

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НЕКОТОРЫХ РЕСУРСНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ГРИБОВ РОДА *PLEUROTUS* НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2019

Власенко Вячеслав Александрович, кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории низших растений

Асбаганов Сергей Валентинович, кандидат биологических наук,
научный сотрудник лаборатории интродукции пищевых растений

Власенко Анастасия Владимировна, кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник лаборатории низших растений

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (г. Новосибирск, Российская Федерация)

Аннотация. Выявлены особенности субстратной специализации и распределения по типам местообитаний биотехнологически ценного ресурсного лекарственного вида грибов *Pleurotus pulmonarius* в Новосибирской области. Показано распределение вида по листовым и хвойным породам деревьев, в связи с субстратной приуроченностью, распределение по типам местообитаний, сезонные особенности формирования плодовых тел. Изученный вид приурочен преимущественно к листовым породам деревьев, на хвойных он отмечен единственный раз на *Abies sibirica*. В целом, *P. pulmonarius* отмечен на 5 породах листовых деревьев, из которых большинство образцов собрано на *Betula pendula* и *Populus tremula*, реже гриб встречается на *Sorbus sibirica*, *Populus* sp., *Acer negundo*, *Tilia cordata*, *Salix alba*. Чаще всего *P. pulmonarius* развивается в зональных мелколиственных и смешанных лесах, реже отмечается в поймах рек и прирусловых сообществах. Довольно часто гриб обнаруживается в искусственных посадках, где он является одним из наиболее часто встречающихся дереворазрушающих грибов антропогенных местообитаний. Плодоношение *P. pulmonarius* в Новосибирской области происходит с мая по октябрь, с пиком активности в конце лета – начале осени (август – сентябрь).

Ключевые слова: грибы; *Pleurotus pulmonarius*; устричные грибы; ресурсные виды; экологическая структура; экологическое разнообразие; распределение; субстратная специфичность; местообитания; морфологические типы; плодоношение; фенология; молекулярно-генетическая верификация; Новосибирская область.

Актуальность

Грибы имеют огромное значение в природе и жизни человека. Например, симбиотические грибы образуют экологические ниши для обитания множества других организмов – миксомицетов, насекомых, птиц, млекопитающих. Они определяют основные параметры биологического разложения древесины. Обладая комплексом специфических ферментативных систем, грибы играют одну из главных ролей по утилизации древесины – крупнейшего резервуара биологически связанного углерода, обеспечивая тем самым круговорот веществ и трансформацию энергии в лесных экосистемах. Сообщества дереворазрушающих грибов являются обязательным элементом сообществ древесных и кустарниковых растений, объективно отражают общие закономерности развития леса и его состояние. Некоторые виды являются возбудителями стволовых и корневых гнилей древесных растений, принося тем самым значительный вред лесному хозяйству. Домовые грибы способны за короткое время разрушать деревянные строения [1].

С точки зрения пользы для человека грибы становятся все более важным компонентом в диете из-за их питательных характеристик. Высокое содержание белка, необходимых питательных веществ и низкое содержание калорий делают их отличной пищей. Помимо использования в качестве источника пищи, грибы применяются как полезные для здоровья пищевые добавки [2; 3].

Базиномицеты содержат широкий спектр различных лекарственных веществ, такие как полисахариды,

органические кислоты, липиды, стероиды, тетрациклические тритерпены, которые представляют интерес для медицинского использования [4–6].

Экстракты из грибов показывают разную степень биологической активности. Это может быть связано как с биологическими особенностями конкретных штаммов грибов изученных видов, так и с их экологическими особенностями – известно, что при выращивании грибов на различных субстратах содержание биоактивных компонентов может отличаться.

В настоящем исследовании мы провели анализ экологического разнообразия ресурсного лекарственного вида грибов – *P. pulmonarius* Новосибирской области с целью выявления экологических закономерностей распределения данного вида по типам субстратов и местообитаний в Новосибирской области.

В настоящее время все еще остается малоизученной экология данного вида, особенно в лесах лесостепной зоны юга Западно-Сибирской равнины. В связи с этим изучение особенностей распределения данного вида по типам субстратов и местообитаний является актуальным, данная работа призвана частично восполнить имеющиеся пробелы. Полученные в процессе работы данные по экологии вида будут полезны специалистам в области микробиологии и биотехнологии для поиска высокопродуктивных штаммов *P. pulmonarius*.

Объект исследования

Род вешенка – *Pleurotus* включает некоторые наиболее популярные съедобные грибы благодаря их

благоприятным органолептическим и лекарственным свойствам, быстрому росту при их культивировании и нетребовательным условиям выращивания [7]. Плевротонидные грибы можно культивировать на широком разнообразии продуктов агролесоводства, сорняках и отходах для производства продуктов питания, кормов, ферментов и лекарственных соединений [8–10].

Виды рода *Pleurotus* использовались людьми во всем мире из-за их питательной ценности, лечебных свойств и других полезных эффектов. Вешенки являются хорошим источником пищевых волокон и других ценных питательных веществ. Они также содержат ряд биологически активных соединений с терапевтической активностью [11].

Вешенки обладают лечебными свойствами, содержащиеся в них полисахариды проявляют высокий противоопухолевый, антиоксидантный, иммуномодулирующий, противовирусный и другие эффекты [12].

В природе вешенки широко распространены и развиваются в качестве сапротрофов или факультативных ксилосапротрофов многих пород древесных растений, чаще всего лиственных, но могут расти и на хвойных. В городских посадках *P. pulmonarius* является одним из самых часто встречающихся видов грибов, развивается на пнях, сухостое или на старых ослабленных деревьях.

Материалы и методика исследований

Цель работы – изучить экологическое разнообразие ресурсного лекарственного вида *P. pulmonarius* Новосибирской области, провести анализ субстратной приуроченности и распределения по типам местообитаний.

Район исследования расположен в Азиатской части России и находится в пределах трех природных зон – таежной, лесостепной и степной.

Плодовые тела грибов собирали в процессе экспедиционных исследований в Новосибирской области. Кроме естественных лесных сообществ были также обследованы антропогенные местообитания, с представленными в них искусственными насаждениями и остатками естественных растительных сообществ в пределах г. Новосибирска.

Высушенные образцы были сохранены в гербарии. Информация по субстратной приуроченности и местообитаниям грибов была занесена в базу данных Excel и использована в настоящем исследовании.

Для корректного проведения анализа экологического разнообразия было необходимо провести точную идентификацию видовой принадлежности образцов грибов. В связи с тем, что виды рода *Pleurotus* отличаются широким диапазоном морфологической изменчивости, для идентификации были применены методы молекулярно-генетических исследований.

Фрагмент грибковых плодовых тел (50 мкг) гомогенизировали в 300 мкл лизирующего буфера и использовали экстракт ДНК с помощью набора NucleoSpin Plant II. Область рДНК ITS1–5.8S-ITS2 была амплифицирована с помощью ПЦП с праймерами ITS1F и ITS4B. Для ПЦП использовали ДНК-полимеразу HS Taq («Евроген», Москва). ПЦП проводили в термоциклере C1000 (Bio-Rad, США). Результаты ПЦП проверяли в Gel Doc XR + Imager (Bio-Rad, США). Секвенирование ампликонов ДНК

проведено в ЦКП Геномика СО РАН (Новосибирск, Россия).

Для молекулярно-генетических исследований были отобраны 7 образцов, включая 2 образца, с нетипичными для *P. pulmonarius* морфотипами (NSK 1014216, NSK 1014217).

В результате мы получили 7 новых последовательностей для региона ITS1–5.8S-ITS2 для изученных нами образцов плодовых тел грибов рода *Pleurotus*. Дополнительные 8 ITS последовательностей видов рода *Pleurotus* были отобраны нами на основе результатов BLAST анализа и получены из GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>).

Итоговый набор данных состоял из 15 последовательностей ITS. Обзор всех таксонов и последовательностей, используемых для реконструкции дерева, включая названия видов, гербарные образцы / штаммы и номера доступа Genbank, приведенные в табл. 1.

Таблица 1 – Последовательности, использованные при выравнивании

Виды	Гербарный образец / Культура	Номер Genbank
<i>Pleurotus</i> cf. <i>pulmonarius</i>	NSK 1014216	MN179415
<i>Pleurotus</i> cf. <i>pulmonarius</i>	NSK 1014217	MN179416
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	NSK 1014218	MN179417
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	NSK 1014214	MN179418
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	NSK 1014279	MN179419
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	NSK 1014280	MN179420
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	NSK 1014215	MN179421
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	FPPMK-L	JX429930
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	ATCC 62887	JX535494
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	UNIP30	KT273376
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	DMRP-10	MG819729
<i>Pleurotus 'sajor-caju'</i>	H-1	JQ837470
<i>Pleurotus</i> cf. <i>eryngii</i>	C1	FJ514549
<i>Pleurotus ostreatus</i>	6689	AY450345
<i>Pleurotus populinus</i>	9936	AY450346

Нуклеотидные последовательности ITS выравнивали с использованием метода ClustalW [13]. в MEGA 7 [14]. Реконструкция филогении была сделана с использованием метода UPGMA [15]. Процент дублирующих деревьев, в которых связанные таксоны, сгруппированные вместе в тесте начальной загрузки (100 повторов), показаны рядом с ветвями. Эволюционные расстояния были рассчитаны с использованием метода максимального составного правдоподобия [16] и выражены в единицах количества базовых замен на сайте. Различия в смещении состава между последовательностями были рассмотрены в эволюционных сравнениях [17]. Все неоднозначные позиции были удалены для каждой пары последовательностей (опция парного удаления). Всего в итоговом наборе данных было 609 позиций. Эволюционный анализ был проведен в MEGA 7.

Результаты исследования и их обсуждения

В результате исследований, проведенных в течение 2018–2019 гг. было собрано 39 образцов грибов

P. pulmonarius. На основе проведенного экологического анализа выявлены особенности распределения видов по типам субстратов и местообитаниям.

Плодовые тела вида *P. pulmonarius* отличаются широким диапазоном морфологической изменчивости. Нами были выделены 3 основных морфотипа (рис. 1). Определенные морфологические типы плодовых тел оказались характерны для определенных пород деревьев и топических групп грибов, выделяемых на основе способа расположения плодовых тел на субстрате [18].

Морфотип 1 характеризуется практически агарикоидной жизненной формой, с отрицательно-гравитропическими плодовыми телами с длинными ножками.

Морфотип 2 характеризуется типичной плевротойдной жизненной формой с латерально-прикрепленными плодовыми телами с короткой боковой, иногда практически редуцированной ножкой.

Морфотип 3 характеризуется плевротойдной жизненной формой с латерально-прикрепленными сидячими плодовыми телами с полностью редуцированной ножкой.

На основе сравнительно-морфологического анализа плодовых тел и микроструктур некоторые из изученных образцов были отнесены нами к *Pleurotus ostreatus*. Но проведенный молекулярно-филогенетический анализ показал, что все изученные образцы рода *Pleurotus* Новосибирской области относятся к *P. pulmonarius* (рис. 2).

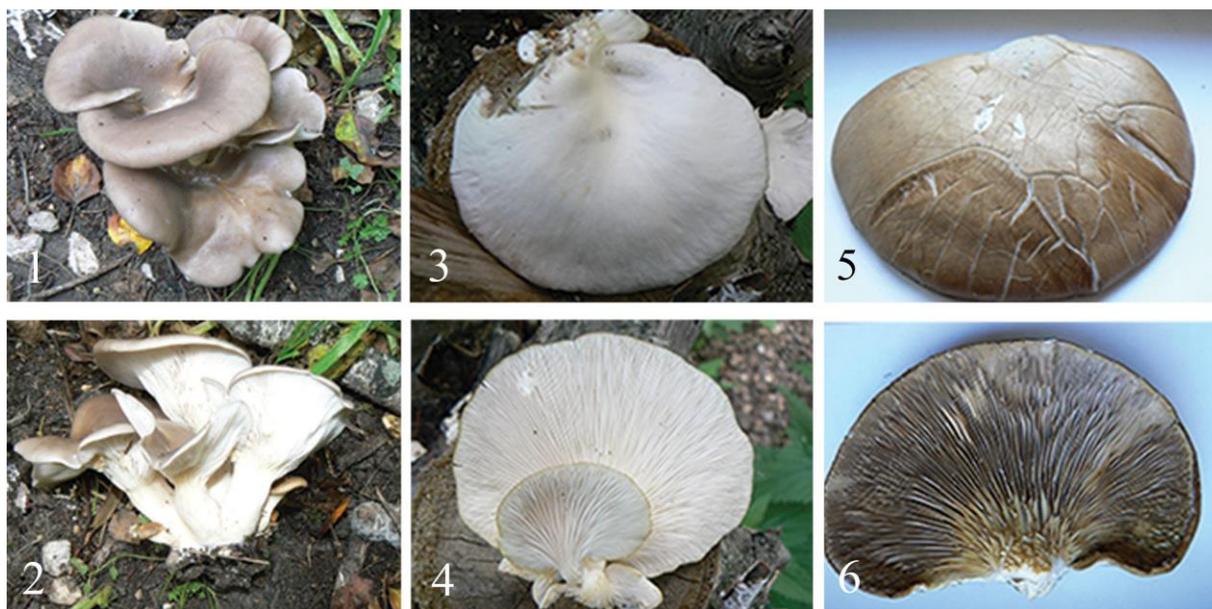


Рисунок 1 – Морфотипы *Pleurotus pulmonarius* Новосибирской области, характерные для конкретных субстратов – пород древесных растений.

1, 2 – отмечен на *Betula pendula*, *Populus tremula*. 3, 4 – отмечен на *Sorbus sibirica*, *Betula pendula*, *Populus tremula*, *Tilia cordata*, *Acer negundo*, *Abies sibirica*. 5, 6 – отмечен на *Populus* sp., *Salix alba*

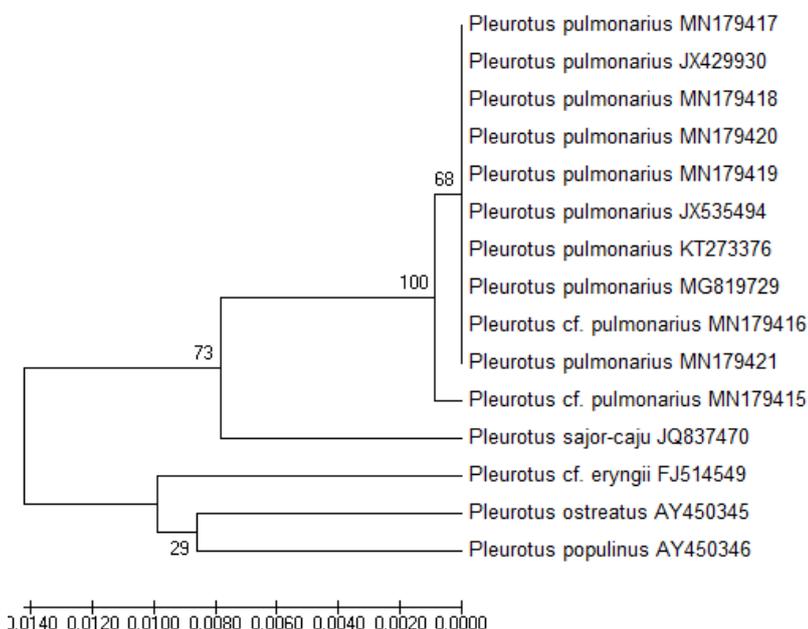


Рисунок 2 – Дерево UPGMA на основе ITS-последовательностей, показывающее филогенетические связи *P. pulmonarius* из Новосибирской области с другими родственными видами рода *Pleurotus*

Выводы

P. pulmonarius развивается на древесине, поэтому главным фактором, лимитирующим распространение вида, является субстрат. Субстратная приуроченность данного вида связана с широким спектром пород деревьев, что характеризует его как трофически-пластичного.

Анализ распределения вида *P. pulmonarius* по типам субстрата показал, что данный гриб приурочен преимущественно к листовым породам деревьев, единственный раз на хвойных в изученном регионе вид отмечен на *Abies sibirica*. Наиболее часто вид встречается на листовых деревьях.

В целом, *P. pulmonarius* отмечен на 5 породах листовых деревьев, из которых большинство образцов собрано на *Betula pendula* (отмечен 16 раз), *Populus tremula* (отмечен 8 раз), *Sorbus sibirica* (отмечен 6 раз), *Populus* sp (отмечен 3 раза), *Acer negundo* (отмечен 2 раза), *Tilia cordata* (отмечен 2 раза), *Salix alba* (отмечен 1 раз).

Анализ распределения вида *P. pulmonarius* по типам местообитаний показал, что наиболее частая встречаемость *P. pulmonarius* характерна для смешанных березово-сосновых (отмечен 8 раз), березовых (отмечен 8 раз), осиновых (отмечен 8 раз) лесов. Изредка гриб отмечается в поймах рек и прирусловых сообществах (отмечен 2 раза). Довольно часто гриб обнаруживается в искусственных посадках – ботанические сады и в городские насаждения, где он характеризуется частой встречаемостью (отмечен 13 раз). При анализе была учтена встречаемость вида за 2-летний период исследований во всех естественных местообитаниях гриба на территории Новосибирской области, а также во всех антропогенных местообитаниях на территории г. Новосибирска, за весь период плодоношения вида.

Фенологический анализ показал, что плодоношение *P. pulmonarius* в Новосибирской области происходит с мая по октябрь. При этом наиболее активно *P. pulmonarius* плодоносит в конце лета – начале осени. Наиболее часто данный вид отмечается в сентябре (отмечен 14 раз) и августе (отмечен 12 раз). Реже гриб отмечается в июле (отмечен 4 раза), в октябре (отмечен 3 раза), июне (отмечен 2 раза) и в мае (отмечен 1 раз).

Список литературы:

- Vlasenko V.A. Substrate specialization of Wood-decay Aphyllophoroid fungi in the pine forest of the Right Riverside of the Ob Headwaters // *Contempor. Prob. Ecol.* 2009. Vol. 2, № 6. P. 620–624.
- Barros L., Baptista P., Correia D.M., Morais J.S., Ferreira I.C.F.R. Effects of conservation treatment and cooking on the chemical composition and antioxidant activity of Portuguese wild edible mushrooms // *J. Agric. Food Chem.* 2007. Vol. 55. P. 4781–4788.
- Ogbe A.O., Mgbojike L.O., Owoade A.A., Atawodi S.E., Abdu P.A. The effect of a wild mushroom (*Ganoderma lucidum*) supplementation as feed on the immune response of pullet chickens to Infectious Bursal Disease Vaccine // *EJEAFChe.* 2008. Vol. 7. P. 2844–2855.
- Lindequist U., Niedermeyer T.H.J., Jülich W.D. The pharmacological potential of mushrooms // *Evid.*

Based. *Complement. Alternat. Med.* 2005. Vol. 2, № 3. P. 285–299.

5. Wasser S.P. Medicinal mushroom science: history, current status, future trends, and unsolved problems // *Int. J. Med. Mushr.* 2010. Vol. 12. P. 1–16.

6. Teplyakova T.V., Psurtseva N.V., Kosogova T.A., Mazurkova N.A., Khanin V.A., Vlasenko V.A. Antiviral activity of polyporoid mushrooms (higher basidiomycetes) from Altai Mountains (Russia) // *Int. J. Med. Mushr.* 2012. Vol. 14, № 1. P. 37–45.

7. Gregori A., Svagelj M., Pohleven J. Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. *Food Technol. Biotechnol.* 2007. Vol. 45, № 3. P. 238–249.

8. Isikhuemhen O.S., Nerud F., Vilgalys R. Cultivation studies on wild and hybrid strains of *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Sing. on wheat straw substrate // *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2000. Vol. 16. P. 431–435.

9. Stamets P. *Growing gourmet and medicinal mushrooms.* Ten Speed Press Berkeley USA. 2000. 554 p.

10. Das N., Mukherjee M. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants // *Bioresour. Technol.* 2007. Vol. 98. P. 2723–2726.

11. Çağlarırnak N. The nutrients of exotic mushrooms (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an estimated approach to the volatile compounds // *Food Chem.* 2007. Vol. 105. P. 1188–1194.

12. Vlasenko V.A., Vlasenko A.V. Antiviral activity of fungi of the Novosibirsk Region: *Pleurotus ostreatus* and *P. pulmonarius* (Review) // *BIO Web Conf.* 2018. Vol. 11. All-Russia Scientific-Practical Conference «Prospects of Development and Challenges of Modern Botany». P. 1–4. DOI: 10.1051/bioconf/20181100044.

13. Higgins D., Thompson J., Gibson T., Thompson J.D., Higgins D.G., Gibson T.J. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice // *Nucleic Acids Res.* 1994. Vol. 22. P. 4673–4680.

14. Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms // *Molecular Biology and Evolution.* 2018. Vol. 35. P. 1547–1549.

15. Sneath P.H., Sokal R.R. *Numerical Taxonomy.* San Francisco: Freeman, 1973. 573 p.

16. Tamura K., Nei M., Kumar S. Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method // *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA).* 2004. Vol. 101. P. 11030–11035.

17. Tamura K., Kumar S. Evolutionary distance estimation under heterogeneous substitution pattern among lineages // *Molecular Biol. Evolution.* 2002. Vol. 19. P. 1727–1736.

18. Vlasenko V.A. Ecological characteristics of Bracket Fungi in the forest steppe of Western Siberia // *Contempor. Probl. Ecol.* 2013. Vol. 6, № 4. P. 390–395.

Представленное исследование грибов рода *Pleurotus* было профинансировано РФФИ и Правительством Новосибирской области в рамках проекта № 18-44-543018_р_мол_а. Использовались образцы гербария из биоресурсной научной коллекции (USU 440537) – Гербарий М.Г. Попова (NSK).

ECOLOGICAL DIVERSITY OF SOME RESOURCE MEDICINAL MUSHROOMS OF THE GENUS *PLEUROTUS* IN THE NOVOSIBIRSK REGION

© 2019

Vlasenko Vyacheslav Aleksandrovich, candidate of biological sciences,
senior researcher of Lower Plants Laboratory

Asbaganov Sergey Valentinovich, candidate of biological sciences,
researcher of Introduction of Food Plants Laboratory

Vlasenko Anastasiya Vladimirovna, candidate of biological sciences, senior researcher of Lower Plants Laboratory
Central Siberian Botanical Garden of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
(Novosibirsk, Russian Federation)

Abstract. In this paper the authors reveal features of substrate specialization and habitats distribution of the biotechnologically valuable medicinal resource species of *Pleurotus pulmonarius* mushrooms in the Novosibirsk Region. The authors show the distribution of the species on deciduous and coniferous tree species, in connection with substrate specificity, distribution in habitats and seasonal features of fructification formation. The studied species is confined mainly to deciduous trees; it was noted only once on *Abies sibirica*. In general, *P. pulmonarius* was recorded on 5 species of deciduous trees, most of the samples were collected on *Betula pendula* and *Populus tremula*. Less often the fungus is found on *Sorbus sibirica*, *Populus* sp., *Acer negundo*, *Tilia cordata*, *Salix alba*. *P. pulmonarius* develops in zonal small-leaved and mixed forests most often, it is rarely found in river floodplains and near-river communities. Quite often the fungus is found in artificial plantations, where it is one of the most common wood-decay fungi of anthropogenic habitats. Fructification of *P. pulmonarius* in the Novosibirsk Region occurs from May to October, its peak activity is in late summer – early fall (August-September).

Keywords: fungi; *Pleurotus pulmonarius*; oyster mushrooms; resource species; ecological structure; ecological diversity; distribution; substrate specificity; habitats; morphological types; fructification; phenology; molecular genetic verification; Novosibirsk Region.

* * *

УДК 582.572.226:581.522.4(571.14)

DOI 10.24411/2309-4370-2019-14107

Статья поступила в редакцию 24.06.2019

TULIPA TSCHIMGANICA BOTSCHANTZ.

В КОЛЛЕКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО СИБИРСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА СО РАН

© 2019

Герасимович Людмила Владимировна, кандидат биологических наук,
младший научный сотрудник лаборатории интродукции декоративных растений
Центральный сибирский ботанический сад СО РАН (г. Новосибирск, Российская Федерация)

Аннотация. В статье анализируются особенности сезонного развития *Tulipa tschimganica* Botschantz. в условиях региона-реципиента, приводятся сравнительные морфометрические характеристики *ex situ* и *in situ*. Представители вида *T. tschimganica* произрастающие в условиях высокогорья успешно акклиматизируются в Новосибирской области. Запоздалое цветение, устойчивость к вирусному заболеванию пестролепестности добавляет ценности данному виду в цветоводстве и озеленении в весенний период. Установлены температурные характеристики начальным этапам фенофаз. Начало цветения в шести из десяти лет наблюдений происходило во 2-й декаде мая. По продолжительности цветение можно характеризовать как короткое – 7–8 дней, средней продолжительности 10–12 дней и длительное – 13–15 дней соответственно. Было установлено, что, несмотря на высокие показатели максимальных и среднесуточных температур, пониженные низкие температуры увеличивают сроки цветения *T. tschimganica*, период цветения в регионе-реципиенте по сравнению с городом Ташкент сдвигается на два месяца и начинается со 2-й декады мая. У растений с экспериментального участка, в сравнении с *in situ*, изменяется в сторону увеличения диапазон изменчивости некоторых морфометрических параметров (высота растения, ширина листа, длина и ширина завязи, ширина плодов). Остальные исследуемые показатели остались в пределах *in situ*. У растений, выращенных из семян привезённых луковиц, изучается процесс онтогенеза. В настоящее время прегенеративный период онтогенеза составляет шесть лет. Успешное прохождение полного цикла развития годичных побегов и формирование полноценных зрелых семян характеризует данный вид как успешный для интродукции и использования его в озеленении города Новосибирск.

Ключевые слова: *Tulipa tschimganica* Botschantz.; тюльпаны; интродукция; акклиматизация растений; адаптация; сезонное развитие; фенология; характеристики начальных этапов фенофаз; морфометрия годичных побегов; Новосибирск.

Введение

Акклиматизация и интродукция растений (главным образом, в ботанических садах) являются не только первостепенными и важными в вопросе охра-

ны и защиты полезных и редких растений. Но также, раскрывая проблему адаптации растений не только к изменению в климате, но и к антропогенному влиянию разного рода, они помогают проследить во-