

Научная статья
УДК 632.4/937:631.82
<https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-60-67>

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ С МИНЕРАЛЬНЫМ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИМ КОМПЛЕКСОМ

Марина Витальевна Маслова^{1✉}, Екатерина Владимировна Грошева², Роман Валериевич Папихин³

¹⁻³Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия

¹marinamaslova2009@mail.ru

²ekaterina2687@mail.ru

³parom10@mail.ru

Аннотация. Биологические препараты защиты растений позволяют снизить пестицидную нагрузку на агроценозы и получить экологически безопасную продукцию. Важным аспектом является поиск способов повышения эффективности биопрепаратов. Решению данной проблемы способствует применение подходящих носителей, увеличивающих активность и выживаемость биоагентов в среде обитания. Микроорганизмы в почвах располагаются преимущественно на поверхности твердой фазы, поэтому внесение гранул цеолита в субстрат для растений позволяет перераспределить микробные клетки, что приводит к изменениям в микробиоценозе. Целью исследований являлось изучение влияния цеолитсодержащего минерального комплекса на эффективность биопрепаратов защиты растений при их совместном применении. Представлены результаты количественной и качественной оценки биологических препаратов на основе бактерий *Bacillus subtilis* (Фитодок BS26, Гамаир, Фитоспорин-М) и *Pseudomonas fluorescens* (Ризоплан). Установлено фактическое содержание клеток микроорганизмов в исследуемых средствах защиты растений. Путем изучения антагонистической способности бактериальных штаммов из биопрепаратов против фитопатогенных грибов *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. методом двойных культур подтверждена их высокая фунгицидная активность. Установлено, что внесение биопрепарата Фитодок BS26 совместно с минеральным цеолитсодержащим комплексом (МЦК) способствовало увеличению численности бактериальной микробиоты на 42,86% по сравнению с вариантом без минерального носителя и обеспечивало полное подавление патогенных грибов *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. Результаты свидетельствуют о перспективности использования цеолитсодержащего минерального комплекса для повышения эффективности средств биологической защиты растений.

Ключевые слова: биопрепараты защиты растений, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, минеральный цеолитсодержащий комплекс, фитопатогены, торфяной субстрат

Благодарности: исследования выполнены в рамках государственного задания FESU-2026-0001 по теме «Разработка системного подхода преодоления основных проблем этапа адаптации микрорастений в системе производства отечественного посадочного материала садовых культур методами биотехнологии» (регистрационный номер в ЕГИСУ НИОКТР 1025042500013-7-4.4.1) при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ за счёт средств федерального бюджета с использованием оборудования ЦКП Мичуринского ГАУ «Селекция сельскохозяйственных культур и технологии производства, хранения и переработки продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения».

Для цитирования: Маслова М.В., Грошева Е.В., Папихин Р.В. Эффективность совместного применения биологических препаратов защиты растений с минеральным цеолитсодержащим комплексом // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2026. № 2(85). С. 60-67. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-60-67>.

Original article

THE EFFECTIVENESS OF THE COMBINED USE OF BIOLOGICAL PLANT PROTECTION PRODUCTS WITH A MINERAL ZEOLITE-CONTAINING COMPLEX

Marina V. Maslova^{1✉}, Ekaterina V. Grosheva², Roman V. Papikhin³

¹⁻³Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia

¹marinamaslova2009@mail.ru

²ekaterina2687@mail.ru

³parom10@mail.ru

Abstract. The use of biological plant protection products makes it possible to reduce the pesticide burden on agroecosystems and obtain environmentally safe products. An important aspect is the search for ways to increase the efficiency of BP. One of the solutions to this problem is the use of suitable carriers capable of increasing the activity and survival of bioagents in the habitat. Since microorganisms in soils are located mainly on the surface of the solid phase, the presence of zeolite promotes the redistribution of immobilized microbial cells and leads to changes in microbial cenosis. The aim of the research was to study the effect of a zeolite-containing mineral complex on the effectiveness of bacterial plant protection biologics when used together. The paper presents the results of evaluating the quality of biological plant protection products (Fitodok BS26, Gamair, Fitosporin-M, Rhizoplan) and studying their antagonistic activity against phytopathogenic fungi of the genera *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. The count of colony-forming units of viable bacteria in working solutions was carried out. A significant discrepancy between the actual content of microorganisms and the manufacturer's claims was established.

The high fungicidal activity of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* strains was confirmed by the double culture method. The combined application of Fitodok biological preparation and mineral zeolite-containing complex contributed to a 42,86% increase in bacterial microbiota compared to the variant without a mineral carrier and ensured complete suppression of pathogenic fungi *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., and *Alternaria* sp. The results indicate the prospects of using zeolite-containing complexes to increase the effectiveness of biological plant protection.

Keywords: biological preparations, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, mineral zeolite-containing complex, phytopathogens, peat substrate

Acknowledgments: this research was carried out within the framework of the state assignment FESU-2026-0001 on the topic "Development of a systematic approach to overcoming key challenges in the adaptation stage of microplants within the Domestic Production system of planting material for horticultural crops using biotechnology methods" (state registration number in the Unified State Information system for accounting of scientific research and technological development [EGISU NIOKTR]: 1025042500013-7-4.4.1), with support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation funded by the federal budget, and utilizing equipment from the Center for Collective Use (CCU) of Michurinsk State Agrarian University: "Breeding of agricultural crops and technologies for production, storage, and processing of food products with functional and preventive health properties."

For citation: Maslova M.V., Grosheva E.V., Papikhin R.V. The effectiveness of the combined use of biological plant protection products with a mineral zeolite-containing complex. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2026, no. 2(85), pp. 60-67. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-60-67>.

Введение. Совершенствование традиционных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с учетом биологизации несомненно является перспективным направлением ресурсосбережения и повышения экологической устойчивости агроландшафтов [1]. Использование биологических препаратов (БП) защиты растений позволяет снизить пестицидную нагрузку на агроценозы и получить экологически безопасную продукцию. Однако эффективность БП напрямую зависит от концентрации жизнеспособных клеток действующего штамма, условий хранения, транспортировки и применения. В связи с этим на практике часто наблюдается несоответствие фактического титра микроорганизмов в препарате данным, указанным производителем. Важным аспектом является поиск способов повышения эффективности БП. Одним из вариантов решения данной проблемы является использование подходящих носителей, способных увеличить активность и выживаемость биоагентов в среде обитания.

Так как микроорганизмы в почвах располагаются преимущественно на поверхности твердой фазы, наличие цеолита способствует перераспределению иммобилизованных микробных клеток и приводит к изменениям в микробиоценозе. Цеолиты, обладая высокой сорбционной способностью, ионообменными свойствами и пористой структурой, могут служить благоприятным субстратом для формирования бактериальных биопленок и стабилизации микробиома [2 - 6].

Целью исследований являлась изучение влияния цеолитсодержащего минерального комплекса на эффективность бактериальных биопрепаратов защиты растений при их совместном применении.

Материалы и методы исследований. В исследования были включены бактериальные штаммы *Bacillus subtilis* из БП защиты растений (Гамаир, Фитоспорин-М, Фитодок BS26), а также *Pseudomonas fluorescens* из Ризоплана. В работе использовали рабочие растворы биопрепаратов с концентрацией 0,1% – для порошкообразных и 1,0% – для жидких. С целью определения числа КОЕ в исследуемых суспензиях готовили 8 серийных разведений. На поверхность мясопептонного агара (МПА). В 3 параллельные чашки Петри высевали по 100 мкл каждого разведения рабочего раствора. Инкубирование осуществляли в термостате при 30°C в течение суток. После чего проводили ревизию. Пересчитывали КОЕ на единицу по формуле:

$$N = N_0 \times 10^n / V, \text{ где}$$

N – количество клеток в 1 мл исходной суспензии;

N_0 – среднее число колоний на питательной среде в чашке Петри;

n – степень разведения посева, из которого проводится учет;

V – объём засеянной капли [7].

Выделившиеся бактериальные колонии изолировали и культивировали на питательных средах.

Антифунгальную способность биоагентов из БП определяли методом двойных культур, т.е. совместного культивирования бактерии-антагониста и гриба-тестера. В исследования были включены наиболее распространенные патогенные грибы *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. Посев бактериальной культуры проводили в чашки Петри на картофельно-глюкозный агар (КГА) микробиологической петлей по диаметру. Гриб-тестер высевали точкой по обе стороны от бактериального штриха. Учитывали площадь колоний гриба-тестера и бактерии-антагониста. О фунгицидной активности агентов биоконтроля фитопатогенов судили по угнетению роста грибных колоний в сравнении с контролем (без бактерий) [7, 8].

Совместно с БП в торфяной субстрат вносили минеральный цеолитсодержащий комплекс (МЦК) DrGrunt марки «Универсальный» (смесь цеолитов: трепела и опоки, 50/50), производитель ООО «Доктор Грунт» (Зикеевское месторождение, Калужская область, г. Жиздра, Россия). По данным производителя МЦК DrGrunt марки «Универсальный» включает SiO₂ (83,8%); Al₂O₃ (7,18%); Fe₂O₃ (2,79%); TiO₂ (0,32%); K₂O (0,90%); MgO (0,84%); CaO (0,46%) и другие минеральные компоненты с содержанием 0,02% и менее (PbO, BaO, SO₃, MnO, P₂O₅, ZrO₂). Исследуемый МЦК представлен пористыми гранулами размером 2-4 мм, размер пор 5-15 мкм. Препарат обладает высокой адсорбционной способностью и гигроскопичностью.

Эффективность МЦК в повышении активности БП защиты растений изучали в условиях поликарбонатного укрытия. Сухой торфяной субстрат в горшках вместимостью 500 мл увлажняли 200 мл воды. В опытных вариантах брали такой же объём торфяной смеси с содержанием цеолита 5% и обрабатывали его 200 мл рабочего раствора БП. Варианты опыта: 1. торф вода (контроль); 2. торф + БП; 3. торф + БП + цеолит. Во всех вариантах опыта использовали торфяную смесь марки Агробалт С (состав смеси: верховой сфагновый торф низкой степени разложения, известняковая (доломитовая) мука, комплексное минеральное удобрение). Основные питательные вещества: N – 150 мг/л; Ca – 120 мг/л; Mg – 30 мг/л; P₂O₅ – 150 мг/л; K₂O – 250 мг/л; pH – 5; влажность – не более 65%. Торф в горшках

инкубировали при температуре 22–24°C в течение 7 суток для формирования микробиома в контролируемых условиях опыта. После этого проводили выделение микроорганизмов из субстрата.

Для микробиологического анализа торфяной смеси брали объединенную навеску, состоящую из 3 проб по 6 мл. Готовили раствор объемом 360 мл, доливая к образцам стерильную дистиллированную воду. Затем его выдерживали на шейкере при 140 об./мин в течение 40 мин. Полученную суспензию фильтровали с использованием марлевого фильтра. После чего готовили разведение 1:10 и высевали на агаризованные питательные среды по 100 мкл в 5 параллельные чашки Петри. Для этого использовали КГА с антибиотиком (пенициллин + стрептомицин). Суспензию равномерно распределяли по поверхности среды шпателем Дригальского. Культивировали микроорганизмы при температуре 25°C. Использовали стандартные питательные среды: МПА, КГА, среда Чапека-Докса [7-8].

По мере роста микробных колоний проводили их идентификацию и подсчет с последующим пересчетом на 1 мл субстрата. Идентифицировали микроорганизмы по культурально-морфологическим признакам с применением метода микроскопирования. В работе использовали микроскоп Leica DM2500.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием компьютерных программ MS Excel 2010.

Результаты исследований и их обсуждение. Определение концентрации жизнеспособных клеток в БП защиты растений от болезней необходимо для выявления наиболее активных биоагентов, коррекции концентраций рабочих растворов и режимов их применения. Особенно это важно при использовании препаратов после длительного или неправильного хранения и транспортировки. По данному показателю изучали препараты Фитодок BS26, Гамаир, Фитоспорин-М, Ризоплан.

Посев различных разведений рабочих растворов исследуемых БП позволил определить количество КОЕ бактерий в них. В рабочих растворах исследуемых БП насчитывалось от $1,70 \times 10^7$ КОЕ/мл у Ризоплана до $2,44 \times 10^8$ КОЕ/мл у Фитодока BS26. Установлено, что не у всех исследуемых био-препаратов содержание живых структур микроорганизмов соответствовало данным, представленным производителем. Так, для Фитоспорина-М заявлен допустимый предел содержания КОЕ не менее $10,0 \times 10^{10}$ КОЕ/г. Фактически данный показатель составил $2,6 \times 10^{10}$ КОЕ/г (таблица 1). Этот факт следует учитывать при разработке схем защитных мероприятий. Для приготовления эффективного рабочего раствора бактериальных средств защиты необходимо максимально приближать концентрацию инокулюма к показателям, рекомендуемым производителем. Данный препарат следует использовать при повышении концентрации в 4 раза.

Таблица 1
Table 1

Количество живых клеток в биопрепаратах защиты растений
Number of living cells in biological products of plant protection

Препарат	Концентрация клеток в раб. растворе	Концентрация клеток в препарате	Показатели производителя
Фитодок BS26	$2,44 \times 10^8$ КОЕ/мл	$2,44 \times 10^{11}$ КОЕ/г	$0,5 \times 10^{11}$ КОЕ/г
Гамаир	$1,12 \times 10^7$ КОЕ/мл	$1,12 \times 10^{11}$ КОЕ/г	$1,0 \times 10^{11}$ КОЕ/г
Фитоспорин-М	$2,60 \times 10^7$ КОЕ/мл	$2,60 \times 10^{10}$ КОЕ/г	$1,0 \times 10^{11}$ КОЕ/г
Ризоплан	$1,70 \times 10^7$ КОЕ/мл	$1,70 \times 10^9$ КОЕ/мл	$1,0 \times 10^9$ КОЕ/мл

Для проведения работ по оптимизации фитосанитарного состояния растений необходимо изучение физиологических особенностей биоагентов, входящих в состав защитных препаратов. С этой целью проводилось выделение бактерий из биопрепаратов на искусственные питательные среды. Использовали среду МПА. Дальнейшее культивирование проводили на КГА.

Проводили исследование фунгицидной активности бактерий из БП в отношении фитопатогенных грибов методом двойных культур. Установлен антагонизм у всех изучаемых бактериальных штаммов к патогенным грибам *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. По данному показателю выявлены различия у исследуемых биоагентов из препаратов.

Подавление роста гриба *Fusarium* sp. под влиянием метаболитов бактерий фунгицидного действия было активным во всех вариантах и в сравнении с контролем составило 68,21% у Фитодока BS26; 64,93% у Гамаира; 67,61% у Ризоплана; 59,29% у Фитоспорина-М. При этом наиболее активный рост отмечен у бактерии из Фитодока BS26 ($30,52 \text{ см}^2$), а наименьший – у Фитоспорина-М ($18,93 \text{ см}^2$) (рисунки 1, 3). Гриб *Alternaria* sp. одинаково активно снижал скорость роста мицелия под влиянием антифунгальных метаболитов бактерий (63,10 – 68,94%). При этом размер бактериальных колоний также был приблизительно на одном уровне ($25,11 - 27,57 \text{ см}^2$) (рисунки 2, 3).

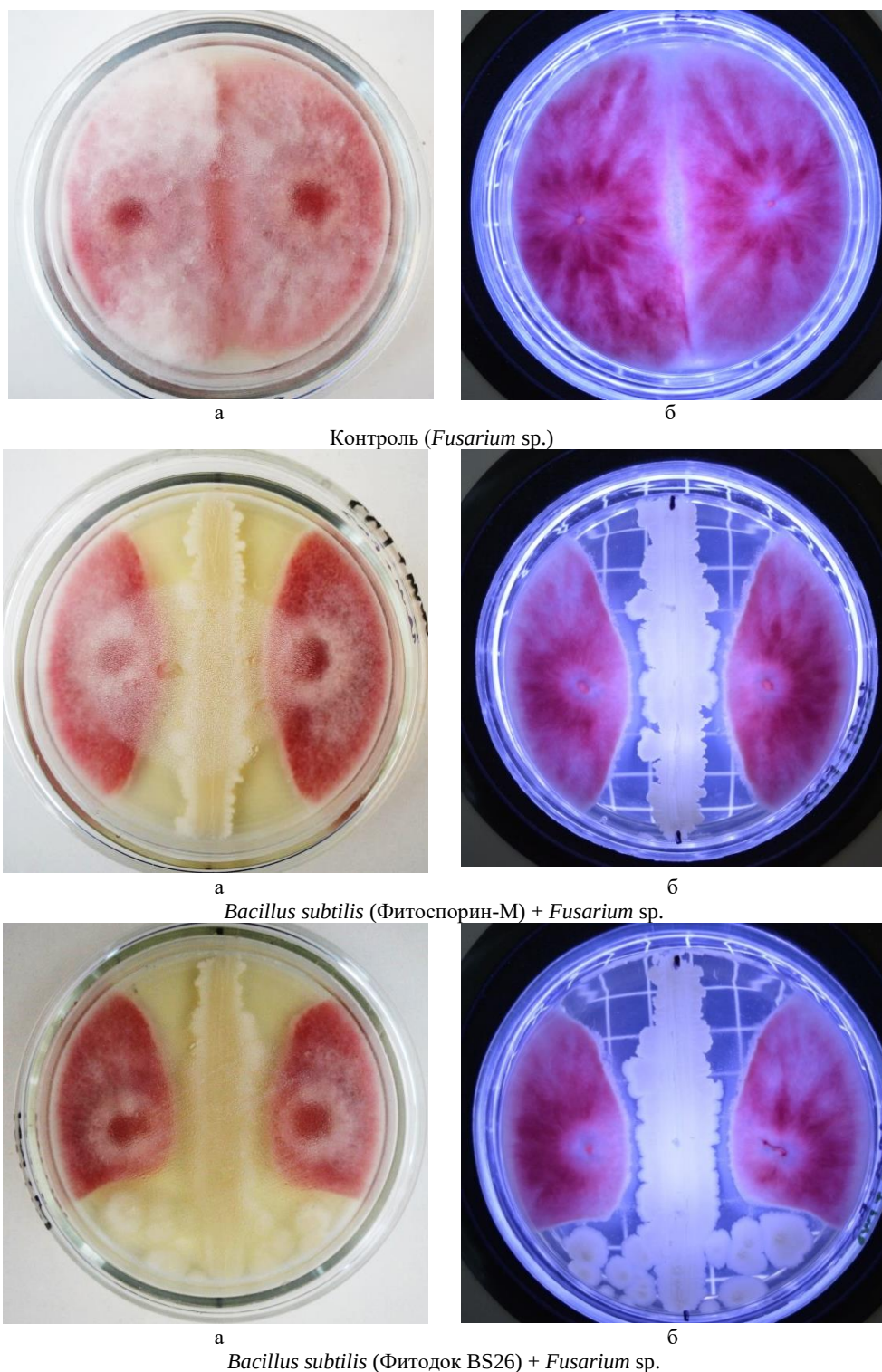
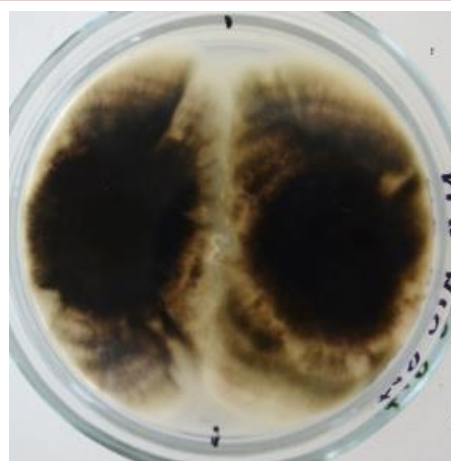


Рисунок 1. Рост гриба-тестера *Fusarium* sp. совместно с бактериями-антагонистами из биопрепаратов Фитоспорин-М и Фитодок BS26 на КГА: а – лицевая сторона чашки Петри; б – тыльная сторона чашки Петри)

Figure 1. Growth of the test fungus *Fusarium* sp. in co-culture with bacterial antagonists from the biopreparations Fitosporin-M and Fitodok BS26 on potato-glucose agar (PGA): а – obverse side of the Petri dish; б – reverse side of the Petri dish



a



б

Контроль (*Alternaria* sp.)



a

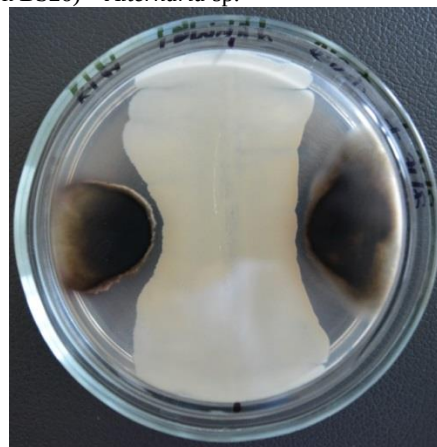


б

Bacillus subtilis (Фитодок BS26) + *Alternaria* sp.



a



б

Bacillus subtilis (Гамаир) + *Alternaria* sp.

Рисунок 2. Рост гриба-тестера *Alternaria* совместно с бактериями-антагонистами из биопрепаратов Фитоспорин-М и Фитодок BS26 на КГА: а – лицевая сторона чашки Петри; б – тыльная сторона чашки Петри)

Figure 2. Growth of the test fungus *Alternaria* sp. in co-culture with bacterial antagonists from the biopreparations Fitosporin-M and Fitodok BS26 on potato-glucose agar (PGA): a – obverse side of the Petri dish; b – reverse side of the Petri dish

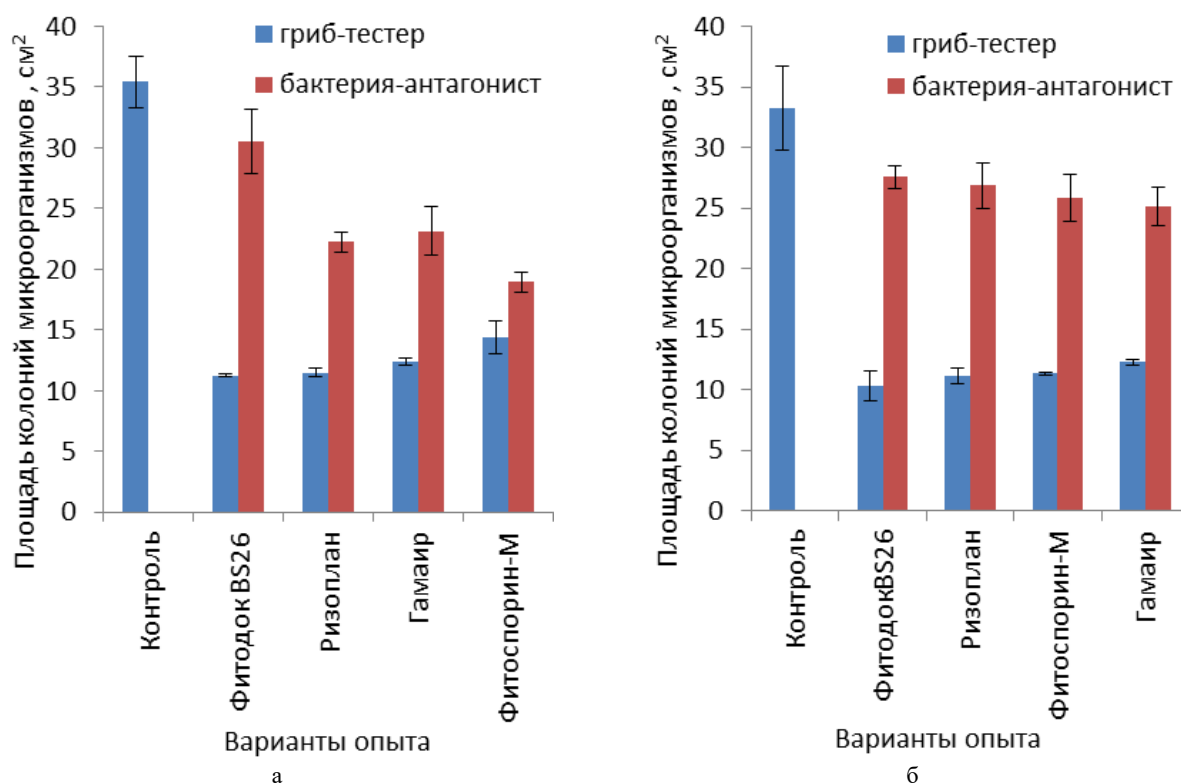


Рисунок 3. Рост бактерий-антагонистов из биопрепаратов и грибов-тестеров (а – *Fusarium* sp.; б – *Alternaria* sp.) при совместном культивировании на КГА

Figure 3. Growth of bacterial antagonists from biopreparations and test fungi (a – *Fusarium* sp.; b – *Alternaria* sp.) during co-cultivation on potato-glucose agar (PGA)

Проведенные исследования фунгицидной активности и жизнеспособности бактерий *B. subtilis* и *P. fluorescens* из биопрепаратов показали их эффективность для использования с целью защиты растений от грибных болезней. На примере препарата Фитодок BS26 было проведено изучение его эффективности при совместном применении с ЦМК. В ходе эксперимента было выявлено, что данный БП привел к полному подавлению роста грибов *Penicillium* sp., *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. в торфяном субстрате, численность которых в контрольном варианте составила $29,0 \times 10^4$; $10,4 \times 10^4$ и $2,6 \times 10^4$ КОЕ/мл торфяной смеси.

Использование Фитодока BS26 способствовало активной обсемененности образцов торфа биоконтрольным грибом *Trichoderma* sp. Количество КОЕ данного микроорганизма возросло с $2,6 \times 10^4$ КОЕ/мл в контроле до $8,6 \times 10^4$ КОЕ/мл в опытном образце, где применялся Фитодок BS26. При этом почти в 3 раза увеличилось количество бактерий в исследуемом варианте (с $0,57 \times 10^6$ до $1,61 \times 10^6$ КОЕ/мл).

В торфяной смеси, где защитный препарат применяли совместно с ЦМК, отмечалось увеличение численности бактерий на 42,86% по сравнению с вариантом, где Фитодок BS26 вносили в торфяную смесь без ЦМК. Патогенные грибы также не были обнаружены. *Trichoderma* sp. была несколько вытеснена бактериями и в 1 мл субстрата её насчитывалось $4,4 \times 10^4$ КОЕ (рисунок 4).

Внесение ЦМК в торфяную смесь создает благоприятные условия для развития бактерий: обеспечивает их необходимыми питательными веществами, снижает излишнюю уровень кислотности за счет подщелачивания среды, что было исследовано нами ранее [9]. Кроме того, пористая структура гранул цеолита позволяет бактериям заселять их, создавая на их поверхности биопленки. В процессе жизнедеятельности они высвобождают метаболиты в окружающую среду, которые сдерживают развитие фитопатогенов.

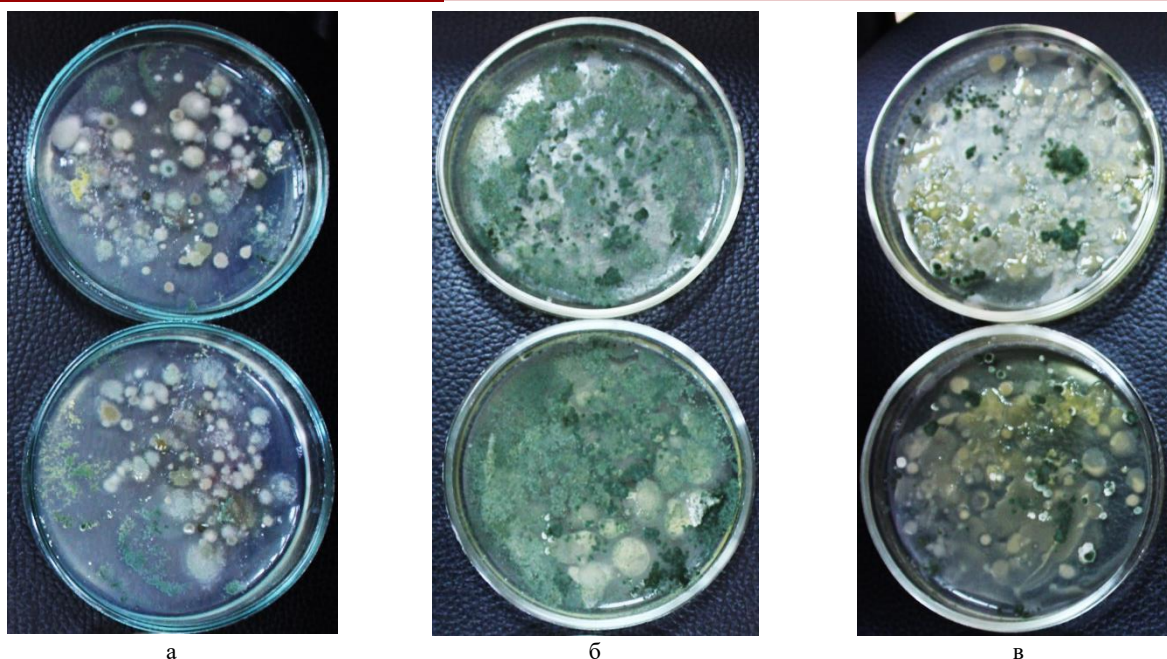


Рисунок 4. Рост микроорганизмов из торфяной смеси при использовании биопрепарата Фитодок BS26 и МЦК. Варианты опыта: а – торфяная смесь (преобладание патогенных микромицетов); б – торфяная смесь + Фитодок BS26 (преобладание *Trichoderma* sp.); в – торфяная смесь + Фитодок BS26 + МЦК (преобладание бактериальной микробиоты)
Figure 4. Growth of microorganisms from the peat-based substrate upon application of the biopreparation Fitodok BS26 and the mineral zeolite-containing complex (MZC). Experimental variants: а – peat mixture alone (predominance of pathogenic micromycetes); б – peat mixture + Fitodok BS26 (predominance of *Trichoderma* sp.); в – peat mixture + Fitodok BS26 + MZC (predominance of bacterial microbiota)

Закключение. Проведённые исследования подтверждают, что определение количества жизнеспособных бактерий в биопрепаратах защиты растений является критически важным этапом при оценке их качества, эффективности и практической применимости. Полученные данные позволяют сопоставить фактическое содержание активных микроорганизмов с заявленным производителем, и скорректировать режимы применения препаратов в зависимости от их реальной активности. Следовательно, определение фактического количества бактерий в биопрепаратах является ключевым элементом эффективного технологического управления агробиоценозами.

Анализ численности жизнеспособных бактерий показал значительные различия между препаратами. Фитодок BS26 демонстрировал наивысшую концентрацию жизнеспособных клеток. Значительное расхождение данных производителя с фактическими наблюдалось у Фитоспорина-М. Что требует четырёхкратного увеличения дозы для достижения рекомендованной эффективности. Это подчеркивает риски, связанные с применением биопрепаратов без предварительной верификации их активности, особенно после длительного хранения или при нарушении условий хранения и транспортировки.

Список источников

1. Фетюхин И.В. Использование средств биологизации в повышении продуктивности и экологической устойчивости агроландшафтов: монография. Персиановский: Донской ГАУ, 2024. 219 с.
2. Касаткин А. В., Селицкая О. В. Использование микроорганизмов в биотехнологиях очистки поверхностного стока с авто-страд // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2007. №. 1. С. 142-147.
3. Фосфатмобилизующие микроорганизмы как биологические активаторы удобрений из агроруд / М.Г. Меркушева [и др.] // Плодородие. 2008. № 1. С. 23-24.
4. Использование цеолитов в составе иммобилизованных мультипробиотиков / И.В. Белова [и др.] // Медицинский альманах. 2014. № 2 (32). С. 74-77.
5. Чукпарова А.У. Изучение ферментативной активности нефтезагрязненной почвы при внесении свободных и иммобилизованных клеток микроорганизмов рода *Rhodococcus* // Eurasian Journal of Ecology. 2011. Т. 31. №. 2. С. 48-54.

Оценка антагонистической активности бактерий из БП против основных фитопатогенов (*Fusarium* sp. и *Alternaria* sp.) показала, что все штаммы проявили выраженный фунгицидный эффект. Наиболее эффективной оказалась бактерия *B. subtilis* из Фитодока BS26, что согласуется с наибольшим количеством жизнеспособных клеток в нем и их активным ростом на питательных средах.

Представленные результаты наглядно демонстрируют высокую эффективность совместного применения БП и МЦК в защите растений от фитопатогенов, в связи с тем, что последний повышает устойчивость и метаболическую активность биоконтрольных бактерий, при этом патогенные грибы подавляются. Цеолит выступает не просто инертным носителем, а функциональным компонентом, усиливающим действие БП, создавая благоприятные физико-химические условия (оптимальный pH, ионообмен, пористая структура) для формирования бактериальных биоплёнок. Такой синергизм повышает эффективность биологической защиты растений. Это открывает перспективы для разработки комбинированных агроэкологических систем на основе минеральных сорбентов и биоконтрольных микроорганизмов.

6. Активированный цеолит как компонент органоминерального удобрения / Е.М. Кулагина [и др.] // Вестник Технологического университета. 2020. Т. 23. № 11. С. 9-12.
7. Биопрепараты для защиты растений: оценка качества и эффективности / О.М. Минаева [и др.]. Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2018. 130 с.
8. Методы экспериментальной микологии / И.А. Дудка [и др.] Справочник. Киев: Наукова думка, 1982. 551 с.
9. Маслова М.В., Папихин Р.В., Муратова С.А. Влияние минерального цеолитсодержащего комплекса на микробиологические характеристики субстрата при выращивании посадочного материала *Rubus fruticosus* L. в условиях защищенного грунта // Садоводство и виноградарство. 2024. № 4. С. 45-53.

References

1. Fetyukhin I.V. Use of Biologization Tools in Enhancing Productivity and Ecological Sustainability of Agrolandscapes: Monograph. Persionovsky: Don State Agrarian University, 2024. 219 p.
2. Kasatkin A.V., Selitskaya O.V. Use of microorganisms in biotechnologies for purification of surface runoff from highways. Izvestia of Timiryazev Agricultural Academy, 2007, no. 1, pp. 142-147.
3. Merkusheva M.G. [et al.]. Phosphate-mobilizing microorganisms as biological activators of fertilizers from agricultural ores. Plodorodie [Soil Fertility], 2008, no. 1, pp. 23-24.
4. Belova I.V. [et al.]. Use of zeolites in the composition of immobilized multiprobiotics. Medical Almanac, 2014, no. 2(32), pp. 74-77.
5. Chukparova A.U. Study of enzymatic activity of oil-contaminated soil upon introduction of free and immobilized cells of microorganisms of the genus *Rhodococcus*. Eurasian Journal of Ecology, 2011, vol. 31, no. 2, pp. 48-54.
6. Kulagina E.M. [et al.]. Activated zeolite as a component of organomineral fertilizer. Bulletin of the Technological University, 2020, vol. 23, no. 11, pp. 9-12.
7. Minaeva O.M. [et al.]. Biopreparations for plant protection: quality and efficacy assessment. Tomsk: National Research Tomsk State University, 2018. 130 p.
8. Dudka I.A. [et al.]. Methods of Experimental Mycology. Reference book. Kyiv: Naukova Dumka, 1982. 551 p.
9. Maslova M.V., Papikhin R.V., Muratova S.A. Effect of a mineral zeolite-containing complex on microbiological characteristics of the substrate during cultivation of *Rubus fruticosus* L. planting material under protected cultivation conditions. Horticulture and Viticulture, 2024, no. 4, pp. 45-53.

Информация об авторах

М.В. Маслова – кандидат сельскохозяйственных, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа плодовых растений, СПИН-код 1343-5655; <http://orcid.org/0000-0002-5400-5937>;

Е.В. Грошева – научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетического анализа плодовых растений, СПИН-код 2297-8063; <http://orcid.org/0000-0001-6992-2407>;

Р.В. Папихин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, СПИН-код 3229-8781; <http://orcid.org/0000-0001-8015-4242>.

Information about the authors

M.V. Maslova – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Molecular-Genetic Analysis of Fruit Plants, SPIN code 1343-5655; <http://orcid.org/0000-0002-5400-5937>;

E.V. Grosheva – Researcher, Laboratory of Molecular-Genetic Analysis of Fruit Plants, SPIN code 2297-8063; <http://orcid.org/0000-0001-6992-2407>;

R.V. Papikhin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, SPIN code 3229-8781; <http://orcid.org/0000-0001-8015-4242>.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the Authors: all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.04.2026; одобрена после рецензирования 22.04.2026; принята к публикации 15.06.2026.
The article was submitted 22.04.2026; approved after reviewing 22.04.2026; accepted for publication 15.06.2026.

