

УДК 635:631.544.4:631.811.1

БАЛАНС МЕЧЕННОГО ^{15}N АЗОТА КАЛЬЦИЕВОЙ СЕЛИТРЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПЛОДОРОДИЯ ГРУНТА И ВНЕСЕНИЯ МОЛИБДЕНА ПОД ОВОЩНЫЕ КУЛЬТУРЫ

Э. А. МУРАВИН, П. М. СМИРНОВ, Н. К. ТАТЬЯНИЧ
(Кафедра агрономической и биологической химии)

В агрохимических исследованиях азотного питания зерновых, технических и кормовых культур, а также баланса азота в почве под их посевами при внесении азотных туков широко применяется ^{15}N [1, 4—12]. Значительно меньше в этом плане изучены овощные культуры. Вместе с тем не вызывает сомнения, что особенности биологии, агротехники, требовательности к условиям азотного питания, размеры и темпы потребления азота у овощных культур предопределяют существенные отличия их от других сельскохозяйственных растений в усвоении и балансе азота удобрений [2, 6, 11].

В условиях использования грунтов различного, в том числе очень высокого, уровня плодородия важное значение при изучении азотного питания овощных культур приобретает определение размеров и хода усвоения растениями азота почвы и удобрений [9—11].

У многих овощных культур отмечается повышенная потребность в молибдене — микроэlemente, играющем ключевую роль в азотном обмене растений. Применение молибдена на почвах с низким содержанием его доступных форм усиливает усвоение нитратного азота, увеличивает использование азота удобрений и почвы растениями [3, 6, 11].

В настоящей работе обобщаются результаты исследований использования овощными растениями азота удобрения и почвы, баланса меченого нитратного азота удобрения при различных уровнях плодородия грунтов и обеспеченности молибденом.

Объекты и методика исследований

Работа проводилась в 1971—1974 гг. в вегетационном домике Агрохимической опытной станции им. Д. Н. Прянишникова. Объектами исследований служили скоропелые овощные культуры — салат листовый Московский парниковый (опыты 1—3), редис Новинка (опыты 4—6) и столовая свекла Бордо 237 (опыты 7, 8), отличающаяся большим вегетационным периодом.

Использовали два образца дерново-подзолистой почвы, взятых с опытного участка кафедры овощеводства БСХА, где проводились полевые и микрополевые (с ^{15}N) опыты с аналогичной целью [6], и высокоплодородный парниковый грунт с Овощной станции Тимирязевской академии (табл. 1). Содержание подвижного молибдена (по Григу) в дерново-подзолистой почве составляло 0,17—0,15, в парниковой земле — 0,23 мг/кг.

В опытах с салатом и редисом емкость сосудов 3 кг (число растений на сосуд —

соответственно 6 и 5, со столовой свеклой — 5 кг почвы (1 растение на сосуд). Фосфор и калий применяли в виде $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ и KCl в дозе 0,1 г P_2O_5 и K_2O на 1 кг почвы (фон). Азот вносили из расчета 0,1 г д. в. на 1 кг почвы в виде кальциевой селитры, в том числе меченой ^{15}N (в опытах с дерново-подзолистой почвой — обогащение ^{15}N 10—13 ат. %, с парниковой землей — 24 ат. %). Молибдат аммония применяли в дозе 1 мг Mo на 1 кг почвы.

Повторность опытов при учете урожая 4-кратная (в том числе в вариантах с ^{15}N 2-кратная), а при промежуточных учетах в течение вегетации — 2-кратная (в вариантах с азотом один сосуд с меткой).

В растениях в течение вегетации и при учете урожая определяли содержание общего азота, а в почве — перед закладкой, в сроки отбора растительных проб и после уборки культур — содержание общего и минерального ($\text{N}-\text{NH}_4$ и $\text{N}-\text{NO}_3$) азота

Агрохимическая характеристика грунтов

№ опыта	рН сол	H _T	S	T	V, %	P ₂ O ₅ по Кир- санову	K ₂ O по Пейве	N _{общ}	N—NO ₃	N—NH ₄
		мг·экв/100 г почвы				мг/100 г почвы				
Дерново-подзолистая почва										
1, 4	6,1	2,1	6,4	8,5	75,0	15,0	9,5	85,9	1,6	0,5
2, 5, 7	6,2	1,1	9,8	10,9	90,8	19,0	5,6	62,5	1,0	0,5
Парниковый грунт										
3, 6, 8	6,1	2,5	61,8	64,3	95,0	28,6	98,6	428,0	37,4	1,2

общепринятыми методами. Изотопный анализ азота в растительных и почвенных образцах из сосудов с меченой $\text{Ca}(\text{NO}_2)_3$ проводили на масс-спектрометре МИ-1305.

Результаты исследований

Салат и редис отличаются относительно небольшим выносом азота с урожаем, но вследствие высокой интенсивности накопления сухого вещества требовательны к плодородию почвогрунта и условиям питания, очень отзывчивы на азотные удобрения.

В фоновых вариантах на парниковой земле урожай салата и редиса был значительно выше (соответственно в 5,0—5,8 и 2,5—2,8 раза), чем на дерново-подзолистой почве (табл. 2, 5). Особых различий урожаев в фоновых вариантах на дерново-подзолистых почвах не наблюдалось, хотя несколько большая эффективность азота отмечалась в опытах 2 и 5 с менее гумусированной почвой.

От внесения азота на дерново-подзолистой почве урожай салата возрастал в 2,2—2,4, а на парниковом грунте — в 1,7 раза, однако аб-

Таблица 2

Накопление сухого вещества салатом и содержание азота в растениях

Вариант опыта	Сухое вещество, г/сосуд			Общий N, % на сухое вещество		
	1	2	3	1	2	3
	все растение	надземная часть	корни	все растение	надземная часть	корни

Дерново-подзолистая почва, опыт 1

РК	0,36	1,03	1,28	0,17	0,72	3,04	1,51	1,05
РК + Мо	0,43	1,11	1,35	0,23	0,67	3,24	1,66	1,16
НРК	0,51	1,26	3,12	0,27	0,75	4,92	3,72	2,77
НРК + Мо	0,52	1,34	3,31	0,27	0,72	4,99	3,73	2,92
НСР ₀₅			0,89					

Парниковый грунт, опыт 3

РК	0,32	2,37	7,38	0,95	3,14	2,60	1,58	1,13
РК + Мо	0,34	2,87	8,10	0,90	3,16	2,90	1,55	1,24
НРК	0,45	3,37	12,50	1,05	5,60	5,58	3,70	2,85
НРК + Мо	0,55	3,66	13,60	1,14	5,60	5,30	4,19	2,86
НСР ₀₅			1,5					

Примечание. В табл. 2 и 3 в опыте 1 сроки определения 1, 2 и 3 — соответственно через 13, 17 и 21 день после посева, в опыте 3 — через 16, 23 и 33 дня.

Использование салатов азота почвы и удобрения
(числитель — мг/сосуд, знаменатель — % от выноса) в течение вегетации

Вариант опыта	Дерново-подзолистая почва, опыт 1			Парниковый грунт, опыт 3		
	сроки определения					
	1	2	3	1	2	3
РК	2,6	20	21	10	62	127
РК + Мо	2,8	24	25	11	83	137
НРК:						
всего	3,8	48	125	24	188	492
в т. ч. из удобрения	$\frac{3,5}{93}$	$\frac{38}{79}$	$\frac{106}{85}$	$\frac{5}{21}$	$\frac{35}{18}$	$\frac{87}{18}$
из почвы	$\frac{0,3}{7}$	$\frac{10}{21}$	$\frac{19}{15}$	$\frac{19}{79}$	$\frac{146}{82}$	$\frac{405}{82}$
НРК + Мо:						
всего	3,7	51	132	30	194	602
в т. ч. из удобрения	$\frac{3,5}{93}$	$\frac{44}{86}$	$\frac{118}{89}$	$\frac{5}{17}$	$\frac{35}{18}$	$\frac{104}{17}$
из почвы	$\frac{0,3}{7}$	$\frac{7}{14}$	$\frac{14}{11}$	$\frac{25}{83}$	$\frac{159}{82}$	$\frac{499}{83}$

солютная прибавка урожаев в последнем случае оказалась в 2,8—3,0 раза больше. В среднем уровень урожая в вариантах с азотом на дерново-подзолистой почве был в 4 раза ниже, чем на парниковом грунте. Относительное содержание азота в листьях и корнях салата не зависело от плодородия грунта.

Урожай корнеплодов редиса при внесении азота увеличились по сравнению с фоном на дерново-подзолистых почвах в 3,0 (в опыте 4) и в 2,4 раза (в опыте 5), а на парниковой земле — всего лишь на 14 % и были практически одинаковыми. В большей степени под влиянием азота возрастала надземная масса растений (в 4,0 и 3,3 раза соответственно в опытах 4 и 5 и в 2,2 раза в опыте 6). Относительное содержание азота в растениях оказалось значительно более высоким при выращивании их на парниковом грунте.

В вариантах РК на дерново-подзолистой почве вынос азота салатом и редисом составлял соответственно (в среднем по 2 опытам) 22 и 40 мг на сосуд, а на парниковом грунте был в 5,8 и 2,7 раза больше (табл. 3—5).

Таблица 4
Использование салатов азота почвы
и удобрения (мг на сосуд)
при повторных посевах
на дерново-подзолистой почве. Опыт 2

Вариант опыта	1-й по- сев	2-й по- сев	Всего за два уро- жая
РК	23	27	50
РК + Мо	22	34	57
НРК:			
всего	98	61	159
в т. ч. из почвы	28	28	56
из удобрения	70	33	103
НРК + Мо:			
всего	127	74	201
в т. ч. из почвы	39	35	74
из удобрения	88	39	127

Применение азотных удобрений не привело к увеличению использования салатов азота дерново-подзолистой почвы. Даже при повторных посевах салата в опыте 2 (табл. 4) абсолютное количество дополнительно усвоенного азота почвы было небольшим (24 мг на сосуд), хотя оно и составляло около 50 % выноса азота почвы двумя урожаями салата в варианте РК. Примерно настолько же (17—25 мг на сосуд) возросло потребление азота дерново-подзолистой почвы редисом при внесении кальциевой селитры.

Урожайность редиса и использование им азота почвы и удобрения

Вариант опыта	Урожай, г/сосуд				Общий N, % на сухое вещество		Использовано N*, мг/сосуд		
	сырое вещество		сухое вещество		надземная часть	корнеплоды	всего	из почвы	из удобрений
	надземная часть	корнеплоды	надземная часть	корнеплоды					
Дерново-подзолистая почва, опыт 4									
PK	8	23	1,14	1,79	1,68	0,85	34	34	—
PK + Mo	8	25	1,16	1,83	1,75	0,97	38	38	—
NPК	51	85	4,55	5,50	3,23	1,51	231	59	172
NPК + Mo	53	91	4,62	6,29	3,23	1,53	247	65	182
НСР ₀₅	—	—	0,47	0,50	—	—	—	—	—
Парниковый грунт, опыт 6									
PK	25	83	2,45	4,52	2,47	1,08	109	109	—
PK + Mo	25	91	2,45	4,88	2,49	1,45	133	133	—
NPК	55	90	5,50	5,15	5,30	2,48	424	339	85
NPК + Mo	53	87	5,60	5,10	5,32	2,42	421	337	84
НСР ₀₅	—	—	0,17	0,17	—	—	—	—	—

Сопоставление данных о динамике минеральных соединений азота в почве с ходом потребления азота почвы и удобрения в течение вегетации растений свидетельствует о том, что хотя при внесении кальциевой селитры постепенно усиливается мобилизация азота почвы и возрастает содержание его в минеральной, прежде всего в аммонийной форме, салат и редис предпочтительнее используют нитратный азот удобрения.

В значительно большей степени усиливалась мобилизация азота почвы и его использование салатом и редисом при внесении азотного удобрения на парниковом грунте (табл. 3, 5). Усвоение азота почвы в этом случае возросло более чем в 3 раза по сравнению с фоном PK, а дополнительное усвоение азота почвы салатом и редисом было на порядок выше (278 и 230 мг на сосуд), чем на дерново-подзолистой почве.

Если на дерново-подзолистой почве на долю почвенного азота приходилось всего 15—31% общего его выноса растениями, то на парниковом грунте — 80—82%. Следовательно, на высокоплодородной почве увеличение урожая при внесении азотного удобрения происходило преимущественно за счет почвенного азота, а на дерново-подзолистой почве — за счет азота удобрения. Соотношение в выносе азота почвы и удобрения в течение очень короткого периода вегетации салата было практически постоянным (табл. 3), а в опыте с редисом прослеживалась та же закономерность, что и в опытах с другими культурами [9], т. е. на протяжении вегетации доля азота удобрения от общего потребления снижалась, а почвенного азота — возрастала (табл. 6).

Неодинаковые размеры дополнительного усвоения растениями почвенного азота в зависимости от

Таблица 6

Динамика потребления азота почвы и удобрения (мг/сосуд) редисом на дерново-подзолистой почве. Опыт 5

Вариант опыта	Число дней от посева			
	13	19	27	34
PK	4	17	31	45
PK + Mo	5	19	36	46
NPК:				
всего	10	53	119	238
в т. ч. из почвы	1	5	18	62
из удобрения	9	48	101	176
NPК + Mo:				
всего	10	54	133	269
в т. ч. из почвы	1	5	15	74
из удобрения	9	49	118	195

Таблица 7

Баланс азота кальциевой селитры (мг/сосуд и % от внесенного азота в дозе 300 мг/сосуд) в опытах с салатом и редисом на дерново-подзолистой почве

Вариант опыта	Использовано растениями		Осталось в почве						Потери	
			в минеральной форме		в органической форме		всего			
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Салат, опыт 1										
NPK	106	35	82	27	38	13	120	40	76	25
NPK + Mo	118	39	78	26	40	13	118	39	64	22
Салат, опыт 2										
Первый посев										
NPK	70	23	142	47	30	10	172	57	58	20
NPK + Mo	88	29	140	46	30	10	170	56	42	15
Повторный посев										
NPK	33	11 (19)	94	31 (55)	18	6 (10)	112	37 (65)	85	29 (16)
NPK + Mo	39	13 (23)	90	30 (53)	24	8 (14)	114	38 (67)	59	20 (10)
Редис, опыт 4										
NPK	172	57	18	6	44	15	62	21	66	22
NPK + Mo	182	61	19	6	46	16	65	22	53	17
Редис, опыт 5										
NPK	176	59	10	3	36	12	46	15	78	26
NPK + Mo	195	65	7	2	30	10	37	12	68	23

Примечание. В скобках приведен % от оставшегося в почве азота удобрения после первого посева.

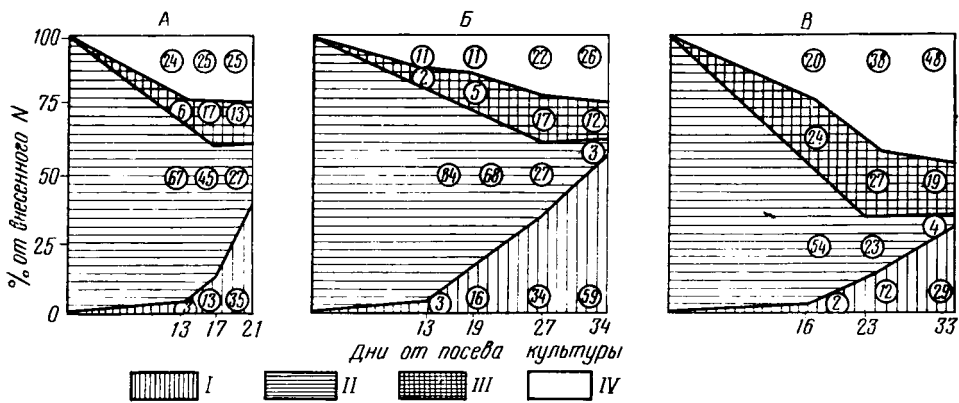
уровня плодородия грунта определяли различия в коэффициентах использования азота удобрения салатом и редисом, установленных разностным и изотопным методами (табл. 11).

Коэффициенты использования азота удобрения салатом, определенные изотопным методом (табл. 7, 8), на почвах, резко различающихся по плодородию, были довольно близки (в среднем из двух опытов на дерново-подзолистой почве, как и на парниковой почве — 29 %, несмотря на большие различия в уровне урожая). После уборки этой скороспелой культуры в бедной органическим веществом дерново-подзолистой почве оставалось значительное количество азота удобрения, при-

Таблица 8

Баланс азота кальциевой селитры (мг/сосуд и % от внесенного азота в дозе 300 мг/сосуд) в опытах с салатом и редисом на парниковом грунте

Вариант опыта	Использовано растениями		Осталось в почве						Потери	
			в минеральной форме		в органической форме		всего			
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Салат, опыт 3										
NPK	87	29	11	4	58	19	69	23	144	48
NPK + Mo	104	38	11	4	56	18	61	22	129	43
Редис, опыт 6										
NPK	85	28	60	20	40	16	109	36	106	36
NPK + Mo	84	28	57	19	62	21	119	40	97	32



Динамика баланса азота кальциевой селитры в опытах 1 и 5 с салатом (А) и редисом (Б) на дерново-подзолистой почве и в опыте 6 с редисом на парниковом грунте (В) в вариантах без молибдена.

I — использовано растениями; II и III — осталось в почве соответственно в минеральной и органической форме; IV — потери.

чем в основном в минеральной форме. Как и в условиях полевых опытов [6, 11], это обусловило высокое последствие ранее внесенного азота удобрения при повторном посеве салата в опыте 3. Растения использовали в этом случае 11 % внесенного, или 19 % оставшегося в почве после уборки первого урожая азота удобрения (табл. 7). В опытах с парниковым грунтом основная часть оставшегося после уборки салата азота удобрения была закреплена в почве в органической форме (табл. 8).

Использование меченного ^{15}N азота кальциевой селитры редисом было в 2 раза большим на дерново-подзолистой почве (58 % в среднем из двух опытов), чем на парниковом грунте (28 % от внесенного), хотя уровни урожая были близкими.

Несмотря на большее закрепление азота удобрения в органической форме, его потери в опытах на парниковом грунте оказались значительно выше (48 % в опыте с салатом и 36 % — с редисом), чем на дерново-подзолистой почве (соответственно 22 и 24 % в среднем из двух опытов с каждой культурой).

Изменение баланса азота кальциевой селитры в течение вегетации салата и редиса представлено на рисунке.

При внесении молибдена во всех опытах с салатом и редисом на дерново-подзолистой почве происходило небольшое, но стабильное увеличение использования растениями нитратного азота удобрения и (в большинстве случаев) — азота почвы, что вызывало повышение либо урожая, либо относительного содержания азота в растениях. На парниковом грунте также усиливалось усвоение салатом азота почвы и удобрения.

Во всех опытах проявлялась четко выраженная тенденция к снижению потерь азота удобрений под действием молибдена (табл. 11). Следует отметить, что наряду с уменьшением потерь и повышением эффективности азотных удобрений под влиянием молибдена улучшалось качество продукции — увеличивалось содержание белка и небелковых органических соединений в растениях и одновременно снижалось содержание нитратов, что имеет особое значение при выращивании овощных культур на богатых азотом средах или в условиях применения повышенных доз азотных удобрений [3, 12].

Интересно отметить, что при внесении молибдена в дерново-подзолистую почву не получено достоверной прибавки урожая салата (в опыте 1) и редиса (в опыте 4 возростала только масса листьев),

Урожайность столовой свеклы и использование ею азота почвы и удобрения

Варианты опыта	Урожай, г/сосуд				Общий N, % на сухое вещество		Использовано N, мг/сосуд		
	сырое вещество		сухое вещество		надземная часть	корнеплоды	всего	из почвы	из удобрения
	надземная часть	корнеплоды	надземная часть	корнеплоды					
Дерново-подзолистая почва, опыт 7									
PK	18	51	3,2	6,5	1,75	0,72	102	102	—
НРК	39	152	7,7	23,0	1,62	2,05	597	291	306
НСР ₀₅			0,56	7,0					
Парниковый грунт, опыт 8									
PK	41	83	7,5	15,2	1,47	1,21	297	297	—
НРК	76	213	14,1	35,5	1,33	1,66	783	433	350
НСР ₀₅			1,35	3,9					

хотя согласно принятой градации, эта почва может быть оценена как бедная молибденом, и для нее в полевых условиях выявлено высокое его действие [6]. В то же время при содержании подвижного молибдена в парниковом грунте выше среднего проявлялось положительное влияние молибдена на урожай салата.

В опытах со столовой свеклой внесение кальциевой селитры обеспечило значительное повышение урожая и улучшение его структуры (сырая масса ботвы и корнеплода на дерново-подзолистой почве увеличилась соответственно в 2,2 и 3,0 раза, а на парниковом грунте — в 1,8 и 2,6 раза), при этом абсолютные размеры прибавки были больше на парниковом грунте (табл. 9).

Вынос азота с урожаем при внесении селитры повысился в опытах на дерново-подзолистой почве и парниковой земле соответственно в 5,9 и 2,6 раза, в том числе использование азота почвы — в 2,9 и 2,5 раза по сравнению с фоном. Можно отметить, что на дерново-подзолистой почве свекла усваивала примерно столько же азота почвы в варианте НРК, сколько на парниковом грунте без внесения азотного удобрения. На обоих резко различающихся по плодородию грунтах доли азота почвы и удобрения в общем выносе азота с урожаем столовой свеклы были примерно одинаковы.

Коэффициенты использования азота удобрения столовой свеклой, определенные изотопным методом для дерново-подзолистой почвы и парникового грунта, составили соответственно 61 и 70 %, причем урожай и вынос азота в последнем случае был в 1,3—1,4 раза больше. Данные коэффициенты были значительно ниже, чем коэффициенты, рассчитанные разностным методом (табл. 10, 11).

Таблица 10

Баланс азота удобрения (мг/сосуд и % от внесенного азота в дозе 500 мг/сосуд) в опытах со столовой свеклой

Почва, опыт	Использовано растениями		Осталось в почве						Потери	
			в минеральной форме, мг	в органической форме		всего				
	мг	%		мг	%	мг	%	мг	%	
Дерново-подзолистая, опыт 7	306	61	Следы	32	6	32	6	194	33	
Парниковый грунт, опыт 8	350	70	»	36	7	36	7	114	23	

Коэффициенты использования азота кальциевой селитры
(% от внесенного количества), определенные разностным
(по отношению к фону РК) и изотопным методами

Вариант опыта	Дерново-подзолистая почва		Парниковый грунт	
	разностным	изотопным	разностным	изотопным
Салат*				
NPK	30	29	123	29
NPK + Mo	36	34	158	35
Редис*				
NPK	65	58	105	28
NPK + Mo	73	63	104	28
Столовая свекла				
NPK	99	61	97	70

* На дерново-подзолистой почве приводятся средние данные по двум опытам.

После уборки свеклы, т. е. примерно через 100 дней после посева, в почве оставалось всего в органической форме 6—7 % азота удобрения, а потери его в виде газообразных соединений в результате биологической и косвенной денитрификации составляли 33 % на дерново-подзолистой почве и 23 % — на парниковом грунте.

Поскольку потери азота удобрений, как и закрепление в органической форме, наиболее интенсивно происходили в первые 15—25 дней после внесения селитры (рисунок), а основное количество азота потребляется столовой свеклой во вторую половину вегетации, можно предположить, что эта культура обладает высокой способностью усваивать ранее иммобилизованный в почве азот удобрения.

При близких размерах использования азота удобрений корнеплодами (скороспелым редисом и столовой свеклой с продолжительным периодом вегетации) в опытах на дерново-подзолистой почве потери азота удобрения были большими при выращивании столовой свеклы, а на парниковом грунте — редиса, который использовал в этом случае в 2 раза меньше азота удобрения, чем столовая свекла (табл. 7, 10).

Таким образом, исследованные нами овощные культуры вследствие биологических особенностей (различия в длительности периода вегетации, строении и мощности развития корневой системы и ассимиляционного аппарата, в требовательности к условиям азотного питания, в размерах и темпах потребления азота и др.) значительно различаются по динамике и размерам усвоения азота почвы и удобрения и азота грунтов различного плодородия.

Для разработки наиболее эффективных научно обоснованных способов регулирования азотного питания разных овощных культур с помощью удобрений необходимо расширение исследований с использованием ^{15}N для изучения особенностей превращения в почве и баланса азота удобрений в условиях принятой агротехники при выращивании овощей открытого и закрытого грунта на почвах с различными уровнями плодородия.

Выводы

1. В вегетационных опытах на парниковом грунте и дерново-подзолистой почве, резко различающихся по уровню плодородия, внесение азота оказывало положительное влияние на урожай овощных культур, при этом абсолютные прибавки урожая салата и столовой свеклы были

значительно больше на высокоплодородном грунте, а редиса — на более бедных дерново-подзолистых почвах.

2. Формирование урожая скороспелых культур — салата и редиса — при внесении азота на дерново-подзолистых почвах происходило преимущественно за счет использования азота удобрения (70—90 % от выноса азота растениями), а на парниковом грунте — большого усвоения азота почвы (80—83 % от выноса). Соотношение между азотом почвы и удобрения в урожае столовой свеклы на обеих почвах близко к единице.

3. На парниковом грунте при внесении азотных удобрений сильно повышалась мобилизация почвенного азота, и использование его салатом, редисом и столовой свеклой возрастало соответственно в 3,2; 3,1 и 1,5 раза по сравнению с фоном.

4. На дерново-подзолистой почве применение азотного удобрения существенно не влияло на использование азота почвы салатом и увеличивало его усвоение редисом в 1,4—1,7 раза по сравнению с фоном РК. При этом абсолютные размеры дополнительного потребления азота почвы были на порядок ниже, чем в опытах на парниковом грунте. При выращивании столовой свеклы в этих условиях использование азота почвы растениями возросло в 2,9 раза.

5. Коэффициенты использования азота кальциевой селитры, определенные изотопным методом, составляли в среднем по двум вегетационным опытам на дерново-подзолистой почве с салатом, редисом и столовой свеклой соответственно 29, 58 и 61 %, а на парниковом грунте — 29, 28 и 70 %. Рассчитанные разностным методом коэффициенты использования азота удобрения на парниковом грунте были в опытах с салатом, редисом и столовой свеклой соответственно в 4,2; 3,7 и 1,4 раза больше. На дерново-подзолистой почве у скороспелых культур значения этих коэффициентов, полученные разностным и изотопным методами, были довольно близки, а у столовой свеклы коэффициенты, рассчитанные по разности, оказались в 1,5 раза выше, чем определенные изотопным методом.

6. В опытах со скороспелыми овощными культурами размеры потерь и закрепления в почве азота кальциевой селитры в органической форме были выше в парниковой земле, чем в дерново-подзолистой почве, где значительно большая часть оставшегося в почве азота удобрения после уборки урожая находилась в минеральной форме. Потери азота удобрения в опытах со столовой свеклой были выше в дерново-подзолистой почве; независимо от уровня плодородия грунта только небольшая часть азота удобрения закреплялась в органической форме.

7. Внесение молибдена в относительно бедную этим микроэлементом дерново-подзолистую почву оказывало стабильное положительное влияние на использование салатом нитратного азота удобрения, а редисом — и азота самой почвы. На высокоплодородном парниковом грунте подобное действие молибдена проявлялось только в опытах с салатом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всесоюзное научно-метод. совещ. по применению стабильного изотопа (^{15}N) в исследованиях по агрохимии, почвоведению, с.-х. микробиологии и физиологии растений. Ташкент, 1974. — 2. Журбицкий З. И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 3. Муравин Э. А. К изучению роли молибдена в азотном питании растений. — Автореф. канд. дис. ТСХА, 1964. — 4. Муравин Э. А. и др. Баланс азота меченой ^{15}N аммиачной селитры и вынос азота удобрения и почвы с урожаем трав на орошаемом культурном пастбище. — Докл. ТСХА, 1977, вып. 233, с. 20—24. — 5. Муравин Э. А., Кожемячко В. А., Верниченко И. П. Усвоение растениями азота меченных ^{15}N мочевины и аммиачной селитры при корневом и внекорневом питании. — Агрохимия, 1978, № 2, с. 10—14. — 6. Муравин Э. А., Смирнов П. М., Татьянич Н. К., Шуин К. А. Использование растениями азота почвы и удобрения, баланс меченно-

го ^{15}N азота удобрения в опытах с овощными культурами в полевых условиях. — *Агрохимия*, 1979, № 4, с. 3—13. — 7. Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. М.: Колос, 1973. — 8. Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. IV Всесоюз. координац. научно-метод. совещ. Тбилиси, 1979. — 9. Смирнов П. М. Проблемы азота в земледелии и результаты исследований с ^{15}N . — *Агрохимия*, 1977, № 1, с. 3—25. — 10. Смирнов П. М., Кидин В. В.,

Иванникова Л. А. Превращение азота удобрений и использование его растениями на почвах разной степени окультуренности. — *Изв. ТСХА*, 1977, вып. 3, с. 84—89. — 11. Татьяна Н. К. Использование овощными растениями азота почвы и удобрения. — Автореф. канд. дис. М., 1975. — 12. Umwandlung des Stickstoffs im Boden und seine Ausnutzung durch die Pflanzen. — *Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, DDR*, 1978.

Статья поступила 16 октября 1979 г.

SUMMARY

The application of saltpeter into the ground of the hotbed sharply increased the utilization of the nitrogen contained in the ground by all crops, while in the soil additional utilization of its nitrogen by lettuce and radish was lower by one order. The portion of soil nitrogen in its removal by these crops made 10—31 % on soddy-podzolic soil, 80—83 % on hotbed ground, and in growing beet in both cases — about 50 %. In all trials with lettuce and radish, the losses and the fixation of fertilizer nitrogen in organic form were higher on the hotbed ground than on soddy-podzolic soil. Application of molybdenum intensified the assimilation of nitrate nitrogen of fertilizers by these crops and increased the additional utilization of soil nitrogen.