

УДК 633.18:632...3(597)

## БАКТЕРИАЛЬНЫЙ ОЖОГ РИСА И ПРИЕМЫ БОРЬБЫ С НИМ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ВЬЕТНАМА

ЛЕ ЛЬОНГ ТЕ

(Кафедра фитопатологии)

Потеря урожая риса от болезней в мире ежегодно составляет около 39,4 млн. т [5, 8].

Бактериальный ожог риса распространяется во всех рисосеющих странах Азии, где потери от него достигают 60 % потенциального урожая [5]. В СССР это заболевание известно с 1971 г. в Казахстане, существует опасность его появления и на Дальнем Востоке [1].

Несмотря на широкое распространение и значительный ущерб, причиняемый бактериозом, болезнь эта изучена недостаточно. Поэтому до сих пор не разработаны эффективные комплексные системы мер борьбы с бактериальным ожогом риса. Нет еще единого мнения о формах проявления болезни [9, 12, 14, 15], способах сохранения и передачи инфекции [6, 7, 10, 11, 15]. Мало исследована паразитическая специализация возбудителя [13]. Предлагаемые химические средства борьбы с бактериозом малоэффективны или неэкономичны [13]. Следует также отметить, что гены, определяющие устойчивость сорта к одним штаммам бактерии *X. oryzae* в одной стране или местности, могут не определять устойчивости к другим штаммам возбудителя в другой стране или местности [13].

В связи с указанным необходима разработка систем мер борьбы с бактериозом для сортов риса и регионов.

### Условия и методы

Исследования велись в течение 1970—1981 гг. Лабораторные и микробиологические работы выполнены на кафедрах фитопатологии Ханойского сельскохозяйственного института и Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева. Вегетационные и полевые опыты проводились в Ханойском сельскохозяйственном институте, на опытных станциях Жалам, Ханамнин, в кооперативах Коби (1974—1980 гг.).

Почвенно-климатические условия в районе Ханоя позволяют выращивать два урожая риса в год. Почва среднесуглинистая слабокислая, рН 5,5—6,0. Содержание гумуса — 1,84, азота — 8,4 мг, подвижного фосфора — 10,49, обменного калия — 19,2 мг на 100 г почвы. Климат влажный. Лето жаркое, продолжительное, зимы теплые, бесснежные. Среднее годовое количество осадков 1800 мм. Дожди (в основном ливневого характера) выпадают с мая до конца октября. В 1971, 1972, 1973, 1978 и 1980 гг. количество осадков в период формирования второго урожая было значительно выше среднего многолетнего. Нормы навоза и минеральных удобрений (сульфат аммония, суперфосфат, хлорид калия), обработка почвы, уход за посевом на участках общепринятые для района. По-

вторность полевых опытов 3-кратная. В период вегетации проводились наблюдения за развитием болезни, в конце вегетации учитывали урожайность. Поражаемость оценивали по следующей шкале: 0 баллов — поражения нет, 1 балл — поражено до 1/5 длины листовой пластинки, 2 — от 1/5 до 2/5, 3 — от 2/5 до 3/5, 4 — больше 3/5. Степень развития болезни ( $P$ , %) вычисляли по формуле  $P = \frac{\sum(nv)}{4N} \cdot 100$ , где  $N$  — общее число учтенных листьев;  $n$  — число листьев, оцененных одинаковым баллом поражения;  $v$  — соответствующий балл поражения; 4 — наивысший балл шкалы.

Вредоносность устанавливали по степени влияния болезни на урожайность восприимчивого сорта ИР-8 при естественном и искусственном заражении. Коэффициент вредоносности  $K$  вычисляли по формуле  $K = \frac{P_a - P_b}{P_a} \cdot 100$ , где  $P_a$  и  $P_b$  — урожайность здоровых и больных растений. Естественный инфекционный фон создавался при многолетнем бессменном возделывании коллекции сортов на одном и том же опытном участке в условиях эпифитотийного развития болезни.

Искусственное заражение суспензиями бактерий проводили методом поперечного

среза верхушки листовой пластинки. Использовали суспензию чистой культуры в концентрации  $2 \cdot 10^8$  клеток в 1 мл.

Устойчивость сортов изучали на провокационном фоне при искусственном заражении и в естественных условиях, морфологи-

ческие, физиолого-биохимические показатели, а также данные серодиагностики выделенных изолятов определяли по К. И. Бельтюковой [2] и В. П. Израильскому [4]. Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики [3].

### Результаты исследований

Вредоносность бактериального ожога риса во Вьетнаме. Опыты проводили в 1973—1974 гг. на стационарном участке при естественном фоне заражения на восприимчивом сорте ИР-8. Установлено, что вредоносность болезни зависит от интенсивности заболевания. В условиях равнинных районов Северного Вьетнама у сильно пораженных растений (интенсивность болезни 60—90 %) данный коэффициент равен 41—46 %, а у слабо пораженных — 5,2—9,6 % (табл. 1). Можно выделить три степени развития болезни и соответ-

Таблица 1

Вредоносность бактериального ожога риса

Интенсивность развития болезни, %	Количество щуплых зерен, %	Урожай с 10 кустов, г	Коэффициент вредоносности, %	Степень развития болезни
0	10,0	155,0	—	
9,9	14,0	147,0	5,2	Слабая
19,2	14,2	140,0	9,6	»
40,0	19,0	127,0	25,0	Средняя
60,0	26,0	91,0	41,0	Сильная
90,0	29,7	84,0	46,0	»

вующие им уровни значений коэффициента вредоносности: слабая — интенсивность болезни  $< 20$  %, коэффициент вредоносности  $< 10$  %, средняя — соответственно 20—40 и 10—25 %, сильная —  $> 40$  % и  $> 25$  %..

Отмечено повсеместное распространение болезни, но наиболее сильным оно было в равнинных районах дельты реки Красной, где выращивают два урожая риса в год, на более плодородных почвах и там, где выпадают обильные осадки в период формирования второго урожая.

Упрощенный метод диагностики бактериального ожога риса. Нами разработан упрощенный метод диагностики бактериального ожога риса — метод «капли эксудата». Он основывается на высокой гидрофобности бактериального эксудата, находящегося в проводящих пучках листьев. Метод заключается в следующем: ножницами делают поперечный срез пораженного участка листовой пластинки, длина среза 3—5 см. Срез помещают вертикально в пробирку с водой так, чтобы 2/3 его находились в воде. Пробирку закрывают ватой и в течение последующих 20 мин следят за появлением капли эксудата на одном конце среза. Установлено, что способность к выделению капли эксудата на конце среза при насыщенной влажности проявляют лишь пораженные бактериальным ожогом участки листьев. На участках здоровых листьев или пораженных другими болезнями, симптомы которых сходны, такого явления не обнаруживается.

Формы проявления бактериального ожога риса. Наблюдения за характером проявления болезни (1970—1978 гг.) позволили впервые во Вьетнаме обнаружить две формы бактериального ожога риса, которые мы условно (по основным визуальным признакам) назвали желтоватый ожог (форма  $X_1$ ) и зеленоувядающий ожог (форма  $X_2$  — cresek [14]). Симптомы первого аналогичны описанным в литературе [15]. Признаками зеленоувядающего ожога являются большие сухие зеленоватые пятна на листовой пластинке. Листья быстро увяда-

ют, но не теряют зеленоватой окраски. Граница поражения тканей не очерчена желтой волнистой линией, как у формы X<sub>1</sub>.

Наиболее распространена форма X<sub>1</sub>, но форма X<sub>2</sub>, вызывая более быстрое и сильное увядание листьев, более вредоносна.

Нами выявлена сортовая специализация форм X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub>. Наибольшая серологическая разнородность штаммов бактерий этих форм проявляется в различных по интенсивности реакций агглютинации и титров перекрестных реакций.

По мнению Рейтсмы [14], X<sub>2</sub> относится к другим бактериозам риса. Гото [12] и Сривастава [15] утверждают, что *gsegek* является одной из фаз развития симптомов бактериального ожога. Мы считаем, что X<sub>2</sub> — одна из двух форм проявления бактериального ожога, которая обусловлена в основном патогенностью и вирулентностью штаммов (*рас*) *Xanthomonas oryzae* в тропических условиях Вьетнама.

Особенности развития и прогноз бактериального ожога риса. Изучение в течение 10 лет (1969—1978 гг.) влияния факторов среды на степень развития болезни показало, что бактериальный ожог риса усиливается при совпадении высокой температуры (26°—28°), обильных осадков и сильного ветра. Растения наиболее восприимчивы к болезни в период выметывание — колошение. Коэффициент корреляции потенциала развития болезни с температурой  $r_1 = +0,537$ , с количеством осадков  $r_2 = +0,946$ ;  $R_x = +0,827$ .

Таким образом, прогнозировать бактериальный ожог риса (составить и решить уравнение потенциала развития этой болезни) можно исходя из средней температуры, количества осадков в наиболее восприимчивые фазы развития растений. Для равнинных районов Ханоя такое уравнение будет следующим:  $y = -221,3 + 20,4x$  (ошибка 8,8%), где  $x$  — общий индекс для температуры и осадков.

Сильнее всего поражаются растения при поздних сроках посева риса, урожай которого собирают в мае. Существенное влияние на поражаемость риса бактериальным ожогом оказывают азотные удобрения. При одностороннем внесении 30—150N наблюдалась прямая корреляция между нормой азота и поражением растений. Вместе с тем подкормки калием и азотом в норме 60N60K в фазе кушения — выхода в трубку способствовали уменьшению степени поражения более чем в 2 раза и увеличению урожайности на 2—5 ц/га по сравнению с этими показателями в варианте с односторонним внесением 60N (табл. 2). При повышении нормы азота содержание в растениях свободных аминокислот увеличилось с 210 до 453 мг на 100 г сухого вещества, подкормка калийным удобрением тормозила накопление свободных аминокислот (289 мг). По-видимому, содержание аминокислот в растениях каким-то образом влияет на восприимчивость их к этому заболеванию.

Устойчивость сортов и гибридов к бактериаль-

Т а б л и ц а 2

Поражаемость риса ИР-8 бактериальным ожогом, содержание свободных аминокислот в растениях и урожайность в зависимости от удобрения (1976 г.)

Вариант удобрения	Степень поражения, %	Содержание свободных аминокислот, мг на 100 г сухого вещества	Урожайность, ц/га
60N (фон)	17,1	320	45,6
60N60P	13,5	Не опр.	49,0
60N60K	8,3	289	50,5
60N60P60K	6,2	Не опр.	49,4
HCP <sub>05</sub>	2,05		3,28

Т а б л и ц а 3

Устойчивость сортов к бактериальному ожогу риса (1976 г.)

Сорт	Количество сортов	Инкубационный период, дней	Длина пятна, см
Сильновосприимчивые	7	3	14—18
Среднепоражаемые	9	3—4	10
Устойчивые	6	4—6	2—5
Непоражаемые	1	—	—

ному ожогу риса. В 1974—1980 гг. была поставлена серия опытов, в которых изучалась устойчивость сортов риса в условиях естественного инфекционного фона и искусственного заражения суспензиями бактерий. Определяли ее путем учета числа зараженных листьев и степени их поражения по пятибалльной шкале. Кроме этого, одновременно учитывали продолжительность инкубационного периода.

Среди 23 изученных сортов и гибридов не поразились болезнью только 4,3 %, 26 % сортов оказались устойчивыми, а 30,4 % — сильновосприимчивыми (табл. 3). У устойчивых сортов риса образование пятна ограничивалось зоной, примыкающей к точке внесения инфекции, в то время как у восприимчивых сортов (ИР-8, ВН-10) поражался участок длиной 14—18 см. Инкубационный период у устойчивых сортов продолжался дольше, чем у восприимчивых.

Из испытанных сортов лучшими оказались ИР-22 и ИР-1561, которые наряду с устойчивостью к бактериозу отличались высокой урожайностью.

При скрещивании высокоурожайных восприимчивых материнских сортов с высокоустойчивыми отцовскими сортами ИР-8×БЖ-1 и Румыния-45×ИР-22 удалось получить устойчивые формы В-75 и Р-70, обладающие высокой продуктивностью, что подтвердилось при испытании их в полевых условиях (табл. 4).

Таблица 4

Восприимчивость и урожайность сортов и гибридов риса  
(испытания в полевых условиях, 1979)

Показатель	ИР-22	Румыния-45	Р-70 (ИР-22× ×Румыния-45)	БЖ-1	ИР-8	В-75 (ИР-8× ×БЖ-1)	НСР <sub>05</sub>
Степень поражения	1,40	5,60	2,70	0,0	19,20	1,60	2,26
Урожай зерна на 50 м <sup>2</sup> , кг	25,00	20,80	30,00	19,50	24,75	30,75	4,84

Метод искусственного заражения растений суспензиями бактерий, широко применяющийся при определении устойчивости к болезням, требует больших затрат времени и растительного материала. Поэтому для ускорения оценки устойчивости риса к бактериальному ожогу мы использовали метод серодиагностики.

Иммунизация кроликов проводилась односуточной суспензией бактерий (200 млн/мл) возрастающими дозами. Были получены иммунные сыворотки к штамму формы X<sub>1</sub> (титр 1024) и формы X<sub>2</sub> (титр 2048), которые использовали для реакции агглютинации. Анализируемые листья выдерживали в холодильнике в течение 2 ч, затем проводили экстрагирование белков с помощью 10 % NaCl.

Между антисыворотками к бактериям формы X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub> и белками риса устойчивых сортов (БЖ-1 и ИР-22 и др.) реакция была выражена слабо, а восприимчивые сорта (ИР-8, Т<sub>1</sub>, ВН-10 и др.) проявляли сильную реакцию.

Таким образом, у возбудителя и белков, выделенных из восприимчивых к бактериальному ожогу сортов риса, обнаружены общие антигены.

При использовании серологического метода можно быстро выявить крайние по устойчивости сорта риса, но этим методом трудно выделять средневосприимчивые сорта среди восприимчивых.

Источники инфекции. В литературе до сих пор нет достаточно четких указаний на источники инфекции бактериального ожога риса.

В наших опытах (1976—1980 гг.) установлено, что семена с больных растений могут быть заражены. Такие семена после посева в почву через 18 дней дают больные всходы (до 2,5 %). Важным резерватом

ром инфекции, способствующим длительному сохранению бактерий, являются сухие пораженные листья, остающиеся в поле. В нашем опыте при наличии этого источника пораженность рассады достигала 12,2%.

В тропических условиях многие сорняки, относящиеся к семейству злаковых, растут в рисовом поле круглый год. В литературе имеются противоречивые мнения об их роли в передаче инфекции [6, 10, 11, 15].

Нами выявлено 5 видов сорняков, поражаемых бактериями *X. oryzae* при искусственном и естественном заражении. Следовательно, эти виды — *Leersia hexandra*, *Arundinella bengalensis*, *Echinochloa crus-galli* Line, *Paspalum conjugatum*, *Imperata cylindrica* — также могут быть источниками инфекции.

Меры борьбы с бактериальным ожогом риса. Ввиду того что одним из первоисточников инфекции являются семена, нами был поставлен опыт по их термической и химической обработке с целью обеззараживания.

Обработка семян горячей водой (54°) в течение 10 мин была эффективнее, чем обработки химическими препаратами (табл. 5). Химические меры борьбы оказались малоэффективными и при их применении против вторичной инфекции бактериального ожога октябрьского урожая, т.е. в период, когда часто идут дожди (табл. 6). При ис-

Таблица 5  
Эффективность обработки семян против бактериального ожога риса ИР-8 (1974 г.)

Показатель	Без обработки	Казумин 0,1 %	Фализан 0,1 %	Бластиндин 0,1 %	Термическая обработка, 54°С
Всхожесть, %	92,0	90,0	90,0	92,0	93,4
Степень поражения, %	4,12	2,80	2,97	3,60	2,76

Таблица 6  
Эффективность химической обработки посевов против бактериального ожога риса сорта ИР-8 в 1976 г. (в числителе), первый урожай и 1978 г. (в знаменателе), второй урожай

Показатель	Без обработки (контроль)	Фализан+известь 1:10, 40 кг/га	Фенилмеркурацетат 0,05 %, 600 л/га	Казумин 0,1 %, 600 л/га	Известь, 400 кг/га	НСР <sub>05</sub>
Степень поражения, %	23,70	9,63	13,40	18,20	14,00	—
	25,18	18,42	23,70	21,60	22,50	
Урожай, ц/га	35,80	36,50	35,00	36,00	22,50	2,01
	26,50	26,90	27,00	25,50	27,60	1,80

пользовании сортов риса, восприимчивых к бактериальному ожогу, необходимо комплексное применение методов борьбы (обработка семян горячей водой, внесение калийных удобрений на фоне средних норм азотных, обработки посевов смесью фализана с известью), что позволяет значительно уменьшить степень развития болезни. Так, у риса ИР-8 степень поражения болезнью при внесении 30N30K, а также в варианте с фализаном и известью на этом фоне оказалась в 2 раза меньше, чем при внесении одних азотных удобрений (табл. 7). Чистый доход составил 504 донг/га (56 руб.), рентабельность — 2,05 %.

Следует отметить, что эти показатели значительно улучшились при возделывании сортов, устойчивых к болезни. Например, во всех вариантах опыта интенсивность развития болезни у сорта ИР-22 была в 5—10 раз меньше, чем у ИР-8. Стоимость прибавки урожая ИР-22 по сравнению с прибавкой урожая восприимчивого сорта ИР-8 по вариантам колебалась от 625 до 2175 донг, или от 70 до 241 руб/га (табл. 7).

Сравнительная эффективность возделывания устойчивого против бактериального ожога риса сорта ИР-22 (в числителе) и восприимчивого сорта ИР-8 (в знаменателе). 1978 г., октябрь

Показатель	90 N	60 N	60N30K	30N30K	60N30K + фализан + известь 1:10, 40 кг/га	НСР <sub>05</sub>
Степень поражения, %	$\frac{4,6}{39,61}$	$\frac{3,7}{20,45}$	$\frac{2,8}{13,15}$	$\frac{2,9}{10,70}$	$\frac{2,5}{11,30}$	$\frac{2,03}{2,10}$
Урожай, ц/га	$\frac{37,5}{28,8}$	$\frac{31,0}{28,0}$	$\frac{34,0}{30,0}$	$\frac{29,0}{26,0}$	$\frac{33,5}{31,0}$	$\frac{1,4}{1,8}$
Стоимость прибавки урожая у сорта ИР-22:						
донг	2175	750	1000	750	625	—
руб.	241	83	111	83	70	—

Таким образом, наиболее радикальной мерой борьбы с бактериальным ожогом риса является внедрение в производство сравнительно устойчивых сортов.

### Выводы

1. Во Вьетнаме желтоватый и зеленоувядающий ожог риса — две формы проявления бактериального ожога, вызываемые двумя группами штаммов бактерий *Xanthomonas oryzae* Dowson, которые различаются по вирулентности и серологическим реакциям.

2. Разработан простой, достоверный и быстрый метод диагностики бактериального ожога риса — метод «капли эксудата». Анализ данным методом длится от 20 мин до 2 ч.

3. В тропических условиях Вьетнама источниками инфекции являются семена и остающиеся на поле части пораженных растений риса, а также сорняки *Arundinella bengalensis*, *Leersia hexandra*, *Echinochloa Grus—Galli* Line, *Paspalum conjugatum*, *Imperata cylindrica*.

4. Интенсивность развития болезни зависит от сорта, режима азотного питания, количества осадков и температуры. Для восприимчивых сортов при внесении удобрений наблюдается тесная корреляция между интенсивностью болезни, температурой и количеством осадков, выпадающих в период выметывание — колошение. Корреляционные коэффициенты температуры и количества осадков соответственно равны:  $r_1 = +0,537$ ,  $r_2 = +0,946$ ,  $R_x = +0,827$ .

На этой основе было составлено уравнение потенциала развития бактериального ожога риса  $y = -221 + 20,4x$ , которое можно использовать для прогноза заболевания.

5. Большое влияние на восприимчивость риса к болезни оказывают минеральные удобрения: с повышением норм азота интенсивность болезни усиливается. Калийные удобрения на фоне азотных способствуют уменьшению развития бактериоза. Для ограничения развития болезни рационально поддерживать низкий уровень ирригационной воды (5—10 см) в рисовом поле и проводить посев риса майского урожая в более ранние сроки.

6. Использование комплексных методов борьбы с бактериальным ожогом риса: термической обработки семян, внесения азотных удобрений в нормах 30—60 кг/га в сочетании с калийными и обработкой посевов смесью фализана с известью (1:10) в норме 40 кг/га — в значительной мере препятствует развитию болезни и экономически эффективно.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Азбукина З. М., Барбаянова Т. А., Егорова Л. Н. и др. Возбудители болезней с.-х. растений Дальнего Востока. М.: Наука, 1980, с. 246—249. — 2. Бельтюкова К. И. Методы исследования возбудителей бактериальных забо-

- леваний растений. Киев: Наукова думка, 1968, с. 164.—174.—3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979, с. 251—391.—4. Израильский В. П. Руководство для изучения бактериальных болезней растений. М.: Колос, 1968, с. 78—87, 300—305.—5. Лукьяничков В. П. Болезни риса и меры борьбы с ними.—Сельск. хоз-во за рубежом, 1978, № 2, с. 25—29.—6. Ghatto-radhya S. B., Mukherjee N.—Curr. Sci., 1968, vol. 37, p. 441.—7. Chatto-radhya S. B., Mukherjee N.—West-Bengal Intern. Rice Commission, Newsletter, 1975, vol. 24, p. 81—85.—8. Cramer H. H.—Pflanzenschutz-Nachr, Bayer, 1967, Jg 20, Nr 1, p. 493—515.—9. De-vadath S., Premalatha Dath. A.—Oryza, 1970, vol. 7, N 2, p. 5—12.—10. Fang C. T., Liu C. F., Chu C. L.—Acta Phytopathol. Sin., 1956, vol. 2, p. 173.—11. Fang C. T., Ren H. C.—Acta Phytopathol. Sin., 1959, vol. 5, p. 100.—12. Goto M.—Plant Dis. Report, 1964, vol. 48, p. 856—861.—13. Horino O., Mew T. W., Krush G. S., Ezuka A.—Ann. Phyt. Soc. Jap., 1981, vol. 47, N 1, p. 1—14.—14. Reitsma J., Schura P. S. J.—Contr. Gen. Agr. Res. Sta., Bogor, 1950, vol. 117, p. 1—17.—15. Srivastava D. N.—Ind. phyt., 1972, vol. 25, N 1, p. 1—16.

*Статья поступила 17 мая 1983 г.*