

稻褐飞虱致害性的转化

(同翅目: 飞虱科)*

张志涛 陈伟 姜人春

(中国水稻研究所 杭州 310006)

张燕 蔡祥承

(南京农业大学 南京 210095)

摘要 稻褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 在抗虫品种上并非完全不取食, 亦并非完全不能完成生长发育, 经在抗虫品种上连续多代强迫饲养, 其致害性将发生明显的变化, 逐渐从不能致害转化为能适应这种抗虫品种。致害性的转化是渐变的, 在世代间似有遗传积累。由于抗虫品种抗虫机制及其遗传背景的差异, 褐飞虱在不同的抗虫品种上致害性转化的进程和速率亦不同。

关键词 稻褐飞虱, 致害性, 致害性转化

稻褐飞虱 *Nilaparvate lugens* (Stål) 广泛分布在东亚、东南亚、南亚次大陆、澳大利亚北部和南太平洋群岛, 在东亚季风区表现随气流远距离季节性迁飞, 是亚洲稻区的重要害虫。

国际水稻研究所 (IRRI) 对褐飞虱生物型的研究始于 1971 年, 迄今为止, 已获得 *Bph1*、*bph2*、*Bph3*、*bph4*、*bph5*、*Bph6*、*bph7*、*bph8* (t) 和 *Bph9* (t) 等 9 个抗虫基因, 先后命名了生物型 I、II、III、IV、V 和 Mindano 六种生物型。吴荣宗等 (1981)^[1] 报道我国大部分稻区褐飞虱属生物型 I, 陶林勇等 (1992)^[2] 和李青 (1994)^[3] 报道, 除四川的褐飞虱仍属生物型 I 外, 我国大部分地区的褐飞虱已转变为生物型 II。Pathak 和 Heinrichs (1982)^[4] 报道菲律宾褐飞虱田间种群在 Mudgo 和 ASD7 上各经过 10 代即可育成生物型 II 和生物型 III; 巫国瑞等 (1983)^[5] 发现温州地区褐飞虱田间种群在 ASD7 上连续饲养, 很容易育成生物型 III; 江志强等 (1993)^[6] 报道生物型 I 在抗虫品种 IR26 上连续饲养 10 代即可转化为一个致害力强的生物型。褐飞虱生物型问题长期存在争论, 争论的焦点是生物型是否存在稳定的遗传性^[7,8], 即褐飞虱的致害性是否具有遗传稳定性。

本实验以若虫存活率、若虫历期和单雌蜜露排泄量作为衡量褐飞虱致害力强弱的指标, 通过观测分析褐飞虱田间种群和实验种群在不同抗(感)虫品种上各项指标的变化, 探讨褐飞虱致害性的转化及其规律。

* 国家攀登计划 85-31-03 研究内容

1997-01-31 收稿, 1997-06-18 收修改稿

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 试虫：田间种群采自杭州近郊稻田，并在室内用 TN1（台中在来一号）扩繁备用，实验种群系采用田间种群在 ASD7 上连续强迫饲养 13 年代后，供试验选用。

1.1.2 实验用苗：感虫品种选用 TN1（无抗虫基因），抗虫品种选用 Mudgo (*Bph1*)、IR26 (*Bph1*)、ASD7 (*bph2*)、IR36 (*bph2*+微效抗虫基因) 和 Rathu Heenati (R. H.) (*Bph3*)，隔 10d 播一批种子，待 30~35 日秧龄移至塑料钵中备用。

1.2 实验方法

1.2.1 田间种群和实验种群在不同抗虫品种上的强迫饲养：将在 TN1 上繁殖的杭州地区褐飞虱田间种群和已在 ASD7 上强迫饲养 13 代的实验种群的初孵若虫接到 30~35 日秧龄的盆栽水稻品种 TN1、Mudgo、IR26、ASD7、IR36 和 R. H. 上，用塑料网罩（直径 12 cm；高 45 cm）笼罩饲养，每盆接虫量 10 头，每品种设 6 个重复。以后，每天分别记录褐飞虱的龄期和各龄若虫数，最后统计各品种上的若虫存活率。羽化后，选取一部分初羽化雌成虫称量体重和进行蜜露排泄量测定；另选一部分初羽化成虫接入各对应品种上保种，每盆接虫量 5 对，每品种设 3 个重复。如此循环处理若干代。

1.2.2 水稻苗期受害评价：采用标准苗期筛选法（SSST 法）鉴别，鉴别品种为 TN1（无抗虫基因）、Mudgo (*Bph1*)、IR26 (*Bph1*)、ASD7 (*bph2*)、IR36 (*bph2*+微效抗虫基因) 和 R. H. (*Bph3*)；根据 INGER 分级标准（表 1）确定受害级别。

1.2.3 褐飞虱体重的称量和蜜露排泄量的测定：吸取初羽化的褐飞虱雌虫，饥饿 2 h，用乙醚击倒后，在万分之一天平上称量体重。

称量蜜露排泄量采用 Pathak 等^[9]（1982）报道的“Parafilm sachet”法。选用 45~60 日秧龄的相应抗虫品种苗，将饥饿 2 h 后的初羽化成虫接入，每只 Parafilm 小袋接虫 1 头。24 h 后，取下 Parafilm 小袋，吸出虫子，在万分之一天平上称量，然后用 0.5% 茚三酮试纸（0.5% 茚三酮丙酮溶液浸过的滤纸）将蜜露吸干，再称量。若茚三酮试纸变色，计算两次称量差值，即试虫的蜜露排泄量。

根据 Paguia 等^[10]的报道，褐飞虱的取食量和蜜露排泄量成正比，故可用蜜露排泄量作为衡量褐飞虱取食量的指标。

1.2.4 实验数据采用 Spss 软件处理分析：全部实验在室内进行，夏季高温期有系统空调使室温保持在 26℃~30℃，自然光照。

2 结果与分析

2.1 杭州地区褐飞虱田间种群的致害性

根据国际水稻研究所的试验结果，褐飞虱生物型 I~III 型与水稻鉴别品种的相互关系如表 2。

杭州褐飞虱田间种群在含 *Bph1* 抗虫基因的 IR26、Mudgo 上的若虫存活率、若虫历

期等各项指标,与在感虫对照 TN1 上并无显著差异(表 3),IR26、Mudgo 苗期受害级别已达 7~9 级,表现感虫(表 4),对褐飞虱田间种群已基本丧失抗性。值得注意的是,含 *bph2* 的品种 ASD7 对田间种群的抗性也已减弱,在 ASD7 上若虫存活率达(56.7±6.7)%,虽明显低于在感虫品种 TN1 上的存活率,但已与含 *Bph3* 的品种 R.H. 上有显著差异(表 3),ASD7 苗期受害级别也可达 5~级,表现中感;只有 IR36 (*bph2*+微效抗虫基因)和 R.H. (*Bph3*) 上的各指标与感虫对照 TN1 差异显著。上述结果表明:1996 年杭州地区褐飞虱田间种群的致害性与吴荣宗(1981)^[1]、陶林勇(1992)^[2] 的监测结果相比,已发生较大变化。田间优势生物型已不再是 I 型,而基本上属生物型 II,但与 II 型略有不同,表现在对 ASD7 致害力较强,而国际水稻研究所定义的 II 型是不能致害 ASD7 的(表 2)。

表 1 标准苗期筛选法(SSST法)水稻品种
抗稻褐飞虱特性分级标准
(INGER, 1988)

受害等级	受害状	抗性水平
0	未受害	免疫
1	受害极轻微	高抗
3	大部分植株第一、二片叶部分黄化	抗虫
5	明显黄化萎缩或(10%~25%)植株枯死	中抗
7	半数以上植株枯死	中感
9	全部植株枯死	感虫

表 2 稻褐飞虱生物型与水稻鉴别
品种的相互关系

品种名称	抗虫基因	生物型		
		I 型	II 型	III 型
TN1	None	S*	S	S
Mudgo	<i>Bph1</i>	R	S	R
IR26	<i>Bph1</i>	R	S	R
ASD7	<i>bph2</i>	R	R	S
IR36	<i>bph2</i> **	R	R	S
Rathu Heenati	<i>Bph3</i>	R	R	R

*S: 感虫, R: 抗虫

** IR36 除含主基因 *bph2* 外, 还含有微效抗虫基因

表 3 杭州地区稻褐飞虱田间种群在不同抗(感)虫品种上的生长发育

品种	抗虫基因	若虫存活率(%)	若虫历期(d)	蜜露排泄量(mg)
TN1	—	90.0±2.6 a*	11.8±0.2 a	3.8±1.5 a
IR26	<i>Bph1</i>	76.7±4.9 a	12.0±0.1 a	2.7±1.1 a
Mudgo	<i>Bph1</i>	71.7±8.3 ab	12.3±0.2 a	2.3±1.1 a
ASD7	<i>bph2</i>	56.7±6.7 b	15.7±1.2 b	0.2±0.1 b
IR36	<i>bph2</i> **	11.7±4.9 c	17.3±0.3 b	0.2±0.2 b
Rathu Heenati	<i>Bph3</i>	18.3±2.2 c	15.5±2.5 b	0.2±0.1 b

*平均值±标准误: 后随字母中若有相同者, 示 LSD 检验 $P=0.05$ 水平上差异不显著

** IR36 除含主基因 *bph2* 外, 还含有微效抗虫基因

2.2 褐飞虱致害性的转化

2.2.1 在抗虫品种上并非完全不取食, 亦并非完全不能完成生长发育: 褐飞虱田间种群在抗虫品种上并非完全不取食, 据测定在感虫品种 TN1 上单雌蜜露排泄量平均为(3.8±1.5) mg, 在 IR26 上平均为(2.7±1.1) mg, 在 Mudgo 上为(2.3±1.1) mg, 三者差异不显著, 而在 IR36 和 R.H. 上分别为(0.2±0.2) mg 和(0.2±0.1) mg, 与前三者

差异显著 (表 3)。在 TN1、TR26、Mudgo 上的若虫存活率分别达到 $(90.0 \pm 2.6)\%$ 、 $(76.7 \pm 4.9)\%$ 和 $(71.7 \pm 8.3)\%$ ，显著高于在 IR36、R.H. 上的存活率，但在抗虫品种上并非完全不能完成生长发育，在 IR36、R.H. 上的若虫存活率仍然达到 $(11.7 \pm 4.9)\%$ 和 $(18.3 \pm 2.2)\%$ (表 3)。

褐飞虱田间种群在感虫品种 TN1 上单雌体重平均为 (24.0 ± 3.2) mg，在 Mudgo 上单雌体重平均为 (22.8 ± 2.8) mg，在 IR26 上单雌体重平均为 (24.3 ± 3.0) mg，在 ASD7 上单雌体重平均为 (20.2 ± 3.1) mg，与在 TN1 上单雌体重差异不显著；在 IR36 上单雌体重平均为 (13.7 ± 3.1) mg，R.H. 上单雌体重平均为 (14.0 ± 3.2) mg，体重减轻，与在 TN1 上的单雌体重差异极显著，但并非完全不能生长发育。

褐飞虱田间种群在感虫品种 TN1 上单雌孵化若虫数量多，平均为 (79.4 ± 8.46) 头/雌，在 Mudgo 上平均为 (32.0 ± 6.28) 头/雌；在 ASD7 上平均为 (6.8 ± 1.81) 头/雌，均显著低于在 TN1 上的繁殖率，但并非不能繁殖。

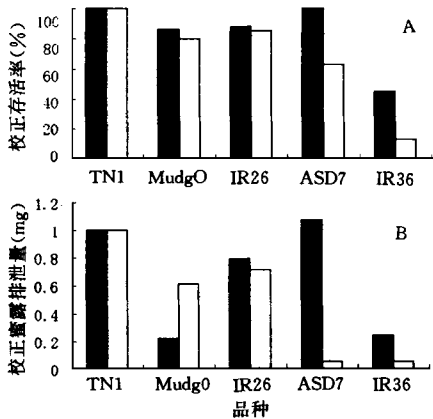


图 1 稻褐飞虱 *N. lugens* 杭州田间种群 (□) 与在 ASD7 上连续饲养 13 代后的实验种群 (■)，在不同抗 (感) 虫品种上的校正存活率 (A) 和校正蜜露排泄量 (B)

IR36 上的若虫存活率为 $(38.3 \pm 14.7)\%$ ，单雌蜜露排泄量为 (1.7 ± 0.2) mg，均显著高于田间种群在 IR36 上的若虫存活率 $(11.7 \pm 4.9)\%$ 和单雌蜜露排泄量 (0.2 ± 0.2) mg。相反，实验种群致害性的转变对含 *Bph1* 抗虫基因的品种则无所表现，实验种群与田间种群在 Mudgo、IR26 上的若虫存活率和单雌蜜露排泄量均无显著差异，在 Mudgo 上实验

表 4 杭州地区稻褐飞虱田间种群对不同抗 (感) 虫品种的苗期鉴定结果

品种	抗虫基因	受害级别	抗性
TN1	None	9	高感
Mudgo	<i>Bph1</i>	7~9	感虫
IR26	<i>Bph1</i>	7~9	感虫
ASD7	<i>bph2</i>	5~7	中感
IR36	<i>bph2</i> *	1~3	抗虫
Rathu Heenati	<i>Bph3</i>	0~1	高抗

* IR36 除含主基因 *bph2* 外，还含有抗虫微效基因

2.2.2 在抗虫品种上连续强迫饲养多代后，致害性可发生明显的转变：利用杭州田间种群在 ASD7 上连续饲养 13 代后的实验种群，与田间种群比较，发现其致害性已发生明显变化。杭州田间种群在 ASD7 上的若虫存活率为 $(56.7 \pm 6.7)\%$ ，单雌蜜露排泄量为 (0.2 ± 0.1) mg，均明显低于在感虫对照 TN1 上的若虫存活率 $(85.0 \pm 3.4)\%$ 和单雌蜜露排泄量 (7.2 ± 1.3) mg；而实验种群在 ASD7 上的若虫存活率达到 $(85.0 \pm 2.2)\%$ ，单雌蜜露排泄量达到 (7.7 ± 0.9) mg，均与在感虫对照 TN1 上的情况无显著差异 (图 1)。

值得注意的是，实验种群曾在含 *bph2* 抗虫基因的 ASD7 上经历了 13 代强迫饲养，其致害性已从不能致害 ASD7 转变为能够致害 ASD7，而且这种转变在含有 *bph2* 抗虫基因的其他品种上也同样表现出来。实验种群在

种群的单雌蜜露排泄量甚至低于田间种群 (图 1)。

2.2.3 致害性的转化是渐进的, 世代间有遗传积累: 致害性的转化是渐进的, 例如田间种群在 ASD7 上连续多代强迫饲养, F_1 、 F_2 、 F_3 的单雌蜜露排泄量分别为 (1.5 ± 0.4) mg、 (2.0 ± 0.5) mg 和 (9.5 ± 2.1) mg, 单雌繁殖率分别为 (6.8 ± 1.8) 头/雌、 (19.3 ± 3.4) 头和 (50.0 ± 6.5) 头/雌, 均呈明显上升趋势。致害性的转化在世代间似有可遗传的积累。

致害性的转化在不同抗虫品种上所表现的进程是不同的, 在 Mudgo 上, F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_7 、 F_8 的单雌蜜露排泄量分别为 (2.2 ± 0.5) mg、 (0.8 ± 0.2) mg、 (4.5 ± 1.0) mg、 (2.5 ± 0.9) mg 及 (4.7 ± 0.7) mg, 随强迫饲养代数增高, 呈上升趋势, 但世代间并不稳定, 有波动。在多数抗虫品种上, 强迫饲养的第二代各项指标都有明显回落, 例如若虫存活率, 在 IR26 上, F_1 为 $(75.0 \pm 3.4)\%$, F_2 为 $(68.3 \pm 4.8)\%$; 在 ASD7 上, F_1 为 $(85.0 \pm 2.2)\%$, F_2 为 $(81.7 \pm 3.1)\%$; 在 IR36 上, F_1 为 $(38.3 \pm 14.7)\%$, F_2 为 $(26.7 \pm 8.8)\%$ 。强迫饲养的第二代似为适应品种抗性胁迫的关键期。

从目前掌握的资料看, 杭州地区褐飞虱田间种群适应不同抗虫品种的最少代数: Mudgo 9 代; IR26 5 代; ASD7 3 代; IR36 > 15 代; R. H. > 23 代。

3 结论与讨论

(1) 褐飞虱对不同水稻品种的致害力存在显著差异, 但即使在抗虫品种上, 褐飞虱并非完全不取食, 亦并非完全不能完成生长发育。

(2) 在抗虫品种的抗性胁迫下, 褐飞虱的致害性将发生变化, 经若干世代可从不能致害逐渐转化为能致害这种抗虫品种。致害性的转化是渐进的, 世代间似有遗传积累。

(3) 在不同抗虫品种上, 褐飞虱致害性转化的进程是不同的。水稻品种的抗虫机制及其遗传背景十分复杂, 一般分为拒虫性、抗生性和耐害性。不同抗虫机制的品种对褐飞虱形成不同性质和力度的抗性胁迫, 使其致害性转化变得相当复杂。这一方面的研究尚待进一步深入。

(4) 抗虫品种是导致褐飞虱致害性转化的诱因。一种抗虫品种 (或品种结构) 会使褐飞虱最终形成一种相应的致害性, 即所谓“一种新的生物型”。杭州地区褐飞虱田间种群的致害性基本上属于生物型 I, 但与国际水稻研究所的 I 型又不完全相同, 表现在对携带 *bph2* 抗虫基因的品种 ASD7 的致害力较强, 可能是由于我国稻区造成褐飞虱致害性转化的条件 (特别是品种条件), 与菲律宾不同所致。在此意义上讲, 抗虫品种与品种结构将不断更新, 褐飞虱的致害性也将随之继续转化, 这个过程似无止境。

参 考 文 献

- 1 吴荣宗, 张良佑, 邱细广等. 我国主要稻区褐稻虱生物型的研究. 植物保护学报, 1981, 8 (4): 217~225
- 2 陶林勇, 俞晓平, 巫国瑞等. 我国褐飞虱生物型监测初报. 中国农业科学, 1992, 25 (3): 9~13
- 3 李 青, 罗善昱, 师翱翔等. 我国褐稻虱生物型研究. 西南农业学报, 1994, 7 (3): 89~96
- 4 Pathak P K, Heinrichs E A. Selection of biotype populations 2 and 3 of *Nilaparvata lugens* by exposure to resis-

- tant rice varieties. Environ. Entomol. 1982, **11**: 85~90
- 5 巫国瑞, 陈福云, 陶林勇等. 稻褐飞虱生物型的研究. 昆虫学报, 1983, **26** (2): 154~159
- 6 江志强, 吴荣宗, 张良佑. 褐稻虱生物型的形成. 华南农业大学学报, 1993, **14** (1): 76~83
- 7 Claridge M F, Hollander J Den. The biotype concept and its application to insect pests of agriculture. Crop Prot. 1983, **2**: 85~95
- 8 Sogawa K. Hybridization experiments on three biotypes of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) at the IRRI, the Philippines. Appl. Entomol. Zool. 1981, **16** (3): 193~199
- 9 Pathak P K, Saxena R C, Heinrichs E A. Parafilm sachet for measuring honeydew excretion by *Nilaparvata lugens* on rice. J. Econ. Entomol. 1982, **73**: 194~195
- 10 Paguia P M *et al.* Honeydew excretion measurement techniques for determining differential feeding of biotypes of *Nilaparvata lugens* on rice varieties. J. Econ. Entomol. 1980, **73**: 35~40

THE VIRULENCE SHIFT OF RICE BROWN PLANTHOPPER *NILAPARVATA LUGENS* (STÅL) (HOMOPTERA: DELPHACIDAE) ON DIFFERENT RICE VARIETIES

Zhang Zhitao Chen Wei Jiang Renchun

(China National Rice Research Institute Hangzhou 310006)

Zhang Yan Cai Xiangcheng

(Nanjing Agricultural University Nanjing 210095)

Abstract Most of the individuals of rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), were unable to feed and survive as well as develop on resistant rice varieties. After being forced to feed on resistant varieties for several generations, the abilities for brown planthopper to infest the varieties changed significantly. But the virulence shifted gradually. It seemed that there was a heritable accumulation from generation to generation. The course and rate of the shift of virulence differed from different resistant varieties as a result of their diversities in both resistant mechanism and genetic background.

Key words *Nilaparvata lugens*, virulence, shift of virulence