

В.С. Комардина, Е.В. Васеха, Р.И. Плескацевич

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВОЗБУДИТЕЛЯ ПАРШИ ЯБЛОНИ ГРИБА *VENTURIA INAEQUALIS* К КРЕЗОКСИМ-МЕТИЛУ В ПРОМЫШЛЕННЫХ САДАХ БЕЛАРУСИ

Дата поступления статьи в редакцию: 21.04.2022

Рецензент: канд. биол. наук Пилат Т.Г.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований, проведенных в 2019–2020 гг., по мониторингу резистентности возбудителя парши яблони к крезоксим-метилу в промышленных садах республики. Оценено влияние трехкратного применения монокомпонентных и комбинированных фунгицидов из класса стробилурины на чувствительность гриба *V. inaequalis* к крезоксим-метилу, и дана оценка их биологической эффективности в контроле парши яблони.

Ключевые слова: яблоня, парша, чувствительность, фунгициды, стробилурины, биологическая эффективность.

Введение. Парша яблони, вызываемая грибом *Venturia inaequalis* Wint., является одной из наиболее экономически значимых болезней этой культуры, развитие которой приводит к существенному снижению урожайности и ухудшению товарных качеств плодов. В садах, где защитные мероприятия минимальные, практически ежегодно отмечается её эпифитотийное развитие. Ввиду отсутствия длительной устойчивости к парше у большинства сортов яблони, выращиваемых в промышленных садах республики, тактика защиты от болезни в основном заключается в многократном применении фунгицидов. Для эффективного контроля парши на восприимчивых сортах яблони (Ай-даред, Джонаголд, Чемпион, Голден Делишес и др.) проводится 15 и более фунгицидных обработок за вегетационный сезон, что может приводить к селекции резистентных форм у гриба *V. inaequalis* [5, 7, 11]. Присутствие в популяции резистентных или со сниженной чувствительностью к фунгицидам штаммов значительно усложняет контроль болезни [8, 10].

В системах защиты плодовых культур от болезней повсеместно применяются стробилурины, относящиеся к классу QoI-фунгицидов (Quinone outside Inhibitors), которые на яблоне впервые были зарегистрированы в 1996 году [4, 10]. Поскольку стробилурины ингибируют

только одну биохимическую реакцию в грибах – перенос электронов в митохондриях на участке цитохрома b, эти препараты могут быстро потерять эффективность из-за возникновения к ним резистентности у фитопатогенов. По данным европейских и американских исследователей уже после 4-х лет активного применения стробилуринов два и более раз за сезон отмечено появление устойчивых штаммов гриба *V. inaequalis* [6, 10].

В Беларуси с 2000-х годов стробилурины (с действующими веществами (д.в.) крезоксим-метил и пиракlostробин) применяются для защиты яблони от болезней, при этом уже с 2006 г. отмечено снижение чувствительности возбудителя парши гриба *V. inaequalis* к крезоксим-метилу [9]. В настоящее время ассортимент фунгицидов из класса стробилуринов, применяемых на яблоне, представлен тремя действующими веществами: крезоксим-метил, трифлостробин и пиракlostробин.

По литературным данным при систематическом и многократном применении фунгицидов у фитопатогенов может развиваться перекрестная устойчивость к препаратам из одного химического класса, в связи с чем мониторинг чувствительности популяций гриба *V. inaequalis* к широко применяемым фунгицидам остается актуальным [4, 8].

Целью исследований являлось изучение чувствительности возбудителя парши яблони к фунгицидам с д.в. крезоксим-метил и оценка их эффективности в ограничении развития болезни в промышленных садах республики.

Материалы и методы проведения исследований. Материалом для исследований являлись пораженные паршой листья, отобранные с разных сортов яблони, во время маршрутных обследований промышленных садов республики: 12 насаждений Гродненской, 3 – Минской и 1 – Брестской области.

Изучение чувствительности гриба *V. inaequalis* к крезоксим-метилу проводили методом проращивания конидий на 2%-ном водном агаре с фунгицидом Строби, ВГ (крезоксим-метил, 500 г/кг). Отбор образцов листьев и лабораторные опыты проводили по методике FRAC [12]. Конечная концентрация крезоксим-метила составила 2, 50, 100 мкг/мл. Контроль – среда без фунгицида. Повторность опыта – 3-х кратная. Процент QoI-резистентных конидий в образце рассчитывали как отношение количества проросших конидий (%) при концентрации крезоксим-метила 2 мкг/мл (диагностическая концентрация) к количеству конидий (%), прорастающих на среде без крезоксим-метила.

Лабораторно-полевые опыты по изучению влияния многократного применения фунгицидов из класса стробилурины на чувствительность гриба *V. inaequalis* к крезоксим-метилу и оценке их биологической

эффективности в контроле парши яблони проводили в 2020 г. в промышленном саду ГП “Восход” Минского района. Мелкоделяночные опыты были заложены на сорте яблони Белорусское сладкое, 2008 г. посадки. Повторность опыта – 10-ти кратная (дерево-повторность). На фоне ранневесенних профилактических обработок медьсодержащими препаратами опрыскивания изучаемыми фунгицидами проводили 3-хратно, начиная с фенофазы яблони “розовый бутон” (59 ВВСН) с интервалом 10–12 дней (07.05; 19.05; 29.05). В последующих обработках в период формирования и роста плодов применяли фунгициды контактного действия Делан, ВГ (дитианон, 700 г/кг) и Дитан Нео Тек 75, ВДГ (манкоцеб, 750 г/кг). Отбор образцов пораженных паршой листьев яблони для лабораторных исследований проводили в конце июня случайно по 50 штук с каждого варианта опыта. Контролем являлись листья, отобранные из участка, не обработанного фунгицидами.

Учеты распространенности и развития парши яблони в вариантах опыта, расчет биологической эффективности фунгицидов проводили согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [1]. Статистическая обработка полученных экспериментальных данных выполнена в программе MS Excel.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований, проведенных в 2019–2020 гг. на базе 16-ти промышленных насаждений яблони с разной историей применения препаратов из класса стробилуринов, установлено, что устойчивость возбудителя парши яблони к фунгициду Строби, ВГ в значительной степени зависит от фунгицидной нагрузки в системе защиты сада.

По результатам оценки чувствительности гриба *V. inaequalis* к крезоксим-метилу методом проросших конидий установлено, что в садах, где препараты из этого класса применяли в системе защиты сада до 2-х раз ежегодно, количество проросших конидий при диагностической концентрации крезоксим-метила (2 мкг/мл) было высоким и в среднем за 2 года составило 74,4 %, что было практически на уровне варианта с концентрацией, применяемой в саду (100 мкг/мл) (рисунок 1). В варианте опыта без крезоксим-метила прорастало 83,2 % конидий.

В садах, где препараты из класса стробилурины не применялись 2 года и более, количество проросших конидий при максимальной концентрации крезоксим-метила не превышало 7,8 %, в то время как на среде без фунгицида прорастало в среднем 84,9 % конидий.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о значительном снижении чувствительности возбудителя парши яблони к крезоксим-метилу при систематическом применении препаратов из класса стробилурины в системе защиты сада в течение нескольких лет.

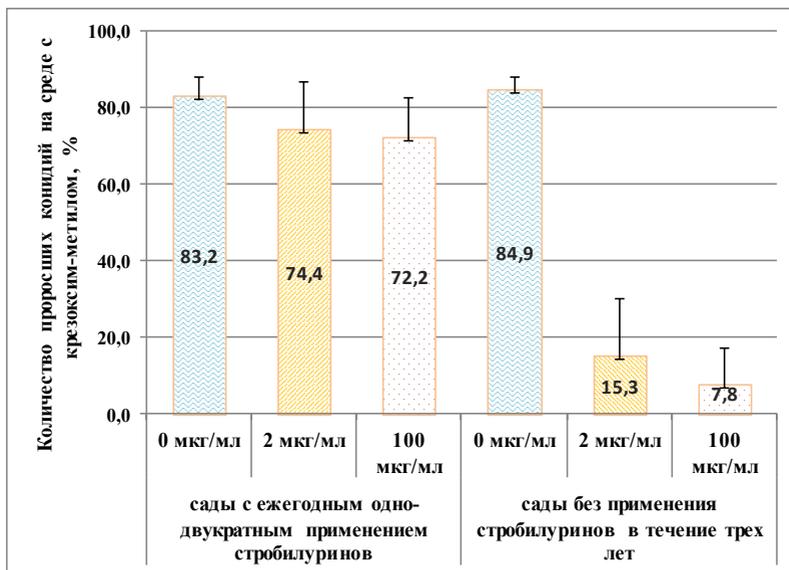


Рисунок 1 – Чувствительность конидий гриба *V. inaequalis*, выделенных из садов с различным уровнем пестицидной нагрузки, к крезоксим-метилу (лабораторный опыт, РУП «Институт защиты растений», 2019–2020 гг.)

В ранее проведенных исследованиях нами доказано, что четырехкратное последовательное применение фунгицида Строби, ВГ в саду приводит к существенному снижению чувствительности гриба *V. inaequalis* к крезоксим-метилу уже в течение одного вегетационного сезона. При этом после третьей обработки происходит формирование смешанной популяции патогена (чувствительный и резистентный тип), что подтверждено молекулярно-биологическим методом [2].

В настоящее время в Беларуси для применения на яблоне разрешено 5 фунгицидов с д.в. крезоксим-метил: 2 монокомпонентных и 3 комбинированных препарата. В связи с этим в 2020 г. в ГП «Восход» Минского района были заложены лабораторно-полевые опыты по изучению влияния трехкратного применения моно- (Строби, ВГ), двух- (Диккарт, КС) и трехкомпонентных (Терапевт ПРО, КС) фунгицидов на чувствительность гриба *V. inaequalis* к крезоксим-метилу в условиях *in vitro* и оценке их эффективности в контроле парши яблони в полевых условиях.

Анализ полученных данных показал, что максимальное количество QoI-резистентных конидий гриба *V. inaequalis* при диагностической концентрации крезоксим-метила (2 мкг/мл) отмечалось после применения монокомпонентного фунгицида Строби, ВГ – 13,3 % (таблица 1).

В то время как в вариантах опыта с двухкомпонентным препаратом Диккарт, КС и трехкомпонентным Терапевт ПРО, КС количество резистентных к крезоксим-метилу конидий составило 4,6 и 6,1 % соответственно, что было на уровне контроля, где обработки фунгицидами не проводились.

При концентрации крезоксим-метила, применяемой в саду (100 мкг/мл), не выявлено статистически значимых различий по прорастанию конидий между вариантами опыта с изучаемыми фунгицидами (4,0–6,3 %) и контролем (2,0 %).

Таблица 1 – Чувствительность конидий гриба *V. inaequalis* к крезоксим-метилу, выделенных из стационарного участка после трехкратного применения фунгицидов с д. в. из класса стробилурины (лабораторно-полевой опыт, ГП «Восход», Минский р-н, сорт Белорусское сладкое, 2020 г.)

Вариант	Количество д. в. крезоксим-метила, г/га	Количество проросших конидий, % при концентрации крезоксим-метила (мкг/мл)				Количество QoI-резистентных конидий, %
		0	2	50	100	
Строби, ВГ (крезоксим-метил, 500 г/кг) – 0,2 кг/га	100	85,0	11,3	7,3	4,0	13,3
Диккарт, КС (крезоксим-метил, 125 г/л + пириметанил, 475 г/л) – 0,8 л/га	100	86,0	4,0	4,7	6,3	4,6
Терапевт ПРО, КС (крезоксим-метил, 125 г/л + эпоксиконазол, 125 г/л + дифеноконазол, 80 г/л) – 0,6 л/га	75	87,3	5,3	5,5	4,0	6,1
Контроль (без обработки)	0	83,3	1,3	1,7	2,0	1,6
НСР ₀₅		5,44	4,12	1,99	4,76	

Примечание. Отбор образцов листьев проводился 29.06.2020 г.

Таким образом, установлено, что трехкратное последовательное применение крезоксим-метила в комбинации с действующими веществами из других химических классов (анилинопиримидины и триазолы) не привело к существенному снижению чувствительности возбудителя парши яблони по сравнению с популяцией, не подвергавшейся обработке. Статистически значимые различия по количеству QoI-резистентных конидий были получены только в варианте с монокомпонентным фунгицидом Строби, ВГ при диагностической концентрации крезоксим-метила.

Наличие в популяции фитопатогенов устойчивых штаммов может приводить к снижению эффективности фунгицидов, в связи с этим в полевых условиях была оценена биологическая эффективность моно-, двух- и трехкомпонентных фунгицидов с д.в. крезоксим-метил в защите яблони от парши.

В вегетационном сезоне 2020 г. развитие болезни носило характер ранней эпифитотии. Погодные условия первой половины мая, характеризующиеся умеренной температурой воздуха с избыточным количеством осадков, были благоприятными для развития аскоспоровой инфекции парши и заражения ею листьев яблони. В июне теплая погода с частым выпадением осадков способствовала интенсивному развитию болезни на генеративных органах. Первые признаки парши на кластерных листьях яблони были отмечены в контроле уже в середине мая в период цветения, в опытных вариантах – во 2-й декаде июня. Во второй половине вегетационного сезона в контроле наблюдалось практически 100 %-е поражение паршой как вегетативных, так и генеративных органов, при этом развитие болезни на листьях достигало 52,4 %, на плодах – 48,6 % (таблица 2).

В вариантах опыта с трехкратной обработкой фунгицидами с д.в. крезоксим-метил в периоды, уязвимые для поражения яблони паршой, развитие болезни на листьях было практически на одном уровне и в 3-й декаде августа варьировало от 20,4 до 25,5 %. Биологическая эффективность изучаемых фунгицидов составила 51,3–61,0 %.

Таблица 2 – Биологическая эффективность фунгицидов из класса стробилурины в защите яблони от парши (полевой опыт, ГП «Восход», Минский р-н, сорт Белорусское сладкое, август 2020 г.)

Вариант	Распространенность болезни, %		Развитие болезни, %		Биологическая эффективность, %	
	листья	плоды	листья	плоды	листья	плоды
Контроль (без обработки)	98,8	100	52,4	48,6	–	–
Строби, ВГ, 0,2 кг/га	51,2	63,6	25,5	34,5	51,3	29,0
Диккарт, КС, 0,8 л/га	50,3	46,4	22,6	15,1	56,9	68,9
Терапевт ПРО, КС, 0,6 л/га	46,7	60,0	20,4	18,4	61,0	62,1

В то же время максимальное развитие парши на плодах отмечалось в варианте опыта с монокомпонентным фунгицидом Строби, ВГ – 34,5 %, биологическая эффективность 3-х кратной обработки не превысила 29,0 %.

Применение комбинированных фунгицидов Диккарт, КС и Терапевт ПРО, КС было более эффективным – развитие болезни составило 15,1 и 18,4 % соответственно, а биологическая эффективность – 68,9 и 62,1 %.

Таким образом, эффективность двух- и трехкомпонентного фунгицидов на основе крезоксим-метила в комбинации с соединениями из других классов в защите яблони от парши была выше по сравнению с монокомпонентным фунгицидом, что также подтверждает результаты лабораторных опытов.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что в садах при регулярном ежегодном применении стробилуринов в системе защиты сада от парши количество резистентных конидий гриба *V. inaequalis* достигает 72,2–74,4 %, в то же время в садах, где обработки стробилуринами не проводились в течение двух и более лет, не превышает 15,3 %.

Доказано, что после трехкратного применения монокомпонентного фунгицида с д.в. крезоксим-метил количество резистентных конидий *V. inaequalis* составило 13,3 %, а биологическая эффективность не превысила 29,0 % на плодах и 51,3 % на листьях. В то время как при использовании двух- и трехкомпонентных препаратов, содержащих крезоксим-метил, количество резистентных конидий не превысило 4,6–6,1 %, а биологическая эффективность достигала 61,0 и 68,9 % соответственно.

Список литературы

1. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / РУП «Ин-т защиты растений»; под ред. С.Ф. Буга. – Несвиж: Несвиж. укруп. тип. им. С. Будного, 2007. – 511 с.
2. Комардина, В.С. Оценка чувствительности возбудителя парши яблони – гриба *Venturia inaequalis* к крезоксим-метилу различными методами / В.С. Комардина, Е.В. Васеха, Р.И. Плесскаевич // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию», РУП «Ин-т защиты растений»; редкол.: Л.И. Трепашко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Вып. 44. – С. 96-104.
3. Тютюрев, С.Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам / С.Л. Тютюрев // Вестн. защиты растений. – 2001. – № 1. – С. 38-53.
4. The strobilurin fungicides / D.W. Bartlett [et al.] // Pest Manage. Sci. – 2002. – Vol. 58. – P. 649-662.
5. Beckerman, J.L. Detection of fungicide resistance [Electronic resource]. – 2013. – Mode of access: cdn.intechopen.com. – Date of access: 15.07.2018.
6. Broniarek-Niemiec, A. Odporność *Venturia inaequalis* na fungicydy strobilurynowe w sadach jabłoniowych w Polsce / A. Broniarek-Niemiec, A. Bielenin // Progress in Plant Protection. – 2007. – Vol. 47 (2). – P. 62-65.
7. Carisse, O. Apple scab: improving understanding for better management / O. Carisse, T. Jobin; Agriculture and Agri-Food Canada. – Canada, 2006. – 22 p.
8. Chapman, K.S. Identification of resistance to multiple fungicides in field populations of *Venturia inaequalis* / K.S. Chapman, G.W. Sundin, J.L. Beckerman // Plant Dis. – 2011. – № 95. – P. 921-926.

9. Kamardzina, V. Sensitivity of *Venturia inaequalis* populations to the kresoxim-methyl / V. Kamardzina // Sodininkystė ir daržininkystė. – Babtai, 2009. – P. 93-100.
10. Occurance of QoI Resistance and detection of the G143 mutation in Michigan populations of *Venturia inaequalis* / K.E. Lesniak [et al.] // Plant Dis. – 2011. – Vol. 95, № 8. – P. 927-934.
11. Prevalence and stability of Qualitative QoI Resistance in populations of *Venturia inaequalis* in the Northeastern United States / Z.A. Frederick [et al.] // Plant Dis. – 2014. – Vol. 98, № 8. – P. 1122-1130.
12. VENTIN spore germination BASF 2006 V1 [Electronic resource] / FRAC. – Mode of access: <http://www.frac.info/monitoring-methods>. – Date of access: 10.01.2019.

V.S. Komardina, E.V. Vasekha, R.I. Pleskatsevich
RUE «Institute of Plant Protection», Priluki, Minsk region

SENSITIVITY OF THE CAUSAL AGENT OF APPLE SCAB *VENTURIA INAEQUALIS* FUNGUS TO KRESOXIM-METHYL IN COMMERCIAL ORCHARDS OF BELARUS

Annotation. In this article, the results of the researches carried out in 2019-2022, based on the monitoring of apple scab agent resistance to kresoxim-methyl in commercial orchards of the republic are presented. The influence of 3-time applications of monocomponent and combined fungicides from strobilurin group on sensitivity of *V. inaequalis* fungus to kresoxim-methyl and their biological efficacy in apple scab control have been assessed.

Key words: apple tree, scab, sensitivity, fungicides, strobilurins, biological efficacy.