

УДК 632.4.01/.08:575.174.015.3:57.083.182

DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-219-233

**АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ
ПО ОТНОШЕНИЮ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ
КОРНЕВОЙ ГНИЛИ И ГНИЛИ
СЕРДЦЕВИНЫ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ
ИЗ РОДА *FUSARIUM* LINK**

Астапчук Ирина Леонидовна
канд. биол. наук
научный сотрудник
лаборатории биотехнологического
контроля фитопатогенов
и фитофагов
e-mail: irina_astapchuk@mail.ru

Якуба Галина Валентиновна
канд. биол. наук
старший научный сотрудник
лаборатории биотехнологического
контроля фитопатогенов
и фитофагов
e-mail: galyayaku@gmail.com

Насонов Андрей Иванович
канд. биол. наук
заведующий лабораторией
биотехнологического контроля
фитопатогенов и фитофагов
e-mail: nasoan@mail.ru

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия*

За последние 15 лет в садах Краснодарского края увеличилась распространенность патогенов рода *Fusarium*, которые встречаются как в патоккомплексе корневых гнилей, так и в патоккомплексе гнили сердцевинки плодов яблони. В настоящее время большое внимание уделяется биологическому методу защиты растений, одним из направлений которого является применение микробиологических препаратов. В связи с чем нами была изучена антифунгальная активность

UDC 632.4.01/.08:575.174.015.3:57.083.182

DOI 10.30679/2219-5335-2021-5-71-219-233

**ANTIFUNGAL ACTIVITY
OF BIOLOGIES IN RELATION
TO PATHOGENS OF ROOT ROT
AND THE CORE OF APPLE FRUITS
FROM THE GENUS
FUSARIUM LINK**

Astapchuk Irina Leonidovna
Cand. Biol. Sci.
Research Associate
of Biotechnological Control
of Phytopathogens and Phytophages
Laboratory
e-mail: irina_astapchuk@mail.ru

Yakuba Galina Valentinovna
Cand. Biol. Sci.
Senior Research Associate
of Biotechnological Control
of Phytopathogens and Phytophages
Laboratory
e-mail: galyayaku@gmail.com

Nasonov Andrei Ivanovich
Cand. Biol. Sci.
Head of Biotechnological Control
of Phytopathogens and Phytophages
Laboratory
e-mail: nasoan@mail.ru

*Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia*

Over the past 15 years, the prevalence of pathogens of the genus *Fusarium* has increased in the gardens of the Krasnodar region, which are found both in the root rot pathocomplex and in the apple core rot pathocomplex. At present, much attention is paid to the biological method of plant protection, one of the directions of which is the use of microbiological drugs. In this connection, we studied the antifungal activity of microbiological preparations Rizoplan, Liq., Alirin B,

микробиологических препаратов Ризоплан, Ж, Алирин Б, Ж, Фитоспорин-М, Ж, Витаплан, СП, зарегистрированных на яблоне для контроля парши, мучнистой росы, монилиоза, а также перспективных, по отношению к возбудителям гнили корней и сердцевины плодов яблони из рода *Fusarium* – Трихоцин, СП и Биокомпозит, Ж. В результате изучения антифунгальной активности биологических препаратов в отношении грибов рода *Fusarium*, возбудителей гнили корней и плодов яблони, были отмечены как слабый, так и очень сильный микопаразитизм, но в большинстве вариантах опыта преобладала конкуренция за площадь питания. Под действием некоторых препаратов менялись форма, край и цвет колонии грибов. В целом для всей выборки патогенов лучшими биоагентами оказались антагонисты препарата Трихоцин, СП, который подавил все 5 штаммов с БЭ 50-90 % и проявил гиперпаразитизм на 1 штамме; и препарат Алирин Б, Ж, который ингибировал рост 3-х штаммов с БЭ 56-85 % проявив антибиоз или фунгистатический антибиотический антагонизм с образованием «стерильной» зоны.

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, ГНИЛЬ СЕРДЦЕВИНЫ ПЛОДОВ, КОРНЕВАЯ ГНИЛЬ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ, FUSARIUM

WP, Fitosporin-M, P, Vitaplan, WP, registered on an apple tree to control scab, powdery mildew, moniliosis, as well as promising in relation to pathogens of rot roots and cores of apple fruits from the genus *Fusarium* – Trichocin, WP and Biocomposite, Liq. As a result of the study of the antifungal activity of microbiological drugs against fungi of the genus *Fusarium*, causative agents of rot of roots and fruits of the apple tree, both weak and very strong mycoparasitism were noted, but in most variants of the experiment, competition for the area of nutrition prevailed. Under the influence of some drugs, the shape, edge and color of the fungus colony changed. In general, for the entire sample of pathogens, the best bioagents were the antagonists of the drug Trichocin, WP, which suppressed all five strains with BE 50-90 % and showed hyperparasitism in one strain, as well as the drug Alirin B, Liq, which inhibited the growth of three strains with BE 56 -85 %, showing antibiosis or fungistatic antibiotic antagonism with the formation of a «sterile» zone.

Key words: APPLE TREE, ROT APPLE CORE, ROOT ROT, BIOLOGICAL DRUGS, FUSARIUM

Введение. Фузариоз — широко распространенное заболевание сельскохозяйственных культур во всем мире, возбудители которого, грибы рода *Fusarium* Link, поражают более 200 видов культурных и дикорастущих растений: зерновые, бобовые, масличные, плодовые и др. [1-5]. Как известно, грибы рода *Fusarium* способны продуцировать токсичные метаболиты, относящиеся к различным группам химических соединений, – микотоксины, в связи с чем они могут приводить к гибели целого растения.

В последние 15 лет в садах Краснодарского края увеличилась распространенность патогенов данного вида, они встречаются как в патокмлексе корневых гнилей, так и в патокмлексе гнили сердцевины плодов яблони.

Для защиты от фузариозов применяют фунгициды различного генеза. В настоящее время в Российской Федерации не зарегистрированы фунгициды для контроля фузариозной корневой гнили и гнили сердцевины яблони. В 2020-2021 гг. мы проводили изучение эффективности химических фунгицидов, зарегистрированных на яблоне для контроля парши и мучнистой росы, против возбудителей гнили сердцевины плодов яблони из рода *Fusarium* Link в лабораторных условиях. Фунгицид Цидели-Топ, ДК (125 г/л дифеноконазола + 15 г/л цифлufenамида) на 95-96 % ингибировал рост грибов *F. sporotrichioides*, *F. semitectum* и на 83 % *F. oxysporum*. Препарат Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) был менее эффективен: подавлял рост *F. solani* и *F. semitectum* на 72 %. Луна Транквилити, КС (125 г/л флуопирама + 375 г/л пириметанила) проявил очень высокую антифунгальную активность против видов *F. avenacium*, *F. oxysporum* (100 %), но недостаточную – против видов *F. solani* (Mart.) Sacc. и *F. semitectum* Berk. & Ravenel (21,9 и 24,0 % соответственно). Препарат Тирада, КЭ (400 г/л тирама + 30 г/л дифеноконазола) подавил рост всех изученных микромицетов на 98-100 %. Грануфло, ВДГ (800 г/кг тирама) и Хорус, ВДГ (750 г/кг ципродинила) показали отсутствие чувствительности против видов *F. solani* (Mart.) Sacc. и *F. semitectum* Berk. & Ravenel. (17,3; 17,8 % и 4,1; 6,6 % соответственно) [6, 7]. Таким образом, наши исследования показали, что фунгициды химического происхождения не всегда проявляют высокую эффективность против отдельных представителей патоконплекса фузариозной гнили сердцевины плодов яблони.

В последние годы большое внимание уделяется биологическому методу защиты растений, одним из направлений которого является применение микробиологических препаратов. От общего объема применяемых фунгицидов доля микробиологических препаратов в защите растений увеличивается: так, в США и Канаде эта величина достигает около 40 %, в Европе – 20 % [8]. В РФ эта цифра составляет менее 10 % [9]. Помимо экологической составляющей, производство биофунгицидов на основе живых организмов экономически менее затратно, чем химических фунгицидов. Поэтому постоянно ведется

тестирование биопрепаратов и непрерывный поиск перспективных биоагентов против различных болезней растений, в том числе и фузариозов [9-17]. Так, добавление в среду культуральной жидкости (КЖ) *Bacillus amyloliquefaciens* значительно снижало рост гриба *Fusarium sporotrichioides* и образование Т-2-токсина *in vitro* [9]. Показано, что штамм 15 ИБ Г-58 *Trichoderma* sp. проявляет антагонизм к широкому спектру фитопатогенных микромицетов, в том числе к *Alternaria alternata*, *Bipolaris sorokiniana*, *Botrytis cinerea*, грибам рода *Fusarium*, *Rhizoctonia solani* [18].

В литературе представлены результаты скрининга 32 перспективных штаммов антагонистов к возбудителю фузариоза льна масличного *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Shyd. et Hans. var. *orthoceras* (App. et Wr.) Bilai на фоне искусственного заражения патогеном в лабораторных условиях в почвосмеси. Выделен 21 перспективный штамм-продуцент микробиопрепаратов, показавший биологическую эффективность 50 % и выше в подавлении возбудителя фузариоза корней. Одновременно, максимальная всхожесть семян и высокая эффективность препаратов против поражения корней возбудителем фузариоза установлена у девяти штаммов: Т-1 *Trichoderma* sp. (70,0 и 64,3 % соответственно), И-3 *Basidiomycetes* (60,0 и 100 %), 11-3 *Bacillus* sp. (80,0 и 60,9 %), D 1-1 *Bacillus* sp. (80,0 и 53,1 %), D 7-3 *Bacillus* sp. (65,0 и 51,9 %), К 1-2 *Bacillus* sp. (60,0 и 68,8 %), и Б-2 *B. circulans* (60,0 и 100 %), Sgc-1 *Pseudomonas* sp. (80,0 и 68,8 %) и 14-3 *P. chlororaphis* (75,0 и 66,6 %) [19]. Показана способность трех штаммов *Bacillus* индуцировать устойчивость растений земляники к возбудителю серой гнили. Изученные штаммы микробных агентов биоконтроля перспективны в качестве потенциальной основы биопрепаратов с повышенной конкурентоспособностью для защиты ягодных и других культур [20-21]. Имеются данные о том, что биологический препарат Gliocladin-SC на основе живых клеток гриба *Trichoderma virens* 3X оказывает фунгицидное действие в отношении патогенных грибов, возбудителей

фузариозных корневых гнилей пшеницы, кукурузы, подсолнечника, патогенов, поражающих растения капусты на всех стадиях развития и в период хранения: *R. solani*, *B. cinerea*, *Thielaviopsis basicola*, *Fusarium* sp., *Sclerotinia sclerotiorum* [22].

В связи с вышесказанным, изучение эффективности микробиологических препаратов *in vitro* против грибов рода *Fusarium* является перспективным и актуальным. Цель исследования – изучить антифунгальную активность микробиологических препаратов, зарегистрированных на яблоне для контроля парши, мучнистой росы и монилиоза, по отношению к возбудителям гнили корней и сердцевины плодов яблони из рода *Fusarium*.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в 2020-2021 гг. в лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов ФГБНУ СКФНЦСВВ. Объектами исследований являлись 5 моноконидиальных штаммов грибов рода *Fusarium*, возбудителей корневой гнили яблони и сердцевины плодов (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика исследуемых образцов патогена

Порядковый номер штамма	Обозначение штамма в рабочей коллекции	Вызываемое заболевание яблони
1	RR20XXIV/4.3	корневая гниль
2	RR20XXV/6.2	
3	RR20XXIV/4.2	
4	FR20XXIV/2.2.1	гниль сердцевины плодов
5	FR20XXIV/2.4.3	

В работе было изучено действие зарегистрированных на яблоне для контроля парши, мучнистой росы, монилиоза микробиологических препаратов Ризоплан, Ж (титр 1 млрд КОЕ/мл *Pseudomonas fluorescens* штамм AP-33), Алирин Б, Ж (титр не менее 10⁹ КОЕ/г *Bacillus subtilis*, штамм В-10 ВИЗР), Фитоспорин-М, Ж (титр не менее 1 млрд живых клеток и спор/мл *Bacillus subtilis* штамм 26 Д), Витаплан, СП (титр 10¹⁰ КОЕ/г *Bacillus subtilis* штамм ВКМ-В-2604Д, титр 10¹⁰ КОЕ/г +

Bacillus subtilis штамм ВКМ-В-2605D), а также перспективных для применения на яблоне препаратов Трихоцин, СП (титр 1010 КОЕ/г *Trichoderma harzianum*, штамм Г-30 ВИЗР) и Биокомпозит, Ж (титр не менее 1×10^9 КОЕ/мл штаммы и метаболиты живых бактерий). Контроль – дистиллированная, автоклавированная вода; стандартом служил фунгицид химического генеза Зимошанс, КС (карбендазим 500 г/л).

Антифунгальную активность биопрепаратов в отношении грибов рода *Fusarium* определяли методом штриха при совместном сращивании на среде КГА (картофельно-глюкозный агар). Посев двойных культур производили в стерильных условиях одновременно, в трехкратной повторности. Через 7 суток инкубации при температуре 25 °С отмечали рост патогена в диаметре (мм) во всех вариантах опыта и рассчитывали биологическую эффективность. Типы взаимодействий между культурами оценивали по общепринятым методикам [23-24].

Обсуждение результатов. В результате проведенных исследований в лабораторных условиях было установлено, что изученные биологические препараты проявили как высокую – 60-90 %, так и очень низкую – 20 % и менее – биологическую активность против штаммов грибов рода *Fusarium* (табл. 2).

Таблица 2 – Биологическая эффективность микробиологических препаратов против грибов рода *Fusarium in vitro* на 7-й день после инокуляции, %

Препарат \ Штамм	1	2	3	4	5
Алирин Б, Ж	56,6	21,2	58,6	15,7	85,0
Биокомпозит, Ж	29,6	42,5	8,0	53,7	12,5
Витаплан, СП	66,3	54,6	38,3	22,3	20,2
Ризоплан, Ж	35,0	48,0	5,5	49,2	15,3
Трихоцин, СП	71,6	65,7	50,5	70,8	90,0
Фитоспорин-М, Ж	35,0	57,5	30,3	66,0	20,9
Зимошанс, КС-st	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

В целом, эффективность биологических препаратов была ниже эффективности химического стандарта, который подавил все патогены на 100 %. Из всех исследованных биопрепаратов только Трихоцин, СП имел высокие значения биологической эффективности в отношении практически всех штаммов патогена, за исключением штамма 3, биологическая эффективность в отношении которого была недостаточной. Необходимо отметить, что в отношении этого штамма, ни один из изученных биофунгицидов не показал высокой эффективности; у препаратов Биокомпозит, Ж и Ризоплан, Ж были зафиксированы самые низкие ее значения. Оба этих препарата также показали для всех штаммов *Fusarium* биологическую эффективность ниже 54 %. Для остальных препаратов биологическая эффективность колебалась в широком диапазоне значений в зависимости от штамма.

Были установлены разные типы взаимоотношений между патогенами рода *Fusarium* и антагонистами препаратов.

Из шести испытанных препаратов наибольшую антагонистическую активность по отношению к штамму 1 показали три: Алирин Б, Ж, Витаплан, СП и Трихоцин, СП. Культура патогена под действием этих препаратов изменяла свои морфолого-культуральные характеристики, отмечалось почти полное отсутствие развития воздушного мицелия. Возможно, это указывает на гибель мицелия тест-объекта в результате контакта с антибиотическим веществом (рис. 1).

У штамма *Trichoderma harzianum* препарата Трихоцин, СП обнаружен фунгистатический антибиотический антагонизм, то есть ингибирование роста колонии патогена происходит на расстоянии под воздействием антибиотических веществ с образованием между ними пустой – «стерильной» – зоны. Наименьшую эффективность (29 %) проявил препарат Биокомпозит, Ж.

Наибольшую биологическую эффективность против штамма 2 проявили Витаплан, СП и Трихоцин, СП, а также Фитоспорин- М, Ж (54-65 %), а наименьшую – Алирин Б, Ж (21 %) (рис. 2), однако наблюдалось ингибирование роста патогена при контакте с антагонистом данного препарата.

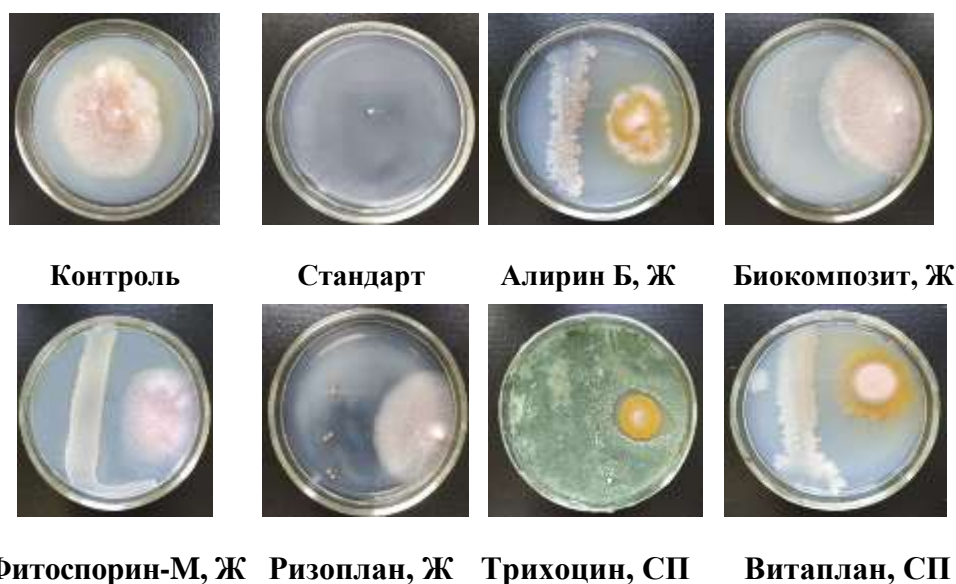


Рис. 1. Антагонистическая активность биопрепаратов по отношению к штамму 1 возбудителя гнили корней



Рис. 2. Антагонистическая активность биопрепаратов по отношению к штамму 2 возбудителя гнили корней

Следует отметить, что в вариантах с препаратами Ризоплан, Ж и Биокомпозит, Ж изменилась форма колонии (на неправильную) и край колонии культуры гриба (на волнистый). Для антагониста препарата Трихоцин, СП и патогена обнаружено обоюдное подавление при контакте; через некоторое время антагонист продолжает расти с неизменной или меньшей скоростью поверх колонии подавляемого организма. В целом,

биопрепараты показали самую значительную антифунгальную активность и эффективность на штаммах 1 и 2.

Штамм 3 оказался самой быстрорастущей культурой в опыте. Культуральные характеристики штамма не изменялись, воздушный мицелий патогена в двойных культурах развивался нормально. В отношении препарата Трихоцин, СП спектр взаимодействий ограничивался конкуренцией за источники питания и площадь, а антагонистическая активность составила 0 баллов; культуры характеризовались смешанным ростом (рис. 3).



Рис. 3. Антагонистическая активность биопрепаратов по отношению к штамму 3 возбудителя гнили корней

Для штамма 4 при совместном культивировании с биопрепаратами через 7 суток максимальная эффективность составила 66-70 % для препаратов Фитоспорин-М, Ж и Трихоцин, СП, причем у последнего наблюдалось обоюдное подавление при контакте. В варианте опыта с Биокомполит, Ж штамм гриба изменил форму и край колонии. Минимальная эффективность была у препаратов Алирин Б, Ж и Витаплан, СП и составила менее 20 % (рис. 4).

Штамм 5 был самой медленно растущей культурой в нашей выборке и на 7-е сутки роста имел диаметр 40 ± 5 мм. В данном варианте опыта была зафиксирована наибольшая БЭ: 85-90 % для препаратов Алирин Б, Ж и Трихоцин, СП. Причем у триходермы *Trichoderma harzianum*, штамм Г-30 ВИЗР

обнаружен максимальный гиперпаразитизм, а у бактерии (компонент Алирин Б, Ж) – фунгистатический антибиотический антагонизм, выразившийся в ингибирование роста колонии патогена на расстоянии, с образованием между ними очевидной «стерильной» зоны. У остальных препаратов эффективность составила меньше 20 %. Было отмечено изменение цвета культуры в вариантах с препаратами Алирин Б, Ж, Трихоцин, СП и Фитоспорин-М, Ж (рис. 5).



Рис. 4. Антагонистическая активность биопрепаратов по отношению к штамму 4 возбудителя гнили сердцевины плодов

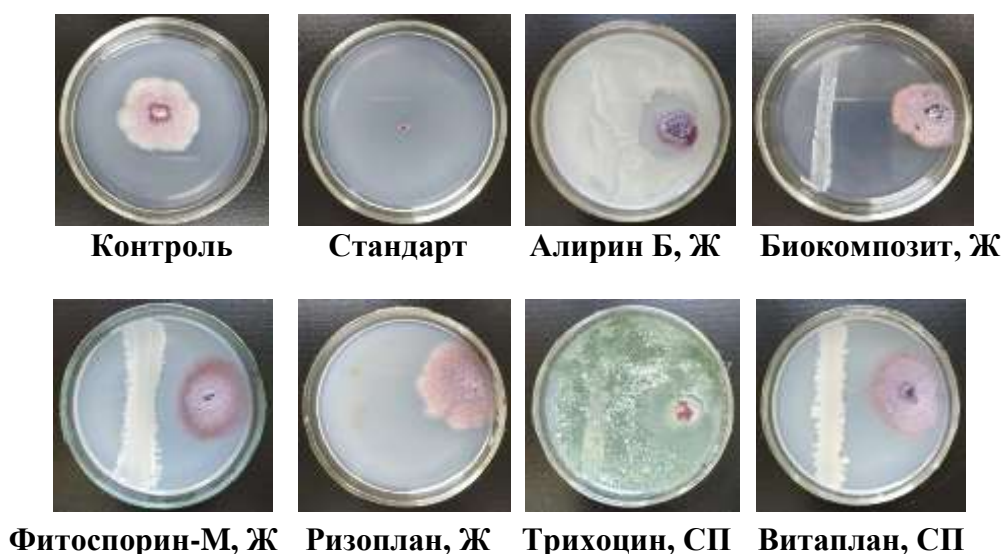


Рис. 5. Антагонистическая активность биопрепаратов по отношению к штамму 5 возбудителя гнили сердцевины плодов

Результаты оценки антифунгальной активности изученных биопрепаратов к патогенам рода *Fusarium* показали, что механизм действия антагонистов представлен тремя типами:

1) Антагонист образует зону нарастания на колонию патогена (гиперпаразитизм): Трихоцин, СП – штамм 5;

2) Антагонист образует стерильную зону задержки роста мицелия патогена (антибиоз):

Алирин Б, Ж – штаммы 1, 3 и 5,

Фитоспорин-М, Ж – штаммы 2, 4,

Витаплан, СП – штамм 1,

Трихоцин, СП – штамм 1;

3) Антагонист занимает значительную поверхность питательной среды – более 50 % (конкуренция за площадь питания):

Алирин Б, Ж – штаммы 2 и 4,

Биокомпозит, Ж – штаммы 1, 2, 4 и 5,

Ризоплан, Ж – штаммы 1, 2, 4 и 5,

Фитоспорин-М, Ж – штаммы 1, 3 и 5,

Трихоцин, СП – штаммы 2, 3 и 4,

Витаплан, СП – штаммы 2, 3, 4 и 5.

У препаратов Биокомпозит, Ж и Ризоплан, Ж на 3 штамме не было выявлено никакой антифунгальной активности.

Необходимо отметить, что зафиксированные нами взаимоотношения между патогенными штаммами рода *Fusarium* и антагонистическими штаммами биопрепаратов отмечались рядом исследователей. Так, например, по результатам первичного скрининга штаммов грибов и бактерий антагонистов к возбудителю фузариоза сои *F. sporotrichiella* var. роае наибольшую эффективность показали 12 из них, среди которых было 5 штаммов грибов: Tk-1 *Trichoderma koningii*, T-4 *Trichoderma* sp., Sm-1 *Sordaria macrospora*, A-1 *Basidiomycetes*, Xk-1 *Chaetomium olivacium*, и 7 штаммов бактерий: 12-2 *Pseudomonas* sp., 14-3 *Pseudomonas* sp., Sgrc-1 *P. fluorescens*, Far 8 *Bacillus* sp., 11-1 *Bacillus* sp., Б-5 *B. licheniformis*, Б-12 *B. Licheniformis* [24]. Из 24 штаммов грибов-антагонистов наибольшую активность по отношению к

F. oxysporum var. *orthoceras* проявили 10, при этом четыре штамма из рода *Trichoderma*, обладали двойным механизмом действия – конкуренцией за питательную среду и гиперпаразитизмом. Из 27 штаммов бактерий рода *Bacillus* выделены 11, проявившие наибольшую антагонистическую активность к возбудителю фузариоза льна масличного. Высокую конкурентную способность за площадь питания проявили штаммы Fa 4-1 *Bacillus subtilis* и 11-3 *Bacillus* sp. (площадь зарастания питательной среды составила 97,5-98,8 %). У восьми штаммов отмечена только антибиотическая активность (D 1-1, Fz 9, 01 сорф и 3-2 *Bacillus* sp., D 7-1, D 7-3 и 5Б-1 *B. subtilis*, Б-2 *B. circulans*) [25].

Заключение. В результате изучения антифунгальной активности микробиологических препаратов в отношении грибов рода *Fusarium*, возбудителей гнили корней и плодов яблони, был отмечен как слабый, так и очень сильный микопаразитизм, но в большинстве вариантов опыта преобладала конкуренция за площадь питания. Под действием некоторых препаратов менялись форма, край и цвет колонии грибов.

Первичный лабораторный скрининг показал, что из 6 выбранных микробиопрепаратов против возбудителей корневой гнили показали высокую и среднюю эффективность Трихоцин, СП, Алирин Б, Ж и Витаплан, СП; не имели эффективности Ризоплан, Ж и Биокомполит, Ж. Против возбудителей гнили сердцевины плодов обладали эффективностью Трихоцин, СП, Алирин Б, Ж; низкую эффективность показали Ризоплан, Ж и Витаплан, СП.

В целом, для всей выборки патогенов лучшими биоагентами оказались антагонисты препарата Трихоцин, СП, который подавил все пять штаммов с БЭ 50-90 % и проявил гиперпаразитизм на одном штамме, а также препарат Алирин Б, Ж, который ингибировал рост трех штаммов с БЭ 56-85 %, проявив антибиоз или фунгистатический антибиотический антагонизм с образованием «стерильной» зоны.

На последующих этапах работы предполагается продолжить исследования потенциальных биоагентов в лабораторных и полевых условиях.

Литература

1. Naz, F. First report of stem and root rot of bell pepper caused by *Fusarium equiseti* in Pakistan // Journal of Plant Pathology. 2018. Vol. 102 (12). 589 p.
2. Mannai, S. Characterization of *Fusarium* species associated with apple decline in Tunisian nurseries / S. Mannai, N. Horrigue-Raouani, N. Boughalleb-M'Hamdi // Journal of Biological Studies. 2018. Vol. 1(2). P. 14-34.
3. Gongshuai, W. Analysis of the Fungal Community in Apple Replanted Soil Around Bohai Gulf / Gongshuai W., Chengmiao Y., Fengbing P., Xiaobao W., Li X., Yanfang W., Jinzheng W., Changping T., Jie C., Zhiquan M. // Horticultural Plant Journal. 2018. Vol. 4(5). P. 175-181.
4. Astapchuk, I.L. Pathocomplex of root rot of apple tree in nurseries and young orchards of the South of Russia / I.L. Astapchuk, G.V. Yakuba, A.I. Nasonov // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 25. 06002 p.
5. Astapchuk, I.L. Species diversity of root rot pathogens of apple tree of the genus *Fusarium* Link in Southern Russia / I.L. Astapchuk, G.V. Yakuba, A.I. Nasonov // BIO Web of conferences. 2020. Vol. 7. 00005 p.
6. Astapchuk, I.L. Efficacy of fungicides against pathogens of apple core rot from the genera *Fusarium* Link, *Alternaria* nees and *Botrytis* (fr.) under laboratory conditions / I.L. Astapchuk, G.V. Yakuba, A.I. Nasonov // E3S Web of conferences 2021. Vol. 285. 03015 p.
7. Якуба Г.В., Астапчук И.Л., Насонов А.И. Действие фунгицидов *in vitro* на грибы рода *Fusarium* Link, вызывающие гниль сердцевины плодов яблони // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 2 (22). С. 188-197.
8. Bailey, K.L. Social and economic drivers shaping the future of biological control: a Canadian perspective on the factors affecting the development and use of microbial biopesticides / K. L. Bailey, S. M. Boyetchko, T. Langle // Biol. Control 2010. Vol. 52. P. 221-229.
9. Влияние бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* на рост и токсинообразование гриба *Fusarium sporotrichioides* / Т.Ю. Гагкаева, О.П. Гаврилова [и др.] // Биотехнология. 2014. № 1. С. 32-37.
10. Shakeel, Q. Evaluation of fungicides and biopesticides for the control of *Fusarium* wilt of tomato / Q. Shakeel, G. Sarwar // Pakistan Journal of Botany. 2017. Vol. 28 (2). P. 1-18.
11. Станчук А.Э., Войтка Д.В. Контроль склеротиниоза корнеплодов моркови столовой при хранении микробиологическим препаратом Фунгилекс, Ж // Биологически активные препараты для растениеводства. 2020. С. 145-147.
12. Martínez-Álvarez, P. *In vitro* and *in vivo* interactions between *Trichoderma viride* and *Fusarium circinatum* / P. Martínez-Álvarez, F.M. Alves-Santos, J.J. Diez // Silva Fennica. 2012. Vol. 46(3). P. 303-316.
13. Chaves, N. Potential of *Trichoderma asperellum* for biocontrol of *Fusarium* wilt in banana / N. Chaves, C. Staver, M. Dita // Acta Horticulturae. 2016. Vol. 1114. P. 261-266.
14. Bernal-Vicente, A. Increased effectiveness of the *Trichoderma harzianum* isolate T-78 against *Fusarium* wilt on melon plants under nursery conditions / A. Bernal-Vicente, M. Ros, J.A.J. Pascual // Science of Food and Agriculture. 2009. Vol. 89 (5). P. 827-833.
15. Шаинидзе О.Т., Мурванидзе А.Д. Биологические методы борьбы против возбудителя черной корневой гнили томата // Евразийский союз ученых. 2016. № 6-1 (27). С. 107-111.
16. Aydin M.H. Evaluation of some *Trichoderma* species in biological control of potato dry rot caused by *Fusarium sambucinum* fückel isolates // Applied ecology and environmental research. 2019. Vol. 17 (1). P. 533-546.
17. Anjum, N. Evaluations of *Trichoderma* isolates for biological control of *Fusarium* wilt of Chili / N. Anjum, A.A. Shahid, S. Iftikhar // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2020. Vol. 21 (59-60). P. 42-57.
18. Галимзянова Н.Ф., Бойко Т.Ф. Новый штамм *Trichoderma* Sp.15 ИБ Г-58, перспективный для создания нового биопрепарата для сельского хозяйства // Известия Уфимского Научного Центра РАН. 2015. № 4 (1). С. 22-24.

19. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х., Даценко Л.А., Ефимцева Е.А. Вторичный скрининг перспективных штаммов-продуцентов микробиопрепаратов против возбудителя фузариоза льна масличного на фоне искусственного заражения в почвосмеси // Масличные культуры. 2020. № 1 (181). С. 108-113.

20. Усиление роли микробных агентов биоконтроля в защите растений / М.В. Штерншис [и др.] // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. Минск: Беларуская навука. 2015. С. 135-137.

21. Штерншис М.В. Тенденции развития биотехнологии микробных средств защиты растений в России // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2(18). С. 92-100.

22. Щербакова Т.И., Пынзару Б.В. Фунгицидное действие биопрепарата на основе *Trichoderma* на патогены сельскохозяйственных культур // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем (Краснодар, 11-13 сентября 2018 г.): материалы Международной научно-практической конференции. Краснодар: Гранат, 2018. С. 312-315.

23. Попова А.Д., Садыкова В.С. Антагонистические свойства штаммов *Trichoderma asperellum* в отношении токсинобразующих грибов рода *Fusarium* // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 5-1 (24). С. 33-35.

24. Влияние лабораторных образцов биопрепаратов на основе перспективных штаммов антагонистов фитопатогенов на проростки сои / Л.В. Маслиенко [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2010. № 1 (142-143). С. 104-108.

25. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х., Даценко Л.А. Первичный скрининг штаммов антагонистов к возбудителю фузариоза льна масличного // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 78. С. 91-98.

References

1. Naz, F. First report of stem and root rot of bell pepper caused by *Fusarium equiseti* in Pakistan // Journal of Plant Pathology. 2018. Vol. 102 (12). 589 p.

2. Mannai, S. Characterization of *Fusarium* species associated with apple decline in Tunisian nurseries / S. Mannai, N. Horrigue-Raouani, N. Boughalleb-M'Hamdi // Journal of Biological Studies. 2018. Vol. 1(2). P. 14-34.

3. Gongshuai, W. Analysis of the Fungal Community in Apple Replanted Soil Around Bohai Gulf / Gongshuai W., Chengmiao Y., Fengbing P., Xiaobao W., Li X., Yanfang W., Jinzheng W., Changping T., Jie C., Zhiquan M. // Horticultural Plant Journal. 2018. Vol. 4(5). P. 175-181.

4. Astapchuk, I.L. Pathocomplex of root rot of apple tree in nurseries and young orchards of the South of Russia / I.L. Astapchuk, G.V. Yakuba, A.I. Nasonov // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 25. 06002 p.

5. Astapchuk, I.L. Species diversity of root rot pathogens of apple tree of the genus *Fusarium* Link in Southern Russia / I.L. Astapchuk, G.V. Yakuba, A.I. Nasonov // BIO Web of conferences. 2020. Vol. 7. 00005 p.

6. Astapchuk, I.L. Efficacy of fungicides against pathogens of apple core rot from the genera *Fusarium* Link, *Alternaria nees* and *Botrytis* (fr.) under laboratory conditions / I.L. Astapchuk, G.V. Yakuba, A.I. Nasonov // E3S Web of conferences 2021. Vol. 285. 03015 p.

7. Yakuba G.V., Astapchuk I.L., Nasonov A.I. Dejstvie fungicidov *in vitro* na griby roda *Fusarium* Link, vyzyvayushchie gnil' serdceviny plodov yabloni // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2020. № 2 (22). S. 188-197.

8. Bailey, K.L. Social and economic drivers shaping the future of biological control: a Canadian perspective on the factors affecting the development and use of microbial biopesticides / K. L. Bailey, S. M. Boyetchko, T. Langle // Biol. Control 2010. Vol. 52. P. 221-229.

9. Vliyanie bakterij *Bacillus amyloliquefaciens* na rost i toksinoobrazovanie griba *Fusarium sporotrichioides* / T.Yu. Gagkaeva, O.P. Gavrilova [i dr.] // Biotekhnologiya. 2014. № 1. S. 32-37.

10. Shakeel, Q. Evaluation of fungicides and biopesticides for the control of *Fusarium* wilt of tomato / Q. Shakeel, G. Sarwar // Pakistan Journal of Botany. 2017. Vol. 28 (2). P. 1-18.

11. Stanchuk A.E., Vojtko D.V. Kontrol' sklerotinioza korneplodov morkovi stolovoj pri hranenii mikrobiologicheskim preparatom Fungileks, Zh // Biologicheski aktivnyye preparaty dlya rastenievodstva. 2020. S. 145-147.

12. Martínez-Álvarez, P. *In vitro* and *in vivo* interactions between *Trichoderma viride* and *Fusarium circinatum* / P. Martínez-Álvarez, F.M. Alves-Santos, J.J. Diez // Silva Fennica. 2012. Vol. 46(3). P. 303–316.

13. Chaves, N. Potential of *Trichoderma asperellum* for biocontrol of *Fusarium* wilt in banana / N. Chaves, C. Staver, M. Dita // Acta Horticulturae. 2016. Vol. 1114. P. 261-266.

14. Bernal-Vicente, A. Increased effectiveness of the *Trichoderma harzianum* isolate T-78 against *Fusarium* wilt on melon plants under nursery conditions / A. Bernal-Vicente, M. Ros, J.A.J. Pascual // Science of Food and Agriculture. 2009. Vol. 89 (5). P. 827-833.

15. Shainidze O.T., Murvanidze A.D. Biologicheskie metody bor'by protiv vozbuditelya chernoj kornevoj gnili tomata // Evrazijskij soyuz uchenyh. 2016. № 6-1 (27). S. 107-111.

16. Aydin M.H. Evaluation of some *Trichoderma* species in biological control of potato dry rot caused by *Fusarium sambucinum* fuckel isolates // Applied ecology and environmental research. 2019. Vol. 17 (1). P. 533-546.

17. Anjum, N. Evaluations of *Trichoderma* isolates for biological control of *Fusarium* wilt of Chili / N. Anjum, A.A. Shahid, S. Iftikhar // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2020. Vol. 21 (59-60). P. 42-57.

18. Galimzyanova N.F., Bojko T.F. Novyj shtamm *Trichoderma* Sp.15 Ib G-58, perspektivnyj dlya sozdaniya novogo biopreparata dlya sel'skogo hozyajstva // Izvestiya Ufimskogo Nauchnogo Centra RAN. 2015. № 4 (1). S. 22-24.

19. Maslienko L.V., Voronkova A.H., Dacenko L.A., Efimceva E.A. Vtorichnyj skringing perspektivnyh shtammov-producentov mikrobiopreparatov protiv vozbuditelya fuzarioza l'na maslichnogo na fone iskusstvennogo zarazheniya v pochvosmesi // Maslichnye kul'tury. 2020. № 1 (181). S. 108-113.

20. Usilenie roli mikrobnih agentov biokontrolya v zashchite rastenij / M.V. Shternshis [i dr.] // Mikrobnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty. Minsk: Belaruskaya navuka. 2015. S. 135-137.

21. Shternshis M.V. Tendencii razvitiya biotekhnologii mikrobnih sredstv zashchity rastenij v Rossii // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2012. № 2(18). S. 92-100.

22. Shcherbakova T.I., Pynzaru B.V. Fungicidnoe dejstvie biopreparata na osnove *Trichoderma* na patogeny sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Biologicheskaya zashchita rastenij – osnova stabilizacii agroekosistem (Krasnodar, 11-13 sentyabrya 2018 g.): materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Krasnodar: Granat, 2018. S. 312-315.

23. Popova A.D., Sadykova V.S. Antagonisticheskie svojstva shtammov *Trichoderma asperellum* v otnoshenii toksinobrazuyushchih gribov roda *Fusarium* / // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2014. № 5-1 (24). S. 33-35.

24. Vliyanie laboratornyh obrazcov biopreparatov na osnove perspektivnyh shtammov antagonistov fitopatogenov na prorostki soi / L.V. Maslienko [i dr.] // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. 2010. № 1 (142-143). S. 104-108.

25. Maslienko L.V., Voronkova A.H., Dacenko L.A. Pervichnyj skringing shtammov antagonistov k vozbuditelyu fuzarioza l'na maslichnogo // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 78. S. 91-98.