

ГРИБЫ – ВОЗБУДИТЕЛИ БОЛЕЗНЕЙ РАСТЕНИЙ

УДК 634.11 : 632.2 : 575.113 (470)

РАСОВЫЙ СОСТАВ *VENTURIA INAEQUALIS* В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2019 г. А. В. Пикунова^{1,*}, Е. Н. Седов^{1,**}

¹ Всероссийский НИИ селекции плодовых культур, 302530, Орел, Россия

*e-mail: pikuanna84@mail.ru

**e-mail: info@vniispk.ru

Поступила в редакцию 05.10.2018 г.

После доработки 01.12.2018 г.

Принята к публикации 16.05.2019 г.

В статье изложены результаты четырехлетних наблюдений (2015–2018 гг.) за степенью поражения паршой (возбудитель – *Venturia inaequalis*) сортов и форм дифференциаторов яблони в условиях естественного инфекционного фона ВНИИСПК (г. Орел, Центральная Россия). На основании полученных данных сделаны выводы о расовом составе патогена и генах устойчивости, перспективных для дальнейшей селекции. Для оценки расового состава парши яблони был использован набор генотипов, предложенный для мониторинга международным проектом Vinquest, цель которого проведение регулярного мониторинга вирулентности различных популяций парши яблони. В проект входят ученые из Канады, Великобритании и более 15 европейских стран, в т.ч. России, представленной ВНИИСПК (г. Орел). Очевидное поражение паршой яблони (балл 3 и более) уже в первый год наблюдений и в последующие было обнаружено на Gala, Golden Delicious (ген *Vg/Rvi1*), Q71 (*Vh3/Rvi3*), 9-AR2T196 (*Vm/Rvi5*). Постепенно поражением были охвачены дифференциаторы B45 (*Vh8/Rvi8*, в 2018 г. средний балл поражения составил 3.1), TSR33T239 (ген *Vh4/Rvi4*, в 2018 г. средний балл поражения составил 2.75), A 723-6 (*Va/Rvi10*, в 2018 г. средний балл поражения составил 2.3). На дифференциаторе J34 (*Vdg/Rvi9*) было обнаружено одно или несколько пятен парши (до 2-х баллов) на 2–3-х деревьях из 9 наблюдаемых. Отсутствие видимых симптомов поражения наблюдалось у GMAL2473 (*Vr2/Rvi15*), Priscilla (*Vf/Rvi6*), *Malus* × *Floribunda* 821 (*Vf/Rvi6*, *Vfh/Rvi7*). Соответственно, сделаны выводы о присутствии 1, 3, 4, 5, 8, 10 рас парши. Расы 3, 4, 8 и 10 на территории Центральной России обнаружены впервые. Сравнительно слабая степень поражения (до 2-х баллов) наблюдалась у дифференциатора с геном *Vdg/Rvi9*. Насколько жизнеспособна раса 9 в условиях Центральной России и будет ли нарастать инфекционная нагрузка с годами, покажут дальнейшие наблюдения. Не обнаружены расы 6 и 7, способные преодолеть гены устойчивости к парше яблони, интрогрессированные от *M. × floribunda* 821, а также раса 15. В связи с отсутствием данных о наличии расы парши яблони, преодолевшей ген *Vr2/Rvi15* (дифференциатор GMAL 2473), представляется перспективным вовлечь его в отечественные селекционные программы. Эффективной на территории РФ остается устойчивость, передаваемая от *M. floribunda* 821 (гены *Vf/Rvi6* и *Vfh/Rvi7*), хотя расы 6 и 7, преодолевающие эти гены, обнаружены во многих странах. Результаты регулярного мониторинга вирулентности различных популяций возбудителя парши яблони помогут селекционерам определить, какие гены/комбинации генов можно привлечь в селекцию для создания устойчивых адаптивных сортов для возделывания в пределах страны и выхода на международный рынок.

Ключевые слова: взаимодействие ген-на-ген, гены устойчивости, дифференциаторы, парша яблони, расы, яблоня, *Malus*, *Venturia inaequalis*

DOI: 10.1134/S0026364819050040

ВВЕДЕНИЕ

Парша (возбудитель – *Venturia inaequalis*, *Venturiales*, *Ascomycota*) – одно из самых вредоносных заболеваний яблони. Снижение урожая яблок в нашей стране от поражения паршой составляет не менее 40%, значительные потери (до 70%) отмечают и за рубежом (MacHardy, 1996; Sedov et al., 2011; Nasonova, Keldibekov, 2017).

Совместную эволюцию парши и яблони можно отразить с помощью модели взаимодействия рас-

тения и патогена “ген-на-ген”, первоначально предложенной Flor (1971) для льна (*Linum usitatissimum*) и ржавчины (*Melampsora lini*). В современной интерпретации суть модели заключается во взаимодействии продуктов генов устойчивости растения и генов авирулентности патогена. При этом фенотипический отклик растения может выражаться по-разному, в ряде случаев обеспечивая устойчивость к патогену (Jones, Dangl, 2006).

Важным аспектом эволюции патогена является ежегодная сексуальная фаза развития, проходя-

щая на опавших листьях в зимний период. В результате формируется новое поколение аскоспор, которые имеют иные комбинации генов авирулентности, нежели у родителей, и, возможно, будут более успешно поражать хозяина (Bus et al., 2011; Nasonov, Suprun, 2015). Существуют концепции моногенной и полигенной устойчивости, генов широкого спектра действия, главных и минорных генов, вертикальной и горизонтальной устойчивости и др. Данные концепции в конечном счете не противоречат модели “ген-на-ген”, с учетом различий в природе проявления устойчивости определенных генов. Стратегия объединения в одном генотипе нескольких факторов устойчивости (вертикальной и горизонтальной устойчивости, пирамидирование генов, олигогенов и полигенов, относительной устойчивости и иммунитета) – основное направление современной селекции на устойчивость, которое активно развивается и во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур (ВНИИСПК) (Sedov et al., 2011). Широкое возделывание сортов с определенными генами устойчивости ускоряет вероятность появления рас патогена, способных эту устойчивость преодолеть (Zhdanov, Sedov, 1991). Профилактические меры борьбы – такие как уничтожение опавших листьев, призваны предотвратить сексуальную стадию развития патогена, и, следовательно, его эволюцию и появление новых рас. Однако, именно создание устойчивых сортов яблони – наиболее эффективный и безопасный для окружающей среды метод борьбы с патогеном.

С точки зрения генетической обусловленности устойчивости яблони к парше важно отметить, что основой современных сортов яблони (*Malus × domestica*), вероятно, является один вид – *Malus sieversii* (Sedov et al., 2005). А источниками устойчивости к парше зачастую являются другие виды яблони: *M. floribunda* (ген *Vf/Rvi6*), *M. micromalus* (*Vm/Rvi5*) от *M. pumilla* и др. (Zhdanov, Sedov, 1991). Вероятно, в диких и полудиких видах яблони существует огромный и еще не востребованный ресурс устойчивости к парше. В настоящее время обнаружено около 20 генов устойчивости, для большинства из них установлена локализация на той или иной группе сцепления в геноме яблони (Bus et al., 2011). V. Bus с соавторами (2011) предложили новую номенклатуру названий генов устойчивости. В данной статье мы приводим историческое название вкупе с новым в соответствии с вышеупомянутой номенклатурой (например, *Vf/Rvi6*). Экономическое значение конкретных генов устойчивости сильно различается в зависимости от наличия/отсутствия в том или ином регионе/стране вирулентной расы, способной преодолеть устойчивость, определяемую данным геном. Информация о распространении рас парши и, соответственно, о том, какие гены обеспечат защиту от данного патогена – важный фактор стратегиче-

ского планирования селекции яблони на устойчивость к парше. В 1980–90-е гг. во ВНИИСПК на обширном генетическом материале яблони были проведены многолетние исследования степени поражения паршой на естественном и искусственно созданном инфекционном фоне, выявлены доноры иммунитета (олигогенной устойчивости) и относительной (полигенной устойчивости – с неизвестными генами устойчивости) (Zhdanov, Sedov, 1991). Современная информация о распространенности рас парши яблони в РФ отсутствует.

Vinquest – международный проект, цель которого проведение регулярного мониторинга вирулентности различных популяций парши яблони (Vinquest, 2018a) путем наблюдения за поражаемостью дифференциаторов парши – сортов и форм, у которых присутствуют известные гены устойчивости. В настоящее время в проект входят более 15 европейских стран, в т.ч. РФ, представленная нашим институтом, а также Канада, Великобритания. Проект Vinquest – способ оценки распространенности рас парши яблони и источник информации для выбора стратегии превентивной селекции на устойчивость к парше.

Цель данной работы – на основании четырехлетних (2015–2018 гг.) наблюдений за поражаемостью паршой сортов и форм дифференциаторов яблони сделать выводы о расовом составе патогена и составить рекомендации по использованию в селекции конкретных генов устойчивости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в условиях селекционного сада ВНИИСПК, г. Орел (53 с.ш., 36 в.д.). В марте 2013 г. были получены черенки дифференциаторов (15 генотипов) и привиты в кроны взрослых деревьев яблони. Часть прививок не прижилась или не перезимовала. В итоге 10 дифференциаторов и восприимчивый сорт Гала, который не несет никаких генов устойчивости и выступает в качестве положительного контроля, были окулированы на карликовой вставке 3-17-38 и высажены в молодой селекционный сад осенью 2014 г. (табл. 2). При обнаружении поражения паршой на конкретном дифференциаторе с определенным геном устойчивости делался вывод о наличии соответствующей расы парши. Оценка поражения яблони паршой производилась в 2015, 2016, 2017 и 2018 гг. на естественном инфекционном фоне по шкале, принятой в проекте Vinquest (2018b) и приведенной ниже табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В течение 4-х лет поражение паршой яблони наблюдалось в широком диапазоне (от 1 до 5 баллов): от отсутствия видимых симптомов поражения (1 балл) до многочисленных поражений, рас-

Таблица 1. Шкала Vinquest для оценки поражения паршой яблони (адаптировано по: Lateur Populer, 1994)

Балл	Описание симптомов	Процент пораженных органов, %
0	Оценка не проводилась	—
1	Видимых симптомов нет	0%
2	Одно или несколько пятен (следов поражения) парши при близком рассмотрении дерева	0–1%
3	Очевидное поражение в нескольких частях дерева	1–5%
4	Промежуточное поражение	имеется
5	Многочисленные пятна парши, распространенные на большей части дерева	±25%
6	Промежуточное поражение	имеется
7	Тяжелая инфекция с половинной листьев сильно пораженных множественными пятнами	±50%
8	Промежуточное поражение	±75%
9	Дерево полностью поражено, почти все листья покрыты многочисленными пятнами	>90%

пространенных на большей части дерева (5 баллов) (табл. 2). Данные о степени поражения дифференциаторов паршой яблони приведены в табл. 2.

В 2018 г. некоторые деревья завязали плоды. На яблоках Присциллы и *M. × floribunda* 821 поражение паршой не наблюдалось, а на TSR33T239 поражение паршой было на 2 балла.

По степени поражения паршой яблони, наблюдаемые дифференциаторы можно условно разделить на 3 группы. В первую группу мы включили формы, которые в значительной мере поражаются патогеном в условиях ВНИИСПК, привлечение их (или других генотипов с данными генами устойчивости) в селекцию на устойчивость кажется нецелесообразным. В третью группу вошли формы, которые в течение четырех лет наблюдения оказались устойчивыми к парше. Во вторую группу включили формы с промежуточной/переходной степенью поражения паршой яблони.

Очевидный уровень поражения. Этот уровень поражения (от 3-х баллов – очевидное в нескольких частях дерева) уже в первый год наблюдений был зафиксирован для следующих сортов:

1) для восприимчивого сорта Гала (который не несет никаких генов устойчивости и выступает в качестве положительного контроля); возможно, в

Таблица 2. Степень поражения листьев дифференциаторов паршой яблони в условиях ВНИИ селекции плодовых культур (2015–2018 гг.)

Номер дифференциатора, название, (ген устойчивости)*	Число проанализированных деревьев**	Балл поражения			
		2015	2016	2017	2018
H (0) Gala	7	3–4 (3.5)	3 (3)	3–5 (3.6)	5
H (1) Golden Delicious (<i>Vg/Rvi1</i>)	10 (2015), 7 (2016), 9 (2017), 8 (2018)	3	3	3–3.5 (3.1)	3–5 (4.6)
H (3) Q71 (<i>Vh3/Rvi3</i>)	4 (2015–2016), 3 (2017), 5 (2018)	3–5 (3.7)	3–4 (3.8)	3–4 (3.5)	3–4 (3.2)
H (4) TSR33T239 (<i>Vh4 = Vx = Vr1/Rvi4</i>)	4	1–2 (1.6)	1–2 (1.4)	2	2–3 (2.75)
H (5) 9–AR2T196 (<i>Vm/Rvi5</i>)	7 (2015), 5 (2016, 2017), 6 (2018)	3–4 (3.5)	3	2–3 (2.4)	3–4 (3.8)
H (6) Priscilla (<i>Vf/Rvi6</i>)	8 (2015), 4 (2016–2017), 6 (2018)	1	1	1	1
H (7) <i>M. × floribunda</i> 821 (<i>Vf/Rvi6, Vf/Rvi7</i>)	1 (2015–2016), 0 – 2017, 2–2018	1	1	0	1
H (8) B45 (<i>Vh8/Rvi8</i>)	9	2–3 (2.5)	3	2–3 (2.1)	2–5 (3.1)
H (9) J34 (<i>Vdg/Rvi9</i>)	8	1	1	1–2 (1.3)	1–2 (1.2)
H (10) A 723–6 (<i>Va/Rvi10</i>)	8 (2017, 2018)	1	1	2	2–3 (2.3)
H (15) GMAL 2473 (<i>Vr2/Rvi15</i>)	1	1	1	1	1

*По номенклатуре Bus et al. (2011). **Вариация числа обследованных деревьев по годам связана с тем, что некоторые деревья погибли после зимы (вымерзли, поломаны) или вследствие сильных весенних заморозков почки слабо раскрылись и повреждены (оценку таких деревьев не проводили).



Рис. 1. Спороношение парши яблони на сортах-дифференциаторах: 1 – Q71 (ген *Vh3/Rvi3*), 2 – 9-AR2T196 (*Vm/Rvi5*), 3 – TSR33T239 (*Vh4/Rvi4*), 4 – J-34 (*Vdg/Rvi 9*).

связи с накоплением инфекции, в последний год наблюдений (2018 г.) все деревья были поражены болезнью на 5 баллов;

2) для сорта Голден Делишес (несет ген *Vg/Rvi1*); в последний год наблюдений (2018 г.) деревья поражались до 5 баллов (в среднем на 4.6 балла); 87% популяций патогена, распространенных в Европе, поражают сорта с геном *Vg/Rvi1* (Parisi et al., 2004);

3) для формы Q71 (F1 от сорта Женева, несет ген *Vh3/Rvi3* (рис. 1А); первое появление расы, преодолевающей ген, документировано в 1951 г. в канадской провинции Нова Скотия (Shay, Williams, 1953); этот дифференциатор поражается во всех странах инициативы Vinqwest (2017);

4) для формы 9-AR2T196 (несет ген *Vm/Rvi5* от *Malus micromalus* 245-38, рис. 1); вирулентная раса обнаружена во Франции (Lespinasse et al., 1979), Англии (Williams, Brown 1968), России (Zhdanov, Sedov, 1991); поражение паршой яблони этого дифференциатора отмечается также в Германии. В целом, раса 5, преодолевшая *Vm/Rvi5*, не так часто встречается (Vinqwest, 2017).

По результатам 4-летних наблюдений очевидное поражение паршой яблони наблюдалось и у дифференциатора B45 (несет ген *Vh8/Rvi8* от представителей *M. sieversii* обнаруженных в Тарбагатайских горах Казахстана). Хотя, в отличие от вышеописанных дифференциаторов, очевидное поражение паршой проявилось не сразу (в первый год наблюдений средний балл поражения составил 2.5 балла и достиг 3.1 балла в 2018 г.). B45 достаточно сильно поражается во всех странах входящих в проект VINQUEST (Vinqwest, 2017).

Промежуточный уровень поражения патогеном. Этот уровень (средний балл – до 3-х) был зафиксирован для следующих сортов:

1) для формы TSR33T239 (потомок формы Russian apple R12740-7A – гибридной формы, приве-

зенной из России, имеет ген *Vh4/Rvi4*) в первые три года наблюдений средний балл поражения составил менее 2-х, а в 2018 г. средний балл поражения вырос до 2.75 и было обнаружено поражение плодов; по литературным данным TSR33T239 поражается максимум до 2–3 баллов в Польше и Чехии, а также в Германии и Франции, однако средний балл поражения в большинстве стран менее 2-х, т.е. обнаруживается одно или несколько пятен поражения паршой яблони или очевидное поражение в нескольких частях дерева на некоторых деревьях (Vinqwest, 2017); ранее была опубликована информация о наличии расы 4, преодолевающей этот ген (Shay et al., 1962 и др.), однако, по мнению V. Bus с соавторами (2011), раса, полностью преодолевшая данный ген устойчивости, не обнаружена;

2) для формы A 723-6 (имеет ген *Va/Rvi10*, обнаружен у потомков Антоновки); пятна парши на одном или нескольких листьях (2 балла) наблюдались на всех деревьях, в 2018 г. средний балл достиг 2.3; поражение паршой яблони этого дифференциатора (в широком диапазоне средних значений от 1.2 до 7.6) наблюдалось во всех странах – членах Vinqwest, кроме Италии и Великобритании (Vinqwest, 2017);

3) для формы J34 (F1 от сорта Dolgo, *Vdg/Rvi 9*); в первые два года исследований следов спороношения парши яблони обнаружено не было; следы спороношения на одном листе (2 балла) у трех из 9 деревьев дифференциатора J34 были найдены в 2017 и 2018 гг.: на 2 балла поразились 2 дерева (рис. 1); средний балл поражения за годы наблюдений не превысил 1.3 балла; J34 поражается изолятом парши South Dakota 356-2 (McCroy, Shay, 1951); поражение паршой этого дифференциатора (в широком диапазоне средних значений балла поражения от 1.2 до 7 баллов) наблюдалось во всех

странах — членах Vinqest, кроме Канады, Франции, Италии (Vinqest, 2017).

Отсутствие видимых симптомов поражения. Этот уровень (1 балл) был зафиксирован для следующих сортов:

1) для формы Gmal 2473 (Vr2/Rvi15, изначальное происхождение формы в последующем поставлено под сомнение) на протяжении 4-х лет наблюдения поражение паршой не наблюдалось; на данный момент в мире не обнаружено рас парши яблони, преодолевших ген Vr2/Rvi 15 (Bus et al., 2011);

2) для сорта Priscilla (Vf/Rvi6, Starking Delicious × PRI 610-2) на протяжении 4 лет наблюдения пятен парши не обнаружено; раса 6, преодолевающая ген Vf/Rvi6, впервые была обнаружена в Германии (Parisi, 1993); в настоящее время преодоление гена Vf указано для многих стран, в том числе Республики Беларусь (Sukhotskiy, 2014) и Польши (Vavra, Wocek, 2010; Masny, 2017); патоген на Priscilla обнаружен в Германии, Польше, Чехии, Швеции, Франции, Великобритании (Vinqest, 2017);

3) для *Malus floribunda* 821 (Vf/Rvi6, Vf/Rvi7) на протяжении 4 лет наблюдения парша не обнаружена; изучение потомков *M. floribunda* 821 показало наличие двух генов устойчивости (Venaouf, Parisi, 2000); патоген на *M. floribunda* 821 обнаружен в Германии, Бельгии, Швеции, Швейцарии, Австрии, Великобритании (Roberts, Crute, 1994; Vinqest, 2017).

Судя по степени поражения паршой генотипов дифференциаторов, в условиях ВНИИСПК присутствуют следующие расы парши: 1, 3, 4, 5, 8, 10. Следует отметить слабое поражение дифференциатора расы 9. Насколько жизнеспособна раса 9 в условиях Центральной России и будет ли нарастать инфекция с годами — покажут дальнейшие наблюдения. Не обнаружены расы 6 и 7, способные преодолеть гены устойчивости от *M. floribunda* 821, а также раса 15.

В данной работе для оценки расового состава парши яблони использовался набор генотипов, разработанный и предложенный для мониторинга международной инициативой Vinqest (2018a).

В более ранних отечественных исследованиях был предложен набор сортов для определения наличия рас 1–7 парши яблони и установлено наличие на территории Орловской обл. рас 1 и 5; расы 2, 6, 7 не были обнаружены, а для рас 3 и 4 убедительные доказательства их наличия отсутствовали (Zhdanov, Zuk, 2006). Набор сортов-дифференциаторов, использованный в данной работе, отличается тем, что позволяет идентифицировать 10 рас парши, а для идентификации рас 3 и 4 были применены иные дифференциаторы. В наших исследованиях также установлено наличие рас 1 и 5, но, к сожалению, нет данных о наличии расы 2, поскольку дифференциатор на данный момент в

коллекции ВНИИСПК отсутствует. Также не обнаружены расы 6 и 7. Нами наблюдалось поражение паршой дифференциаторов рас 3 и 4, однако дифференциаторы, использованные нами отличаются от таковых в работе В.В. Жданова и Г.П. Жук (Zhdanova, Zhuk, 2006). Для выявления расы 3 этими авторами был использован сорт Женева. По литературным данным у сорта Женева несколько генов устойчивости к патогену (Bus et al., 2011). В нашей работе использовался Q71 — гибрид первого поколения от Женева. Для выявления расы 4 цитируемые авторы использовали TSR18T13, в то время как мы использовали TSR33T239. Кроме различия в некоторых дифференциаторах возможны еще минимум две причины отличий наших данных от данных цитируемых авторов: 1) разное время появления расы 3 и 4 в Орловской обл. и 2) различный подход к трактовке результатов — вышеупомянутые авторы говорят об отсутствии убедительных доказательств наличия рас 3 и 4. В наших исследованиях на дифференциаторе расы 4 уже в первые годы наблюдений были обнаружены пятна парши, а в 2018 г. поражение достигло значительной степени — 3 балла у трех из четырех деревьев (рис. 1). По мнению V. Bus et al. (2011), изоляты, полностью преодолевшие устойчивость гена Vr1/Rvi4, пока не найдены. На дифференциаторе расы 3, уже в первые годы наблюдений, нами было обнаружено поражение до 4 и 5 баллов. Поражение до 3-х баллов было обнаружено на дифференциаторе расы 10. Отмечено слабое поражение дифференциатора расы 9. Расы 6, 7 и 15 на данный момент не обнаружены. В целом, полученные нами данные не противоречат данным В.В. Жданова и Г.П. Жук (Zhdanova, Zhuk, 2006), но дополняют их.

В работе О.Н. Барсуковой (Barsukova, 1985) установлено наличие рас 1, 2, 3, 4 на Кавказе. По результатам нашей работы, расы 1, 3 и 4 также были обнаружены в Центральной России, а наличие расы 2 не тестировалось в связи с отсутствием дифференциатора.

Несколько дифференциаторов, включенных в инициативу Vinqest, отсутствовали в наших исследованиях. Это TSR34T15 Vh2/Rvi2, *Malus baccata jackii* Vbj, Hansen's baccata 2 Vb/Rvi12, Durello di Forli Vd/Rvi13, Dölmener Rosenapfel Vdr1/Rvi14.

Основываясь на 4-летних наблюдениях в условиях ВНИИСПК или опубликованных на сайте инициативы общедоступных данных проекта Vinqest (2017), в табл. 3 мы представляем список генов устойчивости к парше яблони, перспективных на наш взгляд для внедрения в селекцию на этот признак в условиях Центральной России.

На данный момент в мире не обнаружено рас парши яблони, преодолевших ген Vr2/Rvi15 (дифференциатор GMAL 2473) (Bus et al., 2011). Актуальным в пределах Российской Федерации остается устойчивость к парше яблони, передаваемая от

Таблица 3. Перечень генов яблони, формы-дифференциаторы которых не поражаются или в слабой степени (до 2-х баллов) поражаются паршой

Гены устойчивости к парше	Наблюдения за поражаемостью во ВНИИСПК (2015–2018 гг.)	По результатам Vinquest (2009–2017 гг.)
Vf/Rvi 6	не поражается	поражается до 7–8 баллов
Vfh/Rvi 7	не поражается	поражается до 7–9 баллов
Vr2/Rvi 15	не поражается	не поражается
Vdg/Rvi 9	максимальное поражение – 2 балла	до 5 баллов в Польше, до 7 баллов в Германии
Vdr 1/Rvi 14	–	средний балл поражения в большинстве локаций – до 2-х, Польша и Австрия – до 3-х
Vbj/Rvi 11	–	не поражается*
Vb/Rvi 12	–	не поражается, кроме Канады (до 4-х баллов)

*По данным Sandskär (2005), поражение паршой *Malus baccata jackii* было обнаружено в условиях Швеции.

M. floribunda 821 (гены *Vf/Rvi6* и *Vfh/Rvi7*), хотя расы 6 и 7, преодолевшие эти гены, обнаружены во многих странах. Показывают хорошие результаты в других странах проекта Vinquest и гены устойчивости *Rvi14/Vdr1*, *Rvi11/Vbj*, *Vb/Rvi12*, однако в пределах Российской Федерации они еще не тестировались.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам 4-летнего мониторинга поражаемости паршой дифференциаторов яблони в условиях естественного инфекционного фона ВНИИСПК (г. Орел) сделан вывод о наличии здесь рас 1, 3, 4, 5, 8, 10 возбудителя парши. Не обнаружены расы 6 и 7, преодолевшие гены устойчивости от *M. × floribunda* 821, а также раса 15, о существовании которой, насколько нам известно, еще не сообщалось. Важно подчеркнуть на данный момент сравнительно слабую степень поражения паршой дифференциатора гена *Vdg/Rvi 9* (до 2-х баллов). Насколько жизнеспособна раса 9 в условиях Центральной России и будет ли нарастать инфекция с годами – покажут дальнейшие наблюдения.

Результаты регулярного мониторинга вирулентности различных популяций парши яблони помогут селекционерам определить какие гены или комбинации генов следует привлечь в селекцию для создания устойчивых адаптивных сортов для возделывания в пределах страны и выхода продукции на международный рынок.

Авторы благодарят к.б.н. А.И. Насонова (кандидат биологических наук, Северо-Кавказский научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Краснодар) и Г.В. Насонову (Всероссийский НИИ селекции плодовых культур, г. Орел) за замечания к рукописи, а также Andrea

Patocchi за предоставление черенков дифференциаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Benaouf G., Parisi L. Genetics of host-pathogen relationships between *Venturia inaequalis* races 6 and 7 and *Malus* species. *Phytopathology*. 2000. V. 90. P. 236–242. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.3.236>
- Barsukova O.N. Race composition of *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. in the Caucasus. *Mikologiya i fitopatologiya*. 1985. V. 19 (6). P. 499–502 (in Russ.).
- Bus V.G.M., Rikkerink E.H., Caffier V., Durel C.E., Plummer K.M. Revision of the nomenclature of the differential host-pathogen interactions of *Venturia inaequalis* and *Malus*. *Ann. Rev. Phytopathol.* 2011. V. 49. P. 391–413. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095339>
- Flor H.H. Current status of the gene-for-gene concept. *Ann. Rev. Phytopathol.* 1971. V. 9. P. 275–296. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.09.090171.001423>
- Jones J.D.G., Dangl J.F. The plant immune system. *Nature*. 2006. V. 444. P. 323–329.
- Lateur M., Populer C. Screening fruit tree genetic resources in Belgium for disease resistance and other desirable characters. *Euphytica*. 1994. V. 77 (1–2). P. 147–153. <https://doi.org/10.1007/BF02551478>
- Lepinasse Y., Olivier J.M., Godicheau M. Etudes entreprises dans le cadre de la resistance a la tavelure du pommier. *Proc. Tree Fruit Breed. Angers*, 1979. P. 97–110.
- MacHardy W.E. Apple scab: Biology, epidemiology, and management. American St. Paul, APS Press, 1996.
- Masny S. Occurrence of *Venturia inaequalis* races in Poland able to overcome specific apple scab resistance genes. *Eur. J. Plant Pathol.* 2017. V. 147 (2). P. 313–323. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1003-x>
- McCrary S.A., Shay J.R. Apple scab resistance survey of South Dakota apple varieties and breeding stocks. *Plant Dis. Rep.* 1951. V. 35. P. 433–434.

- Nasonov A.I., Suprun I.I. Apple scab: peculiarities of the causal agent and the pathogenesis. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2015. V. 49 (5). P. 275–285 (in Russ.).
- Nasonova G.V., Keldibekov A.A. Application of fungicide Moon Tranquility in the protection of fruit crops from disease. *Contemporary horticulture*. 2017. V. 4 (24). P. 106–112 (in Russ.).
https://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00040.
- Parisi L., Fouillet V., Schouten H.J., Groenwold R., Laurens F., et al. Variability of the pathogenicity of *Venturia inaequalis* in Europe. *Acta Hort.* 2004. V. 663. P. 107–113.
https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.663.13
- Roberts T., Crute I. Apple scab resistance from *Malus floribunda* 821 (Vf) is rendered ineffective by isolates of *Venturia inaequalis* from *Malus floribunda*. *Norw. J. Agric. Sci.* V. 17. 1994. P. 403–406.
- Sandskär B., Liljeroth E. Incidence of races of the apple scab pathogen (*Venturia inaequalis*) in apple growing districts in Sweden. *Acta Agric. Scandinavica*. V. 55 (2). 2005. P. 143–150.
https://doi.org/10.1080/09064710510029042
- Sedov E.N. Breeding and new apple cultivars. Orel, 2011 (in Russ.).
- Sedov E.N. Pomology: I. Apple. Orel, 2005 (in Russ.).
- Shay J.R., Williams E.B. Physiologic specialization in *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*. V. 43. 1953. P. 483–484.
- Shay J.R., Williams E.B., Janick J. Disease resistance in apple and pear. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 1962. V. 80. P. 97–104.
- Sukhotskiy M.I. Household and industrial gardening. Minsk, 2014 (in Russ.).
- Vavra R., Bocek S. Apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.) attacks on cultivars and genotypes carrying different resistant genes in plantings with breaking through Vf-Rvi6 gene. In: 14th Inter. Conf. Organic Fruit-Growing, Hohenheim, Germany, 2010, pp. 22–24.
- Vinquest summary. (2009–2017). Version 2017.0. 2017. http://www.vinquest.ch/monitoring/VINQUEST_Re-sults.pdf.
- Vinquest. *Venturia inaequalis* pathotypes. 2018a. <http://www.vinquest.ch>.
- Vinquest. Monitoring of *Venturia inaequalis* virulences. 2018b. <http://www.vinquest.ch/monitoring/collection.htm>.
- Williams E.B., Brown A.G. A new physiologic race of *Venturia inaequalis*, incitant of apple scab. *Plant Dis. Rep.* 1968. V. 52. P. 799–801.
- Zhdanov V.V., Zhuk G.P. Towards a problem of race specific apple resistance to scab. *Mikologiya i fitopatologiya*. V. 40 (4). 2006. P. 314–319 (in Russ.).
- Zhdanov V.V., Sedov E.N. Apple breeding for scab resistance. Tula, 1991 (in Russ.).
- Барсукова О.Н. (Barsukova) Расовый состав *Venturia inaequalis* (Ске.) Wint на Кавказе // Микология и фитопатология. 1985. Т. 19. № 6. С. 499–502.
- Жданов В.В., Жук Г.П. (Zhdanov, Zhuk) К проблеме расоспецифической устойчивости яблони к парше // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40. № 4. С. 314–319.
- Жданов В.В., Седов Е.Н. Селекция яблони на устойчивость к парше. Тула: Приок. кн. изд-во, 1991. 207 с.
- Насонов А.И., Супрун И.И. (Nasonov, Suprun) Парша яблони: особенности возбудителя и патогенеза // Микология и фитопатология. 2015. Т. 49. № 5. С. 275–285.
- Насонова Г.В., Келдибеков А.А. (Nasonova, Keldibekov) Применение фунгицида Луна Гранквилити в защите плодовых культур от болезней // Современное садоводство. 2017. № 4 (24). С. 106–112.
- Седов Е.Н. (Sedov) Помология. Т. 1. Яблоня. Оре́л: Изд-во ВНИИСПК, 2005. 310 с.
- Седов Е.Н. (Sedov) Селекция и новые сорта яблони. Оре́л: ВНИИСПК, 2011. 624 с.
- Сухоцкий М.И. (Sukhotskiy) Приусадебное и промышленное садоводство. Минск, 2014. 768 с.

The Racial Composition of *Venturia inaequalis* in Environments of the Oryol Region

A. V. Pikunova^{a,#} and E. N. Sedov^a

^a Russian Research Institute for Fruit Crop Breeding, Oryol, Russia

[#]e-mail: pikuanna84@mail.ru

Results of four years observations (2015–2018) of scab (*Venturia inaequalis*) lesions on differentially resistant apple hosts (10 genotypes) under natural conditions of Russian Research Institute for Fruit Crop Breeding (Central Russia, Oryol Region) are represented. Basing on data obtained, the conclusions on pathogen races occurrence and resistance genes valuable for further breeding have been made. A set of differential host recommended by Vinquest international initiative was used. Vinquest is an international project aiming to monitor of *V. inaequalis* virulence. It includes scientists from Canada, UK, and over than 15 European countries as well as Russian Federation represented by Russian Research Institute for Fruit Crop Breeding. Such cultivars as Gala, GD (Vg/Rvi1), Q71 (Vh3/Rvi3), 9-AR2T196 (Vm/Rvi5) have shown apparent lesions (from class 3) already at the first year of observation and later on. Gradually year by year scab lesions increase were observed on B45 (Vh8/Rvi8) (at 2018 an average class of lesions achieved 3.1), TSR33T239 (Vh4/Rvi4, at 2018 an average class achieved 2.75), A 723-6 (Va/Rvi10, at 2018 an average class of lesions achieved 2.3). One or very few lesions detectable on close scrutiny of the tree were found for 2–3 trees of J34 (Vdg/Rvi9) from 9 trees observed. Gmal 2473 (Vr2/Rvi15), Pricilla (Vf/Rvi6), *M. × floribunda* 821 (Vf/Rvi6, Vf/Rvi7) have shown no symptoms. Respectively, the presence of races 1, 3, 4, 5, 8, and 10 was concluded. Presence of races 3, 4, 8, and 10 at Central Russia area is reported

for the first time. Worth wise to mention, currently relatively low class of lesions (up to 2) of J34 (*Vdg/Rvi9*). The viability of race 9 in environments of central Russia and possible infection increase are points for future investigations. Races 6 and 7 that valuable to overcome resistance genes of *M. × floribunda* 821 and race 15 are not found. Taking into account the absence of information on scab race overcoming Vr2/Rvi 15 resistance, the involvement of this gene in Russian breeding program may be useful. Despite the fact that races 6 and 7 have been found at many countries, the resistance of *M. × floribunda* 821 (*Vf/Rvi6* and *Vfh/Rvi7*) is still valuable for Russian Federation (based on our data and absence of reports on scab lesion of Vf resistant cultivars in Russian Federation). Regular monitoring of different scab race virulence will help breeders to figure out which genes combinations to involve in the breeding of new resistant cultivars for growing inside of the country and international market.

Keywords: apple, apple scab, differential hosts, gene for gene relationships, *Malus*, resistance genes, *Venturia inaequalis*