

Культурально-морфологические особенности видов рода *Diaporthe* при фитосанитарных исследованиях растений рода *Vaccinium*

*КУЗНЕЦОВА А.А.¹, ЦВЕТКОВА Ю.В.²,
СИНКЕВИЧ О.В.³, КОСТИН Н.К.⁴

^{1,2,4} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

² Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет МГУ, г. Москва, Россия, 119234

³ Североморский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030

⁴ Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева («РГАУ-МСХА»), г. Москва, Россия, 127434

¹ ORCID 0000-0001-8443-2641, e-mail: kyznec@bk.ru

² ORCID 0000-0002-4334-9224, e-mail: yutska@mail.ru

³ ORCID 0009-0005-1164-7373, e-mail: ovbio@mail.ru

⁴ ORCID 0009-0003-8066-0753,
e-mail: kostinwork1@gmail.com

185005, Карелия, г. Петрозаводск
Лососинская набережная, д. 7

АННОТАЦИЯ

Большинство видов рода *Diaporthe* относятся к фитопатогенным грибам, поражающим широкий круг растений-хозяев, в том числе представителей рода *Vaccinium*. Данные грибы зачастую являются причиной апикального некроза стеблей, вызывающего усыхание и гибель растений, а также существенно влияющего на лежкость и товарный вид ягод. Возбудители имеют сходные симптомы проявления болезни на растениях, а при выделении в чистую культуру – похожие культурально-морфологические признаки, что затрудняет проведение достоверной фитосанитарной диагностики. Следует отметить, что один из видов рода *Diaporthe vaccinii* Shear имеет карантинный статус для Российской Федерации. В данной работе проведено исследование таких видов рода *Diaporthe* как *Diaporthe eres* Nitschke, *Diaporthe rudis* Nitschke и *Diaporthe bohemiae* Guarnaccia, Eichmeier & Crous, полученных при обследовании насаждений голубики высокорослой (*V. corymbosum* L.) из Калининградской области, и карантинного вида *D. vaccinii*, выделенного при фитосанитарном исследовании посадочного материала клюквы крупноплодной (*V. macrocarpon* L.) импортного происхождения (Беларусь). Вид *D. bohemiae* впервые был обнаружен в России в образцах голубики высокорослой из Калининградской области.

Cultural and morphological features of *Diaporthe* spp. in phytosanitary diagnostics of *Vaccinium* plants

*ANNA A. KUZNETSOVA¹, YULIA V. TSVETKOVA²,
OLGA V. SINKEVICH³, NIKITA K. KOSTIN⁴

^{1,2,4} Federal State Budgetary Institution “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIICR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

² Lomonosov Moscow State University, Biology Faculty, Moscow State University, Moscow, Russia, 119234

³ Severomorsk branch, FGBU “VNIICR”, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia, 185030

⁴ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, 127434

¹ ORCID 0000-0001-8443-2641, e-mail: kyznec@bk.ru

² ORCID 0000-0002-4334-9224, e-mail: yutska@mail.ru

³ ORCID 0009-0005-1164-7373, e-mail: ovbio@mail.ru

⁴ ORCID 0009-0003-8066-0753,
e-mail: kostinwork1@gmail.com

185005, Карелия, г. Петрозаводск
Лососинская набережная, д. 7

ABSTRACT

Most *Diaporthe* spp. belong to phytopathogenic fungi affecting a wide range of host plants, including the genus *Vaccinium*. These fungi often cause apical necrosis of stems, leading to plant drying out and death, and also significantly affecting the shelf life and presentation of berries. The pathogens have similar symptoms of disease manifestation on plants, and when isolated into a pure culture, they have similar cultural and morphological features, which makes it difficult to carry out reliable phytosanitary diagnostics. It should be noted that one of the species of the genus *Diaporthe vaccinii* Shear has a quarantine status for the Russian Federation. In this work, we conducted a study of species of the genus *Diaporthe* such as *Diaporthe eres* Nitschke, *Diaporthe rudis* Nitschke and *Diaporthe bohemiae* Guarnaccia, Eichmeier & Crous, obtained during the examination of the northern highbush blueberry plantings (*V. corymbosum* L.) from Kaliningrad Oblast, and the quarantine species *D. vaccinii*, isolated during phytosanitary examination of large cranberry planting material (*V. macrocarpon* L.) of imported origin (Belarus). *D. bohemiae* was first detected

В результате исследований получен метод, ускоряющий образование и развитие пикнид и пикноспор, представленных в виде 2-х типов спор: альфа (α) и бета (β) конидий, тестируемых видов рода *Diaporthe*. При помощи культивирования изолятов на 2% солодовом агаре с дополнительным досвечиванием эритемной лампой в течение 7 дней были получены диагностически значимые морфологические структуры *D. vaccinii*. Метод применим при лабораторном исследовании подкарантинного материала растений рода *Vaccinium* для выявления и идентификации возбудителя вязкой гнили черники *D. vaccinii*. В ходе работы были описаны культурально-морфологические особенности и приведена сравнительная характеристика исследуемых видов *D. vaccinii*, *D. eres*, *D. rudis* и *D. bohemiae*.

Ключевые слова: вязкая гниль черники, фомопсисы, диагностика, выявление и идентификация, досвечивание.

ВВЕДЕНИЕ



реди экономически значимых и вредоносных микромицетов, поражающих растения рода *Vaccinium* по всему миру, стоит более внимательно рассмотреть виды рода *Diaporthe* (Lombard et al., 2014). Род *Diaporthe* (анаморфная стадия Phomopsis) состоит из более 2000 видов, в основном включает в себя фитопатогены, которые способны инфицировать большое количество видов растений и представляют угрозу для сельскохозяйственных и лесных насаждений. Некоторые из них существуют как эндофиты или сапрофиты, бессимптомно поселяющиеся в растительных тканях (Udayanga et al., 2012).

Род *Diaporthe* состоит из видов, которые могут инфицировать только определенные растения, или, наоборот, разные виды могут заражать различные растения (Udayanga et al., 2014). Как показывают исследования, *Diaporthe amygdali* вызывает язвы на персике и миндале (Farr et al., 1999), *Phomopsis gossypii* вызывает гниение коробочек хлопчатника (Palmateer et al., 2003), *D. vaccinii* является возбудителем заболеваний растений рода *Vaccinium* (Farr et al., 2002a), *Diaporthe viticola* поражает виноград (Schilder et al., 2005), а *Diaporthe columnaris* – бруснику (Farr et al., 2002b). На растениях голубики могут присутствовать несколько видов *Diaporthe*: *D. ambigua*, *D. asheicola*, *D. amygdali*, *D. australafricana*, *D. baccae*, *D. eres*, *D. foeniculina*, *D. nobilis*, *D. rossmaniae*, *D. rudis*, *D. passiflorae*, *D. oxe*, *D. sterillis*, *D. viticola*, *D. vaccinii*, а также *P. columnaris* и *P. myrtilli* (Hilario et al., 2020).

Наиболее значимым для изучения видом является *D. vaccinii*, вызывающий вязкую гниль черники на растениях рода *Vaccinium*. Вредоносность патогена проявляется в интенсивном отмирании ветвей у растений, приводящему к потерям урожайности до 65%, в некоторых случаях – к полной гибели ягодных культур. Плодовая гниль, вызванная возбудителем *D. vaccinii*, снижает качество ягод

in Russia in samples of highbush blueberry from Kaliningrad Oblast. As a result of the research, a method was obtained that accelerates the formation and development of pycnidia and pycnospores, presented in the form of 2 spore types: alpha (α) and beta (β) conidia, tested species of the genus *Diaporthe*. By cultivating isolates on 2% malt agar with additional illumination with an erythema lamp for 7 days, diagnostically significant morphological structures of *D. vaccinii* were obtained. The method is applicable in laboratory research of regulated material of plants of the genus *Vaccinium* for the detection and identification of the causative agent of viscid rot of blueberries *D. vaccinii*. During the work, cultural and morphological features were described and comparative characteristics of the studied species *D. vaccinii*, *D. eres*, *D. rudis* and *D. bohemiae* were given.

Key words: viscid rot of blueberries, phomopsis, diagnostics, detection and identification, supplementary illumination.

INTRODUCTION



Among the economically significant and harmful micromycetes affecting plants of the genus *Vaccinium* around the world, it is worth taking a closer look at species of the genus *Diaporthe* (Lombard et al., 2014). The genus *Diaporthe* (anamorphic stage *Phomopsis*) consists of more than 2000 species, mainly includes phytopathogens that can infect a large number of plant species and pose a threat to agricultural and forest plantations. Some of them exist as endophytes or saprophytes, asymptotically settling in plant tissues (Udayanga et al., 2012).

The genus *Diaporthe* consists of species that can infect only certain plants, or, conversely, different species can infect different plants (Udayanga et al., 2014). According to research, *Diaporthe amygdali* causes peach and almond cankers (Farr et al., 1999), *Phomopsis gossypii* causes cotton bolls rot (Palmateer et al., 2003), *D. vaccinii* is a causative agent of plant diseases of the genus *Vaccinium* (Farr et al., 2002a), *Diaporthe viticola* affects grapes (Schilder et al., 2005), and *Diaporthe columnaris* – cowberries (Farr et al., 2002b). Several *Diaporthe* species may be present on blueberry plants: *D. ambigua*, *D. asheicola*, *D. amygdali*, *D. australafricana*, *D. baccae*, *D. eres*, *D. foeniculina*, *D. nobilis*, *D. rossmaniae*, *D. rudis*, *D. passiflorae*, *D. oxe*, *D. sterillis*, *D. viticola*, *D. vaccinii*, *P. columnaris* and *P. myrtilli* (Hilario et al., 2020).

The most significant species for study is *D. vaccinii*, which causes viscid rot of blueberries on plants of the genus *Vaccinium*. The harmfulness of the pathogen manifests itself in the intensive death of plant branches, leading to yield losses of up to 65%, and in some cases to the complete death of berry crops. Fruit rot caused by the pathogen *D. vaccinii* reduces the quality of berries during storage (EFSA, 2014, Vilka et al., 2015). According to the EPPO, the species *D. vaccinii* occurs in Europe (Latvia), Asia (China), North America

при хранении (EFSA, 2014, Vilka et al., 2015). По данным ЕОКЗР, вид *D. vaccinii* распространен в Европе (Латвия), Азии (Китай), Северной Америке (Канада – 3 провинции, США – 14 штатов) и Южной Америке (Чили) (EPPO Global Database, 2023). Вид *D. vaccinii* является карантинным вредным организмом для России и Евразийского экономического союза, отсутствующим на данной территории. Для стран Европейского Союза с 2019 года имеет статус регулируемого некарантинного вредного организма.

Широко распространенными видами, вызывающими фомопсис растений рода *Vaccinium* и других сельскохозяйственных и дикорастущих растений, являются следующие виды: *D. eres*, *D. rudis* и *D. viticola*.

Вид *D. eres* широко распространен по всему миру, в том числе отмечен на различных растениях во всех регионах России. Возбудитель внесен в список регулируемых вредных организмов, разработанный инспекцией по надзору за здоровьем животных и растений Министерства сельского хозяйства США (APHIS). Вид может быть патогеном, эндофитом или сапротрофом по отношению к растениям. *D. eres* приводит к серьезным потерям растений в природных экосистемах и производственных насаждениях. Симптомы заболевания проявляются в виде апикального некроза с последующим отмиранием стеблей (CABI Compendium, 2019). Например, отмечено, что в Канаде вид *D. eres*, попадая на молодые подвои яблони, быстро распространялся, вызывая дальнейшее поражение растения вплоть до полной его гибели за короткий период времени (Ali et al., 2020).

Другим видом из рода *Diaporthe*, обычно встречающимся на растениях винограда, но поражающим и растения рода *Vaccinium*, является гриб *D. rudis*. Площадь распространения обширна: вид присутствует на всех континентах мира. *D. rudis* является паразитическим грибом, который вызывает образование пятнистости листьев и некроза стеблей, снижает продуктивность растений, в итоге приводя к потерям урожайности до 30% (Udayanga et al., 2014).

D. viticola – возбудитель заболевания, называемого «эксориоз», вызывающего черную пятнистость листьев и фомопсис стеблей растений. Гриб часто отмечается на территории большинства винодельческих регионов и регистрируется во многих странах на всех континентах. Вредоносность заключается в поражении веток и плодов, что способствует снижению продуктивности растений и потери урожайности до 30% (Gonzalez-Dominguez et al., 2022).

В связи с тем, что растения рода *Vaccinium* поражаются многочисленными грибами рода *Diaporthe*, которые имеют между собой сходную симптоматику и морфологические признаки, необходимо подробное изучение их культурально-морфологических особенностей. Также существует сложность идентификации, поскольку данные виды поздно формируют пикниды и развивают спороношение – ключевые диагностические признаки идентификации видов. При этом один из видов рода *Diaporthe* – *D. vaccinii* имеет карантинное значение для России, поэтому точная и быстрая диагностика

(Canada – 3 provinces, USA – 14 states) and South America (Chile) (EPPO Global Database, 2023). *D. vaccinii* is a quarantine pest for Russia and the Eurasian Economic Union, absent in this territory. It has had the status of a regulated non-quarantine pest for the European Union countries since 2019.

Widespread species causing phomopsis in plants of the genus *Vaccinium* and other agricultural and wild plants are the following: *D. eres*, *D. rudis* and *D. viticola*.

D. eres is widespread throughout the world, including it has been reported on various plants in all regions of Russia. The pathogen is listed as a regulated pest by the USDA's Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS). The species can be a pathogen, endophyte or saprotroph of plants. *D. eres* causes severe plant losses in natural ecosystems and production crops. The disease symptoms manifest as apical necrosis followed by stem death (CABI Compendium, 2019). For example, it was noted that in Canada the species *D. eres*, falling on young apple tree rootstocks, quickly spread, causing further damage to the plant up to its complete death in a short period of time (Ali et al., 2020).

Another species of the genus *Diaporthe*, commonly reported on grapevine plants but also affecting plants of the genus *Vaccinium*, is the fungus *D. rudis*. The distribution area is vast: the species is present on all the continents. *D. rudis* is a parasitic fungus that causes leaf spot and stem necrosis, reduces plant productivity, ultimately leading to yield losses of up to 30% (Udayanga et al., 2014).

D. viticola is a causative agent of the disease called “excoriosis”, which causes black spotting of leaves and phomopsis of plant stems. The fungus frequently occurs in most wine-growing regions and is reported in many countries on all continents. The harmfulness lies in the damage to branches and fruits, which contributes to a decrease in plant productivity and loss of yield up to 30% (Gonzalez-Dominguez et al., 2022).

Due to the fact that plants of the genus *Vaccinium* are affected by numerous fungi of the genus *Diaporthe*, which have similar symptoms and morphological characteristics, a detailed study of their cultural and morphological features is necessary. There is also difficulty in identification, since these species form pycnidia late and develop sporulation – key diagnostic characters for species identification. At the same time, one of the species of the genus *Diaporthe* – *D. vaccinii* has quarantine significance for Russia, therefore accurate and rapid diagnosis is a priority for phytosanitary research in the field of plant quarantine.

The objective of the work is to optimize methods for obtaining morphological structures (pycnidia and pycnosporangia) with further study of the cultural and morphological features of *Diaporthe* spp. isolated from plants of the genus *Vaccinium* during diagnostics in plant quarantine.

MATERIALS AND METHODS

The materials for the research were isolates of the genus *Diaporthe* obtained in 2021–2022 during a survey of some regions of Kaliningrad Oblast: *D. eres*, *D. rudis*

является приоритетным направлением для фитосанитарных исследований в области карантина растений.

Цель работы – оптимизация методов получения морфологических структур (пикнид и пикноспор) с дальнейшим изучением культурально-морфологических признаков видов рода *Diaporthe*, выделенных с растений рода *Vaccinium* при проведении фитосанитарных исследований в области карантина растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами для проведения исследований являлись изоляты рода *Diaporthe*, полученные в 2021–2022 гг. при обследовании некоторых регионов Калининградской области: *D. eres*, *D. rudis* и *D. bohemiae*, а также изолят *D. vaccinii*, выделенный в ходе фитосанитарного исследования из образцов посадочного материала клюквы крупноплодной импортного происхождения (Беларусь).

Для изучения культурально-морфологических особенностей видов рода *Diaporthe* использовали эритемную ультрафиолетовую лампу с длиной волны 280–315 нм. Данную лампу применяли с целью быстрого получения диагностически значимых структур грибов – пикнид и пикноспор у тестируемых изолятов.

Предварительно чашки с изолятами культивировали на 2% солодовом (МА) и 2% картофельно-глюкозном (КГА) агарах в 5-кратной повторности в инкубаторе Panasonic MIR 250 при температуре 25° С при постоянном ультрафиолетовом излучении. Лампы устанавливали на высоте 20 см над чашками Петри. В качестве контроля использовали аналогичные изоляты рода *Diaporthe*, однако условия культивирования отличались: контрольные изоляты инкубировали в аналогичном инкубаторе без досвечивания УФ лампой при температуре 25° С с чередованием света и темноты (12 ч/12 ч).

Сравнение значений и уровень достоверности различий устанавливали с помощью критерия Вилкоксона для сопряжённых пар в программе STATISTICA 8. Достоверными считали различия при значении $P < 0,05$. Развитые морфологические структуры грибов просматривали на 3, 5, 7, 10, 14 сутки и завершали осмотр при первых появлениях пикнид с развившимися пикноспорами. Учитывали скорость формирования пикнид; развитие спороношения, представленное двумя типами спор: α и β конидиями у грибов рода *Diaporthe*. Развившиеся пикниды и конидии грибов измеряли и фиксировали при помощи стереомикроскопа SteReo Discovery V20 (Zeiss, Германия) и микроскопа Olympus Bx43F с программным обеспечением Olympus cell Sens Standart 2.3. В дальнейшем описывали их культурально-морфологические признаки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований при воздействии ультрафиолетового излучения получены результаты образования пикнид и развитого спороношения видов рода *Diaporthe* на питательных средах МА и КГА.

Достоверных различий в скорости образования диагностических структур *D. eres* на КГА и МА

и *D. bohemiae*, а также изолят *D. vaccinii* изолированный в ходе фитосанитарного исследования из образцов посадочного материала клюквы крупноплодной импортного происхождения (Беларусь).

Для изучения культуральных и морфологических особенностей *Diaporthe* spp., эритемную ультрафиолетовую лампу с длиной волны 280–315 нм использовали. Лампу использовали для быстрого получения диагностически значимых структур грибов – пикнид и пикноспор в тестируемых изолятах.

Ранее, пластины с изолятами культивировали на 2% солодовом (МА) и 2% картофельно-глюкозном (ПДА) в 5-кратной повторности в инкубаторе Panasonic MIR 250 при температуре 25° С под постоянным ультрафиолетовым излучением. Лампы устанавливали на высоте 20 см над чашками Петри. Подобные изоляты рода *Diaporthe* использовали в качестве контроля, но условия культивирования были разными: контрольные изоляты инкубировали в подобном инкубаторе без дополнительного освещения с УФ лампой при температуре 25°С с чередованием света и темноты (12 ч/12 ч).

Сравнение значений и уровень значимости различий были установлены с помощью теста Вилкоксона для парных данных в программе STATISTICA 8. Различия считали значимыми при значении $P < 0,05$. Разработанные морфологические структуры грибов исследовали на 3, 5, 7, 10, 14 и исследование было завершено при появлении пикнид с развитыми пикноспорами. Скорость формирования пикнид и конидии были измерены и записаны с помощью стереомикроскопа SteReo Discovery V20 (Zeiss, Германия) и микроскопа Olympus BX43F с программным обеспечением Olympus cell Sens Standart 2.3. Впоследствии, их культуральные и морфологические особенности были описаны.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования под влиянием ультрафиолетового излучения, были получены результаты формирования пикнид и развитого спороношения *Diaporthe* spp. на питательных средах МА и ПДА.

Незначительные различия в скорости формирования диагностических структур *D. eres* на ПДА и МА были зафиксированы. В других видах, диагностические признаки формировались только на одной из исследуемых сред. В результате ультрафиолетового облучения, вид *D. vaccinii* образовал пикниды на 3-й день на обеих средах, но активное спороношение началось только на МА среде в среднем на 5-й день, в зависимости от повторности. *D. eres*, как и *D. vaccinii*, образовал пикниды на 3-й день, спороношение началось в среднем на 5–6-й день на обеих средах. *D. bohemiae* на ПДА среде образовал пикниды на 3-й день и начал активно споровать на 7-й день. Вид *D. rudis* образовал пикниды с единичным спороношением на 7-й день на ПДА среде; на МА среде он также образовал пикниды на 7-й день, но спороношения не было.

В контрольных образцах без дополнительного освещения, формирование пикнид началось позже, и ин

не обнаружено. У остальных видов диагностические признаки образовывались только на одной из тестируемых сред. В результате облучения ультрафиолетом вид *D. vaccinii* формировал пикниды на 3 сутки на обеих средах, но развивал активное спороношение только на среде МА в среднем на 5 сутки в зависимости от повторности. *D. eres*, так же как и *D. vaccinii*, формировал пикниды на 3 сутки, спороношение начиналось в среднем на 5–6 сутки на обеих средах. *D. bohemiae* на среде КГА образовывал пикниды на 3-е сутки, начинал активно спороносить на 7 день. Вид *D. rudis* формировал пикниды с единичным спороношением на 7-е сутки на среде КГА, на среде МА также образовывал пикниды на 7-е сутки, но спороношение отсутствовало.

В контрольных образцах без досвечивания формирование пикнид начиналось позже, а у некоторых видов отсутствовало. У *D. vaccinii* пикниды формировались только к 14 суткам, спороношение образовывалось на 21 сутки только на питательной среде МА. У *D. eres* пикниды и спороношение развивались в среднем на 8–9 день на всех средах. У вида *D. bohemiae* на среде КГА пикниды и спороношение отмечались на 14 день. А у вида *D. rudis* на среде КГА единично образовывались пикниды и отсутствовало спороношение на обеих средах.

Таким образом, наиболее эффективный способ получения быстрого спороношения вида *D. vaccinii* отмечен на среде МА с дополнительным досвечиванием эритемной лампой. Для быстрого получения морфологических структур вида *D. eres* можно использовать питательные среды КГА и МА с аналогичным дополнительным освещением. Следует отметить, что вид *D. rudis* плохо образовывал морфологические структуры даже с дополнительным освещением, не развивал спороношение на средах МА и единично образовывал споры на среде КГА. Вид *D. bohemiae* активно развивал пикниды с последующим спороношением на среде КГА (таб. 1).

В результате дальнейшего изучения грибов рода *Diaporthe* выявлено, что все исследуемые виды отличались между собой по культурально-морфологическим признакам – по характеру строения, поверхности, цвету воздушного мицелия, образованию плодовых тел (пикнид) и началу спороношения.

Исходя из полученных результатов, колония *D. vaccinii* хорошо развивалась на среде МА и характеризовалась серовато-коричневым цветом, слабопушистым строением с закручивающимся светло-бежевым центром, складчатой поверхностью, образованием полупогруженных бежево-коричневых или коричневых пикнид диаметром от 0,1 до 0,2 см, с выходящими из устьиц тонких или более толстых струек спор гриба бежевой окраски. На среде КГА вид *D. vaccinii* имел прижатый воздушный мицелий с начальным закручивающимся центром серовато-коричневого цвета и образовывал плоские погруженные в субстрат темные пикниды без развития спороношения.

На среде МА у вида *D. vaccinii* преимущественно образовывались α конидии – гиалиновые, одноклеточные, эллипсоидные, округлые с обеих сторон или единично суживающиеся с одной стороны, с двумя каплями масла, размером 4,3–9,7 ×

some species it was absent. In *D. vaccinii*, pycnidia were formed only by the 14th day; sporulation was formed on the 21st day only on the MA nutrient medium. In *D. eres*, pycnidia and sporulation developed on average at 8–9 days on all media. In the species *D. bohemiae* on the PDA medium, pycnidia and sporulation were observed on the 14th day. And in the species *D. rudis* on the PDA medium, pycnidia were formed sporadically and there was no sporulation on both media.

Thus, the most effective way to obtain rapid sporulation of the species *D. vaccinii* was noted on the MA medium with supplementary illumination with an erythema lamp. To quickly obtain morphological structures of the species *D. eres*, you can use PDA and MA nutrient media with similar additional lighting. It should be noted that the species *D. rudis* poorly formed morphological structures even with supplementary illumination, did not develop sporulation on MA media, and only sporadically formed spores on PDA media. The species *D. bohemiae* actively developed pycnidia followed by sporulation on the PDA medium (Table 1).

As a result of further study of fungi of the genus *Diaporthe*, it was revealed that all the studied species differed from each other in cultural and morphological features – in the nature of the structure, surface, color of the aerial mycelium, the formation of fruiting bodies (pycnidia) and the beginning of sporulation.

Based on the results obtained, the colony of *D. vaccinii* developed well on the MA medium and was characterized by a grayish-brown color, slightly fluffy structure, with a swirling light beige center, a folded surface, and the formation of semi-submerged beige-brown or brown pycnidia with a diameter of 0.1 to 0.2 cm, with thin or thicker streams of beige colored fungal spores emerging from the stomata. On the PDA medium, the species *D. vaccinii* had a pressed aerial mycelium, with an initial twisting center, grayish-brown color and formed flat dark pycnidia immersed in the substrate without the development of sporulation.

On the MA medium, the species *D. vaccinii* predominantly formed α conidia – hyaline, unicellular, ellipsoidal, round on both sides or single tapering on one side, with two drops of oil, size 4.3–9.7 × 1.7–2.1 μm , on average 7.3 ± 0.5 × 2.7 ± 0.4 μm and a small number of β conidia – unicellular with slight bends on both sides or almost straight, with a bend angle of 156–177°, on average 167 ± 0.7°, filiform, hyaline, size 18.8–27.2 × 1.1–2.7 μm , average 23.2 ± 0.5 × 1.6 ± 0.4 μm (Fig. 1).

The species *D. eres* formed pycnidia and pycnospores on both MA and PDA media. On the MA medium, the species was characterized by a beige-brown color, slightly fluffy structure, and folded surface; on the PDA medium it had a beige-white color, well-developed, fluffy aerial mycelium. On both media, spherical, superficial and, to a lesser extent, semi-submerged dark brown or black pycnidia were formed, from 0.05 to 0.4 cm in diameter, with milk fungus spores emerging from the stomata over time, yellowish in color, in the form of thin twisting streams.

In *D. eres* α conidia: hyaline, unicellular, ellipsoid, often elongated and narrowed on one or both sides,

1,7–2,1 мкм, в среднем $7,3 \pm 0,5 \times 2,7 \pm 0,4$ мкм. На среде МА образовывалось небольшое количество β конидий – одноклеточные с небольшими изгибами с двух сторон или почти прямые, с углом изгиба 156–177°, в среднем $167 \pm 0,7^\circ$, нитевидные, гиалиновые, размером $18,8\text{--}27,2 \times 1,1\text{--}2,7$ мкм, в среднем $23,2 \pm 0,5 \times 1,6 \pm 0,4$ мкм (рис.1).

Вид *D. eres* образовывал пикниды и пикноспоры на обеих средах МА и КГА. На среде МА вид характеризовался бежево-коричневым цветом, слабопушистым строением, складчатой поверхностью; на среде КГА имел бежево-белый цвет, хорошо развитый пушистый, воздушный мицелий. На обеих средах образовывались шаровидные, поверхностные и в меньшей степени полупогруженные темно-коричневые или черные пикниды от 0,05 до 0,4 см в диаметре с выходящими из устьиц спор гриба молочного со временем желтоватого цвета, в виде тонких закручивающихся струек.

with oil droplets, size $4.3\text{--}12.8 \times 1.5\text{--}3.2$ μm , average $8.3 \pm 0.5 \times 2.3 \pm 0.4$ μm . β conidia of *D. eres* are hyaline, unicellular, from fusiform to hooked, with a bending angle of $99.4\text{--}179^\circ$, on average $138.7 \pm 0.6^\circ$, size $15.6\text{--}36.6 \times 0.7\text{--}1.9$ μm , on average $25.8 \pm 0.6 \times 1.3 \pm 0.4$ μm . α and β conidia were formed in equal quantities (Fig. 2, 3).

The *D. rudis* colony on the MA medium was characterized by a light brown color, appressed structure, and folded shape of the aerial mycelium; the PDA shows more pubescent mycelium, beige-brown in color. On the PDA medium, the culture formed dark brown superficial and semi-submerged large and small pycnidia, with a diameter of 0.05 to 0.5 cm. It was noted that spores appeared from the stomata of single semi-submerged pycnidia in the form of small beige droplets.

On the PDA medium, α conidia of *D. rudis* are ellipsoidal, slightly curved, hyaline, unicellular, tapering singly on one side and rounded at the other end,

Табл. 1. Результаты учета спороношения видов рода *Diaporthe* после воздействия УФ излучения

Table. 1. Results of recording sporulation of *Diaporthe* spp. after exposure to UV radiation

№пп	Изоляты Isolates	Среды Media	Дни учета появления спороношения, сут Days of recording the appearance of sporulation, days					Среднее значение учета появления спороношения, сут Average value of accounting for the occurrence of sporulation, days	p-value
			повторность repetition						
			1	2	3	4	5		
1	Dvaccinii	MA	3	5	5	7	7	5,4±1,5	0,0431
		MA контроль MA control	21	21	21	21	21	21	
		КГА PDA	-	-	-	-	-	-	-
		КГА контроль PDA control	-	-	-	-	-	-	
2	Deres	MA	5	5	7	7	5	5,4±1,5	0,108
		MA контроль MA control	10	10	7	7	10	8,8±1,7	
		КГА PDA	5	5	5	5	7	5,8±1,3	0,0431
		КГА контроль PDA control	7	7	7	10	10	8,2±1,7	
3	D. rudis	MA	-	-	-	-	-	-	-
		MA контроль MA control	-	-	-	-	-	-	
		КГА PDA	7	7	7	7	7	7	0,0431
		КГА контроль PDA control	-	-	-	-	-	-	
4	D. bohemiae	MA	-	-	-	-	-	-	-
		MA контроль MA control	-	-	-	-	-	-	
		КГА PDA	7	7	7	7	7	7	0,0431
		КГА контроль PDA control	14	14	14	14	14	14	

У *D. eres* α конидии: гиалиновые, одноклеточные, эллипсоидные, часто вытянутые и суженные с одной или с двух сторон, с каплями масла, размером $4,3-12,8 \times 1,5-3,2$ мкм, в среднем $8,3 \pm 0,5 \times 2,3 \pm 0,4$ мкм. β конидии *D. eres* гиалиновые, одноклеточные, форма образцов варьируется от веретенообразной до крючковой, с углом изгиба $99,4-179^\circ$, в среднем $138,7 \pm 0,6^\circ$, размером $15,6-36,6 \times 0,7-1,9$ мкм, в среднем $25,8 \pm 0,6 \times 1,3 \pm 0,4$ мкм. α и β конидии образовывались в одинаковом количестве (рис.2, 3).

Колония *D. rudis* на среде МА характеризовалась светло-коричневым цветом, прижатым строением, складчатой формой воздушного мицелия; на КГА отмечен более опушенный мицелий, бежево-коричневого цвета. На среде КГА культура образовывала темно-коричневые поверхностные и полупогруженные крупные и мелкие пикниды, диаметром от 0,05 до 0,5 см. Отмечено, что споры проявлялись из устьиц единичных полупогруженных пикнид в виде мелких бежевых капелек.

На среде КГА α конидии *D. rudis* эллипсоидные, слегка изогнутые, гиалиновые, одноклеточные, единично суживающиеся с одной стороны и закругленные на другом конце, с двумя каплями масла, размером $8,9-4,7 \times 1,7-3,9$ мкм, среднее значение $7,0 \pm 0,5 \times 2,8 \pm 0,2$ мкм. β конидии образовывались в меньшей степени, имели гладкую поверхность, прямую или веретеновидную форму, с укороченным основанием, гиалинового цвета, с углом изгиба $169-178^\circ$, в среднем $173 \pm 0,4^\circ$, размером $19,2-10,4 \times 1,6-1,0$ мкм, среднее значение $15,2 \pm 0,7 \times 1,3 \pm 0,6$ мкм (рис.4).

Колония *D. bohemiae* на среде КГА характеризовалась светло-бежевым цветом, среднеопушенной поверхностью с многочисленными, преимущественно поверхностными, округлыми пикнидами светло-коричневого или бежевого цвета, вокруг которых отмечался серо-оливковый оттенок диаметром от 0,05 до 0,1 см с образованием спор гриба бежевого цвета в виде округлых капелек. На среде МА воздушный мицелий гриба характеризовался среднеопушенной поверхностью, окраской колонии желтоватого цвета с образованием малочисленных пикнид без развитого спороношения.

На среде КГА α конидии имели эллипсоидную форму, единично суживающиеся с одной стороны и закругленные на другом конце, гиалиновые, одноклеточные, с двумя каплями масла, размером $6,1-10,4 \times 2,1-3,3$ мкм, среднее значение $7,9 \pm 0,6 \times 2,7 \pm 0,4$ мкм. β конидии - гиалиновые, гладкие, веретеновидные или крючковые, с углом изгиба $72-175^\circ$, в среднем $126 \pm 0,6^\circ$, размером $20,6-30,5 \times 0,7-1,5$ мкм, среднее значение $26,9 \pm 0,3 \times 1,2 \pm 0,5$ (рис.5).

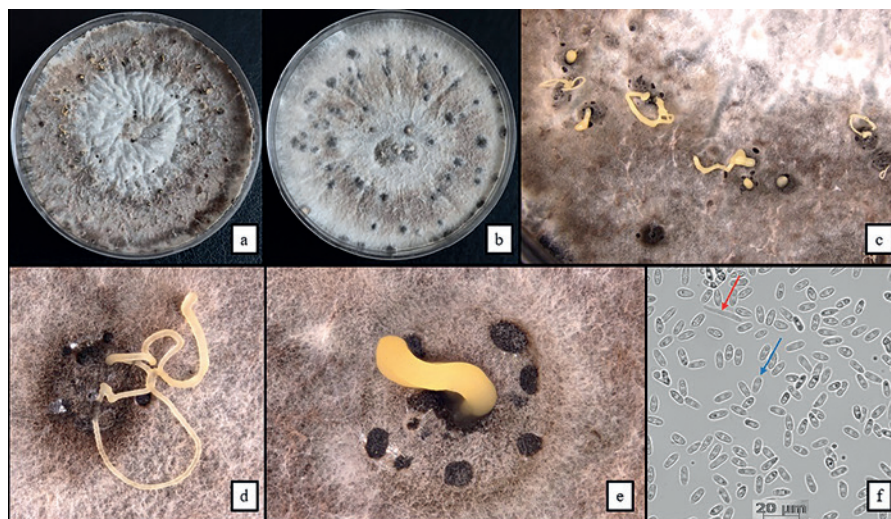


Рис. 1. Основные культурально-морфологические признаки вида *D. vaccinii*: а – образование пикнид и развитое спороношение на среде МА; б – пикниды без развития спороношения на среде КГА; с, d, e – развитые пикниды со спороношением на среде МА (x7,5; x31,8; x40,6); ф – α (синяя стрелка) и β (красная стрелка) конидии *D. vaccinii* на среде МА (40x)

Fig. 1. The main cultural and morphological features of the species *D. vaccinii*: а – formation of pycnidia and developed sporulation on the MA medium; б – pycnidia without development of sporulation on the PDA medium; с, d, e – developed pycnidia with sporulation on the MA medium (x7.5; x31.8; x40.6); ф – α (blue arrow) and β (red arrow) *D. vaccinii* conidia on the MA medium (40x)

with two drops of oil, measuring $8.9-4.7 \times 1.7-3.9$ μm , average value $7.0 \pm 0.5 \times 2.8 \pm 0.2$ μm . β conidia were formed to a lesser extent, had a smooth surface, straight or fusiform shape, with a shortened base, hyaline color, with a bending angle of $169-178^\circ$, on average $173 \pm 0.4^\circ$, size $19.2-10.4 \times 1.6-1.0$ μm , average value $15.2 \pm 0.7 \times 1.3 \pm 0.6$ μm (Fig. 4).

The *D. bohemiae* colony on the PDA medium was characterized by a light beige color, a medium-pubescent surface with numerous, mostly superficial, rounded pycnidia of light brown or beige color, around which there was a gray-olive tint with a diameter of 0.05 to 0.1 cm with the formation of spores beige mushroom in the form of rounded droplets. On the MA medium, the aerial mycelium of the fungus was characterized by a medium-pubescent surface, a yellowish color of the colony with the formation of small pycnidia without developed sporulation.

On the PDA medium, α conidia had an ellipsoidal shape, singly tapering on one side and rounded at the other end, hyaline, unicellular, with two drops of oil, size $6.1-10.4 \times 2.1-3.3$ μm , average value $7.9 \pm 0.6 \times 2.7 \pm 0.4$ μm . β conidia – hyaline, smooth, fusiform or hooked, with a bending angle of $72-175^\circ$, average $126 \pm 0.6^\circ$, size $20.6-30.5 \times 0.7-1.5$ μm , average $26.9 \pm 0.3 \times 1.2 \pm 0.5$ (Fig. 5).

Thus, the studied species of the genus *Diaporthe* had differences in cultural and morphological features. The species *D. rudis* differed from other isolates of the genus *Diaporthe* in the color of the aerial mycelium, which ranged from light brown to brown, as well as in the weak formation of morphological structures of the fungus – pycnidia and pycnosporos.

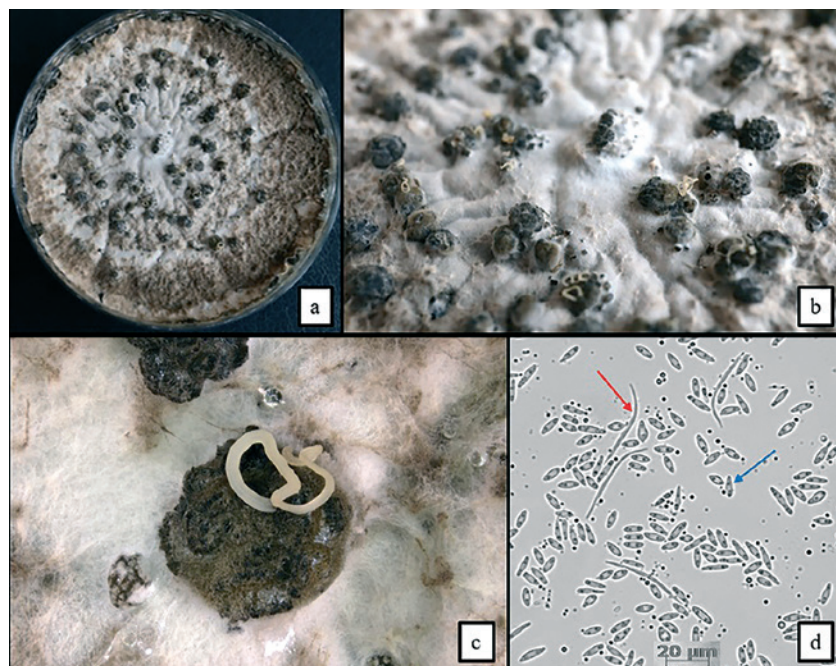


Рис. 2. Основные культурально-морфологические признаки вида *D. eres* на среде МА: а – образование пикнид и развитое спороношение; б, с – развитые пикниды со спороношением (7,5х; 20х); д – α (синяя стрелка) и β (красная стрелка) конидии *D. eres* (40х)

Fig. 2. The main cultural and morphological features of the species *D. eres* on the MA medium: а – formation of pycnidia and developed sporulation; б, с – developed pycnidia with sporulation (7.5x; 20x); д – α (blue arrow) and β (red arrow) conidia of *D. eres* (40x)

Таким образом, изученные виды рода *Diaporthe* имели различия по культурально-морфологическим признакам. Вид *D. rudis* отличался от других изолятов рода *Diaporthe* по окраске воздушного мицелия, который имел цвет от светло-коричневого до коричневого, а также по слабому формированию морфологических структур гриба – пикнид и пикноспор.

Колония *D. bohemiae* имела иную окраску и структуру воздушного мицелия. На среде МА была желто-лимонного цвета, без образования пикнид. На среде КГА у данного вида пикниды формировались поверхностно, имели шарообразную форму, образовывались многочисленно по всей поверхности субстрата, имели активное спороношение.

Колонии *D. vaccinii* и *D. eres* отличались между собой и от других видов структурой воздушного мицелия, формированием пикнид и развитием спороношения. На среде КГА *D. eres* отличался от вида *D. vaccinii* хорошо развитым бежево-белым воздушным мицелием, а также на средах КГА и МА формировал поверхностные или полупогруженные шаровидные, темно-коричневые или черные пикниды, с активным спороношением на 7 сутки без применения досвечивания.

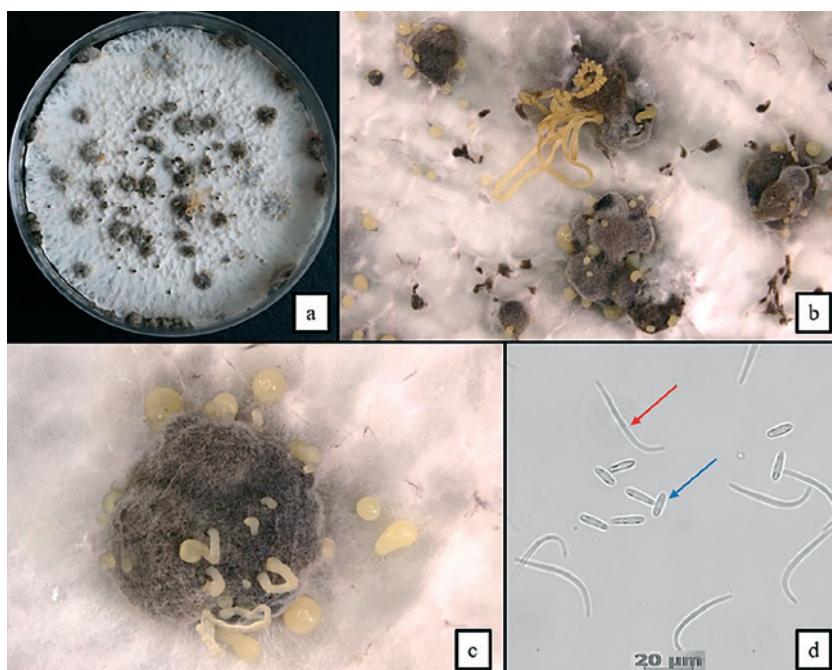


Рис. 3. Основные культурально-морфологические признаки вида *D. eres* на среде КГА: а – образование пикнид и развитое спороношение; б, с – развитые пикниды со спороношением (7,5х; 20,2х); д – α (синяя стрелка) и β (красная стрелка) конидии *D. eres* (40х)

Fig. 3. The main cultural and morphological features of the species *D. eres* on the PDA medium: а – formation of pycnidia and developed sporulation; б, с – developed pycnidia with sporulation (7.5x; 20.2x); д – α (blue arrow) and β (red arrow) conidia *D. eres* (40x)

The *D. bohemiae* colony had a different color and structure of the aerial mycelium. On the medium, МА was yellow-lemon in color, without the formation of pycnidia. On the PDA medium in this species, pycnidia were formed superficially, had a spherical shape, were formed numerously over the entire surface of the substrate, and had active sporulation.

The colonies of *D. vaccinii* and *D. eres* differed from each other and from other species in the structure of the aerial mycelium, the formation of pycnidia, and the development of sporulation. On the PDA medium, *D. eres* differed from the species *D. vaccinii* in its well-developed beige-white aerial mycelium, and also on the PDA and МА media it formed superficial or semi-submerged spherical, dark brown or black pycnidia, with active sporulation on the 7th day without the use of additional illumination.

On the PDA, *D. vaccinii* was characterized by less developed hairless mycelium, had a gray-brown color, later with the presence of an olive tint, and formed beige-brown or brown pycnidia that were semi-submerged

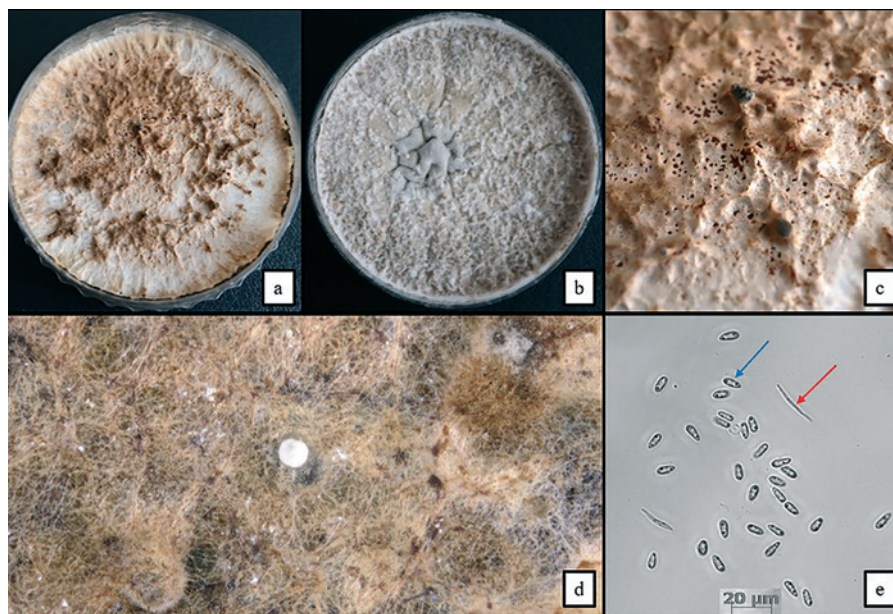


Рис. 4. Основные культурально-морфологические признаки вида *D. rudis*: а – образование пикнид и развитое спороношение на среде КГА; б – отсутствие морфологических структур на среде МА; с, d – пикниды и единичное спороношение на среде КГА (7,5х; 38,3х); е – α (синяя стрелка) и β (красная стрелка) конидии *D. rudis* на среде КГА (40х)

Fig. 4. The main cultural and morphological features of the species *D. rudis*: а – formation of pycnidia and developed sporulation on the PDA medium; б – absence of morphological structures on the MA medium; с, d – pycnidia and single sporulation on the PDA medium (7.5x; 38.3x); е – α (blue arrow) and β (red arrow) conidia of *D. rudis* on the PDA medium (40x)

На КГА *D. vaccinii* характеризовался менее развитым неопушенным мицелием, имел серо-коричневый цвет, в дальнейшем с присутствием оливкового оттенка, образовывал полупогруженные или прорывающиеся из субстрата бежево-коричневые или коричневые пикниды. На среде КГА спороношение не развивалось, на среде МА формирование пикнид с пикноспорами занимало продолжительное время, поэтому требовалось применение дополнительного досвечивания.

Несмотря на затруднения при анализе микроморфологических структур, имелся ряд признаков, характеризующих изучаемые виды. У вида *D. rudis* оказались самые мелкие α и β конидии. У вида *D. eres* преобладали крупные α и β конидии, преимущественно суженные с двух сторон, в отличие от вида *D. vaccinii* и других видов, у которых споры в основном были без сужения или единично сужались с одной стороны. Самые крупные β конидии отмечались у вида *D. bohemiae*.

Средние значения размеров α и β конидий приведены в таблице 2.

or bursting out of the substrate. On the PDA medium, sporulation did not develop; on the MA medium, the formation of pycnidia with pycnosporos took a long time, so supplementary illumination was required.

Despite the difficulties in analyzing micromorphological structures, there were a number of characters characterizing the species under study. The species *D. rudis* had the smallest α and β conidia. In the species *D. eres*, large α and β conidia predominated, predominantly narrowed on both sides, in contrast to the species *D. vaccinii* and other species, in which the spores were mostly without narrowing or narrowed singly on one side. The largest β conidia were observed in the species *D. bohemiae*.

The average sizes of α and β conidia are given in Table 2.

CONCLUSION

As a result of the research, a method for quickly obtaining morphological structures (pycnidia and pycnosporos) of

fungi of the genus *Diaporthe* has been optimized, which can be applicable when conducting phytosanitary

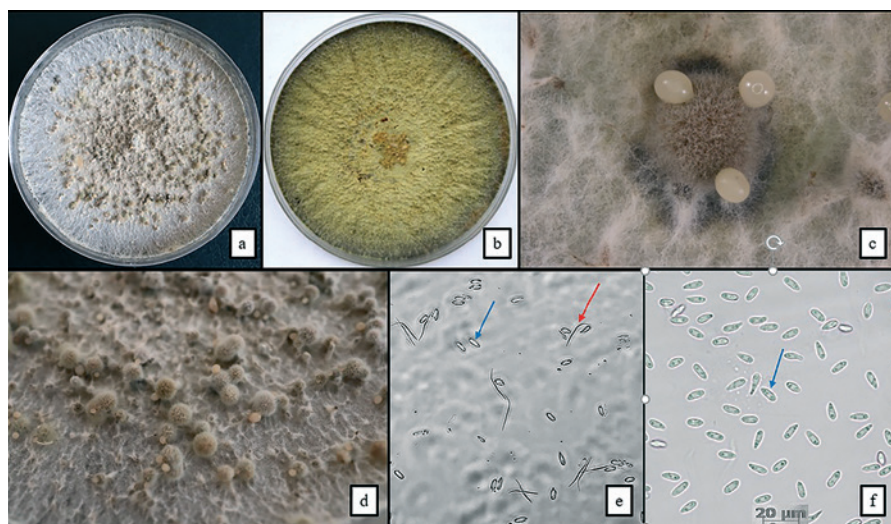


Рис. 5. Основные культурально-морфологические признаки вида *D. bohemiae*: а – образование пикнид и развитое спороношение на среде КГА; б – отсутствие морфологических структур на среде МА; с, d – пикниды с развитым спороношением на среде КГА (7,5х; 28,7х); е, f – α (синяя стрелка) и β (красная стрелка) конидии *D. bohemiae* на среде МА (40х)

Fig. 5. The main cultural and morphological features of the species *D. bohemiae*: а – formation of pycnidia and developed sporulation on the PDA medium; б – absence of morphological structures on the PDA medium; с, d – pycnidia with developed sporulation on the PDA medium (7.5x; 28.7x); е, f – α (blue arrow) and β (red arrow) conidia of *D. bohemiae* on the MA medium (40x)

Табл. 2. Размеры морфологических структур видов рода *Diaporthe*
Table 2. Dimensions of morphological structures
of *Diaporthe* spp.

№пп	Название изолята Isolate name	Среднее значение размера α конидий, мкм Average size α of conidia, μm	Среднее значение размера β конидий, мкм Average size of β conidia, μm
1	<i>D. vaccinii</i>	7,3 ± 0,5 × 2,7 ± 0,4	23,2 ± 0,5 × 1,6 ± 0,4
2	<i>D. eres</i>	8,3 ± 1,5 × 2,3 ± 0,7	25,8 ± 0,6 × 1,3 ± 0,4
3	<i>D. rudis</i>	7,0 ± 0,5 × 2,8 ± 0,2	15,2 ± 0,7 × 1,3 ± 0,6
4	<i>D. bohemiae</i>	7,9 ± 0,6 × 2,7 ± 0,4	26,9 ± 0,3 × 1,2 ± 0,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате полученных исследований оптимизирован способ быстрого получения морфологических структур (пикнид и пикноспор) грибов рода *Diaporthe*, который может быть применим при проведении фитосанитарных исследований в лабораторных условиях. Установлено, что оптимальной питательной средой для роста и развития спороношения возбудителя вязкой гнили черники *D. vaccinii* является готовый 2% солодовый агар с условием дополнительного досвечивания эритемной лампой с длиной волны 280–315 нм. При соблюдении данных условий пикниды и пикноспоры формируются в среднем на 5 день.

В ходе работы по изучению грибов рода *Diaporthe* выявлено, что все анализируемые виды отличались по культуральным признакам: характеру строения, цвету воздушного мицелия, поверхности колонии, образованию плодовых тел (пикнид) и началу спороношения, что является необходимым для предварительной диагностики патогенов.

По морфологическим признакам изоляты достаточно трудно различать, так как они имеют сходные между собой размеры и формы α и β конидий и требуют кропотливого и долгого сравнительного анализа. Поэтому в практических исследованиях идентификация карантинного вида *Diaporthe* может быть затруднительной.

Таким образом, для проведения достоверной диагностики в области карантина растений необходимо подтверждение возбудителя вязкой гнили черники *D. vaccinii* с помощью видоспецифичной ПЦР. Данный подход может сократить время при культивировании грибов до стадии образования мицелия, а также позволит получать точные результаты в рутинной диагностике. Наиболее перспективным участком гена является участок гена фактора элонгации трансляции, который позволяет дифференцировать целевой вид от близкородственных видов рода *Diaporthe* (Dharmaraj et al., 2022).

Благодарность. Авторы выражают благодарность специалистам ФГБУ «ВНИИКР» за помощь в предоставлении растительных образцов и фотографировании: кандидату биологических наук, ведущему научному сотруднику-начальнику НОМГ-МД Суриной Т.А.; кандидату сельскохозяйственных наук, ведущему научному сотруднику-начальнику НМОМГ Копиной М.Б.; кандидату биологических наук, научному сотруднику-заведующему лабораторией ЭГНК Камаеву И.О., агроному отдела МСИ Потаниной С.О.

studies in laboratory conditions. It has been established that the optimal nutrient medium for the growth and development of sporulation of the causative agent of viscid rot of blueberries *D. vaccinii* is ready-made 2% malt agar with the condition of supplementary illumination with an erythema lamp with a wavelength of 280–315 nm. Under these conditions, pycnidia and pycnospores are formed on average on the 5th day.

During the study of genus *Diaporthe* fungi, it was revealed that all analyzed species differed in cultural features: the nature of the structure, the color of the aerial mycelium, the surface of the colony, the formation of fruiting bodies (pycnidia) and the beginning of sporulation, which is necessary for the preliminary diagnosis of pathogens.

It is quite difficult to distinguish isolates based on morphological characters, since they have similar sizes and shapes of α and β conidia and require a painstaking and lengthy comparative analysis. Therefore, in practical research, identification of the quarantine species *Diaporthe* can be difficult.

Thus, to carry out reliable diagnosis in the field of plant quarantine, it is necessary to confirm *D. vaccinii* using species-specific PCR. This approach can reduce the time required for cultivating fungi to the stage of mycelium formation, and will also allow obtaining accurate results in routine diagnosis. The most promising region of the gene is the translation elongation factor gene region, which makes it possible to differentiate the target species from closely related species of the genus *Diaporthe* (Dharmaraj et al., 2022).

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the specialists of FGBU “VNIICR” for their assistance in providing plant samples and photographing: PhD in Biology, leading researcher and head of Molecular and Genetic Diagnostic Methods Department T.A. Surina; PhD in Agriculture, Leading Researcher and Head of Research and Methodology Department for Mycology and Helminthology M.B. Kopina; PhD in Biology, Leading Researcher-Head of the Ecology and Genetics of Insects and Mites Laboratory I.O. Kamaev, Agronomist of the Interlaboratory Comparisons Department S.O. Potanina.

REFERENCES

1. Ali S. et al. *Diaporthe eres* causes stem cankers and death of young apple rootstocks in Canada //

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ali S. et al. Diaporthe eres causes stem cankers and death of young apple rootstocks in Canada // Canadian Journal of Plant Pathology. 2020. Vol. 42 (2). P. 218–227.
2. Dharmaraj K. et al. New real-time PCR assay for detecting the blueberry and cranberry twig blight pathogen // Journal of Phytopathology. 2022. Vol. 170 (10). P. 683–692.
3. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health). Scientific Opinion on the pest categorisation of Diaporthe vaccinii Shear // EFSA Journal. 2014. Vol. 12(7). P. 3774.
4. Farr D.F., Castlebury L.A., Pardo-Schultheiss R.A. Phomopsis amygdali causes peach shoot blight of cultivated peach trees in the southeastern United States // Mycologia. 1999. Vol. 91. P.1008–1015.
5. Farr D.F., Castlebury L.A., Rossman A.Y. Morphological and molecular characterization of Phomopsis vaccinii and additional isolates of Phomopsis from blueberry and cranberry in the eastern United States // Mycologia. 2002a. Vol. 94. P.494–504.
6. Farr D.F., Castlebury L.A., Rossman A.Y., Putnam M.L. A new species of Phomopsis causing twig dieback of Vaccinium vitis-idaea (lingonberry) // Mycol Res. 2002b. Vol. 106. P.745–752.
7. Gonzalez-Dominguez E., Caffi T., Paolini A., Mugnai L., Latinović N., Latinović J., Languasco L. and Rossi V. Development and Validation of a Mechanistic Model That Predicts Infection by Diaporthe ampelina, the Causal Agent of Phomopsis Cane and Leaf Spot of Grapevines // Front. Plant Sci. 2022. Vol. 13. P.872333.
8. Hilario S., Amaral I. A., Gonçalves F. M. M., Lopes A., Santos & Artur Alves L. Diaporthe species associated with twig blight and dieback of Vaccinium corymbosum in Portugal, with description of four new species // Mycologia. 2020. Vol.112(2). P. 293–308.
9. Lombard L. et. al. Diaporthe species associated with Vaccinium, with specific reference to Europe // Phytopathol. Mediterr. 2014. Vol. 53 (2). P. 287–299.
10. Palmateer A.J., McLean K.S., Morgan-Jones G. Concerning Phomopsis gossypii, the causal organism of boll rot of cotton //Mycotaxon. 2003. Vol. 87. P. 157–172.
11. Schilder A.M.C, Erincik O., Castlebury L., Rossman A., Ellis M.A. Characterization of Phomopsis spp. infecting grapevines in the Great Lakes Region of North America // Plant Dis. 2005. Vol. 89. P.755–762.
12. Udayanga D., Liu X., Crous P.W. et al. A multi-locus phylogenetic evaluation of Diaporthe (Phomopsis)//Fungal Diversity. 2012. Vol. 56. P. 157–171.
13. Udayanga D., Castlebury L.A., Rossman A.Y., Hyde K. D. Species limits in Diaporthe: Molecular re-assessment of D. citri, D. cytospora, D. foeniculina and D. rudis // Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi. 2014. Vol. 32. P. 83–101.
14. Udayanga D., Castlebury L.A., Rossman A.Y. et al. Insights into the genus Diaporthe: phylogenetic species delimitation in the D. eres species complex // Fungal Diversity. 2014. Vol. 67. P. 203–229.
15. Vilka L., Volkova J. Morphological Diversity of Phomopsis vaccinii Isolates from Cranberry (Vaccinium macrocarpon Ait.) in Latvia // Proc.Latv.Univ.Agr. 2015. Vol. 33. P. 8–18.
- Canadian Journal of Plant Pathology. 2020. Vol. 42 (2). P. 218–227.
2. Dharmaraj K. et al. New real-time PCR assay for detecting the blueberry and cranberry twig blight pathogen //Journal of Phytopathology. 2022. Vol. 170 (10). P. 683–692.
3. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health). Scientific Opinion on the pest categorisation of Diaporthe vaccinii Shear // EFSA Journal. 2014. Vol. 12(7). P. 3774.
4. Farr D.F., Castlebury L.A., Pardo-Schultheiss R.A. Phomopsis amygdali causes peach shoot blight of cultivated peach trees in the southeastern United States // Mycologia. 1999. Vol. 91. P.1008–1015.
5. Farr D.F., Castlebury L.A., Rossman A.Y. Morphological and molecular characterization of Phomopsis vaccinii and additional isolates of Phomopsis from blueberry and cranberry in the eastern United States // Mycologia. 2002a. Vol. 94. P.494–504.
6. Farr D.F., Castlebury L.A., Rossman A.Y., Putnam M.L. A new species of Phomopsis causing twig dieback of Vaccinium vitis-idaea (lingonberry) // Mycol Res. 2002b. Vol. 106. P. 745–752.
7. Gonzalez-Dominguez E., Caffi T., Paolini A., Mugnai L., Latinović N., Latinović J., Languasco L. and Rossi V. Development and Validation of a Mechanistic Model That Predicts Infection by Diaporthe ampelina, the Causal Agent of Phomopsis Cane and Leaf Spot of Grapevines // Front. Plant Sci. 2022. Vol. 13. P. 872333.
8. Hilario S., Amaral I. A., Gonçalves F. M. M., Lopes A., Santos & Artur Alves L. Diaporthe species associated with twig blight and dieback of Vaccinium corymbosum in Portugal, with description of four new species // Mycologia. 2020. Vol.112(2). P. 293–308.
9. Lombard L. et. al. Diaporthe species associated with Vaccinium, with specific reference to Europe // Phytopathol. Mediterr. 2014. Vol. 53 (2). P. 287–299.
10. Palmateer A.J., McLean K.S., Morgan-Jones G. Concerning Phomopsis gossypii, the causal organism of boll rot of cotton //Mycotaxon. 2003. Vol. 87. P. 157–172.
11. Schilder A.M.C, Erincik O., Castlebury L., Rossman A., Ellis M.A. Characterization of Phomopsis spp. infecting grapevines in the Great Lakes Region of North America // Plant Dis. 2005. Vol. 89. P. 755–762.
12. Udayanga D., Liu X., Crous P.W. et al. A multi-locus phylogenetic evaluation of Diaporthe (Phomopsis)//Fungal Diversity. 2012. Vol. 56. P. 157–171.
13. Udayanga D., Castlebury L.A., Rossman A.Y., Hyde K. D. Species limits in Diaporthe: Molecular re-assessment of D. citri, D. cytospora, D. foeniculina and D. rudis // Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi. 2014. Vol. 32. P. 83–101.
14. Udayanga D., Castlebury L.A., Rossman A.Y. et al. Insights into the genus Diaporthe: phylogenetic species delimitation in the D. eres species complex // Fungal Diversity. 2014. Vol. 67. P. 203–229.
15. Vilka L., Volkova J. Morphological Diversity of Phomopsis vaccinii Isolates from Cranberry (Vaccinium

16. CABI Compendium. *Diaporthe eres*. (apple leaf, branch and fruit fungus). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.18731> (дата обращения: 08.12.2019).

17. EPPO Global Database. *Diaporthe vaccinii*. Distribution. [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/DIAPVA/distribution> (дата обращения: 11.09.2023).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецова Анна Александровна, старший научный сотрудник научно-методического отдела микологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская область, Россия; ORCID 0000-0001-8443-2641, e-mail: kyyznec@bk.ru.

Цветкова Юлия Владиславовна, младший научный сотрудник лаборатории микологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская область, Россия; аспирант, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Биологический факультет МГУ, г. Москва, Россия; ORCID 0000-0002-4334-9224, e-mail: yutska@mail.ru.

Синкевич Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Североморский филиал ФГБУ «ВНИИКР», г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия; ORCID 0009-0005-1164-7373, e-mail: ovbio@mail.ru

Костин Никита Константинович, младший научный сотрудник научно-методического отдела микологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская область, Россия; студент, «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», г. Москва, Россия; ORCID 0009-0003-8066-075, e-mail: kostinwork1@gmail.com.

macrocarpon Ait.) in Latvia // Proc.Latv.Univ.Agr. 2015. Vol. 33. P. 8–18.

16. CABI Compendium. *Diaporthe eres*. (apple leaf, branch and fruit fungus). [Electronic resource]. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.18731> (last accessed: 08.12.2019).

17. EPPO Global Database. *Diaporthe vaccinii*. Distribution. [Electronic resource]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/DIAPVA/distribution> (last accessed: 11.09.2023).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anna Kuznetsova, Senior Researcher, Research and Methodology Mycology and Helminthology Department, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0001-8443-2641, e-mail: kyyznec@bk.ru.

Yulia Tsvetkova, Junior Researcher, Mycology Laboratory, Testing Laboratory Center, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; PhD student, Biology Faculty, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; ORCID 0000-0002-4334-9224, e-mail: yutska@mail.ru.

Olga Sinkevich, PhD in Agriculture, Researcher, Severomorsk branch, FGBU “VNIICR”, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia; ORCID 0009-0005-1164-7373, e-mail: ovbio@mail.ru

Nikita Kostin, Junior Researcher, Research and Methodology Mycology and Helminthology Department, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; student, Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; ORCID 0009-0003-8066-075, e-mail: kostinwork1@gmail.com.