и снижавшее их пораженность серой гнилью (биологическая эффективность 53 %) [8]. Штаммы бактерий *B. licheniformis* в перспективе в качестве фунгицидов или микробиологических пестицидов могут расширить возможности биологической защиты растений, представлять альтернативу использованию химических препаратов, в частности при выращивании ягодных культур.

Цель исследования – оценка действия штаммов бактерий *B. licheniformis* на адаптацию растений земляники, проявление роста, вегетативное размножение, поражаемость грибными заболеваниями и продуктивность в производственных условиях.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в 2022–2024 гг. на плодоносящей плантации садовой земляники сельскохозяйственной артели (СХА) «Сады Сибири» Новосибирской области, в подзоне дренированной лесостепи Приобья, почва серая лесная средне-суглинистая, предшественник – черный пар.

Объектами исследования являлся сорт земляники Юния Смайдс; четыре штамма сапротрофных бактерий *Bacillus licheniformis* из коллекции культур ООО НПФ «Исследовательский центр» (научоград Кольцово): *Bacillus licheniformis* ВКПМ В-10561 (экспериментальный биопрепарат Фитоп 13.71), *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 (Фитоп 14.72), *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 (Фитоп 15.73), *B. licheniformis* ВКПМ В-10564 (Фитоп 16.74); белая пятнистость (рамуляриоз) земляники (возбудитель гриб *Ramularia tulasnei* Sacc. (анаморфа) Ascomycota, Mycosphaerellales); фузариоз земляники (возб. грибы рода *Fusarium*); вертициллез земляники (возб. грибы рода *Verticillium*).

Погодные условия периода вегетации в 2022 г. характеризовались резко сниженным количеством осадков по сравнению с нормой и пониженным температурным фоном во 2-й половине вегетации, ГТК по Селянинову составил 0,6, в 2023 г. – количеством осадков, резко сниженным в 1-й половине вегетации по сравнению с нормой и повышенным во 2-й половине, а также повышенным температурным фоном, ГТК = 1,0, в 2024 г. – повышенной температурой и сильным увлажнением, ГТК = 1,8. В опыте соблюдалась зональная технология выращивания промышленной плантации земляники [9].

Производственный опыт по испытанию полифункционального действия биопрепаратов на основе *B. licheniformis* при закладке плодоносящих насаждений земляники включал четыре варианта с различными штаммами биоагентов, а также один эталонный вариант с обработкой корней саженцев препаратом комплексного удобрения Феникс, 0,05 % и один контрольный вариант.

Схема опыта:

1. Контроль (без внесения штаммов).
2. Феникс, 0,05 % – предпосадочная обработка.
3. *B. licheniformis*, штамм ВКПМ В-10561.
4. *B. licheniformis*, штамм ВКПМ В-10562.
5. *B. licheniformis*, штамм ВКПМ В-10563.
6. *B. licheniformis*, штамм ВКПМ В-10564.

Общая площадь под опытом – 0,2 га. Сроки посадки земляники в опыте – 1-я декада июня. Количество обрабатываемых растений 3000 шт. на 1 вариант. Способ нанесения биоагентов при предпосадочной обработке – замачивание корневой системы саженцев с экспозицией 2 ч в рабочей жидкости, содержащей биоагент. Расход рабочей жидкости на 1 вариант – 20 л. Расход штаммов бактерий (в исходной концентрации  $1 \times 10^9$  КОЕ/мл) – жидкая форма, 2 мл на вариант, рабочая концентрация  $1 \times 10^5$  КОЕ/мл.

Расход препарата Феникс, 0,05 % – 10 мл на вариант.

Оценку показателей приживаемости высаженных растений, роста, фитосанитарного состояния, вегетативного размножения, продуктивности, урожайности растений делали по общепринятым в сортоизучении садовой земляники и защите растений методикам [10–12]. В статистической обработке данных использованы методы оценки достоверности различий между средними величинами с использованием многофакторного дисперсионного анализа [13] и пакета прикладных компьютерных программ SNEDECOR для Windows [14].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Производственный опыт по испытанию предпосадочной обработки корневой системы

саженцев штаммами бактерий *B. licheniformis* при закладке плодоносящей плантации садовой земляники в СХА «Сады Сибири» был заложен 11 июня 2022 г. на производственном квартале хозяйства.

*Приживаемость саженцев.* В среднем на 1 га высаживалось по 56700 растений. Наблюдения за приживаемостью высаженных саженцев показали, что в контрольном варианте до конца вегетации сохранилось 72,0 % растений (табл. 1). Снижению приживаемости способствовала засушливая погода летнего периода. Достоверное увеличение приживаемости получено в вариантах с предпосадочной обработкой всеми применяемыми штаммами, на 13–17 % относительно контроля (в 1,2 раза) без существенных различий между вариантами. Уровень приживаемости достигал значений 85–89 % от числа высаженных саженцев. Сохранность (выживаемость) растений, ушедших на зимовку во время учетов в 2023 и 2024 гг. несущественно отличалась от контроля. Можно констатировать наличие стимулирующего влияния на адаптивные свойства земляники (приживаемость) у всех четырех изучаемых штаммов бактерий *B. licheniformis*.

*Густота стояния продуктивных растений.* По результатам приживаемости в 2022 г. густота стояния растений на плодоносящей плантации в контроле составила количество растений, равное 40824 растений/га, в 2023 г. после выживаемости во время зимовки – 39312 растений/га, в 2024 г. – 37800 растений/га. В вариантах с применением различных бактериальных штаммов в течение трех лет наблюдений доказано достоверное стимулирование густоты стояния растений на 8–12 % до уровня 42336 растений/га, что соответствовало уровню эталона Феникс, 0,05 %.

Таблица 1

**Влияние обработки бактериальными штаммами на приживаемость саженцев и густоту стояния продуктивных растений земляники (учеты 08.10.2022, 25.06.2023 и 30.06.2024)**  
**The effect of treatment with bacterial strains on the survival rate of seedlings and the density of productive strawberry plants (counts on 08.10.2022, 25.06.2023 and 30.06.2024)**

Вариант	Приживаемость, %	Густота стояния продуктивных растений, растений/га		
	2022 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
1	2	3	4	5
Контроль	72,0	40824	39312	37800
Феникс, 0,05 %	85,3*	48384*	43848*	43848*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	85,3*	48384*	43848*	42336*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	89,3*	50652*	43848*	42336*

1	2	3	4	5
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	89,3*	50652*	42336*	42336*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	88,0*	49896*	42336*	42336*
НСР <sub>05</sub> по вариантам	11,4	3014		
НСР <sub>05</sub> по годам	–	2131		

\* – разность с контролем статистически достоверна ( $P < 0,05$ ).

*Количество листьев у одного растения.*  
В контроле формировалось от 5,4 до 6,8 листьев/растение в годы наблюдений (табл. 2).

В 2022 г. наблюдалась статистически недоканная ( $P < 0,05$ ) тенденция стимулирования количества листьев в вариантах с предпосадочной обработкой штаммами *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 и *B. licheniformis* ВКПМ В-10564. В 2023 г. доказано стимулирование образования листьев во всех вариантах с применением бактериальных штаммов на 18–44 % относительно контроля, превосходящее по эффективности эталонный вариант с гуминовым препаратом Феникс, 0,05 %. В 2024 г. стимулирующее вли-

яние доказано в варианте с обработкой штаммом *B. licheniformis* ВКПМ В-10564, увеличение на 14 % относительно контроля. В среднем за три года наблюдений влияние, стимулирующее формирование листьев, увеличение на 14–22 % относительно контроля, доказано в вариантах с обработкой штаммами *B. licheniformis* ВКПМ В-10561, ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564. При этом *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 и ВКПМ В-10564 достоверно превосходили по эффективности эталонный вариант с Феникс, 0,05 %, а штамм *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 действовал на одинаковом уровне с эталоном.

Таблица 2

**Влияние обработки бактериальными штаммами на рост и вегетативное размножение земляники (учеты в конце вегетации 2022–2024 гг.)**  
**The effect of treatment with bacterial strains on the growth and vegetative propagation of strawberries (counts at the end of the growing season 2022–2024)**

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средние за три года
1	2	3	4	5
<i>Количество листьев, листьев/растение</i>				
Контроль	5,4	6,8	5,8	6,0
Феникс, 0,05 %	6,0	7,0	6,1	6,3
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	6,0	9,8*	6,3	7,4*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	5,2	8,0*	6,2	6,5
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	5,5	8,8*	6,3	6,8*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	5,9	9,4*	6,6*	7,3*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 0,7; НСР <sub>05</sub> по годам = 0,5				
<i>Общая биомасса одного растения, г/растение</i>				
Контроль	26,6	44,8	42,8	38,1
Феникс, 0,05 %	35,8*	36,4	42,8	38,3
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	43,0*	38,2	40,4	40,5
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	34,0	54,4*	49,0	45,8*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	43,8*	67,0*	57,8*	56,2*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	40,0*	62,8*	59,8*	54,2*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 8,6; НСР <sub>05</sub> по годам = 6,0				
<i>Длина корней одного растения, см</i>				
Контроль	21,0	23,8	21,2	22,0
Феникс, 0,05 %	19,8	20,6	22,2	20,9
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	22,4	20,2	23,2*	21,9
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	21,0	21,8	20,6	21,1
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	26,2*	25,6	24,4*	25,4*

1	2	3	4	5
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	20,8	27,2*	24,8*	24,3*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 2,0; НСР <sub>05</sub> по годам = 1,4				
<i>Количество розеток, розеток/растение</i>				
Контроль	2,2	6,4	2,2	3,6
Феникс, 0,05 %	2,9	7,6*	2,4	4,3
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	3,8*	8,8*	2,5	5,0*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	3,8*	8,4*	2,8	5,0*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	2,8	8,8*	2,8	4,8*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	4,5*	9,4*	3,2*	5,7*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 0,8; НСР <sub>05</sub> по годам = 0,6				

*Общая биомасса одного растения.* Контрольные растения формировали биомассу, равную 26,6 г/растение в 2022 г., 44,8 – в 2023 г. и 42,8 – в 2024 г.

Наиболее стабильное действие, стимулирующее формирование биомассы, в течение трех лет наблюдений доказано в вариантах с предпосадочной обработкой штаммами *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564, увеличение на 42–48 % относительно контроля достоверно ( $P < 0,05$ ) выше по эффективности, чем в эталонном варианте с гуминовым препаратом Феникс, 0,05 %. Действие остальных штаммов было менее стабильно и существенно ниже по эффективности – на одинаковом уровне с эталоном.

*Длина корней одного растения.* Контрольные растения формировали длину корней, варьирующую по годам в пределах 21,0–23,8 см. В 2022 г. доказано стимулирование данного признака под влиянием штамма *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 на 24,8 %, при 21,0 см в контроле. В 2023 г. стимулирующее действие оказывал штамм *B. licheniformis* ВКПМ В-10564, увеличение на 14,3 % при 23,8 см в контроле. В 2024 г. эффективно действовали штаммы *B. licheniformis* ВКПМ В-10561, ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564, увеличивая длину корней на 9,4, 15,1 и 17,0 % при 21,2 см в контроле.

В среднем за три года наблюдений эффективно стимулировали длину корней штаммы *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564, увеличивая данный признак на 16 и 10 % при 22,0 см у контрольных растений. У двух указанных штаммов можно констатировать наличие наиболее эффективного ростостимулирующего действия по признакам количества листьев, общей биомассы и длины корней одного растения земляники.

*Вегетативное размножение, количество дочерних розеток.* Продуктивные растения в

контрольном варианте формировали по 2,2 розетки/растение в 2022 и 2024 гг. и по 6,4 розетки/растение в 2023 г.

В 2022 г. достоверно доказано ( $P < 0,05$ ) стимулирующее действие штаммов *B. licheniformis* ВКПМ В-10561, ВКПМ В-10562 и ВКПМ В-10564 на формирование количества розеток: увеличение на 67,9, 69,6 и на 100,0 %, данные штаммы достоверно превосходили по эффективности гуминовый эталон Феникс, 0,05 %. В 2023 г. все испытываемые штаммы оказывали стимулирующее действие: увеличение на 31,3–46,9 % относительно контроля. В 2024 г. доказано стимулирующее действие штамма *B. licheniformis* ВКПМ В-10564, увеличение на 45,5 % относительно контроля.

В среднем за три года наблюдений доказано стимулирующее действие всех изучаемых штаммов *B. licheniformis* на вегетативное размножение земляники, увеличение на 33–58 % при 3,6 розеток/растение в контроле. При этом штамм *B. licheniformis* ВКПМ В-10564 превосходил по эффективности эталонный вариант с Феникс, 0,05 %, а остальные штаммы действовали на уровне эталона.

*Поражение инфекционными болезнями.* Поражение листьев земляники белой пятнистостью в течение трёх лет развивалось на среднем уровне, степень поражения контрольных растений в 2022 г. составляла 25,2 %, в 2023 г. – 27,0 %, в 2024 г. – 19,0 %. Достоверно доказано снижение степени поражения во всех вариантах, где применялись штаммы бактерий *B. licheniformis*, с биологической эффективностью (БЭ), равной 27,8–55,6 %. В среднем за три года наблюдений доказано защитное действие у всех штаммов бацилл, БЭ = 33,7–42,4 %. Механизм защитного действия имел характер иммунизирующего действия на растения земляники, так как штаммами бактерий обрабатывали корневую систему саженцев, а возбудитель белой пятнистости поражал

листовую поверхность, на которую штаммы не наносили.

В Новосибирской области земляника поражается фузариозом (возбудители *Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr., *F. semitectum* Berk. et Ravenel, *Hyphomycetales*, *Deuteromycota*) и вертициллезом (возбудитель *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth., *Hyphomycetales*, *Deuteromycota*) [15].

В 2022 г. поражение фузариозом имело единственный характер, на фоне которого защитное действие изучаемых штаммов не было доказано. В 2023 г. контрольные растения имели уровень развития фузариоза, равный 5,0 %. В опытных вариантах не было обнаружено поражения фузариозом. В 2024 г. в контроле развитие фузариоза составило 7,0 %. Под действием штаммов *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 и ВКПМ В-10563 развитие болезни было снижено в 3,5 и 2,3 раза с БЭ, равной 71,4 и 57,1 %. В среднем за три года не удалось доказать влияние штаммов на поражение земляники фузариозом.

Пораженность вертициллезом контрольных растений составила в 2022 г. 22,0 %, в 2023 и

2024 гг. – по 5,0 %. В 2022 г. достоверно доказано защитное действие во всех вариантах со штаммами *B. licheniformis* – снижение развития болезни в 1,3–11,0 раз, БЭ – от 22,7 до 90,9 %. В 2023 и 2024 гг. наблюдались слабые тенденции снижения развития болезни в опытных вариантах.

В среднем за три года наблюдений достоверно ( $P < 0,05$ ) доказано защитное действие в вариантах с применением предпосадочной обработки штаммами *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564 с БЭ = 53,1 % и 81,3 %. Действие штаммов бактерий против возбудителей фузариоза и вертициллеза могло иметь характер антагонистического и иммунизирующего влияния. Таким образом, наиболее эффективное действие против инфекционных болезней земляники оказывали штаммы *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564.

Влияние обработки бактериальными штаммами на поражение земляники инфекционными болезнями представлено в табл. 3.

Таблица 3

**Влияние обработки бактериальными штаммами на поражение земляники инфекционными болезнями (учеты 08.10.2022, 16.09.2023 и 15.09.2024)**  
**The effect of treatment with bacterial strains on the defeat of strawberries by infectious diseases (accounts of 08.10.2022, 16.09.2023 and 15.09.2024)**

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Средние за три года
1	2	3	4	5
<i>Степень поражения белой пятнистостью, %</i>				
Контроль	25,2	27,0	19,0	23,7
Феникс, 0,05 %	18,2*	20,0*	11,8*	16,7*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	17,8*	16,4*	13,0*	15,7*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	17,0*	15,0*	13,0*	15,0*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	16,4*	13,8*	11,8*	14,0*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	18,2*	12,0*	10,8*	13,7*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 2,7; НСР <sub>05</sub> по годам = 1,9				
<i>Развитие фузариоза, %</i>				
Контроль	0,0	5,0	7,0	4,0
Феникс, 0,05 %	2,0	0,0*	8,0	3,3
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	2,0	0,0*	2,0*	1,3
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	2,0	0,0*	5,0	2,3
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	5,0	0,0*	3,0*	2,7
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	1,0	0,0*	4,0	1,7
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 3,8; НСР <sub>05</sub> по годам = 2,7				
<i>Развитие вертициллеза, %</i>				
Контроль	22,0	5,0	5,0	10,7

1	2	3	4	5
Феникс, 0,05 %	5,0*	2,0	2,0	3,0*
1	2	3	4	5
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	12,0*	3,0	3,0	6,0
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	17,0*	5,0	5,0	9,0
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	11,0*	2,0	2,0	5,0*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	2,0*	2,0	2,0	2,0*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 5,0; НСР <sub>05</sub> по годам = 3,6				

*Продуктивность и урожайность земляники.* Контрольные растения формировали в 2023 г. 12,3 плода/растение, в 2024 г. – 10,2 плода/расте-

ние (табл. 4). В среднем за два года наблюдений не отмечено стимулирующего действия в образовании количества плодов в опытных вариантах.

Таблица 4

**Влияние обработки бактериальными штаммами на продуктивность и урожайность земляники (учеты 25.06.2023 и 30.06.2024)**  
**The effect of treatment with bacterial strains on the productivity and yield of strawberries (accounts on 06/25/2023 and 06/30/2024)**

Вариант	2023 г.	2024 г.	Средние за два года
1	2	3	4
<i>Количество сформированных плодов на одном растении, плодов/растение</i>			
Контроль	12,3	10,2	11,2
Феникс, 0,05 %	7,9	8,1	8,0
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	12,5	7,9	10,2
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	9,7	9,7	9,7
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	10,2	9,6	9,9
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	12,6	10,8	11,7
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 1,3; НСР <sub>05</sub> по годам = 0,7			
<i>Масса одного плода, г/плод</i>			
Контроль	7,2	5,1	6,1
Феникс, 0,05 %	8,5*	6,0*	7,3*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	9,1*	7,2*	8,1*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	9,8*	5,2	7,5*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	8,3*	6,0*	7,1*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	8,4*	5,8*	7,1*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 0,6; НСР <sub>05</sub> по годам = 0,4			
<i>Продуктивность плодов одного растения, г/растение</i>			
Контроль	88,2	52,1	70,1
Феникс, 0,05 %	70,2	48,2	59,2
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	111,2*	56,6	83,9*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	95,2*	50,3	72,7
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	82,8	57,3	70,1
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	102,5*	62,7*	82,6*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 6,0; НСР <sub>05</sub> по годам = 3,4			
<i>Урожайность, т/га</i>			

1	2	3	4
Контроль	3,4	2,0	2,7
Феникс, 0,05 %	3,0	2,1	2,6
1	2	3	4
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10561	4,9*	2,4*	3,6*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10562	4,2*	2,1	3,1*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10563	3,5	2,4*	3,0*
<i>Bacillus licheniformis</i> ВКПМ В-10564	4,4*	2,7*	3,5*
НСР <sub>05</sub> по вариантам = 0,3; НСР <sub>05</sub> по годам = 0,2			

Масса одного плода в 2023 г. составила 7,2 г/плод, в 2024 г. – 5,1 г/плод в контроле. Стимулирующее влияние доказано во всех опытных вариантах, увеличение на 16,2–37,4 % в 2023 г. В 2024 г. также доказано стимулирующее действие во всех опытных вариантах кроме *B. licheniformis* ВКПМ В-10562, увеличение на 13,3–39,8 %. В среднем за два года наблюдений доказано увеличение массы одного плода во всех опытных вариантах на 16,0–32,2 % относительно контроля. При этом эффективность действия штамма *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 статистически достоверно ( $P < 0,05$ ) превосходила действие Феникс, 0,05 %, у остальных штаммов была на уровне эталона.

Продуктивность плодов у одного растения в контроле в 2023 г. составила 88,2 г/растение, в 2024 г. – 52,1 г/растение. В 2023 г. доказано стимулирующее влияние предпосадочной обработки штаммами *B. licheniformis* ВКПМ В-10561, ВКПМ В-10562 и ВКПМ В-10564 – увеличение продуктивности на 26,1, на 8,0 и на 16,2 % относительно контроля. В 2024 г. доказано стимулирование продуктивности в варианте со штаммом *B. licheniformis* ВКПМ В-10564 – увеличение на 20,4 % относительно контроля.

В среднем за два года наблюдений доказано стимулирование продуктивности в вариантах с применением штаммов *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 и *B. licheniformis* ВКПМ В-10564, увеличение на 19,7 и на 17,8 % относительно контроля. При этом в обоих вариантах эффективность статистически достоверно превосходила эталон Феникс, 0,05 %.

Урожайность плантации в контрольном варианте составила в 2023 г. 3,4 т/га, в 2024 г. – 2,0 т/га. В 2023 г. доказано стимулирование урожайности в вариантах с обработкой *B. licheniformis* ВКПМ В-10561, В-10562 и В-10564, увеличение на 1,4, на 0,7 и на 0,9 т/га (на 42,3,

21,3 и 27,2 %) относительно контроля. В 2024 г. урожайность возрастала в вариантах с обработкой *B. licheniformis* ВКПМ В-10561, В-10563 и В-10564, увеличение на 0,5–0,7 т/га (на 23,3, 23,0 и 35,3 %) относительно контроля.

В среднем за два года наблюдений доказано увеличение урожайности во всех вариантах с предпосадочной обработкой бактериальными штаммами на 0,3–1,0 т/га. В частности, под влиянием штамма *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 на 35 %, при 2,7 т/га в контрольном варианте, *B. licheniformis* ВКПМ В-10562 – на 16 %, *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 – на 10 % и *B. licheniformis* ВКПМ В-10564 – на 30 %. Эффективность бактериальных штаммов превосходила действие эталонного препарата Феникс, 0,05 % во всех опытных вариантах.

По результатам 3-летнего изучения влияния штаммов бактерий *B. licheniformis* можно констатировать наличие стимулирующего влияния на адаптивные свойства и вегетативное размножение земляники у всех четырех изучаемых штаммов. Наибольшее ростостимулирующее, а также защитное действие против грибных инфекционных болезней оказывали штаммы *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564.

Наибольшая эффективность стимулирующего действия на продуктивность растений и урожайность плантации доказана при использовании штаммов *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 и *B. licheniformis* ВКПМ В-10564, в вариантах применения которых урожайность возросла до уровня 3,5–3,6 т/га, статистически достоверно ( $P < 0,05$ ) выше, чем в других вариантах опыта.

## ВЫВОДЫ

1. В производственном эксперименте в 2022–2024 гг. доказано наиболее эффективное стимулирование адаптивных свойств и вегетативного размножения растений земляники под влиянием

предпосадочной обработки корневой системы саженцев штаммами бактерий *B. licheniformis* ВКПМ В-10561, ВКПМ В-10562, ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564 в концентрациях  $1 \times 10^5$  КОЕ/мл. Приживаемость растений увеличивалась на 13–17 % относительно контроля. Количество дочерних розеток у продуктивных растений возрастало на 33–58 %, до уровня 4,8–5,7 розеток/растение.

2. Наибольшее ростостимулирующее, а также защитное действие против грибных болезней оказывали штаммы *B. licheniformis* ВКПМ В-10563 и ВКПМ В-10564. Количество листьев у одного растения увеличивалось на 14–21 %, биомасса

одного растения – на 42–48 %, длина корней – на 10–16 % относительно контроля. Против белой пятнистости листьев, фузариоза и вертициллеза штаммы действовали с биологической эффективностью от 41 до 81 %.

3. Стимулирование урожайности доказано во всех вариантах с предпосадочной обработкой бактериальными штаммами на 0,3–1,0 т/га. Под влиянием штамма *B. licheniformis* ВКПМ В-10561 урожайность увеличивалась на 35 % при 2,7 т/га в контрольном варианте, ВКПМ В-10562 – на 16 %, ВКПМ В-10563 – на 10 % и ВКПМ В-10564 – на 30 %.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Ч. I. Пестициды. Министерство сельского хозяйства РФ. – М., 2023. – 945 с.
2. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений: монография / М.В. Штерншис, А.А. Беляев, В.П. Цветкова [и др.]; М-во сельского хоз-ва РФ, Новосибирский государственный аграрный ун-т. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. – 233 с.
3. *Miljakovic D., Marinkovic J., Balesevic-Tubic S.* The significance of *Bacillus* spp. in disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops // *Microorganisms*. – 2020. – Vol. 8. – P. 1037.
4. Первичный скрининг бактериальных штаммов антагонистов из коллекции лаборатории биометода ВНИИМК к возбудителю фомоза подсолнечника (часть 2) / Л.В. Маслиенко, А.Х. Воронкова, Л.А. Даценко [и др.] // *Масличные культуры*. – 2020. – Вып. 3 (183). – С. 107–113.
5. Сидорова Т.М., Астурова А.М., Аллахвердян В.В. Особенности антагонизма бактерий рода *Bacillus* по отношению к токсиногенным грибам *Fusarium* при защите растений от болезни и контаминации микотоксинами (обзор) // *Юг России: экология, развитие*. – 2021. – Т. 16, № 4. – С. 86–103.
6. Ласточкина О.В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus* spp.: Механизмы реализации и практическая значимость // *Сельскохозяйственная биология*. – 2021. – Т. 56, № 5. – С. 843–867.
7. Якуба Г.В., Маслиенко Л.В., Гусин Д.Н. Перспективные микробиологические препараты для защиты яблони от парши // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2013. – № 22(4). – С. 81–88.
8. Применение бактериальных биопрепаратов серии Фитоп при промышленном выращивании садовой земляники / А.А. Беляев, А.И. Леляк, А.А. Леляк [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. – 2017. – № 5. – С. 20–23.
9. Стольникова Н.П., Лутов В.И. Промышленная культура земляники в Сибири: монография. – Новосибирск, 2009. – 207 с.
10. Методика выявления и учета болезней плодовых и ягодных культур. – М.: Колос, 1971. – 23 с.
11. Чумаков А.Е., Захарова Т.И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1990. – 127 с.
12. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел, 1999. – 606 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учеб. для студ. высш. с.-х. учеб. завед. по агр. спец. – М., 2013. – 349 с.
14. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – 2-е изд. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
15. Патогенные свойства возбудителей и поражение сортов земляники микозами корневой системы / А.А. Беляев, Р.Р. Колоколов, О.А. Казакова, В.И. Лутов // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. – 2023. – № 4. – С. 5–13.

### REFERENCES

1. *Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohikmatov, razreshennyh k primeneniju na territorii Rossijskoj Federacii. Part I. Pesticidy* (State catalog of pesticides and agrochemicals, approved for use on the territory of the Russian Federation. Part I. Pesticides), Ministerstvo sel'skogo hozjajstva RF, Moscow, 2023, 945 p. (In Russ.)

2. Shternshis M.V., Belyaev A.A., Cvetkova V.P., Shpatova T.V., Leljak A.A., Bahvalov S.A., *Biopreparaty na osnove bakterij roda Bacillus dlja upravlenija zdorov'em rastenij* (*Bacillus*-based biological products for plant health management), Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2016, 233 p.
3. Miljakovic D., Marinkovic J., Balesevic-Tubic S., The significance of *Bacillus* spp. in disease suppression and growth promotion of field and vegetable crops, *Microorganisms*, 2020, Vol. 8, pp. 1037.
4. Maslienko L.V., Voronkova A.H., Dacenko L.A., Efimceva E.A., Punogina D.A., Gajdukova S.A., Kazakova V.V., Kovaleva S.R., *Maslichnye kul'tury*, 2020, Vol. 3, No. 183, pp. 107–113. (In Russ.)
5. Sidorova T.M., Asturova A.M., Allahverdjian V.V., *Jug Rossii: jekologija, razvitie*, 2021, Vol. 16, No. 4, pp. 86–103. (In Russ.)
6. Lastochkina O.V., *Sel'skohozjajstvennaja biologija*, 2021, Vol. 56, No. 5, pp. 843–867. (In Russ.)
7. Jakuba G.V., Maslienko L.V., Gusin D.N., *Plodovodstvo i vinogradarstvo Juga Rossii*, 2013, Vol. 22, No. 4, pp. 81–88. (In Russ.)
8. Beljaev A.A., Leljak A.I., Leljak A.A., Nevolin S.V., Shpatova T.V., Shahristova A.A., Judushkin V.V., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2017, No. 5, pp. 20–23. (In Russ.)
9. Stol'nikova N.P., Lutov V.I., *Promyshlennaya kul'tura zemlyaniki v Sibiri* (Industrial culture of strawberries in Siberia), NGAU. NIIS im. M.A. Lisavenko, Novosibirsk, 2009, 207 p.
10. *Metodika vyjavlenija i ucheta boleznej plodovyh i jagodnyh kul'tur* (Methodology for detecting and recording diseases of fruit and berry crops), Moscow: Kolos, 1971, 23 p. (In Russ.)
11. Chumakov A.E., Zaharova T.I., *Vredonosnost' boleznej sel'skohozjajstvennyh kul'tur* (Harmfulness of crop diseases), Moscow: Agropromizdat, 1990, 127 p.
12. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, jagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* (Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops), Orel, 1999, 606 p.
13. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii* (Field experience methodology: with the basics of statistical processing of research results), Moscow, 2013, 349 p.
14. Sorokin O.D., *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on the computer), Krasnoobsk: GUP RPO SO RASKhN, 2009, 222 p.
15. Beljaev A.A., Kolokolov R.R., Kazakova O.A., Lutov V.I., *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 4, pp. 5–13. (In Russ.)

**Информация об авторах:**

Р.Р. Колоколов, аспирант

А.А. Беляев, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

**Contribution of the authors:**

R.R. Kolokolov, Postgraduate Student

A.A. Belyaev, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Вклад авторов:**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.