

УДК 631.461.5: [632.954+631.872

## АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ПОЧВ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ВНЕСЕНИИ ГЕРБИЦИДОВ И СОЛОМЫ

О. Д. СИДОРЕНКО, Н. Н. КЛЮЧАРЕВА, Л. К. НИЦЭ

(Кафедра микробиологии)

Исследовалось влияние отдельных гербицидов и их смесей на нитрогеназную активность почвы под рисом. Наиболее заметное ингибирующее действие на нитрогеназную активность почвы оказал сатурн; положительный эффект получен при использовании смеси сатурна и пропанида.

Внесение правильно подобранных косубстратов, стимулирующих жизнедеятельность микрофлоры, является одним из возможных путей регулирования процесса детоксикации гербицидов и повышения биологической фиксации азота атмосферы.

Фиксация азота атмосферы, осуществляемая в основном несимбиотическими гетеротрофными бактериями, имеет чрезвычайно важное значение для повышения плодородия почвы. Внесение химических соединений в почву оказывает определенное влияние на этот процесс.

Действие гербицидов на рост и азотфиксирующую активность бактерий изучалось главным образом в чистой культуре [6, 14]. Единичные работы посвящены определению активности фиксации азота в почве при обработке ее гербицидами [1, 2, 9].

В настоящем сообщении приводятся экспериментальные данные о влиянии отдельных гербицидов или их смесей, используемых против сорняков в посевах риса, на фиксацию азота атмосферы.

### Объекты и методы исследования

В опытах использовали лугово-черноземовидные почвы Краснодарского края: лугово-болотную, перегноино-глеевую, торфяно-глеевую (табл. 1). Гербициды вносили из расчета: сатурн — 5 кг, ронстар — 1, смесь сатурна и пропанида — соответственно 4 и 2 кг д. в. на 1 га.

Лабораторные опыты закладывали в химических стаканах. Вносили 200 г почвы (сухой массы) и измельченную солому 200 мг (из расчета 5 т/га). Гербициды применяли в виде водной эмульсии. Почва была затоплена слоем воды 2 см, который поддерживался в течение всего опы-

та. Компостирование проводили в термостате при температуре 28°. Сроки отбора образцов почвы для анализа и варианты опытов указаны в таблицах. Повторность опыта 4-кратная.

Вегетационный опыт закладывали в полистиленовых сосудах (4 кг воздушно-сухой почвы); повторность — 5-кратная. Азот в виде сульфата аммония (из расчета 300 кг/га) вносили в 2 срока: перед посевом и в фазу всходов; измельченную рисовую солому в дозе 8 г/сосуд (из расчета 5 т/га) — за месяц до посева риса сорта Краснодарский 424. В сосуде оставляли по 7 растений. Обработка гербицидами проводилась по всходам риса.

Азотфиксирующую активность почвы определяли ацетиленовым методом [7].

### Результаты

Гербициды, внесенные в почву, могут оказывать и стимулирующее [6, 9, 14], и ингибирующее [12, 15] действие на развитие азотфиксирующих бактерий и их биохимическую активность.

Результаты наших модельных опытов показали, что действие гербицидов на нитрогеназную активность в значительной степени связано с наличием в почве органических веществ (табл. 2). Ни один из гербицидов, применяемых отдельно или в смеси (за редким исключением), не оказывал существенного ингибирующего действия на несимбиотическую фиксацию азота в почве.

Т а б л и ц а 1

Характеристика лугово-черноземовидных почв

Показатель	Лугово-болотная глинистая	Перегноино-глее- вая тяжелосугли- нистая	Торфяно-глеевая легкоглинистая
Содержание гумуса, %	5,16	4,09	7,70
Общий азот, %	0,38	0,36	0,52
Легкогидролизуемый азот, мг/100 г	6,70	7,16	8,20

Азотфиксирующая активность образцов плавневых почв (мкг N<sub>2</sub>/кг·сут)  
при обработке их гербицидами без внесения соломы (числитель)  
и при компостировании с соломой (знаменатель)

Лугово-болотные			Перегнойно-глиевые			Торфяно-глиевые		
срок компостирования, сут								
14	20	30	14	20	30	14	20	30
1 — контроль								
157,6	6,2	4,2	159,9	7,2	6,8	181,8	7,5	7,5
<u>1942,1</u>	<u>3311,7</u>	<u>3422,4</u>	<u>1792,7</u>	<u>2747,3</u>	<u>2134,4</u>	<u>1379,7</u>	<u>2105,6</u>	<u>13,4</u>
2 — сатурн								
446,3	5,3	4,4	171,7	5,7	4,7	201,3	10,4	6,1
<u>2226,6</u>	<u>3308,0</u>	<u>1933,6</u>	<u>2658,0</u>	<u>2757,3</u>	<u>19574,7</u>	<u>942,1</u>	<u>2004,8</u>	<u>8,5</u>
3 — ронстар								
152,5	6,1	5,6	178,3	8,5	6,3	172,1	9,2	9,8
<u>1581,1</u>	<u>3200,2</u>	<u>20753,5</u>	<u>2132,4</u>	<u>3113,3</u>	<u>22797,3</u>	<u>729,9</u>	<u>2270,9</u>	<u>6,7</u>
4 — сатурн + пропанид								
103,1	6,8	5,8	181,3	6,1	7,8	142,1	12,4	9,4
<u>1924,2</u>	<u>2442,4</u>	<u>18049,0</u>	<u>2433,7</u>	<u>3135,2</u>	<u>23359,5</u>	<u>903,0</u>	<u>2605</u>	<u>9,7</u>

Заметное снижение нитрогеназной активности наблюдалось в вариантах без внесения соломы, т. е. активность диазотрофов связана с наличием дополнительного источника энергии. При внесении соломы в почву ингибирующее действие гер-

бицидов либо значительно ослаблялось, или не наблюдалось вообще.

Нами испытано влияние на нитрогеназную активность почвы ряда соединений, входящих в состав соломы — лигнина, целлюлозы, глюкозы и др. Внесение глю-

Таблица 3

Изменение нитрогеназной активности (мкг N<sub>2</sub>/кг·сут) лугово-болотной почвы в зависимости от вида гербицида и наличия субстрата

Вариант опыта	Без органики	Глюкоза	Крахмал	Лигнин	Целлюлоза
1 сут					
1	65,0	5360,5	1446,3	67,5	783,6
2	60,0	5402,6	1350,5	63,7	86,6
3	52,6	5210,4	1260,7	56,5	76,0
4	63,3	5556,3	1530,3	68,4	77,0
3 сут					
1	72,6	4260,5	2235,4	77,7	125,6
2	69,0	4280,3	2410,3	73,5	127,5
3	63,5	4160,2	2300,5	66,2	115,0
4	76,7	4370,6	2450,4	76,5	127,0
10 сут					
1	75,4	2100,0	2865,0	92,8	316,5
2	69,6	2250,3	2780,5	88,5	335,6
3	65,0	2165,8	2760,5	82,2	308,3
4	77,8	2280,6	2870,3	88,8	340,7
20 сут					
1	66,6	560,5	746,8	110,5	383,7
2	67,8	570,4	755,5	118,6	393,4
3	66,3	566,7	760,6	105,2	390,0
4	67,3	578,3	770,5	125,3	395,0
30 сут					
1	68,2	260,4	525,4	180,6	356,6
2	70,5	275,7	530,5	186,3	363,5
3	67,8	268,5	542,2	187,0	358,8
4	72,2	277,8	566,4	187,2	370,5

Динамика актуальной азотфиксирующей активности лугово-болотной почвы  
(мкг N<sub>2</sub>/кг•сут) по фазам вегетации

Вариант опыта	Всходы	Кущение	Полная спелость	После уборки
РК	11,2	15,3	—	—
РК + солома	17,6	18,7	9,6	8,7
НПК	9,7	14,5	—	—
НПК + солома	18,3	20,2	13,6	12,3
НПК + смесь гербицидов (сатурн + пропанид)	10,4	12,7	9,8	9,0
НПК + солома + смесь гербицидов	16,6	19,1	12,2	10,8
НПК + ронстар	10,5	14,2	9,7	8,5
НПК + солома + ронстар	15,4	17,7	12,0	10,9

козы в почву стимулировало нитрогеназную активность (табл. 3), но целлюлоза и крахмал оказывали более продолжительное стимулирующее действие, чем глюкоза.

Ингибирующе действовал сатурн, внесенный на фоне лигнина, особенно в первые 10 дней. Это объясняется, по-видимому, тем, что лигнин — соединение стойкое к микробиологической деградации и поэтому в первые 10 дней не может служить источником энергии и питания для гетеротрофных диазотрофов.

Наиболее заметное ингибирующее действие на нитрогеназную активность почвы оказал сатурн; был индифферентным или стимулировал ее ронстар, явно положительно действовала смесь гербицидов сатурн + пропанид. В последнем случае сатурн утратил свое ингибирующее влияние, что, видимо, можно объяснить внесением меньших, чем при раздельном использовании этих гербицидов, доз препаратов. При этом концентрация последних в почве оказывается ниже уровня (порога) той, которая ингибирует биохимическую активность свободноживущих азотфиксаторов.

Этот факт свидетельствует о широких перспективах применения смесей гербицидов.

Наличие органического вещества в почве также способствует адсорбции гербицидов, в результате чего их ингибирующее действие снижается или полностью исключается [3, 8, 13].

В нашем вегетационном опыте солома способствовала интенсивной биологической фиксации азота почвы при внесении любых химических соединений (табл. 4).

Смесь гербицидов сатурн + пропанид или отдельно внесенный гербицид на фоне РК весьма незначительно изменяли нитрогеназную активность почвы, а при добавлении соломы существенно увеличивали ее. Отрицательно влияли на нитрогеназную активность почвы минеральные азотные удобрения, на фоне соломы они значительно повышали ее.

Дополнительное внесение органических субстратов в почву (соломы, глюкозы и др.) резко стимулирует процесс фиксации молекулярного азота. При этом органические соединения играют роль кометаболита, который усиливает развитие гетеротрофных микроорганизмов и способствует расширению видового состава микроорганизмов, а также обеспечивают быструю трансформацию чужеродных соединений.

Стимулирующее действие гербицидов на нитрогеназную активность почвы объясняется также, по-видимому, созданием более благоприятного для развития гетеротрофных анаэробных азотфиксаторов окислительно-восстановительного уровня (снижение  $gH_2$ ) [10].

Таким образом, биологическая фиксация азота в затопленных почвах рисовых полей усиливается под влиянием низкого окислительно-восстановительного потенциала в присутствии органического вещества.

Нитрогеназная активность почвы изменяется в зависимости от фазы развития растений и достигает максимальных значений в фазу кущения риса, когда интенсивность эксудативного процесса у корней растений и корневой опад достигают максимума [4].

В корневой зоне растений ингибирующее действие минеральных азотных удобрений снижается вследствие уменьшения их концентрации и иммобилизации почвенными микроорганизмами.

Создание оптимального соотношения C:N в корневой зоне растений в значительной мере создается благодаря корневым эксудатам и опад. Стимулирующее влияние растений на деятельность несимбиотических гетеротрофных бактерий наиболее вероятно связано с массивным поступлением в прикорневую зону легкодоступного энергетического субстрата в продуктах экзоосмоса и отмерших клеток и корешков.

Таким образом, результаты лабораторных и вегетационных опытов позволяют сделать следующие выводы. Состояние гербицидов, введенных в экосистему, в большой степени зависит от экологических условий. Внесение в почву правильно подобранных ко-субстратов, стимулирующих деятельность микрофлоры, является одним из возможных путей регулирования процесса детоксикации гербицидов и повышения биологической фиксации азота атмосферы. Выявлено повышение эффективности гербицидов при внесении их в смеси друг с другом. Это, видимо, связано с применением в данном случае меньших доз препаратов (по сравнению с дозами отдельно вносимых гербицидов) и, следовательно, с такими их концентрациями в почве, которые не ингибируют биохимическую активность свободноживущих азотфиксаторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ницэ Л. К., Фомин А. В., Шу-  
милина И. Л. Действие пиримина на  
микробиологическую активность почвы при  
высоких нормах удобрений. — Изв. ТСХА,  
1983, вып. 4, с. 101—104. — 2. Паро-  
менская Л. Н., Брагина Н. Н. Изме-  
нение активности несимбиотической азот-  
фиксации под влиянием гербицидов. —  
Бюл. ВНИИ с.-х. микробиол., 1982, № 36,  
с. 18—21. — 3. Ф о м и н А. В. Влияние  
высоких доз органических и минеральных  
удобрений на эффективность пиримина в  
посевах кормовой свеклы. — Докл. ТСХА,  
1979, вып. 248, с. 122—127. — 4. С ы т-  
ник К. М., Книга Н. М., Мусатен-  
к о Л. И. Физиология корня. Киев: Науко-  
ва думка, 1972, с. 225. — 5. Charyu-  
lu P. B. B. N., Rao V. R. — Cur. Sci.,  
1978, N 47, p. 823—823. — 6. Charyu-  
lu P. B. B. N., Ramkrishna C.,  
Rao V. R. — Bui. Envir. Contam. a. To-  
xic. 1980, N 25, p. 482—478. — 7. Har-  
dy R. W. F., Hols ten R. D., Jak-  
son E. K., Burns R. C. — Pl. Physiol.,  
1968, N 43, p. 2185—1207. — 8. Hay-  
es M. N. B. — Residue Rev., 1970, N 32,  
p. 131—174. — 9. Nayak D. K.,  
Rao V. R. — Soil Biol. Biochem., 1980,  
vol. 12, p. 1—4. — 10. Pal S. S., Sud-  
hakar-Barik, Sethunatran N. —  
Soil. Sci., 1970, vol. 30, N 1, p. 155—158. —  
11. Rao V. R. — Soil Biol. Biochem., 1976,  
vol. 8, p. 445—448. — 12. Simon-Syl-  
vestre G., Fournier J. C. — Adv.  
Agron., 1979, N 13, p. 1—82. — 13. Ste-  
venson F. J. — J. Envir. Quality., 1972,  
p. 333—345. — 14. Tu C. M. — Soil Biol.  
Biochem., 1978, vol. 10, p. 451—456. —  
15. Vlassak K., Heremans K. A. M.,  
Vanrossen A. R. — Soil Biol. Biochem.,  
1976, vol. 8, p. 91—93.

*Статья поступила 15 мая 1985 г.*