

Научная статья

УДК 631.53.01 : 632.4

DOI: 10.34655/bgsha.2026.82.1.013

Фитосанитарное состояние семенного и посадочного материала основных лесообразующих пород Архангельской области

Г.А. Копылова¹, Т.В. Бедрицкая², Е.Е. Радченко³, А.А. Авдеева⁴, М.С. Шехирина⁵

^{1,2,4}Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

³Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

⁵Филиал Федерального бюджетного учреждения «Российский центр защиты леса» «Центр защиты леса Архангельской области», Архангельск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Галина Андреевна Копылова, galya.kopylova2017@yandex.ru

Аннотация. Проведен мониторинг фитосанитарного состояния семенного и посадочного материала ели европейской (*Picea abies* L. Karst.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), используемого при лесовосстановлении на территории Архангельской области. При анализе данных сертификатов и удостоверений о качестве семян особое внимание уделено таким показателям, как всхожесть семенного материала, его обсеменённость сапрофитными и паразитными организмами. Установлено, что сапрофитные микромицеты диагностированы во всех обследованных партиях. Степень зараженности ими семян варьирует от слабой до сильной. Партии с показателем сильной зараженности преобладают над остальными. У единичных партий идентифицированы патогенные грибы рода *Alternaria* Nees и *Fusarium* Link. Известно, что семенной материал перед посадкой подвергается обязательной обработке препаратами. Однако, работники лесных питомников регулярно сталкиваются с проблемой гибели посадочного материала. Для исследования были отобраны сеянцы и саженцы ели европейской и сосны обыкновенной с признаками увядания (повреждения ассимиляционного аппарата) для проведения ДНК-диагностики. В результате молекулярно-генетического анализа растительного материала с использованием родо- и видоспецифичных праймеров (ITS-Fu1, Ph, Cls, Het, AAF2/AAR3, Ls11-12, Lp3-6) идентифицированы патогены, относящиеся к 2 отделам, 4 классам, 5 порядкам, 5 семействам, 5 родам (*Fusarium* Link, *Phoma* Sacc., *Cladosporium* Link, *Lophodermium* Chevall., *Heterobasidion* Bref.). Таким образом, считаем целесообразным проведение регулярного мониторинга состояния посадочного материала на всех этапах его развития. Кроме того, особое внимание стоит обратить на оценку фитосанитарного состояния субстрата.

Ключевые слова: лесовосстановление, семенной материал, посадочный материал, фитопатогены, молекулярно-генетический анализ.

Original article

Phytosanitary condition of seed and planting material of the main forest-forming species of the Arkhangelsk region

Galina A. Kopylova¹, Tatyana V. Bedritskaya², Evgeny E. Radchenko³,
Alena A. Avdeeva⁴, Mariya S. Shekhirina⁵

^{1,2,4}Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

³Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
Saint Petersburg, Russia

⁵Branch of the Federal Budgetary Institution «Russian Centre of Forest Health» – «Centre of
forest health of Arkhangelsk region», Arkhangelsk, Russia

Corresponding author: Galina A. Kopylova, galya.kopylova2017@yandex.ru

Abstract. The monitoring of the phytosanitary condition of seeds and planting material of *Picea abies* L. Karst. and *Pinus sylvestris* L. used for forest restoration in the Arkhangelsk Region was performed. When analyzing data from seed quality certificates, special attention was paid to such indicators as seeds germination and their contamination with saprophytic and parasitic organisms. Saprophytic micromycetes were detected in all tested seed lots. The degree of seed infestation varied from light to heavy. Seed lots with heavy infestation prevailed over lots with other degrees of infestation. Pathogenic fungi of the genera *Alternaria* Nees and *Fusarium* Link were identified in isolated lots. It is known that seed material is under the mandatory treatment with pesticides before planting. However, forest nursery workers regularly face the problem of seed mortality. For the study, seedlings and saplings of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* showing signs of wilting (damage to the assimilation apparatus) were selected for DNA diagnostics. Molecular and genetic analysis of the plant material using genus- and species-specific primers (ITS-Fu1, Ph, Cls, Het, AAF2/AAR3, Ls11-12, Lp3-6) identified pathogens belonging to 2 divisions, 4 classes, 5 orders, 5 families, and 5 genera (*Fusarium* Link, *Phoma* Sacc., *Cladosporium* Link, *Lophodermium* Chevall., *Heterobasidion* Bref.). Thus, it is advisable to monitor regularly the condition of the planting material at all stages of its development. In addition, special attention should be paid to assessing the phytosanitary condition of the substrate.

Keywords: forest restoration, seed material, planting material, phytopathogens, molecular and genetic analysis.

Введение. Архангельская область входит в состав лесопромышленного комплекса Европейского Севера России и занимает одно из ведущих мест среди территорий России по наличию лесосырьевых ресурсов. В регионе активно ведутся лесозаготовительные работы. Согласно проекту «Сохранение лесов», необходимо соблюдение баланса выбытия и воспроизводства лесов¹. При искусственном и комбинированном лесовосстановлении предпочтение стоит отдавать местным семенам².

Значительная часть Архангельской области входит в состав Арктической зоны и приравненных к ней территорий. Климат умеренно континентальный, морской, субарктический, который обуславливает короткое прохладное лето и продолжительную холодную зиму. Погодные условия, характерные для данного региона (сильные морозы, град, большое количество осадков и др.), в значительной степени влияют на качество семян основных лесобразующих пород. Стоит отметить, что периодичность урожайных лет на этих

¹Федеральный проект «Сохранение лесов». URL: https://xn--80aapampemcchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya/sokhranenie_lesov/

²Приказ от 9 ноября 2020 г. N 909 Об утверждении порядка использования районированных семян лесных растений основных лесных древесных пород. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573069166>

территориях может достигать 3-5 и более лет³.

Регион испытывает постоянный дефицит местного семенного материала, в том числе и с улучшенными наследственными свойствами. Важно бережно относиться к собранному и хранящемуся семенному фонду, проводить мониторинг его качества, определять наличие деструктивных и патогенных организмов.

Перед посевом семена проходят обязательный контроль качества и фитосанитарного состояния. По итогам проведенных работ лесосеменными станциями выдаются соответствующие документы (сертификаты и удостоверения), которые дают основание для реализации семенного сырья и его использования для собственных нужд. Одним из важных показателей качества семян является всхожесть. При нарушении условий хранения на семенном материале развиваются сапрофитные грибы, которые, в свою очередь, влияют на качество заготовленных семян⁴. Мицелий грибов пронизывает субстрат и разрушает его при помощи выделяемых ферментов. В первую очередь, мицелиальные грибы начинают развиваться на зародыше, что приводит к загниванию семени и, как следствие, ухудшению его всхожести. Дополнительно сотрудники лесосеменных станций проводят оценку уровня поражения семян патогенными микромицетами, представляющими потенциальную угрозу для развития всходов.

Перед посевом семена обрабатывают препаратами, разрешенными к применению в РФ. В то же время лесопитомнические хозяйства сталкиваются с проблемой заражения посадочного материала патогенными организмами. Чаще всего обнаружить инвазию сеянцев и саженцев

патогенными и условно-патогенными микромицетами удается только на последних стадиях инфицирования, когда поражена значительная часть растения, а также отчетливо проявляются симптомы заражения. На данном этапе профилактические меры борьбы уже неэффективны, а оптимальным решением для предотвращения возникновения эпифитотий является сжигание пораженных растений.

Для проведения лесовосстановительных работ посадочный материал должен соответствовать определенным критериям⁵. К параметрам, по которым определяют пригодность посадочного материала для реализации, относят морфометрические показатели и отсутствие внешних признаков поражения [1]. Как правило, оценка фитосанитарного состояния посадочного материала проводится при помощи визуального осмотра. Однако, в некоторых случаях фитопатогенные организмы могут находиться в латентной фазе развития, а при изменении условий произрастания растений пагубно повлиять на состояние сеянцев и саженцев. В инкубационный период без применения инструментальных методов диагностики невозможно своевременно определить возбудителя заболевания, что, в свою очередь, может привести к возникновению эпифитотий.

Внедрение в практику лесного хозяйства молекулярно-генетических методов позволяет идентифицировать у молодых растений возбудителей заболевания, находящихся в латентной стадии. Поэтому для сохранения посадочного материала необходимо проводить регулярный фитосанитарный контроль с использованием современных методов генетической диагностики.

³ Постановление "О внесении изменений в лесохозяйственный регламент Няндомского лесничества Архангельской области". URL: <https://regulation.dvinaland.ru/docs/anti-corruption/14909/>

⁴ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 535 Об утверждении порядка заготовки, обработки, хранения и использования семян лесных растений. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565780468>

⁵ Приказ от 29 декабря 2021 г. N 1024 Об утверждении правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110>

Цель исследований – с помощью молекулярно-генетических методов анализа осуществить мониторинг фитосанитарного состояния семенного и посадочного материала ели европейской и сосны обыкновенной, используемого при лесовосстановлении на территории Архангельской области.

Объекты и методы. Объектами исследования являются посадочный материал основных лесобразующих пород (ели европейской (*Picea abies* L. Karst.) – 12 партий; сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – 9 партий). Количество образцов в партии варьирует от 3 до 31 шт. Такая разница обусловлена принципом отбора растительного материала для проведения испытаний, суть которого заключается в сборе образцов только с признаками увядания и изменения окраски ассимиляционного аппарата. Также проведен анализ данных сертификатов и удостоверений о качестве семенного материала (801 партия), выданных лесохозяй-

ственным предприятиям Архангельской области в период с 2018 по 2024 г. Согласно установленным правилам, специалисты ЛСС определяют наличие сапрофитов и паразитов в семенном материале хвойных деревьев макро- и микроскопическими методами⁶.

Нами проведена оценка фитосанитарного состояния сеянцев и саженцев, выращиваемых в лесных питомниках (2021-2024), при помощи молекулярно-генетических методов. Выделение генетического материала выполнено СТАВ-методом [2]. Идентификация патогенных микромицетов проведена посредством амплификации маркерных участков с использованием специфических праймеров [3-6]. Протоколы для амплификации маркерных участков ДНК идентифицируемых патогенов представлены в таблице 1. Полученные продукты реакции разделены на камере для горизонтального электрофореза (Se-2, Хеликон).

Таблица 1 – Протоколы амплификации маркерных участков ДНК

Наименование патогена	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
<i>Fusarium</i> spp.	ITS-Fu1	3 мин, 94°C	30 циклов			10 мин, 72°C
			1 мин, 94°C	1 мин, 58°C	2 мин, 72°C	
<i>Phoma</i> spp.	Ph	3 мин, 95°C	35 циклов			10 мин, 72°C
			30 с, 95°C	30 с, 60°C	1 мин, 72°C	
<i>Cladosporium</i> spp.	ClS	3 мин, 95°C	35 циклов			10 мин, 72°C
			30 с, 95°C	30 с, 60°C	1 мин, 72°C	
<i>Heterobasidion</i> spp.	Het	3 мин, 95°C	40 циклов			1 мин, 72°C
			1 с, 99°C	15 с, 60°C	45 с, 72°C	
<i>Alternaria alternata</i>	AAF2/AAR3	3 мин, 95°C	30 циклов			10 мин, 72°C
			30 с, 95°C	30 с, 70°C	1 мин, 72°C	
<i>Lophodermium seditiosum</i> ; <i>Lophodermium pinastri</i>	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	

⁶ ГОСТ 13056.5-76. Семена деревьев и кустарников. Методы фитопатологического анализа.

URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025566>

Результаты и их обсуждение.

У всех обследованных партий семенного материала показатель всхожести варьирует в широких пределах – от 1 до 99%. Наблюдается закономерность: с увеличением всхожести встречаемость загнивших семян уменьшается ($r=-0,89$; $P<0,05$). В единичных случаях низкая всхожесть обусловлена наличием большого количества пустых семян.

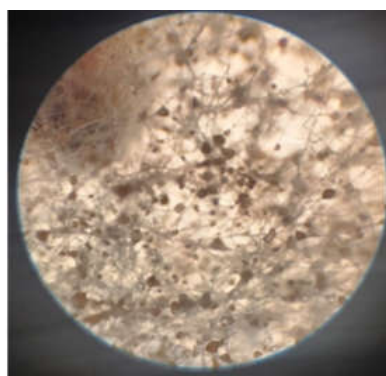
Сапрофиты диагностированы во всех обследованных партиях семян. Зараженность изученного материала варьирует от слабой до сильной степени, при этом пре-

валируют сильно зараженные (84%).

По данным Архангельской и Пермской ЛСС, на семенном материале наиболее часто диагностируются представители родов *Penicillium* Link, *Rhizopus* Ehrenb., *Mucor* Fresen. Это сапрофитные грибы, которые вызывают плесневение и загнивание семян [7]. При культивировании на питательной среде грибы рода *Penicillium* образуют колонии характерного зеленого цвета, *Rhizopus* spp. и *Mucor* spp. – беловато-серый налет, они хорошо различимы при микроскопии (рис. 1).



а)



б)

Рисунок 1. Колонии сапрофитных грибов: а) *Rhizopus* spp., б) *Mucor* spp.

У единичных партий семенного материала ели европейской идентифицированы патогенные грибы родов *Alternaria* Nees и *Fusarium* Link., которые представляют особую опасность для растений ювенильной стадии развития. Стоит отметить, что *Fusarium* spp. считают наиболее опасными возбудителями инфекционного полегания сеянцев, так как большинство представителей рода обладают высокой степенью жизнестойкости и имеют широкий диапазон оптимальных условий для развития [8].

Перед посевом семена подвергаются обязательной обработке пестицидами⁷. Тем не менее при выращивании посадочного материала у сеянцев и саженцев наблюдаются признаки ухудшения их состояния.

Отобранные для обследования образцы сеянцев и саженцев сосны обыкновенной и ели европейской имели признаки увядания. Хвоя полностью или частично приобрела желтый/рыжий/кирпично-красный цвет. Пикнид, апотециев, мицелия и других следов грибной инвазии нами выявлено не было. Данные, собранные при помощи визуального осмотра, не дают полной информации о причинах ухудшения состояния растений, а также оснований для отнесения посадочного материала к статусу «инфицированный».

При помощи родо- и видоспецифичных маркеров обнаружен генетический материал патогенов, вызывающих заболевания как всходов, так и более взрослых растений (рис. 2).

⁷ Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I. Пестициды. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420235436>

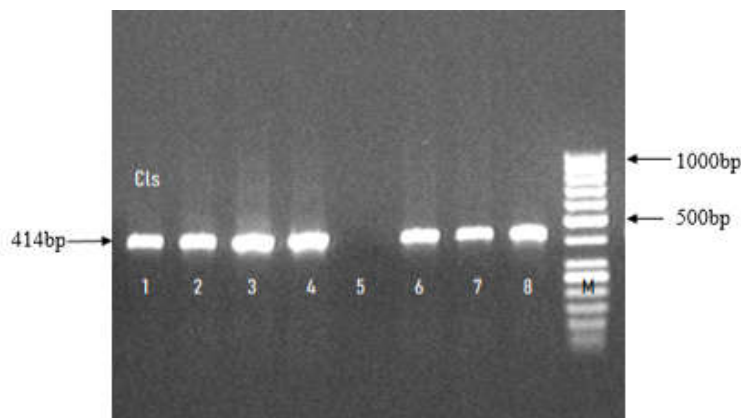


Рисунок 2. Примеры продуктов амплификации, полученных методом классической ПЦР с использованием пары праймеров (ClisF, ClisR)

*Примечания. Слева направо (1-8) расположены ампликоны испытуемых образцов семян, предположительно зараженных одним из искомым патогенов (*Cladosporium* spp.). В центре электрофореграммы – маркер молекулярного веса (M) (100+50 bp).

Частота патогенных грибов, выявленных в посадочном материале *P. sylvestris* и *P. abies*, представлена на рисунке 3.

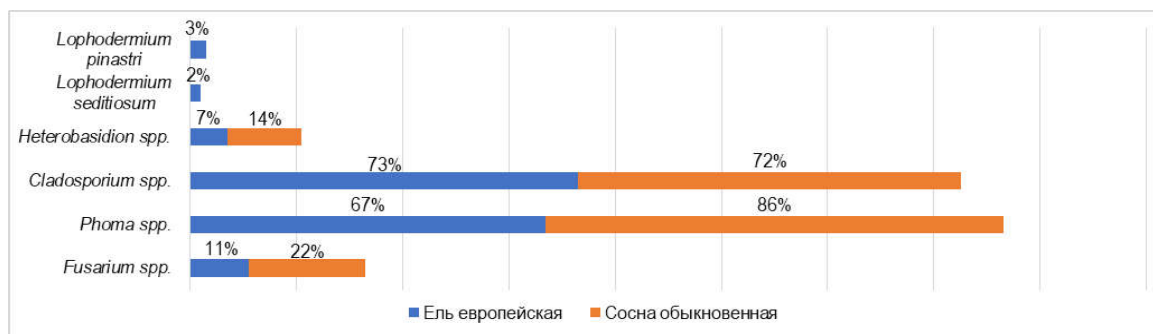


Рисунок 3. Частота патогенных грибов в посадочном материале *P. abies* и *P. sylvestris*

Данные в исследовании приведены суммарно за все годы (2021-2024). Обследованные сеянцы *P. sylvestris* оказались заражены преимущественно грибами рода *Phoma* Sacc. У *P. abies* единично обнаружены *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Millar и *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall. Патогенная микробиота *P. abies* в большей степени представлена *Cladosporium* Link. Генетический материал *L. seditiosum* и *L. pinastri* у *P. sylvestris* не идентифицирован.

Заражение растений патогенными организмами происходит на стадии всходов. На первом году жизни у сеянцев ели европейской и сосны обыкновенной диагностированы *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp., *H. annosum* и *Phoma* spp., *Cladosporium* spp., *H. annosum*, соответственно. У двухлетних растений, по-

мимо вышеперечисленных возбудителей заболеваний, у ели европейской выявлен генетический материал грибов рода *Phoma* spp. и *Lophodermium* spp., а у сосны обыкновенной – *Fusarium* spp. Начиная с трехлетнего возраста количество выявленных патогенов у посадочного материала уменьшается. У пятилетних саженцев *P. abies* генетический материал патогенов идентифицирован единично (табл. 2).

Таким образом, на всех стадиях онтогенеза молодых растений, выращиваемых в лесных питомниках, при помощи ДНК-диагностики идентифицируются патогенные грибы, которые пагубно влияют на рост и развитие посадочного материала основных лесобразующих пород. Вероятнее всего, заражение молодых растений происходит через почву и находящиеся в ней остатки растений [9, 10, 11].

Таблица 2 – Частота патогенных грибов, выявленных в посадочном материале *P. abies* и *P. sylvestris* в зависимости от возраста растения

Патоген Возраст, лет	Частота патогенных грибов, %					
	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Phoma</i> spp.	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>H.</i> <i>annosum</i>	<i>L.</i> <i>seditiosum</i>	<i>L. pinastri</i>
1	$\frac{14}{0}$	$\frac{0}{64}$	$\frac{43}{73}$	$\frac{14}{9}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
2	$\frac{10}{24}$	$\frac{82}{97}$	$\frac{78}{64}$	$\frac{2}{21}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{2}{0}$
3	$\frac{10}{63}$	$\frac{75}{100}$	$\frac{85}{100}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$
4	$\frac{14}{0}$	$\frac{91}{50}$	$\frac{86}{83}$	$\frac{27}{0}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{0}{0}$
5	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{9}{-}$	$\frac{0,0}{-}$	$\frac{27}{-}$

*Примечания. Числитель – частота патогена у семян/саженцев *P. abies*; знаменатель – частота патогена у семян *P. sylvestris*; «-» – анализ не проводился.

Выводы:

1. Традиционные методы, применяемые лесосеменными станциями для анализа семенного материала, демонстрируют недостаточную чувствительность для выявления полного спектра патогенных организмов. Идентифицированная патогенная микобиота ограничивается представителями родов *Alternaria* и *Fusarium*. Тем не менее, наличие патогенов фиксируется уже на стадии всходов и однолетних сеянцев с последующим увеличением их количества по мере роста растений. Молекулярно-генетическая диагностика, основанная на применении специфических праймеров, позволила идентифицировать патогены, принадлежащие к 2 отделам, 4 классам, 5 порядкам, 5 семействам и 5 родам (*Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Cladosporium* spp., *Lophodermium* spp., *Heterobasidion* spp.). Для достижения более высокой точности в диагностике патогенной микобиоты семян рекомендуется использование современных методов анализа.

2. Для предотвращения заражения растений перед посевом семян рекомендуется осуществлять предварительную оценку фитосанитарного состояния почвы.

3. Визуальная оценка состояния посадочного материала лесных питомников не позволяет выявить причину заболевания на ранних этапах его развития. Если причиной увядания растений является заражение фитопатогенными микромицетами, необходимо идентифицировать возбудителя заболевания еще на ранней стадии развития, когда мероприятия по обработке растений фунгицидами еще могут быть эффективными. Ранняя диагностика позволит локализовать очаг инфекции, избежать распространения заболевания и предотвратить возникновение эпифитотий.

Внедрение в практику лесного хозяйства молекулярно-генетических методов анализа на всех этапах производства посадочного материала позволит минимизировать риск заражения молодых растений и повысить эффективность лесовосстановительных работ.

Список источников

1. Морфометрические критерии оценки качества контейнерных сеянцев хвойных пород / Е.В. Робонен, Н.П. Чернобровкина, А.В. Егорова, М.И. Зайцева, К.Г. Нелаева // Известия вузов. Лесной журнал. 2023. №5. С. 42-57. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-5-42-57. EDN: DRMFZL.

2. D. Ashwini, Dr.S.P. Tiwari. Use of CTAB method for isolation of Good quality and quantity of DNA // Journal of pure and applied microbiology. 2015. 9(13). Pp. 2271-2274. URL: <https://microbiologyjournal.org/use-of-ctab-method-for-isolation-of-good-quality-and-quantity-of-dna/>

3. Kamal S.A.A. Detection of *Alternaria alternata* isolated from grain by using specific primer // *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2015. Vol. 4. Issue 7. Pp. 260-269. URL: https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/1435646601.pdf.
4. 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. DOI: 10.15372/SJFS20160515. EDN: XCRXMR.
5. Sharma M., Kapatia A., Kulshrestha S. Analysis of genetic diversity amongst *Fusarium* spp. associated with root rot of apple // *Biosciences biotechnology research Asia*. 2016. Vol. 13. № 1. Pp. 463-468. DOI: 10.13005/bbra/2055.
6. 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. Vol. 38. № 1-2. Pp. 39-48. DOI: 10.1080/02827581.2023.2191004.
7. Бойко Т.А. Фитопатогенные грибы – контаминанты семян лесных растений // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2012. №12. С. 66-69.
8. Tupaki-Sreepurna A. et al. *Fusarium*: The Versatile Pathogen // *Indian Journal of Medical Microbiology*. 2018. Vol. 36. Pp. 8-17. DOI: 10.4103/ijmm.IJMM_16_24.
9. Домрачева Л.И., Фокина А.И., Ашихмина Т.Я. Почвенные грибы рода *Fusarium* и их метаболиты: опасность для биоты, возможность использования в биотехнологии (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2021. № 1. С. 6-15. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-1-006-015. EDN: KXCQYQ.
10. 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. EDN: WHDMOV.
11. Хабибуллина Ф.М., Кузнецова Е.Г. Характеристика почвенной микобиоты во вторичных лиственных лесах подзоны средней тайги (Республика Коми) // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2014. №1-3. С. 891-865. EDN: SXGPFR.

References

1. Elena V. Robonen, Nadezhda P. Chernobrovkina, Anastasiya V. Egorova, Maria I. Zaitseva, Karina G. Nelaeva. Morphometric Criteria for Assessing the Containerized Conifers Seedlings Quality. *Russian Forestry Journal*. 2023;5:42-57 (In Russ.) DOI: 10.37482/0536-1036-2023-5-42-57.
2. Ashwini D., Dr.S.P. Tiwari. Use of CTAB method for isolation of Good quality and quantity of DNA. *Journal of pure and applied microbiology*. 2015;6(13): 2271-2274. URL: <https://microbiologyjournal.org/use-of-ctab-method-for-isolation-of-good-quality-and-quantity-of-dna/>
3. Kamal S.A.A. Detection of *Alternaria alternata* isolated from grain by using specific primer. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 2015; Vol.4, Issue 7:260-269. URL: https://wjpr.s3.ap-south-1.amazonaws.com/article_issue/1435646601.pdf.
4. Shuvaev D.N., Kalchenko L.I. Identification OF *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref s. l. pestholes in Altai krai by the methods of DNA-analysis. *Siberian Journal of Forest Science*. 2016;5:147–152 (In Russ.) DOI: 10.15372/SJFS20160515.
5. Sharma M., Kapatia A., Kulshrestha S. Analysis of genetic diversity amongst *Fusarium* spp. associated with root rot of apple. *Biosciences biotechnology research Asia*. 2016;13;1:463-468. DOI : 10.13005/bbra/2055.
6. 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;38;1-2:39-48. DOI: 10.1080/02827581.2023.2191004.
7. Bojko T.A., Krylova I.O., Luk K.S. Phytopathogen fungi as contaminants of hylophate seeds. *Aktual'ny'e problemy' lesnogo kompleksa*. 2012;33:66-69 (In Russ.)
8. Tupaki-Sreepurna A. et al. *Fusarium*: The Versatile Pathogen. *Indian Journal of Medical Microbiology*. 2018;36:8-17. DOI: 10.4103/ijmm.IJMM_16_24.
9. Domracheva L.I., Fokina A.I., Skugoreva S.G., Ashikhmina T.Ya. Two sides of soil fungi of the genus *Fusarium* and their metabolites: danger to biota and the possibility of use in biotechnology (review). *Theoretical and Applied Ecology*. 2021;1:6-15 (In Russ.). DOI: 10.25750/1995-4301-2021-1-006-015.
10. Seredich M.O. Cultural and morphological characteristics of fungus *Phoma* sp.1 – *Phoma* blight causing agents in coniferous tree seedlings. *Proceedings of BSTU. № 1. Forestry*. 2016;1(183):182-186 (In Russ.)
11. Khabibullina F., Kuznetsova E. Soil mycobiota characteristic in the secondary deciduous forests of middle taiga subzone (Komi republic). *Izvestiya of Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*. 2014;1-3:891-895 (In Russ.)

Информация об авторах

Галина Андреевна Копылова – аспирант, Высшая школа естественных наук и технологий, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, galya.kopylova2017@yandex.ru;

Татьяна Васильевна Бедрицкая – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова;

Евгений Евгеньевич Радченко – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела генетики, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР);

Алена Александровна Авдеева – магистрант, Высшая школа естественных наук и технологий, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова;

Мария Сергеевна Шехирина – инженер отдела оценки состояния лесных ресурсов генетическими методами, Филиал Федерального бюджетного учреждения «Российский центр защиты леса»–«Центр защиты леса Архангельской области».

Information about the authors

Galina A. Kopylova – Postgraduate student, Higher School of Natural Sciences and Technologies, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, galya.kopylova2017@yandex.ru;

Tatyana V. Bedritskaya – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov;

Evgeny E. Radchenko – Doctor of Science (Biology), Chief Researcher, Genetics Department, Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR);

Alena A. Avdeeva – Master's student, Higher School of Natural Sciences and Technologies Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov;

Mariya S. Shekhirina – Engineer, Department of Assessment of Forest Resources by Genetic Methods, Branch of the Federal Budgetary Institution «Russian Centre of Forest Health» - «Centre of forest health of Arkhangelsk Region».

Статья поступила в редакцию 08.10.2025; одобрена после рецензирования 21.11.2025; принята к публикации 27.01.2026.

The article was submitted 08.10.2025; approved after reviewing 21.11.2025; accepted for publication 27.01.2026.