

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В КОРНЯХ ЛОПУХА БОЛЬШОГО *ARCTIUM LAPPA* L.

© Дьякова Н.А.

Воронежский государственный университет (ВГУ)

Россия, 394018, Воронежская область, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Однако освоение минеральных ресурсов, активная химизация в сельском хозяйстве, последствия Чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем. Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов, в частности, радионуклидов, в организм человека.

Цель: изучение накопления наиболее значимых искусственных и естественных радионуклидов в корнях лопуха большого, заготовленных на различных с точки зрения антропогенного воздействия территориях Воронежской области.

Материалы и методы. В условиях эксперимента в образцах верхних слоев почв и корнях лопуха большого определяли удельную активность основных долгоживущих искусственных радиоизотопов (цезий-137, стронций-90,) и часто встречаемых в природе естественных радионуклидов (торий-232, калий-40, радий-226) на спектрометре-радиометре МКГБ-01 «РАДЭК».

Результаты. Все изученные образцы корней лопуха большого, заготовленные в естественных и искусственных фитоценозах Воронежской области, соответствуют существующим требованиям радиационной безопасности (первая группа). При увеличении удельной активности стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 в почве возрастала их удельная активность в корнях лопуха большого. Корреляционный анализ удельной активности искусственных и естественных радионуклидов в почве и корнях лопуха большого показал наличие весьма заметной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтвердило преимущественное транспочвенное их загрязнение.

Заключение. Закономерности накопления в корнях лопуха большого определяемых природных и техногенных радионуклидов описаны математическими зависимостями с максимальным коэффициентом достоверности аппроксимации.

Ключевые слова: Воронежская область; стронций-90; цезий-137; торий-232; калий-40; радий-226.

Дьякова Нина Алексеевна – канд. биол. наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, ВГУ, г. Воронеж. ORCID iD: 0000-0002-0766-3881. E-mail: Ninotchka_V89@mail.ru

При анализе качества лекарственного растительного сырья (ЛРС) и препаратов в соответствии с действующими требованиями необходимо учитывать особенности аккумуляции радионуклидов [1, 2]. Лекарственные растения способны проявлять способность к накоплению данных экотоксикантов, как искусственного (например, стронций-90, цезия-137), так и природного происхождения (например, калий-40, радий-226, торий-232), которые активно мигрируют по цепочке «почва → лекарственное растительное сырье → лекарственный препарат → человек» [3, 4].

Наиболее значимыми источниками поступления в окружающую среду техногенных радионуклидов являются атомные электростанции, хранилища радиоактивных отходов, а также предприятия по их переработке, так как преимущественно все они являются продуктом распада урановых ядер. Естественные радионуклиды присутствуют в том или ином количестве во всех объектах природы, не связаны с деятельностью человека и техногенными катастрофами и распределены на планете относительно равномерно [5, 6].

Почвы Воронежской области – региона Центрального Черноземья, являющегося важным поставщиком растениеводческой продукции – преимущественно представлены черноземами, которые отличаются высоким содержанием гумуса, глины, ила и других органических веществ, что обуславливает большую емкость поглощения радионуклидов и их прочную сорбцию. Поэтому содержание радиоактивных элементов в черноземных почвах всегда относительно более высокое, чем, к примеру, в подзолистых, серых лесных и красноземных [7, 8].

Лопух обыкновенный (*Arctium lappa* L. (syn. *Lappa edulis* Siebold ex Miq., *Lappa officinalis* All., *Lappa major* Gaertn., *Arctium majus* Bernh., *Arctium edule* Beger, *Lappa vulgaris* Hill.)) – двулетнее крупное травянистое растение со стержневой корневой системой с мощным главным корнем до 1,5 м длиной. В фармации используют корни лопуха обыкновенного в виде отваров, экстракты – в таблетированных, дражированных лекарственных формах [1, 9]. Применяются внутрь в качестве желчегонного, потогонного, диуретического, противовоспалительного, противоопухолевого, иммуностимулирующего, ан-

тиоксидантного, гипополидемического, гепатопротекторного, противодиабетического, ранозаживляющего средства, стимулирующего обмен веществ и детоксикацию организма; наружно — для лечения угревой сыпи, фурункулеза, экземы [10-23].

Широкое применение объясняется богатым химическим составом данного ЛРС, в основе которого лежат полисахариды (до 35-45% инулина), простые сахара (от 3-4% до 30%), слизи, сесквитерпеноиды, фитостерины (ситостерин, стигмастерин), полиины (арктиналь и др.), жирные кислоты (0,4-0,8% с преобладанием полиненасыщенных (до 60%) — линолевой, линоленовой, пальмитиновой), лигнаны (арктиин, арктигенин), фенолкарбоновые кислоты (0,9-1,3%, преобладают хлорогеновая, изохлорогеновая, кофейная), флавоноиды (1,3-2,3%), кумарины, эфирное масло (0,07-0,17%), органические кислоты, аминокислоты (10 заменимых и 8 незаменимых с преобладанием аргинина (24,09%), пролина (20,21%) и серина (14,92 %)). Корни лопуха обыкновенного богаты витаминами (особенно B6, B5, B9, B4, C, E, PP, K, каротиноидами), макроэлементами (калий, магний, фосфор, сера, кальций) и микроэлементами (медь, железо, селен, марганец, цинк) [1, 24, 25, 26].

Синантропный рудеральный вид, сырье которого заготавливается из дикорастущих особей. Имеет большой ареал — умеренный климатический пояс Северной и Южной Америки, Евразии. Широко встречается на пустырях, на свалках, у дорог, на заброшенных территориях и нарушенных фитоценозах, богатых азотом. Хо-

рошо растет в суглинистых, глинистых, песчаных, супесчаных почвах с pH близких к нейтральным. Обладает устойчивостью к облучению. Дает потомство с высокой выживаемостью и малой долей аномалий при дефиците влаги, повышенной температуре, высоком радиоактивном фоне, что делает его оптимальным объектом эколого-фармакогностических исследований [1, 9].

Цель исследования — изучение особенностей накопления искусственных и естественных радионуклидов в корнях лопуха большого, заготовленных на территории Воронежской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выбор территорий для заготовки корней лопуха обыкновенного объясняется особенностями антропогенного воздействия (рис. 1, табл. 1) [4, 5].

Корни лопуха большого заготавливали в соответствии с требованиями ФС.2.5.0025.15 «Лопуха корни» в конце сентября. Также отбирали пробы верхних слоев почв (глубиной 0-10 см) [27].

Анализ образцов почв и корней лопуха обыкновенного проводили на спектрометре-радиометре МКГБ-01 «РАДЭК». Измеряли удельную активность наиболее важных искусственных (цезия-137, стронция-90) и естественных радионуклидов (тория-232, калия-40, радия-226) [1, 9, 27].

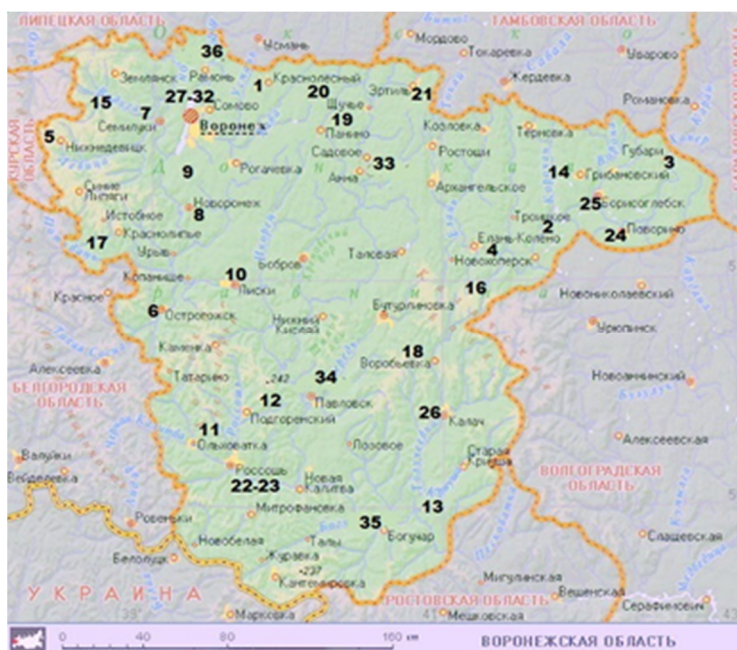


Рис. 1. Карта заготовки образцов почв и корней лопуха большого (обозначения расшифрованы в табл. 1).

Fig. 1. Map of preparation of soil samples and large burdock roots (designations are deciphered in the Table 1).

Таблица 1

Table 1

Результаты определений удельной активности радионуклидов в образцах корней лопуха
обыкновенного (Бк/кг)

Results of Determination of Specific Activity of Radionuclides in Specimens of Common Burdock Roots (Bq/kg)

№ п/п	Район заготовки Area of collecting	Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Воронежский заповедник Voronezh reserve	10.4±3.7	57.1±7.4	12.1±4.9	308±67	9.4±5.3
2.	Хоперский заповедник Khopyor reserve	11.2±4.1	28.1±3.9	11.3±3.8	461±53	9.6±5.0
3.	Борисоглебский р-н Borisoglebsk district	11.6±5.3	27.3±5.8	14.6±6.1	418±70	7.2±2.2
4.	село Елань-Колено village of Elan-Koleno	10.8±3.8	29.4±8.0	18.4±2.0	451±46	11.4±3.1
5.	село Нижнедевицк village of Nizhnedevitsk	16.7±4.0	57.3±3.9	14.3±4.1	428±75	18.0±4.6
6.	г. Острогожск town of Ostrogozhsk	13.9±5.3	53.2±8.5	20.1±3.8	590±89	19.4±5.8
7.	г. Семилуки town of Semiluki	15.2±2.9	59.8±4.0	19.4±4.5	510±94	20.1±7.5
8.	г. Нововоронеж city of Novovoronezh	9.0±4.1	60.1±9.5	20.3±2.7	483±56	18.7±4.9
9.	Высоковольтные линии электропередач (Нововоронежский городской округ) High-voltage power transmission lines (Novovoronezhsky city district)	12.9±5.0	58.6±4.3	17.4±4.8	498±64	20.3±7.3
10.	Лискинский р-н Liskinsky district	8.2±2.5	51.0±7.5	12.1±3.8	356±49	15.6±4.9
11.	Ольховатский р-н Olkhovatsky district	13.1±4.9	42.9±5.8	24.3±2.9	474±67	18.9±6.2
12.	Подгоренский р-н Podgorensky district	14.6±5.1	43.7±6.8	22.1±5.1	614±73	20.0±2.8
13.	Петропавловский р-н Petropavlovsky district	10.0±3.9	29.6±3.0	19.6±4.0	553±81	16.1±1.8
14.	Грибановский р-н Gribanovsky district	11.2±5.8	27.8±4.1	16.4±3.8	493±62	19.8±6.3
15.	Хохольский р-н Khokholsky district	15.7±2.9	57.3±5.6	23.1±5.9	550±70	19.6±7.9
16.	Новохоперский р-н New Khopyor district	13.1±4.0	29.2±4.8	18.3±4.5	510±23	20.4±5.4
17.	Репьевский р-н Repyevsky district	15.2±3.9	57.3±3.9	14.8±3.0	497±70	15.9±4.0
18.	Воробьевский р-н Vorobyevsky district	11.0±5.1	27.1±2.9	19.3±6.2	450±93	17.3±7.4
19.	Панинский р-н Paninsky district	13.9±4.0	46.8±5.0	16.4±3.1	518±29	18.6±3.8
20.	Верхнехавский р-н Verkhnekhavsky district	15.7±3.8	54.3±2.6	21.1±6.9	511±93	18.9±4.0
21.	Эртильский р-н Ertilsky district	16.3±2.2	37.1±4.9	21.4±5.0	484±64	19.4±3.7
22.	Россошанский р-н Rossosh district	13.1±4.9	46.2±6.1	19.1±3.8	563±80	17.2±6.3
23.	Около ОАО «Минудобрения» (г. Россошь) Close to OJSC "Minudobreniya" (city of Rossoch)	13.9±5.5	41.7±3.9	21.6±4.2	541±36	17.0±5.0

Таблица 1. Окончание

Table 1. End

24.	Около ООО «Бормаш» (г. Поворино) Close to LLC "Bormash" (town of Povorino)	10.1±6.0	28.3±6.2	15.3±5.1	434±45	19.4±6.21
25.	г. Борисоглебск city of Borisoglebsk	9.6±3.7	29.9±4.4	16.1±3.7	453±62	15.4±8.4
26.	г. Калач town of Kalach	12.1±5.1	30.7±5.1	18.8±5.3	571±48	17.6±2.8
27.	Около теплоэлектростанции «ВОГРЭС» (г. Воронеж) Close to "VOGRES" Thermal Power Plant (city of Voronezh)	12.8±4.7	75.8±3.0	32.3±4.3	918±90	21.8±1.8
28.	Около АО «ВОРОНЕЖСИНТЕЗКАУЧУК» (г. Воронеж) Close to LLC "Sibur" (city of Voronezh)	14.3±5.3	70.1±5.9	29.4±2.9	943±53	20.6±2.0
29.	Около водохранилища (г. Воронеж) Close to the water reservoir (city of Voronezh)	13.6±5.9	73.2±6.3	22.2±4.0	913±41	20.1±4.9
30.	Около аэропорта Close to the airport	10.8±3.7	46.7±7.0	20.4±3.2	411±50	15.9±7.1
31.	Улица г. Воронеж A street in city of Voronezh	15.6±5.1	68.8±3.5	27.4±5.0	891±24	20.5±1.8
32.	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н) Along the M4 route (Ramon district)	13.3±1.9	54.7±5.6	15.6±7.3	421±31	14.7±2.9
33.	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н) Along the A144 route (Anna district)	10.9±3.6	58.3±8.3	16.9±6.2	461±47	9.8±7.5
34.	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н) Along the M4 route (Pavlovsk district)	10.2±4.1	49.6±5.2	14.0±5.8	411±58	14.5±3.0
35.	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н) Along the non-high-speed road (Boguchar district)	10.3±3.5	26.1±2.1	19.3±6.0	472±63	18.6±4.1
36.	Вдоль железной дороги Along the railroad	13.8±4.2	36.6±3.0	17.2±3.2	389±52	15.7±6.9
Допустимая удельная активность радионуклидов Permissible specific activity of radionuclides		200	400	-	-	-

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов по определению удельной активности радионуклидов в почвах региона показал, что согласно данным литературы их можно считать среднестатистическими для средней полосы России.

Накопление стронция-90 в корнях лопуха обыкновенного (табл. 1) характеризуется средним значением удельной активности радионуклида 12,6 Бк/кг при варьировании его от 8,2 Бк/кг до 16,3 Бк/кг. Данные значения на порядок меньше предельно допустимой удельной активности стронция-90, установленного Государственной фармакопеей. Удельная активность цезия-137 варьировала от 26,1 Бк/кг до 75,8 Бк/кг при среднем значении 46,4 Бк/кг, что также значительно меньше предельно допустимых норм по данному показателю. Для всех

проанализированных корней лопуха обыкновенного числовые значения сумм показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешностей их определения не превышали 1,0 (составили от 0,12 до 0,25, среднее значение – 0,18), что позволяет признать все изученные образцы данного вида ЛРС соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа).

Удельная активность природных радионуклидов в корнях лопуха обыкновенного принимала числовые значения от 11,3 Бк/кг до 32,3 Бк/кг при среднем арифметическом для всех изученных образцов ЛРС 19,0 Бк/кг для тория-232; от 308 Бк/кг до 943 Бк/кг при среднем по региону 526 Бк/кг для калия-40; от 7,2 Бк/кг до 21,8 Бк/кг со средним значением 17,0 Бк/кг для радия-226. Предельно допустимые значения природных радионуклидов в ЛРС не нормируются, но полученные данные можно считать

невысокими относительно ранее проведенных исследований.

Значения удельной активности определяемых радионуклидов в корнях лопуха обыкновенного отличаются небольшим диапазоном варьирования и относительной равномерностью распределения для изучаемых территорий заготовки сырья. При этом наибольшие значения сумм показателей соответствия и погрешностей их определения, эффективной удельной активности природных РН, а также удельных активностей цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 отмечены в образцах, заготовленных вблизи теплоэлектростанции «ВОГРЭС», а также вблизи химического предприятия АО «Воронежсинтезкаучук», на побережье Воронежского водохранилища, на улице Димитрова города Воронежа. Объяснить полученные результаты можно тем, что последние три района отбора образцов расположены на примерно равном и относительно небольшом расстоянии от ТЭЦ «ВОГР-

ЭС». Долгое время на данном предприятии в качестве топлива использовали каменный уголь, богатый содержанием различных природных РН, в том числе радиоизотопов калия, радия, тория и др., которые попадают в окружающую среду вместе с выбросами в атмосферу в виде золы или недожога.

Детальный анализ корреляционной зависимости активностей искусственных и естественных радионуклидов в почве и корнях лопуха большого (табл. 2) показал наличие весьма заметной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтверждало преимущественное радионуклидное загрязнение ЛРС через почву. Изучение удельной активности искусственных и природных радионуклидов в почве и корнях лопуха большого (рис. 2-6) показало наличие прямой зависимости между этими показателями. Закономерности перехода радионуклидов из почвы в ЛРС описаны математическими зависимостями.

Таблица 2

Table 2

Коэффициенты корреляции между удельными активностями радионуклидов в почве и корнях лопуха большого

Correlation coefficients between specific activities of radionuclides in soil and roots of large burdock

Радиоизотоп Radioisotope	Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
Коэффициент корреляции Correlation coefficient	0.96	0.99	0.90	0.96	0.88



Рис. 2. Зависимость удельной активности стронция-90 в корнях лопуха большого от его удельной активности в почве.

Fig. 2. Dependence of strontium-90 specific activity in large burdock roots on its specific activity in soil.

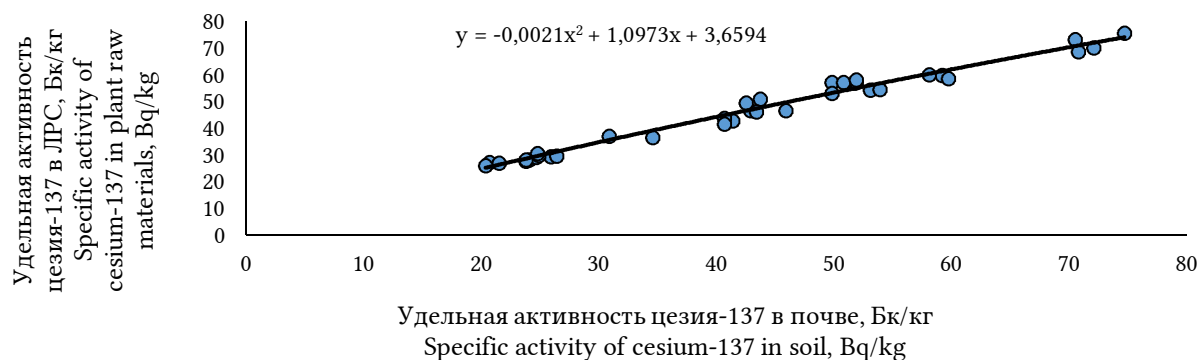


Рис. 3. Зависимость удельной активности цезия-137 в корнях лопуха большого от его удельной активности в почве.

Fig. 3. Dependence of specific activity of cesium-137 specific activity in roots of large burdock on its specific activity in soil.

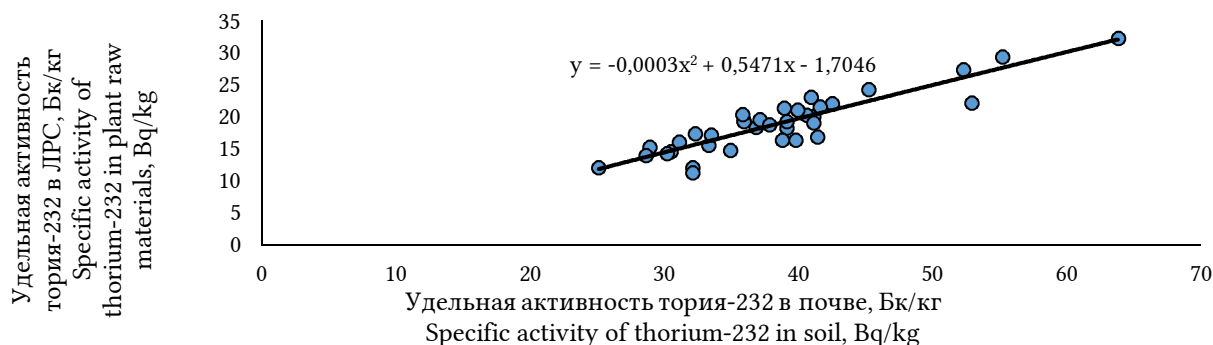


Рис. 4. Зависимость удельной активности тория-232 в корнях лопуха большого от его удельной активности в почве.

Fig. 4. Dependence of specific activity of thorium-232 VA in large burdock roots on its specific activity in soil.



Рис. 5. Зависимость удельной активности калия-40 в корнях лопуха большого от его удельной активности в почве.

Fig. 5. Dependence of specific activity of potassium-40 in roots of large burdock on its specific activity in soil.

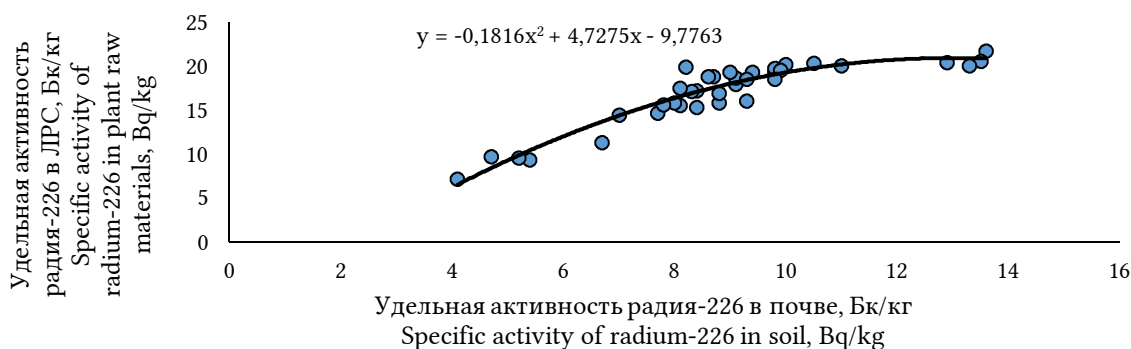


Рис. 6. Зависимость удельной активности радия-226 в корнях лопуха большого от его удельной активности в почве.

Fig. 6. Dependence of specific activity of radium-226 in roots of large burdock on its specific activity in soil.

Таким образом, все изученные образцы корней лопуха большого, заготовленные в естественных и искусственных фитоценозах Воронежской области, соответствуют существующим требованиям радиационной безопасности. Значения удельной активности природных и естественных радионуклидов в ЛРС отвечают закону непрерывного равномерного распределения. Детальный анализ корреляционной зависимости удельной активности искусственных и естественных радионуклидов в почве и корнях лопуха большого подтвердил преимущественное транспочвенное радионуклидное загрязнение изучаемого ЛРС. При увеличении удельной активности радионуклидов в почве возрастала их удельная активность в корнях лопуха большого, однако интенсивность их накопления в ЛРС преимущественно снижалась. Закономерности перехода описаны математическими зависимостями с максимальным коэффициентом достоверности аппроксимации.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Автор заявляет об отсутствии финансирования.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Дьякова Н.А. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях лопуха обыкновенного синантропной флоры Воронежской области. *Традиционная медицина*. 2021;2(65):47–52 [D'yakova N.A. Peculiarities of accumulation of biologically active substances in burdock roots of common synanthropic flora of Voronezh region. *Tradicionnaya medicina*. 2021;2(65):47–52. (in Russ.)]. DOI: 10.54296/18186173_2021_2_47. EDN: CERWWX.
2. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье Центрального Черноземья и их влияния на накопление биологически активных веществ. *Химико-фармацевтический журнал*. 2020;54(6):68–72. DOI: 10.30906/0023-1134-2020-54-6-49-53. EDN: GIDGKE. [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Assessment of radionuclide contents in medicinal plant raw material of the Central Black-earth belt and their influence on accumulation of biologically active compounds. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2020;54(6):626–630. DOI: 10.1007/s11094-020-02248-1. EDN: HPGDWJ].
3. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Чупандина Е.Е., Гапонов С.П. Выявление допустимых зон заготовки лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей. *Химия растительного сырья*. 2020;(4):5–13 [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Chupandina E.E., Gaponov S.P. Identification of permissible zones for preparation of medicinal vegetal raw materials near transport highways. *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2020;(4):5–13 (in Russ.)]. DOI: 10.14258/jcprm.2020047609. EDN: KCCAGM.
4. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Самылина И.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2016;(3):110–115 [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Assessment of radionuclide contamination of medicinal plant raw materials of Voronezh region on the example of common burdock roots. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2016;(3):110–115 (in Russ.)]. EDN: WRIWYL.
5. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение радионуклидного загрязнения лекарственного сырья Воронежской области на примере листьев подорожника большого и листьев крапивы двудомной. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2017;(2):118–123 [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Evaluation of radionuclides content in medicinal plant raw materials of the Central Black Earth Region and their effect on accumulation of biologically active substances. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2017;(2):118–123 (in Russ.)]. EDN: ZAERJT.
6. Jablonskikh L.A. Content and vertical distribution of heavy metals and radionuclides in hydromorphic Soils of the Forest Steppe. *Eurasian Soil science*. 1999;32(4):394–403.
7. Neverova O.A., Egorova I.N. Assessment of radionuclide pollution of rosa majalis herrm fruits in the circumstances of the anthropologically disordered Kuznetsk basin areas. *Advances in Environmental Biology*. 2014;8(13):414–418.
8. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin Al., Chupandina El. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant materialin the Central Black Soil Region of Russia. *Advances in Biological Sciences Research*. 2019;(7):94–96.
9. Куркин В.А. *Фармакогнозия*. Самара: Офорт; 2004. 1179 с. [Kurkin V.A. *Pharmacognosy*. Samara: Ofort; 2004. 1179 p. (in Russ.)]
10. Zhao J., Evangelopoulos D., Bhakta S., Gray A.I., Seidel V. Antitubercular Activity of Arctium Lappa and Tussilago Farfara Extracts and Constituents. *J Ethnopharmacol.* 2014;155(1):796–800. DOI: 10.1016/j.jep.2014.06.034.
11. Koriem K.M., Idris Z.H., Lazain H.S. Therapeutic effect of Arctium lappa in Schistosoma haematobium associated kidney disturbance: biochemical and molecular effects. *J Parasit Dis*. 2016;40(4):1246–1254. DOI: 10.1007/s12639-015-0662-4.
12. Miglani A., Manchanda R.K. Observation study of Arctium lappa in the treatment of acne vulgaris. *Homeopathy*. 2014;103(3):203–207. DOI: 10.1016/j.homp.2013.12.002.
13. Li X., Zhao Z., Kuang P. Regulation of lipid metabolism in diabetic rats by Arctium lappa L. polysaccharide through the PKC/NF-κB pathway. *Int J Biol Macromol*. 2019;136:115–122.

- DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.06.057.
14. Zhang N., Wang Y., Kan J. In vivo and in vitro anti-inflammatory effects of water-soluble polysaccharide from *Arctium lappa*. *Int J Biol Macromol.* 2019;35:717–724. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.171.
 15. Watanabe A., Sasaki H., Miyakawa H. Effect of Dose and Timing of Burdock (*Arctium lappa*) Root Intake on Intestinal Microbiota of Mice. *Microorganisms.* 2020;8(2):220. DOI: 10.3390/microorganisms8020220.
 16. Annunziata G., Barrea L., Ciampaglia R. *Arctium lappa* contributes to the management of type 2 diabetes mellitus by regulating glucose homeostasis and improving oxidative stress: A critical review of in vitro and in vivo animal-based studies. *Phytother Res.* 2019;33(9):2213–2220. DOI: 10.1002/ptr.6416.
 17. Chan Y.S., Cheng L.N., Wu J.H., Chan E., Kwan Y.W., Lee S.M., Leung G.P., Yu P.H., et al. A Review of the Pharmacological Effects of *Arctium Lappa* (Burdock). *Inflammopharmacology.* 2011;19(5): 245–254. DOI: 10.1007/s10787-010-0062-4.
 18. Maghsoumi-Norouzabad L., Alipoor B., Abed R., Sadat B.E., Mesgari-Abbasi M., Jafarabadi M.A. Effects of *Arctium Lappa* L. (Burdock) Root Tea on inflammatory status and oxidative stress in patients with knee osteoarthritis. *Int J Rheum Dis.* 2016;19(3):255–261. DOI: 10.1111/1756-185X.12477.
 19. Ahangarpour A., Heidari H., Oroojan A.A., Mirzavandi F., Nasr E. K., Dehghan M. Z. Antidiabetic, hypolipidemic and hepatoprotective effects of *Arctium lappa* root's hydro-alcoholic extract on nicotinamide-streptozotocin induced type 2 model of diabetes in male mice. *Avicenna J Phytomed.* 2017;7(2): 169–179.
 20. Lin S.C., Lin C.H., Lin C.C., Lin Y.H., Chen C.F., Chen I.C., Wang L.Y. Hepatoprotective effects of *Arctium lappa* Linne on liver injuries induced by chronic ethanol consumption and potentiated by carbon tetrachloride. *J Biomed Sci.* 2002;9(5):401–409. DOI: 10.1007/BF02256533.
 21. Tang Y., Lou Z., Yang L., Wang H. Screening of antimicrobial compounds against *Salmonella typhimurium* from burdock (*Arctium lappa*) leaf based on metabolomics. *European Food Research and Technology.* 2015;240:1203–1209.
 22. Guna G. Therapeutic value of *Arctium lappa* Linn. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research.* 2019;12(7):53–59. DOI: 10.22159/ajpcr.2019.v12i7.33870
 23. Ali T.M., Zghair Z.R. The inhibitory Effect of Crude Extract of *Arctium lappa* on some pathogenic bacteria. *Mirror of Research in Veterinary Sciences and Animals.* 2015;4(3):32–39.
 24. Kardosová A., Ebringerová A., Alföldi J., Nosál'ová G., Franová S., Hríbalová V. A biologically active fructan from the roots of *Arctium lappa* L., var. *Herkules*. *Int J Biol Macromol.* 2003;33(1-3):135–140. DOI: 10.1016/s0141-8130(03)00079-5.
 25. Wang H.Y., Yang J.S. Studies on the chemical constituents of *Arctium lappa* L. *Yao Xue Xue Bao.* 1993;28(12):911–917 (in Chin.).
 26. Carlotto J., de Souza L.M., Baggio C.H., Werner M.F., Maria-Ferreira D., Sassaki G.L., Iacomini M., Cipriani T.R. Polysaccharides from *Arctium lappa* L.: Chemical structure and biological activity. *Int J Biol Macromol.* 2016;91:954–960. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.06.033.
 27. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 4. Москва: ФЭМБ; 2018. 1883 с [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Volume 4. Moscow: FEMB; 2018. 1883 p. (in Russ.)].

Поступила в редакцию 03.04.2023

Подписана в печать 25.05.2024

Для цитирования: Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления искусственных и естественных радионуклидов в корнях лопуха большого *Arctium lappa* L. *Человек и его здоровье.* 2024;27(1):48–56. DOI: 10.21626/vestnik/2024-1/06. EDN: UKGSJN.

STUDY OF PECULIARITIES OF ACCUMULATION OF ARTIFICIAL AND NATURAL RADIONUCLIDES IN ROOTS OF LARGE BURDOCK, ARCTIUM LAPPA L.

© Dyakova N.A.

Voronezh State University (VSU)

1, University Pl., Voronezh, Voronezh region, 394006, Russian Federation

The Voronezh region has traditionally been the most significant area for crop production and agriculture. However, the development of mineral resources, the implementation of chemical fertilisers in agriculture, and the consequences of the Chernobyl accident have highlighted the necessity to ensure the food industry has access to safe and effective plant raw materials. The use of low-quality plant raw materials and products derived from them represents a significant source of exposure to various ecotoxins, including radionuclides, which can enter the human body.

Objective: to examine the accumulation of the most significant artificial and natural radionuclides in the roots of a large burdock plant, harvested in different territories of the Voronezh region, with a view to determining the extent of the anthropogenic impact.

Materials and methods. Under experimental conditions, the specific activity of the main long-lived artificial radioisotopes (cesium-137, strontium-90) and naturally occurring radionuclides (thorium-232, potassium-40, radium-226) on a spectrometer (RADEK MKGB-01 radiometer) was determined in samples of the upper layers of soils and roots of large burdock.

Results. All of the studied samples of large burdock roots, which had been prepared in natural and artificial phytocenoses in the Voronezh region, met the existing radiation safety requirements (first group). With an increase in the specific activity of strontium-90, cesium-137, thorium-232, potassium-40, radium-226 in the soil, there was an accompanying increase in the specific activity of these radionuclides in the roots of a large burdock. Correlation analysis of the specific activity of artificial and natural radionuclides in the soil and roots of large burdock revealed a highly significant relationship between these numerical indicators, thereby confirming the predominant transposed pollution.

Conclusion. The accumulation patterns in roots of large burdock, naturally occurring and anthropogenic radionuclides are described by mathematical dependencies, with an accuracy of approximation that is as high as possible.

Keywords: Voronezh region; strontium-90; cesium-137; thorium-232; potassium-40; radium-226.

Dyakova Nina A. – Cand. Sci. (Bio.), Assistant Professor at the Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, VSU, Voronezh, Russian Federation. ORCID iD: 0000-0002-0766-3881. E-mail: Ninotchka_V89@mail.ru

CONFLICT OF INTEREST

The author declares the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

SOURCE OF FINANCING

The author states that there is no funding for the study.

Received 03.04.2023

Accepted 25.05.2024

For citation: Dyakova N.A. Study of peculiarities of accumulation of artificial and natural radionuclides in roots of large burdock, *Arctium lappa* L. *Humans and their health*. 2024;27(1):48–56. DOI: 10.21626/vestnik/2024-1/06. EDN: UKGSJN.