

АНАЭРОБНАЯ АЗОТФИКСАЦИЯ В ПОЧВАХ РИСОВЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ВНЕСЕНИИ СОЛОМЫ И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. Т. ЕМЦЕВ, А. Г. ЛАДАТКО

(Кафедра микробиологии ТСХА и Всесоюзный научно-исследовательский институт риса)

Важная роль в накоплении азота в почве принадлежит процессу несимбиотического связывания азота, осуществляемому свободноживущими азотфиксаторами. Особенно возрастает значимость этого процесса в затопляемых почвах рисовых полей, где создается оптимальное для фиксации азота сочетание факторов: плохая аэрация, обуславливающая высокую активность кислородчувствительной нитрогеназной системы, нейтральное значение рН и низкий окислительно-восстановительный потенциал почв. Поэтому уровень фиксации азота в почвах рисовых полей может достигать 30—55 кг N₂ на 1 га [6—9], а при внесении органического материала — 200 кг и более [15, 16]. Уровень связывания молекулярного азота атмосферы в почвах рисовых полей может быть увеличен путем внесения рисовой соломы. Целесообразность ее использования в качестве органического удобрения обосновывается необходимостью не только ежегодного пополнения запасов в почве органического вещества, но и утилизации все возрастающего избытка соломы, не используемого на сель-

скохозяйственные нужды в рисовых хозяйствах.

В задачу настоящих исследований входило изучение влияния рисовой соломы на фиксацию молекулярного азота атмосферы в почвах рисовых полей.

Методика исследований

Для проведения лабораторных опытов весной из пахотного горизонта (0—20 см) брали образцы почв, длительно используемых под культуру затопляемого риса. Перед закладкой опытов почву измельчали и тщательно очищали от пожнивных и корневых растительных остатков. Характеристика почв представлена в табл. 1.

В качестве органического удобрения использовали спелую солому риса сорта Краснодарский 424. Все исследования выполнялись при контролируемых температуре и влажности. Повторность опытов 5-кратная. Варианты опыта: 1-й — почва без соломы; 2-й — почва+солома, 1 % от массы почвы; 3-й — почва+2 % соломы; 4-й — то же, что в 3-м варианте + N сульфата аммо-

Т а б л и ц а 1

Характеристика затопляемых почв рисовых полей

рН _{вод}	рН _{сол}	С		N		С: N	Емкость поглощения, мэкв на 100 г почвы	Масса сухого остатка водной вытяжки, %
		%						
7,18	6,00	1,76	0,19	9,26	43,41	0,06		
7,70	7,09	2,32	0,27	8,59	68,38	0,34		

Азотфиксирующая активность почвы ($\times 10^{-2}$ мг N_2 /кг·24 ч) при разных дозах соломы риса

Вариант опыта	Срок компостирования, дни							
	1	3	5	7	10	12	20	40
Лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая почва								
1	0,16	0,18	0,20	0,24	0,86	0,12	0,11	0,12
2	0,73	7,09	16,32	9,26	174,64	159,26	135,02	123,22
3	1,60	8,59	46,08	17,57	445,32	179,33	151,94	146,06
Лугово-болотная глинистая слабозасоленная почва								
1	0,17	0,21	0,30	0,91	0,71	10,75	0,97	0,11
2	0,71	14,18	5,40	20,33	377,17	149,47	137,76	125,86
3	1,19	71,86	38,49	28,50	398,50	189,48	155,74	153,48
Лугово-болотная глинистая средnezасоленная почва								
1	0,16	0,16	0,35	0,98	0,89	11,64	0,97	0,15
2	0,68	15,84	7,23	12,38	377,37	176,13	144,62	132,14
3	1,12	79,40	48,24	16,82	392,06	178,31	170,39	135,71

ния, 1 % от массы растительных остатков; 5-й — то же, что в 3-м варианте + N мочевины, 1 %.

После закладки опыта и затопления почвы образцы компостировали в темноте при температуре 28°. В сроки проведения анализов компост быстро освобождали от слоя воды, тщательно перемешивали до образования гомогенной консистенции и отбирали аналитическую пробу.

Разную степень засоления хлоридно-сульфатного типа (0,5 и 0,8 %) для лугово-болотной почвы создавали искусственно, используя набор солей согласно шкале засоленности для питательных растворов по Б. П. Строганову [10].

При определении азотфиксирующей активности затопляемой почвы пробу массой 5 г помещали во флаконы объемом 15 мл, затем его немедленно закрывали резиновой пробкой с металлическим зажимом и вводили шприцем ацетилен в количестве 10 % от свободного объема флакона (продуктивность несимбиотической азотфиксации изучали без замены воздуха во флаконах на специальную газовую фазу). Подготовленные таким образом флаконы с почвой инкубировали в темноте при температуре 28° в течение 24 ч. После суточной инкубации шприцем отбирали точный объем газовой смеси для определения количества восстановленного этилена.

Анаэробную азотфиксацию в затопленной почве определяли ацетиленовым методом [13] на газожидкостном хроматографе «Хром-4» с помощью пламенно-ионизационного детектора. Для разделения газов использовали окись алюминия, которой заполняли стеклянную колонку диаметром 3 мм и длиной 1200 мм. В процессе разделения газов поддерживали постоянные температуру колонки (55°) и скорость потока газаносителя — азота (30 мл/мин). Анализируемую пробу газовой смеси вводили в количестве 0,5 мл в колонку хроматографа. Контрольной пробой служила газовая фаза во флаконах аналогичных вариантов, в которые ацетилен не вводили. Количество образовавшегося этилена определяли по стандартным пикам калибровочной кривой.

Количество фиксированного азота в затопленной почве рассчитывали по формуле

$$N = \frac{(a_2 - a_1) V N_2 \cdot 1000}{0,5 n t \cdot 3}$$

где a_1 — количество этилена в контрольной пробе, моль C_2H_4 ; a_2 — количество восстановленного этилена в пробе варианта, моль C_2H_4 ; V — объем газовой фазы сосуда, мл; N_2 — молекулярная масса азота, г; 1000 — коэффициент для пересчета результатов анализа на 1 кг почвы; 0,5 — объем газовой пробы, вводимой в колонку хроматографа, мл; n — масса анализируемого образца почвы, г; t — время экспозиции (время редукции ацетилена), ч; 3 — соотношение между восстановленным этиленом и аммиаком.

Общую численность анаэробов, включая анаэробные (*Clostridium*) и факультативно-анаэробные (*Bacillus polymyxa*) азотфиксаторы, определяли методом предельных разведений на среде Федорова [11] с сахарозой, ломтиком картофеля и 200 мг мела. Маслянокислые бактерии (*Cl. pasteurianum*) учитывали на пептонно-дрожжевой среде, ацетонобутиловые бактерии (*Cl. acetobutylicum*) — на 5 % кукурузном затопе [5].

Реакцию почвенного раствора (pH) и окислительно-восстановительный потенциал (Еh, мВ) определяли на универсальном рН-метре (ОР-204/1, Венгрия).

Результаты исследований

Почвы, используемые в опыте, характеризовались неодинаковой азотфиксирующей способностью. Так, количество фиксированного микроорганизмами азота в лугово-болотной слабо- и средnezасоленной почве было больше, чем в незасоленной лугово-черноземовидной, причем максимальная активность анаэробной азотфиксации отмечена соответственно на 12-й и 10-й дни.

Внесение соломы способствовало значительному повышению уровня азотфиксации во всех почвах. Однако действие разных доз соломы зависело от почвенных условий. Так, при внесении двойной дозы со-

Численность анаэробных бактерий в затопленной почве
($\times 10^8$ клеток на 1 г сухой почвы)

Вариант опыта	Срок компостирования, дни						
	5	7	10	15	20	30	60
Всего анаэробов							
1	2,5	3,5	9,7	10,8	5,2	2,3	0,6
2	10,0	16,6	23,5	19,2	8,5	6,7	4,2
3	40,2	50,0	55,8	50,0	43,5	19,2	12,9
4	70,0	72,0	76,3	70,0	68,7	35,7	20,2
5	83,1	85,7	85,0	73,5	60,6	27,5	18,7
<i>Cl. pasteurianum</i>							
1	1,0	1,5	2,0	2,4	1,6	1,1	0,3
2	6,3	7,6	14,8	10,0	4,8	3,9	2,3
3	20,0	35,7	40,0	33,1	10,0	8,8	4,8
4	40,5	45,2	54,5	48,0	31,2	17,8	9,8
5	35,5	37,7	42,0	39,2	12,5	9,8	9,4
<i>Cl. acetobutylicum</i>							
1	0,7	0,9	1,3	1,5	1,1	0,5	0,3
2	3,0	4,0	8,2	7,3	2,7	2,4	1,7
3	4,5	5,8	10,0	8,5	5,7	5,3	5,0
4	9,3	9,5	12,6	9,0	8,5	7,4	7,0
5	10,2	11,0	20,0	15,1	9,0	8,5	7,4

ломы (2%) в незасоленную лугово-черноземовидную почву активность азотфиксации в среднем за период компостирования была на 59,3% больше, чем в варианте с одинарной дозой (1%), при внесении в слабо- и средnezасоленную лугово-болотную почву — соответственно на 24,8 и 19,5% (табл. 2). Следовательно, с увеличением степени засоления почвы активизирующее влияние двойной дозы соломы на уровень азотфиксации снижается.

Максимальная активность анаэробной азотфиксации при внесении соломы в незасоленную лугово-черноземовидную почву наблюдалась на 5-й и 10-й дни затопления, в засоленную лугово-болотную — на 3-й и 10-й. Причем различия в максимальном уровне азотфиксации между 2-м и 3-м вариантами были наибольшие на 3-й и 5-й дни, наименьшие — на 10-й день затопления. С 12-го по 40-й день компостирования соломы в условиях затопления интенсивность азотфиксации несколько снижалась, стабилизируясь в пределах 1,2—1,9 мг N₂ на 1 кг почвы за сутки.

Резкое усиление уровня азотфиксации в начальный период компостирования соломы, по-видимому, можно объяснить интенсивным переходом в почвенный раствор легко доступных для питания анаэробов водорастворимых органических соединений. Это подтверждается данными о развитии анаэробных азотфиксирующих микроорганизмов, численность которых наибольшая в первые 10 дней затопления (табл. 3). В последующий период по мере расходования запасов легкодоступных соединений углерода в почвенный раствор начинают поступать более сложные органические соединения, одновременно повышается концентрация продуктов анаэробного метаболизма, численность анаэробов снижается, что и приводит к снижению темпов фиксации азота. Наиболее низкие значения Eh также

отмечены на 10-й день компостирования соломы (табл. 4), т. е. в период максимального развития анаэробных азотфиксаторов. Сходная направленность микробиологических (анаэробная азотфиксация) и почвенных (окислительно-восстановительных) процессов дает возможность утверждать, что изменение изучаемых показателей тесно связано с динамикой содержания легкодоступных органических соединений разлагающихся растительных остатков.

Темпы разложения растительных остатков с широким отношением C:N можно увеличить путем дополнительного внесения азотных удобрений. Однако разные формы последних неодинаково влияют на активность азотфиксации. Согласно литературным данным, органические формы азота угнетают азотфиксацию. Так, при внесении 16 мг органического азота на 100 г азотфиксация в почве под рисом полностью подавлялась [15]. Что же касается степени влияния минеральных форм азота на активность азотфиксации в затопленной почве, то мнение исследователей по этому вопросу разноречиво. Отмечается [2], что при внесении минеральных форм азота в количестве 10 мг на 100 г азотфиксация снижается (на 90%). Указывается также [7, 8], что внесение на 1 га 100 кг N в виде сульфата аммония вызывает лишь кратковременное снижение азотфиксации по сравнению с контролем. Фиксация азота существенно тормозится при внесении 500 кг N и практически прекращается при внесении 1000 кг N на 1 га, причем на фоне соломы подавляющее действие связанного азота выражено гораздо слабее, чем при внесении одного азота [7, 8]. В отдельных исследованиях [3, 4] не наблюдалось снижения продуктивности азотфиксации в затопленной почве рисовых полей в результате применения растительных остатков совместно с азотным минеральным удоб-

Изменение Eh (мВ) лугово-черноземовидной почвы в зависимости от длительности предварительного ее компостирования при 60 % влажности, внесения соломы и азотных удобрений

Вариант опыта	Срок компостирования при затоплении почвы, дни						
	0	3	5	7	10	15	20
5 дней предварительного компостирования							
1	220	191	142	133	70	75	90
2	210	140	60	10	2	20	20
3	193	110	42	-10	-25	-10	10
4	160	80	10	-40	-50	-35	-31
5	210	130	30	-20	-30	-20	10
10 дней							
1	258	2140	210	164	80	80	85
2	240	180	100	82	71	70	85
3	210	163	84	45	40	50	70
4	180	100	60	30	25	20	20
5	200	140	70	40	35	40	45
20 дней							
1	311	276	150	130	120	110	110
2	300	260	138	120	108	100	90
3	290	244	110	90	90	80	81
4	273	145	87	73	65	60	40
5	280	211	104	82	80	70	50

рением. Более того, при совместном внесении возрастающих доз соломы (16 и 32 г на сосуд) и сульфата аммония (0,8 г) азотфиксация возрастала, одновременно смещались сроки максимальной активности на более позднее время — соответственно на 33-й и 60-й дни с момента посева.

В наших исследованиях в 4-м и 5-м вариантах анаэробная азотфиксация была слабее, чем в 3-м (табл. 5). Изменение ее активности в условиях затопления под влиянием совместного внесения соломы и разных форм связанного азота, по-видимому, обусловлено неодинаковым превращением их в почве. Наименьшее количество фиксированного азота при внесении соло-

мы с аммиачной формой азота (сульфатом аммония) отмечалось в первые 7—10 дней затопления, с амидной (мочевинной) — на 12—40-й день. Наиболее сильное снижение анаэробной азотфиксации в среднем за период компостирования наблюдалось при внесении соломы совместно с мочевиной. Низкую эффективность мочевины по сравнению с сульфатом аммония можно объяснить сильным тормозящим ее влиянием на азотфиксацию после 10-дневного разложения соломы в условиях затопления.

Различия в количестве фиксированного азота при внесении соломы риса без азотных удобрений и совместно с ними в неза-солонную лугово-черноземовидную и слабо-

Таблица 5

Азотфиксирующая активность почвы ($\times 10^{-2}$ мг N_2 /кг·24 ч) при совместном внесении соломы риса и разных форм азотного удобрения

Вариант опыта	Срок компостирования, дни							
	1	3	5	7	10	12	20	40
Лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая почва								
3	1,60	8,59	46,08	17,57	445,32	179,33	151,94	146,06
4	0,42	4,81	0,32	14,47	420,67	191,13	143,47	149,66
5	0,47	7,87	0,38	14,93	453,91	119,59	128,45	143,81
Лугово-болотная глинистая слабозасоленная почва								
3	1,19	71,86	38,49	28,50	398,50	189,48	155,74	153,48
4	0,56	60,82	0,87	19,42	425,62	171,65	155,64	171,11
5	0,58	77,28	1,12	20,16	468,17	163,94	143,21	164,52
Лугово-болотная глинистая средnezасоленная почва								
3	1,12	79,40	48,24	16,82	392,06	178,31	144,62	132,14
4	0,68	82,08	1,48	17,83	389,34	149,12	123,97	103,13
5	0,97	91,20	1,68	18,41	407,12	123,17	107,67	97,20

Индекс активности анаэробной азотфиксации для лугово-болотных почв разной степени засоленности при внесении соломы и азотных удобрений

Вариант опыта	Срок компостирования, дни							
	1	3	5	7	10	12	20	40
1	1,06	1,31	0,86	0,93	0,80	0,92	1,00	0,73
2	1,04	0,89	0,75	1,64	0,99	0,85	0,81	0,93
3	1,06	0,91	0,80	1,69	1,02	1,06	1,08	1,16
4	0,82	0,74	0,59	1,09	1,09	1,15	1,26	1,66
5	0,59	0,85	0,67	1,10	1,15	1,33	1,33	1,69

Таблица 7

Численность анаэробных бактерий ($\times 10^6$ клеток на 1 г сухой почвы) в слабозасоленной (в числителе) и средnezасоленной (в знаменателе) лугово-болотной почве

Вариант опыта	Срок компостирования, дни							
	5	7	10	15	20	30	60	
Всего анаэробов								
1	4,0	5,4	8,0	9,1	8,5	4,0	2,5	
	<u>5,0</u>	<u>6,6</u>	<u>9,5</u>	<u>10,8</u>	<u>8,6</u>	<u>2,7</u>	<u>1,4</u>	
2	15,5	23,6	35,1	31,8	9,6	8,2	6,4	
	<u>23,3</u>	<u>27,7</u>	<u>21,8</u>	<u>20,8</u>	<u>19,0</u>	<u>11,5</u>	<u>7,9</u>	
3	26,7	39,7	46,0	41,6	16,8	13,5	11,0	
	<u>34,4</u>	<u>38,5</u>	<u>35,2</u>	<u>25,9</u>	<u>23,8</u>	<u>20,8</u>	<u>11,0</u>	
4	70,3	79,1	75,0	60,2	27,7	17,4	14,0	
	<u>42,0</u>	<u>45,8</u>	<u>44,4</u>	<u>38,8</u>	<u>28,8</u>	<u>25,0</u>	<u>14,0</u>	
5	57,8	66,6	64,3	54,6	32,3	25,2	26,4	
	<u>40,4</u>	<u>41,5</u>	<u>40,0</u>	<u>26,5</u>	<u>27,0</u>	<u>22,0</u>	<u>19,1</u>	
Cl. pasteurianum								
1	0,7	1,2	3,0	3,5	2,7	1,2	0,6	
	<u>1,5</u>	<u>2,7</u>	<u>5,7</u>	<u>6,6</u>	<u>3,8</u>	<u>2,0</u>	<u>0,8</u>	
2	7,1	8,9	25,5	22,0	5,0	4,5	2,7	
	<u>5,0</u>	<u>7,7</u>	<u>17,0</u>	<u>13,7</u>	<u>10,2</u>	<u>6,8</u>	<u>3,7</u>	
3	14,2	20,0	35,3	31,2	9,5	7,7	5,5	
	<u>9,7</u>	<u>15,6</u>	<u>26,8</u>	<u>24,0</u>	<u>23,0</u>	<u>15,3</u>	<u>7,5</u>	
4	28,0	30,6	42,3	37,5	12,0	8,8	6,5	
	<u>9,5</u>	<u>10,1</u>	<u>21,0</u>	<u>23,3</u>	<u>25,0</u>	<u>17,5</u>	<u>8,5</u>	
5	18,5	28,0	38,5	35,0	24,5	12,8	7,4	
	<u>8,7</u>	<u>9,2</u>	<u>18,5</u>	<u>20,2</u>	<u>26,4</u>	<u>21,0</u>	<u>9,0</u>	
Cl. acetobutylicum								
1	1,5	2,8	3,0	3,5	2,7	1,2	0,4	
	<u>1,0</u>	<u>2,5</u>	<u>2,7</u>	<u>3,2</u>	<u>1,5</u>	<u>0,7</u>	<u>0,5</u>	
2	2,0	3,0	3,5	3,5	3,0	1,5	0,7	
	<u>1,8</u>	<u>2,5</u>	<u>3,0</u>	<u>2,6</u>	<u>0,8</u>	<u>0,5</u>	<u>0,5</u>	
3	1,0	1,6	2,1	1,7	0,5	0,3	0,3	
	<u>0,8</u>	<u>1,4</u>	<u>1,9</u>	<u>1,6</u>	<u>0,4</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	
4	1,3	2,0	2,3	2,0	0,9	0,5	0,5	
	<u>1,2</u>	<u>1,7</u>	<u>2,2</u>	<u>1,9</u>	<u>0,5</u>	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	
5	1,3	1,7	2,2	1,8	0,7	0,5	0,5	
	<u>0,8</u>	<u>1,0</u>	<u>1,5</u>	<u>0,9</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	

засоленную лугово-болотную почвы уменьшались только в конце 40-дневного затопления, чего нельзя сказать о средnezасоленной лугово-болотной почве (табл. 5). В последнем случае разница между указанными

вариантами сглаживалась несколько позднее, возможно, вследствие депрессирующего влияния солевой концентрации почвенного раствора на скорость протекания биологических процессов.

Считая засоление одним из экологических факторов, ограничивающих развитие биологических процессов, мы рассчитали индекс активности анаэробной азотфиксации в зависимости от степени хлоридно-сульфатного засоления лугово-болотной почвы. За единицу активности принимали значения анаэробной азотфиксации слабозасоленной почвы, которые являлись делителем. Делимой величиной служили значения анаэробной азотфиксации средnezасоленной почвы. Если расчетный индекс меньше 1, то засоление отрицательно сказывается на активности анаэробной азотфиксации, а если больше 1, то положительно.

Результаты расчета показывают (табл. 6), что в варианте без соломы повышенное засоление снижает уровень азотфиксирующей активности затопленной почвы.

При внесении соломы без азотных удобрений устойчивость азотфиксирующего комплекса (почва — микроорганизмы) к повышенному засолению несколько возрастает, особенно в 3-м варианте. Причем эффективность действия соломы проявляется после 7-дневного ее компостирования в условиях затопления почвы. По-видимому, в этот период происходят наиболее энергичные обменные процессы между засоленной почвой, анаэробными микроорганизмами и разлагающейся соломой риса.

Дополнительное внесение азотных удобрений из расчета 1% азота от массы соломы повышает устойчивость азотфиксирующего комплекса к засолению почвы. Причем эффективность действия соломы при разных формах связанного азота неодинаковая. В частности, при совместном внесении с соломой мочевины более эффективна, чем сульфат аммония. Положительное действие совместного применения соломы и азотных удобрений, как и внесение одной соломы, проявляется после 7-дневного ее

компостирования в условиях затопления почвы.

Уровень анаэробной азотфиксации изменялся аналогично динамике численности анаэробных микроорганизмов в затопленной почве при внесении как одной соломы, так и соломы совместно с азотными удобрениями (табл. 2, 3, 7). Максимальное развитие анаэробных микроорганизмов и анаэробная азотфиксация при внесении соломы (1 и 2%) независимо от типа почвы и степени ее засоления отмечены на 10-й день затопления. При совместном применении соломы и амидной формы азота максимум общей численности анаэробных микроорганизмов в незасоленной лугово-черноземовидной почве приходился на 7-й день, а азотфиксирующей способности затопленной почвы — на 10-й день. Такого разрыва не наблюдалось при внесении соломы с сульфатом аммония. В условиях слабо- и средnezасоленной лугово-болотной почвы и та и другая формы азота, внесенные вместе с соломой, одинаково ускоряли развитие анаэробных микроорганизмов и процесса азотфиксации.

Заключение

Внесение рисовой соломы в почву способствует значительному повышению ее азотфиксирующей активности. Фиксация азота в затопленной почве при внесении рисовой соломы достигает наибольшего уровня на первых этапах ее разложения. С увеличением дозы соломы анаэробная фиксация существенно усиливается. При внесении соломы несколько повышается устойчивость азотфиксирующего комплекса (почва — микроорганизмы) к повышенному засолению, особенно при более высокой ее дозе (2% от массы почвы).

При внесении азотных удобрений совместно с рисовой соломой фиксация азота анаэробами тормозится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е. В. Руковод. по хим. анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. — 2. Баландро Ж. П., Доммерг И. Р., Умаров М. М. Определение несимбиотической азотфиксации в ризосфере риса ацетиленовым методом. — В сб.: Повышение плодородия почв рисовых полей. М.: Наука, 1977, с. 246—251. — 3. Востров И. С., Долгих Ю. Р. Аппликационные методы определения активности микрофлоры затопленной почвы рисовых полей. — Там же, с. 76—96. — 4. Востров И. С., Сидоренко О. Д., Рао В. Р. Использование рисовой соломы как органического удобрения под культуру риса. — Там же, с. 222—238. — 5. Емцев В. Т. Методы количественного учета различных видов маслянокислых и ацетонобутиловых бактерий в почве. — Докл. ТСХА, 1965, вып. 19, с. 123—130. — 6. Калининская Т. А., Миллер Ю. М., Култышкина И. Т. Изучение азотфиксирующей активности почв разного типа с помощью $^{15}\text{N}_2$. — В сб.: Применение стабильного изотопа в исследованиях по земледелию. М.: Колос, 1973, с. 55—61. — 7. Калининская Т. А., Миллер Ю. М., Рао В. Р. и др. Активность несимбиотической азотфиксации в почвах рисовых полей. — В сб.: Повышение плодородия почв рисовых полей. М.: Наука, 1977, с. 97—106. — 8. Калининская Т. А., Рао В. Р., Волкова Т. Н. и др. Определение азотфиксирующей активности почвы, занятой под посевами риса, при помощи ацетиленового метода. — Микробиол., 1973, т. 42, вып. 3, с. 481—485. — 9. Мамитов Ш. В., Калининская Т. А., Илялетдинов А. Н. и др. Азотфиксирующая способность лугово-болотной карбонатной почвы, используемой под культуру риса. — Изв. АН КазССР, сер. биол., 1974, № 3, с. 62—66. — 10. Строгонов Б. П. Физиологические основы солеустойчивости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 11. Федоров М. В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1957. — 12. Woppeau M. — Sci. Sol., 1971, N 1, p. 31—46. — 13. Hardy R. W. F., Holsten R. D., Jackson E. K., Burns R. C. — Plant Physiol., 1968, vol. 43, N 8, p. 1185—1207. — 14. Harmsen J. W., Schreven D. A. — In: Advances in agronomy, 1955, vol. 7, N-Y., p. 299—308. — 15. Yoshida T., Ancajas R. R. Soil Biol. Biochem., 1973, vol. 5, N 1, p. 153—168. — 16. Rice W. A., Paul E. A., Wetter L. R. — Canad. J. Microbiol., 1967, vol. 13, N 7, p. 829—836.

Статья поступила 9 марта 1983 г.