

УДК 504.504(1/9)

 ^{137}Cs И КОРНЕВАЯ СИСТЕМА РАСТЕНИЙ

Канд. биол. наук Г. С. Айдарханова

Приведены результаты рекогносцировочных исследований радиоактивного ^{137}Cs в почве и растениях на территории Семипалатинского испытательного полигона. Установлено, что в почвенно-растительном покрове в наибольшей степени радионуклиды аккумулируются в корневой системе растений. Превышение концентрации ^{137}Cs в корнях по сравнению с надземными частями составляет от 1,3 до 55 раз. Показано, что диапазон варьирования удельной активности ^{137}Cs в корневой системе составляет от 20 Бк/кг до 329 Бк/кг, а в надземной биомассе от 6 Бк/кг до 47 Бк/кг. Результаты исследования позволили оценить радиозэкологическое состояние территории сельскохозяйственных угодий южной части полигона.

Радионуклиды - продукты ядерных взрывов на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) являются одним из основных загрязнителей природной среды. В литературе значительные исследования посвящены физическим и химическим свойствам изотопов в модельных экспериментах [6,10,11]. Имеется большое число научной информации по изучению их метаболизма в различных экосистемах в районах Чернобыльской и Кыштымской аварий (Восточно-Уральский радиоактивный след) [3,4,7,]. На территории СИП интерес представляет миграция радионуклидов по экологической цепи "почва - растения - животные - человек", их радиационный эффект в отдаленные сроки после проведенных ядерных испытаний. Биологически токсичными продуктами ядерных испытаний являются ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{210,240}\text{Pu}$. В наибольшей степени нами изучалось поведение ^{137}Cs в растительности СИП, т.к. масштабы использования растительной продукции в регионе значительны.

Материалом для исследования служили корни и надземные части растительности, пробы почвы, отобранные в различных экосистемах в южной части Семипалатинского полигона. Перед началом отбора проб в полевых условиях проводили измерения уровня естественного радиационного фона гамма-излучения. В лабораторных условиях пробы были высушены до воздушно-сухого состояния, сожжены, озолены при температуре до 420 °С. Зола помещали в специальные кюветы и производили измерения. Концентрацию ¹³⁷Cs определяли методом гамма-спектрометрического анализа. Предел обнаружения изучаемого радионуклида в пробах растений у регистрирующих приборов - 6 Бк/кг, в почвах - 3 Бк/кг. Аналитические работы проведены в лабораториях Национального ядерного центра РК.

Природный радиационный фон на выбранных участках обследования составил 12 - 30 мкР/ч, что является низкоуровневым естественным гамма-фоном, характерным для основной части территории полигона.

Установлено, что в Семипалатинском регионе 88,6 % площади занято природными кормовыми угодьями, что определяет структуру и специализацию хозяйствования - животноводство. Пастбища дают 61,0 % всех видов кормов, заливаемые луговые сенокосы речных долин и межсочных котловин - 16,4 % [2]. Видовой состав растительности, под влиянием которого осуществляются биогенная миграция и накопление химических элементов, оказывает большое влияние на поведение радионуклидов в биосфере. Геоботанические исследования показали, что обширные площади равнин южной части полигона заселены растительностью степной зоны. В травостое доминирует *Stipa capillata* L., субдоминантами являются *Festuca Valesiaca* Gaudin, разнотравье представлено видами *Artemisia frigida*, полукустарничками (солянка восточная, солонечник узкий), лапчатка бесстебельная. Проективное покрытие до 35 - 50 %, продуктивность урожая 339,4 - 425,8 кг/га.

Известно, что процесс загрязнения растительности радионуклидами происходит несколькими путями и, что в зависимости от условий произрастания доминирует тот или иной путь. Многие авторы отмечают несомненное участие корневого канала в накоплении радионуклидов [8,11]. Отдельные исследователи считают что аккумуляция радионуклидов корнями является основным путем радиоактив-

ного загрязнения растений [3,5]. Корневая система растений поглощает ионы или молекулы веществ, если они находятся у поверхности корня или корневого волоска. Убыль ионов или молекул пополняется при:

- проникновении корней в те микроучастки корнеобитаемого слоя почвы, где запасы минеральных веществ (или радионуклидов) еще не исчерпаны;
- передвижении ионов и молекул к корню по почвенному раствору, движущимся в результате всасывания воды корнем;
- диффузии ионов и молекул к корню по почвенному раствору и по поверхности почвенных частиц.

Надземные части растений - это первый экран, на котором задерживаются выпадающие из атмосферы радионуклиды [4,7]. Поэтому аэрозольные выпадения являются другим ведущим источником загрязнения растений. Имеются данные о положительной корреляции между распределением радионуклидов в надземных частях травянистых растений и количеством выпадающих радиоактивных частиц в районе, где они произрастают [3,4]. Установлено, что накопление на поверхности листьев в 30 раз выше, чем во внутренних тканях [8].

Анализ удельной активности ^{137}Cs в дикорастущих многолетниках показал, что все образцы в различной степени загрязнены исследуемым радионуклидом. В надземных органах изученных растений содержание радиоактивного цезия колеблется от 6 Бк/кг до 53 Бк/кг, а в корнях вариация составляет от 10 Бк/кг до 329 Бк/кг (таблица), то - есть корневая система растений аккумулирует ^{137}Cs гораздо интенсивнее, чем надземная часть. Кратность превышения составляет от 1,3 до 55 раз. Следует отметить, что за вегетационный период накопление радионуклидов происходило в одних и тех же условиях, а диапазон измеренных значений ^{137}Cs имеет широкий разброс. Это, видимо, обусловлено различным уровнем загрязнения почв в момент проведения ядерных испытаний по следам радиоактивных облаков, сформировавших локальные (пятнистые) зоны в 1949 - 1963 гг. Значительный диапазон аккумуляции радионуклидов корнями точнее свидетельствует о пятнистости почвенного загрязнения. При корневом усвоении растениями радионуклидов возможен их транспорт к надземным органам, но подавляющая концентрация радионуклидов остается в корнях [7,8]. Снижение накопления в над-

земных частях растений, особенно, химических минеральных веществ, из среды с повышенной их концентрацией является результатом барьерно-регулирующей функции корневых систем, контролирующей поток ионов в растения [5]. Следует так же отметить, что цезий легко вымывается из листьев дождями и характеризуется высокой подвижностью при осеннем перераспределении химических элементов у растений.

Таблица

Содержание ^{137}Cs в почвенно-растительном покрове

Номер участка	Площадь исследования, м ²	Удельные активности проб, Бк/кг ± %		
		почва	корни	надземная часть
1	4	11	36±20	7±49
2	5	21	54±13	31±20
3	3	19	65±15	6±80
4	4	25	73±11	15±28
5	3	19	329±8	6±83
6	4	21	75±14	32±20
7	2	10	75±14	32±22
8	3	14	82±15	10±60
9	6	8	33±19	20±42
10	2	10	86 ±13	14 ±70
11	5	18	123±11	21±20
12	4	16	40±20	22±34
13	3	9	20±40	17±20
14	3	13	29±40	10±60
15	3	10	60±20	17±32
16	3	8	59±13	≤6
17	3	16	29±30	8±90
18	2	16	246±9	10±46
19	3	29	125±10	9
20	1	21	146±7	13
21	1	49	62±20	47±20
22	2	14	125±10	9

Для установления степени загрязненности кормовых ресурсов нами проведена оценка радиационной безопасности растительности, поедаемой животными исследуемого региона. При этом использовали республиканский нормативный документ "Временные критерии для принятия решений по ограничению облучения населения при передаче в хозяйственное пользование земель, на которых проводились ядерные взрывы" (КПРЗ - 97) [1]. В соответствии с КПРЗ - 97, наземная часть растений на сельскохозяйственных угодьях СИП имеет уровни загрязнения меньше предельно допустимых концентраций (ПДК), которые менее 74 Бк/кг в травянистых растениях. Очевидно что корневая система растений является мощным естественным барьером, препятствующим поступлению ^{137}Cs в наземную часть и предохраняющим организмы животных и человека от радиоактивного загрязнения по данному радионуклиду.

^{137}Cs - один из токсичных радиоизотопов, поэтому необходимо предпринимать различные меры по снижению его поступления в биологические объекты (растения, животные, человек). Загрязнение внешней среды ^{137}Cs представляет определенную опасность как при воздействии основного γ -излучателя, вносящего вклад во внешнее облучение. Анализ экспериментальных результатов свидетельствует о том, что на территории СИП имеются локальные участки, загрязненные значительной концентрацией ^{137}Cs . В работе представлены результаты рекогносцировочных исследований, которые позволяют оценить степень радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий в пределах южной части Семипалатинского полигона. В целом, на основании имеющихся данных прогноз может выглядеть обнадеживающим для значительных площадей используемых земель, но изучение процессов удерживания радионуклидов корневой системой растений требует детализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные критерии для принятия решений по ограничению облучения населения при передаче в хозяйственное пользование земель, на которых проводились ядерные взрывы. - Алматы, 1997. - 125 с.
2. Исаков К. И. Пастбища и сенокосы степной зоны. - Алматы.: Гылым, 1993. - 448 с.

3. Попова О. Н., Таскаев А. И. Пути поступления ^{210}Po и ^{210}Pb в растениях // Миграция и биологическое действие естественных радионуклидов в условиях северных биогеоценозов. - Сыктывкар: - 1980. - С. 43 - 51.
4. Природные концентрации ^{210}Pb и ^{210}Po в растениях степных фитоценозов / Л. А. Ладинская, Ю. Д. Парфенов, Я. С. Арутюнов, Д. К. Попов // Экология. - 1976. - № 1. - С. 32 - 35.
5. Сытник К. М., Книга Н. М., Мусатенко А. И. Физиология корня. Киев.: Наукова думка, 1972. - 156 с.
6. Athalye V. V., Mistry K. B. Uptake and distribution of polonium-210 and lead-210 in tobacco plants // Radiat. Bot, 1972. - Vol. 6, № 12. - P. 421 - 425.
7. Auerbach J. Movement of ^{137}Cs in pine forest floor subsystems. - ORNL - № 4007. - 1966. - 74 P.
8. Hill C. R. Lead - 210 and polonium - 210 in grass // Nature, 1960. - Vol. 4733, № 187. - P. 1094 - 1097.
9. Martell E. A. Radioactivity of tobacco trichomes and insoluble cigarette smoke particles // Nature, 1974. - Vol. 5454, № 249. - P. 215 - 217.
10. Tzo T. C., Hallden N. A., Alexander L. T. Radium - 226 and polonium - 210 in leaf tobacco and tobacco soil // Science, 1964. - Vol. 3647, № 146. - P. 1043 - 1045.
11. Watters R. L., Hansen W. R. The hazards implication of the transfer of unsupported ^{210}Po from alkaline soil to plants // Health Physics Pergamon Press, 1970. - Vol 4, № 18. - P. 409 - 413.

Институт ядерной физики, Национальный ядерный центр РК

137 Cs РАДИОНУКЛИДТЕРІ ЖӘНЕ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ТАМЫРЛАРЫ

Биолог.ғ.канд. Г. С. Аядарханова

Мақалада Семей полигонының оңтүстік аймақтарындағы радио-экологиялық зерттеулерінің мөлiметтері жарияланған. Радиобелсендi 137 Cs өте көп мөлшерi өсiмдiктердiң тамырларында жиналып (20-329 Бк/кг), өсiмдiктердiң топырақ үстiндегi бөлiктерiн ластайды (6-47 Бк/кг). Зерттеулердiң нәтижелерi бойынша ауыл-шаруашылық аймақтардағы радиоэкологиялық жағдай бағаланған.