

С. Г. Сидорова, кандидат биологических наук,
доцент кафедры ботаники
Белорусский государственный университет, г. Минск

АНТИФУНГАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОТНОШЕНИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ БЕЛОЙ ГНИЛИ МОРКОВИ

РЕЗЮМЕ

*Приведена оценка антифунгальной активности почвенных грибов р. *Trichoderma Pers.* и бактерий рр. *Bacillus* и *Pseudomonas* по степени ингибирования роста возбудителя белой гнили моркови в условиях чистой культуры. Установлен фунгистатический эффект всех изучаемых штаммов и видов бактерий и грибов на рост патогена. Выделены: штамм *B. subtilis* 494, бактерии *Pseudomonas fluorescens* и *Pseudomonas putida* М, а также *Trichoderma viride* 408 и *Trichoderma koningii*, которые представляют интерес в качестве антагонистов возбудителя склеротиниоза. Они могут быть рекомендованы для разработки на их основе препаратов с комплексным действием, относимых к категории экологически безопасных средств защиты растений.*

Ключевые слова: белая гниль; морковь; триходерма; бактерии; ингибирование; рост; штаммы-антагонисты; скрининг.

ВВЕДЕНИЕ

Морковь – ценная культура, которая занимает большую долю в структуре потребляемых человеком овощей. Ее возделывают во всех областях Республики Беларусь, посевные площади моркови столовой составляют более 3,0 тыс. га. Среди столовых корнеплодных культур она наиболее востребована у населения благодаря высоким питательным, вкусовым и диетическим качествам, а также лечебно-профилактическим свойствам. Корнеплоды моркови содержат до 8–12 % сухого вещества, 6–8 – сахаров, 9–12 % каротина и комплекс микроэлементов (йод, калий, бор). В связи с этим морковь широко используют в пищевой промышленности, в кулинарии для изготовления детского и диетического питания. Почвенно-климатические условия республики позволяют выращивать и получать урожай моркови столовой до 1 600 ц/га [15].

Вместе с тем лимитирующими факторами недобора урожая моркови являются сорные растения, вредители и фитопатогенные микроорганизмы. Значительная подверженность ее корнеплодов поражению болезнями как в период вегетации, так и во время хранения препятствует получению стабильно высоких и биологически полноценных урожаев и сохранению высокой питательной ценности свежей продукции в период хранения. Потери урожая

моркови столовой при хранении могут составлять 30–60 % [8]. В этой связи спрос на устойчивые к болезням в периоды вегетации и хранения сорта и гибриды моркови постоянно растет.

В современном селекционном процессе моркови столовой пристальное внимание уделяют вопросам повышения устойчивости сортов и гибридов как к отдельным фитопатогенам, так и к их комплексу. Однако необходимо учитывать, что почвенно-климатические условия региона выращивания культуры оказывают различное влияние на потенциальные и адаптивные возможности одних и тех же сортов и гибридов моркови столовой [18, 21].

Вместе с тем в настоящее время ведущее место в защите растений занимает химический метод, и наблюдается тенденция применения все возрастающих количеств пестицидов. Однако глобальное использование химических средств защиты растений в сельском и лесном хозяйстве приводит к повышению загрязнения окружающей среды и отрицательным экологическим и санитарно-гигиеническим последствиям: нарушениям структуры биоценозов, снижению их способности к саморегуляции, накоплению пестицидов в почве, воде и продуктах питания, к возрастанию в популяциях возбудителей болезней устойчивости к пестицидам, что снижает эффективность их применения [2].

Экологическая несостоятельность большинства применяемых в настоящее время химических препаратов делает необходимым использование биологического метода защиты, который предотвращает деградацию агроценозов, агроландшафтов и в целом среды обитания человека. Метод биозащиты основан на постоянном поиске и расширении круга потенциальных агентов биологической защиты, а также углублении знаний их биологии [5].

Большой потенциал представляют в этом плане микофильные грибы. Это обширная экологическая группа, включающая не менее 1 500 видов, обитающих на других грибах. Микофильные грибы, паразитирующие на других грибах, называют микопаразитами. Для микопаразитов, обитающих на фитопатогенных грибах, часто используют название сверхпаразиты или гиперпаразиты [12]. Многие исследователи, изучавшие микроорганизмы почвы, отмечают одними из первых в ряду антагонистов микофильные грибы р. *Trichoderma*, которые способны синтезировать и выделять во внешнюю среду стабильные и нестабильные антибиотические компоненты, ингибирующие мицелиальный рост различных грибов. При этом синтез антигрибных метаболитов варьирует у разных изолятов, даже относящихся к одному и тому же виду [5]. Кроме того, в качестве антагонистов наиболее перспективны и конкурентные формы микробов, характеризующиеся высокой скоростью роста и способностью образовывать споры в больших количествах, выживающие при дефиците питательных веществ и в других неблагоприятных условиях [1, 16].

В этой связи целью проведенных нами исследований явилось изучение возможности использования грибов р. *Trichoderma*, а также бактерий рр. *Bacillus* и *Pseudomonas* в качестве потенциальных антагонистов возбудителя белой гнили моркови микромицета *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом исследования служил возбудитель белой гнили моркови микромицет *S. sclerotiorum*. Виды и штаммы грибов р. *Trichoderma* (*T. viride* 457 и 408, *T. polysporum*, *T. koningii*) взяты из коллекции чистых культур кафедры ботаники. Штаммы бактерий р. *Bacillus* (*B. subtilis*: 8; 8-1; 494; 4к 31) и виды р. *Pseudomonas* (*Ps. fluorescens*, *Ps. putida* М) получены из коллекции микроорганизмов кафедры микробиологии биологического факультета БГУ.

Чистую культуру возбудителя склеротиниоза моркови получали путем выделения его из пораженных корнеплодов согласно общепринятой методике [6, 10].

Изучение взаимоотношений между патогеном и видами, штаммами грибов р. *Trichoderma* в культуре проводили с использованием метода встречных колоний, описанного в руководстве [9]. Для описания внешнего вида колонии фитопатогена на восьмые сутки использовали следующую шкалу: А – патоген угнетен в сильной степени, мицелий редкий, прижатый к субстрату; Б – патоген угнетен слабо; значком «+» рядом с буквой указывали нарастание гриба р. *Trichoderma* на колонию фитопатогена [9].

В эксперименте по исследованию влияния видов и штаммов бактерий рр. *Bacillus* и *Pseudomonas* на рост возбудителя склеротиниоза моркови бактерии исследуемых штаммов засекали кольцом ($r = 20$ мм) на предварительно подсушенную в термостате при температуре 60 °С картофельно-глюкозную агаризованную среду (картофельный отвар – 1 л, 1,5 %-й агар – 20 г, глюкоза – 20 г), разлитую в чашки Петри. Инкубирование проводили в термостате при температуре 28 °С в течение 24 ч. Затем в центр сформированного кольца помещали мицелий фитопатогенного микромицета и культивировали при комнатной температуре в течение 8 суток. В контрольных чашках фитопатоген выращивали изолированно от бактерий [9]. Ежедневно измеряли диаметр колоний фитопатогена, описывали морфологию его колоний, отмечали изменение окраски колонии и субстрата.

Показатель ингибирования роста *S. sclerotiorum* видами и штаммами гриба р. *Trichoderma*, определяемый как разница между диаметром колонии в контрольном и опытном вариантах, деленная на диаметр колонии в контроле и умноженная на 100 %, рассчитывали на четвертые и восьмые сутки. Опыт проводили в 8-кратной повторности для каждой экспериментальной серии и контроля. Данные представлены в виде «среднее \pm ошибка среднего». Статистическая обработка проведена с использованием программы Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по изучению характера взаимоотношений *S. sclerotiorum* и гриба р. *Trichoderma* показали, что среди используемых в опыте видов и штаммов имеются антагонисты возбудителя белой гнили при одновременном посеве. Они проявляли ингибирующий эффект в той или в иной степени, что зависело от варианта применения гриба р. *Trichoderma*.

Анализ данных, отражающих воздействие изучаемых видов и штаммов *Trichoderma* на рост фитопатогена *S. sclerotiorum* позволил установить, что наиболее сильным антагонистом изучаемого микромицета из числа используемых в опыте оказалась *T. viride* 408, максимально ингибирующая (на 68,4 % на восьмые сутки) рост патогена (табл. 1, рис. 1а).

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что достаточно высокий (46–47 %) уровень угнетения роста *S. sclerotiorum* в течение всего периода наблюдения был отмечен для *T. koningii*. В то же время

Таблица 1 – Показатель ингибирования *Sclerotinia sclerotiorum* грибом р. *Trichoderma*, %

Вид, штамм гриба	Время расчета	
	4 сутки	8 сутки
<i>Trichoderma polysporum</i>	26,7 ± 0,7	38,1 ± 0,4
<i>T. viride</i> 457	14,3 ± 0,3	24,5 ± 0,1
<i>T. viride</i> 408	54,5 ± 0,9	68,4 ± 0,8
<i>T. koningii</i>	46,1 ± 0,2	47,4 ± 0,3

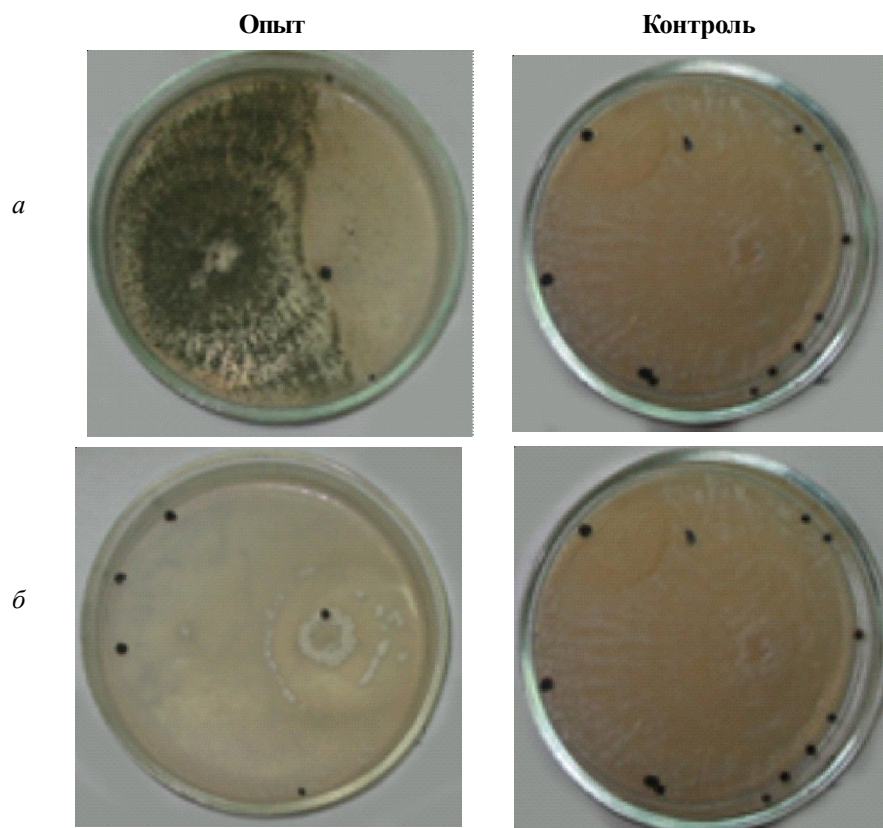


Рисунок 1 – Взаимоотношения грибов *Sclerotinia sclerotiorum* и *Trichoderma viride* 408 (а), *Trichoderma polysporum* (б) при совместном культивировании

в присутствии *T. polysporum* рост изучаемого патогена снизился на 38,1 % (см. рис. 1б). Ингибирующее влияние *T. viride* 457 составило всего лишь 24,5 %. Это можно объяснить способностью грибов р. *Trichoderma* в одних вариантах опыта быстрее колонизировать субстрат, выделять антибиотические вещества, подавляющие рост патогена, что может быть полезным при разработке стратегии борьбы с патогенами в фитоценозах с помощью выявленных грибов-антагонистов, в других – проявлять меньшую устойчивость к действию *Sclerotinia sclerotiorum*.

Изучение типов взаимоотношений фитопатогена *Sclerotinia sclerotiorum* и грибов р. *Trichoderma* позволило установить, что большинство используемых вариантов грибов р. *Trichoderma* являются анатагонистами, степень нарастания которых была оценена от 1 до 3 баллов (табл. 2).

Тип взаимоотношений, при котором наблюдалось нарастание колоний антагониста на исследуемый микромицет-фитопатоген, называется территориальный антагонизм с нарастанием, что особенно наблюдается в случае роста *Sclerotinia sclerotiorum* с *T. viride* 408. При этом патоген обычно отстает в росте. В варианте совместного культивирования патогена с *T. koningii* наблюдался антибиотический антагонизм. В этом случае также происходит замедление роста колонии патогена, но на расстоянии от колонии гриба р. *Trichoderma* образуется зона, в которой рост патогена не наблюдался вследствие выделения антибиотических веществ грибом р. *Trichoderma*.

В случае *T. polysporum* наблюдалось относительно незначительное нарастание *T. polysporum* на площадь колонии патогена (до 25 %). При изучении взаимоотношений *S. sclerotiorum* с *T. viride* 457 не было выявлено антагонистических свойств второго, патоген занял около 75 % площади колонии *T. viride* 457. Изменения окраски колоний и субстрата не было отмечено.

Таким образом, в большинстве изучаемых вариантов тип взаимоотношений фитопатогенного микромицета *Sclerotinia sclerotiorum* с грибами р. *Trichoderma* можно охарактеризовать как территориальный антагонизм с нарастанием, или антибиотический антагонизм.

В исследованиях, проведенных В. И. Нитиевской, приводятся сведения об антагонистической активности грибов *T. viride* 408, *T. hamatum* 431, *T. polysporum* в отношении фитопатогенных грибов рр. *Sclerotinia* и *Fusarium*, поражающих клевер луговой [10].

Таблица 2 – Антагонистическая активность грибов р. *Trichoderma* при взаимоотношении с *Sclerotinia sclerotiorum*

Вид, штамм гриба р. <i>Trichoderma</i>	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	
	Внешний вид колонии патогена	Степень нарастания колонии гриба р. <i>Trichoderma</i> , балл
<i>Trichoderma polysporum</i>	Б	1
<i>T. viride</i> 457	Б	0
<i>T. viride</i> 408	А+	3
<i>T. koningii</i>	А+	3

А. К. Храмцовым и соавт. [11, 22–24] показана высокая антагонистическая активность штаммов *T. viride* 457, *T. viride* 408, *T. viride* 434 и *T. hamatum* 431 к грибам *Botrytis aclada* и *B. cinerea*. Установлено, что гриб *T. viride* 457 оказал наибольшее защитное действие против *Botrytis aclada* и *B. cinerea* на луковицах *A. cepa*, снижая развитие ботритиоза в 3 раза.

В работе В. С. Садыковой и соавт. [13] был изучен видовой состав возбудителей корневых гнилей родов *Fusarium* и *Bipolaris*. Установлена гетерогенность штаммов фитопатогенов в пределах одного вида по чувствительности к штаммам р. *Trichoderma* в зависимости от вида антагониста и дозы фунгицида. В ходе исследования было выявлено, что все виды рода *Bipolaris* в той или иной степени чувствительны к антагонистически активным микромицетам р. *Trichoderma*, в то время как для изолятов рода *Fusarium* характерна выборочная чувствительность в зависимости от вида антагониста. Проведенные эксперименты указывают на необходимость исследования гетерогенности популяций антагониста и возбудителей болезни. Большая вариабельность антибиотической и микопаразитической активности штаммов р. *Trichoderma* и состава продуцируемых ими биологически активных метаболитов по отношению к набору возбудителей болезней свидетельствуют о необходимости отбора культур антагониста для создания на их основе биопрепарата, содержащего биологически активные вещества грибов.

Для производства биопрепарата Триходермин используются грибы из р. *Trichoderma* Pers. – *T. harzianum*. Эти микромицеты являются природными антагонистами ко многим фитопатогенам. Антагонизм обусловлен выработкой высокотоксичных антибиотиков (виридина, триходермина и др.) и ряда летучих веществ. В результате исследований Ю. А. Титовой и соавт. [17] был получен лабораторный образец триходермина, как чистой культуры штамма *T. harzianum* Rifai 36, выращенного на смеси опилок и пшеничных отрубей, первично утилизированных *Pleurotus ostreatus* сорт Don 3. Было оценено влияние лабораторной формы (Триходермина) на рост и развитие 3-недельного проростка огурца, а также влияние различных доз препарата на вредоносность заболеваний. Установлено, что использование низких доз стимулирует процесс роста и уменьшает потери биомассы в саженцах.

Оценка антагонистической активности грибов р. *Trichoderma* по отношению к корнеобитающим патогенам овощных культур, выделенным на территории Беларуси и Азербайджана, свидетельствует о комплексном механизме антагонистического взаимодействия. Большинство изученных антагонистов характеризовалось смешанным типом действия с выраженным фунгистатическим алиментарным, антибиотическим и территориальным антагонизмом. По результатам всесторонней оценки антагонистической активности для включения в состав микробной композиции с бактериальными антагонистами отобраны штаммы *Trichoderma* sp. IZR F-183 и *Trichoderma* sp. IZR F-186, характеризующиеся средним показателем ингибирования роста патогенов 93,2 и 96,5 % соответственно, механизм действия которых отличается полифункциональностью: конкуренцией и гиперпаразитизмом [3].

В результате исследований, проведенных Д. В. Войтка и соавт. [4], установлено, что штамм – основа биологического препарата Фунгилекс, Ж. – гриб *Trichoderma asperellum* D-11 – обладает высокой антагонистической активностью по отношению к возбудителю серой гнили томата – грибу *Botrytis cinerea*, ингибируя рост фитопатогена до 96,0 % и проявляя гиперпаразитические свойства. Включение биологического препарата Фунгилекс, Ж. в технологию защиты томата от серой гнили наряду с антирезистентной направленностью характеризуется биологической эффективностью в защите культуры от ботритиоза и приводит к статистически достоверному сохранению урожая. Включение препарата Фунгилекс, Ж. в технологии защиты томата закрытого грунта от серой гнили является перспективным приемом и будет способствовать повышению эффективности защитных мероприятий.

Изучение влияния штаммов *Bacillus subtilis* на ростовую активность возбудителя белой гнили микромицета *Sclerotinia sclerotiorum* показало угнетающее влияние всех изучаемых штаммов на его рост при совместном культивировании на искусственной питательной среде, хотя сила воздействия оказалась различной.

Данные, представленные на рисунке 2 и в таблице 3, свидетельствуют о том, что наибольший ингибирующий эффект был отмечен в варианте культивирования со штаммом 494 *B. subtilis*. Учитываемый параметр составил

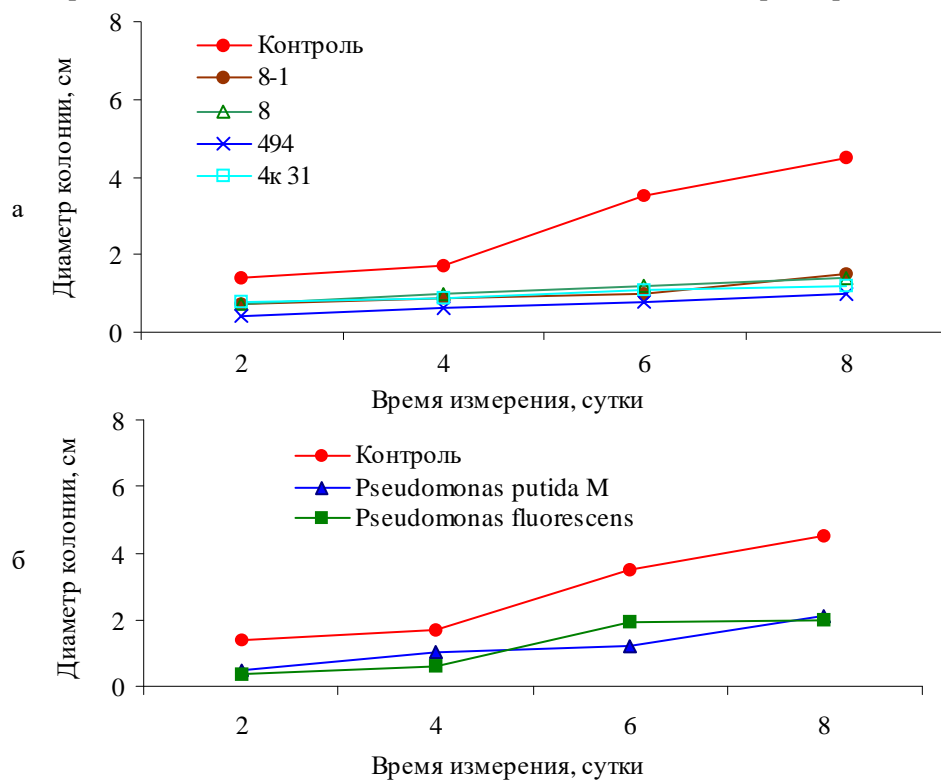


Рисунок 2 – Влияние штаммов *Bacillus subtilis* (а) и бактерий р. *Pseudomonas* (б) на рост фитопатогенного микромицета *Sclerotinia sclerotiorum*

Таблица 3 – Показатель ингибирования фитопатогена *S. sclerotiorum* изучаемыми бактериями, %

Виды, штаммы бактерий	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	
	4 сутки	8 сутки
<i>Bacillus subtilis</i> 8-1	47,1 ± 0,2	66,7 ± 0,6
<i>Bacillus subtilis</i> 8	41,2 ± 0,5	68,9 ± 0,3
<i>Bacillus subtilis</i> 494	64,7 ± 0,7	77,8 ± 0,4
<i>Bacillus subtilis</i> 4к 31	47,1 ± 0,2	73,3 ± 0,1
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	64,7 ± 0,4	65,6 ± 0,5
<i>Pseudomonas putida</i> М	41,2 ± 0,2	53,3 ± 0,3

64,7 %. Вместе с тем воздействие штаммов 8-1 и 4к 31 проявилось в одинаковом (47,1 %) числовом выражении анализируемого показателя. Наименьшее (41,2 %) угнетающее воздействие на рост *Sclerotinia sclerotiorum* оказал штамм 8. Это заключение было сделано по результатам экспериментальных данных, полученных на четвертые сутки совместного культивирования на искусственной питательной среде.

Сила воздействия штамма 494 при первоначальном учете оказалась в 1,4 раза больше в сравнении со штаммами 8-1 и 4к 31. В то же время степень влияния штамма 8 *B. subtilis* была в 1,6 раза меньше по сравнению со штаммом 494 (см. табл. 3).

Анализ данных, отражающих ростовую активность микромицета *Sclerotinia sclerotiorum* на восьмые сутки совместного выращивания с изучаемыми штаммами *B. subtilis*, свидетельствует об усилении процесса ингибирования. При этом наибольший (77,8 %) угнетающий эффект показал штамм 494. В данном варианте опыта отмечено усиление ингибирования на 20 % по сравнению с предыдущим наблюдением (см. табл. 3 и рис. 2).

Для штаммов 8-1 и 8 показатель ингибирования имел примерно одинаковое (порядка 67–69 %) числовое выражение. Вместе с тем для штамма 8-1 зафиксировано усиление угнетающего воздействия на 42 %, а для штамма 8 – на 67 %. Отмеченный эффект наблюдался в период культивирования с четвертых по восьмые сутки (см. табл. 3 и рис. 2).

Влияние штамма 4к 31 *B. subtilis* проявилось в ингибировании ростовых процессов возбудителя белой гнили моркови на 73,3 %. Числовое выражение учитываемого параметра имело промежуточное значение в сравнении с опытными вариантами. Причем для данного штамма выявлено усиление негативного влияния на патоген, составляющее 56 % во временном интервале от четырех до восьми суток (см. табл. 3).

Второй группой бактерий, среди которых нами был проведен поиск потенциальных антагонистов возбудителю белой гнили моркови, явились микроорганизмы р. *Pseudomonas*. Экспериментальные исследования, основанные на совместном культивировании микромицета *S. sclerotiorum* и двух видов бактерий из р. *Pseudomonas*, позволили выявить следующую закономерность. Было установлено, что как *Pseudomonas fluorescens*, так и *Pseudomonas*

putida M можно рассматривать в качестве антагонистов возбудителю склеротиниоза моркови. Это проявилось в угнетении роста патогена на протяжении всего периода наблюдения (см. рис. 2).

Вместе с тем характер угнетения роста *S. sclerotiorum* различалось в опытных вариантах. Так, под воздействием бактерии *Ps. fluorescens* уже на четвертые сутки учета показатель ингибирования составил 64,7 % и практически не изменился к концу наблюдения. Его численное выражение составило 65,6 % (см. табл. 3, рис. 2).

Как показывают данные таблицы 3, эффект угнетения роста микромицета в варианте культивирования с *Ps. putida* M был значительно ниже (на 58 %) по сравнению с влиянием *Ps. fluorescens*. Несмотря на это, сила воздействия была достаточно ощутимой, что выразилось в подавлении роста *S. sclerotiorum* на 41,2 % на четвертые сутки учета. Увеличение длительности культивирования (до восьми суток) привело к усилению ингибирующего воздействия бактерии *Ps. putida* M, отразившееся на снижении роста микромицета на 53,3 % (см. табл. 3, рис. 2).

В исследованиях, проведенных Н. П. Максимовой и соавт. [7], было установлено, что бактерии из р. *Pseudomonas* способны синтезировать и выделять в среду желто-зеленые пигменты, называемые пиовердинами, выполняющие в клетках функции сидерофоров. Флуоресцирующие пигменты ризосферных бактерий проявляют одновременно антибактериальную, антифунгальную и антинематодную активность.

Данные, полученные нами ранее, свидетельствуют о том, что штаммы *B. subtilis* (8, 8-1, 4k31, 494) оказывают ингибирующее воздействие на рост и спорообразование микромицетов *Botrytis cinerea* Pers: Fr. и *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* (Sacc.) Snyder and Hansen, вызывающие микозы томата. Причем наиболее сильный угнетающий эффект был отмечен для штаммов *B. subtilis* 8 и 8-1. Изучаемая бактерия *P. fluorescens* также явилась антагонистом в отношении возбудителя серой гнили томата. В то же время вторая из тестируемых бактерий р. *Pseudomonas* – *Pseudomonas putida* M оказала стимулирующее воздействие на изучаемый патоген. Аналогичная закономерность была выявлена и для второго микромицета – *F. oxysporum* f. *lycopersici*. Практически во всех опытных вариантах (кроме совместного культивирования с *Pseudomonas putida* M) было отмечено подавление роста и снижение репродуктивной активности возбудителя фузариоза томата [14]. Выявленный нами фунгистатический эффект штаммов *B. subtilis* был обнаружен и в исследованиях, описывающих их влияние на анаморфные фитопатогенные микромицеты р. *Alternaria* Ness [19]. Воздействие псевдомонад на развитие грибов р. *Alternaria* Ness проявилось в более сильном ингибировании конидиеобразования альтернаний в сравнении с их вегетативным ростом [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, скрининг исследуемых нами видов и штаммов гриба р. *Trichoderma* позволил сделать вывод о том, что они являются антагонистами

микромикета *Sclerotinia sclerotiorum* в той или иной степени. Наиболее сильное угнетение (68,4 и 47,4 %) ростовой активности возбудителя склеротиниоза моркови отмечено при совместном культивировании с *T. viride* 408 и *T. koningii*. Типы взаимоотношений микромикета фитопатогенной природы *Sclerotinia sclerotiorum* с грибами р. *Trichoderma* были охарактеризованы как территориальный антагонизм с нарастанием и антибиотический антагонизм. Совместное культивирование *Sclerotinia sclerotiorum* и грибов *T. viride* 457, *T. viride* 408, *T. koningii*, *T. polysporum*, микроскопирование мицелия не позволило установить внедрения в их клетки гиф изучаемых грибов р. *Trichoderma*. Выявленные типы взаимоотношений грибов позволяют судить о том, что в основе антагонизма грибов р. *Trichoderma* в отношении изученных нами фитопатогенов лежит быстрая колонизация микофильными грибами субстрата и (или) выделение ими антибиотиков.

Изучение влияния штаммов *B. subtilis* на ростовую активность возбудителя белой гнили микромикета *S. sclerotiorum* показало угнетающее влияние всех изучаемых штаммов на его рост при совместном культивировании на искусственной питательной среде, хотя сила воздействия оказалась различной. Так, наибольший (64,7 %) ингибирующий эффект на четвертые сутки был отмечен в варианте культивирования со штаммом 494 *B. subtilis*. Воздействие штаммов 8-1 и 4к 31 проявилось в одинаковом (47,1 %) числовом выражении анализируемого показателя. Наименьшее (41,2 %) негативное влияние на рост *S. sclerotiorum* оказал штамм 8. Увеличение длительности культивирования привело к усилению процесса ингибирования. При этом наибольший (77,8 %) угнетающий эффект показал штамм 494, что выразилось в усилении ингибирования на 20 % по сравнению с предыдущим учетом.

Установлено, что бактерии *Pseudomonas fluorescens* и *Pseudomonas putida* М можно рассматривать в качестве антагонистов возбудителю склеротиниоза моркови. Негативное влияние проявилось в подавлении роста патогена на протяжении всего периода наблюдения, хотя его характер был различным.

Следовательно, скрининг изучаемых нами видов и штаммов среди грибов р. *Trichoderma* и бактерий рр. *Bacillus* и *Pseudomonas* позволил выявить наиболее эффективные к применению в качестве антагонистов, на основе которых можно разрабатывать защитные мероприятия по борьбе с возбудителем белой гнили моркови.

Список использованных источников

1. Бактерии на страже урожая / Н. П. Максимова [и др.] // Наука и инновации. – 2019. – № 3 (193). – С. 13–16.
2. Великанов, Л. Л. Экологические проблемы защиты растений от болезней / Л. Л. Великанов, И. И. Сидорова // Защита растений : сб. науч. ст. – М., 1988. – С. 143.
3. Войтка, Д. В. Скрининг антагонистической активности грибов р. *Trichoderma* по отношению к доминирующим корнеобитающим патогенам

овощных культур, изолированным на территории Беларуси и Азербайджана / Д. В. Войтка, Е. К. Юзефович, Я. Ю. Атакишиева // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: Л. И. Трепашко [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 43. – С. 144–153.

4. Войтка, Д. В. Антагонистическая активность гриба *Trichoderma asperellum* D-11 как обоснование для включения препарата на его основе в антирезистентную технологию защиты томата от серой гнили Азербайджана / Д. В. Войтка, Е. К. Юзефович, Я. Ю. Атакишиева // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: Л.И. Трепашко [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 44. – С. 191–201.

5. Коломбет, Л. В. Грибы рода *Trichoderma* – продуценты биопрепаратов для растениеводства / Л. В. Коломбет // Успехи медицинской микологии / редкол.: Ю. В. Сергеев (гл. ред.) [и др.]. – М. : Нац. акад. микол., 2007. – С. 323–371.

6. Литвинов, М. Методы изучения почвенных микроскопических грибов / М. А. Литвинов. – Л. : Наука, 1969. – 124 с.

7. Максимова, Н. П. Роль пиримидинов в биосинтезе флуоресцирующего пигмента пиовердина Рм у бактерий *Pseudomonas putida* М / Н. П. Максимова, О. В. Блажевич, Ю. К. Фомичев // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. – 1993. – № 5. – С. 22–26.

8. Методические указания по инвентаризации болезней и микрофлоры корнеплодов моркови в условиях хранения / сост.: Т. Е. Вахрушева, Э. А. Власова. – Л. : ВИР, 1980. – 70 с.

9. Микология: методы экспериментального изучения микроскопических грибов / авт.-сост.: В. Д. Поликсенова, А. К. Храмцов, С. Г. Пискун. – Минск : БГУ, 2004. – 38 с.

10. Нитиевская, В. И. Влияние *Trichoderma* sp. на патогены *Trifolium pratense* / В. И. Нитиевская // Эколого-экономические основы усовершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков : тез. докл. науч.-производств. конф., посвящ. 25-летию БЕЛНИИЗР: в 2 ч. Минск – Прилуки, 14–16 февр. 1996 г. / М-во сельск. хоз и прод. Респ. Беларусь. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений. – Минск, 1996. – Ч. 1. – С. 154–155.

11. О биоконтроле возбудителей ботритиоза на луке репчатом / А. К. Храмцов [и др.] // Микробиология и биотехнология на рубеже XXI столетия : материалы Междунар. конф, посвящ. 25-летию Ин-та микробиологии НАН Беларуси, Минск, 1–2 июня 2000 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние биол. наук НАН Беларуси, Науч. совет по проблемам биотехнологии, Белорус. микробиологическое о-во, Ин-т микробиологии, Концерн «Белбиофарм», Бел. гос. ун-т. – Минск, 2000 – С. 222–223.

12. Рудаков, О. Л. Микофильные грибы, их биология и практическое значение / О. Л. Рудаков. – М. : Наука, 1981. – 160 с.

13. Садыкова, В. С. Ограничение влияния комплекса возбудителей корневых гнилей ячменя антагонистами рода *Trichoderma* / В. С. Садыкова,

А. Н. Лихачев, П. Н. Бондарь // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44, вып. 6. – С. 556–561.

14. Сидорова, С. Г. Антифунгальная активность почвенных бактерий в отношении некоторых возбудителей микозов томата / С. Г. Сидорова // Овощеводство : сб. науч. тр. – 2020. – Т. 28. – С. 124–135.

15. Современные технологии в овощеводстве / под ред. А. А. Аутко. – Минск : Беларус. навука, 2012. – С. 163–164.

16. Соколов, М. С. Экологизация защиты растений / М. С. Соколов, О. А. Монастырский, Э. А. Покушева ; под ред. В. А. Захаренко. – Пушкино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 462 с.

17. Триходермин на основе вторичной биоконверсии отходов и его эффективность против болезней огурца / Ю. А. Титова [и др.] // Микология и фитопатология. – 2002. – Т. 36, вып. 42. – С. 76–79.

18. Устойчивость сортообразцов моркови к болезням при хранении в зависимости от инфекционного фона и послеуборочного фитосанитарного состояния растений / Л. М. Соколова [и др.] // Аграр. науч. журн. – 2019. – № 1. – С. 26–31.

19. Федюшко, И. А. Эффективность бактерий *Bacillus subtilis* как антагонистов фитопатогенных грибов р. *Alternaria* Ness / И. А. Федюшко // Биотехнология микроорганизмов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. проф. Ю. К. Фомичеву (1929–2015), Минск, 27–29 нояб. 2019 г. – Минск : Экоперспектива, 2019. – С. 208–211.

20. Федюшко, И. А. Эффективность бактерий рода *Pseudomonas* как антагонистов фитопатогенных грибов р. *Alternaria* / И. А. Федюшко // Биотехнология микроорганизмов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. проф. Ю. К. Фомичеву (1929–2015), Минск, 27–29 нояб. 2019 г. – Минск : Экоперспектива, 2019. – С. 212–215.

21. Хмелинская, Т. В. Экологические аспекты изменчивости признаков моркови / Т. В. Хмелинская, В. И. Буренин, В. Е. Прянишникова // Овощи России. – 2017. – № 2. – С. 24–29.

22. Храпцов, А. К. О штаммах грибов рода *Trichoderma*, перспективных в борьбе с гнилями овощей / А. К. Храпцов, Л. В. Писная, А. С. Шуканов // Проблемы микробиологии и биотехнологии : материалы Междунар. конф., посвящ. 70-летию Нац. акад. наук Беларуси, Минск, 25–27 нояб. 1998 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Концерн «Белбиофарм», Отд-ние биол. наук НАН Беларуси, Науч. совет по проблемам биотехнологии. Белорус. микробиологическое о-во, Ин-т микробиологии. – Минск, 1998. – С. 94.

23. Храпцов, А. К. Некоторые антагонистические к *Botrytis cinerea* Pers. штаммы грибов рода *Trichoderma* ex. Fr. / А. К. Храпцов, А. С. Шуканов // Проблемы фитопатологии в Республике Беларусь : тез. докл. науч. конф., Минск, 3 апр. 1996 г. / М-во сельск. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т овощеводства, Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений, Белорус. фитопатологическое о-во. – Минск, 1996. – С. 57.

24. Храмцов, А. К. Новые антагонисты некоторых патогенов лука репчатого / А. К. Храмцов, А. С. Шуканов // Достижения современной биологии и биологическое образование : тр. науч. конф., посвящ. 75-летию биологического фак. Белгосуниверситета / Белорус. гос. ун-т. – Минск, 1997. – С. 152–157.

Поступила в редакцию 17 ноября 2022 г.

S. G. Sidorova

ANTIFUNGAL ACTIVITY OF SOIL MICROORGANISMS AGAINST WHITE ROT PATHOGEN OF CARROT

SUMMARY

*The article presents the assessment of the antifungal activity of g. *Trichoderma Pers. fungi* and gg. *Bacillus* and *Pseudomonas* bacteria according to the degree of growth inhibition of the causative agent of carrot white rot in pure culture conditions. The fungistatic effect of all studied species and strains of bacteria and fungi on the growth of pathogen was established. The strains of *B. subtilis* 494, the bacteria *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida* M, as well as *Trichoderma viride* 408 and *Trichoderma koningii* which are of interest as antagonists of the causative agent of sclerotinia have been obtained. They can be used to develop preparations with complex action which classified as environmentally safe plant protection products.*

Key words: white rot; carrot; trichoderma; bacteria; inhibition; growth; antagonist strains; screening.