



БИОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 415–420
Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2021, vol. 21, iss. 4, pp. 415–420
<https://ichbe.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-4-415-420>

Научная статья
УДК 57.047/ 631.53.04

Влияние *Amanita muscaria* (класс *Agaricomycetes*, сем. *Amanitaceae*) и *Flammulina velutipes* (класс *Agaricomycetes*, сем. *Physalacriaceae*) на рост и развитие семян *Picea abies* (класс *Pinophyta*, сем. *Pinaceae*) и *Abies sibirica* (класс *Pinophyta*, сем. *Pinaceae*)

Р. Г. Калякина, Г. Т. Бастаева, Е. М. Ангальт,
В. А. Симоненкова ✉, О. А. Лявданская

Оренбургский государственный аграрный университет, Россия, 460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, д. 18

Калякина Раиля Губайдулловна, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и лесопаркового хозяйства, kalyakina_railya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8892-0669>

Бастаева Галия Танамовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и лесопаркового хозяйства, oren78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2202-3927>

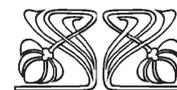
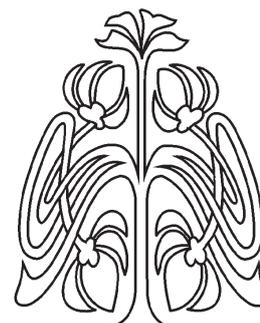
Ангальт Елена Михайловна, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и лесопаркового хозяйства, elenaangalt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8401-8288>

Симоненкова Виктория Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и лесопаркового хозяйства, simon_vik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2897-8778>

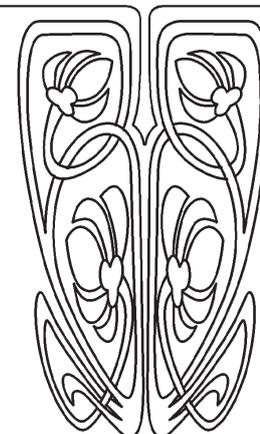
Лявданская Ольга Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и лесопаркового хозяйства, gomashkaoa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3640-4475>

Аннотация. В статье приводятся исследования влияния *Amanita muscaria* и *Flammulina velutipes* на рост и развитие семян видов семейства *Pinaceae*. Установлено положительное влияние микоризации данными видами грибов на рост и развитие *Picea abies* и *Abies sibirica*. Так, присутствие *Flammulina velutipes* и *Amanita muscaria* в субстрате ускорило появление первых всходов на 4–8 дней. Микоризация *Amanita muscaria* влияла на морфометрию семян *Picea abies* и *Abies sibirica*. Изменилась длина главного корня: у *Picea abies* увеличилась на 17,2%, у *Abies sibirica* уменьшилась на 12,9%, по сравнению с контролем. Длина боковых корней в присутствии *Amanita muscaria* увеличивалась у семян *Picea abies* на 51,0%, семян *Abies sibirica* – на 32,4%, по сравнению с контрольной группой. Высота надземной части в присутствии *Flammulina velutipes* увеличивалась по сравнению с контрольной группой у семян *Picea abies* на 52,2%, семян *Abies sibirica* – на 18,3%. Микоризация семян *Amanita muscaria* вызвала увеличение диаметра стволика у корневой шейки семян *Picea abies* на 13,6%, семян *Abies sibirica* – на 12,1%.

Ключевые слова: микориза, семена, жизнеспособность, *Picea abies*, *Abies sibirica*



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Для цитирования: Калякина Р. Г., Бастаева Г. Т., Ангальт Е. М., Симоненкова В. А., Лявданская О. А. Влияние *Amanita muscaria* (класс *Agaricomycetes*, сем. *Amanitaceae*) и *Flammulina velutipes* (класс *Agaricomycetes*, сем. *Physalacriaceae*) на рост и развитие сеянцев *Picea abies* (класс *Pinophyta*, сем. *Pinaceae*) и *Abies sibirica* (класс *Pinophyta*, сем. *Pinaceae*) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 415–420. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-4-415-420>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Influence of *Amanita muscaria* (class *Agaricomycetes*, fam. *Amanitaceae*) and *Flammulina velutipes* (class *Agaricomycetes*, fam. *Physalacriaceae*) on the growth and development of seedlings of *Picea abies* (class *Pinophyta*, fam. *Pinaceae*) and *Abies sibirica* (class *Pinophyta*, fam. *Pinaceae*)

R. G. Kalyakina, G. T. Bastaeva, E. M. Anhalt, V. A. Simonenkova ✉, O. A. Lyavdanskaya

Orenburg State Agrarian University, 18 Chelyuskintsev St., Orenburg 460014, Russia

Railia G. Kalyakina, kalyakina_railya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8892-0669>

Galiya T. Bastaeva, oren78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2202-3927>

Elena M. Anhalt, elenaangalt@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8401-8288>

Victoria A. Simonenkova, simon_vik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2897-8778>

Olga A. Lyavdanskaya, romashkaoa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3640-4475>

Abstract. The article presents studies of the influence of *Amanita muscaria* and *Flammulina velutipes* on the growth and development of seedlings of species of the *Pinaceae* family. The positive effect of mycorrhization by these fungi species on the growth and development of *Picea abies* and *Abies sibirica* was established. Thus, the presence of *Flammulina velutipes* and *Amanita muscaria* in the substrate accelerated the appearance of the first shoots by 4–8 days. Mycorrhization of *Amanita muscaria* influenced the morphometry of the seedlings of *Picea abies* and *Abies sibirica*. The main root length changed: in *Picea abies* it increased by 17.2%, in *Abies sibirica* it decreased by 12.9%, compared with the control group. In the presence of *Amanita muscaria*, the length of lateral roots increased by 51.0% in *Picea abies* seedlings, and by 32.4% in *Abies sibirica* seedlings, compared with the control group. The height of the aerial part in the presence of *Flammulina velutipes* increased in comparison with the control group in *Picea abies* seedlings by 52.2% and in *Abies sibirica* seedlings by 18.3%. Mycorrhization of *Amanita muscaria* seedlings caused an increase in the stem diameter at the root collar of *Picea abies* seedlings by 13.6%, and *Abies sibirica* seedlings by 12.1%.

Key words: mycorrhiza, seedlings, viability, *Picea abies*, *Abies sibirica*

For citation: Kalyakina R. G., Bastaeva G. T., Anhalt E. M., Simonenkova V. A., Lyavdanskaya O. A. Influence of *Amanita muscaria* (class *Agaricomycetes*, fam. *Amanitaceae*) and *Flammulina velutipes* (class *Agaricomycetes*, fam. *Physalacriaceae*) on the growth and development of seedlings of *Picea abies* (class *Pinophyta*, fam. *Pinaceae*) and *Abies sibirica* (class *Pinophyta*, fam. *Pinaceae*). *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2021, vol. 21, iss. 4, pp. 415–420. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2021-21-4-415-420>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Повышение количества и улучшение качества хвойного посадочного материала дают предпосылки для тщательного изучения особенностей роста и развития молодых растений в определенной экологической обстановке [1–3].

Для этого требуются определенные исследования в области разработки методик оптимизации процессов выращивания здорового посадочного материала, уменьшения сроков выращивания, а также применение новых агротехнических приемов.

Жизнеспособность растений на ювенильном и виргинильном этапах онтогенеза в первую очередь зависит от развития главного корня и боковых всасывающих корешков [4–6].

Для всесторонней оценки качества сеянцев необходимо учитывать не только высоту и диаметр стволика, но и длину главного корня, количество придаточных корней, а также общую длину корней [7–9].

Общеизвестно, что успешность роста древесных растений в естественных условиях зачастую обусловлена взаимовыгодными симбиотическими отношениями корней растений с некоторыми видами грибов. Особенно важны такие отношения на начальных этапах развития сеянцев.

Микорризация сеянцев повышает их приживаемость, способствует улучшению питания и роста растения, усиливает поглощение воды и минеральных элементов, особенно фосфора и азота. Кроме того, микорриза может защищать растение от патогенов.

Древесные породы семейства *Pinaceae* рекомендуются микорризировать для повышения приживаемости и улучшения роста в естественных условиях. Однако влияние микорризации на рост и развитие видов семейства *Pinaceae* изучено недостаточно. В современной литературе можно встретить фрагментарные исследования о влиянии микорризных грибов на рост данных видов [10]. Установлено, что



некоторые виды семейства Pinaceae относятся нейтрально к микоризным грибам, к примеру, *Picea sitchensis* не изменяет своих биометрических показателей в присутствии в субстрате *Amanita muscaria*, *Hebeloma crustuliniform*, а также реагирует незначительно на присутствие *Laccaria laccata*. Известны данные о положительном влиянии *Pisolithus tinctorius* на рост *P. abies* и *P. engelmannii* [9–11].

В связи с этим поиск видов грибов, способных оказывать положительное влияние на рост видов семейства Pinaceae, на сегодняшний день перспективен. Особенно важно изучать влияние местной микрофлоры территорий, не входящих в ареал елей, но пригодных для их интродукции.

Целью данного исследования являлось изучения влияния *Amanita muscaria* и *Flammulina velutipes* на рост и развитие семян *Picea abies* и *Abies sibirica*, выращиваемых в закрытом грунте.

Материалы и методы

Исследования проводились в условиях лаборатории Опытного-производственного центра по лесному делу Оренбургского ГАУ. Семена *Picea abies* и *Abies sibirica* собраны на территории дендрария Оренбургского ГАУ. Лабораторная всхожесть характеризовалась 3-м классом всхожести по ГОСТу [12]. Выращивание семян производилось в готовом грунте «торф низинный» фирмы «Огородник». Предварительно в увлажненных сосновых опилках проращивали мицелий грибов *Flammulina velutipes* и *Amanita muscaria*. Мицелий выращивали в течение трех недель при постоянном поддержании влажности опилок и температуры окружающей среды 20°C, ежедневно емкость с проращиваемым мицелием проветривали. В качестве контроля использовался торф без добавления мицелия.

Учет результатов проводился с появлением первых всходов ежедневно. Сохранность семян определяли как процент выживших проростков к общему числу всходов. Определение биометрических показателей проводили на 48-й день. Высоту надземной части и длину главного корня определяли линейкой, диаметр стволика у корневой шейки при помощи окулярной шкалы микроскопа МБС-10, количество боковых корней – методом пересчета под микроскопом МБС-10.

Для статистической обработки результатов полученные данные были проанализированы с использованием однофакторного параметрического дисперсионного анализа и *t*-критерия Стьюдента с применением программного обеспечения Statistica 7.

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования свидетельствуют о положительном влиянии *Amanita muscaria* и *Flammulina velutipes* на рост и развитие семян *Picea abies* и *Abies sibirica*. Установлено что всхожесть семян *Picea abies* в присутствии в субстрате *Amanita muscaria* увеличивалась на 79,6%, семян *Abies sibirica* в присутствии в субстрате *Flammulina velutipes* – на 23,0%. В присутствии *Flammulina velutipes* в субстрате первые всходы *Picea abies* появились на 4 дня раньше по сравнению с контролем, *Abies sibirica* – на 8 дней. Присутствие *Amanita muscaria* также ускорило появление первых всходов *Abies sibirica* на 8 дней.

Из данных, приведенных в таблице, видно, что различия морфометрических показателей существенны в обоих вариантах с присутствием мицелия по сравнению с контролем, как у семян *Abies sibirica* и *Picea abies*. Однако действие микоризации зависит от видовых характеристик семян и грибов.

На 48-й день эксперимента семена значительно отличались по морфометрическим признакам. Так, по длине главного корня лидировали семена *Picea abies*, культивируемые в субстрате с присутствием *Amanita muscaria* (на 17,2% больше по сравнению с контролем). Минимальная длина главного корня была у семян *Abies sibirica* (на 12,9% меньше по сравнению с контролем).

Сравнение опытных групп показало, что в присутствии в субстрате *Amanita muscaria* у семян *Picea abies* длина главного корня была выше на 25,7%, семян *Abies sibirica* – на 90%, по сравнению с аналогичными сеянцами микоризированными *Flammulina velutipes*.

Количество боковых корней у семян *Picea abies*, микоризированных *Amanita muscaria*, было выше на 54,7% у аналогичных семян *Abies sibirica* и на 68,8% по сравнению с сеянцами из контрольных групп.

Присутствие *Flammulina velutipes* в субстрате по-разному оказывало влияние на рост боковых корней: стимулировало у семян *Picea abies* и угнетало у семян *Abies sibirica*. Количество боковых корней в первом случае увеличилось на 68,8%, во втором – уменьшилось на 40,9% по сравнению с контрольными группами.

Однако данные статистического анализа не выявили зависимости между количеством боковых корней и присутствием микоризы как для *Picea abies*, так для *Abies sibirica*, в то же время зависимость длины боковых корней и состава субстрата была достоверной для обоих видов.

При этом длина боковых корней в присутствии *Amanita muscaria* увеличивалась у семян



Биометрические показатели сеянцев *Picea abies* и *Abies sibirica*
Biometric indicators of seedlings *Picea abies* and *Abies sibirica*

Показатель / Indicator	Грунт / Soil											
	Торф + <i>Flammulina velutipes</i> / Peat + <i>Flammulina velutipes</i>					Торф + <i>Amanita muscaria</i> / Peat + <i>Amanita muscaria</i>					Торф / Peat	
	min	max	X+Sx	min	max	X±Sx	min	max	min	max	X+Sx	
<i>Picea abies</i>												
Высота надземной части, мм / Height of the aboveground part, mm	35	70	52,5±0,67*	25	44	34,5±0,24**	24	53	38,5±0,44*			
Диаметр стволка у корневой шейки, мм / Diameter of the stem at the root collar, mm	0,5	1,5	1,2±0,04**	0,5	2	1,25±0,08*	0,4	1,8	1,1±0,07			
Длина главного корня, мм / Main root length, mm	61	79	71,8±1,02**	38,0	137,9	96,7±1,76*	52	115	82,5±1,41*			
Длина боковых корней, мм / Lateral root length, mm	41,0	85,2	60,84±0,83*	29,4	153,2	91,8±1,23**	31	61	46,5±1,58**			
Количество боковых корней, шт. / Number of lateral roots, pcs	4	13	8,23±0,11	8	11	9,5±0,35	4	8	6,14±0,19			
<i>Abies sibirica</i>												
Высота надземной части, мм / Height of the aboveground part, mm	52	71	61,5±0,83**	36	73	54,5±0,39*	41	63	52±0,68**			
Диаметр стволка у корневой шейки, мм / Diameter of the stem at the root collar, mm	1,1	2,3	1,65±0,08	1,0	2,1	1,85±0,11*	1,0	2,3	1,65±0,11*			
Длина главного корня, мм / Main root length, mm	20,2	80,7	50,3±1,20**	40,4	150,8	95,1±1,68**	50,0	170,2	110,6±1,43**			
Длина боковых корней, мм / Lateral root length, mm	19,7	83,2	51,5±1,04*	40,8	94,7	67,3±1,26*	21,4	81,5	51,2±1,11**			
Количество боковых корней, шт. / Number of lateral roots, pcs	2	9	5,6±0,17	11	16	13,4±0,25	5	11	8,2±0,20			

Примечание. * результаты являются статистически достоверными ($P < 0,05$), ** – результаты являются статистически достоверными ($P < 0,01$).
 Note. * The results are statistically significant ($P < 0,05$), ** – the results are statistically significant ($P < 0,01$).



Picea abies на 51,0%, семян *Abies sibirica* – на 32,4%, по сравнению с контрольной группой. Присутствие *Flammulina velutipes* стимулировало развитие боковых корней *Picea abies* и практически не оказывало воздействия на длину боковых корней *Abies sibirica*. Данный показатель составил 30,8 и 1% соответственно.

Увеличение общей длины корней отразилось на развитии надземной части, так как на первоначальных этапах развития главный и боковой корни играют важную физиологическую и структурообразовательную роль корневых волосков, выполняющих роль сосущих корней (рисунок).



Развитие корневой системы *Picea abies*: 1 – торф + *Flammulina velutipes*, 2 – торф + *Amanita muscaria*, 3 – торф
Root system development: 1 – peat + *Flammulina velutipes*, 2 – peat + *Amanita muscaria*, 3 – peat

Отмечена общая закономерность влияния изучаемых видов грибов на рост семян *Picea abies* и *Abies sibirica*. Присутствие в субстрате *Flammulina velutipes* способствовало росту высоты надземной части, присутствие *Amanita muscaria* – утолщению стволика у корневой шейки. Так, высота надземной части в присутствии *Flammulina velutipes* увеличивалась по сравнению с контрольной группой у семян *Picea abies* на 52,2%, семян *Abies sibirica* – на 18,3%. Микоризация семян *Amanita muscaria* вызывала увеличение диаметра стволика у корневой шейки семян *Picea abies* на 13,6%, семян *Abies sibirica* – на 12,1%.

Заключение

Таким образом, установлено положительное влияние микоризации семян *Flammulina velutipes* и *Amanita muscaria* на рост и развитие растений, о чем свидетельствует достоверное увеличение длины боковых корней семян *Picea abies* и *Abies sibirica*. При этом установлены видовые особенности симбиотических взаимоотношений рассматриваемых видов грибов и древесных растений. Присутствие *Flammulina velutipes* стимулировало рост надземной части и боковых корней и подавляло рост главного корня семян *Picea abies* и *Abies sibirica*. При этом длина боковых корней семян *Picea abies* менее отличалась от такового показателя (5,8%), по сравнению с *Abies sibirica* (30,8%).

Действие *Amanita muscaria* на рост и развитие семян *Picea abies* и *Abies sibirica* было несколько разнонаправленно. Высота надземной части *Abies sibirica* достоверно увеличилась на 4,8% в присутствии микоризы *Amanita muscaria*, а длина главного корня, напротив, уменьшилась на 14,4%. Присутствие данного вида грибов оказало противоположное влияние на *Picea abies*. Высота надземной части достоверно уменьшилась на 10,4%, длина главного корня достоверно увеличилась на 17,2%. При этом установлено увеличение длины боковых корней *Picea abies* и *Abies sibirica* на 97,4 и 31,4% соответственно.

Список литературы

1. Веселкин Д. В. Анатомическое строение эктомикоризы *Abies sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* Ledeb. в условиях загрязнения лесных экосистем выбросами медеплавильного комбината // Экология. 2004. № 2. С. 90–98.
2. Каратыгин И. В. Козволюция грибов и растений. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 115 с.
3. Калякина Р. Г., Рябухина М. В., Рябинина З. Н., Ангальт Е. М. Эколого-биологические особенности хвойных пород деревьев в урбанизированной среде. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет, 2018. 172 с.
4. Панина Г. А., Калякина Р. Г. Качественные показатели семенного материала кустарниковых пород // Леса России в XXI веке: материалы седьмой международной научно-технической интернет-конференции. СПб.: Санкт-Петербургская Государственная лесотехническая академия им. С. М. Кирова, 2011. С. 98–101.



5. Лобанов Н. В. Микотрофность древесных растений. М. : Лес. пром-сть, 1971. 216 с.
6. Харли Дж. Л. Биология микоризы // Микориза растений : сб. / под ред. Н. В. Лобанова. М. : Сельхозиздат, 1963. С. 15–244.
7. Шемаханова Н. М. Микотрофия древесных пород. М. : Изд-во АН СССР, 1962. 374 с.
8. Редько Г. И., Огиевский Д. В., Наквасина Е. Н., Романов Е. М. Биоэкологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках. М. : Лес. пром-сть, 1983. 64 с.
9. Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М. : Наука, 1981. 232 с.
10. Веселкин Д. В. Строение и микоризация корней сеянцев ели и пихты при изменении почвенного субстрата // Лесоведение. 2002. № 3. С. 12–17.
11. Еропкин К. И. О взаимосвязи форм микоризных окончаний у хвойных // Микориза растений : сб. науч. тр. Пермь : Б. и., 1979. С. 61–77.
12. ГОСТ 13056.6-97 Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. Минск : Изд-во стандартов, 1998. 27 с.
13. Лобанов Н. В. Микотрофность древесных растений. Оренбург State Agrarian University, 2018. 172 p. (in Russian).
4. Panina G. A., Kalyakina R. G. Qualitative indicators of seed material of shrubs. *Forests of Russia in the XXI century: materials of the Seventh International Scientific and Technical Internet Conference*. Saint Petersburg, Saint Petersburg State Forestry Academy named after S. M. Kirov, 2011, pp. 98–101 (in Russian).
5. Lobanov N. V. *Mikotrofnost' drevesnykh rasteniy* [Mycotrophicity of Woody Plants]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 216 p. (in Russian).
6. Harley J. L. Biology of mycorrhiza. In: *Mikoriza rasteniy: sb., pod red. N. V. Lobanova* [Lobanov N. V., ed. Mycorrhiza of Plants: coll. arts]. Moscow, Selkhozizdat Publ., 1963, pp. 15–244 (in Russian).
7. Shemakhanova N. M. *Mikotrofiya drevesnykh porod* [Mycotrophy of tree species]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1962. 374 p. (in Russian).
8. Red'ko G. I., Ogiyevskiy D. V., Nakvasina E. N., Romanov E. M. *Bioekologicheskiye osnovy vyrashchivaniya seyantssev sosny i eli v pitomnikakh* [Bioecological Basis for Growing Pine and Spruce Seedlings in Nurseries]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1983. 64 p. (in Russian).
9. Selivanov I. A. *Mikosimbiotrofizm kak forma konsortivnykh svyazey v rastitel'nom pokrove Sovetskogo Soyuza* [Mycosymbiotrophism as a Form of Consortium ties in the Vegetation Cover of the Soviet Union]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 232 p. (in Russian).
10. Veselkin D. V. The structure and mycorrhization of the roots of spruce and fir seedlings when changing the soil substrate. *Lesovedenie*, 2002, no. 3, pp. 12–17 (in Russian).
11. Eropkin K. I. On the relationship of the forms of mycorrhizal endings in conifers. In: *Mikoriza rasteniy: sb. nauch. tr.* [Mycorrhiza of Plants: coll. arts.]. Perm, 1979. pp. 61–77 (in Russian).
12. *GOST 13056.6-97 Seeds of trees and shrubs. Germination method*. Minsk, Izd-vo standartov Publ., 1998. 27 p. (in Russian).

References

Поступила в редакцию 15.03.21, после рецензирования 05.04.21, принята к публикации 17.04.21
Received 15.03.21, revised 05.04.21, accepted 17.04.21