

УДК 635.8:546.31(476)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ КАЛИЯ-40 И ЦЕЗИЯ-137 В ГРИБАХ НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ

А. А. Рогачевский

УО «Гродненский государственный аграрный университет»

г. Гродно, Республика Беларусь

(Республика Беларусь, 230008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28; e-mail: ggau@ggau.by)

Ключевые слова: экология, радиационная безопасность, радионуклиды, радиация, цезий, калий.

Аннотация. Развитие современного общества требует обеспечения энергией разных сфер его деятельности. Это создает определенные риски, связанные с обеспечением радиационной безопасности населения. Радионуклиды способны мигрировать в биосфере, включая растения, организмы животных и человека. Целью данного исследования явилось сравнение содержания радиоактивного цезия-137 и калия-40 в сушеных грибах некоторых регионов Беларуси. Такой выбор элементов обусловлен тем, что радиационная обстановка на территориях, подвергшихся загрязнению, в настоящее время определяется в основном цезием-137 и стронцием-90. Результаты измерений и их анализ показали, что калий и цезий являются конкурентами при их поступлении и накоплении в организме растений. Это объясняется одинаковым строением и свойствами этих элементов.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONTENT OF POTASSIUM-40 AND CESIUM-137 IN THE MUSHROOMS OF SOME REGIONS OF BELARUS

A. A. Rogachevskiy

EI «Grodno state agrarian university»

Grodno, Republic of Belarus

(Republic of Belarus, 230008, Grodno, 28 Tereshkova st.; e-mail: ggau@ggau.by)

Key words: ecology, radiation safety, radionuclid's, radiation, cesium, potassium.

Summary. The development of modern society requires the provision of energy in different areas of its activities. This creates certain risks associated with ensuring radiation safety of the population. Radionuclide's are capable of migrating in the biosphere, including plants, animal and human organisms. The purpose of this study was to compare the content of radioactive cesium-137 and potassium-40 in dried mushrooms of some regions of Belarus. Such a choice of elements is due to the fact that the radiation situation in the territories affected by pollution is currently determined mainly by cesium-137 and strontium-90. The measurement results and

their analysis showed that potassium and cesium are competitors in their entry and accumulation in the body of plants. This is due to the same structure and properties of these elements.

(Поступила в редакцию 03.06.2019 г.)

Введение. Важнейшим условием успешного поступательного развития современного общества является его обеспеченность энергетическими ресурсами. И несмотря на стремление цивилизации к использованию экологически безопасных источников энергии, по-прежнему значительную ее часть поставляют ТЭЦ, которые существенно осложняют экологическую обстановку на прилегающих территориях. Свою лепту в загрязнение биосферы вносят также производства, связанные с добычей и переработкой различного рода полезных ископаемых, в т. ч. и предприятия ядерного топливного цикла. Нельзя сбрасывать со счетов и аварийные ситуации, подобные авариям на Чернобыльской (1986) или Фукусимской (2011) атомных электростанциях.

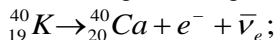
Целью данного исследования являлось определение удельного содержания радиоизотопов Cs-137 и K-40 в сушеных белых грибах, произраставших в отдельных регионах Беларуси. А также проведение сравнительного анализа этого содержания по отношению к плотности загрязнения территорий произрастания грибов цезием-137 и относительного содержания калия-40 и цезия-137 в них.

Материал и методика исследований. Интерес и необходимость изучения миграции радионуклидов, их биологическое действие и, в конечном счете, способы и мероприятия, направленные на защиту населения от радиационной угрозы, привели к возникновению ряда экологических дисциплин. Это такие натуралистические научные направления, как радиационная безопасность, радиобиология, радиоэкология и др.

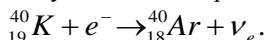
Наиболее важным на пути продвижения радионуклидов в организме человека является звено «почва-растение». Возможное поступление радионуклидов из почвы в растение оценивается с учетом коэффициента перехода. Значения этого параметра, полученные экспериментально, могут варьировать в зависимости от типа почвы, вида растения, климатических условий и т. д. Кроме того, удельное радиоактивное загрязнение растений обладает как сезонными, так и годовыми колебаниями, которые могут достигать 2-10-кратной и более величины [1]. Важнейшим фактором, влияющим на дальнейшую миграцию элемента, является его биологическая значимость для организма растения, определяемая его биохимическими свойствами и ролью для метаболических процессов.

С точки зрения агрономии практический интерес представляет изучение поступления и накопления в растениях элементов, являющихся аналогами радионуклидам, которые попадают в окружающую среду в результате техногенных аварий, например, цезий-137 или стронций-90.

Калий-40 является природным радиоактивным изотопом с периодом полураспада $1,248 \cdot 10^9$ лет. Распад К-40 в основном (89,3%) протекает посредством излучения электрона и образования кальция:



остальная его часть – путем захвата орбитального электрона:



Градиент содержания К-40 в поверхностном слое почвы (до 1-го метра) может достигать 10-кратной величины (0,2-2,5%) [2]. В питьевой воде концентрация калия может составлять до $3 \cdot 10^{-4}$ мг/л.

По степени его доступности растениям выделяют три основные формы: водорастворимую, обменную и необменную [3]. Наиболее доступные растениям водорастворимая и обменная формы калия составляют (11-100) мг/л и (40-500) мг/кг соответственно [4]. Самыми обеспеченными калием являются черноземы, серые лесные почвы, дерново-подзолистые [5].

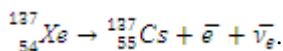
В основном (до 90%) калий присутствует в растениях в ионной форме, 30% инкорпорированы клетками [6]. Поглощение его растениями осуществляется как из почвы, так и через надземные их части. Присутствие калия является важным условием ряда метаболических процессов, обеспечивающих функционирование организма растения.

Не менее значимо наличие этого элемента и в организме человека. Его физиологическая роль заключается в осуществлении внутриклеточного обмена, обеспечении каталитической функции ряда ферментов, углеводного обмена, создании и проведении биоэлектрических потенциалов в тканях, синтезе белков и т. д.

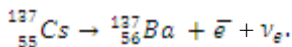
Суточная потребность калия в организме человека составляет 2-3 г. А его недостаток вызывает ряд негативных последствий (нарушение передачи нервных импульсов, отечности, дистрофии) и т. д.

Цезий (${}_{55}^{137}\text{Cs}$) имеет техногенное происхождение. Он возникает в ядерных реакторах и при проведении ядерных взрывов.

Радиоцезий является продуктом β -распада ${}_{54}^{137}\text{Xe}$ с периодом полураспада $T = 3,82$ мин.



Сам цезий-137 ($T = 30,17$ лет) распадается также по β -типу с образованием активного бария $^{137}_{56}\text{Ba}$ ($T = 2,55$ мин).



Подобно калию, радиоцезий может находиться в почве в одной из трех форм: обменной, водорастворимой и недоступной [6].

Общее содержание цезия -137 в почве крайне мало (1 Ки на 11,5 мг) [7], поэтому на физико-химические свойства почвы существенного влияния не имеет. После выпадения на поверхность он поглощается твердой фазой почвы, занимая место калия в кристаллических структурах минералов. Вертикальная миграция для разных типов почв не превышает значения 15-20 см [8, 9].

Близость химической структуры цезия обуславливает стремление растений использовать его для тех же функций, что и калий. Однако вследствие низкой проницаемости для клеточных мембран происходит блокировка калиевых каналов, что ведет к угнетению растения [1].

Внутри организма млекопитающих и человека Cs-137 проникает преимущественно ингаляционно (при дыхании) и перорально (с пищей и водой). До 80% попавшего в организм цезия накапливается в мышечной ткани, 8% – в костной ткани, а остальная часть – в других органах и тканях. Биологический период полувыведения Cs-137 для человека составляет порядка 70 сут.

В исследовании были использованы высушенные грибы, представленные жителями из некоторых районов Гомельской, Брестской, Могилевской, Гродненской и Минской областей (таблица).

Измерение удельной активности (A_m) проб производились в 2019 г. в лаборатории радиационной безопасности кафедры технической механики и математики Гродненского государственного аграрного университета с помощью гамма-радиометра РКГ-1320. В соответствии с методикой измерений прибора время замера проб составляло 5 мин, объем приготовленной лабораторной пробы не превышал $V \leq 100$ мл.

Таблица – Удельное содержание цезия-137 и калия-40 в сушеных грибах некоторых регионов Беларуси.

№	Область	Район	Год сбора	Am, (Cs-137)	Am, (K-40)	Am(K)/Am (Cs)
1	Могилевская	Чериковский	2016	3553	410	0,12
2	Гомельская	Лельчицкий	2015	1970	493	0,25
3	Гомельская	Мозырский	2017	582	400	0,69
4	Гомельская	Наровлянский	2015	500	599	1,2
5	Брестская	Брестский	2017	323	797	2,47

Продолжение таблицы

6	Брестская	Каменецкий	2017	127	529	4,17
7	Брестская	Пинский	2017	88	474	5,38
8	Минская	Слуцкий	2017	83	483	5,8
9	Гродненская	Новогрудский	2016	483	511	10,6
10	Гродненская	Сморгонский	2017	273	308	11,3
11	Гродненская	Щучинский	2017	119	1547	13,0
12	Гродненская	Берестовицкий	2017	103	1356	13,1
13	Гродненская	Мостовский	2017	78	1085	13,9

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ полученных результатов показал, что наибольшее содержание радиоактивного цезия из представленных регионов наблюдалось в грибах Чериковского района Могилевской области и составило 3553 Бк/кг при предельно допустимом значении согласно РДУ 99 – 2500 Бк/кг. Гомельская область была представлена Лельчицким, Мозырским и Наровлянским районами. Удельное содержание Cs-137 в них определено на уровне от 1970 до 582 и 500 беккерелей соответственно. В регионах Брестской области фиксировалось дальнейшее снижение активности проб от 323 до 88 беккерелей. Аналогичная ситуация наблюдалась и в Гродненской области.

Данное распределение регионов по удельному содержанию в грибах цезия-137 в целом коррелирует с данными о плотности их загрязнения (A_s) этим радионуклидом.

Любопытно отметить, что разница в содержании радиоцезия даже в пределах одной области может составлять до четырех раз. Тогда как, распределение калия в пределах областей относительно равномерно.

В связи с этим представляется интересной взаимосвязь между наличием в пробах грибов калия-40 и содержанием в них цезия-137. Данная взаимосвязь представлена в виде отношения удельной активности калия к удельной активности в этой же пробе цезия $A_m(K) / A_m(Cs)$. Возможности прибора РКГ-1320 позволяют проводить оба измерения одновременно.

Расчеты, приведенные в таблице, достоверно указывают на обратный характер зависимости между количеством в пробах калия и содержанием в них цезия. Данное отношение варьирует от 0,12 в наиболее загрязненных цезием регионах до почти 14 раз в относительно чистых. Установленная закономерность, очевидно, обусловлена схожими миграционными и накопительными свойствами этих элементов растений, вытекающими из их атомного строения.

Заключение. Полученные результаты позволяют на примере грибов рассматривать калий как прямого конкурента радиоцезию в миграции этого элемента на этапе почва-растение. Что может пред-

ставлять определенный интерес для агрономической отрасли в условиях необходимости ведения хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территорий и получения продукции растениеводства должного качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богачев, А. В. Миграция цезия -137 и калия 40 в системе «почва-растение»: учебное пособие / А. В. Богачев. – Москва, 1997. – 35 с.
2. Блэк, К. А. Растение и почва / К. А. Блэк. – М.: Колос, 1973. – 504 с.
3. Ковда, В. А. Почвоведение / Часть I. Почва и почвообразование; под ред. Г. Г. Розанова, К. А. Блэка, В. А. Ковды. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
4. Снакин, В. В. Анализ состава водной фазы почв / В. В. Снакин. – М.: Наука, 1989. – 119 с.
5. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М.: Из. МГУ, 1985. – 376 с.
6. Кларксон, Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки / Д. Кларксон. – М.: Мир, 1978. – 368 с.
7. Машкович, В. П. Защита от ионизирующих излучений. Справочник / В. П. Машкович, А. В. Кудрявцева. – М.: Энергоатомиздат., 1995. – С. 16.
8. Моисеев, И. Т. Изучение поведения Cs-137 в почве и его поступления в сельскохозяйственные культуры в зависимости от различных факторов / И. Т. Моисеев, Г. И. Агапкина, Л. А. Рерих. – Агрехимия, 1994. N 2. – С.103-117.
9. Буравлев, Е. П. Миграция Cs-137 и Се-144 в почвенном покрове зоны отселения Чернобыльской АЭС / Е. П. Буравлев. – Агрехимия, 1991. N 6. – С.70-73.

УДК 632.951:635.64.044

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОПРЕПАРАТА АКТОФИТ, 0,2% К. Э. ПРОТИВ ОБЫКНОВЕННОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩА НА ТОМАТЕ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Е. Г. Сапалева

УО «Гродненский государственный аграрный университет»

г. Гродно, Республика Беларусь

(Республика Беларусь, 230028, г. Гродно, ул. Терешковой, 28; e-mail: ggau@ggau.by)

Ключевые слова: биопрепарат Актофит, 0,2% к. э., обыкновенный паутинный клещ, томат защищенного грунта, вредоносность, биологическая эффективность.

Аннотация. В статье излагается фитосанитарное состояние на томате защищенного грунта, заселенность и поврежденность растений обыкновенным паутинным клещем. Представлены данные о биологической эффективности биопрепарата Актофит, 0,2% к. э. в снижении вредоносности фитофага. Отмечено, что применение Актофита, 0,2% к. э. на томате защищенного грунта от обыкновенного паутинного клеща обеспечивает эффективную и пролонгированную защиту культуры.