

УДК 581.557.25

\*Д.Г. Фалеев, Б.К. Касымбеков, Е.Г. Фалеев

Научно-исследовательский институт проблем экологии,  
 Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
 \*E-mail: ex\_eko@mail.ru

### Интенсивность микоризной инфекции травянистых растений восточного склона перевала Титова (Заилийский Алатау)

Исследование микосимбиотрофизма 24 видов растений нивального пояса восточного склона перевала им. Титова показали, что большинство изученных видов (71,9%) являлись слабомикотрофными либо немикотрофными (соответственно, 37,5 и 34,4%). Высокомикотрофные виды в исследованных сообществах не выявлены. Показатель средней интенсивности микоризной инфекции составил всего 1,76 балла. Частота встречаемости микоризной инфекции исследованных растений составила 64,7%.

Самые высокие показатели интенсивности микоризной инфекции среди исследованных семейств был выявлен среди представителей семейств *Asteraceae* и *Rosaceae*. Немного ниже была интенсивность микоризной инфекции изученных экземпляров семейств *Labiatae*, *Poaceae*, *Fabaceae*. Самые низкие показатели интенсивности микоризной инфекции выявлены у растений семейства *Saxifragaceae*, *Caryophyllaceae*. Немикотрофными являлись представители семейств *Papaveraceae*, *Cruciferae*, *Cyperaceae*.

**Ключевые слова:** арбускулярная микориза, высокогорные растения, интенсивность микоризной инфекции, частота встречаемости микоризной инфекции.

D.G. Faleev, B.K. Kasymbekov, E.G. Faleev

#### Intensity of mycorrhizal infection in herbaceous plants from eastern slope of titov pass (Zailiyskiy Alatau)

Mycosymbiotrophism study of 24 plant species from nival belt of Titov pass' eastern slope showed that 71.9 percent of specimens studied were either mildly mycotrophic or non-mycotrophic (37.5 and 34.4 percent respectively). Highly mycotrophic species have not been identified. Average mycorrhizal infection intensity index was as low as 1.76 points. The frequency of mycorrhizal infection occurrence in examined plants was 64.7 percent.

Plants from *Asteraceae* and *Rosaceae* displayed the highest rates of mycorrhizal infection intensity. *Labiatae*, *Poaceae*, *Fabaceae* had slightly less intense mycorrhization, whereas the lowest infection rates were observed in *Saxifragaceae*, *Caryophyllaceae*. Non-mycorrhizal species belonged to *Papaveraceae*, *Cruciferae*, *Cyperaceae* families.

**Key words:** arbuscular mycorrhiza, alpine plants, mycorrhizal infection intensity, mycorrhizal infection rate.

Д.Г. Фалеев, Б.К. Касымбеков, Е.Г. Фалеев

#### Титов (Ле Алатауы) асуының күншығыс баурайының шөптесін өсімдіктерінің микориздік инфекциясының қарқындылығы

Титов атындағы асудың күншығыс баурайының мәңгі қар белдеуі өсімдіктерінің 24 түріне микосимбиотрофизмге жүргізілген зерттеулер нәтижесі зерттелінген түрлердің көпшілігі әлсіз микотрофты (71,9%) немесе микотрофты емес (сәйкесінше 37,5 және 34,4%) екендігін көрсетті.

Зерттелінген қауымдастықтар арасында жоғары микотрофты түрлер кездеспеді. Микориздік инфекцияның қарқындылығының орташа көсеткіші 1,76 балл мөлшерінде болды. Зерттелінген өсімдіктерде микориздік инфекцияның кездесу жиілігі 64,7-ге тең.

Зерттелінген тұқымдастар арасында микориздік инфекцияның ең жоғарғы көрсеткіштері *Asteraceae*, *Rosaceae* тұқымдастары өкілдерінде кездесті. Салыстырмалы түрде *Labiatae*, *Poaceae*, *Fabaceae* тұқымдастары үлгілерінде микориздік инфекция қарқындылығы қалысқан жоқ. *Saxifragaceae*, *Caryophyllaceae* тұқымдастарында инфекция қарқындылығы төмен болды. Микотрофты емес тұқымдастарға *Papaveraceae*, *Cruciferae*, *Cyperaceae* жатқызылды.

**Түйін сөздер:** арбускулярлы микориза, биік таулы өсімдіктер, микориздік инфекция интенсивтілігі, микориздік инфекцияның кездесу жиілігі.

Арбускулярная микориза – это широко распространенное в природе, взаимовыгодное сожительство микроскопических грибов отдела *Glomeromycota*, с высшими сосудистыми растениями, способствующее значительному повышению жизнеспособности растения-хозяина. Повышение устойчивости микоризных растений к неблагоприятным условиям окружающей среды обусловлено увеличением двунаправленного трофического потока между микосимбионтами, которое в итоге способствует повышению поглощения питательных элементов растением-хозяином (в частности таких труднодоступных как фосфор и азот), интенсивности фотосинтеза, что, в свою очередь, ведет к существенному увеличению корневой и надземной массы [1-3]. Особый интерес представляет проведение исследований микосимбиотрофизма травянистых растений в условиях высокогорья, где все процессы жизнедеятельности растений протекают в экстремальных условиях [1].

Несмотря на пристальный интерес микоризологов к исследованию микориз природных растительных сообществ, данных по исследованиям микосимбиотрофизма растений в горах мало. На территории СНГ микориза изучалась на Кавказе, Памиро-Алае и Южном Урале. Во всех горных фитоценозах наиболее распространенным типом микориз является арбускулярный тип [4-6].

Исследование микосимбиотрофизма растений Кавказа позволило выявить наилучшее развитие микориз растительных сообществ субальпийского и альпийского поясов, относительная интенсивность микоризной инфекции которых составляла 2,80 и 2,94 балла, соответственно. При этом в клеверово-полевицевом, хамесциадимово-костровом, буквице-гераниево-костровом, бруснично-рододендроновом растительных сообществах все исследованные растения были микотрофными. Самая низкая интенсивность инфекции наблюдалась в горностепном и субнивальном поясах: 1,61 и 1,91 балла, соответственно [6].

Резкие контрастные условия высокогорий Гиссарского хребта неблагоприятны для микоризообразовательного процесса, роль мико-

трофных растений во флоре и растительном покрове снижается, хотя и остается существенной [1].

Микотрофные виды в растительном покрове субальпийского, альпийского и нивального поясов Памиро-Алая составляли от 3,35 до 4,40 балла. В субнивальном поясе Гиссарского хребта количество безмикоризных видов достигало 2,0 баллов. При этом не имели микоризу не только растения постоянно безмикоризные, но и представители семейств в других условиях имевшие микоризу [1].

Данных по исследованиям микосимбиотрофизма растений в высокогорье Заилийском Алатау очень мало [7, 8]. Исследования микосимбиотрофизма в субнивальном поясе, на высотах более 3200 – 3600 м над уровнем моря, ранее не проводились.

Поэтому целью проведения данного исследования явилось изучение микосимбиотрофизма высокогорных растений восточного склона перевала им. Титова (Заилийский Алатау).

#### Материалы и методы

Нами были исследованы 24 вида растений, относящиеся к 17 родам и 10 семействам: *Papaveraceae*, *Caryophyllaceae*, *Cruciferae*, *Saxifragaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Labiatae*, *Cyperaceae*, *Poaceae* (таблица 1).

Изученные растения произрастали в трех растительных сообществах (в сложноцветно-злаково-разнотравном, разнотравном и несформированном растительном сообществе), на восточном склоне перевала имени Титова – бассейн реки Малая Алматинка, Заилийский Алатау (каз. Иле Алатау), на высоте 3250-3630 м над уровнем моря (рисунок 1-3).

Склоны Заилийского Алатау расчленены множеством ущелий с глубокими и крутосклонными долинами. Особенностью южного склона является сильная крутизна, он более короткий и менее расчлененный на ущелья. От основного хребта на северном склоне отходят боковые отроги в виде «прилавок» или иначе предгорья. Территория Заилийского Алатау характеризуется сложным сочетанием форм и типов рельефа различного происхождения [9].



★ – растительные сообщества восточного склона перевала им. Титова, в которых было проведено исследование микосимбиотрофизма высокогорных растений

**Рисунок 1** – Район изучения микосимбиотрофизма высокогорных растений – восточный склон перевала Титова (вид с «Альпинграда» 3450 м над уровнем моря)

Климат Заилийского Алатау, как и всех горных районов, связан с вертикальной поясностью, широтой и долготой местности, удаленностью от океанов, и характеризуется низкой степенью континентальности. Это проявляется в небольших годовых и суточных амплитудах температуры воздуха, увеличении количества атмосферных осадков (по сравнению с территориями, расположенными на предгорной равнине), а также относительной влажности воздуха, облачности. Зима мягкая и снежная, лето прохладное и влажное [9, 10].

Для альпийского пояса характерна низкотравная ковровая растительность, образованная многолетними травами. В сложении растительности участвуют

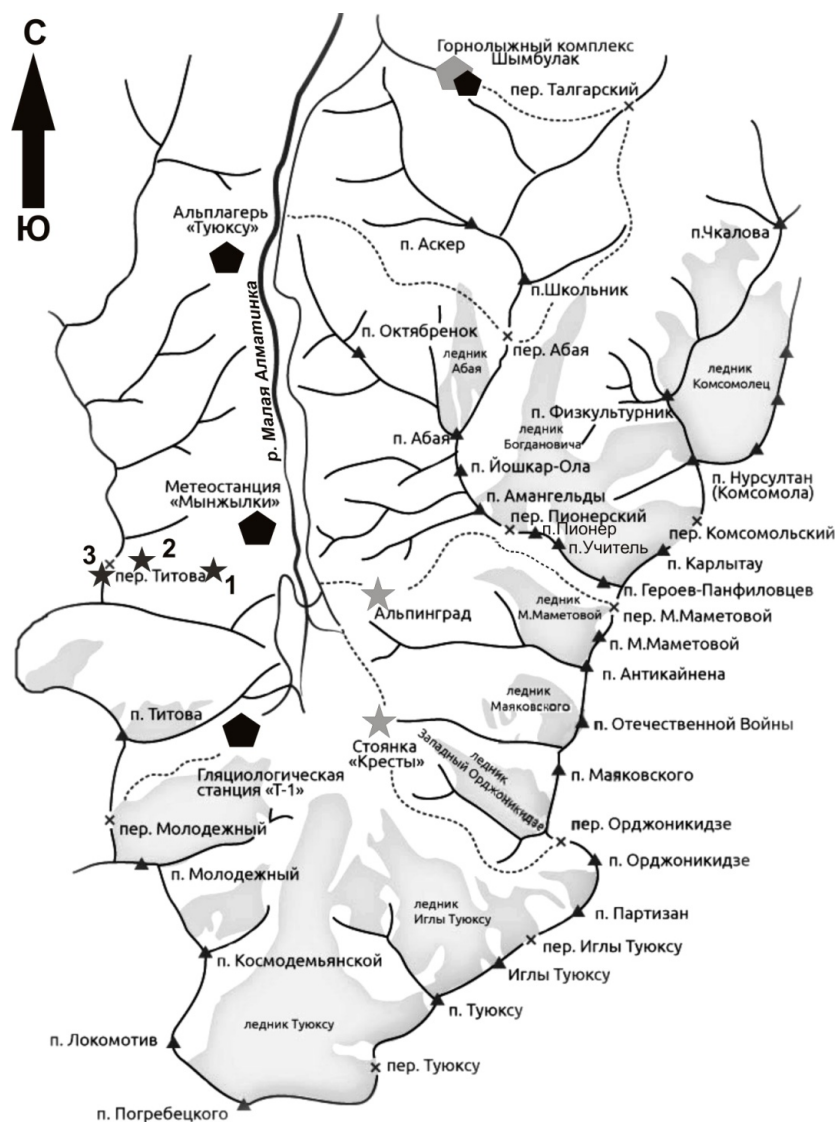
Для альпийского пояса характерна низкотравная ковровая растительность, образованная многолетними травами. В сложении растительности участвуют разнотравные луга, высокогорные степи, кобрезники, ценозы заболоченных участков, сазов прибрежных мест водоемов, и несформированные ценозы различных вариантов каменистого субстрата [11]. Наибольшие площади занимают низкотравные (20-30 см) злаково-разнотравные луга из черноплодной осоки, мятликов лугового и альпийского и др. На склонах южной экспозиции встречаются участки высокогорной каменной степи из разреженных

растений типчака Крыловского, узколистного овсеца, мятлика и др. На выпуклых формах распространены кобрезиевые луга.

Все три исследованных сообщества располагались на выровненных уступах, на песчанно-щебнистых почвах.

В двух исследованных растительных сообществах: сложноцветно-злаково-разнотравной и разнотравном, располагавшихся на высотах порядка 3250-3300 м над уровнем моря, проективное покрытие достигало, соответственно, 60 и 40%. В третьем изученном несформированном растительном сообществе проективное покрытие было крайне низки и составило 5%, данное разнотравное сообщество располагалось на высоте порядка 3630 м над уровнем моря, непосредственно на перевале Титова (рисунок 3).

Для изучения микотрофизма собирались по 5 – 10 экземпляров корневой системы каждого вида растения. Корни мацерировались в 15%-ном растворе КОН и окрашивались трипановым синим в лакто-глицерине. После окрашивания корни промывались и готовились давленые препараты, которые микроскопировались при увеличении 120<sup>x</sup> на микроскопе Carl Zeiss Jena (ГДР). В каждом поле зрения определялось количество гриба микоризообразователя в баллах – по пятибалльной шкале Селиванова [1].



★ – растительные сообщества восточного склона перевала им. Титова, в которых было проведено исследование микосимбиотрофизма высокогорных растений.

Рисунок 2 – Картосхема района проведения исследований по изучению микосимбиотрофизма высокогорных растений восточного склона перевала Титова

### Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования по изучению микосимбиотрофизма травянистых растений исследованных фитоценозов восточного склона перевала им. Титова показали, что степень инфицирования грибами-микоризообразователями в суровых климатических условиях нивального пояса микотрофных растений в целом не высока. Так, подавляющее большинство изученных экземпляров (71,9%) были в равных количествах представлены слабмикотрофными и немико-

трофными растениями (соответственно, 37,5 и 34,4%). Вместе с тем высокомикотрофные виды в исследованных сообществах не выявлены. Количество среднемикотрофных видов составило 28,1%. Частота встречаемости микоризной инфекции исследованных растений составила 65,6%.

Самый высокий показатель интенсивности микоризной инфекции среди исследованных растений был выявлен у представителя семейства *Asteraceae* – *Erigeron palliplus* M. Pop., до-

стигавший в среднем 3,35 балла. Практически половина объема коры корня промикроскопированных образцов содержала структуры, характерные для гриба-микоризообразователя, образующего микоризу арбускулярного типа (таблица 1).

Интенсивность микоризной инфекции



А



Б

Рисунок 3 – Разнотравное (А.) и несформированное (Б.) растительные сообщества на восточном склоне перевала Титова

Почти в 2 раза ниже, по сравнению с максимальным показателем интенсивности микоризной инфекции, была интенсивность инфекции у растений семейств *Asteraceae* (*Erigeron heterochaeta* (Benth.) Botsch. – в среднем 1,80 балла), *Labiatae*: (*Dracocephalum imberbe* Vge. – 1,50 балла), *Poaceae* (*Festuca kriloviana* Reverd. – 1,60 балла) и *Rosaceae* (*Potentilla nivea* L. – 1,70 балла, *P. gelida* С.А. Мей – 1,60 балла, *Dryadanthe tetrandra* (Vge.) Jus. – 1,50 балла).

Одни из самых низких показателей степени инфицированности корневых систем грибами, образующими арбускулярную микоризу, были выявлены при микрокопировании у растений семейств *Fabaceae* (*Oxytropis chionobia* Vge. составивший в среднем 1,15 балла), *Poaceae* (*Trisetum spicatum* (L.) Richt. – 0,95 балла, *Festuca rubra* L. – 0,87 балла), *Saxifragaceae* (*Saxifraga sibirica* L. – 0,80 балла).

Самые низкие показатели интенсивности микоризной инфекции среди исследованных растений были выявлены у представителей семейств *Caryophyllaceae* (*Minuartia biflora* (L.) Schinz. et Thell. и *Stellaria peduncularis* Vge., интенсивность микоризной инфекции которых составила

представителей семейства сложноцветных – *Leontopodium ochroleucum* Beauv. и *Pyrethrum pulchrum* Ledeb., и представителей сем. мятликовых – *Festuca coelestis* (St.-Yves.) V. Krecz. et Bobr. и *Poa alpina* L. была примерно в 1,5 раза ниже: составив, соответственно, в среднем 2,17; 2,05; 2,02 и 2,0 балла.

в среднем по 0,25 балла) и *Asteraceae* (*Pyrethrum karelinii* Krasch. – 0,20 балла). В микрокопированных образцах корневых систем растений данных видов были выявлены единичные не-септированные гифы, в то время как везикулы и арбускулы встречались крайне редко.

В коре корня изученных образцов представителей семейств *Papaveraceae* (*Papaver croceum* Ledeb), *Cruciferae* (*Draba oreades* Schrenk и *D. lanceolata* Royle), *Cyperaceae* (*Carex sp.*, *Lusula sp.*), *Caryophyllaceae* (*Stellaria umbellata* Turcz., *Cerastium pusillum* Ser.), *Saxifragaceae* (*Saxifraga macrocalyx* Tolm.), *Asteraceae* (*Waldheimia trydactylites* Kar. et Kir.) при микрокопировании структуры, характерные для грибов-микоризообразователей, не выявлены (таблица 1).

Максимальный показатель интенсивности микоризной инфекции среди исследованных семейств был выявлен среди представителей семейств *Asteraceae* и *Rosaceae*: составив в среднем 1,64 и 1,60 балла, соответственно.

Немногом ниже была интенсивность микоризной инфекции изученных экземпляров семейств *Labiatae* (в среднем 1,50 балла), *Poaceae* (1,46 балла), *Fabaceae* (1,15 балла). В

образцах корневых систем растений семейства *Saxifragaceae* были выявлены единичные структуры гриба-микоризообразователя, интенсивность микоризной инфекции данного семейства составила в среднем 0,4 балла.

Микроскопированные образцы корневых систем представителей семейства *Caryophyllaceae* содержали минимальное, из всех исследованных семейств, количество эндомикоризных грибов – в среднем 0,12 балла (таблица 1).

**Таблица 1** – Интенсивность микоризной инфекции травянистых растений северо-восточного склона вершины Титова

Семейство	Вид	Интенсивность микоризной инфекции	
		видов	семейств
<i>Papaveraceae</i>	<i>Papaver croceum</i>	0	0
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Minuartia biflora</i>	0,25±0,01	0,12±0,01
	<i>Stellaria umbellata</i>	0	
	<i>Stellaria peduncularis</i>	0,25±0,01	
	<i>Cerastium pusillum</i>	0	
<i>Cruciferae</i>	<i>Draba oreades</i>	0	0
	<i>Draba lanceolata</i>	0	
<i>Saxifragaceae</i>	<i>Saxifraga macrocalyx</i>	0	0,40±0,01
	<i>Saxifraga sibirica</i>	0,80±0,01	
<i>Rosaceae</i>	<i>Potentilla gelida</i>	1,60±0,02	1,60±0,02
	<i>Potentilla nivea</i>	1,70±0,02	
	<i>Dryadanthe tetrandra</i>	1,50±0,02	
<i>Fabaceae</i>	<i>Oxytropis chionobia</i>	1,15±0,02	1,15±0,02
<i>Asteraceae</i>	<i>Pyrethrum pulchrum</i>	2,05±0,02	1,64±0,02
	<i>Pyrethrum karelinii</i>	0,20±0,01	
	<i>Leontopodium ochroleucum</i>	2,18±0,02	
	<i>Erigeron heterochaeta</i>	1,80±0,02	
	<i>Erigeron palliplus</i>	3,35±0,03	
	<i>Waldheimia trydactylites</i>	0	
<i>Labiatae</i>	<i>Dracocephalum imberbe</i>	1,5±0,02	1,50±0,02
<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex sp.</i>	0	0
	<i>Lusula sp.</i>	0	
<i>Poaceae</i>	<i>Poa alpina</i>	2,0±0,02	1,46±0,02
	<i>Trisetum spicatum</i>	0,95±0,01	
	<i>Festuca rubra</i>	0,88±0,01	
	<i>Festuca kriloviana</i>	1,6±0,02	
	<i>Festuca coelestis</i>	2,03±0,02	

В коре корня исследованных растений семейств *Papaveraceae*, *Cruciferae*, *Cyperaceae* структуры, характерные для грибов, образующих арбускулярную микоризу, несептированные гифы и арбускулы, не выявлены; изредка в некоторых образцах корневых систем данных семейств встречались единичные септированные гифы и небольшие округлые везикулы, скорее всего, являющиеся структурами грибов-фитопатогенов, не исключено также, что это какие-либо микоризоподобные структуры.

Показатель средней интенсивности микориз-

ной инфекции исследованных нами растений составил 1,76 балла.

Анализ микосимбиотического ряда дифференциации позволил выявить, что большинство изученных видов (71,9%) являлись слабомикотрофными либо немикотрофными (соответственно, 37,5 и 34,4%). Количество среднемикотрофных видов составило 28,1%. Высокомикотрофные виды в исследованных сообществах нами не выявлены (рисунок 4). Соответственно, частота встречаемости микоризной инфекции исследованных растений составила 65,6%.

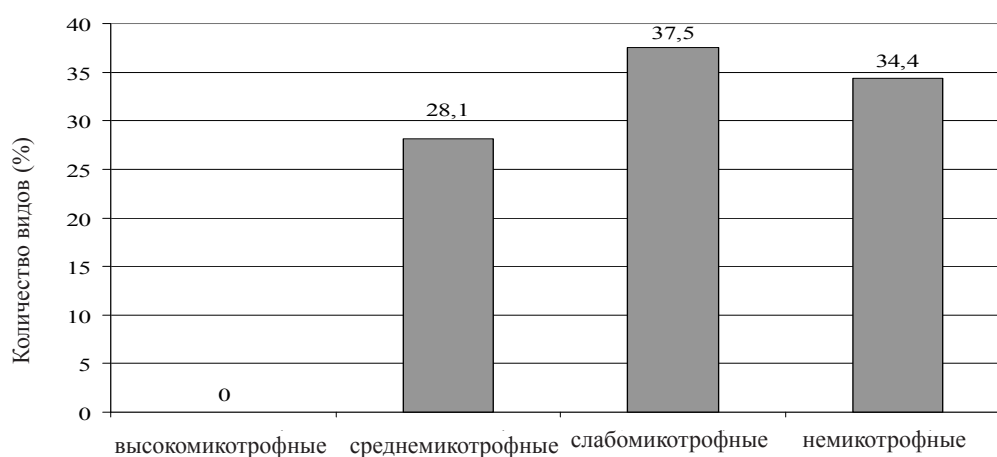


Рисунок 4 – Микосимбиотический ряд дифференциации высокогорных растений восточного склона перевала Титова

Таким образом, проведенные нами исследования 24 видов травянистых растений нивально-го пояса, трех растительных сообществ восточного склона перевала им. Титова показали, что большинство изученных видов (71,9%) являлись слабомикотрофными (37,5%) либо немикотрофными (34,4%). Высокомикотрофные виды в исследованных сообществах не выявлены. Количество среднемикотрофных видов составило 28,1%. Показатель средней интенсивности микоризной инфекции составил всего 1,76 балла. При этом частота встречаемости микоризной инфекции исследованных растений составила 65,6%.

Максимальный показатель интенсивности микоризной инфекции среди исследованных семейств был выявлен среди представителей семейств *Asteraceae* и *Rosaceae*. Немного ниже была интенсивность микоризной инфекции изученных экземпляров семейств *Labiatae*, *Poaceae*,

*Fabaceae*. В образцах корневых систем растений семейства *Saxifragaceae* были выявлены единичные структуры гриба-микоризообразователя. Микроскопированные образцы корневых систем представителей семейства *Caryophyllaceae* содержали минимальное, из всех исследованных семейств, количество эндомикоризных грибов. В коре корня исследованных растений семейств *Papaveraceae*, *Cruciferae*, *Cyperaceae* структуры, характерные для грибов, образующих арбускулярную микоризу, не выявлены.

Полученные нами данные по степени микосимбиотрофизма травянистых растений восточного склона перевала им. Титова показали, что, несмотря на снижение степени микотрофности, у подавляющего большинства исследованных растений встречалась микоризная инфекция, это в немалой степени способствует повышению толерантности микоризных растений произрастающих в суровых условиях высокогорной зоны.

**Литература**

- 1 Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. – М.: Наука, 1981. – 177 с.
- 2 Sharma A.K., Johri B.N. Arbuscular Mycorrhizae Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils. – Plymouth: Science Publishers UK, 2002. – 363 p.
- 3 Peterson L.R., Massicotte B., Lewis H.M. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology – Ottawa, National Research Council of Canada, 2004. – 173 p.
- 4 Нозадзе Л.М. Микосимбиотрофность травянистых растений в некоторых фитоценозах Грузии в связи с вертикальной поясностью // Тез. докл. 7 Делегат. съезда Всес. ботан. о-ва. – Л., 1983. – С. 159-160.
- 5 Утемова Л.Д. О распространении микосимбиотрофизма в растительном покрове юга Красноярского края // Микорриза и др. формы консортивных отношений в природе. – Пермь, 1978. – С. 19-23.
- 6 Крюгер Л.В., Селиванов И.А. Микотрофизм растений в некоторых растительных сообществах нижнего лесного пояса Кавказа // В кн.: «Микорриза и другие формы консортивных отношений в природе». – Пермь, 1977. – С. 27-33.
- 7 Касымбеков Б.К. Везикулярно-арбускулярная микорриза и грибы-микорризообразователи травянистых растений Заилийского Алатау: автореф. дисс... – Алматы, 1999. – 22 с.
- 8 Байтулин И.О., Мухитдинов Н.М., Касымбеков Б.К. Итоги и перспективы изучения микотрофизма в Казахстане // Материалы международной научной конференции, посвященной 70-летию Института ботаники и фитоинтродукции НАН РК. – Алматы, 2002. – С. 157-160.
- 9 Жандаев М.Ж. Природа Заилийского Алатау. – Алма-Ата, 1978. – 160 с.
- 10 Нестерова С.Г. Экология высокогорных растений Заилийского Алатау. – Алматы, 1998. – 106 с.
- 11 Байтенов М.С. Высокогорная флора Северного Тянь-Шаня. – Алма-Ата, 1985. – 232 с.

**References**

- 1 Selivanov I.A. Mikosymbiotrofizm as a form consorts connection in the vegetation of the Soviet Union. – Moscow, Nauka, 1981. – 177 p.
- 2 Sharma A.K., Johri B.N. Arbuscular Mycorrhizae Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils. – Plymouth, Science Publishers UK, 2002. – 363 p.
- 3 Peterson L.R., Massicotte B., Lewis H.M. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology – Ottawa, National Research Council of Canada, 2004. – 173 p.
- 4 Nozadze L.M. Mikosymbiotrofnost herbaceous plants in some plant communities of Georgia in connection with a vertical zonation. // Proc. Reports, 7 delegate, All-Union Congress bot. o-va, – L., 1983. – p. 159-160.
- 5 Utemova L.D. Propagation mikosymbiotrofizma in vegetation south of Krasnoyarskogo kraja // Mycorrhiza and other forms of consorts relations in nature. – Perm, 1978. – P. 19-23.
- 6 Kruger L.V., Selivanov I.A. Mikotrofizm plants in some plant communities of the lower forest belt of the Caucasus. // In kn. "Mycorrhiza and other forms of consorts relationships in nature." – Perm, 1977. – P. 27-33.
- 7 Kasymbekov B.K. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and mycorrhizal herbaceous plants of Trans-Ili Alatau. // Avtoref. diss... – Almaty, 1999. – 22 p.
- 8 Baitulin I.O., Mukhitdinov N.M., Kasymbekov B.K. Results and prospects of studying mikotrofizma in Kazakhstan // International scientific conference devoted to the 70th anniversary of the Institute of Botany, Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan and Phyto. – Almaty, 2002. – P. 157-160.
- 9 Jandaev M.J. The nature of Zailiyskiy Alatau. – Alma-Ata, 1978. – P. 160.
- 10 Nesterova S.G. Ecology of alpine plants of Zailiyskiy Alatau. – Almaty, 1998. – P. 106.
- 11 Baitenov M.S. Alpine flora of the Northern Tien-Shan. – Alma-Ata, 1985. – 232 p.