

## **Лабораторная работа. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСТЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ПОЧВЫ**

Почвы агроценозов содержат естественные и искусственные радионуклиды, которые равномерно распределены в пахотном горизонте почвы. Из почвы в результате ионообменных реакций радионуклиды поступают через корни в растения, распределяются по растению и аккумулируются в органах. Большинство радионуклидов, поступивших в корни, в них и остается. По растению мигрируют преимущественно одно- и двухвалентные ионы радионуклидов, причем наиболее интенсивно – калий-40, цезий-137 и стронций-90.

Накопление радионуклидов растениями при корневом поступлении зависит от комплекса факторов, среди которых можно выделить четыре основные группы: физико-химические свойства радионуклидов, агрохимические и минералогические характеристики почвы, биологические особенности растений, агротехника возделывания культур.

Среди физико-химических факторов наибольшее значение имеют химические свойства радионуклидов и формы их нахождения в почве. Из почвенных характеристик оказывают влияние такие показатели, как тип почвы, емкость катионного обмена, кислотность, наличие и содержание в почве минералов группы монтмориллонита, каолинита, слюд и гидрослюд, гранулометрический состав почвы. Эти свойства, в свою очередь, влияют на сорбцию радионуклидов почвой.

К биологическим факторам, обуславливающим поступление радионуклидов, относят эволюционное происхождение, тип минерального питания растений, продолжительность вегетационного периода, продуктивность, тип и распределение корневой системы в почве.

Большое влияние на поступление радионуклидов в растения оказывает агротехника возделывания культур в условиях радиоактивного загрязнения земель: подбор культур с минимальными коэффициентами перехода радионуклидов в продукцию растениеводства, специальные способы обработки почвы, внесение повышенных норм (в 1,5–2 раза) известковых, калийных и фосфорных удобрений, внесение органических удобрений и микроэлементов, регулирование водного режима, а также использование биологически активных препаратов.

Из искусственных радионуклидов в окружающей среде и в агроценозах преобладает цезий-137, который является долгоживущим радионуклидом, его период полураспада 30 лет. Установлено, что в первые годы после аварии происходило снижение доли доступных для растений форм цезия-137 в различных почвах, а спустя 10 лет установилось равновесие форм, т.е. наступила их стабилизация. В дерново-подзолистых суглинистых почвах с высоким содержанием глинистых минералов за прошедший период доля доступных форм цезия-137 значительно уменьшилась по сравнению с 1986 г. и в настоящее время не превышает 5%. Основная доля радионуклида находится в связанной форме, потому что он легко входит в кристаллическую решетку глинистых минералов по механизму изоморфного замещения калия. В дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах доля доступных форм цезия-137 находится в пределах 10–20%. Еще выше содержание доступных форм цезия-137 на торфяно-болотных почвах, занимающих около 13% территории республики. В то же время доля доступных для растений форм стронция-90 не только не снизилась, а даже несколько возросла. Она достигает в дерново-подзолистых почвах 70%, торфяно-болотных – 50%. В связи с этим при одинаковой плотности загрязнения почв цезием-137 и стронцием-90, поступление стронция-90 из почв в растения в среднем в 10 раз выше, чем цезия-137.

### **Задание 8.1. Изучение влияния видовых особенностей растений на накопление цезия-137**

На накопление радионуклидов растениями оказывают влияние различные биологические особенности, среди которых выделяют эволюционное происхождение растений или филогенез, тип минерального питания, фаза развития растений и др.

Растения, имеющие раннее происхождение, накапливают больше радионуклидов, чем растения, возникшие в поздние периоды. По накоплению радионуклидов отделы флоры располагаются в следующем убывающем порядке: лишайники > мхи > папоротники > голосеменные > покрытосеменные. Различия по накоплению радионуклидов выявлены в пределах классов, семейств, видов и родов. Межвидовые различия могут достигать 5–100 и более раз. Содержание цезия-137 в расчете на сухое вещество у сельскохозяйственных культур может различаться до 50 раз, а накопление стронция-90 – до 30 раз при одинаковой плотности загрязнения почвы.

Накопление радионуклидов зависит от типа минерального питания, т.е. от потребности культур в калии, кальции и других элементах питания, а также от места расположения, типа и мощности корневой системы. Калиелюбивые культуры (свекла, картофель, овес, капуста) накапливают больше цезия, а кальциелюбивые культуры (люпин, люцерна, клевер, горох) накапливают больше стронция. Растения с мочковатой и корневищной корневой системой, расположенной в верхних слоях почвы, накапливают больше радионуклидов, чем растения со стержневой системой, которая проникает в более глубокие и «чистые» почвенные горизонты.

Значительное влияние на накопление радионуклидов оказывает онтогенез или фаза развития растений. Максимальное накопление радионуклидов наблюдается в ранних фазах развития, когда происходит интенсивный рост, сопровождающийся активным всасыванием питательных веществ, радионуклидов и переносом их в наземные органы. Например, у зерновых культур максимальное накопление в наземной массе происходит в фазе кущения и в фазе выхода в трубку. В фазах молочной и восковой спелости происходит отток питательных веществ и радионуклидов из листьев в зерно, где содержание цезия может возрасти до четырех раз.

**Цель работы:** изучить видовые различия сельскохозяйственных культур по накоплению цезия-137.

**Материалы и оборудование:** справочные значения коэффициентов перехода цезия-137 и стронция-90 из почвы в растения (приложения 4–7).

### Выполнение работы

1. Составьте убывающие ряды по накоплению цезия-137 зерном и соломой для следующих культур: озимая рожь, рапс, горох, ячмень, люпин, просо, пшеница, вика, овес (значения  $K_n$  для указанных культур взять из приложения 4 для дерново-подзолистой супесчаной почвы при содержании обменного калия 141–200 мг/кг почвы).

2. Составьте убывающий ряд по накоплению цезия-137 в зеленой массе, корнеплодах, клубнях для следующих культур: рапс, горох, многолетние злаковые травы, горохо-овсяная смесь, люпин, многолетние бобово-злаковые смеси, вико-овсяная смесь, клевер, кормовая свекла, кукуруза, картофель.

3. Составьте аналогичные убывающие ряды по накоплению стронция-90 (значения  $K_n$  для указанных культур взять из приложения 5 для дерново-подзолистой супесчаной почвы при pH, равном 5,1–5,5).

4. Сделайте выводы, какие культуры накапливают радионуклиды в минимальных, а какие в максимальных количествах.

### Задание 8.2. Изучение влияния сортовых особенностей растений на накопление цезия-137

К настоящему времени экспериментально установлено, что не только культуры

различаются по способности накапливать радионуклиды, но и сорта одной и той же культуры могут значительно различаться по накоплению радионуклидов. Сортные различия могут составлять 1,5–3 раза. У сортов выявлен внутрисортный полиморфизм, т.е. неоднородность растений (линий), входящих в сортовую популяцию по способности накапливать радионуклиды. Это связано с физиологическими особенностями питания, роста и развития отдельных растений и сортов. Доказано, что сорта интенсивного типа накапливают больше радионуклидов, чем обычные сорта, потому что для формирования урожая им необходимо повышенное содержание доступных элементов питания в почве, особенно калия, фосфора и азота. При незначительном дефиците их в почвенном растворе недостаток в элементах питания растения восполняют за счет более активного поглощения ионов радионуклидов цезия и стронция, а также других химических элементов.

**Цель работы:** изучить сортовые различия сельскохозяйственных культур по накоплению цезия-137 (на примере клевера лугового).

**Материалы и оборудование:** гамма-радиометр РКГ-АТ1320 (РКГ-01), сопряженные пробы сена клевера лугового и почвы, весы лабораторные.

### Выполнение работы

1. Подготовьте гамма-радиометр к работе.
2. Определите содержание цезия-137 в растительных пробах ( $A_{т, раст.}$ ) и сопряженных пробах почвы ( $A_{т, почвы}$ ). Результаты занесите в отчет по работе (табл. 8.1).

Таблица 8.1. Влияние сортовых особенностей клевера лугового на накопление цезия-137 в сене

Сорта клевера	Содержание цезия-137, Бк/кг		$A_s$	$K_n$
	$A_{т, раст.}$	$A_{т, почвы}$		
Яскравы				
Цудоўны				
ВИК-7				
Дымковский				
Тетравик				
Долина				
Мерея				
Ренова				
Слуцкий				

3. Рассчитайте поверхностную активность почвы  $A_s$  (см. задание 6.2).
4. Рассчитайте значения коэффициентов перехода цезия-137 из почвы в продукцию растениеводства.
5. Рассчитайте, во сколько раз отличаются максимальное и минимальное значения  $K_n$  у разных сортов клевера.

### Задание 8.3. Изучение распределения цезия-137 в органах растений

В органах растений радионуклиды распределяются неравномерно. Известно, что 90–99% радионуклидов рутения, церия и кобальта концентрируется в корнях. Концентрация цезия и стронция в корнях может составлять 20–40%, а 60–80% этих радионуклидов поступает в наземные органы, где они распределяются неравномерно. Из них около 80% накапливается в листьях и стеблях. Наименьшая концентрация радионуклидов отмечается в генеративных органах, т.е. в семенах, при максимальном накоплении в оболочках, кроющих чешуях, створках бобов и стручков. В корнеплодах высокое накопление радионуклидов отмечается в головке, в кожуре и в сердцевине. В клубнях картофеля

максимальное накопление радионуклидов происходит в коже. Следует отметить, что при одинаковой плотности загрязнения почв в картофеле содержание цезия-137 и стронция-90 значительно ниже, чем в корнеплодах. Это связано с тем, что клубень – это видоизмененный побег, в который питательные вещества и радионуклиды поступают из наземных органов. Корнеплод – это видоизмененный корень, активно поглощающий и накапливающий радионуклиды.

**Цель работы:** изучить закономерности распределения цезия-137 и калия-40 в органах растений (на примере фасоли и свеклы).

**Материалы и оборудование:** гамма-радиометр РКГ-АТ1320 (РКГ-01), пробы органов растений фасоли и свеклы, весы лабораторные.

### Выполнение работы

1. Подготовьте гамма-радиометр к работе.
2. Измерьте содержание цезия-137 и калия-40 в различных органах растений фасоли и свеклы. Результаты занесите в отчет по работе (табл. 8.2.).

Т а б л и ц а 8.2. Содержание цезия-137 и калия-40 в различных органах растений

Культура, орган растения	Цезий-137		Калий-40	
	Бк/кг	%	Бк/кг	%
Фасоль (овощная): корни стебель листья створки бобов бобы (семена)				
Свекла (столовая): корнеплод черешки листьев листья семена				

3. На основании полученных результатов выделите органы культур с максимальным и минимальным содержанием радионуклидов. Рассчитайте разницу содержания радионуклидов в товарной и нетоварной частях анализируемых растений. У фасоли товарная часть растения – семена, у свеклы – корнеплод.

### Контрольные вопросы

1. Какие естественные и искусственные радионуклиды содержатся в почвах агроценозов?
2. Какой искусственный радионуклид преобладает в почве агроценозов Беларуси? Дайте его характеристику.
3. Какие радионуклиды из почвы активно поступают в корни растений?
4. Чем можно объяснить повышенную способность сельскохозяйственных культур к накоплению цезия-137 и стронция-90?
5. Почему поступление стронция-90 из почвы в корневые системы растений выше, чем цезия-137?
6. В какой преимущественно форме находится в почве цезий-137 в настоящее время? Почему?
7. Какие факторы оказывают влияние на поступление радионуклидов из почвы в корни растений?
8. Назовите основные почвенные характеристики, влияющие на поступление радионуклидов в растения.

9. Как поступление радионуклидов в растения связано с их биологическими особенностями?
10. Расположите отделы флоры в убывающем порядке по накоплению радионуклидов.
11. Во сколько раз по накоплению радионуклидов различаются виды и сорта сельскохозяйственных культур?
12. Почему растения с мочковатой и корневищной корневой системой накапливают больше радионуклидов, чем растения со стержневой системой?
13. В каких фазах развития растения накапливают больше радионуклидов и с чем это связано?
14. Как зерновые культуры ранжируются по накоплению цезия-137 в зерне?
15. Как зерновые культуры ранжируются по накоплению стронция-90 в зерне?
16. Почему в зерне у озимых культур концентрация радионуклидов меньше, чем у яровых?
17. Почему сорта интенсивного типа накапливают больше радионуклидов?
18. Назовите закономерности распределения радионуклидов в растениях.
19. Какое влияние на миграцию по растению радионуклидов оказывает валентность радионуклида?
20. Как распределяются в органах растений цезий-137 и стронций-90?
21. Как радионуклиды распределяются в семенах и корнеплодах?
22. Почему накопление радионуклидов в свекле выше, чем в картофеле?
23. Как цезий-137 и калий-40 распределяются по органам растений фасоли и свеклы?
24. Назовите основные приемы, снижающие поступление радионуклидов в растения.