

Биоконтроль обыкновенной парши при выращивании картофеля

Х. Т. Дзедаев[✉], И. О. Газданова, З. И. Ревазова, Б. В. Бекмурзов

Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия

[✉]E-mail: Dzedaev.kh@mail.ru

Аннотация. Проведена оценка фитосанитарного состояния и урожайности картофеля при обработке клубней биологическими фунгицидами в РСО-Алания. Сделаны предварительные выводы о снижении развития клубневой инфекции и повышении урожайности картофеля под действием испытанных биопрепаратов. Применение агентов биологической борьбы увеличивает биологическую активность фитопатогенных организмов за счет введения конкурента или ингибитора. Фитосанитарный биоконтроль имеет важные преимущества в производстве сельскохозяйственного производства, включая сокращение использования химических пестицидов в производстве продуктов питания, а также повышение устойчивости производственных площадей за счет увеличения микробной популяции, снижение производственных затрат и стимулирование роста растений. *Bacillus subtilis* является наиболее изученным микроорганизмом в сельском хозяйстве для борьбы с болезнями растений. Влияние протравливания клубней и опрыскивания растений биопрепаратами «БисолбиСан», «Фитодок» и «Бактофит» на зараженность клубней картофеля *Streptomyces scabies* было изучено в 2021–2023 гг. В качестве стандартного фунгицида использовался «Синклер СК».

Научная новизна заключается в том, что биологические препараты продемонстрировали отличные полевые показатели против парши обыкновенной в предгорной зоне РСО-Алания. Поэтому **целью** нашего исследования было оценить действие биологических агентов в борьбе с обыкновенной паршой. **В задачи** входило получение данных о влиянии протравливания клубней и опрыскивание растений биопрепаратами на зараженность картофельной парши в период вегетации. Исследования проводили по **методикам**, принятым в картофелеводстве по рекомендациям ВНИИКХ, ВИР и ВИЗР. **Результаты**, полученные в полевых опытах, показывают, что во все четыре года исследований указанные препараты значительно снижали зараженность клубней *Streptomyces scabies*. Биопрепарат «БисолбиСан», который применялся для протравливания клубней и опрыскивания растений четыре раза за период вегетаций, показал наилучший защитный эффект против *Streptomyces scabies*.

Ключевые слова: картофель, парша обыкновенная, биопрепараты, *Streptomyces scabies*, *Bacillus subtilis*, развитие, урожайность

Для цитирования: Дзедаев Х. Т., Газданова И. О., Ревазова З. И., Бекмурзов Б. В. Биоконтроль обыкновенной парши при выращивании картофеля // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 04. С. 451–459. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-451-459>.

Дата поступления статьи: 15.01.24, **дата рецензирования:** 30.01.2024, **дата принятия:** 22.02.2024.

Biocontrol of common scab in potato cultivation

Kh. T. Dzedaev[✉], I. O. Gazdanova, Z. I. Revazova, B. V. Bekmurzov

Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia

[✉]E-mail: Dzedaev.kh@mail.ru

Abstract. An assessment was made of the phytosanitary condition and yield of potatoes when treating tubers with biological fungicides in the Republic of North Ossetia – Alania. Preliminary conclusions have been made about a reduction in the development of tuber infections and an increase in potato yields under the influence of

tested biological products. The use of biological control agents increases the biological activity of phytopathogenic organisms by introducing a competitor or inhibitor. This includes reducing the use of chemical pesticides in food production, as well as increasing the sustainability of production areas by increasing microbial populations, reducing production costs and stimulating plant growth. *Bacillus subtilis* is the most studied microorganism in agriculture for the control of plant diseases. The effect of treating tubers and spraying plants with biological preparations “BisolbiSan”, “Fitodok” and “Baktofit” on the infection of potato tubers with *Streptomyces scabies*. Was studied in 2021–2023. “Sinkler SK” was used as the standard fungicide. **Scientific novelty** is that biological preparations showed excellent field performance against common scab in the foothill zone of RNO-Alania. Therefore, the **objective** of our study was to evaluate the effect of biological agents in the control of common scab. **The tasks** included obtaining data on the effects of tuber dressing and spraying plants with biopreparations on potato scab infestation during the vegetation period. The tasks included obtaining data on the effects of tuber dressing and spraying plants with biopreparations on potato scab infestation during the vegetation period. Research were carried out according to the **methods** accepted in potato breeding according to the recommendations of VNIKH, VIR and VIZR. **The results** obtained in field experiments show that in all four years of research these preparations significantly reduced the infestation of tubers with *Streptomyces scabies* “BisolbiSan” biopreparation, which was used for tuber dressing and spraying of plants four times during the growing season, showed the best protective effect against *Streptomyces scabies*.

Keywords: potato, common scab, biopreparations, *Streptomyces scabies*, *Bacillus subtilis*, development, yields

For citation: Dzedaev Kh. T., Gazdanova I. O., Revazova Z. I., Bekmurzov B. V. Biocontrol of common scab in potato cultivation. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (04): 451–459. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-04-451-459>. (In Russ.)

Date of paper submission: 15.01.24, **date of review:** 30.01.2024, **date of acceptance:** 22.02.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является важной овощной культурой, которая играет ключевую роль в мире, особенно учитывая ее потенциал для обеспечения продовольствием населения мира и использования в качестве основного продукта питания во многих развивающихся странах. Ежегодно значительные потери урожая вызывают вирусные заболевания из-за отсутствия эффективных агрохимических обработок, поскольку с помощью инсектицидов можно бороться только с передачей насекомыми-переносчиками, а это является важным фактором, сдерживающим производство картофеля. На его рост, развитие и продуктивность существенное влияние оказывают климатические и почвенные составляющие, а также высокая поражаемость патогенами.

Парша обыкновенная (*Streptomyces scabies*) является одним из наиболее часто встречаемых заболеваний на коже клубней картофеля. Вредность рассматриваемого заболевания заключается в снижении рыночной стоимости съедобного картофеля, снижении качества сырья, поставляемого для перерабатывающей промышленности, и семенной ценности клубней. *Streptomyces scabies*, *Streptomyces acidiscabies*, *Streptomyces aureofaciens* и *Streptomyces caviscabies* относятся к основным видам, вызывающим симптомы парши на картофеле [2]. Устойчивость к парше обыкновенной является сортовой характеристикой, которая может быть нарушена значительным влиянием факторов окружающей

среды, особенно погодными условиями во время закладки клубней. В большинстве случаев парша обыкновенная не представляет проблемы на почвах с рН ниже 5,5. Рассматриваемый патоген встречается с особой интенсивностью на легких, сухих и теплых песках, с почвенным раствором нейтральной и щелочной реакции [1]. Более того, такие предшествующие культуры, как томат, сахарная свекла, капуста, рапс, горох, фасоль, мак и кукуруза, оказывают влияние на более сильное поражение клубней паршой обыкновенной [1; 16]. Парша обыкновенная может сохраняться в течение многих лет в почвах, в которые обильно вносили навоз или где находились скотные дворы. Орошение на стадии завязывания клубней может способствовать развитию бактерий-антагонистов. Обыкновенная парша картофеля может появляться на различных органах этого растения: на клубнях, столонах и корнях. Наиболее распространенной и неудобной формой обсуждаемого заболевания является парша, возникающая на коже клубней. На коже парша образует неровные коричневые струппы, отделенные от здоровой ткани слоем суберизированных клеток [14]. Источником инфекции является инокулом бактерий, колонизирующих почву, и бактерии, появляющиеся на пораженных клубнях. Поражения на восприимчивых сортах обычно глубокие и могут простираться на ¼ дюйма вглубь клубня [7]. Сорта характеризуются разной степенью восприимчивости к заболеванию, и выбор сорта, подходящего для конкретных почвенных условий, является мерой

борьбы с обыкновенной паршой картофеля [13]. Восприимчивые сорта нельзя сажать на участках с регулярным и частым поражением паршой обыкновенной. Использование восприимчивых сортов картофеля и зараженного семенного картофеля, непрерывная посадка на зараженные почвы, уплотнение почвы и изменения в микробиоте почвы, возникающие в результате неизбирательного применения пестицидов, способствуют заболеваемости паршой обыкновенной [4]. Поражения на устойчивых сортах обычно бывает поверхностным. Зарубежные исследователи [1; 3] предположили, что все сорта подвержены заражению, но иммунитет у всех разный. Многие авторы считают, что большое влияние на заражение клубней стрептомицетами оказывают почвенно-климатические условия, особенно осадки в период образования клубней [11]. Однако современные наукоемкие методы разработки биологических препаратов предлагают решение для защиты картофеля от обыкновенной паршой картофеля. Биологические препараты представляют собой формулы, содержащие живые микроорганизмы или их метаболиты, которые подавляют рост и развитие болезнетворных организмов, такие как *Streptomyces scabies*. Биологические препараты на основе микроорганизмов, принадлежащих к роду *Bacillus*, демонстрируют высокую эффективность в борьбе с обыкновенной паршой картофеля. Эти микроорганизмы производят специальные антибиотики и биологически активные вещества, которые ингибируют рост и развитие *Streptomyces scabies*, обеспечивая защиту картофеля от болезни [15]. Применение биологических препаратов для защиты культуры картофеля имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционными химическими пестицидами. Во-первых, биологические препараты безопасны для окружающей среды и не наносят вреда полезным насекомым, птицам, почвенным микроорганизмам и другим животным. Во-вторых, они не сохраняют остатков в продукции и не вызывают резистентности вредителей. В-третьих, использование биологических препаратов поддерживает естественное равновесное биоразнообразие в почве и повышает устойчивость картофеля к другим патогенам. Химическая борьба с использованием химического фунгицида «Синклер СК» оказалась недостаточно эффективна в борьбе с этим заболеванием. Таким образом, агенты биологической борьбы изучались и использовались в качестве альтернативных или дополнительных инструментов для других стратегий фитосанитарной борьбы. *Bacillus subtilis* являются наиболее часто используемыми агентами биологической борьбы с грибами и бактериями соответственно из-за их высокой приспособляемости и устойчивости в почве в различных условиях окружающей среды [6; 12]. Биологические препараты, полученные на основе этих видов, защищают рас-

тения картофеля не только от обыкновенной парши, но также от основных заболеваний, таких как альтернариоз и фитофтороз [8]. Более того, обладание несколькими механизмами биологического контроля позволяет им преодолевать фитопатогенные защиты [9; 10]. Недавно сообщалось, что коммерческий продукт на основе *Bacillus subtilis* снижает распространенность парши картофеля, следовательно, увеличивает производство товарных клубней [5] и предоставляет доказательства эффективности биологических агентов в борьбе с повреждениями, вызванными паршой. Инфицирование клубней можно частично снизить за счет сохранения сбалансированной микробиологической активности почвы с использованием оптимальных агротехнических приемов и сбалансированного питания без прямого известкования. Ответственное использование биологических методов может помочь снизить урожайные потери, связанные с обыкновенной паршой и в то же время сохранить окружающую среду и здоровье человека. Таким образом, эта работа предоставляет возможность того, что биологическая борьба с обыкновенной паршой картофеля является жизнеспособной альтернативой борьбы с болезнью. Цель работы – оценить действие биологических препаратов на основе *Bacillus subtilis* в борьбе с обыкновенной паршой картофеля.

Методология и методы исследования (Methods)

Полевой эксперимент проводился на опытном поле с. Михайловское в 2021–2023 гг. В годы проведения исследований содержание гумуса составляло 1,8–1,9 %, подвижного фосфора – 160–180 мг/кг, калия – 150–165 мг/кг, рН 5,8 (таблица 1).

В рамках данного исследования проведена агрохимическая характеристика почвы на опытном участке с целью более глубокого понимания ее состава и свойств.

Предшественником был картофель. Обработка почвы, культивация и внесение удобрений проводились в соответствии с рекомендациями надлежущей агротехники.

Объектом изучения в проведенных исследованиях является сорт местной селекции Горского государственного аграрного университета (г. Владикавказ) Горский 17. Исследования проводились в учебно-опытном поле Владикавказского научно-исследовательского центра Российской академии наук (ВНИЦ РАН) Пригородного района Республики Северная Осетия – Алания в 2021–2023 гг.

Объектом исследований являлись препараты биологического применения на основе бактерий: *Bacillus subtilis*, штамм Ч-13 («БисолбиСан»), *Bacillus subtilis*, штамм ИПМ 215 («Бактофит») и *Bacillus subtilis* BS26 («Фитодок»). В качестве химического стандарта использовался фунгицид «Синклер СК» от компании «Август» (таблица 2).

На основе штамма *Bacillus subtilis* действие биопрепаратов в вегетативную фазу развития растений заключается в том, что суспензия микроорганизмов и продукты их метаболизма растут и попадают на поверхность развивающихся растений, помогая им управлять жизнедеятельностью и защитно-адаптивными реакциями.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности биопрепаратов на основе штамма *Bacillus subtilis* в повышении роста и продуктивности растений картофеля. Кроме того, подчеркивается важность учета различных факторов при применении биопрепаратов в сельскохозяйственной отрасли.

Все вышеуказанные концентрации источников биологических и химических фунгицидов позволяют обеспечить достаточную эффективность контроля грибковых инфекций при соблюдении рекомендаций по применению и безопасности. Однако перед использованием фунгицидов рекомендуется

проводить соответствующие исследования и консультироваться с экспертами, чтобы достичь оптимальных результатов и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Рекомендуемые дозы минеральных удобрений были внесены в количестве $N_{120}P_{120}K_{180}$ кг/га. Все фосфорные и калийные удобрения были внесены во время подготовки земли, половина азотных удобрений была внесена при посадке, а оставшаяся половина – во время первых всходов.

В эксперименте было 4 обработки без учета контроля. В каждой обработке было четыре ряда длиной 4 м. Расстояние между рядами составляло 75 см, расстояние между растениями – 25 см. Семенные клубни картофеля перед посевом подвергались следующим обработкам:

1. Контроль без обработки клубней картофеля (К).
2. Обработка клубней биопрепаратом «Бисолби-Сан».

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Показатель	Содержание		
	2021	2022	2023
Пахотный слой, см	20	20	20
pH (KCl), ГОСТ 26483-85	5,8	5,8	5,8
Гумус, % (по Тюрину), ГОСТ 26213-19	2,3	2,4	2,3
P ₂ O ₅ , мг/кг, ГОСТ 26207-91	160	175	180
K ₂ O, мг/кг, ГОСТ 26207-91	150	165	165

Table 1

Agrochemical characterization of the soil of the experimental plot

Index	Contents		
	2021	2022	2023
Tillage layer, cm	20	20	20
pH (KCl), GOST 26483-85	5.8	5.8	5.8
Humus, % (according to Tyurin), GOST 26213-19	2.3	2.4	2.3
P ₂ O ₅ , mg/kg, GOST 26207-91	160	175	180
K ₂ O, mg/kg, GOST 26207-91	150	165	165

Таблица 2

Источники биологических и химических фунгицидов и их проверенные концентрации

Общее название препаратов	Активное вещество	Концентрация, мг/кг	Производители
БисолбиСан	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм Ч-13	100	Бисолби-Интер
Фитодок	<i>Bacillus subtilis</i> штамм BS26	100	БиоТехнологии
Бактофит	<i>Bacillus subtilis</i> , штамм ИПМ 215	200	Сиббиофарм
Синклер СК	Флудиоксонил	10	Август

Table 2

Sources of biological and chemical fungicides and their tested concentrations

Common name of preparations	Active ingredient	Concentrations, mg/kg	Producers
BisolbiSan	<i>Bacillus subtilis</i> , strain, CH-13	100	Bisolbi-Inter
Fitodok	<i>Bacillus subtilis</i> , strain BS26	100	BioTechnology
Baktofit	<i>Bacillus subtilis</i> , strain IPM 215	200	Sibbiopharm
Sinkler SK	Fludioxonil	10	August

Таблица 3

Шкала оценки болезней при обыкновенной парше картофеля

Балл	Описание симптомов	Реакция на заболевание
1.0	Здоровые клубни	Устойчив (У)
2.0	Поражено 1–10 % поверхности клубня	Умеренно устойчив (УУ)
3.0	Поражено 11–25 % поверхности клубня	Умеренно восприимчив (УВ)
4.0	Поражено 25–50 % поверхности клубня	Восприимчив (В)
5.0	Поражено более 50 % поверхности клубня	Высокая восприимчивость (ВВ)

Table 3

Disease rating scale for common potato scab

Rating	Description of symptoms	Disease reaction
1.0	Healthy tubers	Resistant (R)
2.0	1–10 % tuber surface was affected	Moderately Resistant (MR)
3.0	11–25 % tuber surface was affected	Moderately Susceptible (MS)
4.0	26–50 % tuber surface was affected	Susceptible (S)
5.0	Above 50 % tuber surface was affected	Highly Susceptible (HS)

Таблица 4

Влияние обработок различными фунгицидами биологического и химического происхождения на урожайность клубней и распространенность парши обыкновенной (средние показатели за 2021–2023 гг.)

Варианты опыта	Количество зараженных клубней, шт.	Общий вес клубней, г	Средняя масса клубня, г	Заболеваемость паршой, %	Индекс парши, %
Контроль	9,9	853,8	79,80	8,25	15,70
БисолбиСан	9,3	784,3	81,70	7,75	14,60
Фитодок	8,2	701,2	82,50	6,83	13,30
Бактофит	8,5	718,2	80,70	7,08	13,50
Синклер СК	9,5	794,9	80,30	7,92	14,10

Table 4

The influence of treatments with various fungicides of biological and chemical origin on the yield of tubers and the prevalence of common scab (average for 2021–2023)

Treatment options	Number of infected tubers, pcs.	Total weight of tubers, g	Average tuber weight, g	Scab incidence, %	Scab index, %
Control	9.9	853.8	79.80	8.25	15.70
BisolbiSan	9.3	784.3	81.70	7.75	14.60
Fitodok	8.2	701.2	82.50	6.83	13.30
Baktofit	8.5	718.2	80.70	7.08	13.50
Sinkler SK	9.5	794.9	80.30	7.92	14.10

3. Обработка клубней биопрепаратом «Фитодок».
4. Обработка клубней биопрепаратом «Бактофит».
5. Обработка клубней химическим фунгицидом «Синклер СК».

Были измерены такие параметры болезни, как индекс парши и заболеваемость паршой. Клубни картофеля оценивали на наличие парши индивидуально в соответствии со шкалой (таблица 3).

Использование данной шкалы оценки болезней при обыкновенной парше картофеля позволяет фермерам точно определить степень поражения растений и принять соответствующие меры по борьбе с болезнью. Регулярное наблюдение за состояни-

ем растений и своевременные профилактические меры помогут сохранить урожайность и качество картофельного урожая, способствуя успешному развитию аграрной отрасли.

Также мы оценивали клубни по типу поражения по трехбалльной шкале:

- 1 – поверхностный струп;
- 2 – парша средней глубины или приподнятая;
- 3 – глубокий струп.

Значение **индекса парши** рассчитывалось для каждого клубня по формуле:

$$\text{Индекс парши} = \frac{\text{процент покрытой поверхности} \times \text{тип поражения}}{\text{общее количество клубней}} \times 100.$$

Таблица 5
Влияние биологических и химических фунгицидов на размер клубней картофеля
разной фракции (средние показатели за 2021–2023 гг.)

Варианты опыты	Размер клубней, мм							
	< 47,5	50,5	57,5	63,5	68,8	75,5	80,8	> 85,5
Контроль	18	15	15	26	15	14	9	8
БисолбиСан	15	13	12	25	17	15	11	12
Фитодок	14	12	13	23	16	17	12	13
Бактофит	14	13	11	23	19	16	12	12
Синклер СК	15	14	12	24	18	16	11	10

Table 5
Effect of biological and chemical fungicides size on potato tubers of different fractions
(average for 2021–2023)

Experimental options	Tuber size, mm							
	< 47.5	50.5	57.5	63.5	68.8	75.4	80.8	> 85.5
Control	18	15	15	26	15	14	9	8
BisolbiSan	15	13	12	25	17	15	11	12
Fitodok	14	12	13	23	16	17	12	13
Baktofit	14	13	11	23	19	16	12	12
Sinkler SK	15	14	12	24	18	16	11	10

Индекс парши:

8–15 – сорт наименее восприимчивый.

15–20 – средневосприимчивый.

20–24 – высоковосприимчивый.

> 24 – очень высокая восприимчивость.

Заболееваемость паршой также рассчитывали по формуле:

$$\text{Заболееваемость паршой} = \frac{\text{общее количество зараженных клубней}}{\text{общее количество клубней}} \times 100.$$

Анализ зараженности клубней *Streptomyces scabies* производился сразу после сбора урожая, и было отобрано по 120 клубней. Доля больных клубней в образцах и средняя степень заражения были определены и записаны.

Результаты (Results)

В данной научной исследовательской работе мы рассмотрели основные аспекты биологического контроля обыкновенной парши (*Streptomyces scabies*) при выращивании картофеля, включая использование естественных растительных механизмов защиты и комбинированные подходы.

Результаты трехлетних полевых опытов свидетельствуют о благоприятном влиянии протравливания клубней, а также четырехкратного опрыскивания растений испытуемыми препаратами на заражение клубней *Streptomyces scabies*.

Исследование проводилось в течение трех лет, с 2021 по 2023 год, с целью изучения влияния обработок различными фунгицидами на урожайность клубней и распространенность парши обыкновенной. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что использованные биопрепараты обладают различной активностью ингибирования парши обыкновенной. Наиболее ярко фунгицидная активность проявилась при использовании препа-

рата «Фитодок»: в сравнении с контрольным вариантом количество зараженных клубней снизилось на 17,2 %. Немного ему уступил по данному показателю биопрепарат «Бактофит» (14,2 %). Менее выраженный защитный эффект использованных пестицидов был отмечен на биопрепарате «БисолбиСан» и фунгициде химического происхождения «Синклер СК» – 6,1 % и 4,1 % соответственно.

В своих исследованиях мы также проверяли влияние биологических и химических фунгицидов на массу клубней картофеля различных размеров (таблица 5).

Семенные клубни, обработанные биологическим препаратом «Фитодок», дали значительно большее количество клубней (13 штук) размером 85,5 мм по сравнению с необработанным контролем, зараженным обыкновенной паршой (8 штук). Обработка семян биологическими фунгицидами привела к значительному увеличению количества клубней размером 75,5, 80,8 и 85,5 мм по сравнению с контрольным вариантом. Применение «Фитодока» и «БисолбиСана» привело к увеличению клубней картофеля размером 57,5 мм и составило 12-13 штук по сравнению с клубнями, обработанными Бактофитом – 11 штук. Аналогично вес клубней размером 85,5 мм (13 штук) был выше у картофеля, обработанного «Фитодокком». Несмотря на то, что химический фунгицид «Синклер СК» дал лучший результат относительно контрольного варианта, он все же уступил биологическим фунгицидам, хоть и незначительно. В результате исследования мы обнаружили, что применение биологических фунгицидов имеет положительное влияние на размер клубней картофеля всех фракций. В течение трех лет наблюдалось стабильное увеличение раз-

мера клубней в сравнении с контрольной группой, где фунгициды не использовались. Острота данного эффекта с каждым годом усиливалась, что может свидетельствовать о кумулятивном действии биологических фунгицидов. Статистический анализ показывает, что на протяжении всего эксперимента доля зараженных клубней *Streptomyces scabies* были значительно ниже по сравнению с контролем в комбинации, где действовали биологические и химические препараты.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Биологические фунгициды основаны на использовании живых организмов, таких как бактерии, грибы или вирусы, для сдерживания развития патогенных организмов. Химические фунгициды, в свою очередь, представляют собой химические соединения, способные уничтожить патогенные организмы. В ходе нашего исследования были проанализированы результаты использования биологических и химических фунгицидов против обыкновенной парши картофеля в предгорной зоне Республики Северная Осетия – Алания. Были собраны данные об эффективности и степени защиты клубней при использовании различных фунгицидов. В результате исследования было выяснено, что биологические фунгициды показали эффективность в сдерживании развития обыкновенной парши картофеля, что подтверждает их потенциал в борьбе с этим заболеванием. Однако особое внимание следует уделить выбору правильного биологического фунгицида, учитывая его специфичность и совместимость с другими средствами защиты. Помимо этого, химические фунгициды проявляют значительную эффективность в борьбе с обыкновенной паршой картофеля. Однако необходимо учитывать их потенциальные негативные последствия для окружающей среды и здоровья человека. Таким образом, наше исследование подтвердило эффективность как биологических, так и химических фунгицидов в борьбе с обыкновенной паршой картофеля в предгорной зоне Северной Осетии. Однако принятие решения о выборе конкретного фунгицида

должно быть основано на комплексном подходе с учетом потенциальных последствий и специфичности каждого средства. Данное исследование было проведено с целью изучения влияния химического фунгицида «Синклер СК» и биопрепаратов «Бисол-биСан», «Бактофит» и «Фитодок» на основе бактерии *Bacillus subtilis* против *Streptomyces scabies*. До сих пор не было сообщений об использовании вида *Bacillus* в качестве штамма для борьбы с обыкновенной паршой, поэтому мы сообщаем об использовании *Bacillus subtilis* в качестве биоконтрольного агента. Рассмотрены меры борьбы, рекомендуемые для снижения заболеваемости паршой обыкновенной, их принципы, целесообразность и практическая эффективность. Все применяемые препараты значительно снижали долю и степень поражения клубней *Streptomyces scabies* (по сравнению с контролем). Полученные результаты говорят в пользу эффективности биологического фунгицида на основе *Bacillus subtilis* для увеличения размера клубней картофеля. Вероятно, это связано с более мягким и безопасным воздействием данного препарата на растения, что способствует их более активному росту. Это может оказать положительный эффект на коммерческую ценность картофеля и улучшить его рыночный потенциал. В то же время химический фунгицид на основе металаксила не проявил такой же эффективности.

В заключение отметим, что биологические препараты представляют собой перспективное решение для защиты картофеля от обыкновенной парши. Их применение может существенно снизить уровень заболеваемости растений, увеличить урожайность и качество продукции. Наши исследования также указывают на необходимость дальнейшего изучения и разработки новых, более эффективных, безопасных и экологически устойчивых фунгицидов для борьбы с обыкновенной паршой картофеля. Это позволит фермерам и садоводам в Республике Северная Осетия – Алания обеспечить стабильный урожай и повысить качество продукции.

Библиографический список

1. Corrêa D. B. A., Amaral D. T., Silva M. J., Destéfano S. A. L. *Streptomyces Brasiliscabiei*, a New Species Causing Potato Scab in South Brazil // International Journal of General and Molecular Microbiology. 2021. No. 114. Pp. 913–931. DOI: 10.1007/s10482-021-01566-y.
2. Chien Y. C., Huang C. H. Biocontrol of Bacterial Spot on Tomato by Foliar Spray and Growth Medium Application of *Bacillus Amyloliquefaciens* and *Trichoderma Asperellum* // European Journal of Plant Pathology. 2020. No. 156. Pp. 995–1003. DOI: 10.1007/s10658-020-01947-5.
3. Lankau E. W., Xue D., Christensen R., Gevens A. J., Lankau R. A. Management and soil conditions influence common scab severity on potato tubers via indirect effects on soil microbial communities // Phytopathology. 2020. No. 110. Pp. 1049–1055. DOI: 10.1094/PHYTO-06-19-0223-R.
4. Khan R. A. A., Najeeb S., Hussain S., Xie B., Li Y. Bioactive Secondary Metabolites from *Trichoderma* spp. against Phytopathogenic Fungi // Microorganisms. 2020. No. 8. Article number 817. DOI: 10.3390/microorganisms8060817.

5. Hunjan M. S., Sabhikhi H. S. Designing a Crop Rotation Strategy to Manage *Streptomyces Scabies* Causing Potato Scab in North India // *Journal of Phytopathology*. 2020. No. 168. Pp. 469–477. DOI:10.1111/jph.12911
6. Yáñez-Mendizábal V., Falconí C. E. *Bacillus Subtilis* CtpxS2-1 Induces Systemic Resistance against Anthracnose in Andean Lupin by Lipopeptide Production // *Biotechnology Letters*. 2021. No. 43. Pp. 719–728. DOI:10.1007/s10529-020-03066-x
7. Li B., Wang B., Pan P., Li P., Qi Z., Zhang Q., Shi C., Hao W., Zhou B., Lin R. *Bacillus Altitudinis* Strain AMCC 101304: A Novel Potential Biocontrol Agent for Potato Common Scab // *Biocontrol Science and Technology*. 2020. No. 29. Pp. 1009–1022. DOI: 10.1080/09583157.2019.1641791.
8. Молявко А. А., Борисова Н. П., Марухленко А. В., Белоус Н. М., Ториков В. Е. Стимуляторы роста и фунгициды при возделывании и хранении картофеля. // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 2 (78). С. 15–19.
9. Газданова И. О., Дзедаев Х. Т., Моргоев Т. А. Биологическая защита картофеля в Республике Северная Осетия-Алания // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 1 (178). С. 76–82. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-76-82.
10. Гериева Ф. Т., Газданова И. О. Эффективность применения перспективных биопрепаратов нового поколения в условиях Северо-Кавказского региона // *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 3 (206). С. 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9.
11. Feng R.-Y., Chen Y.-H., Lin C., Tsai C.-H., Yang Y.-L., Chen Y.-L. Surfactin secreted by *Bacillus amylo-liquefaciens* Ba01 is required to combat *Streptomyces scabies* causing potato common scab // *Frontiers in Plant Science*. 2022. No. 13. Article number 998707. DOI: 10.3389/fpls.2022.998707
12. Плеханова Л. П., Булдаков С. А. Эффективность действия биопрепаратов и фунгицидов против болезней растений, клубней картофеля и их влияние на урожайность // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 9 (87). Ч. 2. С. 28–33. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031.
13. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality // *Plant, Soil and Environment*. 2022. No. 8 (68). Pp. 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE.
14. Weisberg A. J., Kramer C. G., Kotha R. R., Luthria D. L., Chang, J., Clarke C. R. A novel species-level group of *Streptomyces* exhibits variation in phytopathogenicity despite conservation of virulence loci. // *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2021. Vol. 34. Pp. 39–48. DOI: 10.1094/MPMI-06-20-0164-R.
15. Dieckmann M. A., Beyvers S., Nkouamedjo-Fankep R. C., Hanel P. H. G., Jelonek L., Blom J., Goesmann A. EDGAR 3.0: comparative genomics and phylogenomics on a scalable infrastructure // *Nucleic Acids Research*. 2021. Vol. 49, Iss. W1. DOI: 10.1093/nar/gkab341.
16. Hudec C., Novinscak A., Filion M. Diversity and virulence of *Streptomyces* spp. causing potato common scab in Prince Edward Island, Canada // *Phytopathology*. 2021. No. 111. Pp. 617–626. DOI: 10.1094/PHYTO-08-20-0339-R.

Об авторах:

Хетаг Тотразович Дзедаев, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия; ORCID 0000-0001-5688-9564, AuthorID 1095112. E-mail: Dzedaev.kh@mail.ru

Ирина Олеговна Газданова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия; ORCID 0000-0002-3000-8615, AuthorID 1036581; E-mail: Gazdanovaira2020@gmail.com

Зарина Ибрагимовна Ревазова, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия; ORCID 0009-0001-5992-1475, AuthorID 1186527

Батраз Валерьевич Бекмурзов, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Владикавказ, Россия; ORCID 0000-0001-9227-0734, AuthorID 1045943

References

1. Corrêa D. B. A., Amaral D. T., Silva M. J., Destéfano S. A. L. *Streptomyces Brasiliscabiei*, a New Species Causing Potato Scab in South Brazil. *International Journal of General and Molecular Microbiology*. 2021; 114: 913–931. DOI: 10.1007/s10482-021-01566-y.
2. Chien Y. C., Huang C. H. Biocontrol of Bacterial Spot on Tomato by Foliar Spray and Growth Medium Application of *Bacillus Amyloliqefaciens* and *Trichoderma Asperellum*. *European Journal of Plant Pathology*. 2020; 156: 995–1003. DOI: 10.1007/s10658-020-01947-5.

3. Lankau E. W., Xue D., Christensen R., Gevens A. J., Lankau R. A. Management and soil conditions influence common scab severity on potato tubers via indirect effects on soil microbial communities. *Phytopathology*. 2020; 110: 1049–1055. DOI: 10.1094/PHYTO-06-19-0223-R.
4. Khan R. A. A., Najeeb S., Hussain S., Xie B., Li Y. Bioactive Secondary Metabolites from *Trichoderma* spp. against Phytopathogenic Fungi. *Microorganisms*. 2020; 8: 817. DOI: 10.3390/microorganisms8060817.
5. Hunjan M. S., Sabhikhi H. S. Designing a Crop Rotation Strategy to Manage *Streptomyces* Scabies Causing Potato Scab in North India. *Journal of Phytopathology*. 2020; 168: 469–477. DOI: 10.1111/jph.12911
6. Yáñez-Mendizábal V., Falconí C. E. *Bacillus Subtilis* CtpxS2-1 Induces Systemic Resistance against Anthracnose in Andean Lupin by Lipopeptide Production. *Biotechnology Letters*. 2021; 43: 719–728. DOI: 10.1007/s10529-020-03066-x
7. Li B., Wang B., Pan P., Li P., Qi Z., Zhang Q., Shi C., Hao W., Zhou B., Lin R. *Bacillus Altitudinis* Strain AMCC 101304: A Novel Potential Biocontrol Agent for Potato Common Scab. *Biocontrol Science and Technology*. 2020; 29: 1009–1022. DOI: 10.1080/09583157.2019.1641791
8. Molyavko A. A., Borisova N. P., Marukhlenko A. V., Belous N. M., Torikov V. E. Growth stimulants and fungicides during cultivation and storage of potatoes. *Vestnik of the Bryansk State Agrarian University*. 2020; 78: 15–19. (In Russ.)
9. Gazdanova I. O., Dzedaev Kh. T., Morgoev T. A. Potato biological protection in the Republic of North Ossetia – Alania. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2022; 1 (178). 76–82. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-76-82. (In Russ.)
10. Gerieva F. T., Gazdanova I. O. The effectiveness of the use of promising new generation biological products in the conditions of the North Caucasus region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 3 (206): 2–9. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-2-9. (In Russ.)
11. Feng R.-Y., Chen Y.-H., Lin C., Tsai C.-H., Yang Y.-L., Chen Y.-L. Surfactin secreted by *Bacillus amylo-liquefaciens* Ba01 is required to combat *Streptomyces scabies* causing potato common scab. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 998707. DOI: 10.3389/fpls.2022.998707.
12. Plekhanova L. P., Buldakov S. A. Effectiveness of action of biological preparation and fungicidal agents against plant diseases, potatoes tuber and their influence on productivity of land. *International Research Journal*. 2019; 9 (87): 28–33. DOI: 10.23670/IRJ.2019.87.9.031. (In Russ.)
13. Kołodziejczyk M., Gwóźdź K. Effect of plant growth regulators on potato tuber yield and quality. *Plant, Soil and Environment*. 2022; 8 (68): 375–381. DOI: 10.17221/215/2022-PSE.
14. Weisberg A. J., Kramer C. G., Kotha R. R., Luthria D. L., Chang, J., Clarke C. R. A novel species-level group of *Streptomyces* exhibits variation in phytopathogenicity despite conservation of virulence loci. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2021; 34: 39–48. DOI: 10.1094/MPMI-06-20-0164-R.
15. Dieckmann M. A., Beyvers S., Nkouamedjo-Fankep R. C., Hanel P. H. G., Jelonek L., Blom J., Goesmann A. EDGAR 3.0: comparative genomics and phylogenomics on a scalable infrastructure. *Nucleic Acids Research*. 2021; 49 (W1). DOI: 10.1093/nar/gkab341.
16. Hudec C., Novinscak A., Filion M. Diversity and virulence of *Streptomyces* spp. causing potato common scab in Prince Edward Island, Canada. *Phytopathology*. 2021; 111: 617–626. DOI: 10.1094/PHYTO-08-20-0339-R.

Authors' information:

Khetag T. Dzedaev, junior researcher of the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia; ORCID 0000-0001-5688-9564, AuthorID 1095112; E-mail: Dzedaev.kh@mail.ru

Irina O. Gazdanova, candidate of agricultural sciences, researcher of the laboratory of molecular genetic studies of agricultural plants, Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia; ORCID 0000-0002-3000-8615, AuthorID 1036581.
E-mail: Gazdanovaira2020@gmail.com

Zarina I. Revazova, junior researcher of the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia; ORCID 0009-0001-5992-1475, AuthorID 1186527

Batraz V. Bekmurzov, junior researcher of the laboratory of molecular genetic research of agricultural plants, Federal Scientific Center “Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Vladikavkaz, Russia; ORCID 0000-0001-9227-0734, AuthorID 1045943