

Л. А. Арапатьян, В. Л. Ананян

НАКОПЛЕНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕКОТОРЫМИ ВИДАМИ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

Известно, что различные растения отличаются по способности накапливать те или иные элементы. На этом основан один из методов поиска рудных месторождений.

В связи с этим представляет интерес изучение накопления ряда щелочных элементов (K, Na, Rb, Li) различными видами травянистой растительности горных лугов и лесных полян. Особый интерес к этому ряду элементов определяется тем, что два из них (K и Rb) являются радиактивными.

Исследования, проведенные на суммарных образцах растений горных лугов - сене (1), показали, что по абсолютному содержанию в почвах и растениях щелочные элементы составляют следующий ряд: $K > Na > Rb > Li$, по поглотительной же способности растений они располагаются в порядке: $K > Rb > Na = Li$; калий и рубидий, в отличие от натрия и лития, проявили себя как физиологически активные питательные вещества.

Исследования проводились в альпийской, субальпийской и лесной зонах АрмССР. Почвенный покров альпийской зоны представлен горно-луговыми светло-коричневыми почвами с высоким содержанием гумуса, валового фосфора и доступного калия; $pH_{водн.} = 4,2-4,5$. Низкорослая растительность образует альпийские ковры с преобладанием колокольчика трехзубчатого и одуванчика стевена. Годовое количество осадков выше 800 мм, а сумма положительных температур ($t > 5^{\circ}$) 82° . Субальпийская зона характеризуется большей суммой положительных температур (175°) и меньшим количеством осадков (до 600 мм). Растительность густая, в основном, разнотравно-бобово-злаковая. Почвы темно-коричневые, с высоким содержанием гумуса и валового фосфора, $pH_{водн.} = 5-6$. Почвы лесных полян-коричневые лесные, с признаками олуговения. Растительность густая, главным образом - разнотравно-бобово-злаковая. Количество осадков в пределах 600-700 мм.

Образцы растений с альпийского луга г. Арагац представлены С. Г. Нариняном, им же определена степень распространения видов (2) по пятибалльной системе. Растения из субальпийской и лесной зон брались с 1 м в 3 повторениях. После взвешивания и отделения основных

Таблица 1

Виды растений, степень распространенности в баллах¹⁾ и в %²⁾ от общего травостоя

Место взятия образца	Вид, род	Семейство	Степень распростра- ненности
Арагац	<i>Carum caucasica</i>	Umbelliferae	2-3 ¹⁾
	<i>Campanula tridentata</i>	Campanulaceae	4-5
	<i>Sibbaldia parviflora</i>	Rosaceae	2-3
	<i>Taraxacum steveni</i>	Compositae	3-4
Кучак	<i>Piretrum</i>		8,2 ²⁾
	<i>Taraxacum</i>	Compositae	6,1
	<i>Achillea millefolium</i>		11,3
	<i>Vicia</i> sp.	Leguminosae	18,8
	<i>Phleum pratense</i>	Gramineae	18,5
	<i>Betonica orientalis</i>	Labiatae	4,9
	Разнотравье		32,2
Элиджа ^x	<i>Cephalaria procera</i>	Dipsacaceae	42,9
	<i>Vicia</i> sp.	Leguminosae	15,7
	<i>Trisetum pratense</i>	Gramineae	10,7
	<i>Galium verum</i>	Rubiaceae	5,8
	Разнотравье		24,9
Дилижан	<i>Trifolium</i>	Leguminosae	23,0
	<i>Phleum pratense</i>	Gramineae	9,5
	<i>Taraxacum</i>	Compositae	8,1
	Разнотравье		49,4

^x Этот пункт является переходным от субальпийской зоны к луго-степной.

видов определялась доля каждого вида в % от общего травостоя (распространенность). Эти данные приведены в табл. 1.

Содержание K, Na, Rb и Li в почвах в слое 0-30 см приведено в табл. 2. Данные показывают, что лесная почва (Дилижан) отличается повышенным содержанием калия, натрия и рубидия и низким лития. Отношения Rb/Li и Li/Na значительно отличаются от других почв.

Приведенные в табл. 3 и 4 данные показывают, что колебания в содержании калия в растениях небольшие (2-3 раза). Колебания для рубидия в пределах пунктов также небольшие - 1,4-4 раза, а между ними довольно значительные - до 18 раз. Наибольшее накопление рубидия в растениях, превышающее почти на порядок содержание его в других зонах, наблюдается в лесной (Дилижан) и альпийской (Арагац) зонах.

Таблица 2

Содержание K, Na, Rb и Li в почвах, %
(слой 0-30 см)

Место взятия образца	K	Na	Rb $\cdot 10^{-3}$	Li $\cdot 10^{-3}$	Rb/K $\cdot 10^{-3}$	Rb/Na $\cdot 10^{-3}$	Na/K	Rb/Li	Li/Na $\cdot 10^{-3}$
Арагац	0,81	0,94	7,8	3,9	9,6	8,3	1,1	2,0	4,2
Кучак	0,99	0,90	7,5	4,7	7,6	8,3	0,9	1,6	5,2
Элиджа	0,91	2,13	7,3	2,9	8,0	3,4	2,3	2,5	1,4
Дилижан	1,7	2,70	9,7	0,9	5,7	3,6	1,5	10,8	0,3

Можно считать, что решающим фактором в накоплении рубидия в растениях являются почвенно-климатические условия. Колебания в содержании натрия и лития в различных видах растений по пунктам значительно большие, чем для калия и рубидия.

Растения одного и того же рода, произрастающие в различных почвенно-климатических условиях (*Taraxacum* — в пунктах Арагац, Кучак, Дилижан; *Phleum* — Дилижан, Кучак; *Vicia* — Кучак, Элиджа), значительно отличаются по содержанию всех щелочных элементов.

Наибольшим накоплением рубидия в исследуемых пунктах отличаются *Taraxacum* (Арагац), *Piretrum* (Кучак), *Vicia* sp. (Элиджа) и *Phleum* (Дилижан); по содержанию лития — *Sibbaldia*, *Piretrum*, *Achillea*, *Trisetum*, *Phleum*.

Таблица 4

Различия в содержании щелочных элементов в растениях в одном пункте и между ними (в раз)

Пункты	K	Na	Rb	Li
Арагац	2	17	3	5
Кучак	3	13	4	9
Элиджа	1,6	6	2,7	5
Дилижан	1,3	6	1,4	6
По всем пунктам	3,4	23	18	8

Среди исследуемых видов растений концентраторов не имеется. Содержание щелочных элементов в различных видах растений находится в пределах, которые наблюдаются для образцов сена, взятого в тех же пунктах. По абсолютному содержанию в растениях элементы составляют ряд: $K > Na > Rb > Li$. Исключением является *Trifolium*, в котором содержание рубидия было равно натрию и *Phleum*, где Rb даже превышал содержание натрия (Дилижан).

Отношения пар элементов в растениях (табл. 3) в сравнении с почвой (табл. 2) резко меняются. Здесь начинает действовать избирательное поглощение элементов растениями, т.е. биологический фактор.

Содержание К, Na, Rb и Li в различных видах растений и в суммарном образце (сене)

Таблица 3

Место взятия образца	В и д	К	Na	Rb .10 ⁻³	Li .10 ⁻³	К	Na	Rb .10 ⁻³	Li .10 ⁻³	Rb/K .10 ⁻³	Rb/Na .10 ⁻³	Na/K	Rb/K	Li/Na .10 ⁻³
		% на золу				% на воздушно-сухое вещество				воздушно-сухое вещество				
Арагац	Carum	25,6	0,05	28	0,2	2,2	0,004	2,4	0,017	1,09	560	0,002	141	4,0
	Campanula	25,0	0,42	30	0,9	2,3	0,034	2,5	0,074	1,08	70	0,015	34	2,1
	Sibbaldia	14,7	0,50	19	1,2	1,1	0,036	1,4	0,087	1,20	40	0,030	16	2,4
	Taraxacum	20,3	0,70	70	0,7	2,2	0,068	4,1	0,069	1,80	60	0,030	59	1,0
	Сено за 3 года					1,27-	0,009-	1,85-	0,007-					
						-1,67	-0,029	-3,50	-0,066					
Кучак	Piretrum	19,3	0,20	10,0	1,0	2,5	0,026	1,30	0,130	0,25	50	0,010	10	5,0
	Taraxacum	28,8	0,30	7,5	0,4	3,7	0,004	0,97	0,052	0,26	248	0,001	18	13,3
	Achillea	21,8	0,04	6,9	1,0	2,0	0,004	0,62	0,090	0,31	172	0,002	7	25,0
	Vicia	15,5	0,03	5,1	0,2	1,6	0,003	0,51	0,020	0,32	170	0,001	25	6,6
	Phleum	15,2	0,18	4,8	0,7	1,3	0,015	0,40	0,058	0,30	26	0,001	6	3,8
	Betonica	20,0	0,07	6,0	0,4	2,1	0,007	1,60	0,041	0,76	222	0,003	40	5,7
	Разнотравье	21,3	0,34	4,7	1,6	2,5	0,039	0,54	0,180	0,22	14	0,015	3	4,6
	Сено за 3 года					1,1-	0,008-	0,59-	0,06-					
						-2,5	-0,014	-1,10	-0,10					
Элиджа	Cephalaria	21,3	0,10	13,0	0,1	1,9	0,009	1,20	0,009	0,63	133	0,005	133	1,0
	Vicia	17,9	0,10	16,0	0,3	1,5	0,008	1,30	0,026	0,86	156	0,005	50	3,1
	Trisetum	20,0	0,09	5,5	0,5	1,7	0,008	0,47	0,043	0,27	60	0,004	11	5,5
	Galium	14,5	0,06	7,5	0,2	1,2	0,005	0,63	0,017	0,52	126	0,004	37	3,4
	Разнотравье	16,5	0,34	8,0	0,9	1,5	0,030	0,71	0,080	0,47	23	0,020	9	2,6
	Сено за 5 лет					1,5-	0,008-	0,24	0,043-					
						-1,8	-0,026	-0,89	-0,150					
Дилижан	Trifolium	19,7	0,05	56,0	0,2	1,7	0,004	4,90	0,017	2,87	1113	0,002	288	3,8
	Phleum	19,0	0,04	70,0	1,1	1,9	0,004	7,10	0,110	3,73	1775	0,002	64	27,5
	Taraxacum	21,0	0,15	60,0	0,4	2,2	0,015	6,20	0,041	2,81	413	0,007	151	2,7
	Разнотравье	19,3	0,31	70,0	1,3	1,6	0,026	5,90	0,110	3,68	239	0,016	53	4,2
	Сено (1970г.)					2,4	0,008	6,60	0,066					

Таблица 5

Коэффициенты биологического поглощения (К.б.п.) К, Na, Rb и Li и величины наблюдаемых отношений (Н.О.) для пар элементов

Место взятия образца	Вид растений	К. б. п.				Н. О.			
		К	Na	Rb	Li	Rb - K	Rb - Na	Rb - Li	Li - Na
Альпийская зона Арагац	Carum	31,6	0,05	3,6	0,05	0,11	67,0	70,5	0,95
	Campanula	30,8	0,45	3,8	0,23	0,11	8,4	17,0	0,50
	Sibbaldia	18,1	0,53	2,4	0,31	0,12	4,8	8,0	0,57
	Taraxacum	27,5	0,74	9,0	0,18	0,19	7,2	29,5	0,24
Субальпийская зона Кучак	Piretrum	19,5	0,22	1,3	0,21	0,03	6,0	6,2	0,96
	Taraxacum	29,1	0,03	1,0	0,08	0,03	29,8	11,2	2,56
	Achilea	22,0	0,04	0,92	0,21	0,04	20,7	4,4	4,81
	Vicia	15,6	0,03	0,68	0,04	0,04	20,5	15,6	1,27
	Phleum	15,3	0,20	0,64	0,15	0,04	3,1	3,7	0,73
	Betonica	20,2	0,07	0,80	0,08	0,10	26,7	25,0	1,09
	Разнотравье	21,5	0,40	0,63	0,34	0,03	1,7	1,9	0,88
Субальпийская зона Элиджа	Cephalaria	21,5	0,11	1,8	0,03	0,08	39,1	53,2	0,71
	Vicia	19,6	0,11	2,2	0,10	0,11	45,9	20,0	2,20
	Trisetum	21,9	0,10	0,7	0,17	0,03	17,6	4,4	3,92
	Galium	15,9	0,06	1,0	0,07	0,06	37,0	14,8	2,42
	Разнотравье	18,1	0,37	1,1	0,31	0,06	6,7	3,6	1,86
Лесная зона Дилижан	Trifolium	11,6	0,02	5,8	0,22	0,50	30,9	26,6	12,6
	Phleum	11,2	0,01	7,2	1,22	0,65	49,3	5,92	91,7
	Taraxacum	12,3	0,06	6,2	0,44	0,50	11,5	13,9	9,0
	Разнотравье	11,3	0,11	7,2	1,44	0,64	66,4	4,91	14,0

Например, отношение Rb/Na в почвах колебалось в пределах $3,4-8,3 \cdot 10^{-3}$, а в растениях – в пределах $14-1775 \cdot 10^{-3}$; отношение Rb/Li в почвах колебалось в пределах $1,6-10,8$, а в растениях $3-288$. Наблюдается резко выраженное избирательное поглощение рубидия по сравнению с натрием и литием. Отношение Rb/K и Na/K в растениях ниже, чем в почвах, что указывает на предпочтительное поглощение растениями калия.

В табл. 5 приведены показатели наблюдаемых отношений ($H.O.$)^x. Обращает на себя внимание предпочтительное поглощение калия по сравнению с рубидием ($H.O.$ для $Rb - K \leq 1$). При этом показатели $H.O.$ в лесной зоне составляли $0,65-0,50$, в альпийской $0,19-0,11$, тогда как в субальпийской зоне (Кучак, Элиджа) дискриминация рубидия калием проявилась сильнее – $H.O.$ колебались в пределах $0,11-0,003$. Это, очевидно, связано с характером почвы и растительности. Алексахин и др. (3) считают, что предпочтительное усвоение калия по сравнению с рубидием связано, очевидно, с более сильной фиксацией рубидия почвой.

По отношению к натрию и литию наблюдается явное предпочтение растениями рубидия – $H.O.$ для пар $Rb - Na$ и $Rb - Li$ выше единицы. При этом в лесной зоне величины $H.O.$ для $Rb - Na$ значительно выше, чем в альпийской зоне. Это означает, что натрий в альпийской зоне поглощается в несколько большей степени, чем в лесной зоне. Этот факт подтверждается также величиной $H.O.$ для пары $Li - Na$ – в альпийской зоне эта величина меньше единицы, т.е. происходит дискриминация лития натрием, тогда как в лесной поляне она колеблется от $9,0$ до $91,7$, т.е. проявляется предпочтение в поглощении лития растениями. В субальпийской зоне для большинства растений проявляется предпочтительное или равное поглощение лития по сравнению с натрием.

Различия эти связаны главным образом с почвенно-климатическими условиями. В лесной почве, как указывалось выше, содержание рубидия повышено, – растения в большей степени поглощают его. То обстоятельство, что растения проявляют предпочтение к литию по сравнению с натрием, особенно в лесной зоне, почвы которой отличаются небольшим содержанием лития, говорит о том, что литий, очевидно, также нужен растениям.

Перельман (4) по коэффициентам биологического поглощения ($K.б.п.$) элементов вывел ориентировочные ряды биологического поглощения, согласно которым исследуемые щелочные элементы занимают следующие места: калий и натрий ($п$) – II ряд "сильно накапливаемых", рубидий и литий ($0, п$) – IV ряд "слабого захвата". Однако, как отмечает автор, в зависимости от ландшафта в ходе эволюции организмов развивались различные требования к среде, в результате чего могли иметь место значительные отклонения от предложенных рядов. Наши данные подтверждают как раз этот случай, когда в различных почвен-

^x Сравнение пар ионов в растениях и почве выражается так называемым коэффициентом дискриминации или наблюдаемым отношением ($H.O.$) которое выражается формулой:

$$H.O. = \frac{Rb : K \text{ в растениях}}{Rb : K \text{ в почве}}$$

но-климатических зонах натрия и рубидия меняют свои места в указанных рядах.

Таблица 6

Ряды биологического поглощения щелочных элементов для альпийской, субальпийской и лесной зон АрмССР

Элемент	К.б.п.	Ряды биологического поглощения
K	10 n	1. Энергично накапливаемые
Na	0,п - 0,0 n	1У-У. Слабого и очень слабого захвата
Rb	n	II. Сильно накапливаемые (альпийская и лесная зоны)
Rb	n - 0, n	III. Слабого накопления и среднего захвата (субальпийская зона)
Li	0, n - 0,0 n	У. Очень слабого захвата

Таким образом, рубидий проявил большую физиологическую активность и перешел из У ряда во II и III ряд, натрия же из энергично накапливаемых встал в 1У-У ряд - слабого и очень слабого захвата.

В ы в о ы

1. Растения одного и того же рода, произрастающие в различных условиях, значительно отличаются по содержанию всех щелочных элементов. Среди исследуемых видов растений-концентраторов не имеется.

2. Основным фактором накопления щелочных элементов растениями являются почвенно-климатические условия.

3. Проявляется предпочтительное усвоение калия по сравнению с рубидием. По отношению же к Na и Li наблюдается явное предпочтение растениями рубидия. В альпийской зоне проявляется предпочтительное поглощение натрия по сравнению с литием. В лесной же зоне и для большинства растений субальпийской зоны наблюдается противоположное явление, т.е. предпочтение лития натрию.

4. В ряду щелочных элементов радиоактивные K и Rb проявили себя как физиологически активные питательные элементы по сравнению с натрием и литием, не обладающими радиоактивностью.

Լ. Ա. Արարատյան, Վ. Լ. Անանյան

ԱԼԿԱԼԻԱԿԱՆ ՏԱՐԵՐԻ ԿՈՒՏԱԿՈՒՄԸ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԽՈՏԱՐՈՒՑ-ՍԵՐԻ ՈՐՈՇ ՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ՄԵՋ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հետազոտվող բուսատեսակները տարբերվում են K, Na, Rb, Li պարունակությամբ: Բույսեր-կոնցենտրատորներ չեն հայտնաբերվել: Բույսերի մեջ

ալկալիական տարրերի կուտակման հիմնական գործոններն են հողալիմայական պայմանները: Բույսերում ըստ իրենց պարունակության, ալկալիական տարրերը կազմում են հետևյալ շարքը. $K > Na > Rb > Li$, իսկ ըստ կլանողական ունակության՝ $K > Rb > Li > Na$:

L. A. Araratyan, V. L. Ananyan

ACCUMULATION OF ALKALIC ELEMENTS IN SOME TYPES OF GRASS-PLANTS OF THE ARMENIAN SSR

Summary

The types of plants under investigation differ with their contents of K, Na, Rb, Li. No plant-concentrators were observed. The main factors for the accumulation of alkalic elements in plants were the soil-climatic conditions. According to their contents in plants the alkalic elements form the following row: $K > Na > Rb > Li$, and according to absorption ability: $K > Rb > Li > Na$.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Л. Ананян, Л. А. Араратян. О поведении элементов K, Na, Rb, Li в системе почва-растения в горных лугах "Агрохимия," № 12, 1973, с. 86-92.
2. С. Г. Наринян. Альпийские ковры Казказа как особый тип растительного покрова. (Вопросы генезиса и классификации). "Тр. Ботанического ин-та АН Арм ССР", т. XIII, 1962, с. 5-27.
3. Р. М. Алексахин, В. Ф. Гольцев, Л. О. Карпачевский. О поведении в почвах и распределении в древесной растительности щелочных и щелочноземельных элементов. "Почвоведение," № 5, 1971, с. 73-83.
4. А. И. Перельман. Геохимия ландшафта. М., 1966, с. 39-46.