

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АТС И ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ НИТРАПИРИНА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ НИТРИФИКАЦИИ

Э. А. МУРАВИН, Т. В. МОЧКОВА, Э. Ф. НЕЙГЕБАУР, Т. А. ХРУШКОВА

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Применение ингибиторов нитрификации является одним из путей снижения потерь и повышения эффективности азота удобрений. Результаты широких испытаний, проведенных под научно-методическим руководством кафедры агрономической и биологической химии Тимирязевской академии [1, 2, 6—8], позволили дать всестороннюю агрохимическую оценку ингибиторов нитрификации на основе нитрапирина — 2 хлор-6(трихлор)метилпиридина — американского и отечественного производства. Наиболее стабильное положительное действие они оказывают на урожайность хлопчатника, риса и других культур на фоне умеренных норм азотных удобрений в условиях орошаемого земледелия, а также на легких почвах в зоне достаточного увлажнения. Практическое использование препаратов на основе нитрапирина связано, однако, с определенными трудностями. Из-за высокой летучести нитрапирина исключено заблаговременное введение его в состав азотных удобрений, он плохо растворим в воде и поэтому препаративные формы ингибитора готовятся с использованием легковоспламеняющихся (и летучих) растворителей [1, 4, 8]. Лишь при внесении с жидким аммиаком и другими жидкими удобрениями обеспечивается простая и безопасная технология применения ингибиторов нитрификации на основе нитрапирина [1, 4—8].

В настоящее время в нашей стране и за рубежом ведется интенсивный поиск ингибиторов нитрификации, которые не только обладают высокой селективностью действия и необходимыми токсиколого-гигиеническими свойствами, но и наиболее технологичны. Одним из перспективных ингибиторов нитрификации является японский препарат АТС-60 (на основе нелетучего и растворимого в воде 4-амино-1,2,4-триазола), который пока недостаточно изучен с агрохимической точки зрения [2, 5, 9, 13].

Цель и методика исследований

В совместных исследованиях кафедры агрономической и биологической химии Тимирязевской академии и Научно-исследовательского и проектно-технологического института жидких удобрений в 1980—1982 гг. изучалась эффективность ингибиторов нитрификации на основе нитрапирина (американского N-serve, отечественных ТХМП и пикохлора) и японского АТС-60.

В лабораторных опытах оценивали степень и продолжительность ингибирующего действия этих препаратов на нитрификацию азота аммиачной воды ($N_{в.а}$), мочевины (N_M) и жидких комплексных удобрений (ЖКУ — базисный раствор 10—34—0 с мочевиной) в дерново-подзолистых почвах, характеристика которых представлена в табл. 1.

Почву с удобрениями и ингибиторами нитрификации компостировали в стаканах с искусственным дренажом в биологических термостатах при температуре 28—30 °С и влажности на уровне 60 % полной влагоемкости почвы. Фоновые фосфорно-калийные удобрения вносили в форме суперфосфата и хлористого калия из расчета 10 мг д. в. на 100 г, а азот в форме соответствующих удобрений — 20 мг на 100 г, повторность опытов при закладке 10—12-кратная. Через каждые 2 нед в почве определяли содержание нитратного (на спектрофотометре) и аммонийного (колориметрическим методом с реактивом Несслера) азота в двух биологических и аналитических повторениях.

В трех вегетационных опытах с мечеными ^{15}N азотными удобрениями (сульфатом аммония в 1980 г., сульфатом аммония и мочевиной — в 1981 г.) в динамике изучали влияние ингибиторов нитрификации на использование ячменем сорта Московский 121 азота почвы и удобрений, превращение в почве и потери азота удобрениями.

Т а б л и ц а 1

Агрохимическая характеристика почв

Гумус по Тюрюну	$N_{общ}$	$pH_{сол}$	H_T	S	V	Подвижные формы по Кирсанову, мг/100 г	
						P_2O_5	K_2O
%		мг · экв/100 г			%		
Лабораторные опыты с $N_{в.а}$							
2,5	0,12	5,2	1,3	7,7	86	14,5	10,6
Лабораторные опыты с N_M и ЖКУ							
2,5	0,12	5,1	4,1	8,1	66	14,9	12,5
Вегетационные опыты							
2,4	0,12	4,9	3,3	8,5	72	3	6,0

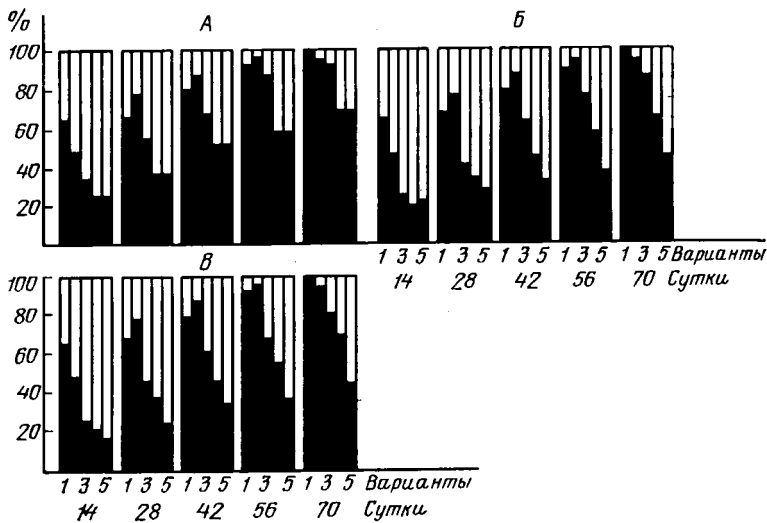


Рис. 1. Нитрификация аммиачной воды при внесении АТС-60 (А), N-serve (Б) и ТХМП (В) в лабораторных опытах.

1 — $P_c K_x$ (фон); 2 — фон + N_{b-a} ; 3 — фон + N_{b-a} + ингибитор в дозе 0,5 % от азота удобрений; 4 — фон + N_{b-a} + ингибитор в дозе 1 %; 5 — фон + N_{b-a} + ингибитор в дозе 2 %.

ний. Дерново-подзолистую почву известковали по полной гидролитической кислотности. Емкость сосудов в опытах с сульфатом аммония — 5 кг, с мочевиной — 3 кг почвы. Азот в форме указанных выше удобрений вносили из расчета 0,1 г на 1 кг по фону РК (из расчета 0,07 г P_2O_5 и 0,1 г K_2O), все 4 ингибитора нитрификации — при набивке сосудов в дозе 1—2 % от N удобрений. В опыте 1981 г. с мочевиной наряду с изучавшимися ингибиторами нитрификации применяли гидрохинон в качестве ингибитора уреазной активности в дозе 10 % от азота удобрения [9—12, 14]. При промежуточных сроках наблюдений биологическая повторяемость 2-кратная, а при учете урожая — 4-кратная. В почве и растениях определяли содержание $N_{обд}$ по Кьельдалю — Йодльбауэру, $N_{мин}$ ($N-NO_3$ и $N-NH_4$) в почве — в вытяжке 1 н. NaCl по Кьельдалю, изотопный состав азота почвенных и растительных образцов после соответствующей подготовки и масс-спектрометрическим методом.

Результаты исследований

В лабораторных опытах с аммиачной водой сравнивали действие ингибиторов нитрификации в дозах 0,5; 1,0 и 2 % от азота удобрений (рис. 1). В контроле (без ингибиторов) доля нитратного азота от суммы минерального в почве через 2, 4, 6 и 8 нед составляла соответственно 47; 77; 86 и 93 %. Отечественный и американский ингибиторы на основе нитрапирина при всех изучавшихся дозах были равноценны по своему влиянию на нитрификацию. Степень и длительность ингибирующего действия возрастала с увеличением доз этих препаратов.

АТС-60 в дозе 0,5 % несколько уступает препаратам типа нитрапирина. Через 2, 4, 6, 8 и 10 нед на долю нитратного азо-

та в этом варианте приходилось соответственно 33; 55; 66; 86 и 90 %, а при тех же дозах ингибиторов на основе нитрапирина — 24—25; 41—45; 60—62; 67—77 и 80—86 % суммы минерального азота в почве. В дозах 1 % все изучавшиеся препараты оказывали практически одинаковое ингибирующее действие на нитрификацию, а в дозе 2 % АТС-60 несколько превосходил нитрапирин.

В лабораторных опытах с мочевиной и ЖКУ (где дополнительно азот вводили также в форме мочевины) изучавшиеся препараты на основе нитрапирина в эмульгируемой форме и водорастворимый АТС-60 мало различались по степени и продолжительности ингибирующего нитрификацию действия. При дозе 1 % отмечалось достаточно длительное сохранение значительной доли внесенного азота в аммонийной форме (рис. 2).

Через 8—10 нед компостирования почвы с ингибиторами в дозах 0,5—1 % от азота удобрений ее нитрификационная способность постепенно восстанавливалась до уровня в варианте с азотом без ингибиторов.

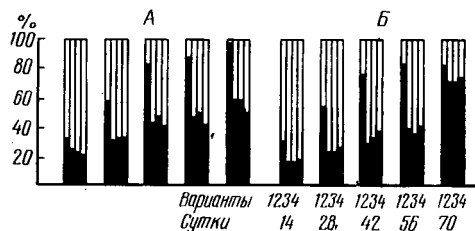


Рис. 2. Нитрификация мочевины (А) и азота ЖКУ с мочевиной (Б) при внесении ингибиторов в лабораторных опытах.

1 — $P_c K_x$ (фон); 2 — фон + N + N-serve; 3 — фон + N + ТХМП; 4 — фон + N + АТС-60. Доза ингибиторов нитрификации 1 % от азота удобрений.

Урожай ячменя и использование растениями азота почвы и удобрения

Вариант опыта	Урожай, г абсолютного сухого вещества на сосуд		Использовано растениями азота, мг на сосуд			
	зерно	солома	всего	из удобрения	из почвы	«экстра-азот»
1980 г.						
РК (фон)	5,52	11,41	214	—	214	—
Фон+N _a	12,91	21,50	521	252	269	55
» » +N-serve	13,40	21,22	533	254	279	65
» » +ТХМП	13,42	21,48	534	256	278	64
» » +АТС	13,31	21,53	542	257	285	71
НСР ₀₅	0,70	0,44				
1981 г.						
РК (фон)	6,51	12,62	231	—	231	—
Фон+N _a	14,82	24,65	555	242	313	82
» » +N-serve	15,21	25,18	568	253	315	84
» » +пиклолор	15,30	24,30	566	253	313	82
» » +АТС	15,31	25,09	568	249	319	88
НСР ₀₅	0,62	0,62				
1981 г.						
РК (фон)	3,84	5,62	112	—	112	—
Фон+N _м	7,82	12,80	305	152	153	41
» » +N-serve	8,02	12,81	316	161	155	43
» » +N-serve+гидрохинон	8,20	13,02	328	170	158	46
Фон+АТС	8,11	13,10	321	159	162	50
» » +АТС+гидрохинон	8,00	12,89	318	161	157	45
НСР ₀₅	0,80	0,42				

Отсутствие существенных различий в общем количестве минерального азота в почве при внесении ингибиторов (в том числе и заведомо завышенных доз АТС-60 порядка 5—20 % от азота удобрений [5] в специальных опытах) и одного азота без ингибиторов косвенно указывает на то, что изучавшиеся препараты не угнетают процессы минерализации и иммобилизации азота.

Наблюдения за динамикой меченых и немеченых минеральных соединений азота в почве под растениями в вегетационных опытах подтвердили активное торможение нитрификации азота удобрений и минерализованного азота почвы в начальный период вегетации под действием всех изу-

чавшихся препаратов [3, 9]. Ингибиторы нитрификации и гидрохинон как ингибитор уреазной активности не оказывали существенного влияния на мобилизацию почвенного азота при внесении азотных удобрений и усвоение «экстра-азота» ячменем (табл. 2).

Основное количество азота удобрений потреблялось растениями до выхода в трубку. Применение ингибиторов нитрификации обеспечивало сохранение в этот период большей доли оставшегося в почве в минеральной форме меченого азота удобрений и ограничивало его потери, особенно интенсивные в первые 2—3 нед с начала опытов (рис. 3).

Потери азота сульфата аммония под

Таблица 3

Баланс азота удобрений в вегетационных опытах с ¹⁵N (% внесенного количества)

Показатель	1980 г.				1981 г.			1981 г.					
	N _a (фон)	по фону			N _a (фон)	по фону		N _м (фон)	по фону				
		N-serve	ТХМП	АТС		N-serve	пиклолор		АТС	N-serve	N-serve + гидрохинон	АТС	АТС+гидрохинон
Использовано растениями	50	51	51	51	48	52	51	50	51	54	57	53	54
Осталось в почве	22	29	28	28	22	25	26	27	19	21	23	23	24
Газообразные потери	28	20	21	21	30	23	23	23	30	25	20	24	22

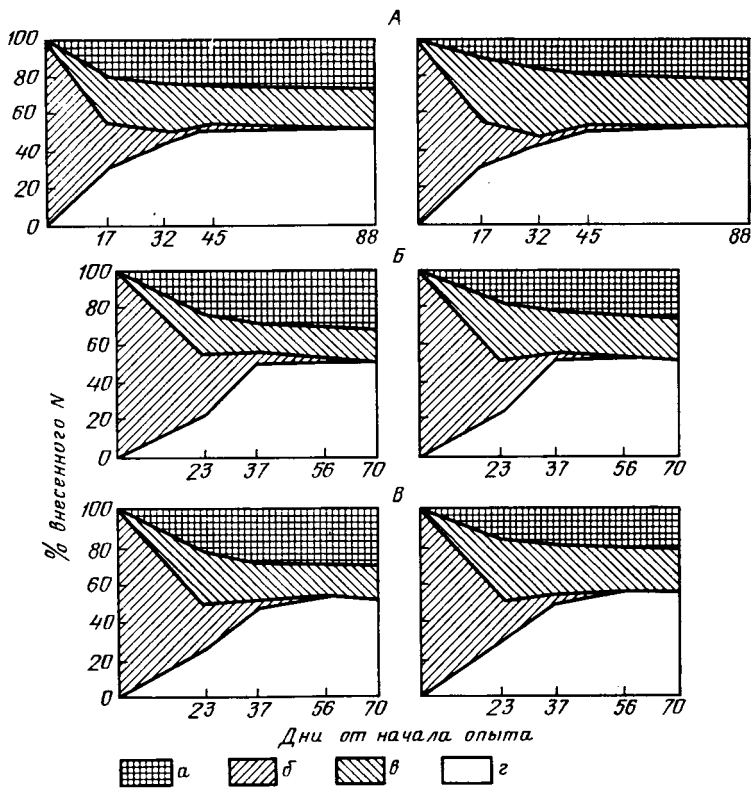


Рис. 3. Баланс меченого ^{15}N азота удобрений при внесении ингибиторов нитрификации в вегетационных опытах с ячменем.

А — опыт с сульфатом аммония 1980 г., ТХМП; Б — 1981 г., N-serve; В — опыт с мочевиной 1981 г.; а — потери; б — минеральный азот; в — закрепилось в почве в органической форме; г — использовано растениями. Слева — в вариантах без ингибиторов; справа — с ингибиторами.

действием ингибиторов нитрификации снижались с 28—30 до 21—23 % внесенного количества, при этом АТС не уступал препаратам на основе нитрапирина (табл. 3).

В опыте с мочевиной газообразные потери азота в результате применения ингибиторов нитрификации N-serve и АТС-60 уменьшались менее значительно — с 30 до 24—25 %, при совместном использовании с ними гидрохинона — до 20—22 % от внесенного азота.

На фоне достаточно высокой нормы азота, обычно применяемой в вегетационных опытах, снижение потерь азота удобрений под действием ингибиторов нитрификации не может существенно сказаться на уровне азотного питания и урожая. В наших вегетационных опытах, однако, проявлялась четкая тенденция к повышению урожая зерна ячменя, общего потребления азота и коэффициентов использования растениями азота удобрений вследствие снижения его потерь под влиянием ингибиторов нитрификации (табл. 2 и 3).

Выводы

1. АТС-60 в дозах 1—2 % от азота удобрений не уступал препаратам на основе нитрапирина американского и отечественного производства по степени и продолжительности ингибирующего действия на нитрификацию азота аммиачных и аммонийных удобрений, мочевины и ЖКУ в лабораторных и вегетационных опытах.

2. Ингибиторы нитрификации не привели к снижению дополнительной мобилизации почвенного азота под влиянием азотных удобрений и использования «экстра-азота» растениями.

3. Газообразные потери меченого ^{15}N азота сульфата аммония при внесении ингибиторов нитрификации уменьшались в той же степени, что и потери азота мочевины при совместном применении ингибитора уреазной активности и ингибиторов нитрификации — с 28—30 до 20—23 % азота удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Докл. на совет.-америк. симпоз.: Технол. применения и результаты производств. испытаний ингибитора нитрификации N-serve на хлопчатнике и рисе (25—27 марта 1980 г., Ташкент). М.: МСХ СССР,

ВПНО Союзсельхозхимия, Совет.-америк. комис. по сотрудничеству в обл. сельск. хоз-ва, ЦИНАО, 1980. — 2. Муравин Э. А. Применение ингибиторов нитрификации для снижения потерь и повышения эффективно-

сти азота удобрений. — В кн.: Итоги науки и техники. Сер. почвовед. и агрохим., т. 3. Проблемы агрохим. азота. М.: ВИНТИ, 1979, с. 5—83. — 3. Муравин Э. А., Сидоренко О. Д., Хрушкова Т. А., Кузьмич М. А. Влияние ингибиторов нитрификации на превращение азотных удобрений, численность и активность свободноживущих азотфиксаторов в дерново-подзолистой почве. — В сб.: Пробл. хим. и мелиор. М.: ТСХА, 1981, с. 14—21. — 4. Муравин Э. А., Смирнов П. М. Свойства нитрапирина, определяющие технологию применения его препаратов в качестве ингибиторов нитрификации. Там же, с. 22—38. — 5. Муравин Э. А., Мочкова Т. В., Нейгебаур Э. Ф., Емельянов В. И. Превращение в почве и эффективность жидких аммиачных удобрений при использовании ингибиторов нитрификации (препаратов на основе нитрапирина АТС). — В сб.: Вопр. агрохим. азота. М.: ТСХА, 1982, с. 26—33. — 6. Повышение эффективности азотных удобрений с помощью ингибиторов нитрификации. — Сб. науч. тр. М.: ЦИНАО, 1979. — 7. Смирнов П. М., Муравин Э. А., Нейгебаур Э. Ф., Мочкова Т. В., Косоротов В. И. Превращение в почве и эффективность азотных удобрений при использовании ингибиторов нитрификации. — Агрохим., 1981, № 1, с. 3—12. — 8. Смирнов П. М., Муравин Э. А., Базилевич С. Д., Кидин В. В. Основные результаты изучения и перспективы применения ингибиторов нитрификации для повышения эффективности азотных удобрений. — Агрохим., 1981, № 12, с. 3—15. — 9. Хрушкова Т. А. Изучение действия ингибиторов нитрификации (препаратов на основе нитрапирина и АТС) на несимбиотическую азотфиксацию в почве. — В сб.: Вопр. агрохим. азота. М.: ТСХА, 1982, с. 64—72. — 10. Bremner I. M., Douglas L. A. — Soil Biol. Biochem., 1971, vol. 3, p. 297—307. — 11. Bundy L. G., Bremner I. M. — Soil Biol. Biochem., 1974, vol. 6, p. 27—30. — 12. Bundy L. G., Bremner I. M. — Soil Biol. Biochem., 1974, vol. 6, p. 369—378. — 13. Guthrie T. F., Botke A. A. — Soil Sci. Soc. Amer. J., 1980, vol. 44, p. 314—320. — 14. Sahrawat K. L. — Plant a. Soil, 1980, vol. 57, p. 335—352.

Статья поступила 8 февраля 1983 г.

SUMMARY

Effect of different inhibitors of nitrification of the use of soil and fertilizer nitrogen by plants as well as on the nitrogen balance in the soil-plant system was studied.

ATC-60 (a Japanese preparation on the basis of 4-amino-1,2,4-triazole) at the rate of 1—2 per cent of nitrogen was no worse than nitropryrine of American and domestic production as to the degree and duration of inhibiting effect on nitrification of nitrogen, aqua ammonia, urea and on gaseous losses of fertilizer nitrogen.