

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ИНСТИТУТ ЛЕСА

ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВЕДЕНИЯ И ЛЕСОВОДСТВА

Сборник научных трудов

основан в 1930 г.

Выпуск 83

Гомель
2023

УДК 630*(476)
ББК 43
П 78

ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВЕДЕНИЯ И ЛЕСОВОДСТВА: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. Выпуск 83. - Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2023. – 418 с. – ISSN 2078-3965.

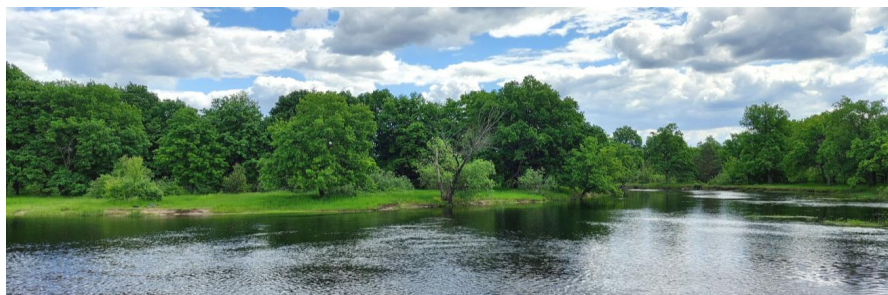
Таблиц – 112, рисунков – 127, библиография – 583 наименования.

Сборник научных трудов содержит результаты научных исследований в области лесоведения и лесоводства, лесовосстановления и лесоразведения, лесной селекции и генетики, биологии, экологии, охраны и защиты леса, побочного лесопользования.

Сборник представляет интерес специалистам лесного хозяйства, сотрудникам НИИ лесного и природоохранного профиля, полезен преподавателям, аспирантам, магистрантам и студентам лесных и общебиологических специальностей вузов и колледжей.

Редакционная коллегия: Усеня В.В., академик, д.с.-х.н., профессор (отв. редактор); Ковалевич А.И., к.с.-х.н., доцент (зам. отв. редактора); Багинский В.Ф., чл.-корр., д.с.-х.н., профессор; Буга С.В., д.б.н., профессор; Копытков В.В., д.с.-х.н., профессор; Лазарева М.С., к.с.-х.н., доцент; Рожков Л.Н., д.с.-х.н., профессор; Падутов В.Е., чл.-корр., д.б.н., профессор; Потапенко А.М., к.с.-х.н., доцент; Созинов О.В., д.б.н., доцент; Торчик В.И., чл.-корр., д.б.н., профессор; Чурило Е.В., к.с.-х.н., доцент; Бордок И.В., к.с.-х.н., доцент (отв. секретарь редколлегии).

Статьи, опубликованные в сборнике, получили положительные рецензии ведущих ученых институтов государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам», Института радиобиологии НАН Беларуси, Белорусского государственного технологического университета, Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины



3. БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ЛЕСА

УДК632.4:630:635.9+577.29

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ГРИБА *CYCLANEUSMA MINUS* (BUTIN) DICOSMO, PEREDO & MINTER В БЕЛАРУСИ

Головченко Л.А.¹, Дишук Н.Г.¹, Пантелеев С.В.², Падутов А.В.², Баранов О.Ю.²

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси (г. Минск, Беларусь)

²Институт леса НАН Беларуси (г. Гомель, Беларусь)

*В статье приведены результаты фитопатологического обследования сосны обыкновенной и интродуцированных видов сосны в разных видах насаждений Республики Беларусь на предмет поражения болезнью пожелтения хвои. Болезнь выявлена повсеместно, в разных категориях зеленых насаждений (кроме базисных лесных питомников), на деревьях разного возраста, на абортгенном (*Pinus sylvestris*) и интродуцированных видах сосны (*P. mugo*, *P. nigra*, *P. murrayana*, *P. banksiana*, *P. pallasiana*, *P. kochiana*, *P. albicaulis*, *P. peuceletii*). С использованием микологических и молекулярно-генетических методов анализа диагностирован возбудитель болезни – микромицет *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo&Minter, количественное содержание которого в микобиоме хвои варьировало от 0,21% до 100,0%.*

Ключевые слова: сосна, интродуцированные виды, рДНК, секвенирование, *Cyclaneusma minus*

CYCLANEUSMA NEEDLE-CAST OF *PINUS* SPECIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Golovchenko L.A., Dishuk N.G., Panteleev S.V., Padutov A.V., Baranov O.Yu.

Needles of Scotch pine and introduced pine specie swith or without symptoms of Cyclaneusma needle-cast, from all regions of the Republic of Belarus, were examined for presence of ascomycetous fungus Cyclaneusma minus (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter. Cyclaneusma minus was diagnosed as the causative agent of the disease, using mycological and molecular genetic techniques. The disease was found in all regions of the Republic of Belarus on Pinus sylvestris, P. mugo, P. nigra, P. murrayana, P. banksiana, P. pallasiana, P. kochiana, P. albicaulis, P. pumila.

Keywords: *pine, introduced species, rDNA, sequencing, Cyclaneusma minus*

ВВЕДЕНИЕ

Среди хвойных пород сосна довольно в значительной степени подвержена инфекционным болезням [1]. Большинство болезней сосны давно известны, хорошо изучены, разработаны мероприятия по защите. Однако микобиота хвои и побегов сосны в нашей стране изучена слабо, сведения о распространенности и вредоносности значительного числа болезней являются фрагментарными, а сами исследования носят отрывочный характер [2-5]. Интерес к этой теме в Беларуси и в сопредельных странах заметно возрос в последние десятилетия в связи с проникновением и распространением в сосновых насаждениях инвазивных фитопатогенов, а также возрастанием встречаемости и вредоносности ранее малоизвестных возбудителей болезней. Некоторые из них уже успели адаптироваться к местным климатическим условиям и наносят существенный вред сосне, вызывая преждевременное опадение хвои, усыхание отдельных их частей и даже гибель растений [2-10].

Среди малоизвестных возбудителей болезней хвои сосны интерес для изучения представляют грибы *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo&Minter [= *Naemacyclus minor* Butin] и *C. niveum* (Pers.) DiCosmo, Peredo&Minter – возбудители болезни, в англоязычной литературе известной под названием «*Cyclaneusma needle cast*» [8, 11-15], в русскоязычной – «болезнь пожелтения хвои» [6, 7, 17]. Болезнь встречается в странах Африки, Азии, Европы, Северной и Южной Америки, Новой Зеландии, Австралии, в европейской и азиатской части России, в Украине, Казахстане, Балтийских странах, Беларуси, возможно – везде, где выращивают сосны [7, 13, 14, 17, 18]. Выявлена более чем у 20 видов сосны, в том числе у *Pinus sylvestris*, *P. contorta*, *P. resinosa*, *P. strobus*, *P. mugo*, *P. nigra*, *P. ponderosa*, *P. pallasiana*, *P. radiata*, причём в европейских странах поражает, в основном, сосну обыкновенную и сосну черную [7, 13, 18].

Информация о происхождении грибов и их вредоносности довольно противоречива. Считается, что вид *C. minus* более вредоносен, так как способен поражать живую хвою, а гриб *C. niveum* поселяется только на мертвой хвое. В Южном полушарии болезнь встречается только на интродуцированных соснах и в периоды эпифитотийного развития наносит

значительный экономический ущерб [8, 12, 13, 15, 16]. В Северном полушарии встречается и на аборигенных, и на интродуцированных видах сосны, серьезный вред молодым насаждениям сосны наносит эпизодически, вызывая преждевременное опадение одно-двухлетней хвои, ослабление молодых сосен в культурах и подроста, но в большинстве случаев развивается на опавшей хвое [11, 14, 16, 17, 18]. В связи с тем, что в идентификации видов *C. minus* и *C. niveum* существовало много путаницы, точных сведений об их происхождении нет. Так, российские ученые вид *C. minus* относят к группе грибов-возбудителей малоизученных болезней молодняков и взрослых насаждений хвойных видов, не акцентируя внимание на его происхождении [7, 17]. По мнению белорусских исследователей, впервые выявивших в стране гриб *C. minus*, вид встречается в республике в своем естественном ареале, поражает опавшую и старовозрастную хвою и не наносит сосне значительного ущерба [6]. Эти же авторы позже отнесли вид *C. minus* к группе фитопатогенов с обсуждаемым или подтвержденным инвазивным статусом [5].

К началу данного исследования более детальных сведений о распространении болезни пожелтения хвои сосны на территории республики в литературе представлено не было. Учитывая зачастую противоречивые данные о видовом составе возбудителей болезни, характере ее распространения и развития, мы сочли важным и актуальным проведение подобного исследования, что и послужило целью данной работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В период 2016-2022 гг. проведено рекогносцировочное фитопатологическое исследование представителей 20 видов сосны (в возрасте от 3 до 25 лет, отдельные деревья до 80 лет): *Pinus sylvestris*, *P. sibirica*, *P. mugo*, *P. strobus*, *P. pallasiana*, *P. banksiana*, *P. nigra*, *P. peuce*, *P. ponderosa*, *P. pumila*, *P. rigida*, *P. cembra*, *P. korainensis*, *P. uncinata*, *P. contorta*, *P. kochiana*, *P. murrayana*, *P. jeffreyi*, *P. albicaulis*, *P. armandi*. Обследование проводили в естественных и искусственных насаждениях: лесные культуры и молодняки сосны обыкновенной, участки естественного возобновления сосны на вырубках под пологом материнских древостоев, на пустырях и т.п., лесные питомники и мини-дендрарии при лесхозах, городские насаждения, питомники декоративных растений, садовые центры, ботанические сады и дендропарки. Детальный перечень пунктов наблюдений приведен в таблице.

Таблица – Перечень месторасположения пунктов проведения обследования

Вид насаждения	Область	Перечень обследованных объектов
Лесные культуры, молодняки	Минская область	Березинский лесхоз (Погостское лесничество), Боровлянский спецлесхоз (Боровлянское, Колодищанское лесничества), Борисовский опытный лесхоз (Печинское лесничество), Вилейский лесхоз (Пригородное, Любанское лесничества), Воложинский

	лесхоз (Раковское, Першайское лесничества), Копыльский лесхоз (Старицкое опытно-производственное, Коловское лесничества), Крупский лесхоз (Бобрское, Денисовичское, Крупское, Соколовичское лесничества), Логойский лесхоз (Задорьевское, Околовское, Плещеницкое лесничества), Минский лесхоз (Заславльское лесничество), Молодечненский лесхоз (Городокское лесничество), Пуховичский лесхоз (Пуховичское, Руденское лесничества), Смоленвический лесхоз (Волмянское, Жодинское лесничества), Старобинский лесхоз (Старобинское лесничество), Столбцовский лесхоз (Налибокское лесничество), Негорельский учебно-опытный лесхоз (Негорельское лесничество), Червенский лесхоз (Ивановское, Червенское лесничества), ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» (Нарочское, Мядельское, Будславское, Кривичское лесничества), УП «Минское лесопарковое хозяйство» (Ждановичское лесничество)
Брестская область	Барановичский лесхоз (Леснянское, Березовское, Полонковское, Городищенское, Бытеньское, Малаховское, Миловидское лесничества), Брестский лесхоз (Пелищенское, Каменецкое, Брестское, Меднянское, Мухавецкое, Томашовское, Домачевское лесничества), Дрогичинский лесхоз (Юзефинское опытно-производственное лесничество), Ивацевичский лесхоз (Коссовское, Речичко, Сигневичское, Гута-Михалинское лесничества), Лунинецкий лесхоз (Микашевичское, Ситницкое, Лунинецкое, Дворецкое, Синкевичское, Лобчанское лесничества), Малоритский лесхоз (Олтушское, Малоритское лесничества), Пинский лесхоз (Сошненское, Бродницкое, Ивановское лесничества), Пружанский лесхоз (Березовское, Мокровское, Городечненское, Ружанское лесничества)
Гродненская область	Дятловский лесхоз (Демьяновичское лесничество), Ивьевский лесхоз (Ивьевское, Трабское лесничества), Лидский лесхоз (Лидское, Ваверское лесничества), Островецкий опытный лесхоз (Гервятское лесничество), Скидельский лесхоз (Скидельское лесничество), Слонимский лесхоз (Альбертинское, Жировичское лесничества), Сморгонский опытный лесхоз (Трилесинское опытное производственное лесничество), Щучинский лесхоз (Рожанковское, Мальковичское лесничества)
Витебская область	Бегомльский лесхоз (Докшицкое, Витуничское, Прудническое, Замосточское лесничества), Бешенковичский лесхоз (Бешенковичское, Пятигорское, Ульское лесничества), Богушевский лесхоз (Софиевское лесничество), Витебский лесхоз (Осиновское, Витебское, Вороновское лесничества), Глубокский опытный лесхоз (Глубокское лесничество), Дисненский лесхоз (Прозорокское лесничество), Лепельский (Каменское лесничество), Оршанский лесхоз (Оршанское, Клюковское лесничества), Полоцкий (Юровичское лесничество), Россонский (Клястицкое, Якубовское лесничества), Ушачский лесхоз (Ушачское, Глыбочанское лесничества), Двинская экспериментальная лесная база Института леса НАН Беларуси (Прошковское, Подсвильское лесничества)
Могилевская область	Бельничский лесхоз (Техтинское лесничество), Бобруйский лесхоз (Грибовецкое, Петровичское лесничества), Быховский лесхоз (Болоновское лесничество), Горещкий лесхоз (Добрянское, Горечкое, Мстиславское, Темнолесское, Первомайское лесничества), Климовичский лесхоз (Гусарское, Малышковичское лесничества), Кличевский лесхоз (Долговское опытно-производственное, Колбчанское лесничества), Костюковичский лесхоз (Держажинское, Забельшенское, Костюковичское лесничества), Краснопольский лесхоз (Нивицкое опытно-производственное лесничество), Могилевский лесхоз (Чемерянское, Могилевское, Говядское, Заход-

		ское, Фашевское лесничества), Осиповичский опытный лесхоз (Осиповичское, Брицаловичское, Цельское лесничества), Чаусский лесхоз (Кузьминичское, Мокрядское, Чаусское лесничества), Чериковский лесхоз (Чериковское лесничество)
	Гомельская область	Буда-Кошелевский опытный лесхоз (Наспенское лесничество), Василевичский лесхоз (Василевичское, Короватичское, Новинковское, Зеленоочское лесничества), Гомельский опытный лесхоз (Приборское, Макеевское лесничества), Житковичский лесхоз (Житковичское, Люденевичское лесничества), Жлобинский лесхоз (Хальчанское лесничество), Калинковичский лесхоз (Горочичское, Горбовичское, Шиичское, Калинковичское, Клинское, Озаричское лесничества), Мозырский опытный лесхоз (Криничанское лесничество), Петриковский лесхоз (Мышанское, Сметаничское, Копаткевичское лесничества), Речицкий опытный лесхоз (Борщевское, Речицкое, Ровенско-Слободское лесничества), Светлогорский лесхоз (Красновское, Чернинское лесничества)
Лесные питомники	Брестская область	Ивацевичский лесхоз
	Гродненская область	Гродненский, Новогрудский, Сморгонский лесхозы
	Минская область	Столбцовский, Слуцкий, Минский, Клецкий, Копыльский, Старобинский лесхозы
	Могилевская область	Кличевский лесхоз
Питомники декоративных растений и садовые центры	Минская область	ЧП "Красный клен", УП "Бровки" Минскзеленстроя
	Гродненская область	ФХ "Зеленый горизонт", ТООО "Фирма Верасень", ООО "Туя-парк", КФХ "Европлант"
	Гомельская область	ГП "Красная гвоздика"
Мини-дендрарии при лесхозах	Витебская область	Лепельский лесхоз
	Минская область	Столбцовский, Слуцкий лесхозы
	Гродненская область	Новогрудский, Лидский, Щучинский лесхозы
Ботанические и дендрологические сады	Минская область	Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Ботанический сад УО БГТУ
	Витебск и Витебская область	Ботанический сад УО "ВГУ им. П.М. Машерова", Дендросад Глубокского опытного лесхоза, Лужеснянский дендропарк
	Могилевская область	Ботанический сад «Белорусской государственной орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии»
Городские насаждения	Минск, все обл. города и др.	парки, скверы, линейные посадки, территории, примыкающие к административным зданиям

В случае обнаружения растений сосны с признаками угнетения, усыхания хвои и побегов, проводили детальное исследование, включая отбор материала для последующего микологического и молекулярно-генетического анализа в лабораторных условиях. В качестве фитопатологических образцов выступал биологический материал хвои как с четко выраженными симптомами болезни, так и с иными вариантами изменениями окраски, наличием

пятнистостей и некротических участков. Дополнительно отбирали высохшую мертвую хвою на мутовках веток и в составе опада под кронами деревьев. Образцы помещали в пакеты с указанием места произрастания, возраста растения и возраста хвои. В лабораторных условиях проводили микроскопическое изучение образцов и видовую идентификацию, с использованием общепринятых в фитопатологии и микологии методик, отечественных и зарубежных определителей, руководств [6, 7, 11, 13, 18-21].

Генетическую диагностику возбудителя болезни пожелтения хвои сосны проводили на базе лаборатории геномных исследований и биоинформатики Института леса НАН Беларуси. Препараты ДНК получали с использованием СТАВ-метода [22]. Грибной спектр в исследуемых образцах диагностировался методом ПЦР с применением коммерческого мастер-микса Thermo Scientific DreamTaq Green PCR Master Mix (2X) и праймеров ITS1-F/ITS2* (флуоресцентная метка FAM), ITS1-F/ITS4 [23]. Анализ видового состава грибов (метагенома) осуществлялся методами фрагментного анализа и секвенирования на генетическом анализаторе 3500 Applied Biosystems. Интерпретация результатов проводилась в программном обеспечении GeneMapper 4.1 и Sequencing Analysis 5.1.1. Идентификация осуществлялась по наличию в метагеномном спектре видоспецифического по размеру для *S. minus* локуса ITS1 и результатам анализа секвенированных последовательностей рДНК в базе данных NCBI GenBank [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования выявлено, что симптомы болезни пожелтения хвои сосны не отличались от таковых, описанных в работах отечественных и зарубежных авторов [7, 11-15, 17]. Первые признаки поражения болезнью становятся заметны со второй половины лета, а в большинстве случаев болезнь выявляли, начиная с сентября. На интродуцированных соснах поражается, в основном, двух- и трехлетняя хвоя, но встречается поражение и однолетней, а на сосне обыкновенной поражается, в основном, одно- двухлетняя хвоя, а иногда – и хвоя на побегах текущего года. Сначала на хвоинках образуются отдельные светло-зеленые пятна, которые увеличиваются в размерах и желтеют. Постепенно желтеет вся пораженная хвоинка и на ней появляются поперечные красно-коричневые полосы, без четко выраженной границы (рисунок 1). Пожелтение хвои происходит сразу по всей кроне, в отличие от догистромоза и других болезней, при которых поражение хвои отмечается в нижней части кроны и затем распространяется вверх (рисунок 2). Через некоторое время пораженная хвоя становится однородного коричневатого цвета, легко отделяется от дерева. Массовое осыпание хвои происходит с поздней осени до весны следующего года и приводит к сильному изреживанию кроны.



Рисунок 1 – Характерная исчерченность хвои сосны при поражении грибом *C. minus*



Рисунок 2 – Пожелтение хвои сосны при поражении грибом *C. minus*
(Слонимский лесхоз, Жировичское лесничество, 16.08.2022 г.)

Весной и в первой половине лета пораженные деревья выявить очень сложно. В этот период инфицированная хвоя уже опала, а на зараженной характерные симптомы еще не появились. Наше исследование показало, что в большинстве обследованных насаждений сосны болезнь поражает живую хвою на вполне жизнеспособных деревьях, что свидетельствует о высокой степени паразитической активности возбудителя. В литературе указывается, что сосновое насаждение обычно включает как высоко восприимчивые дере-

вья, которые легко можно узнать осенью по желто-коричневым кронам, так и устойчивые, которые осенью сохраняют зеленую окраску, а пораженная хвоя может держаться до 3 лет [13].

На усохшей, но еще не осыпавшейся хвое под эпидермисом формируются типичные для представителей рода *Cyclaneusma* DiCosmo, Peredo & Minter апотеции, светло-кремового или соломенного цвета, разбросанные по поверхности хвоинки, в приоткрытом состоянии овальной формы, 0,2–0,5 мм длиной, хорошо заметные невооруженным глазом в дождливую погоду и едва заметные на сухой хвое. Набухая под воздействием влаги, апотеции прорываются сквозь эпидермис хвоинки и раскрываются продольной щелью, двумя клапанами (рисунок 3). Сумки возбудителя болезни булавовидные, 90–100×12–14 мкм длиной, с нитевидными парафизами, содержат по 8 длинных нитевидных, с каплями масла, аскоспор, по длине примерно равных сумкам (рисунок 4). Образования апотециев на живой хвое мы не отмечали. На опавшей хвое плодовые тела возбудителя болезни сложно заметить, так как в этот период на ней появляются спороношения, мицелиальные образования и плодовые тела других грибов.

В ходе микроскопирования биологического материала патогенов в собранных образцах был диагностирован микромицет *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter, и затем верифицирован с использованием молекулярно-генетических методов анализа.

Фрагментный анализ метагенома позволил в собранных образцах хвои выявить формирование поливидовых комплексов, включающих 2–19 видов микромицетов, количественное содержание *C. minus* в которых варьировало от 0,21% до 100,0%. Присутствие данного вида в виде моноинфекции наблюдалось в единичных образцах (рисунок 5). Данные находки были депонированы в международном геномном банке NCBI (США) с присвоением идентификационных номеров: MK622796, OQ679039, OQ679040. Выявленные изоляты характеризовались 99–100% сходством по видоспецифическому региону ITS рДНК со спектром мировых депозитов NCBI (Россия, Словакия, США, Великобритания, Австралия и др.). Гриб *C. minus* также был выявлен в зеленых хвоинках без признаков болезни. Роль отдельных микромицетов в комплексах и характер взаимоотношений между ними в настоящее время остаются невыясненными.

Следует отметить, что среди выявленных микромицетов в комплексе с грибом *C. minus* нередко встречались инвазивные фитопатогены *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet (MK622273), *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Syd. (MK621329), *Neocatenulostroma germanicum* (Crous & U. Braun) Quaedvl. & Crous (MK622897), *Sydowia polyspora* (Bref.) E. Müll., а также вредоносные виды *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton, *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) M. Morelet (MK622845), *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall. и др. В ходе исследования часть этих видов были также депонированы в международном геномном банке NCBI (США).



Рисунок 3 – Плодовые тела (апотеции) гриба *C. minus* на отмершей хвоинке

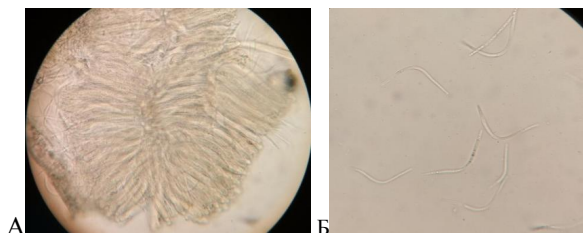


Рисунок 4 – Сумки (А) и сумкоспоры (Б) гриба *Cyathocarpus minus*

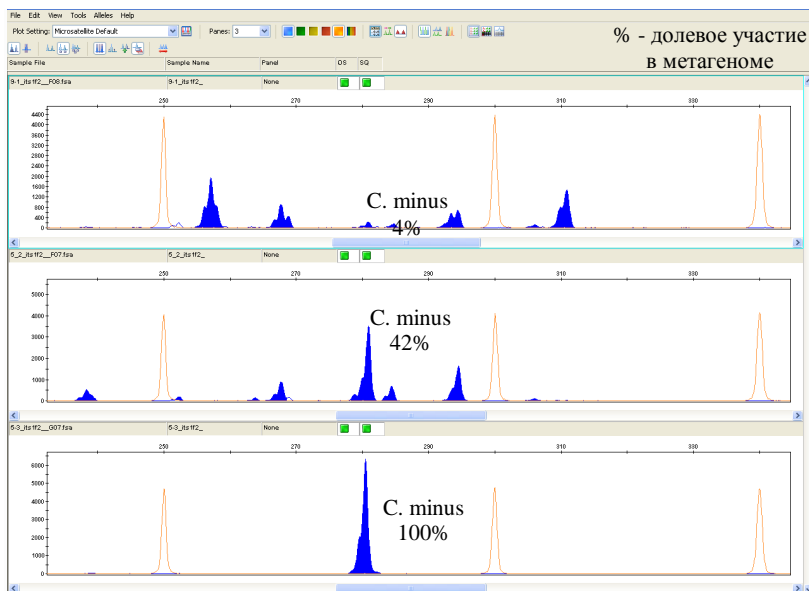


Рисунок 5 – Фрагментный анализ грибного метагенома в хвое сосны обыкновенной (синий цвет – видоспецифический ITS1-локус рДНК)

В ходе данного исследования наличие в хвое сосны гриба *S. minus* отмечалось повсеместно, в разных видах насаждений, на хвое и деревьях разного возраста. Впервые болезнь пожелтения хвои сосны была выявлена нами в 2018 г. на молодых саженцах сосны черной (*Pinus nigra*) в городских насаждениях г. Полоцк и на 10-летнем дереве сосны горной (*P. mugo*) в ландшафтной зоне Центрального ботанического сада (г. Минск) [4]. В последующие годы болезнь была выявлена на сосне обыкновенной (*P. sylvestris*) и её садовых формах [25], а также на интродуцированных видах сосны (*P. mugo*, *P. nigra*, *P. murrayana*, *P. banksiana*, *P. pallasiana*, *P. kochiana*, *P. albicaulis*, *P. pumila*) – в питомниках декоративных растений и садовых центрах, ботанических садах, городских насаждениях, лесных культурах и молодняках. Из интродуцированных видов сосны наличие гриба *S. minus* отмечали преимущественно в насаждениях сосны горной. В базисных лесных питомниках возбудитель пожелтения хвои сосны нами не выявлен. Вероятно, это связано с тем, что за довольно короткий период нахождения в питомниках сеянцы сосны неоднократно подвергаются воздействию фунгицидов, что позволяет эффективно защищать их от заражения.

В 2021-2022 гг. особое внимание было уделено лесным культурам и молоднякам сосны обыкновенной: образцы хвои собраны в 128 насаждениях. В результате проведенного исследования болезнь пожелтения хвои сосны выявлена в 46,1% обследованных насаждений сосны обыкновенной (рисунок 6). Зараженные грибом *S. minus* основные насаждения распространены на территории республики довольно широко. Значительная их часть расположена в Брестской (25,4%), Могилевской (18,6%), Минской (16,9%) и Гродненской (15,3%) областях. Наименьшее количество зараженных насаждений сосны выявлено в Гомельской (10,2%) и Витебской областях (13,6%).

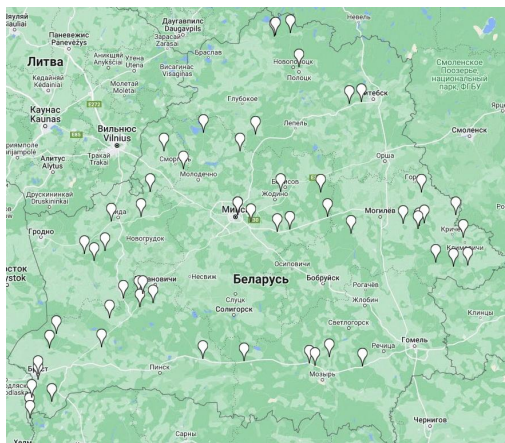


Рисунок 6 – Карта распространения вида *Syclaneusma minus* в насаждениях сосны обыкновенной

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выявлено, что болезнь пожелтения хвои сосны распространена в Республике Беларусь довольно широко, в разных видах насаждений, на деревьях разного возраста, на аборигенном (*Pinus sylvestris*) и интродуцированных видах сосны (*P. mugo*, *P. nigra*, *P. murrayana*, *P. banksiana*, *P. pallasiana*, *P. kochiana*, *P. albicaulis*, *P. pumila*).

Установлено, что на интродуцированных соснах поражается, в основном, двух- и трехлетняя хвоя, но встречается поражение и однолетней, а на сосне обыкновенной поражается, в основном, одно- двухлетняя хвоя, а иногда – и хвоя на побегах текущего года. С поздней осени до весны следующего года происходит массовое осыпание хвои, которое приводит к сильному изреживанию кроны и ослаблению деревьев.

В собранных образцах хвои (как с симптомами болезней, так и в зеленых асимптоматичных хвоинках, собранных с пораженных деревьев) выявлено формирование поливидовых комплексов, включающих 2–19 видов микромицетов, в том числе диагностирован возбудитель болезни пожелтения хвои – микромицет *Cyclaneusma minus*, верифицированный с использованием молекулярно-генетических методов анализа. В комплексе с грибом *C. minus* нередко встречались инвазивные фитопатогены *Dothistroma septosporum*, *Lecanosticta acicola*, *Neocatenulostroma germanicum*, *Sydowia polyspora* и др.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что сосна довольно восприимчива к возбудителям болезней хвои в целом, и к грибу *C. minus*, в частности, а в периоды эпифитотийного развития болезнь пожелтения хвои может причинить значительный вред сосновым насаждениям республики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синадский, Ю.В. Сосна. Ее вредители и болезни / Ю.В. Синадский. – Москва: Наука, 1983. – 344 с.
2. Новый инвазивный вид *Mycosphaerella dearnessii* в составе микобиоты хвои сосны на территории Беларуси / Л.А. Головченко [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 1. – С.98-105.
3. Новые данные о распространении инвазивного вида *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet на территории Беларуси» / Л.А. Головченко [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 2. – С. 147–158.
4. Дишук, Н.Г. Распространение гриба *Cyclaneusma minus* (Butin) DiCosmo, Peredo & Minter на соснах в Беларуси / Н.Г. Дишук, Л.А. Головченко // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных центрах: матер. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 55-летию Донецкого ботан. сада (г. Донецк, 8–10 окт. 2019 г.). – Донецк, 2019. – 546 с. – С. 112-114.

5. Инвазивные и карантинные дендропатогены на территории Белорусского Полесья / Д.Б. Беломесяцева [и др.] // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. Вып. 51. – Минск, 2022. – С. 146-153.
6. Беломесяцева, Д.Б. Новый для Беларуси род микромицетов *Cyclaneusma DiCosmo, Peredo and Minter* / Д.Б. Беломесяцева, Т.Г. Шабашова, В.Б. Звягинцев // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. Вып. 45. – Минск, 2016. – С. 395–398.
7. Жуков, А.М. Опасные малоизученные болезни хвойных пород в лесах России / А.М. Жуков, Ю.И. Гниненко, П.Д. Жуков, 2-е изд., испр. и доп. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. – 128 с.
8. Drenkhan, R. Recent invasion of foliage fungi of pines (*Pinus* spp.) to the Northern Baltics / R. Drenkhan, M. Hanso // Forestry Studies. – 2009. – Vol. 51. – P. 49-64.
9. Markovskaja, S. Occurrence of new alien pathogenic fungus *Mycosphaerella dearmessii* in Lithuania / S. Markovskaja, A. Kacergius, A. Treigiene // Bot. Lith. – 2011. – Vol. 17 (1). – P. 29-37.
10. Occurrence of *Dothistroma* needle blight in Lithuania and Belarus: The risk posed to native Scots Pine forests / S. Markovskaja [et al.] // Forest pathology. – 2020. – e12626.
11. Kowalski, T. *Cyclaneusma (Naemacyclus) minus* on *Pinus sylvestris* L. in Polen / T. Kowalski // Forest Pathology. – 1988. – Vol. 18. – P. 176-183.
12. Stahl, W. Needle cast fungi on conifers in the Australian Capital Territory / W. Stahl // Aust. For. – 1966. – Vol. 30. – P. 20–32.
13. Bulman, L.S. *Cyclaneusma* needle-cast in New Zealand / L.S. Bulman, P.D. Gadgil // Forest Research Bulletin No. 222. – Rotorua, New Zealand: Forest Research, 2001. – 76 p.
14. Behnke-Borowczyk, J. Fungi associated with *Cyclaneusma* needle cast in Scots pine in west of Poland / J. Behnke-Borowczyk, H. Kwasna, B. Kulawinek // Forest pathology. – 2019. – Vol. 49, no.2. – e12487.
15. *Cyclaneusma* needle cast in Scots pine Christmas tree plantations in the Lake States / M.E. Ostry [et al.] // Recent Research on Foliage Dis.: conf. proc., Carlisle, 1990. – P. 19-21.
16. Ivanova, H. Fungi associated with a decline of *Pinus nigra* in urban greenery / H. Ivanova // Acta Fytotechnica et Zootechnica. – 2015. – Vol. 18, no. 2. – P. 36–43.
17. Сенашова, В.А. Сопряженное развитие эпифитных микроорганизмов и фитопатогенных грибов на хвойных в различных экологических условиях Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08; Рос. акад. Наук. – Красноярск, 2010 – 22 с.
18. Кузьмичев, Е.П. Болезни древесных растений: справочник. Болезни и вредители в лесах России. Том 1 / Е.П. Кузьмичев, Э.С. Соколова, Е.Г. Мозолева. – Москва: ВНИИЛМ, 2004. – 120 с.
19. Методы мониторинга вредителей и болезней леса: справочник. Болезни и вредители в лесах России. Том 3 / под общ. ред. В.К. Тузова. – Москва: ВНИИЛМ, 2004. – 200 с.

20. Методы экспериментальной микологии: Справочник / И.А. Дудка [и др.]; под общ. ред. В.И. Билай. – Киев: Наукова думка, 1982. – 550 с.
21. Жуков, А.М. Научно-методическое пособие по диагностике грибных болезней лесных деревьев и кустарников / А.М. Жуков, П.В. Гордиенко. – Москва: ВНИИЛМ, 2003. – 123 с.
22. Падутов, В.Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В.Е. Падутов, О.Ю. Баранов, Е.В. Воропаев. – Минск: Юнипол, 2007. – С. 51.
23. White, T. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / T. White // In: PCR protocols: a guide to methods and applications. – 1990. – P. 315-322.
24. NCBI BLAST. – URL: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> (дата обращения 2016-2023).
25. Оценка фитопатологического состояния декоративных форм сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) селекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси / А.Ф. Келько [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2022. – Т. 67, № 4. – С. 351–358.

Статья поступила в редколлегию 28.03.2023 г.

