

УДК 579(571.5)

ВЛИЯНИЕ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПРОРОСТ СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUSSYLVESTRIS*)

© **Банзаракцаева Туяна Геннадьевна**

кандидат биологических наук,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
E-mail: tuyana_banz@mail.ru

© **Цыренова Дулма Доржиевна**

кандидат биологических наук,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
E-mail: baldanovad@rambler.ru

© **Дамбаев Вячеслав Борисович**

кандидат биологических наук,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
E-mail: slavadmb@rambler.ru

© **Бархутова Дарима Дондоковна**

кандидат биологических наук,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
E-mail: darima_bar@mail.ru

Одной из важнейших экологических проблем современности является деградация почвенного покрова, в том числе и процесс опустынивания. В Забайкалье и Прибайкалье ареал опустынивания представляет собой северную окраину единой субширотной полосы опустынивания Евразии. Для экологической реставрации деградированных земель наиболее пригодным методом является метод фитомелиорации. Также для восстановления плодородия почв исключительную роль играют азотфиксирующие микроорганизмы. В связи с этим было изучено распространение азотфиксирующих микроорганизмов в поверхностных слоях почвы двух ключевых участков Селенгинского Среднегорья. Полученные накопительные культуры азотфиксирующих прокариот были использованы для исследования влияния различных азотфиксирующих микробных комплексов на пророст семян сосны обыкновенной. Показано, что наиболее эффективными были смеси на основе цианобактерий.

Ключевые слова: азотфиксирующие микроорганизмы, цианобактерии, семена сосны обыкновенной, опустынивание.

Одной из важнейших экологических проблем современности является деградация почвенного покрова. К деградации почв относится и процесс опустынивания — процесс необратимого изменения почвы и растительности, снижения биологической продуктивности, процесс, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню. В Забайкалье и Прибайкалье ареал опустынивания пред-

ставляет собой северную окраину единой субширотной полосы опустынивания Евразии [1].

Одним из методов экологической реставрации деградированных земель является фитомелиорация. При фитомелиоративном подходе задействуется природный потенциал растений, которые исторически являлись главным фактором почвообразования. Также для восстановления плодородия почв исключительную роль играют азотфиксирующие микроорганизмы. Их значение в почвообразовании чрезвычайно велико. Только благодаря их деятельности другие живые организмы могут использовать атмосферный азот в виде нитратов [2].

Целью данной работы было изучение распространения азотфиксирующих микроорганизмов в почве и влияния микробных комплексов на пророст семян сосны обыкновенной (*Pinussylvestris*).

Для микробиологических исследований были отобраны пробы с верхних слоев почвы двух ключевых участков Селенгинского Среднегорья под подростом сосны обыкновенной (*Pinussylvestris*). Выделение накопительных азотфиксирующих бактерий проводили методом посева на жидкие элективные культуральные среды [3]. Определение таксономической принадлежности цианобактерий на основе морфологических признаков проводили по Еленкину и Голлербаху [4, 5]. Для определения влияния микробных комплексов на пророст семян сосны обыкновенной использовали метод определения энергии прорастания семян [6].

В ходе исследований была установлена численность азотфиксирующих микроорганизмов из образцов почвы при температуре инкубации равной 20 °С.

Численность аэробных азотфиксаторов в исследуемых образцах почвы составила 10^7 — 10^{10} кл/г. Численность анаэробных азотфиксаторов была в пределах 10^7 — 10^9 кл/г. Полученные результаты свидетельствуют о широком распространении азотфиксирующих бактерий в исследуемых экосистемах.

Изучение цианобактерий в исследуемых образцах показало, что накопительные культуры цианобактерий представлены родами: *Anabaena*, *Calothrix*, *Phormidium*. По видовому разнообразию среди родов доминирует *Phormidium*, представленный 6 видами: *Phormidiumfragile*, *Ph. foveolarum*, *Ph. tenuissimum*, *Ph. molle*, *Ph. tenue*. В пробах почвы часто встречаемыми видами являются *Calotrixsp*, *Anabaenavariabilis*, *Ph. molle*.

Известно, что наиболее приспособленными к условиям жизни на бедных песчаных почвах являются хвойные растения. А. С. Манаенков (1993) считает, что облесение низкопродуктивных песчаных земель является важнейшим компонентом ландшафтно-системного обустройства территории. В ряде случаев, облесение выступает единственным дешевым и экологичным средством повышения эффективности землепользования [7]. Прогнозные исследования показывают, что к 2090 году на опустыненных территориях немногим более благоприятными будут условия для развития сосны обыкновенной [8].

В связи с имеющимися литературными данными в качестве испытуемых семян были выбраны семена *Pinussylvestris*. Был поставлен ряд опытов по влиянию микробных комплексов из выделенных нами культур на пророст семян.

Для исследования были подготовлены следующие микробные комплексы:

- 1 — накопительная культура аэробных азотфиксирующих бактерий;
- 2 — накопительная культура анаэробных азотфиксирующих бактерий;

3 — культуральная жидкость, содержащая аэробные и анаэробные азотфиксирующие бактерии;

4 — комплекс: аэробные и анаэробные азотфиксирующие бактерии, и накопительная культура цианобактерий;

5 — накопительная культура цианобактерий.

После 7-дневной инкубации при естественном освещении и комнатной температуре невысокие значения всхожести семян были отмечены в опыте с аэробными азотфиксирующими бактериями, процент прорастания не превышал 27%. Использование накопительной культуры анаэробных азотфиксаторов показало более высокий результат, процент прорастания достигал 37%. В этих же пределах (40%) были получены результаты с комплексом аэробных и анаэробных диазотрофов. Максимальные значения были установлены в опытах с накопительной культурой цианобактерий, здесь всхожесть семян составила 83%.

Анализ полученных данных показал, что наиболее эффективными были микробные комплексы на основе цианобактериальных культур. Подобные результаты были получены и китайскими учеными из Внутренней Монголии [9, 10, 11, 12]. Они провели серию работ на посадках ивы с использованием смеси из нескольких видов цианобактерий (*Microcoleus vaginatus* — нитчатая, не азотфиксирующая цианобактерия, но с высокой скоростью роста, способная формировать корку и *Scytonema javanicum* нитчатая азотфиксирующая цианобактерия). Оба вида часто встречаются в засушливых областях.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в образцах поверхностного слоя почвы контрольных участков Селенгинского Среднегорья широко распространены азотфиксирующие прокариоты, представленные как бактериями, так и цианобактериями. Полученные результаты свидетельствуют о значительном потенциале азотфиксирующего комплекса, а особенно цианобактериальных сообществ, что немаловажно для получения биодоступного азота и соответственно восстановлению деградированного почвенного покрова и повышению продуктивности экосистем.

Работа выполнена при финансовой поддержке бюджетного проекта ФАНО № 0337-2016-0004 и гранта РФФИ № 15-44-04302.

Литература

1. Субрегиональная программа действий по борьбе с опустыниванием для Республики Бурятия и Читинской области. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. 202 с.
2. Никитин Д. П., Новиков Ю. В. Окружающая среда и человек. М.: Высшая школа, 1980. 424 с.
3. Теппер Е. З. Практикум по микробиологии. М.: Изд-во Колос, 1979. 2-е, перераб. и доп. 216 с.
4. Еленкин А. А. Синезеленные водоросли СССР / отв. ред. В. И. Савич. М.; Л.: АН СССР; Ботан. ин-т им. В. Л. Комарова, 1949. 1908 с.
5. Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Определитель пресноводных водорослей СССР: Вып. 2. Синезеленные водоросли. М.: Советская наука, 1953. 652 с.
6. Кабиров Р. Р., Сагитова А. Р., Суханова Н. В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. № 6. С. 45–48.
7. Манаенков А. С. Сосновые леса на песках южных областей России // Сосновые леса России в системе многоцелевого лесопользования. Воронеж, 1993. С. 13–15.

8. Парфенова Е. М., Чебакова Н. М. Возможное климатическое опустынивание островных степей Южной Сибири и защитное лесоразведение // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 1. С. 16–18.
9. Effects of sand burial stress on the early developments of cyanobacterial crusts in the field / Rao Benqiang, Liu Yongding, Lan Shubin, Wu Peipei, Wang Weibo, L Dunhai // European Journal of Soil Biology. 2012. 48. P. 48–55.
10. Wang W., Yongding Liu, Dunhai Li. Feasibility of cyanobacterial inoculation for biological soil crusts formation in desert area // Soil Biology & Biochemistry. China, 2009. P. 926–929.
11. Lan S., Qingyi Zhang, Li Wu Artificially Accelerating the Reversal of Desertification: Cyanobacterial Inoculation Facilitates the Succession of Vegetation Communities // Environmental Science & Technology. China, 2013.
12. Lan S., Li Wua, Delu Zhang Effects of drought and salt stresses on man-made cyanobacterial crusts // European Journal of Soil Biology. China, 2010. P. 381–386.

INFLUENCE OF NITROGEN-FIXING MICROORGANISMS
ON THE GROWTH OF SEEDS OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS*)

Tuyana G. Banzaraktsaeva

Cand. Sci. (Biol.), Senior reseacher
Institute of General and Experimental Biology SB RAS,
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia
E-mail: tuyana_banz@mail.ru

Dulma D. Tsyrenova

Cand. Sci. (Biol.), Senior reseacher
Institute of General and Experimental Biology SB RAS,
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia
E-mail: baldanovad@rambler.ru

Vyacheslav B. Dambaev

Cand. Sci. (Biol.), Senior reseacher
Institute of General and Experimental Biology SB RAS,
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia
E-mail: slavadm@rambler.ru

Darima D. Barkhutova

Cand. Sci. (Biol.), Senior reseacher
Institute of General and Experimental Biology SB RAS,
Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia
E-mail: darima_bar@mail.ru

The degradation of the soil cover, including the process of desertification is one of the most important environmental problems of our time. In Transbaikalia and the Pribaikalsky area, the area of desertification is the northern outskirts of a single sublatitudinal strip of desertification of Eurasia. The method of phytomelioration is the most suitable method for the ecological restoration of degraded lands. Also, nitrogen-fixing microorganisms play an exceptional role in restoring soil fertility. In this regard, the proliferation of nitrogen-fixing microorganisms in the surface layers of the soil of two key areas of the Selenga Middle Highlands has been studied. The accumulating cultures of nitrogen-fixing prokaryotes were

used to study the effect on the seeds of scots pine. It was shown that complexes of cyanobacteria cells were most effective.

Keywords: nitrogen-fixing microorganisms, cyanobacteria, seeds of Scots pine, desertification.

References

1. Subregional action program to combat desertification for the Republic of Buryatia and the Chita region. Ulan-Ude: Publishing Buryat Scientific Center, Siberian Branch of Russian Academy of Science. 2000. 202 p. (in Russian).
2. Nikitin D. P. Environment and people / D. P. Nikitin, Yu.V. Novikov. Moscow: High school, 1980. 424 p. (in Russian).
3. Tepper E.Z. Praktikum po microbiologii / E. Z. Tepper. Moscow: Izd. Kolos, 1979. 2, pererab. i dop. 216 p. (in Russian).
4. Elenkin A.A. Blue-green algae of the USSR / A.A. Elenkin; Ed. V. I. Savich. M.-L.: Russian Academy of Science; Botanic institute of B.L. Komarova, 1949. 1908 p. (in Russian).
5. Gollerbakh M. M. The determinant of freshwater algae of the USSR: V.2 Blue-green algae / M. M. Gollerbakh, E.K. Kosinskaya, V.I. Polyanskii. Moscow: Sovetskaya nayka, 1953. 652 p. (in Russian).
6. Kabirov R.R. Development and use of a multicomponent test system for the assessment of soil cover toxicity in urban areas / R. R. Kabirov, A. R. Sagitova, N.V. Sukhanov // Ecology. 1997. No. 6. P. 45-48 (in Russian).
7. Manaenkov A.S. Pine forests on the sands of southern regions of Russia / A. S. Manaenkov // Pine forests of Russia in the system of multipurpose forest management. Voronezh, 1993. P. 13-15 (in Russian).
8. Parfenova E.M. Possible climatic desertification of island steppes of Southern Siberia and protective afforestation / E.M. Parfenova, N.M. Chebakova // Melioration and Water Management. 2005. No. 1. P. 16-18 (in Russian).
9. Benqiang Rao. Effects of sand burial stress on the early developments of cyanobacterial crusts in the field / Rao Benqiang, Liu Yongding, Lan Shubin, Wu Peipei, Wang Weibo, L Dunhai // European Journal of Soil Biology. 2012. 48. P. 48-55.
10. Wang W. Feasibility of cyanobacterial inoculation for biological soil crusts formation in desert area / Weibo Wang, Yongding Liu, Dunhai Li // Soil Biology & Biochemistry. China, 2009. P. 926-929.
11. Lan S. Artificially Accelerating the Reversal of Desertification: Cyanobacterial Inoculation Facilitates the Succession of Vegetation Communities/ Shubin Lan, Qingyi Zhang, Li Wu // Environmental Science & Technology. China, 2013.
12. Lan S. Effects of drought and salt stresses on man-made cyanobacterial crusts / S. Lan, Li Wua, Delu Zhang // European Journal of Soil Biology. China, 2010. P. 381-386.