

УДК 634.11: 632.4

**ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ФИТОПАТОГЕННЫХ
МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ
ЯБЛОНИ**

Максим Леонидович Дубровский

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией

element68@mail.ru

Роман Валерьевич Папихин

кандидат сельскохозяйственных наук

руководитель Научного центра биотехнологии и селекции

ragom10@mail.ru

Андрей Викторович Кружков

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Наталья Леонидовна Чурикова

кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены состав ассоциаций почвенных фитопатогенных микроорганизмов и их влияние на важнейшие морфоанатомические и физиологические признаки растений яблони в производственных насаждениях. Комплекс симптомов сниженного роста, развития и угнетенного состояния молодых деревьев яблони в саду за рубежом известны под обобщенным названием болезни яблони при повторной посадке от почвоутомления (ARD – apple replant disease). В России отмечают ряд сходных симптомов у плодовых деревьев на зараженных фитопатогенами почвах, но данный термин для обозначения болезни растений не используют.

Ключевые слова: яблоня, производственные насаждения, сорто-

подвойные комбинации, почвоутомление, ассоциации фитопатогенных микроорганизмов, болезнь повторной высадки яблони (ARD).

Важнейшей плодовой культурой в мире является яблоня. Производство плодовой продукции имеет свои уникальные особенности. Отрасль садоводства включает в себя как питомниководство, в результате которого выращивают посадочный материал, так и непосредственно научно-технологическое возделывание многолетних насаждений с целью получения плодов для употребления в свежем виде и как источника сырья для различных продуктов переработки.

Несмотря на длительный жизненный цикл плодовых деревьев, с наступлением периода старения их необходимо заменять новыми с учетом востребованности потребителями конкретных сортов и возможности использования новых технологий и технических средств возделывания растений. В связи с необходимостью закладки новых садов в большинстве хозяйств встает вопрос о выборе и использовании для этого конкретных земельных участков. Если земельный фонд компании достаточно велик и включает незанятые древесной растительностью территории, то рационально закладывать новые кварталы сада на свежей почве. В случае ограниченности или полного отсутствия свободных территорий единственным вариантом закладки нового сада является повторное использование земельных участков после раскорчевки старых деревьев. Рекультивационные мероприятия позволяют повысить исходный уровень плодородия почвы, однако требуют на несколько лет выведения территорий из хозяйственного использования. Если по каким-то причинам производить закладку нового сада сразу после раскорчевки старых насаждений, то наблюдают ослабление роста молодых саженцев и симптомы их угнетенного состояния, известные за рубежом под обобщенным названием болезни яблони от почвоутомления при повторной высадке (ARD – apple replant disease). Болезнь ARD зарегистрирована во всех основных плодовых регионах мира. Около половины производственных яблоневого сада в Великобритании, Новой Зеландии и Польше больны ARD [8]. В России отмечают ряд сходных симптомов у плодовых деревьев на зараженных фитопатогенами почвах, но данный термин для обозначения болезни растений не используют [1].

Выделение четких симптомов болезни ARD у яблони, как и методы ее диагностики и изучения, в настоящее время не регламентируется вследствие определенных сложностей. Во-первых, в отличие от простой этиологии многих болезней растений, вызываемых конкретным вредителем, в случае болезни ARD ее возбудителями является сложный комплекс почвенных микроорганизмов – патогенных грибов родов *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Cylindrocarpon*, *Phytophthora* и др. Во-вторых, видовой состав этих фитопатогенов и их процентное соотношение в конкретном почвенном сообществе и в разновозрастных агроценозах не является постоянной величиной, в связи с чем симптомы ARD в разных странах мира и даже регионах одного государства могут существенно различаться [2, 7-9, 11-13]. В-третьих, учитывая непостоянный состав возбудителей в почве, до настоящего времени не представляется возможным разработать единую методику как полевой, так и лабораторной оценки устойчивости к ним подвоев яблони.

На основе проведенных различными авторскими коллективами исследований можно выделить наиболее общие и часто встречающиеся симптомы ARD и пути поражения плодовых растений.

Экспериментально подтвержденный факт улучшения роста молодых деревьев яблони после комплексных мер рекультивации и дезинфекции почвы старого сада свидетельствует о том, что причиной возникновения и развития болезни ARD являются биотические факторы [7, 10-13]. Зараженные растения яблони характеризуются замедлением роста вследствие повреждения корневой системы и снижением урожайности. При многолетнем прогрессировании симптомов ARD ослабление интенсивности протекания основных физиологических процессов растений на фоне действия других неблагоприятных факторов может привести к их гибели. У зараженных сорто-подвойных комбинаций в саду на неустойчивых клоновых подвоях отмечены глубокие комплексные изменения функциональной активности растений: снижение концентрации хлорофилла и хлорозы листьев, приводящие к серьезному уменьшению хлорофиллфлуоресценции и интенсивности

фотосинтетических процессов, а также выявлено увеличение доли ферментов пероксидазы и супероксиддисмутазы на фоне развития окислительного стресса при одновременном снижении содержания каталазы, ингибирование устьичной проводимости, сниженное накопление минеральных элементов – кальция, магния, железа и меди [9].

При исследовании цитоанатомических особенностей корней было отмечено, что ткани здоровых растений яблони на срезе были неповрежденными, в то время как у больных деревьев отмечено сильное отслаивание эпидермального и коркового слоев, а в сосудах наблюдали гифы грибков *Rhizoctonia*, *Phytophthora* и *Pythium* [4]. Подвой яблони с генетической устойчивостью к ассоциации почвенных фитопатогенов демонстрировали более высокие темпы роста корней и отличались низкой численностью возбудителей ARD в тканях корневой системы. У неустойчивых генотипов подвоев при развитии болезни отмечены нарушения архитектуры мелких корней, патологические изменения в них, приводящие к гибели отдельных клеток. В дальнейшем происходит расширение зоны некротизации в область более зрелых корней [4, 6, 8].

Полукарликовый подвой яблони M26, являющийся одним из наиболее распространенных в мире, характеризуется низкой устойчивостью к ARD: при посадке в зараженную фитопатогенами почву у него уже через две недели отмечены симптомы поражения корней – нарушение развития корневых волосков, снижение жизнеспособностью клеток вплоть до их некроза и почернения [6].

Почвенные сообщества фитопатогенных микроорганизмов в плодовых садах существенно различаются в зависимости от природно-климатических условий территории, типа почв и их физико-химических свойств, используемых сорто-подвойных комбинаций.

На разных типах почв выделяют низкую, среднюю и тяжелую степень поражения растений фитопатогенами, вызывающими ARD [2]. Экспериментально выявлена отрицательная корреляция между интенсивностью

развития ARD у деревьев яблони и содержанием глины в почве и положительная – с соотношением доли элементарных углерода и азота [7].

Для каждого региона мира характерно различие в составе почвенного сообщества патогенных микроорганизмов. По некоторым данным отмечено, что в регионах промышленного садоводства Южной Африки актиномицеты не участвуют в развитии болезни ARD у яблони, а видовая форма *Rhizoctonia solani* AG-5 полностью отсутствует в местных садовых агроценозах. В почве старых садов на данных территориях наиболее распространены оомицеты родов *Pytophthora* и *Pythium* (особенно вид *P. ultimum*). По результатам анализов qPCR было установлено, что в зараженных корнях концентрация ДНК патогенов неодинакова – значительно преобладают вид *Pythium vexans* и представители родов *Cylindrocarpon* и *Phytophthora*, в то время как другие виды рода *Pythium* (*P. irregulare*, *P. sylvaticum* и *P. ultimum*) присутствуют в меньшем количестве. В некоторых случаях, негативный эффект, оказываемый на корневую систему деревьев яблони, усиливался при совместном воздействии фитопатогенов и паразитических нематод рода *Pratylenchus*. Применение в этих условиях инсектицида фенамифоса и фунгицида металаксила способствовало существенному улучшению роста молодых деревьев в садах, что очевидно связано с сокращением численности вредных организмов [11].

Уникальной особенностью комплекса фитопатогенов, вызывающих ARD, является их низкая мобильность в почве: в большинстве случаев их распространение на территории сада является точечным и ограничивается объемом посадочной ямы, в которой развиваются корни плодового дерева. Некоторые ученые отмечали, что растения яблони могли восстанавливать свои исходных показатели роста, развития и плодоношения при достижении корнями более глубоких, «чистых» слоев почвы, в которые не проникали патогены. В то же время некоторые другие почвенные патогенные микроорганизмы, полностью не связанные с ARD, такие как *Ralstonia solanacearum*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* и *Phytophthora cinnamomi*, вызывающие увядание или отмирание растений, активнее распространяются в почвенных слоях [2, 3].

Важной физиологической особенностью плодовых растений, пораженных почвенными фитопатогенами, является усиление экспрессии генов биосинтеза фитоалексинов, сопровождающееся увеличением содержания данных соединений в корнях. Это указывает на выраженную местную защитную реакцию растений при проникновении патогенов в их клетки. В здоровых клетках при отсутствии биотических повреждений фитоалексины не синтезируются [2].

В связи с постоянным расширением и обновлением промышленных плодовых насаждений в большинстве стран мира, проблема почвоутомления становится всё более актуальной и требует поиска различных решений. Кроме многолетних рекультивационных мероприятий, к числу эффективных приемов против комплекса почвенных фитопатогенов при закладке молодых насаждений относят плантажную вспашку, смещение новых посадочных ям относительно прежних рядов раскорчеванных деревьев, внесение в почву биопрепаратов, добавление новой почвы с другого участка и др. [2, 3]. В рамках производственных экспериментов в Австрии, Германии, Италии и Швейцарии отмечено, что добавление в почву различных компостов, полученных из отходов местного производства, потенциально может снизить негативное воздействие ARD, хотя данный положительный эффект специфичен как для компоста, так и для почвы во многом из-за уникальности их состава [5].

Таким образом, ассоциации почвенных фитопатогенных микроорганизмов, вызывающих болезнь ARD у яблони, оказывают серьезное влияние на важнейшие морфоанатомические и физиологические признаки растений в производственных насаждениях. Комплекс симптомов сниженного роста, развития и угнетенного состояния молодых деревьев яблони в саду вызван проникновением гиф патогенных грибов в клетки молодых корней и дальнейшим биотическим стрессом, приводящим к некротизации разновозрастных зон корневой системы. Для борьбы с данными патогенными организмами следует использовать устойчивые клоновые подвои яблони, а

также применять различные агротехнические мероприятия по полной рекультивации утомленных почв после раскорчевки старых садов.

*Исследования проведены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по теме «Разработка инновационных методов получения, анализа и отбора отдаленных гибридов рода *Malus Mill.* и их хозяйственно-биологическая оценка» (код учредителя FESU-2023-0007; рег. № ЕГИСУ 1023051100007-2-4.1.1).*

Список литературы:

1. Устойчивость клоновых подвоев яблони к почвенным патогенным микроорганизмам в многолетних производственных насаждениях / М.Л. Дубровский, Р.В. Папихин, А.В. Кружков, Н.Л. Чурикова // Наука и Образование. 2021. Т. 4. №1. URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/3065> (дата обращения 30.10.2023).

2. Root exposure to apple replant disease soil triggers local defense response and rhizoplane microbiome dysbiosis / A. Balbín-Suárez, S. Jacquiod, A.-D. Rohr, B. Liu, H. Flachowsky, T. Winkelmann, L. Beerhues, J. Nesme, S.J. Sørensen, D. Vetterlein, K. Smalla // FEMS Microbiology Ecology. 2021. V. 97. Is. 4. fiab031.

3. Response of ‘Honeycrisp[®]’ apple trees to combinations of pre-plant fumigation, deep ripping, and hog manure compost incorporation in a soil with replant disease / G.P. Braun, K.D. Fuller, K. McRae, S.A.E. Fillmore // HortScience. 2010. V. 45. P. 1702-1707.

4. Caruso F.L., Neubauer B.F., Begin M.D. A histological study of apple roots affected by replant disease //Canadian Journal of Botany. 1989. V. 67. Is. 3. P. 742-749.

5. Performance evaluation of locally available composts to reduce replant disease in apple orchards of central Europe / I.H. Franke-Whittle, M.F.D. Juárez, H. Insam, S. Schweizer, A. Naef, A.R. Topp, M. Kelderer, T. Rühmer, G. Baab, J.

Henfrey, L.M. Manici // Renewable Agriculture and Food Systems. 2019. V. 34. Is. 6. P. 543-557.

6. Diagnosis of apple replant disease (ARD): microscopic evidence of early symptoms in fine roots of different apple rootstock genotypes / G. Grunewaldt-Stöcker, F. Mahnkopp, C. Popp, E. Maiss, T. Winkelmann // Scientia Horticulturae. 2019. V. 243. P. 583-594.

7. Induction and diagnosis of apple replant disease (ARD): a matter of heterogeneous soil properties? / F. Mahnkopp, M. Simon, E. Lehndorff, S. Pätzold, A. Wrede, T. Winkelmann // Scientia Horticulturae. 2018. V. 241. P. 167-177.

8. Relationship between root-endophytic microbial communities and replant disease in specialized apple growing areas in Europe / L.M. Manici, M. Kelderer, I.H. Franke-Whittle, T. Rühmer, G. Baab, F. Nicoletti, F. Caputo, A. Topp, H. Insam, A. Naef // Applied soil ecology. 2013. V. 72. P. 207-214.

9. Detection of above-ground physiological indices of an apple rootstock superior line 12-2 with improved Apple Replant Disease (ARD) resistance / Y. Mao, Y. Yin, X. Cui, H. Wang, X. Su, X. Qin, Y. Liu, Y. Hu, X. Shen // Horticulturae. 2021. V. 7(10), 337.

10. Identification and pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. isolated from apple roots and orchard soils // Phytopathology. 1997. V. 87. Is. 6. P. 582-587.

11. A multi-phasic approach reveals that apple replant disease is caused by multiple biological agents, with some agents acting synergistically / Y.T. Tewoldemedhin, M. Mazzola, I. Labuschagne, A. McLeod // Soil Biology and Biochemistry. 2011. V. 43. Is. 9. P. 1917-1927.

12. Turechek W.W. Apple diseases and their management // Diseases of Fruits and Vegetables. Volume I: Diagnosis and Management. 2004. P. 1-108.

13. Apple replant disease: causes and mitigation strategies / T. Winkelmann, K. Smalla, W. Amelung, G. Baab, G. Grunewaldt-Stöcker, X. Kanfra, R. Meyhöfer, S. Reim, M. Schmitz, D. Vetterlein, A. Wrede, S. Zühlke, J. Grunewaldt, S. Weiß, M. Schloter // Current issues in molecular biology. 2019. V. 30. Is. 1. P. 89-106.

UDC 634.11: 632.4

**THE INFLUENCE OF SOIL PHYTOPATHOGENIC
MICROORGANISMS
TO APPLE ORCHARDS**

Maksim L. Dubrovsky

Candidate of Agricultural Sciences, Head of Laboratory
element68@mail.ru

Roman V. Papikhin

Candidate of Agricultural Sciences
Head of the Scientific Center of Biotechnology and Breeding
parom10@mail.ru

Andrey V. Kruzhkov

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher

Nataliya L. Churikova

Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher
Michurinsk State Agrarian University
Michurinsk, Russia

Abstract. The article examines the composition of associations of soil phytopathogenic microorganisms and their influence on the most important morphoanatomical and physiological characteristics of apple plants in orchards. The complex of symptoms of reduced growth, development and depressed state of young apple trees in orchards are known under the general name of apple replant disease (ARD). In Russia, a number of similar symptoms are noted in fruit trees on soils infected with phytopathogens, but this term is not used to designate a plant disease.

Key words: apple tree, orchards, rootstock-scion combinations, soil fatigue, associations of phytopathogenic microorganisms, apple replant disease (ARD).

Статья поступила в редакцию 17.11.2023; одобрена после рецензирования 20.12.2023; принята к публикации 25.12.2023.

The article was submitted 17.11.2023; approved after reviewing 20.12.2022; accepted for publication 25.12.2023.