

# 26 个水稻新品种(系)对白叶枯病抗性的鉴定和评价

罗生香<sup>1,2</sup>, 张帆<sup>2</sup>, 陈现朝<sup>2</sup>, 靳明山<sup>1</sup>, 周永力<sup>2</sup>, 黎志康<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>沈阳农业大学植保学院, 沈阳 110161; <sup>2</sup>中国农业科学院作物科学研究所/  
农作物基因资源与基因改良国家重大科学工程, 北京 100081)

**摘要:** 采用菲律宾 10 个代表菌株和我国 V 型菌代表菌株在植株的分蘖初期和孕穗期人工接种, 鉴定和评价近年选育的 26 个“绿色超级稻”品种(系)对白叶枯病的抗性。结果表明多数品种在分蘖初期和孕穗期对病菌的抗感水平相同, 少数品种在孕穗期接种部分菌株后的病斑长度小于分蘖期。此外, 新黄占、华 201S-1 和 XF10450 在分蘖初期和孕穗期接种 10 个菌株后的病斑长度均小于 5 cm, 具有高度的广谱抗性; 其他品种对不同菌株的抗性水平不同, 黄华占、早优 113、新两优 3411 和天优 145 对 4~6 个菌株表现抗病, 早优 75、早优 715 和 009067 对测试的 10~11 个菌株高度感病; 其他品系对所有菌株表现中度感病或感病。

**关键词:** 水稻品种; 白叶枯病; 抗性

## Evaluation of 26 Rice Cultivas( Lines) Resistance to Bacterial Blight at the Tillering and Booting Stages

LUO Sheng-xiang<sup>1,2</sup>, ZHANG Fan<sup>2</sup>, CHEN Xian-zhao<sup>2</sup>, JIN Ming-shan<sup>1</sup>, ZHOU Yong-li<sup>2</sup>, LI Zhi-kang<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Plant Protection / Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161;

<sup>2</sup>Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences / National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement, Beijing 100081)

**Abstract:** The resistance to bacterial blight of twenty-six rice cultivars (lines) bred in recent years, were evaluated by inoculation with eleven *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) strains at the tillering and the booting stages, respectively. The results indicated that the resistance level of most cultivars (lines) was identical at the two growth stages, and the lesion length of several cultivars (lines) at the booting stage was shorter than that at the tillering stage. Among them, three cultivars (lines), including Xinhuangzhan, Hua 201S-1, and XF10450, exhibited high resistant to *Xoo* with broad spectrum, and their lesion lengths were shorter than 5 cm. The other cultivars (lines) showed different resistance level, four cultivars (lines), including Huanghuazhan, Hanyou 113, Xinliangyou 3411, and Tianyou 145 were resistant to 4-6 *Xoo* strains. While Hanyou 75, Hanyou 715, and 009067 were highly susceptible to 10-11 tested strains. The other sixteen cultivars (lines) were middlely susceptible or susceptible.

**Key words:** rice cultivas (lines); bacterial blight; resistance

水稻是我国和亚洲许多国家的主要粮食作物, 20 世纪 70 年代以来, 我国水稻品种的产量潜力有了较大的突破。针对我国水稻生产中病虫害严重、农药和化肥使用过量、水资源短缺等问题, 经过近

10 年的探索, 育种家提出并明确了培育“少打农药、少施化肥、节水抗旱、优质高产”的绿色超级稻的长远育种目标<sup>[1-2]</sup>。

由 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) 引起的白

收稿日期: 2012-08-01 修回日期: 2012-09-18 网络出版日期: 2013-04-02

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20130402.1735.013.html>

基金项目: 比尔-梅琳达盖茨基金 (BMGF): Green Super Rice for the Resources-Poor of Africa and Asia (Grant ID#51587)

作者简介: 罗生香, 硕士, 研究方向为农业有害生物。E-mail: luoshx522@163.com

通信作者: 周永力, 研究员, 研究方向为水稻抗病分子机理与分子育种。E-mail: ylzhou@yahoo.cn

叶枯病是水稻一种毁灭性的细菌病害。该病在我国华南、华中和华东以及亚洲其他东南亚稻区,经常暴发成灾,是水稻高产、稳产的重要限制因子之一<sup>[3]</sup>。培育和种植抗病品种是防治水稻白叶枯病最经济有效的方法之一<sup>[4]</sup>,本研究对比尔盖茨基金项目“Green Super Rice for the Resource-Poor of Africa and Asia”参加单位选育的 26 个水稻品种(系)进行了白叶枯病抗性鉴定和评价,以期对上述品种的应用提供信息。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试品种

供试品种包括华中农业大学、广东省农业科学院、上海农业科学院、云南省农业科学院等单位育成的 26 个水稻品种(系),以携带白叶枯病抗性基因 *Xa23* 的品系 CBB23 和国际水稻研究所的品种 IR24 分别作为抗病和感病对照(表 1)。

### 1.2 菌株

采用 11 个 *Xoo* 代表菌株接种 26 个供试水稻品种(系)和 2 个对照水稻品种,所用菌株包括 10 个菲律宾代表菌株,分别为 PX061、PX086、PX079、PX071、PX0112、PX099、PX0145、PCO280、PX0339、PX0341 以及我国 V 型菌代表菌株 GD1358。菌种保存于 -80 °C 的甘油中,接种前在 PSA 培养基上复壮,挑取单菌落,经毒力测试后保存于 4 °C。菌株用 PSA 培养基于 28 °C 培养 32 ~ 48 h,配制成  $10^8$  cfu/mL 菌液用于接种试验。

### 1.3 人工接种与调查

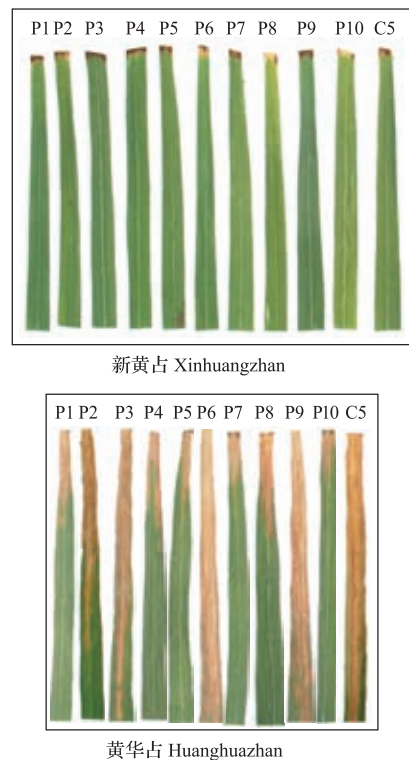
将供试水稻品种(系)种植于隔离的网室,设置 2 个重复,每个品种每个重复种植 5 株。在水稻植株的分蘖初期和孕穗期采用剪叶法接种<sup>[5-6]</sup> 10 个菲律宾代表菌株和我国的 V 型菌代表菌株,每株接种 5 ~ 7 张叶片。接种后 18 d,当感病对照品种充分发病、病情发展稳定时,调查接种各植株叶片的病斑长度,每株调查 5 张叶片,计算各株平均值,病斑长度 < 5 cm、5 ~ 10 cm、10 ~ 15 cm 和 > 15 cm 分别为抗病、中等抗病、中等感病和感病。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同水稻品种(系)在分蘖初期对白叶枯病的抗性

在分蘖初期,26 个水稻品种(系)对 10 个菲律宾 *Xoo* 菌株和我国强毒力菌株 GD1358 的抗病反应不同(表 1)。根据各品种对不同菌株的抗性反应,可以将供试品种分为 3 种类型。第 1 种类型是高抗

白叶枯病品种,包括 XF10450、华 201S-1 和新黄占。除华 201S-1 接种菲律宾强毒力菌株 PX099 时的病斑长度达到 3.3 cm,接种 PX086 时的病斑长度为 3.7 cm 之外,其他各接种叶片的病斑长度均小于 1 cm,与抗病对照 CBB23 的反应型一致,属于典型的过敏性抗病反应(图 1)。



P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 and C5 represents PX061, PX086, PX079, PX071, PX0112, PX099, PX0145, PCO280, PX0339, PX0341, and GD1358, respectively, the same as below

图 1 分蘖初期新黄占和黄华占对 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* 不同菌株的抗病反应

Fig. 1 Reaction of xinhuangzhan and huanghuazhan to different strains of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* at the primary tillering stage

第 2 种类型的品种对测试菌株均表现感病,包括早优 75、早优 715 和 009067,这 3 个品种对各菌株的反应与感病对照品种 IR24 相同,接种 11 个菌株后的病斑长度均达 10 cm 以上,属于感病反应。

第 3 种类型的品种除对 1 ~ 5 个菌株表现抗病外,对其他菌株表现中等抗病、中等感病和感病。26 个供试水稻品种(系)中,除第 1 种类型的 3 个品种和第 2 种类型的 3 个品种外,其余 20 个品种(系)均属于这种类型。其中,黄华占、早优 113、新两优 3411 和天优 145 对 4 ~ 6 个菌株表现抗病,但是抗病株系的表型与第 1 种类型的抗病株系不同,仅早优 113 接种 PX079 和新两优 3411 接种 PX0112 时病斑长度小于 1 cm。

表 1 不同水稻品种(系)在分蘖初期对白枯病菌 10 个非律宾生理小种和中国 V 型菌的反应

Table 1 Resistance reaction of rice cultivars (lines) to 11 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* strains from Philippines and China at the tillering stage

| 品种(系)<br>Cultivars (lines) | 病斑长度(cm) Lesion length |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|----------------------------|------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                            | P1                     | P2         | P3         | P4         | P5         | P6         | P7         | P8         | P9         | P10        | C5         |
| XF10450                    | 0.5 ± 0.4              | 0.4 ± 0.4  | 0.7 ± 0.2  | 0.2 ± 0.2  | 0.2 ± 0.1  | 0.2 ± 0.0  | 0.3 ± 0.0  | 0.2 ± 0.0  | 0.3 ± 0.2  | 0.2 ± 0.1  | 0.4 ± 0.2  |
| 华 201S-1 Hua 201S-1        | 0.2 ± 0.1              | 3.7 ± 0.5  | 0.2 ± 0.0  | 1.0 ± 1.3  | 0.3 ± 0.2  | 3.3 ± 0.5  | 0.3 ± 0.1  | 0.1 ± 0.0  | 0.3 ± 0.0  | 1.2 ± 0.6  | 0.4 ± 0.3  |
| 新黄占 Xinhuangzhan           | 0.3 ± 0.0              | 0.30 ± 0.1 | 0.2 ± 0.1  | 0.1 ± 0.0  | 0.2 ± 0.1  | 0.2 ± 0.1  | 0.2 ± 0.1  | 0.2 ± 0.1  | 0.1 ± 0.0  | 0.2 ± 0.1  | 0.1 ± 0.0  |
| 五山化稻 Wushanhua dao         | 3.4 ± 0.3              | 24.2 ± 2.2 | 23.2 ± 2.9 | 8.9 ± 1.8  | 5.6 ± 0.6  | 12.8 ± 1.8 | 4.6 ± 0.9  | 8.9 ± 1.1  | 11.2 ± 1.5 | 2.1 ± 0.7  | 10.8 ± 0.5 |
| 黄华占 Huanghuazhan           | 4.0 ± 0.3              | 16.1 ± 2.6 | 17.6 ± 2.9 | 3.0 ± 0.5  | 2.1 ± 0.4  | 20.1 ± 4.9 | 3.2 ± 0.9  | 5.2 ± 0.8  | 21.3 ± 2.5 | 1.5 ± 0.1  | 22.1 ± 2.3 |
| 早优 73 Hanyou 73            | 16.7 ± 5.4             | 18.2 ± 3.3 | 0.7 ± 0.3  | 14.4 ± 0.7 | 9.2 ± 1.9  | 19.3 ± 1.5 | 18.2 ± 1.9 | 19.0 ± 2.5 | 17.5 ± 1.1 | 18.0 ± 2.4 | 15.0 ± 1.3 |
| 早优 79 Hanyou 79            | 16.1 ± 3.1             | 17.2 ± 2.9 | 11.9 ± 0.3 | 15.8 ± 2.7 | 8.6 ± 1.7  | 20.2 ± 0.9 | 12.8 ± 3.0 | 13.5 ± 2.7 | 6.90 ± 1.1 | 12.3 ± 1.9 | 19.0 ± 0.5 |
| 早优 713 Hanyou 713          | 18.7 ± 1.8             | 15.6 ± 1.3 | 12.2 ± 1.6 | 10.2 ± 1.3 | 9.2 ± 1.6  | 17.7 ± 2.8 | 19.8 ± 2.2 | 2.0 ± 1.1  | 8.5 ± 2.8  | 16.9 ± 3.6 | 19.0 ± 1.6 |
| 早优 75 Hanyou 75            | 23.3 ± 1.3             | 20.4 ± 0.4 | 15.6 ± 1.8 | 10.6 ± 2.2 | 15.0 ± 2.8 | 18.8 ± 1.0 | 15.0 ± 0.5 | 18.3 ± 2.4 | 20.9 ± 0.9 | 16.4 ± 3.3 | 19.4 ± 1.2 |
| 早优 113 Hanyou 113          | 4.7 ± 1.6              | 26.2 ± 4.1 | 0.9 ± 0.6  | 5.6 ± 0.8  | 1.9 ± 0.9  | 34.8 ± 4.8 | 5.5 ± 1.0  | 3.4 ± 0.9  | 19.2 ± 4.8 | 1.6 ± 0.3  | 5.6 ± 2.6  |
| 早优 119 Hanyou 119          | 9.1 ± 1.3              | 24.8 ± 0.5 | 21.9 ± 4.9 | 10.5 ± 3.8 | 6.5 ± 1.3  | 25.4 ± 3.1 | 9.6 ± 2.7  | 11.6 ± 2.6 | 22.4 ± 0.8 | 10.6 ± 0.8 | 18.2 ± 5.8 |
| 早优 715 Hanyou 715          | 22.1 ± 2.8             | 26.3 ± 3.6 | 19.1 ± 2.5 | 20.8 ± 4.8 | 24.5 ± 3.8 | 22.7 ± 4.0 | 26.7 ± 1.3 | 23.8 ± 3.4 | 25.8 ± 1.9 | 20.7 ± 2.0 | 15.3 ± 1.1 |
| 早优 53 Hanyou 53            | 26.8 ± 1.8             | 34.4 ± 1.8 | 0.5 ± 0.2  | 20.1 ± 3.9 | 12.2 ± 3.2 | 29.1 ± 2.8 | 24.3 ± 1.1 | 0.7 ± 0.3  | 26.9 ± 3.1 | 28.1 ± 5.0 | 17.2 ± 1.6 |
| 云光 101 Yunguang 101        | 19.2 ± 1.7             | 17.4 ± 4.8 | 14.2 ± 0.6 | 15.2 ± 1.8 | 16.4 ± 4.7 | 21.2 ± 3.3 | 18.8 ± 1.9 | 21.8 ± 1.4 | 4.5 ± 0.8  | 17.3 ± 1.4 | 13.4 ± 3.7 |
| 云梗 30 Yunjing 30           | 16.2 ± 0.6             | 15.8 ± 3.1 | 12.7 ± 2.2 | 11.9 ± 1.7 | 8.4 ± 2.5  | 16.3 ± 2.4 | 13.3 ± 0.7 | 15.6 ± 3.1 | 3.0 ± 1.2  | 15.6 ± 0.6 | 8.2 ± 0.3  |
| 云资梗 20 Yunzijing 20        | 18.5 ± 2.1             | 16.9 ± 2.6 | 12.1 ± 2.1 | 11.3 ± 0.5 | 11.5 ± 3.3 | 15.0 ± 2.0 | 16.8 ± 2.5 | 18.6 ± 2.7 | 2.2 ± 0.9  | 13.5 ± 0.9 | 9.2 ± 1.4  |
| 云光 109 Yunguang 109        | 15.2 ± 1.4             | 11.9 ± 2.4 | 14.5 ± 1.3 | 9.7 ± 1.3  | 8.7 ± 2.9  | 14.6 ± 2.5 | 16.2 ± 1.4 | 17.8 ± 0.2 | 2.1 ± 0.6  | 12.4 ± 2.1 | 10.3 ± 1.7 |
| 博互优 4671 Bohuyou 4671      | 15.8 ± 1.7             | 23.5 ± 1.8 | 0.2 ± 0.0  | 9.5 ± 0.7  | 0.3 ± 0.2  | 22.8 ± 4.0 | 12.0 ± 1.3 | 13.5 ± 1.8 | 13.6 ± 2.8 | 6.6 ± 1.0  | 15.7 ± 3.8 |
| 389A                       | 18.2 ± 4.3             | 22.0 ± 1.5 | 19.2 ± 0.2 | 19.1 ± 2.0 | 19.1 ± 0.5 | 19.5 ± 2.1 | 17.5 ± 0.7 | 15.1 ± 0.8 | 4.0 ± 1.7  | 18.4 ± 2.1 | 19.4 ± 2.4 |
| 两优 1813 Liangyou 1813      | 7.2 ± 1.3              | 21.4 ± 2.1 | 28.7 ± 0.1 | 7.1 ± 3.5  | 8.0 ± 1.8  | 15.7 ± 4.2 | 12.3 ± 2.3 | 7.5 ± 1.3  | 20.3 ± 4.0 | 5.5 ± 0.8  | 23.1 ± 1.8 |
| 新两优 3411 Xinliangyou 3411  | 4.7 ± 0.7              | 16.9 ± 1.2 | 15.0 ± 0.9 | 1.6 ± 0.3  | 0.5 ± 0.1  | 16.7 ± 2.7 | 3.1 ± 0.2  | 1.5 ± 0.1  | 16.7 ± 3.1 | 3.7 ± 0.7  | 16.6 ± 2.1 |
| 良丰优 339 Liangfengyou 339   | 16.8 ± 2.4             | 19.0 ± 2.4 | 11.1 ± 0.5 | 9.5 ± 0.8  | 10.0 ± 0.9 | 21.7 ± 2.9 | 18.2 ± 2.0 | 18.3 ± 3.1 | 19.9 ± 2.7 | 18.7 ± 2.5 | 12.9 ± 3.6 |
| 009067                     | 32.5 ± 2.8             | 31.7 ± 2.8 | 24.3 ± 2.8 | 26.5 ± 2.3 | 32.4 ± 5.0 | 29.1 ± 3.8 | 22.2 ± 3.7 | 35.9 ± 1.6 | 33.3 ± 0.4 | 29.2 ± 2.7 | 31.1 ± 3.8 |
| 赣恢 2833 Ganhui 2833        | 14.2 ± 2.6             | 20.5 ± 2.4 | 18.0 ± 2.1 | 9.6 ± 3.0  | 8.3 ± 0.2  | 20.3 ± 4.1 | 17.0 ± 3.9 | 13.8 ± 2.2 | 5.4 ± 0.4  | 7.2 ± 1.2  | 19.0 ± 3.9 |
| 003233                     | 9.1 ± 1.7              | 27.3 ± 6.7 | 20.4 ± 3.4 | 6.5 ± 0.9  | 7.1 ± 1.2  | 27.7 ± 3.9 | 7.1 ± 2.6  | 11.4 ± 0.9 | 4.2 ± 0.6  | 5.7 ± 1.2  | 22.5 ± 4.1 |
| 天优 145 Tianyou 145         | 19.9 ± 2.7             | 11.2 ± 4.3 | 7.7 ± 3.4  | 1.3 ± 0.1  | 2.3 ± 0.1  | 12.2 ± 1.5 | 7.1 ± 1.8  | 2.5 ± 0.5  | 3.4 ± 1.5  | 9.2 ± 0.7  | 7.3 ± 1.8  |
| IR24                       | 23.3 ± 2.3             | 21.5 ± 2.3 | 16.6 ± 3.6 | 15.8 ± 1.3 | 14.9 ± 1.0 | 19.5 ± 2.7 | 25.9 ± 2.2 | 23.3 ± 2.4 | 19.2 ± 2.1 | 20.9 ± 5.7 | 17.9 ± 0.7 |
| CBB23                      | 0.2 ± 0.0              | 1.5 ± 0.7  | 0.4 ± 0.2  | 0.3 ± 0.2  | 0.4 ± 0.2  | 0.3 ± 0.1  | 0.2 ± 0.0  | 0.2 ± 0.0  | 0.2 ± 0.0  | 0.2 ± 0.0  | 0.3 ± 0.2  |

表 2 不同水稻品种(系)在孕穗期对白叶枯病菌 10 个非律宾生理小种和中国 V 型菌的反应

Table 2 Resistance reaction of rice cultivars (lines) to 11 *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* strains from Philippines and China at the booting stage

| 品种(系)<br>Cultivars (lines) | 病斑长度(cm) Lesion length |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                            | PI                     | P2       | P3       | P4       | P5       | P6       | P7       | P8       | P9       | P10      | C5       |
| XF10450                    | 0.2±0.0                | 0.2±0.0  | 0.3±0.1  | 0.2±0.0  | 0.2±0.1  | 0.2±0.1  | 0.3±0.1  | 0.2±0.0  | 0.3±0.1  | 0.2±0.1  | 0.3±0.1  |
| 华 201 S-1 Hua 201 S-1      | 0.3±0.1                | 1.8±0.5  | 0.3±0.0  | 0.7±0.3  | 0.3±0.1  | 1.4±0.8  | 0.4±0.1  | 0.4±0.1  | 0.7±0.2  | 0.3±0.1  | 0.4±0.2  |
| 新黄占 Xinhuangzhan           | 0.3±0.1                | 0.3±0.0  | 0.3±0.1  | 0.3±0.1  | 0.3±0.0  | 0.3±0.0  | 0.3±0.1  | 0.2±0.1  | 0.3±0.1  | 0.4±0.3  | 0.3±0.2  |
| 五山化稻 Wushanhuadao          | 3.8±0.9                | 30.3±3.7 | 24.8±3.2 | 16.9±3.3 | 7.9±2.1  | 29.3±2.8 | 6.5±1.3  | 9.2±2.1  | 26.2±3.8 | 4.9±0.9  | 24.2±2.9 |
| 黄华占 Huanghuazhan           | 1.9±0.4                | 24.9±2.5 | 22.9±3.5 | 6.7±1.4  | 3.4±0.8  | 23.4±3.6 | 2.7±1.1  | 3.2±2.0  | 22.7±4.7 | 2.3±0.9  | 22.8±3.0 |
| 早优 73 Hanyou 73            | 35.5±4.4               | 36.1±2.6 | 0.3±0.0  | 20.7±2.7 | 27.7±6.0 | 34.2±4.8 | 22.4±2.8 | 26.7±3.5 | 21.6±3.6 | 18.2±3.4 | 9.5±3.1  |
| 早优 79 Hanyou 79            | 12.2±1.9               | 34.4±3.8 | 30.2±3.2 | 20.2±2.1 | 22.1±3.9 | 35.2±2.9 | 15.7±3.8 | 0.8±0.5  | 7.1±0.7  | 15.5±2.9 | 32.2±3.4 |
| 早优 713 Hanyou 713          | 18.5±1.1               | 33.3±3.6 | 24.6±2.2 | 18.5±2.5 | 31.2±3.9 | 35.6±2.3 | 21.6±2.3 | 28.3±2.8 | 26.5±3.7 | 24.2±2.8 | 14.6±1.8 |
| 早优 75 Hanyou 75            | 33.5±3.4               | 34.9±1.0 | 23.9±3.8 | 27.7±2.9 | 28.2±2.1 | 36.5±3.1 | 21.6±2.3 | 35.7±2.9 | 5.9±1.3  | 29.7±1.7 | 28.4±3.3 |
| 早优 113 Hanyou 113          | 29.7±4.8               | 33.7±3.2 | 1.3±0.1  | 5.9±1.5  | 3.2±0.9  | 32.4±3.7 | 9.5±1.8  | 4.8±1.2  | 18.4±3.4 | 1.3±0.1  | 4.6±1.2  |
| 早优 119 Hanyou 119          | 7.0±1.4                | 31.8±2.7 | 24.7±2.5 | 19.8±2.7 | 13.8±2.4 | 30.0±2.4 | 12.7±2.1 | 16.5±1.8 | 31.4±3.4 | 13.9±3.5 | 32.6±2.8 |
| 早优 715 Hanyou 715          | 21.8±3.1               | 34.8±0.9 | 21.7±3.5 | 22.7±4.5 | 26.5±3.3 | 33.3±2.5 | 29.7±2.9 | 31.3±3.2 | 26.9±2.7 | 23.9±3.0 | 17.0±2.2 |
| 早优 53 Hanyou 53            | 23.9±4.2               | 35.0±2.2 | 0.5±0.1  | 35.7±3.7 | 27.6±3.8 | 32.6±2.0 | 31.4±3.1 | 1.1±1.2  | 11.7±2.0 | 25.8±1.0 | 10.2±1.8 |
| 云光 101 Yunguang 101        | 22.7±4.4               | 24.0±3.8 | 17.9±2.2 | 19.4±2.9 | 28.5±2.7 | 30.2±1.9 | 20.1±0.8 | 21.5±3.3 | 4.3±1.2  | 23.1±3.5 | 14.6±2.0 |
| 云粳 30 Yunjing 30           | 17.5±3.2               | 19.7±3.1 | 11.5±2.4 | 14.3±2.7 | 24.5±2.5 | 19.6±3.5 | 15.4±3.0 | 18.5±3.2 | 2.8±1.0  | 20.5±3.4 | 15.8±3.3 |
| 云资粳 20 Yunzijing 20        | 16.2±2.8               | 20.8±3.8 | 8.3±2.4  | 14.4±2.2 | 19.1±3.1 | 20.1±2.2 | 20.5±3.2 | 23.3±2.3 | 2.9±0.8  | 20.3±2.1 | 17.2±3.3 |
| 云光 109 Yunguang 109        | 24.1±2.9               | 19.7±4.0 | 12.6±2.6 | 12.2±2.6 | 22.2±2.3 | 23.3±3.5 | 18.7±2.9 | 27.8±2.7 | 3.8±0.7  | 20.6±2.5 | 16.8±2.6 |
| 博互优 4671 Bohuyou 4671      | 8.9±3.1                | 28.4±3.3 | 0.3±0.0  | 14.7±3.2 | 0.3±0.0  | 26.2±3.5 | 26.1±0.4 | 9.8±3.3  | 12.3±0.8 | 7.4±0.6  | 15.9±1.8 |
| 389A                       | 20.7±4.0               | 16.8±2.3 | 20.2±2.6 | 14.8±2.7 | 18.2±3.2 | 19.9±3.2 | 16.1±3.8 | 16.5±3.3 | 9.8±2.5  | 17.1±2.3 | 17.6±2.1 |
| 两优 1813 Liangyou 1813      | 5.9±0.8                | 26.9±3.8 | 26.4±3.7 | 11.6±2.1 | 12.6±2.1 | 27.4±2.7 | 7.5±2.0  | 8.5±0.4  | 9.8±1.1  | 2.1±0.9  | 21.5±2.7 |
| 新两优 3411 Xinliangyou 3411  | 2.9±0.4                | 22.5±2.9 | 20.9±3.6 | 3.6±0.9  | 1.5±0.3  | 25.6±3.6 | 2.8±0.4  | 1.2±0.1  | 22.1±2.6 | 3.3±0.8  | 21.1±1.9 |
| 良丰优 339 Liangfengyou 339   | 23.5±4.0               | 32.8±3.4 | 21.2±3.6 | 14.3±2.3 | 29.6±3.5 | 30.1±4.0 | 24.6±3.2 | 25.6±3.4 | 19.6±3.0 | 25.0±2.9 | 16.4±2.4 |
| 009067                     | 40.8±4.3               | 30.3±2.2 | 26.5±3.4 | 29.7±4.2 | 35.4±4.2 | 31.3±3.4 | 35.3±1.4 | 36.5±2.7 | 26.9±0.4 | 34.7±1.8 | 27.3±2.9 |
| 赣恢 2833 Ganhui 2833        | 8.4±1.7                | 30.4±2.2 | 17.6±3.1 | 20.2±3.7 | 20.9±3.4 | 25.9±3.7 | 22.6±2.2 | 21.6±2.6 | 5.4±1.0  | 13.4±2.3 | 19.8±2.0 |
| 003233                     | 8.4±2.4                | 28.9±3.8 | 27.5±3.8 | 16.2±2.4 | 11.9±3.1 | 30.2±3.4 | 6.6±1.5  | 15.8±2.7 | 5.6±0.9  | 6.1±0.8  | 31.8±3.2 |
| 天优 145 Tianyou 145         | 4.0±1.0                | 12.3±1.9 | 6.1±1.4  | 1.5±0.3  | 1.2±0.1  | 11.5±1.8 | 6.4±1.1  | 2.0±1.0  | 1.3±0.0  | 12.6±2.3 | 7.1±0.6  |
| IR24                       | 29.9±3.3               | 26.4±2.3 | 27.3±3.0 | 27.1±3.3 | 32.9±3.4 | 26.2±2.7 | 28.9±2.5 | 29.8±3.3 | 30.5±1.2 | 28.3±3.2 | 27.3±2.5 |
| CBB23                      | 0.9±0.7                | 0.7±0.4  | 1.2±10.5 | 0.5±0.3  | 0.8±0.5  | 0.9±0.1  | 0.7±0.6  | 1.3±0.8  | 1.1±0.7  | 1.2±0.4  | 0.6±0.3  |

## 2.2 不同水稻品种(系)在孕穗期对白叶枯病的抗性

表 2 表明,早优 113 由分蘖初期抗病转变为孕穗期感病;天优 145 和博互优 4671 等品种接种 PXO61 的病斑长度明显小于分蘖初期,即由分蘖初期感病转变为孕穗期抗病和中等抗病,表明这些品种对某些菌株具有成株抗性。此外,一些水稻品种(系)在孕穗期感病反应叶片的病斑长度较分蘖期略长,如 PXO112 接种早优 73、早优 79、早优 713、早优 75、云光 101 和良丰优 339 等品种时,孕穗期的病斑长度均达到 22.1 cm 以上,表现高度感病。

与分蘖初期抗病反应类似,根据叶片的病斑长度可以将品种分为 3 种类型。第 1 种类型是高抗白叶枯病的品种(系),包括 XF10450、华 201S-1 和新黄占,除华 201S-1 接种菲律宾强毒力菌株 PXO86 时的病斑长度达 1.8 cm 外,其他各接种叶片的病斑长度均小于 1.4 cm。第 2 种类型是感病品种,包括早优 715、早优 713 和 009067,这 3 个品种在孕穗期对各菌株均表现感病或中等感病。第 3 种类型是对 1~8 个菌株表现中等抗病或抗病品种(系),除第 1 种类型的 3 个品种和第 2 种类型的 3 个品种外,其余 20 个品种(系)均属于这种类型。

## 3 讨论

由于白叶枯病菌与水稻抗病基因之间存在典型的特异性互作,水稻育种中一直利用主效抗白叶枯病基因培育抗病品种。目前国内外已鉴定出 35 个水稻白叶枯病抗性基因,但是可利用的抗性基因十分有限,主要原因是来源于野生稻的抗病基因难以利用、部分抗性基因仅具有成株期抗性以及大多抗性基因的抗谱较窄<sup>[7]</sup>。20 世纪 80 年代以来,国内外水稻抗病育种中主要利用的白叶枯病抗性基因是 *Xa3*、*Xa4*、*Xa7* 和 *Xa21*<sup>[8]</sup>。由于携带单一抗病基因水稻品种的大面积种植,我国广东以及东南亚其他稻区已相继出现 *Xa4* 和 *Xa21* 的毒力菌株<sup>[9-11]</sup>。

本研究测试的 26 个水稻品种(系)中,仅新黄占、XF10450 和华 201S-1 高抗白叶枯病,其他品种均抗性水平较低,其中博互优 4671 和天优 145 等品种对少数菌株具有成株期抗性。水稻对白叶枯病的成株抗性是一种苗期感病、生长发育到一定阶段后表现抗病的现象<sup>[12]</sup>。迄今,人们对水稻成株抗性机理仍知之甚少,推测可能与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量及多酚氧化酶(PPO, polyphenol oxidase)、过氧化物歧化酶(CAT, catalase)、超氧化物歧化酶(SOD, superoxide dismutase)在不同生长发育阶段差异表达有关<sup>[13-14]</sup>。高度抗

病的 3 个品种均携带白叶枯病抗性基因,新黄占<sup>[15]</sup>和 XF10450<sup>[16]</sup>携带来自普通野生稻的白叶枯病抗性基因 *Xa23*, *Xa23* 是已鉴定的白叶枯病抗性基因中抗谱最广的全生育期抗性基因,迄今尚未发现对其具有毒力的菌株<sup>[17]</sup>。华 201S-1 利用分子标记辅助选择聚合了 *Xa7* 和 *Xa21*<sup>[2]</sup>,可见利用新抗源和聚合抗病基因仍然是改良水稻品种白叶枯病抗性的主要途径。

长期以来,产量、品质和抗旱性等农艺性状一直是超级稻育种的主要目标,因而白叶枯病的抗性普遍水平较低。近年来,我国部分稻区已存在白叶枯病流行成灾的潜在危险,因此,对于种植于白叶枯病疫区的绿色超级稻的选育,需要把提高白叶枯病抗性作为改良的主要性状之一。

## 参考文献

- [1] Zhang Q F. Strategies for developing green super rice [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2007, 104(42): 16402-16409
- [2] 肖景华, 罗立军. 水稻分子育种与绿色超级稻[J]. 分子植物育种, 2010, 8(6): 1054-1058
- [3] Mew T W. Current status and future prospects of research on bacterial blight of rice [J]. Ann Rev Phytopathol, 1987, 25: 359-382
- [4] Ogawa T. Methods and strategy for monitoring race distribution and identification of resistance genes to bacterial leaf blight (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) in rice [J]. JARQ, 1993, 27: 71-80
- [5] 方中达. 植物病理研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1998
- [6] Kauffman H E, Reddy A P K, Hsieh S P Y, et al. A improved technique for evaluation of resistance of rice varieties to *Xanthomonas oryzae* [J]. Plant Dis Rep, 1973, 57: 537-541
- [7] 许美容, 周永力, 黎志康. 水稻对白叶枯病和细菌性条斑病的抗性遗传研究进展[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(3): 370-375
- [8] 章琦. 中国杂交水稻白叶枯病抗性的遗传改良[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(2): 111-119
- [9] Mew T W, Vera Cruz C M, Medalla E S. Changes in the race frequency of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in response to rice cultivars planted in the Philippines [J]. Plant Dis, 1992, 76: 1029-1032
- [10] Lee S W, Choi S H, Han S S, et al. Distribution of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* strains virulent to *Xa21* in Korea [J]. Phytopathology, 1999, 89: 928-933
- [11] 曾列先, 黄少华, 伍尚忠. IRBB21 (*Xa21*) 对广东稻白叶枯病菌 5 个小种的抗性反应[J]. 植物保护学报, 2002, 29(2): 97-100
- [12] Qi Z, Mew T W. Adult-plant resistance of rice cultivars to bacterial blight. plant to test for resistance at the seedling [J]. Disease, 1985, 69: 896-898
- [13] 沙爱华, 黄俊斌, 林兴华, 等. 水稻白叶枯病成株抗性与过氧化物含量即几种酶活性变化的关系 [J]. 植物病理学报, 2005, 34(4): 340-345
- [14] 沙爱华, 林兴华, 黄俊斌, 等. 水稻白叶枯病成株抗性相关基因的表达谱[J]. 分子植物育种, 2006, 4(4): 469-476
- [15] 黄道强, 李宏, 卢德城, 等. 抗白叶枯病强毒菌系 V 型菌、高抗稻瘟病优质稻新品种新黄占的选育—水稻核心种质实例 [J]. 广东农业科学, 2012(2): 9-10
- [16] Huang B, Xu J Y, Hou M S, et al. Introgression of bacterial blight resistance genes *Xa7*, *Xa21*, *Xa22* and *Xa23* into hybrid rice restorer lines by molecular marker-assisted selection [J]. Euphytica, 2012, 187: 449-459
- [17] Zhang Q, Wang C L, Zhao K J, et al. The effectiveness of advanced rice lines with new resistance gene *Xa23* to rice bacterial blight [J]. Rice Genet Newsletter, 2001, 18: 71-72