

# 褐飞虱的迁入和翅型分化规律的研究\*

俞晓平 吕仲贤 巫国瑞 陶林勇 张志涛\*\*

(浙江省农科院植保所 杭州 310021; \*\* 中国水稻研究所植保系 杭州 310006)

**摘要** 褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 属迁飞性水稻害虫, 其成虫有短翅和长翅两种翅型。褐飞虱迁入雌虫均未经过交配, 其短翅型由一对显性等位基因控制。翅型分化同时受到遗传和内分泌系统的协调控制, 外界条件如密度和寄主等因子通过内分泌系统来影响翅型的分化。褐飞虱翅型分化的敏感龄期雌虫为1~3龄, 而雄虫为1~5龄; 不同若虫密度处理对褐飞虱成虫的前翅形成有一定的影响。分蘖期水稻饲养的褐飞虱短翅型比例明显高于孕穗期水稻饲养的褐飞虱。不同密度下各生物型间的翅型分化差异不显著。迁入地的浙江各种群属温带型, 其雌虫短翅率低且与密度呈显著负相关; 菲律宾热带种群雌虫在不同密度下均为短翅型, 而雄虫的短翅率随密度增加而上升。广西种群接近热带型, 其雌虫短翅率高但不随密度而变化。试验各种群的雄虫在中等密度甚至高密度时其短翅率出现最高。

**关键词** 翅型分化, 遗传分析, 敏感龄期, 生物型, 褐飞虱种群

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 属迁飞性水稻害虫, 在我国长江中下游稻区不能越冬, 其虫源每年春夏依次由中南半岛和南方省份如广西迁飞而来<sup>[1,2]</sup>。褐飞虱有翅二型现象, 包括长翅型和短翅型。国内外学者就环境因子如温湿度、光周期、若虫密度和植株营养等对褐飞虱翅型分化的影响作了研究, 但对翅型分化的遗传控制和敏感龄期争论较大<sup>[3~8]</sup>。此外, 褐飞虱各生物型及地理种群在不同密度下的翅型分化规律对其田间种群的增长十分关键。

为探讨我国褐飞虱不同地理种群的特性和翅型分化规律, 作者于1990~1991和1995~1996年在浙江省农业科学院养虫室对褐飞虱迁入虫的特性、翅型分化规律和敏感龄期差异等作了较详细的研究。此外, 于1992~1994年在菲律宾国际水稻研究所对褐飞虱不同生物型间翅型分化的差异作了补充研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

试虫每年7月中旬在浙江省农业科学院养虫室6m高诱虫灯下透得迁入虫, 并单虫分离饲养。海南陵水田间虫源采集于每年3月, 广西田间虫源为5月, 浙江田间虫源为7月。采集的褐飞虱种群在养虫室饲养1~2代供试验用。选用分蘖期的籼稻品种TN1供褐飞虱饲养及产卵。褐飞虱生物型1、2和3分别为国际水稻研究所温室内定向饲养的虫

\* 国家攀登计划和国家自然科学基金资助项目的部分内容  
1997-01-31 收稿, 1997-06-12 收修改稿

源。饲养水稻品种分别为 TN1、Mudgo 和 ASD7。

## 1.2 方法

**1.2.1 迁入虫的产卵和繁殖实验：**吸取 150 头诱虫灯诱取的迁入雌虫，其中 100 头单虫接入装有稻株主茎的大试管（直径 3 cm，高 30 cm）中，试管内有 5 cm 深的水稻培养液。每天置换新鲜稻株，镜检换出稻株中的卵量。雌虫死亡后统计总产卵量，产卵前期、产卵历期和产卵数。另 50 头迁入雌虫群体饲养，卵巢至 4 级时，解剖和统计其怀卵量。对照褐飞虱为浙江龙游田间采集的种群，分交配虫和未交配虫，接入试管后逐日统计其产卵量等。各种虫所产卵经孵化后，解剖未孵卵以统计孵化率。

**1.2.2 翅型分化的遗传分析：**分别采用 1 d 内羽化已定向选择若干代的广西龙州虫作为短翅亲本，长翅率较高的浙江龙游虫作为长翅亲本，并按各种组合配对杂交。杂交子代若虫分别饲养在 20 头/株的高密度下，每 4 d 换饲料苗一次。若虫羽化后，统计杂交  $F_1$  和  $F_2$  代的短翅率，并用矫正  $\chi^2$  值对翅型观察值进行适合性检验。

**1.2.3 翅型分化敏感龄期和成虫前翅长度的测定：**2 h 内孵化的若虫按 4 头/株接入有稻苗的大试管中，管内注入 5 cm 深的水稻培养液。逐日观察若虫蜕皮情况，当 90% 的若虫进入下一龄若虫期时，将部分若虫转入 40 头/株的高密度，并依此类推。对照若虫始终处于低密度。若虫羽化后，统计各处理下雌雄成虫的短翅率。在双筒实体解剖镜测定各处理下成虫前翅的长度。

**1.2.4 各种群和生物型在不同密度处理下的短翅率测定：**1 d 内孵化的各种若虫分别接入装有水稻植株的大试管中，管内注有水稻培养液。种群密度设 1 头/株，5 头/株，10 头/株，20 头/株和 40 头/株 5 个处理。稻株每 3 d 换一次。若虫羽化后，统计不同稻区种群及不同生物型在各密度处理下的短翅率。

以上各稻区试验在温度  $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，光周期 16L : 8D，湿度 65%~85% 的 LRH-250-G 型光照培养箱内进行。各生物型的翅型分化试验在  $(26 \pm 3)^\circ\text{C}$  的恒温养虫室内进行。

## 2 结果和分析

### 2.1 迁入虫的产卵和孵化特征

表 1 显示迁入雌虫在怀卵量、产卵前期、产卵量和孵化率等指标上均与对照未交配虫一致。迁入雌虫所产卵无一孵化，说明褐飞虱雌虫在迁入前并未交配。由此可见，褐飞虱迁入虫的交配行为是在迁入当地稻田后发生的。

### 2.2 翅型分化的遗传分析

褐飞虱短翅和长翅间的杂交试验结果如表 2。各杂交组合的  $F_1$  或  $F_2$  代翅型观察值经  $\chi^2$  检验，褐飞虱雌虫短翅分化符合一对显性等位基因的分离规律；但雄虫翅型分化不符合遗传分离规律，这可能是雄虫翅型分化还受到其它因子如内分泌系统释放的激素所影响。

表 1 褐飞虱迁入雌虫的产卵和孵化特征

(1991, 杭州)

虫源	供试虫量	怀卵量* (粒/雌)	产卵前期 (d)	产卵期 (d)	产卵量 (粒/雌)	产卵虫率 (%)	卵孵化率 (%)
迁入虫	100F	71.3 b	5.72 b	9.75 a	79.6 a	69.4 b	0
未交配虫	100F	48.8 b	6.38 b	9.89 a	48.2 b	40.0 b	0
交配虫	100F+100M	105.4 a	3.71 a	9.29 a	87.4 a	85.7 a	91.5

\* 卵巢发育至 5 级时, 100 头雌虫卵巢中解剖的平均卵量

表 2 褐飞虱翅型杂交试验和 F<sub>1</sub> (或 F<sub>2</sub>) 代翅型分化的  $\chi^2$  检验

(1991, 杭州)

杂交处理	杂交 F <sub>1</sub> 或 F <sub>2</sub> 代 雌虫短翅率 (%)	$\chi^2$	杂交 F <sub>1</sub> 或 F <sub>2</sub> 代 雄虫短翅率 (%)	$\chi^2$	杂交 F <sub>1</sub> 或 F <sub>2</sub> 代 总短翅率 (%)
L×L	50.4	3.69*	20.3	3.92*	40.5
L×S	78.3		29.0		51.1
F <sub>1</sub> (S×S)	73.0	0.12	29.5	108.00*	49.3
S×L	73.3		24.3		46.4
F <sub>1</sub> (S×S)	78.2	0.39	16.3	180.65*	47.6
S×S	96.7	0.08	20.2	62.88*	58.4
F <sub>1</sub> (S×S)	99.8	0	17.4	67.40*	59.2

注: 长翅亲本 (L) 为浙江龙游种群, 短翅亲本 (S) 为广西龙州种群, 试验前两种亲本各定向选择二代。\* 表示  $\chi^2$  检验在 0.05 水平差异 (理论值和观察值) 显著

### 2.3 翅型分化的敏感龄期

表 3 显示了褐飞虱若虫在各龄期改变密度时翅型分化的差异。1~3 龄若虫从低密度 (4 头/株) 转入高密度 (40 头/株) 后出现的短翅雌虫数显著低于 4~5 龄时改变密度和对照所产生的短翅雌虫数, 这表明 1~3 龄若虫期为雌虫分化的敏感龄期。而 1~5 龄改变密度所产生的短翅雄虫数皆显著少于对照的短翅雄虫数, 说明 1~5 龄皆为雄虫翅型分化的敏感龄期。从总短翅率看, 高密度处理时间越长, 即高密度处理的若虫龄期越早, 则短翅型出现的比例越低。

### 2.4 不同密度处理对前翅长度的影响

不同若虫密度处理对褐飞虱前翅长度有一定影响 (表 4)。完全低密度处理的褐飞虱前翅长度比高密度处理过的前翅稍长, 但低密度对短翅型前翅的影响更大。试验中也发现, 约有 1%~2% 的成虫其前翅长度居于长短翅间, 为 2.0~2.5 mm, 但观察其翅脉完全与长翅翅脉相同。

### 2.5 不同稻区种群翅型分化的差异

5 个点田间褐飞虱种群翅型分化试验表明 (表 5), 海南和广西种群在各密度下的短翅率一般高于浙江各种群, 然浙江各种群和海南种群其雌虫短翅率均随密度增加而降低, 呈显著负相关; 广西种群短翅率高且与若虫密度相关性不显著。雄虫翅型分化与雌虫不

同,各种群在低密度(40头/株)和高密度(1头/株)似乎均不利于短翅产生,而中等密度(5头/株~20头/株)对短翅率的产生更为适宜。寄主水稻的生育期影响不同虫源褐飞虱翅型的分化。分蘖期水稻饲养的褐飞虱短翅率比孕穗期水稻上饲养的要高。但水稻生育期对雄虫的翅型分化影响不大(图1)。

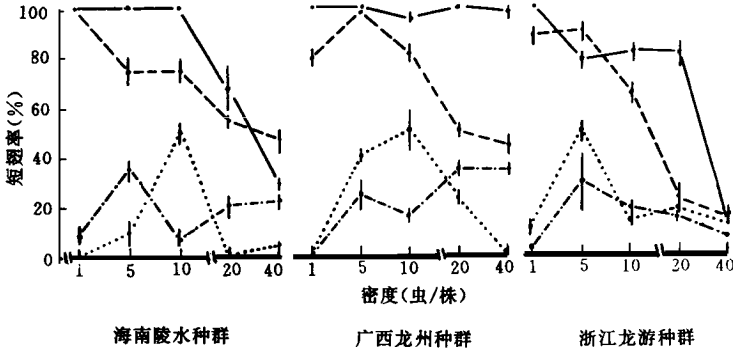


图1 三个褐飞虱种群在不同若虫密度和稻株生育期的翅型分化(1995,杭州)

— 雌虫、分蘖期      - - - 雄虫、分蘖期  
 ···· 雌虫、孕穗期      - · - · 雄虫、孕穗期

表3 褐飞虱各若虫龄期改变密度处理所产生的短翅率(1992,杭州)

密度处理	供试虫量(头)	雌虫短翅率(%)	雄虫短翅率(%)	合计(%)
各龄高密度	320	54.0 b	13.2 b	30.2 c
2龄转入高密度	320	52.5 b	14.3 b	28.1 c
3龄转入高密度	320	50.5 b	17.6 b	35.4 bc
4龄转入高密度	320	94.5 a	6.3 c	41.8 b
5龄转入高密度	320	78.1 a	7.4 c	39.9 b
各龄低密度	80	91.7 a	25.6 a	61.5 a

注:高密度和低密度分别为40头若虫/苗、4头若虫/苗,各重复8次和20次。同一栏中数据后字母相同表示处理间差异在0.05水平不显著

表4 不同密度处理对褐飞虱成虫前翅长度的影响(1992,杭州)

密度处理	褐飞虱成虫前翅的长度(mm)			
	长翅雌虫	长翅雄虫	短翅雌虫	短翅雄虫
各龄高密度	3.92 ab	3.30 a	1.58 b	1.30 b
2龄转入高密度	3.74 b	3.24 a	1.56 b	1.25 b
3龄转入高密度	4.10 a	3.28 a	1.58 b	1.25 b
4龄转入高密度	3.69 b	3.11 a	1.51 b	1.28 b
5龄转入高密度	3.46 b	3.19 a	1.59 b	1.30 b
各龄低密度	4.13 a	3.32 a	1.71 a	1.50 a

## 2.6 不同生物型翅型分化的差异

热带褐飞虱各生物型在不同密度下的短翅率均极高,雌虫在各种密度下几乎全为短翅。而雄虫的短翅率则随若虫的密度增加而上升,生物型3短翅上升的速率明显比生物型1和2快(表6)。

总的看来,不同密度处理的褐飞虱翅型分化差异在各生物型间不显著。

表 5 褐稻虱种群在不同密度下的短翅率以及与密度的相关性 (1992, 杭州)

虫源	性别	不同密度下各虫源褐稻虱成虫的短翅率 (%)					褐稻虱短翅率与密度的相关系数 $r$
		1 头/株	5 头/株	10 头/株	20 头/株	40 头/株	
海南陵水	F	75.0	54.5	66.7	37.1	23.8	-0.9157 *
	M	0	33.3	13.3	9.3	18.0	0.1047
广西龙州	F	66.7	100	76.5	78.9	71.1	-0.2838
	M	0	21.4	20.0	40.0	34.1	0.7438
浙江温州	F	60.0	42.8	56.3	31.2	9.9	-0.9351 *
	M	0	0	7.1	5.0	1.4	0.1094
浙江龙游	F	20.0	20.0	12.1	5.9	4.9	-0.8801 *
	M	0	0	0	0	0	—
浙江杭州	F	66.7	53.3	40.9	37.9	23.9	-0.9195 *
	M	14.2	10.0	15.8	3.8	7.5	-0.5958

\* 相关系数 0.05 水平显著

表 6 褐飞虱各生物型在不同密度下的短翅率 (1994, 菲律宾)

密度 (头/株)	TN1 生物型 1		Mudgo 生物型 2		ASD7 生物型 3	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
	1	100	25.0±21.0	100	16.6±20.3	100
5	100	53.8±22.1	100	50.0±23.8	100	68.4±25.4
10	100	68.0±12.3	100	62.1±21.1	100	81.3±24.0
20	100	75.0±15.6	100	77.1±13.0	100	91.1± 8.1
40	100	86.8±11.2	98.1±1.8	77.4± 3.8	100	96.4± 3.0

### 3 讨论

褐飞虱在大部分亚热带和温带稻区不能越冬, 迁入虫均为长翅型, Iwanaga (1985) 和本文翅型杂交试验均证实褐飞虱短翅由一对显性等位基因控制<sup>[5]</sup>。由此推论, 长翅型应为一对隐性纯合基因控制。而本文结果表明迁入雌虫在迁入前未经交配, 这排除了长翅雌虫在迁出地 (即终年繁殖稻区) 已与短翅雄虫交配的可能性。那么温带稻区田间的短翅褐飞虱究竟来自何处? 作者通过分析后认为, 褐飞虱翅型基因型和表现型不一致是迁入地出现短翅型的来源, 也是雄虫翅型观察值不符合遗传分离规律的主要原因。一些短翅基因型 (显性纯合子和杂合子) 若虫在环境条件恶化时会产生长翅成虫。Kari (1978) 曾发现水黾 (*Gerrisolacustris*) 的部分长翅基因型 (隐性纯合子) 若虫在气候改变时会发育成短翅成虫<sup>[9]</sup>。众所周知, 有性生殖昆虫个体的遗传型在受精卵产生时就已决定, 而从本文结果来看, 褐飞虱若虫 1~3 龄期时改变若虫密度均可改变其短翅率, 说明翅型分化除遗传控制外, 还可能受到内分泌系统影响。而外界条件则是通过影响该系统分泌的激素量来控制翅型分化。Iwanaga (1986) 曾用不同浓度的保幼激素处理若虫, 发现能显著

改变褐飞虱的翅型分化<sup>(10)</sup>，这间接支持了作者的推论。

国内报道褐飞虱翅型分化的敏感龄期主要是若虫3龄或1龄<sup>[3~4]</sup>。但本文结果表明，褐飞虱雌雄虫分化的敏感龄期差异较大，雌虫是1~3龄，雄虫是1~5龄。多次测定也表明，尽管少数个体前翅长度居于长短翅间，但未发现中间型翅脉，这也证实了褐飞虱翅型分化属质量遗传而并非数量遗传。一般认为，单位植株上褐飞虱密度高会导致植株营养恶化而使雄虫长翅率增加。而本研究发现，温带和亚热带稻区褐飞虱在中等密度下短翅率较高，而热带如菲律宾虫源的褐飞虱在高密度下短翅率相对高。是否因为密度低时长翅对雄虫求偶更为方便？

Kisimoto (1965) 和 Otake (1976) 曾指出，热带型褐飞虱短翅率相当高，受密度影响不大。而温带型褐飞虱短翅率较低，随密度增加而产生较多的长翅型<sup>[6,11]</sup>。而本研究发现，热带国家如菲律宾的不同褐飞虱生物型在各密度下均有很高的短翅率，雌虫的短翅率几乎为100%，而雄虫的短翅率随密度增加而上升，与温带和亚热带的褐飞虱种群的翅型分化差异较大。本文中1990和1991年浙江各种群短翅率低且与密度显著负相关，为典型的温带型；而广西龙州种群接近热带型。广西龙州属我国部分稻区的褐飞虱虫源迁出地，春夏之交由于长翅褐飞虱的陆续迁出而使田间短翅率逐渐提高。而浙江完全属于褐飞虱迁入区。

## 参 考 文 献

- 1 巫国瑞，陶林勇，俞晓平. 褐飞虱的生物型及其监测. 病虫测报, 1990, 1 (1): 39~43
- 2 Wu G R, Yu X P, Tao L Y *et al.* Wing dimorphism and migration in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. In: H V Danks ed. Insect Life-Cycle Polymorphism, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1994, 263~275
- 3 王希仁，张灿东. 褐飞虱翅型分化的探讨. 昆虫知识, 1981, 18 (4): 145~8
- 4 张增全. 褐飞虱翅型分化的研究. 昆虫学报, 1983, 26 (3): 260~265
- 5 Iwanaga K *et al.* Immigration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), exhibiting various responses to density in relation to wing morphism. Entomol. Exp. Appl. 1985, 38: 101~108
- 6 Kisimoto R. Effect of crowding during the larval period on the determination of the wing-form of an adult planthopper. Nature, Longdon. 1956, 178: 641~642
- 7 Mochida O. A strain producing abundant brachypterous adults in *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). Entomol. Exp. & Appl. 1975 18: 465~471
- 8 Saxena R C *et al.* Wing morphism in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Insect Sci. Appl. 1981, 1: 343~348
- 9 丁榕 (巫国瑞译). 昆虫迁飞和滞育的进化. 北京: 科学出版社, 1984, 162~190
- 10 Iwanaga K *et al.* Effects of juvenile hormone and resting density on wing dimorphism and oocyte development in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. J. Insect Physiol. 1986, 32 (6): 585~590
- 11 Kisimoto R. Studies on the polymorphism and its role playing in the population growth of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). Bull. Shikoku Agric. Sta. 1965, 13: 1~106

# STUDIES ON THE IMMIGRATION AND THE WING-FORM DEVELOPMENT OF BROWN PLANTHOPPER, *NILAPARVATA LUGENS* (STÅL)

Yu Xiaoping    Lu Zhongxian    Wu Guorui    Tao Linyong

(*Institute of Plant Protection, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences Hangzhou 310021*)

Zhang Zhitao

(*Department of Plant Protection, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006*)

**Abstract**    *Nilaparvata lugens* (Stål), has two wing-forms, macropterous and brachypterous. The brown planthopper (BPH) controlled by a pair of dominant genes, and coordinated by hormones excreted by endocrine which is affected by external factors, such as nymphal density and plant nutrients. The sensitive instars of BPH nymph for wing-form development are the 1st~3rd instars in female and 1st~5th instars in male respectively. The forewing length of BPH is affected by nymphal density. BPH feeding on rice plants at various stages have different brachypterous ratios, tillering plants cause more brachypterous females than booting rice plants. There are no significant difference between the wing-form development and various BPH biotypes under various nymphal densities. The Zhejiang populations show low brachypterous ratios and have a negative correlation with nymphal density, belonging to the temperate type. The Philippine populations are almost brachypterous, however, the brachypterous ratio of BPH males raise with the increase of nymphal density. The Guangxi population have a high brachypterous ratio, being similar to the tropical type. The results also indicate that the brachypterous ratios of males are the highest when the nymphal populations are at the medium (5~10 per tiller) or high (>20 per tiller) densities.

**Key words**    wing-form development, genetic analysis, sensitive instar, biotypes, BPH population