

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2018.02.013

云南 30 个水稻品种对水稻白叶枯病的抗性评价

杨俊¹⁺, 艾瑛²⁺, 王星¹, 杨超¹, 孙雁^{1*}, 姬广海^{1*}
¹云南省生物资源保护与利用国家重点实验室, 云南昆明 650201; ²通海县植保植检站, 云南玉溪 652700

摘要:【目的】水稻白叶枯病是一种严重危害水稻的细菌性病害, 培育抗性品种是治理该病害的重要途径。因此, 明确云南水稻材料对检疫性病害水稻白叶枯病的抗性, 可以为该病害的防治与监测、水稻栽培的合理布局 and 良好抗性资源的获取提供依据。【方法】采用剪叶接种法测定云南稻区 30 个品种对 7 个不同致病型白叶枯病菌的抗性。【结果】在供试的 30 个云南水稻品种中, 2 个品种(玉梗 16 和 JS42 糯稻)对 7 个不同致病型菌株均表现为抗性; 15 个品种对 7 个致病型菌株均表现感病; 对 HEN11、SCYC-6、YN7、YN11、FUJ、YN241 和 PX099 等 7 个致病型菌株表现抗性的水稻品种分别占 26.67%、16.67%、23.33%、13.33%、6.67%、10.00% 和 20.00%。此外, 区试材料的抗性比例高于主栽品种, 地方稻未发现抗性品种。【结论】现在生产上的大部分水稻品种对优势致病型病原菌入侵的抵抗能力降低甚至丧失。针对云南地区的优势致病小种 FUJ 筛选得到 2 个抗性品种: 玉梗 16 和 JS42 糯稻。
关键词: 水稻种质; 云南; 水稻白叶枯病; 抗性评价

Evaluation of resistance to rice bacterial blight in 30 rice cultivars in Yunnan

YANG Jun¹⁺, AI Ying²⁺, WANG Xing¹, YANG Chao¹, SUN Yan^{1*}, JI Guanghai^{1*}
¹State Key Laboratory of Conservation and Utilization of Bio-resources in Yunnan, Kunming, Yunnan 650201, China;
²Tonghai Plant Protection and Quarantine Station, Yuxi, Yunnan 652700, China

Abstract: 【Aim】Rice bacterial blight is a serious disease of this major staple crop. Landraces often contain resistance genes useful for breeding, so testing such cultivars can provide a basis for the prevention and control of rice diseases. 【Method】Resistance to 7 different pathogenic *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* strains of 30 local rice cultivars from Yunnan Province was tested by leaf inoculation. 【Result】Among the 30 tested rice cultivars, two showed resistance to all 7 pathogenic strains, while 15 cultivars were susceptible to all pathogenic strains tested. The measured levels of resistance to the 7 different pathogenic strains ranged from 6.67% to 26.67%. In addition, the resistance ratio of regional trial materials was higher than that of the main cultivars. No resistance was found in the local rice. 【Conclusion】Most of the cultivars in production have reduced or lost ability to withstand the dominant pathogenic bacteria. Cv.s Yujing 16 and Nuodao JS42 were the resistant cultivars against the dominant pathogenic race FUJ in Yunnan Province.
Key words: rice cultivars; Yunnan; rice bacterial blight; resistance evaluation

水稻白叶枯病是由黄单胞杆菌水稻致病变种 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* 引起的细菌病害, 属于外来入侵物种, 2004 年被列入《中国外来入侵物种编目》(徐海根和强胜, 2004), 物种编号 BH033。白叶枯病是水稻三大病害之一, 该病在我国华南、华中和华东以及西南部分稻区经常暴发成灾。病害发生时可导致 20%~50% 的减产, 严重时可导致颗粒无收(Kumar *et al.*, 2013)。生产上主要采用农药防治水稻白叶枯病, 近年来由于田间生产中农药选用和施用的不合理, 导致水稻白叶枯病菌出现抗、耐药性菌株, 致使噻枯唑、噻唑锌和链霉素类农药的效用变低(徐颖等, 2013; 杨雅云等, 2014; 朱桦

琳等,2014)。选育种植抗性品种是防治植物细菌病害最有效和最经济的手段;但由于病原菌致病小种的遗传变化会导致原有抗病品种的抗性丧失(王明明等,2017),所以筛选新的抗性资源和抗病基因对抗病品种的培育具有重要意义。近年来,国内外研究者已经从常规栽培稻、地方稻和野生稻中发现了42个白叶枯病抗性基因。国家水稻数据中心(<http://www.ricedata.cn/gene/>)记录38个;李定琴等(2017)综述了40个抗病基因 *Xa1*–*Xa40* 的研究进展;*Xa41* 和 *Xa42* 是最近研究发现的抗性基因(Vikal & Bhatia, 2017)。其中,9个基因被成功克隆,分别为 *Xa1*、*Xa3*/*Xa26*、*xa5*、*Xa10*、*xa13*、*Xa21*、*Xa23*、*xa25* 和 *Xa27*,6个显性基因为 *Xa1*、*Xa10*、*Xa21*、*Xa23*、*Xa26*、*Xa27*,3个隐性基因为 *xa5*、*xa13* 和 *xa25*(Chen *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2011; Iyer & McCouch, 2004; Song *et al.*, 1995; Sun *et al.*, 2004;

Wang *et al.*, 2015; Yoshimura *et al.*, 1983)。

云南不仅是水稻的起源中心之一,而且具有丰富的稻种资源,国内发现的3个野生稻品种在云南均有发现(肖素勤等,2017; 余腾琼等,2016)。本试验研究云南各稻区的一些主栽品种、区试材料和地方稻对水稻白叶枯病的抗性水平,以期水稻品种布局、育种工作提供参考,也为有效利用抗病品种及研究抗病品种的遗传特性和抗病基因鉴定奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试水稻品种

供试水稻品种为云南省各稻区的30种水稻种质材料,水稻类型及其来源如表1。其中,主栽品种13种,区试材料12种,地方稻5种。感病对照品种为日本晴。

表1 用于测试抗性的云南水稻品种
Table 1 Rice cultivars tested for resistance against the major pathogenis strains in Yunnan Province, China

产地 Origin	水稻品种 Rice cultivar	水稻类型 Rice type	产地 Origin	水稻品种 Rice cultivar	水稻类型 Rice type
保山 Baoshan	隆科 16 Longke 16	主栽品种 Main cultivar	普洱 Puer	JS2 糯稻 Nuodao JS2	区试材料 Regional trial material
	昌梗 15 Changjing 15	区试材料 Regional trial material		千禧糯 JS50 Qianxinuo JS50	区试材料 Regional trial material
	昌梗 11 Changjing 11	主栽品种 Main cultivar		JS42 糯稻 Nuodao JS42	区试材料 Regional trial material
	岫梗 17 Xiujing 17	区试材料 Regional trial material		紫糯 Zinuo	地方稻 Local material
楚雄 Chuxiong	楚梗 28 Chujiang 28	主栽品种 Main cultivar	文山 Wenshan	JS15 糯稻 Nuodao JS15	区试材料 Regional trial material
	楚梗 27 Chujiang 27	主栽品种 Main cultivar		文稻 11 Wendao 11	主栽品种 Main cultivar
	合系 39 Hexi 39	主栽品种 Main cultivar		西双版纳版纳糯 18 Bannahaonuo 18	主栽品种 Main cultivar
大理 Dali	凤稻 27 Fengdao 27	主栽品种 Main cultivar		Xishuanghanna 农兴 3 号 Nongxing 3	区试材料 Regional trial material
	德优 8 Deyou 8	主栽品种 Main cultivar	玉溪 Yuxi	版纳糯 25 Bannahaonuo 25	区试材料 Regional trial material
德宏 Dehong	红早谷 Hongzaogu	地方稻 Local material		农兴 4 号 Nongxing 4	区试材料 Regional trial material
丽江 Lijiang	丽梗 16 Lijing 16	区试材料 Regional trial material		云梗 26 Yunjing 26	主栽品种 Main cultivar
	小麻谷 Xiaomagu	地方稻 Local material		玉梗 16 Yujing 16	区试材料 Regional trial material
	丽梗 8 Lijing 8	区试材料 Regional trial material		玉梗 15 Yujing 15	主栽品种 Main cultivar
临沧 Lincang	黄壳糯 Huangkenuo	地方稻 Local material		云梗 3 Yunjing 3	主栽品种 Main cultivar
曲靖 Qujing	大坝谷 Dabagu	地方稻 Local material		玉梗 14 Yujing 14	主栽品种 Main cultivar

1.2 供试水稻白叶枯病原菌

所采用的7个致病型标准菌株包括6个中国标准白叶枯病菌株小种 C4 – C9 (YN7、YN11、HEN11、SCYC-6、FUJ、YN24) 和1个国际标准菌株菲律宾6号小种 PX099。菌株来源:云南农业大学农业多样性国家工程中心。

1.3 水稻的种植与接种

于2017年4月中旬在云南农业大学植物保护学院开始水稻育苗,5月中下旬移栽种植于云南农业大学试验基地,待水稻孕穗期准备接种。接种菌悬液的制备:从–80℃超低温冰箱内取出白叶枯病

菌种在NA培养基上复壮,划线传代培养(28℃、24h)2次后,利用无菌水配制成3×10⁸ CFU·mL⁻¹ (*D*_{600nm}约0.5)的菌悬液,15min内进行剪叶接种(用预先处理的型号一致的接种剪刀蘸取菌悬液,在水稻孕穗拔节期选取主茎剑叶平展叶片,剪刀平置,刀尖稍向上,减去约叶片长度的1/10)。每个菌株至少接种每个品种3株,每株至少剪3片叶(Kauffman *et al.*, 1973)。

1.4 调查指标与抗性分级标准

接种21d后(待感病对照完全发病)量取叶片的全叶长和病斑长。参考 Los & IRRI (1996)用病

斑长与全叶长的比值作为抗性分级标准:0 级为高抗 (highly resistant, HR), 比值<5%; 1 级为抗 (resistant, R), 5% ≤ 比值<10%; 3 级为中抗 (medium resistance, MR), 10% ≤ 比值<25%; 5 级为中感 (medium susceptibility, MS), 25% ≤ 比值<50%; 7 级为感 (susceptibility, S), 50% ≤ 比值<75%; 9 级为高感 (highly susceptible, HS), 75% ≤ 比值。

1.5 数据分析

运用软件 EXCEL 2010 和 SPASS 18 对 30 个品种的抗性结果基于非加权组平均法 (unweighted pair-group method with arithmetic means, UPGMA) 进行聚类分析 (李栋等,2018; 吴宪等,2015)。

2 结果与分析

2.1 云南省 30 个水稻品种对水稻白叶枯病的抗性

30 个品种接种 7 个水稻白叶枯病原菌的抗性反应结果 (表 2) 显示, 只有 2 个材料 (玉粳 16 和 JS42 糯稻) 对 7 个病原菌均表现抗性; 对 7 个菌株均表现感病的水稻品种有 15 份, 占参试材料的 50%。

对国内标准 C4 致病型菌株 (YN7) 具有抗性的

水稻品种为 7 个 (区试材料 6 个, 主栽品种 1 个), 占参试材料的 23.33%; 对 C5 致病型菌株 (YN11) 具有抗性的水稻品种有 4 个 (区试材料 3 个, 主栽品种 1 个), 占参试材料的 13.33%; 对 C6 致病型菌株 (HEN11) 具有抗性的水稻材料有 8 个 (区试材料 5 个, 主栽品种 3 个), 占参试材料的 26.67%, 其中有一个高抗材料隆科 16; 对 C7 致病型菌株 (SCYC-6) 具有抗性的水稻品种有 5 个 (区试材料 4 个, 主栽品种 1 个), 占参试材料的 16.67%; 对 C8 致病型菌株 (FUJ) 具有抗性的水稻品种有 2 个 (均为区试材料), 占参试材料的 6.67%; 对 C9 致病型菌株 (YN24) 具有抗性的水稻品种有 3 个 (区试材料 2 个, 主栽品种 1 个), 占参试材料的 10.00%; 对菲律宾 6 号小种 (PX099) 具有抗性的水稻品种有 6 个 (区试材料 4 个, 主栽品种 2 个), 占参试材料的 20.00%。由此可知, 所有参试水稻品种中, 区试材料对 7 个不同致病型白叶枯菌株表现抗性的比例高于主栽品种和地方稻, 且 5 个地方稻品种对 7 个致病型菌株均未表现抗性。

表 2 30 个水稻品种对 7 个白叶枯病菌的抗性

Table 2 Resistance levels of 30 Yunnanese rice cultivars to seven pathogenic <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> strains																	
水稻品种 Rice cultivar		对白叶枯病菌的抗性							水稻品种 Rice cultivar		对白叶枯病菌的抗性						
		Resistance to the pathogenic <i>X. oryzae</i> strain									Resistance to the pathogen <i>X. oryzae</i> strain						
		PX099	YN7	YN11	HEN11	SCYC-6	FUJ	YN24			PX099	YN7	YN11	HEN11	SCYC-6	FUJ	YN24
黄壳糯 Huangkenuo		MS	S	MS	S	MS	MS	S	玉粳 15 Yujing 15		S	S	S	MS	S	MS	S
丽粳 16 Lijing 16		MS	MS	S	S	S	MS	MS	JS2 糯稻 Nuodao JS2		S	R	R	MR	MR	MS	MS
玉粳 16 Yujing 16		MR	R	MR	MR	MR	MR	MR	紫糯 Zinuo		S	HS	S	MS	S	MS	MS
云粳 26 Yunjing 26		MS	S	MS	MS	MS	MS	S	云梗 3 Yunjing 3		S	S	MS	MS	MS	MS	MS
昌梗 15 Changjing 15		S	MS	S	S	MS	S	S	版纳毫糯 18 Bannahaonuo 18		MS	MR	S	S	MR	MS	MS
隆科 16 Longke 16		MS	S	R	HR	MS	MS	MS	丽粳 8 Lijing 8		R	S	MS	MS	HS	MS	MS
文稻 11 Wendao 11		MS	S	MS	MS	MS	S	MS	岫梗 17 Xiujing 17		MR	MS	S	MS	MS	MS	MS
凤稻 27 Fengdao 27		MS	S	S	MS	MR	MS	S	楚梗 27 Chujing 27		MR	S	MS	MR	MS	MS	S
小麻谷 Xiaomagu		MS	MS	MS	MS	MS	MS	S	大坝谷 Dabagu		MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
JS15 糯稻 Nuodao JS15		MS	MS	MS	S	S	MS	MS	农兴 3 号 Nongxing 3		MS	MR	MS	MR	S	MS	MS
楚梗 28 Chujing 28		S	S	MS	S	S	MS	S	玉粳 14 Yujing 14		MR	MR	S	MS	MS	MS	MS
JS42 糯稻 Nuodao JS42		R	MR	MR	MR	MR	MR	MR	版纳毫糯 25 Bannahaonuo 25		S	S	MS	R	MS	MS	MS
千禧糯 JS50 Qianxinuo JS50		MS	R	MS	MS	MS	MS	MS	农兴 4 号 Nongxing 4		MS	S	HS	MS	HS	S	MS
昌梗 11 Changjing 11		MS	S	MS	S	S	MS	MS	德优 8 Deyou 8		MS	S	MS	MS	MS	MS	R
红早谷 Hongzaogu		S	S	MS	MS	S	MS	S	合系 39 Hexi 39		MS	MS	MS	MR	S	MS	MS

HR:高抗 Highly resistant; R:抗 Resistant; MR:中抗 Medium resistance; MS:中感 Medium susceptibility; S:感 Susceptibility; HS:高感 Highly susceptible。

2.2 聚类分析结果

通过聚类分析可得, 30 个水稻品种分为 3 个类群, 2 个抗性品种 (玉粳 16 和 JS42 糯稻) 聚为一簇; 6 个对某个致病型菌株具有抗性的水稻品种 (岫梗

17、玉粳 14、版纳毫糯 18、JS2 糯稻、千禧糯 JS50 和隆科 16) 聚为一簇; 剩下的 22 个抗性较差的水稻品种聚为一簇。其中, 抗性分级距离为 20 以上的品种只有玉粳 16 和 JS42 糯稻 (图 1)。

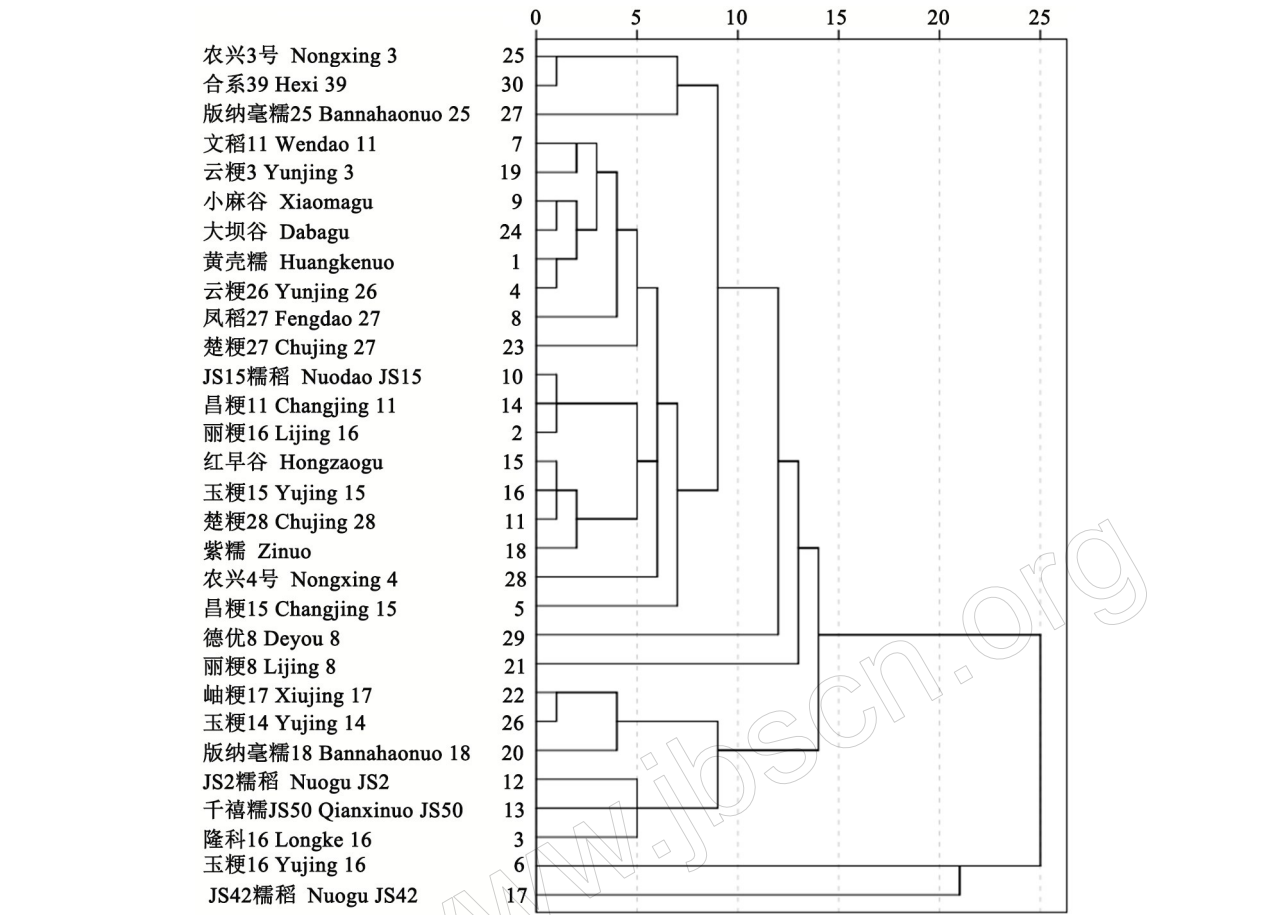


图 1 基于 30 个品种对 7 个白叶枯病菌抗性结果的 UPGMA 聚类分析

Fig.1 UPGMA cluster analysis of 30 cultivars based on resistance to seven pathogenic *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* strains

3 讨论

开展水稻种质资源对水稻细菌病害的抗性评价是筛选抗病品种的基础工作(俞咪娜等,2014)。袁筱萍等(2016)选用 7 个不同的白叶枯致病型代表菌株(JS97-6、KS6-6、JS158-2、浙 173、1358、OS198、JS49-6)对 198 份籼稻和 123 份粳稻主栽品种进行抗性评价发现,供试的主栽品种对白叶枯病的抗性下降,抗和中抗品种不多。史波等(2016)采用国内的鉴别小种 R1(YN18)、R2(YN1)、R3(GD414)、R4(HEN11)、R5(ScYc-b)、R6(YN7)、R7(YN11)、R8(FUJ)和 R9(YN24)对江苏、吉林、湖南、云南、广东及浙江 6 个省的 75 个主栽品种进行了抗性评价,结果表明,云南 11 个水稻品种只对 3 个小种(R1、R3、R4)有抗性,其他小种均没有抗性品种,且缺乏对当地优势小种表现抗性的品种。针对野生稻、地方稻及其野生稻渗入系材料的抗性评价发现,不少抗性材料对云南的优势白叶枯致病小种具有抗性。本研究通过选用 7 个白叶枯标准菌株(菲律宾 6 号

小种和国内 C4-C9 致病型代表菌株)对云南 30 个水稻品种进行抗性评价,发现 2 个对 7 个致病型菌株均表现抗性的水稻品种玉粳 16 和 JS42 糯稻均为区试材料,值得进一步选育和推广。对 HEN11、SCYC-6、YN7、YN11、FUJ、YN241 和 PX099 等 7 个致病型小种表现抗性的水稻品种分别占 26.67%、16.67%、23.33%、13.33%、6.67%、10.00% 和 20.00%;对 7 个致病型菌株都表现感病的水稻品种为 15 个;3 个不同类型的水稻中,区试材料抗白叶枯病菌的比例最高,主栽品种次之,地方稻中未发现抗性品种。这表明水稻白叶枯病原菌的不断进化导致现在生产上大部分材料对优势致病型病原菌入侵的抵抗能力降低甚至丧失。今后应加强对病原菌小种变化和当地水稻品种抗性水平的研究。

参考文献

李定琴, 钟巧芳, 曾民, 陈越, 王波, 程在全, 2017. 水稻抗白叶枯病基因定位、克隆及利用研究进展. 中国稻米, 23 (5): 19-27.

- 李栋, 何美丹, 吴丹, 赵建发, 何光亮, 夏志辉, 袁潜华, 2018. 海南普通野生稻对水稻白叶枯病的抗性鉴定. 分子植物育种, 16(3): 832–839.
- 史波, 吴云雨, 陈浩, 管昌红, 刘凤权, 张红生, 鲍永美, 2016. 6 省水稻主栽品种对白叶枯病菌的抗性鉴定. 南京农业大学学报, 39(3): 349–357.
- 王明明, 张帆, 石英尧, 卓大龙, 胡丹丹, 周永力, 黎志康, 2017. 我国水稻微核心种质资源对白叶枯病抗性的鉴定和评价. 植物遗传资源学报, 18(4): 771–777.
- 吴宪, 许晶, 温嘉伟, 刘文平, 张佳环, 王继春, 2015. 东北水稻白叶枯病菌株遗传多样性分析及品种对白叶枯病抗性评价. 吉林农业大学学报, 37(3): 290–295.
- 肖素勤, 殷富有, 程在全, 2017. 云南野生稻资源及其保护. 植物遗传资源学报, 18(3): 494–502.
- 徐海根, 强胜, 2004. 中国外来入侵物种编目. 北京: 中国环境科学出版社.
- 徐颖, 祝晓芬, 周明国, 2013. 水稻白叶枯病菌室内链霉素抗性菌株的诱导及其抗性分子机制和风险评价. 农药学报, 15(1): 43–51.
- 杨雅云, 张恩来, 阿新祥, 汤翠凤, 张斐斐, 陈丹, 董超, 吴坤, 徐福荣, 周英, 祁春学, 戴陆园, 2014. 云南高原粳稻白叶枯病菌的抗药性室内鉴定及其 *mpfC* 基因序列分析. 中国水稻科学, 28(6): 665–674.
- 余腾琼, 肖素勤, 程在全, 2016. 云南野生稻和地方稻资源抗白叶枯病分析. 植物保护学报, 43(5): 774–781.
- 俞咪娜, 于俊杰, 尹小乐, 2014. 2013 年江苏省水稻区试品种抗细菌性病害的鉴定和评价. 江苏农业科学, 42(8): 109–110.
- 袁筱萍, 魏兴华, 徐群, 王一平, 余汉勇, 王彩红, 2016. 中国主栽品种对 7 个白叶枯病菌菌株的抗性分析. 植物保护, 42(4): 169–173.
- 朱烨琳, 梁晓宇, 徐曙, 候毅平, 王建新, 周明国, 2014. 农药学报, 16(2): 125–131.
- CHEN H, WANG S P, ZHANG Q F, 2002. New gene for bacterial blight resistance in rice located on chromosome 12 identified from Minghui 63, an elite restorer line. *Phytopathology*, 92(7): 750–754.
- IYER A S, MCCOUCH S R, 2004. The rice bacterial blight resistance gene *xa5* encodes a novel form of disease resistance. *Molecular Plant-microbe Interactions*, 17(12): 1348–1354.
- KAUFFMAN H E, REDDY A P K, HSIEH S P Y, 1973. Improved technique for evaluating resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae*. *Plant Disease Reporter*, 57: 537–541.
- KUMAR A, GUHA A, BIMOLATA W, REDDY A R, LAHA G S, SUNDARAM R M, GHAZI I A, 2013. Leaf gas exchange physiology in rice genotypes infected with bacterial blight: an attempt to link photosynthesis with disease severity and rice yield. *Australian Journal of Crop Science*, 7(1): 32.
- LIU Q, YUAN M, ZHOU Y, LI X, WANG S, 2011. A paralog of the MtN3/saliva family recessively confers race-specific resistance to *Xanthomonas oryzae* in rice. *Plant Cell and Environment*, 34(11): 1958–1969.
- LOS B, IRRI, 1996. *Standard evaluation system for rice*. the Philippines: International Rice Research Institute.
- SONG W Y, WANG G L, CHEN L L, HOLSTEN T, 1995. A receptor kinase-like protein encoded by the rice disease resistance gene, *Xa21*. *Science*, 270: 1804–1806.
- SUN X, CAO Y, YANG Z, XU C, LI X, WANG S, 2004. *Xa26*, a gene conferring resistance to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in rice, encodes an LRR receptor kinase-like protein. *Plant Journal*, 37(4): 517–527.
- VIKAL Y, BHATIA D, 2017. *Genetics and genomics of bacterial blight resistance in rice*. London, UK: InTech.
- WANG C, ZHANG X, FAN Y, GAO Y, ZHU Q, ZHENG C, 2015. *XA23* is an executor R protein and confers broad-spectrum disease resistance in rice. *Molecular Plant*, 8(2): 290–302.
- YOSHIMURA A, MEW T W, KHUSH G S, 1983. Inheritance of resistance to bacterial blight in rice cultivar Cas 209. *Genetics*, 73(10): 1409–1412.

(责任编辑: 杨郁霞)