УДК 502+582.711.71-2(571.17)

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧКАХ PINUS SYLVESTRIS L., ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ПОРОДНОМ ОТВАЛЕ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Егорова И. Н.[1], Неверова О. А.[1,2], Григорьева Т. И.[3]

[1]ФГБУН Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово, Россия (650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский,10), e-mail: nir_kem@mail.ru.
[2]ФГБОУ «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (университет), г. Кемерово, Россия (650056, г. Кемерово, бульвар Строителей,47)
[3]ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный политехнический университет им. Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, Россия (650000, г. Кемерово, ул. Весенняя,28)

Изучены особенности накопления тяжелых металлов (ТМ) и дана гигиеническая оценка растительному сырью (почки) Pinus sylvestris L., произрастающей в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский». В эмбриоземах отвала выявлено низкое содержание биологически активных микроэлементов – Cu и Zn – ниже достаточной обеспеченности почв по Н.К. Крупскому – Г.Н. Александровой. Сравнение содержания ТМ в эмбриоземах отвала с гигиеническими нормативами не выявило их превышения ПДК (ОДК). Установлено, что почки Pinus sylvestris L. в количественном отношении больше содержит металлы-биофилы (Fe, Mn, Zn, Cu). Расчеты коэффициентов биологической подвижности (Вх) показали, что почки Pinus sylvestris L. в большей степени поглощают Cu и Zn. Минимальный показатель Вх выявлен для Pb, Cd, Ni Co Cr. Гигиеническая оценка сырья Pinus sylvestris L. показала отсутствие превышения ПДК тяжелых металлов, принятых для БАД на растительной основе.

Ключевые слова: Pinus sylvestris L., тяжелые металлы, гигиеническая оценка, отвалы угольных разрезов.

ASSESSMENT OF HEAVY METALS IN THE BUDS OF PINUS SYLVESTRIS L., GROWING ON COAL SPOIL HEAP

Egorova I. N.[1], Neverova O. A.[1,2], Grigorieva T. I.[3]

[1] Institute of Human Ecology SB RAS, Kemerovo, Russia (650065, Leningradsky Prospect 10, Kemerovo), e-mail: nir_kem@mail.ru.
[2] Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo, Russia (650056, Stroiteley Boulevard 47, Kemerovo)
[3] Kuzbass State Polytechnic University of Gorbachev T.F., Kemerovo, Russia (650000, Vesennyaya Street 28, Kemerovo)

We have studied the features of heavy metals accumulation and the hygienic assessment of medicinal plants (buds) Pinus sylvestris L. growing on the Kedrovskii coal mine waste dump. We have revealed that the embryonic soils of the waste dump contains low level of biologically active trace elements – Cu and Zn – below the sufficient soils supply according to Krupskoj N. K. – Alexandrova G. N. The comparison of the heavy metal accumulation in the embryonic soils on the waste dump and the hygienic standards have not revealed the over limits of the maximum permissible concentration (the approximate permissible concentration). We have concluded that, in terms of quantity, the plant material of Pinus Sylvestris L. mostly contains biophilia metals (Fe, Mn, Zn, Cu). Calculations of biological mobility coefficient (Bx) revealed that the buds of Pinus Sylvestris L. absorb Cu and Zn in a greater degree. The minimum value Bx has been revealed for Pb, Cd, Ni, Co, Cr. The hygienic assessment of plant material of Pinus sylvestris L. has discovered no excess over of MPC of heavy metals which were accepted for the plant based biological additives.

Keywords: Pinus Sylvestris L., heavy metals, hygienic assessment, waste dump of coal mine.

Одной из наиболее перспективных культур для целей рекультивации является сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.) семейства сосновых (Pinaceae). На породных отвалах Кемеровской области посажено около 10 тыс. га насаждений Pinus sylvestris L. Ее биоэкологические особенности соответствуют лесорастительным условиям на породных отвалах, где она формирует продуктивные насаждения в соответствии с особенностями

процессов естественного роста и развития, характерными для естественных сосновых лесов [6].

Кроме того, Pinus sylvestris L. является не только ценной мелиоративной, древесной, но и лекарственной культурой. В медицинской практике наибольшее применение нашли почки сосны, которые содержат в своем составе эфирное масло (до 0,36 %), дубильные вещества, пиницикрин, органические кислоты и т.д. Их употребляют в виде отвара, настоя и настойки как отхаркивающее, дезинфицирующее и мочегонное средство, а также для ингаляций при заболеваниях верхних дыхательных путей. В народной медицине сосновые почки применяют при хронических воспалениях бронхов, плеврите, болезнях печени, почек, мочевого пузыря, при желтухе, водянке и т.д. [4].

Однако отходы угледобычи (отвалы и терриконы) могут являться источниками повышенного содержания тяжелых металлов (ТМ). ТМ среди техногенных загрязнителей почвы и растений занимают особое место за счет широкого распространения и большой токсичности. Они способны включаться в биологический круговорот и аккумулироваться в организме человека [9,10].

В настоящее время в России содержание ТМ в лекарственном растительном сырье (ЛРС), до сих пор не нормируется, поэтому многие исследователи для гигиенической оценки ЛРС используют показатели, принятые для биологически активных добавок к пище на растительной основе [7,9,10]. Представленная работа является продолжением ранее опубликованных исследований по гигиенической оценке лекарственных растений, произрастающих на отвалах угольных разрезов Кузбасса [9,10].

Учитывая наличие достаточной сырьевой базы, широкое применение в медицине, актуальными являются исследования по оценке безопасности растительного сырья (почек) сосны обыкновенной, произрастающей на породных отвалах региона.

Цель и методика исследований

Цель настоящей работы – оценка загрязнения ТМ лекарственного растительного сырья (почки) Pinus sylvestris L., произрастающей на породном отвале угольного разреза «Кедровский» и сопряженных эмбриоземов.

Исследования проводились на породном отвале «Южный» угольного разреза «Кедровский». Общая площадь отвала «Южный» составляет 599,3 га и высотой 58 м, с равнинно-наклонным рельефом. Породы, слагающие отвалы, в основном представлены песчаниками (60 %), с большой долей алевролитов (20 %) и аргиллитов (15 %), суглинками и глинами (5 %). Эмбриоземы представлены преимущественно тяжелыми, среднеобеспеченными суглинками (гумус 3,5 %), характеризующимися щелочной реакцией

почвенного раствора (pH водной вытяжки 7,1–7,7), низкой обеспеченностью фосфором и азотом (1,7–7,0) и содержанием немного ниже нормы обменного калия (125 мг/кг) [9].

Объектами исследования являлись образцы почек сосны и сопряженные эмбриоземы, собранные в период 2011–2013 гг.

Заготовку сырья проводили весной (апрель-май), согласно общепринятым правилам. Собирали сырье без видимых признаков повреждений. Сопряженные с растениями эмбриоземы отбирали из корнеобитаемого слоя (А 0–15 см) по общепринятой методике.

Лабораторные исследования сопутствующих эмбриоземов и растительных образцов проводились в аккредитованном испытательном центре агрохимической службы «Кемеровский» по методикам, включенным в перечни нормативных документов для станций и центров агрохимслужбы [5]. Элементный анализ образцов эмбриоземов и растительного сырья определяли атомно-абсорбционным методом в пламени ацетилен-воздух на приборах AAS – 30 фирмы Karl Ceis Jena (Германия). Извлечение подвижной формы (П.Ф.) металлов из почвы проводилось ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 по методу Крупского – Александровой. Анализ выполнялся в трехкратной повторности, данные обрабатывались с использованием стандартных статистических методов.

Для характеристики распределения доступности химических элементов для растений и степени использования ими подвижных форм, содержащихся в эмбриоземах, был рассчитан коэффициент биологической подвижности (Вх) [9]. Коэффициент биологической подвижности (Вх) или аккумулятивный индекс – отношение концентрации элемента в воздушно-сухой массе органов растения (мг/кг) к концентрации подвижных форм соединений элемента в почве (мг/кг).

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных результатов показал, что исследуемые образцы эмбриоземов характеризуются значительными колебаниями элементного состава. Максимальными значениями характеризуются Mn и Fe (их содержание 54,434 и 38,278 мг/кг соответственно), минимальными – Cd и Cu (0,171 и 0,217 мг/кг соответственно). Обнаружено низкое содержание таких биологически активных микроэлементов, как Cu и Zn – ниже достаточной обеспеченности почв по Н.К. Крупскому – Г.Н. Александровой. Сравнение содержания ТМ в эмбриоземах отвала с гигиеническими нормативами не выявило их превышения ПДК (ОДК) (таблица).

Содержание ТМ в эмбриоземах и растительном сырье Pinus sylvestris L. , собранных с породных отвалов угольного разреза «Кедровский» (средние данные за 2011–2013 гг.) и коэффициент биологический подвижности (B_x)

Элементы	Содержание элементов, мг/кг		
	Эмбриоземы	Растительное сырье	

	П.Ф.	ПДК, ОДК* [2]	Почки сосны	Танцерева И.Г. (Кем. обл.) [7]	ПДК для БАД [1,8]	B_x
Pb	2,636±0,323	6,0	0,946±0,301	0,01…0,14	6,0	1,00
Cd	0,171±0,033	ОДК 1,0	0,099±0,047	0,19…1,01	1,0	1,00
Cu	0,217±0,022	3,0	5,720±2,186	0,19…4,14	-	27,0
Zn	1,498±0,111	23,0	38,033±6,210	1,19…7,03	-	26,0
Mn	54,434±15,905	140-500	27,629±7,369	1,77…36,48	-	3,00
Ni	2,154±0,203	4,0	0,971±0,261	0,12…2,01	-	1,00
Co	0,566±0,050	5,0	0,489±0,179	-	-	1,00
Fe	38,278±10,541	-	48,497±17,122	1,58…35,98	-	2,00
Cr	1,430±0,044	6,0	0,691±0,133	-	-	1,00

Примечания: ОДК* - ориентировочно допустимая концентрация.

Анализ почек Pinus sylvestris L. выявил, что они в большей степени аккумулируют Fe (48,497мг/кг), Zn (38,033 мг/кг) и Mn (27,629 мг/кг), что согласуется с данными Танцеревой И.Г. Повышенная потребность растений в металлах-биофилах, очевидно, связана с их участием в жизненно важных биохимических процессах, обусловливающих нормальный рост и развитие. Из нормируемых металлов не выявлено превышения содержания Pb и Cd в почках сосны, их содержание ниже ПДК согласно СанПиН2.3.2.1078-01 [1].

При сравнительном анализе данных содержания ТМ в растительном сырье и их подвижных форм в сопряженных эмбриоземах отмечено, что прямой зависимости между ними не наблюдается, что является подтверждением факта избирательного поглощения химических элементов растениями [3]. Также имеются существенные отличия в количественных характеристиках содержания Cu и Zn в почках сосны и сопряженных с ними эмбриоземах. При незначительном накоплении подвижных форм данных элементов в эмбриоземах (Cu – 0,217 мг/кг, Zn – 1,498 мг/кг) в почках сосны накопление данных элементов приоритетно (Cu – 5,72 мг/кг, Zn – 38,033 мг/кг).

Анализ коэффициентов биологической подвижности (Bx) или аккумулятивного индекса показал, что у сосны он максимален для Cu (27) и Zn (26). Минимальный показатель (Bx – 1) выявлен для пяти элементов: Pb, Cd, Ni, Co и Cr (табл.).

В зависимости от значения Bx элементы могут быть расположены в следующем порядке - Cu> Zn> >Mn > Fe> Pb = Cd = Ni= Co =Cr.

Сопоставление показателей Bx с содержанием подвижных форм ТМ в эмбриоземах позволило выявить, что преимущественно низким значениям подвижных форм ТМ в

эмбриоземах соответствуют высокие показатели Вх (табл.). Это говорит о том, что с повышением содержания ТМ в почвах включаются механизмы регуляции избирательного поглощения их растениями, которые достаточно сложны и, по-видимому, определяются видовой спецификой растений.

Сходные результаты были получены для ЛРС *Taraxacum officinale* Web. и *Hippophae rhamnoides* L., произрастающих на отвалах угольного разреза «Кедровский» [9,10].

Заключение

Экспериментально установлено, что эмбриоземы отвала «Южный», угольного разреза «Кедровский», характеризуются значительными колебаниями элементного состава. Сравнение содержания ТМ в эмбриоземах отвала с гигиеническими нормативами не выявило их превышения ПДК (ОДК).

Выявлено, что в почках сосны обыкновенной в большей степени аккумулируются металлы-биофиллы – Fe, Zn и Cu, (27,629 ….48,497 мг/кг). Расчеты коэффициентов биологической подвижности (Вх) показали, что почки сосны в большей степени поглощают Cu и Zn (27….26).

Гигиеническая оценка содержания ТМ в почках Pinus sylvestris L., произрастающей на породном отвале «Южный» угольного разреза «Кедровский», не выявила превышения допустимых уровней согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 и ТР.

Список литературы

1. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078 – 01. – М.: Минздрав России, 2002. – С. 74.
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – М., 2006.
3. Кабата – Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / пер. с англ./ А. Кабата – Пендиас, Х. Пендиас. – М., 1989.
4. Лекарственные растения, сырье и препараты: учебное пособие / под ред. С.Е. Дмитрука. – Томск, 2004. – Ч.1. – 320 с., ч. 2. – 148 с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1989. – 62 с.
6. Уфимцев В.И., Манаков Ю.А. Условия произрастания сосны обыкновенной на эмбриоземах Кузбасса // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 3 (77). – С.64-67.

7. Танцерева, И.Г. Эколого-фармакогностическое исследование некоторых лекарственных растений Кемеровской области: дис. ... канд. фарм. наук. – Томск, 2004. – 150 с.
8. ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/902320560, свободный. – Загл. с экрана (обращение 12.05.2015).
9. Irina Nikolaevna Egorova and Olga Alexandrovna Neverova. Heavy Metal Concentration in the Herbal Medicinal Products of *Hippophae Rhamnoides* L. Which Grows on Refuse Dumps of the Kuznetsk Coal Basin Surface Mines. World Applied Sciences Journal 27 (Education, Law, Economics, Language and Communication): 497-500, 2013.
10. Olga A. Neverova and Irina N. Egorova. Assessment of Heavy Metal Pollution of Medicinal Plants *Taraxacum Officinale* Web. Growing in the Kuznetsk Basin Areas Affected by Coal Production. World Applied Sciences Journal 23 (5): 650-655, 2013.

Рецензенты:

Куприянов А.Н., д.б.н., профессор, зав.отделом «Кузбасский ботанический сад» ИЭЧ СО РАН, г. Кузбасс;

Литвинова Н.А., д.б.н., профессор кафедры физиологии человека и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г.Кемерово.