

# 中国主栽品种对 7 个白叶枯病菌菌株的抗性分析

袁筱萍, 魏兴华, 徐群, 王一平, 余汉勇, 王彩红\*

(水稻生物学国家重点实验室, 中国水稻研究所, 杭州 310006)

**摘要** 用 7 个水稻白叶枯病菌菌株测试 198 份籼稻和 123 份粳稻主栽品种的抗性反应。结果表明, 供试菌株中致病力最强的菌株为浙 173, 致病力最弱的菌株为 JS49-6。321 份试验材料中对 7 个菌株表现为全抗的籼稻品种有 9 份, 粳稻品种 16 份; 对 7 个菌株表现为全感的籼稻品种有 6 份, 未有粳稻品种对 7 个菌株表现为全感病, 这一结论表明粳稻品种对白叶枯病菌的抗性明显优于籼稻品种。且早、中、晚稻抗性水平分布趋势基本一致。

**关键词** 水稻; 主栽品种; 白叶枯病; 菌株; 抗性

**中图分类号:** S 435.111 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.04.028

## Resistance of main rice cultivars in China to seven bacterial blight strains

Yuan Xiaoping, Wei Xinghua, Xu Qun, Wang Yiping, Yu Hanyong, Wang Caihong

(State Key Laboratory of Rice Biology, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China)

**Abstract** 198 indica and 123 japonica main rice cultivars were tested for their resistance to seven bacterial blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) strains in China. The results showed that among all seven bacterial strains, Zhe173 demonstrated the strongest pathogenicity while JS49-6 showed the weakest. Among the 321 tested rice cultivars, nine indica cultivars were resistant to all seven strains, while six indica cultivars were susceptible to those strains. Among all tested japonica cultivars, 16 of them were resistant to the seven strains, but none of them was susceptible to all the strains, indicating that the resistance of japonica cultivar was higher than that of indica. There was no difference among the resistance of early, medium and late sub-type rice.

**Key words** rice; main cultivar; bacterial blight; strain; resistance

水稻白叶枯病是由水稻黄单胞菌(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, Xoo)引起的一种较为严重的水稻病害, 在全球水稻主要生产地均有发生, 尤其是在亚洲<sup>[1]</sup>。水稻白叶枯病多发生在水稻分蘖盛期, 能导致产量降低 20%, 严重时可达 50% 以上<sup>[2]</sup>。发掘抗白叶枯病水稻品种是抑制水稻白叶枯病发生最经济有效的方法<sup>[3-4]</sup>。截至 2013 年 3 月, 已报道水稻白叶枯病抗性基因共 38 个, 其中显性基因 *Xa* 占多数, 共有 26 个, 其他为隐性基因 *xa*。目前已有 26 个白叶枯病抗性基因被定位, 其中 *Xa1*、*xa5*、*xa13*、*Xa21*、*Xa23*、*Xa26*、*Xa27* 共 7 个基因已成功克隆, 供体品种分别为‘黄玉’、‘Java 14’、‘早生爱国 3’、‘明恢 63’、‘DZ192’、‘IR1545-339’、‘BJ1’、‘长药野生稻’、‘小粒野生稻’<sup>[5]</sup>。为客观地评价我国常规稻主栽品种对水稻白叶枯病的抗

性情况, 本研究选用 321 份 20 世纪 50 年代以来我国水稻生产上应用较广的主栽品种进行白叶枯病的抗性鉴定, 明确其对白叶枯病的抗性现状, 以期水稻抗病育种、抗性品种的合理布局及水稻白叶枯病的防控提供参考依据。

## 1 材料与方

### 1.1 试验材料

试验材料包括我国水稻生产上广泛应用的各类型常规稻主栽品种 321 份(表 1), 其中籼稻品种 198 份(早籼 124 份, 中籼 36 份, 晚籼 38 份), 粳稻品种 123 份(早粳 41 份, 中粳 24 份, 晚粳 58 份)。供试材料中有 301 份品种(93.8%)在生产上年推广面积曾在 6.67 万  $\text{hm}^2$  (100 万亩) 以上。所有参试材料均来自于中国水稻研究所国家水稻种质中期库。

收稿日期: 2015-08-07 修订日期: 2015-09-30

基金项目: 农业部物种资源保护专项(2015NWB047)

\* 通信作者 E-mail: wangcaihong@caas.cn

表 1 参试材料

Table 1 Materials used in this study

地区 Origin	籼稻/份 Indica	粳稻/份 Japonica	总数/份 Total
安徽 Anhui	5	3	8
北京 Beijing	0	3	3
福建 Fujian	13	0	13
广东 Guangdong	53	0	53
广西 Guangxi	9	0	9
贵州 Guizhou	1	0	1
河北 Hebei	0	2	2
河南 Henan	0	2	2
黑龙江 Heilongjiang	0	13	13
湖北 Hubei	6	3	9
湖南 Hunan	25	1	26
吉林 Jilin	0	8	8
江苏 Jiangsu	10	36	46
江西 Jiangxi	17	0	17
辽宁 Liaoning	0	6	6
宁夏 Ningxia	0	2	2
陕西 Shaanxi	0	1	1
上海 Shanghai	0	4	4
四川 Sichuan	11	1	12
台湾 Taiwan	2	8	10
天津 Tianjin	0	1	1
新疆 Xinjiang	0	1	1
云南 Yunnan	1	0	1
浙江 Zhejiang	45	28	73
总计 Total	198	123	321

## 1.2 供试菌株

供试的 7 个水稻白叶枯病菌致病型的代表菌株 JS97-6、KS6-6、JS158-2、浙 173、1358、OS198、JS49-6 均由本实验室保存,其在中国鉴别品种上的抗性反应如表 2 所示。

表 2 7 个菌株在中国鉴别品种上的抗性反应

Table 2 Resistance of Chinese identified rice varieties to seven bacterial blight strains

菌株 Strain	IR26	Java 14	南粳 15 Nanjing 15	Tetep	金刚 30 Jingang 30
JS97-6	R	R	R	R	S
KS6-6	R	R	R	S	S
JS158-2	R	R	S	S	S
浙 173 Zhe 173	R	S	S	S	S
1358	S	R	R	S	S
OS198	R	R	S	R	S
JS49-6	R	S	S	R	S

## 1.3 接种体的准备

将冷冻干燥保存的 7 个白叶枯病菌菌株原菌种于接种前分别在 Wakimoto 培养基上复壮。于 28℃ 恒温下培养 72 h,用无菌水配制成浓度为  $3 \times 10^8$  cfu/

mL 的菌液,现配现用。

## 1.4 接种时期和方法

采用成株期人工剪叶法接种。参试材料经浸种、催芽及育秧 30 d 后,移栽至试验区隔离病圃内。每品种栽 6 行,每行栽 7 株,行株距 17 cm×20 cm。田间管理均按当地常规大田管理方法进行,接种后保持 3 cm 浅水层,不喷施任何杀菌剂。于水稻分蘖盛期至孕穗初期在傍晚太阳西斜后,用剪叶法接种,每个菌株接种 2 株,每株接种 4~5 张叶片,如顶叶(剑叶)及倒 2 叶和倒 3 叶。配制的菌液在 2 h 内用完。

## 1.5 调查方法和记载标准

一般在接种后 14~21 d 进行调查,接种与调查的间隔时间因时、因地制宜。调查 3~5 张叶片。参考国际水稻研究所标准记载病情<sup>[6]</sup>。0 级:剪口处无明显病斑(高抗);1 级:剪口下有很小病斑,很少向下延伸,病斑面积≤接种叶片面积的 10%(抗病);3 级:病斑面积占接种叶片面积的 10.1%~25%(中抗);5 级:病斑面积占接种叶片面积的 25.1%~50%之间(中感);7 级:病斑面积占接种叶片面积的 50.1%~75.0%(感病);9 级:病斑面积大于接种叶片面积的 75%(高感)。

## 1.6 数据分析

用 Excel 软件对获得的表型数据进行初步整理,统计各参试材料的抗性。采用 PowerMarker V. 3. 25<sup>[7]</sup> 计算 ShareAllele 遗传距离,按非加权类平均法(unweighted pair group method with arithmetic averaging, UPGMA)进行聚类,绘制聚类图。

## 2 结果与分析

### 2.1 各白叶枯病菌菌株的致病力比较分析

分析 7 个水稻白叶枯病菌菌株对 321 份参试材料的致病力差异(图 1),结果显示致病力最强的菌株为浙 173,参试材料中的 267 份品种对其表现出高感、感或中感病反应,仅有 16.8% 的品种达到中抗及以上的抗性水平;其次是菌株 JS158-2 和 JS97-6,分别有 75.1% 和 73.8% 的参试材料对这两个菌株表现高感、感或中感病反应,各有 80 份和 84 份品种时这两个菌株达到中抗以上水平;致病力最弱的为菌株 JS49-6,有 305 份品种对该菌株表现为抗性或中抗水平,只有 1 份品种(‘早粳 503’)对其表现为高感反应。

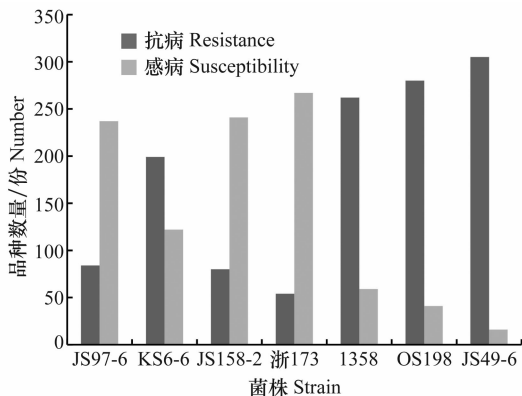


图 1 参试材料的抗谱分析

Fig. 1 Resistance of the tested materials

## 2.2 不同来源地主栽品种的抗性分析

图 2 是基于 7 个白叶枯病菌菌株对不同来源地品种(不包括只有 1 份品种的贵州、天津、新疆、云南及陕西)的抗性系统聚类图。以 ShareAllele 遗传距离 0.225 为阈值,可将参试材料按来源地分成 3 类。第 1 类仅包含来自宁夏的 2 份品种(‘宁粳 16 号’和‘白皮大稻’),它们对菌株 JS97-6、JS158-2 及浙 173 均表现为感病,对菌株 1358 和 JS49-6 均表现为抗病。然而,‘宁粳 16 号’对菌株 KS6-6 和 OS198 表现为抗病,而‘白皮大稻’对这两个菌株则表现为感病。第 2 类由来自上海、吉林、台湾、北京、河北、河南、江苏、辽宁品种组成,来源于这些地区的参试材料对菌株 KS6-6、浙 173、1358、OS198 及 JS49-6 多数表现为抗性,且与表现感病的品种数量上差异较大;对菌株 JS97-6 和 JS158-2 多数表现为感病,但与表现抗性的品种数量相差不大(图 3a)。第 3 类由来自江西、四川、湖南、湖北、浙江、安徽、广东、广西、福建及黑龙江品种组成,来源于这些地区的参试材料对菌株 1358、OS198 及 JS49-6 多数表现为抗性,且与表现感病的品种数量差异较大;对菌株 KS6-6 表现为抗性的品种数量与表现感病的数量相差不多;对菌株 JS97-6、JS158-2 和浙 173 则表现为感性品种较多,且与抗性品种数量差异较大(图 3b)。

## 2.3 试验品种白叶枯病抗性分析

不同亚种类型水稻品种对白叶枯病的抗性存在着明显的差异,粳稻品种对白叶枯病的抗性明显优于籼稻品种(表 3)。抗谱最广的粳稻品种有 16 份,占参试粳稻品种的 13.0%,分别为‘当选晚 2 号’、‘通育 124’、‘东方红 1 号’、‘93-25’、‘镇稻 88’、‘武香粳 14’、‘飞来凤’、‘沪选 19’、‘台南 6 号’、‘台

中 65’、‘宁 67’、‘秀水 122’、‘秀水 27’、‘丙 98-110’、‘丙 97-59’、‘荔枝红’,对 7 个供试菌株均表现为抗病。抗性表现最好的籼稻品种有 9 份,占参试籼稻品种的 4.5%,分别为‘双朝 25’、‘七山占’、‘粤香占’、‘特粳占 25’、‘青华矮 6 号’、‘扬稻 4 号’、‘赣早粳 37’、‘浙辐 9 号’、‘嘉育 293’,对 7 个供试菌株均表现为抗病。对 7 个供试菌株均表现为感病共 6 份,均为籼稻品种,分别为‘广陆矮 4 号’、‘华矮 15’、‘湘矮早 3 号’、‘6044’、‘矮南早 1 号’及‘99-15’,这些材料可作为育种亲本。

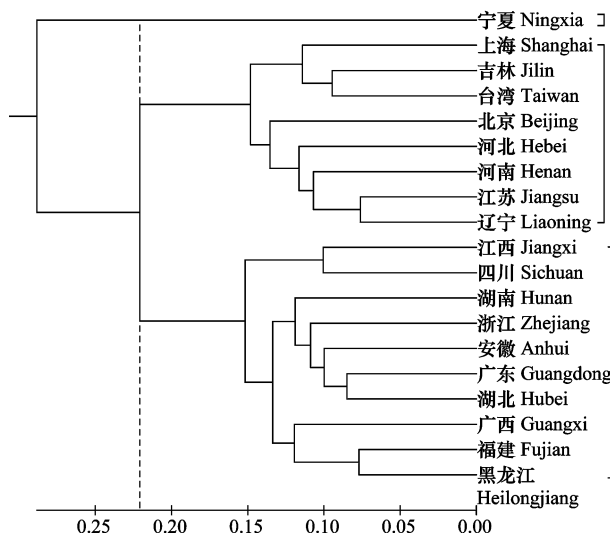


图 2 来源地基于表型变异的 UPGMA 聚类图

Fig. 2 UPGMA tree of the origins of the rice varieties based on phenotypic variation

从表 4 可知,早、中、晚稻间参试材料抗性水平分布趋势基本一致,对菌株 1358、OS198 及 JS49-6,均表现出较强的抗病反应;对于菌株 JS97-6、JS158-2、浙 173,感病材料在各级水稻区试品种中占有极显著优势;对于菌株 KS6-6,多数供试品种表现为中抗以上水平。

## 3 讨论

袁筱萍等<sup>[8]</sup>报道的国外新引进水稻品种(系)对我国水稻白叶枯病菌致病型的抗性反应中,白叶枯病菌菌株的致病性表现为 JS158-2>浙 173>JS97-2>1358>KS6-6。夏小东等<sup>[9]</sup>评价了中国稻种微核心种质资源对稻瘟病和白叶枯病的抗性,得出菌株致病性表现为菌株 POX99>浙 173>JS158-2>1358>KS6-6>JS97-6>OS198>JS49-6,与本研究 7 个白叶枯病菌株对我国主栽品种的致病性表现

(菌株浙 173 > JS158-2 > JS97-6 > KS6-6 > 1358 > OS198 > JS49-6)有所差异,但趋势基本一致。这可能与所选用的参试材料来源不同有关。对我国不同来源地主栽品种的聚类分析表明,水稻对白叶枯病的抗性存在较为明显的地理分布特征—以长江为

界,南北各一类。但较为特殊的是来自黑龙江的品种。按其地理分布应属于长江以北,但聚类分析结果将其划分在长江以南类群中。本文中地理分布与菌株间联系表现最强的是菌株浙 173,其在长江以南表现出较强的致病性<sup>[10]</sup>。

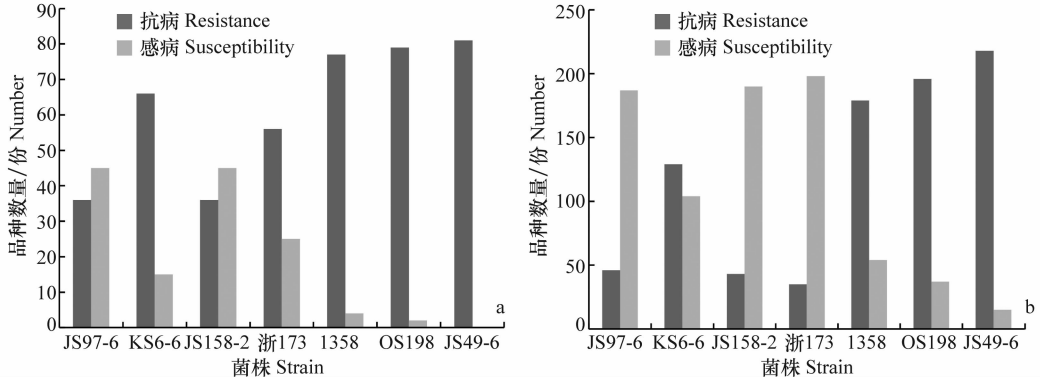


图3 第2类群(a)和第3类群(b)的抗谱分析

Fig. 3 Resistant-spectrum analysis for group 2 (a) and group 3 (b)

表3 7个白叶枯病菌株对籼粳亚种致病力分析

Table 3 Virulence of seven bacterial blight strains to two subspecies of rice

菌株 Strain	亚种 Subspecies	比例/% Proportion				
		抗病 Resistance	中抗 Mid-resistance	中感 Mid-susceptibility	感病 Susceptibility	高感 High-susceptibility
JS97-6	籼稻	3.54	9.09	14.14	31.82	41.41
	粳稻	5.69	42.28	32.52	17.07	2.44
KS6-6	籼稻	12.63	34.85	18.18	16.16	18.18
	粳稻	69.92	15.45	10.57	4.07	0.00
JS158-2	籼稻	2.02	10.61	17.17	33.84	36.36
	粳稻	5.69	39.02	36.59	15.45	3.25
浙 173 Zhe 173	籼稻	0.51	10.10	18.69	28.79	41.92
	粳稻	2.44	24.39	47.15	21.14	4.88
1358	籼稻	57.58	15.66	10.10	13.64	3.03
	粳稻	86.99	8.13	3.25	1.63	0.00
OS198	籼稻	66.16	15.66	11.11	5.56	1.52
	粳稻	88.62	7.32	3.25	0.81	0.00
JS49-6	籼稻	87.37	5.56	4.55	2.02	0.51
	粳稻	95.12	3.25	0.81	0.81	0.00

表4 7个白叶枯病菌株对不同亚型致病力分析

Table 4 Virulence of seven bacterial blight strains to different sub-types of rice

菌株 Strain	类型 Sub-type	比例/% Proportion				
		抗病 Resistance	中抗 Mid-resistance	中感 Mid-susceptibility	感病 Susceptibility	高感 High-susceptibility
JS97-6	早籼	1.61	7.26	8.06	27.42	55.65
	中籼	8.33	16.67	11.11	38.89	25.00
	晚籼	5.26	7.89	36.84	39.47	10.53
	早粳	7.32	21.95	26.83	36.59	7.32
	中粳	4.17	50.00	33.33	12.50	0.00
	晚粳	5.17	53.45	36.21	5.17	0.00

续表 4 Table 4 (Continued)

菌株 Strain	类型 Sub-type	比例/% Proportion				
		抗病 Resistance	中抗 Mid-resistance	中感 Mid-susceptibility	感病 Susceptibility	高感 High-susceptibility
KS6-6	早籼	8.06	37.10	16.13	16.94	21.77
	中籼	16.67	33.33	16.67	13.89	19.44
	晚籼	23.68	28.95	26.32	15.79	5.26
	早粳	56.10	29.27	7.32	7.32	0.00
	中粳	83.33	8.33	8.33	0.00	0.00
	晚粳	74.14	8.62	13.79	3.45	0.00
JS158-2	早籼	2.42	9.68	12.10	25.00	50.81
	中籼	2.78	19.44	16.67	41.67	19.44
	晚籼	0.00	5.26	34.21	55.26	5.26
	早粳	4.88	34.15	24.39	29.27	7.32
	中粳	8.33	41.67	45.83	4.17	0.00
	晚粳	5.17	41.38	41.38	10.34	1.72
浙 173 Zhe 173	早籼	0.00	8.87	16.13	20.97	54.03
	中籼	2.78	19.44	11.11	30.56	36.11
	晚籼	0.00	5.26	34.21	52.63	7.89
	早粳	7.32	17.07	34.15	29.27	12.20
	中粳	0.00	37.50	54.17	8.33	0.00
	晚粳	0.00	24.14	53.45	20.69	1.72
1358	早籼	53.23	16.13	9.68	16.94	4.03
	中籼	69.44	13.89	5.56	8.33	2.78
	晚籼	60.53	15.79	15.79	7.89	0.00
	早粳	82.93	9.76	4.88	2.44	0.00
	中粳	95.83	4.17	0.00	0.00	0.00
	晚粳	86.21	8.62	3.45	1.72	0.00
OS198	早籼	58.87	19.35	13.71	6.45	1.61
	中籼	75.00	11.11	11.11	0.00	2.78
	晚籼	81.58	7.89	2.63	7.89	0.00
	早粳	75.61	12.20	9.76	2.44	0.00
	中粳	91.67	8.33	0.00	0.00	0.00
	晚粳	96.55	3.45	0.00	0.00	0.00
JS49-6	早籼	84.68	4.84	6.45	3.23	0.81
	中籼	94.44	5.56	0.00	0.00	0.00
	晚籼	89.47	7.89	2.63	0.00	0.00
	早粳	87.80	7.32	2.44	2.44	0.00
	中粳	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	晚粳	98.28	1.72	0.00	0.00	0.00

只有明确水稻品种对白叶枯病的抗性,才能做到品种的合理布局、品种抗性资源的充分利用<sup>[11]</sup>。本研究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,对 7 个供试菌株均表现为抗性的粳稻品种有 16 份(‘当选晚 2 号’、‘通育 124’、‘东方红 1 号’、‘93-25’、‘镇稻 88’、‘武香粳 14’、‘飞来凤’、‘沪选 19’、‘台南 6 号’、‘台中 65’、‘宁 67’、‘秀水 122’、‘秀水 27’、‘丙 98-110’、‘丙 97-59’、‘荔枝红’),籼稻品种有 9 份(‘双朝 25’、‘七山占’、‘粤香占’、‘特籼占 25’、‘青华矮 6 号’、‘扬稻 4 号’、‘赣早籼 37’、‘浙辐 9 号’、‘嘉育 293’)。目前国内极少籼稻品种能抗 V 类菌株,且根据前人的鉴定结果及品种审定结果,‘七山占’、‘粤香占’、‘特籼

占 25’、‘青华矮 6 号’均不抗 V 类菌株<sup>[12-13]</sup>。本研究所选菌株 1358 属于致病型 V 类菌株,上述 5 份品种资源对其表现为抗性反应,这可能是因为其在保存过程中或由于其他原因,致病性发生变异所致。

白叶枯病一旦发生,将会是全面性、致命性的毁坏,直接威胁到下一轮育种材料的筛选、制种以及粮食安全。感病品种种植面积的不断扩大成为白叶枯病暴发较为严重的隐患。由于我国在作物品种抗病性评价体系及抗病品种选育研究方面还较薄弱,新品种选育与生产应用之间存在严重的瓶颈——抗病性问题。因此,必须加强品种的抗病性研究与鉴定工作,不断完善水稻品种抗病性鉴定技术及评价体系<sup>[14]</sup>。

施药<sup>[20]</sup>。同时,严格控制用药剂量和安全间隔期,注意不同种类杀虫剂的轮替使用,尽可能在较低的选择压下取得较好的防效。

## 参考文献

- [1] 杨集昆, 张学敏. 韭菜蛆的鉴定—迟眼蕈蚊属二新种(双翅目: 眼蕈蚊科)[J]. 北京农业大学学报, 1985, 11(2): 153-156.
- [2] 冯惠琴, 郑方强. 韭蛆发生规律及防治研究[J]. 山东农业大学学报, 1987, 18(1): 71-80.
- [3] 潘秀美, 夏玉堂. 韭菜迟眼蕈蚊发生动态及其防治研究[J]. 植物保护, 1993, 19(2): 9-11.
- [4] 梅增霞, 吴青君, 张友军, 等. 韭菜迟眼蕈蚊的生物学、生态学及其防治[J]. 昆虫知识, 2003, 40(5): 396-398.
- [5] 尹怀富, 王秀峰. 韭蛆的发生及防治研究进展[J]. 中国植保导刊, 2005, 25(8): 11-13.
- [6] 杜春华. 不同药剂防治韭蛆的田间药效分析[J]. 农药, 2013, 52(2): 145-150.
- [7] 高远起, 易欣, 肖盈, 等. 5%毒死蜱颗粒剂对韭蛆的防治效果[J]. 农药, 2012, 51(10): 755-757.
- [8] 高占林, 党志红, 潘文亮, 等. 河北省不同地区韭蛆(韭菜迟眼蕈蚊)对杀虫剂的敏感性[J]. 农药学报, 2000, 2(4): 88-90.
- [9] 慕卫, 丁中, 何茂华, 等. 韭菜迟眼蕈蚊的生测方法及防治药剂研究[J]. 华北农学报, 2002, 17(S1): 12-16.
- [10] 沈晋良, 谭建国, 肖斌, 等. 我国棉铃虫对拟除虫菊酯类农药的抗性监测及预报[J]. 昆虫知识, 1991, 28(6): 337-340.

- [11] 王巧兰, 夏敬华. 农业害虫抗药性及其治理[J]. 植物保护, 2004, 30(6): 15-18.
- [12] 陈栋. 韭菜迟眼蕈蚊(*Bradysia odoriphaga*)的可持续治理技术初步研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [13] 中华人民共和国农业部公告第 2032 号[EB/OL]. 中华人民共和国农业部公报, 2014(1): 53.
- [14] Tomizawa M, Casida J E. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors[J]. Annual Review of Entomology, 2003, 48(1): 339-364.
- [15] 李秀环, 王海娜, 张全, 等. 5 种杀虫剂灌根施药对黄瓜烟粉虱的防治效果研究[J]. 农药科学与管理, 2011, 32(9): 49-51.
- [16] 王吉强, 高占林, 党志红, 等. 吡虫啉包衣对黄瓜瓜蚜的防治效果及包衣后药剂在植株体内的分布[J]. 农药学报, 2008, 10(1): 87-91.
- [17] 宗建平, 魏书娟, 王景阳, 等. 喷雾和灌根施药后吡虫啉在番茄植株中的分布及其对烟粉虱的防效[J]. 农药学报, 2009, 11(2): 219-224.
- [18] 张鹏, 李慧, 王秋红, 等. 龄期、饲养条件和测定方法对韭菜迟眼蕈蚊药剂敏感性的影响[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(5): 730-736.
- [19] 韩学俭. 韭蛆危害性及防治方法[J]. 农家科技, 1996(10): 17-18.
- [20] 李慧, 赵贺贺, 王秋红, 等. 新烟碱类杀虫剂在韭菜中的内吸性及其对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的毒力比较[J]. 农药学报, 2015, 17(2): 156-162.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 173 页)

## 参考文献

- [1] Gnanamanickam S S, Priyadarisini V B, Narayanan N N, et al. An overview of bacterial blight disease of rice and strategies for its management [J]. Current Science, 1999, 77(11): 1435-1444.
- [2] Mew T W, Alvarez A M, Leach J E, et al. Focus on bacterial blight of rice [J]. Plant Disease, 1993, 77(1): 5-12.
- [3] 章琦. 水稻白叶枯病的抗性和遗传研究进展[M]//朱立宏. 主要农作物抗病性遗传研究进展. 南京: 江苏科学技术出版社, 1990: 1-14.
- [4] 凌忠专. 水稻抗瘟性遗传研究进展[M]//朱立宏. 主要农作物抗病性遗传研究进展. 南京: 江苏科学技术出版社, 1990: 83-95.
- [5] 国家水稻数据中心. 基因数据库[DB/OL]. <http://www.rice-data.cn/gene/>.
- [6] IRRI. Standard evaluation system for rice[M]. Los Banos, the Philippines; International Rice Research Institute, 1996: 20-21.
- [7] Liu Kejun, Muse S V. PowerMarker: an integrated analysis environment for genetic marker analysis[J]. Bioinformatics,

2005, 21(9): 2128-2129.

- [8] 袁筱萍, 徐群, 余汉勇, 等. 国外新引进水稻品种(系)对我国水稻白叶枯病致病型的抗性反应[J]. 植物保护, 2011, 37(5): 169-171.
- [9] 夏小东, 袁筱萍, 余汉勇, 等. 中国稻种微核心种质资源对稻瘟病和白叶枯病的抗性评价[J]. 浙江农业科学, 2010, 22(5): 211-214.
- [10] 陈广泉, 王多成, 张建文, 等. 河西走廊玉米自交系顶腐病的初步研究[J]. 种子, 2007, 26(3): 74-75.
- [11] 郝中娜, 张红志, 朱旭东, 等. 浙江省水稻新品种(系)对稻瘟病和白叶枯病的抗性评价[J]. 浙江农业科学, 2006(5): 565-567.
- [12] 曾列先, 陈深, 刘景梅, 等. 广东水稻品种抗白叶枯病鉴定与评价[J]. 广东农业科学, 2006(5): 38-40.
- [13] 国家水稻数据中心. 中国水稻品种及其系谱数据库[DB/OL]. <http://www.ricedata.cn/variety/>.
- [14] 李华, 顾才东, 殷延勃. 不同梗型水稻不同时期抗瘟性及抗谱分析[J]. 种子, 2007, 26(1): 66-68.

(责任编辑: 杨明丽)