

УДК 581.557.25

Д.Г. Фалеев

Научно-исследовательский институт проблем экологии,  
при Казахском национальной университете имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы  
e-mail: ex\_eko@mail.ru

**Арбускулярная микориза тау-сагыза  
(*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse)  
Каратауского ГПЗ (Сырдарьинский Каратау)**

Исследование растений *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse проведенное на территории Каратауского ГПЗ показали, что все исследованные нами образцы корневых систем тау-сагыза были микоризными: средне- и слабомикотрофными, частота встречаемости микоризной инфекции составила 100%.

Очевидно, что полученные нами данные указывают на то, что микориза арбускулярного типа играет большую роль в жизнедеятельности *Scorzonera tau-saghyz*, повышая устойчивость данного вида растений к неблагоприятным условиям окружающей среды. Использование эндомикориз может в существенной степени способствовать разработке современных рентабельных биотехнологий направленных на восстановление численности в природе и получение коммерческого каучука из корней *Scorzonera tau-saghyz*.

**Ключевые слова:** арбускулярная микориза, *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse, интенсивность микоризной инфекции, частота встречаемости микоризной инфекции.

Д.Г. Фалеев

**Тау-сағыз өсімдігінің микосимбиотрофизімі (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse)  
Қаратау МТҚ (Сырдариядағы Қаратау)**

*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse өсімдігінің Қаратаудың МТҚ аумағында өткізілген зерттеу бойынша тау-сағыз тамыр жүйесінде микоризной инфекциясы 100% пайыз боп кездеседі. Барлық зерттелінген өсімдіктер биік- және ортамикотрофты болып табылды.

Бізбен өткізілген зерттеу бойынша, арбускуляр микориза *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінің өмірінде орын алатыны айқындалды, себебі ол өсімдікке қатал қоршаған шарттар арасында өмір сүруге көмектеседі. Эндомикоризаны қолдану қазіргі тиімді биотехнологияның зерттемесін көтеруінде, коммерциялық каучукті *Scorzonera tau-saghyz* өсімдігінең алуға көмектеседі.

**Түйін сөздер:** арбускулярлық микориза, *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse, микориза инфекцияның ашықтылығы, микориза инфекцияның кездесетіндігінің жиілігі.

D.G. Faleev

***Tau-sagyz* (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. Et Bosse) plants arbuscular mycorrhiza  
of the Karatau State Natural Reserve (Syrdarya Karatau)**

Studies of the arbuscular mycorrhiza of *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse plants conducted on Karatau SNR site showed, that all samples of tau-sagyz root systems we explored were mycorrhizal: frequency of mycorrhizal infection was 100%. All plants explored by us were high and middle mycotrophic. Obviously, our findings indicate that arbuscular type mycorrhizae have an important role in life of *Scorzonera tau-saghyz*, increasing the resistance of this sort of plants to adverse environmental. Using of endomycorrhizas could greatly assist in development of cost-effective modern biotechnology to restore abundance in nature and getting commercial rubber from the roots *Scorzonera tau-saghyz*.

**Key words:** arbuscular mycorrhiza, *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse, intensity of mycorrhizal infection, frequency of occurrence of mycorrhizal infection

Козелец тау-сагыз – *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse (тау-сагыз) – редкий, эндемичный вид с дизъюнктивным Тяньшанско-Памиро-Алайским ареалом, перспективный каучуконос, способный накапливать в корнях до 40% каучука.

Численность данного вида в природных условиях была серьезно подорвана в 40-е годы прошлого века в ходе интенсивной заготовки. В настоящее время численность тау-сагыза невелика. Данный вид встречается крайне редко, а восстановление численности и ареалов произрастания происходит очень медленно. В последние годы интерес к этому растению вырос, и сейчас ведутся научно-исследовательские работы по восстановлению численности данного вида, а также по разработке эффективных и рентабельных биотехнологий получения коммерческого каучука из корней *Scorzonera tau-saghyz*. Актуальность проведения научно-исследовательских работ в данной области вызвана как проблемой восстановления в ареалах обитания численности тау-сагыза, так и перспективой получения новых сортов с высоким содержанием каучука [1-2].

Очевидно, что восстановление численности редких и исчезающих видов требует комплексного подхода, с использованием современных биологических методов, одними из таких методов может стать использование грибов образующих микоризы арбускулярного типа.

Арбускулярная микориза (эндомикориза) – 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 микоризного растения [3-6].

Исследования микосимбиотрофизма тау-сагыза ранее не проводились. При этом, многочисленные исследования показывают, что предста-

вители семейства сложноцветных, к которому и относится тау-сагыз, в природных условиях часто являются микотрофными растениями, с хорошо развитой микоризной инфекцией [3, 5, 7-9]. В связи с этим целью проведения данного исследования явилось изучение интенсивности микоризной инфекции редкого и исчезающего вида тау-сгыз в пределах Каратауского ГПЗ.

#### Материалы и методы

Нами были проведены исследования микосимбиотрофизма растения вида козелец тау-сагыз – *Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse (по казахски тау-сагыз), являющегося представителем семейства сложноцветных (*Asteraceae*). Одна из трудностей исследования микосимбиотрофизма данного вида заключается в том, что данный вид встречается крайне редко, в связи с этим в данной работе приводятся данные исследования микотрофности растений только в трех точках: в несформированной растительной ассоциации и двух опытных площадках Каратауского государственного природного заповедника (ГПЗ).

В ходе проведения исследования, были изучены растения тау-сагыза несформированного петрофильного растительного сообщества. Сообщество располагалось на северном макросклоне хребта Сырдарьинского Каратау. Почва каменистая с выходами скальных пород, местами щебнисто-суглинистая. Проективное покрытие 5-10 %, местами до 15 %. В данной точке отбора проб растения *Scorzonera tau-saghyz* располагались группами. Доля тау-сагыза в общем проективном покрытии растений данного сообщества не превышала 2-3%. Кроме *Scorzonera tau-saghyz* здесь встречались *Poa bulbosa* L., *Bromus tectorum* L., *Centaurea* sp. и др.

Микосимбиотрофизм *Scorzonera tau-saghyz* был исследован также на двух опытных площадках Каратауского ГПЗ: в ущелье Хантаги (двулетние проростки) и на окраине г. Кентау (однолетние проростки). В отличие от природного растительного сообщества на опытных площадках осуществлялся полив, регулярно выполнялась прополка.

Исследование на опытных площадках и в природных условиях на территории Каратауского ГПЗ было проведено в начале июня. Для изучения микотрофизма собирались по 5–10 экземпляров корневой системы каждого вида растения. Отобранные образцы корневых систем

фиксируются в 70% растворе этилового спирта. Затем, корни мацерировались в 10%-ном растворе КОН и окрашивались трипановым синим в лакто-глицерине. После окрашивания корни промывались и готовились давленые препараты, которые микроскопировались при увеличении 120X на микроскопе Carl Zeiss Jena (ГДР). В каждом поле зрения определялось количество гриба микоризообразователя в баллах – по пятибалльной шкале Селиванова [2].

Для определения микосимбиотического ряда дифференциации подсчитывают количество высоко-, средне-, слабо- и немикотрофных экземпляров в процентах. К высокомикотрофным относят растения с интенсивностью микоризной инфекции более 3,5 баллов, среднемикотрофным – 2-3,5 балла, слабомикотрофным – до 2 баллов.

#### Результаты исследований и их обсуждение

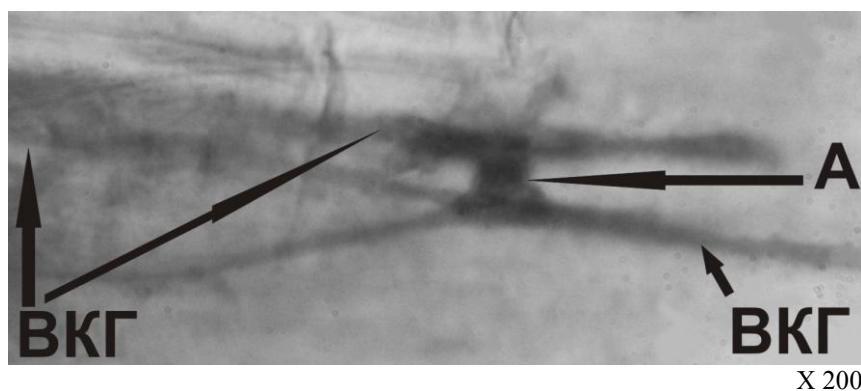
Проведенные исследования по изучению интенсивности микоризной инфекции растений *Scorzonera tau-saghyz* на территории Каратауского ГПЗ показали, что для степени инфицирования грибами-микоризообразователями в условиях гор хребта Сырдарьинского Каратау в целом характерны средние показатели. Во всех исследованных нами образцах корневых систем были выявлены структуры характерные для гриба-микоризообразователя: несептированные гифы, везикулы, иногда встречались арбускулы (рисунок 1-4).

Необходимо отметить, что при микроскопировании образцов корневых систем тау-сагыза были выявлены некоторые морфологические

различия внутрикорневых структур гриба-микоризообразователя между экземплярами растений отобранных из природного растительного сообщества и представителями *Scorzonera tau-saghyz* произрастающими на опытных площадках (ущелья Хантаги и на окраине города Кентау). Так, гифы эндомикоризного гриба в образцах корневых систем растений произрастающих на опытных площадках характеризовались линейным распространением в коре корня *Scorzonera tau-saghyz* и были в 1,5-2 раза тоньше, чем гифы в образцах корневых систем из природных растительных сообществ. Более того, внутрикорневые гифы гриба-микоризообразователя в растениях природных сообществ характеризовались существенной степенью извитости: часто образовывали изгибы, петли, анастомозы (рисунок 1).

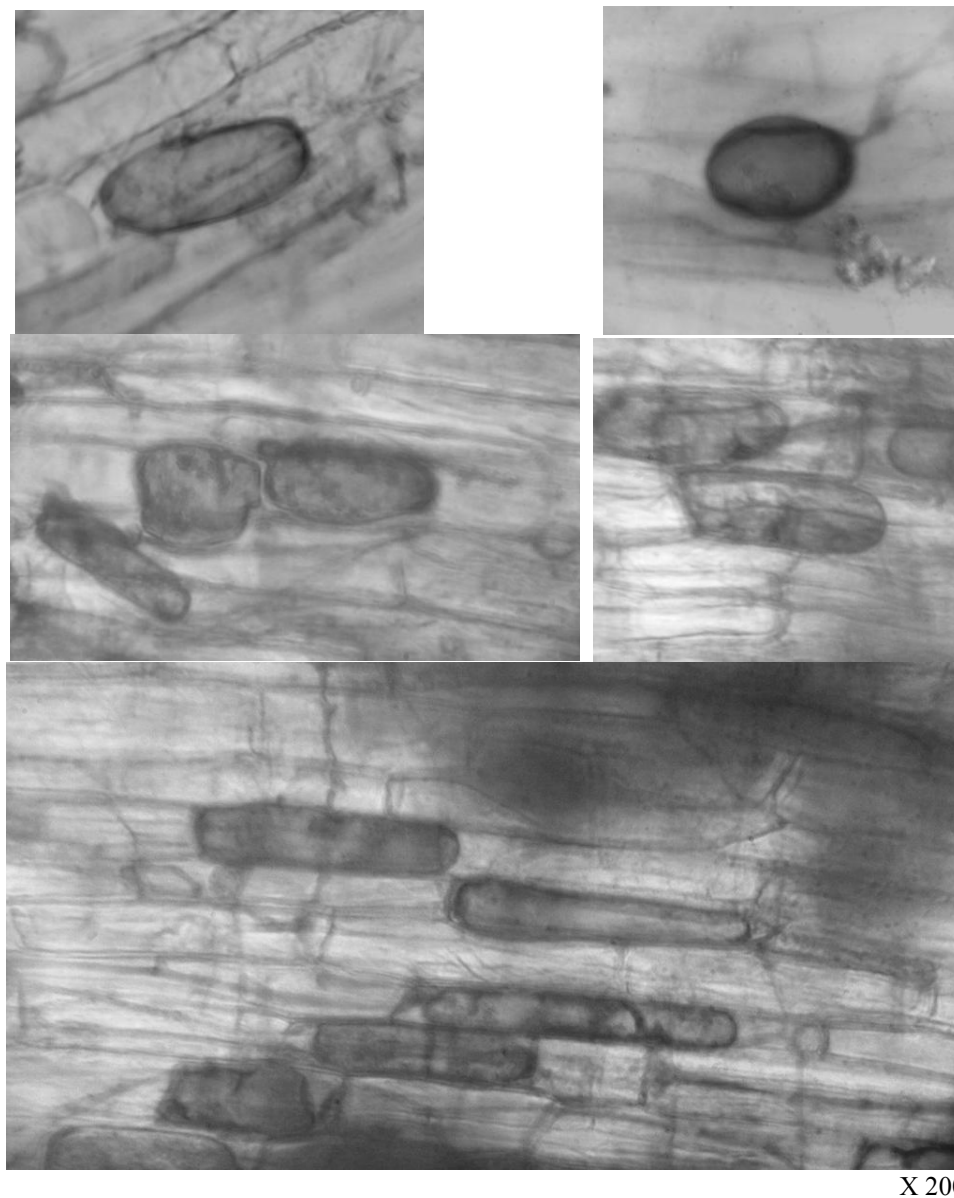
Кроме того, выявленные нами в ходе микроскопирования везикулы в коре корня *Scorzonera tau-saghyz* имели в основном овальную форму, но встречались также и округлые, а также везикулы неправильной формы – имевшие различные ассиметричные выросты, скошенные бока, обусловленные очертаниями клеточной стенки растения-хозяина (внутриклеточные везикулы) (рисунки 2, 3).

Все изученные экземпляры были представлены средне- и низкомикотрофными растениями (соответственно 71,4 и 28,6%). Высокомикотрофные и немикотрофные виды не выявлены. Частота встречаемости микоризной инфекции во всех исследованных исследованных нами растений составила 100%.



А – анастомозы; ВКГ – внутрикорневые гифы.

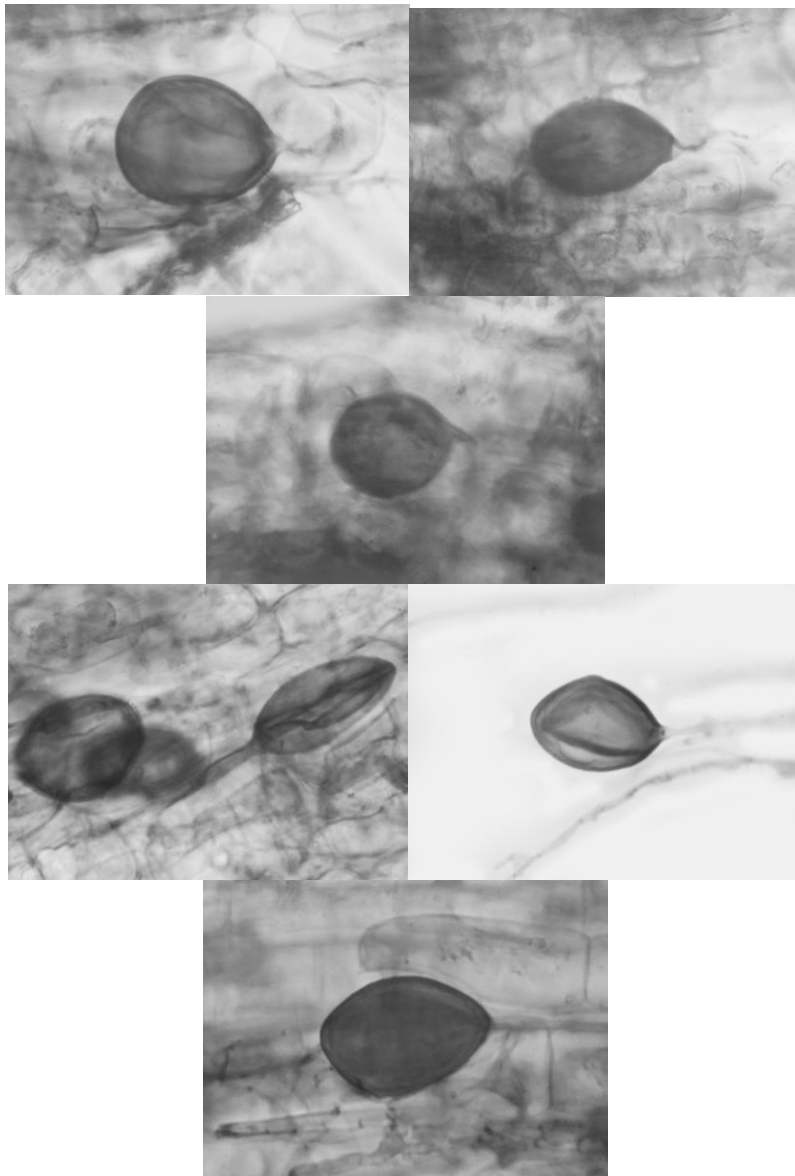
**Рисунок 1** – Гифы гриба-микоризообразователя в коре корня *Scorzonera tau-saghyz* из несформированного растительного сообщества северного макросклона Сырдарьинского Каратау (ГПЗ Каратау)



**Рисунок 2** – Везикулы гриба-микоризообразователя в коре корня *Scorzonera tau-saghyz* из несформированного растительного сообщества северного макросклона Сырдарьинского Каратау (ГПЗ Каратау)

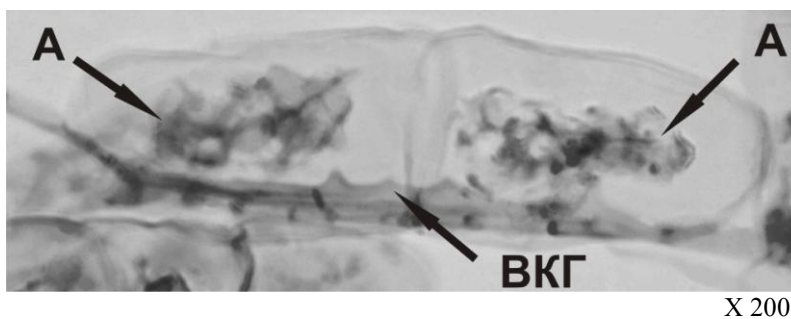
Самый высокий показатель интенсивности микоризной инфекции среди исследованных растений был выявлен у представителей тау-сагыза отобранных на опытных площадках в ущелье Хантаги. Здесь интенсивность микоризной инфекции двухлетних проростков составила  $3,33 \pm 0,05$  балла (таблица 1). Практически половина объема коры корня промикроскопированных образцов содержала структуры характерные для гриба-микоризообразователя образующего микоризу арбускулярного типа. Более того, в образцах корневых систем у данных представите-

лей *Scorzonera tau-saghyz* были выявлены самые высокие показатели по содержанию в коре корня везикул и арбускул (рисунок 4). Так, содержание арбускул достигало  $1,11 \pm 0,03$  балла. Так как арбускулы представляют собой древовидно дихотомически ветвящиеся гифы и в значительной степени способствуют интенсификации двунаправленного трофического потока между растением-хозяином и грибом-микоризообразователем их значительное количество в коре корня исследованных образцов растений указывает на то, что эндомикоризный гриб играет



X 200

**Рисунок 3** – Везикулы гриба-микорризообразователя в коре корня 2-х летних проростки *Scorzonera tau-saghyz*, опытная площадка ущелье Хантаги (ГПЗ Каратау)



X 200

А – арбускулы; ВКГ – внутрикорневые гифы.

**Рисунок 4** – Арбускулы гриба-микорризообразователя в коре корня 2-х летних проростки *Scorzonera tau-saghyz*, опытная площадка ущелье Хантаги (ГПЗ Каратау)

большую роль в жизнедеятельности микоризного растения интенсифицируя его питание, и, как следствие, в значительной степени повышая его гомеостаз, урожайность, устойчивость к различным неблагоприятным факторам окружающей среды. Очевидно, что интенсификация трофических процессов растения-хозяина и гриба-микоризообразователя способствует увеличению количества везикул в коре корня *Scorzonera tau-saghyz*, структур эндомикоризного гриба, представляющих собой пузыревидное расширение гиф, являющихся вместилищем запасных питательных веществ для гриба. Количество везикул в среднем достигало  $0,85 \pm 0,02$  балла. Столь высокие показатели интенсивности микоризной инфекции изученных растений тау-сагыза, в данной точке отбора проб, возможно, объясняются уходом за двухлетними проростками, в частности поливом и прополкой.

Интенсивность микоризной инфекции *Scorzonera tau-saghyz* из несформированного растительного сообщества была почти в полтора раза ниже, составив в среднем  $2,23 \pm 0,04$  балла. Количество арбускул и везикул, также было существенно ниже, чем в образцах отобранных на опытной площадке в ущелье Хантаги. Так, арбускулы в коре корня растения-хозяина встречались крайне редко, составив в среднем  $0,06 \pm 0,01$  балла, это в 18,5 раз ниже, чем в корнях микоризных растений в ущелье Хантаги. Количество везикул, также было в 1,5 раза ниже, составив  $0,55 \pm 0,01$  балла (таблица 1). Скорее всего, столь низкие показатели микосимбиотрофизма в данной точке отбора проб связаны с тем, что растения произрастали в более суровых условиях в несформированном петрофильном растительном сообществе, характеризующемся ксерофитизацией и отсутствием как такового почвенного покрова. Тем не менее, даже в столь суровых условиях произрастания у растений сохраняется эндомикоризная инфекция, а значит грибы-микоризообразователи продолжают играть существенную роль в устойчивости *Scorzonera tau-saghyz* к неблагоприятным условиям окружающей среды, повышая гомеостаз растения и его ростовые параметры.

Самые низкие показатели интенсивности микоризной инфекции были выявлены в образцах корневых систем однолетних проростков тау-сагыза, отобранных на территории опытной площадки, на окраине города Кентау. В данной

точке отбора проб интенсивность микоризной инфекции падала до  $1,85 \pm 0,03$  балла, что было соответственно ниже в 1,2 и 1,8 раз по сравнению с описанными выше точками. Здесь, интенсивность микоризной инфекции была низкой, судя по всему, в связи с тем, что растения были просто еще недостаточно развитыми и не смотря на уход за проростками – полив и прополку, не произошла еще установка высокоинтенсивного двунаправленного трофического потока между растением-хозяином и грибом-микоризообразователем. Также, низкими были показатели содержания арбускул и везикул в коре корня. В частности, количество арбускул составило в среднем  $0,22 \pm 0,01$  балла. Данный показатель у двухлетних проростках с опытной площадки в ущелье Хантаги был заметно – в 5 раз – выше, в то время как в образцах корневых систем из природного сообщества аналогичный показатель, напротив, был существенно ниже – в более чем в 3,5 раза. Количество везикул в отличие от варианта с пробами из несформированного растительного сообщества ( $0,55 \pm 0,01$  балла) было немногим меньше: составив в среднем  $0,40 \pm 0,01$  балла. При этом количество внутрикорневых везикул в образцах корневых систем однолетних проростков опытных площадок было в 2 раза меньше, чем у двухлетних проростков выращенных в ущелье Хантаги: соответственно составив, в среднем  $0,40 \pm 0,01$  и  $0,85 \pm 0,02$  балла. Вместе с тем, содержание везикул во всех точках отбора проб было сравнительно низким (таблица 1).

Таким образом, проведенные нами исследования микосимбиотрофизма растений скорзоне-ра тау-сагыз показали, что все исследованные нами экземпляры растений, как из природного несформированного растительного сообщества, так и отобранные на территории питомников Каратауского ГПЗ, являются микоризными. Частота встречаемости микоризной инфекции во всех изученных экземпляров *Scorzonera tau-saghyz* составила 100%. Все изученные экземпляры были представлены исключительно средне- и слабомикотрофными растениями (соответственно 71,4 и 28,6%). Высокомикотрофные и немикотрофные виды не выявлены.

Общая интенсивность микоризной инфекции всех исследованных нами образцов составила  $2,47 \pm 0,04$  балла. При этом, наибольшее значение данного показателя было выявлено у двухлетних проростков опытной площадки Хан-

таги –  $3,33 \pm 0,05$  балла, наименьший показатель выявлен у однолетних проростков растений опытной площадки г. Кентау –  $1,85 \pm 0,03$  балла. Очевидно, что высокий показатель обусловлен более благоприятными условиями произрастания тау-сагыза, обеспечиваемыми своевременной прополкой и поливом, в то время как низкий показатель, скорее всего, связан с тем, что проростки однолетние и недостаточно развиты, чтобы обеспечить высокую интенсивность микоризной инфекции. Интенсивность микоризной инфекции *Scorzonera tau-saghyz* несформированного растительного сообщества, северного макросклона хребта Сырдарьинского Каратау составила в среднем  $2,23 \pm 0,04$  балла, что заметно, ниже аналогичного показателя культивируемых двулетних проростков, следовательно искусственное выращивание может способствовать повышению степени микосимбиотрофизма растений тау-сагыза в культуре.

Средний балл везикул всех исследованных нами образцов был немного выше, чем арбускул составив соответственно  $0,60 \pm 0,02$  и  $0,46 \pm 0,02$  балла. При этом, наибольшее количество арбускул –  $1,11 \pm 0,03$  балла было выявлено у двулетних проростков возделываемых в культуре, что указывает на высокую интенсивность двунаправленного торфического потока между растением-хозяином и грибом-микоризообразователем. Данный факт, как и изложенное выше, указывает на возможность повышения интенсивности эффекта микосимбиотрофизма в условиях культивирования и как следствие увеличение ростовых параметров и урожайности растения-хозяина. Количество арбускул в условиях культуры также было выше, составив  $0,85 \pm 0,02$  баллов у двулетних проростков, в то время как у однолетних проростков и растений из природного растительного сообщества соответственно  $0,40 \pm 0,01$  и  $0,55 \pm 0,01$  балла.

Полученные данные по степени микосимбиотрофизма растений тау-сагыза из несформированного петрофильного растительного сообщества, близ поселка Ачисай, северного макросклона Сырдарьинского Каратау показали, что, у всех исследованных растений встречалась эндомикоризная инфекция, это в немалой степени способствует повышению толерантности микотрофных растений произрастающих в суровых условиях аридного среднегорья: в условиях влагодефицита и отсутствия как такового почвенного покрова. Исследования растений скорзонеры из питомников Каратауского ГПЗ показали, что изученные экземпляры являлись среднемикотрофными. В условиях культивирования микоризная инфекция может не только сохраняться, но и существенно превосходить по интенсивности аналогичные показатели растений произрастающих в природных условиях, способствуя увеличению ростовых параметров и урожайности возделываемых растений.

Очевидно, что полученные нами данные указывают на то, что микориза арбускулярного типа играет большую роль в жизнедеятельности *Scorzonera tau-saghyz*, способствуя улучшению минерального питания растений, и как следствие, повышая устойчивость данного вида к неблагоприятным условиям окружающей среды, оказывая положительное влияние на параметры роста и урожайность тау-сагыза. Особого внимания заслуживает проведение исследований по выявлению влияния арбускулярной микоризы на накопление каучука в корнях *Scorzonera tau-saghyz*. Использование эндомикориз может в существенной степени способствовать разработке современных рентабельных биотехнологий направленных на восстановление численности в природе редкого и исчезающего вида *Scorzonera tau-saghyz* и получение коммерческого каучука из корней тау-сагыза.

**Таблица 1** - Интенсивность микоризной инфекции растений вида тау-сгыз в пределах Каратауского ГПЗ

Точки отбора проб	Общая интенсивность микоризной инфекции	Везикулы	Арбускулы
Несформированное растительное сообщество, северного макросклона хребта Сырдарьинского Каратау	$2,23 \pm 0,04$	$0,55 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$
Опытная площадка г. Кентау 1-но летние проростки	$1,85 \pm 0,03$	$0,40 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$
Опытная площадка Хантаги 2-х летние проростки	$3,33 \pm 0,05$	$0,85 \pm 0,02$	$1,11 \pm 0,03$
Итого, в среднем:	$2,47 \pm 0,04$	$0,60 \pm 0,02$	$0,46 \pm 0,02$

**Литература**

- 1 Богуспаев К.К., Фалеев Д.Г., Турашева С.К., Мухамбетжанов С.К. Перспективы технологии культивирования тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse) в Казахстане. // Вестник КазНУ, серия экологическая. №4, (36), 2012. – С. 75-80.
- 2 Богуспаев К.К., Адильбаев Ж.А., Фалеев Д.Г., Жанатаев Ж.А., Турашева С.К., Самбетов К.К. Перспективы разработки технологий восстановления популяции растений тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. et Bosse) в Каратауском государственном природном заповеднике // Вестник КазНУ, серия экологическая. №2/2, (38), 2013г. С. 64-70.
- 3 Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. – М., Наука, 1981. – 177 С.
- 4 Шнырева-Драга А.В. Взаимоотношения партнеров в симбиозе везикулярно-арбускулярного типа // Микология и фитопатология. Т. 24, Вып. 6, 1990. С. 583-590.
- 5 Sharma A.K., Johri B.N. Arbuscular Mycorrhizae Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils. – Plymouth: Science Publishers UK, 2002. – 363 p.
- 6 Peterson L.R., Massicotte B., Lewis H.M. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology – Ottawa, National Research Council of Canada, 2004. – 173 p.
- 7 Касымбеков Б.К. Везикулярно-арбускулярная микориза и грибы микоризообразователи травянистых растений Заилийского Алатау: Дис. канд. биол. наук: 03.00.05 – Алматы, 1999. – 109 с.
- 8 Касымбеков Б.К., Фалеев Д.Г., Фалеев Е.Г. Микосимбиотрофизм растений морены ледника Маншук Маметовой (Малое Алмагинское ущелье). // Вестник КазНУ, серия экологическая. №4, (36), 2012г. С. 117-126.
- 9 Фалеев Д.Г. Арбускулярная микориза травянистых растений при почвенных загрязнениях тяжелыми металлами. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, по специальности 03.00.05 – ботаника. Алматы – 2007. 113 с.

**Reference**

- 1 Boguspaev K.K., Faleev D.G., Turasheva S.K., Mukhambetzhonov S.K. Prospects of cultivation technology tau sagyz (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. Et Bosse) in Kazakhstan. // Bulletin Treasury Series ecological. № 4, (36), 2012. – Pp. 75-80.
- 2 Boguspaev K.K., Adilbaev Zh.A., Faleev D.G., Zhanataev Zh.A., Turasheva S.K., Sambetov K.K. Prospects for the development of technologies recovery plant populations tau sagyz (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch. Et Bosse) in Karatau State Nature Reserve // Bulletin Treasury Series ecological. Number 2/2, (38), 2013. – Pp. 64-70.
- 3 Selivanov I.A. Mikosimbiotrofizm as a form consorts connection in the vegetation of the Soviet Union. – Moscow: Nauka, 1981. – 177 s.
- 4 Shnyreva-Draga A.V. Partners in a symbiotic relationship of vesicular-arbuscular type // Mycology and Phytopathology. T. 24. Issue. 6. 1990. S. 583-590.
- 5 Sharma A.K., Johri B.N. Arbuscular Mycorrhizae Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils. – Plymouth: Science Publishers UK, 2002. – 363 p.
- 6 Peterson L.R., Massicotte B., Lewis H.M. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology – Ottawa, National Research Council of Canada, 2004. – 173 p.
- 7 Kasymbekov B.K. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and mycorrhiza herbaceous plants Zailiysky Alatau: Dis. Candidate. biol. sciences: 03.00.05 – Almaty, 1999. – 109 s.
- 8 Kasymbekov B.K., Faleev D.G., Faleev E.G. Mikosimbiotrofizm plants moraine Manshuk Mаметova (Small Almaty gorge). // Bulletin Treasury Series ecological. № 4, (36), 2012. Pp. 117-126.
- 9 Faleev D.G. Arbuscular mycorrhizae of herbaceous plants in soil contaminated with heavy metals. Thesis for the degree of candidate of biological sciences by specialty 03.00.05 – botany. Almaty – 2007. 113 s.