

籼稻恢复系对褐飞虱和白背飞虱的抗性遗传分析

张金锋 薛庆中^{* *}

(浙江大学农业与生物技术学院农学系, 浙江杭州 310029)

摘要: 本研究以 3 个籼稻花培恢复系 TE358、TE363、TE367 和 2 个不育系 32A、协青早 A 的杂交组合 F_1 、 F_2 群体、回交群体 BC_1F_1 为材料, 在对褐飞虱和白背飞虱的抗性鉴定基础上, 进行了抗性遗传联合分析。结果表明, 供试籼稻恢复系对白背飞虱的抗性均受 1 对显性基因控制, 对褐飞虱的抗性均受 1 对隐性基因控制, 且两者独立遗传; 为杂交水稻抗双飞虱(褐飞虱和白背飞虱) 育种实践提供了优良种质和理论依据。

关键词: 籼稻; 白背飞虱; 褐飞虱; 显性基因; 隐性基因; 遗传分析

中图分类号: S511

Genetic Analysis of Resistance to the Brown Planthopper and Whitebacked Planthopper in the Restorer Lines of Indica Rice

ZHANG Jinfeng, XUE Qingzhong^{*}

(Department of Agronomy, College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, Zhejiang, China)

Abstract: The genetic analysis of resistance to brown planthopper and whitebacked planthopper were made based on the resistance test to both the planthoppers for three anther cultural restorer lines (TE358, TE363, TE367), two male sterility lines (32A, XieqingzaoA), their F_1 , F_2 , and BC_1F_1 generations of *indica* rice. All of the restorer lines of *indica* rice were found to have a single dominant gene for resistance to whitebacked planthopper and a single recessive gene for resistance to brown planthopper, which segregate independently. The results provide a good germplasm and theoretical guidance for the practice of both the planthoppers resistance breeding program

Key words: *Indica* rice; Whitebacked planthopper; Brown planthopper; Dominant gene; Recessive gene; Genetic analysis

白背飞虱 (*Sogatella furcifera*) 和褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*) 是我国及东南亚水稻生产国的两种主要害虫, 具有迁飞性、突发性和猖獗性^[1], 均对亚洲稻区水稻生产构成严重危害。发掘和鉴定同时具有白背飞虱和褐飞虱两种抗性的材料, 选育抗白背飞虱和褐飞虱的新品种是水稻育种的重要目标之一。迄今为止, 已发现和命名了 6 个抗白背飞虱基因^[2-8], 其中有 5 个显性基因 (*Wbph1*、*Wbph2*、*Wbph3*、*Wbph5*、*Wbph6*^(*)) 和 1 个隐性基因 (*wbph4*); 13 个抗褐飞虱基因, 包括 6 个显性基因^[9-13] (*Bph1*、*Bph3*、*Bph6*、*Bph9*、*Bph10*^(*)、*Bph13*^(*)) 和 7 个隐性基因^[9-11, 14] (*bph2*、*bph4*、*bph5*、*bph7*、*bph8*、*bph11*^(*)、*bph12*^(*)), 已报道 *Bph1* 和 *bph2* 紧密连锁或等位,

Bph3 和 *bph4* 紧密连锁或等位^[15]。

IRRI 自 1973 年以来, 先后选育了一系列具有 *Bph1*、*bph2* 和 *Bph3* 等抗褐飞虱主基因的水稻品种, 但是由于生物型的变化以及缺乏高抗和广谱抗性的抗源, 已导致生产上应用的抗虫品种抗性丧失, 因此, 继续发现和利用新的抗虫基因, 选育广谱抗虫的水稻新品种, 仍将是水稻抗虫育种的关键^[16]。本课题组利用 IR36 多抗品种育成 3 个籼稻恢复系 TE358、TE363、TE367, 经多次鉴定, 抗性稳定并且能同时高抗或抗褐飞虱和白背飞虱, 因而在育种上有较高利用价值。有关 IR36 抗性遗传虽有报道, 但以往均只针对一种昆虫进行研究。而在水稻生产上褐飞虱和白背飞虱均为重要害虫, 因此, 同时对这两种

*基金项目: 国家 863 计划(101-01-01-01-3)、浙江省重点科研项目(2003C22007)和浙江省 04-06 水稻品种改良攻关项目资助。

作者简介: 张金锋(1977 -), 男, 河南平顶山人, 硕士研究生, 研究方向: 植物遗传育种。*通讯作者: 薛庆中, 教授, 博士生导师, 专业: 植物遗传育种, 基因组学。E-mail: qzxue@hotmail.com

Received(收稿日期): 2004-02-23, Accepted(接受日期): 2004-07-17.

飞虱的抗性研究更为必要。为此,本文首次开展对两种飞虱抗性遗传作联合分析,试图探求选育抗双飞虱(褐和白背飞虱)杂交水稻新组合的途径。

1 材料与方法

1.1 供试材料

3个籼稻恢复系 TE358、TE363、TE367 均是本课题组选育的 IR36 衍生抗虱花培品系。不育系为印尼水田谷胞质不育系 32A、矮败胞质不育系协青早 A;杂交组合为 32A/TE358 的 F_1 种子、3个杂交组合 32A/TE358、32A/TE363、协青早/TE367 的 F_2 种子、32A//32A/TE358 构成的回交一代 BC_1F_1 。以国际通用标准感虫品种 Taichung Native 1 (TN₁) 作为对照,以 Mudgo(含 *Bph1*) 和 ASD7(含 *bph2*) 为抗虫对照。

1.2 供试虫源

白背飞虱来自浙江大学试验农场田间并在网室内 TN₁ 苗上饲养的 2~3 龄若虫;褐飞虱来自中国水稻研究所稻田并在网室内 TN₁ 苗上饲养的 2~3 龄若虫。按照国际水稻所的褐飞虱生物型分类鉴定方法,苗期接虫鉴定结果表明,ASD7 和 Mudgo 的死苗率分别为 6.7% 和 55.6%,对褐飞虱的抗性级别分别为 1 级和 7 级(表 3),从而把本试验用褐飞虱的生物型确定为生物型 2。

1.3 研究方法

供试材料播种后 50 d,分两批从田间单个稻株上取得健壮分蘖并分别编号,尽量不伤及根系,移栽入网室水池中,数日后接虫,逐日统计各供试材料死苗数量,并绘制接虫历期~死亡分蘖数曲线图,以 TN₁ 死苗率超过 95% 作为 F_2 群体抗感分离的临界点统计抗感单株数目(枯死和心叶枯萎苗均为感虫,其余为抗虫苗)。对 32A//32A/TE358 构成的 BC_1F_1 材料采用苗期群体接虫方法进行鉴定。将

表 1 水稻材料抗稻飞虱鉴定评价标准^[17]

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

抗性级别 Resistance grade	死苗率 Seedling mortality (%)	抗性水平 Resistance description
0	<1.0	免疫 I
1	1.1 - 10.0	高抗 HR
3	10.1 - 30.0	抗 R
5	30.1 - 50.0	中抗 MR
7	50.1 - 70.0	中感 MS
9	>70.1	感 S

Notes: I = immunity; HR = highly resistant; R = resistant; MR = moderately resistant; MS = moderately susceptible; S = susceptible. The same below.

BC_1F_1 种子催芽后分成两份,播种在塑料盆(60 cm × 40 cm × 10 cm)中,出苗后匀苗,去除弱苗,分别用于褐飞虱和白背飞虱抗性鉴定。每株稻苗上平均分布 5~6 头若虫,以感虫对照 TN₁ 死苗率达到 95% 左右,作为抗感分离的临界点统计抗感单株数目(枯死和心叶枯萎苗均为感虫,其余为抗虫苗)。分蘖盛期单株或苗期群体接虫,飞虱抗性鉴定按照中国水稻所评价标准进行^[17](表 1)。

2 结果与分析

2.1 亲本和 F_1 代的抗性鉴定分析

3个籼稻恢复系 TE358、TE363、TE367 对两种飞虱都表现为高抗或抗(表 2、表 3),其中 TE358 对白背飞虱表现为高抗(表 2),TE367 对褐飞虱表现为高抗,对白背飞虱表现为中抗(表 3),说明供试恢复系在水稻抗稻飞虱育种中具有潜在利用价值;2个不育系协青早 A 和 32A 对两种飞虱均表现感虫性(表 2、表 3);杂交组合 32A/TE358 的 F_1 对白背飞虱表现为高抗(表 2),对褐飞虱却表现为中感(表 3)。

表 2 亲本和 F_1 代对白背飞虱的抗性反应
(分蘖盛期单株接虫鉴定方法)

Table 2 Reaction of parents and F_1 to whitebacked planthopper (caged individual seedling 7 - 8 leaf stage test)

供试材料 Material	死苗率 Seedling mortality (%)	抗性级别 Resistance grade	抗性水平 Resistance description
TE358	10	1	HR
TE363	20	3	R
TE367	40	5	MR
协青早 A	70	9	S
32A	80	9	S
32A/TE358	10	1	HR
TN ₁	90	9	S

表 3 亲本和 F_1 代对褐飞虱的抗性反应
(苗期群体接虫鉴定方法)

Table 3 Reaction of parents and F_1 to brown planthopper (mass seedling 2 - 3 leaf stage screening test)

供试材料 Material	总苗数 NTS	死苗数 NDS	死苗率 SM (%)	抗性级别 RG	抗性水平 RD
TE358	36	7	19.4	3	R
TE363	36	4	11.1	3	R
TE367	36	2	5.6	1	HR
协青早 A	36	32	88.9	9	S
32A	36	28	77.8	9	S
32A/TE358	36	22	61.1	7	MS
TN ₁	72	70	97.2	9	S
Mudgo	72	40	55.6	7	MS
ASD7	72	5	6.9	1	HR

Notes: NTS = No. of total seedlings; NDS = No. of died seedlings; SM = seedling mortality; RG = resistance grade; RD = resistance description.

2.2 F₂ 群体抗性鉴定结果分析

接种白背飞虱后,感虫材料 32A、TN₁ 以及 F₂ 群体中的感虫单株均从第 4 天开始出现死苗,而抗虫材料 F₁ 和 TE358 死苗出现在接虫后第 10 天,F₁ 的抗白背飞虱持续时间长于父本 TE358,一直到第 18 天分蘖才全部死亡(图 1);感虫对照 TN₁ 死亡时间集中在接虫后第 4 天到第 6 天,因此,以第 6 天划分 F₂ 群体抗感分离的时间,此时 34 株 TN₁ 分蘖全部死亡,F₂ 群体的死亡数累计为 77 株(图 1)。3 个杂交组合 32A/TE358、32A/TE363 和协青早/TE367 的 F₂ 代对白背飞虱的抗感虫分蘖株数经²

检验分析符合 3:1 的分离比率,表明供试的 3 个恢复系的白背飞虱抗性均受 1 对显性基因控制(表 4)

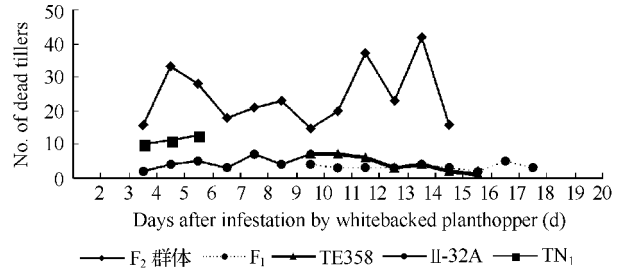


图 1 32A/TE358 的 F₂ 群体单株对白背飞虱抗性时间分布图
Fig. 1 Resistance distribution of the F₂ population to whitebacked planthopper from the cross 32A/TE358

表 4 F₂ 代对白背飞虱和褐飞虱的抗性反应

Table 4 Reaction of F₂ population to whitebacked planthopper and brown planthopper

F ₂ 组合 F ₂ cross	飞虱类型 Type of planthopper	F ₂ 群体数量(株) F ₂ population	抗感株数 R S	分离比率 Segregating ratio	² 值 ² value
32A/TE358	WBPH	292	215 77	3 1	0.292 2
32A/TE358	BPH	292	79 213	1 3	0.657 6
32A/TE363	WBPH	288	211 77	3 1	0.462 9
32A/TE363	BPH	288	81 207	1 3	1.500 0
协青早 A/TE367	WBPH	296	218 78	3 1	0.288 3
协青早 A/TE367	BPH	296	72 224	1 3	0.072 1

Notes: $\chi^2_{0.05} = 3.84$; $\chi^2_{0.01} = 6.63$.

感虫材料 32A、TN₁ 均在接虫后第 4 天开始死苗,至第 7 天 TN₁ 苗全部枯死,因此,以第 7 天作为 F₂ 群体抗感分离的时间分界点,F₂ 群体的死亡分蘖数累计为 213 株(图 2)。抗虫材料 TE358 的死苗出现时间滞后(图 2)。3 个杂交组合的 F₂ 代对褐飞虱

的抗感虫分蘖株数经² 检验分析符合 1:3 的分离比率,说明供试的 3 个恢复系的褐飞虱抗性都受 1 对隐性基因控制(表 4)。

2.3 回交世代 BC₁F₁ 的抗性鉴定结果分析

32A 32A/TE358 的回交世代 BC₁F₁ 中对白背飞虱的抗性、感性植株分别为 53 和 61,经² 检验分析符合 1:1 的分离比率(表 5),进一步证明了 32A/TE358 的 F₂ 代对白背飞虱的抗感分离比率结果;对褐飞虱进行的抗性鉴定过程中出现了 2 株抗虫苗,可能是因为供试种子中混入其他品种的种子造成的,接褐飞虱后 94 株 BC₁F₁ 均表现为感虫,因此,可以认定供试的 BC₁F₁ 全部感虫,从而进一步证明了 32A/TE358 的 F₂ 代对褐飞虱的抗感分离比率结果。

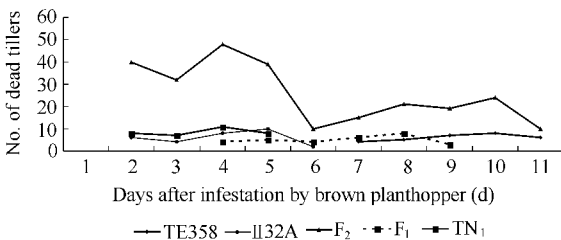


图 2 32A/TE358 的 F₂ 群体单株对褐飞虱抗性时间分布图
Fig. 2 Resistance distribution of the F₂ population to brown planthopper from the cross 32A/TE358

表 5 32A 32A/TE358 的回交世代 BC₁F₁ 对白背飞虱和褐飞虱的抗性反应

Table 5 Reaction of BC₁F₁ from 32A 32A/TE358 to whitebacked planthopper and brown planthopper

组合 Cross	飞虱类型 Type of planthopper	总苗数 No. of seedling	抗感苗数 R S	分离比例 Segregating ratio	² 值 ² value
32A// 32A/TE358	WBPH	114	53 61	1 1	0.564 2
32A// 32A/TE358	BPH	96	2 94	0 1	

Notes: $\chi^2_{0.05} = 3.84$; $\chi^2_{0.01} = 6.63$.

2.4 供试恢复系对褐飞虱抗性与对白背飞虱抗性之间的遗传关系分析

32A/TE358 组合的 F_2 群体对白背飞虱和褐飞虱的抗性分离共有 4 种表现型, 其分离比例符合

9 3 3 1, 表明供试恢复系对褐飞虱的抗性和对白背飞虱的抗性遗传符合独立分配规律, 两种抗性彼此独立遗传(表 6)。

表 6 32A/TE358 组合的 F_2 群体对稻飞虱的抗性分离情况

Table 6 Segregating ratio of F_2 population resistance to whitebacked planthopper and brown planthopper from the cross 32A/TE358

	总苗数 No. of seedling	抗(R) WBPH 感(S) BPH	抗(R) WBPH 抗(R) BPH	感(S) WBPH 感(S) BPH	感(S) WBPH 抗(R) BPH	分离比例 Segregating ratio	χ^2 值 χ^2 value
实际值 Actual value	292	157	57	57	21		
理论值 Theoretic value	292	164.25	54.75	54.75	18.25	9 3 3 1	0.9194

Notes: $\chi^2_{0.05} = 7.81$; $\chi^2_{0.01} = 11.34$.

3 讨论

近年来, 水稻抗虫基因研究取得了较大的成绩, 鉴定了 13 个抗褐飞虱基因, 并定位了 7 个抗虫基因。但由于褐飞虱生物型的变化以及褐飞虱群体对抗虫基因的适应^[18], 使得原有的抗虫品种抗性丢失, 因此需要鉴定新的抗虫基因以及将几个抗虫基因累加到一个品种中, 保持品种的抗虫性, 延缓虫害的爆发^[19,20]。稻属中有 20 个野生种, 具有丰富的遗传多样性和抗病、抗虫、抗逆等许多优异特性, 迄今已获得了普通野生稻、阔叶野生稻、药用野生稻、小粒野生稻等野生稻和栽培稻的杂交后代, 为水稻抗虫育种和抗虫基因工程研究提供了可利用的抗源^[21~23]。对我国当地品种汕桂占的研究表明, 在第 9 染色体上有褐飞虱抗性基因^[24]。王布哪等(2001)^[25]利用 RFLP 技术鉴定出两个新的抗褐飞虱基因位点。

据报道, IR36 属多抗性品种。它具有 *bph2* 抗性基因, 对褐飞虱生物型 1 与生物型 2 均表现抗性, 但是对褐飞虱生物型 3 却表现为感虫^[26~30]。另有报道, 白背飞虱的种群在 IR36 品种上受到抑制, 暗示 IR36 对白背飞虱具有抗性, 随后研究表明 IR36 对白背飞虱表现为中等抗性^[30,31]。但其抗性基因未曾测定和报道。我们筛选育成的 IR36 衍生花培籼稻恢复系 TE358、TE363、TE367, 同时带有对褐飞虱和对白背飞虱的抗性基因。试验证明这些恢复系对白背飞虱的抗性表现为显性遗传, 受 1 对显性基因控制, 而对褐飞虱的抗性表现为隐性遗传, 受 1 对隐性基因控制, 供试恢复系对褐飞虱的抗性和白背飞虱的抗性彼此独立遗传。我们推测其抗虫基因虽不是新的, 但至今尚未有人报道育成抗双飞虱花培籼稻恢复系, 并对白背飞虱和褐飞虱两种飞虱的抗性

作过联合分析。因此, 本研究对于源自 IR36 种质的遗传分析, 不仅为水稻抗虫育种提供优良种质, 并且可对抗双飞虱种质的利用提供了新的思考。对他们的后代应做同步鉴定才有可能选育出抗双飞虱(褐和白背飞虱)的品系, 这为杂交水稻抗虫育种提供了理论依据。由于各地昆虫生物型较为复杂, 并且处在不断变化中, 因此, 有关这 3 个籼稻恢复系对白背飞虱的显性基因与已经报道命名的抗白背飞虱基因的等位关系尚有待进一步研究^[32]。

致谢: 中国水稻研究所傅强博士为本试验提供了最初的褐飞虱虫源, 郑安福同志在田间试验中给予了大力协助, 在此一并表示感谢。

References

- [1] Li R-D(李汝锋), Ding J-H(丁锦华), Hu G-W(胡国文), Su D-M(苏德明). The Brown Planthopper and Its Population Management(褐飞虱及其种群管理). Shanghai: Fudan University Press, 1996(in Chinese)
- [2] Angeles E R, Khush G S, Heinrichs E A. New genes for resistance to whitebacked planthopper in rice. *Crop Sci*, 1981, **21**: 47 - 50
- [3] Wu C F, Khush G S. A new dominant gene for resistance to whitebacked planthopper in rice. *Crop Sci*, 1985, **25**(3): 505 - 509
- [4] Hernandez J E, Khush G S. Genetics of resistance to whitebacked planthopper in some rice varieties. *Oryza*, 1981, **18**: 44 - 50
- [5] Nair R V, Masajo E M, Khush G S. Genetic analysis of resistance to whitebacked planthopper in twentyone varieties of rice *Oryza sativa* L. *Theor Appl Genet*, 1982, **61**: 19 - 22
- [6] Li X-M(李西明), Min S-K(闵绍楷), Xiong Z-M(熊振民), Hu G-W(胡国文). Screening of resistant resource and genetical analysis of resistance to whitebacked planthopper (*WBPH*) *Sogatella furcifera* (Horvath) in rice varieties (*Oryza sativa* L.). *Acta Genetica Sinica* (遗传学报), 1987, **14**(6): 413 - 418 (in Chinese with English abstract)
- [7] Li X-M(李西明), Xiong Z-M(熊振民), Min S-K(闵绍楷), Hu G-W(胡国文). Genetical analysis of resistance to whitebacked planthopper in four rice varieties (*Oryza sativa*) of Yunnan Province. *Chinese Journal of Rice Science* (中国水稻科学), 1990, **4**(3): 113 - 116 (in Chinese)

- with English abstract)
- [8] Sidhu G S, Khush G S, Medrano F G A dominant gene in rice for resistance to whitebacked planthopper and its relationship to other plant characteristics. *Euphytica*, 1979, **28**:227 - 232
- [9] Lakshminarayana A, Khush G S. New genes for resistance to the brown planthopper in rice. *Crop Sci*, 1977, **17**:96 - 100
- [10] Kabir M A, Khush G S. Genetic analysis of resistance to brown planthopper in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Breeding*, 1988, **100**:54 - 58
- [11] Nemoto H, Ikeda R, Kaneda G. New genes for resistance to brown planthopper, *Nilaparvata lugens* in rice. *Japan J Breed*, 1989, **39**:23 - 28
- [12] Multani D S, Jena K K, Brar D S. Development of monosomic alien addition lines and introgression of genes from *Oryza australiensis* Domin. to cultivated rice, *O. sativa* L. *Theor Appl Genet*, 1994, **88**:102 - 109
- [13] Ishii T, Brar D S, Multani D S. Molecular tagging of genes for brown planthopper resistance and earliness introgressed from *Oryza australiensis* into cultivated rice, *O. sativa*. *Genome*, 1994, **37**:217 - 221
- [14] Khush G S, Rezaul Karim A N M, Angeles E R. Genetics of resistance of rice cultivar AR10550 to Bangladesh brown planthopper biotype. *J Genet*, 1985, **64**:121 - 125
- [15] Sidhu G S, Khush G S. Linkage relationships of some genes for disease and insect resistance and semidwarf stature in rice. *Euphytica*, 1979, **28**:233 - 237
- [16] Su C-C(苏昌潮), Cheng X-N(程遐年), Zhai H-Q(翟虎渠), Wan J-M(万建民). Progress in studies on genetics of resistance to rice brown planthopper and breeding of resistance cultivars. *Hybrid Rice* (杂交水稻), 2003, **18**(4):1 - 6(in Chinese with English abstract)
- [17] Liu GJ(刘光杰), Fu ZH(付志红), Shen J-H(沈君辉), Zhang YH(张亚辉). Comparative study on evaluation methods for resistance to rice planthopper and (*Homoptera*: Delphacidae) in rice. *Chinese J Rice Sci* (中国水稻科学), 2002, **16**(10):52 - 56(in Chinese with English abstract)
- [18] Ketippearachchi Y S, Kaneda C, Nakamura C. Adaptation of the brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens*, (Stal) (*Homoptera*: Delphacidae) to BPH resistant rice cultivars carrying *bph8* or *Bph9*. *Appl Entomol Zool*, 1998, **33**(4):497 - 505
- [19] Alam S N, Bohan M B. Durability of brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, resistance in rice variety IR64 in greenhouse selection studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1998, **89**:71 - 78
- [20] Cohen M B, Alam S N, Medina E B, Bernal C C. Brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, resistance in rice cultivar IR64: mechanism and role in successful *N. lugens* management in Central Luzon Philippines. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1997, **85**:221 - 229
- [21] Yan H-H(颜辉煌), Xiong Z-M(熊振民), Min S-K(闵绍楷), Hu H-Y(胡慧英), Zhang Z-T(张志涛), Tian S-L(田淑兰), Tang S-X(汤圣祥). The transfer of brown planthopper resistance from *Oryza eichingeri* to *O. sativa*. *Acta Genetic Sinica* (遗传学报), 1997, **24**(5):424 - 431(in Chinese with English abstract)
- [22] Zhang L-Y(张良佑), Xiao Z-Y(萧整玉), Wu H-J(吴洪基), Huang Q-Y(黄巧云), Pan D-J(潘大建). Preliminary studies on the resistance mechanism of filial generations from hybrids between wild and cultivated rice to brown planthopper. *Acta Phytophylacica Sinica* (植物保护学报), 1998, **25**(4):321 - 324(in Chinese with English abstract)
- [23] Yang C-J(杨长举), Yang Z-H(杨志慧), Hu J-F(胡建芳), He G-C(何光存), Shu L-H(舒理慧). On the brown planthopper resistance in introgressive lines from wild rice. *Acta Phytophylacica Sinica* (植物保护学报), 1999, **26**(3):197 - 202(in Chinese with English abstract)
- [24] Mei M, Zhuang R, Wan R, Wu J, Hu W, Kochert G. Genetic analysis and tagging of gene for brown planthopper resistance in *indica*. In: Rice Genetics, Manila, Philippines: International Rice Research Institute, 1996. 590 - 595
- [25] Wang B-N(王布哪), Huang Z(黄臻), Shu L-H(舒理慧), Ren X(任翔), Li X-H(李香花), He G-C(何光存). Molecular mapping of two new resistant genes to rice brown planthopper from wild rice. *Chinese Science Bulletin* (科学通报), 2001, **46**(1):46 - 49(in Chinese)
- [26] Wu R-Z(吴荣宗). Studies on resistance of rice varieties to the brown planthopper *Acta Phytophylacica Sinica* (植物保护学报), 1980, **7**(3):133 - 138(in Chinese with English abstract)
- [27] Huang F-K(黄凤宽), Wei S-M(韦素美), Luo S-Y(罗善昱), Huang S-S(黄所生), Li Q(李青). Studies on the virulence characteristics of different rice brown planthopper biotype. *Journal of Guangxi Agri and Boil Science* (广西农业生物科学), 2003, **22**(2):84 - 88(in Chinese with English abstract)
- [28] Zhu L(朱麟), Zhang GR(张古忍), Gu D-X(古德祥). Influences of resistant rice varieties to the population parameters of *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera*. *Entomological Knowledge* (昆虫知识), 2002, **39**(4):265 - 268(in Chinese with English abstract)
- [29] Velusamy R, Heinrichs E A. Field resistance to the whitebacked planthopper *Sogatella furcifera* (Hörvath) in IR rice varieties. *Journal of Plant Protection in the Tropics*, 1985, **2**(2):81 - 85
- [30] Pathk K A, Medrano F, Litsinger J A. Resistance of selected varieties to Mindanao (Philippines) brown planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stal). *Indian Journal of Entomology*, 1990, **52**(1):105 - 110
- [31] Velusamy R, Rajendran R, Babu P C S. Resistance of IR varieties to leafhoppers and planthoppers. In: International Rice Research Newsletter. Manila Philippines: International Rice Research Institute, 1987, **12**(1):10
- [32] Li X-M(李西明), Ma L-Y(马良勇), Liu GJ(刘光杰), Zhuang J-Y(庄杰云), Shen J-H(沈君辉), Min S-K(闵绍楷). Genetics analysis of resistance to the whitebacked planthopper in 6 newly-bred rice varieties. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2002, **34**(6):615 - 618(in Chinese with English abstract)