

## Биоразнообразие и микоризообразование лекарственных растений на залежных участках

© 2021. Н. В. Лиханова, к. б. н., ведущий специалист, педагог,  
Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,  
167001, Россия, г. Сыктывкар, Октябрьский проспект, д. 55,  
Региональный центр выявления и поддержки одарённых детей  
в области искусства, спорта и науки в Республике Коми,  
167000, Россия, г. Сыктывкар, ул. Печорская, д. 28,  
e-mail: lihanad@mail.ru

Рассмотрено разнообразие лекарственных растений на залежных участках Ботанического сада Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина. Сад занимает площадь 32 га, естественные фитоценозы составляют 17 га, из них залежные земли – 24%. Выявлено 92 вида из 77 родов 29 семейств, в том числе – 77 видов лекарственных растений из 64 родов 24 семейств. Травяной покров густой. Общее проективное покрытие меняется от 5 до 80%. Почва подзолистая на суглинистых почвообразующих породах.

Представлены результаты исследований интенсивности микоризной инфекции, степени микоризации корневой системы, встречаемость гиф, арбускул и везикул арбускулярных грибов в корнях некоторых видов лекарственных растений при их произрастании в естественных условиях. Степень их микотрофности колеблется от 2,15 до 3,58 баллов. Отмечена высокая фрагментарность в распределении гриба в корнях растения-хозяина (частота встречаемости равна 50%). Интенсивность микоризной инфекции у микотрофных видов лекарственных растений располагается в пределах от 19,5 до 47,9%. Средняя интенсивность микоризной инфекции в данном фитоценозе составляет 30,4%. Выявлены не микоризные семейства растений: Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Polygonaceae, Scrophulariaceae. Проведённый нами анализ показал отсутствие положительной связи между уровнем развития микоризной инфекции и общим проективным покрытием растений в данном сообществе. У подавляющего большинства микотрофных лекарственных растений везикулы встречаются редко. Такое состояние, вероятно, можно связать с условиями обитания растений. Плохая аэрация залежных участков и низкие температуры почв исследуемого региона не способствуют развитию грибного мицелия.

**Ключевые слова:** залежные участки, биоразнообразие, лекарственные растения, арбускулярная микориза.

## Biodiversity and mycorrhizal formation of medicinal plants in the fallow areas of the Botanical garden

© 2021. N. V. Likhanova <sup>ORCID: 0000-0002-4317-7872</sup>  
Pitirim Sorokin Syktyvkar State University,  
55, Oktyabrsky Prospekt, Syktyvkar, Russia, 167001,  
Regional center for the identification and support of gifted children  
in the field of art, sports and science in the Komi Republic,  
28, Pechorskaya St., Syktyvkar, Russia, 167000,  
e-mail: lihanad@mail.ru

The variety of medicinal plants in the fallow areas of the Botanical garden of Pitirim Sorokin Syktyvkar State University is considered. The garden covers an area of 32 hectares, where natural make up 17 hectares, 24% of which fallow lands occupy. 92 species from 77 genera of 29 families, including 77 species of medicinal plants from 64 genera of 24 families were revealed. Grass cover is thick. The total projective cover varies from 5 to 80%. The soil was identified as podzolic on loamy soil-forming rocks.

The results of studies of the intensity of mycorrhizal infection, the degree of mycorization of the root system, the occurrence of hyphae, vesicles and arbuscule of arbuscular fungi in roots of some species of medicinal plants during their growth in vivo are presented. The degree of their mycotrophy varies from 2.15 to 3.58 points. A high fragmentation in the distribution of the fungus in the roots of the host plant was noted (the frequency of occurrence is 50%). The intensity of mycorrhizal infections in mycotrophic species of medicinal plants ranges from 19.5 to 47.9%. The average intensity of mycorrhizal infection in this phytocenosis is 30.4%. Not mycorrhizal plant families were: Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Polygonaceae, Amaryllidaceae. The analysis of medicinal plants of different status showed the absence of a positive relationship between the level of mycorrhizal infection and the overall projective cover

of the plant in this community. Analyzing the development of mycorrhiza in different families, we are convinced that the vast majority of mycotrophic medicinal plants vesicles are rare. This condition can probably be associated with the living conditions of plants. Poor aeration of fallow areas and low soil temperatures of the studied region do not contribute to the development of fungal mycelium.

**Keywords:** fallow areas, biodiversity, medicinal plants, arbuscular mycorrhizae.

В настоящее время весьма актуальной является проблема получения лекарственного сырья. Производство культивируемых лекарственных растений отстаёт в своём развитии от потребностей фармацевтического производства. Возрастание потребности в лекарственном сырье отражается на запасах, незначительно представленных в составе естественной флоры. Исчезновению некоторых видов лекарственных растений способствуют хозяйственная деятельность, загрязнение атмосферы и деградация почвенного покрова. В связи с этим возрастает необходимость искусственного выращивания лекарственных растений, что позволит расширить ассортимент используемых видов, обеспечить получение доброкачественного сырья. Фармакологические ассоциации придают огромное значение изучению не только химического состава, но и механизмов адаптации лекарственных растений к условиям произрастания. Одним из способов усиления адаптации является симбиоз корней лекарственного растения с грибами.

Накоплен значительный материал, характеризующий различия строения корневых систем микоризных и безмикоризных растений в сообществах разных растительных зон [1–6]. Наиболее распространённый тип микоризы травянистых растений – арбускулярный. Морфологическая картина трансформации корней при образовании арбускулярной микоризы состоит в проникновении внутрь первичной коры корней гиф арбускулярно-микоризных грибов и образовании специализированных структур: арбускул (древовидных разветвлённых гиф в клетках коры) и визикул (округлых расширений гиф). Типологические и количественные характеристики микориз зависят от жизненных форм и эколого-физиологических свойств растений [7–11]. Микосимбиотические связи травянистых лекарственных растений с микоризными грибами на территории Республики Коми изучены очень слабо. Цель работы состояла в оценке биоразнообразия и микоризообразования некоторых видов лекарственных травянистых растений на территории ботанического сада Сыктывкарского государственного университета им. Питирима Сорокина (СГУ).

### Объекты и методы исследования

Исследования проводили на залежных участках Ботанического сада СГУ (61°64' с. ш. и 50°74' в. д.) общей площадью 4,0 га. Геоботаническое описание видов растений приводили по [12]. На исследуемом участке закладывали стандартные пробные геоботанические участки 10 × 10 м и оценивали видовой состав и общее проективное покрытие (ОПП). Материал собирали в летний период 2016 и 2017 гг. Растения выкапывали в характерных для каждого вида местообитаниях. Для изучения микоризы лекарственных травянистых растений отбирали корни растений в десятикратной повторности, которые затем высушивали и обрабатывали по общепринятой методике [2, 13]. Были изучены следующие параметры, характеризующие микоризообразование: степень микотрофности, интенсивность микоризной инфекции, частоту встречаемости микоризной инфекции. Степень микотрофности (*D*, балл) характеризует обилие грибов в корне. По [2] растения по данному показателю условно делят на 3 группы: высокомикотрофные (3,6–5,0), среднемикотрофные (1,8–3,5) и слабомикотрофные (0,1–1,7 балла). Интенсивность микоризной инфекции (*C*, %) – величина, отражающая распределение огрибнённых участков корня, обилие микоризного гриба в нём. Частота встречаемости микоризной инфекции (*F*, %) характеризует соотношение между огрибнёнными и неогрибнёнными участками корневой системы растения [2]. Статистическая обработка материалов проведена с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0.

### Результаты и обсуждение

Обследуемый залежный участок находится на границе окультуренной и естественной неокультуренной территорий Ботанического сада СГУ. Мезорельеф участка практически ровный, наблюдаются лишь небольшие кочки и понижения, что отражает сельскохозяйственную историю его использования. Во флоре исследуемого участка выявлено 92 вида растений из 77 родов 29 семейств, в том числе – 77 видов лекарственных растений из 64 родов

24 семейств (табл. 1). Средняя видовая насыщенность рода – 1,18, семейства – 3,15; среднее число родов в семействе – 2,62. Замечено полное отсутствие видов сем. Сурегасеае, а также крайняя редкость *Equisetum sylvaticum* (при отсутствии других видов хвощей), что может свидетельствовать о хорошей окультуренности территории: низкой кислотности почв участка и его хорошей дренированности. В составе флоры абсолютно доминируют семенные растения (98,9%); споровые представлены одним видом (1,1%).

Травяной покров густой. Общее проективное покрытие колеблется от 5 до 80%. При ОПП 80% (сор<sub>3</sub>) доминирует *Elytrigia repens* (L.) Nevski, при ОПП 50–70% (сор<sub>2</sub>) – *Epilobium adenocaulon* Hausskn., *Rumex acetosa* L., *Rumex acetosella* L., *Rumex crispus* L., *Sonchus oleraceus* L., при ОПП 30–50% с обилием (sp.) встречается: *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus, *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Leonorus quinquelobatus* Gilib., *Artemisia vulgaris* L., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg. Доминирование некоторых видов растений ограничено во времени: *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm. выступает в роли доминанта в июне.

Снижение видового разнообразия на залежных участках Ботанического сада объясняется, с одной стороны, тем, что демутиация растительности на них ещё не дошла до стадии сомкнутого древостоя из мелколиственных древесных растений. Обработка почвы, проведённая под сельскохозяйственные работы, не позволила сохраниться здесь лесным растениям от прежде произрастающего ельника. С другой стороны, ощутимо влияние

сорно-полевых и адвентивных растений, вызывающих увеличение роли в формировании растительного покрова таких семейств, как Fabaceae, Lamiaceae и Polygonaceae. Почва диагностирована нами как подзолистая на суглинистых почвообразующих породах.

Нормальная микробиота растений представлена ризосферными и эпифитными микроорганизмами. Их численность зависит от возраста и физиологического состояния растений. Основная масса прикорневой микробиоты представлена грибами – базидиомицетами, реже фикомицетами, аксомицетами [14]. Указанные грибы образуют симбиоз (микоризу) с корнями растений, в том числе и лекарственных. Микоризы можно обнаружить в самых различных почвах. Значение микоризных грибов для растений, в том числе и лекарственных, заключается в улучшении водно-минерального питания и защите корневых систем от фитопатогенных организмов. При наличии микоризы растения успешно развиваются, повышается их фитоценотический статус, снижается внутри- и межвидовая конкуренция, тем самым увеличивается видовое богатство растительных сообществ [15].

Материалы, характеризующие некоторые аспекты микоризообразования лекарственных растений на исследуемом участке, представлены в таблице 2. В корнях травянистых растений выявлена зигомицетная везикулярно-арбускулярная эндомикориза, представленная несептированными гифами гриба, везикулами и арбускулами. Степень микотрофности изученных растений колеблется от 2,15 до 3,58 баллов. В основном все изученные

Таблица 1 / Table 1

Состав и структура растений напочвенного покрова залежного участка ботанического сада  
Composition and structure of ground cover plants the fallow area of the Botanical garden

Семейство Family	Общее проективное покрытие, % Total projective cover, %	Семейство Family	Общее проективное покрытие, % / Total projective cover, %
Equisetaceae	ед. / single	Violaceae	15
Poaceae	30	Onagraceae	40
Urticaceae	15	Brassicaceae	45
Polygonaceae	35	Caprifoliaceae	15
Chenopodiaceae	15	Valerianaceae	30
Caryophyllaceae	15	Boraginaceae	15
Ranunculaceae	20	Lamiaceae	15
Fabaceae	15	Solanaceae	20
Apiaceae	10	Campanulaceae	20
Rosaceae	15	Scrophulariaceae	15
Geraniaceae	20	Plantaginaceae	5
Hypericaceae	20	Asteraceae	35

Таблица 2 / Table 2

Характеристика микосимбиотрофизма лекарственных растений залежного участка ботанического сада  
Feature of micro symbiotrophy of medicinal plants at the fallow area of the Botanical garden

Название семейств/видов / Family/species name	C, %	D, балл/point	F, %
<b>Valerianaceae</b>			
<i>Valeriana wolgensis</i> Kazak.	23,7	2,54	46
<b>Apiaceae</b>			
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	25,7	2,21	32
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	23,8	2,62	28
<i>Eryngium planum</i> L.	0	0	0
<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.	0	0	0
<b>Caryophyllaceae Juss.</b>			
<b>Chenopodiaceae Vent.</b>			
<b>Brassicaceae Butnett.</b>			
<b>Boraginaceae</b>			
<b>Scrophulariaceae</b>			
<b>Polygonaceae Juss.</b>			
<b>Fabaceae Lindl.</b>			
<i>Trifolium repens</i> L.	35,2	3,04	58
<i>Vicia hirsute</i> L.	19,5	2,15	38
<i>Vicia cracca</i> L.	20,3	2,21	36
<i>Vicia sepium</i> L.	22,8	2,31	40
<b>Hypericaceae Juss.</b>			
<b>Ranunculaceae Juss.</b>			
<i>Ranunculus repens</i> L.	44,8	3,58	84
<b>Asteraceae</b>			
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	32,4	2,22	54
<i>Carduus crispus</i> L.	35,3	2,16	52
<i>Cirsium arvense</i> L. Scop.	30,8	2,08	50
<i>Cirsium heterophyllum</i> L. Hill	25,6	2,57	46
<i>Echinops</i> sp.	21,3	2,34	40
<i>Erigeron acris</i> L.	32,1	2,76	48
<i>Lepidotheca suaveolens</i> (Pursh) Nutt.	31,8	2,64	44
<i>Omalotheca sylvatica</i> (L.) Sch. Bip. & F.W. Schultz	35,1	2,04	41
<i>Pilosella aurantiaca</i> (L.) F.W. Schultz & Sch. Bip.	22,3	2,64	42
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	30,5	2,15	53
<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	33,8	2,36	56
<i>Tussilago farfara</i> L.	42,7	2,55	57
<i>Tripleurospermum perforatum</i> (Merat) M. Lainz	36,8	2,32	56

лекарственные растения умеренно микотрофны. Данный показатель у растений одного вида практически не отличается. Согласно [16], в природных популяциях изменчивость растений по степени микотрофности различается в пределах от 2 до 5, что не противоречит нашим исследованиям.

Лекарственные растения семейства **Ranunculaceae**, **Hypericaceae** отличаются большой частотой встречаемости на корнях микориз – от 72 до 84%. У растений семейств **Valerianaceae**, **Apiaceae**, **Fabaceae**, **Asteraceae**, обладающих лекарственными свойствами, обнаружена средняя (от 28 до 58%) частота

встречаемости микоризной инфекции. У средне- и высокотрофных растений на долю безмикоризных участков приходится 35%. В среднем частота встречаемости микоризной инфекции равна 50%. Неравномерное заселение корневых систем эндофитами связано с малой плотностью популяций этих грибов в почве и с их пониженной активностью в связи с природными условиями [17].

Нами было установлено, что интенсивность микоризной инфекции у микотрофных видов лекарственных растений колеблется от 19,5 до 47,9% (табл. 2). Средняя интенсивность микоризной инфекции в данном фито-

ценозе составляет 30,4%. Проведённый нами анализ лекарственных растений различного статуса показал отсутствие положительной связи между уровнем развития микоризной инфекции и ОПП растения в данном сообществе. Следует отметить, что различия между этими двумя показателями недостоверны ( $p > 0,05$ ) и находятся в пределах случайных колебаний.

Исследования подтвердили сведения о различной представленности микоризной инфекции среди разных семейств [6]: в семействе Asteraceae микоризны 13 из 13 изученных видов, в Ranunculaceae – 2 из 2, в Fabaceae – 4 из 4, Ariaceae – 2 из 4 видов растений. Не обнаружена микориза на корнях у растений из семейств Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Polygonaceae, Scrophulariaceae, что подтверждает результаты, полученные ранее [1, 18].

У немикотрофных представителей травянистых лекарственных растений корневые окончания более тонкие (до 160 мкм), чем у микотрофных (до 220 мкм).

Согласно литературным данным [6, 19, 20], различия между микотрофными растениями по сравнению с немикотрофными связаны с присутствием флавоноидов. Авторы утверждают, что флавоноиды регулируют сбалансированность отношений между симбионтами.

Анализ развития микоризы у различных семейств показывает, что у подавляющего большинства микотрофных лекарственных растений везикулы встречаются редко. Такое состояние, вероятно, можно связать с условиями обитания растений. Плохая аэрация залежных участков и низкие температуры почв исследуемого региона не способствуют развитию грибного мицелия.

### Заключение

Растительный покров залежных участков Ботанического сада оценён как разнотравная залежь с отдельными древесно-кустарничковыми растениями. Во флоре исследуемого объекта выявлено 92 вида растений, в том числе лекарственных растений 84%, 77 родов – 83%, 29 семейств – 83%. Травяной покров густой. Общее проективное покрытие меняется от 5 до 80%.

Установлено, что 23 вида растений (77%) вступают в симбиоз с грибами, 11 видов (23%) не имеют микоризы. Не обнаружена микориза на корнях у растений из семейств

Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Polygonaceae, Scrophulariaceae.

В распределении гриба в корнях лекарственных растений отмечена высокая фрагментарность (средняя частота встречаемости равна 50%). Средняя интенсивность микоризной инфекции составляет 30,4%. Степень микотрофности варьирует в пределах 2,15–3,58 баллов.

Наличие эндомикоризы и уровень её развития не сопряжены с относительной плотностью проекции отдельных видов лекарственных растений фитоценоза.

Таким образом, в результате исследования показано отсутствие положительной связи между уровнем развития микоризной инфекции и общим проективным покрытием растения в данном сообществе. У подавляющего большинства микотрофных лекарственных растений везикулы встречаются редко. Такое состояние связано с условиями обитания растений. Плохая аэрация залежных участков и низкие температуры почв исследуемого региона не способствуют развитию грибного мицелия.

### References

1. Veselkin D.V., Betehtina A.A. Connection of the root structure of herbaceous dicotyledonous plants with their mycorrhizal status // *Doklady Akademii nauk*. 2014. V. 459. No. 5. P. 648–650 (in Russian). doi: 10.1134/s0012496614060064
2. Selivanov I.A. Mikosymbiotrofizm, as a form of consortia relations in the vegetation cover of the Soviet Union. Moskva: Nauka, 1981. 230 p. (in Russian).
3. Brundrett M.C. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis // *Plant and Soil*. 2009. V. 320. No. 1–2. P. 37–77. doi: 10.1007/s11104-008-9877-9
4. Brundrett M.C. Mycorrhizas in natural ecosystems // *Adv. Ecol. Res.* 1991. V. 21. P. 171–313. doi: 10.1016/s0065-2504(08)60099-9
5. John S.T.V. Root size, root hairs and mycorrhizal infection: a re-examination of Baylis's hypothesis with tropical trees // *New Phytol.* 1980. V. 84. No. 3. P. 483–487. doi: 10.1111/j1469-8137.1980.tb04555.x
6. Wang B., Qiu Y.-L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants // *Mycorrhiza*. 2006. V. 16. No. 5. P. 299–363. doi: 10.1007/s00572-005-0033-6
7. Betehtina A.A., Veselkin D.V. The prevalence and intensity of mycorrhiza in grassy plants of the Middle Urals with different types of environmental strategies // *Ekologiya*. 2011. No. 3. P. 176–183 (in Russian). doi: 10.1134/s1067413611030040

8. Veselkin D.V., Lukina N.V., Chubrik T.S. Ratio of mycorrhizal non-mycorizal plant species in primary man-made successions // *Ekologiya*. 2015. No. 5. P. 417–424 (in Russian). doi: 10.1134/s1067413615050203
9. Cornelissen J.H.C., Aerts R., Cerabolini B., Weger M.J.A., Heijden van der M.G.A. Carbon cycling traits of plant species are linked with mycorrhizal strategy // *Oecologia*. 2001. V. 129. No. 4. P. 611–619. doi: 10.1007/s004420100752
10. Grime J.P., Hodson J.G., Hunt R. Comparative plant ecology: a functional approach to common British. London: Unwin Hyman, 1988. 742 p. doi: 10.2307/2403674
11. Heijden van der M.G.A., Cornelissen J.H.C. The critical role of plant-microbe interactions on biodiversity and ecosystem functioning: arbuscularmycorrhizal associations as an example // *Biodiversity and ecosystem functioning – synthesis and perspectives*. Oxford: University Press, 2002. P. 181–192.
12. Methodology of field geobotanical research. Moskva-Leningrad: Academy of Sciences of the USSR, 1938. 216 p. (in Russian).
13. Kryuger L.V. Endotrophic mycorrhizae of herbaceous plants of some phytocenoses of the Central Urals // *Bot. zhurnal*. 1961. V. 46. No. 5. P. 617–627 (in Russian).
14. Dyakov Yu.T., Sergeev Yu.V. Mycology today. V. 1. Moskva: Natsionalnaya akademiya mikologii, 2007. 376 p. (in Russian).
15. Veselkin D.V. Evolutionary and ecological significance of mycorrhizal associations // *Vestnik KSU*. 2011. Series “Natural Sciences”. V. 4. No. 2. P. 75–79 (in Russian).
16. Mukhin V.A., Betekhtina A.A. Adaptive value of endomycorrhizae of herbaceous plants // *Ecology*. 2006. No. 1. P. 3–8 (in Russian). doi: 10.1134/s1067413606010012
17. Agafonov V.A., Perevedentseva L.G. Plant endomycorrhiza of grass of the meadows of the National Park ABISKO (Sweden) // *Vestnik Udmurskogo universiteta*. 2012. V. 3. P. 29–33 (in Russian).
18. Chubrik T.S., Lukina N.V. Mycorrhiza formation on uneven age dumps of the Akkermanovsky iron-ore deposit (steppe zone) // *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017. No. 12 (212). P. 81–83 (in Russian). doi: 10.25198/1814-6457-212-81
19. Morandi D., Branzanti B., Gianinazzi-Pearson V. Effects of some plant flavonoids on in vitro behavior of an arbuscularmycorrhizal fungi // *Agronomy*. 1992. V. 12. No. 10. P. 811–816. doi: 10.1051/agro:19921012
20. Vierheilig H., Pichi Y. Signalling in arbuscular mycorrhiza: Facts and hypotheses // *Flavonoids in Cell Functions* / Eds. B. Buslig, J. Manthey. Kluwer: Acad. Plenum Pub. New York, 2002. P. 23–39. doi: 10.1007/978-1-4757-5235-9\_3