

УДК 632.4.01/.08:575.174.015.3:57.083.182

UDC 632.4.01/.08:575.174.015.3:57.083.182

DOI 10.30679/2219-5335-2023-5-83-135-150

DOI 10.30679/2219-5335-2023-5-83-135-150

**ВЛИЯНИЕ
ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД
НА МОРФОЛОГО-КУЛЬТУРАЛЬНЫЕ
ПРИЗНАКИ ШТАММА
PHYTOPHTHORA SP. DE BARY**

**INFLUENCE OF NUTRIENT MEDIA
ON MORPHOLOGICAL
AND CULTURAL CHARACTERISTICS
OF THE *PHYTOPHTHORA* SP.
DE BARY STRAIN**

Астапчук Ирина Леонидовна¹
канд. биол. наук
научный сотрудник
лаборатории биотехнологического
контроля фитопатогенов
и фитофагов¹
e-mail: irina_astapchuk@mail.ru

Astapchuk Irina Leonidovna¹
Cand. Biol. Sci.
Research Associate
of Biotechnological Control
of Phytopathogens and Phytophages
laboratory
e-mail: irina_astapchuk@mail.ru

Бардак Мария Владимировна²
магистрант²

Bardak Maria Vladimirovna²
master's student²

Якуба Галина Валентиновна¹
канд. биол. наук
старший научный сотрудник
лаборатории биотехнологического
контроля фитопатогенов
и фитофагов¹
e-mail: galyayaku@gmail.com

Yakuba Galina Valentinovna¹
Cand. Biol. Sci.
Senior Research Associate
of Biotechnological Control
of Phytopathogens and Phytophages
Laboratory
e-mail: galyayaku@gmail.com

Насонов Андрей Иванович¹
канд. биол. наук
заведующий лабораторией
контроля фитопатогенов
и фитофагов¹
e-mail: nasoan@mail.ru

Nasonov Andrei Ivanovich¹
Cand. Biol. Sci.
Head of Biotechnological Control
of Phytopathogens and Phytophages
Laboratory
e-mail: nasoan@mail.ru

¹Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия

¹Federal State Budget
Scientific Institution
«North Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making»,
Krasnodar, Russia

²Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный
университет», Краснодар, Россия

²Federal State
Budget Educational
Institution of Higher Education
«Kuban State university»,
Krasnodar, Russia

В защите плодовых культур от комплекса
патогенов одной из актуальных задач
в настоящее время является предотвращение

In the protection of fruit crops
from a complex of pathogens,
one of the current tasks is to prevent

развития корневых гнилей, среди причин возникновения которых выделяют активность почвенных микромицетов *Phytophthora* sp. Селективные среды играют ключевую роль как в идентификации и последующем хранении в лабораторных условиях, так и в изучении морфолого-культуральных признаков, спорулирующей способности, а также для получения определенного количества инокулюма (например, для исследований *in vivo*) и мицелия (для выделения ДНК). Получение чистой культуры патогенного микромицета с определёнными морфолого-культуральными характеристиками, которые могут иметь значение для диагностики как традиционными, так и современными методами, обуславливает актуальность изучения влияния различных сред на эти показатели патогенного гриба *Phytophthora* sp. Исследования выполнены методами лабораторного и сравнительного анализов. Изучали рост штамма возбудителя корневой гнили яблони *Phytophthora* sp. на девяти питательных средах. Оценивали скорость роста колонии и морфолого-культуральные признаки. В результате исследований у штамма установлено варьирование не только скорости роста колонии, но и культуральных признаков в зависимости от питательной среды. Из девяти питательных сред выделены три универсальные, наиболее пригодные для культивирования и идентификации, а именно: томатный, картофельно-глюкозный и сусло-агары. Они отвечают следующим критериям: обеспечение максимальной степени спороношения, быстрый рост и развитие мицелия гриба, легкость в приготовлении. Также было отмечено, что для получения большого количества инокулюма можно использовать среду Leroux, так как при сплошном (газонном) посеве она даст больше спор, чем на других средах.

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, КОРНЕВАЯ ГНИЛЬ, *PHYTOPHTHORA*, ПИТАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

the development of root rot, among the causes of which are the activity of soil micromycetes *Phytophthora* sp. Selective media play a key role both in identification and subsequent storage in the laboratory, and in the study of morphological and cultural traits, sporulation ability, as well as to obtain a certain amount of inoculum (for example, for *in vivo* studies) and mycelium (for DNA isolation). Obtaining a pure culture of pathogenic micromycete with certain morphological and cultural characteristics, which may be important for diagnosis by both traditional and modern methods, determines the relevance of studying the influence of various media on these parameters of the pathogenic fungus *Phytophthora* sp. The studies were carried out by methods of laboratory and comparative analyses. The growth of the pathogen strain of apple root rot *Phytophthora* sp. on nine nutrient media was studied. The colony growth rate and morphological and cultural characteristics were evaluated. As a result of the research, the strain has been found to vary not only the growth rate of the colony, but also the cultural characteristics depending on the nutrient medium. Of the nine nutrient media, three universal ones were selected that are most suitable for cultivation and identification, namely, tomato, potato-glucose and must agars. They meet the following criteria: ensuring the maximum degree of sporulation, rapid growth and development of the mycelium of the fungus, ease of preparation. It was also noted that Leroux medium can be used to obtain a large amount of inoculum, since it will produce more spores when planted in a lawn than on other media.

Key words: APPLE-TREE, ROOT ROTT, *PHYTOPHTHORA*, NUTRIENT MEDIUM

Введение. Значительная часть видов рода *Phytophthora* De Bary являются фитопатогенами, возбудителями широко распространенных и вре-

доносных заболеваний растений – фитофторозов. Большинство видов представляют серьезную опасность для сельскохозяйственных культур, дикорастущих трав и деревьев. Массовые фитофторозы приносят колоссальный экономический ущерб, поражая до тысячи видов растений из филогенетически отдаленных семейств. Распространены повсеместно в странах Европы, Азии, Америки, встречаются в Африке (Египет), а также в Австралии и Новой Зеландии. Вредоносность болезни заключается не только в гибели отдельных растений и снижении качества плодов, но и в резком нарушении физиологических процессов, раннем старении растений, их низкой продуктивности, поражении семенного материала. Из наиболее известных представителей рода встречаются узкоспециализированные паразиты, поражающие томат и картофель, другие могут поражать до тысячи видов растений отдаленных семейств [1-6].

В защите плодовых и ягодных культур от комплекса патогенов одной из актуальных задач в настоящее время является предотвращение развития корневых гнилей, среди причин возникновения которых выделяют активность почвенных микромицетов *Phytophthora* sp. Так, биотип *Phytophthora fragariae* Nickm двух разновидностей, var. *fragariae* и var. *rubi*, вызывает корневую гниль малины и земляники, распространение которой происходит через зараженный посадочный материал. Корневая система пораженных растений некротизируется и сгнивает, боковые корни отмирают. В поврежденной подземной части малины при микроскопировании наблюдаются зооспоры возбудителя [7-9].

Значительный ущерб фитофторозная корневая гниль наносит в школках сеянцев плодовых культур, как в условиях защищенного грунта, так и открытого. Наиболее часто корневую гниль вызывает *Phytophthora cactorum* (Lebert & Cohn) J. Schröt, как на взрослых деревьях, так и в питомниках. При поражении корней и стволов патогеном происходит закупорка сосудов, появление трещин и перетяжек на корнях, увядание, усы-

хание, и, как следствие, гибель саженцев. Потери от данного заболевания могут достигать 50 % и выше [10-11].

Виды рода *Phytophthora* могут размножаться половым или бесполом путем. Бесполое (митотические) типы спор представляют собой хламидоспоры и спорангии, образующие зооспоры. Хламидоспоры обычно имеют сферическую форму и пигментированы, а также могут иметь утолщенную клеточную стенку в качестве структуры выживания. Спорангии удерживаются стягивающимися гифами или легко сбрасываются под действием ветра или натяжения воды, действуя как структуры рассеивания. Кроме того, спорангии могут выпускать зооспоры с двумя разными жгутиками, которые используются чтобы подплыть к растению-хозяину [12].

Для обнаружения и идентификации возбудителей рода используют различные методы, такие как визуальный осмотр, влажная камера, селективные среды, микроскопирование и морфометрия, плавающие приманки и ПЦР анализ [1, 13]. Главный способ выделения грибов рода *Phytophthora* – применение биоприманок, которыми являются вегетативные и генеративные органы растений, чувствительные к данному фитопатогену. Во время развития грибов рода *Phytophthora* на биоприманке происходит некротизация листовой пластины, помещённой в суспензию заражённой почвы или поражение плодов и других генеративных органов растения, выбранных для исследования, в результате нанесения на них почвенного образца [9, 14]. Отмечается, что в сравнении с прямым посевом на питательные среды, метод биоприманок позволяет с большей вероятностью идентифицировать споры фитопатогена, а также тестируется больший объем почвы, что увеличивает вероятность обнаружения видов рода *Phytophthora* [15].

Следует отметить, что селективные среды [1] играют ключевую роль как в идентификации и последующем хранении в лабораторных условиях, так и в изучении морфолого-культуральных признаков, спорулирующей способности, а также для получения определенного количества инокулюма (например, для исследований *in vivo*) и мицелия (для выделения ДНК).

Наиболее распространённая среда для изучения видов *Phytophthora* – агар с овощным соком V8. Состав данной среды, являясь коммерческой смесью, может быть ограничивающим фактором при проведении исследований. Кроме того, некоторые виды рода *Phytophthora* способны проявлять избирательный рост и спороношение на различных средах, в связи с чем возрастает актуальность подбора питательных сред, состоящих из более доступных для исследователей компонентов [14, 16]. В работе, проведённой L.Y. Guo и W.H. Ko, отмечена видоспецифичность в производстве спор различными видами *Phytophthora*: штаммы видов *P. capsici* Leonian и *P. palmivora* Butler образовывали больше спорангиев на томатном агаре, чем на среде V8, тогда как виды *P. cactorum* и *P. parasitica* Dastur лучше спороносили на соевом и томатном агарах [17].

Овсяный и морковный агары характеризуются как подходящие среды для всех видов *Phytophthora* и способствующие интенсивному росту мицелия [18, 19]. В целях выделения мицелия фитопатогена применяют посев на картофельно-глюкозный агар [14]. Однако некоторые исследователи отмечают, что данная среда непригодна для изучения спорангиев и ооспор [20]. Для оценки спорообразования грибов рода *Phytophthora* в своей работе С.Е. Caten и J.L. Jinks рекомендуют ржаной агар [21]. Также для изучения морфолого-культуральных свойств данного патогена готовят среды на основе кукурузы, гороха и лимской фасоли [22].

Получение чистой культуры патогенного микромицета с определёнными морфолого-культуральными характеристиками, которые могут иметь значение для диагностики как традиционными, так и современными методами, обуславливает актуальность изучения влияния различных сред на эти показатели патогенного гриба *Phytophthora* sp.

Цель исследования: изучить влияние различных питательных сред на рост и морфолого-культуральные признаки штамма *Phytophthora* sp., возбудителя корневой гнили яблони, и определить для его культивирования наиболее оптимальные среды.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в лаборатории биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов и в Центре коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием ФГБНУ СКФНЦСВВ. Объектом исследований являлся штамм RRP23\1 *Phytophthora* sp. лабораторной коллекции. Моноконидиальный штамм был выделен из микопатоконкомплекса возбудителей корневой гнили сорта Жеро-мин промышленных насаждений яблони Северского района Краснодарского края в 2023 гг. с использованием микробиологического метода [23-24]. Определение родовой принадлежности штамма проводили по морфолого-культуральным признакам с использованием отечественной и зарубежной определительной литературы [1, 12, 24-27].

Морфологические и культуральные признаки штамма на КГА были типичными для рода *Phytophthora*. Для изучения влияния различных питательных сред на рост и морфолого-культуральные признаки штамма *Phytophthora* sp. производили посев культуры гриба в трехкратной повторности на девять питательных сред: голодный агар (ГА), картофельно-глюкозный агар (КГА), сусло-агар, томатная, морковная, овсяная, гороховая среды, среда Мурасиге и Скуга (с модификацией Реброва) и среда Leroux [24-25]. Полученные посеы инкубировали при дневном свете, при температуре 23 °С. Учет роста и оценку морфолого-культуральных признаков колоний гриба проводили на 7-е сутки, степень спороношения определяли на 10-е сутки после посева. Измеряли диаметр и высоту колонии; морфологические признаки оценивали с помощью микроскопа Olympus CX43RF, концентрацию зооспор определяли с помощью автоматического счетчика клеток C100- SE RWD Life Science Co., Ltd [26-27].

Обсуждение результатов. В результате работы было отмечено варьирование роста колоний и культуральных признаков в зависимости от состава питательной среды. Штамм *Phytophthora* sp. образовал воздушный мицелий на восьми из девяти изученных питательных сред; на голодном

агаре культура не развивалась. Первые признаки роста колоний патогена появились на 2-е сутки после посева. На 7-е сутки роста максимальный диаметр колоний гриба был зафиксирован на двух средах: сусло-агар и томатный агар; минимальный диаметр наблюдали на синтетических средах Lergoux и Мурасиге и Скуга (табл. 1).

Необходимо отметить, что скорость роста колоний микромицета на естественных средах отличалась на 3-и и 7-е сутки. На 3-и сутки гриб быстрее рос на морковном и овсяном агарах, на 7-е сутки на данных средах была средняя скорость роста по сравнению с другими средами.

Таблица 1 – Влияние питательных сред на рост штамма *Phytophthora sp. RRP23I\1*, возбудителя корневой гнили яблони (D – диаметр; H – высота)

Питательные среды	Морфолого-культуральные признаки колонии штамма						
	D (мм)	H (мм)	Форма	Край колонии	Профиль колоний	Мицелий	Цвет мицелия
Голодный агар	-	-	-	-	-	-	-
Среда Lergoux	22,5±3,3	1,0	неправильная	волнистый, реснитчатый	плоский, прижатый	гомогенный, рыхлый, ватообразный	белый
Среда Мурасиге и Скуга	37,5±14,5	3,0	неправильная	ровный, ворсинчатый	приподнятый	гетерогенный, ватообразный, рыхлый	розово-белый
Морковный агар	65,0±9,9	13,0	правильная	ровный, ворсинчатый	приподнятый, кратерообразный	гомогенный, ватообразный, плотный	белый
Овсяный агар	68,8±12,2	10,0	правильная	ровный, реснитчатый	приподнятый	гомогенный, войлочный, плотный	белый
Гороховый агар	77,5±4,9	10,0	неправильная	волнистый, реснитчатый	приподнятый	гомогенный, паутинистый, плотный	бело-снежный
КГА	83,6±3,3	3,0	правильная	ровный, реснитчатый	плоский, прижатый	гетерогенный, войлочный, рыхлый	желто-белый
Сусло-агар	87,5±5,0	4,0	правильная	ровный, реснитчатый	плоский	гетерогенный, войлочный, рыхлый	желто-белый
Томатный агар	95,0±0,0	10,0	правильная	ровный, ворсинчатый	приподнятый, кратерообразный	гомогенный, ватообразный, плотный	белый

Эти особенности скорости роста важно учитывать при необходимости экспресс-культивирования штамма и получения достаточного количества воздушного мицелия [26, 28].

Состав изученных селективных сред оказал влияние и на культуральное разнообразие штамма *Phytophthora sp.* Изолят микромицета на различных средах отличался формой, структурой и цветом колоний, но эти характеристики соответствовали описаниям современной номенклатуры и систематике рода.

Высота культуры гриба варьировала от 1 до 13 мм, в среднем штамм RRP23I\1 имел приподнятый, гомогенный мицелий с ровным краем и правильную форму. Цвет варьировал от белого до розового; на средах КГА, томатном и сусло-агаре центр колонии имел желтый оттенок. Мицелий по структуре был либо рыхлым, либо плотным; на некоторых средах мицелий имел секторы (томатный и гороховый агары, среда Мурасиге и Скуга) (рис. 1).

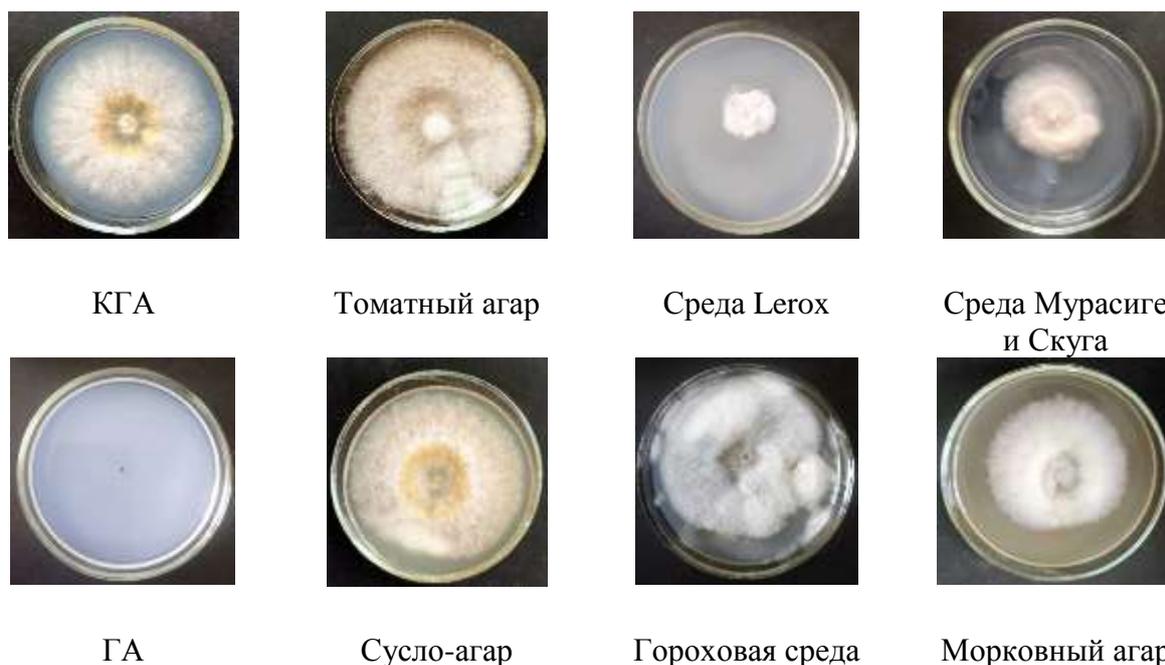


Рис. 1. Влияние питательных сред на культуральные свойства штамма *Phytophthora sp.* RRP23I\1, возбудителя корневой гнили яблони

В зависимости от состава питательной среды отмечались различия в морфологии и спороношении патогена: варьировал диаметр гиф; гифальные утолщения имелись в мицелии штамма, выращенного на томатном и гороховом агарах.

Обильное спороношение было отмечено на 10-е сутки на всех средах, кроме голодного агара, на котором спороношение не наблюдалось. Больше количество зооспор изученного штамма было зафиксировано на сусло- и томатном агарах. Минимальное спороношение имел изолят, культивируемый на овсяном агаре и среде Мурасиге и Скуга (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние питательных сред на морфологические признаки штамма *Phytophthora sp.* RRP23\1, возбудителя корневой гнили яблони

№	Питательные среды	Концентрация зооспор	Диаметр гиф
1	Среда Мурасиге и Скуга	$2,24 \times 10^5$	5 мкм
2	Овсяный агар	$2,27 \times 10^5$	5 мкм
3	Гороховый агар	$3,36 \times 10^5$	4 мкм
4	Среда Leroux	$6,06 \times 10^5$	4 мкм
5	Морковный агар	$9,19 \times 10^5$	8 мкм
6	КГА	$2,56 \times 10^6$	8 мкм
7	Томатный агар	$7,43 \times 10^6$	6 мкм
8	Сусло-агар	$1,07 \times 10^7$	8 мкм

Таким образом, результаты исследования показали большое разнообразие морфолого-культуральных свойств штамма *Phytophthora sp.* RRP23\1 – возбудителя корневой гнили яблони на различных питательных средах. По совокупности изученных морфолого-культуральных признаков полученные нами результаты близки данным других исследователей [14-16, 28-45]. В то же время, выявленные в ходе работы вариации цвета колонии и субстрата, края колонии и топографии мицелия на восьми питательных средах позволяют дополнить существующие литературные данные и могут помочь в таксономической идентификации *Phytophthora sp.* на плодовых и других культурах.

Использование простых по составу сред позволит в короткий срок культивировать штамм для различных задач, например, для выделения монозооспоровых линий, изучения устойчивости или для определения типа совместимости изолятов и линий. Использование селективных сред позволяет получить результат быстрее, чем метод приманок. В связи с этим, при оценке фитосанитарного состояния насаждений плодовых и ягодных куль-

тур предлагаем использовать комплексный подход, сочетающий метод приманок и посева на специализированные питательные среды: томатный или сусло-агары, которые достаточно легки в приготовлении и позволяют получить большее количество мицелия и зооспор. Также интересно заметить, что для получения большого количества инокулюма можно использовать среду Leroux, так как при сплошном (газонном) посеве она даст больше спор, чем на других средах.

Необходимо отметить, что по полученным нами ранее данным, сусло-агар является универсальной средой для культивирования возбудителей экономически важных заболеваний яблони: парши *Venturia inaequalis* (Cook) G. Winter, гнили сердцевины плодов *Alternaria sp.* Nees и корневой гнили *Fusarium spp.* Link [46-48]. Данная среда общедоступна, проста в приготовлении, но мало где упоминается и рекомендуется для исследований *in vitro*.

Заключение. В результате исследования установлено влияние состава питательных сред на скорость роста колоний и культуральные признаки штамма *Phytophthora sp.* RRP23I\1 – возбудителя корневой гнили яблони. Из девяти питательных сред выделены три универсальные, наиболее пригодные для культивирования и идентификации, а именно: томатный, картофельно-глюкозный и сусло-агары. Они отвечают следующим критериям: обеспечение максимальной степени спороношения, быстрый рост и развитие мицелия гриба, легкость в приготовлении. Использование полученных результатов позволяет повысить достоверность таксономической идентификации *Phytophthora sp.* на плодовых культурах.

Литература

1. Новое в систематике и номенклатуре грибов / Под ред. Дьякова Ю.Т., Сергеева Ю.В. М.: Национальная академия микологии. Медицина для всех. 2003. С. 276-303. EDN: RTEAPJ
2. Изучение изолятов *Phytophthora infestans* Mont. de Bary в посадках картофеля / Н.В. Мацишина [и др.] // Овощи России. 2021. № 6. С. 86-91. DOI 10.18619/2072-9146-2021-6-86-91.

3. Babalola O.O. *Trichoderma*: Potential bio-resource for the management of tomato root rot diseases in Africa // *Microbiological Research*. 2022. Vol. 257. 126978. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.126978>
4. Ерохова М.Д. Опасные лесные патогены *Phytophthora ramorum* и *Phytophthora kernoviae* // *Защита и карантин растений*. 2021. № 2. С. 34-37. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_2_34.
5. Kondo T. *Phytophthora* rot of alpine delphinium caused by *Phytophthora* sp. *kelmania* // *Journal of General Plant Pathology*. 2022. Vol. 88, Issue 2. P. 145-149. DOI: 10.1007/s10327-021-01050-5.
6. Различия в агрессивности изолятов *Phytophthora infestans*, выделенных в разных регионах Российской Федерации / М.А. Кузнецова [и др.] // *Современные иммунологические исследования, их роль в создании новых сортов и интенсификации растениеводства: материалы Всероссийской научно-производственной конференции, 2009*. С. 75-80. <https://istina.msu.ru/publications/article/382392947/> EDN: SMKDRJ
7. Головин С.Е., Копина М.Б. Фитофторозные корневые и прикорневые гнили малины и земляники, современные методы их диагностики. Москва: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства Россельхозакадемии, 2014. 198 с. <https://www.iprbookshop.ru/54050.html> EDN: TMSOWT
8. Головин С.Е. Регрессионный прогноз фитофторозной гнили корней малины // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2009. Т. 22. № 1. С. 261-269. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12972044>
9. Головин С.Е. Видовое разнообразие оомицетов из рода *Phytophthora* на малине красной в средней полосе России // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2016. Т. 47. С. 98-102. <https://vstisp.org/vstisp/images/stories/pomiculture/content-47-rus1.pdf> EDN: XCRKBV
10. Головин С.Е. Корневые и прикорневые гнили садовых растений: распространенность, вредоносность, диагностика. Москва: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, 2016. 440 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27418782>
11. Головин, С.Е., Романченко Т.И. Возбудители микозного усыхания, корневых и прикорневых гнилей плодовых культур: диагностика, меры борьбы. 2-е издание, дополненное. Москва: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, 2020. 192 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43879050>
12. Грибы – паразиты культурных растений. Определитель Том 2. Грибы несовершенные К.: Наукова думка, 1977. 300 с.
13. Исследование растительных образцов яблони на наличие фитопатогенов бактериальной, вирусной и грибной этиологии / В.А. Володин [и др.] // *Виноградарство и виноделие*. 2019. Т. 48. С. 18-20. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41202991>
14. Бондарева Е.В., Калембет И.Н. Сравнительный анализ классических лабораторных методов выделения представителей рода *Phytophthora* из почвы и растений // *Аграрная наука*. 2019. № S1. С. 113-117. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-113-117.
15. Surina T.A., Kopina M.B., Smirnova A.V., Shukhin D.I. Isolation and identification of *Phytophthora* species on nut-bearing plants // *bioRxiv*. 2020. 12.21.423714. <https://doi.org/10.1101/2020.12.21.423714>
16. Hardina N., Kuswinanti T., Baharuddin B. Modified vegetables extract as substitution of v8-juice medium for cultivation of *Phytophthora* sp // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 486. 012149. DOI: 10.1088/1755-1315/486/1/012149.
17. Guo L.Y., Ko W. H. Two Widely Accessible Media for Growth and Reproduction of *Phytophthora* and *Pythium* Species // *Applied and environmental microbiology*. 1993. Vol 59, Issue 7. P. 2323-2325. DOI: 10.1128/aem.59.7.2323-2325.1993

18. Sopee J., Sangchote S., Stevenson W. R. Modified agar-based media for culturing *Phytophthora infestans* // *Phytoparasitica*, 2012. Vol 40, Issue 3. P. 269-278. DOI: 10.1007/-012-0218-4
19. Сурина Т.А. Фитофторозные корневые гнили древесных и кустарниковых растений и их диагностика: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.12 / Сурина Татьяна Александровна. М.: МГУ. 2015. 163 с. file:///C:/Users/%D0%99/Downloads/Surina_disser.pdf
20. Erwin D.C., Ribeiro O.K. *Phytophthora* diseases worldwide. St. Paul, Minnesota: APS press, 1996. 562 p.
21. Caten C.E., Jinks J.L. Spontaneous variability of single isolates of *Phytophthora infestans*. I. Cultural variation // *Canadian Journal of Botany*. 1968. Vol. 46, Issue 4. P. 329-348. DOI: 10.1139/B68-055
22. Peters R.D., Platt (Bud) H.W., Hall R. Long-term survival of *Phytophthora infestans* in liquid media prepared from autoclaved seeds // *Canadian Journal of Plant Pathology*. 1998. Vol. 20. P. 165-170. <https://doi.org/10.1080/07060669809500422>
23. Thurston H.D. The culture of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology*, 1957. Vol. 47, Issue 3. P. 186.
24. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов / под ред. М.К. Хохрякова. Ленинград: ВИЗР, 1974. 69 с.
25. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. // Учебное пособие для вузов. М.: Academia. Серия: Высшее образование, 2005. 608 с.
26. Сравнение фенотипических и молекулярно-генетических методов мониторинга возбудителя фитофтороза картофеля *Phytophthora infestans* / Е.А. Соколова [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32, № 3. С. 24-27. DOI 10.24411/0235-2451-2018-10305.
27. Medina M.V. Comparison of different culture media on the mycelial growth, sporangia and oospore production of *Phytophthora infestans* // *American Journal of Potato Research*. 1999. Vol. 76, Issue 3. P. 121-125. DOI: 10.1007/bf02853576.
28. Jabiri S., El Hamss H., Amraoui M.B., Lahlali R. Influence of Culture Media and Environmental Factors (Water Potential and Temperature) on Mycelial Growth of *Phytophthora vexans* (de Bary), the Causal Agent of Dieback Disease in Apple Trees. *Appl. Microbiol.* 2022. Vol. 2. P. 861-872. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol2040066>
29. Evangelisti E., Yunusov T., Shenhav L., Schornack S. N-acetyltransferase AAC (3)-I confers gentamicin resistance to *Phytophthora palmivora* and *Phytophthora infestans* // *BMC Microbiology*. 2019. Vol. 19, Issue 1. 265. DOI: 10.1186/s12866-019-1642-0.
30. Оценка устойчивости сортов и гибридов картофеля к *Phytophthora infestans* Mont. de Bary в Приморском крае / Н.В. Мацишина [и др.] // *Овощи России*. 2020. № 3. С. 77-80. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-3-77-80.
31. Чижик В.К., Мартынов В.В. Применение SSCP-анализа генов вирулентности для изучения популяций *Phytophthora infestans* // *Биотехнология*. 2022. Т. 38. № 6. С. 112-120. DOI: 10.56304/S0234275822060059.
32. Fry W.E. *Phytophthora infestans*: the itinerant invader; «late blight»: the persistent disease // *Phytoparasitica*. 2020. Vol. 48, Issue 1. P. 87-94. DOI 10.1007/s12600-019-00778-3.
33. Molecular assessment of potato varieties resistance to *Phytophthora infestans* in the Dominican Republic / A.V. Rosa, et al. // *Bioagro*. 2019. Vol. 31, Issue 2. P. 103-112. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2631>
34. Rodríguez-Padrón C., Siverio F., Pérez-Sierra A., Rodríguez A. Isolation and pathogenicity of *Phytophthora* species and *Phytophthora vexans* recovered from avocado orchards in the Canary Islands, including *Phytophthora niederhauserii* as a new pathogen of avocado // *Phytopathologia Mediterranea*. 2018. Vol. 57, Issue 1. P. 89-106. DOI: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-22022.

35. Fukue Y., Akino S., Osawa H., Kondo N. Races of *Phytophthora infestans* isolated from potato in Hokkaido, Japan // Journal of General Plant Pathology. 2018. Vol. 84, Issue 4. P. 276-278. DOI: 10.1007/s10327-018-0790-7.

36. Агаев Ф.Ф. Практика борьбы с заболеванием картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в Азербайджане на примере фитофторы // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. № 12. С. 79-85. DOI: 10.33619/2414-2948/73/10.

37. Фирсов Г.А., Варфоломеева Е.А., Волчанская А.В. Древесные растения парка дендрария и восьмилетний (2011-2018 гг.) мониторинг фитофторы в ботаническом саду Петра Великого // Бюллетень Главного ботанического сада. 2019. № 2(205). С. 32-41. DOI: 10.25791/BBGRAN.02.2019.732.

38. Новиков, М.Н. Биологизированные приемы оптимизации фитопатогенного состояния полевых культур // Агропромышленные технологии Центральной России. 2018. № 1(7). С. 88-94. DOI: 10.24888/2541-7835-2018-7-88-95.

39. Изучение изолятов *Phytophthora infestans* Mont. de Bary в посадках картофеля / Н.В. Мацишина [и др.] // Овощи России. 2021. № 6. С. 86-91. DOI: 10.18619/2072-9146-2021-6-86-91.

40. Собко О.А., Дидора А.С., Богинская Н.Г., Мацишина Н.В. Болезни земляники закрытого грунта в Приморье // Овощи России. 2020. № 5. С. 103-107. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-5-103-107.

41. Sodikov B., Khamiraev U., Omonlikov A. Application of New Fungicides Against the Diseases of Agricultural Crops // Bulletin of Science and Practice. 2022. Vol. 8. № 2. P. 110-117. DOI: 10.33619/2414-2948/75/15.

42. Голубева Т.С., Черенко В.А., Сеницына О.И., Кочетов А.В. Молекулярно-генетические аспекты ответа картофеля на заражение фитофторозом // Генетика. 2022. Т. 58. № 2. С. 127-136. DOI: 10.31857/S0016675822020059.

43. Васильченко, В.В. Бибиб Т.С., Смирнов А.Н. Сравнение агрессивности *Phytophthora infestans* и *Alternaria alternata* на дисках клубней картофеля различных сортов // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 24-27. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11005.

44. Мирзаева С.А. Фитофтороз и его симптомы // Научные горизонты. 2019. № 1(17). С. 211-215. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36869253>

45. Trifonova E.A., Ibragimova S.M., Volkova O.A. [et al.] Ribonuclease activity as a new prospective disease resistance marker in potato // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. Vol. 22. No. 8. P. 987-991. DOI: 10.18699/VJ18.441.

46. Насонов А.И., Якуба Г.В., Астапчук И.Л., Барсукова О.Н. Разработка и апробация метода оценки вирулентности возбудителя парши яблони в лабораторных условиях [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 66(6). С. 350-368. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/06/25.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-6-66-350-368 (дата обращения: 08.08.2023).

47. Астапчук И.Л., Якуба Г.В., Марченко Н.А., Насонов А.И. Оценка влияния различных питательных сред на рост грибов рода *FUSARIUM* Link [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 65(5). С. 306-325. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/05/24.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-306-325 (дата обращения: 08.08.2023).

48. Астапчук И.Л., Якуба Г.В., Насонов А.И. Вариабельность культуральных признаков штаммов *Alternaria alternata* (FR.) KEISSL., возбудителя гнили сердцевины плодов яблони, на различных питательных средах [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 68(2). С. 255-271. Режим доступа: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/02/21.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-2-68-255-271 (дата обращения: 08.08.2023).

References

1. An update on systematics and nomenclature of fungi / Ed. Dyakova Yu.T., Sergeyev Yu.V. Moscow: National Academy of Mycology, "Medicine for All". 2003. P. 276-303. EDN: RTEAPJ ([in Russian](#))
2. Study of isolates of *Phytophthora infestans* Mont. de Bary in the in the plantings of potato / N.V. Matsishina, et al. // Vegetables of Russia. 2021. № 6. P. 86-91. DOI: 10.18619/2072-9146-2021-6-86-91 ([in Russian](#))
3. Babalola O.O. *Trichoderma*: Potential bio-resource for the management of tomato root rot diseases in Africa // Microbiological Research. 2022. Vol. 257. 126978. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.126978>
4. Erohova M.D. Dangerous forest pathogens, *Phytophthora ramorum* and *Phytophthora kernoviae* // Plant Protection and Quarantine. 2021. № 2. P. 34-37. DOI: 10.47528/1026-8634_2021_2_34 ([in Russian](#))
5. Kondo T. Phytophthora rot of alpine delphinium caused by *Phytophthora* sp. kelmania // Journal of General Plant Pathology. 2022. Vol. 88, Issue 2. P. 145-149. DOI: 10.1007/s10327-021-01050-5.
6. Differences in the aggressiveness of *Phytophthora infestans* isolates isolated in different regions of the Russian Federation / M.A. Kuznetsova [and others] // Modern immunological studies, their role in the creation of new varieties and intensification of crop production: Proceedings of the All-Russian Scientific and Production Conference, 2009. P. 75-80. <https://istina.msu.ru/publications/article/382392947/> EDN: SMKDRJ ([in Russian](#))
7. Golovin S.E., Kopina M.B. The Phytophthora root and basal rots of raspberries and strawberries, modern methods of its diagnostics. Moscow: All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery of the Russian Agricultural Academy, 2014. 198 p. <https://www.iprbookshop.ru/54050.html> EDN: TMSOWT ([in Russian](#))
8. Golovin S.E. Regression forecast of late blight of raspberry roots // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2009. Vol. 22, № 1. P. 261-269. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12972044> ([in Russian](#))
9. Golovin S.E. Species diversity of oomycetes of the genus *Phytophthora* on red raspberries in the Middle zone of Russia // Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2016. Vol. 47. P. 98-102. <https://vstisp.org/vstisp/images/stories/pomiculture/content-47-rus1.pdf> ([in Russian](#))
10. Golovin S.E. Root and basal rot of garden plants: prevalence, harmfulness, diagnostics. Moscow: All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery, 2016. 440 p. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27418782> ([in Russian](#))
11. Golovin S.E., Romanchenko T.I. Causative agents of mycotic drying, root and root rot of fruit crops: diagnostics, control measures / 2nd edition, revised. Moscow: All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery, 2020. 192 p. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43879050> ([in Russian](#))
12. Fungi – parasites of cultivated plants. Determinant Volume 2. Mushrooms imperfect. K.: Naukova Dumka, 1977. 300 p. ([in Russian](#))
13. Examination of apple plant samples for the presence of phytopathogens of bacterial, viral and fungal etiology / V.A. Volodin, et al. // Viticulture and winemaking. 2019. Vol. 48. P. 18-20. <https://elibrary.ru/item.asp?id=41202991> ([in Russian](#))
14. Bondareva E.V., Kalemбет I.N. Comparative analysis of classical laboratory methods for isolation of representatives of the genus *Phytophthora* from soil and plants // Agricultural Science. 2019. № S1. P. 113-117. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-113-117 ([in Russian](#))
15. Surina T.A., Kopina M.B., Smirnova A.V., Shukhin D.I. Isolation and identification of *Phytophthora* species on nut-bearing plants // bioRxiv. 2020. 12.21.423714. <https://doi.org/10.1101/2020.12.21.423714>
16. Hardina N., Kuswinanti T., Baharuddin B. Modified vegetables extract as substitution of v8-juice medium for cultivation of *Phytophthora* sp. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 486. 012149. DOI: 10.1088/1755-1315/486/1/012149.

17. Guo L.Y., Ko W. H. Two Widely Accessible Media for Growth and Reproduction of *Phytophthora* and *Pythium* Species // Applied and environmental microbiology. 1993. Vol 59, Issue 7. P. 2323-2325. DOI: 10.1128/aem.59.7.2323-2325.1993
18. Sopee, J., Sopee J., Sangchote S., Stevenson W. R. Modified agar-based media for culturing *Phytophthora infestans* // Phytoparasitica, 2012. Vol 40, Issue 3. P. 269-278. DOI: 10.1007/s12600-012-0218-4
19. Surina T.A. *Phytophthora* root rots of woody and shrubby plants and their diagnostics : dis. ... cand. biol. sci.: 03.02.12 / Surina Tatiyana Aleksandrovna. M.: MSU. 2015. 163 p. ([in Russian](#))
20. Erwin D.C., Ribeiro O.K. *Phytophthora* diseases worldwide. St. Paul, Minnesota: APS press. 1996. 562 p.
21. Caten C.E., Jinks J.L. Spontaneous variability of single isolates of *Phytophthora infestans*. I. Cultural variation // Canadian Journal of Botany. 1968. Vol. 46, Issue 4. P. 329-348. DOI: 10.1139/B68-055
22. Peters R.D., Platt (Bud) H.W., Hall R. Long-term survival of *Phytophthora infestans* in liquid media prepared from autoclaved seeds // Canadian Journal of Plant Pathology. 1998. Vol. 20. P. 165-170. <https://doi.org/10.1080/07060669809500422>
23. Thurston H.D. The culture of *Phytophthora infestans* // Phytopathology. 1957. Vol. 47, Issue 3. P. 186.
24. Guidelines for the experimental study of phytopathogenic fungi / ed. M.K. Khokhryakova. Leningrad: VIZR, 1974. 69 p. ([in Russian](#))
25. Netrusov A.I., Egorova M.A., Zakharchuk L.M. Workshop on microbiology // Textbook for universities. Academia series: Higher education. 2005. 608 p. ([in Russian](#))
26. Comparison of phenotypic and molecular genetic methods for monitoring the *Phytophthora infestans*, the causal agent of potato late blight / E.A. Sokolova, et al. // Achievements of Science and Technology in Agro-industrial complex. 2018. Vol. 32, Issue 3. P. 24-27. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10305 ([in Russian](#))
27. Medina M.V. Comparison of different culture media on the mycelial growth, sporangia and oospore production of *Phytophthora infestans* // American Journal of Potato Research. 1999. Vol. 76, Issue 3. P. 121-125. DOI: 10.1007/bf02853576.
28. Jabiri S., El Hamss H., Amraoui M.B., Lahlali R. Influence of Culture Media and Environmental Factors (Water Potential and Temperature) on Mycelial Growth of *Phytophthora vexans* (de Bary), the Causal Agent of Dieback Disease in Apple Trees. Appl. // Microbiol. 2022. Vol. 2. P. 861-872. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol2040066>
29. Evangelisti E., Yunusov T., Shenhav L., Schornack S. N-acetyltransferase AAC (3)-I confers gentamicin resistance to *Phytophthora palmivora* and *Phytophthora infestans* // BMC Microbiology. 2019. Vol. 19, Issue 1. 265. DOI: 10.1186/s12866-019-1642-0.
30. Preliminary study of potato varieties and hybrids laboratory resistance to *Phytophthora infestans* Mont. de Bary in the Primorsky Territory / N.V. Matsishina [and others] // Vegetables of Russia. 2020. № 3. P. 77-80. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-3-77-80 ([in Russian](#))
31. Chizhik V.K., Martynov V.V. SSCP analysis of virulence genes for studying *Phytophthora infestans* populations // Biotechnology. 2022. Vol. 38. № 6. P. 112-120. DOI: 10.56304/S0234275822060059 ([in Russian](#))
32. Fry W.E. *Phytophthora infestans*: the itinerant invader; «late blight»: the persistent disease // Phytoparasitica. 2020. Vol. 48, Issue 1. P. 87-94. DOI: 10.1007/s12600-019-00778-3.
33. Molecular assessment of potato varieties resistance to *Phytophthora infestans* in the Dominican Republic / A.V. Rosa, et al. // Bioagro. 2019. Vol. 31, Issue 2. P. 103-112. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2631>
34. Rodríguez-Padrón C., Siverio F., Pérez-Sierra A., Rodríguez A. Isolation and pathogenicity of *Phytophthora* species and *Phytophthora vexans* recovered from avocado orchards in the Canary Islands, including *Phytophthora niederhauserii* as a new pathogen of avocado // Phytopathologia Mediterranea. 2018. Vol. 57, Issue 1. P. 89-106. DOI: 10.14601/Phytopathol_Mediterr-22022.

35. Fukue Y., Akino S., Osawa H., Kondo N. Races of *Phytophthora infestans* isolated from potato in Hokkaido, Japan // Journal of General Plant Pathology. 2018. Vol. 84, Issue 4. P. 276-278. DOI: 10.1007/s10327-018-0790-7.
36. Agaev F.F. Practice of combating potato (*Solanum tuberosum* L.) disease in Azerbaijan on the example of phytophthora // Bulletin of science and practice. 2021. Vol. 7. № 12. P. 79-85. DOI: 10.33619/2414-2948/73/10 (in Russian)
37. Firsov G.A., Varfolomeeva E.A., Volchanskaya A.V. Woody plants of the arboretum at Peter the Great Botanical Garden and the monitoring of *phytophthora* during 8 years (2011-2018) // Bulletin of the Main Botanical Garden. 2019. № 2 (205). P. 32-41. DOI 10.25791/BBGRAN.02.2019.732 (in Russian)
38. Novikov M.N. Biologized methods of optimizing the phytopathogenic state of field crops // Agroindustrial technologies of Central Russia. 2018. № 1(7). P. 88-94. DOI: 10.24888/2541-7835-2018-7-88-95 (in Russian)
39. Study of *Phytophthora infestans* Mont. de Bary isolates in the plantings of potatoes / N.V. Matsishina, et al. // Vegetable crops of Russia. 2021. № 6. P. 86-91. DOI: 10.18619/2072-9146-2021-6-86-91 (in Russian)
40. Sobko O.A., Didora A.S., Boginskaya N.G., Matsishina N.V. Diseases of wild strawberries in Primorye // Vegetable crops of Russia. 2020. № 5. P. 103-107. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-5-103-107 (in Russian)
41. Sodikov B., Khamiraev U., Omonlikov A. Application of New Fungicides Against the Diseases of Agricultural Crops // Bulletin of Science and Practice. 2022. Vol. 8. № 2. P. 110-117. DOI: 10.33619/2414-2948/75/15.
42. Golubeva T.S., Cherenko V.A., Sinitsyna O.I., Kochetov A.V. Molecular and genetic aspects of potato response to late blight infection // Genetics. 2022. Vol. 58, № 2. P. 127-136. DOI: 10.31857/S0016675822020059 (in Russian)
43. Vasilchenko V.V. Bibik T.S., Smirnov A.N. Comparison of aggressiveness of *Phytophthora infestans* and *Alternaria alternata* on tuber disks of different potato cultivars // Achievements of Science and Technology in Agro-industrial complex. 2018. Vol. 32, № 10. P. 24-27. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11005 (in Russian)
44. Mirzaeva S.A. Late blight and its symptoms // Scientific horizons. 2019. № 1(17). P. 211-215. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36869253> (in Russian)
45. Ribonuclease activity as a new prospective disease resistance marker in potato / E.A. Trifonova, et al. // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. Vol. 22. № 8. P. 987-991. DOI: 10.18699/VJ18.441 (in Russian)
46. Nasonov A.I., Yakuba G.V., Astapchuk I.L., Barsukova O.N. Development and testing of method for assessing the virulence of apple scab pathogen under laboratory conditions [Electronic resource] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2020. № 66(6). P. 350-368. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/06/25.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-6-66-350-368 (accessed date: 08.08.2023). (in Russian)
47. Astapchuk I.L., Yakuba G.V., Marchenko N.A., Nasonov A.I. Evaluation of the influence of various nutrient media the growth of the genus *Fusarium* Link fungi [Electronic resource] // Fruit growing and viticulture of South Russia. 2020. № 65(5). P. 306-325. Available at: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/05/24.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-5-65-306-325 (accessed date: 08.08.2023). (in Russian)
48. Astapchuk I.L., Yakuba G.V., Nasonov A.I. Variability of cultural characteristics of *Alternaria alternata* (FR.) KEISSL. strains, cause of rot apple core on various nutrient media [Electronic resource] // Fruit growing and horticulture of South Russia. 2021. № 68(2). P. 255-271. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/21/02/21.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2021-2-68-255-271 (accessed date: 08.08.2023). (in Russian)