

УДК 631.413.5:631.461:631.445.4:633.18

**ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ
И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ
ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ
ПРИ БЕССМЕННОМ ВЫРАЩИВАНИИ РИСА**

О. Д. СИДОРЕНКО, В. И. САВИЧ, Г. СИДИБЕ
(Кафедра микробиологии и кафедры почвоведения)

В работе изучалась роль микроорганизмов в изменении окислительно-восстановительного состояния почвы при бессменном выращивании риса. Показано, что снижение ОВП связано с максимальным развитием анаэробных бактерий рода *Clostridium*. В слое почвы 0—10 см значения ОВП более низкие, а содержание аэробных и анаэробных бактерий в течение вегетации риса более высокое, чем в слое 10—20 см.

Направленность и интенсивность химических и биологических процессов в почве в значительной мере зависят от ОВП [2]. В переувлажненных почвах преимущественно создаются анаэробные условия, обильно развиваются облигатно- и факультативно-анаэробные бактерии [1].

Т а б л и ц а 1

Динамика ОВП (числитель) и рН (знаменатель) почв в течение вегетации риса

Горизонт, см	Фаза вегетации				
	всходы	кущение	выметывание и цветение	молочно-восковая спелость	полное созревание (после сброса воды)
Целина					
0—10	$\frac{258}{5,70}$	$\frac{217,5}{7,92}$	$\frac{260}{7,80}$	$\frac{260}{7,70}$	$\frac{320}{7,00}$
10—20	$\frac{215}{8,00}$	$\frac{152,5}{8,60}$	$\frac{235}{8,25}$	$\frac{235}{7,75}$	$\frac{285}{7,60}$
1-й вариант					
0—10	$\frac{185}{5,60}$	$\frac{-40}{6,40}$	$\frac{-30}{6,55}$	$\frac{-80}{6,45}$	$\frac{80}{6,15}$
10—20	$\frac{128}{5,20}$	$\frac{85}{6,10}$	$\frac{190}{6,25}$	$\frac{75}{6,15}$	$\frac{130}{6,55}$
2-й вариант					
0—10	$\frac{125}{6,00}$	$\frac{-65}{5,95}$	$\frac{-55}{6,30}$	$\frac{-120}{6,30}$	$\frac{85}{5,60}$
10—20	$\frac{85}{5,70}$	$\frac{160}{5,10}$	$\frac{190}{6,20}$	$\frac{125}{6,10}$	$\frac{40}{6,00}$
3-й вариант					
0—10	$\frac{137}{6,00}$	$\frac{-45}{6,25}$	$\frac{-75}{5,85}$	$\frac{-100}{6,35}$	$\frac{25}{6,00}$
10—20	$\frac{105}{5,20}$	$\frac{145}{5,15}$	$\frac{105}{5,55}$	$\frac{150}{5,30}$	$\frac{55}{6,30}$
4-й вариант					
0—10	$\frac{168}{6,30}$	$\frac{-120}{6,70}$	$\frac{-50}{6,35}$	$\frac{-45}{6,45}$	$\frac{40}{6,60}$
10—20	$\frac{116}{5,23}$	$\frac{95}{5,70}$	$\frac{85}{5,80}$	$\frac{50}{6,25}$	$\frac{45}{6,15}$

Несмотря на большое число исследований, посвященных выяснению роли микроорганизмов в изменении окислительно-восстановительного состояния почв под рисом, многие аспекты данной проблемы остаются до настоящего времени невыясненными. Не изучен также вопрос о взаимоотношениях риса с анаэробными микроорганизмами почвы при бесменном его выращивании, чему и была посвящена наша работа.

Объекты и методика исследований

Объектом исследований, проводившихся на экспериментальной базе ВНИИ риса, служила лугово-болотная черноземовидная почва под рисом, возделываемым в элитно-семеноводческом хозяйстве «Красное» Красноармейского района Краснодарского края. Были выбраны участки целины и участки, где рис выращивался бесменно с 1937 г. без удобрений (1-й вариант — контроль), при внесении сидератов без минеральных удобрений (2-й), сидератов+100N90P60K (3-й) и 180N120P60K (4-й вариант).

В свежих образцах определяли рН и ОВП потенциометрически, на универсальном лабораторном иономере ЭВ-74. В качестве электродов сравнения использовали хлорсеребряные электроды, в качестве измерительных — платиновые и стеклянные. Проводили посев разведений на крахмало-аммиачный агар (КАА) и мясо-пептонный агар (МПА) в 3-кратной повторности. Инкубировали чашки Петри при температуре 28° и через 4—5 дней учитывали количество бактерий и актиномицетов. Численность анаэробных микроорганизмов *Cl. pasteurianum* определяли на пептонно-дрожжевой среде, *Cl. acetobutylicum* — на кукурузном заторе [5]. Их количество рассчитывали методом предельных разведений с использованием таблицы Мак-Креди. Результаты учета численности микроорганизмов на МПА и КАА обрабатывали методом вариационной статистики. Все наблюдения проводили по фазам вегетации риса.

Результаты и их обсуждение

ОВП целинной почвы без затопления в течение сезона изменялся незначительно (табл. 1). В отдельных случаях этот показатель может изменяться в результате выпадения атмосферных осадков, поскольку

Таблица 2

Численность микроорганизмов, усваивающих органические формы азота, за период вегетации риса (млн. на 1 г абсолютно сухой почвы). Учет на МПА

Горизонт, см	Фаза вегетации				
	всходы	кушение	выметывание и цветение	молочно-восковая спелость	полное созревание (после сброса воды)
Целина					
0—10	20,73±7,52	31,19±2,13	45,65±8,60	34,92 ±0,88	30,60±8,00
10—20	12,75±1,24	14,05±0,33	24,10±4,50	20,42±3,36	20,78±5,08
1-й вариант					
0—10	21,90±3,58	19,00±3,35	12,85±1,89	10,88±2,58	11,51 ±7,45
10—20	13,33±2,08	11,91 ±1,66	10,13±2,58	9,74±1,92	9,34 ±2,06
2-й вариант					
0—10	74,75 ±23,00	39,31 ±4,04	23,52±4,30	16,46±2,59	34,41 ±7,31
10—20	16,01 ±1,97	15,14 ±2,25	12,36±2,51	10,75±1,50	14,61 ±1,50
3-й вариант					
0—10	95,10±11,14	52,91 ±9,24	23,33±6,45	17,71 ±1,69	38,73±2,52
10—20	15,30±3,72	18,73±2,15	12,45±3,27	12,63±2,58	16,12±2,55
4-й вариант					
0—10	29,81 ±5,04	22,48±1,47	15,81 ±2,15	14,39±1,08	21,52±1,46
10—20	11,33 ±0,95	13,76±3,02	11,02±5,40	6,84 ±1,32	11,90±3,66

окислительно-восстановительное состояние почв во многом зависит от гидротермических условий (влажность и температура). На участке монокультуры риса (после всходов) ОВП в верхнем горизонте (0—10 см) снизился до отрицательного значения вплоть до сброса воды (фаза полного созревания), а в нижнем горизонте (10—20 см) ОВП оставался довольно высоким в течение всей вегетации. Это обусловлено тем, что в период глубокого анаэробноза в верхнем горизонте в нижнем продолжается поступление кислорода через корневую систему риса. Корни риса снабжены воздухоносной тканью — аэренхимой, посредством которой происходят их снабжение кислородом и выделение его в почву [7]. Известно, что рис в возрасте 2 мес в день может выделять в почву до 3 кг кислорода [4].

Снижение ОВП в верхнем горизонте по сравнению с нижним может быть также связано с накоплением органических веществ. Установлено, что, кроме пожнивных остатков и корней растений, значительную долю органических веществ в почве составляют биомасса водорослей, развивающихся под слоем воды, а также водорастворимые и взвешенные органические вещества поливной воды [6].

Значение рН на участке монокультуры риса меньше, чем на целине, в течение всего вегетационного периода, что, вероятно, обусловлено

Таблица 3

Численность микроорганизмов, усваивающих минеральные фэрмы азота, за период вегетации риса (млн. на 1 г абсолютной сухой почвы; в числителе — бактерии, в знаменателе — актиномицеты). Учет на КАА

Горизонт, см	Фаза вегетации				
	всходы	кущение	выметывание и цветение	молочно-восковая спелость	полное созревание (после сброса воды)
Целина					
0—10	$27,27 \pm 4,86$	$36,82 \pm 7,48$	$34,89 \pm 6,14$	$40,72 \pm 9,14$	$32,2 \pm 4,27$
	$5,30 \pm 1,72$	$5,87 \pm 2,08$	$6,49 \pm 1,30$	$4,76 \pm 1,16$	$3,71 \pm 1,75$
10—20	$16,08 \pm 4,39$	$15,78 \pm 3,50$	$20,26 \pm 1,94$	$20,00 \pm 11,31$	$16,97 \pm 4,26$
	$3,3 \pm 0,94$	$2,09 \pm 1,76$	$3,04 \pm 1,00$	$2,66 \pm 0,93$	$1,30 \pm 0,63$
1-й вариант					
0—10	$29,21 \pm 5,03$	$22,79 \pm 8,20$	$13,43 \pm 4,16$	$11,76 \pm 2,60$	$10,08 \pm 1,27$
	$5,71 \pm 0,71$	$1,99 \pm 0,13$	$1,08 \pm 0,85$	$1,08 \pm 0,42$	$1,77 \pm 0,61$
10—20	$15,34 \pm 4,77$	$14,78 \pm 4,66$	$9,06 \pm 1,94$	$8,24 \pm 2,45$	$9,65 \pm 3,53$
	$2,65 \pm 1,10$	$1,07 \pm 0,55$	$0,6 \pm 0,37$	$0,62 \pm 0,37$	$1,23 \pm 0,40$
2-й вариант					
0—10	$109,07 \pm 34,4$	$84,23 \pm 29,51$	$25,62 \pm 5,23$	$17,45 \pm 1,65$	$28,82 \pm 4,30$
	$18,16 \pm 7,60$	$6,84 \pm 4,23$	$2,57 \pm 1,42$	$1,76 \pm 0,72$	$9,61 \pm 4,40$
10—20	$22,26 \pm 8,77$	$17,44 \pm 2,55$	$13,69 \pm 2,03$	$11,73 \pm 1,30$	$11,11 \pm 2,29$
	$3,55 \pm 1,40$	$1,70 \pm 0,97$	$0,97 \pm 0,19$	$0,98 \pm 0,75$	$3,56 \pm 2,00$
3-й вариант					
0—10	$120,57 \pm 26,32$	$100,53 \pm 12,05$	$29,52 \pm 5,05$	$19,63 \pm 4,85$	$20,36 \pm 2,60$
	$22,53 \pm 4,17$	$11,64 \pm 9,11$	$3,62 \pm 1,16$	$2,79 \pm 1,10$	$7,65 \pm 1,42$
10—20	$19,83 \pm 3,10$	$21,62 \pm 6,27$	$13,60 \pm 1,33$	$12,19 \pm 1,96$	$11,76 \pm 2,24$
	$3,94 \pm 0,95$	$2,07 \pm 1,02$	$1,33 \pm 0,78$	$1,4 \pm 0,98$	$2,31 \pm 1,64$
4-й вариант					
0—10	$37,53 \pm 1,09$	$27,35 \pm 5,07$	$16,56 \pm 2,82$	$14,68 \pm 2,17$	$15,43 \pm 2,78$
	$8,47 \pm 1,08$	$4,10 \pm 1,5$	$1,62 \pm 1,09$	$1,35 \pm 0,41$	$4,20 \pm 1,76$
10—20	$15,66 \pm 5,28$	$16,32 \pm 2,86$	$12,44 \pm 0,99$	$9,92 \pm 0,93$	$9,23 \pm 1,25$
	$3,08 \pm 0,34$	$1,37 \pm 0,73$	$0,89 \pm 0,37$	$0,43 \pm 0,37$	$1,54 \pm 0,64$

Численность анаэробных бактерий *Cl. pasteurianum* (числитель)
и *Cl. acetobutylicum* (знаменатель) за период вегетации риса
(млн на 1 г абсолютно сухой почвы)

Горизонт, см	Фаза вегетации				
	всходы	кущение	выметывание и цветение	молочно-восковая спелость	полное созревание (после сброса воды)
Целина					
0—10	0,82	0,90	1,20	1,10	0,70
	1,80	2,00	1,70	0,11	1,14
10—20	0,21	1,60	1,04	0,16	2,10
	0,44	1,60	1,00	0,25	2,6
1-й вариант					
0—10	0,14	11,94	1,40	1,40	4,33
	1,40	3,00	1,90	0,83	2,5
10—20	0,11	8,00	2,60	1,70	2,60
	1,10	1,70	1,20	1,25	1,50
2-й вариант					
0—10	3,00	24,30	13,80	7,35	8,82
	9,10	29,40	16,09	8,82	14,00
10—20	0,12	16,70	12,50	2,70	2,70
	0,30	16,70	3,94	2,20	4,00
3-й вариант					
0—10	8,82	18,25	13,80	9,00	11,70
	16,20	26,20	18,84	14,2	8,89
10—20	1,22	12,87	8,00	1,70	1,70
	1,20	17,60	10,56	2,60	1,25
4-й вариант					
0—10	0,14	8,70	4,40	3,00	1,30
	1,40	19,00	8,70	1,40	2,80
10—20	0,04	7,70	4,60	1,70	0,80
	0,44	4,50	2,60	1,70	1,20

гидролизом органических соединений при большей константе диссоциации [3].

Численность микроорганизмов, учитываемых на КАА и МПА, в верхнем горизонте (0—10 см) была максимальной в фазы всходов и кущения на участке монокультуры риса (табл. 2 и 3). Это прежде всего определяется высоким ОВП и большим содержанием органического вещества и ила в поливной воде. К концу вегетации риса численность аэробных микроорганизмов в верхнем горизонте резко снизилась во всех вариантах монокультуры до сброса воды, что, по-видимому, объясняется образованием токсичных соединений в результате разложения растительных остатков, минеральных удобрений (H_2S и HNO_2) и низким ОВП. В горизонте 10—20 см, который отличался высоким ОВП, количество аэробных микроорганизмов к концу вегетации снижалось постепенно. Численность этих бактерий в верхнем горизонте в вариантах монокультуры риса (фаза всходов) при внесении сидератов была в 3 раза больше, а при совместном применении сидератов и минеральных удобрений в 4 раза больше, чем в контроле, что обусловлено наличием органического вещества как источника энергии и питательных элементов для микроорганизмов.

Количество аэробных бактерий на целине без затопления почти не варьирует из-за отсутствия больших изменений в состоянии почвы.

В почве под рисом после сброса воды (фаза полного созревания риса) численность аэробных бактерий в монокультуре увеличивается (табл. 2 и 3) независимо от горизонта или варианта в связи с поступлением кислорода воздуха в почву и повышением ОВП в верхних горизонтах.

Количество актиномицетов во всех вариантах монокультуры в значительной мере возросло после сброса воды, что объясняется большой чувствительностью этой группы микроорганизмов к аэробным условиям.

Максимальное развитие анаэробных бактерий рода *Clostridium* наблюдалось в фазу кущения (табл. 4), что обусловлено накоплением органических соединений в почве, образовавшихся в результате разложения органических остатков, и поступлением корневых выделений [6]. Снижение численности микроорганизмов с глубиной связано с уменьшением содержания органического вещества в почве и количества корней [5]. Максимальное содержание анаэробных микроорганизмов рода *Clostridium* наблюдалось в горизонте 0—10 см независимо от стадии развития риса. Сравнивая численность анаэробных бактерий на целинном участке и в монокультуре, можно отметить, что после всходов количество анаэробных микроорганизмов в монокультуре риса было значительно больше. Это связано прежде всего с затоплением почв, при котором создаются благоприятные условия для развития данных микроорганизмов.

Развитие анаэробных бактерий рода *Clostridium* находится в зависимости от ОВ режима почвы. При снижении ОВП почвы содержание анаэробных бактерий возрастает.

Таким образом, установлена обратная зависимость между численностью анаэробных бактерий рода *Clostridium* и ОВП затопленной почвы при бессменном возделывании риса. Активность анаэробных микроорганизмов при монокультуре риса тесно связана с развитием растений и поступлением органических и минеральных удобрений в почву.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дуда В. Н., Обухов А. И., Чернова Н. И. и др. — Роль анаэробных микроорганизмов в мобилизации и редукции железа, марганца и серы, а также других восстановительных процессах при культуре риса. — В кн.: Химия почв рисовых полей. М.: Наука, 1976. — 2. Кауричев И. С., Латфулина Г. Г. Изменение ОВ буферности почв под влиянием некоторых факторов. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 3, с. 105—113. — 3. Кауричев И. С., Сидоренко О. Д., Савич В. И. Окислительно-восстановительное состояние

лугово-черноземных почв под рисом. — Изв. ТСХА, 1981, вып. 4, с. 60—68. — 4. Костенков Н. М. Особенности окислительно-восстановительных процессов в почвах рисовых плантаций Приморья. — В кн.: Химия почв рисовых полей. М.: Наука, 1976, с. 127—151. — 5. Мишустин Е. Н., Емцев В. Т. Почвенные азотфиксирующие бактерии вода *Clostridium*. — М.: Наука, 1974. — 6. Смирнова Н. Н. Удобрение риса. — М.: Россельхозиздат, 1978.

Статья поступила 23 января 1986 г.

SUMMARY

The role of microorganisms in changing reduction-oxidation condition of the soil under rice grown as monoculture was studied. It is shown that lower redox potential is due to maximum development of anaerobic *Clostridia*. In the upper soil layer (0—10 cm) the redox potential values are lower, and the amount of aerobic and anaerobic bacteria during rice vegetation is higher than in the layer of 10—20 cm.