

**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА,
ВЫРАЩИВАЕМОГО В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ****Г. А. Копылова**

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова
Российская Федерация, 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17
E-mail: galina.kopylova2017@yandex.ru

Аннотация. Фитопатогенные микромицеты являются значимым фактором, снижающим качество посадочного материала, предназначенного для лесовосстановительных мероприятий. В связи с этим, научный интерес сосредоточен на применении методов ранней диагностики патогенов, поражающих посадочный материал. В настоящей работе представлен детальный анализ результатов молекулярно-генетической диагностики посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies* L. Karst.), культивируемого в лесных питомниках Архангельской области. Возрастной диапазон исследуемых сеянцев и саженцев ели европейской составлял от одного до пяти лет, а сосны обыкновенной – от одного до четырех лет. Диагностика проводилась с использованием семи родо- и видоспецифичных праймеров, каждый из которых обеспечивает амплификацию специфического маркерного участка генома патогенного микромицета. В ходе исследования были идентифицированы следующие фитопатогенные организмы: *Fusarium* Link, *Phoma* Sacc., *Cladosporium* Link, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar и *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall. Установлены закономерности между частотой встречаемости идентифицированных патогенных микромицетов в зависимости от возраста посадочного материала и его породой. Фитопатогенные организмы заселяют посадочный материал уже на первом году жизни. В это время идентифицируется наиболее опасный для всходов патоген рода *Fusarium*. На втором году жизни растений происходит полтора-двакратное возрастание количества патогенов. В последующие годы патогенная нагрузка на растения снижается. Также отмечено, что сеянцы ели европейской заселены большим количеством патогенных микромицетов.

Ключевые слова: посадочный материал; молекулярно-генетический анализ; фитопатогенные микромицеты; основные лесобразующие породы.

*Conifers of the boreal area. 2026, Vol. XLIV, No. 2, P. 65–70***MOLECULAR GENETIC DIAGNOSTICS OF PLANTING MATERIAL GROWN
IN FOREST NURSERIES OF THE ARKHANGELSK REGION****G. A. Kopylova**

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation
E-mail: galina.kopylova2017@yandex.ru

Abstract. Phytopathogenic micromycetes are a significant factor reducing the quality of planting material intended for reforestation activities. In this regard, scientific interest is focused on the application of methods for the early diagnosis of pathogens affecting the planting material. This paper presents a detailed analysis of the results of molecular genetic diagnostics of planting material of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* L. Karst. cultivated in forest nurseries of the Arkhangelsk region. The age range of the studied seedlings and seedlings of *Picea abies* ranged from one to five years, and of the *Pinus sylvestris* – from one to four years. The diagnosis was performed using seven genus- and species-specific primers, each of which provides amplification of a specific marker region of the genome of the pathogenic micromycete. The following phytopathogenic organisms were identified during the study: *Fusarium* Link, *Phoma* Sacc., *Cladosporium* Link, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar and *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall. Patterns have been established between the frequency of occurrence of identified pathogenic micromycetes, depending on the age of the planting material and its breed. Phytopathogenic organisms colonize the planting material already in the first year of life. At this time, the most dangerous pathogen of the genus *Fusarium* is identified for seedlings. In the second year of plant life, there is a one-and-a-half-fold increase in the number of pathogens. In subsequent years, the pathogenic load on plants decreases. It was also noted that *Pinus sylvestris* seedlings are populated by a large number of pathogenic micromycetes.

Keywords: planting material; molecular genetic analysis; phytopathogenic micromycetes; main forest-forming species.

ВВЕДЕНИЕ

Фитопатогенные организмы представляют особую опасность для молодых растений, выращиваемых в лесных питомниках. В посевах они влияют на рост и развитие сеянцев и саженцев лесобразующих пород. Заражение растений – один из ключевых факторов, вызывающих гибель посадочного материала и приводящих к значительным экономическим потерям [12]. Одним из способов недопущения развития заболеваний посадочного материала является своевременная диагностика сеянцев и саженцев на наличие патогенной микробиоты.

В рамках работ по государственному лесопатологическому мониторингу и мониторингу при воспроизводстве лесов целесообразно проведение молекулярно-генетических анализов в том числе для идентификации патогенных организмов посадочного материала основных лесобразующих пород. Такие методы диагностики на ранних этапах заражения обеспечивают точное и быстрое определение возбудителей заболеваний, что позволяет предупредить распространение инфекции и возникновение эпифитотий в лесных питомниках¹.

Цель работы – анализ фитосанитарного состояния посадочного материала основных лесобразующих пород от семени до сеянца/саженца.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование охватило семь питомников Архангельской области. В четырех из них культивируется посадочный материал как ели европейской (*Picea abies* L. Karst.), так и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Остальная часть производит только сеянцы и саженцы ели европейской.

Тестирование проведено для 222 образцов растительного материала сосны обыкновенной и ели европейской. Для исследования отобраны лишь те сеянцы и саженцы, которые имели повреждения ассимиляционного аппарата. Посадочный материал ели европейской имел возраст от одного до пяти лет, тогда как возраст саженцев сосны обыкновенной составлял от одного до четырех лет.

Идентификация патогенов молодых растений выполнена при помощи ДНК-диагностики. В качестве материала использовали пораженные участки хвои сеянцев и саженцев основных лесобразующих пород [3]. Экстракция ДНК проведена с применением экстрагирующего буфера (СТАВ 3 %) [7]. Диагностика осуществлена посредством амплификации (многократного копирования) маркерного участка с применением родо- и видоспецифических праймеров (ITS-Fu1, Ph, Cls, Het, AAF2/AAR3, Ls11-12, Lp3-6) [4; 6; 14; 16–20]. Протоколы амплификации приведены в табл. 1.

Разделяли полученные продукты реакции при помощи горизонтального электрофореза в 1,5 % агарозном геле (Se-2, Хеликон) с последующим окрашиванием в растворе бромистого этидия. Регистрация ам-

пликонов проведена в гель-документирующей системе (Gel Imager-2, Хеликон) [2; 6].

Также для определения источника инфекции проанализированы документы о качестве семенного материала. Оценен показатель зараженности патогенными организмами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У образцов молодых растений, предположительно зараженных патогенными организмами, выявлен генетический материал следующих микромицетов: *Fusarium* Link, *Phoma* Sacc., *Cladosporium* Link, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar и *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall. (рис. 1). В обследованных лесных питомниках было выявлено 167 случаев заражения фомозом и 166 – кладоспориозом. Одной из наиболее благоприятных сред обитания для возбудителей этих заболеваний является почва [11; 15], через которую и может происходить заражение молодых растений. Также стоит отметить, что возбудители фомоза отличаются своей устойчивостью к фунгицидным веществам [11].

У всех обследованных образцов ели европейской и сосны обыкновенной встречаются патогены родов *Fusarium*, *Phoma*, *Cladosporium*, *Heterobasidion*. Определено, что перечисленные микромицеты, как правило, в большей степени заселяют молодые растения сосны обыкновенной. Однако, генетический материал патогенов рода *Lophodermium* диагностируется только у сеянцев и саженцев ели европейской (рис. 2).

На первом году жизни сеянцев основных лесобразующих пород идентифицируется генетический материал 4 родов фитопатогенных организмов. Наиболее распространенными патогенами являются *Cladosporium* spp. Большое количество патогенных микромицетов входит в состав рода *Cladosporium*, и более десятка из них способны развиваться на сельскохозяйственных культурах. Наиболее подвержены их воздействию растения со слабо развитыми или нарушенными покровными тканями и с ослабленным иммунитетом [15]. На втором году жизни сеянцев количество выявленных патогенов возрастает в 1,5 раза. Единично диагностируется генетический материал микромицетов, вызывающих заболевание шютте обыкновенное, летальность от которого у одно-, двухлетних растений составляет практически 100 % [13]. На третьем и четвертом году жизни растений доля патогенов незначительно уменьшается, их процент встречаемости относительно стабилен. У пятилетних растений количество выявленных фитопатогенных грибов сокращается. Стоит отметить, что значительно возрастает встречаемость *Lophodermium pinastri*. Большое количество исследований описывает негативное воздействие *Lophodermium seditiosum* на молодые растения. Однако, хотелось бы отметить, что *L. pinastri* оказывает влияние как на взрослые, так и на молодые растения [5] (рис. 3).

Наиболее опасный период роста и развития приходится на второй год жизни растений. Однако стоит обратить внимание, что заражение патогенными организмами происходит на уровне всходов и однолет-

¹ Лесной кодекс РФ от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 26.12.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2025).

них растений. У посадочного материала ели европейской обнаружен патоген, вызывающий полегание всходов (*Fusarium* spp.) [1; 8]. По мнению многих исследователей, он является наиболее вредоносным

возбудителем указанного заболевания, так как большинство видов *Fusarium* spp. обладают высокой жизнестойкостью и имеют широкий диапазон оптимальных условий для развития [9].

Таблица 1
Режимы амплификации для ДНК патогенных грибов

Наименование праймера	1 этап	2 этап			3 этап
	Предварительная денатурация, t, T	Денатурация, t, T	Отжиг, t, T	Элонгация, t, T	Заключительная элонгация, t, T
ITS-Fu1	3 мин, 94 °C	30 циклов			10 мин, 72 °C
		1 мин, 94 °C	1 мин, 58 °C	2 мин, 72 °C	
Ph	3 мин, 95 °C	35 циклов			10 мин, 72 °C
		30 с, 95 °C	30 с, 60 °C	1 мин, 72 °C	
Cls	3 мин, 95 °C	35 циклов			10 мин, 72 °C
		30 с, 95 °C	30 с, 60 °C	1 мин, 72 °C	
Het	3 мин, 95 °C	40 циклов			1 мин, 72 °C
		1 с, 99 °C	15 с, 60 °C	45 с, 72 °C	
AAF2/AAR3	3 мин, 95 °C	30 циклов			10 мин, 72 °C
		30 с, 95 °C	30 с, 70 °C	1 мин, 72 °C	
Ls11-12, Lp3-6	5 мин, 95 °C	35 циклов			7 мин, 72 °C
		20 с, 95 °C	25 с, 60 °C	45 с, 72 °C	

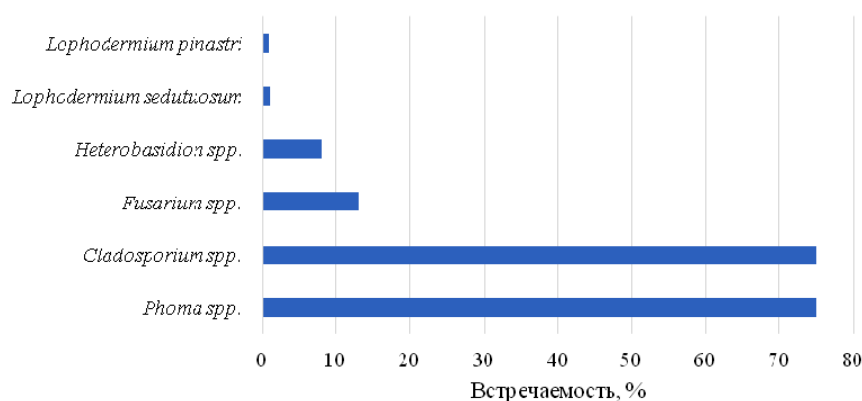


Рис. 1. Встречаемость патогенных микромицетов у посадочного материала основных лесобразующих пород Архангельской области

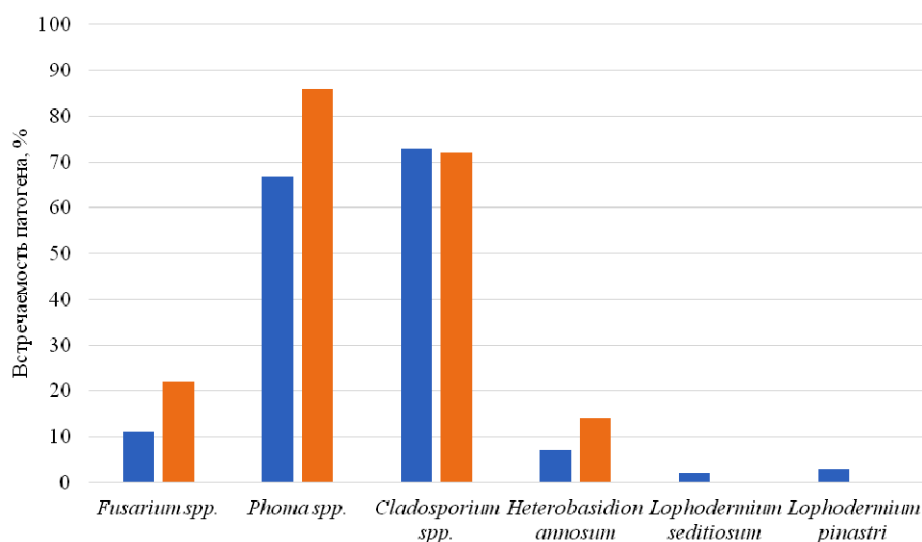


Рис. 2. Встречаемость патогенных микромицетов у образцов сосны обыкновенной и ели европейской в зависимости от породы

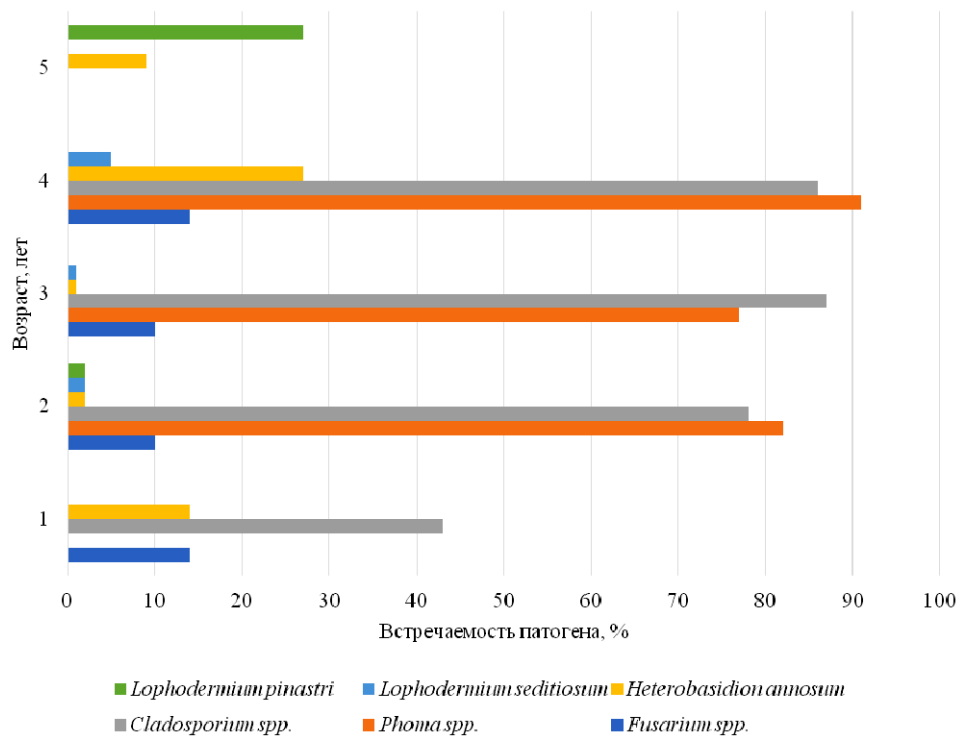


Рис. 3. Встречаемость патогенных микромицетов у образцов растительного материала основных лесообразующих пород

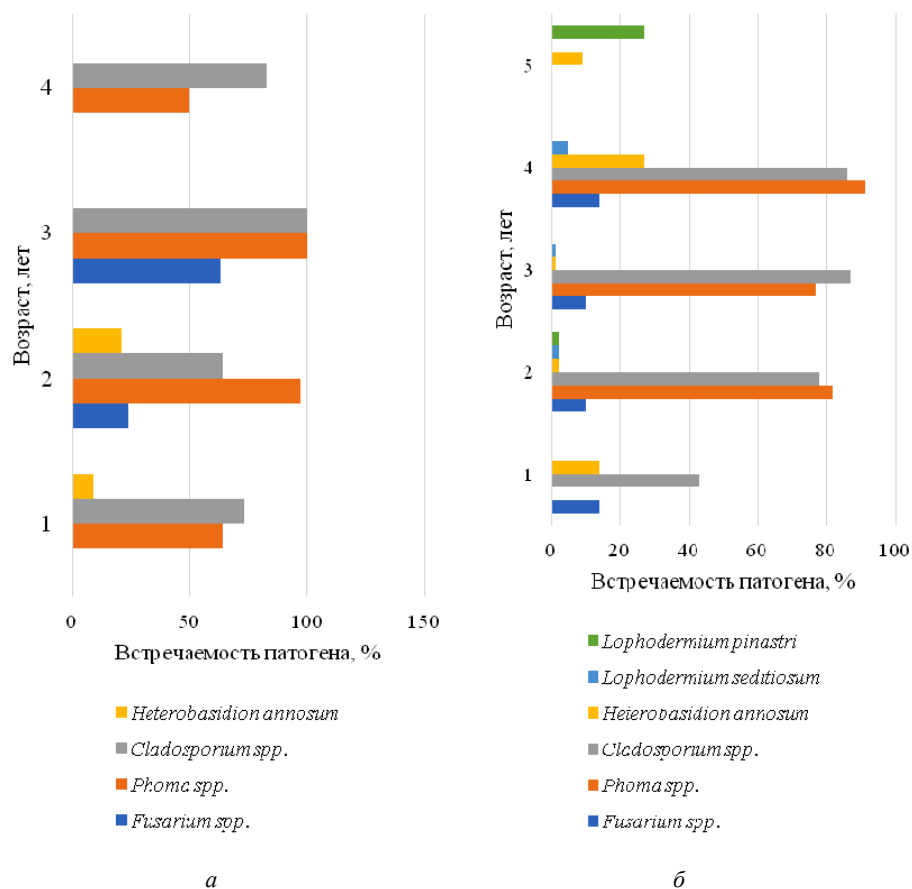


Рис. 4. Встречаемость патогенов:

а – сосны обыкновенной в зависимости от ее возраста; б – ели европейской в зависимости от ее возраста

При анализе документов о качестве семян определено, что у двух партий репродуктивного материала диагностировано по одному патогенному организму (*Verticillium* spp. и *Alternaria* spp.). Представители этих родов особо опасны для всходов и сеянцев первого года жизни, поскольку вызывают сосудистые поражения растений [10]. Стоит отметить, что эти микромицеты при помощи ДНК-диагностики нами зафиксированы не были. Вероятней всего на предотвращение заражения этими патогенами повлияла обработка фунгицидными препаратами, применяемыми перед посевом семян в грунт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно результатам нашего исследования, генетический материал патогенных микромицетов можно выявить уже в первый год жизни растений. На втором году жизни наблюдается полуторакратное увеличение поражения растений патогенными грибами, после чего их количество постепенно уменьшается. Предполагается, что данная закономерность обусловлена элиминацией (гибелью и утилизацией) пораженного посадочного материала. К третьему году жизни выживают наиболее адаптированные саженцы ели и сосны.

Следует также отметить видовые различия в спектре патогенов: у ели европейской выявлено шесть таксонов, тогда как у сосны обыкновенной – четыре. Кроме того, внимание следует уделить тому, что возбудители обыкновенного шютте часто обнаруживаются на посадочном материале ели, что может быть важным фактором при обработке саженцев.

Эти данные позволяют сделать вывод о том, что применение молекулярно-генетических методов диагностики заболеваний посадочного материала является целесообразным для выращивания здоровых растений, применяемых для лесовосстановления, особенно на первом и втором году жизни, когда патогенная нагрузка чрезвычайно велика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Амяга Е. Н., Исаев С. П. Определение видовой принадлежности лиственницы в Еврейской автономной области и оценка ее фитосанитарного состояния // Региональные проблемы. 2021. № 1. С. 3–9.
2. Алимова Т. С. [и др.]. Применение методов молекулярной генетики для анализа наличия фитопатогенов в лесных насаждениях и питомниках Российской Федерации // Сибирский лесной журнал. 2014. № 4. С. 35–41.
3. Бедрицкая Т. В. Применение молекулярно-генетических методов для диагностики фитопатогенов посадочного материала // Актуальные вопросы таежного и притундрового лесоводства на Европейском Севере России : материалы Науч.-практ. конф. Архангельск, 2023. С. 248–254.
4. Ганнибал Ф. Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria* // Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР) : метод. пособие. СПб., 2011. С. 26.

5. Гродницкая И. Д., Сенашова В. А. Новое для лесопитомников Сибири заболевание сеянцев сосны обыкновенной // Защита и карантин растений. 2012. № 2. С. 48–50.
6. Копылова Г. А. Молекулярно-генетическая диагностика посадочного материала хвойных пород // Растительный покров Европейского Севера и Арктики: Перфильевские научные чтения, посвящ. 140-летию со дня рождения Ивана Александровича Перфильева : сб. материалов Межрегион. науч. конф. Архангельск, 2022. С. 206–212.
7. Кутлунина Н. А. Молекулярно-генетические методы в исследовании растений : учеб.-метод. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. 142 с.
8. Павлов И. Н. [и др.]. К вопросу исследования наиболее вредоносных возбудителей болезней древесных растений в лесных и парковых ландшафтах Черноморского побережья России и Абхазии // Бюллетень ГНБС. 2023. № 149. С. 72–80.
9. Праходский С. А., Каплич В. М., Ярмолович В. А. Инфекционное полегание сеянцев сосны обыкновенной в условиях защищенного грунта // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2010. С. 297–301.
10. Сенашова В. А., Сафронова И. Е., Вилкова Т. Л. Фитопатогенные микромицеты сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на территории Нижнего Приангарья // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 228. С. 250–265.
11. Середич М. О. Культурально-морфологические особенности гриба *Phoma* sp. 1 – возбудителя фомоза посадочного материала хвойных пород // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2016. № 1 (183). С. 182–186.
12. Сорока С. В. Перспективы повышения эффективности защиты растений в Республике Беларусь на 2021–2030 гг. // Защита растений в условиях перехода к точному земледелию : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 50-летию со дня основания РУП «Институт защиты растений». Минск, 2021. С. 7–20.
13. Федоренко С. И. Обыкновенное шютте сосны в лесных питомниках Свердловской области // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 1999. Вып. 19. С. 253–257.
14. Шуваев Д. Н., Кальченко Л. И. Идентификация очагов корневой губки в Алтайском крае с помощью методов ДНК-анализа // Сибирский лесной журнал. 2016. № 5. С. 147–152.
15. Ярмолович В. А. [и др.]. Кладоспориоз и альтернариоз в лесных питомниках Беларуси // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2015. № 1 (174). С. 203–206.
16. Arif M. U., Chawla S., Zaidi M. W., Rayar J. K., Variar M., Singh U. S. Development of specific primers for genus *Fusarium* and *F. solani* using rDNA sub-unit and transcription elongation factor (TEF-1α) gene. Afr. J. Biotechnol. 2012, 11, 444–447.
17. Konstantinova P., Bonants P. J. M. etc. Development of specific primers for detection and identification of *Alternaria* spp. in carrot material by PCR and compa-

rison with blotter and plating assays // The British Mycological Society, Mycol. Res. 106 (1), 2002. P. 23–33.

18. Maja Bentele, Kristin Morgenstern, Doris Krabel *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar seed-borne on *Pinus sylvestris* // Journal of Forest and Landscape Research. 2014. № 1. P. 1–8.

19. Ondrušková E. et al. Checking the balance between pathogenic and mutualistic pine needle fungi of the genus *Lophodermium* in forested and urban areas of Slovakia. Scandinavian Journal of Forest Research. 2023. P. 39–48.

20. Stenström E., Ihrmark K. Identification of *Lophodermium seditiosum* and *L. pinastri* in Swedish forest nurseries using species-specific PCR primers from the ribosomal ITS region. For. Pathol. 2005, № 35. C. 163–172.

REFERENCES

1. Amyaga E. N., Isaev S. P. Opreделение vidovoj pri-nadlezhnosti listvennic v Evrejskoj avtonomnoj oblasti i ocenka ee fitosanitarnogo sostoyaniya // Regional'nye problemy. 2021. № 1. S. 3–9.

2. Alimova T. S. [i dr.]. Primenenie metodov molekulyarnoj genetiki dlya analiza nalichiya fitopatogenov v lesnyh nasazhdeniyah i pitomnikah Rossijskoj Federacii // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2014. № 4. S. 35–41.

3. Bedrickaya T. V. Primenenie molekulyarno-geneticheskikh metodov dlya diagnostiki fitopatogenov posadochnogo materiala // Aktual'nye voprosy taezhnogo i pritundrovogo lesovodstva na Evropejskom Severe Rossii : materialy Nauchno-prakticheskoy konferencii, Arhangel'sk, 2023. S. 248–254.

4. Gannibal F. B. Monitoring al'ternariozov sel'skoho-zyajstvennyh kul'tur i identifikaciya gribov roda *Alternaria* // Rossijskaya akademiya sel'skohozyajstvennyh nauk, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut zashchity rastenij (VIZR), Metodicheskoe posobie, SPb., 2011. S. 26.

5. Grodnickaya I. D., Senashova V. A. Novoe dlya lesopitomnikov Sibiri zabolevanie seyancev sosny obyknovnoy // Zashchita i karantin rastenij. 2012. № 2. S. 48–50.

6. Kopylova G. A. Molekulyarno-geneticheskaya diagnostika posadochnogo materiala hvoynyh porod // Rastitel'nyj pokrov Evropejskogo Severa i Arktiki: Perfil'evskie nauchnye chteniya, posvyashchennye 140-letiyu so dnya rozhdeniya Ivana Aleksandrovicha Perfil'eva : Sbornik materialov Mezhhregional'noj nauchnoj konferencii, Arhangel'sk, 2022. S. 206–212.

7. Kutlunina N. A. Molekulyarno-geneticheskie metody v issledovanii rastenij : ucheb.-metod. Posobie / M-vo obrazovaniya i nauki Ros. Federacii, Ural. feder. un-t. Ekaterinburg : Izd-vo Ural. un-ta, 2017. 142 s.

8. Pavlov I. N. [i dr.]. K voprosu issledovaniya naibolee vredonosnyh vozбудitelej boleznej drevesnyh rastenij v lesnyh i parkovyh landshaftah Chernomorskogo poberezh'ya Rossii i Abhazii // Byulleten' GNBS. 2023. № 149. S. 72–80.

9. Prahodskij S. A., Kaplich V. M., Yarmolovich V. A. Infekcionnoe poleganie seyancev sosny obyknovnoy v

usloviyah zashchishchennogo grunta // Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe hozyajstvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyaemyh resursov. 2010. S. 297–301.

10. Senashova V. A., Safronova I. E., Vilkova T. L. Fitopatogennye mikromicety sosny obyknovnoy (*Rinus sylvestris* L.) Na territorii Nizhnego Priangar'ya // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2019. Vyp. 228. S. 250–265.

11. Seredich M. O. Kul'tural'no-morfologicheskie osobennosti griba *Phoma* sp. 1 – vozбудitelya fomoza posadochnogo materiala hvoynyh porod // Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe hozyajstvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyaemyh resursov. 2016. № 1 (183). S. 182–186.

12. Soroka S. V. Perspektivy povysheniya effektivnosti zashchity rastenij v Respublike Belarus' na 2021–2030 gg. // Zashchita rastenij v usloviyah perekhoda k tochnomu zemledeliyu : Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoy 50-letiyu so dnya osnovaniya RUP «Institut zashchity rastenij», Minsk, 2021. S. 7–20.

13. Fedorenko S. I. Obyknovnoe shyutte sosny v lesnyh pitomnikah Sverdlovskoj oblasti // Lesa Urala i hozyajstvo v nih / M-vo obshch. i prof. obrazovaniya RF, Ural. gos. lesotekhn. akademiya. Ekaterinburg, 1999. Vyp. 19. S. 253–257.

14. Shuvaev D. N., Kal'chenko L. I. Identifikaciya ochagov kornevoj gubki v Altajskom krae s pomoshch'yu metodov DNK-analiza // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2016. № 5. S. 147–152.

15. Yarmolovich V. A. [i dr.]. Kladosporioz i al'ternarioz v lesnyh pitomnikah Belarusi // Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe hozyajstvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyaemyh resursov. 2015. № 1 (174). S. 203–206.

16. Arif M. Yu. [i dr.]. Development of specific primers for genus *Fusarium* and *F. solani* using rDNA sub-unit and transcription elongation factor (TEF-1 α) gene. Afr. J. Biotechnol. 2012, 11, 444–447.

17. Konstantinova P., Bonants P. J. M. etc. Development of specific primers for detection and identification of *Alternaria* spp. in carrot material by PCR and comparison with blotter and plating assays // The British Mycological Society, Mycol. Res. 106 (1), 2002. R. 23–33.

18. Maja Bentele, Kristin Morgenstern, Doris Krabel *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar seed-borne on *Pinus sylvestris* // Journal of Forest and Landscape Research. 2014. № 1. R. 1–8.

19. Ondrušková E. et al. Checking the balance between pathogenic and mutualistic pine needle fungi of the genus *Lophodermium* in forested and urban areas of Slovakia. Scandinavian Journal of Forest Research. 2023. P. 39–48.

20. Stenström E., Ihrmark K. Identification of *Lophodermium seditiosum* and *L. pinastri* in Swedish forest nurseries using species-specific PCR primers from the ribosomal ITS region. For. Pathol. 2005, № 35. S. 163–172.

© Копылова Г. А., 2026