ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ, ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ/FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY, LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: https://doi.org/10.23649/JAE.2023.39.2

ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИЕ ГРИБЫ, ОТМЕЧЕННЫЕ НА ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ИНТРОДУЦЕНТАХ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА (ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Научная статья

Сафонов М.А.[1,] *, Сафонова Т.И.[2]
[1] ORCID : 0000-0002-7174-6876;
[2] ORCID : 0000-0001-5919-7889;
[1] Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация
[1] Институт развития образования Оренбургской области, Оренбург, Российская Федерация
[2] Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (safonovmaxim[at]yandex.ru)

Аннотация

На древесине интродуцентов в степной зоне Южного Урала отмечено 75 видов ксилотрофных грибов, относящихся к 51 роду и 30 семействам отдела Basidiomycota. Это составляет около 20% видов, отмеченных в регионе. Наибольшее количество видов отмечено на древесине сосны и яблони, клена ясенелистного и лиственницы сибирской. Обнаруженные виды преимущественно сапротрофы и эвритрофы. Внедрение интродуцентов в флору региона не оказывает существенного влияния на видовой состав и структуру биоты дереворазрушающих грибов; уникальные встречи на этой древесине отдельных видов грибов следует рассматривать как случайный занос; риски возникновения очагов гнилей, которые могли бы повредить естественным насаждениям, не выявлены.

Ключевые слова: ксилотрофные грибы, интродуценты, степная зона, Южный Урал.

WOOD-DESTROYING FUNGI OBSERVED ON TREE AND SHRUB INTRODUCED SPECIES IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS (ORENBURG OBLAST)

Research article

Safonov M.A.[1,] *, Safonova T.I.[2]
[1] ORCID : 0000-0002-7174-6876;
[2] ORCID : 0000-0001-5919-7889;
[1] Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation
[1] Institute of Education Development of the Orenburg region, Orenburg, Russian Federation
[2] Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russian Federation

* Corresponding author (safonovmaxim[at]yandex.ru)

Abstract

75 species of xylotrophic fungi belonging to 51 genera and 30 families of the Basidiomycota division were observed on the wood of introduced species in the steppe zone of the Southern Urals. This is about 20% of the species observed in the region. The greatest number of species was found on wood of pine and apple trees, maple ash and Siberian larch. The detected species are predominantly saprotrophs and eurytrophs. The introduction of invasive plants into the flora of the region has no significant impact on the species composition and structure of the biota of wood-destroying fungi; unique occurrences of certain fungal species on this wood should be regarded as accidental introductions; no risks of rot foci that could damage natural plantations have been identified.

Keywords: xylotrophic fungi, introduced species, steppe zone, Southern Urals.

Введение

Антропогенное влияние на биосферу представляет собой комплекс прямых и косвенных воздействий. Итогом таких воздействий не обязательно является прямое уничтожение тех или иных видов, или их комплексов; зачастую мы видим перестройку исходных биосистем за счет появления в них новых компонентов, что ведет к структурно-функциональным изменениям. Эта деятельность человека может быть или стихийной, или определенно направленной на улучшение среды обитания человека и достижения конкретных социально-экономических целей. Подобным образом в естественные сообщества проникают виды – интродуценты, виды, сформировавшиеся в других природных условиях, но распространившиеся вследствие деятельности человека. Совокупность таких видов представляет собой адвентивный элемент биоты. Особое внимание привлекают адвентивные виды растений, так как многие из них активно захватывают пространства в ущерб автохтонной флоре. Однако среди адвентивных видов необходимо различать виды, сопровождающие человека (синантропные виды) и виды, которые специально расселяются человеком для своих целей. К последним относятся все культурные растения (пищевые, технические, декоративные растения), в том числе интродуценты, используемые для озеленения населенных пунктов, создания лесных полезащитных насаждений.

Большая часть Оренбургской области расположена в степной природно-климатической зоне. Леса естественного происхождения представлены мелколиственными лесами, состоящими из *Betula pendula* Roth. и *Populus tremulae* L. с

участием степных кустарников; широколиственными лесами с преобладанием *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., *Ulmus glabra* Huds., *U. laevis* Pall. Эти виды арбофлоры мы рассматриваем как аборигенные; виды, используемые для создания полезащитных лесополос, озеленения населенных пунктов, выращиваемые в садах, мы определяем, как интродуцированные.

Некоторые из этих видов применяются только для озеленения (например, *Abies sibirica* Ledeb., *Aesculus hippocastanum* L., *Caragana arborescens* Lam., *Phyladelphus coronaries* L., *Physocarpus opulifolius* L., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., *Rhus typhina* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Symphoricarpus albus* (L.) Blake, *Syringa vulgaris* L., виды рода *Picea* и др.), а другие также используются для создания полезащитных лесных полос (*Acer negundo* L., *A. tataricum* L., *Fraxinus pennsylvanica*, *Larix sibirica* Ledeb., *Pinus sylvestris* L., *Ulmus pumila* и др.) [15].

В Оренбургской области доля адвентивных видов достаточно велика, что связано с высокой антропогенной нагрузкой на естественную растительность, а также положением региона на стыке крупных природных районов, что способствует широкому проникновению пришлых видов.

Успешность интродуцентов обеспечивается их способностью адаптироваться к локальным природно-климатическим условиям, осваивать новые для себя ниши. Для оценки особенностей «встраивания» этих растений в естественные экосистемы немаловажно изучить не только стратегии их выживания в нетипичных для них сообществах, но и исследовать пути деструкции их древесины. Как известно, основными деструкторами древесины в экосистемах являются грибы, обеспечивающие биодеградацию целлюлозы и лигнина за счет специфических ферментных комплексов. Целью нашего исследования было изучение видового состава базидиальных дереворазрушающих грибов, обитающих на древесине и древесных остатках адвентивных видов деревьев и кустарников для установления специфики этой микобиоты.

Методы и принципы исследования

В основу исследования положены данные экспедиционных исследований, проведенных в 1993-2022 гг. в степной зоне Оренбургской области. Исследования проводились методом сплошного сбора плодовых тел грибов на маршрутах с последующей идентификацией с использованием специализированной русскоязычной и иностранной литературы [2], [4], [14], [15].

Исследованиями были охвачены искусственные насаждения разного породного состава в населенных пунктах, в том числе в городе Оренбурге и его окрестностях, полезащитные лесополосы. В результате было обследовано более 50 га и учтено более 300 базидиом грибов.

При описании систематического положения видов и надвидовых таксонов использовалась современная система грибов, в соответствии с международной базой данных «Index Fungorum» (по состоянию на август 2023 г.).

Основные результаты и обсуждение

История изучения формирования микобиоты на интродуцированных видах деревьев достаточно продолжительна; исследования в этом направлении продолжаются до сих пор, охватывая разные регионы [2], [4], [11].

Согласно сложившимся взглядам, формирование патогенной микобиоты интродуцентов осуществляется за счет заноса грибов с посевным материалом (семена, саженцы) или в результате переноса грибов на интродуценты с аборигенных растений [12]. Второй путь приводит к появлению на интродуцентов обычных, малоспециализированных видов [5]. Чаще всего упомянутые пути сочетаются вместе, в итоге биота дереворазрушающих грибов на интродуцентах включает как местные виды, так и виды, типичные для чужеродных видов в их естественной среде обитания [16].

Биота ксилотрофных грибов, обитающих на интродуцентах в степной зоне Оренбургской области, включает 75 видов, относящихся к 51 роду и 30 семействам отдела Basidiomycota. Наибольшее количество видов отмечено на древесине сосны (в искусственных насаждениях), яблони, клена ясенелистного и лиственницы сибирской. Причины относительно высокого разнообразия видов, на древесине сосны – широкое распространение искусственных насаждений сосны с преобладанием перестойных насаждений. Сходство видового состава грибов, обитающих в искусственных насаждениях сосны и в естественных сосняках, произрастающих севернее, в пределах лесостепной зоны, составляет 31,3%.

Разнообразие видов грибов на древесине яблони определяется значительным количеством старых яблонь, подверженных бактериальным некрозам. Большинство видов, отмеченных на сухостойных или ослабленных яблонях, широко распространены в лиственных лесах региона (*Irpex lacteus* (Fr.) Fr., *Stereum subtomentosum* Pouz., виды рода *Trametes*). Некоторые виды имеют ограниченное распространение в регионе, в частности *Noblesia crocea* (Schwein.) Nakasone, *Pappia fissilis* (Berk. & M. A. Curtis) Zmitr., *Spongipellis spumea* (Sowerby) Pat. [9]. Первый вид, ранее называвшийся саркодонция шафранная, считается редким во многих странах Европы и в Америке и вместе с двумя выше упомянутыми видами включен в Красную книгу Оренбургской области [7].

Клен ясенелистный, или американский (*Acer negundo*) – североамериканский натурализующийся интродуцент, появившийся в России в XIX веке. С точки зрения озеленения этот вид кажется весьма перспективным вследствие быстрого роста, нетребовательности к почвам, устойчивости к температурным колебаниям, несмотря на недостатки (недолговечность, ломкость древесины, высокая порослевая и корнеотпрысковая активность, аллелопатическая активность корней, аллергенность пыльцы) [6]. Клен ясенелистный использовался в создании защитных лесополос, для озеленения населенных пунктов. Экспансия клена в естественные насаждения в Южном Предуралье началась в 60-х годах XX века и происходила, в первую очередь, в пойменные леса [1]. В настоящее время тенденция инвазии клена ясенелистного не изменилась: неприхотливый, быстро растущий вид «реактивно» занимает освобождающиеся после пионерных видов места и затрудняет возобновление аборигенных видов [15].

Вторжение клена ясенелистного в естественные экосистемы вызывает особые опасения и вопрос о том, как реализуется процесс деструкции его древесины в лесах региона имеет особую актуальность. Проведенные ранее

исследования [9] показали, что разнообразие дереворазрушающих грибов на древесине клена ясенелистного значительно уступает количеству видов на древесине аборигенного клена остролистного. Отмеченные на клене ясенелистном виды характерны и для древесины клена остролистного и ряда других широколиственных пород.

Насаждения лиственницы ограниченно распространены в регионе и видовой состав дереворазрушающих грибов в них достаточно беден (9 видов), однако среди них есть виды, не отмеченные на древесине других деревьев: *Amylocorticium cebennense* (Bourdot) Pouzar, *Cabalodontia cretacea* (Romell ex Bourdot & Galzin) Piątek, *Crustoderma corneum* (Bourdot & Galzin) Nakasone, *Hyphodontia alutaria* (Burt) J. Erikss., *Lyomyces crustosus* (Pers.) P. Karst.

На валежной древесине бузины отмечены специфичные виды *Bulbillomyces farinosus* (Bres.) Jülich, *Leptosporomyces galzinii* (Bourdot) Jülich, ранее не отмечавшиеся в регионе.

На сливах и вишнях отмечен специфичный вид ложный сливовый трутовик (*Phellinus pomaceus* (Pers.) Maire (*Phellinus tuberculosus* (Baumg.) Niemela), так же встречающийся на *Prunus spinosa* L. в пойменных лесах р. Урал [9].

Большинство видов грибов, отмеченных на адвентивных деревьях и кустарниках, широко распространены в регионе и встречаются на древесине широкого спектра видов. Это, в первую очередь, *Schizophyllum commune* Fr., обнаруженный на 9 адвентивных видах; *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. – 4 вида, *Chondrostereum purpureum* (Pres.) Pouzar – 4 вида, *Fomes fomentarius* – 3 вида.

Заключение

Исследования показали, что на адвентивных видах деревьев и кустарников в Южном Предуралье обитает незначительное количество видов дереворазрушающих грибов-макромицетов. Большая часть этих грибов является эвритрофами, заселяющими древесину многих видов в природных насаждениях. Лишь незначительное число видов отмечены на вегетирующих деревьях (*Cerioporus squamosus*, *Fomes fomentarius*, *Laetiporus sulphureus*, *Noblesia crocea*, *Phellinus pomaceus*, *Spongipellis spumea*). Заселяя отмершую древесину, эти виды не представляют опасности для естественных насаждений. На древесине интродуцентов, таких как клен ясенелистный, специфичные виды не отмечены, биотрофные виды отсутствуют, что также не представляет опасности для естественных широколиственных лесов. Что касается видов-интродуцентов, применяемых в зеленом строительстве в населенных пунктах региона, несмотря на многолетние исследования насаждений разного состава, количество видов грибов на них крайне невелико.

Таким образом, внедрение интродуцентов видов деревьев и кустарников в флору степной зоны Оренбургской области не оказывает существенного влияния на видовой состав и структуру биоты дереворазрушающих грибов; уникальные встречи на этой древесине отдельных видов грибов следует рассматривать как случайный занос; риски возникновения очагов гнилей, которые могли бы повредить естественным насаждениям, не выявлены.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Абрамова Л.М. Вселение клёна ясенелистного (Acer negundo L.) в пойменные леса северо-запада Оренбургской области / Л.М. Абрамова, В.С. Агишев, Р.М. Хазиахметов // Российский журнал биологических инвазий. — 2019. — Т. 2. — № 12. — С. 2-24.
2. Бондарцева М.А. Определитель грибов России: (порядок Афиллофоровые) / М.А. Бондарцева. — Ленинград: Наука, 1998. — 391 с.
3. Власенко В.А. Дереворазрушающие грибы на древесных растениях в зелёных насаждениях города Новосибирска / В.А. Власенко, А.В. Власенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2018. — № 1(159). — С. 93-97.
4. Змитрович И.В. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып.3: Семейства ателиевые и амилокортициевые / И.В. Змитрович — М.; СПб: Товарищество научных изданий КМК, 2008. — 278 с.
5. Исаева Л.Г. Оценка состояния зеленых насаждений города Мончегорска (Мурманская область) / Л.Г. Исаева, Ю.Р. Химич // Труды Кольского научного центра РАН. — 2020. — № 11(2-8). — С. 168-179.
6. Исиков В.П. Дендромикология / В.П. Исиков, Н.И. Конопля. — Луганск: Альма-Матер, 2004. — 347 с.
7. Колтунова А.И. Негативные последствия интродукции клена ясенелистного (Acer negundo L.) в Оренбуржье / А.И. Колтунова // Экология и география растений и растительных сообществ. — Екатеринбург: Гуманитарный университет, 2018. — С. 433-435.
8. Чибилев А.А. Красная книга Оренбургской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов / А.А. Чибилев, А.В. Давыгора, З.Н. Рябинина и др. — Воронеж: Мир, 2019. — 488 с.
9. Сафонов М.А. Грибы, обитающие на древесине плодовых деревьев в Оренбургской области / М.А. Сафонов // Вестник Оренбургского Государственного Педагогического Университета. — 2012. — № 2(2). — С. 8-11.
10. Сафонов М.А. Микоксилокомплексы, формирующиеся на древесине кленов в Оренбургской области / М.А. Сафонов // Вестник Оренбургского Государственного Педагогического Университета. — 2014. — № 3(11). — С. 19-23.

11. Сафонов М.А. Дереворазрушающие грибы искусственных хвойных насаждений в Южном Приуралье / М.А. Сафонов, А.С. Маленкова // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2011. — № 12(131). — С. 140-143.

12. Соколова Э.С. Грибные болезни древесных интродуцентов в насаждениях Москвы и Подмосковья / Э.С. Соколова, Г.Б. Колганихина // Лесной вестник. — 2009. — № 5. — С. 147-155.

13. Химич Ю.Р. Афиллофороидные грибы на древесных интродуцентах зеленых насаждений города Апатиты / Ю.Р. Химич // Вестник Мурманского государственного технического университета. — 2013. — № 16(3). — С. 526-529.

14. Knudsen H. Nordic Macromycetes. Vol. 2: Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales / H. Knudsen. — Copenhagen: Nordsvamp, 1992. — 268 p.

15. Knudsen H. Nordic Macromycetes. Vol. 3: Heterobasidioid, Aphyllophoroid and Gasteromycetoid basidiomycetes / H. Knudsen. — Copenhagen: Nordsvamp, 1997. — 720 p.

16. Fedorova D.G. Restoration of Woodland Belts and Sustainable Development of Agroecosystems of Steppe Zone of the Orenburg Oblast (Russia) / D.G. Fedorova, N.M. Nazarova, B.S. Ukenov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2012. — № 624(1). — DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012222.

17. Shiryaev A.G. Species Richness of Agaricomycetes on Hedge Vines in Ekaterinburg City (Russia) / A.G. Shiryaev, I.V. Zmitrovich, O.S. Shiryaeva // Mycology and Phytopathology. — 2021. — № 55(5). — P. 340-352.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Abramova L.M. Vselenie klena jasenelistnogo (Acer negundo L.) v pojmennye lesa severo-zapada Orenburgskoj oblasti [Introduction of Ash-leaved Maple (Acer negundo L.) into Floodplain Forests of the North-west of the Orenburg Region] / L.M. Abramova, V.S. Agishev, R.M. Haziahmetov // Rossijskij zhurnal biologicheskih invazij [Russian Journal of Biological Invasions]. — 2019. — Vol. 2. — № 12. — P. 2-24. [in Russian]

2. Bondartseva M.A. Opredelitel' gribov Rossii: (porjadok Afilloforovye) [Determinant of Fungi of Russia: (the order of the Aphyllophores)] / M.A. Bondartseva. — Leningrad: Nauka, 1998. — 391 p. [in Russian]

3. Vlasenko V.A. Derevorazrushajuschie griby na drevesnyh rastenijah v zelenyh nasazhdenijah goroda Novosibirska [Wood-destroying Fungi on Woody Plants in Green Spaces of the City of Novosibirsk] / V.A. Vlasenko, A.V. Vlasenko // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. — 2018. — № 1(159). — P. 93-97. [in Russian]

4. Zmitrovich I.V. Opredelitel' gribov Rossii. Porjadok afilloforovye. Vyp.3: Semejstva atelievye i amilokortitsievye [Determinant of Fungi of Russia. The Order of the Aphyllophorales. Issue 3: The Atelium and Amylocorticium Families] / I.V. Zmitrovich — M.; SPb: KMC Scientific Publishers Association, 2008. — 278 p. [in Russian]

5. Isaeva L.G. Otsenka sostojanija zelenyh nasazhdenij goroda Monchegorska (Murmanskaja oblast') [Assessment of the State of Green Spaces in the City of Monchegorsk (Murmansk Region)] / L.G. Isaeva, Ju.R. Himich // Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN [Proceedings of the Kolskyi Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. — 2020. — № 11(2-8). — P. 168-179. [in Russian]

6. Isikov V.P. Dendromikologija [Dendromycology] / V.P. Isikov, N.I. Konoplja. — Luhansk: Alma-Mater, 2004. — 347 p. [in Russian]

7. Koltunova A.I. Negativnye posledstvija introduktsii klena jasenelistnogo (Acer negundo L.) v Orenburzh'e [Negative Consequences of the Introduction of Ash-leaved Maple (Acer negundo L.) in Orenburg] / A.I. Koltunova // Ekologiya i geografiya rastenij i rastitel'nyh soobshchestv [Ecology and Geography of Plants and Plant Communities]. — Yekaterinburg: Humanitarian University, 2018. — P. 433-435. [in Russian]

8. Chibilev A.A. Krasnaja kniga Orenburgskoj oblasti: Redkie i nahodjaschiesja pod ugrozoj ischeznovenija vidy zhivotnyh, rastenij i gribov [Red Book of the Orenburg Region: Rare and Endangered Species of Animals, Plants and Fungi] / A.A. Chibilev, A.V. Davygora, Z.N. Rjabinina et al. — Voronezh: Mir, 2019. — 488 p. [in Russian]

9. Safonov M.A. Griby, obitajuschie na drevesine plodovyh derev'ev v Orenburgskoj oblasti [Fungi Living on the Wood of Fruit Trees in the Orenburg Region] / M.A. Safonov // Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta [Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University]. — 2012. — № 2(2). — P. 8-11. [in Russian]

10. Safonov M.A. Mikoksilokompleksy, formirujuschiesja na drevesine klenov v Orenburgskoj oblasti [Mycoxylocomplexes Formed on Maple Wood in the Orenburg Region] / M.A. Safonov // Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta [Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University]. — 2014. — № 3(11). — P. 19-23. [in Russian]

11. Safonov M.A. Derevorazrushajuschie griby iskusstvennyh hvojnyh nasazhdenij v Juzhnom Priural'e [Wood-destroying Fungi of Artificial Coniferous Plantations in the Southern Urals] / M.A. Safonov, A.S. Malenkova // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State University]. — 2011. — № 12(131). — P. 140-143. [in Russian]

12. Sokolova E.S. Gribnye bolezni drevesnyh introdutsentov v nasazhdenijah Moskvy i Podmoskov'ja [Fungal Diseases of Tree Introducers in Plantings of Moscow and Moscow Region] / E.S. Sokolova, G.B. Kolganihina // Lesnoj vestnik [Forestry Bulletin]. — 2009. — № 5. — P. 147-155. [in Russian]

13. Himich Ju.R. Afilloforoidnye griby na drevesnyh introdutsentah zelenyh nasazhdenij goroda Apatity [Aphyllophoroid Fungi on Woody Introducers of Green Spaces of the City of Apatity] / Ju.R. Himich // Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta [Bulletin of the Murmansk State Technical University]. — 2013. — № 16(3). — P. 526-529. [in Russian]

14. Knudsen H. Nordic Macromycetes. Vol. 2: Polyporales, Boletales, Agaricales, Russulales / H. Knudsen. — Copenhagen: Nordsvamp, 1992. — 268 p.

15. Knudsen H. Nordic Macromycetes. Vol. 3: Heterobasidioid, Aphyllophoroid and Gasteromycetoid basidiomycetes / H. Knudsen. — Copenhagen: Nordsvamp, 1997. — 720 p.

16. Fedorova D.G. Restoration of Woodland Belts and Sustainable Development of Agroecosystems of Steppe Zone of the Orenburg Oblast (Russia) / D.G. Fedorova, N.M. Nazarova, B.S. Ukenov et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2012. — № 624(1). — DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012222.

17. Shiryaev A.G. Species Richness of Agaricomycetes on Hedge Vines in Ekaterinburg City (Russia) / A.G. Shiryaev, I.V. Zmitrovich, O.S. Shiryaeva // Mycology and Phytopathology. — 2021. — № 55(5). — P. 340-352.