十六个水稻品种(系)对褐飞虱的抗虫性评价*

商科科 徐雪亮 王 晖 胡定邦 张青玲 杨长举 华红霞**

(华中农业大学植物科学技术学院 武汉 430070)

摘 要 本文通过苗期抗性鉴定、田间抗虫性鉴定、稻田节肢动物功能团优势度比较及产量测定的方法来评价16个水稻品种(系)对褐飞虱 *Nilaparvata lugens*(Stål)的抗性。结果表明,有12个品种(系)对褐飞虱表现为抗级,2个品系表现为中抗。这14个抗虫-中抗的品种(系)在成株期也表现一定的抗虫性,且与对照TN1之间差异显著。本试验条件下,广占63-3S/华恢15、广两优106、Y58S/华15、广两优476、广占63-4S/华恢15这5个品种(系)不仅抗虫性好,而且产量也较高,分别比TN1和主栽品种扬两优6号高63.49%~66.57%和3.47%~11.57%,具有广泛的开发应用前景。

关键词 褐飞虱,抗虫性鉴定,功能团,水稻品种(系),抗稻飞虱基因

Resistance to brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) of 16 rice varieties (lines)

SHANG Ke-Ke XU Xue-Liang WANG Hui HU Ding-Bang ZHANG Qing-Ling
YANG Chang-Ju HUA Hong-Xia**

(College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract The resistance of 16 rice varieties (lines) to the brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål) was evaluated using a modified bulk seedling test, evaluation of the resistance of adult plants in the field, assessment of guild dominance in the arthropod community and rice yield. The results indicate that 12 varieties (lines) were highly resistant to BPH and 2 lines were moderately resistant to BPH at the seedling stage. The resistance of 14 varieties significantly improved at the adult stage. Besides improved resistance, the yields of the varieties Guangzhang63-3S/Huahui15, Guangliangyou106, Y58S/Hua15, Guangliangyou476 and Guangzhan63-4S/Huahui15 were 3.47% to 11.57% higher than that of Yangliangyou6hao (a leading variety in Hubei). The former two varieties have great potential in further developing rice production.

Key words *Nilaparvata lugens*, appraisal for resistance, gulid dominance, rice varieties (lines), *Bph* genes

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH)是危害水稻的主要害虫,由于它具有迁飞性、突发性和猖獗性等特点(李汝铎,1996; 秦学毅等,1999; 洪乃桥和何显文,2007),对水稻生产构成极大的威胁。抗虫品种的利用已被证明为一种防治褐飞虱最经济、安全、有效的措施。国内外学者高度重视抗褐飞虱水稻品种的筛选与培育,并开展了大量的研究工作(Heinrichs *et al.*, 1985a, 1985b; Wu *et al.*, 1986; 陈峰等,1989; 曾玲和庞雄飞,1992; 杨长举等,1999; Soundararajan *et al.*, 2004; Park *et al.*, 2007)。

迄今为止,已在栽培稻和野生稻材料中陆续发现了一大批抗虫资源,并从中鉴定出至少22个抗稻褐飞虱主效基因,定位了其中18个基因(Khush *et al.*, 1985; Kabir and Khush, 1988; Nemoto *et al.*, 1989; Kawaguchi *et al.*, 2001; 黄朝锋和张桂权, 2003; Jena *et al.*, 2006)。如Huang等(2001)将药用野生稻(*Oryza officinalis*)中的抗

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803003)。

**通讯作者,E-mail: huahongxia@mail.hzau.edu.cn

收稿日期:2011-08-07,接受日期:2011-08-22

源导入栽培稻并育成了高抗稻褐飞虱品系 B5，从中鉴定出显性基因 *Bph14*（原名 *Qbph1*）和 *Bph15*（原名 *Qbph2*），并将其分别定位在第 3 染色体长臂和第 4 染色体短臂上。李进波等（2006）应用分子标记辅助选择技术，将抗稻褐飞虱基因 *Bph14* 和 *Bph15* 聚合，选育出 6 份双基因纯合株系。研究者运用同样的方法培育了带有 *Bph14* 和 *Bph15* 的华 3355A/华恢 1462，广占 63－3S/华恢 15，广占 63－4S/华恢 15，华 1971A/华恢 1462，华 1971A/华恢 644，川香 29A/华恢 1462 等一系列的抗虫品系，这些材料将对我国稻飞虱的防治发挥积极的作用。本课题组在 2009 年的试验中，已经筛选出了一批抗虫性较强的品系（王梁全等，2009），包括沪旱 1A/07WH1462、川香 29A/07WH644、川香 29A/07WH1462 等。本文在 2009 年工作基础上，2010 年对 16 个水稻品种（系）抗虫性作了进一步的研究，为这些品种的推广应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试水稻材料

华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室应用分子标记辅助育种聚合了 *Bph14* 和 *Bph15* 基因的 12 个新品种（系）（何予卿提供）：华 3355A/华恢 1462，广占 63－3S/华恢 15，广占 63－4S/华恢 15，华 1971A/华恢 1462，华 1971A/华恢 644，川香 29A/华恢 1462，川香 29A/华恢 644，中 9A/华恢 1462，中 9A/华恢 644，超泰 A/华恢 15，Y58S/华恢 15，华 2048A/华恢 1462。

湖北省农业科学研究院提供的 2 个水稻品种（系）：广两优 476（含 *Bph14*），广两优 106（含 *Bph14* 和 *Bph15*）。扬两优 6 号（湖北等省主栽品种，不抗虫）。

扬两优 6 号（湖北等省主栽品种）和 TN1 为感虫对照。

室内试验供试的褐飞虱从稻田采集，并在露天网室中的 TN1 稻苗上饲养 2 年以上，用于苗期抗虫性鉴定。田间抗虫性评价为孝感当地的自然虫源。

1.2 方法

1.2.1 水稻品种（系）对褐飞虱的苗期抗虫性评价 参照国际水稻研究所水稻抗褐飞虱特性遗传评价中的标准苗期集团筛选法（Standard Seedbox Screening Technique，简称 SSST）（Heinrichs *et al.*，1985）进行。水稻品种（系）经浸种、催芽至露白后于 8 月 26 日播种在塑料盆内（60 cm×40 cm×15 cm）已划过行的稻土中，每行播一个品种（系）15 粒正常发芽的种子，各品种（系）随机排列，重复 3 次，播后塑料盆置于防虫网中。当秧苗长到 2 叶 1 心时定苗，每品种（系）保留 10 株，每株接褐飞虱 2～3 龄的若虫 5～7 头，自然光照。当感虫对照品种 TN1 死苗率达到 95% 左右时调查，分级标准（杨长举等，1999）见表 1。

表 1 水稻品种（系）苗期抗稻飞虱鉴定评价标准

Table 1 Evaluation standard for planthopper resistance in rice based on seedling mortality

抗性级别 Resistance scale	为害症状 Seedling damage	抗性水平 Resistent level
0	未受害	免疫（I）
1	第 1 片叶部分发黄	高抗（HR）
3	第 2 片叶和第 3 片叶部分发黄	抗虫（R）
5	显著发黄，植株有些矮小	中抗（MR）
7	植株仅有 1 片叶未枯死，并严重矮小	感虫（S）
9	植株全枯死	高感（HS）

1.2.2 水稻品种（系）成株期对稻飞虱的田间抗性评价

1.2.2.1 试验小区设计 试验设 48 个小区，每个小区面积为 40 m^2，16 个水稻品种（系），重复 3 次，随机区组排列。于 2010 年 5 月 20 日播种，6 月 15 日单本移栽，株行距 13.2 cm×29.7 cm。稻田施基肥：复合肥 40 kg/667m^2，钾肥 21 kg/667m^2，磷肥 51.23 kg/667m^2；返青期追肥：尿素 15.31 kg/667m^2。常规管水，在水稻整个生育期内未使用杀虫剂。

1.2.2.2 调查方法 田间采用背负式喷雾机改造的动力吸虫器（刘雨芳等，1999）调查稻飞虱的发生情况。每个小区随机取两点，每点 4 蔸，从 7 月 23 日至 9 月 14 日，每 10 d 调查 1 次，共调查 6 次。取样框（0.5 m×0.5 m×0.9 m）下端开口，便于吸虫。取样后用 75 % 的酒精浸泡保存，在显微镜下鉴定、计数。

1.2.2.3 水稻产量测定 水稻成熟后，每小区中

部取 5 m^2 进行测产。自然光下进行晾晒,直到稻谷含水量低于 14% 时称重。

1.3　功能团的划分

参照 Heong 等(1991)、郝树广等(1998)和 Schoenly 等(1998),稻田节肢动物的组成按营养关系分为植食类、寄生类、捕食类、腐食类和其它类 5 个功能团。分析各功能团优势度,即某功能团的个体总数占调查的所有节肢动物个体总数的百分率。

1.4　数据分析

采用 SPSS 数据分析软件进行方差分析和 Duncan 氏新复极差法多重分析进行比较。

2　结果与分析

2.1 苗期抗虫性鉴定结果

2010 年对 16 个水稻品种(系)的苗期抗虫性鉴定结果见表 2。结果表明,对褐飞虱表现为抗级的有广占 63 - 3S/华恢 15、广占 63 - 4S/华恢 15、中 9A/华恢 644、广两优 106、Y58S/华 15、广两优 476 等 9 个品种(系)。表现为中抗水平有品系华 1971A/华恢 644、超泰 A/华恢 15。而 TN1 和主栽品种扬两优 6 号对褐飞虱分别表现为高感和感虫。

2.2　田间抗虫性鉴定

进一步对供试水稻品种(系)上稻飞虱的田间发生动态调查(表 3)表明,中 9A/华恢 644、华 1971A/华恢 1462、广两优 106、广占 63 - 4S/华 15,华 1971A/华恢 644、广两优 476 等 9 个水稻品种(系)稻飞虱的百丛累计虫量在 2 680 ~ 3 768 头之间,比主栽品种扬两优 6 号、对照品种 TN1 分别降低了 47.27% ~ 62.50% 和 86.96% ~ 90.73%,表现出较强的田间抗虫性。川香 29A/华恢 644、广占 63 - 3S/华 15 和 Y58S/华 15 等 5 个水稻品系,在田间也表现一定的抗虫性。品系广占 63 - 3S/华 15 和 Y58S/华 15 上的百丛累计虫量分别比扬两优 6 号低 35.11% 和 12.72%。所有供试的水稻品种(系)中,稻飞虱的累计虫量都要低于感虫对照 TN1 和主栽品种扬两优 6 号。TN1 在 8 月 25 日后田间稻飞虱的发生量少主要有两方面的原因: 一方面,因稻飞虱为害植株矮小,明显变黄、枯萎甚至死亡; 另一方面,该品种生育期短已接近成熟。

2.3　水稻品种(系)节肢动物各功能团优势度比较

通过对供试水稻品种(系)节肢动物各功能团优势度比较(表 4)表明,华 3355A/华恢 1462、华 1971A/华恢 1462、广占 63 - 4S/华 15、广占 63 - 3S/华 15、广两优 106、Y58S/华 15、广两优 476 等品系植食性害虫的优势度在 44.32% ~ 51.71% 之间,比 TN1 和扬两优 6 号分别低了 21.49% ~ 28.88% 和 8.47% ~ 15.86%,且与对照 TN1 之间差异显著。这些具有一定抗虫性的品系上寄生性和捕食性天敌的优势度比对照 TN1 高 5.71% ~ 13.56%,比主栽品种扬两优 6 号高 3.09% ~ 10.94%。中性昆虫的优势度也比对照 TN1 高 12.17% ~ 22.36%。由此可见,这些抗虫品系稻田中害虫数量相对较少,天敌和中性昆虫数量有所增加。

2.4　水稻品种(系)的产量测定结果

2010 年供试水稻品种(系)的产量测定结果(表 5)显示: 在本试验条件下,广占 63 - 3S/华恢 15,广两优 476、广两优 106、广占 63 - 4S/华恢 15、Y58S/华 15 的产量在 453.56 ~ 415.31 kg/667m^2 之间,分别比 TN1、扬两优 6 号高 63.49% ~ 66.57% 和 3.47% ~ 11.57%。除华 2048A/华恢 1462 和华 3355A/华恢 1462 外,其他品种(系)的产量与对照 TN1 之间差异显著。

表 2　水稻品种(系)的苗期鉴定结果

Table 2　Average severity score of plants being tested

供试水稻材料 Rice varieties (lines)	平均抗性级别 The average severity score	抗性 Resistent level
广占 63 - 3S/华恢 15	2.4	R(抗)
中 9A/华恢 644	2.5	R(抗)
广两优 106	2.7	R(抗)
华 1971A/华恢 1462	3.1	R(抗)
广占 63 - 4S/华恢 15	3.1	R(抗)
华 2048A/华恢 1462	3.3	R(抗)
华 3355A/华恢 1462	3.5	R(抗)
川香 29A/华恢 644	3.5	R(抗)
川香 29A/华恢 1462	3.6	R(抗)
中 9A/1462	3.7	R(抗)
Y58S/华 15	3.7	R(抗)
广两优 476	3.7	R(抗)
华 1971A/华恢 644	4.0	MR(中抗)
超泰 A/华恢 15	4.5	MR(中抗)
扬两优 6 号	6.9	S(感虫)
TN1	8.8	HS(高感)

表 3 水稻品种(系)上田间稻飞虱的发生数量

Table 3 Dynamics and population anlysis of planthopper on different rice varieties(lines)

品种(系) Rice varieties(lines)	调查日期(月.日) Investigation date(month.day)						累计虫量(头/百丛) Accumulated planthopper per 100 hills
	7.23	8.6	8.15	8.25	9.4	9.14	
中9A/华恢644	479±207b	1 363±458b	371±123b	204±40c	125±37a	138±7b	2 680
华3355A/华恢1462	263±69b	1 446±601b	400±108b	325±59bc	275±25a	63±26b	2 772
川香29A/华恢1462	304±61b	1 375±480b	796±209b	309±89bc	225±45a	83±15b	3 092
华1971A/华恢1462	542±213b	1 234±323b	900±426b	300±13bc	117±11a	79±30b	3 172
广两优106	309±105b	1 217±336b	725±141b	459±55abc	371±101a	96±11b	3 177
广占63-4S/华15	304±48b	1 229±332b	834±54b	579±224abc	438±88a	54±11b	3 438
中9A/华恢1462	571±178b	1 667±570b	721±207b	334±25bc	134±59a	58±18b	3 485
华1971A/华恢644	350±102b	1 809±796b	775±340b	450±80abc	200±62a	121±54b	3 705
广两优476	384±235b	1 358±470b	846±328b	563±206abc	463±118a	154±27b	3 768
川香29A/华恢644	471±17b	2 050±1 186b	800±188b	338±113bc	296±77a	100±26b	4 055
华2048A/华恢1462	438±169b	1 405±293b	1 067±530b	675±139abc	508±195a	150±25b	4 243
超泰A/华15	384±59b	1 392±351b	1 104±363b	738±288abc	875±627a	88±19b	4 581
广占63-3S/华15	375±58b	1 650±334b	1 075±206b	779±310ab	633±334a	125±36b	4 637
Y58S/华15	533±272b	2 496±874b	1 208±358b	992±287a	875±615a	133±41b	6 237
扬两优6号	584±70b	3 583±108b	1 354±43b	721±98abc	446±85a	458±132a	7 146
TN1	1 138±295a	9 013±2 816a	18 367±15 670a	221±71c	96±18a	71±11b	28 906

注:9月4日之前白背飞虱(WBPH)占98.21%,褐飞虱占1.82%;9月14日白背飞虱占54.72%,褐飞虱占45.28%。表中同一列数据(平均数±标准差)后字母相同者表示差异未达5%显著水平。下表同。

Prior to September 4, the percentage of WBPH accounted for 98.21%, BPH accounted for 1.82%; While WBPH accounted for 54.72%, BPH accounted for 45.28% on September 14. Data are means ± SD, and followed by the same letters in the same column indicate no significant differences at 5% level. The same below.

表 4 不同水稻品种(系)节肢动物各功能团优势度比较(湖北孝感,2010)

Table 4 Gulid dominance(%) in the arthropod community of different rice varieties(lines) (Xiaogan, Hubei, 2010)

品种(系) Varieties(lines)	各功能团优势度(%) Gulid dominance(%)				
	植食类 Phytophages	捕食类 Predators	寄生类 Parasitoids	腐生类 Detritivores	其它类 Others
华3355A/华恢1462	44.32±2.21b	12.14±1.75a	9.72±0.75a	0.37±0.12ab	33.45±1.11ab
华1971A/华恢1462	44.55±5.54b	14.72±0.94a	6.64±0.52abcd	0.23±0.05ab	33.86±4.30ab
中9A/华恢644	45.01±4.12b	14.03±0.63a	6.32±1.91abcd	0.28±0.17ab	34.35±6.10ab
华1971A/华恢644	45.12±10.60b	11.35±1.18ab	3.53±1.00de	0.10±0.06bc	39.90±12.56a
广占63-4S/华15	45.65±3.66b	13.13±1.49a	9.60±2.04ab	0.29±0.10ab	31.33±3.54ab
中9A/华恢1462	45.87±5.71b	14.25±0.91a	6.11±0.76bcd	0.22±0.06ab	33.54±5.43ab
广占63-3S/华15	46.16±3.60b	14.49±1.30a	7.83±0.83abc	0.41±0.17a	31.11±3.37ab
广两优106	46.35±7.30b	13.31±0.30a	7.39±1.06abc	0.35±0.06ab	32.60±8.06ab
川香29A/华恢644	46.58±6.74b	13.50±1.62a	4.44±0.72cde	0.25±0.11ab	35.23±7.64ab
华2048A/华恢1462	46.74±0.39b	14.70±2.24a	6.79±0.59abcd	0.18±0.09ab	31.59±2.90ab
超泰A/华15	49.13±3.50b	13.09±2.55a	6.86±1.35abcd	0.05±0.05b	30.88±2.48ab
川香29A/华恢1462	49.62±3.92b	12.80±0.65a	6.51±0.67abcd	0.21±0.05ab	30.86±3.83ab
Y58S/华15	50.78±6.67b	14.03±1.24a	5.36±0.79cde	0.40±0.20ab	29.41±7.53ab
广两优476	51.71±6.52b	11.49±0.90ab	6.34±0.92abcd	0.16±0.08ab	30.29±6.25ab
扬两优6号	60.18±4.25ab	7.34±0.62bc	4.45±0.60cde	0.22±0.03ab	27.81±5.21ab
TN1	73.20±8.91a	6.50±2.18c	2.67±0.76e	0.21±0.06ab	17.43±6.65b

注:其它类主要是蚊,蝇等中性昆虫。腐生类包括丽蝇,缟蝇。

Others mainly are neutral insects including mosquitoes and flies; Detritivor include calliphoridae and lauxaniidea.

表 5　水稻品种(系)的产量测定结果

Table 5　Grain yield of different rice varieties(lines)

品种(系) Rice varieties(lines)	产量(kg/667m²) Grain yield(kg/667m²)
广占 63 - 3S/华恢 15	453.56 ± 12.03a
广两优 476	448.22 ± 15.17a
广两优 106	447.33 ± 13.28a
广占 63 - 4S/华恢 15	433.10 ± 24.57ab
Y58S/华 15	415.31 ± 40.94ab
川香 29A/华恢 644	402.86 ± 27.25ab
扬两优 6 号	401.08 ± 15.81ab
中 9A/华恢 1462	373.96 ± 23.19ab
川香 29A/华恢 1462	343.28 ± 36.50bc
中 9A/华恢 644	340.17 ± 15.15bcd
华 1971A/华恢 1462	266.35 ± 31.61cde
超泰 A/华 15	261.01 ± 47.64cde
华 1971A/华恢 644	245.01 ± 24.31de
华 2048A/华恢 1462	214.32 ± 61.74ef
TN1	151.63 ± 18.74f
华 3355A/华恢 1462	生育期不吻合,无产量

3　结论与讨论

苗期抗虫性鉴定结果表明 16 份水稻材料中,有 12 个品种(系)对褐飞虱表现为抗虫,2 个品系表现为中抗。这些抗虫 - 中抗的品种(系)中华 1971A/华恢 1462、广占 63 - 4S/华 15、广占 63 - 3S/华 15、广两优 106、Y58S/华 15、广两优 476 等上的植食性害虫的优势度在 44.32% ~ 51.71% 之间,比 TN1 和扬两优 6 号分别低 21.49% ~ 28.88% 和 8.47% ~ 15.86%,且与对照 TN1 之间差异显著。寄生性和捕食性天敌的优势度比对照 TN1 和主栽品种扬两优 6 号高。综合抗虫性和产量来看,广占 63 - 3S/华恢 15、广两优 476、广两优 106、广占 63 - 4S/华恢 15、Y58S/华 15 这 5 个品种(系)抗虫性较强且产量比扬两优 6 号高。

从本研究结果看出,华 1971A/华恢 1462、中 9A/华恢 1462、华 3355A/华恢 1462、广占 63 - 3S/华 15、广占 63 - 4S/华恢 15 等含 *Bph14* 和 *Bph15* 两个抗性基因的品系比只含 *Bph14* 抗性基因的品系广两优 476 抗虫性强。研究已表明,含多个抗虫基因的水稻品种比由单个主基因控制的抗虫品种表现出更持久的抗性(Bosque-Perez and Buddenlhagen, 1992; Maliepaard *et al.*, 1995)。同时褐飞虱对抗性品种有很强的适应能力,易产生能危害原有抗性品种的新的"生物型"种群,导致抗性品种的使用寿命缩短甚至遭淘汰(李青等, 1991; 张扬等, 1991; 陶林勇等, 1992)。因此,应该加强褐飞虱生物型致害性与水稻品种抗性基因关系的研究,减少或避免褐飞虱生物型的变化,发挥品种抗性优势。

本试验主要评价水稻材料对稻飞虱的抗虫性,田间管理较为粗放,水稻整个生育期内没有对稻纵卷叶螟及其它病虫害进行防治,故水稻产量普遍不高。品系华 3355A/华恢 1462 的抗虫性虽好,但在孝感、南昌等地均不能抽穗。抗虫品系华 1971A/华恢 1462 扬花灌浆期不耐高温,在孝感、通城等地结实率低; 但在夏季温度不太高的地区种植产量较高。广两优 476 已进行品种审定,应在湖北、湖南及其他省区进行示范试验,以确定并扩大其推广种植的区域。广占 63 - 3S/华恢 15、广两优 106、广占 63 - 4S/华恢 15 、Y58S/华 15 这 4 个品系抗虫性和产量都比较好,应进一步种植试验并进行品种审定,以便推广应用。

参考文献(References)

Bosque-Perez NA, Buddenlhagen IW, 1992. The development of host-plant resistance to insect pests: outlook for the tropics//Menken SBJ, Visser JH, Harrewijn P (eds.). Procth. Int. Symp. Insect. Plant Relationships. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 235—249.

陈峰, 谭玉娟, 帅应垣, 1989. 广东省野生稻种资源对对褐飞虱的抗性鉴定. 植物保护学报, 16(1): 12—26.

郝树广, 张孝羲, 程遐年, 罗跃进, 田学志, 1998. 稻田节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性动态. 昆虫学报, 41(4): 343—353.

Heinrichs EA, Medrano FG, Rapusas HR, 1985. Genetic evaluation for insect resistance in rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 72—177.

Heong KL, Aquino GB, Barrion AT, 1991. Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines. *Bull. Entomol. Res.*, 81(4): 407—416.

洪乃桥, 何显文, 2007. 褐飞虱的危害和发生规律. 农技服务, 24(2): 47, 58.

Huang Z, He GC, Shu LH, 2001. Identification and mapping of two brown planthopper resistance genes in rice. *Theor. Appl. Gene.*, 102(6/7): 923—934.

黄朝锋, 张桂权, 2003. 水稻 PSM 标记的发展及抗虫基因的分子定位. 分子植物育种, 1(4): 572—574.

Jena KK, Jeung JU, Lee JH, 2006. High-resolution mapping of a new brown planthopper (BPH) resistance gene, *Bph18* (t), and marker assisted selection for BPH resistance in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Gene.*, 112(2): 288—297.

Kabir MA, Khush GS, 1988. Genetic analysis of resistance to brown planthopper in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Breed.*, 100(1): 54—58.

Kawaguchi M, Murata K, Ishii T, Mori N, Nakamura C, 2001. Assignment of a brown panthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) resistance gene *Bph4* to the rice chromosome 6. *Breed Sci.*, 51(1): 13—18.

Khush GS, Rezaul Karim ANM, Angeneles ER, 1985. Genetics of resistance of rice cultivar AR10550 to Bangladesh brown planthopper biotype. *Journal of Genetics*, 64(2/3): 121—125.

李进波，夏明远，戚华雄，何光存，万丙良，查中萍，2006. **水稻抗褐飞虱基因** *Bph14* **和** *Bph15* **的分子标记辅助选择. 中国农业科学，**39(10): 2132—2137.

李青，罗善昱，黄润清，黄润清，师翱翔，黄辉晔，1991. **广西褐稻虱生物型初报. 广西农业科学，**(1): 29—32.

李汝铎，1996. **褐飞虱及其种群管理. 上海: 复旦大学出版社.** 239—255.

刘雨芳，张古忍，古德祥，1999. **利用改装的吸虫器研究稻田节肢动物群落. 植物保护，**25(6): 39—40.

Maliepaard C, Bas N, Van Heusden S, Kos J, Pet G, Verkerk R, Zabel P, Lindhout P, 1995. Mapping of qtls for glandular trichome densities and *Trialeurodes vaporariorum* (greenhouse whitefly) resistance in an F2 from *Lycopersicon esculentum* × *Lycopersicon hirsutumf* Glubratum. *Heredity*, 75: 425—433.

Nemoto H, Ikeda R, Kaneda C, 1989. New genes for resistance to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), in rice. *Japan J. Breed*, 39: 23—28.

Park DS, Lee SK, Lee JH, Song MY, Song SY, Kwak DY, Yeo US, Jeon NS, Park SK, Yi G, Song YC, Nam MH, Ku YC, Jeon JS, 2007. The identification of candidate rice genes that confer resistance to the brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) through representational difference analysis. *Theor. Appl. Genet.*, 115(4): 537—547.

秦学毅，李容柏，韦素美，1999. **普通野生稻对稻褐飞虱的抗性遗传模式及其在育种上的应用. 西南农业学报，**12(4): 74—77.

Schoenly KJ, Justo HDJ, Barrion AT, Harris MK, Bottrell G, 1998. Analysis of invertebrate biodiversity in a Philippine farmer's irrigated rice field. *Envirnom. Entomol.*, 27(5): 1125—1136.

Soundararajan RP, Kadirvel K, Gunathilagaraj K, Maheswaran M, 2004. Mapping of quantitative trait loci associated with resistance to brown planthopper in rice by means of a doubled haploid population. *Crop Science*, 44(6): 2214—2220.

陶林勇，俞晓平，巫国瑞，1992. **我国褐飞虱生物型监测初报. 中国农业科学，**25(3): 9—13.

王梁全，李兰秀，陈连举，李洁，徐雪亮，姚英娟，杨长举，华红霞，2009. **几个水稻新品种(系)对褐飞虱的抗性评价. 中国农学通报，**25(20): 253—257.

Wu TJ, Heinrichs EA, Medrano FG, 1986. Resistance of wild rice to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Environm. Entomol.*, 15(3): 648—653.

杨长举，杨志慧，胡建芳，何光存，舒理慧，1999. **野生稻转育后代对褐飞虱抗性的研究. 植物保护学报，**26(3): 197—202.

曾玲，庞雄飞，1992. **水稻品种对褐飞虱自然种群控制作用的评价. 华南农业大学学报，**13(3): 23—28.

张扬，谭玉娟，陈峰，潘英，朱绍先，1991. **广东褐稻虱生物型普查与监测. 广东农业科学，**(2): 22—25.

应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(5):1341—1347

基因聚合改良杂交稻组合的稻飞虱田间抗性表现*

胡 杰[1] 杨长举[2] 张庆路[1] 高冠军[1] 何予卿[1]**

(1. 华中农业大学作物遗传改良国家重点试验室 武汉 430070; 2. 华中农业大学植物科技学院植保系 武汉 430070)

摘 要 褐飞虱 *Nilaparvata lugens*(Stål)是杂交水稻的重要虫害,培育高抗褐飞虱的杂交水稻新组合被认为是目前防治飞虱最有效、经济的方法。本研究以分子标记辅助选择培育的抗褐飞虱杂交水稻为材料,通过苗期和成株期的全生育期田间抗性鉴定,对基因聚合改良杂交稻组合的褐飞虱抗性进行综合评价,结果表明,基因聚合改良杂交稻组合的苗期抗性介于抗和中抗水平,田间虫量在7次调查中均低于800头/百丛,远低于2 000头/百丛的防治标准,而对照扬两优6号、两优培九和当地农家品种两优63在8月29日到9月10日飞虱发生高峰期的百丛虫量分别最高达到5 400头、2 030头和10 700头,高于或远高于2 000头/百丛的防治标准。改良组合川香29A/华恢1462的产量在通城比对照扬两优6号增产11.8%。上述结果表明抗褐飞虱改良杂交稻新组合能够有效抑制稻田褐飞虱种群数量,节约人工和农药成本,增加水稻产量。

关键词 稻飞虱,田间抗性,种群数量,分子标记辅助选择,基因聚合

Resistance of pyramided rice hybrids to brown planthoppers

HU Jie[1] YANG Chang-Ju[2] ZHANG Qing-Lu[1] GAO Guan-Jun[1] HE Yu-Qing[1]**

(1. National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;
2. College of Plant Scinece and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract Planthoppers, especially the brown planthopper (BPH), are major pests of hybrid rice crops. Developing hybrid rice strains with high BPH resistance has been the most efficient and economic method of controlling BPH outbreaks. In this study, *Bph14* and *Bph15* genes were pyramided in hybrid rice using molecular marker-assisted selection (MAS), after which the BPH resistance of both seedling and adult rice plants was assessed in both the greenhouse and field situation. The results show that improved hybrid seedlings had at least moderate resistance to BPH in the seedling stage with < 800 BPH per 100 plants, much less than the 2 000 BPH per 100 plants observed in susceptible hybrid seedlings with BPH control. In the absence of BPH control, some susceptible strains, including Yangliangyou 6, Liangyoupeijiu and the local combination Liangyou 63, had infestations of 5 400, 2 030 and 10 700 BPH per 100 plants, respectively. The yield of the pyramided hybrid Chuanxiang 29A/Huahui 1462 was 11.8% more than that of Yangliangyou 6 in Tongcheng County. These results suggest that planting resistant pyramided hybrids around conventional susceptible hybrids could effectively decrease the population of BPH, thereby preventing BPH outbreaks, reduce the cost of labor and pesticides and increase rice production.

Key words brown planthoppers, field resistance, *Nilaparvata lugens* population, MAS, gene pyramiding

褐飞虱 *Nilaparvata lugens*(Stål)(BPH)是一种流行于东南亚、南亚等地区的最主要水稻害虫。它具有迁飞性、突发性和猖獗性,严重暴发时造成水稻大面积减产甚至绝收。目前防治褐飞虱主要依靠大量化学杀虫剂,但这种费时费工费钱的方法不仅造成环境污染,而且还杀死褐飞虱的天敌和诱发抗药性的新褐飞虱群体的产生而使其再次大暴发(Heinrichs *et al.*, 1982)。利用寄主抗性培育高抗褐飞虱的水稻品种被认为是控制褐飞虱种群数量最为经济有效地方法(Pathak *et al.*,

* 资助项目:863项目(2010AA101801)、植物转基因专项(2008ZX08001-002)、行业计划(200803003)、现代农业技术体系项目(nycytx-01)。

** 通讯作者,E-mail: yqhe@mail.hzau.edu.cn

收稿日期:2011-08-05,接受日期:201-08-31