DOI 10.33952/2542-0720-2020-2-22-188-197
УДК 632.4.01/.08:632.952:632.95.025.8

Якуба Г. В., Астапчук И. Л., Насонов А. И.

ДЕЙСТВИЕ ФУНГИЦИДОВ *IN VITRO* НА ГРИБЫ РОДА *FUSARIUM* LINK, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ГНИЛЬ СЕРДЦЕВИНЫ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

Реферат. *Увеличение вредоносности нового для Северо-Кавказского региона опасного заболевания яблони – гнили сердцевины плодов – и расширение видового состава его возбудителей делает актуальным изучение эффективности фунгицидов в отношении отдельных видов лабораторными методами с использованием чистых культур грибов. Цель исследований – определение эффективности ряда фунгицидов химического происхождения in vitro против некоторых видов рода Fusarium Link, которые являются возбудителями гнили сердцевины плодов яблони. Исследования выполнены в 2019–2020 гг. в лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов ФГБНУ СКФНЦСВВ. Объекты исследований: виды рода Fusarium, выделенные из семенной камеры пораженных плодов яблони: F. avenaceum (Fr.) Sacc., F. solani (Mart.) Sacc. и F. semitectum Berk. & Ravenel. Изучено влияние на рост культуры грибов химических фунгицидов различного механизма действия: «Хорус» ВДГ (750 г/кг ципродинила), – 0,025 % (концентрация по препарату); «Луна Транквилити», КС (125 г/л флуопирама + 375 г/л пириметанила) – 0,12 %; «Грануфло», ВДГ (800 г/кг тирама) – 0,30 %; стандарт – «Скор», КЭ (250 г/л дифеноконазола) – 0,035 %; контроль – дистиллированная вода. Эксперименты для всех препаратов проводили на картофельно-глюкозном агаре, а для фунгицидов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС дополнительно на синтетической среде Leroux, не содержащей аминокислот. В условиях in vitro установлена высокая (90–100 %) биологическая эффективность четырех препаратов против F. avenaceum (Fr.) Sacc. Против видов F. solani (Mart.) Sacc. и F. semitectum Berk. & Ravenel. недостаточную эффективность проявили препараты «Луна Транквилити», КС (21,9 и 24,0 %), «Грануфло», ВДГ (17,3 и 17,8 %); в случае препарата «Хорус», ВДГ (4,1 и 6,6 %) можно говорить об отсутствии чувствительности к фунгициду у изученных видов. Фунгицид «Скор» КЭ ингибировал рост F. solani и F. semitectum на 72 %. Для препаратов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС не отмечено значимого влияния состава среды на степень чувствительности к ним грибов F. solani и F. avenaceum. Приведённые результаты являются первым сообщением о чувствительности к фунгицидам возбудителей гнили сердцевины плодов из рода Fusarium Link и указывают на высокую видоспецифичность эффективности различных химических фунгицидов в отношении этих видов.*

Ключевые слова: *яблоня Malus domestica Borkh., семенная камера, Fusarium, фунгициды, in vitro, эффективность.*

Введение

В производстве плодов яблоня занимает первое место, как в Северо-Кавказском регионе, так и в мире. Существенное снижение урожайности и качества продукции происходит, прежде всего, в результате поражения плодов микозами. В настоящее время к наиболее опасным из них относится гниль сердцевины (семенной камеры) плода. Заболевание вызывает комплекс полупаразитных грибов; среди возбудителей зарегистрированы несколько видов рода *Fusarim* Link, а также виды рода *Alternaria* Nees [1–4]. Гниль семенной камеры чаще всего обнаруживается лишь при разрезании плодов. Заражение яблони еще в период цветения с дальнейшим, зачастую бессимптомным, развитием болезни затрудняет своевременную выбраковку

некачественной продукции. В иностранной литературе меры контроля заболевания касаются видов рода *Alternaria* [5]. Для вида *Alternaria alternata* (Fr.: Fr.) Keissler нами разработана система защиты на основании тестирования эффективности фунгицидов *in vitro*. Препараты «Полирам ДФ» (700 г/кг метирама), ВДГ, «Строби» (500 г/кг крезоксим-метила), ВДГ и «Хорус» (750 г/кг ципродинила), ВДГ обладали 100 % фунгитоксическим действием в отношении возбудителя [6]. С увеличением распространенности болезни в насаждениях яблони региона и расширением состава комплекса патогенов, участвующих в инфицировании цветков, в первую очередь за счет видов рода *Fusarim* [4], отмечено снижение в полевых условиях эффективности фунгицидов, применяемых в контроле заболевания. Это влечет за собой увеличение количества обработок, и, следовательно, повышение пестицидной нагрузки на агроценоз, что на плодовых и ягодных культурах особенно недопустимо, а также приводит к разбалансировке всего комплекса биологических, химических и физиологических процессов в растениях и почве [7]. В связи с этим необходим постоянный мониторинг эффективности фунгицидов против возбудителей болезни. Поскольку в случае данного патогенеза сердцевина плодов оказывается инфицированной несколькими видами грибов одного или разных родов, не все применяемые фунгициды проявляют одинаковую эффективность в контроле болезни. В литературе имеется крайне мало сведений об эффективности химических препаратов, применяемых для защиты растений от комплекса патогенов рода *Fusarim* Link. Не всегда возможно оценить эффективность ингибирования химическими препаратами конкретного вида гриба, кроме того, многие фитопатогены могут приобретать определенный уровень резистентности к фунгицидам. По этой причине возникает необходимость изучения эффективности препаратов в отношении отдельных видов с помощью лабораторных методов с использованием чистых культур грибов. Метод *in vitro* позволяет в достаточно короткие сроки оценить эффективность химических препаратов против возбудителей болезней, в частности грибов рода *Fusarium* [8–10]. Данным методом изучена реакция грибов из рода *Fusarim* на однокомпонентные фунгициды с действующими веществами (д. в.) дифеноконазол, флудиоксонил, тебуконазол, крезоксим-метил, азоксистробин, а также на двухкомпонентные препараты – тебуконазол + тиабендазол, тебуконазол + протиоконазол, тебуконазол + имазалил, тиабендазол + флутриафол [10–13].

Нами не найдены сообщения об оценке эффективности фунгицидов *in vitro* на видах рода *Fusarim* Link, возбудителях гнили сердцевины плодов яблони. Однако в научной литературе обширно представлены результаты по чувствительности к фунгицидам в лабораторных условиях видов этого рода, возбудителей болезней зерновых и других сельскохозяйственных культур. Результаты *in vitro* экспериментов российских коллег показали, что фунгицид «Колосаль» (д. в. – тебуконазол), КЭ способен ограничивать рост и токсинообразование (токсин Т-2) гриба *F. sporotrichioides* Sherb. – возбудителя фузариоза зерна пшеницы [12]. Фунгицид «Спартак» (д. в. – гидроокись меди), КС способен ингибировать развитие видов *F. acuminatum* Ellis & Verh, *F. culmorum* (W. G. Smith) Sacc. и *F. sporotrichioides* на 92,7–100 % [9]. Изучение фунгицидной активности о-фенилендиамина на шести грибах рода *Fusarium* – возбудителях наиболее широко распространенных в Центральном регионе России заболеваний сельскохозяйственных растений, показало сокращение роста мицелия на 22 % у *F. oxysporum* Schlecht. и 48 % ингибирования *F. moniliforme* J. Sheld. [14].

Литературные данные свидетельствуют, что триазолы проявляют неодинаковую эффективность в отношении фузариевых грибов. Имеются данные, что наиболее эффективными действующими веществами против патогенов родов *Fusarium* являются тиабендазол (класс бензимидазолов) и имазалил (класс

имидазолов), КЭ; например, в рекомендованной концентрации двухкомпонентный препарат «Скарлет» (100 г/л имазалила + 60 г/л тебуконазола), МЭ обеспечивал 100 % подавление прорастания конидий *Fusarium sp.* В то же время тебуконазол и протиоконазол демонстрируют только слабый эффект подавления, а флутриафол стимулирует рост и развитие *Fusarium sp.* [13]. Ильюк А. Г. (2008) сообщает о высокой чувствительности изолятов *F. avenaceum*, выделенных с зерновых культур, по отношению к препаратам, содержащим триазолы: к «Альто-супер» (250 г/л пропиконазола + 80 г/л ципроконазола), КЭ, а также к «Фалькону» (167 г/л тебуконазола + 43 г/л триадименола + 250 г/л спироксамина), КЭ [19].

Как известно, применение моносайтовых фунгицидов может приводить к появлению природных штаммов, проявляющих резистентные свойства к химическим препаратам. Результаты исследований Буланова А. Г. и других [11] свидетельствуют о том, что рекомендуемая доза фунгицида «Максим» (25 г/л флудиоксонила), КС не оказывает воздействия на *F. oxyspsorum* при росте на агаризованной среде. Возникновение такой устойчивости говорит о приобретенной метаболической резистентности микроорганизма.

Анализ литературы указывает на то, что возбудители *Fusarium sp.* являются патогенами с потенциально высокими уровнями устойчивости и вызывают необходимость постоянного мониторинга эффективности химических препаратов против данных патогенов в культуре *in vitro,* что является актуальным и для возбудителей гнили сердцевины плодов яблони.

Цель исследований – определить эффективность фунгицидов химического происхождения *in vitro* против некоторых видов рода *Fusarium*, возбудителей гнили сердцевины плодов яблони.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в 2019–2020 гг. в лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов ФГБНУ СКФНЦСВВ. Объектами исследования являлись чистые культуры видов: *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., а также впервые обнаруженных и выделенных в 2019 г. из семенной камеры пораженных плодов яблони *F. solani* (Mart.) Sacc. и *F. semitectum* Berk. & Ravenel. Предмет исследования – эффективность фунгицидов против этих возбудителей. В работе изучено действие фунгицидов: «Хорус» (750 г/кг ципродинила), ВДГ – 0,025 % (концентрация по препарату); «Луна Транквилити» (125 г/л флуопирама + 375 г/л пириметанила), КС – 0,12 %; «Грануфло» (800 г/кг тирама), ВДГ – 0,30 %; стандартом служил «Скор» (250 г/л дифеноконазола), КЭ – 0,035 %, контролем – дистиллированная вода. Растворы фунгицидов готовили из расчёта концентраций, рекомендуемых производителем, следующим образом: на 100 мл стерильной воды добавляли: 120 мкл «Луна Транквилити», КС; 35 мкл «Скор», КЭ; 300 мкл «Грануфло», ВДГ; 25 мкл «Хорус», ВДГ. Водные растворы препаратов готовили в день эксперимента и использовали свежими. В каждую чашку Петри наносили по 300 мкл водного раствора препарата или воды и равномерно распределяли стерильным стеклянным шпателем по поверхности питательного агара. Посев изолятов данных видов производили небольшим кусочком воздушного мицелия уколом в центр чашки Петри на среду КГА (картофельно-глюкозный агар) в трехкратной повторности. В связи с особенностями механизма действия некоторых химических групп веществ на фитопатогенные грибы для проверки их биологической эффективности требуется использование специальных синтетических сред. Известно, что механизм действия группы фунгицидов, относящихся к анилинопиримидинам, основан на нарушении биосинтеза аминокислоты метионина [15]. Для выявления чувствительности грибов к этим фунгицидам некоторые исследователи рекомендуют использовать бедные питательные среды, лишенные аминокислот. В составах этих сред важно избегать

присутствия таких сложных природных компонентов, как белковые гидролизаты, дрожжевой экстракт или солод, а также вытяжки и отвары из картофеля [16]. В связи с этим для дополнительного изучения эффективности фунгицидов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС, содержащих компоненты из класса анилинопиримидинов, против патогенов *F. avenaceum* и *F. solani* использовали синтетическую питательную среду Leroux следующего состава: 10 г глюкозы, 2 г K_2HP0_4, 2 г KH_2P0_4 и 12,5 г микробиологического агара на 1 л дистиллированной воды [17]. Полученные опытные и контрольные посевы ставили в термостат на семь суток и инкубировали при 25 °С. Критерием оценки биологической эффективности (БЭ) препаратов служила средняя скорость роста (см) колонии гриба (воздушного мицелия), анализ которой проводили по общепринятой методике [8]. Все процедуры, связанные с манипуляциями с чистыми культурами, проводили в стерильных условиях.

Результаты и их обсуждение

Все изученные фунгициды в разной степени вызвали ингибирование роста воздушного мицелия анализируемых видов рода *Fusarium* (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Влияние фунгицидов на мицелиальный рост *F. avenaceum, F. solani* и *F. semitectum in vitro* на среде КГА

Вариант опыта	*F. avenaceum*		*F. solani*		*F. semitectum*	
	Рост культуры, см	БЭ*, %	Рост культуры, см	БЭ, %	Рост культуры, см	БЭ, %
Контроль	5,0	-	7,3	-	7,5	-
«Хорус», ВДГ	0	100	7,0	4,1	7,0	6,6
«Луна Транквилити», КС	0	100	5,7	21,9	5,7	24,0
«Грануфло», ВДГ	0,5	90	6,0	17,8	6,2	17,3
«Скор», КЭ – стандарт	0,5	90	2,0	72,6	1,8	76,0
$НСР_{05}$	1,95		1,06		1,11	

Примечание. ** БЭ – биологическая эффективность.*

Наибольшую чувствительность ко всем тестируемым препаратам проявил *F. avenaceum*. Препараты «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС показали полное подавление роста мицелия этого вида.

Как отмечено выше, один из компонентов фунгицида «Луна Транквилити», КС – пириметанил – входит в химический класс анилинопиримидинов, к которому также относится действующее вещество препарата «Хорус», ВДГ – ципродинил. Можно предположить наличие эффективности других действующих веществ из класса анилинопиримидинов в отношении *F. avenaceum.*

Два других вида – *F. semitectum* и *F. solani* – характеризовались низкой чувствительностью к фунгицидам «Хорус», ВДГ, «Луна Транквилити», КС и «Грануфло», ВДГ. Так, к препарату «Хорус», ВДГ они были практически не чувствительны. Фунгициды «Луна Транквилити», КС и «Грануфло», ВДГ слабо подавляли рост мицелия грибов: их биологическая эффективность варьировала от 17 % до 24 %. Конечно, при таких значениях показателя эффективности, полученных в лабораторных условиях, данные препараты не способны обеспечить эффективный контроль этих патогенов и в условиях поля. Максимальная биологическая эффективность для этих видов была отмечена только у фунгицида-стандарта. Однако препарат «Скор», КЭ действовал на рост грибов *F. solani* и *F. semitectum* слабее, чем на рост *F. avenaceum.*

Для подтверждения эффективности препаратов, содержащих действующие вещества анилинопиримидинового класса («Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС), в отношении *F. avenaceum* и отсутствия эффективности их в отношении *F. solani* были

также проведены опыты на синтетической среде Leroux, которая не содержит источники аминокислот.

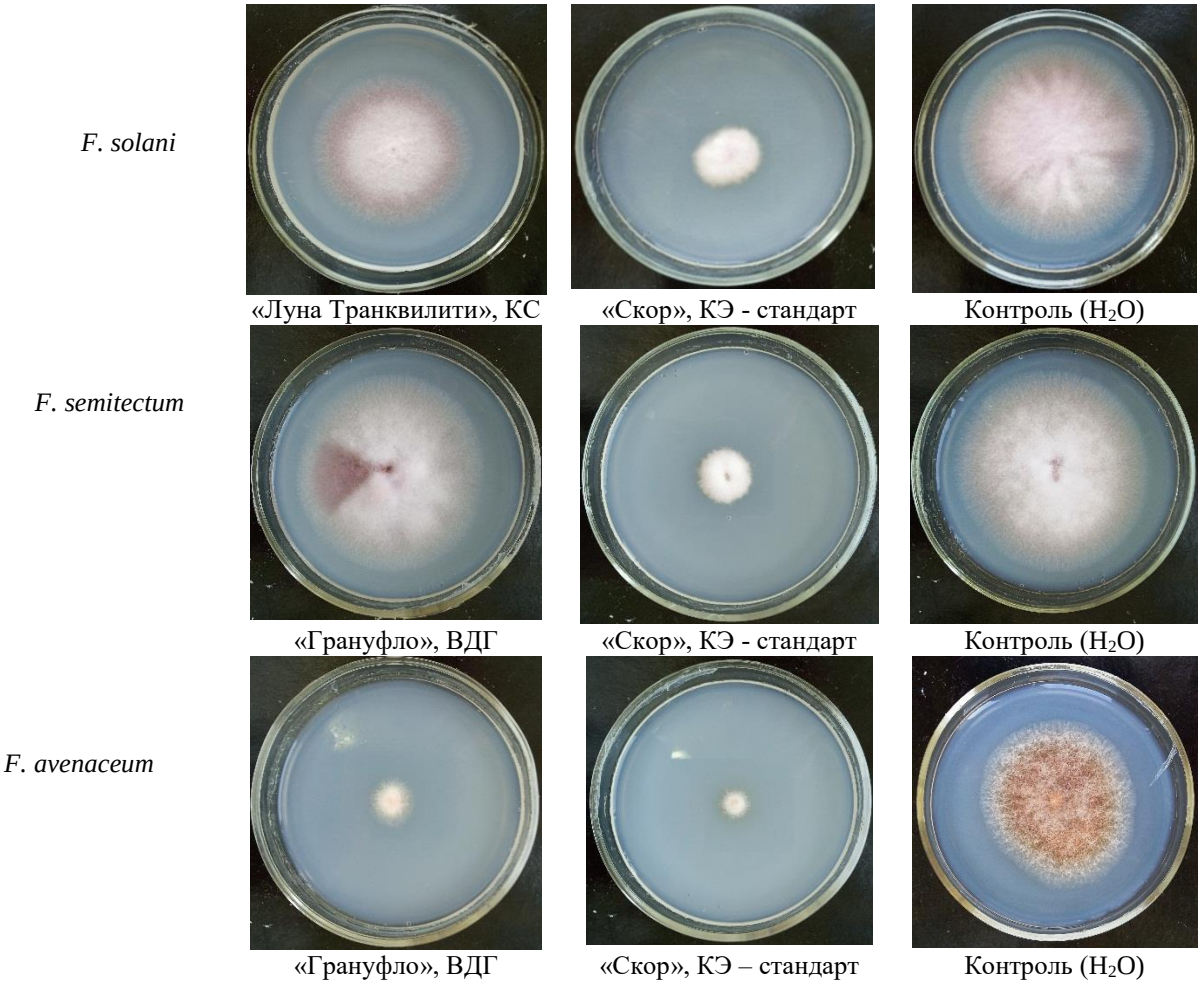

Рисунок 1 – Влияние некоторых фунгицидов на рост мицелия *F. solani*, *F. semitectum* и *F. avenaceum in vitro* (седьмые сутки) на КГА

В целом, для этой среды отмечен менее интенсивный рост как воздушного, так и субстратного мицелиев обоих видов рода *Fusarium,* по сравнению с картофельно-глюкозной питательной средой, что связано с меньшим количеством питательных веществ в ней. Изучение действия этих фунгицидов на синтетической среде Leroux на *F. avenaceum* показало 100 %-ю эффективность, как и на среде КГА (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние фунгицидов на мицелиальный рост *F. avenaceum* и *F. solani* *in vitro* на среде Leroux

Вариант опыта	*F. solani*		*F. avenaceum*	
	Рост культуры, см	БЭ*, %	Рост культуры, см	БЭ, %
Контроль (H_2O)	6,5	-	2,7	-
«Хорус», ВДГ	6,3	3,0	0	100
«Луна Транквилити», КС	4,0	38,4	0	100
$НСР_{05}$	1,23		1,88	

Примечание. ** БЭ – биологическая эффективность.*

Патоген *F. solani* на синтетической среде проявил низкую чувствительность к препарату «Хорус», ВДГ. Таким образом, биологическая эффективность против него у фунгицида «Хорус», ВДГ была идентичная эффективности на КГА. При этом БЭ

фунгицида «Луна Транквилити», КС на данной среде для изученного патогена была выше на 16,5 % чем на КГА. Однако, в целом это недостаточная эффективность для подавления данного штамма. Влияние среды на проявление фунгистатического действия препарата, в данном случае, не может быть доказано, ввиду незначимости полученных различий.

Как показал анализ литературных источников, оценку чувствительности фитопатогенных грибов *in vitro* к фунгицидам из группы анилинопиримидинов некоторые исследователи проводили с использованием синтетических сред, не содержащих аминокислоты. Так, для классического объекта *Botrytis cinerea* Fr. (teleomorph *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel.), на котором был изучен биохимический способ действия этих фунгицидов, показано, что ингибирующая активность анилинопиримидинов *in vitro* была низкой на питательных средах, содержащих сложные компоненты, такие, как дрожжевой или солодовый экстракт, тогда как рост на минимальных по составу средах увеличивал чувствительность изолятов *B. cinerea* более, чем в 100 раз [20, 21]. Между тем, некоторые исследователи показали отсутствие влияния состава питательных сред на степень ингибирования мицелиального роста на таких грибах, как *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter [22] и *Fusarium oxysporum, F. sp. lycopersici* [23], что согласуется с полученными нами в этой работе данными.

В наших исследованиях дифеноконазол оказался наиболее эффективным из испытанных действующих веществ, оказав значительный ингибирующий эффект на рост колоний изолятов *F. avenaceum, F. solani и F. semitectum*.

Высокая эффективность дифеноконазола в отношении различных видов фитопатогенных грибов рода *Fusarium,* в том числе к исследованным нами *F. avenaceum, F. solani,* в *in vitro* экспериментах показана рядом исследователей [24, 25].

Выводы

Впервые проведено лабораторное исследование чувствительности некоторых видов рода *Fusarim* Link – возбудителей гнили семенной камеры плодов яблони к фунгицидам. Определение эффективности четырех химических препаратов в отношении *F. solani, F. semitectum* и *F. avenaceum in vitro* показало вариацию чувствительности изученных видов к фунгицидам «Хорус», ВДГ, «Луна Транквилити», КС, «Грануфло», ВДГ и «Скор», КЭ. Установлена достаточная биологическая эффективность (90–100 %) всех изученных препаратов только для одного из исследованных видов – *F. avenaceum.* При этом максимальная эффективность получена у фунгицидов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС, действующие вещества которых относятся к химическому классу анилинопиримидинов.

Для видов *F. solani* и *F. semitectum* показаны отсутствие чувствительности к препарату «Хорус», ВДГ (эффективность 4,1 и 6,6 %) и устойчивость к действию фунгицидов «Луна Транквилити», КС (21,9 и 24,0 %) и «Грануфло», ВДГ (17,3 и 17,8 %). Только «Скор», КЭ ингибировал рост изолятов этих видов *in vitro* на 70 %. Для препаратов «Хорус», ВДГ и «Луна Транквилити», КС не отмеченного значимого влияния состава среды на степень чувствительности к ним грибов *F. solani* и *F. avenaceum*. Полученные данные указывают на высокую видоспецифичность эффективности различных химических фунгицидов в отношении видов рода *Fusarium spp.,* возбудителей гнили сердцевины плодов яблони, что требует дальнейших исследований.

Литература

1. Ellis M. B. More dematiaceous Hyphomycetes. England, Kew, Surrey: Common wealth Mycological Institute, 1976. 507 p.

2. Nirenberg H. I. Recent advances in the taxonomy of *Fusarium* // Studies in Mycology. 1990. No. 32. P. 91–101.

3. Якуба Г. В., Мищенко И. Г. Распространение грибов рода *Fusarium* на плодовых культурах юга России // Плодоводство и ягодоводство России. Т. 58. 2019. С. 206–211. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vstisp.org/vstisp/images/Contents-58_volume.pdf (дата обращения 01.06.2020)

4. Якуба Г. В., Астапчук И. Л., Насонов А. И. Видовая структура комплекса микромицетов, возбудителей гнили сердцевины плодов яблони Краснодарского края // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 60 (6). С. 148–162. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-6-60-148-162.

5. Ellis M. A., Barrat J. G. Colonization of Delicious apple fruits by *Alternaria* spp. and effect of fungicide sprays on moldy-core // Plant Diseases. 1983. Vol. 67. P. 150–152.

6. Якуба Г. В. Элементы тактики защиты яблони от альтернариоза // Сборник трудов ГНУ СКЗНИИСИВ «Оптимизация фитосанитарного состояния садов в условиях погодных стрессов». 2005. С. 251–254.

7. Арифова З. И. Влияние микробиологических препаратов на морфоструктуру, урожайность и качество ягод малины // Таврический вестник аграрной науки. 2019. Вып. 1 (17). С. 6–12. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-6-12.

8. Чекмарев В. В. Методика определения биологической эффективности фунгицидов в отношении грибов рода *Fusarium* и их резистентности к химическим препаратам. Тамбов: Принт–Сервис, 2015. 61 с.

9. Дубровская Н. Н., Гусев И. В., Чекмарев В. В. Применение чашечного метода для оценки эффективности фунгицидов в отношении грибов рода *Fusarium* // Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции «Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты». Кемерово: изд-во ООО «Западно-Сибирский научный центр», 2018. С. 215–217.

10. Чекмарев В. В., Дубровская Н. Н., Корабельская О. И., Бучнева Г. Н. Биологическая оценка фунгицидов *in vitro* // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 65–68.

11. Буланов А. Г., Титова Д. Г., Дмитриева Е. Н., Горюнова О. Б., Марквичев Н. С. Исследование действия фунгицидного препарата «Максим» на фитопатогенный микроорганизм *Fusarium oxysporum* // Успехи в химии и химической технологии. 2014. Т. 28. № 4 (153). С. 129–134.

12. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Кузин А. И., Кузнецова Н. И., Николаенко М. А., Азизбекян Р. Р. Влияние бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* на рост и токсинообразование гриба *Fusarium sporotrichioides* // Биотехнология. 2014. Т. 30. № 1. С. 32–37.

13. Хижняк С. В. Чувствительность фитопатогенных грибов рр. *Bipolaris* и *Fusarium* к фунгицидам разного химического состава // Вестник КрасГАУ. 2015. № 12 (111). С. 3–10.

14. Мухторов Л. Г., Песцов М. Б., Никишина Е. В., Иванова О. С., Половецкая Ю. М. Атрощенко Г. В. Исследование фунгицидной активности 2-амино-4,6-динитрофенола // Уральский научный вестник. 2018. Т. 2. № 4. С. 041–044.

15. Fritz R., Lanen C., Colas V., Leroux P. Inhibition of methionine biosynthesis in *Botrytis cinerea* by the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil // Pesticide Science. 1997. Vol. 49. No. 1. P. 40–46.

16. Leroux P., Chapeland F., Desbrosses D., Gredt, M. Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckeliana (Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards // Crop Protection. 1999. Vol. 18. P. 687–697.

17. Birchmore R. J., Forster B. FRAC methods for monitoring the sensitivity of *Botrytis cinerea* to anilino pyrimidine fungicides // EPPO Bulletin. 1996. Vol. 26 (1). P. 181–197.

18. Тютерев С. Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам // Вестник защиты растений. 2001. № 1. С. 38–53.

19. Ильюк А. Г. Чувствительность изолятов *Fusarium* spp. к некоторым фунгицидам // Тезисы докладов второго съезда микологов России «Современная микология в России». 2008. Т. 2. С. 293.

20. Hilber U. W., Schüepp H. A reliable method for testing the sensitivity of *Botryotinia fuckeliana* to anilinopyrimidies *in vitro* // Pestic. Sci. 1996. Vol. 47. P. 241–247.

21. Leroux P., Colas V., Fritz R., Lanen C. Interaction of the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil with amino acids and sulfur containing metabolites in *Botrytis cinerea*. Modern Fungicides and Antifungal Compounds. UK: Intercept, Andover, 1996. P. 61–67.

22. Köller W., Wilcox W. F., Parker D. M. Sensitivity of *Venturia inaequalis* populations to anilinopyrimidine fungicides and their contribution to scab management in New York // Plant disease. 2005. Vol. 89. No. 4. P. 357–365.

23. Akram S., Khan S. M., Khan M. F., Khan H. U., Tariq A., Umar U. U., Gill A. Antifungal activity of different systemic fungicides against *Fusarium oxysporum F. sp. lycopersici* associated with tomato wilt and emergence of resistance in the pathogen // Pakistan Journal of Phytopathology. 2018. Vol. 30. No. 2. P. 169–176.

24. Gachango E., Hanson L. E., Rojas A., Hao J. J., Kirk W. W. *Fusarium* spp. causing dry rot of seed potato tubers in Michigan and their sensitivity to fungicides // Plant Disease. 2012. Vol. 96. No. 12. P. 1767–1774.

25. Kopacki M., Wagner A. Effect of some fungicides on mycelium growth of *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. pathogenic to chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) // Agronomy Research. 2006. Vol. 4. P. 237–240.

References

1. Ellis M. B. More dematiaceous Hyphomycetes. England, Kew, Surrey: Common wealth Mycological Institute, 1976. 507 p.

2. Nirenberg H. I. Recent advances in the taxonomy of *Fusarium* // Studies in Mycology. 1990. No. 32. P. 91–101.

3. Yakuba G. V., Mishchenko I. G. Spread of Fusarium genus fungi on fruit crops of south Russia // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2019. Vol. 58. P. 206–211. [Electronic resource]. Access point: https://vstisp.org/vstisp/images/Contents-58_volume.pdf (reference's date 03.03.2020).

4. Yakuba G. V., Astapchuk I. L., Nasonov A. I. Specific structure of micromycetes complexes, causes of rots of apple fruits core in the Krasnodar region// Fruit growing and viticulture of South Russia. 2019. No. 60 (6). P. 148–162. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-6-60-148-162.

5. Ellis M. A., Barrat J. G. Colonization of Delicious apple fruits by *Alternaria* spp. and effect of fungicide sprays on moldy-core // Plant Diseases. 1983. Vol. 67. P. 150–152.

6. Yakuba G. V. Elements of tactics for protecting an apple tree from Alternariosis // Proceedings of the State Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making" "Optimization of the phytosanitary state of gardens under weather stresses". 2005. P. 251–254.

7. Arifova Z. I. Influence of microbiological preparations on morphostructure, yield, and quality of raspberries // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2019. Iss. 1 (17). P. 6–12. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-1-17-6-12.

8. Chekmarev V. V. Methodology for determining the biological effectiveness of fungicides against fungi of the genus *Fusarium* and their resistance to chemical preparations. Tambov: Print-Service, 2015. 61 p.

9. Dubrovskaya N. N., Gusev I. V., Chekmarev V. V. The use of the cup method to assess the effectiveness of fungicides against fungi of the genus *Fusarium* // Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference "Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects". Kemerovo: Publishing House LLC "West Siberian Scientific Center", 2018. P. 215–217.

10. Chekmarev V. V., Dubrovskaya N. N., Korabelskaya O. I., Buchneva G. N. Biological assessment of fungicides *in vitro* // Grain Economy of Russia 2017. No. 5 (53). P. 65–68.

11. Bulanov A. G., Titova D. G., Dmitrieva E. N., Goryunova O. B., Markvichev N. S. Research of action of fungicides "Maxim" on the phytopathogenis *Fusarium oxysporum* // Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2014. Vol. 28. No. 4 (153). P. 129–134.

12. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Kuzin A. I., Kuznetszova N. I., Nikolaenko M. A., Azizbekyan R. R. Influence of *Bacillus amyloliquefaciens* bacteria on growth and toxin formation in *Fusarium sporotrichioides* fungi // Biotechnology. 2014. Vol. 30. No. 1. P. 32–37.

13. Khizhnyak S. V. The sensitivity of phytopathogenic fungi of genera *Bipolaris* and *Fusarium* to fungicides of different chemical composition // Bulletin of KrasGAU. 2015. No. 12 (111). P. 3–10.

14. Mukhtorov L. G., Pesczov M. B., Nikishina E. V., Ivanova O. S., Poloveczkaya Yu. M. Atroshhenko G. V. The study of the fungicidal activity of 2-amino-4,6-dinitrophenol // Ural Scientific Herald. 2018. Vol. 2. No. 4. P. 041–044.

15. Fritz R., Lanen C., Colas V., Leroux P. Inhibition of methionine biosynthesis in *Botrytis cinerea* by the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil // Pesticide Science. 1997. Vol. 49. No. 1. P. 40–46.

16. Leroux P., Chapeland F., Desbrosses D., Gredt, M. Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards // Crop Protection. 1999. Vol. 18. P. 687–697.

17. Birchmore R. J., Forster B. FRAC methods for monitoring the sensitivity of *Botrytis cinerea* to anilino pyrimidine fungicides // EPPO Bulletin. 1996. Vol. 26 (1). P. 181–197.

18. Tyuterev S. L. Problems of resistance of phytopathogens to new fungicides // Herald of Plant Protection. 2001. No. 1. P. 38–53.

19. Ilyuk A. G. The sensitivity of the isolates *Fusarium spp.* to some fungicides // Abstracts of the Second Congress of Mycologists of Russia "Modern Mycology in Russia". 2008. Vol. 2. P. 293.

20. Hilber U. W., Schüepp H. A reliable method for testing the sensitivity of *Botryotinia fuckeliana* to anilinopyrimidies *in vitro* // Pestic. Sci. 1996. Vol. 47. P. 241–247.

21. Leroux P., Colas V., Fritz R., Lanen C. Interaction of the anilinopyrimidine fungicide pyrimethanil with amino acids and sulfur containing metabolites in *Botrytis cinerea*. Modern Fungicides and Antifungal Compounds. UK: Intercept, Andover, 1996. P. 61–67.

22. Köller W., Wilcox W.F., Parker D.M. Sensitivity of *Venturia inaequalis* populations to anilinopyrimidine fungicides and their contribution to scab management in New York // Plant disease. 2005. Vol. 89. No. 4. P. 357–365.

23. Akram S., Khan, S. M., Khan M.F., Khan H.U., Tariq A., Umar U.U., Gill A. Antifungal activity of different systemic fungicides against *Fusarium oxysporum* F. sp. *lycopersici* associated with tomato wilt and emergence of resistance in the pathogen // Pakistan Journal of Phytopathology. 2018. Vol. 30. No. 2. P. 169–176.

24. Gachango E., Hanson L. E., Rojas A., Hao J. J., Kirk W. W. *Fusarium* spp. causing dry rot of seed potato tubers in Michigan and their sensitivity to fungicides // Plant Disease. 2012. Vol. 96. No. 12. P. 1767–1774.

25. Kopacki M., Wagner A. Effect of some fungicides on mycelium growth of *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. pathogenic to chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) // Agronomy Research. 2006. Vol. 4. P. 237–240.

UDC 632.4.01/08: 632.952: 632.95.025.8

Yakuba G. V., Astapchuk I. L., Nasonov A. I.

IN VITRO ACTION OF FUNGICIDES ON FUNGI OF THE GENUS *FUSARIUM* LINK CAUSING CORE ROT OF APPLE-FRUIT

Summary. *An increase both in the severity of a dangerous apple disease, core rot of apple-fruit, which is new for the North Caucasus region, and in the species composition of its pathogens, makes it relevant to study the effectiveness of fungicides concerning certain species by laboratory methods using fungus pure cultures. The aim of the study was to determine the effectiveness of several fungicides of chemical origin in vitro against some species of the genus Fusarium Link, which are the causative agents of core rot of apple. Studies were performed in 2019–2020 in the Laboratory of biotechnological control of phytopathogens and phytophages, FSBSI "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making". Objects of the research: F. avenaceum (Fr.) Sacc., F. solani (Mart.) Sacc. and F. semitectum Berk. & Ravenel – species of the genus Fusarium Link isolated from the carpels of the affected apple fruit. The influence of chemical fungicides "Chorus" (cyprodinil, 750 g/kg), water soluble granules – 0.025 % (concentration of fungicide); "Luna Tranquility" (fluopyram, 125 g/l + pyrimethanil, 375 g/l), suspension concentrate – 0.12 %; "Granuflo" (tiram, 800 g/kg), water soluble granules – 0.30 % of on the growth of fungal culture was studied. Chemical fungicide "Score" (difenoconazole, 250 g/l), emulsifiable concentrate served as a standard; distilled water – as a control. The experiments for all preparations were carried out on potato-glucose agar; for "Chorus" and "Luna Tranquility" – on synthetic medium Leroux containing no amino acids. High biological efficacy (90–100 %) of four fungicides against F. avenaceum (Fr.) Sacc was established under in vitro conditions. "Luna Tranquility" (21.9 and 24.0 %) and "Granuflo" (17.3 and 17.8 %) showed insufficient effectiveness against species F. solani (Mart.) Sacc. and F. semitectum Berk. & Ravenel. In the case of "Chorus" (4,1 и 6,6 %), we can talk about the lack of sensitivity of the studied species to fungicide. Fungicide "Score", EC inhibited of F. solani and F. semitectum growth by 72 %. The composition of the medium had no significant effect on the degree of sensitivity of the fungi F. solani and F. avenaceum to preparations "Chorus", WSG and "Luna Tranquility", SC. These results are the first reports of the susceptibility of pathogens causing core rot of apple-fruit (genus Fusarium Link) to fungicides and indicate high species-specific effectiveness of various chemical fungicides against these species.*

Keywords: *apple-tree, Malus domestica Borkh., seed chamber, Fusarium, fungicides, in vitro, efficiency.*

Якуба Галина Валентиновна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: galyayaku@gmail.com.

Астапчук Ирина Леонидовна кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: Irina_astapchuk@mail.ru.

Насонов Андрей Иванович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350901, Россия, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39; e-mail: nasoan@mail.ru.

Yakuba Galina Valentinovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of biotechnological control of phytopathogens and phytophages, FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”; 39, 40-letya Pobedy str., Krasnodar, 350901, Russia: e-mail: galyayaku@gmail.com.

Astapchuk Irina Leonidovna, Cand. Sc. (Biol.), researcher of the Laboratory of biotechnological control of phytopathogens and phytophages, FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”; 39, 40-letya Pobedy str., Krasnodar, 350901, Russia: e-mail: Irina_astapchuk@mail.ru.

Nasonov Andrey Ivanovich, Cand. Sc. (Biol.), head of the Laboratory of biotechnological control of phytopathogens and phytophages, FSBSI “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making”; 39, 40-letya Pobedy str., Krasnodar, 350901, Russia: e-mail: nasoan@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 03.03.2020.
Дата принятия к печати – 30.05.2020.