

Л. А. Араратян, В. Е. Восканян, С. Г. Наринян
О НАКОПЛЕНИИ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕКОТОРЫМИ ВИДАМИ
РАСТЕНИЙ АЛЬПИЙСКОЙ ЗОНЫ ГОРЫ АРАГАЦ

Изучение особенностей поглощения макро-и микроэлементов различными видами дикорастущих растений имеет научный и практический интерес как для агрохимии, с точки зрения выявления закономерностей формирования минерального питания растений, так и для биогеохимии, с целью разработки фитогеохимических методов поисков месторождений.

Наши исследования (1,2) показали, что растения альпийской зоны по сравнению с другими зонами, содержат меньше калия и больше рубидия. Наблюдалась определенная избирательность одних щелочных элементов по отношению к другим. Наблюдаемые отношения показали предпочтительное усвоение калия по сравнению с рубидием, по отношению же к натрию и литию проявлялось явное предпочтение в усвоении растениями рубидия. По абсолютному содержанию элементы составляют ряд: $K > Na > Rb > Li$, а по поглощательной способности ряд меняется следующим образом: $K > Rb > Na = Li$. Исследования эти проводились в суммарном образце растений в сене. Однако известно, что отдельные виды растений могут значительно различаться по содержанию тех или иных элементов. Существуют растения-концентраторы, накапливающие отдельные элементы в больших количествах.

Целью данной работы являлось изучение особенностей поглощения щелочных элементов (K , Na , Rb , Li) отдельными видами растений ковровых фитоценозов альпийской зоны г. Арагац.

Верхняя часть горы Арагац от 3200 до 3400 м над ур. м., т.е. альпийская зона, является характерным местообитанием ковровых фитоценозов. Климатические условия здесь суровые, годовое количество осадков колеблется в пределах 850–1500 мм. Характерными особенностями климата являются короткое лето со средней температурой $8,5-9,5^{\circ}$, отсутствие безморозного периода и заморозки круглый год. Почвы горно-луговые, коричневые, с высоким содержанием органических веществ и кислой реакцией – pH водн. 4,2–4,4 (3,4).

Исследования проводились на следующих видах растений:

Campanula tridentata – является одной из основных доминант этих сообществ. Это – стержнекорневое многолетнее травянистое растение, размножается семенами. Вегетация начинается сразу после таяния

снега. Корни проникают до глубины 40–50 см. Произрастает на умеренно влажных участках.

Taraxacum steveni — имеет более широкую экологическую амплитуду. Травянистое многолетнее растение. Произрастает главным образом на сравнительно увлажненных участках, где иногда образует моnodоминантное сообщество. Встречается также на сухих участках с *Campanula tridentata* и другими видами. Наблюдается вторичное цветение. Стержневой главный корень отмирает уже в первые годы и далее функционируют придаточные корни. Корни достигают глубины 15–20 см. Vegetация начинается уже под снегом.

Carum caucasicum — многолетнее травянистое стержнекорневое розеточное растение, произрастает главным образом на влажных участках. Vegetация начинается обычно под снегом или после освобождения от снега. Корни проникают до глубины 45 см.

Sibbaldia parviflora — приземистое с прижатыми к земле многолетними одревесневшими побегами растение, является одним из основных эдификаторов. Встречается как на влажных, так и на каменистых участках. Размножается вегетативным путем. Обладает стержневой корневой системой, проникающей до глубины 40–50 см.

Соотношение сухой массы надземных и подземных органов в исследуемых растениях следующее:

<i>Campanula tridentata</i>	– 0,3
<i>Carum caucasicum</i>	– 0,7
<i>Taraxacum steveni</i>	– 1,1
<i>Sibbaldia parviflora</i>	– 0,9

Как видим, у *Campanula* количество корневой массы значительно превышает надземную в отличие от последних двух видов.

Образцы растений брались на территории агрохимической высокогорной станции на Арагаце, расположенной на высоте 3250 м над ур. м., по фенологическим фазам развития. Определение калия, натрия, рубидия и лития в почве и растениях описано в работе Араратяна и Мкртчяна (5). Средняя квадратичная ошибка определений находится в пределах ± 8 –15%.

В табл. 1 приведены данные валового содержания щелочных элементов в слое 0–30 см и их количественные соотношения в горно-луговой почве альпийской зоны г. Арагац.

Таблица 1

Содержание щелочных элементов и их количественные соотношения в горно-луговой почве альпийской зоны г. Арагац (в слое 0–30 см)

Содержание, %				Отношения			
K	Na	Rb 10^{-3}	Li 10^{-3}	Rb/K 10^{-3}	Rb/Na 10^{-3}	Rb/Li	Li/Na 10^{-3}
0,81	0,94	7,8	3,9	9,6	8,3	2,0	4,2

Приведенные в табл. 2 данные показывают, что различие в содержании калия в надземной массе растений небольшое (до двух раз), тогда как в корнях оно достигает шести раз.

Таблица 2

Содержание щелочных элементов в основных видах растений, в % на воздушно-сухое вещество (в числителе – надземная часть, в знаменателе – корни)

В и д	Фазы развития	K	Na	Rb (10 ⁻³)	Li (10 ⁻³)
Carum Caucasica	Цветение (II)	$\frac{2,27}{1,05}$	$\frac{0,110}{0,031}$	$\frac{1,40}{0,90}$	$\frac{0,027}{0,004}$
	Цветение (II) (из увлажненного участка)	$\frac{-}{0,87}$	$\frac{0,006}{0,049}$	$\frac{2,00}{1,10}$	$\frac{0,029}{0,004}$
	После обсеменения (У)	$\frac{2,21}{1,06}$	$\frac{0,004}{0,046}$	$\frac{2,4}{0,83}$	$\frac{0,017}{0,012}$
Campanula tridentata	Неполовозрелые (1) особи (в данном году не цветут)	$\frac{2,31}{0,57}$	$\frac{0,014}{0,026}$	$\frac{2,4}{0,88}$	$\frac{0,019}{0,031}$
	После обсеменения (У)	$\frac{-}{0,59}$	$\frac{0,034}{0,023}$	$\frac{2,5}{1,8}$	$\frac{0,074}{0,085}$
Sibbaldia parviflora	Плодоношение (III)	$\frac{1,21}{0,29}$	$\frac{0,030}{0,080}$	$\frac{0,60}{0,69}$	$\frac{0,30}{0,30}$
	После обсеменения (У)	$\frac{1,07}{0,18}$	$\frac{0,036}{0,098}$	$\frac{1,4}{2,7}$	$\frac{0,087}{0,44}$
Taraxacum steveni	Созревание семян (1У)	$\frac{-}{0,67}$	$\frac{0,049}{0,160}$	$\frac{11,0}{0,98}$	$\frac{0,083}{0,130}$
	После обсеменения (У)	$\frac{2,19}{0,50}$	$\frac{0,068}{0,120}$	$\frac{4,1}{1,7}$	$\frac{0,069}{0,005}$
	Вторичное цветение (У1)	$\frac{2,41}{0,85}$	$\frac{0,023}{0,110}$	$\frac{2,3}{1,1}$	$\frac{0,065}{0,011}$

Калий имеет четко выраженное базипетальное распределение (6) – в надземной части растений содержание его в 2–5 раз выше, чем в корнях. По содержанию калия в надземной части и корнях исследуемые растения образуют следующий ряд: Carum > Taraxacum > Campanula > Sibbaldia. Содержание калия в последнем вдвое меньше, чем в других растениях. По фазам развития четких различий не наблюдается.

У всех исследуемых видов растений (за исключением двух случаев) наблюдается четко выраженный акропетальный характер распределения натрия – содержание его в корнях в 2–5 раз больше, чем в надземной части.

Рубидий в трех видах, кроме *Sibbaldia*, показывает четко выраженное базипетальное распределение — содержание его в надземной части растений 1,5–10 раз выше, чем в корнях. Наибольшее содержание Rb наблюдается у *Taraxacum*. *Sibbaldia* отличается от других видов наименьшим содержанием рубидия и относительно более высоким содержанием его в корнях по сравнению с надземной частью.

Четкое базипетальное распределение лития наблюдается у *Samolus*; у *Samolus*, наоборот, лития больше в корнях. В остальных видах наблюдаются значительные различия по фазам развития. Таким образом, для калия и рубидия отмечается, за некоторым исключением, базипетальное распределение во всех видах растений — в листьях содержание их выше, чем в корнях, что указывает на более активную роль этих элементов в жизнедеятельности растений, по сравнению с натрием и литием.

Ковалевский указывает (7), что изменения в содержании химических элементов в растениях в течение одного сезона могут достигать 8–10 раз. Наши исследования, проведенные в сравнительно одинаковых условиях — на небольшой территории, показали, что имеющиеся различия в содержании исследуемых элементов могли быть вызваны совокупностью ряда факторов: видовыми особенностями растений, локальными изменениями условий внешней среды, фазой развития растений. Для получения более четкой картины необходимы дополнительные исследования со статистической обработкой данных, имеющие целью выявить степень влияния каждого в отдельности из вышеперечисленных факторов.

Количественные соотношения элементов показывают величину усвоения одного элемента по сравнению с другим. Так, отношение рубидия к калию (табл. 3) в растениях представляет небольшую величину и колеблется в близких пределах (за исключением одного случая), тогда как отношение рубидия к литию и, особенно, к натрию (в надземных частях растений) дает высокие показатели. По сравнению с почвой эти отношения могут изменяться в значительной степени. Так, например, если отношение Rb/Na в почве колеблется около $8,3 \cdot 10^{-3}$, то в растениях оно изменяется от 10 до 558 раз. Это означает, что в растениях начинает действовать избирательное поглощение элементов, т.е. биологический фактор. Для более четкого представления об избирательной способности растений используют относительный показатель Н.О. (наблюдаемые отношения). В табл. 4 приведены данные Н.О. для системы почва–растение. Подтверждается предпочтительное усвоение калия по сравнению с рубидием — Н.О. для пары $Rb - K$ в корнях и надземной части растений, взятых по фазам развития, колеблется в пределах 0,05–0,35 (за исключением одного случая). По сравнению с натрием наблюдается явное предпочтение растениями (корни и надземная часть) рубидия — Н. О. $Rb - Na > 1$ (за исключением одного случая). Представляют интерес показатели Н.О. для пары $Rb - Li$: для корней Н.О. ≤ 1 , а для надземной части > 1 . Очевидно, рубидий, принимая большое участие в фотосинтетических процессах растений, более активно переходит из корней в надземную часть, чем литий. Элементы-аналоги лития и натрия показывают определенные различия в характере накопления в

Таблица 3

Количественные соотношения щелочных элементов в растениях
(к. — корни, н.ч. — надземная часть)

В и д	Фаза	Rb/K (10^{-3})		Rb/Li		Rb/Na (10^{-3})		Li/Na (10^{-3})	
		к.	н.ч.	к.	н.ч.	к.	н.ч.	к.	н.ч.
<i>Carum caucasica</i>	II	0,8	0,62	220	52	29	13	0,03	2,5
	II	1,3	—	250	69	23	346	0,02	5,0
	У	0,8	1,09	69	141	18	558	0,06	4,0
<i>Campanula tridentata</i>	1	1,5	1,0	28	126	34	177	0,29	13,0
	У	3,1	—	21	17	78	74	0,88	21,0
<i>Sibbaldia parviflora</i>	III	2,4	0,5	2	2	9	20	1,90	10,0
	У	15,0	1,3	6	16	28	39	1,10	2,4
<i>Taraxacum steveni</i>	1У	1,5	—	7	67	6	225	0,19	1,7
	У	3,4	1,8	340	57	14	60	0,01	1,0
	У1	1,3	0,9	97	35	10	100	0,024	2,8

Наблюдаемые отношения (Н.О.) пар элементов в системе растение- почва^x

В и д ы	Ф а з ы	Rb - K		Rb - Na		Rb - Li		Li - Na	
		к.	н.ч.	к.	н.ч.	к.	н.ч.	к.	н.ч.
<i>Carum caucasica</i>	П	0,09	0,06	3,5	1,5	1,1	26	0,03	0,59
	П	0,13	-	2,8	42	1,3	35	0,02	1,20
	У	0,08	0,11	2,2	67	0,3	71	0,06	0,95
<i>Campanula tridentata</i>	1	0,16	0,10	4,1	20	0,1	63	0,29	2,9
	У	0,32	-	9,4	8	0,1	8	0,88	5,1
<i>Sibbaldia parviflora</i>	Ш	0,25	0,05	1,0	2	0,01	1	1,9	2,4
	У	1,6	0,14	3,4	4	0,03	8	1,1	0,6
<i>Taraxacum steveni</i>	1У	0,16	-	0,7	27	0,04	34	0,20	0,4
	У	0,35	0,19	1,7	7	0,17	29	0,01	0,2
	У1	0,14	0,10	1,2	12	0,50	18	0,02	0,7

$$* \text{Н.О.} = \frac{\text{Rb : K в растениях}}{\text{Rb : K в почве}}$$

растениях. Так, накопление натрия в корнях, за исключением *Sibbaldia*, больше, чем лития, у которого $H.O. < 1$. Для надземной части растений, за исключением *Campanula*, $H.O.$ также меньше единицы, однако эти значения выше, чем для корней, т.е. для лития наблюдается тенденция большего поступления в надземные части растений. *Campanula* и *Sibbaldia* проявляют явное предпочтение лития натрию.

Наблюдаемые отношения для пар элементов в системе надземная часть-корни приведены в табл.5. Исследуемые элементы здесь уже действуют в качестве метаболитов в реакциях обмена в самом растении. Величины $H.O.$ показывают, что при переходе из корней в надземные части растений происходит дискриминация рубидия по отношению к калию. Наблюдается дискриминация натрия рубидием (за исключением одного случая), причем величины $H.O.$ изменяются в зависимости от фаз развития. В отношении лития четкой картины нет: в некоторых фазах происходит дискриминация лития по отношению к рубидию ($H.O. > 1$), в других - картина обратная. То же можно сказать и в отношении пары $Li - Na$. Таким образом, приведенные данные показывают, что в процессе развития различные виды растений проявляют ту или иную потребность в Rb , Li и Na .

Таблица 5

Наблюдаемые отношения ($H.O.$) для пар элементов в системе надземная часть-корни

В и д ы	Фазы	$Rb - K$	$Rb - Na$	$Rb - Li$	$Li - Na$
<i>Carum caucasicum</i>	II	0,8	0,4	0,2	1
	II	-	15	0,3	55
	У	1,4	31	2,0	15
<i>Campanula tridentata</i>	1	0,7	5,2	4,4	1
	У	-	1,0	0,8	0,6
<i>Sibbaldia parviflora</i>	III	0,21	2,3	0,9	1,3
	У	0,09	1,4	2,6	0,5
<i>Taraxacum stevenii</i>	1У	-	37,0	9,0	2
	У	0,5	4,3	1,7	25
	У1	0,7	10	0,3	28

$$H.O. = \frac{Rb: K \text{ в надземной части}}{Rb: K \text{ в корнях}}$$

Одним из важнейших биогеохимических параметров является коэффициент биологического поглощения (К.б.п.), характеризующий интенсивность биологического поглощения химических элементов растениями (7,8).

Приведенные в табл. 6 данные показывают, что по величине коэффициентов биологического поглощения элементы располагаются в ряд: $K > Rb > Na \geq Li$. Полученные данные подтверждают наши выводы.

Коэффициенты биологического поглощения (К, б.п.) щелочных элементов

В и д	Фаза	K		Na		Rb		Li	
		к.	н.ч.	к.	н.ч.	к.	н.ч.	к.	н.ч.
Carum Caucasica	II	31	31	0,8	1,3	2,8	2,1	0,03	0,08
	II	24	-	1,2	0,05	3,2	2,7	0,03	0,08
	У	31	32	1,2	0,05	2,6	3,6	0,08	0,05
Campanula tridentata	1	16	31	0,6	0,2	2,6	3,3	0,2	0,05
	У	16	-	0,6	0,4	5,1	3,8	0,5	0,23
Sibbaldia parviflora	III	5,2	25	0,6	0,5	1,4	1,3	1,1	1,2
	У	2,1	18	1,0	0,5	3,2	2,4	1,0	0,3
Taraxacum steveni	1У	16	-	3,3	0,4	2,4	12	0,67	0,2
	У	19	28	3,8	0,7	6,5	9,0	0,04	0,2
	У1	29	32	3,3	0,3	3,7	3,2	0,08	0,2

ды (1) о том, что в условиях горных лугов щелочные элементы переменили свои места в рядах биологического поглощения, предложенных Перельманом (8). Калий, как один из основных органогенных элементов, занял 1 ряд "энергично накапливаемых" (п .10), рубидий перешел во II ряд "сильно накапливаемых" (п), а натрий и литий - в У ряд "слабого и очень слабого захвата" (0, п -0,0 п). По видам растений различия в величинах К.б.п. (надземная часть) выше, чем по фазам развития отдельных видов.

На основании полученных данных мы попытались выяснить также, как влияет содержание щелочных элементов в отдельных видах растений на их содержание в суммарном образце (сене) ковровых фитоценозов альпийской зоны г. Арагац.

Из табл. 7 видно, что колебания в содержании калия в растениях отдельных видов не превышают 2-2,5 раз (1,07-2,41%). Отсюда следует, что изменение в видовом соотношении растений ковровых фитоценозов может вызвать лишь небольшие колебания в содержании калия в суммарном образце (сене) - содержание его (для сена) по годам колеблется от 1,27 до 1,67%.

Изменения в содержании Rb в растениях по видам лежат в больших пределах и колеблются, в основном, в порядке п .10⁻³, при этом

Таблица 7

Сравнительное содержание щелочных элементов в суммарном образце (сене) и отдельных видах растений ковровых фитоценозов альпийской зоны г.Арагац (% в надземной части воздушно-сухой массы)

Образец	K	Na	Rb (10 ⁻³)	Li (10 ⁻³)
Пределы содержаний за 3 года				
Суммарный образец (сено)	1,27-1,67	0,009-0,029	1,85-3,5	0,007-0,066

Пределы содержаний по фазам развития

Carum caucasica	2,21-2,27	0,004-0,11	1,4-2,4	0,017-0,029
Campanula tridentata	2,31	0,014-0,034	2,4-2,5	0,019-0,074
Sibbaldia parviflora	1,07-1,21	0,030-0,036	0,6-1,4	0,30-0,087
Taraxacum steveni	2,19-2,41	0,023-0,068	2,3-11,0	0,065-0,083

нишь в одной фазе развития для *Sibbaldia* и *Taraxacum* оно соответственно несколько опускается или повышается ($0,6 \cdot 10^{-3}\%$ и $11 \cdot 10^{-3}\%$), что, конечно, не может существенным образом влиять на его содержание в суммарном образце. Из таблицы видно, что для сена колебания в содержании Rb по годам лежат в основном в тех же пределах, что и для отдельных видов ($1-4 \cdot 10^{-3}\%$).

Исходя из вышесказанного, можно предположить, что повышенное содержание Rb в растениях альпийской зоны по сравнению с субальпийской (2) не связано с видовым составом ковровых фитоценозов.

Содержание Na и Li колеблется (по видам и фазам) в более широких пределах, что сильнее отражается на их содержании в суммарном образце (сене). Известно (9,10), что Na и Li необходимы растениям в малых количествах, и потому несколько повышенное содержание их в растениях, очевидно, связано со спецификой отдельных видов.

Таким образом, на основании приведенных данных можно сделать следующие выводы:

1. По содержанию калия в надземной части растений в фазе обсеменения (У) исследуемые виды составляют следующий ряд: *Carum* > *Taraxacum* $\geq$ *Campanula* > *Sibbaldia*, а по содержанию рубидия: *Taraxacum* > *Campanula* > *Carum* > *Sibbaldia*. Для лития и натрия четкой закономерности не наблюдается.
2. Калий во всех видах растений имеет базипетальный характер распределения. Рубидий во всех видах, за исключением *Sibbaldia*, также имеет базипетальное распределение. Натрий и литий, за некоторым исключением, имеют акропетальный тип распределения.
3. Все растения проявляют предпочтение в поглощении калия по сравнению с рубидием, так же, как рубидия, по сравнению с натрием и литием. В надземной части растений наблюдается дискриминация лития рубидием, в корнях — наоборот. Литий в большей степени, чем натрий, поступает в надземную часть растений.
4. Колебание в видовом составе растений ковровых фитоценозов альпийской зоны может вызвать определенные изменения в содержании K, Na, Rb и Li в суммарном образце (сене). По K и Rb эти колебания небольшие, а по Na и Li — значительные.
5. По величине К.б.п. исследуемые элементы в растениях располагаются в ряд $K > Rb > Na \approx Li$

Լ. Ա. Արարատյան, Վ. Ե. Ոսկանյան, Ս. Գ. Նաիրյան

ԱՆԿԱԼԻԱԿԱՆ ՏԱՐՐԵՐԻ ԿՈՒՏԱԿՈՒՄԸ ԱՐԱԳԱՍԻ ԱԼՊԱՆ ԳՈՏՈՒ
ԲՈՒՅՍԵՐԻ ՈՐՈՇ ՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ՄԵՋ

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Արագածի բույսերի ամենատարածված չորս տեսակներում որոշվել է ալկալիական տարրերի պարունակությունը և նրանց բաշխումը վերերկրյա մասում և արմատներում՝ ըստ զարգացման փուլերի: Պարզվել է, որ K, Rb և Li որպես կանոն կուտակվում են վերերկրյա մասում: Հակառակ պատկերը

Ռբ-ի համար նկատվել է *Sibbaldia parviflora* -ի մեջ, իսկ Li-ի համար *Campanula Tridentata* -ի մեջ: Նա-ի բաշխումը, փոքր բացառությամբ, ակոսպետալ տիպի է:

Ավալիական տարրերի պարունակության տարբերությունը բառ տեսակների արտահայտված է ավելի ցայտուն, քան բառ զարգացման փուլերի:

Հստ կենսաբանական կլանման մեծության (Կ. Կ. Գ) հետադարձ կապը բերը կազմում են հետևյալ կարգով՝ $K > Rb > Na \geq Li$

L. A. Araratyan, V. E. Voskanyan, S. G. Narinyan

ACCUMULATION OF ALKALIC ELEMENTS (K, Na, Rb, Li) IN SOME PLANT TYPES OF THE ALPINE ZONE OF MT ARAGATS

Summary

The contents of alkalic elements and their distribution in the over-ground parts and roots, according to the development phases of four types of plants mostly spread over Mt Aragats, has been determined. It was found out that K, Rb and Li. are accumulated, as a rule, in the overground parts. The opposite picture was noted in *Sibbaldia parviflora*, and for Li in *Campanula Tridentata*. The distribution of Na is, small exceptions, of acropetal type.

The difference of the contents of alkalic elements according to plant types is more expressed, than in development phases. According to the coefficient of biological absorption (c. b. a.) the elements under study form the following row: $K > Rb > Na \geq Li$.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Ананян, Л. А. Араратян. О поведении щелочных элементов K, Na, Rb, Li, в системе почва-растение в условиях горных лугов. "Агрохимия". № 12, 1973, с. 86-92.
2. Л. А. Араратян. Миграция щелочных элементов (K, Na, Rb, Li) в системе почва-растение в условиях АрмССР. Автореф. канд. дисс. Ереван, 1974.
3. С. Г. Наринян. Альпийские ковры Кавказа как особый тип растительного покрова (вопросы генезиса и классификации) "Тр. Ботанич. ин-та АН АрмССР", т. XIII, 1962, с. 5-27.
4. Г. С. Давтян, Г. Б. Бабалян. Комплексные агрохимические исследования почв Армении. "Агрохимическая характеристика почв СССР" М., 1965, с. 145-231.
5. Л. А. Араратян, Г. М. Мкртчян. Методика спектрального анализа K, Na, Rb, Li в почвах, почвенных вытяжках, растениях. В настоящем сборнике.
6. Д. А. Сабинин. Физиологические основы питания растений. М., 1955.

7. А. Л. Ковалевский. О биогеохимических параметрах растений и некоторых особенностях изучения их. "Тр. Бурятского ин-та естеств. наук". Серия биогеохимическая, вып. 2. Улан-Удэ, 1968, с. 195-214.
8. А. И. Перельман. Геохимия ландшафта. М., 1966, с. 39-46.
9. P. F. Brownell. Sodium as an essential micronutrient element for some higher plants. „Plant and soil.“ 27. 1. 1968. 161-164.
10. Ю. И. Загибалов. Содержание лития в растениях. Сб. "Микроэлементы в Сибири", вып. 8, 1970, с. 20-30.