通城植保站的同志协助田间管理和虫量调查,在此一并感谢!

参考文献(References)

陈峰,傅强,罗举,赖风香,桂连友,2009. 苗期抗性不同的水稻品种成株期对褐飞虱的抗性. 中国水稻科学,23(2):201—206.

Cohen MB, Alam SN, Medina EB, Bernal CC, 1997. Brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, resistance in rice IR64: mechanism and role in successful *N. lugens* management in Central Luzon, Philippines. *Entomologia. Experimentalis et Applicata*, 85(3):221—229.

Du B, Zhang WL, Liu BF, Hu J, Wei Z, Shi ZY, He RF, Zhu LL, Chen RZ, Han B, He GC, 2009. Identificafion and characterization of *Bph14*, a gene conferring resistance to brown planthopper in rice. *Proc. Nat1. Acad. Sci.*, *USA*, 106(52):22163—22168.

Heinrichs EA, Aquino GB, Chelliah S, Valencia SL, ReissigWH, 1982. Resurgence of *Nilaparvata lugens* populations as influenced by method and timing of insecticide applications in lowland rice. *Environ. Entomol.*, 11(1):78—84.

胡杰,李信,吴昌军,高冠军,肖景华,何予卿,2010. 利用分子标记辅助选择改良杂交水稻的褐飞虱和稻瘟病抗性. 分子植物育种,8(6):1180—1187.

Hu J, Li X, Wu CJ, Yang CJ, Hua HX, Gao GJ, Xiao JH, He YQ, 2010. Pyramiding and evaluation of the brown planthopper resistance genes *Bph14* and *Bph15* in hybrid rice. *Mol. Breeding*. DOI 10.1007/s11032-010-9526-x.

Huang Z, He GC, Shu LH, Li XH, Zhang QF, 2001. Identification and mapping of two brown planthopper resistance genes in rice. *Theor. Appl. Genet.*, 102(6/7):929—934.

惠大丰,姜长鉴,1996. 统计分析系统 SAS 软件实用教程. 北京:北京航空航天大学出版社. 1—180.

Jairin J, Teangdeerith S, Leelagud P, Kothcharerk J, Sansen K, Yi M, Vanavichit A, Toojinda T, 2009. Development of rice introgression lines with brown planthopper resistance and KDML105 grain quality characteristics through marker-assisted selection. *Field Crops Research.*, 110(3):263—271.

Li J, Chen QH, Wang LQ, Liu J, Shang KK, Hua HX, 2011. Biological effects of rice harbouring *Bph14* and *Bph15* on brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Pest Manag. Sci.*, 67(5):528—534.

李进波,夏明元,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.

刘光杰,付志红,沈君辉,张亚辉,2002. 水稻品种对稻飞虱抗性鉴定方法的比较研究. 中国水稻科学,16(1):52—56.

Painter RH, 1951. Insect Resistance in Crop Plants. Macmillan Co., New York. 1—520.

Panda N, Heinrichs EA, 1983. Levels of tolerance and antibiosis in rice varieties having moderate resistance to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Environ. Entomol.*, 12(2):1204—1214.

Pathak MD, Cheng CH, Fortuno ME, 1969. Resistance to *Nephotettix impicticeps* and *Nilaparvata lugens* in varieties of rice. *Nature*, 223:502—504.

Sharma PN, Torii A, Takumi S, Mori N, Nakamura C, 2004. Marker-assisted pyramiding of brown plan thopper (*Nilaparvata lugens*) resistance genes *Bph1* and *Bph2*on rice chromosome 12. *Hereditas*, 140(1):61—69.

盛仙俏,张发成,徐红星,郑许松,陈桂华,吕仲贤,2010. 水稻品种(组合)对褐飞虱抗性的田间表现. 中国水稻科学,24(5):535—538.

Zhang QF, 2007. Strategies for developing green super rice. *Proc. Nat1. Acad. Sci. USA*, 104(42):16402—1640.

Zhu YY, Chen HR, Fan JH, Wang YY, Li Y, Chen JB, Fan JX, Yang SS, Hu LP, Leung H, Mew, TW, Teng PS, Wang ZH, Mundt CC, 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 406:718—722.

应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(5):1348—1353

抗褐飞虱水稻品种的培育及其抗性表现*

李进波[1**] 万丙良[1***] 夏明元[1] 戚华雄[1] 石华胜[2] 辛复林[2]

(1. 湖北省农业科学院粮食作物研究所 武汉 430064; 2. 武汉市东西湖区农科所 武汉 430040)

摘 要 褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 是危害水稻的主要虫害之一,发掘和利用新的抗褐飞虱基因培育抗性品种是目前防治褐飞虱最经济有效的方法之一。抗褐飞虱基因来自药用野生稻的抗虫品种 B5,对褐飞虱生物型 1 和 2 具有高度抗性,B5 携带的抗性基因 *Bph14* 被定位在第 3 染色体上。本研究以 B5-10 为抗源,以优良杂交稻亲本扬稻 6 号为受体亲本,通过复交和回交,利用与 *Bph14* 紧密连锁的分子标记 MRG2329 在后代中进行分子标记辅助选择,通过苗期分子标记检测和成株期农艺性状选择,最后育成恢复系 R476 和杂交组合广两优 476。采用苗期群体鉴定技术对 R476 和广两优 476 的褐飞虱抗性进行了鉴定,R476 和广两优 476 的抗性水平分别为中抗和中感。广两优 476 在稻飞虱发生较重的稻田进行试种示范,与对照品种扬两优 6 号和两优培九相比,广两优 476 对稻飞虱表现出明显的抗性。研究结果表明在育种过程中利用分子标记辅助选择 *Bph14* 基因是培育抗褐飞虱水稻品种的有效途径之一。

关键词 水稻,褐飞虱,标记辅助选择,抗性

Breeding of the brown planthopper resistant rice varieties

LI Jin-Bo[1**] WAN Bing-Liang[1***] XIA Ming-Yuan[1] QI Hua-Xiong[1]
SHI Hua-Sheng[2] XIN Fu-Lin[2]

(1. Food Crops Research Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China;
2. Dongxihu District Agricultural Sciences Research Institute, Wuhan 430040, China)

Abstract *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH) is one of the major pests of cultivated rice. One effective method of BPH control is to identify new genes for BPH resistance and breed resistant cultivars incorporating these genes. B5 is a rice line derived from wild rice *Oryza officinalis* that is highly resistant to the BPH biotypes 1 and 2. The dominant BPH resistance gene in B5, *Bph14*, has been identified and mapped on rice chromosome 3. In this study, B5-10 was used as a BPH resistance donor and the elite restorer rice line Yangdao 6 was the recipient of the BPH resistance gene *Bph14*. Molecular marker MRG2329 linked with *Bph14* was used to select this gene in segregating populations. We performed molecular marker-assisted selection (MAS) at the seedling stage and selection for agronomic traits at the adult plant stage to obtain the hybrid rice restorer line R476 and the combination Guangliangyou 476 which carried the *Bph14* gene. The BPH resistance levels of R476 and Guangliangyou 476 were determined in a mass seedling screening test. The results indicate that R476 was moderately resistant and Guangliangyou 476 was moderately susceptible. Guangliangyou 476 was, however, clearly more resistant to the rice planthopper than the control cultivars Yangliangyou 6 and Liangyoupeijiu in a field experiment. These results suggest that MAS of *Bph14* can be effectively utilized in breeding programs for BPH-resistant rice strains.

Key words rice, *Nilaparvata lugens*, molecular marker-assisted selection (MAS), resistance

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH) 是我国水稻主要害虫之一,分布范围包括从最北端吉林开始,沿着辽宁、河北、山西、陕西、宁夏、甘肃、四川、云南至西藏一线及以南的广大地区。褐飞

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200803003)、湖北省重点科技项目(2006AA201A03)和武汉市科技项目(200920322152)。

** E-mail: jinboli0606@sohu.com

*** 通讯作者,E-mail: ricewanbl@126.com

收稿日期:2011-08-11,接受日期:2011-08-25

虱是一种以稻属为食的单食性昆虫，属同翅目，飞虱科。褐飞虱具有刺吸式口器，是典型的吸食维管束液的昆虫，主要用针鞘取食稻株韧皮部汁液，轻者导致水稻营养物质运输受阻，影响千粒重，严重时造成水稻“冒穿”，以致绝收。过去主要采取化学方法防治稻褐飞虱，但长期大量施用杀虫剂，不仅诱使褐飞虱产生抗药性，而且广谱杀虫剂也杀死了其天敌，有些杀虫剂甚至能刺激褐飞虱产卵，致褐飞虱再次猖獗(姜辉等，2005)。生产实践证明，利用水稻品种本身的抗虫性是最经济、有效和环保的控制途径。

自 20 世纪 60 年代，科学家们开始筛选和鉴定抗褐飞虱材料，在栽培稻和野生稻材料中已鉴定出了一大批抗虫资源，迄今为止已报道的水稻抗褐飞虱基因 29 个，其中 26 个被定位在水稻不同染色体上(裴庆利等，2011)。自 1973 年以来国际水稻研究所先后选育了一系列具有 *Bph1*、*Bph2* 和 *Bph3* 等抗褐飞虱基因的水稻品种，这些品种的推广应用曾有效地控制了褐飞虱的暴发。我国是受褐飞虱危害较严重的国家之一，也先后育成一系列含抗褐飞虱基因 *Bph1* 的品种。然而随着褐飞虱新生物型的产生，上述抗褐飞虱品种已丧失抗性或面临抗性的丧失。因此，迫切需要选育新的抗褐飞虱基因的抗虫品种。但是，由于抗褐飞虱鉴定的复杂性，仅采用常规育种方法很难有效地选育出抗褐飞虱水稻品种。因此，利用与抗性基因紧密连锁或共分离的分子标记直接对抗性基因进行选择成为选育抗褐飞虱品种的有效途径之一。武汉大学将药用野生稻中的抗源导入栽培稻育成了高抗褐飞虱品系 B5，B5 对褐飞虱生物型 1、2 型和在武昌大田捕捉的褐飞虱均具有高抗性(王布哪等，2001)。B5 含有 2 个抗褐飞虱主效显性基因 *Bph14* 和 *Bph15*，分别被定位在第 3 染色体长臂和第 4 染色体短臂上。Du 等(2009)已成功克隆了 *Bph14* 基因，功能研究表明在褐飞虱侵染水稻后 *Bph14* 基因激活了水杨酸信号传导通路，诱导韧皮部细胞的胼胝质沉积以及胰蛋白酶抑制剂的产生，因此降低了褐飞虱的取食、生长速率和寿命，从而使水稻免受危害。

本研究利用 B5－10 作为抗源，以优良的杂交稻亲本扬稻 6 号为受体材料，通过复交和回交，在各分离世代利用分子标记辅助选择抗褐飞虱基因 *Bph14*，选育出带有 *Bph14* 基因的优良恢复系 R476 和杂交组合广两优 476。经过苗期抗性鉴定和小面积试种示范，R476 和广两优 476 对褐飞虱表现出一定的抗性。研究结果表明利用分子标记辅助选择 *Bph14* 基因是培育抗褐飞虱水稻品种的有效途径之一。

1　材料与方法

1.1 试验材料

抗褐飞虱供体亲本为 B5－10(B5－10 由武汉大学何光存教授提供)，受体材料为杂交稻亲本扬稻 6 号和 C087(以扬稻 6 号为轮回亲本培育的含抗水稻白叶枯病基因 *Xa21* 的稳定株系)，采用复交和回交方法，通过分子标记辅助选择将抗褐飞虱基因 *Bph14* 导入到受体材料中。

1.2　试验方法

1.2.1　分子标记检测　使用的分子标记是与 *Bph14* 基因紧密连锁的 SSR 标记 MRG2329，其上游引物序列为 5′-GCACATACAGAAATGGTGAA-3′；下游引物序列为 5′-GGCAAGGGACATGTAGTAAC-3′。PCR 扩增总体积为 15 μL，反应体系含有 10 mmol·L^{-1} Tris-HCl(pH 8.3)，50 mmol·L^{-1} KCl，1.5 mmol·L^{-1} MgCl2，dNTP 各 0.2 mmol·L^{-1}，10 ng 左右的 DNA 模板，上下游引物各 0.2 μmol·L^{-1}，Taq 酶 1U。PCR 反应程序为：95℃ 预变性 3 min 后，进行 35 个循环扩增，循环条件为 94℃ 变性 30 s，60℃ 复性 30 s，72℃ 延伸 1 min，最后在 72℃ 中延伸 5 min，于 4℃ 下保存。PCR 扩增产物采用非变性的聚丙烯酰胺凝胶分离和快速银染显色(李进波等，2006)。

1.2.2　抗虫鉴定　采用苗期群体接虫鉴定方法，将供试材料包括抗虫恢复系、组合、亲本及感虫对照 Taichung Native1 (TN1) 浸种、催芽后，播于育苗盆(60 cm×40 cm×10 cm)内，设置 2 次重复，每处理一行，播种 15 粒左右，行长 20 cm，行距 5 cm，正常水肥管理。待苗至二叶一心时，除去弱苗，每个处理保留 10 株健壮的幼苗，按每苗 5～7 头 2～3 龄若虫接虫。褐飞虱为生物型 1 和生物型 2 的混合群体，由武汉大学何光存教授提供。抗性鉴定参照刘光杰等(2002)的评价标准进行，当感虫对照品种 TN1 死苗率达到 95% 左右时，根据死苗率评定抗性级别。评价标准为：死苗率≤1.0%，级别为 0，免疫；死苗率在 1.1%～10.0% 之间，级

别为 1，高抗；死苗率在 10.1% ~30.0% 之间，级别为 3，抗；死苗率在 30.1% ~50.0% 之间，级别为 5，中抗；死苗率在 50.1% ~70.0% 之间，级别为 7，中感；死苗率≥70.1%，级别为 9，感。

2 结果与分析

2.1 恢复系的选育

2002 年春季在海南以扬稻 6 号为母本，B5 -10 为父本配制杂交组合扬稻 6 号/B5 -10，同年夏季在武昌以自育材料 C087 为母本，与扬稻 6 号/B5 -10 进行复交，同年冬季在海南种植复交 F_1，并在苗期分单株取叶片进行分子标记检测，从中筛选出 6 株带有 *Bph14* 基因的单株。2003 年春季在海南以扬稻 6 号为母本，取这 6 个单株的混合花粉授粉进行回交，同年夏季在武昌种植 BC_1F_1，在苗期利用分子标记对这些单株进行逐株检测，筛选出 4 株带有 *Bph14* 基因和 *Xa21* 基因的单株，成熟后分单株收获自交种子。同年冬季在海南种植成 4 个 BC_1F_2 株系，在苗期通过分子标记检测鉴定出带有 *Bph14* 基因和 *Xa21* 基因的单株共 140 株，在成株期通过农艺性状选择从中筛选到 14 株综合性状优良的单株。2004 年夏季在武汉种植成 14 个 BC_1F_3 株系，其中 *Bph14* 和 *Xa21* 基因纯合、农艺性状较好且基本整齐一致的株系 04C476 中选，暂定名为 R476，R476 携带的 *Bph14* 的基因型见图 1。

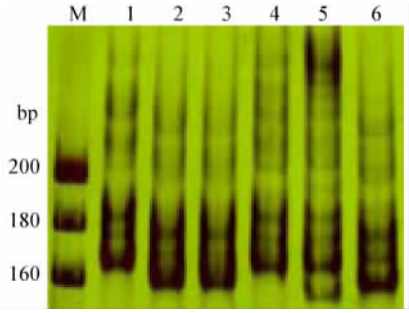

图 1 R476 和广两优 476 的 *Bph14* 基因型

Fig. 1 The *Bph14* genotype of R476 and Guangliangyou 476

M: Marker, 1: B5 -10, 2: 扬稻 6 号, 3: C087, 4: R476, 5: 广两优 476, 6: 广占 63 -4S

M: Marker, 1: B5 -10, 2: Yangdao 6, 3: C087, 4: R476, 5: Guangliangyou 476, 6: Guangzhan 63 -4S

2.2 杂交组合的选育

2004 年夏季在武汉用不育系广占 63 -4S 与 R476 配组；2005 年夏季该组合在湖北省农业科学院粮食作物研究所武昌南湖试验基地参加杂交中籼新组合的品比试验，单产 596 kg/667m^2，比对照组合 II 优 725 增产 7.00%，增产显著。该组合参加 2006 年湖北省中稻预试，单产 587.25 kg/667m^2，比对照扬两优 6 号增产 3.49%。随后连续 2 年参加 2008 年和 2009 年湖北省中稻区试，2 年平均单产 633.70 kg/667m^2，比对照扬两优 6 号平均增产4.37%（表1）。经农业部食品质量监督检验中心（武汉）检测其稻米品质指标达到国标三级优质稻谷质量标准。2010 年 3 月该组合通过了湖北省农作物品种审定委员会审定，定名为广两优 476，广两优 476 携带的 *Bph14* 的基因型见图 1。

表 1 广两优 476 在区试中的产量表现

Table 1 The yield results of Guangliangyou 476 in regional trial during 2008 and 2009

品种名称 Variety	年份 Year	产量 Yield (kg/667m^2)	与对照比较(±%) Compared with the check (±%)
扬两优 6 号(对照) Yangliangyou 6 (CK)	2008	592.81	
	2009	621.50	
	平均 Average	607.16	
广两优 476 Guangliangyou 476	2008	607.22	2.43*
	2009	660.17	6.22**
	平均 Average	633.70	4.37

注：* 表示 5% 的显著性水平；** 表示 1% 的显著性水平。

* and ** indicate significant difference at 5% and 1% levels, respectively.

2.3　苗期抗性鉴定

采用苗期群体鉴定技术对培育的恢复系 R476、杂交组合广两优 476 以及相应的不育系广占 63 – 4S 进行了抗褐飞虱鉴定，同时以扬稻 6 号和扬两优 6 号作为对照品种，抗性鉴定结果见表 2。从表 2 中可看出，R476 和广两优 476 的抗性水平分别为中抗和中感，而相应的对照品种扬稻 6 号和扬两优 6 号的抗性水平分别为中感和感。研究结果表明，培育的恢复系 R476 由于带有纯合的 *Bph14* 基因，与受体亲本扬稻 6 号相比其抗性增强；培育的杂交组合广两优 476 的抗性水平为中感，平均死苗率为 55%，而对照品种扬两优 6 号为感，平均死苗率为 75%。由于 *Bph14* 基因为不完全显性，广两优 476 所携带的 *Bph14* 的基因型是杂合型，因此，广两优 476 与 *Bph14* 基因纯合的恢复系 R476 相比抗性有所下降。

表 2　R476 和广两优 476 对褐飞虱的抗性反应

Table 2　Reaction of R476 and Guanliangyou 476 to BPH

编号 No.	供试材料 Material	死苗株数 No. of died seedlings		平均死苗率(%) Mean mortality of seedling	抗性级别 RG	抗性水平 RD
		重复 I Replication I	重复 II Replication II			
1	TN1	10	10	100	9	S
2	B5 – 10	0	0	0	0	I
3	广占 63 – 4S Guangzhan63 – 4S	8	10	90	9	S
4	扬稻 6 号 Yangdao 6	6	7	65	7	MS
5	R476	3	4	35	5	MR
6	广两优 476 Guangliangyou 476	5	6	55	7	MS
7	扬两优 6 号 Yangliangyou 6	8	7	75	9	S

注: I 为免疫; HR 为高抗; R 为抗; MR 为中抗; MS 为中感; S 为感。

RG = resistance grade; RD = resistance description; I = immunity; HR = highly resistant; R = resistant; MR = moderately resistant; MS = moderately susceptible; S = susceptible.

2.4　广两优 476 的田间抗性表现

湖北省通城县是每年稻飞虱发生较严重的稻区之一，2010 年作者安排广两优 476 在通城县进行了小面积试种示范，选择在稻飞虱发生较重的稻田，面积共 2 668 m^2，设置 2 次重复，每个处理种植 1 334 m^2，同时在周围田块种植当地推广品种扬两优 6 号和两优培九作比较。5 月 15 日播种，在水稻整个生长期不喷施任何防治稻飞虱的药物，种植方式、肥水管理及其它病虫害的防治均按当地种植习惯操作。从 7 月 3 日至 9 月 11 日每隔 8 ~ 13 d 调查一次稻飞虱发生的情况，共调查 7 次，每次调查时每处理随机 5 点取样，每点 0.1 m^2，用白瓷盘拍打调查计数，最后分别计算稻飞虱虫口密度。田间稻飞虱的类型除褐飞虱外，还包括少量的白背飞虱。调查结果见图 2，从图 2 可看出两优培九的虫口密度一直呈上升趋势，从 7 月 3 日的 75 头/100 兜上升到 9 月 11 日的 2 030 头/100 兜；扬两优 6 号的虫口密度从 7 月 3 日的 170 头/100 兜上升到 8 月 11 日的 680 头/100 兜以后，随后虽然有一段时间呈下降趋势，但至 9 月 11 日虫口密度从 8 月 29 的 380 头/100 兜上升到 5 400 头/100 兜；而广两优 476 的虫口密度从 7 月 3 日的 95 头/100 兜上升到 7 月 29 日的 600 头/100 兜以后，开始呈下降趋势，至 8 月 29 日虫口密度下降到 60 头/100 兜，直到 9 月 11 日虫口密度也只有 170 头/100 兜，分别是两优培九和扬两优 6 号虫口密度的 8.37% 和 3.15%。至 9 月 11 日两优培九和扬两优 6 号稻田的局部范围已经出现了水稻“冒穿”的现象，但广两优 476 田块水稻生长正常。研究结果表明当稻飞虱发生时广两优 476 能

在一定程度上抑制稻飞虱群体数量的上升，对稻飞虱表现出一定的抗性。

本研究选育的杂交稻组合广两优 476 在苗期群体抗性鉴定中表现为中感，而在大田抗性鉴定

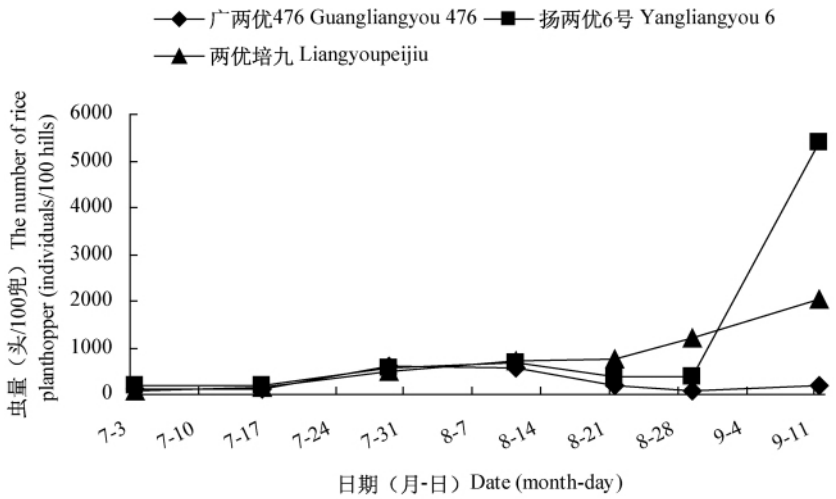

图 2 2010 年湖北省通城县田间稻飞虱群体发生动态

Fig. 2 The population dynamics of rice planthopper in Tongcheng, Hubei Province, China in 2010

3 讨论

本研究表明，*Bph14* 基因对褐飞虱具有中等抗性水平；*Bph14* 基因在大田自然诱发条件下的抗性表现优于苗期群体鉴定表现；*Bph14* 基因纯合状态下抗性表现优于基因杂合状态；在褐飞虱中、轻度发生情况下，广两优 476 在生产条件下的褐飞虱抗性明显强于不含抗褐飞虱基因的对照品种。

从本研究结果可以看出，*Bph14* 基因表现为不完全显性，基因杂合状态的广两优 476 的抗性水平介于基因纯合状态的 R476 和不含抗性基因的扬两优 6 号之间。并且广两优 476 苗期抗性鉴定结果和大田自然诱发鉴定结果存在一定的差异。苗期群体抗性鉴定的优点是快速、高效，适用于大量品种的抗性筛选，但在实践中苗期群体鉴定往往因为秧苗素质的差异、选择压力大以及环境对飞虱的影响等因素而使抗性表现不稳定（陈英之等，2010）。实际上，稻飞虱常猖獗发生于水稻的生长后期对水稻造成严重危害，因而田间抗性鉴定最能反映品种抗性的真实情况，对一些在生产上有应用价值的高产和优质的新品种，应进一步进行分蘖期和成株期田间抗性鉴定，全面、准确的评价其抗性（刘光杰等，2002）。

中 8 月中旬以后广两优 476 对稻飞虱的抗性明显优于对照，说明广两优 476 直接用于生产能在一定程度上控制稻飞虱的发生。广两优 476 在湖北孝感的大田抗性鉴定也得出了同样的结果。刘华林等（2011）同样以扬两优 6 号为对照，在大田自然诱发条件下对广两优 476 等品种的抗性进行了鉴定，在 8 月中旬以前白背飞虱种群数量处于优势，褐飞虱种群数量处于较低水平时，广两优 476 对褐飞虱的自然诱发抗性不明显；在 8 月中旬以后，随着褐飞虱种群数量在稻飞虱群体中的比例上升，广两优 476 对褐飞虱具有明显的控制效果；对稻飞虱进行药剂防治和不防治比较试验，在不防治情况下对照扬两优 6 号减产率为 23.1%，而广两优 476 的减产率为 2.3%，显著低于对照的减产率。

综合以上研究结果和近几年广两优 476 在不同地区试种示范的情况，笔者认为在稻飞虱发生较轻的年份或地区，种植广两优 476 可以不防治稻飞虱，而在稻飞虱发生严重的年份或地区，种植广两优 476 同样需要进行稻飞虱防治，但根据稻飞虱发生的具体情况，与种植其他品种的田块比较而言，可以将稻飞虱防治的次数减少 2～3 次。

B5 含有 2 个抗褐飞虱主效显性基因 *Bph14* 和

Bph15,笔者研究团队利用分子标记辅助选择已经选育出 *Bph14* 和 *Bph15* 双基因纯合的两系不育系和恢复系。苗期抗性鉴定结果表明聚合有 *Bph14/Bph15* 基因的材料其抗性级别达到了 1 级,表现为高抗,抗性明显强于 *Bph14* 或 *Bph15* 单基因纯合材料(李进波等,2006),这与胡杰等(2010)的研究结果基本一致。利用这些 *Bph14/Bph15* 双基因纯合的不育系和恢复系配制的杂交组合抗性级别也达到了 1 级,其抗性明显强于扬两优 6 号和广两优 476。用这些新的不育系和恢复系配制的杂交组合在多年品比试验中产量表现比对照品种扬两优 6 号增产,米质与对照相当,但对褐飞虱的抗性明显增强,这些组合参加区域试验后如果能通过审定,将来应用于大面积生产能有效地控制水稻褐飞虱的发生。

致谢:感谢武汉大学何光存教授提供材料 B5 - 10 和分子标记,华中农业大学杨长举教授、何予卿教授、华红霞副教授和通城县农业局植保站协助田间稻飞虱鉴定。

参考文献(References)

陈英之,李树娟,李容柏,2010. 水稻对褐飞虱抗性鉴定的比较研究. 安徽农业科学,38(13):6686—6688.

Du B, Zhang WL, Liu BF, Hu J, Wei Z, Shi ZY, He RF, Zhu LL, Chen RZ, Han B, He GC, 2009. Identification and characterization of *Bph14*, a gene conferring resistance to brown planthopper in rice. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 106(52):22163—22168.

胡杰,李信,吴昌军,高冠军,肖景华,何予卿,2010. 利用分子标记辅助选择改良杂交水稻的褐飞虱和稻瘟病抗性. 分子植物育种,8(6):1180—1187.

姜辉,林荣华,刘亮,瞿唯钢,陶传江,2005. 稻飞虱的危害及再猖獗机制. 昆虫知识,42(6):612—615.

李进波,夏明元,戚华雄,何光存,万丙良,查中萍,2006. 水稻抗褐飞虱基因 *Bphl4* 和 *Bphl5* 的分子标记辅助选择. 中国农业科学,39(10):2132—2137.

刘华林,吕亮,张舒,陈其志,丁振华,董金梅,文佳,牛林,2011. 水稻抗性品种对褐飞虱自然诱发抗性的研究. 湖北农业科学,50(11):2230—2233.

刘光杰,付志红,沈君辉,张亚辉,2002. 水稻品种对稻飞虱抗性鉴定方法的比较研究. 中国水稻科学,16(1):52—56.

裴庆利,王春连,刘丕庆,王坚,赵开军,2011. 分子标记辅助选择在水稻抗病虫基因聚合上的应用. 中国水稻科学,25(2):119—129.

王布哪,黄臻,舒理慧,任翔,李香花,何光存,2001. 两个来源于野生稻的抗褐飞虱新基因的分子标记定位. 科学通报,46(1):46—49.

应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(5):1354—1358

水稻品种对褐飞虱的田间抗性及其生态学机制*

陈桂华[1] 张发成[1] 盛仙俏[1] 郑许松[2] 徐红星[2] 吕仲贤[2]**

(1.浙江省金华市植物保护站 金华 321017;2.浙江省农业科学院 植物保护与微生物研究所 杭州 310021)

摘 要 评价了7个水稻品种(浙粳22、宜香845、中组14、秀水123、二优倍九、感虫对照品种TN1和抗虫对照品种IR36)在田间成株期对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)的抗性表现,并初步分析了它们的抗性机制。结果表明,在田间网室人工诱发条件下,浙粳22、宜香845、秀水123和中组14等4个品种的抗性水平与抗虫品种IR36相同,均小于3级,表现为抗虫,而二优培九则与感虫品种TN1相同,表现为感虫。在自然发生条件下的水稻分蘖期至乳熟期,宜香845和中组14上褐飞虱数量仅为TN1上的7.84%~24.44%,秀水123和浙粳22则为TN1上的30.19%~60.27%。在4个抗性品种上褐飞虱的产卵量和卵孵化率明显减少,而若虫存活率仅为TN1上的20%~30%。与IR36相同,4个抗性品种上褐飞虱的若虫存活率和种群增长倍数均显著低于TN1上,说明他们对褐飞虱的抗性主要表现为抗生性。

关键词 褐飞虱,水稻品种,抗性表现,抗性机制,抗生性

The ecological mechanisms of resistance of rice varieties to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, in paddy fields

CHEN Gui-Hua[1] ZHANG Fa-Cheng[1] SHENG Xian-Qiao[1]
ZHENG Xu-Song[2] XU Hong-Xing[2] LV Zhong-Xian[2]**

(1. Jinhua Plant Protection Station, Jinghua 321017, China; 2. Institute of Plant Protection & Microbiology of Zhejiang Academy of Agriculture Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract The resistance of 7 rice varieties, including Zhejing 22, Yixiang 845, Xiushui123, Zhongzu 14, Eryoupeijiu, susceptible rice variety TN1 and resistant rice variety IR36, to the rice brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål), were evaluated in adult plants in paddy fields and a preliminary exploration of the mechanisms of resistance conducted. The results show that susceptibility of the Zhejing 22, Yixiang 845, Xiushui123 and Zhongzu 14 strains were less than 3, the same level as that of the IR36 strain, implying high resistance in fields artificially infested with BPH. Susceptibility of the Eryoubeijiu strain was more than 7, the same as the highly susceptible TN1 strain. The abundance of BPH on the Zhongzu 14 and Yixiang 845 strains was 7.84% -24.44% that on the TN1 strain during the rice tillering and milky stages, whereas abundance on the Xiushui123 and Zhejing 22 strains was 30.19% -60.27% that on the TN1 strain. The fecundity and egg hatchability of BPH on the 4 resistant varieties was obviously reduced, and their nymph survival and population growth rates were significantly lower than that of BPH populations on TN1. This implies that the resistance mechanism of the 4 resistant varieties may be chemical in nature.

Key words *Nilaparvata lugens*, rice variety, resistant performance, resistant mechanism, antibiosis

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) (BPH)是亚洲国家水稻上的主要害虫,造成水稻产量严重损失(程家安等,2008; Catindig *et al.*,2009)。20世纪60—70年代,随着绿色革命的兴起和高产作物品种的推广,水稻种植制度和栽培技术发生了极大的改变,鼓励农民使用农药控制害虫以达到高产的目的(Heong, 2009)。由于在水稻生长前期广泛使用广谱杀虫剂,在控制害虫的同时也大量

* 资助项目:国家"973"计划资助项目(2010CB126200)、公益性行业(农业)科研专项(200803003)、浙江省自然科学基金重点项目(Z3080437)。

**通讯作者,E-mail: luzxmh2004@yahoo.com.cn

收稿日期:2011-08-05,接受日期:2011-08-23