

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 635.9:632.4+577.29

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-98-105>

Поступила в редакцию 09.09.2019

Received 09.09.2019

Л. А. Головченко¹, Н. Г. Дишук¹, С. В. Пантелеев², О. Ю. Баранов²

¹Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

²Институт леса НАН Беларуси, Гомель, Республика Беларусь

НОВЫЙ ИНВАЗИВНЫЙ ВИД *MYCOSPHAERELLA DEARNESSII* В СОСТАВЕ МИКОБИОТЫ ХВОИ СОСНЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Аннотация. В статье приведены результаты проведенного в 2016–2019 гг. мониторинга различных видов сосен в насаждениях ботанических садов, дендропарков, городов, лесных и декоративных питомников, садовых центров республики на пораженность инвазивными видами грибов. Видовую идентификацию возбудителей болезни осуществляли по общепринятым в фитопатологии и микологии методикам, подтверждали молекулярно-генетическим методом. В результате обследования обнаружен и идентифицирован инвазивный вид *Mycosphaerella dearnessii* – возбудитель коричневого пятнистого ожога хвои сосен. Болезнь выявлена на отдельных экземплярах сосны горной, сосны черной и сосны желтой в насаждениях Центрального ботанического сада, ботанического сада Витебского государственного университета, декоративных питомников Гродненской области. Поражение грибом не только старой, но и молодой хвои, не достигшей однолетнего возраста, не столько отрицательно сказывается на декоративных качествах деревьев, сколько угнетает процессы их роста и развития. На основании полученных данных можно утверждать, что гриб *Mycosphaerella dearnessii* является потенциально опасным для сосновых насаждений республики, что свидетельствует о необходимости безотлагательной разработки методов по ограничению его распространения на территории Беларуси.

Ключевые слова: сосна, аборигенные и интродуцированные виды растений, болезни растений, инвазии, *Mycosphaerella dearnessii*, микологические и молекулярно-генетические методы

Для цитирования: Новый инвазивный вид *Mycosphaerella dearnessii* в составе микобиоты хвои сосны на территории Беларуси / Л. А. Головченко [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биял. навук. – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 98–105. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-98-105>

Liudmila A. Golovchenko¹, Natalia G. Dishuk¹, Stanislav V. Pantelev², Oleg Yu. Baranov²

¹Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

²Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Republic of Belarus

NEW INVASIVE SPECIE OF *MYCOSPHAERELLA DEARNESSII* IN THE COMPOSITION OF MYCOBIOTA OF PINE NEEDLES IN THE TERRITORY OF BELARUS

Abstract. Different pines species are heavily infected with fungal pathogens all over the world, some of them are alien species for European region. The potential invasion of alien species into forests, forest nurseries, urban greeneries causes great concern among Belarusian phytopathologists. In this regard, in recent years local scientists have been monitoring the phytosanitary state of natural and managed plantations to identify alien species. The aim of this investigation was to monitor the phytosanitary state of conifers in botanical and dendrological gardens, urban plantations and tree nurseries in the Republic of Belarus, and assessment of the incidence of alien pathogens of pines. There were used light microscopy and molecular genetic techniques. As a result of our research the brown spot needle blight fungus, *Mycosphaerella dearnessii* was for the first time noted in the region of the Republic of Belarus in a consignment of imported plants of pines *Pinus mugo*, *Pinus nigra*, *Pinus ponderosa*. The disease was revealed both on young and adult plants in botanical gardens and nurseries. In the forests, urban greeneries *Mycosphaerella dearnessii* is currently not identified. The fungus affects not only the old, but also young needles, strongly inhibiting the growth of trees. Based on the investigation results we suppose that this disease can be dangerous for pinetums in our country.

Keywords: pine, native plants, imported plants, plants diseases, pathogenic fungi, alien species, *Mycosphaerella dearnessii*, mycological and molecular genetic technique

For citation: Golovchenko L. A., Dishuk N. G., Pantelev S. V., Baranov O. Yu. New invasive specie of *Mycosphaerella dearnessii* in the composition of mycobiota of pine needles in the territory of Belarus. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 1, pp. 98–105 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-1-98-105>

Введение. Хвойные растения широко используются в Беларуси для благоустройства и озеленения населенных пунктов, выращиваются в ботанических и дендрологических садах, питомниках, на приусадебных участках. Посадочный материал хвойных растений завозится в республику в основном из европейских питомников. Известно, что на новые территории вместе с растениями проникают присущие им вредные организмы, которые представляют опасность не только для растений-интродуцентов, но и для аборигенных пород. По сообщениям ученых разных стран, обнаружены ранее не известные либо новые для конкретной страны болезни, которые причиняют существенный вред лесам и иным растениям либо способны его нанести [1–5]. Наша страна не исключение. В городских насаждениях, дендропарках, ботанических садах, питомниках республики выявлено большое количество болезней грибной, бактериальной и другой этиологии, которые способны нанести значительный ущерб жизнеспособности растений. Большинство болезней давно известны и хорошо изучены [6]. Однако в республике появились и распространяются новые виды вредных организмов, причем некоторые из которых уже успели адаптироваться к климатическим условиям Беларуси, что приводит к ослаблению, потере декоративных качеств, усыханию побегов и гибели растений [7–9].

Большую тревогу у фитопатологов вызывают вопросы, связанные с инвазией в естественные и искусственные насаждения хвойных видов растений патогенных грибов, способных вызывать гибель лесов, древесных насаждений (*Dothistroma septosporum*, *Mycosphaerella dearnessii*, *Phacidium pseudotsugae*, *Cyclaneusma minus*, *Cylindrocarpon destructans* и др.) [1]. Однако нет четкого представления о распространении новых опасных видов возбудителей болезней в питомниках, дендрологических и ботанических садах, городских посадках хвойных интродуцентов и в разновозрастных насаждениях сосны обыкновенной, которая является главной лесобразующей породой в республике. Уже существующие ботанические коллекции хвойных растений, интродуцированных в Беларусь в послевоенное время и в последующие годы, являются базой для исследования патогенной микофлоры, анализа особенностей развития инвазивных видов грибов в условиях республики. Видовой состав патогенных грибов в молодых и старых посадках, степень поражения растений позволяют судить о путях и сроках проникновения инфекции в насаждения, о вредоносности болезней.

Патогенный гриб *Mycosphaerella dearnessii* – возбудитель коричневого пятнистого ожога хвои сосны. Гриб, по-видимому, имеет американское происхождение, откуда и распространился на другие континенты [10, 11]. В настоящее время имеются сообщения о выявлении гриба в странах Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Африки, Океании [3, 10, 12–14]. Он поражает разные виды сосен (*Pinus arizonica*, *P. canariensis*, *P. caribaea*, *P. contorta*, *P. elliotii*, *P. halepensis*, *P. maximinoi*, *P. muricata*, *P. nigra*, *P. palustris*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. radiata*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. taeda*, *P. thunbergii*) как в естественных, так и в искусственных насаждениях [3, 11, 14]. Сведения о вредоносности гриба весьма противоречивы. Так, в Центральной Америке, где этот вид является аборигенным и распространен повсеместно, высокой степени поражения деревьев не отмечено. В то же время считается, что при попадании гриба на новые территории болезнь может наносить серьезный ущерб [11].

По имеющимся у нас сведениям, ранее этот вид на территории Беларуси не выявляли.

Цель работы – мониторинг хвойных видов растений (завозимый посадочный материал и уже существующие насаждения) на пораженность грибом *Mycosphaerella dearnessii*, оценка его встречаемости, потенциальной вредоносности, возможности к акклиматизации и распространению.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являлись аборигенные и интродуцированные виды хвойных растений с симптомами поражения болезнями. Экспериментальный материал был собран в 2016–2019 гг. в насаждениях Центрального ботанического сада (ЦБС), ботаническом саду Витебского государственного университета, городских насаждениях Минска, областных городов, ряда районных центров республики, в лесных питомниках и дендросадах Гродненской, Минской, Брестской областей, в садовых центрах и декоративных питомниках, ввозящих посадочный материал из-за рубежа («Бровки» (Минская обл.), «Цидовичи», «Верасень» (Пригодичи), «Зеленый горизонт», «Европлант» (Гродненская обл.), «Красная гвоздика» (Гомель)).

В процессе обследования собирали пораженную хвою с пятнами, изменением окраски, сухую, мертвую, а также растущую хвою, задержавшуюся на мутовках, ветках, опавшую под кроны внешне здоровых деревьев; отмечали места точек сбора образцов. Отобранные образцы анализировали в лаборатории защиты растений ЦБС по общепринятым в фитопатологии и микологии методикам [15]. Видовую идентификацию выявленных микромицетов подтверждали методом баркодирования ДНК. Молекулярно-генетический анализ растительного материала производили по оригинальной методике [16]. В качестве диагностического маркера использовали регион рДНК грибов, включающий внутренние транскрибируемые спейсеры (18S рДНК – ВТС1 – 5,8S рДНК – ВТС2 – 28S рДНК). Данный маркер соответствует требованиям ДНК-баркодинга и является золотым стандартом молекулярной идентификации грибов [17]. Препараты суммарной ДНК из тканей хвои получали модифицированным СТАВ-методом [16]. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили с помощью набора DreamTaq Green PCR Master Mix (2X) (Thermo Fisher Scientific) и пары праймеров –ITS1F (5'→3')-CTTGGTCAATTAGAGGAAGTAA [18] и ITS4 (5'→3')-TCCTCCGCTTATTGATATGC [19], используя следующий режим амплификации: при 95 °С – 3 мин (1 цикл); при 95 °С – 30 с, при 55 °С – 20, при 72 °С – 45 с (35 циклов). Секвенирование ПЦР-продуктов осуществляли на базе генетического анализатора ABI Prism 310 (Thermo Fisher Scientific, США), видовую идентификацию – путем сравнения секвенированных нуклеотидных последовательностей с референсными депонентами базы данных Национального центра биотехнологической информации NCBI (США) [20].

При проведении обследования особое внимание уделяли растениям рода *Pinus*, что было обусловлено ростом заболеваемости сосновых насаждений болезнями, вызываемыми инвазивными видами патогенных грибов, в европейских странах и сопредельных государствах. В лесных питомниках ассортимент представлен в основном посевами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*); в декоративных питомниках и садовых центрах – разными формами сосны горной (*P. mugo*), в меньшей степени – сосны черной (*P. nigra*) и другими видами; в городских насаждениях – посадками сосны горной, реже – сосны черной и очень редко – пятихвойных сосен. Большую часть исследований проводили в коллекционных насаждениях ЦБС, которые представлены в основном растениями, привлеченными из отечественных и зарубежных растениеводческих центров, в порядке обмена по делектусам, за счет экспедиционных сборов из мест естественного произрастания – *P. sylvestris*, *P. mugo*, *P. ponderosa*, *P. sibirica*, *P. strobus*, *P. hamata*, *P. nigra*, *P. kochiana*, *P. pallasiana* и др. [21].

Результаты и их обсуждение. Обследование разных видов сосны показало, что в большинстве случаев растения внешне выглядят вполне здоровыми и не имеют каких-либо ярких проявлений инфекционных болезней. Хвоя одно-трехлетнего возраста, как правило, имела зеленую окраску, иногда с незначительным хлорозом, связанным с воздействием абиотических факторов внешней среды. Кое-где, преимущественно на старой хвое внутри кроны, наблюдали изменение окраски на желтоватую, красноватую, бурую.

Характерные ярко выраженные симптомы поражения коричневым пятнистым ожогом хвои впервые наблюдали в августе 2018 г. в группе из нескольких экземпляров сосны горной *Pinus mugo* (возраст около 40 лет, высота 3–4 м), изолированно произрастающих в ландшафтной части ЦБС (рис. 1). По всей кроне на хвоинках отмечены желтые пятна и коричневато-бурые пятна ширококлиновидной формы или некротические полоски с желтой каймой (по 1–2, реже по 3 пятна или полоски на хвоинке) размером 1–3 мм. На некоторых хвоинках отмечали пожелтение и побурение верхней части. Внутри пятен на некротических участках хвои были видны плодоношения гриба, расположенные параллельно длине хвои, открывающиеся продольной щелью. Пораженная хвоя постепенно усыхала и при прикосновении легко осыпалась. Много опавшей хвои задерживалось на ветках в густой кроне сосны. Хвоя текущего года была зеленой, признаки болезни выявлялись на хвое прошлого года и более старой.

Микроскопирование показало наличие на хвое анаморфной стадии инвазивного вида гриба *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Syd. [= *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Barr] – возбудителя коричневого пятнистого ожога хвои сосны. На зеленой хвое плодовые тела гриба (конидиомы) находились под эпидермисом или только начинали прорываться, на усыхающей хвое они уже были

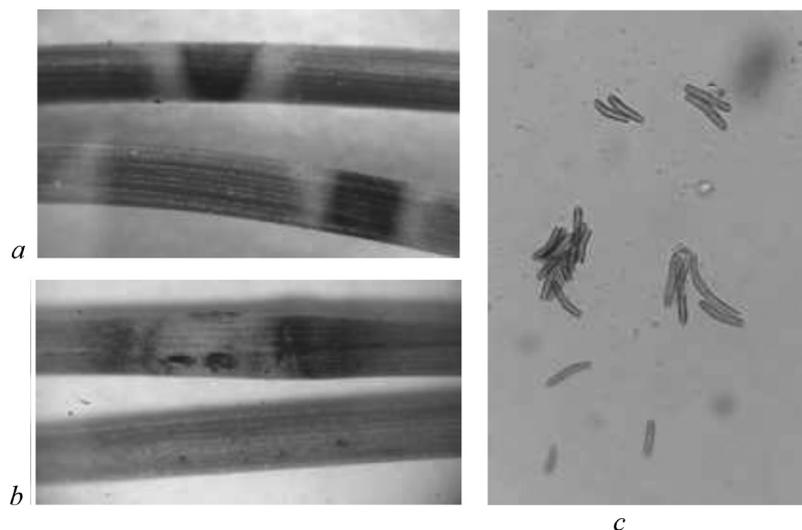


Рис. 1. Коричневый пятнистый ожог хвои сосны горной: *a* – характерные пятна на хвоинках; *b* – плодоношения гриба под эпидермисом хвоинки; *c* – конидии гриба *L. acicola*

Fig. 1. Brown spot needle blight of *Pinus mugo* caused by *L. acicola*: *a* – brown spots and necrotic bands on needles; *b* – fructifications of *L. acicola* rupturing needle epidermis; *c* – conidia of *L. acicola*

хорошо сформированы. Конидии светлого цвета, толстостенные, разнообразны по форме (изогнутые, веретеновидные, цилиндрические), с 1–5 перегородками (чаще 3–4). Образования телеоморфной стадии гриба не выявлено.

В ходе ПЦР-анализа тканей хвои *P. mugo* получен многофракционный электрофоретический спектр ампликонов с молекулярным весом ≈ 580 –600 пар нуклеотидов (п. н.), что свидетельствовало о наличии в исследуемых образцах смешанной грибной инфекции (рис. 2).

Секвенирование выявленных ПЦР-продуктов и последующий сравнительный анализ полученных нуклеотидных последовательностей в базе данных BLAST NCBI позволил установить, что доминирующим видом в исследуемых образцах хвои являлся возбудитель коричневого пятнистого ожога гриба *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Syd. [= *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Barr], которому сопутствовал комплекс видов *Cladosporium herbarum complex*.

Сравнение выявленных белорусских генотипов *L. acicola* между собой показало 100 %-ную генетическую идентичность по диагностическому локусу рДНК (18S рДНК – BTC1 – 5,8S рДНК – BTC2 – 28S рДНК). Полученные данные были депонированы в базу генного банка GenBank NCBI (США) с присвоением идентификационного номера. Сравнительный анализ белорусского генотипа *L. acicola* с депонентами генного банка NCBI показал 99,06–99,62 % генетической идентичности по маркерному региону со спектром штаммов, идентифицированных зарубежными учеными в странах Европы, Азии и США (см. таблицу).

С другими видами рода *Lecanosticta* процент идентичности диагностического региона рДНК депонированного штамма составлял 96 % и менее.

В 2018 г. также были обследованы сосны *P. mugo*, *P. nigra*, *P. ponderosa* в декоративном питомнике «Верасень» (Пригодици, Гродненская обл.) и сосна *P. nigra* в ботаническом саду Витебского государственного университета. Возраст исследованных растений, привезенных в основном из-за рубежа, составлял от 5 до 10 лет.

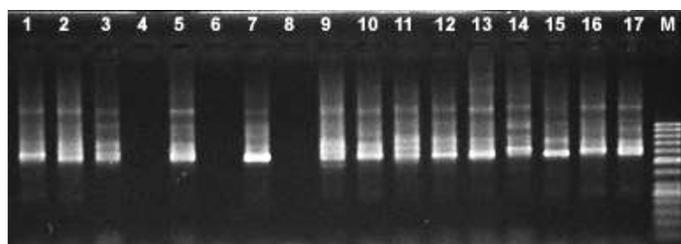


Рис. 2. Фрагмент ПЦР-спектра микромицетов хвои *P. mugo* с праймерами ITS1F/ITS4: 1–3, 5, 7, 9–17 – образцы хвои с признаками коричневого пятнистого ожога; 4, 6, 8 – образцы зеленой, визуально непораженной хвои; М – маркер молекулярного веса (50–1000 п. н.)

Fig. 2. PCR-spectrum with ITS1F/ITS4 primers obtained for fungal species of pine needles (*P. mugo*). Lanes: 1–3, 5, 7, 9–17 – brown spot needle blight on needles; 4, 6, 8 – green healthy needles; M – molecular weight marker (50–1000 bp)

Депоненты *L. acicola*, использованные при сравнительном генетическом анализе с учетом показателя 99–100 % перекрытия (Query Cover, NCBI) исследованного региона рДНК

Deposits of *L. acicola* used in comparative genetic analysis taking into account the 99–100 % overlap index (Query Cover, NCBI) of the rDNA region studied

Депонент NCBI/растение-хозяин	Страна происхождения (источник, год)	Номер депонента в базе NCBI/% идентичности
<i>Lecanosticta acicola</i> isolate CBG/ <i>P. mugo</i>	Беларусь (данное исследование)	MK621329
<i>Lecanosticta acicola</i> strain LecPolKR/ <i>P. mugo</i>	Польша (K. Raitelaityte и др., 2019)	MK936072/99,62
<i>Mycosphaerella dearnessii</i> strain LA733B/ <i>P. mugo</i>	Литва (S. Markovskaja и др., 2010)	HM367707/99,62
<i>Lecanosticta acicola</i> strain CBS 871.95/ <i>P. radiata</i>	Франция (P. W. Crous и др., 2009)	GU214663/99,62
<i>Mycosphaerella dearnessii</i> voucher KUS-F24881/ <i>P. thunbergii</i>	Корея (S. Seo и др., 2011)	JQ245448.1/99,62
<i>Lecanosticta acicola</i> CBS/ <i>P. strobus</i>	США (W. Quaedvlieg и др., 2014)	NR_120239/99,62
<i>Mycosphaerella dearnessii</i> / <i>Pinus</i> sp.	США (M. Catal, G. C. Adams, 2000)	AF260818/99,25
<i>Mycosphaerella dearnessii</i> / <i>Pinus</i> sp.	США (M. Catal, G. C. Adams, 2000)	AF260817/99,06

В питомниках они произрастали в контейнерах, в ботаническом саду – в грунте. Внешний вид сосен был удовлетворительным, молодая хвоя зеленого цвета. Признаки поражения болезнями были выражены неясно – пожелтение, побурение, пятнистость хвои 2–4-летнего возраста. Для дальнейшего изучения были отобраны образцы хвои как с растений, так и с опавшей хвои под кронами деревьев. Микроскопический анализ собранных образцов также показал заражение растений инвазивным видом *L. acicola*.

Дальнейшее наблюдение за группой *P. mugo* в ЦБС показало, что инфицированная хвоя постепенно отмирала. К началу зимы преждевременно осыпалась одно-трехлетняя хвоя, а в январе 2019 г. симптомы болезни проявились и на хвое текущего года. На такой относительно молодой хвое отмечены желто-бурые пятна, пожелтение и побурение верхней трети хвоинок. Доля молодой пораженной пятнистостью хвои составляла более 30 %. Внешне сосны выглядели угнетенными, с сильно изреженной кроной, пораженная хвоя была короче здоровой. При микроскопировании пораженной хвои также выявлен гриб *L. acicola*, конидии которого имели такие же морфологические признаки, как и у сформировавшихся летом.

Известно, что при низкой степени развития болезни поражается двух- и трехлетняя хвоя сосны, по мере накопления инфекции – и хвоя текущего года [22]. В то же время болезнь прогрессирует в период избытка осадков, так как споры рассеиваются только при дождливой погоде [10]. Полагаем, что быстрому нарастанию тяжести болезни в группе *P. mugo* способствовало не столько постепенное накопление инфекции, сколько благоприятные погодные условия 2018 г. (избыток осадков в период созревания и рассеивания конидий).

Согласно литературным источникам, потенциально все виды сосен могут поражаться данным грибом [3, 14]. Наиболее распространенными в европейском регионе являются *P. contorta*, *P. halepensis*, *P. muricata*, *P. palustris*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. radiata*, *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. taeda*. В связи с большим видовым разнообразием сосен в насаждениях ЦБС в январе 2019 г. проанализировали образцы хвои *P. nigra* (возраст более 60 лет, высота 14–16 м) и *P. sylvestris* (около 90 лет, высота 20–22 м), растущими на расстоянии 15–30 м от заболевших экземпляров *P. mugo*. Хвою отбирали с веток нижней части кроны и под кроной деревьев. Внешне деревья выглядели здоровыми, имели ярко-зеленую хвою, а на отдельных нижних ветках наблюдалось ее незначительное побурение. Микроскопический анализ хвои не выявил заражения возбудителем коричневого пятнистого ожога. Молекулярно-генетическое обследование подтвердило полученные данные.

Обследование других видов сосен не показало наличия данного заболевания. И только в июле 2019 г. характерные симптомы коричневого пятнистого ожога хвои выявлены также в двух старых посадках деревьев сосны горной, растущих на значительном удалении (более 200 м) как от изучаемой группы сосен, так и друг от друга. Посадки отделены друг от друга смешанными древесными насаждениями высотой 20 м и более. Признаки болезни отмечены как на старой, так и на молодой хвое. Микроскопический анализ хвои подтвердил заражение грибом *L. acicola*.

Заключение. Обследование фитосанитарного состояния различных видов сосен в насаждениях ботанических садов, дендропарков, городов, лесных и декоративных питомников, садовых

центров республики, проведенное в 2016–2019 гг., позволило выявить и идентифицировать инвазивный патогенный гриб *Lecanosticta acicola* (Thüm.) Syd. [= *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Bart] – возбудитель коричневого пятнистого ожога хвои, опасной болезни сосен, приводящей во многих странах к тяжелым экономическим последствиям. Принадлежность выявленного микромицета к виду *L. acicola* верифицирована с использованием метода ДНК-штрихкодирования. Болезнь выявлена на отдельных экземплярах сосны горной, сосны черной и сосны желтой в насаждениях Центрального ботанического сада, ботанического сада Витебского государственного университета, декоративного питомника «Верасень» (Пригодичи, Гродненская обл.).

Гриб поражает не только старую, но и молодую хвою, не достигшую однолетнего возраста. Преждевременное опадение хвои отрицательно сказывается на росте, развитии и декоративных качествах растений. На основании полученных данных можно утверждать, что коричневый пятнистый ожог хвои сосны является потенциально опасной болезнью для сосновых насаждений республики.

Согласно полученным результатам исследования, в поражении молодой хвои главную роль играет не только накопление инфекции, но также дождливая погода в период созревания и рассеивания спор, условия произрастания (загущенные, плохо проветриваемые, слабо освещенные низкорослые посадки).

Выявление болезни на старых и молодых экземплярах интродуцированных видов сосен на территории организаций, так или иначе связанных с завозом растений из-за рубежа, свидетельствует о том, что этот вид проникает в страну вместе с посадочным материалом из зарубежных питомников, научных организаций. Не исключены и иные пути распространения: перемещение спор воздушными массами, насекомыми и др. В настоящее время в насаждениях городов присутствует небольшое количество сосен. Большинство растений из питомников и садовых центров поступает на личные участки физических лиц, что препятствует воссозданию полной картины о распространении коричневого пятнистого ожога хвои сосны на территории республики. Тем не менее, в связи с полученными данными о возрастании вредоносности гриба *Mycosphaerella dearnessii* необходимо безотлагательно разработать методы по ограничению его распространения на территории республики. Поскольку растения и продукция растениеводства и далее будут ввозиться в Беларусь, дальнейшее изучение и решение этих вопросов позволит обеспечить экологическую безопасность страны.

Список использованных источников

1. Жуков, А. М. Развитие лесной фитопатологии и новые угрозы для лесов России / А. М. Жуков, Ю. И. Гниненко // Лесохозяйств. информация. – 2014. – № 4. – С. 13–24.
2. CABI. Invasive species compendium. [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.cabi.org/isc>. – Date of access : 23.07.2019.
3. EPPO Global Database [Electronic resource]. – Mode of access : <https://gd.eppo.int>. – Date of access : 23.07.2019.
4. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE) [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.europe-aliens.org>. – Date of access : 02.07.2019.
5. Invading nature. Springer series in invasion ecology / ed. J. A. Drake. – Dordrecht : Springer, 2009. – Vol. 3 : Handbook of alien species in Europe. – 421 p.
6. Болезни и вредители декоративных растений в насаждениях Беларуси / В. А. Тимофеева [и др.]; НАН Беларуси, Центр. ботан. сад; рец. Н. В. Гетко, Л. И. Трепашко. – Минск : Бел. наука, 2014. – 185 с.
7. Интерактивный мультимедийный определитель наиболее распространенных болезней в лесном фонде, питомниках и дендропарках [Электронный ресурс]. – Минск, 2014. – Режим доступа : <http://cd.intelico.info/>. – Дата доступа : 22.07.2019.
8. Головченко, Л. А. Болезни хвойных растений в насаждениях Беларуси / Л. А. Головченко, Н. Г. Дишук // Субтропическое и декоративное садоводство : науч. тр. / редсов. : А. В. Рындин (гл. ред.) [и др.]. – Сочи, 2017. – Вып. 63. – С. 159–165.
9. Инвазии чужеродных видов патогенных грибов в насаждениях Беларуси / Л. А. Головченко [и др.] // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 85-летию Центр. ботан. сада НАН Беларуси, Минск, 6–8 июня 2017 г. : в 2 ч. / НАН Беларуси ; Центр. ботан. сад ; редкол. : В. В. Титок [и др.]. – Минск, 2017. – Ч. 2. – С. 375–378.
10. Skilling, D. D. Brown spot needle disease – biology and control in Scotch pine plantations / D. D. Skilling, T. H. Nicholls // USDA Forest Science Research Paper. – 1974. – N 109. – 19 p.

11. PM 7/46 (3). *Lecanosticta acicola* (formerly *Mycosphaerella dearnessii*), *Dothistroma septosporum* (formerly *Mycosphaerella pini*) and *Dothistroma pini* // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. – 2015. – N 45, N 2. – P. 163–182. <https://doi.org/10.1111/epp.12217>
12. Jankovský, L. Brown spots needle blight associated with *Mycosphaerella dearnessii* occurs on *Pinus rotundata* in the Czech Republic / L. Jankovský, D. Palovčíková, M. Tomšovský // Plant Pathol. – 2009. – Vol. 58, N 2. – P. 398–398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01999.x>
13. Markovskaja, S. Occurrence of new alien pathogenic fungus *Mycosphaerella dearnessii* in Lithuania / S. Markovskaja, A. Kačergius, A. Treigienė // Botanica Lithuanica. – 2011. – Vol. 17, N 1. – P. 29–37.
14. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory Fungus-Host Distributions Database. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service [Electronic resource]. – Mode of access : <https://nt.ars-grin.gov/fungalDATABASES/fungushost/fungushost.cfm>. – Date of access : 06.07.2019.
15. Методы экспериментальной микологии : справочник / И. А. Дудка [и др.] ; отв. ред. В. И. Билай. – Киев : Наук. думка, 1982. – 550 с.
16. Падутов, В. Е. Методы молекулярно-генетического анализа / В. Е. Падутов, О. Ю. Баранов, Е. В. Воропаев. – Минск : Юнипол, 2007. – 176 с.
17. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. / C. L. Schoch [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2012. – Vol. 109, N 16. – P. 6241–6246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117018109>
18. Gardes, M. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application of the identification of mycorrhizae and rusts / M. Gardes, T. D. Bruns // Mol. Ecol. – 1993. – Vol. 2, N 2. – P. 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x>
19. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / T. White [et al.] // PCR protocols: a guide to methods and applications / ed. : M. A. Innis [et al.]. – San Diego [et al.], 1989. – P. 315–322.
20. National Center for Biotechnological Information, NCBI [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. – Date of access : 11.03.2019.
21. Цэнтральны ботанічны сад НАН Беларусі [Электронны рэсурс]. – Режим доступу : <http://cbg.org.by>. – Дата доступу : 09.07.2019.
22. Brown spot needle blight *Mycosphaerella dearnessii* M. E. Barr. 1972 [teleomorph] Ascomycota: Mycosphaerellaceae. A guide for diagnosis and detection of quarantine pests / Ministry of Jihad-e-Agricult., Plant Prot. Org. ; ed. : A. Cheraghian. – Bureau of Plant Pest Surveillance and Pest Risk Analysis, 2019. – 18 p.

References

1. Zhukov A. M., Gninenko Yu. I. The development of forest phytopathology and new threats to the forests of Russia. *Lesokhozyaistvennaya informatsiya = Forestry information*, 2014, no. 4, pp. 13–24 (in Russian).
2. CABI (2019). *Invasive species compendium*. Available at: <https://www.cabi.org/isc> (accessed 23 July 2019).
3. EPPO (2019). *EPPO Global Database*. Available at: <https://gd.eppo.int> (accessed 23 July 2019).
4. *Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE)*. – Available at: <http://www.europe-aliens.org> (accessed 2 July 2019).
5. Drake J. A. (ed.). *Handbook of alien species in Europe. Vol. 3. Invading nature. Springer series in invasion ecology*. Dordrecht, Springer, 2009. 421 p.
6. Timofeeva V. A., Dishuk N. G., Voinilo N. V., Linnik L. I., Golovchenko L. A., Getko N. V. *Pests and diseases of ornamental plants in plantations of Belarus*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2014. 185 p. (in Russian).
7. *Interactive multimedia key of the most common diseases in forests, nurseries and dendroparks*. Available at: <http://cd.intelico.info/> (accessed 22 July 2019) (in Russian).
8. Golovchenko L. A., Dishuk N. G. Diseases of conifers in the Republic of Belarus. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo: nauchnye trudy* [Subtropical and ornamental horticulture: scientific papers]. Sochi, 2017, no. 63, pp. 159–165 (in Russian).
9. Golovchenko L. A., Dishuk N. G., Timofeeva V. A., Yarik I. V. Invasion of alien pathogens in plantations of Belarus. *Rol' botanicheskikh sadov i dendrariy v sokhraneni, izuchenii i ustoichivom ispol'zovanii raznoobraziya rastitel'nogo mira: materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 85-letiyu Tsentral'nogo botanicheskogo sada Natsional'noi akademii nauk Belarusi (g. Minsk, 6–8 iyunya 2017 g.). Chast' 2* [Role of botanical gardens and arboreta in conservation, investigation and sustainable using diversity of the plant world: proceedings of the International scientific conference on the 85th anniversary of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, June 6–8, 2017). Part 2]. Minsk, 2017, pp. 375–378 (in Russian).
10. Skilling D. D., Nicholls T. H. Brown spot needle disease – biology and control in Scotch pine plantations. *USDA Forest Science Research Paper*, 1974, no. 109. 19 p.
11. PM 7/46 (3). *Lecanosticta acicola* (formerly *Mycosphaerella dearnessii*), *Dothistroma septosporum* (formerly *Mycosphaerella pini*) and *Dothistroma pini*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 2015, no. 45, no. 2, pp. 163–182. <https://doi.org/10.1111/epp.12217>
12. Jankovský L., Palovčíková D., Tomšovský M. Brown spots needle blight associated with *Mycosphaerella dearnessii* occurs on *Pinus rotundata* in the Czech Republic. *Plant Pathology*, 2009, vol. 58, no. 2, pp. 398–398. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01999.x>
13. Markovskaja S., Kačergius A., Treigienė A. Occurrence of new alien pathogenic fungus *Mycosphaerella dearnessii* in Lithuania. *Botanica Lithuanica*, 2011, vol. 17, no. 1, pp. 29–37.

14. *Systematic Mycology and Microbiology Laboratory Fungus-Host Distributions Database*. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Available at: <https://nt.ars-grin.gov/fungalDATABASES/fungushost/fungushost.cfm> (accessed 6 July 2019).
15. Bilai V. I. (ed.). *Guide of the experimental mycology methods*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1982. 550 p. (in Russian).
16. Padutov V. E., Baranov O. Yu., Voropaev E. V. *The methods of molecular genetic technique*. Minsk, Unipol Publ., 2007. 176 p. (in Russian).
17. Schoch C. L., Seifert K. A., Huhndorf S., Robert V., Spouge J. L., Levesque C. A., Chen W. [et al.]. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, vol. 109, no. 16, pp. 6241–6246. <https://doi.org/10.1073/pnas.1117018109>
18. Gardes M., Bruns T. D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application of the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 1993, vol. 2, no. 2, pp. 113–118. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.1993.tb00005.x>
19. White T. J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 1989, pp. 315–322. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-372180-8.50042-1>
20. *National Center for Biotechnological Information, NCBI*. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (accessed 03 March 2019).
21. *Central Botanical Garden of NAS of Belarus*. Available at: <http://cbg.org.by> (accessed 9 July 2019) (in Russian).
22. *Brown spot needle blight Mycosphaerella dearnessii M.E. Barr. 1972 [teleomorph] Ascomycota: Mycosphaerellaceae. A guide for diagnosis and detection of quarantine pests*. Available at: <http://ppo.ir/LinkClick.aspx?fileticket=2IzRIZozG8%3D&tabid=885> (accessed 30 July 2019).

Информация об авторах

Головченко Людмила Анатольевна – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: luda_gol@yahoo.com

Дишук Наталья Георгиевна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dishukn@rambler.ru

Пантелеев Станислав Викторович – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник. Институт леса НАН Беларуси (ул. Пролетарская, 71, 246050, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: stasikdesu@mail.ru

Баранов Олег Юрьевич – д-р биол. наук, доцент, заведующий сектором. Институт леса НАН Беларуси (ул. Пролетарская, 71, 246050, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: betula-belarus@mail.ru

Information about the authors

Liudmila A. Golovchenko – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: luda_gol@yahoo.com

Natalia G. Dishuk – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Central Botanic Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dishukn@rambler.ru

Stanislav V. Panteleev – Ph. D. (Biol.), Senior researcher. Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya Str., 246050, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: stasikdesu@mail.ru

Oleg Yu. Baranov – D. Sc. (Biol.), Assistant Professor, Head of the Sector. Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (71, Proletarskaya Str., 246050, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: betula-belarus@mail.ru