

УДК 631.811.1:[631.82+631.879.32

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАРТЕНОВСКОГО ШЛАКА И ИЗВЕСТИ
ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
РАСТЕНИЯМИ
АЗОТА ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЯ**

Л. А. МЕРЗЛЯКОВ, Н. В. РЕШЕТНИКОВА, Ф. А. ЮДИН
(Кафедра агрономической и биологической химии)

К значительным резервам известковых материалов, пригодных для известкования почв, относятся отходы металлургической промышленности — мартеновские шлаки. По действию и последствию на урожай сельскохозяйственных культур и его качество эти шлаки не уступают извести, а в ряде случаев даже превосходят ее [2, 4, 6]. Однако широкое использование шлаков в земледелии РСФСР требует изучения их эффективности в зависимости от уровня минерального питания

растений. В этом плане важное значение имеет исследование условий азотного питания растений при известковании кислых почв шлаком, поскольку в настоящее время указанные вопросы совершенно не изучены.

Наша работа была посвящена определению эффективности шлака при различных уровнях азотного питания и влияния его на использование растениями азота почвы и удобрений.

Условия и методика исследований

Проводились один многолетний полевой опыт и три вегетационных, два из которых тоже многолетние.

Полевой опыт был заложен в Опытно-производственном хозяйстве «Уромское» Малопургинского района Удмуртской АССР на дерново-подзолистой супесчаной почве в звене полевого севооборота (1975 г. — гречиха, 1976 г. — ячмень, 1977 г. — смесь гороха и подсолнечника на силос). Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: общий азот — 0,088 %; $pH_{\text{с.о.л}}$ — 4,8; N_T — 3,9 мэкв на 100 г; V — 50,0 %; содержание подвижного фосфора и калия по Кирсанову — соответственно 4,8 и 8,2 мг на 100 г. Опыт заложен в 3-кратной повторности, площадь опытной делянки 60 м².

Аммиачную селитру, суперфосфат и хлористый калий вносили ежегодно согласно схеме опыта (табл. 1).

В полевом и вегетационных опытах использовали ижевский шлак и для сравнения доломитизированную известняковую муку. Химический состав шлака (в %): CaO — 40,0, MgO — 8,2, MnO — 4,7, SiO_2 — 14,3, Fe_2O_3 — 6,8, FeO — 14,0, Al_2O_3 — 6,2, P_2O_5 — 1,0. Во всех опытах шлак вносили эквивалентно дозам $CaCO_3$ по нейтрализующей способности.

Вегетационные опыты проводили в 1974—1977 гг. на Агрохимической опытной станции им. Д. Н. Прянишникова.

Первый вегетационный опыт был заложен на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве из Ружского района Московской области (бывший учхоз «Дубки»), опытная культура — райграсс многоукосный, который выращивали в полиэтиленовых сосудах, вмещающих 6 кг почвы. Повторность опыта 3-кратная. Аммиачную селитру вносили в дозе 600 и 1200 мг на сосуд согласно схеме опыта (табл. 2).

Второй и третий вегетационные опыты проводили в стеклянных сосудах на 2,5 кг сухой почвы. Для них брали неокульту-

ренную дерново-подзолистую среднесуглинистую почву с Лесной опытной дачи ТСХА. В вариантах с известкованием дозы шлака и извести брали по 1,0 Н_г. Фосфор и калий вносили из расчета по 0,4 г на сосуд.

Второй вегетационный опыт был заложен в 6-кратной повторности, культура — райграсс многоукосный. Азот в дозе 230 (N₁) и 460 мг на сосуд (N₂) вносили ежегодно в виде меченной ¹⁵N аммиачной селитры (обогащение в 1976 г. — 16,37 ат%, в 1977 г. — 16,42 ат%) по фону РК (контроль). Уборку райграсса проводили трижды за вегетационный период по мере его отрастания.

В третьем вегетационном опыте высевали ячмень, повторность в начале исследования 8-кратная, а к моменту уборки — 4-кратная, поскольку в фазы кушения ячменя (через 16 дней) и колошения (через 58 дней) убирали растения с 2 повторностей для изучения динамики потребления ими азота почвы и удобрений. Азот вносили в виде меченного ¹⁵N сульфата аммония (обогащение — 14,10 ат%) в дозе 300 мг на сосуд (табл. 4).

Содержание общего азота в почве первого вегетационного опыта составляло 0,140 %, второго и третьего — 0,088 %, $pH_{\text{ксл}}$ — соответственно 4,1 и 4,1; N_T — 4,2 и 6,1 мэкв на 100 г; V — 58,8 и 38,4 %; фосфора по Кирсанову — 7,0 и 1,0 мг на 100 г, калия по Кирсанову — 4,5 и 7,5 мг на 100 г. Полив проводили по массе до 60 % полной влагоемкости.

В растениях и в почве определяли содержание общего азота методом Кьельдаля — Иодльбауэра, в почве — минеральный азот в вытяжке 0,25 н. KCl, аммиачный — путем дисцилляции паром в щелочной среде, нитратный — в той же вытяжке после определения аммиачного азота и восстановления нитритов и нитратов слабом Деварда [1]. Анализ изотопного состава образцов проводили на масс-спектрометре МИ-1305.

Эффективность шлака и извести при разных условиях азотного питания растений

Результаты опытов показали высокую эффективность шлака как известкового удобрения (табл. 1). Он существенно влиял на урожайность сельскохозяйственных культур в полевом опыте как в год применения, так и в последствии, при этом влияние шлака в значительной степени зависело от азотного питания растений. Так, по фону 2 (60P90K60N) прибавки в зависимости от доз шлака (0,5; 1,0; 2,0 Н_г) возросли в сумме за 3 года соответственно на 4,8; 11,1; 13,8 ц корм. ед.,

Урожайность сельскохозяйственных культур и вынос ими азота в полевом опыте

Вариант	Гречиха, 1975, действия	Ячмень, 1976	Смесь гороха и подсолнечника на силос, 1977	Суммарный урожай, ц корм. ед.	Суммарная прибавка		Суммарный вынос азота, кг/га
	ц/га				от известкования, ц корм. ед. с 1 га	на 1 кг азота, кг корм. ед. с 1 га	
Контроль (без удобрений)	4,7	10,2	183	45,9	—	—	99,7
60P90K (фон 1)	6,8	14,8	236	61,9	—	—	140,8
60P90K60N (фон 2)	8,4	16,9	263	70,1	—	4,5	203,9
60P90K120N (фон 3)	9,8	19,4	320	83,6	—	6,0	260,4
Фон 1+ известь, 0,5 Н _г	7,4	16,3	316	77,0	15,1	—	157,9
» + » 1,0	8,0	18,3	333	82,7	20,8	—	170,6
» + » 2,0	7,6	19,1	378	90,5	28,6	—	236,1
Фон 2+ » 0,5	8,8	20,6	340	87,3	17,2	5,7	210,2
» + » 1,0	9,6	23,8	376	97,7	27,6	8,3	246,9
» + » 2,0	9,0	25,2	433	108,0	37,9	9,7	270,2
Фон 3+ » 0,5	11,2	24,3	353	96,1	12,5	5,3	273,4
» + » 1,0	12,5	27,2	403	108,8	25,2	7,2	313,6
» + » 2,0	12,8	28,8	460	119,3	35,7	8,0	385,4
Фон 1+ шлак, 0,5 Н _г	8,3	14,8	320	75,9	14,0	—	154,6
» + » 1,0	9,0	19,8	337	86,0	24,1	—	170,6
» + » 2,0	10,7	20,7	396	98,1	36,2	—	232,5
Фон 2+ » 0,5	9,2	19,4	357	88,9	18,8	7,2	219,6
» + » 1,0	10,5	24,0	417	105,3	35,2	10,7	270,4
» + » 2,0	11,4	26,5	486	120,1	50,0	12,2	315,8
Фон 3+ » 0,5	10,8	25,8	386	102,8	19,2	7,4	296,3
» + » 1,0	11,0	28,0	466	118,5	34,9	9,0	385,6
» + » 2,0	13,5	29,5	563	138,1	54,5	11,1	484,5
НСР ₀₅	0,9	2,2	42				

а при таких же дозах извести — на 2,1; 6,8 и 9,3 ц корм. ед. С увеличением дозы азота до 120 кг д. в. на 1 га эффективность шлака не уменьшилась и даже увеличилась при высокой дозе, а извести — снизилась. Например, прибавка, полученная в результате применения шлака по 0,5 и 1,0 Н_г, изменилась незначительно, в то время как при внесении его по 2,0 Н_г она увеличилась на 4,5 ц корм. ед. При внесении извести в дозах 0,5; 1,0 и 2,0 Н_г на фоне 120N суммарные прибавки были меньше полученных по 60N соответственно на 4,7; 2,4 и 2,2 ц корм. ед. Это можно объяснить значительными потерями кальция из пахотного слоя вследствие вымывания его в лежащие ниже горизонты при увеличении дозы азотного удобрения, а так как шлак медленнее взаимодействует с почвой, чем известь, то снижения его эффективности не наблюдалось.

Суммарные прибавки урожая во многом зависели от доз известковых удобрений. Они значительно сильнее возрастали на фоне НРК, чем на фоне РК. Так, с увеличением дозы шлака от 0,5 до 2,0 Н_г на фоне 60N60P90K суммарные прибавки за 3 года увеличились от 18,8 до 50,0 ц корм. ед. на 1 га.

Шлак по своей эффективности не только не уступал извести, но даже превосходил ее, что особенно заметно при увеличении уровня азотного питания. Так, если на фоне 2 суммарные прибавки при внесении шлака в дозах 0,5; 1,0; 2,0 Н_г были выше, чем при использовании извести соответственно на 1,6; 7,6; 12,1 ц корм. ед., то на фоне 3 — на 6,7; 9,7; 18,8 ц. Более высокую эффективность шлака по сравнению с известью можно объяснить наличием в нем не только фосфора и ряда других макро- и микроэлементов, но и магния (8,2 % MgO), содержание которого в данной супесчаной почве было низким.

Известкование положительно влияло на эффективность азотных удобрений. Так, если при систематическом применении аммиачной селитры в дозе 60 кг д. в. на 1 га за 3 года получено на 1 кг внесенного азота по 4,5 кг корм. ед., то в вариантах со шлаком в дозах 0,5; 1,0 и 2,0 Н_г — на 2,7; 6,2; 7,7 кг корм. ед. больше. Самые высокие абсолютные суммарные прибавки от азота при известковании были в варианте со 120N, наибольшая оплата 1 кг внесенного азота — в варианте с 60N.

Существенное влияние на эффективность азотных удобрений оказывали дозы шлака и извести. При их увеличении от 0,5 до 1,0 Н_г эффективность азотных удобрений повышалась более значительно, чем при дальнейшем увеличении их дозы до 2,0 Н_г. При этом по фону шлака суммарные прибавки от азотных удобрений были в среднем на 30 % выше, чем по извести.

Результаты первого вегетационного опыта показали, что систематическое применение фосфорного и калийного удобрений приводит к резкому снижению урожайности райграса многоукосного и продолжительности последействия известковых удобрений (табл. 2). Шлак и известь на фоне РК оказывали наибольшее положительное влияние в первые два года, затем эффективность их снижалась, и на 4-й год достоверного последействия их уже не обнаруживалось. В то же время на фоне NPK эффективность известковых удобрений повышалась и была наибольшей на 3-й год последействия. Следовательно, эффективность шлака и извести и продолжительность их последействия в значительной степени зависели от условий азотного питания райграса многоукосного. С увеличением дозы аммиачной селитры эффективность мелиорантов возрастала. Так, при внесении шлака в дозе 0,5 и 1,0 Н_г по фону 1,2N суммарная прибавка была соответственно на 41,7 и 76,6 % выше, чем по фону 0,6N (табл. 2).

Анализ данных о суммарных урожаях и прибавках, полученных в вариантах с известковыми удобрениями за 4 года, показывает преимущество шлака при всех фонах минерального удобрения. Суммарная

Т а б л и ц а 2

Урожай сухой массы райграса многоукосного (г/сосуд)
в первом вегетационном опыте

Вариант	1974, действие	1975	1976	1977	Суммарный уро- жай	Суммарная при- бавка от извест- кования
		последействие				
Контроль (без удобрений)	6,9	7,5	4,3	3,8	22,5	—
0,4P ₀ , 4K (фон 1)	9,4	8,2	5,6	4,7	27,9	—
Фон 1+ известь, 0,5 Н _г	12,5	9,6	7,2	4,0	33,3	5,4
» + » 1,0 »	18,5	13,8	7,8	5,1	45,2	17,3
» +шлак, 0,5 Н _г	14,4	11,2	7,8	5,6	39,0	11,1
» + » 1,0 »	19,5	13,5	7,5	5,9	46,4	18,5
0,4P ₀ , 4K ₀ , 6N (фон 2)	21,1	22,1	17,0	14,6	74,8	—
Фон 2+ известь, 0,5 Н _г	21,7	22,1	17,9	18,3	80,0	5,2
» + » 1,0 »	22,7	24,6	20,0	19,1	86,4	11,6
» +шлак, 0,5 Н _г	23,2	23,2	20,7	20,4	87,5	12,7
» + » 1,0 »	24,4	24,2	20,7	22,1	91,5	16,7
0,4P ₀ , 4K ₁ , 2N (фон 3)	24,2	24,4	22,7	19,7	91,0	—
Фон 3+ известь, 0,5 Н _г	26,1	26,8	26,9	22,8	102,6	11,6
» + » 1,0 »	27,2	26,2	26,8	26,0	106,2	15,2
» +шлак, 0,5 Н _г	27,9	28,4	27,6	25,1	109,0	18,0
» + » 1,0 »	29,0	29,9	32,1	29,5	120,5	29,5
НСР ₀₅	0,9	1,3	0,9	1,0		

прибавка урожая при внесении шлака в дозе 0,5 Нг на фонах 1, 2 и 3 была соответственно на 105; 144 и 55 % выше, а при дозе 1,0 — соответственно на 7; 47 и 94 % выше, чем в вариантах с известью.

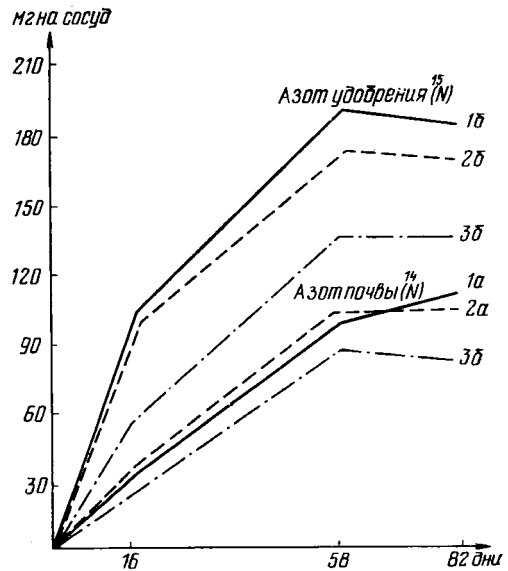
Известно, что систематическое применение минеральных удобрений на кислых почвах без известкования приводит к снижению их эффективности в результате ухудшения агрохимических свойств этих почв [3, 5]. В первом вегетационном опыте эффективность азота в дозе 600 и 1200 мг на сосуд, вносимого ежегодно совместно с фосфорным и калийным удобрениями (по 600 мг/сосуд), на 3- и 4-й год снижалась, а при известковании повышалась. Так, если прибавки урожая при внесении аммиачной селитры в дозе 0,6N в течение двух лет и в дозе 1,2N в течение одного года оказались выше на неизвесткованном фоне, то в дальнейшем они были более значительными в вариантах со шлаком и известью. Причем суммарные прибавки, полученные в результате совместного применения азотного удобрения и шлака, были несколько выше, чем в вариантах с известью (табл. 2).

Влияние шлака и извести на использование растениями азота почвы и удобрений

С помощью изотопного метода было установлено, что в начале своего развития (через 16 дней) ячмень более интенсивно потребляет азот удобрения, нежели азот почвы (см. рисунок). На долю первого в общем выносе в этот период приходилось 73,4—77,0 %, а на последний — 23,0—26,6 %. В дальнейшем (через 58 дней) доля азота почвы в общем выносе повысилась до 34,6—39,0 %, а азота удобрения снизилась до 61,0—65,4 %. В последующие 24 дня (от фазы колошения до уборки) азот удобрения в растение не поступал.

Внесение шлака и извести способствовало более интенсивному использованию растениями азота удобрений. Так, если в фазу кущения (через 16 дней) ячмень потреблял 18,4 % внесенной дозы азота сульфата аммония (300 мг/сосуд), то на фоне шлака и извести — 32,8 и 34,2 %. Значительно лучше использовался азот удобрения по известкованному фону также и в последующий период (до фазы колошения). И если вынос азота удобрения в эту фазу без известкования составил 45,6 % внесенного, то на фоне извести — 57,1, шлака — 63,4 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что во все фазы развития ячменя эффективность шлака была несколько выше, чем извести.

Известкование оказало влияние также и на потребление растениями азота почвы. Причем в течение всего периода вегетации они более интенсивно потребляли азот почвы при внесении шлака и извести как по фону РК, так и НРК. В результате в фазу полной спелости использование ячменем азота почвы при известковании по фону НРК повы-



Влияние шлака и извести на потребление ячменем азота почвы (а) и удобрения (б).
1 — НРК; 2 — НРК+шлак; 3 — НРК+известь.

Динамика потребления азота удобрения (N_y) и почвы (N_{II}) райграсом многоукосным (мг/сосуд) во втором вегетационном опыте, 1977 г.

Вариант	I укос		II укос		III укос		Итого*	
	N_y	N_{II}	N_y	N_{II}	N_y	N_{II}	N_y	N_{II}
$^{15}N_1PK$	97,9	33,8	8,1	17,2	2,8	6,4	115,0	69,8
То же + шлак	112,1	41,3	12,8	22,8	4,0	8,1	135,3	97,1
» » + известь	100,9	39,5	16,6	22,4	4,3	10,4	127,2	90,3
$^{15}N_2PK$	129,2	46,4	47,2	24,4	8,5	10,3	199,1	102,0
То же + шлак	171,3	56,0	67,2	20,2	11,0	15,0	257,6	123,7
» » + известь	156,8	64,6	65,2	16,4	12,3	16,1	248,8	124,0

* В суммарный вынос включено также содержание азота почвы и удобрения в корнях растения.

силось на 25,9—31,2 % (см. рисунок). Результаты второго вегетационного опыта с райграсом показали, что основная часть азота удобрений выносится I укосом (табл. 3). Однако если в варианте N_1 (230 мг азота на сосуд) в I укос было вынесено 79,3—85,1 %, во II — 7,0—13,0 % всего потребленного растением азота удобрений, то в варианте N_2 (460 мг азота), где период использования азота удобрений оказался более растянутым, различия между I и II укосом по этому показателю были меньше — 63,0—64,9 и 23,7—26,2 %.

Во всех вариантах с известкованием растения в течение всей вегетации лучше использовали азот удобрения, в результате суммарный

Т а б л и ц а 4

Использование растениями азота почвы (N_{II}) и удобрений (N_y) во втором и третьем опытах

Вариант	Общий вынос N , мг/сосуд	N_{II}		N_y , % от внесенного		
		% к общему выносу	% к контролю (PK)	по разнице с контролем (PK)	изотопным методом	разница

Второй вегетационный опыт, райграс многоукосный*

N_1PK (фон 1)	244,3	54,8	157,5	69,3	48,0	-21,3
	184,8	37,8	219,5	66,5	50,0	-16,5
То же + шлак	270,6	54,6	173,8	80,6	53,4	-27,2
	232,4	41,8	303,3	87,2	58,8	-28,4
» » + известь	265,5	55,0	171,6	78,4	52,0	-26,4
	217,4	41,5	283,9	80,6	55,3	-25,3
N_2PK (фон 2)	384,0	50,4	227,8	65,0	41,4	-23,6
	301,3	33,9	321,4	58,5	43,3	-15,2
То же + шлак	435,5	45,9	235,2	76,2	51,2	-25,0
	381,3	32,4	388,9	75,9	56,0	-19,9
» » + известь	426,8	46,3	232,5	74,3	49,8	-24,5
	372,8	33,3	389,9	74,1	54,1	-20,0

Третий вегетационный опыт, ячмень, 1977 г.

NPK	220,4	38,2	227,6	61,1	45,4	-15,7
То же + известь	275,2	38,5	286,5	79,4	56,4	-23,0
» » + шлак	296,9	37,2	298,6	86,6	62,1	-24,5

* В числителе — 1976 г., в знаменателе — 1977 г.

вынос райграсом азота аммиачной селитры повысился на 10,6—29,4 %.

Следует отметить, что вынос азота удобрения райграсом от I к III укосу снижался, а азота почвы увеличивался. При этом шлак и известь способствовали лучшему использованию не только азота удобрения, но и азота почвы.

На 2-й год опыта (табл. 4) вынос растениями азота почвы во всех вариантах существенно снизился, в итоге его доля в суммарном выносе уменьшилась с 46,3—55,0 % (1976) до 32,4—41,8 % (1977), что связано со снижением содержания легкодоступного почвенного азота в результате потребления его культурой 1-го года опыта. В этих условиях влияние шлака и извести (в последствии) на мобилизацию почвенного азота оказалось более значительным, чем в 1-й год. Так, если в вариантах N_1 и N_2 без известкования дополнительная мобилизация азота почвы (по сравнению с РК) повысилась соответственно на 119,5 и 221,4 %, то при внесении извести и шлака она была на 64,4—83,8 % выше. Следовательно, известкование способствовало мобилизации азота почвы, которая была наибольшей в последствии.

Коэффициенты использования азота из удобрения, рассчитанные изотопным методом, оказались значительно ниже их значений, полученных по разнице с контролем (табл. 4). Мелиоранты существенно влияли на значение этих коэффициентов, рассчитанных и теми и другими методами. В варианте со шлаком по 1,0 N_r коэффициент использования азота из сульфата аммония (изотопный метод) был на 16,7 % выше, чем в соответствующем неизвесткованном, где он составлял 45,4 %, и на 5,7 % выше, чем при внесении извести (табл. 4).

Разница между коэффициентами, рассчитанными изотопным методом и по разнице с контролем, была больше при внесении извести и шлака (23,0 и 24,5 % против 15,7 % по фону 1), что указывает на более значительную мобилизацию азота почвы в этих вариантах.

Во втором вегетационном опыте использование азота из аммиачной селитры (изотопный метод) при внесении шлака по фону N_1 в 1-й год повысилось на 5,4 %, в последствии — на 8,8 %, по фону N_2 — соответственно на 9,8 и 12,7 %.

Выводы

1. Ижевский шлак является ценным известковым удобрением. Его эффективность зависит от дозы, а также от условий азотного питания растений. Максимальная суммарная (за 3 года) прибавка в полевом опыте, проведенном в звене полевого севооборота на супесчаной почве, при внесении шлака по 2,0 N_r составила 54,5 ц корм. ед. на 1 га против 35,7 ц корм. ед. при использовании извести.

2. Под влиянием шлака и извести значительно улучшились условия азотного питания растений. При внесении шлака коэффициент использования азота из аммиачной селитры, вычисленный изотопным методом, повысился при дозах азота 230 и 460 мг на сосуд соответственно на 5,4—8,8 и 9,8—12,7 %. Использование азота из сульфата аммония при внесении шлака увеличилось на 16,7 %, по извести — на 11,0 % и составило соответственно 62,1 и 56,4 %. Шлак и известь не только способствовали повышению использования азота из удобрений, но и оказывали существенное влияние на мобилизацию азота почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Е. А., Шеглова Г. М. Определение азота органических соединений почвы. — В сб.: Методы применения изотопа азота в агрохимии. Тр. ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1977, с. 35—42. — 2. Дерюгин

И. П., Култышев В. П. Влияние металлургических шлаков и извести на агрохимические свойства дерново-подзолистых почв в Удмуртской АССР. — В сб.: Вопр. известкования кислых почв в Предуралье.

Т. 4, Пермь, 1976, с. 91—103. — 3. Прокошев В. Н., Попова С. И. Основные вопросы известкования кислых почв в Предуралье. Там же, с. 5—24. — 4. Решетникова Н. В., Юдин Ф. А., Голопятов М. Т. Влияние шлаков на плодородие и урожай сельскохозяйственных культур. — Докл. ТСХА, 1974, вып. 203, с. 129—137. — 5. Русланова И. П. Поступление в растение и использование различных форм азота. — В кн.: Азот в земледелии Нечерноземной полосы. Л.: Колос, 1973, с. 55—94. — 6. Юдин Ф. А., Решетникова Н. В., Голопятов М. Т. Влияние извести и шлаков на урожай полевых культур и фосфатный режим почвы при различном уровне минерального питания. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 4, с. 126—133.

Статья поступила 13 июня 1980 г.

SUMMARY

In the field trial conducted on the farm "Uromskoje" (the Udmurt ASSR) on sandy loam soil the maximum increase in yield during 3 years in the link of crop rotation consisting of buckwheat—barley—pea and sunflower mixture for silage was obtained after supplementing open-hearth slag at the dose of 2.0 of hydrolytic acidity; this increase made 54.5 hwt of feed units per 1 ha, while the increase after supplementing lime was 35.7 hwt.

In the pot trial with ^{15}N , after supplementing slag the rate of utilizing ammonium nitrate nitrogen increased by 5.4—12.7 %, and that of ammonium sulfate—by 16.7 %, the rates of utilizing fertilizer nitrogen varying within 51.2—62.1 %.