

УДК 632.952:632.4:633.491

ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ОТНОШЕНИИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ АЛЬТЕРНАРИОЗА КАРТОФЕЛЯ

© 2022 г. А. С. Орина^{1,*}, А. В. Хютти¹, А. М. Шпанев¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений
196608 Санкт-Петербург—Пушкин, шоссе Подбельского, 3, Россия

*E-mail: orina-alex@yandex.ru

Поступила в редакцию 25.04.2022 г.

После доработки 03.06.2022 г.

Принята к публикации 12.07.2022 г.

Альтернариоз — одно из самых распространенных заболеваний картофеля во всем мире, в том числе и в России, которое может вызывать снижение урожая клубней на 10–50%. На территории РФ область высокой вредоносности альтернариоза совпадает с ареалом наиболее патогенного вида *Alternaria solani*, тогда как другой возбудитель *A. tenuissima* встречается во всей зоне возделывания картофеля. Наиболее действенной мерой борьбы с данным заболеванием является химический метод защиты. Однако современные подходы к защите растений также предполагают применение биологических средств. При лабораторной оценке действия 10 химических и 9 биологических препаратов в отношении возбудителей альтернариоза картофеля установлено, что все проанализированные препараты подавляли рост грибов *Alternaria*: ингибирующее действие химических и биологических фунгицидов варьировало в диапазоне 33–80% и 20–66% соответственно. Показано, что препараты Дискор и Ревус Топ, содержащие дифеноконазол и мандипропамид, а также препарат Луна Транквили на основе пириметанила и флуопирама наиболее эффективно подавляли рост этих грибов (ингибирующее действие 68–80%). Среди биологических препаратов наиболее эффективно рост грибов *Alternaria* подавляли БФТИМ КС-2 и Витаплан на основе *Bacillus amyloliquefaciens* и *B. subtilis*, их ингибирующее действие составило 60–66%. Полученные результаты предвзывают проведение полевых испытаний препаратов в регионах возделывания культуры с разными природно-климатическими условиями, для создания адекватной стратегии защиты картофеля от альтернариоза.

Ключевые слова: альтернариоз, картофель, *Alternaria solani*, *Alternaria tenuissima*, фунгицидное действие, химические средства защиты растений, биологические препараты.

DOI: 10.31857/S0002188122100076

ВВЕДЕНИЕ

Альтернариоз является одним из самых распространенных заболеваний картофеля во всем мире. Вредоносность болезни проявляется прежде всего в снижении урожая из-за уменьшения фотосинтетической поверхности листьев, а также в возможности загрязнения сельскохозяйственной продукции метаболитами грибов-возбудителей, среди которых могут присутствовать фитотоксины, микотоксины, аллергены и ферменты [1]. Поражение посадок картофеля альтернариозом снижает урожай клубней на 10–50% [2–6].

На территории России зона высокой вредоносности альтернариоза совпадает с ареалом наиболее патогенного вида *Alternaria solani* Sorauer и находится в центре и на юге европейской части России, а также на юге Западной Сибири, в Прибайкалье и в Приморье на Дальнем Востоке [7–

10]. Повышенные температуры воздуха в сочетании с кратковременным выпадением осадков и обильными утренними росами благоприятны для развития *A. solani*. Тогда как вид *A. tenuissima* (Kunze) Wiltshire и другие мелкоспоровые виды *Alternaria* в меньшей степени зависят от климатических условий и распространены на всей территории возделывания картофеля в России [10]. В последние годы из-за потепления климата участились случаи сильного поражения растений картофеля альтернариозом в Центральном и Северо-Западном регионах [11, 12].

В ограничении развития альтернариоза картофеля большое значение имеет возделывание устойчивых сортов, использование качественного посадочного материала, поддержание оптимального для растений питательного режима за счет внесения полного минерального удобрения с

Таблица 1. Химические и биологические препараты, включенные в исследование

Препарат	Действующее вещество (д.в.)/биологический агент (б.а.)	Норма расхода, кг, л*	Концентрация д.в. (г/л)/б.а. (КОЕ/л) в рабочем растворе**
Химические препараты			
Акробат МЦ, ВДГ	Манкоцеб 600 г/кг + диметоморф 90 г/кг	2.00	4.00 + 0.60
Дискор, КЭ	Дифеноконазол 250 г/л	0.40	0.33
Зорвек Энкантия, СЭ	Фамоксадон 300 г/л + оксатиапипролин 30 г/л	0.65	0.65 + 0.06
Луна Транквилити, КС	Пириметанил 375 г/л + флуопирам 125 г/л	0.80	1.00 + 0.33
Пеннкоцеб, СП	Манкоцеб 800 г/кг	1.60	4.27
Ревус Топ, СК	Дифеноконазол 250 г/л + мандипропамид 250 г/л	0.60	0.50 + 0.50
Ридомил Голд МЦ, ВДГ	Манкоцеб 640 г/кг + мефеноксам 40 г/кг	2.50	5.33 + 0.33
Сектин Феномен, ВфДГ	Манкоцеб 500 г/кг + фенамидон 100 г/кг	1.25	2.08 + 0.42
Сигнум, ВДГ	Боскалид 267 г/кг + пиракlostробин 67 г/кг	0.30	0.27 + 0.07
Танос, ВДГ	Фамоксадон 250 г/кг + цимоксанил 250 г/кг	0.60	0.50 + 0.50
Биологические препараты			
Бактофит, СК	<i>Bacillus subtilis</i> ИПМ 215 (БА-10000 ЕА/мл, 2×10^9 КОЕ/мл)	2.00	1.30×10^{10}
Бисолбисан, Ж	<i>B. subtilis</i> Ч-13, 10^8 КОЕ/мл	3.00	10^9
БФТИМ КС-2, Ж	<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-11141, 10^9 КОЕ/мл	4.00	1.30×10^{10}
Витаплан, СП	<i>B. subtilis</i> ВКМ-В-2604D 10^{10} КОЕ/г + <i>B. subtilis</i> ВКМ-В-2605D 10^{10} КОЕ/г	0.08	$2.70 \times 10^9 + 2.70 \times 10^9$
Трихоцин, СП	<i>Trichoderma harzianum</i> Г-30 ВИЗР, 10^{10} КОЕ/г	0.08	2.70×10^9
Фитоспорин-М, Ж	<i>B. subtilis</i> 26 Д 10^9 КОЕ/мл	4.00	1.30×10^{10}
Экспериментальный-1, Ж	<i>B. mojavensis</i> PS 17, 5×10^9 КОЕ/мл	3.00	5.00×10^{10}
Экспериментальный-2, С	<i>B. subtilis</i> 5И-12/23, 10^{10} КОЕ/мл	5.00	8.30×10^{11}
Экспериментальный-3, Ж	<i>B. subtilis</i> RCAM01729, 10^9 КОЕ/мл	3.00	10^{10}

*По инструкции производителя.

**Из расчета 300 л рабочего раствора/га обрабатываемой площади.

повышенными нормами калия [13]. При этом наиболее действенной мерой борьбы с данным заболеванием картофеля является химический метод защиты. Положительные результаты по снижению развития альтернариоза получены при применении в схемах защиты картофеля препаратов на основе азоксистробина, боскалида, дифеноконазола, мандипропамида, пиракlostробина, пириметанила, флуапирама и их комбинаций [12, 14–16]. В то же время отмечена недостаточно высокая эффективность препаратов, содержащих манкоцеб, фамоксадон, флуазинам, хлороталонил и цимоксанил, предназначенных для защиты посадок картофеля от фитофтороза и альтернариоза [13, 17, 18].

Современные тенденции в защите культурных растений от патогенов выражаются в повышении объемов применения биологических средств. Например, показана высокая эффективность предпосадочной обработки клубней и двукратного опрыскивания растений в период вегетации грибами *Trichoderma* sp. и бактерией *Bacillus thuringiensis* для защиты картофеля от альтернариоза [19]. По результатам обработки посадочного материала и 3-кратного опрыскивания вегетирующих растений препаратами на основе штаммов В-10 ВИЗР и М-22 ВИЗР *B. subtilis* отмечено снижение развития альтернариоза в фазе роста клубней на 52.4 и 44.7%, тогда как при использовании химического стандарта Ридомил Голд, содержа-

Таблица 2. Действие химических препаратов на рост грибов *Alternaria* spp.

Препарат	Действующее вещество (д.в.)	Диаметр колонии, мм			Подавление роста, % от контроля		
		<i>A. solani</i>		<i>A. tenuissima</i>	<i>A. solani</i>		<i>A. tenuissima</i>
		MF P628031	MF P747151	MF P713021	MF P628031	MF P747151	MF P713021
Акробат МЦ	Манкоцеб + + диметоморф	21.3 ± 1.3	23.0 ± 1.1	40.7 ± 1.7	67	69	46
Дискор	Дифеноконазол	13.0 ± 1.1	16.3 ± 2.4	16.3 ± 0.7	80	73	78
Зорвек	Фамоксадон +	30.3 ± 0.7	28.7 ± 8.8	47.7 ± 6.6	53	53	36
Энкантия	+ оксатиапролин						
Луна	Пириметанил +	16.7 ± 0.7	15.7 ± 1.7	16.3 ± 1.3	74	74	78
Транквилити	+ флуопирам						
Пеннкоцеб	Манкоцеб	26.3 ± 1.3	22.3 ± 0.7	46.0 ± 1.1	59	63	38
Ревус Топ	Дифеноконазол +	15.3 ± 2.4	17.7 ± 0.7	24.0 ± 2.3	76	71	68
	+ мандипропамид						
Ридомил	Манкоцеб +	26.7 ± 3.5	24.7 ± 2.8	41.7 ± 0.7	59	66	44
Голд МЦ	+ мефеноксам						
Сектин	Манкоцеб +	25.7 ± 3.3	31.7 ± 0.7	42.3 ± 1.3	60	54	43
Феномен	+ фенамидон						
Сигнум	Боскалид +	23.3 ± 1.7	28.7 ± 0.7	30.0 ± 0.1	64	59	60
	+ пиракlostробин						
Танос	Фамоксадон +	34.7 ± 1.7	36.7 ± 1.3	50.3 ± 1.7	46	40	33
	+ цимоксанил						

щего манкоцеб, снижение развития заболевания составило 60.3% [20].

Полевые испытания эффективности фунгицидов в защите культурных растений от фитопатогенов должна предвзвешивать лабораторная оценка их активности в отношении чистых культур грибов-возбудителей заболевания, которая позволяет быстро оценить действие препаратов и сравнить их между собой, тогда как полевые испытания требуют больше времени и подвержены влиянию множества факторов.

Цель работы – лабораторная оценка действия современных и перспективных фунгицидов (химических и биологических) в отношении возбудителей альтернариоза картофеля *A. solani* и *A. tenuissima*.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования из коллекции чистых культур микроорганизмов лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР были выбраны 2 штамма гриба *A. solani* MF P628031 и MF P747151, выделенные из листьев картофеля из Адыгеи и Камчатского края соответственно. Также в исследование был включен штамм *A. tenuissima* MF P713021, выделенный из листьев картофеля из республики Дагестан.

Лабораторную оценку действия 10 химических и 9 биологических препаратов в отношении возбудителей альтернариоза картофеля проводили во Всероссийском НИИ защиты растений в 2022 г. Химические фунгициды были представлены одно- и двухкомпонентными препаратами, зарегистрированными на территории РФ для борьбы с альтернариозом (табл. 1). Среди выбранных биологических препаратов восемь имели в составе разные штаммы бактерий *Bacillus* spp., один препарат – микромицет *Trichoderma harzianum* Rifai. Из 9-ти изученных биологических препаратов пять зарегистрированы на территории РФ для борьбы с альтернариозом картофеля. Препарат БФТИМ КС-2, Ж не имеет регистрации на картофеле, 3 препарата являются экспериментальными.

Препараты разводили в стерильной воде таким образом, чтобы получить концентрацию рабочего раствора для обработки 1 га (300 л воды), содержащего максимальную норму расхода, рекомендованную для использования производителем.

В чашках Петри с агаризованной средой Чапека стерильным пробочным сверлом диаметром 4 мм делали две лунки на расстоянии 1 см от края чашки. В каждую лунку вносили по 20 мкл раствора препарата. В контрольном варианте в лунки вносили по 20 мкл стерильной воды. Предварительно культуры штаммов *Alternaria* spp. выращивали на среде Чапека в темноте при 24°C в течение

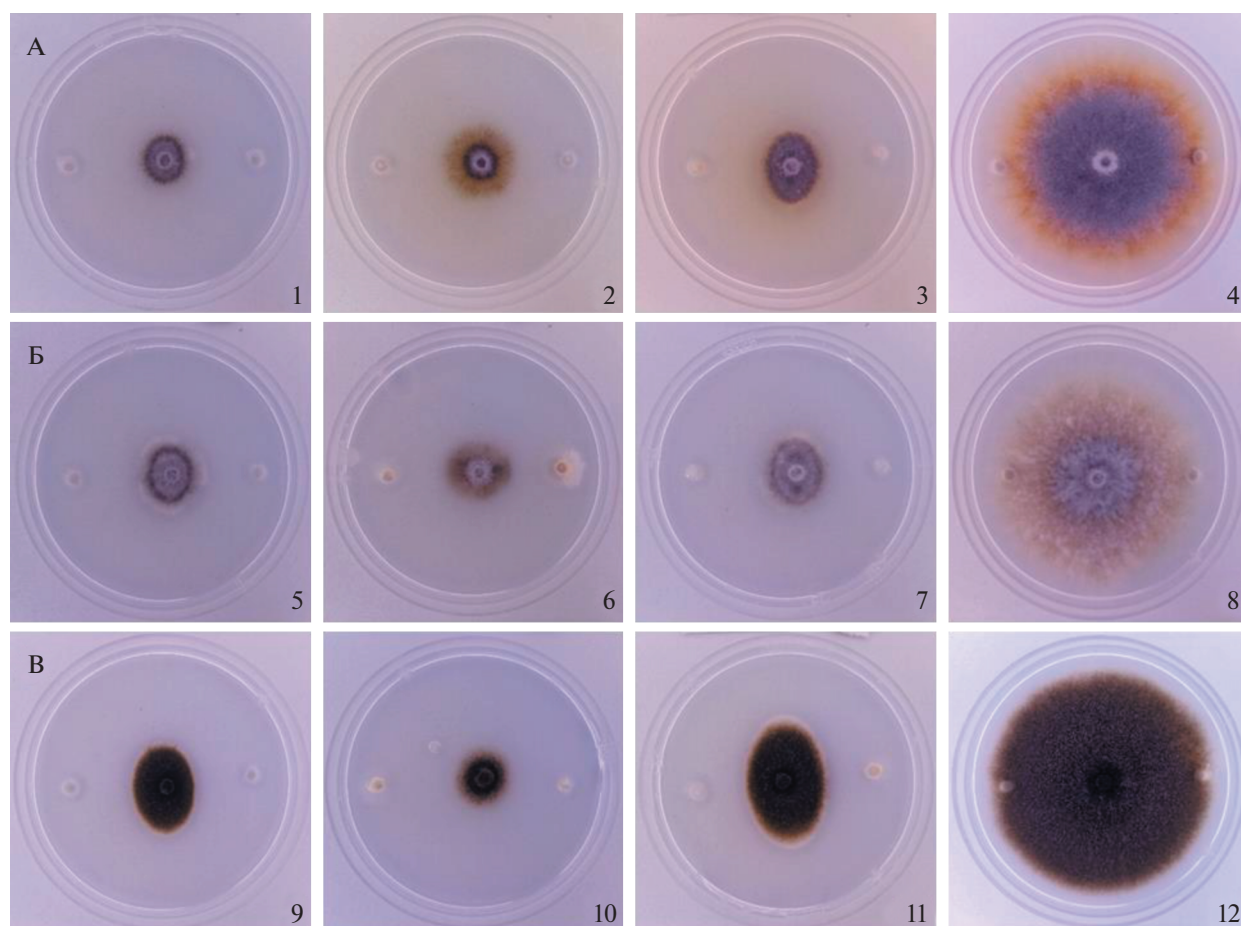


Рис. 1. Действие химических препаратов на рост штаммов *Alternaria solani* MF P747151 (а), MF P628031 (б) и *A. tenuissima* MF P628031 (в). 1, 5, 9 – Дискор, КЭ, 2, 6, 10 – Луна Транквилити, КС, 3, 7, 11 – Ревус Топ, СК, 4, 8, 12 – контроль.

ние 7 сут. Из выросших колоний вырезали диски диаметром 4 мм, которые мицелием вниз помещали на среду в центр каждой чашки Петри с препаратом. Через 7 сут инкубации (24°C, темнота) определяли диаметр колонии гриба, измеряя его по оси между лунками. Из полученной величины вычитали величину инокуляционного диска 4 мм. Эксперимент проводили в 3-х повторностях. Ингибирующее действие препарата на радиальный рост гриба определяли как отношение разницы диаметра колонии в контроле и в варианте к диаметру колонии в контроле, выраженное в %.

Для статистической обработки полученных данных использовали программы Microsoft Excel 2010 и Statistica 10.0, достоверность различий принимали при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На 7-е сутки после инокуляции размер колоний штаммов MF P628031 и MF P747151 *A. solani* оказался сходным и составил 65 ± 4 и 61 ± 2 мм со-

ответственно, тогда как штамм гриба *A. tenuissima* продемонстрировал более высокую скорость роста (диаметр колонии 75 ± 1 мм).

Все химические препараты, включенные в исследование, подавляли рост грибов *Alternaria* spp. (табл. 2). Влияние фунгицидов на рост грибов *A. solani* не имело достоверных различий между штаммами: ингибирующее действие на *A. solani* MF P628031 и MF P747151 варьировало в диапазоне 46–80% и 40–74% соответственно и в среднем составило $63 \pm 7\%$. Ингибирующее действие химических препаратов на рост штамма MF P713021 *A. tenuissima* в среднем составило $52 \pm 11\%$ (диапазон варьирования 33–78%). Штамм MF P713021 *A. tenuissima* оказался на 10–26% менее чувствительным к 6-ти препаратам, чем проанализированные штаммы *A. solani*, тогда как 4 препарата (Сигнум, Ревус Топ, Дискор, Луна Транквилити) подавляли рост всех штаммов *Alternaria* spp. в сходной степени. В среднем чувствительность штамма *A. tenuissima* ко всем химическим фунгицидам была достоверно меньше на 11% ($p = 0.044$).

Таблица 3. Действие биологических препаратов на рост грибов *Alternaria* spp.

Препарат	Биологический агент (б.а.)	Диаметр колонии, мм			Подавление роста, % от контроля		
		<i>A. solani</i>		<i>A. tenuissima</i>	<i>A. solani</i>		<i>A. tenuissima</i>
		MF P628031	MF P747151	MF P713021	MF P628031	MF P747151	MF P713021
Бактофит	<i>B. subtilis</i> ИПМ 215	28.0 ± 3.0	27.0 ± 3.0	33.7 ± 0.7	57	56	55
БФТИМ КС-2	<i>B. amyloliquefaciens</i> ВКПМ В-11141	25.3 ± 0.7	23.3 ± 1.7	25.7 ± 0.7	61	62	66
Фитоспорин-М	<i>B. subtilis</i> 26 Д	28.7 ± 3.5	28.7 ± 2.4	34.3 ± 0.7	56	53	54
Витаплан	<i>B. subtilis</i> ВКМ-В-2604Д + + <i>B. subtilis</i> ВКМ-В-2605Д	27.0 ± 1.1	24.3 ± 2.6	28.7 ± 1.3	58	60	62
Трихоцин	<i>T. harzianum</i> Г-30 ВИЗР	28.7 ± 1.3	21.3 ± 2.4	40.7 ± 2.8	56	65	46
Бисолбисан	<i>B. subtilis</i> штамм Ч-13	40.3 ± 3.3	48.7 ± 1.7	55.0 ± 6.3	38	20	26
Экспериментальный-1	<i>B. mojavensis</i> штамм PS 17	29.3 ± 3.5	24.7 ± 1.3	35.0 ± 2.3	55	59	53
Экспериментальный-2	<i>B. subtilis</i> штамм 5И-12/23	35.0 ± 3.0	22.0 ± 8.5	39.3 ± 2.4	46	64	47
Экспериментальный-3	<i>B. subtilis</i> штамм RCAM01729	34.3 ± 0.7	32.3 ± 8.2	39.3 ± 0.7	47	47	47

Ранее была показана более низкая чувствительность штаммов мелкоспоровых видов *Alternaria*, включающих *A. tenuissima*, *A. alternata* (Fr.) Keissl. и другие, к манкоцебу, азоксистробину, флудиоксону, хлороталонилю, дифеноконазолу и флуазиному по сравнению с штаммами *A. solani* [21]. Штаммы *A. alternata*, выделенные из картофеля в США, также в среднем оказались менее чувствительны к азоксистробину, чем штаммы *A. solani* [22, 23].

Среди проанализированных химических фунгицидов наиболее эффективно рост грибов *Alternaria* подавляли препараты Дискор и Ревус Топ, содержащие дифеноконазол и мандипропамид, а также препарат Луна Транквилити на основе пириметанила и флуопирама — их ингибирующее действие на штаммы *Alternaria* spp. составило 68–78% (рис. 1). Менее эффективными в отношении грибов *Alternaria* оказались препараты, содержащие манкоцеб (Акробат, Ридомил Голд, Пеннкоцеб, Сектин Феномен), ингибирующее действие которых на рост проанализированных штаммов в среднем оказалось равно 56 ± 6%.

Ранее при исследовании влияния фунгицидов на рост 301 изолята *Alternaria* spp., выделенных из картофеля и томата в 5-ти регионах России, была выявлена более высокая эффективность дифеноконазола в сравнении с манкоцебом: в 172 и 1605 раз для *A. solani* и мелкоспоровых штаммов *Alter-*

naria соответственно [21]. В полевых испытаниях с искусственной инокуляцией растений картофеля грибами *Alternaria* в Австралии дифеноконазол более эффективно ограничивал развитие заболевания в сравнении с азоксистробином и боскалидом [24].

Анализ влияния 12 действующих веществ (д.в.) и их комбинаций на рост 26 штаммов *A. solani* показал более высокую эффективность пириметанила, а также его комбинации с флуопирамом, по сравнению с д.в. из классов имидазолины (фенамидон), карбоксамиды (боскалид, пентиопирад), оксизолиндиндионы (фамоксодон), пиридинил-этилбензамиды (флуопирам), стробилурины (азоксистробин, пикоксистробин, пиракlostробин, трифлуксистробин) и хлороталонилом [25]. Установлено, что резистентность штаммов *A. solani* к флуопираму встречается реже, чем к д.в. из других классов [25].

В нашем исследовании препарат Сигнум на основе пиракlostробина продемонстрировал среднюю эффективность (60%) в ограничении роста штаммов *Alternaria* spp. Известно, что штаммы *Alternaria* spp. могут приобретать резистентность к д.в. класса стробилурины [22, 23, 26]. Наличие мутации гена *cyt b*, ответственной за резистентность к стробилуринам у грибов *Alternaria*, можно диагностировать с помощью ПЦР [23]. Анализ чувствительности штаммов *Alternaria*, вы-

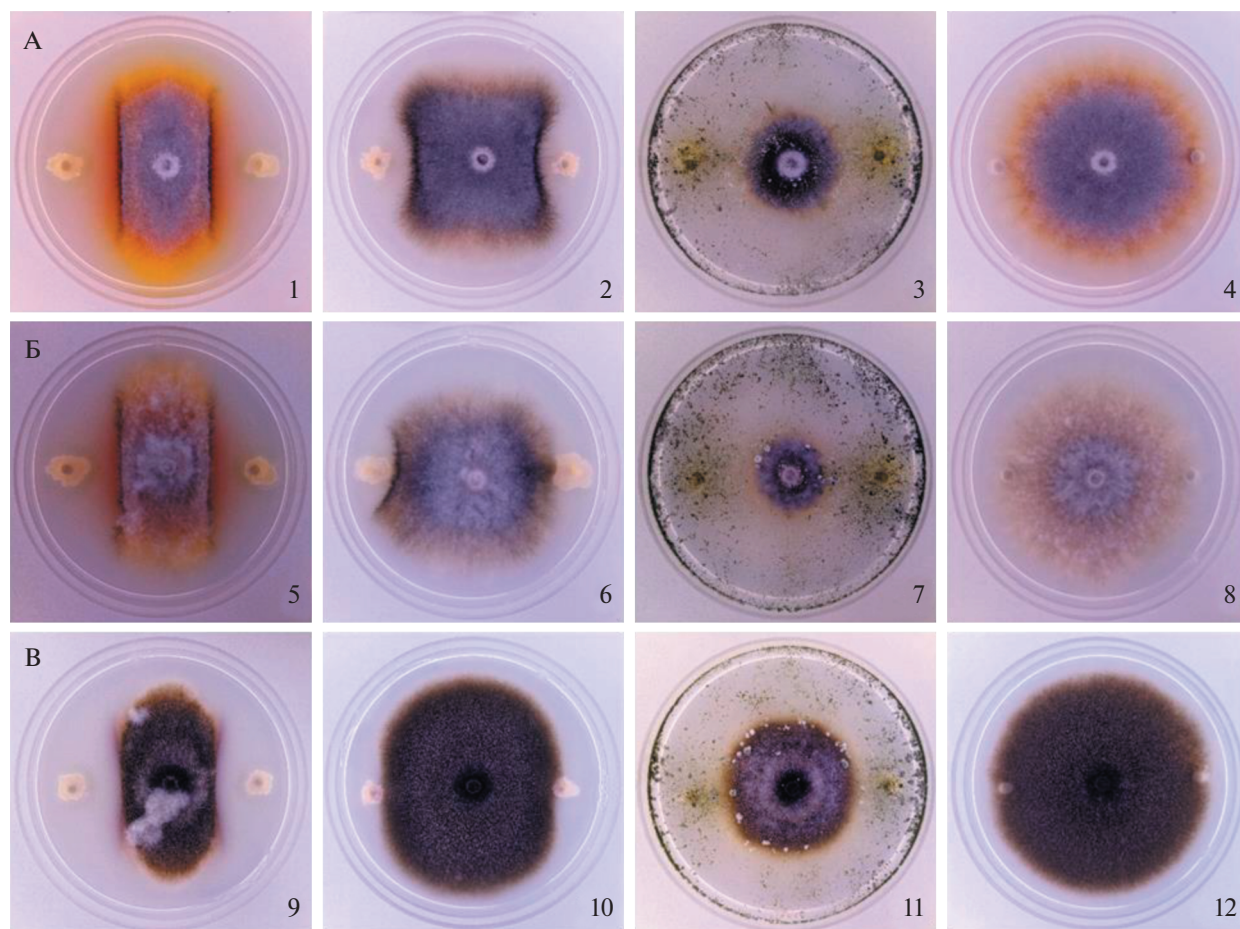


Рис. 2. Действие биологических препаратов на рост штаммов *Alternaria solani* MF P747151 (а), MF P628031 (б) и *A. tenuissima* MF P628031 (в). 1, 5, 9 – БФТИМ КС-2, Ж, 2, 6, 10 – Бисолбисан, Ж, 3, 7, 11 – Трихоцин, СП, 4, 8, 12 – контроль.

деленных из картофеля и томата в России, не выявил резистентные штаммы в популяции возбудителей альтернариоза в 7-ми регионах европейской части страны и на Дальнем Востоке [21].

Все биологические препараты, включенные в исследование, также подавляли рост грибов *Alternaria* spp. (табл. 3). Ингибирующее действие препаратов на рост штаммов *A. solani* варьировало в диапазоне 20–65% (в среднем $53 \pm 5\%$), тогда как ограничение роста штамма MF P713021 *A. tenuissima* составило от 26 до 66% и в среднем оказалось равно $52 \pm 11\%$. Достоверные различия в действии проанализированных биологических препаратов на рост разных штаммов *Alternaria* spp. не выявлены. Исключение составил препарат Трихоцин на основе *T. harzianum*, ингибирующее действие которого на рост как 2-х штаммов MF P628031 и MF P747151 *A. solani*, так и штамма MF P713021 *A. tenuissima*, существенно варьировало от 46 до 65% (рис. 2).

Среди проанализированных биологических препаратов наиболее эффективно рост грибов *Alternaria* подавляли препараты БФТИМ КС-2 и Витаплан на основе *B. amyloliquefaciens* и *B. subtilis*, их ингибирующее действие в среднем составило 63 ± 3 и $60 \pm 2\%$ соответственно. Наименее эффективным в отношении грибов *Alternaria* spp. оказался препарат Бисолбисан, также содержащий в составе споры *B. subtilis* (ингибирующее действие равно $28 \pm 10\%$). Стоит отметить, что среди всех проанализированных биологических препаратов Витаплан характеризовался наименьшей концентрацией биологического агента в рабочем растворе – 1×10^9 КОЕ/л.

Ранее среди 8-ми изученных биологических агентов – штаммов бактерий родов *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* и грибов *Trichoderma*, – штаммы *B. thuringiensis* и *Trichoderma* sp. наиболее эффективно ингибировали прорастание спор *A. solani* [27]. В нашем исследовании штаммы *B. amyloliquefaciens* и *B. subtilis* в составе 2-х био-

препаратов продемонстрировали эффективность ингибирования роста грибов *Alternaria*, сопоставимую с показателями химических препаратов. Известно, что бактерии *Bacillus* могут образовывать вторичные метаболиты с антифунгальной активностью в отношении широкого спектра грибов [28], в т.ч. циклические липопептиды, белки [29] и летучие органические соединения (ЛОС) [30]. Показано, что ЛОС, продуцируемые бактериями *B. amyloliquefaciens*, ограничивают рост мицелия и ингибируют прорастание спор *A. solani* [30], и могут быть использованы как биорациональные пестициды для защиты растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате лабораторной оценки действия 19 фунгицидов показано, что все проанализированные препараты подавляли рост грибов *Alternaria*: ингибирующее действие химических и биологических фунгицидов варьировало в диапазоне 33–80 и 20–66% соответственно.

Среди 10 химических фунгицидов препараты Дискор и Ревус Топ, содержащие дифеноконазол и мандипропамид, а также препарат Луна Транквилити на основе пириметанила и флуопирама наиболее эффективно подавляли рост грибов *A. solani* и *A. tenuissima*. При этом широко используемые в схемах защиты картофеля от болезней препараты на основе манкоцеба не были столь эффективными, особенно в отношении вида *A. tenuissima*.

Среди 9-ти биологических препаратов наиболее активными в отношении грибов *Alternaria* оказались препараты БФТИМ КС-2 и Витаплан на основе *B. amyloliquefaciens* и *B. subtilis*, их эффективность была сопоставима с многими анализированными химическими препаратами. Препарат БФТИМ КС-2 на данный момент не имеет регистрации к применению на посадках картофеля в защите от альтернариоза.

Полученные результаты дали оценку действия химических и биологических препаратов на рост чистых культур грибов *Alternaria* – возбудителей альтернариоза. Необходимо проведение полевых испытаний препаратов в регионах возделывания культуры с разными природно-климатическими условиями, для создания адекватной стратегии защиты картофеля от альтернариоза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*. СПб.: ВИЗР, 2011. 70 с.
2. Воловик А.С., Литун Б.П. Вредоносность заболеваний картофеля // Защита растений. 1975. № 7. С. 4–6.
3. Kuczynska J. Wplyw niektorich czynnikow na wystepowanie i szkodliwosc alternariozi ziemniaka // Biul. Inst. Ziemn. 1992. V. 41. P. 73–87.
4. Иванюк В.Г., Банадысев С.А., Журомский Г.К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Минск: Белорусский НИИ картофелеводства, 2003. 550 с.
5. Olanya O.M., Honeycutt C.W., Larkin R.P., Griffin T.S., He Z., Halloran J.M. The effect of cropping systems and irrigation management on development of potato early blight // J. Gener. Plant Pathol. 2009. V. 75. P. 267–275.
6. Yellareddygar S.K.R., Taylor R.J., Pasche J.S., Zhang A., Gudmestad N.C. Predicting potato tuber yield loss due to early blight severity in the Midwestern United States // Europ. J. Plant Pathol. 2018. V. 152 (1). P. 71–79.
7. Квасникова М.С. Устойчивость сортов и гибридов картофеля к макроспориозу в полевых условиях лесостепной зоны Приморского края // Картофель на Дальнем Востоке. Владивосток, 1976. С. 152–154.
8. Коняева Н.М., Золотарева Е.В., Куликова Г.А., Локтина Г.И. Возбудители грибных болезней картофеля // Возбудители болезней сельскохозяйственных растений Дальнего Востока. М.: Наука, 1980. С. 265–268.
9. Ганнибал Ф.Б. Видовой состав, таксономия и номенклатура возбудителей альтернариоза листьев картофеля // Вестн. защиты раст. 2007. № 5. С. 142–148.
10. Орина А.С., Ганнибал Ф.Б., Левитин М.М. Видовое разнообразие, биологические особенности и география грибов рода *Alternaria*, ассоциированных с растениями семейства *Solanaceae* // Микол. и фитопатол. 2010. Т. 44. № 2. С. 150–159.
11. Смух В.В., Шпанев А.М. Изучение влияния минерального питания на развитие и вредоносность альтернариоза картофеля на Северо-Западе России // Агротех. вестн. 2020. № 6. С. 43–47.
12. Денискина Н.Ф., Ивашова О.Н., Дыйканова М.Е., Гаспарян И.Н., Левшин А.Г. Устойчивость сортов картофеля раннего к альтернариозу в Центральном регионе // Защита и карантин раст. 2021. № 5. С. 40–41.
13. Мельникова Е.С., Мелькумова Е.А., Кузнецова М.А. Пути снижения вредоносности альтернариоза картофеля // Вестн. Воронеж. ГАУ. 2011. № 4 (31). С. 30–32.
14. Деренко Т.А., Кузнецова М.А., Сметанина Т.И., Козловский Б.Е., Филиппов А.В. Влияние припосадочного внесения Квадриса на снижение вредоносности фитофтороза и альтернариоза картофеля в период вегетации растений // Защита картофеля. 2014. № 1. С. 39–40.
15. Приходько Е.С., Хохлов В.П., Бибик Т.С., Россинская Т.М., Селицкая О.В., Смирнов А.Н. Влияние метеословий на развитие патоконплекса *Alternaria–Fusarium* в посадках картофеля // Достиж. науки и техн. АПК. 2019. Т. 33. № 1. С. 14–22.

16. Кузнецова М.А., Денисенков И.А., Рогожин А.Н., Сметанина Т.И., Демидова В.Н., Стацюк Н.В. Определение оптимальной стратегии защиты картофеля от альтернариоза в условиях эпифитотии // Сб. ст. по мат-лам II Международ. научн.-практ. конф. "Современные подходы и методы в защите растений". Екатеринбург, 2020. С. 40–41.
17. Сергиенко В.Г., Богданович С.В. Оценка токсикологического действия фунгицидов на возбудителя альтернариоза картофеля // Картофелеводство. Сб. научн. тр. Минск, 2008. Т. 14. С. 440–446.
18. Смух В.В., Шпанев А.М. Проблемы химической защиты посадок картофеля от альтернариоза // Сб. ст. по мат-лам II Международ. научн.-практ. конф. "Современные подходы и методы в защите растений". Екатеринбург, 2020. С. 50–51.
19. Алдиба А.Ш., Еськов И.Д. Влияние обработки различными микроорганизмами на развитие альтернариоза (*Alternaria solani*) и урожайность картофеля // Аграрн. научн. журн. 2021. № 3. С. 4–8.
20. Байрамбеков Ш.Б., Корнева О.Г. Биопрепараты против альтернариоза картофеля // Защита и карантин раст. 2009. № 8. С. 30–31.
21. Побединская М.А., Плуталов П.Н., Романова С.С., Кокаева Л.Ю., Николаев А.В., Александрова А.В., Еланский С.Н. Устойчивость возбудителей альтернариоза картофеля и томата к фунгицидам // Микол. и фитопатол. 2012. Т. 46. № 6. С. 401–408.
22. Tymon L., Johnson D. Fungicide resistance of two species of *Alternaria* from potato in the Columbia Basin of Washington // Plant Disease. 2014. V. 98. P. 1648–1653.
23. Ding S., Halterman D., Meinholz K., Gevens A. Distribution and stability of qoi fungicide resistance in populations of potato pathogenic *Alternaria* spp. in Wisconsin // Plant Disease. 2019. P. 103.
24. Horsfield A., Wicks T., Davies K. Effect of fungicide use strategies on the control of early blight (*Alternaria solani*) and potato yield // Austral. Plant Pathol. 2010. V. 39. P. 368–375.
25. Fairchild K., Miles T., Wharton P. Assessing fungicide resistance in populations of *Alternaria* in Idaho potato fields // Crop Protect. 2013. V. 49. P. 31–39.
26. Pasche J.S., Piche L.M., Gudmestad N.C. Effect of the F129L mutation in *Alternaria solani* on fungicides affecting mitochondrial respiration // Plant Disease. 2005. V. 89. P. 269–278.
27. Aldiba A., Escov I. Biological control of early blight on potato caused by *Alternaria solani* by some bioagents // Proceed. 1st Inter. Symp. Innovat. Life Sci. (ISILS 2019). 2019. P. 103–107.
28. Chaurasia B., Pandey A., Palni L.M.S., Trivedi P., Kumar B., Colvin N. Diffusible and volatile compounds produced by an antagonistic *Bacillus subtilis* strain cause structural deformations in pathogenic fungi in vitro // Microbiol. Res. 2005. V. 160. P. 75–81.
29. Kim P., Bai H., Bai D., Chae H., Chung S., Kim Y. et al. Purification and characterization of a lipopeptide produced by *Bacillus thuringiensis* CMB26 // J. Appl. Microbiol. 2004. V. 97. P. 942–949.
30. Zhang D., Yu S., Yang Y., Zhang J., Zhao D., Pan Y., Fan S., Yang Z., Zhu J. Antifungal effects of volatiles produced by *Bacillus subtilis* Against *Alternaria solani* in potato // Front. Microbiol. 2020. V. 11. P. 1196.

Activity of Chemical and Biological Fungicides against *Alternaria* Pathogenes Caused Early Blight of Potato

A. S. Orina^{a,#}, A. V. Khiutti^a, and A. M. Shpanev^a

^aAll-Russian Institute of Plant Protection
shosse Podbel'skogo, 3, Saint-Petersburg 196608, Russia

[#]E-mail: orina-alex@yandex.ru

Early blight is one of the most common potato diseases in the world which can cause yield losses of 10–50%. In Russia the area of early blight high severity coincides with the range of the most pathogenic species *Alternaria solani*, while another pathogen *A. tenuissima* is found throughout the potato growing area. The most effective method of early blight control is a chemical protection. However, modern approaches to plant protection also involve the use of biological agents. In this study the effect of 10 chemical and 9 biological fungicides on *Alternaria* pathogens caused potato early blight was evaluated in laboratory condition. The inhibitory effect of chemical and biological fungicides on the growth of *Alternaria* fungi varied in the range of 33–80% and 20–66%, respectively. Diskor and Revus Top fungicides containing difenoconazole and mandipropamide, as well as Luna Tranquility based on pyrimethanil and fluopyram, most effectively suppressed the growth of *Alternaria* fungi (inhibitory effect 68–80%). Among biological fungicides BFTIM KS-2 and Vitaplan containing *Bacillus amyloliquefaciens* and *B. subtilis* were the most effective in *Alternaria* spp. growth inhibition (60–66%). The obtained results precede the field trials of fungicides in the regions of potato cultivation with different climatic conditions for creation of adequate strategy for early blight control.

Key words: early blight, potato, *Alternaria solani*, *Alternaria tenuissima*, fungicide effect, chemical plant protection, biological agents.