

УДК 635.63:631.811.1:631.544.4

БАЛАНС МЕЧЕННОГО ^{15}N АЗОТА АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

П. М. СМИРНОВ, С. Г. МАВРОДИЙ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

При выращивании огурца в теплицах большое значение имеет правильное и своевременное удовлетворение довольно высоких потребностей этой культуры в азоте. Вместе с тем избыток азота в почве приводит к чрезмерному развитию листовой массы в ущерб плодоношению. Огурец в защищенном грунте для образования 100 ц плодов использует почти столько же азота, сколько и при выращивании в открытом грунте [3], но так как в теплицах урожай огурца в 5—10 раз выше, чем в открытом грунте, дозы азотных удобрений, применяемые в теплицах, намного больше. Однако огуречные растения очень чувствительны к избыточной концентрации питательных веществ в почве, поэтому значительная часть минеральных удобрений применяется в подкормках, особенно в фазу плодоношения. В связи с этим большое значение имеет изучение с применением ^{15}N превращения азота в почве и использования его тепличным огурцом из удобрений, внесенных при основной заправке почвы и подкормках.

В исследованиях с применением ^{15}N установлены коэффициенты использования и характер превращения азота удобрений при внесении их в основном под зерновые, технические и некоторые овощные культуры как до посева [1, 4, 5, 9], так и в подкормки [6, 10]. Однако эти вопросы не изучены для условий защищенного грунта при возделывании овощных культур.

Чтобы получить высокие урожаи огурца в защищенном грунте, необходимо рыхлый, обладающий хорошими агрофизическими свойствами грунт. Для улучшения этих свойств можно применять соломенную резку.

В опытах с использованием ^{15}N [2, 7, 8] установлено, что при внесении в почву азотных удобрений вместе с соломой потери и коэффициент использования азота сельскохозяйственными культурами снижаются, но в несколько раз возрастает закрепление его в почве в органической форме. Однако подобных опытов применительно к условиям защищенного грунта не проводилось.

В задачу наших исследований входило установить коэффициенты использования тепличным огурцом азота аммиачной селитры, внесенной в основную заправку почвы и в подкормки, а также получить данные о превращении азота аммиачной селитры при совместном и раздельном внесении ее с соломой в почву.

Методика и условия опытов

Работа проводилась на Донецкой овощебахчевой опытной станции в пленочных обогреваемых теплицах. В 1975—1976 гг. было проведено два микроделяночных опыта. В 1-м изучали общий (суммарный) баланс азота аммиачной селитры, вносимой дробно в течение вегетационного периода огурца, во 2-м — баланс азота удобрения, внесенного

при основной заправке почвы (перед высадкой рассады) и каждой подкормке.

Почва в теплице — чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый; $\text{pH}_{\text{вод}}$ — 7,2; содержание общего азота по Кьельдалю — 298; минерального азота — 6,1 мг на 100 г почвы; емкость поглощения по Захарчуку — 56,9 мэкв на 100 г почвы.

Опыты закладывали в полиэтиленовых сосудах без дна 30×40 см, вкопанных в грунт на глубину 30 см. В каждом сосуде — по одному растению. Повторность опыта — 5-кратная. В часть сосудов, согласно схеме опыта (табл. 1), вносили в качестве рыхлящего материала соломенную резку из расчета 30% к объему грунта. Рассадку высаживали на постоянное место в 1975 г. 20 марта, в 1976 г. — 18 марта. В исследованиях использовали аммиачную селитру, меченную в аммиачной и нитратной группах. Избыток атомного процента ^{15}N в 1975 г. был равен 22,18; в 1976 г. — 25,12.

В опыте 1 меченую аммиачную селитру вносили перед высадкой рассады на постоянное место и во все подкормки, которых было пять за вегетацию. При основной заправке почвы и первых трех подкормках $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ вносили из расчета 20 г/м² (840 мг азота на делянку), при четвертой и пятой — по 10 г/м² (420 мг азота на делянку). Всего за вегетационный период на фоне РК и РК+солома внесли по 4200 мг меченого азота на делянку (100 г аммиачной селитры на 1 м²). Учитывая, что солома активизирует микробиологические процессы в почве и это приводит к обеднению ее минеральными соединениями азота, суммарную дозу азотного удобрения увеличили до 6300 мг N на делянку (150 г NH_4NO_3 на 1 м²). При основной заправке почвы и первых трех

подкормках вносили по 1260 мг азота на делянку (30 г аммиачной селитры на 1 м²), при четвертой и пятой — по 630 мг (15 г NH_4NO_3 на 1 м²). Аммиачную селитру заменяли с фосфорно-калийными удобрениями из расчета на 1 м² 20—25 г суперфосфата (470—600 мг P_2O_5 на делянку) и 20—30 г калимагнезии (670—1000 мг K_2O на делянку) в одну подкормку. Плоды для анализа на содержание меченого азота брали из каждого сбора, вегетативную массу и почву — в конце вегетации огурца.

В опыте 2 использовали перекрестный метод «метки» [6]. Под растения, которые снимали для анализа в фазу цветения, $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ вносили перед высадкой рассады на постоянное место, под остальные — $^{14}\text{NH}_4^{14}\text{NO}_3$. После съема растений в фазу цветения проводили первую подкормку. Под растения, которые снимали в начале плодоношения (14—16 мая), вносили ^{15}N , под остальные ^{14}N и т. д. Растения (вегетативная масса, плоды, корни) и почву для анализа отбирали после шести сборов плодов. За период вегетации было проведено 24 сбора. Плоды взвешивали и высушивали. Содержание общего азота в почве и растениях определяли методом Кьельдаля—Иодльбауэра, минерального — в 0,1 н. KCl вытяжке. Изотопный анализ проводили на масс-спектрометре МИ-1305 на кафедре агрохимии Тимирязевской академии.

Результаты исследований

Сухое вещество в огуречных растениях в фазу цветения накапливалось в результате нарастания вегетативной массы. К началу плодоношения (22—25 июня) общая масса его на одно растение в контроле составила в среднем за 2 года 38,8 г (табл. 1). При внесении на фоне РК соломы величина этого показателя снизилась по сравнению с контролем на 7,7 г. Максимальное накопление сухого вещества растениями (58 г на растение) отмечено в варианте $\text{N}_{1,5}\text{PK} + \text{солома}$.

В фазу плодоношения прирост сухого вещества значительно увеличился. Так, в период с 22—25 апреля по 14—16 мая в вариантах РК и РК + солома он составил соответственно 61,5 и 51,6 г на одно растение; при внесении аммиачной селитры — 73,8 и 95,6 г. Необходимо отметить, что в первую половину плодоношения (до 1—3 июня) плоды формировались на главном стебле, поэтому прирост сухого вещества у огуречного растения был выше, чем во вторую его половину (после 2—3 июня), когда плоды образовывались на ветвях второго порядка (боковых отплетках).

Общая сухая масса одного растения в конце вегетации в контрольном варианте составила 202,2 г. Внесение в почву соломы на фоне РК приводило к снижению этого показателя на 50,0 г. В варианте с одинарной дозой азота (4200 мг) на фоне РК он увеличился по сравнению с контролем на 56,8 г, при внесении вместе с соломой азота в дозах 4200 и 6300 мг на делянку сухая масса была соответственно на 83,4 и 167,6 г больше, чем в варианте РК + солома.

Общий вынос азота растениями в значительной степени определялся накоплением сухого вещества, наличием в почве соломы и аммиачной селитры. Так, в среднем за 2 года вынос азота в контрольном варианте составил 6524 мг (табл. 2). Внесение в почву соломы на фоне РК приводило к резкому снижению выноса азота тепличным огурцом.

При совместном применении соломы и 4200 мг азота на делянку вынос его растениями значительно увеличился, однако был ниже, чем

Динамика накопления сухого вещества растениями в течение вегетации
в среднем за 1975—1976 гг. (г на растение)

Органы растения	РК (контроль)	РК+со- лома	N ₁ PK	N ₁ PK+ солома	N _{1,5} PK+ солома
Ц в е т е н и е 22—25/IV					
Вегетативная масса + корни	38,8	31,1	47,2	41,3	58,0
П л о д о н о ш е н и е 14—16/V					
Вегетативная масса + корни	59,1	47,3	72,5	67,8	93,3
Плоды	41,2	35,4	55,5	47,3	60,3
Общая масса растения	100,3	82,7	128,0	115,1	153,6
2—3/VI					
Вегетативная масса + корни	73,4	60,3	99,2	84,5	126,4
Плоды	79,4	67,7	114,2	100,6	128,0
Общая масса растения	152,8	128,0	213,4	185,1	254,4
18—21/VI					
Вегетативная масса + корни	64,5	52,8	89,6	72,2	114,5
Плоды	110,9	89,6	149,8	135,5	175,5
Общая масса растения	175,4	142,4	239,4	207,7	290,0
8—10/VIII					
Вегетативная масса + корни	57,0	45,1	72,1	68,6	98,4
Плоды	145,2	107,1	188,7	167,0	221,4
Общая масса растения	202,2	152,2	260,8	235,6	319,8

в соответствующем варианте без соломы. Наибольшим он оказался в варианте с 6300 мг азота на делянку на фоне соломы.

Внесение аммиачной селитры приводило к увеличению использования огурцом азота почвы вследствие повышения мобилизации его из органического вещества и большего образования немеченых минеральных соединений азота. Усвоение растениями азота почвы в варианте N₁PK + солома по сравнению с контролем и вариантом РК + солома заметно увеличилось. Однако более высоким оно было в варианте N₁PK.

Коэффициенты использования азота аммиачной селитры растениями, определенные разностным методом, в вариантах N₁PK и N_{1,5}PK + солома были выше полученных с помощью ¹⁵N, а в варианте N₁PK + солома ниже. Последнее обуславливалось, по-видимому, тем, что доза азота 4200 мг при внесении соломы существенно не влияла на моби-

Т а б л и ц а 2

Использование тепличным огурцом азота почвы и аммиачной селитры
за весь вегетационный период, в среднем за 1975—1976 гг.

Вариант	Доза азота, мг	Общий вынос, мг	Из почвы		Из удобрения		
			мг	% к контролю	мг	%	
						при изотопном методе	при разностном
РК	—	6 524	6524	100,0	—	—	—
РК + солома	—	4 800	4800	73,6	—	—	—
N ₁ PK	4200	9 212	7174	110,0	2038	48,5	64,0
N ₁ PK + солома	4200	7 809	6173	94,6	1636	39,0	30,6
N _{1,5} PK + солома	6300	11 061	8327	127,6	2734	43,4	72,1

П р и м е ч а н и е. Доза внесения и вынос в расчете на делянку.

лизацию азота почвы. В данном случае иммобилизация меченого азота удобрения преобладала над мобилизацией органического азота почвы.

Использование растениями азота аммиачной селитры по фазам развития в значительной мере зависело от дозы удобрения, сроков их внесения и от наличия в почве соломы (табл. 3). Так, из 840 мг азота на делянку, внесенного на фоне РК при основной заправке почвы (18—20 марта), в фазу цветения растения использовали в среднем за 2 года 297 мг (35,4% внесенного). Солома снизила коэффициент использования азота удобрения. При повышении дозы азота на фоне соломы с 840 до 1260 мг на делянку он увеличился, однако был ниже, чем

Т а б л и ц а 3

Динамика баланса меченого ^{15}N азота аммиачной селитры (% от внесенного) в тепличном грунте в среднем за 1975—1976 гг.

Вариант	Дата внесения удобрения	Доза азота, мг на делянку	Дата определения	Использовано растениями	Осталось в почве		Потери
					в минеральной форме	в органической форме	
Ц в е т е н и е							
N_1PK	18—20/III	840	22—25/IV	35,4	9,4	22,7	32,5
$\text{N}_1\text{PK} + \text{солома}$		840		24,9	5,8	55,7	13,6
$\text{N}_{1,5}\text{PK} + \text{солома}$		1260		30,8	6,7	44,4	18,1
П л о д о ш е н и е							
N_1PK	22—25/IV	840	14—16/V	60,7	7,1	14,4	17,8
$\text{N}_1\text{PK} + \text{солома}$		840		50,5	6,2	30,2	13,1
$\text{N}_{1,5}\text{PK} + \text{солома}$		1260		53,7	8,7	25,8	11,8
N_1PK	14—16/V	840	2—3/VI	64,9	5,7	14,9	14,5
$\text{N}_1\text{PK} + \text{солома}$		840		51,8	4,6	30,7	12,9
$\text{N}_{1,5}\text{PK} + \text{солома}$		1260		57,4	6,3	21,6	14,7
N_1PK	2—3/VI	840	18—21/VI	47,9	10,6	18,7	22,8
$\text{N}_1\text{PK} + \text{солома}$		840		42,0	8,6	32,6	16,8
$\text{N}_{1,5}\text{PK} + \text{солома}$		1260		43,9	8,9	23,7	23,5
N_1PK	18—21/VI	840	8—10/VII	45,7	9,6	16,3	28,4
$\text{N}_1\text{PK} + \text{солома}$	26—30/VI	840		36,8	7,7	33,2	22,3
$\text{N}_{1,5}\text{PK} + \text{солома}$		1260		41,7	9,7	26,2	22,4

в варианте N_1PK . В фазу плодоношения усвоение азота $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ резко возросло: из 840 мг азота аммиачной селитры, внесенной в подкормку в начале плодоношения (22—25 апреля), до 14—16 мая растения использовали 510 мг (60,7%), или на 213 мг больше, чем в фазу цветения. На делянках с соломой коэффициенты использования азота были ниже, чем в варианте N_1PK . Высокий (51,8—64,9%) коэффициент потребления азота аммиачной селитры тепличным огурцом во всех вариантах опыта был также в период с 14—16 мая по 2—3 июня, когда наряду с ростом плодов наблюдалось увеличение вегетативной массы. В дальнейшем (18—21 июня—8—10 июля) рост вегетативной массы заканчивался, азот $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ использовался в основном плодами, поэтому коэффициент использования его снизился до 36,8—47,9%. При внесении соломы резко уменьшались потери азота удобрения и увеличивалось закрепление его в почве в органической форме.

По мере разложения соломы в почве и увеличения выноса азота растениями потери и иммобилизация азота, внесенного в подкормки, снижались во всех вариантах опыта. Однако во второй половине плодоношения (18—21 июня) в связи с уменьшением выноса этого элемента растениями в почве увеличилось содержание минерального азота и возросли его потери.

Баланс меченного ¹⁵N азота аммиачной селитры в тепличном грунте в целом за вегетационный период

Вариант	Доза азота, мг на делянку	Использовано растениями	Осталось в почве		Потери
			в минеральной форме	в органической форме	
1975 г.					
N ₁ PK	4200	$\frac{1977}{47,1}$	$\frac{299}{7,1}$	$\frac{393}{9,3}$	$\frac{1531}{36,5}$
N ₁ PK + солома	4200	$\frac{1524}{36,3}$	$\frac{231}{5,5}$	$\frac{1079}{25,7}$	$\frac{1366}{32,5}$
N _{1,5} PK + солома	6300	$\frac{2548}{40,4}$	$\frac{356}{5,7}$	$\frac{1245}{19,8}$	$\frac{2151}{34,1}$
1976 г.					
N ₁ PK	4200	$\frac{2099}{50,5}$	$\frac{329}{7,8}$	$\frac{468}{11,2}$	$\frac{1304}{31,0}$
N ₁ PK + солома	4200	$\frac{1747}{41,6}$	$\frac{275}{6,6}$	$\frac{971}{23,1}$	$\frac{1207}{28,7}$
N _{1,5} PK + солома	6300	$\frac{2919}{46,3}$	$\frac{460}{7,3}$	$\frac{1074}{17,1}$	$\frac{1847}{29,3}$

Примечание. В числителе — мг/делянку; в знаменателе — % от внесенного количества.

В целом за вегетацию в варианте N₁PK растения использовали в среднем за 2 года 48,8% азота от внесенного количества (табл. 4). При добавлении соломы данный показатель снизился до 39%. С увеличением дозы азота на фоне соломы с 4200 до 6300 мг на делянку коэффициент использования азота аммиачной селитры составил в среднем за 1975—1976 гг. 43,4% и был ниже, чем в варианте N₁PK. При внесении соломы и одинарной дозы азота в почве закрепилось в органической форме в среднем за 2 года 24,4% азота от внесенного количества, т. е. почти в 2,5 раза больше, чем в варианте N₁PK. При увеличении дозы азота на фоне соломы в 1,5 раза в органической форме осталось 18,5%, а дефицит его составил 31,7% внесенного количества.

Аммиачная селитра, как и следовало ожидать, оказала заметное действие на урожайность огурца (табл. 5). Так, при внесении на фоне PK и PK + солома 4200 мг азота на делянку урожай огурца в среднем за 2 года повысился по сравнению с контролем на 28,9 и 14,4%. Соло-

Т а б л и ц а 5

Урожай огурца

Вариант	Доза азота, мг на делянку	1975 г.	1976 г.	В среднем за 2 года	% к контролю
		г на растение			
PK (контроль)	—	3120	3928	3524	100,0
PK + солома	—	2302	2854	2578	73,2
N ₁ PK	4200	4233	4856	4545	128,9
N ₁ PK + солома	4200	3637	4428	4033	114,4
N _{1,5} PK + солома	6300	4978	5688	5333	151,3
HCP ₀₅	—	638	521	—	—

ма, внесенная в почву совместно с фосфорно-калийными удобрениями, значительно (на 26,8%) снижала урожай. Максимальная его прибавка по отношению к контролю (51,3%) была получена в варианте $N_{1,5}PK +$ солома.

Выводы

1. В микроделяночном опыте накопление сухого вещества и общий вынос азота растениями огурца находились в прямой зависимости от внесения в почву соломы и аммиачной селитры.

2. Доза азота 4200 мг на делянку на фоне РК и 6300 мг на фоне РК + солома способствовала использованию тепличным огурцом азота почвы вследствие повышения мобилизации его из органического вещества и большего образования немеченых соединений азота.

3. Коэффициенты использования растениями аммиачной селитры по фазам развития в значительной мере зависели от дозы удобрения, сроков внесения и от наличия в почве соломы. Максимальным потреблением азота аммиачной селитры растениями было в первую половину плодоношения (22—25 апреля—2—3 июня), когда наряду с интенсивным ростом плодов увеличивалась вегетативная масса.

4. Внесенная в почву солома способствовала резкому снижению потерь азота и закреплению его в органической форме, особенно в фазу цветения. В фазу плодоношения по мере разложения соломы в почве и увеличения выноса азота растениями потери и иммобилизация азота, внесенного в подкормках, снижались.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верниченко И. В. Использование цветной капусты азота удобрений и почвы в зависимости от дозы извести и обеспеченности молибденом. «Докл. ТСХА», 1974, вып. 198, с. 41—45. — 2. Вуйцик-Войтковян Д., Смирнов П. М. Влияние глубины заделки соломы на превращение соединений азота в почве и рост растений. «Докл. ТСХА», 1966, вып. 119, с. 131—137. — 3. Журбицкий З. И., Журбицкая Л. И. Минеральное питание огурцов. В сб.: Физиол. с.-х. растений. Т. 8. Изд-во МГУ, 1970, с. 251—266. — 4. Зубенко М. Б., Шиян П. Н., Корниенко А. Д., Донцов М. Б. Использование растениями азота и вымывание его лизиметрическими водами на дерново-подзолистой почве полевья Украины. «Агротехника», 1978, № 3, с. 3—8. — 5. Муравин Э. А., Смирнов П. М., Татьянич Н. К., Шунин К. А. Баланс меченого ^{15}N азота удобрений в опытах с капустой и столовой свеклой в полевых условиях. «Докл. ТСХА», 1975, вып. 208, с. 5—10. — 6. Русинова И. П. Использование

растениями азота удобрений при внесении их в разные сроки. В сб.: Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. М., «Колос», 1973, с. 157—165. — 7. Смирнов П. М., Вуйцик-Войтковян Д. Использование ^{15}N для изучения влияния внесенной в почву соломы на превращение азотных удобрений и усвоение их растениями. «Докл. ТСХА», 1967, вып. 124, с. 119—126. — 8. Смирнов П. М. Превращение азота удобрений в почве и использование его растениями. В сб.: Применение стабильного изотопа ^{15}N в исследованиях по земледелию. М., «Колос», 1973, с. 189—199. — 9. Смирнов П. М., Дегтярева Н. И. Использование азота почвы и удобрений сельскохозяйственными культурами. «Изв. ТСХА», 1973, вып. 3, с. 71—79. — 10. Смирнов П. М., Кидин В. В. Влияние уровня азотного питания озимой пшеницы в условиях орошения на коэффициент использования меченого азота некорневой подкормки. «Докл. ТСХА», 1974, вып. 198, с. 5—10.

Статья поступила 14 июня 1978 г.

SUMMARY

The coefficients of using nitrogen of ammonium nitrate by plants varied greatly with the rate of fertilizers, time of their application and the presence of straw in the soil. The consumption of nitrogen of ammonium nitrate was the highest in the first half of the fruit bearing period, when the intensive fruit growth was accompanied by the growing of bulk of vegetation.

When straw was supplied to the soil, the losses of nitrogen decreased sharply and its immobilization in the soil in organic form, especially at the blooming stage, increased. At the fruit bearing stage, as straw was decomposing in the soil and the uptake of nitrogen by plants was growing, the losses and immobilization of nitrogen supplied in the top-dressing were reduced.