

УДК 581.557

## ОСОБЕННОСТИ МИКОРИЗООБРАЗОВАНИЯ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ОТВАЛАХ УЧАЛИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

©2013 Л.И. Фаизова<sup>1</sup>, Г.А. Зайцев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец

<sup>2</sup>Институт биологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа

Поступила 03.06.2013

Приводятся данные по особенностям микоризообразования сосны обыкновенной на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината. Установлены изменения в интенсивности микоризообразования и анатомическом строении микориз сосны обыкновенной.

**Ключевые слова:** промышленные отвалы, сосна обыкновенная, микориза.

С середины XX столетия техногенез приобрел глобальный характер и стал одним из ведущих факторов, определяющих состояние биосферы. Одним из наиболее значимых последствий промышленной деятельности человека стало вторичное распространение в окружающей среде и, прежде всего в атмосфере, целого ряда минеральных и органических соединений. Как следствие изменения природных условий, происходит формирование техногенных ландшафтов [9]. В целом, под влиянием техногенеза происходит сокращение продуктивности биосферы, наблюдается обеднение видового разнообразия, преимущество получают виды, обладающие большей толерантностью и экологической пластичностью [11]. Добыча полезных ископаемых влияет не только на почвенный покров, но практически на все компоненты ландшафта. При подземной добыче и добыче открытым способом формируются терриконы, провалы, отвалы, карьеры, выемки и насыпи различного размера [6, 7]. При этом наблюдается частичное или полное уничтожение растительного и почвенного покровов, снижение уровня грунтовых вод, развитие эрозии, загрязнение почв фитотоксичными солями и кислотами, изменение аэрогидрологического режима и морфологических признаков почвенного профиля [13]. Любая техногенная геосистема проходит в своем развитии две фазы – фазу техногенного формирования или преобразования и посттехногенную фазу развития. В техногенную фазу формируется своеобразная каркасная основа ландшафта, его рельеф, состав и свойства пород. Преобладание в карьерно-отвальных ландшафтах склоновых поверхностей, в сочетании с высокой водопроницаемостью отложенных сразу же после отсыпки вскрышных пород, способствует гравитационной сортировке и перемещению материала, слагающего отвалы. Эти процессы, дополненные суффозией, линейной эрозией и дефляцией, изменяют крутизну и конфигурацию склонов. Формируются террасовидные уступы, обрывы, бессточные понижения, локальные конусы выноса, оползневые бугры [6].

В посттехногенную фазу развития ландшафта каркасная основа преобразуется. Техногенный ландшафт постепенно трансформируется в естественный природный, то есть вписывается в окружающую природную обстановку [10]. Восстановление биологической продуктивности на техногенно нарушенных ландшафтах можно добиться за счет лесной рекультивации.

Исследование реакции микориз на техногенное воздействие представляет значительный теоретический и практический интерес, так как микоризы являются активной поглощающей частью корневой системы деревьев и их повреждение может рассматриваться в качестве одной из ведущих причин деградации лесов [4, 5, 16].

Целью работы было изучение особенностей микоризообразования сосны обыкновенной при произрастании на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината (УГОК).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для изучения особенностей микоризообразования сосны обыкновенной была заложена серия пробных площадей в насаждениях, расположенных на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината. В качестве контрольных взяты одно-возрастные насаждения сосны в 10-15 км от отвалов.

Подбор и закладка пробных площадей проводилась с учетом известных и общепринятых методологических подходов [14]. На пробных площадях проводился таксационный учет всех деревьев (табл. 1). Высота деревьев замерялась высотомером Haglof Electronic Clinometer (Haglof, Sweden) с точностью до 0,1 м, диаметр определялся на высоте 1,3 м мерной вилкой Mantax Precision Blue MA 800 (Haglof, Sweden) с точностью до 0,5 см.

Оценка относительного жизненного состояния (ОЖС) насаждений сосны обыкновенной проводилась по методике В.А. Алексеева [2]. Учитывались таксационные показатели древостоя, густота кроны, наличие мертвых сучьев, состояние хвои.

Почвенные исследования проводились по общепринятым методикам [1]. Краткая характеристика почв представлена в таблице 2.

Фаизова Лена Иксановна, к.б.н., ассистент, e-mail: faizka@mail.ru; Зайцев Глеб Анатольевич, д.б.н., доцент, главный научный сотрудник, e-mail: smu@anrb.ru

**Таблица 1.** Краткая таксационная характеристика насаждений сосны обыкновенной на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината

Месторасположение	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Возраст, лет	Полнота
Сосна обыкновенная (отвалы УГОК)	9	12	21	0,5
Сосна обыкновенная (контроль)	26	22	40	0,7

**Таблица 2.** Агрохимическая характеристика почвогрунтов Учалинского горно-обогатительного комбината

ПП	Глубина отбора образца, см	Гумус, %	рН, водный	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Σ	H <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				мг/экв на 100 г почвы				на 100 г почвы, подвижный		
Почвогрунты	0-20	1,65	4,30	4,75	0,88	5,63	8,45	0,60	2,05	2,05
Контроль	0-20	16,90	5,30	21,20	6,84	28,04	13,30	0,90	2,70	23,30

Отбор образцов микориз и поглощающих корней проводили в конце вегетационного периода, образцы отбирались с глубины 0-20 см и фиксировали в этиловом спирте [15, 3].

Поперечные срезы поглощающих корней (толщиной 10-15 мкм) готовили на санном микротоме МС-2 (Точмедприбор, Россия) [8]. Постоянные и временные препараты поперечных срезов (около 1800 окончаний) просматривали на световом микроскопе исследовательского класса с реализацией ДИК-контраста «Axio Imager A2» (Carl Zeiss Jena, Germany). Срезы просматривали без окрашивания.

Фиксировали: тип сложения грибного чехла, его толщину, общий радиус микоризного окончания,

радиус корня входящего в эктомикоризу, радиус центрального цилиндра, наличие или отсутствие отмерших, темно окрашенных клеток коры корня и корневые окончания утерявшие тургор.

Разнообразие эктомикориз исследовали в соответствии с классификацией подтипов микоризных чехлов, изложенной в работе И.А.Селиванова [12].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что ОЖС насаждений сосны на отвалах ( $L_v=89,4$ ) и в условиях относительного контроля ( $L_v=89,8$ ) характеризуется как «здоровое» (табл. 3).

**Таблица 3.** Относительное жизненное состояние насаждений сосны обыкновенной на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината

ПП	Объем деревьев на ПП по категориям, м <sup>3</sup>					L <sub>v</sub>	ОЖС категория
	здоровые	ослабленные	сильно ослабленные	отмирающие	сухие		
УГОК	0,9	0,5	-	-	-	89,4	здоровое
Контроль	19,8	5,4	1,9	-	-	89,8	здоровое

В результате исследований было установлено, что на отвалах отмечается увеличение интенсивности микоризации. На отвалах микоризовано 85% поглощающих корней, в то время как в условиях относительного контроля микоризу образовали 73% из всех исследованных поглощающих корней.

На отвалах УГОК разнообразие грибных чехлов представлено следующими подтипами: А, В, ВF, F, Н, I, К, L, О, SR. Разнообразие грибных чехлов на отвалах ниже по сравнению с относительным контролем - индекс разнообразия Шеннона на отвалах составляет 0,85, в относительном контроле 1,15. В условиях контроля доля псевдопаренхиматических чехлов (F, Н, I, К, L, О) составляет 54,4%, на отвалах их доля ниже на 8-9% и составляет 45,7% от всех типов эктомикориз корня сосны. Толщина данного подтипа чехлов зависит от условий произрастания - на отвалах толщина увеличивается и составляет в среднем 29,6 мкм, в условиях относительного контроля толщина этих чехлов 20,7 мкм. Доля плектенхиматических чехлов (А, В, ВF) на отвалах и в относительном контроле значительно не различаются - на отвалах на их долю приходится 34,9% всех окончаний, а в условиях контроля -

33,4%. Толщина данных чехлов на отвалах в среднем 25,4 мкм, в условиях относительного контроля - в 16,2 мкм. Подтип SR (бесструктурные грибные чехлы эктомикориз) на отвалах отмечается у 19,4% от всех изученных корней, в относительном контроле данный тип чехлов отмечен у 12,2% корней. Толщина грибных чехлов данного подтипа в условиях относительного контроля составляет 14,2 мкм, на отвалах - 16,8 мкм.

Исследования позволили установить изменения в анатомическом строении эктомикориз сосны обыкновенной. На отвалах наблюдается увеличение общего радиуса микоризных окончаний сосны на 12-17% - на 13-28 мкм по сравнению с контролем. Общий радиус эктомикоризы сосны на отвалах УГОК  $190,0 \pm 3$  мкм, в условиях относительного контроля -  $172,7 \pm 5$  мкм. На отвалах радиус корня, входящего в состав эктомикоризы составляет  $169,3 \pm 5$  мкм, в условиях относительного контроля -  $155,2 \pm 4$ . Радиус центрального цилиндра поглощающего корня не меняется в зависимости от условий произрастания и составляет 71-75 мкм. Толщина грибного чехла на отвалах составляет 24-25 мкм, в относительном контроле - 16-17 мкм.

Показателем техногенной трансформации размеров собственно корня и грибного чехла является доля чехла в общем объеме микоризного окончания. Исследования показали, что на отвалах доля грибного чехла эктомикоризы составляет 21,8%, а в условиях контроля – 17,8%. На отвалах увеличивается количество корней с танниновыми клетками в наружных слоях коры корня – примерно у 20% микориз клетки всех слоев коры корня утратили тургор, а около 5% микориз имеют на разрезе форму многолучевой звезды, т.е. характеризуются глубокой потерей тургора клеток коры корня. Можно предположить, что появление таниновых клеток, потеря тургора и звездообразная на срезе форма диагностируют последовательные этапы снижения физиологической активности и старении корней.

В качестве заключения следует отметить, что при произрастании на отвалах УГОК отмечается увеличение микоризации поглощающих корней сосны обыкновенной. При этом на отвалах отмечается увеличение микоризных чехлов, относящихся к типу SR (бесструктурные). Так же установлен факт увеличения толщины микоризных чехлов и их доли в общем радиусе микоризного окончания. Утолщение грибного компонента симбиотической ассоциации на отвалах УГОК можно рассматривать в качестве адаптивной реакции поглощающих корней сосны обыкновенной на действие экстремальных факторов среды. В литературе данный феномен мало описан. Утолщение – возможно симптом токсического действия ионов тяжелых металлов, содержащихся в почвогрунтах промышленных отвалов на корнях растений.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки РФ «Микоризообразование хвойных на отвалах горнодобывающей промышленности», регистрационный номер 4.3458.2011.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В.Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и клас-

- сификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 38-54.
3. Барыкина Р.П. Практикум по анатомии растений: Учеб. пособие. М.: Высш. школа, 1979. 224 с.
4. Веселкин Д.В. Реакция эктомикориз *Pinus sylvestris* на техногенное загрязнение различных типов // Сиб. экол. журн. 2005. № 4. С. 753-761.
5. Веселкин Д.В. Влияние загрязнения различных типов на разнообразие эктомикориз *Pinus sylvestris* // Микология и фитопатология. 2006. Т. 40. Вып. 2. С. 122-132.
6. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
7. Дмитриев Е.А. Почва и почвоподобные тела // Почвоведение. 1996. № 3. С. 310-319.
8. Згуровская Л.Н. Анатомо-физиологическое исследование всасывающих ростовых и проводящих корней древесных пород // Тр. Ин-та леса и древесины АН СССР. 1958. Т. 41. Вып. 2. С. 5-33.
9. Колесников Б.П. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск, 1974. С. 73-87.
10. Курачев В.М., Андроханов В.А., Двуреченский В.Г. Теоретические основы рекультивации нарушенных земель // Биологическая рекультивация нарушенных земель: Мат. междунар. совещ. Екатеринбург, 2003. С. 239-247.
11. Никитин И.Ю. К проблеме индустриальной дэндрэкологии и нефтехимического производства // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду М.: Наука, 1987. С. 132-138.
12. Селиванов И.А. Вопросы терминологии и классификации микориз и микоризоподобных образований // Уч. записки ПГПИ. 1973. Т. 112. С. 3-44.
13. Стифеев А.И., Муха Д.В. Почвообразование в техногенных ландшафтах КМА // Тез. докл. III съезда почвоведов. Кн. 2. М., 2000. 301 с.
14. Сукачев В.Н. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1966. 333 с.
15. Яценко-Хмелевский А.А. Краткий курс анатомии растений. М.: Высш. школа, 1961. 282 с.
16. Reich P.B., Schoettle A.W., Stroo H.F., Troiano J., Amundson R.G. Effects of O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> and acidic rain on mycorrhizal infection in northern red oak seedlings // Can J. Bot. 1985. V. 63. P. 2049-2055.

#### FEATURES OF MYCORHIZA FORMATION OF SCOTS PINE ON DUMPS OF THE UCHALINSKY ORE-DRESSING AND PROCESSING ENTERPRISE

©2013 L.I. Faizova<sup>1</sup>, G.A. Zaitsev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Elets State University, Elets

<sup>2</sup>Institute of Biology, Ufa Sci. Center of RAS, Ufa

Evidences for features of mycorhiza formation of Scots pine on dumps of the Uchalinsky ore-dressing and processing enterprise. The changes in mycorhiza formation intensity and mycorhiza anatomical structure of Scots pine were determined.

Keywords: waste dumps, Scots pine, mycorhiza.

Lena Faizova, Candidate of Biology, assistant, e-mail: faizka@mail.ru; Gleb Zaitsev, Doctor of Biology, associate professor, main researcher, e-mail: smu@anrb.ru