

К.К. Богуспаев¹, Д.Г. Фалеев¹, Ж.Ж. Мырзагалиев¹, С.К. Наекова², К.М. Аубакирова², М.Т. Мырзабаева³, З. Инсепов⁴, З. Аликулов², Ж.Ш. Ургалиев², Ш.Е. Арыстанова²

¹ Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

² Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

³ Казахский аграрный университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан

⁴ Назарбаев университет, Астана, Казахстан

(E-mail: ¹ kboguspayev@yandex.kz, ² n-saltan@mail.ru, ² aubakirova_km@enu.kz, ³ malikamyrg@mail.com, ¹ zer-kaz@mail.ru)

Влияние различных концентраций диатомита на степень микотрофности ячменя (*Hordeum vulgare* L.)

Аннотация: Внесение различных концентраций диатомита (от 1,5 до 3%) в почвогрунт приводило к повышению количества арбускулярных микоризных грибов в коре корня ячменя сорта «Байшешек». Наибольшая микотрофность была выявлена при внесении диатомита в концентрации 10%. А дальнейшее повышение концентрации диатомита приводило к некоторому снижению степени микотрофности ячменя. Сам диатомит и его сочетание с инокулюмом не повлияли на высоту проростков ячменя. В то же время при внесении различных концентраций диатомита от 1,5 до 10% выявлена корреляция между степенью микотрофности и сухой массой надземной части растений. Полученные в ходе проведения исследования данные могут быть использованы в ходе разработки биотехнологий, направленных на повышение почвенного плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: ячмень, диатомит, арбускулярный микоризный гриб, инокулюм, микотрофные растения

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2018-125-4-26-32>

Введение. Обширные территории Казахстана занимают сельскохозяйственные угодья, характеризующиеся истощением плодородного слоя, и как следствие снижением продуктивности растений, растущих на них. Решение проблемы повышения урожайности нарушенных земель невозможно без разработки новых, рентабельных экологических биотехнологий, в частности, без использования различных органических и минеральных удобрений природного происхождения (диатомит) и почвенной микрофлоры (бактерий, микроскопических водорослей и грибов).

Эндомикоризные грибы, образующие микоризы арбускулярного типа с корнями высших растений являются перспективным объектом сельскохозяйственной биотехнологии. Арбускулярная микориза — это симбиоз между высшими растениями и грибами отдела *Glomeromycota*, локализованными в корнях растения-хозяина, в котором продукты фотосинтеза перемещаются от растения к грибу, а неорганические элементы — от гриба к растению [1]. Микоризы арбускулярного типа имеют широкое географическое распространение и встречаются в природе более чем у 90% видов растений. Основное функциональное значение арбускулярных микоризных грибов (АМГ) состоит в обеспечении растений соединениями фосфора, которое происходит в ходе активного обмена между грибом-микоризообразователем и растением-хозяином [2, 3]. Кроме того, АМГ повышают устойчивость растений к недостатку влаги, засолению почв, загрязнению тяжелыми металлами, радионуклидами и воздействию фитопатогенов [4]. Микоризы арбускулярного типа оказывают положительное влияние как на отдельные экземпляры растений, так и на целые растительные сообщества повышая их устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды, гомеостаз и продуктивность.

Диатомит — кремний содержащее минеральное удобрение природного происхождения. Многочисленными исследованиями подтверждается положительное влияние нетрадиционных удобрительных веществ, в качестве которых рассматривают, в том числе, кремний содержащие

агроруды, в частности, диатомиты. Их действие изучается на отдельных культурах агрофитоценоза, затрагивая особенности питательного режима почвы. Известно, например, что они способствуют повышению урожайности культурных растений, улучшая качество растительной продукции, обладают ростстимулирующей функцией в отношении растительного сообщества, а также приводят к увеличению содержания в почве подвижных форм азота, фосфора и калия [5, 6, 7]. В литературе, однако, редко встречаются работы, содержащие результаты комплексной оценки влияния кремнийсодержащих материалов на почвенную экосистему, включающую не только культурный фитоценоз, но и микробиоценоз.

В связи с этим возникает необходимость изучения влияния диатомита на ростовые показатели сельскохозяйственных растений, их урожайность, зеленую массу, а также на микробиоценоз, как показатель экологического состояния почвы. Совместное использование микоризных грибов и диатомита имеет реальные перспективы для разработки биотехнологий, направленных на повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, в частности злаков. Поэтому целью настоящей работы было изучение влияния различных концентраций диатомита на ростовые показатели и степень микотрофности ячменя (*Hordeum vulgare*) сорта «Байшешек».

Методы исследования. Объект исследования - ячмень обыкновенный – *Hordeum vulgare* L., сорта «Байшешек», представитель семейства злаков (*Poaceae*). Семена ячменя стерилизовали в 0,5% растворе перманганата калия (10 минут) и высевали в пластиковые емкости объемом 150 мл содержащие почвогрунт. Почвогрунт готовили из смеси крупнозернистого, мытого речного песка и вермикулита в соотношении 1:1.

В экспериментах использовали образец диатомита, доставленного из Мугалжарского месторождения Актюбинской области Казахстана. Диатомит вносили из расчета 1–1,5%; 2–3%; 3–10% и 4–20% от объема почвогрунта, контролем служил почвогрунт без диатомита. Инокулом арбускулярных микоризных грибов (АМГ) вносили в почвогрунт и тщательно перемешивали. Опыт проводили в семикратной повторности.

Растения выращивали в течение 60 суток (2 месяца), извлекали из грунта, сушили в сушильном шкафу (60 °C). Измеряли высоту и сухую массу надземной части растений. Для изучения степени микотрофности отбирали тонкие корни (толщина не более 1мм), тщательно отмывали водопроводной водой, мацерировали на водяной бане в 10% растворе КОН в пластиковых контейнерах для биологических образцов. Отмытые мацерированные корни окрашивали трипановым синим. Прессованные препараты корней готовили с использованием глицерина. Степень микотрофности оценивали по пятибалльной шкале по методу Селиванова - от 0 до 5 баллов [8]. Для анализа использовали бинокулярный микроскоп Микромед.

Результаты и их обсуждение. Микроскопирование образцов корневых систем *H. vulgare*, выполненное для контроля чистоты эксперимента в вариантах опыта без внесения спор эндомикоризных грибов не выявило структур, характерных для гриба-микоризообразователя. Вместе с тем, в ходе проведения микроскопирования образцов корней ячменя сорта «Байшешек» во всех вариантах опыта с внесением инокулюма гриба микоризообразователя были выявлены структуры характерные для грибов, образующих микоризы арбускулярного типа: несептированный мицелий, везикулы, аппрессории и арбускулы (рис. 1). Частота встречаемости микоризной инфекции в изученных образцах составила 100 %.

Наименьшая степень микотрофности была выявлена в контроле - $0,40 \pm 0,05$ балла (рис. 2). В данном варианте опыта в коре корня были выявлены экземпляры с единичными гифами, было много участков корней, не инфицированных грибом-микоризообразователем. Везикулы и арбускулы встречались крайне редко.

Внесение различных концентраций диатомита (от 1,5 до 20%) приводило к заметному повышению обилия структур арбускулярных микоризных грибов в коре корня изученных растений. По сравнению с контролем степень микотрофности значительно повышалась - в 1,5 - 3 раза. Так, внесение диатомита в концентрации 1,5 % способствовало заметному повышению (почти в 1,5 раза по сравнению с контролем) степени микотрофности изученных растений – в среднем до $0,57 \pm 0,06$ балла. Повышение концентрации диатомита до 3% вызывало еще большее повышение степени микотрофности растений ячменя. Данный показатель в этом

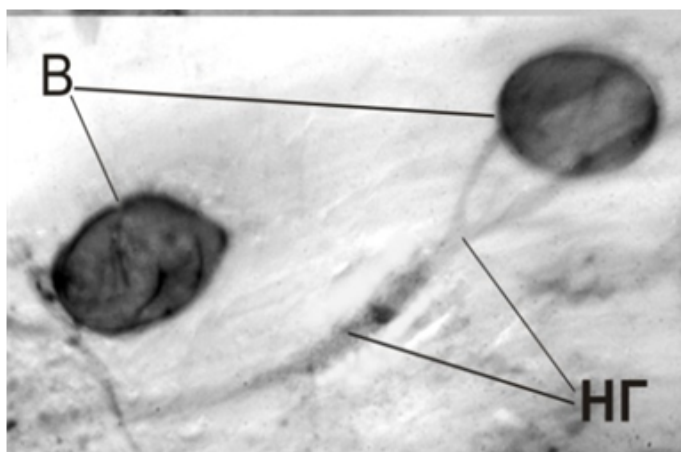


Рисунок 1 – Внутрикормеые структуры гриба-микоризообразователя: везикулы (В) и несептированные гифы (НГ) в корнях ячменя

варианте опыта был почти в 2 раза выше, чем в контроле, составив в среднем $0,79 \pm 0,08$ балла (рис. 2). Наибольшее значение степени микотрофности было выявлено при внесении диатомита в концентрации 10%. Степень микотрофности в данном варианте опыта достигал в среднем $1,12 \pm 0,13$ балла, что в 2,8 раза больше, чем в контроле (рис. 2).

Дальнейшее повышение концентрации диатомита, до 20%, приводило к некоторому снижению степени микотрофности ячменя. В этом варианте эксперимента степень микотрофности составила в среднем $0,83 \pm 0,09$ балла, что в 2 раза больше, чем в контроле и практически соответствует показателю в варианте с внесением диатомита в концентрации 3% (рис. 2). Следовательно, использование диатомита в лабораторных условиях для стимулирования процесса микоризообразования в корнях микотрофных растений наиболее рентабельно в концентрациях до 10%.

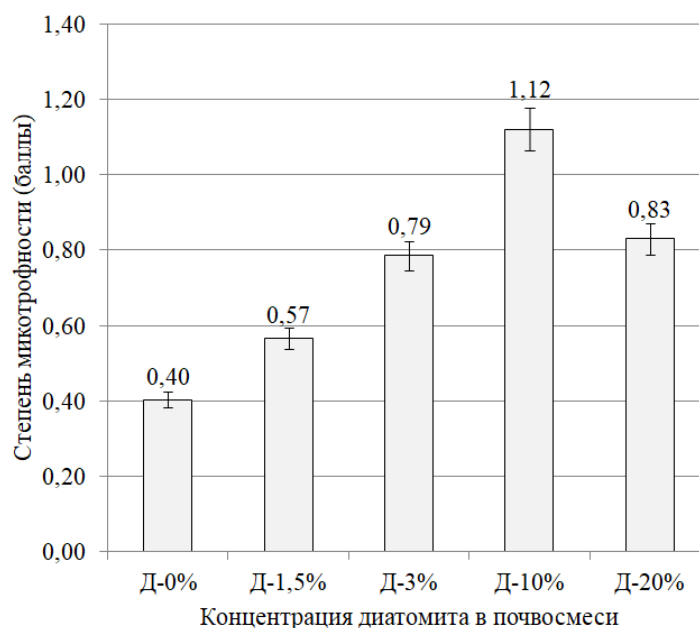


Рисунок 2 – Влияние различных концентраций диатомита на степень микотрофности растений ячменя

Исследования по изучению влияния самого диатомита и его сочетание с инокулюмом гриба-микоризообразователя на высоту ячменя показали, что растения ячменя были мало отзывчивы на внесение диатомита.

Вариант эксперимента	Концентрация диатомита				
	0%	1,5%	3%	10%	20%
	Высота растений (мм)				
Не микоризные растения	264,7±15,7	269,3±20,0	259,6±16,9	279,6±21,0	261,4±21,3
Микоризные растения	307,7±21,1	290,4±22,5	269,7±18,1	279,1±20,9	277,0±25,6

Таблица 1 – Влияние различных концентраций диатомита на высоту микоризных и не микоризных растений ячменя

Внесение инокулюма грибов, образующих микоризу арбускулярного типа, способствовало существенному улучшению высоты исследованных растений. При внесении диатомита у микоризных растений наблюдалось некоторое снижение средних показателей высоты – заметное снижение данного показателя было выявлено только при внесении 3% диатомита. В то же время внесение диатомита в концентрации 10 и 20 % не оказывало существенного воздействия на высоту растений по сравнению с контролем (рис.3, таб. 1).

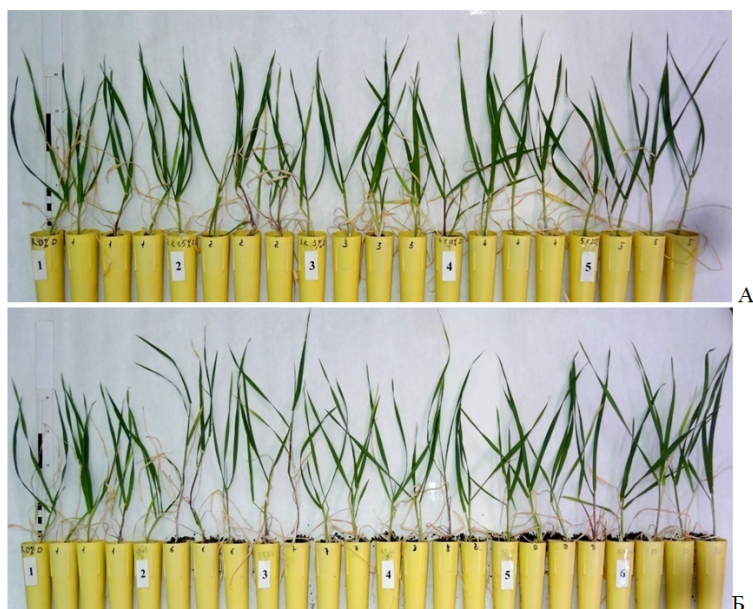


Рисунок 3 – Не микоризные (А) и микоризные (Б) растения ячменя, выращенные с внесением различных концентраций диатомита

1 – 0% диатомита; 2 – 1,5% диатомита; 3 – 3% диатомита; 4 – 10% диатомита; 5 – 20% диатомита

В ходе проведения обработки полученных данных выявлена корреляция между степенью микотрофности и сухой массой надземной части растений в условиях внесения различных концентраций диатомита (рис. 2, 4). Сопоставление показателей сухой массы надземной части растений не выявило большой разницы между микоризными и не микоризными растениями в вариантах опыта с различными концентрациями диатомита. При этом, данный показатель у микоризных растений был несколько выше, чем у не микоризных при концентрациях диатомита 0; 1,5; 3 и 20 %. В то же время во всех вариантах опыта внесение диатомита способствовало повышению сухой массы надземной части растений. При этом, рост данного показателя повышался при увеличении концентрации диатомита с 1,5 до 10% и снижался при внесении 20% данного кремний содержащего агрохимического сырья (рис. 4).

Из приведенных данных следует, что наибольший эффект для повышения ростовых показателей не микотрофных растений от внесения диатомита в почву наблюдается при его внесении в концентрации до 10 %. Однако совместное внесение диатомита (в концентрации 10 %) и инокулюма арбускулярного микоризного гриба делает неэффективным внесение

инокулюма: микоризные и немикоризные растения практически не отличались по высоте и мало отличались по показателю сухой надземной массы.

Недавние исследования показали, что растения, аккумулирующие больше кремния были по размеру примерно на 15% меньше по сравнению с растениями, меньше аккумулирующих этого элемента [9]. В то же время, аккумуляция кремния в тканях растений повышает их устойчивость к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды [10].

Судя по всему, высокие концентрации диатомита (в частности 10%) не снижают степени микосимбиотрофизма, но могут способствовать снижению стимулирующего эффекта, оказываемого эндомикоризой на рост и урожайность растения-хозяина: в данном случае высоты и сухой массы надземной части *H. vulgare*.

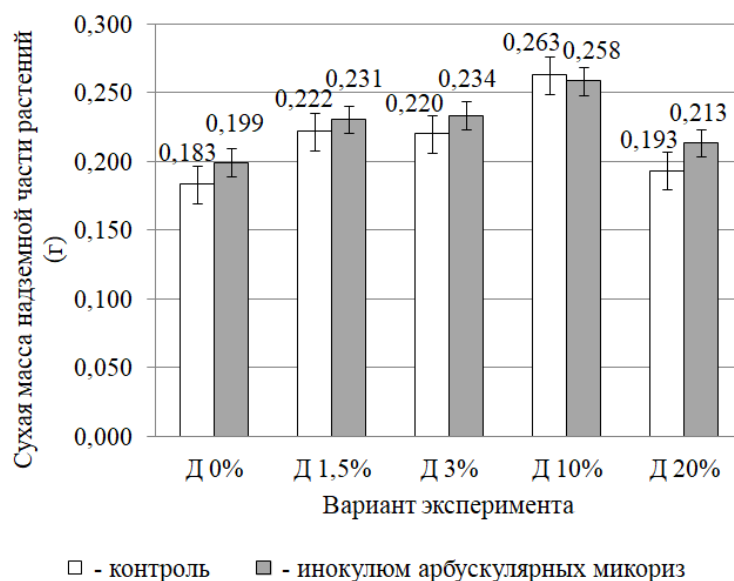


Рисунок 4 – Влияние различных концентраций диатомита на сухую массу надземной части микоризных и не микоризных растений ячменя

Закключение. Таким образом, в лабораторных условиях 10% диатомита в почвогрунте была оптимальной концентрацией для стимулирования процесса микоризообразования в корнях микотрофных растений.

Полученные в ходе проведения исследования данные могут быть использованы в ходе разработки биотехнологий, направленных на повышение почвенного плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Список литературы

- 1 Sharma A.K., Johri B.N. Arbuscular Mycorrhizae Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils. - Plymouth: Science Publishers UK, 2002. - 363p.
- 2 Soares Ana Cristina Fermino, da Silva Sousa Carla, da Silva Garrido Marlon et al. Fungomicorrizicosarbusculares no crescimento e nutricao de mudas de jenipapeiro // Rev. scienc. agron. - 2012. - Vol. 43. № 1. - P. 47-54.
- 3 Камский А.В. Эффективность кремнийсодержащего агрохимического сырья – диатомита при возделывании зерновых культур на дерново-подзолистых почвах: дисс. ...к.с./х.н. Немчиновка, 2007. - 120 с.
- 4 Sikes B.A., Cottenie K., Klironomos J.N. Plant and fungal identity determines pathogen protection of plant roots by arbuscular mycorrhizas // J. Ecol.-2009. -V. 97. -P. 1274-1280.
- 5 Liu Y., Shi G., Mao L. et al. Direct and indirect influences of 8yr of nitrogen and phosphorus fertilization on *Glomeromycota* in an alpine meadow ecosystem // New Phytol. - 2012. - Vol. 194. № 2. - P. 523-535.
- 6 Cozzolino Vincenza, Di Meo Vincenzo, Piccolo Alessandro. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi applications on maize production and soil phosphorus availability// J. Geochem. Explor. - 2013. - № 129. - P. 40-44.
- 7 Lin X., Feng Y., Zhang H. et al. Long-term balanced fertilization decreases arbuscular mycorrhizal fungal diversity in an arable soil in north China revealed by 454 pyrosequencing//Environ. Sci. and Technol. - 2012. - Vol. 46. №11. - P. 5764-5771.

- 8 Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. - М.: Наука, 1981. – 232с.
- 9 Simpson K.J., Wade R.N., Rees M., Osborne C.P., Hartley S.E. Still armed after domestication? Impacts of domestication and agronomic selection on silicon defences in cereals//Functional Ecology.-2017.-№34.-P.1658-1667.
- 10 Rosemary Erin Haskell. Plant foliar phosphorus and silicon content changes in response to root fungal communities and silicon enrichment: Ph Dissertation. University of York, 2017. -152 p.

К.К. Богуспаев¹, Д.Г.Фалеев¹, Ж.Ж. Мырзагалиев¹, С.К. Наекова², Қ.М.Әубәкірова², М.Т. Мырзабаева³, З. Инсепов⁴, З.Әліқұлов², Ж.Ш. Ургалиев², Ш.Е. Арыстанова²

¹ Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

² Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

³ С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан

⁴ Назарбаев университеті, Астана, Қазақстан

Диатомиттің әртүрлі концентрацияларының арпаның (*Hordeum vulgare* L.) микотрофтылығының деңгейіне әсері

Аннотация: Топыраққа диатомиттің әртүрлі концентрациялары (1,5-нан 3% дейін) берілгенде арпаның «Бәйшешек» сорты тамырындағы арбускулярлы микоризалы саңырауқұлақтардың мөлшері жоғарылады. Ең жоғарғы микотрофтылық диатомит 10% концентрациясы берілгенде анықталды. Ал, диатомиттің концентрациясының одан ары жоғарылауы арпаның микотрофтылық деңгейінің біршама төмендейтінін көрсетті. Диатомиттің өзі және оның инокуломмен қоспасы арпа өркендерінің биіктігіне әсер еткен жоқ. Сонымен қатар, диатомиттің 1,5-нан 10% дейін әртүрлі концентрациялары берілген кезде өсімдіктің микотрофтылық деңгейі мен оның жерүсті бөлігінің құрғақ массасы арасындағы корреляция анықталды. Зерттеу барысында алынған деректер топырақтың құнарлылығын және ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыруға бағытталған биотехнологияларды әзірлеу барысында пайдаланылуы мүмкін болатынын көрсетті.

Түйін сөздер: арпа, диатомит, арбускулярлы эндомикоризалық саңырауқұлақтар, инокулом, микотрофты өсімдіктер

¹ Boguspaev K.K., ¹ Faleev D.G., ¹ Myrzagaliev Zh.Zh., ² Nayekova S.K., ² Aubakirova K.M., ³ Myrzabaeva M.T., ⁴ Insepov Z.A., ² Alikulov Z., ² Urgaliyev Zh. Sh., ² Arystanova Sh. E.

¹ Al-Farabi Kazakh National University, Astana, Kazakhstan

² L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

³ S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan

⁴ Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

Effect of different concentrations of diatomite on microtropic level of barley (*Hordeum vulgare* L.)

Abstract: Application of diatomite to the soil in concentrations (from 1.5 to 3%) resulted in the increase of arbuscular mycorrhiza fungi in root core of barley cultivar "Baysheshek". The highest microtropic was observed under 10% diatomite concentration. Further increase of diatomite concentration resulted in slight decrease of barley microtropic level. At the same time under different concentrations of diatomite from 1.5 to 10% the correlation between microtropic levels and dry mass of aboveground parts of the plant is observed. The data obtained in the course of the study can be used in the development of biotechnologies aimed at improving soil fertility and crop yields.

Keywords: barley, diatomite, arbuscular endomycorrhizal fungi, inoculum, mycotrophic plants

References

- 1 Sharma A.K., Johri B.N. Arbuscular Mycorrhizae Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils (Science Publishers UK, Plymouth, 2002).
- 2 Soares Ana Cristina Fermino, da Silva Sousa Carla, da Silva Garrido Marlon et al. Fungos micorrizicos arbusculares no crescimento e nutricao de mudas de jenipapeiro, Rev. scienc. Agron, 43(1), 47-54 (2012).
- 3 Kamskiy A.V. Effektivnost kremniysoderzhashchego syria – diatomite pri vozdeyevanii zernovykh kultur na dornovo-podzolistykh pochvakh. PhD diss. [Efficiency of silicon-containing raw materials-diatomite in the cultivation of grain crops on sod-podzolic soils. PhD thesis]. Nemchinovka, 2007. 120 p.[in Russian].
- 4 Sikes B.A., Cottenie K., Klironomos J.N. Plant and fungal identity determines pathogen protection of plant roots by arbuscular mycorrhizas, J. Ecol. 97, 1274–1280 (2009).
- 5 Liu Y., Shi G., Mao L. et al. Direct and indirect influences of 8yr of nitrogen and phosphorus fertilization on *Glomeromycota* in an alpine meadow ecosystem, New Phytol., 194(2), 523-535 (2012).
- 6 Cozzolino Vincenza, Di Meo Vincenzo, Piccolo Alessandro. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi applications on maize production and soil phosphorus availability, J. Geochem. Explor., 129, 40-44 (2013).
- 7 Lin X., Feng Y., Zhang H. et al. Long-term balanced fertilization decreases arbuscular mycorrhizal fungal diversity in an arable soil in north China revealed by 454 pyrosequencing, Environ. Sci. and Technol., 46 (11), 5764-5771 (2012).
- 8 Selivanov I.A. Mikosimbiotrofizm kak forma konsortivnykh svyazej v rastitel'nom pokrove Sovetskogo Soyuza [Ecosymbiosis as a form consorting relationships in vegetation of the Soviet Union] (Nauka, Moscow. 1981). [in Russian].

- 9 Simpson K.J., Wade R.N., Rees M., Osborne C.P., Hartley S.E. Still armed after domestication? Impacts of domestication and agronomic selection on silicon defences in cereals, *Functional Ecology*, 34, 1658-1667 (2017).
- 10 Rosemary Erin Haskell. 2017. Plant foliar phosphorus and silicon content changes in response to root fungal communities and silicon enrichment. Ph Dissertation. University of York, 2017. 152 p.

Сведения об авторах

Boguspaev K.K. - Doctor of Biology Sciences, Professor of the Department Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

Myrzabaeva M.T. - PhD, Senior teacher of the Department plant protection and quarantine, S.Seifullin Kazakh AgroTechnical university, Pobeda ave 60, Astana, Kazakhstan.

Faleev D.G. - Senior teacher of Department Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan.

Naekova S. K. - doctoral Student of specialty 6D060700 – Biology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Aubakirova K. M., - Candidate of Biology Sciences, Assistant Professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Alikulov Z. A. - Candidate of Biology Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Urgaliyev Zh. Sh. - Candidate of Biology Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Arystanova Sh. E., - Candidate of Biology Sciences, Assistant Professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Богуспаев К.К. – д.б.н., профессор кафедры биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан.

Фалеев Д.Г. – старший преподаватель кафедры биоразнообразия и биоресурсов Казахского национального университета имени аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан.

Мырзабаева М.Т. - PhD, старший преподаватель кафедры «Защита и карантин растений», Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, проспект Победы, 60, Астана, Казахстан.

Наекова С.К. –докторант специальности 6D060700 – Биология, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева,2, Астана, Казахстан.

Аубакирова К.М. –кандидат биологических наук, и.о. доцента кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева,2, Астана, Казахстан.

Аликулов З.А. - кандидат биологических наук, и.о. профессора кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева,2, Астана, Казахстан.

Ургалиев Ж.Ш. - кандидат биологических наук, и.о. профессора кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева,2, Астана, Казахстан.

Арыстанова Ш.Е. –кандидат биологических наук, и.о. доцента кафедры биотехнологии и микробиологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева,2, Астана, Казахстан.

Received 18.12.2018