

水稻品种抗褐飞虱不同生物型的稳定性*

吴碧球 黄凤宽* 黄所生 龙丽萍 韦素美

(广西农业科学院植物保护研究所, 南宁 530007)

摘要 采用 Tai 氏方法分析估测 12 个水稻品种抗褐飞虱不同生物型的稳定性, 以期选育抗虫稳定性好的水稻品种提供较为有效的分析和监测方法. 结果表明: 光照强度、苗龄、施氮量对不同水稻品种对褐飞虱不同生物型的抗性表现及抗性稳定性有明显影响. 抗褐飞虱生物型 II 的品种中, RHT、RP1976-18-6-4-2、Ptb33 的抗性较稳定, IR56 的抗性不稳定, IR36、ASD7 的抗性极不稳定; 感褐飞虱生物型 II 的品种中, TN1 的感虫性稳定, 桂华占、佛山油占、IR26 的感虫性较稳定, 国粳 4 号、Mudgo 的感虫性不稳定. 抗褐飞虱孟加拉型的品种中, RP1976-18-6-4-2、RHT、Ptb33 的抗性不稳定, IR56 的抗性极不稳定; 感褐飞虱孟加拉型的品种中, 桂华占、佛山油占、IR26 的感虫性稳定, TN1、IR36 的感虫性不稳定, 国粳 4 号、Mudgo、ASD7 的感虫性极不稳定.

关键词 水稻品种 褐飞虱 生物型 抗性稳定性

文章编号 1001-9332(2009)06-1477-06 中图分类号 Q969.93 S435.112 文献标识码 A

Resistance stability of rice varieties to different biotypes of brown planthopper. WU Bi-qiu, HUANG Feng-kuan, HUANG Suo-sheng, LONG Li-ping, WEI Su-mei (*Institute of Plant Protection, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2009 20(6): 1477-1482.

Abstract: In order to develop an effective analytical and monitoring method in breeding rice varieties with higher resistance stability to brown planthopper (BPH), Tai 's method (1971) was employed to estimate the resistance stability of twelve rice varieties to different biotypes of BPH. It was shown that light intensity, seedling age, and nitrogen application rate had significant effects on the resistance performance and stability of rice varieties to different BPH biotypes. Among the varieties with resistance to BPH biotype II, the RHT, RP1976-18-6-4-2, and Ptb33 showed stable, IR56 showed unstable, while IR36 and ASD7 showed the most unstable resistance; whereas among the varieties susceptible to BPH biotype II, the TN1 showed stable, Guihuazhan, Foshanyouzhuan and IR26 showed relatively stable, while Guojing No. 4 and Mudgo showed unstable susceptibility. For the rice varieties resistant to BPH biotype Bangladesh, the RHT, RP1976-18-6-4-2 and Ptb33 presented unstable, and IR56 presented very unstable resistance; whereas for the varieties susceptible to BPH biotype Bangladesh, the Guihuazhan, Foshanyouzhuan and IR26 performed stable, TN1 and IR36 performed unstable, and Guojing No. 4, Mudgo and ASD7 performed the most unstable susceptibility.

Key words: rice variety; *Nilaparvata lugens*; biotype; resistance stability.

褐飞虱(*Nilaparvata lugens*)是水稻的重要害虫. 据有关部门资料统计, 褐飞虱在我国常年发生面积

约为 $1.3 \times 10^7 \sim 2 \times 10^7$ hm^2 , 年均损失稻谷 1.0×10^9 kg ^[1]. 种植抗虫品种是防治该虫经济而有效的措施. 但是, 水稻对褐飞虱的抗性与一定环境条件下水稻与褐飞虱相互作用有关, 环境条件可直接影响褐飞虱或通过影响水稻而影响该虫的发生为害. 此外, 由于水稻不同抗虫基因源遗传效应的复杂性, 往往不同抗源在不同环境条件下的抗性表现差异很大. 国内外许多学者通过研究光、温、肥、水、湿度和

* 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A0408)、国家自然科学基金项目(30560084)、公益性行业(农业)科研专项(2008033003)、广西回国基金项目(0832007)、广西青年科学基金项目(0832018)和广西农业科学院科技发展基金项目[2004005(Z)]资助.

** 通讯作者. E-mail: huangfengkuan@gxaas.net
2008-11-05 收稿 2009-04-07 接受.

栽培技术措施等环境因素对水稻品种抗虫性的影响以及分析品种与环境间的互作效应,明确了氮肥因素对水稻品种抗褐飞虱具有影响^[2-3],偏施氮肥致使水稻品种抗性下降^[4-5],高施氮水平使褐飞虱发生量增加,致害力提高^[6-9]。光照强度减弱使水稻品种抗性减弱甚至丧失^[10-11];光照强度减弱和偏施氮肥都会加速水稻植株的死亡,引起抗性减弱甚至消失,光照强度和施氮量之间存在互作效应^[3,12-13]。刘春茂等^[14]应用 Tai 1971 提出的二参数法和变异系数等方法对 12 个具有不同抗性水平的水稻品种苗期的抗性表现进行了表型稳定性分析。但以上研究绝大部分以褐飞虱生物型 I 作为研究对象,而我国田间褐飞虱生物型于 20 世纪 80 年代后期产生变化,由生物型 I 占优势变为以生物型 II 占优势^[15-17],1993 年后还发现有孟加拉型的个体,且该型已占有一定的比例^[18-19]。本研究结合我国田间褐飞虱生物型,按特定的环境设计研究了光照强度、苗龄、施氮量对水稻品种抗褐飞虱生物型 II、孟加拉型的影响及其互作效应,并采用 Tai 氏的基因型稳定性的分析方法来估测水稻品种基因型与环境的互作效应,为选育抗虫稳定性好的抗虫亲本和杂交后代提供较有效的分析和监测方法,为水稻褐飞虱的防治工作提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试虫源:褐飞虱为室内用水稻品种 Mudgo 饲养的生物型 II 和 IR36 饲养的孟加拉型。

供试水稻品种:TN1、桂华占、佛山油占、IR26、IR36、国粳 4 号、Mudgo、ASD7、IR56、Rathu Heenati (RHT)、RP1976-18-6-4-2、Ptb33 共 12 个。其中,对褐飞虱生物型 II,RHT、IR56、RP1976-18-6-4-2、Ptb33 表现为抗,IR36、ASD7 表现为中抗,佛山油占、Mudgo、国粳 4 号表现为中感,TN1、桂华占、IR26 表现为高感。对褐飞虱孟加拉型,Ptb33 表现为高抗,RHT、RP1976-18-6-4-2 表现为抗,IR56 表现为中抗,ASD7、Mudgo 表现为中感,TN1、桂华占、佛山油占、IR26、IR36、国粳 4 号表现为高感。

1.2 试验方法

试验于 2005 年 7—8 月在广西省农业科学院植物保护研究所的玻璃网室自然光温条件下进行。设影响水稻抗虫性的因素为光照强度、苗龄和施氮量^[14]。其中,光照强度设 3 个水平:未遮光(自然光照)、一层纱网遮光和两层纱网遮光,后两者光照强

度分别为自然光强度的 72.92% 和 50.33%。光照强度用上海市嘉定学联仪表厂生产的照度计(JD-3 型)测定。对光照时间不加控制,因此上述 3 个水平的光照强度均随自然光照强度的变化而变化。苗龄设 3 个水平:分别为播后第 8 天、第 13 天和第 18 天(按叶龄计算,上述播后天数分别相当于秧苗的 2 叶、3~3.5 叶和 4~5 叶期)。施氮量设 2 个水平:不施氮和施尿素 270 kg·hm⁻²,尿素含氮量 46%,由广西河池化工股份有限公司生产。将供试水稻品种的种子播在 52 cm×36.5 cm×6.5 cm 的铝托内,每个铝托播种 12 个水稻品种,每品种 1 行,每行留 10 株苗。当苗龄达到试验要求时(播种后 8 d、13 d、18 d),提前 1 d 施氮肥,然后每苗接入褐飞虱生物型 II 或孟加拉型 1~2 龄若虫 5 头,再进行遮光处理。试验按随机区组设计 3 次重复。试验期间的日平均温度在 24.5℃~29℃(自然变温)。

当感虫对照(TN1)植株枯萎后 7~10 d,参照国际统一标准^[20]进行逐株定级,最后计算各品种的平均受害级别。分级标准为:1 级不受害或第一叶尖稍变黄,3 级第一、二叶部分变黄,5 级第一至三叶变黄或植株呈现矮化,7 级植株开始凋萎,9 级植株死亡。平均抗性级别 1.0~1.9 为高抗(HR),2.0~3.9 为抗(R),4.0~5.9 为中抗(MR),6.0~7.9 为中感(MS),8.0~9.0 为高感(HS)。

1.3 水稻品种抗虫稳定性分析方法

将光照强度和施氮量、光照强度和苗龄、施氮量和苗龄共 21 种不同处理组合,即 21 种不同的环境差异综合起来进行复因子随机区组分析。在方差分析的基础上按 Tai 提出的方法来估算品种稳定性参数^[21-22]:

$$\hat{a}_i = \frac{S_{L(gl)_i}}{(MS_l - MS_b)/vr} \quad (1)$$

$$\lambda_i = \frac{S_{(gl)_i}^2 - \hat{a}_i S_{L(gl)_i}}{(v-1)MS_e/n-1} \quad (2)$$

$$S_{L(gl)_i} = \sum_{j=1}^n \hat{l}_j \cdot (gl)_{ij}/n - 1 \quad (3)$$

$$S_{(gl)_i}^2 = \sum_{j=1}^n [(gl)_{ij}]^2 /n - 1 \quad (4)$$

式中 \hat{a}_i 是第 i 个品种与环境的互作效应的直线响应,而 λ_i 是第 i 个品种与环境的互作效应对环境效应直线响应的离差; $S_{L(gl)_i}$ 是第 i 个品种与环境的互作效应对环境效应的样本协方差; $S_{(gl)_i}^2$ 是第 i 个品种与环境效应的样本方差; v 是供试水稻品种数($v=12$); r 是试验重复数($r=3$); n 是环境处理数

($n = 21$); MS_l 是环境效应均方; MS_b 是环境内重复间均方; MS_e 是误差均方。 \hat{a}_i 的最小值为 -1 , 最大值为 $+1$, 平均值为 0 ; λ_i 的最小值为 0 , 最大值为 $+\infty$, 平均值为 1 。 \hat{a}_i 值越小, 品种越稳定, 即水稻品种对褐飞虱生物型 II 或孟加拉型的抗性越稳定; λ_i 值越小, 表明对 \hat{a}_i 估值的置信程度越大。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 和 DPS^[23] 软件处理数据和制图, 并用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 光照强度、施氮量、苗龄对水稻品种抗褐飞虱不同生物型的影响

复因子随机区组方差分析结果(表 1)表明, 光照强度、施氮量和苗龄对水稻品种抗褐飞虱生物型 II 和孟加拉型的影响均达极显著水平, 不同水稻品种抗褐飞虱生物型 II 和孟加拉型的抗性表现也不相同, 品种间差异极显著, 且光照强度和品种间、施氮量和品种间及苗龄和品种间均存在极显著的互作效应。为了比较各品种与环境间的互作效应, 计算了各

品种抗虫性的稳定性参数(\hat{a}_i 及 λ_i) 和平均受害级别(X_i), 其结果列于表 2。

2.2 水稻品种对褐飞虱两种生物型的抗性水平与抗性稳定性

根据表 2 数据, 以 X_i 为横坐标, \hat{a}_i 为纵坐标, 得到 12 个供试水稻品种抗褐飞虱两种生物型的平均受害级别与抗性稳定性分析图(图 1)。根据抗性差异, 分别以受害级别 4 级和 6 级为界限作两条垂线, 并以 $\hat{a}_i = 0$ 作一平行线, 将图 1a 和图 1b 分为 6 个区域。其中, A 区为 $\hat{a}_i < 0, X_i \leq 4$, 属抗虫稳定区, 在该区, 抗褐飞虱生物型 II 的水稻品种有 RHT、RP1976-18-6-4-2 和 Ptb33, 抗褐飞虱孟加拉型的水稻品种仅有 Ptb3。B 区为 $\hat{a}_i < 0, 4 < X_i < 6$, 属中抗稳定区, 该区没有抗生物型 II 的供试水稻品种出现, 抗孟加拉型的供试水稻品种仅 RHT 出现。C 区为 $\hat{a}_i < 0, 6 \leq X_i \leq 9$, 属感虫稳定区, 在该区, 对生物型 II 敏感的水稻品种仅有 TN1, 而对孟加拉型敏感的水稻品种有 TN1、桂华占、佛山油占、IR26 和 IR36。D 区为 $\hat{a}_i > 0, X_i \leq 4$, 属抗虫不稳定区, 该区均没有抗生物型 II 和孟加拉型的供试水稻品种出现。E 区为

表 1 光照强度、施氮量、苗龄与水稻品种互作的方差分析

Tab. 1 Variance analysis for interaction of light intensity, amount of nitrogen fertilizer applied and seedling stage on rice varieties

变异来源 Source of variance	生物型 II Biotype II			孟加拉型 Biotype Bangladesh		
	df	MS	F	df	MS	F
环境间 Between environments	20	69.12	104.87 **	20	104.98	209.94 **
环境内区组间 Interblocks of environment	42	3.02	4.59 **	42	1.82	3.63 **
品种间 Between varieties	11	185.45	281.35 **	11	168.09	336.14 **
品种 × 环境 Variety × environment	220	3.21	4.88 **	220	1.14	8.27 **
试验误差 Test error	462	0.66		462	0.50	
总和 Total sum	755			755		

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

表 2 各水稻品种抗虫性的稳定性参数及平均受害级别

Tab. 2 Average damage grade and resistant stability parameter of each variety

编号 Code	品种 Variety	生物型 II Biotype II			孟加拉型 Biotype Bangladesh		
		\hat{a}_i	λ_i	X_i	\hat{a}_i	λ_i	X_i
1	TN1	-0.3279	5.4018	8.2367	-0.2898	10.9196	8.3057
2	桂华占 Guihuazhan	0.0216	3.6091	7.7300	-0.3584	5.3366	8.1014
3	佛山油占 Foshanyouzhan	0.0682	3.7805	6.7729	-0.2680	4.6535	7.7381
4	IR26	0.0289	2.5801	7.2671	-0.2746	3.9578	7.7195
5	IR36	0.6809	3.1875	5.0019	-0.0536	4.0128	7.0833
6	国粳 4 号 Guojing No. 4	0.3348	3.4691	5.9400	0.2926	5.2023	6.4914
7	Mudgo	0.4502	2.5870	5.8062	0.2883	3.1737	6.0419
8	ASD7	0.7188	1.2419	5.3505	0.3752	4.5384	5.5633
9	IR56	0.1095	1.6679	4.5962	0.3471	5.7292	5.2324
10	RHT	-0.6307	2.7872	3.6020	-0.0970	19.1283	4.3490
11	RP1976-18-6-4-2	-0.5653	3.4760	3.4424	0.1478	14.9912	4.0395
12	Ptb33	-0.8500	1.9306	3.0300	-0.0837	14.9677	3.6724

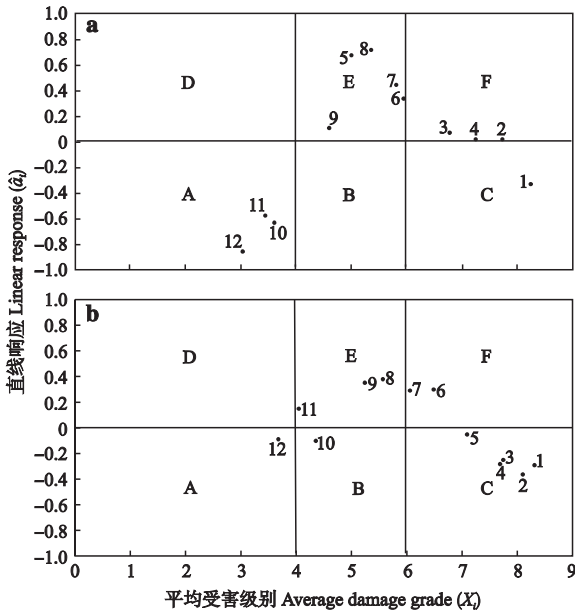


图 1 水稻品种抗褐飞虱生物型 II (a) 和孟加拉型 (b) 的平均受害级别及抗性稳定性

Fig. 1 Average damage grade and resistant stability of rice varieties to BPH biotype II (a) and biotype Bangladesh (b).

A : 抗虫稳定区 Stable area for resistance ; B : 中抗稳定区 Stable area for moderate resistance ; C : 感虫稳定区 Stable area for susceptibility ; D : 抗虫不稳定区 Unstable area for resistance ; E : 中抗不稳定区 Unstable area for moderate resistance ; F : 感虫不稳定区 Unstable area for susceptibility. 1) TN1 ; 2) 桂华占 Guihuazhan ; 3) 佛山油占 Foshanyouzhan ; 4) IR26 ; 5) IR36 ; 6) 国粳 4 号 Guojing No. 4 ; 7) Mudgo ; 8) ASD7 ; 9) IR56 ; 10) RHT ; 11) RP1976-18-6-4-2 ; 12) Ptb33.

$\hat{a}_i > 0, 4 < X_i < 6$ 属中抗不稳定区, 该区抗生物型 II 的供试水稻品种有 IR36、国粳 4 号、Mudgo、ASD7、IR56, 抗孟加拉型的供试水稻品种有 ASD7、IR56、RP1976-18-6-4-2. F 区为 $\hat{a}_i > 0, 6 \leq X_i \leq 9$, 属感虫不稳定区, 该区对生物型 II 敏感的水稻品种有桂华占、佛山油占、IR26, 而对孟加拉型敏感的水稻品种有国粳 4 号、Mudgo.

由于光照强度、施氮量、苗龄等环境因素的影响, 除 RHT、RP1976-18-6-4-2、Ptb33、TN1 对褐飞虱生物型 II 的抗感性稳定外, 其余品种的抗感性均不稳定. 其中, 原来为抗的品种 IR56 落入中抗的区域; 而原来为中感的品种国粳 4 号和 Mudgo 也上升到中抗的区域. 受环境因素的影响, TN1、桂华占、佛山油占、IR26、IR36 对褐飞虱孟加拉型的感虫性稳定, 其余品种的抗感性均不太稳定. 其中, 原来为高抗的品种 Ptb33 落入抗的区域, 原来为抗的品种 RP1976-18-6-4-2 和 RHT 落入中抗的区域, 原来为中感的品种 ASD7 上升到中抗的区域, 而原来为高感的品种国粳 4 号和 Mudgo 上升到中感的区域.

2.3 水稻品种抗褐飞虱两种生物型的抗虫稳定性比较

根据 Tai 的计算公式, 计算出在给定 λ 值下 $\hat{a}_i = 0$ 的 90% 和 98% 置信区间的极值 (表 3), 以各极值描点作出曲线图 (图 2).

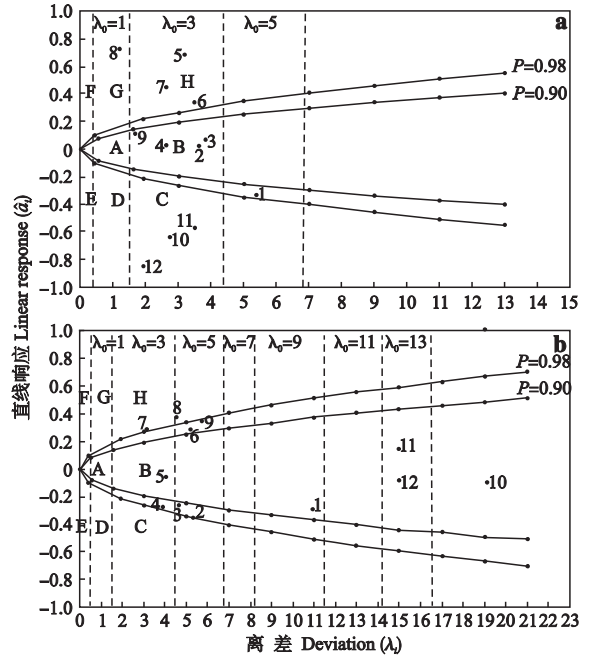


图 2 12 个水稻品种抗褐飞虱生物型 II (a) 和孟加拉型 (b) 稳定性分布

Fig. 2 Resistant stability distribution of 12 rice varieties to BPH biotype II (a) and biotype Bangladesh (b).

A : 中等稳定区 Moderate stable area ($\hat{a}_i = 0, \lambda_i = 1$); B : 亚中等稳定区 Sub-moderate stable area ($\hat{a}_i = 0, \lambda_i > 1$); C : 亚稳定区 Sub-stable area ($\hat{a}_i < 0, \lambda_i > 1$); D : 稳定区 Stable area ($\hat{a}_i < 0, \lambda_i = 1$); E : 高度稳定区 High stable area ($\hat{a}_i < 0, \lambda_i < 1$); F : 高度不稳定区 High unstable area ($\hat{a}_i > 0, \lambda_i < 1$); G : 不稳定区 Unstable area ($\hat{a}_i > 0, \lambda_i = 1$); H : 亚不稳定区 Sub-unstable area ($\hat{a}_i > 0, \lambda_i > 1$). 1) TN1 ; 2) 桂华占 Guihuazhan ; 3) 佛山油占 Foshanyouzhan ; 4) IR26 ; 5) IR36 ; 6) 国粳 4 号 Guojing No. 4 ; 7) Mudgo ; 8) ASD7 ; 9) IR56 ; 10) RHT ; 11) RP1976-18-6-4-2 ; 12) Ptb33.

表 3 在一定 λ_i 值下 $P=0.90$ 和 $P=0.98$ 的置信极值
Tab. 3 Confidence extremum of $P=0.90$ and $P=0.98$ under a particular λ_i value

λ_i	$\hat{a}_i(\pm)$			
	生物型 II Biotype II		孟加拉型 Biotype Bangladesh	
	$P=0.90$	$P=0.98$	$P=0.90$	$P=0.98$
1	0.05	0.31	0.14	0.21
3	0.07	0.39	0.19	0.27
5	0.10	0.50	0.25	0.34
7			0.30	0.41
9			0.34	0.46
11			0.37	0.51
13			0.40	0.55
15			0.43	0.59
17			0.46	0.63

由于 λ 具有 F 值的基本性质, 设 λ_0 为 λ_i 的期望值, 当 $\lambda_0 = 1$ 时, 概率水准 $P = 0.05$ 的置信区间为 $0.52 \leq \lambda_0 \leq 1.60$; 在同样的概率水准下, $\lambda_0 = 3$ 的置信上限为 4.47; $\lambda_0 = 5$ 的置信上限为 6.90; $\lambda_0 = 7$ 的置信上限为 8.24; $\lambda_0 = 9$ 的置信上限为 11.52; $\lambda_0 = 11$ 的置信上限为 14.08; $\lambda_0 = 13$ 的置信上限为 16.64; $\lambda_0 = 15$ 的置信上限为 19.20; $\lambda_0 = 17$ 的置信上限为 20.74. 分别以这些置信极值作垂线, 将曲线分为不同的稳定区间.

由图 2 可知, A 区为 $\hat{a}_i = 0, \lambda_i = 1$, 属中等稳定区, 抗感褐飞虱两种生物型的供试水稻品种均没有在该区出现. B 区为 $\hat{a}_i = 0, \lambda_i > 1$, 属亚中等稳定区, 在该区出现抗感生物型 II 的水稻品种有桂华占、佛山油占、IR26、IR56; 抗感孟加拉型的水稻品种有 Ptb33、RHT、RP1976-18-6-4-2、TN1 和 IR36. C 区为 $\hat{a}_i < 0, \lambda_i > 1$, 属亚稳定区, 在该区抗感生物型 II 的水稻品种有 Ptb33、RHT、RP1976-18-6-4-2 和 TN1; 抗感孟加拉型的水稻品种有桂华占、佛山油占和 IR26. D 区为 $\hat{a}_i < 0, \lambda_i = 1$, 属稳定区, E 区为 $\hat{a}_i < 0, \lambda_i < 1$, 属高度稳定区, F 区为 $\hat{a}_i > 0, \lambda_i < 1$, 属高度不稳定区. D 区、E 区及 F 区均没有抗感褐飞虱两种生物型的供试水稻品种出现. G 区为 $\hat{a}_i > 0, \lambda_i = 1$, 属不稳定区, 在该区抗生物型 II 的水稻品种有 ASD7, 而没有抗感孟加拉型的供试水稻品种出现. H 区为 $\hat{a}_i > 0, \lambda_i > 1$, 属亚不稳定区, 在该区抗感生物型 II 的水稻品种有国粳 4 号、Mudgo、IR36; 抗感孟加拉型的水稻品种有 IR56、ASD7、国粳 4 号、Mudgo.

3 讨 论

光照强度、施氮量、苗龄对水稻品种抗褐飞虱的稳定性有明显影响, 这与刘春茂等^[14]的研究结果类似. 但上述环境因素对不同品种在不同褐飞虱生物型为害后的抗性水平和抗性稳定性的影响方面有明显差异. 抗感褐飞虱生物型 II 的水稻品种中, TN1 仍表现为稳定的高感特性; RP1976-18-6-4-2、RHT、Ptb33 表现出较稳定的抗虫特性, 其余水稻品种受上述环境因素的影响抗感性不稳定, ASD7、IR36、国粳 4 号和 Mudgo 表现出极不稳定的抗感性. 抗感褐飞虱孟加拉型的水稻品种中, TN1、桂华占、佛山油占、IR26 和 IR36 受光照强度、施氮量、苗龄的影响较小, 感虫性稳定; 其余品种受到的影响较大, 抗感性不稳定. 本研究结果表明, 水稻品种对褐飞虱生物型 II 和孟加拉型的抗感稳定性受光照强度、施氮量

和苗龄等环境因素的影响较大, 特别是对致害力更强的孟加拉型, 其抗感性受上述环境因素的影响极不稳定; 仅当光照充足、苗龄大、不偏施氮肥时, 才能表现抗虫品种原来的抗性.

水稻植株的游离氨基酸是褐飞虱重要的营养物质, 稻株叶鞘内主要游离氨基酸的含量以及氨基酸总量与品种的抗性密切相关^[24-26]. 氨基酸在感虫品种 TN1 中含量较高, 在中抗品种中含量一般居中, 而在抗性品种 7105 中含量较低^[26]. 此外, 在不同的抗性水稻品种上褐飞虱对氮的反应不同, 施氮会增加褐飞虱对感虫品种和中抗品种的嗜好性和取食量, 同时增加其在感虫品种上的着卵量^[8]. Kumar 等^[27]研究发现, 氮肥的施用量低于 $100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 褐飞虱的蜜露分泌量随含氮量的增加而增加, 但超过 $100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时褐飞虱的蜜露分泌量却呈下降趋势. 氮肥对褐飞虱的影响还与光照强度有关, 褐飞虱的取食表现、存活率、生长发育和取食频率是两者交互作用的结果^[4]. 秧龄过小、偏施氮肥及弱光条件下, 水稻品种的抗感性不稳定, 可能是稻株中游离氨基酸的含量及组成发生了改变, 从而影响了褐飞虱在不同品种上的取食嗜好性及取食量.

品种稳定性评价对于选择具有抗性稳定的基因源具有重要意义, 故抗虫育种专家在选择抗源和利用抗虫品种时应考虑品种抗虫的稳定性. 在进行苗期抗虫性鉴定时, 必须注意到环境因素对品种抗性表现的影响, 保证秧苗在适宜条件下生长, 抗虫性鉴定的结果才更可靠. 此外, 在大田实施高产栽培措施时, 应注意尽量采用壮秧健苗的农业技术以利于品种抗虫性的提高. 本研究仅就水稻品种苗期抗褐飞虱不同生物型抗性稳定性进行了探讨, 这些水稻品种成株期的抗性表现及其抗性稳定性还有待于进一步研究.

参考文献

- [1] Xu X-F (许晓风), Ma F (马飞), Zou Y-D (邹运鼎), et al. Chaotic diagnosis of *Nilaparvata lugens* occurrence system. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2003, **14**(8): 1359-1362 (in Chinese)
- [2] Zheng Q-H (郑清焕). Effects of nitrogen fertilizer on resistance of rice varieties to brown planthopper. *Agricultural Research* (农业研究), 1971, **20**(3): 21-29 (in Chinese)
- [3] Cheng CH, Chang WL. Studies on varietal resistance to the brown planthopper in Taiwan. Brown Planthopper: Threat to Rice Production in Asia. International Rice Research Institute - Brown Planthopper Symposium. Los

- Banos, Philippines, 1979:209-218
- [4] Liu C-M (刘春茂), Wu R-Z (吴荣宗). Influence of light intensity and nitrogen fertilizer on resistance to the brown planthopper in rice. *Journal of South China Agricultural University* (华南农业大学学报), 1992, **13** (2):27-33 (in Chinese)
- [5] Wang M-Q (汪茂卿), Wu R-Z (吴荣宗). Effect of nitrogen fertilizer on resistance of rice varieties to brown planthopper. *Guangdong Agricultural Sciences* (广东农业科学), 1991(1):25-27 (in Chinese)
- [6] Heinrichs EA, Medrano FG. Influence of N fertilizer on population development of brown planthopper (BPH). *International Rice Research Notes*, 1985, **10**:20-21
- [7] Zhang G-F (张桂芬), Liu Q-X (刘芹轩), Shen X-C (申效诚). Ecological effect of fertilizer and irrigation level on population dynamics of insects in paddy fields. *Plant Protection* (植物保护), 1986, **12**(4):2-4 (in Chinese)
- [8] Hu J-Z (胡建章), Lu Q-H (陆秋华), Yang J-S (杨金生), et al. Influence of N fertilizer level and irrigation on population dynamics of the major insect pests in paddy fields and consequent rice yield. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 1986, **9**(1):49-55 (in Chinese)
- [9] Visarto P, Zalucki MP, Nesbitt HJ, et al. Effect of fertilizer, pesticide treatment, and plant variety on the realized fecundity and survival rates of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae) -generating outbreaks in Cambodia. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2001, **4**:75-84
- [10] Zhang L-Y (张良佑), Wu R-Z (吴荣宗), Chen B (陈壁). Influence of temperature and light on expression of resistance in rice to the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Journal of South China Agricultural University* (华南农业大学学报), 1990, **11**(3):64-70 (in Chinese)
- [11] Wang M-Q (汪茂卿), Wu R-Z (吴荣宗), Zhang L-Y (张良佑). Influence of temperature and light on expression of resistance in rice to the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Chinese Journal of Rice Science* (中国水稻科学), 1991, **5** (3):97-103 (in Chinese)
- [12] Wu B-Q (吴碧球), Huang F-K (黄凤宽), Wei S-M (韦素美), et al. Influence of light intensity and nitrogen fertilizer on resistance of rice varieties to different rice brown planthopper biotypes. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences* (西南农业学报), 2004, **17**(6):733-737 (in Chinese)
- [13] Huang F-K (黄凤宽), Wu B-Q (吴碧球), Wei S-M (韦素美), et al. Influence of light intensity and seedling stage on the resistance of rice varieties to rice brown planthopper biotypes. *Journal of Southwest Agricultural University* (西南农业大学学报), 2005, **27**(2):143-147 (in Chinese)
- [14] Liu C-M (刘春茂), Wu R-Z (吴荣宗), Wang R-H (王润华). Genetics and phenotypic stability analysis of resistance to the brown planthopper in rice varieties. *Journal of South China Agricultural University* (华南农业大学学报), 1992, **13**(1):20-25 (in Chinese)
- [15] Li Q (李青), Luo S-Y (罗善昱), Wei S-M (韦素美), et al. Preliminary studies on biotypes of brown planthopper in Guangxi. *Guangxi Agricultural Sciences* (广西农业科学), 1991(3):29-31 (in Chinese)
- [16] Tao L-Y (陶林勇), Yu X-P (俞晓平), Wu G-R (巫国瑞). Preliminary monitoring on the biotypes of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål in China. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1992, **25** (3):9-13 (in Chinese)
- [17] Zhang Y (张扬), Tan Y-J (谭玉娟), Chen F (陈峰), et al. General investigation and monitoring of biotypes of brown planthopper in Guangdong. *Guangdong Agricultural Sciences* (广东农业科学), 1991(2):22-25 (in Chinese)
- [18] Li Q (李青), Luo S-Y (罗善昱), Wei S-M (韦素美), et al. The biotypes of brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stål) with a view to its control. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 1997, **40**(Suppl.):139-146 (in Chinese)
- [19] Huang F-K (黄凤宽), Luo S-Y (罗善昱), Wei S-M (韦素美), et al. Monitoring on the biotypes of the brown planthopper (BPH) and the analysis of their virulence of differential varieties. *Journal of Southwest Agricultural University* (西南农业大学学报), 1998, **20** (5):427-431 (in Chinese)
- [20] Zhou M-Z (周明祥). Theory and Application of Crop Resistance to Pests. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1992 (in Chinese)
- [21] Tai GCC. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Science*, 1971, **11**:184-190
- [22] Hu B-M (胡秉民), Geng X (耿旭). Stability Analysis of Crops. Beijing: Science Press, 1993 (in Chinese)
- [23] Tang Q-Y (唐启义), Feng M-G (冯明光). Applied Statistic Analysis and Data Processing System. Beijing: Science Press, 2002 (in Chinese)
- [24] Sogawa K, Pathak MD. Mechanisms of brown planthopper resistance in Mudgo variety of rice (Homoptera: Delphacidae). *Applied Entomology and Zoology*, 1970, **5**:145-158
- [25] Sogawa K. Variation in gustatory response to amino acid-sucrose solutions among biotypes of the brown planthopper. *International Rice Research Notes*, 1978, **3**:9
- [26] Zeng L (曾玲), Wu R-Z (吴荣宗), Feng C (冯成), et al. On relationship between the free amino acids content and resistance to *Nilaparvata lugens* in rice varieties. *Journal of South China Agricultural University* (华南农业大学学报), 1992, **13**(4):69-76 (in Chinese)
- [27] Kumar P, Pathak PK. A simple and accurate method of quantifying honeydew excretion in brown planthopper. *Indian Journal of Entomology*, 2001, **63**:208-210

作者简介 吴碧球,女,1978年生,博士。主要从事农业害虫生态控制、害虫治理研究,发表论文8篇。E-mail: bqwu@gx-aas.net

责任编辑 张凤丽