

среда определены оптимальные среды для ведения планомерной работы по селекции, семеноводству и производству продукции лука репчатого.

2. Для селекции на адаптивность наиболее пригодны Тюменский, Катайский, Барнаульский, Орловский ГСУ. Среда Свердловского, Авдеевского, Искитимского ГСУ для целей селекции менее пригодны.

3. Для ведения семеноводства можно использовать среды: Барнаульского, Авдеевского, Катайского, Орловского ГСУ. Средней пригодностью для семеноводства характеризуется Шушенский ГСУ.

4. Развитию производства продовольственного лука репчатого наиболее соответствуют среды Барнаульского, Искитимского, Шушенского ГСУ, менее пригодны Свердловский и Киренский ГСУ.

Библиографический список

1. Пивоваров В.Ф. Экологическая селекция сельскохозяйственных растений / В.Ф. Пивоваров, Е.Г. Добруцкая, Н.Н. Балашова. – М. 1994. – 247 с.

2. Сирота С.М. Информативность среды государственных сортоиспытательных участков как фона для оценки адаптивности капусты белокочанной / С.М. Сирота,

Е.Г. Добруцкая, В.А. Бакулина // Сб. научных тр. по овощ. и бахчеводству к 110-летию со дня рожд. Б.Н. Квасникова. – М., 2009. – С. 412-416.

3. Кононыхина В.М. Экологическое обоснование элементов адаптивного семеноводства и оценка качества семян овощных культур: автореф. дис... к.с.-х.н. / В.М. Кононыхина. – М., 2001. – 23 с.

4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1975. – Вып. 4. – С. 42-51.

5. Руководство по апробации овощных культур и кормовых корнеплодов. – М., 1982. – С. 214-224.

6. Кильчевский А.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов и дифференцирующей способности среды. Сообщение 1 / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева // Генетика. – 1985. – № 9. – Т. XXI. – С. 1481-1489.

7. Кильчевский А.В. Комплексная оценка среды как фона для отбора в селекционном процессе / А.В. Кильчевский // Докл. АН БССР. – 1986. – № 9. – Т. 30. – С. 846-849.



УДК 502.7

**И.А. Егорова,
Ю.В. Кислицина,
А.В. Пузанов**

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В РАСТЕНИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ

Ключевые слова: уран-238, торий-232, калий-40, цезий-137, растения, удельная активность, Северо-Западный Алтай, ко-

эффицент накопления, надземная биомасса, почва.

Введение

Находящиеся в почве тяжелые естественные радионуклиды переходят в растения и включаются в биологический круговорот. В живом веществе обнаруживается некоторая аккумуляция тяжелых естественных радионуклидов – калия и отчасти радия и лишь крайне слабая – урана. В литературе приводится много сведений о содержании естественных радионуклидов в древесных растениях, произрастающих на территориях с повышенным количеством радиоактивных элементов. Радиоактивные изотопы, накапливающиеся в коре деревьев, остаются в них до конца жизни растений. Периодически возвращаются в почву те радионуклиды, которые находятся в листьях и хвое. Радиоизотопы, аккумулярованные травами, после их отмирания практически целиком переходят в почву.

Содержание радионуклидов в растениях зависит от целого ряда факторов. Основными являются: 1) концентрация и формы нахождения радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы; 2) геохимические особенности радионуклидов и присутствие близких по химическим свойствам элементов; 3) видовые особенности растений.

Цель исследования – изучить особенности накопления естественных радионуклидов (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) и ^{137}Cs в надземной массе растений Северо-Западного Алтая.

Задачи:

1) рассмотреть накопление радионуклидов в дикорастущих растениях Северо-Западного Алтая;

2) рассчитать коэффициент накопления радионуклидов для растений Северо-Западного Алтая.

Объекты и методы исследования

Исследованы доминантные дикорастущие растения фитоценозов Северо-Западного Алтая. Определена активность естественных радионуклидов и радиоцезия в надземной массе растений.

Почву и образцы растений отбирали в одном и том же месте, в июне 2006 г., августе 2007 г. Брали надземную массу растений с таким расчетом, чтобы объем сухой массы был не менее 0,5 л.

Для расчета коэффициента накопления (К_н) использовали данные по содержанию радиоактивных элементов в почве под соответствующим фитоценозом (на глубине 0-10 см) и накопление радионуклидов в растениях.

Было проанализировано 53 пробы растений. Образцы надземной массы были предварительно очищены от частиц почвы, высушены без прямого попадания солнечных лучей до воздушно-сухого состояния. Подготовленные пробы помещали в двухслойный пакет из полиэтиленовой пленки. Естественные радиоактивные элементы и ^{137}Cs в растениях определяли гамма-спектрометрическим методом в Институте геологии и минералогии СО РАН.

Результаты и обсуждение

Содержание естественных радионуклидов (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) и ^{137}Cs в растениях Северо-Западного Алтая представлено в таблице 1.

Основная часть естественных радионуклидов в почвах находится в труднорастворимой форме, поэтому более точно переход радиоактивных изотопов из почвы в растение можно оценить по коэффициенту накопления:

$$K_n = \frac{\text{содержание ТЕРН в растении (мг/кг сухого вещества)}}{\text{содержание ТЕРН в почве (мг/кг сухого вещества)}}$$

Коэффициенты накопления естественных радионуклидов (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K) в растениях Северо-Западного Алтая представлены в таблице 2.

Коэффициент накопления урана варьирует от 0,14 до 7,79, максимальное значение К_н для ^{238}U и ^{232}Th отмечено у ивы арктической *Salix rhamnifolia* (семейства *Salicaceae*), а минимальное значение К_н для ^{232}Th наблюдается у борца северного *Aconitum septentrionale* (0,03) (семейства *Ranunculaceae*). Максимальное значение К_н для ^{40}K – у борца северного, минимальное – у мха (0,02) (табл. 2).

Уран считается металлом слабого биологического поглощения [1-3]. Вместе с тем установлено, что некоторые растения поглощают U-протеиновые комплексы, например, *Coprosma australis* (семейство *Rubiaceae*).

В живом веществе обнаруживается незначительная аккумуляция урана – $8 \cdot 10^{-7}\%$ [4]. КБП урана растениями, по мировым данным, < 0,40 [5].

Содержание урана в растениях не превышает его кларка в земной коре и почвах или заметно ниже его [1, 6]. Однако в местах повышенного содержания в грунтах и почвах элемент «захватывается» растениями. Среднее содержание урана в надземной растительности, по литературным данным, в среднем составляет 38 мкг/кг (0,47 Бк/кг) и варьирует в ин-

тервале от 5 до 69 мкг/кг (от 0,63 до 0,87 Бк/кг) [7]. Для древесной растительности Сибири активность ²³⁸U составляет

(Бк/кг золы): березы бородавчатой – 12,21; осины дрожащей – 3,66; лиственницы даурской и сибирской – 122,10 [8].

Таблица 1

Содержание естественных радионуклидов и радиоцезия в растениях Северо-Западного Алтая (Бк/кг воздушно-сухой массы)

| Разрез | Почва | Надземная биомасса | ²³⁸ U | ²³² Th | ⁴⁰ K | ¹³⁷ Cs |
|-----------|-----------------------|--------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| 1-Чар-07 | Чернозем выщелоченный | Укос | 54 | н.о | 708 | Н.о |
| 2-Чар-07 | Чернозем выщелоченный | Укос | 24 | н.о | 588 | Н.о |
| 3-Чар-07 | Дерново-подзолистая | Укос | 28 | 17 | 1261 | Н.о |
| 4-Чар-07 | Черноземовидная | Укос | 32 | 8 | 582 | Н.о |
| 5-Чар-07 | Горно-тундровая | Укос | 43 | 18 | 227 | Н.о |
| 6-Чар-07 | Горно-луговая | Укос | 55 | н.о | 723 | 4 |
| 7-Чар-07 | Горно-тундровая | <i>Betula rotundifolia</i> | 97 | 7 | 48 | Н.о |
| 8-Чар-07 | Горно-луговая | Укос | 42 | 7 | 485 | 5 |
| 9-Чар-07 | Горно-луговая | Укос | 69 | 20 | 665 | 12 |
| 10-Чар-07 | Горно-лесная бурая | Укос | 50 | 30 | 632 | Н.о |
| 12-Чар-07 | Чернозем выщелоченный | Укос | 52 | н.о | 621 | Н.о |
| 13-Чар-07 | Чернозем выщелоченный | Укос | 63 | 9 | 596 | Н.о |
| 14-Чар-07 | Чернозем выщелоченный | Укос | 19 | 5 | 986 | Н.о |
| 1-Чар-06 | Лугово-черноземная | Укос | 66 | н.о | 762 | Н.о |
| 1-Чар-06 | Лугово-черноземная | <i>Dactylis glomerata</i> | 56 | н.о | 464 | Н.о |
| 1-Чар-06 | Лугово-черноземная | Укос | 52 | 13 | 543 | Н.о |
| 2-Чар-06 | Дерновая примитивная | Укос | 4 | 9 | 411 | Н.о |
| 3-Чар-06 | Горно-луговая | Укос | 58 | н.о | 1187 | Н.о |
| 3-Чар-06 | Горно-луговая | <i>Dactylis glomerata</i> | 31 | н.о | 982 | Н.о |
| 3-Чар-06 | Горно-луговая | <i>Bromopsis inermis</i> | 53 | 5 | 771 | Н.о |
| 4-Чар-06 | Горно-лугово-степная | Укос | 77 | н.о | н.о | 9 |
| 5-Чар-06 | Светло-серая лесная | <i>Trollius altaicus</i> | 77 | 5 | 1575 | Н.о |
| 5-Чар-06 | Светло-серая лесная | <i>Aegopodium podagraria</i> | 47 | 21 | 2478 | Н.о |
| 6-Чар-06 | Аллювиальная | Укос | 16 | н.о | 1286 | Н.о |
| 6-Чар-06 | Аллювиальная | <i>Dactylis glomerata</i> | 26 | 3 | 990 | Н.о |
| 7-Чар-06 | Светло-серая лесная | Укос | 12 | 7 | 380 | Н.о |
| 7-Чар-06 | Светло-серая лесная | <i>Aconitum septentrionale</i> | 94 | 25 | 2820 | Н.о |
| 7-Чар-06 | Светло-серая лесная | <i>Galium boreale</i> | 78 | н.о | 776 | Н.о |
| 9-Чар-06 | Горно-тундровая | <i>Betula rotundifolia</i> | 87 | 21 | 87 | Н.о |
| 10-Чар-06 | Горно-тундровая | <i>Betula rotundifolia</i> | 88 | 50 | 251 | Н.о |
| 10-Чар-06 | Горно-тундровая | Мох | 102 | 22 | 150 | 11 |
| 11-Чар-06 | Горно-луговая | <i>Hedysarum sp.</i> | 42 | н.о | 624 | 12 |
| 12-Чар-06 | Горно-тундровая | <i>Betula rotundifolia</i> | 36 | н.о | 9 | 12 |
| 12-Чар-06 | Горно-тундровая | Мох | 83 | н.о | 6 | Н.о |
| 14-Чар-06 | Горно-тундровая | <i>Hedysarum sp.</i> | 53 | 9 | 1554 | Н.о |
| 14-Чар-06 | Горно-тундровая | <i>Salix rhamnifolia</i> | 120 | 41 | н.о | Н.о |
| 14-Чар-06 | Горно-тундровая | <i>Empetrum nigrum</i> | 109 | н.о | н.о | 8 |
| 16-Чар-06 | Светло-серая лесная | Укос | н.о | 17 | 979 | Н.о |
| 16-Чар-06 | Светло-серая лесная | <i>Aconitum septentrionale</i> | 62 | 1 | 3985 | Н.о |
| 17-Чар-06 | Луговая | Укос | 5 | 2 | 926 | Н.о |
| 17-Чар-06 | Луговая | <i>Trollius asiaticus</i> | 70 | 14 | 1259 | Н.о |
| 18-Чар-06 | Чернозем выщелоченный | Укос | 118 | 7 | 500 | Н.о |
| 19-Чар-06 | Чернозем выщелоченный | Укос | 28 | 1 | 741 | Н.о |
| 19-Чар-06 | Чернозем выщелоченный | Укос | 76 | 1 | 1462 | Н.о |
| 20-Чар-06 | Чернозем выщелоченный | Укос | 41 | н.о | 661 | Н.о |
| 20-Чар-06 | Чернозем выщелоченный | <i>Bromopsis inermis</i> | 46 | н.о | 364 | Н.о |
| 21-Чар-06 | Аллювиальная | Укос | 39 | 25 | 309 | 8 |
| 22-Чар-06 | Чернозем выщелоченный | Укос | 53 | 3 | 313 | Н.о |
| 22-Чар-06 | Чернозем выщелоченный | <i>Bromopsis inermis</i> | 3 | н.о | 509 | Н.о |
| 24-Чар-06 | Чернозем обыкновенный | Укос | 50 | 3 | 88 | Н.о |
| 24-Чар-06 | Чернозем обыкновенный | <i>Elytrigia repens</i> | 30 | 5 | 363 | 32 |
| 25-Чар-06 | Чернозем обыкновенный | Укос | 32 | н.о | 390 | Н.о |
| 25-Чар-06 | Чернозем обыкновенный | <i>Stipa pennata</i> | 73 | н.о | 163 | Н.о |

Примечание. Н.о – здесь и далее – ниже предела обнаружения.

Среднее содержание ^{238}U в исследованных растениях Северо-Западного Алтая составляет $53,23 \pm 4,03$ Бк/кг, что выше его среднего значения в почвах данной территории (34,8 Бк/кг) (табл. 1) [9]. Концентрация ^{238}U в растениях варьирует от 3 до 120 Бк/кг. Различные виды растений способны накапливать элемент в разной степени. Максимальные концентрации урана отмечены в иве арктической *Salix rhamnifolia*.

Удельная активность ^{238}U зависит от типа почв, на которых произрастают растения. Максимальные концентрации ^{238}U отмечены в растениях, произрастающих на горно-тундровых почвах, а минимальные – на черноземах (табл. 1).

Определенной зависимости между накоплением радионуклидов растениями и их концентрацией в почве не наблюдается. В случае ^{238}U концентрация радионуклида в растениях превышает их содержание в почве в 2 раза (рис. 1).

Торий относится к малоподвижным элементам слабого и очень слабого биологического захвата [1]. Вместе с тем кларк его в биосфере относительно высок – 7,6 мг/кг, $7,6 \cdot 10^{-4}\%$ (30,93 Бк/кг). То-

рий образует довольно устойчивые комплексы и органические соединения, что может приводить к повышенной его подвижности.

Растения легко поглощают растворимые соединения ^{232}Th . По данным Н.А. Титаевой, накопление ^{232}Th растениями незначительное, но оно выше, чем у ^{238}U [10]. Как и для урана, для тория установлен «пороговый эффект», видовые и географические различия в накоплении. Коэффициент биологического поглощения тория равен 0,04 [11].

Концентрация ^{232}Th в растениях Северо-Западного Алтая варьирует от 1 до 50 Бк/кг. Среднее содержание ^{232}Th в надземной массе растений составляет $8,13 \pm 1,54$ Бк/кг. Относительно высокое содержание тория обнаружено в березе круглолистной *Betula rotundifolia* – 50 Бк/кг, иве арктической *Salix rhamnifolia* – 40 Бк/кг, борце северном *Aconitum septentrionale* – 25 Бк/кг.

Концентрации ^{232}Th в растениях не зависят от типа почв, на которых они произрастают (табл. 1). Удельная активность ^{232}Th в растениях не превышает его содержания в почве (рис. 2).

Таблица 2

Коэффициент накопления ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K

| Вариационно-статистические показатели | ^{238}U | ^{232}Th | ^{40}K |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| n | 53 | 53 | 53 |
| min | 0 | 0 | 0 |
| max | 7,79 | 3,76 | 10,58 |
| X | 1,97 | 0,36 | 1,84 |
| m | 0,19 | 0,09 | 0,28 |
| V, % | 72 | 172 | 110 |

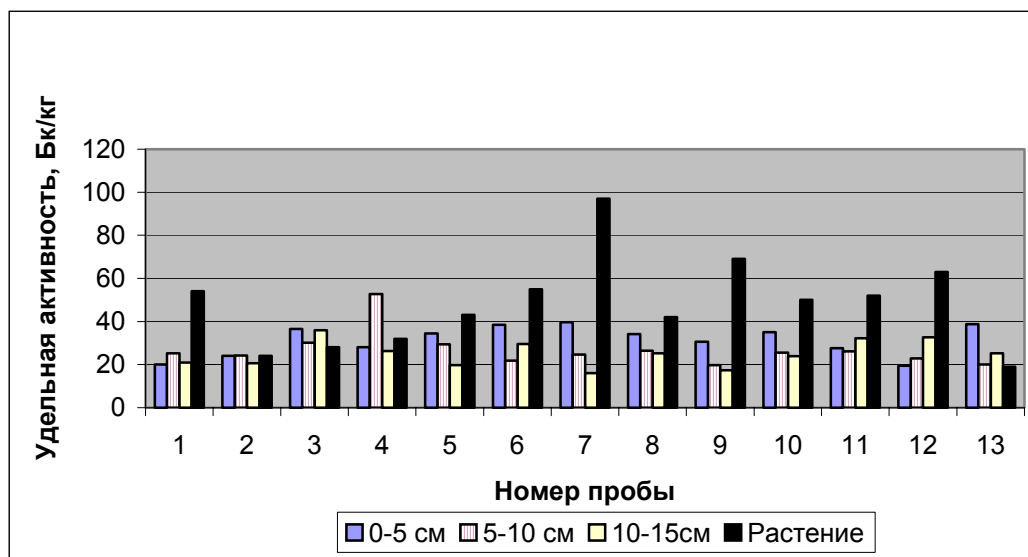


Рис. 1. Распределение урана-238 в высокогорных фитоценозах различных слоев почвы

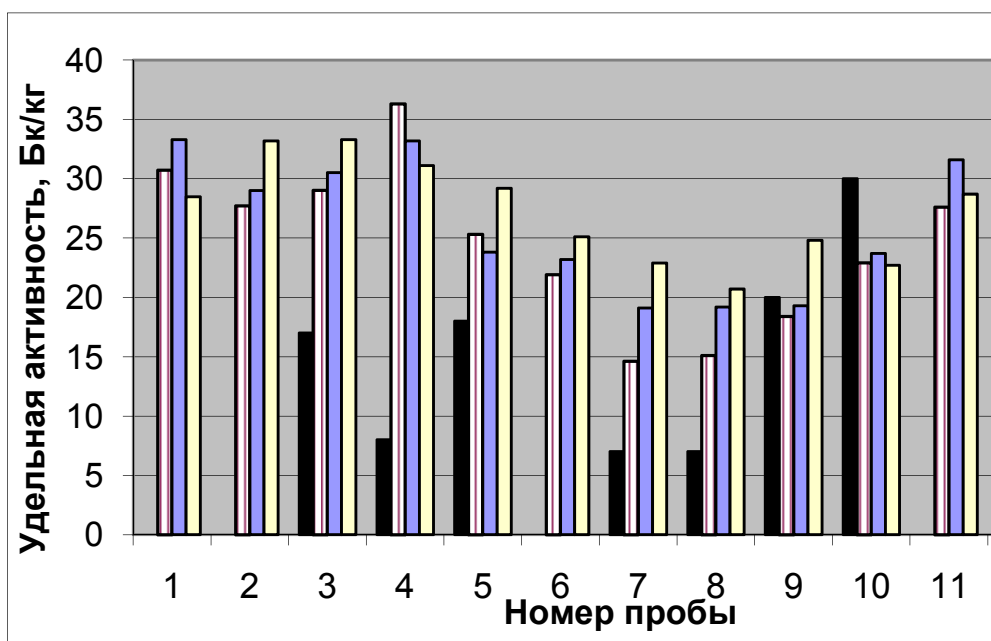


Рис. 2. Распределение тория-232 в высокогорных фитоценозах и различных слоях почвы

Калий относится к наиболее потребляемым химическим элементам. В растительном организме он находится преимущественно в виде ионов, рыхло связанных с протоплазмой. Главная физиологическая функция калия заключается в способности повышать обводненность протоплазмы и увеличивать ее водоудерживающую силу. Кроме того, калий участвует в активном транспорте ассимилянтов к органам запасаения и необходим для усвоения аммония [12]. Биофильность калия высокая (0,012). Его кларк в живом веществе 0,3% (93,9 Бк/кг). Концентрация радиокалия в объектах биосферы составляет 0,0118% массы общего калия [13].

Вегетативная масса растений более насыщена калием, чем генеративные органы. В соломе зерновых злаков содержание этого элемента составляет 1,32%, а в зерне – 0,44% [14].

Большая часть калия в растениях находится в ионной форме. Он легко выщелачивается из листьев, теряющих во время дождей до 50% элемента, среднее содержание в золе растений составляет 15% [15]. В золе растений его очень много: грибы – 28,4% (8889,2 Бк/кг), папоротники – 6,9-35,4% (2159,7-11080,2 Бк/кг), хвощи – 19% (5947 Бк/кг), из высших растений – лилейные (*Liliaceae*) – 30,7% (9609,1 Бк/кг), зонтичные (*Apiacea*) – 28,4% (8889,2 Бк/кг), бобовые (*Fabaceae*) – 27% (8451 Бк/кг), крестоцветные (*Brassicaceae*) – 23% (7199 Бк/кг), гречишные (*Polygonaceae*) – 25% (7825 Бк/кг), злаковые (*Poaceae*) – 23% (7199 Бк/кг).

Относительно бедна калием зола лишайников, плаунов, голосемянных, вересковых, мхов, хвощей, лебедовых [16].

Характерной особенностью ⁴⁰K является большое накопление в продуктивных частях растений. Средняя концентрация ⁴⁰K в зерне ячменя, проса, пшеницы, чумизы, гречихи, овса, фасоли и гороха составила 0,56% (175,28 Бк/кг), 0,28% (87,64 Бк/кг), 0,41% (128,33 Бк/кг), 0,47% (147,11 Бк/кг), 0,54% (169,02 Бк/кг), 0,44% (137,72 Бк/кг), 1,63% (510,19 Бк/кг), 1,28% (400,64 Бк/кг) соответственно [17].

Удельная активность калия в надземной фитомассе растений Северо-Западного Алтая варьировала от 6 до 3985 Бк/кг. Среднее содержание ⁴⁰K в растениях составляет 740 Бк/кг, что выше его средних значений в почве – 487,4 Бк/кг [9], это вполне объяснимо биогенными свойствами калия. Максимальное количество калия отмечено у борца северного *Aconitum septentrionale* – 3985 Бк/кг, сныти обыкновенной *Aegopodium podagraria* – 2478 Бк/кг, а минимальное – у мха.

Определенной зависимости между накоплением ⁴⁰K растениями и его концентрацией в почве не наблюдается (рис. 3).

Удельная активность ⁴⁰K в растениях зависит от типа почв, на которых они произрастают. Максимальные концентрации ⁴⁰K отмечены в растениях, произрастающих на светло-серых лесных почвах, а минимальные – на горно-тундровых почвах (табл. 1).

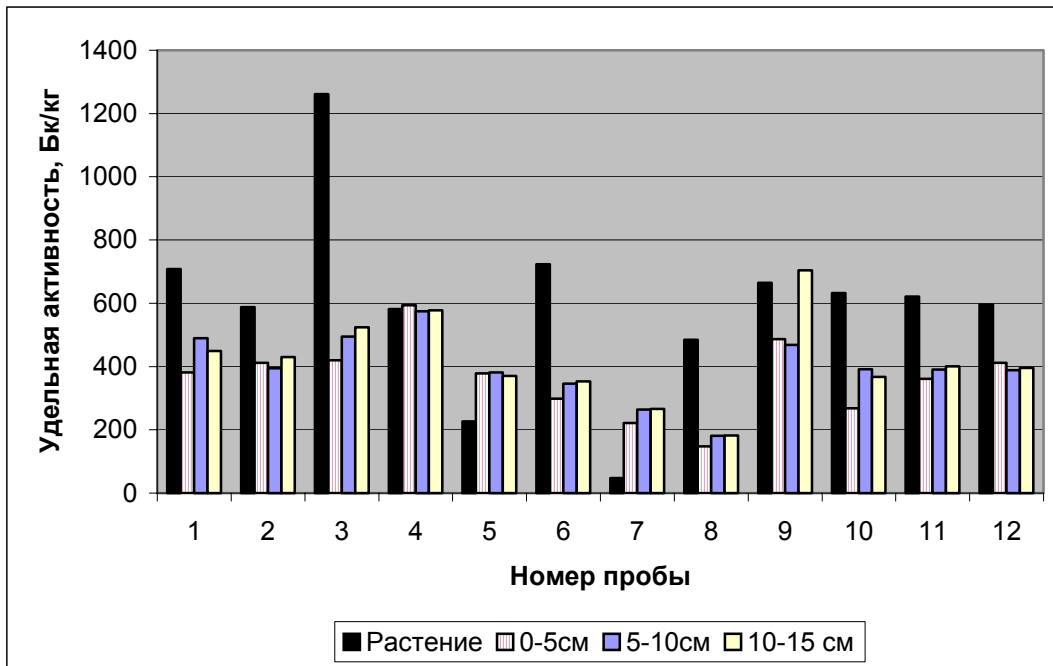


Рис. 3. Распределение калия-40 в высокогорных фитоценозах и различных слоях почвы

Цезий. Коэффициент накопления ¹³⁷Cs растениями изменяется от $n \cdot 10^{-3}$ до $n \cdot 10^{-1}$. Поступление его в растения из почвы в среднем в 5-10 раз меньше, чем других долгоживущих радионуклидов [13].

Радиоактивные продукты деления поступают в растения в основном двумя путями:

1) непосредственное загрязнение надземных частей растений находящимися в воздухе радиоактивными частицами;

2) поступление в растения из почвы через корни.

Радиоактивные изотопы цезия относятся к группе радионуклидов, интенсивно поступающих в растения и в значительной степени накапливающихся в них [17].

Накопление ¹³⁷Cs растениями зависит от типа и свойств почв и изменяется в среднем в 20-30 раз [13]. В порядке снижения поступления радиоцезия в растения почвы можно расположить в следующей последовательности: дерново-подзолистые, красноземы, лугово-карбонатные, черноземы и сероземы. Установлено, что содержание ¹³⁷Cs в зерне пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве превышало в 12 раз количество его в урожае на выщелоченном черноземе [17].

Интенсивнее накапливают ¹³⁷Cs калиелюбивые растения. С увеличением содержания обменного калия в почвах накопление ¹³⁷Cs в растениях уменьшается [13]. Максимальное поглощение ¹³⁷Cs растениями наблюдается при pH, близкой к нейтральной [17].

Поступление ¹³⁷Cs в растения определяется прочностью его закрепления в гранулометрических фракциях. Наиболее прочно связывают ¹³⁷Cs и резко снижают накопление нуклида в растениях илистые фракции почвы.

В зависимости от биологических особенностей растений накопление ¹³⁷Cs изменяется в 10 раз. Сортовые различия в поглощении радиоцезия растениями не превышают 1,5-2 раза [13].

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что среди изученных растений видов с повышенным содержанием цезия не обнаружено. Содержания цезия варьировало от 4 до 32 Бк/кг. Максимальная активность цезия обнаружена в пырее ползучем *Elytrigia repens* (семейства *Poaceae*) – 32 Бк/кг. В остальных растениях содержание радиоцезия меньше или находится за пределами обнаружения используемого метода. Таким образом, содержания цезия в растениях Северо-Западного Алтая не превышает предельно допустимые значения.

Выводы

Уровень содержания естественных радиоактивных элементов (²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K) в изученных растениях Северо-Западного Алтая существенно варьирует.

Среди исследованных радионуклидов в растениях удельная активность ²³⁸U превышает уровень фона, это может быть связано с высоким содержанием этого радионуклида в материнских породах.

Вследствие повышенного содержания урана в растениях коэффициент накопления ^{238}U для растений Северо-Западного Алтая выше 1.

Удельная активность ^{232}Th и ^{40}K в растениях Северо-Западного Алтая находится в пределах фоновых значений и не превышает предельно допустимых величин. Коэффициент накопления для тория ниже 1, что соответствует литературным данным.

Содержание ^{137}Cs в растениях Северо-Западного Алтая не превышает предельно допустимых значений.

Библиографический список

1. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза / А.И. Перельман. – М.: Недра, 1972. – 492 с.
2. Экологические функции литосферы / под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.
3. Орлов Д.С. Биогеохимия / Д.С. Орлов, О.С. Безуглова. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.
4. Ярошевский А.А. Кларки геосфер: справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.А. Ярошевский. – М.: Недра, 1990. – С. 7-14.
5. Добровольский В.В. Химия Земли / В.В. Добровольский. – М.: Просвещение, 1980. – 176 с.
6. Евтеева Л.С. Геохимия урана в зоне гипергенеза / Л.С. Евтеева, А.И. Перельман. – М.: Атомиздат, 1962. – 239 с.
7. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
8. Ковалевский А.Л. Биогеохимические поиски рудных месторождений / А.Л. Ковалевский. – М.: Недра, 1984. – 250 с.
9. Егорова И.А. Естественные и искусственные радионуклиды в почвах высокогорных ландшафтов Северо-Западного Алтая / И.А. Егорова, А.В. Салтыков // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 6. – С. 63-67.
10. Титаева Н.А. Техногенная геохимия урана, тория и радия / Н.А. Титаева // Проблемы радиогеохимии и космологии. М.: Наука, 1991. 290 с.
11. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: учебник / В.А. Алексеенко. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
12. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 130 с.
13. Алексахин Р.М. Сельскохозяйственная радиозэкология / Р.М. Алексахин, А.В. Васильев, В.Г. Дикарев. – М.: Экология, 1991. – 383 с.
14. Вернигор В.А. Минеральный состав кормов Северного Казахстана / В.А. Вернигор, А.М. Мартовицкая, П.В. Мартовицкий. – Алма-Ата: Кайнар, 1982. – 69 с.
15. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние / В.В. Добровольский. – М.: Мысль, 1983. – 272 с.
16. Кузин А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли / А.М. Кузин. – М.: Наука, 1991. – 318 с.
17. Гулякин И.В. Сельскохозяйственная радиобиология / И.В. Гулякин, Е.В. Юдинцева. – М.: Колос, 1973. – 272 с.



УДК 633.2.03(571.150)

Н.В. Овчарова,
Т.А. Терёхина

ДИНАМИКА ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КОСИХИНСКОГО РАЙОНА (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

Ключевые слова: луга, динамика, пробные площадки, обилие видов, биомасса, ассоциация, восстановление, пастбища, дигрессия.

Введение

В настоящее время в связи с особенностями ведения сельского хозяйства происходят значительные изменения в растительном покрове, так как резко снижает-