

# 云南水稻品种对水稻白叶枯病的抗性遗传研究\*

吴亚鹏, 夏贤仁, 杨云亮, 白学慧, 姬广海\*\*

(云南农业大学, 教育部农业生物多样性与病虫害控制重点实验室, 云南 昆明 650201)

**摘要:** 对水稻白叶枯抗性较好的品种 (IR66897B, Bg90-2, PSBRC28, 滇屯 502) 和感病品种 (大粒粳 24 号, 粳香 2 号, 南 29, IRBB17) 进行孕穗期接种; 与已知抗性基因的鉴别品种比较, 可以看出滇屯 502 可能携带 *xa5*, *xa13*, *Xa21* 抗病基因。并对 5 个杂交组合的 4 个抗病亲本进行抗性遗传分析, 结果表明抗病品种滇屯 502 对 Y5 菌株的抗性是由一对显性基因控制的, 抗病品种 IR66897B 对 18 号和 Y3 号菌株的抗性分别由一对隐性基因和两对隐性基因控制的, 抗病品种 Bg90-2 对 Y11 菌株的抗性是由两对显性基因控制的, 抗病品种 PSBRC28 对 Y11 菌株的抗性是由一对显性基因控制的。

**关键词:** 水稻品种; 白叶枯病; 抗性基因

**中图分类号:** S 435.111.47 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X (2008) 01-0001-05

## Study on the Genetic Resistance of Rice Varieties to Bacterial Blight in Yunnan

WU Ya-peng, XIA Xian-ren, YANG Yun-liang, BAI Xue-hui, JI Guang-hai

(Key Laboratory for Agricultural Biodiversity for Pest Management of China Education Ministry, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** The resistant rice cultivars (IR66897B, Bg90-2, PSBRC28 and Diantun502) and the susceptible rice cultivars (Daliqing24, Jingxiang2, Nan29 and IRBB17) were inoculated at the booting stage. The rice cultivars Diantun502 might carry *xa5*, *xa13* and *Xa21* resistance gene, compared with the resistance characteristics of different varieties. Genetic studies on the resistance to bacterial blight in 4 parental rice cultivars, the results revealed that the resistance of IR66897B to strain No. 18 and Y3 isolate of Xoo were respectively controlled by a single recessive gene and two recessive genes. The resistance of Bg90-2 to Y11 was controlled by two dominant genes, Diantun502 to Y5 and PSBRC28 to Y11 by one dominant gene, respectively.

**Key words:** rice cultivars; bacterial leaf blight; resistance gene

水稻白叶枯病是由病原细菌 (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) 侵染而引发的水稻病害, 不但严重发生在东南亚各国, 而且已经蔓延到澳洲, 美洲和非洲。目前除新疆外, 全国都有不同程度的发生, 是水稻上仅次于稻瘟病的重要病害<sup>[1]</sup>。水稻受害后, 一般减产 20% ~ 30%, 严重的减产 50% 以上, 甚至颗粒无收<sup>[2]</sup>。

该病目前尚无理想的化学药剂用来防治, 种植抗病品种是最经济有效的防治方法<sup>[3]</sup>。长期的生产实践证明, 培育抗病品种关键在于掌握较好的抗性基因来源。为此, 国内外在水稻白叶枯病抗性的遗传研究方面做了大量的工作<sup>[4-6]</sup>。截至 2005 年 6 月, 已发掘和鉴定了 30 个稻白叶枯抗性基因。在这 30 个基因中 17 个抗性基因被定位,

收稿日期: 2007-04-23 修回日期: 2007-04-27

\* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30160052) \*\* 通讯作者

作者简介: 吴亚鹏 (1982-), 男, 湖北枝江人, 硕士研究生, 主要从事植物细菌病害及其控制技术研究。

6 个抗性基因被克隆, 抗谱较宽的优异基因 *Xa21* 等正在我国育种部门利用<sup>[7]</sup>。但随着水稻白叶枯病病原菌不断进化, 新产生的小种已能够克服一些抗病基因, 且我国的大多数水稻品种对白叶枯抗源抗性单一, 隐藏着抗性“丧失”的危险, 因而迫切需要拓宽和利用新的抗病基因<sup>[8,9]</sup>。本文在评价云南水稻品种对白叶枯病抗性差异的基础上, 对其抗性遗传进行研究, 并与已知抗病基因品种进行抗白叶枯病的比较, 为水稻白叶枯病抗病育种提供了参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试水稻品种

对水稻白叶枯抗性较好的品种: IR66897B, Bg90-2, PSBRC28, 滇屯 502; 感病品种: 大粒粳 24 号, 粳香 2 号, 南 29, IRBB17 (表 1); 近等基因系 IRBB1 (*Xa1*), IRBB3 (*Xa3*), IRBB4 (*Xa4*), IRBB5 (*xa5*), IRBB7 (*Xa7*), IRBB13 (*xa13*), IRBB14 (*Xa14*), IR24, IRBB21 (*Xa21*)。以上水稻品种均由云南农业大学教育部农业生物多样性与病虫害控制重点实验室提供。

### 1.2 供试菌株

水稻白叶枯病菌株为云南省红河、大理、思茅、德宏、楚雄、玉溪、版纳、腾冲及昆明等地采集的标本上分离得到的已测出生理小种的菌株 (表 1)。

表 1 供试水稻品种组合与白叶枯病菌株  
Tab. 1 The list of cross combination and isolate

杂交组合 cross combination	杂交组合编号 code of cross combination	代表菌株 representative isolates
IR66897B × 大粒粳 24 号 Dalijing24	G2	18
IR66897B × 粳香 2 号 Jingxiang2	G14	Y3
南 29 Nan29 × Bg90-2	G7	Y11
南 29 Nan29 × PSBRC28	G9	Y11
滇屯 502 Diantun502 × IRBB17	G16	Y5

### 1.3 杂交组合的配制及种植

IR66897B 分别与 大粒粳 24 号、粳香 2 号杂

交, 南 29 分别与 PSBRC28, Bg90-2 杂交, 滇屯 502 与 IRBB17 杂交一共 5 个组合在 2002 年配制。供试的杂交组合各育秧一盆, 3 月下旬浸种育秧, 4 月中旬移栽,  $F_2$  为 200~300 株, 成株孕穗期用于接种。鉴别品种的种植: 供试的已知抗病基因品种 IRBB5, IRBB4, IRBB3, IRBB14, IRBB1, IR24, IRBB13, IRBB7, IRBB21 各育秧一盆, 与杂交组合一起育苗、移栽和接种。

## 1.4 温室接种

### 1.4.1 接种菌株

供试菌株为冻存管保存, 用前取出移植 2 代后备用; 毒性变化的菌株, 需经平板划线单菌落分离、纯化, 回接到植株, 再分离, 重复接种测定。菌株在 28~30 °C 中培养 36~48 h, 接种液的浓度用可见光光度计测定吸收值,  $OD(600\text{ nm}) = 0.5$ , 浓度相当于  $1.0 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^9$  CFU/mL。

### 1.4.2 接种方法

水稻白叶枯病菌在孕穗拔节期采用剪叶法接种, 每个品种选取上部平展剑叶约叶片长度 1/10 处剪叶接种约 10 片叶, 每个菌株接种一个群体, 所有接种在 4 h 之内完成, 接种后自然条件下任其充分发病观察记载。

### 1.4.3 调查记载及分级标准

接种后 15~21 d, 当感病对照品种病情发展趋于稳定时,  $F_2$  代的每个单株最少调查 6 叶, 逐叶测量病叶长度和总叶长度取平均值, 然后求取病叶占总叶的百分比作为调查单株对所接菌株的抗性反应参数。分级标准见表 2。

## 2 结果与分析

### 2.1 水稻品种对白叶枯病的抗谱比较

品种组合的亲本滇屯 502 在成株期对小种 2 (18, A4) 和小种 5 (Y3, Y5) 表现高抗, 对小种 5 的另一个菌株 (Y6), 小种 8 (Q15-2, Y1) 和小种 10 (Y11) 表现中抗, 而亲本 IRBB17, 南 29, 大粒粳 24 号和粳香 2 号在成株期对多数菌株表现感病; 亲本 IR66897B 在成株期对小种 2 (18, A4) 和小种 5 (Y3) 表现高抗, 但对小种 8 (Q15-2, Y1) 和小种 10 (Y11) 表现中感; PSBRC28 和 Bg90-2 对小种 2 (18, A4) 和小种 10 (Y11) 表现中抗, 但对小种 5 (Y3, Y5, Y6) 和小种 8 (Y1, Q15-2) 表现感病 (表 3)。

表 2 病斑抗感分级标准

Tab. 2 Disease scale

病级 score	抗性类型 type	病斑反应 reaction of lesion
0	HR (高抗)	无病斑 no infection of leaves
1	R (抗)	病斑长度小于 1 cm the length of diseased lesion less than 1 cm
3	MR (中抗)	病斑占全叶长 1/4 以下 the average area of diseased lesion less than the quarter of whole leaves
5	MS (中感)	病斑占全叶长 1/4 ~ 1/2 the average area of diseased lesion between the the quarter and half of whole leaves
7	S (感)	病斑占全叶长 1/2 ~ 3/4 the average area of diseased lesion between the half and three-quarters of whole leaves
9	HS (高感)	病斑占全叶长 3/4 以上 the average area of diseased lesion more than three-quarters of whole leaves

注: HR = High resistance, R = Resistance, MR = Medium resistance, MS = Medium susceptible, S = Susceptible, HS = High susceptible。

滇屯 502 对 Y5 菌株表现高抗, 鉴别品种 IRBB1, IR24 对 Y5 菌株表现感病。综合表 3, 表 IRBB5, IRBB4, IRBB13, IRBB7, IRBB21 对 Y5 4 可以看出滇屯 502 可能携带 *xa5*, *xa13*, *Xa21* 菌株也表现抗性, 而鉴别品种 IRBB3, IRBB14, 抗病基因。

表 3 各品种对水稻白叶枯病的抗感反应

Tab. 3 The resistant response of rice cultivars to *Xoo*

供试品种 rice cultivars	供试菌株 (所属小种) strains used (race)							
	18 (2)	Y3 (5)	Y11 (10)	Y5 (5)	Y6 (5)	Q15 - 2 (8)	Y1 (8)	A4 (2)
IR66897B	R	R	MS	MS	S	MS	MS	R
PSBRC28	MR	S	MR	S	-	HS	S	MR
滇屯 502 (Diantun502)	R	R	MR	R	MR	MR	MR	R
Bg90 - 2	R	S	MR	S	S	S	MS	-
大粒粳 24 号 (Dalijing24)	MS	MS	S	MS	S	MS	-	MR
梗香 2 号 (Jingxiang2)	MS	S	S	S	MS	-	S	MS
南 29 (Nan29)	MS	S	S	S	MR	S	MS	MS
IRBB17	MS	MS	MS	S	S	MS	MS	R

注: R = Resistance, MR = Medium resistance, MS = Medium susceptible, S = Susceptible, HS = High susceptible。

表 4 已知抗病基因品种对水稻白叶枯病的抗感反应

Tab. 4 The resistant response of differential cultivars to *Xoo*

鉴别品种 differential variety	抗病基因 resistance gene	菌株 (所属小种) strains used (race)							
		18 (2)	Y3 (5)	Y11 (10)	Y5 (5)	Y6 (5)	Q15 - 2 (8)	Y1 (8)	A4 (2)
IRBB5	<i>xa5</i>	R	R	R	R	R	R	R	R
IRBB4	<i>Xa4</i>	R	R	S	R	R	S	S	R
IRBB3	<i>Xa3</i>	R	S	R	S	S	S	S	R
IRBB14	<i>Xa14</i>	R	S	R	S	S	S	S	R
IRBB1	<i>Xa1</i>	R	S	S	S	S	S	S	R
IR24	-	S	S	S	S	S	S	S	S
IRBB13	<i>xa13</i>	R	R	R	R	R	R	R	R
IRBB7	<i>Xa7</i>	R	S	R	R	S	R	R	R
IRBB21	<i>Xa21</i>	R	R	R	R	R	R	R	R

注: R = Resistance, S = Susceptible.

## 2.2 4 个抗病品种对白叶枯病的抗性遗传分析

由表 5 可知, 在 G16 杂交组合中, 抗感分离比为 135RR: 60SS ( $Xc2 = 1.27$ ), 符合 3 抗: 1 感的一对显性基因控制的期望值, 表明抗病品种滇屯 502 对 Y5 菌株的抗性是由一对显性基因控制的。在 G2 杂交组合中, 抗感分离比为 16RR: 78SS ( $Xc2 = 2.79$ ), 符合 3 感: 1 抗的一对隐性基因控制的期望值, 表明抗病品种 IR66897B 对 18 号菌株的抗性是由一对隐性基因控制的。在 G7 杂交组合中, 抗感分离比为 214RR: 22SS ( $Xc2 = 3.29$ ), 符合 15 抗: 1 感的两对显性基因控制的期

望值, 表明抗病品种 Bg90-2 对 Y11 菌株的抗性是由两对显性基因控制的。在 G9 杂交组合中, 抗感分离比为 158RR: 63SS ( $Xc2 = 1.27$ ), 符合 3 抗: 1 感的一对显性基因控制的期望值, 表明抗病品种 PSBRC28 对 Y11 菌株的抗性是由一对显性基因控制的。在 G14 杂交组合中, 抗感分离比为 18RR: 168SS ( $Xc2 = 3.17$ ), 符合 15 感: 1 抗的两对隐性基因控制的期望值, 表明抗病品种 IR66897B 对 Y3 菌株的抗性是由两对隐性基因控制的。

表 5 抗/感组合的  $F_2$  植株对菌株的抗性反应

Tab. 5 The reaction of  $F_2$  plants from crosses between resistant cultivars to strain of *Xoo* at the booting stages

杂交组合 cross combination	LP/cm		$F_2$ 植株的抗性反应 reaction of $F_2$ plants			ER	Xc2	P 值
	P1	P2	NR	NS	总株 total			
G2	3	14	16	78	94	3: 1	2.79	0.1 ~ 0.05
G14	2.6	16.4	18	168	186	15: 1	3.17	0.1 ~ 0.05
G7	3.3	26.8	214	22	236	15: 1	3.29	0.1 ~ 0.05
G9	3.5	26.8	158	63	221	3: 1	1.27	0.5 ~ 0.25
G16	2.2	21.4	135	60	195	3: 1	3.24	0.1 ~ 0.05

LP: 亲本病斑长 (Lesions length of parent) NR: 抗病株数 (No. of resistant plant) NS: 感病株数 (No. of susceptible plant) ER: 期望比例 (expectant ratio) P1: 抗病亲本 (resistant parents) P2: 感病亲本 (susceptible parents)

## 3 讨论

植物的抗病性与病原菌的致病性是生物界一种十分复杂的相互作用系统<sup>[10]</sup>。为了对付病原菌生理小种的多样性, 在开展抗白叶枯病遗传与育种的研究中, 加强品种抗病基因的遗传分析与定位研究, 在确定一个较大范围内稻区的致病小种分布的情况下选择一些致病力强、分布频率高的优势小种, 以及未来发展的小种, 作为研究的主要病原物, 以测定具有抗病力强、抗性稳定的品种的抗性基因类型及其它它们之间的等位关系, 从而加强抗性主基因的积累, 以选择广谱抗性的高产品种, 推动水稻生产的发展。本研究在明确云南优势小种的情况下<sup>[11]</sup>, 有选择性和针对性地选用云南的优势小种对上述 5 个杂交组合作出了抗性遗传分析, 明确了其遗传方式, 为今后的抗病育种打下了基础。

由于水稻白叶枯病菌有明显的致病性分化,

同一抗性基因对不同致病性小种的抗性反应可能有差异, 抗性遗传亦可截然不同。在水稻白叶枯病抗性遗传研究中, 采用不同菌系则得出不同结果的报道屡见不鲜。PETPISIT 等分析 IR26 对菲律宾菌系 PX025 的抗性遗传受一不完全显性单基因 *Xa4* 控制<sup>[12]</sup>; 而 HORINO 等报道 IR26 对日本的 5 个小种抗性则受多基因控制<sup>[13]</sup>。章琦等用菲律宾菌系 PX061 研究矢租的抗性, 发现其携有一对隐性基因 *xa5*<sup>[14]</sup>; 周泰初等报道矢租对江苏菌系 Ks1-3 的抗性由一对显性基因控制<sup>[15]</sup>。本试验也证实了这一点, 如在本试验的 G2 杂交组合当中, IR66897B 对 18 号菌株<sup>[11]</sup> (云南 2 号小种) 的抗性是由一对隐性基因控制的; 而在 G14 杂交组合中, IR66897B 对 Y3 菌株 (云南 9 号小种) 的抗性是由两对隐性基因控制的。因此, 今后的遗传研究应考虑确定我国的代表菌系, 逐渐建立我国一套统一研究与命名方案, 以便为我国抗病育种和其它学科研究提供科学基础。

我国从20世纪60年开始从国外引进了许多抗源材料,来自国外的有名抗病品种有TK6, Ptb23, ASD7, DV85, Babawee, Pelita I-1, IR系列, PSBRC系列, BG90-2, 矢租, 印度诺等。其中的斯里兰卡品种BG90-2已成为籼稻中的重要抗源<sup>[16]</sup>,李志正等有BG90-2系选出高产、抗病品种扬稻1号和扬稻3号,仅在1983~1984两年内就在长江中下游种植43.4万hm<sup>2</sup>以上<sup>[17]</sup>。抗病品系882484和884003(南京农业大学选育)、金陵57、鄂荆糯六号、鄂糯七号(洪秀明选育)、中稻新品系“178”,合优3号(重庆市作物研究所与四川省原子核应用技术研究所选育)等都有BG90-2的亲缘。经不同品种IR66897B, PSBRC28, Diantun502, BG90-2对水稻白叶枯的抗感反应分析,云南选育出的品种滇屯502对水稻白叶枯的抗性要好于BG90-2,由此可以看出滇屯502是一个很有前景的抗病品种。

#### [参考文献]

- [1] 钱君,张世光,姬广海. 云南稻种对水稻白叶枯病抗性的评价[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(3): 239-240.
- [2] 董金皋. 农业植物病理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [3] 姬广海,张世光,钱君,等. 云南稻种资源的抗白叶枯病研究[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(2): 125-128.
- [4] SONG W Y, WANG G L, CHEN L L, et al.. A Receptor Kinase-like Protein Encoded by the Rice Disease Resistance Gene, Xa21 [J]. Science, 1995, 270(15): 1804-1806.
- [5] YOSHIMURA S, YAMANOUCI U, SASAKI T, et al.. Expression of Xa1, a Bacterial Blight Resistance Gene in Rice, is Induced by Bacterial Inoculation [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1998, 95(4): 1663-1668.
- [6] 钱君,姬广海,张世光. 水稻白叶枯病抗性遗传基础研究进展[J]. 云南农业大学学报, 2001, 16(4): 313-316.
- [7] 章琦. 水稻白叶枯病抗性基因鉴定进展及其利用[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(5): 453-459.
- [8] 章琦. 我国水稻白叶枯病抗性遗传的评价和利用[J]. 中国农业科学, 1990, 24(3): 26-36.
- [9] 姬广海,张世光,许志刚. 水稻品种对白叶枯病抗性鉴定的研究[J]. 云南农业大学学报, 2000, 15(4): 321-323.
- [10] 郑康乐,庄杰云,王汉荣. 基因聚合提高了水稻对白叶枯病的抗性[J]. 遗传, 1998, 20(2): 4-6.
- [11] 姬广海,夏贤仁,肖鲁婷,等. 云南水稻白叶枯病生理小种初析及鉴别品种的筛选[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(5): 541-545.
- [12] PETPISIT V, KHUSH G S, KAUFIMAN H E. Inheritance of Resistance to Bacterial Blight in rice [J]. Crop Science, 1977, 17: 551-554.
- [13] HORINO O, YAMADA T. Inheritance of Resistance of IR26 to Bacterial Groups I, II, III, IV and V of *Xanthomonas Campestris* P.v. *oryzae* [J]. Ann Phytopath Soc Japan, 1980, 46: 504-509.
- [14] 周毓珍,朱立宏. 水稻抗白叶枯病研究: II几个中间抗源的转育效应[J]. 南京农业大学学报, 1985, (3): 10-16.
- [15] OGAWA T, KHUSH G S. Major Genes for Resistance to Bacterial Blight in Rice [M]. International Workshop on Bacterial Blight of Rice held in IRRI, Manila, Philippines, 1998, 14-18.
- [16] 章琦. 我国水稻白叶枯病抗性遗传的评价和利用[J]. 中国农业科学, 1991, 24(3): 26-36.
- [17] 李志正. 中籼稻扬稻1号及910品系对白叶枯病抗性的研究[J]. 植物保护学报, 1985, 12(1): 29-35.