

В. Л. АНАНЯН, Г. А. САРКИСЯН

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ КАЛЬЦИЯ И РАДИОСТРОНЦИЯ В РАСТЕНИЯХ АЛЬПИЙСКИХ И СУБАЛЬПИЙСКИХ ЛУГОВ

В связи с загрязнением биосферы продуктами деления ядерных взрывов перед агрохимией встал вопрос об изучении поведения микроколичеств долгоживущих радиоактивных изотопов в системе почва—растение.

Одним из наиболее биологически вредных изотопов является стронций-90. Поступление его в растения происходит двумя путями: через почву и непосредственно через листья. Основным источником поступления стронция-90 в растения является почва. Выяснено, что стронций-90 хорошо поглощается корневой системой из почвы [1, 2]. Микроколичества стронция-90, подобно кальцию, попадая в почву, включаются в состав обменных катионов, участвуют в ионно-обменных реакциях. В полевых условиях при взаимодействии с почвой только около 5% стронция-90 переходит в недоступные формы [3]. Большое влияние на поступление в растения стронция-90 оказывает механический состав почв, содержание обменного Са, степень насыщенности почв основаниями, содержание органического вещества, pH и другие факторы [2—7, 10].

Приемы обработки, орошения и удобрения почвы влияют на подвижность стронция-90 в почве и поступление его в растения [1, 2, 4, 6—10, 13 и др.].

Применение известкования на кислых почвах уменьшает степень поглощения радиостронция растениями. На обеспеченных азотом почвах добавление азота усиливает поступление стронция-90 в растения, а при недостатке, приводит к снижению содержания его в растениях [9, 11].

Фосфорные удобрения снижают содержание стронция-90 в урожае растений. Мельникова [13] считает, что наибольшее снижение содержания стронция-90 в растениях вызывают фосфаты щелочных металлов, особенно фосфат калия. Поступление стронция-90 снижается также под действием калийных удобрений [6].

Показано также положительное действие органических удобрений на уменьшение поступления стронция-90 в растения.

Надо отметить, что указанные исследования, в основном, проводились в условиях вегетационных опытов. В естественных (полевых) усло-

ниях разнообразие факторов, воздействующих на почву и растения, значительно шире.

Целью данной работы является изучение влияния удобрений и известкования на накопление стронция-90 и кальция в растениях альпийского и субальпийского лугов Арагаца и Гегамского хребта.

Почвы альпийского луга на Арагаце (высота 3250 м над ур. м) горно-луговые, коричневые, с содержанием гумуса до 20%, азота до 1%, сильно кислые — pH водной суспензии около 4. Содержание фосфора — 0,4—0,6%, калия — 1,4%. Почвы эти отличаются также высоким уровнем загрязнения радиоактивными продуктами деления. Растительность низкорослая, образует альпийские ковры. Луга используются в качестве летних пастбищ.

Субальпийские луга Арагаца (Кучак) и Гегамского хребта (Элиджа) используются в качестве сенокосов. Растительность разнотравно-бобово-злаковая. Почвы горно-луговые. Содержание гумуса доходит до 16%; содержание фосфора колеблется от 0,4 до 0,6, калия от 1,1 до 1,4%. Реакция почв слабокислая — 4,5—5,5.

Методика и результаты опытов

Стронций-90 определяли методом экстракции трибутилфосфатом ТБФ, несколько видоизмененным нами применительно к растениям.

Анализы проводились в 2—3-кратном повторении. Отклонения от среднего колебались в пределах 1—5%. В отдельных случаях доходили до 12—15%. Эти данные приводятся в скобках. Кальций определяли химическим трилонометрическим методом в золе растений.

В опытах в Альпийской зоне (Арагац) испытывалось влияние удобрений Naa, Pс, K_x в дозе 200 (1962) и 100 кг действующего начала на 1 га и извести — 6 т/га.

Размер делянок 1,44—1,56 кв. м, учетной — 1 кв. м. Повторений — 4—6. Удобрения вносились поверхностно. Описание опытов 1962—1965 гг. и полученных результатов приведены в работе [11, 12].

В субальпийской зоне Гегамского хребта (Элиджа) опыты закладывались в 6 повторениях. Размер делянок 1,56 м², учетной — 1 кв. м. Серии опытов с известкованием и без известкования чередовались в шахматном порядке. Удобрения Naa, Pс, K_x вносились поверхностно из расчета 100 кг/га, извести — 3 т/га.

На сенокосных лугах Арагаца (Кучак, Салов-Ахпюр) в опыте 1965 г. изучали влияние форм калийных удобрений (KCl, K₂SO₄, KNO₃) на фоне NP. Площадь делянок 2,82 кв. м, учетной — 2 кв. м. Повторений — 4. Удобрения внесены поверхностно из расчета 100 кг/га действующего начала, извести — 3 т/га.

В опыте 1967 г. помимо влияния удобрений Naa, Pс и K_{с.к} (100 кг/га действующего начала), изучали также влияние извести (3 т/га), стронция стабильного и микроэлементов В, Мо, Мп, Zn в дозе

3 кг действующего начала на 1 га каждого на фоне NPK. Делянки 2,82 м, учетной—2 м. Повторений—4.

Результаты опытов (Элиджа) показали, что по эффективности варианты располагаются в следующий ряд: NPK > NP > NK > N > O.

Наибольшие прибавки урожая составили 50—110%. На фоне известкования наибольшая прибавка получена от NP. Последствие удобрений проявляется слабо.

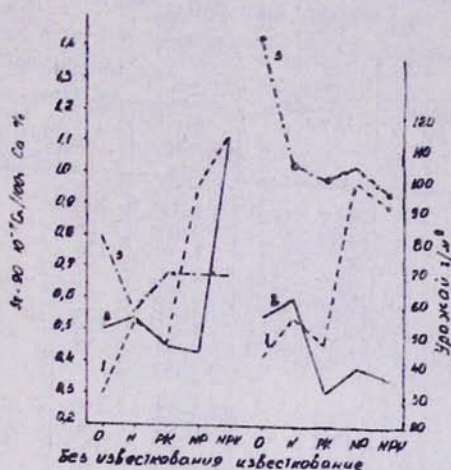


Рис. 1. Опыт А-1, 1962 г. Зависимость между величиной урожая (1), содержанием Sr-90 (2) и Ca (3) в растениях альпийского луга

В опытах 1965 г. в Кучаке наибольшая прибавка урожая получена от NP (87%). От калийных удобрений, независимо от их формы, урожай несколько снизился по сравнению с NP. Известкование не оказало влияния на урожайность. В опытах 1967 г. урожайность от NP и NPK была одинаковой (65—68% прибавки).

Таблица 1

Влияние удобрений на содержание Sr-90 и Ca в растениях альпийского луга 1962 г.

Опыт	Серия	Варианты	Урожай, г/кв. м	Стронций-90			Ca, ‰	Sr-90 Ca
				10 ⁻⁹ г/100 г	‰	‰ от вариан- тов без изве- сткования		
А-1, 1962	Без изве- сткова- ния	O	29,6±4,3	0,50	100	100	0,80	0,62
		N	(53,5)	0,54	108	100	0,56	0,96
		PK	46,8±1,1	0,45	90	100	0,68	0,66
		NP	96,5±7,3	0,43	86	100	0,68	0,63
		NPK	112,8±22,4	(1,12)	224	100	0,68	(1,60)
	Изве- сткова- ние	O	42,3±3,3	0,55	100	110	1,44	0,38
		N	55,3±6,5	0,61	111	112	1,04	0,58
		PK	47,0±2,5	0,31	56	68	1,00	0,31
		NP	99,7±14,3	0,39	71	91	1,04	0,37
		NPK	91,8±4,2	0,36	65	32	0,96	0,37

Внесение известн. стронция и микроэлементов (на фоне NPK) не оказало влияния на величину урожая.

Урожайные данные и результаты анализов образцов по каждому опыту отдельно приведены на рис. 1 и табл. 1—6.

Таблица 2

Влияние удобрений на содержание стронция-90 и кальция в растениях альпийского луга 1964—1965 гг.

Опыт	Серия	Вариан- ты	Урожай, г/кв. м	Стронций-90			Ca, %	Sr-90 Ca
				10 ⁻⁹ Cu/100 г	%	% от вариан- тов без известков.		
А-2, 1964	Без известкования	О	72,6 ± 11,8	1,17	100		0,96	1,21
		N	116,3 ± 9,2	0,90	76		0,77	1,17
		PK	57,7 ± 8,4	1,35	116		0,88	1,53
		NK	94,5 ± 14,4	0,91	77		0,77	1,18
		NP	180,0 ± 42,7	0,79	67		1,03	0,76
		NPK	196,2 ± 17,1	1,27	108	100	0,85	1,50
		NPK + извест.	212,7 ± 26,0	0,71	61	56	0,96	0,74
1965, А-3 (послед- ствие опыта А-2)	Без известкования	О	37,6	1,09	100	100	1,10	0,99
		N	45,6	0,87	80		0,95	0,91
		PK	48,3	1,51	138		1,16	1,30
		NK	56,0	0,82	75		1,03	0,80
		NP	85,0	0,95	87		1,05	0,90
		NPK	85,3	2,10	193	100	0,89	2,36
		Известкование	О	1,33	100	122	1,30	1,02
1964, оп. 3	Без известкования	NPK	81,0	0,79	59	38	—	—
		О		1,89	100			
		N		1,30	69			
		P		1,98	105			
		NP		1,24	66			
		NPK		0,61	32			

Таблица 3

Влияние удобрений на содержание стронция-90 и кальция в растениях альпийского луга 1967 г.

Опыт	Варианты	Урожай, г/м ²	Стронций-90			Ca, %	Sr-90 Ca
			10 ⁻⁹ Cu/100 г	%	% от вариантов без известкования		
А-5, 1967	О	59,0 ± 12,4	0,52	100	—	1,22	0,43
	NPK	147,1 ± 11,5	0,35	67	—	1,08	0,33
А-4, 1967	О	49,5 ± 5,3	1,21	100	—	0,99	1,22
	N	65,3 ± 10,0	0,68	56	—	1,01	0,67
	NK	121,2 ± 10,7	0,73	60	—	0,83	0,88
	NP	164,7 ± 13,0	0,60	49	—	0,97	0,62
	NPK	182,2 ± 14,0	0,85	70	100	0,93	0,91
	NPK + Известков.	151,7 ± 6,7	0,53	44	62	1,54	0,34

Таблица 4

Влияние удобрений и известкования на урожай, содержание кальция и стронция-90 в растениях субальпийского луга

Опыт	Серия	Варианты	Урожай, г/кв. м	Стронций-90			Ca, %	Sr-90 Ca
				10 ⁻⁹ Cu/100 г	‰	‰ от вариантов без известков.		
Э-1, Элиджа, 1963, внесение удобрений	Без известкования	O	403±27	0,64	100	100	1,54	0,42
		N	515±48	0,71	111	100	1,14	0,62
		NK	551±29	0,29	45	—	1,17	0,25
		NP	573±48	0,72	112	100	1,10	0,65
		NPK	608±43	0,67	104	100	1,17	0,57
	Известкование	O	425±24	0,92	100	144	1,72	0,53
		N (610)		0,68	74	93	1,03	0,66
		NK	533±35				0,99	
		NP	591±20	0,51	55	71	1,39	0,37
		NPK	588±23	1,06	115	158	1,18	0,89
	Без известкования	O	292±13	0,42	100	100	1,62	0,26
		N	321±20	0,56	133	100	1,36	0,41
		NK	327±17	0,43	102	100	1,36	0,32
		NP	407±32	0,37	88	100	1,13	0,33
		NPK	410±26	0,54	128	100	1,46	0,37
Э-2, Элиджа, 1964, последствие удобрений	Известкование	O	392±42	0,55	100	130	1,85	0,30
		N	350±15	0,35	64	63	2,29	0,15
		NK	329±26	0,39	70	91	1,74	0,22
		NP	412±37	0,45	80	121	1,74	0,28
		NPK	378±30	0,37	67	68	1,69	0,22

Таблица 5

Влияние удобрений и известкования на урожай, содержание кальция и стронция-90 в растениях субальпийского луга

Опыт	Серия	Варианты	Урожай, г/м ²	Стронций-90			Ca, %	Sr-90 Ca
				10 ⁻⁹ Cu/100 г	‰	‰ от вариантов без известков.		
Э-3, Элиджа, 1965, внесение удобрений	Без известкования	O	274±23	0,59	100	100	1,32	0,45
		N	430±18	0,43	73	100	1,25	0,34
		NK	463±38	0,33	56	100	1,05	0,31
		NP	531±35	0,33	56	100	1,04	0,32
		NPK	560±52	0,25	42	100	1,03	0,24
	Известкование	O	280±34	0,34	100	58	1,34	0,25
		N	515±31	0,30	88	69	1,23	0,24
		NK	522±23	0,23	68	70	1,39	0,16
		NP	591±36	0,28	82	85	1,14	0,24
		NPK	513±34	0,52	152	208	1,38	0,38
Э-4, Элиджа, 1966, последствие удобрений	Без известкования	O	279±14	0,33	100	100	1,65	0,20
		NP	366±25	0,19	58	100	1,40	0,14
		NPK	389±29	0,13	40	100	1,91	0,07
		O	365±12	0,24	100	72	1,28	0,19
		NP	358±19	0,23	100	121	1,66	0,14
	Известкование	NPK	447±18	0,11	46	85	1,78	0,06
Э-5, Элиджа, 1967, 2-й год последствие	Без известкования	O	521	0,28	100	—	0,93	0,30
		NPK	530	0,15	544	—	1,04	0,14

Влияние удобрений и известкования на урожай, содержание кальция и стронция-90 в растениях субальпийского луга

Опыт	Серия	Варианты	Урожай	Стронций-90			Ca, %	Sr-90 Ca
				10^{-9} Сг/100 г	%	% от ва- риантов без известков.		
К-1, Кучак, 1965	Без изве- сткова- ния	О	460±24	0,53	100	100	1,78	0,30
		NP	860±36	0,42	79	100	1,62	0,26
		NP+KCl	766±17	0,57	107	100	1,40	0,41
		NP+K ₂ SO ₄	745±10	0,57	107	100	1,21	0,47
		NP+KNO ₃	745±28	0,31	58	100	0,89	0,35
	Изве- сткова- ние	О	422±16	0,50	100	94	1,53	0,33
		NP	816±38	0,31	62	74	1,40	0,22
		NP+KCl	705±10	0,52	104	91	1,28	0,41
		NP+K ₂ SO ₄	765±38	0,41	82	72	1,78	0,23
		NP+KNO ₃	710±39	0,46	92	148	1,15	0,40
К-2, Кучак, 1967		О	605±22	0,25	100	—	1,09	0,22
		N	733±36	0,22	88	—	0,66	0,33
		NP	1000±63	(0,25)	100	—	0,77	0,32
		NPK	1113±93	0,27	108	100	0,83	0,33
		NPK+CaCO ₃	1120±57	0,19	76	70	0,76	0,25
		NPK+BMnMoZn	955±80	0,17	68	63	0,77	0,22
		NPK+Sr	1103±64	0,12	48	44	0,62	0,19

Обсуждение

В табл. 7 сведены данные содержания Sr-90 в растениях (сене) контрольных делянок по годам. Данные показывают, что в 1962 г. содержание Sr-90 в растениях альпийской зоны было сравнительно низким. С 1962 по 1967 гг. оно увеличилось почти вдвое, втрое.

Уровень загрязнения растений субальпийской зоны ниже, чем в альпийской зоне. В образцах 1966—1967 гг. наблюдается некоторое снижение удельного содержания стронция-90 по сравнению с 1963 г.

То обстоятельство, что с годами не происходит значительного снижения количества стронция-90 в растениях, как это наблюдается в отношении цезия-137, указывает на преобладание корневого поглощения его растениями.

Содержание кальция в растениях (сене) альпийского луга колеблется в пределах 0,80—1,10%, а в растениях субальпийской зоны — от 1,09 до 1,78. Сравнительно небольшое содержание Sr-90 и высокое — кальция в растениях субальпийской зоны обусловило более низкие отношения Sr-90/Ca.

Т а б л и ц а 7

Содержание стронция-90, кальция и их отношение в растениях (сене) альпийской и субальпийской зон (контрольные варианты)

Годы	Стронций-90 10 ⁻⁹ , Сг/100 г		Кальций, %		Стронций-90	
					кальций	
	альпийская зона	субальпийская	альпийская	субальпийская	альпийская	субальпийская
1962	0,50	—	0,80	—	0,62	—
1963	—	0,64	—	1,54	—	0,42
1964	1,17	0,42	0,96	1,62	1,21	0,26
	1,89	—	—	—	—	0,45
1965	1,09	0,59	1,10	1,32	0,99	0,30
	—	0,53	—	1,78	—	0,20
1966	—	0,33	—	1,65	—	—
1967	0,52	0,28	0,99	—	1,22	0,22
	1,21	0,25	—	1,09	—	—

Т а б л и ц а 8

Содержание стронция-90 в растениях удобренных вариантов, в % от контроля (100%)

Зона	Опыты	В а р и а н т ы								
		N	PK	NK	NP	NPK*	NPK**	NPK***	NPK+Sr	NPK+BMnMoZn
Альпийская	A-1, 1962	108	90	—	86	224				
	A-2, 1964	76	116	77	67	108				
	3, 1964	69	—	—	66	32				
	A-3, 1965	80	138	75	87	193				
	A-4, 1967	—	—	—	—	67				
	A-5, 1967	56	—	60	49	70				
Субальпийская	Э-1, 1963	111	—	45	112	104				
	Э-2, 1964	133	—	102	88	128				
	Э-3, 1965	73	—	56	56	42				
	Э-4, 1966	—	—	—	58	40				
	Э-5, 1967	—	—	—	—	54				
	K-1, 1965	—	—	—	79	107	107	58		
	K-2, 1967	88	—	—	100		108		48	68

* KCl**, K₂SO₄***, KNO₃.

В табл. 8 сведены данные о влиянии удобрений на накопление Sr-90 в растениях (сене) альпийской и субальпийской зон (в % от контроля).

Азотное удобрение (N). В четырех опытах из пяти содержание Sr-90 в растениях альпийской зоны составило 56—80% от контроля. Только в опыте 1962 г. содержание стронция-90 несколько повысилось (108%) по сравнению с контролем.

В субальпийской зоне в опытах 1963 и 1964 гг. содержание строения-90 от азота повысилось (111—133%), а в опытах 1965 и 1967 гг. снизилось и составило 73—88% от контроля.

На альпийских лугах нуждаемость почв в азотном удобрении проявляется сильнее, чем в субальпийской зоне. Прибавки урожая от N в альпийской зоне колеблются в пределах 21—80%, а в субальпийской — 10—60%. Однако зависимости между величиной урожая и накоплением Sr-90 не отмечается.

Надо отметить также, что почти во всех опытах при внесении азотного удобрения содержание Са в растениях несколько снижается по сравнению с контролем.

Таким образом, в условиях альпийского луга азотное удобрение оказало, за исключением одного опыта, положительное действие. В субальпийской зоне получены противоречивые данные.

Вариант РК испытывался только в трех опытах в альпийской зоне. Внесение РК не увеличивало урожая. Содержание Sr-90 в растениях (сене) составляло 90—138% от контроля. Исходя из этих данных, можно сделать вывод о том, что удобрение лугов только фосфором и калием (РК) нецелесообразно.

Вариант НК испытывался в обеих зонах в шести опытах. Только в одном опыте Э-2 (в субальпийской зоне) содержание Sr-90 было равным контролю.

В остальных пяти опытах содержание Sr-90 в растениях составило 45—77% от контроля. Внесение НК оказало положительное действие также на урожайность лугов.

Вариант NP испытывался в 11 опытах. Только в двух опытах в субальпийской зоне (Э-1, 1963 и К-2, 1967) NP не оказал действия на накопление Sr-90 в растениях (112—100% от контроля). В остальных девяти опытах проявилось положительное действие NP. Содержание Sr-90 в растениях снизилось от 49 до 88% от контроля (100%). Прибавки урожая от NP, как правило, высокие.

Вариант NPK испытывался в 13 опытах (всего 15 вариантов NPK). Калий вносился в основном в виде KCl. В опыте К-1, 1965 г., испытывались формы калийных удобрений: KCl, K₂SO₄ и KNO₃. В опыте К-2, 1967 г., калий вносился в виде K₂SO₄.

Как в альпийской, так и в субальпийской зонах от NPK получены разные данные. Так, в альпийской зоне в трех из пяти опытов содержание Sr-90 в растениях повысилось (224, 108, 193% от контроля 100%). В субальпийской зоне из девяти случаев в пяти также получены отрицательные результаты (104, 108, 107, 107, 108% от контроля).

В остальных опытах получено снижение Sr-90 в растениях в пределах 70—32% от контроля.

Наблюдающиеся колебания в содержании Sr-90 в растениях (сене) зависят, главным образом, от видового состава, который в определенной

мере меняется при внесении удобрений (NPK), а также от локальных условий загрязнения почвы.

Таким образом, исходя из приведенных данных, можно заключить, что в отношении уменьшения удельного содержания Sr-90 в растениях альпийского и субальпийского лугов, учитывая также влияние на урожайность, наиболее эффективными являются варианты NK и NP.

Таблица 9

Влияние известкования на накопление Sr-90 в растениях, в % от соответствующих вариантов без известкования

Зоны	Опыты	В а р и а н т ы							
		О	N	PK	NK	NP	NPK*	NPK**	NPK***
Альпийская	A-1, 1962	110	112	68	—	91	32		
	A-2, 1964	—					56		
	A-3, 1965	122					38		
	A-5, 1967	—					62		
Субальпийская	Э-1, 1963	144	93			71	158		
	Э-2, 1964	130	63		91	121	68		
	Э-3, 1965	58	69		70	85	208		
	Э-4, 1966	72				121	85		
	K-1, 1965	94				74	91	72	148
	K-2, 1967							70	—

Данные табл. 9 показывают, что в альпийской зоне положительное влияние известкования на уменьшение удельного содержания Sr-90 проявилось довольно четко в варианте NPK+изв. (32—62% от варианта NPK без известкования). В варианте О+изв. содержание Sr-90 повысилось: 110—122% от контроля.

В субальпийской зоне, в Элидже, в первые 2 года в контроле+известкование содержание Sr-90 было выше, чем в контроле без известкования, а в опытах 1965 и 1966 гг. проявилось положительное действие. В остальных удобренных вариантах получены противоречивые результаты. Так, в варианте NPK+известкование из восьми случаев в трех содержание Sr-90 составляло 158—148%, а в пяти случаях — колебалось от 68 до 91%. Из этих данных видно, что в альпийской зоне проведение известкования совместно с полным минеральным удобрением (NPK+известкование) может явиться положительным приемом.

Для оценки радиологической опасности, а также для изучения миграции стронция-90 по биологической цепочке рассматривают содержание Sr-90 на 1 г кальция, находящегося на данном объекте, т. е. отношение Sr-90/Ca. При одном и том же количестве Sr-90, но разном кальции переход стронция-90 в последующее звено, например, из почвы в растение, из растения в животные организмы, будет различным. Чем меньше Sr-90 приходится на единицу Ca, тем сильнее дискриминация Sr-90 кальцием.

Таблица 10

Влияние удобрений и известкования на отношение Sr-90/Ca

Зоны	Опыты	В а р и а н т ы															
		Без известкования								Известкование							
		О	N	PK	NK	NP	NPK*	NPK**	NPK***	О	N	PK	NK	NP	NPK*	PKN**	NPK***
Альпийская	A-1, 1962	0,62	0,96	0,66		0,63	(1,60)			0,38	0,58	0,31		0,37	0,37		
	A-2, 1964	1,21	1,17	1,53	1,18	0,76	1,50								0,74		
	A-3, 1965	0,99	0,91	1,30	0,80	0,90	2,36			1,02							
	A-4, 1967	0,43					0,33										
	A-5, 1967	1,22	0,67		0,88	0,62	0,91								0,34		
Субальпий- ская	Э-1, 1963	0,42	0,62		0,25	0,65	0,57			0,53	0,66			0,37	0,89		
	Э-2, 1964	0,26	0,41		0,32	0,33	0,37			0,30	0,15		0,22	0,28	0,22		
	Э-3, 1965	0,45	0,34		0,31	0,32	0,24			0,25	0,24		0,16	0,24	0,38		
	Э-4, 1966	0,20				0,14	0,07			0,19				0,14	0,06		
	Э-5, 1967																
	K-1, 1965	0,30				0,26	0,41	0,47	0,35	0,33				0,22	0,41	0,23	0,40
	K-2, 1967	0,22	0,33			0,32		0,33								0,25	

*KCl, **K₂SO₄, ***KNO₃.

В табл. 10 приведены данные об отношении Sr-90 и Ca в растениях (сене) альпийской и субальпийской зоны в зависимости от удобрений.

Выше мы отметили, что почти во всех опытах содержание кальция в контрольных вариантах несколько выше, чем в удобренных. Очевидно, этим можно объяснить то, что в трех опытах (А-1, Э-2, К-2), в контрольных вариантах наблюдалось наименьшее отношение Sr-90/Ca. В серии опытов без известкования низкое отношение Sr-90/Ca наблюдалось в следующих вариантах: НК в двух опытах из шести, НР в четырех опытах из десяти, НРК в трех опытах из тринадцати.

Наилучшим сочетанием для удобрения лугов является вариант НР.

Как показывают данные, известкование способствует повышению содержания Ca в растениях. В альпийской зоне, в серии опытов с известкованием наблюдается значительное (почти вдвое, втрое) снижение отношения Sr-90/Ca. В опытах в субальпийской зоне влияние известкования проявилось не четко.

Исследования продолжают и к затронутым вопросам мы еще неоднократно вернемся.

В ы в о д ы

1. Содержание Sr-90 в растениях (сене) субальпийской зоны ниже, чем в альпийской. Небольшое снижение уровня загрязнения растений стронцием-90 с годами указывает на преобладание корневого поглощения его.

2. Содержание Ca в растениях (сене) альпийского луга колеблется в пределах 0,80—1,10%, а в растениях субальпийской зоны—от 1,09 до 1,78%.

3. Из испытанных вариантов удобрений (N, PK, NK, NP, NPK) по положительному влиянию на урожай и уменьшению удельного содержания Sr-90 в растениях (сене) альпийской и субальпийской зон наиболее перспективными являются НК и НР. От NPK получены противоречивые данные.

4. В альпийской зоне одно известкование (вариант О+известкование) способствовало повышению содержания Sr-90 в растениях. Известкование, внесенное совместно с полным минеральным удобрением (вариант НРК+известкование), может явиться положительным приемом. Содержание Sr-90 в растениях в этом варианте составило 32—2% от варианта НРК без известкования (100%).

5. В субальпийской зоне от известкования получены противоречивые результаты.

6. В опытах низкое отношение Sr-90/Ca, чаще чем в других вариантах, повторяется в варианте НР.

Таблица 10

Влияние удобрений и известкования на отношение Sr-90/Ca

Зоны	Опыты	В а р и а н т ы															
		Без известкования								Известкование							
		О	N	PK	NK	NP	NPK*	NPK**	NPK***	О	N	PK	NK	NP	NPK*	PKN**	NPK***
Альпийская	A-1, 1962	0,62	0,96	0,66		0,63	(1,60)			0,38	0,58	0,31		0,37	0,37		
	A-2, 1964	1,21	1,17	1,53	1,18	0,76	1,50								0,74		
	A-3, 1965	0,99	0,91	1,30	0,80	0,90	2,36			1,02							
	A-4, 1967	0,43					0,33										
	A-5, 1967	1,22	0,67		0,88	0,62	0,91								0,34		
Субальпий- ская	Э-1, 1963	0,42	0,62		0,25	0,65	0,57			0,53	0,66			0,37	0,89		
	Э-2, 1964	0,26	0,41		0,32	0,33	0,37			0,30	0,15		0,22	0,28	0,22		
	Э-3, 1965	0,45	0,34		0,31	0,32	0,24			0,25	0,24		0,16	0,24	0,38		
	Э-4, 1966	0,20				0,14	0,07			0,19				0,14	0,06		
	Э-5, 1967																
	K-1, 1965	0,30				0,26	0,41	0,47	0,35	0,33				0,22	0,41	0,23	0,40
	K-2, 1967	0,22	0,33			0,32		0,33								0,25	

*KCl, **K₂SO₄, ***KNO₃.

В табл. 10 приведены данные об отношении Sr-90 и Са в растениях (сене) альпийской и субальпийской зоны в зависимости от удобрений.

Выше мы отметили, что почти во всех опытах содержание кальция в контрольных вариантах несколько выше, чем в удобренных. Очевидно, этим можно объяснить то, что в трех опытах (А-1, Э-2, К-2), в контрольных вариантах наблюдалось наименьшее отношение Sr-90/Са. В серии опытов без известкования низкое отношение Sr-90/Са наблюдалось в следующих вариантах: НК в двух опытах из шести, НР в четырех опытах из десяти, НРК в трех опытах из тринадцати.

Наилучшим сочетанием для удобрения лугов является вариант НР. Как показывают данные, известкование способствует повышению содержания Са в растениях. В альпийской зоне, в серии опытов с известкованием наблюдается значительное (почти вдвое, втрое) снижение отношения Sr-90/Са. В опытах в субальпийской зоне влияние известкования проявилось не четко.

Исследования продолжаются и к затронутым вопросам мы еще неоднократно вернемся.

В ы в о д ы

1. Содержание Sr-90 в растениях (сене) субальпийской зоны ниже, чем в альпийской. Небольшое снижение уровня загрязнения растений стронцием-90 с годами указывает на преобладание корневого поглощения его.

2. Содержание Са в растениях (сене) альпийского луга колеблется в пределах 0,80—1,10%, а в растениях субальпийской зоны—от 1,09 до 1,78%.

3. Из испытанных вариантов удобрений (N, PK, NK, NP, NPK) по положительному влиянию на урожай и уменьшению удельного содержания Sr-90 в растениях (сене) альпийской и субальпийской зон наиболее перспективными являются NK и NP. От NPK получены противоречивые данные.

4. В альпийской зоне одно известкование (вариант О+известкование) способствовало повышению содержания Sr-90 в растениях. Известкование, внесенное совместно с полным минеральным удобрением (вариант NPK+известкование), может явиться положительным приемом. Содержание Sr-90 в растениях в этом варианте составило 32—62% от варианта NPK без известкования (100%).

5. В субальпийской зоне от известкования получены противоречивые результаты.

6. В опытах низкое отношение Sr-90/Са, чаще чем в других вариантах, повторяется в варианте NP.

7. Известкование, способствуя увеличению содержания Ca в растениях, способствует снижению отношения Sr-90/Ca. В альпийской зоне отношение Sr-90/Ca снизилось под влиянием известкования почти в 2—3 раза.

В субальпийской зоне это явление проявилось нечетко.

Վ. Լ. ԱՆԱՆՅԱՆ, Գ. Ս. ՄԱՐԳՍՅԱՆ

ՊԱՐԱՐՏԱՆՅՈՒԹՅՈՒՆ ԱԶԳԵՑՈՒՅՈՒՆՆԵՐ ԱԼՊԻԱԿԱՆ
ԵՎ ԵՆԹԱԼՊԻԱԿԱՆ ՄԱՐԳԱԳԵՏՆԱՅԻՆ ԲՈՒՅՍԵՐՈՒՄ ԿԱԼՑԻՈՒՄԻ
ԵՎ ՌԱԴԻՈՍՏՐՈՆԻՈՒՄԻ ԿՈՒՏԱԿՄԱՆ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Բազմամյա (1962—67 թթ.) փորձերում (փորձամարզերի մեծությունը 1,56—2,8 մ², 4—6 կրկնողությամբ) ալպիական (Արագած) և ենթալպիական (Արագած, Գեղամա լեռնաշղթա) գոտիներում ուսումնասիրվել են պարարտանյութերի (N, P, K) և կրի ազդեցությունը բույսերի մեջ կալցիումի և ռադիոստրոնցիումի կուտակման, նրանց փոխհարաբերության վրա (Sr-90/Ca),

Փորձարկվող պարարտացման տարբերակներից (N, PK, NP, NK, NPK) բերքատվության վրա դրական ազդեցության և Sr-90-ի պարունակության իջեցման տեսակետից (ալպիական և ենթալպիական գոտիներում) հեռանկարային են համարվում NK և NP, NPK-ից ստացվել են հակասական տվյալներ: Ալպիական գոտում կրացումը հանքային պարարտանյութերի հետ համատեղ (տարբերակ NPK+կիր) տալիս է դրական ազդեցություն: Կրացումը նպաստում է բույսի մեջ Sr-90/Ca հարաբերության փոքրացմանը:

V. L. ANANYAN. G. S. SARKISYAN

ON THE EFFECT OF FERTILIZERS ON THE ACCUMULATION
OF Ca AND RADIOSTRONTIUM IN THE ALPINE AND SUBALPINE
MEADOW PLANTS

S u m m a r y

Experiments of many years (1962—67) were carried out to study the effect of fertilizers and lime on the accumulation of Ca and Sr. 90 and their ratios in alpine (Mt Aragadz) and sub-alpine (Mt Aragadz and Gegham mountain ridge) meadow plants growing in beds with sizes of 1,56—2,8 cm with up to 4—6 repetitions.

Of the various experimented fertilizers, (N, PK, NP, NK, NPK) from the point of view of plant productivity and the decrease of specific content of Sr-90, NK and NP are considered to be promising in the alpine and sub-alpine zones. Results obtained from NPK are contradictory.

Liming together with mineral fertilizers show a positive effect in the alpine zone. Liming helps the ratio of Sr-90/Ca in the plants to be diminished.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Клечковский, И. В. Гулякин, Поведение в почвах и растениях стронция, цезия, рутаня и циркония. «Почвоведение», № 3, 1958.
2. И. В. Гулякин, Е. В. Юдинцева, Радиоактивные продукты деления в почве и растениях. М., 1962.
3. Jr. Roberts, R. I. Menzel. Availability of exchangeable and non exchangeable Sr-90 to plant. J. Agric. and Food chem., 1961, 9, № 2.
4. В. А. Анания, Поглощение растениями ячменя радиостронция из различных почв Армении. ДАН Арм. ССР, т. XXXIV, № 2, 1962.
5. Н. Т. Кварацхелия, Г. Н. Арнаут, Влияние некоторых свойств почв на вынос радиостронция ячменем. Сообщения АН Груз. ССР, т. XXVI, № 3, 1964.
6. Р. А. Ширшова, Поступление Sr-90 и Cs-137 в растения в зависимости от почвенных условий. Автореферат на соискание ученой степени канд. с.-х. наук, М., 1964.
7. И. В. Гулякин, Е. В. Юдинцева, Радиоактивные изотопы и их доступность растениям. В книге «Радиоактивность почв и методы ее определения», М., 1966.
8. А. J. Andersen, Влияние известкования и минеральных удобрений на поглощение растениями радиоактивного стронция из почв Дании. Soil Science, 95, 1963.
9. Г. Н. Арнаут, Почвенное питание и вынос радионуклидов растениями. Автореферат на соискание ученой степени канд. биол. наук, Тбилиси, 1967.
10. С. С. Zee. Влияние питательных веществ на поглощение радиостронция пшеницей. Science, 133, № 3468, 1961.
11. В. Л. Анания, Влияние удобрений на урожай и уровень радиоактивности растений альпийского луга. «Агрохимия», № 3, 1966.
12. В. Л. Анания, Б. Г. Мнацаканян, Влияние удобрений на поступление калия и цезия-137 в растениях альпийского луга, «Агрохимия», № 3, 1967.
13. М. К. Мельникова, А. Д. Куделя, Взаимодействие в почве микроколичеств стронция с фосфатами щелочных металлов и поглощение его растениями. В кн. «Радиоактивность почв и методы ее определения», М., 1966.
14. Г. С. Давтян, Г. Б. Бабалян, В сб. «Агрохимическая характеристика почв СССР. Республики Закавказья. Армянская ССР», М., 1965.