

УДК 581.557

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЭКТОМИКОРИЗ *PINUS SYLVESTRIS* L. ПРИ ПРОИЗРАСТАНИИ НА МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ ОТВАЛАХ УЧАЛИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

© 2011 Л.И. Фаизова¹, Э.Р. Радостева², Г.А. Зайцев², А.Ю.Кулагин²

¹ Елецкий государственный университет им. И.А.Бунина

² Институт биологии Уфимского научного центра РАН

Поступила в редакцию 12.05.2011

В работе представлены сведения о кислотности формирующихся почв на полиметаллических отвалах, содержании гумуса и подвижного фосфора в них, данные о содержании тяжелых металлов в почвогрунтах и в поглощающих корнях сосны обыкновенной. Выявлены изменения анатомических признаков поглощающих корней сосны в условиях избыточных концентраций металлов.

Ключевые слова: *эктомикориза, анатомия корней, промышленные отвалы, почвогрунты, тяжелые металлы*

На рост и развитие микориз древесных растений на промышленных отвалах оказывает влияние различные экстремальные абиотические факторы среды, в числе которых – высокие концентраций металлов в отвальных породах. На сегодняшний день имеется ряд работ о влиянии атмосферного загрязнения на микотрофность растений [1-4]. Однако особенности строения эктомикориз при произрастании на промышленных отвалах с высоким содержанием тяжелых металлов изучены недостаточно. В настоящей работе представлены результаты исследования анатомического строения эктомикориз сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) при произрастании на отвалах медно-колчеданных месторождений (Учалинский горно-обогатительный комбинат).

Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК) находится в лесостепной зоне Учалинского района Республики Башкортостан. На территории предприятия к настоящему времени накоплено и размещено 270,68 млн.т вскрышных пород [5]. Отвалы сложены скальными, плохо выветривающимися, породами различного химического состава (змеевики, флюориты, кварциты, порфириты, пириты и др.). Морфологические признаки идущего процесса почвообразования на отвалах едва

заметны. По химическому составу почвогрунты под насаждениями сосны обыкновенной характеризуются слабой обеспеченностью подвижным фосфором и калием (2,05 мг на 100 г почвы), азотом (0,6 мг на 100 г почвы). Содержание гумусовых веществ в горизонте 0-20 см составляет 1,65%.

Для изучения микориз сосны обыкновенной отбирались почвенные и растительные образцы (корни диаметром до 1 мм). Выбор участков отбора проб проводился с учетом известных и общепринятых методик [6]. Условным контролем служили одновозрастные насаждения сосны обыкновенной, расположенные в 20 км от промышленных отвалов. Определялись химические параметры почв: содержание гумуса, подвижных форм фосфора, калия и азота. Определение содержания валовых форм тяжелых металлов (ТМ) в почвах проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Contr-AA (Analytik Jena AG, Germany) [7], определение подвижных форм – проводилось методом экстракции проб почв аммонийно-ацетатным буфером (ААБ) с рН 4,8 с использованием вольтамперометрического комплекса «СТА» (ООО «ЮМХ», Россия). Содержание металлов в растительных образцах определялось на установке «СТА» (МУ 08-47/136 ГОСТ 8.010). Отбор и фиксацию микориз сосны обыкновенной проводили по стандартным методикам [8, 9]. Поперечные срезы (толщиной 10-15 мкм) поглощающих корней готовили на санном микротоме МС-2 (Точмедприбор, Россия). Постоянные и временные препараты просматривали на световом

Фаизова Лена Ихсановна, аспирантка

Радостева Эльза Рауфовна, аспирантка

Зайцев Глеб Анатольевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник. E-mail: smu@anrb.ru

Кулагин Алексей Юрьевич, доктор биологических наук, заведующий лабораторией лесоведения. E-mail: coolagin@list.ru

микроскопе исследовательского класса с реализацией ДИК-контраста «Axio Imager A2» (Carl Zeiss Jena, Germany). Рассчитывали следующие параметры: общий радиус микоризного окончания (от середины центрального цилиндра до наружной кромки чехла), толщину грибного чехла, радиус корня растения в микоризном окончании, рассчитывали долю чехла в объеме микоризного окончания. Фиксировали наличие или отсутствие грибного чехла, фиксировали корневые окончания утерявшие тургор и наличие таниновых клеток в коре корня.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание валовых форм Cu и Zn в почвогрунтах в насаждениях сосны на промышленных отвалах в 2,2 и 1,2 раза превышает значения ПДК, содержание подвижных форм Cu превышает значение ПДК в 1,4 раза. Концентрация Pb и Cd в почвогрунтах на отвалах и в почвах «условного контроля» находится в пределах допустимых значений. Содержание данных ТМ в поглощающих корнях сосны обыкновенной в целом выше контрольных значений (табл.1).

Таблица 1. Содержание металлов (мг/кг) в поглощающих корнях сосны обыкновенной при произрастании на промышленных отвалах

Отвалы	Cu	Zn	Pb	Cd
отвалы Учалинского ГОК	97±29	89,41±16,2	6,52±1,09	0,39±0,03
контроль	11,6±2,9	48,66±9,1	14,76±0,76	1,05±0,02

Ранее было показано [10], что дефицит, оптимум и избыток Cu в растениях составляет соответственно 2-5, 6-30, 31-100 мг/кг. Следовательно, в поглощающих корнях сосны на отвалах содержание Cu в избытке. Содержание Zn в поглощающих корнях на отвалах в 2 раза выше контрольных значений. «Фоновое» содержание Pb в растениях колеблется в пределах 0,1-10,0 мг/кг сухой массы [10], таким образом, содержание Pb в поглощающих корнях

на отвалах находится в пределах ПДК. Содержание Cd в поглощающих корнях сосны на промышленных отвалах превышает значения ПДК (ПДК – 0,05-0,085 мг/кг [11]). Изучение особенностей микоризообразования сосны показало, что на промышленных отвалах отмечается увеличение интенсивности микоризации на 15% по сравнению с контрольными условиями (табл. 2).

Таблица 2. Размерные параметры микоризных окончаний сосны обыкновенной при произрастании на промышленных отвалах

Параметр	Контроль	Отвалы
общий радиус окончания, мкм	171,4±5	190,0±6
радиус корня, мкм	155,8±6	169,5±7
толщина чехла, мкм	19,4±1	24,2±0,9
доля объема чехла, %	17,8	21,8
интенсивность микоризации, %	73	85

Установлено, что на отвалах общий радиус корневого окончания сосны увеличивается на 5-15% по сравнению с относительным контролем. Радиус корня, входящего в состав эктомикоризы, также увеличивается на 7-10% по сравнению с контролем. Толщина грибного чехла эктомикоризного окончания увеличивается на 11-28%. Можно предположить, что с одной стороны интенсивное развитие микориз увеличивает процессы поглощения питательных веществ из почвогрунтов, с другой стороны – происходит активное поглощение токсинов (тяжелых металлов). Установлено, что на отвалах также увеличивается количество корней неправильной формы с отмершими и отмирающими клетками коры корня, с поврежденной

микоризой. Доля корней сосны, утерявших тургор, при произрастании на промышленных отвалах составляет 30%, а в контроле – 14%. Кроме того, при произрастании на промышленных отвалах 13% корней сосны имеют форму многолучевой звезды.

Выводы:

1. Отвальные почвогрунты Учалинского ГОК под насаждениями сосны обыкновенной характеризуются низким содержанием подвижных соединений азота, фосфора и гумуса, рН субстрата – среднекислый.

2. В почвогрунтах промышленных отвалов Учалинского ГОК обнаружены высокие концентрации Cu (валовые и подвижные формы) и Zn (валовые формы).

3. Содержание Cu, Zn и Pb в поглощающих корнях сосны обыкновенной, произрастающих на медно-колчеданных отвалах Учалинского ГОК, на порядок выше, чем в контрольных условиях.

4. Интенсивность микоризации сосны обыкновенной в условиях отвалов увеличивается, при этом отмечается увеличение доли бесструктурных чехлов и количества танниновых клеток. Это можно объяснить интенсивным поглощением микоризами минеральных и органических веществ из почвы, в том числе и токсикантов. На пути к поглощению токсикантов из почвы барьером выступают микоризы корневых окончаний. Данные изменения рассматриваются как адаптивные реакции, направленные на обеспечение устойчивого роста и развития данного вида в экстремальных условиях роста.

Работа выполнена при поддержке Гранта «Адаптивный потенциал и устойчивость древесных растений в техногенных условиях» (Аналитическая ведомственная целевая программа Министерства образования и науки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы», регистрационный номер: 2.1.1/11330).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ярмишко, В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. – СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 1997. 210 с.
2. Веселкин, Д.В. Распределение тонких корней хвойных деревьев по почвенному профилю в условиях загрязнения выбросами медеплавильного производства // Экология. 2002. №4. С. 250-253.
3. Веселкин, Д.В. Анатомическое строение эктомикориз *Abies sibirica* Ledeb. и *Picea obovata* Ledeb. в условиях загрязнения лесных экосистем выбросами медеплавильного комбината // Экология. 2004. №4. С. 90-98.
4. Leyval, C. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects / C. Leyval, K. Turnau, K. Hasehwandter // Mycorrhiza. 1997. V.7. P. 139-153.
5. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Башкортостан в 2009 году. – Уфа, 2010. 189 с.
6. Сукачев, В.Н. Программа и методика биогеоэкологических исследований. – М.: Наука, 1966. 333 с.
7. Методика выполнения измерений массовых концентраций меди, цинка, кадмия и свинца в пробах почв методом атомно-абсорбционной спектроскопии. РД 52.18.685-2006.
8. Яценко-Хмелевский, А.А. Краткий курс анатомии растений. – М.: Высш. школа, 1961. 282 с.
9. Барыкина, Р.П. Практикум по анатомии растений / Р.П. Барыкина, Л.Н. Кострикова. – М.: Росвузиздат, 1963. 184 с.
10. Шеуджен, А.Х. Биогеохимия. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.
11. Kloke, A. Content of arsenic, cadmium chromium, fluorine, lead, mercury and nickel in plants grown on contaminated soil, paper presented at United Nations // ECE Symp. On Effects of Air-born Pollution on Vegetation. – Warsaw, 1979. P. 192.

THE COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF ANATOMICAL STRUCTURE OF *PINUS SYLVESTRIS* L. ECTOMYCORRHIZA GROWING ON COPPER-PYRITE WASTE DUMPS OF UCHALIMSKIY MINING AND PROCESSING COMBINE

© 2011 L.I. Faizova¹, E.R. Radosteva², G.A. Zaitsev², A.Yu. Kulagin²

¹Elets State University

²Institute of Biology Ufa SC RAS

In article the data of the acidity of forming soils on polymetallic dumps, humus content and mobile phosphorus, the results about maintenance of heavy metals in sucking roots of *Pinus sylvestris* L. are presented. The changes in anatomic indices of pine sucking roots in the conditions of excess metals concentrations were found.

Key words: *ectomycorrhiza*, roots anatomy, industrial waste dumps, soils, heavy metals

Lena Faizova, Post-graduate Student

Elza Radosteva, Post-graduate Student

Gleb Zaitsev, Doctor of Biology, Main Research Fellow.

E-mail: smu@anrb.ru

Aleksey Kulagin, Doctor of Biology, Chief of the Forestry

Laboratory. E-mail: coolagin@list.ru