

УДК 633.18.03:631.461.71

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СУЛЬФАТРЕДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ В ПОЧВЕ, РИЗОСФЕРЕ И РИЗОПЛАНЕ РИСА

Т. Е. ЛИМАРЬ, О. Д. СИДОРЕНКО

(Кафедра микробиологии)

При длительном затоплении некоторых почв и прежде всего почв, богатых органическим веществом, увеличивается содержание сероводорода в поливных водах, которое может достигать 6—12 мг/л [9]. Интенсивное накопление восстановленных продуктов, в частности сероводорода, неблагоприятно сказывается на росте риса, особенно в период прорастания, что приводит к изреживанию всходов [1, 4, 16].

В образовании и накоплении сероводорода в почве огромная роль принадлежит сульфатредуцирующим бактериям, широко распространенным под рисом [6, 7, 12]. Эти бактерии являются ведущей группой в микрофлоре затопленных почв, влияющей на взаимоотношения между другими почвенными микроорганизмами [15] и на мобилизацию запасов азота, фосфора и калия. Сероводород, образующийся в результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий и гнилостных микроорганизмов, действует как ингибитор роста и резко снижает поступление в растение питательных элементов [6]. Он инактивирует ферменты, содержащие тяжелые металлы, что может привести к полной гибели корней растений [11, 18].

Влияние риса на распространение сульфатредуцирующих бактерий в ризосфере в литературе освещено недостаточно полно. Нет единого мнения относительно избирательности этих бактерий по отношению к корневой системе риса: одни исследователи

отмечают положительный ризосферный эффект для сульфатредукторов [10, 13], другие — отрицательный [17]. Вероятно, отмеченные противоречия обусловлены не только неодинаковыми методами исследования, но и различиями в типе почвы, ее состоянии, а также фазе вегетации риса.

Нами изучалось распространение сульфатредуцирующих бактерий в почве, ризосфере и ризоплане риса на полях Кубани. Представлялось также интересным выяснить, какую долю составляют сульфатредуцирующие бактерии в общем количестве микроорганизмов, участвующих в биологическом восстановлении сульфатов.

Методика и объекты исследования

Работа была выполнена в элитно-семеноводческом хозяйстве «Красное» Краснодарского края на экспериментальной базе ВНИИ риса. Почва опытного участка лугово-черноземовидная тяжелосуглинистая, содержание гумуса 3,8—4,2 %, общего азота — около 0,2 %.

В схему опыта входило 6 вариантов, из них 4 варианта на участках монокультуры риса с 1937 г.: 1 — без удобрений (контроль), 2 — 180N120P60K, 3 — 120N90P60K + сидераты (озимая рожь + горох), 4 — те же сидераты в количестве 280—290 ц/га. Варианты 5 и 6 — рис в севообороте соответственно после 1- и 6-летнего посева люцерны (без удобрений).

Т а б л и ц а 1

Динамика численности сульфатредуцирующих (в числителе) и гнилостных бактерий (в знаменателе) в лугово-черноземовидной почве (тыс. на 1 г абсолютно сухой почвы)

Вариант опыта	До затопления (май)	Всходы (июнь)	Кущение (июль)	Цветение (август)	После сброса воды (сентябрь)
1	17	1340	3196	98	170
	9	681	77	7	23
2	48	6900	14100	690	460
	37	1120	390	12	14
3	420	8650	24130	1153	1720
	151	3870	330	49	37
4	500	10790	42560	846	2240
	163	4062	307	30	42
5	160	5300	8410	660	540
	125	2070	451	52	49
6	21	1910	5472	603	170
	13	809	280	38	35

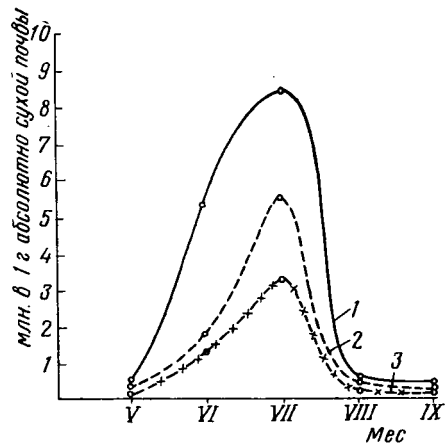
Количество гнилостных и сульфатредуцирующих бактерий определяли соответственно на мясо-пептонном бульоне и среде Постгейта методом предельных разведений, численность сульфатредуцирующих бактерий в ризосфере — по общепринятой методике [5], микроорганизмов в ризоплане — путем посева суспензии соответствующего разведения, полученной взбалтыванием отмытых от почвы корней риса со стерильным песком. Инкубацию проводили в термостате при 28° в течение двух недель. Количество микроорганизмов рассчитывали по таблице Мак-Креди. Коэффициент избирательности микроорганизмов (КИ) определяли как отношение их количества в ризосфере или ризоплане к численности в контрольном образце почвы.

Результаты исследований

После затопления рисовых полей (фаза всходов) численность сульфатредуцирующих и гнилостных бактерий значительно возрастала (табл. 1). В начале вегетационного периода (май, июнь) число сульфатредуцирующих бактерий в 1,5—6 раз превышало количество гнилостных бактерий. При падении ОВП ниже 100 мВ (табл. 2) интенсивно развивались сульфатредуцирующие бактерии, а численность гнилостных снижалась. В этот период сульфатредукторы составляли 92—99% общего количества микроорганизмов, образующих сероводород. Следовательно, при затоплении почвы и создании анаэробных условий главными продуцентами сероводорода являлись сульфатредуцирующие бактерии, которые поддерживали таким образом высокую интенсивность круговорота серы в почвах рисовников. В фазу цветения численность этих бактерий снижалась, что можно объяснить накоплением в почве восстановленных продуктов метаболизма, которые ингибировали активное развитие микроорганизмов.

Удобрения влияли на численность сульфатредуцирующих бактерий. Оптимальные условия для развития последних создавались при внесении в почву сидератов и минеральных удобрений с сидератами. В варианте с одними минеральными удобрениями количество этих микроорганизмов было

несколько ниже, а в контроле — на порядок меньше, чем в остальных вариантах. Бессменное возделывание риса приводит к уменьшению количества сульфатредуцирующих бактерий (рисунок), что, вероятно, связано с истощением в почве запасов органического вещества. Аналогичные данные получены и другими исследователями [3].



Динамика численности сульфатредуцирующих бактерий при длительном затоплении.

1 и 2 — рис в севообороте соответственно после 1 и 6 лет посева люцерны; 3 — монокультура риса с 1937 г.

Численность сульфатредуцирующих бактерий в ризосфере риса зависит от фазы вегетации (табл. 3).

Четко выраженный положительный ризосферный эффект характерен для этих микроорганизмов в фазы кушения и цветения. Активное их развитие в зоне корней риса определяется наличием корневых выделений, содержащих необходимые для микроорганизмов субстраты. Из последних идентифицированы органические кислоты, которые в значительном количестве выделяются корнями в почву [16]. Максимум корневых выделений фиксируется в фазу кушения [2], что согласуется с динамикой численности сульфатредуцирующих бактерий в ризосфере в наших опытах.

Таблица 2

Динамика ОВП в лугово-черноземовидной почве под рисом (мВ)

Вариант опыта	До затопления (май)	Всходы (июнь)	Кушение (июль)	Цветение (август)	После сбора воды (сентябрь)
1	+312	+268	+74	+35	+310
2	+336	+258	+76	-37	+303
3	+371	+269	+20	-25	+275
4	+381	+276	+14	-15	+295
5	+351	+294	+65	-14	+280
6	+303	+277	+69	+57	+290

Таблица 3

Динамика численности сульфатредуцирующих бактерий в ризосфере риса

Вариант опыта	Всходы (июль)		Кушение (июль)		Цветение (август)	
	тыс./г	КИ	тыс./г	КИ	тыс./г	КИ
1	697	0,50	15830	4,9	1760	18,0
2	143	0,02	18800	1,3	1980	2,9
3	804	0,09	41200	1,7	3810	3,3
4	720	0,07	32280	0,8	3500	4,1
5	1070	0,20	28960	3,4	2640	4,0
6	631	0,30	10920	2,0	1603	2,7

Т а б л и ц а 4

**Динамика численности
сульфатредуцирующих бактерий
в ризоплане риса**

Вариант опыта	Всходы (июнь)		Кущение (июль)		Цветение (август)	
	тыс/г	КИ	тыс/г	КИ	тыс/г	КИ
1	5	0,0005	19	0,0060	7	0,070
2	8	0,0010	17	0,0010	10	0,010
3	9	0,0010	20	0,0008	15	0,008
4	9	0,0008	25	0,0006	16	0,020
5	7	0,0010	21	0,0020	11	0,020
6	6	0,0030	15	0,0030	14	0,020

Коэффициент избирательности для сульфатредукторов различался по вариантам опыта. Без удобрений (монокультура и рис в севообороте) он был выше, чем при внесении органических и минеральных удобрений, что еще раз подтверждает прямую зависимость численности бактерий в ризосфере от корневых выделений.

В ризоплане риса содержалось значительно меньше сульфатредукторов, чем в окружающей почве и ризосфере (табл. 4), но различий в закономерности изменения их численности не наблюдалось — максимум микроорганизмов отмечался в фазу кущения.

Следует отметить, что, несмотря на столь высокую численность сульфатредуцирующих бактерий в ризосфере, состояние риса на полях было хорошим. Как известно из литературных данных, разность потенциа-

лов между общей массой почвы и почвой, непосредственно прилегающей к корням риса, может достигать 600 мВ, что объясняется способностью этой культуры выделять в ризосферу кислород [8]. Приток его в ризосферу регулирует процесс восстановления сульфатов [3], вызывая окисление восстановленных продуктов и тем самым способствуя их обезвреживанию. С помощью изотопного метода экспериментально доказано, что вокруг корней риса происходит окисление сульфидов металлов и вынос окисленной серы растением, что находится в прямой зависимости от растворимости сульфидов [14].

Каждое противоречие (поступление в ризосферу кислорода и развитие сульфатредуцирующих бактерий) можно объяснить активным развитием аэробной ризосферной микрофлоры, частично снимающей неблагоприятное воздействие кислорода, а также микроаэробностью почвы и неоднородностью структуры ризосферы.

Заключение

Выявлено, что главными продуцентами сероводорода в рисовых почвах являются сульфатредуцирующие бактерии, которые составляют более 90 % всей микрофлоры, образующей H_2S . Численность этих бактерий достигает максимума в фазу кущения риса (10^6 — 10^7 клеток на 1 г почвы).

Численность сульфатредуцирующих бактерий в ризосфере зависит от фазы вегетации риса: положительный ризосферный эффект характерен для фазы кущения и цветения.

Показано, что в ризоплане количество сульфатредуцирующих бактерий на несколько порядков ниже, чем в окружающей почве и ризосфере.

ЛИТЕРАТУРА

- Алешин Е. П., Сметанин А. П., Тур Н. С. Удобрения риса. Краснодар, 1973. — 2. Долгих Ю. Р., Грачева Н. П. Микрофлора ризосферы риса и ее связь с корневыми выделениями. — В сб.: Повышение плодородия почв рисовых полей. М.: Наука, 1977, с. 144—150. — 3. Дуда В. И., Обухов А. И., Чернова Н. И., Чернов Н. М., Гегамян И. О. Роль анаэробных микроорганизмов в мобилизации и редукции железа, марганца и серы, а также в других почвенных восстановительных процессах при культуре риса. — В сб.: Химия почв рисовых полей. М.: Наука, 1976, с. 44—74. — 4. Елкина О. Г. Динамика микробиологических процессов в почве рисовых полей. — Микробиология, 1938, т. 7, вып. 4, с. 485—497. — 5. Красильников Н. А. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов. МГУ, 1966. — 6. Мицун С. Минеральное питание риса, удобрение и мелиорация орошаемых рисовых почв. М.: ИЛ, 1960. — 7. Мошковиц Л. В., Мамутов Ж. У. Роль бактерий в содообразовании в почвах Акдалинского массива орошения. — В сб.: Повышение плодородия почв рисовых полей. М.: Наука, 1977, с. 150—159. — 8. Ненулылов Б. А. Повышение плодородия почв рисовых полей Дальнего востока. Владивосток, 1961. — 9. Решетняк М. П. Динамика сірководню і соди в підґрунтовій воді рисових сівознім Краснознам'янського зрошуваного масиву. — Агрохімія і ґрунтознавство. Респ. міжвід. темат. наук. зб., 1976, вип. 32, с. 56—59. — 10. Семенова В. И. Ризосферная микрофлора риса на осваиваемых засоленных почвах Центральной Ферганы. — Автореф. канд. дис. Ташкент, 1963. — 11. Cuibert D. L. — Hortscience, 1972, vol. 7, № 1, p. 29—31. — 12. Domka F., Czulczyński M., Szydłowska M. — Bull. Acad. Polon. Sci., 1978, vol. 26, № 8, p. 513—517. — 13. Dommergues Y., Jacq V. — Ann. agron., 1972, vol. 23 hors ser., p. 201—214. — 14. Engler R. M., Patrick W. H. — Soil Sci., 1975, vol. 119, № 3, p. 217—221. — 15. Hayashi Shigeru, Asatsuha Keiji, Nagatsuka Takashi, Furusaka Choseki —

Sci. Repts. Res. Inst. Tohoku Univ., 1978, p. 19—38. — 16. Jacq V. A. — Publ. Int. Inst. Land Reclam. and Improv., 1973, № 18/2, p. 82—97.— 17. Mahmoud S. A., Ibra kim A. N. — Acta Agron. Acad. Sci. Hung., 1970, vol. 19, № 1X2, p. 71—79. — 18. V a m o s R. — Agrokém. és talaj, 1967, vol. 16, № 1X2, p. 195—202.

Статья поступила 5 апреля 1980 г.

SUMMARY

The results of quantitative estimation of sulfate-reducing bacteria in flooded meadow-chernozemlike soil, rhizosphere and rhizoplane of rice are discussed. The highest number of the bacteria in the soil is found in the phase of rice tillering (10^6 — 10^7 cells per 1 g of soil). The number of the bacteria in rhizosphere depends on the growing phase of rice: beneficial rhizospheric effect is typical for tillering and blooming phases. In rhizoplane the number of sulfate-reducing bacteria is by several orders lower than in the surrounding soil and in rhizosphere.