

ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЛОДОВ *SORBUS SIBIRICA* HEDL. В УСЛОВИЯХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА "КЕДРОВСКИЙ"

Егорова И.Н.¹, Неверова О.А.^{1,2}, Григорьева Т.И.³

¹ФГБУН Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово, Россия (650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский,10), e-mail: nir_kem@mail.ru.

²ФГБОУ «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (университет), г. Кемерово, Россия (650056, г. Кемерово, бульвар Строителей,47)

³ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный политехнический университет им. Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, Россия (650000, г. Кемерово, ул. Весенняя,28)

В работе изучено содержание радионуклидов в эмбриоземах и плодах рябины сибирской (*Sorbus sibirica* Hedl.) в условиях угольного разреза «Кедровский» Кузбасса. Экспериментально установлено, что содержание естественных и искусственных радионуклидов в эмбриоземах выше, чем в плодах рябины. В общей радиоактивности эмбриоземов и плодов рябины основная доля приходится на естественные радионуклиды, особенно К-40. Вклад в общую радиоактивность К-40 составляет 91% в эмбриоземах и 74% в плодах рябины. На долю техногенных радионуклидов - Sr-90 и Cs-137 приходится менее 1% в эмбриоземах и около 9% в плодах рябины. Анализ коэффициентов накопления радионуклидов (КН) показал, что наиболее интенсивно из эмбриоземов в плоды рябины перемещаются искусственные радионуклиды - Sr-90 и Cs-137, однако их КН <1. Это говорит об отсутствии аккумуляции данных радионуклидов в плодах. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии загрязнения эмбриоземов отвалов искусственными радионуклидами – содержание Sr-90 и Cs-137 существенно ниже среднего регионального уровня накопления для почв данного региона, уровень естественных радионуклидов находится в пределах фоновых величин радиоактивных элементов в земной коре. Гигиеническая оценка плодов рябины (*Sorbus sibirica* Hedl.) показала отсутствие превышения в содержании радионуклидов ПДК, принятых для биологически активных добавок на растительной основе и регионального фона экологически чистых зон Кузбасса. В работе делается вывод о том, что плоды рябины, произрастающей в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский» являются экологически безопасными по таким экотоксикантам, как радионуклиды.

Ключевые слова: плоды рябины, радионуклиды, отвалы угольных разрезов.

EVALUATION OF RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF *SORBUS SIBIRICA* HEDL. FRUIT ON THE KEDROVSKY OPEN-PIT COAL MINE WASTE DUMPS

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, Vesennyya Street 28, Kemerovo)

We have studied the content of radionuclides in the embryonic soils and the fruits of Siberian rowan (*Sorbus sibirica* Hedl.) growing on the Kedrovsky coal mine waste dump. It has been established experimentally that the content of natural and of artificial radionuclides in the embryonic soils is higher than in the fruits of rowan. The main share of the total radioactivity in the embryonic soils and the rowan fruits accounts for natural radionuclides, especially K-40. In total K-40 radioactivity in the embryonic soils amounts to 91% and in the rowan fruits – 74%. The share of man-made Sr-90 and Cs-137 radionuclides amounts to less than 1% in the embryonic soils and about 9% in the rowan fruits. The analysis of radionuclides accumulation factors (AF) has shown that the artificial radionuclides - Sr-90 and Cs-137 translocate most heavily from the embryonic soils in the fruits of rowan, but its AF<1. It indicates the absence of accumulation of these radionuclides in fruit. The results have shown the absence of artificial radionuclides contamination in the embryonic soils on the dumps - the content of Sr-90 and Cs-137 is significantly below the regional average for the accumulation of soil in the region, the level of natural radionuclides ranges within the background values of radioactive elements in the Earth crust. The hygienic assessment of the rowan fruits (*Sorbus sibirica* Hedl.) has shown there is no excess in the content of radionuclides according to the MRL accepted for the biologically active plant-based additives to

the food, and the regional background of environmentally friendly areas of Kuzbass. The paper has concluded that the fruits of rowan growing on the Kedrovsky coal mine waste dump are ecologically safe as for ecotoxicants such as radionuclides.

Keywords: fruits of rowan, radionuclides, coal mines dumps.

Рябина сибирская (*Sorbus sibirica* Hedl.) подвид рябины обыкновенной (*S. aucuparia* subsp. *Sibirica* (Hedl.) Kryl.) семейства розовых (*Rosacea*) широко распространена по территории Кемеровской области. Являясь лесной породой, растет преимущественно во втором ярусе в подлеске различных типов леса, по лесным оврагам, предпочитая освещенные участки. Довольно неприхотлива к условиям обитания, легко переносит сильные морозы и засуху, что позволяет ей успешно произрастать в разных природно-климатических условиях.

Рябина, наряду с сосной обыкновенной, березой повислой, относится к ценным фитомелиоративным древесным растениям. В Кузбассе на породных отвалах встречается часто, преимущественно на транспортных и бестранспортных отвалах в составе мелколиственных и смешанных лесов, а также на склонах в стадии инициального зарастания.

Рябину издавна используют как в народной, так и в традиционной медицине [4]. В плодах содержатся витамин С, флавоноиды, органические кислоты, сахара, спирт-сорбит, дубильные вещества, аминокислоты (цистин, цистеин, лизин, гистидин и т.д.), соли калия, натрия, кальция, магния и др. Среди плодово-ягодных культур, рябина по содержанию Р-активных веществ занимает одно из первых мест.

В медицинской практике высушенные плоды рябины используются, главным образом, как поливитаминное средство, в народной медицине применяют свежие плоды как мочегонное, кровоостанавливающее и слабительное средство [4].

Плоды рябины используют в пищевой и кондитерской промышленности для приготовления варенья, пастилы, соков, плодово-ягодных напитков, начинок, уксуса. Зрелые плоды служат сырьем для получения каротина, а зеленые – для получения яблочной кислоты [7].

Учитывая широкое распространение рябины сибирской в сформированных фитоценозах породных отвалов угольных разрезов, актуальными являются исследования по эколого-гигиенической оценке ее плодов.

Отходы угледобычи (отвалы, терриконы и т.д.) могут являться источником повышенного радиационного фона. Одним из путей поступления РН в организм человека являются пищевые и лекарственные растения.

Представленная работа является продолжением ранее опубликованных исследований по гигиенической оценке лекарственных растений, произрастающих на отвалах угольных разрезов Кузбасса [1,11].

Цель и методика исследований

Цель настоящей работы – оценка радионуклидного (РН) загрязнения лекарственного сырья (плодов) *Sorbus sibirica* Hedl., произрастающей на породном отвале угольного разреза «Кедровский» и сопряженных эмбриоземов по содержанию естественных (K-40, Th-232, Ra-226) и искусственных (Sr-90 и Cs-137) радионуклидов.

Объекты и методы исследований

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 (рН 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) [11].

Объектами исследования являлись плоды *S. sibirica* Hedl. и сопряженные эмбриоземы, собранные в сентябре 2013-2014 гг.

Заготовку сырья проводили в сухую солнечную погоду, согласно общепринятым правилам. Собирали сырье без видимых признаков повреждений. Среднюю пробу готовили методом квартования в соответствии с ГОСТ 24.027.0-80. Допустимые отклонения в массе средней пробы не превышали $\pm 10\%$.

Сопряженные с растениями эмбриоземы отбирали из корнеобитаемого слоя (А 0-15 см) по общепринятой методике.

Лабораторные исследования эмбриоземов и растительных образцов проводили на базе аккредитованного испытательного центра агрохимической службы «Кемеровский». Радиоактивность в исследуемых образцах определяли по "Методике измерения радиоактивности в счетных образцах с использованием программного обеспечения "Прогресс" утв. ВНИИФТРИ 22.12.03 г. на комплекс спектрометрический для измерений активности альфа -, бета- и гамма-излучающих нуклидов "Прогресс" .

Для оценки перемещения Sr-90 и Cs-137 в системе почвы – ЛРС рассчитывали коэффициент накопления (КН) – отношение концентрации элемента в растении к содержанию элемента в почве. Анализы выполнялись в трехкратной повторности, данные

обработаны с использованием стандартных статистических методов с применением программы Statistica 6.0. Расчеты приведены на абсолютно сухую массу.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что содержание естественных и искусственных РН в эмбриоземах выше, чем в лекарственном сырье. Причем в общей радиоактивности эмбриоземов основная доля приходится на естественные РН, особенно К-40 – его вклад в общую радиоактивность составляет 91 %. Доля искусственных РН в эмбриоземах составляет около 1 % (табл.). Полученные результаты показывают отсутствие загрязнения эмбриоземов отвалов искусственными РН – содержание Sr-90 и Cs-137 существенно ниже среднего регионального уровня накопления для почв юга Томской области – прилегающих к Кемеровской области. Уровень естественных РН находится в пределах фоновых величин радиоактивных элементов в земной коре (табл.).

Установлено, что плоды рябины характеризуются относительно высокими величинами средневзвешенной (по массе) удельной активности К-40. Доля К-40 от общей радиоактивности составляет – 74 % (табл.). Это подтверждает факт, что К-40, как и его стабильные изотопы необходимы растениям для их нормального развития.

Абсолютные величины удельной активности остальных естественных РН (Th-232, Ra-226) плодов рябины меньше чем у К-40 (табл.). Известно, что Th-232, Ra-226 в отличие от радиоизотопов калия не являются жизненно необходимыми элементами для растений [10].

Экспериментально установлено, что содержание техногенных РН в плодах рябины меньше, чем естественных и находится в пределах 0,742...0,977 Бк/кг, что составляет около 9 % от общей радиоактивности (таблица).

Содержание РН в плодах *Sorbus sibirica* Hedl., сопряженных эмбриоземах
(средние данные, Бк/кг) и коэффициент накопления (КН)

Проба	Удельная активность, Бк/кг				
	Sr-90	Cs-137	К-40	Th-232	Ra-226
Эмбриоземы (корнеобитаемый слой)	0,99±0,002	2,59±0,213	516,37±10,909	26,45±2,073	24,37±1,594
Плоды рябины	0,742±0,150	0,977±0,186	13,517±1,654	1,630±0,180	1,483±0,105
(КН)	0,75	0,38	0,03	0,06	0,06
ПДК: - БАД на раст.	100	200	-	-	-

основе - ЛРС (травы, кора, корневища, плоды ...) [4,9]	200	400	-	-	-
Средний региональный уровень[8]	20-25	20,1	-	-	-
Фоновые величины радиоактивных элементов[2]			40-1000	40	40

Анализ коэффициентов накопления (КН) плодами рябины РН показал, что они в большей степени накапливают РН техногенной группы – Sr-90 и Cs-137 (табл.). Однако их КН меньше единицы и находятся в пределах 0,75... 0,38. Это говорит об отсутствии аккумуляции данных РН растениями.

Анализ удельной активности Sr-90 и Cs-137 в плодах рябины не показал превышения гигиенических нормативов (табл.). Это характерно и для других видов лекарственных растений, произрастающих на породных отвалах Кузбасса. Проведенные ранее исследования показали отсутствие накопления искусственных РН - Sr-90 и Cs-137 и тяжелых металлов в плодах *Rosa majalis* Herrm. и *Hippophae rhamnoides* L, произрастающих на породных отвалах угольного разреза «Кедровский» [1,11].

Заключение

Таким образом, экспериментально установлено, что плоды *Sorbus sibirica* Hedl., произрастающей на породных отвалах угольного разреза «Кедровский» являются экологически безопасными по таким экотоксикантам, как радионуклиды. Для возможности дальнейшего их использования в качестве пищевого и лекарственного сырья, биологической активной добавки при производстве продуктов функциональной направленности необходимы исследования по содержанию в плодах тяжелых металлов и соответствию требованиям качества фармакопейной статьи «Fructus Sorbi».

Список литературы

1. Егорова И.Н., Неверова О.А. Оценка радионуклидного загрязнения плодов *Hippophae rhamnoides* L., произрастающей на породном отвале угольного разреза «Кедровский» // Материалы международной научной конференции «Природно-техногенные комплексы:

рекультивация и устойчивое функционирование». 10-15 июня 2013.Новосибирск-Новокузнецк. Новосибирск, 2013.-С.100-102.

2. Ивлев А.М. Дербенева, А.М. Деградационные почвы и их рекультивация (Учебное пособие) .- Владивосток: Изд-во ДГУ, 2002.– 64 с.
3. Лекарственные средства растительного происхождения: справочное пособие /А.С. Васильев, Г.И. Калинин, В.Н. Тихонов [под ред. проф. С.Е. Дмитрука]. – Томск, 2004. – 124 с.
4. ОФС 42-0011-03 «Определение содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье. Стронций-90, Цезий-137. Отбор проб, анализ, оценка результатов». – М., 2003. – 27 с
5. Остроумов Л.А., Кригер О.В., Карчин К.В., Щетинин М.П. Исследование химического состава плодов рябины обыкновенной (*Sorbus sibirica*), произрастающей в Кемеровской области // Техника и технология пищевых производств.2014.; 4.С.38-41
6. Рихванов Л.П. Электронный учебник: Общие и региональные проблемы радиобиологии.– ИГНД, ГЭГх, – 2004.
7. СанПиН 2.3.2.1078-01. Продовольственное сырье и пищевые продукты. - М., 2002
8. Титаева Н. А. Геохимия радиоизотопов радиоактивных элементов (U, Th, Ra): автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра наук. - М., 2002. -39 с.
9. Olga Alexandrovna Neverova and Irina Nikolaevna Egorova (Eds.). Assessment of radionuclide pollution *Rosa majalis* Herrm. Fruits in the circumstances of the anthropologically disordered Kznetsk basin areas// *Advances in Environmental Biology*,8(13) August 2014,Pages:414-418.
10. Irina Nikolaevna Egorova, Olga Alexandrovna Neverova & Lyubov Sergeevna Dyshlyuk. Assessment of *Rosa majalis* Herrm - Fruits Contamination with Heavy Metals in Open-Pit Coal Mine Waste Dumps. *Modern Applied Science* Vol. 9, No. 4\$ 2015. P 270-275.

Рецензенты:

Блинова С.В., д.б.н., профессор кафедры зоологии и экологии ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово;

Давыденко Н.И., д.т.н., профессор технологии и организации общественного питания ФГБОУ ВО «КемТИПП» (университет), г. Кемерово.