

Лабораторная работа 3. ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСТЕНИЙ АГРОЦЕНОЗОВ НА НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ПОЧВЫ

Для выполнения лабораторной работы отбирались пробы растительности агроценозов и естественных луговых фитоценозов.

Под агроценозом понимается видовая, сортовая или смешанная популяция растений, произрастающих на окультуренных полях в результате определенной деятельности человека, направленной на создание оптимальных условий развития и формирования урожая. Почвы агроценозов содержат естественные радионуклиды и искусственные радионуклиды, которые равномерно распределены в пахотном горизонте почвы. Из почвы радионуклиды поступают через корни в растения, распределяются по растению и аккумулируются в органах. Большинство радионуклидов, поступивших в корни, остается в корнях. Цезий и стронций поступают в корни растения 2–3 раза активнее, чем другие радионуклиды. По растению мигрируют преимущественно одновалентные и двухвалентные ионы радионуклидов, причем наиболее интенсивная миграция у калия–40, цезия–137 и стронция–90. Накопление радионуклидов растениями при корневом поступлении зависит от комплекса факторов, среди которых можно выделить 4 основные группы: физико-химические свойства радионуклидов, агрохимические и минералогические характеристики почвы, биологические особенности растений, агротехника возделывания культур. Среди физико-химических свойств наибольшее значение имеет наличие химических аналогов, форма нахождения в почве и валентность радионуклида. Из почвенных характеристик оказывают влияние такие показатели как тип, емкость катионного обмена, кислотность, наличие и содержание в почве минералов группы монтмориллонита, калинита, слюд и гидрослюды, гранулометрический состав почвы. К биологическим факторам, обуславливающим поступление радионуклидов относят эволюционное происхождение, тип минерального питания растений, продолжительность вегетационного периода, продуктивность, тип и распределение корневой системы в почве. По накоплению радионуклидов в товарной части сельскохозяйственные культуры распределяются в следующем убывающем порядке, корнеплоды, бобовые культуры, картофель, крупяные, зерновые, овощные. Большое влияние на поступление радионуклидов в растения оказывает агротехника возделывания культур в условиях радиоактивного загрязнения земель: подбор культур с минимальными коэффициентами накопления радионуклидов в товарной части урожая, специальные обработки почвы, проведение известкования, внесение повышенных норм (в 1,5–2 раза) калийных и фосфорных удобрений, внесение органических удобрений и микроэлементов, регулирование водного режима.

Из искусственных радионуклидов в окружающей среде и в почве агроценозов преобладает цезий-137, который относится к долгоживущим радионуклидам и имеет период полураспада 30 лет. Однако, поступление цезия-137 в растения со временем снижается в результате сорбции его почвой. Через 10 лет после появления его в почве 70–85 % от общего количества переходит в прочно связанную форму, т. е. в форму недоступную для корневой системы. Стронций-90 более доступен для растений, потому что 52–78 % его содержания в почве находится в водорастворимой и обменной формах и только 4 % – в прочносвязанной форме.

З а д а н и е 1. Определение суммарной бета-активности растительности

Филогенез и онтогенез растительности происходил и происходит в радиоактивной среде. Естественные радиоактивные элементы – уран, радий, калий, торий и другие – широко распространены в природе и в рассеянном состоянии встречаются во всех природных образованиях – почвах, породах, воздухе, воде и входят в состав клеток тканей живых организмов. На Земле содержание радиоактивных веществ постоянно уменьшается

вследствие радиоактивного распада. Поэтому за время существования жизни на планете (примерно 4 млрд. лет) естественный радиационный фон уменьшался на несколько порядков. Естественные радионуклиды обуславливают естественную радиоактивность флоры. Искусственные или техногенные радионуклиды формируют техногенную радиоактивность. В окружающей среде они появились в результате деятельности человека – при ядерных взрывах и авариях на АЭС и радиохимических предприятиях. Техногенные радионуклиды включаются в миграционные процессы биосферы, а также почвы, фитоценозов и отдельных растений, формируя дополнительную радиоактивность флоры.

Естественные и искусственные радионуклиды поступают в растения двумя путями: через вегетативные органы и через корни. Основной путь поступления радионуклидов через корневую систему. Механизм усвоения радионуклидов подобен поглощению основных элементов питания. Это ионно-обменные реакции и диффузия. Главное отличие в том, что радионуклиды присутствуют в почве в очень низких концентрациях. Корни извлекают ионы радионуклидов из почвенного раствора и из почвенно-поглощающего комплекса, с частицами которого тесно контактирует зона поглощения корня или корневые волоски. Поглощение ионов и продвижение их вверх по растению происходит в три стадии.

В первой стадии происходит адсорбция ионов мембранами протоплазмы поглощающих клеток корня по типу обменной и необменной сорбции. Обменными ионами растений чаще являются H^+ и CO_2 -з, которые образуются при диссоциации углекислоты. Ионы радионуклидов вступают в процессы взаимодействия с компонентами мембран с образованием различных соединений и переносятся в связанном состоянии в цитоплазму, где комплекс распадается с образованием свободных ионов радионуклидов. В цитоплазме ионы радионуклидов включаются в процессы обмена веществ. Поглотительная активность корней специфична для отдельных видов растений и зависит от свойств ионов, локализованных в мембранах клеток корневых волосков.

Во второй стадии происходит проникновение ионов радионуклидов в проводящие ткани (трахеиды и сосуды ксилемы). Наиболее активное проникновение характерно для одновалентных ионов.

В третьей стадии происходит восходящее движение ионов радионуклидов по сосудам ксилемы с ксилемным соком в другие органы растений за счет транспирации и корневого давления.

Суммарная бета-активность растительности или суммарное содержание бета-излучающих радионуклидов формируется за счет бета-излучения естественных и искусственных радионуклидов, которые могут попадать в растения через корни и вегетирующие органы. Уровень естественной бета-активности растительности связан с эволюционным развитием, т.е. для низших форм характерно более высокое содержание бета-излучающих радионуклидов по сравнению с высшими формами. Такая же закономерность в накоплении установлена и для альфа-излучающих радионуклидов. Радиоактивность голосеменных растений в 1,5 раза выше, чем покрытосеменных. Высокой способностью аккумулировать радионуклиды обладают лишайники, мхи и папоротники. Растения избирательно поглощают радионуклиды из почвенного раствора и могут значительно различаться по их концентрации. Концентрация радионуклидов в растениях может быть в 16–160 раз выше, чем в питательной среде.

Из естественных радионуклидов в суммарной бета-активности растительности основную часть составляет ^{40}K . Установлена закономерность, чем выше организация растительности, тем больше вклад ^{40}K в суммарную бета-активность. У культурных растений он может составлять до 80 % всей бета-активности, для других растений в среднем от 42 до 65 %.

Появление в биосфере искусственных радионуклидов и их включение в процессы миграции вызвало значительное увеличение суммарной бета-активности растительности. Из искусственных радионуклидов основной вклад в радиоактивность вносят ^{137}Cs и ^{90}Sr . Максимальное загрязнение растительности этими радионуклидами происходит в зонах

радиоактивного загрязнения. По химическим свойствам цезий является аналогом калия, а стронций – аналог кальция. Сходство с важнейшими макро-элементами обеспечивает их высокую миграционную способность в биосфере и включение в основное звено миграции растения – животные.

Суммарная бета-активность определяется в воздушно-сухой массе или в золе. Активность золы в 10–15 раз выше, чем активность воздушно-сухой массы.

Цель работы: определить суммарную бета-активность воздушно-сухой массы растительности.

Материалы и оборудование: бета-радиометр (КРВП–3Б); образцы растительности в воздушно-сухом состоянии.

1. Подготовить радиометр к работе и определить суммарную бета-активность растительности. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 15.

Т а б л и ц а 15. Суммарная бета-активность растительности

Образец	Скорость счета, имп/мин.			Удельная активность, Ки/кг	
	Nф	N	N ₀	Агр	Ауд
1. Мох 2. Папоротник 3. Разнотравье 4. Тимофеевка 5. Ежа сборная 6. Клевер красный 7. Люпин многолетний 8. Береза 9. Сосна 10. Ель					

По результатам измерений сделать выводы и записать в тетрадь.

З а д а н и е 2. Определение содержания радионуклидов в зерне зерновых и бобовых культур

Основной товарной частью зерновых и бобовых культур является зерно. Зерно – это заключительное звено миграции радионуклидов в растении. Максимальный отток радионуклидов из других органов растений происходит в фазах молочной и восковой спелости. Установлено, что в целом бобовые культуры накапливают больше радионуклидов, чем зерновые, что связано с особенностями минерального питания и с различной величиной катионно-обменной емкостью корней. Среди зерновых культур минимальное накопление цезия-137 отмечается у озимой пшеницы, максимальное накопление – у овса. Озимые и более продуктивные культуры, как правило, накапливают меньше цезия-137, чем яровые и менее продуктивные, потому что наблюдается эффект “разбавления” радионуклида на более высокую урожайную массу. По накоплению радионуклидов сельскохозяйственные культуры могут различаться в 10 и более раз.

Цель работы: определить содержание радионуклидов в зерне зерновых и бобовых

культур.

Материалы и оборудование: радиометр РКГ АТ-1320А (гамма-спектрометр РКГ–01); образцы зерна зерновых и бобовых культур; весы лабораторные. Справочные значения коэффициентов перехода цезия-137 и стронция-90 из почвы в растения

1. Подготовить радиометры к работе, согласно пунктов работы 4, работы 3 (задание 2).

2. Произвести определение удельной активности радионуклидов калия-40, цезия-137, тория-232 и радия-226 (цезия-137 и калия-40) в пробах. Результаты измерений занести в табл. 16.

Место отбора проб указывается преподавателем на карте радиоактивного загрязнения территории Республики Беларусь.

Таблица 16. Содержание радионуклидов в зерне зерновых и бобовых культур

Культура	Место отбора пробы. Плотность поверхностного загрязнения цезием-137, кБк/м ²	Содержание радионуклидов, Бк/кг			
		K-40	Cs-137	Th-232	Ra-226
<i>1. Зерновые</i> Озимая рожь Озимая пшеница Озимая тритикале Яровая пшеница Яровой ячмень Овес Кукуруза					
<i>2. Бобовые</i> Горох Клевер Люпин Бобы Фасоль Пелюшка Соя					

Определить для каких целей можно использовать анализируемое зерно сельскохозяйственных культур.

Произвести расчет содержания Cs-137 в зерне анализируемых культур при плотности загрязнения почвы 37 кБк/м².

Используя справочные коэффициенты перехода цезия-137 и стронция-90 из почвы в растения выполнить следующие пункты работы:

1. Составить убывающие ряды по накоплению цезия-137 зерном и соломой для следующих культур: озимая рожь, рапс, горох, ячмень, люпин, просо, пшеница, вика, овес

2. Составить 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. Составить аналогичные убывающие ряды по накоплению стронция-90.

4. Выделить культуры с минимальными и максимальными коэффициентами перехода цезия-137 и стронция-90 и составить убывающие ряды культур по величине коэффициентов перехода цезия-137 и стронция-90.

Задание 3. 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 внутрисортной полиморфизм, т.е. неоднородность растений (линий), входящих в сортную 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 сортные 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.

1. Подготовьте гамма-радиометр к работе, согласно пунктов работы 4, работы 3 (задание 2).
2. Определить содержание калия-40, цезия-137, тория-232 и радия-226 (цезия-137 и калия-40) в растительных пробах и сопряженных пробах почвы. Результаты записать в отчет по работе (табл. 17).

Таблица 17. Влияние сортных особенностей клевера лугового на накопление цезия-137 в сене

Сорта клевера	Содержание цезия-137, Бк/кг		A_s	K_n
	<i>Aуд, раст.</i>	<i>Aуд, почвы</i>		
1. Яскравы 2. Цудоуны 3. ВИК-7 4. Дымковский 5. Тетравик 6. Долина 7. Меря 8. Ренова 9. Слуцкий				

3. Рассчитать поверхностную активность почвы A_s (см. работу №3.).
4. Рассчитать значения коэффициентов перехода цезия-137 из почвы в сено клевера лугового по формуле: $K_n = A_{уд, раст} / A_s$.
5. Рассчитать, во сколько раз отличаются максимальное и минимальное значение K_n разных сортов клевера.

З а д а н и е 4. Распределение радионуклидов в органах растений

В почве радионуклиды присутствуют в предельно низких концентрациях. Например, при плотности загрязнения почвы равной 1 Ки/км², содержание ¹³⁷Cs составляет 3,9·10⁻¹² %, а ⁹⁰Sr составляет 2,4·10⁻¹² % на 100 г почвы. Начальным звеном миграции радионуклидов из почвы в растение являются корни, корневые волоски которых поглощают ионы радионуклидов из почвенного раствора и из почвенных частиц, с которыми они плотно контактируют. Большинство радионуклидов, поступивших в корни, остается в корнях. В стебли растений и другие подземные органы ионы низкой валентности переносятся интенсивнее, чем ионы высокой валентности. Известно, что ¹⁰⁶Ru, ¹⁴⁴Ge и ⁶⁰Co поглощаются корнями в 10 раз меньше, чем ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Радионуклиды кобальта, рутения и гелия практически полностью концентрируются в корнях (90–99 %), а из поступившего в корни количества ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr только 20–40 % остается в корнях и 60–80 % переходит в наземную часть растений. Из почвы поглощение ¹³⁷Cs во много раз меньше, чем ⁹⁰Sr, что связано с более прочной фиксацией ¹³⁷Cs в почвенно-поглощающем комплексе. В

результате сорбции твердой фазой почвы поступление ^{90}Sr в растения может уменьшаться в 10 и более раз, а ^{137}Cs и ^{144}Ge в 100–1000 раз. В наземной части растений основная масса радионуклидов концентрируется в стеблях, листьях. У корнеплодов большая часть поступивших радионуклидов остается в корнеплоде с максимальной концентрацией в сердцевине, кожце и головке. Максимальное поглощение радионуклидов корнями из почвы происходит в период интенсивного роста растений. Часть радионуклидов выносятся из почвы и удаляется с урожаем, часть вместе с отмершими органами растений и нетоварной частью урожая остается в почве и включается в повторные циклы миграции.

Цель работы: изучить закономерности распределения калия-40, цезия-137, тория-232 и радия-226 (цезия-137 и калия-40) в органах растений (на примере овощной фасоли, столовой свеклы и клевера лугового).

Материалы и оборудование: радиометр РКГ АТ-1320А (РКГ–01 “Алиот”), образцы органов растений фасоли, свеклы, клевера лугового, весы лабораторные.

Подготовить гамма-радиометр к работе, согласно пунктов работы 4, работы 3 (задание 2). Результаты измерений записать в табл.18

Таблица 18. Содержание радионуклидов в различных органах растений

Культура, орган растения	Содержание радионуклидов							
	K-40		Cs-137		Th-232		Ra-226	
	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
<u>Фасоль овощная</u>								
1. Корни								
2. Стебель								
3. Листья								
4. Створки бобов								
5. Семена								
<u>Свекла столовая</u>								
1. Корнеплод								
2. Черешки листьев								
3. Листья								
4. Семена								
<u>Клевер луговой</u>								
1. Корни								
2. Стебли								
3. Листья								
4. Семена								

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