

褐飞虱翅型分化遗传规律的研究*

王 群 杜建光 程遐年

(南京农业大学植保系 南京 210095)

摘要 以褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 长翅型 (macroptery, 简称 M)、短翅型 (brachyptery, 简称 B) 的遗传纯系为实验材料, 进行亲本、稻株生育期、虫口密度三因子交互实验。结果表明: (1) 在环境条件 (指稻株生育期、虫口密度等) 一致时, $B♀ \times B♂$ 、 $B♀ \times M♂$ 、 $M♀ \times B♂$ 、 $M♀ \times M♂$ 四种亲本组合的 F_1 代短翅型成虫百分率分别为: 98%、92%、64%、29%, 各亲本组合间差异极显著; (2) 亲本相同时, 将 F_1 代褐飞虱初孵若虫多头饲养 (多于 10 头/株) 在黄熟期稻株上, 其长翅型雌、雄成虫百分数均高于灌浆期稻株上; (3) 单头饲养实验中发现, 不论亲本组合、稻株生育期如何, 雌虫绝大多数分化为短翅型, 而雄虫则几乎全为长翅型。这表明褐飞虱的翅型分化遗传由一个受多种因子影响的调控体系决定, 且调控作用与性别有关。

关键词 褐飞虱, 翅型分化, 遗传, 基因表达调控

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 是我国和许多亚洲国家当前水稻生产上的重要害虫。这种害虫成虫期具有翅二型现象, 长翅型成虫能作远距离迁移, 成功地追踪寄主植物质量的变化, 逃避恶劣环境条件, 而短翅型的居留繁殖能充分利用当地资源, 扩大种群数量。这种害虫翅二型的灵活变化, 实现了其迁飞和生殖的切换, 使种群消长与资源变化同步, 以适应环境条件, 获得种群的延续与繁荣^[1]。这种在长期进化选择过程中形成的生态对策使其成为水稻上的重要害虫。为及时准确地预测预报褐飞虱的暴发为害、分析虫源性质和及时有效地防治, 研究褐飞虱翅型分化具有重要的意义。

国内外许多学者曾就褐飞虱翅型分化的环境因子进行过广泛的研究, 明确了温度、湿度、光周期、稻株生育期和种群拥挤度等都不同程度地影响着翅型的分化^[2~15]。但对于翅型分化的遗传研究报道很少, 且观点不一^[11, 15~16]。并且, 环境因子如何通过遗传调节翅型分化的研究, 未见报道。

1 材料和方法

1.1 供试虫源和水稻品种

供试虫源: 室内经 12 代连续筛选后获得的褐飞虱长翅型 (M)、短翅型 (B) 遗传纯系。供试水稻品种: 汕优 63。

* 国家自然科学基金重点项目 39130070

1996-04-01 收稿, 1996-12-05 收修改稿

1.2 亲代翅型对子代遗传效应的测定

将亲本按 $B♀ \times B♂$ 、 $B♀ \times M♂$ 、 $M♀ \times B♂$ 和 $M♀ \times M♂$ 四种组合方式自交或杂交。然后将 F_1 代初孵若虫置于灌浆期稻株上，恒温室内笼罩饲养，温度为 25°C ，光照为 14 h/d ，每处理重复20次以上，每个重复接虫25头，观察统计各组合褐飞虱翅型分化的情况。

1.3 稻株生育期对翅型分化的影响

将亲本 $B♀ \times B♂$ 、 $B♀ \times M♂$ 、 $M♀ \times B♂$ 、 $M♀ \times M♂$ 的 F_1 代初孵若虫分别用灌浆期稻株和黄熟期稻株两种方法处理。其它饲养条件同1.2，每处理重复20次以上，每个重复接虫25头，研究稻株生育期对翅型分化的作用。

1.4 单头饲养条件对遗传的调节作用

将来自于亲本 $B♀ \times B♂$ 、 $B♀ \times M♂$ 、 $M♀ \times B♂$ 、 $M♀ \times M♂$ 的 F_1 代初孵若虫分别单头笼罩饲养于灌浆期和黄熟期稻株上，每处理重复80次，研究单头饲养对翅型遗传调节作用。

2 结果和分析

2.1 亲本翅型的遗传效应

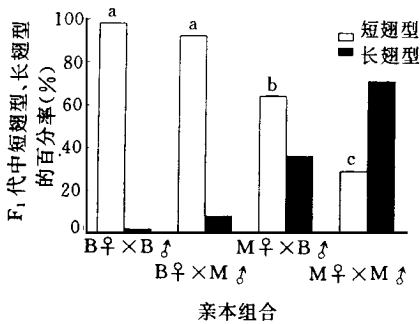


图1 双亲翅型对 F_1 代翅型的遗传效应
(图中具有相同字母者表示这两个平均数之间无极显著差异 $P=0.01$)

$B♀ \times B♂$ 与 $B♀ \times M♂$ 差异不显著，而以长翅型为母本的组合，如 $M♀ \times M♂$ 与 $M♀ \times B♂$ 差异极显著(图1)。上述不同亲本组合后代间的差异表明，子代的翅型表型与亲本的遗传关系密切。

2.2 水稻生育期对翅型遗传的调节

在以往有关影响翅型分化的诸多环境因子试验中，水稻生育期是一关键因素。在本试

$B♀ \times B♂$ 、 $B♀ \times M♂$ 、 $M♀ \times B♂$ 、 $M♀ \times M♂$ 四对亲本自交或杂交组合， F_1 代初孵若虫羽化后，成虫短翅型平均百分率为：父母本均为短翅型 ($B♀ \times B♂$)，其 F_1 代中短翅型占绝对优势，百分数高达98%；而双亲为长翅型的组合中 ($M♀ \times M♂$)，短翅型仅占29%； $B♀ \times M♂$ 、 $M♀ \times B♂$ 组合的短翅率介于 $B♀ \times B♂$ 与 $M♀ \times M♂$ 之间(图1)。经新复极差测验表明：在母本不同时，如 $B♀ \times B♂$ 与 $M♀ \times B♂$ 、 $B♀ \times B♂$ 与 $M♀ \times M♂$ 、 $B♀ \times M♂$ 与 $M♀ \times B♂$ 、 $B♀ \times M♂$ 与 $M♀ \times M♂$ 的子代翅型分化差异极显著；在母本相同时，凡以短翅型为母本的组合 $B♀ \times B♂$ 与 $B♀ \times M♂$ 差异不显著，而以长翅型为母本的组合，如 $M♀ \times M♂$ 与 $M♀ \times B♂$ 差异极显著(图1)。上述不同亲本组合后代间的差异表明，子代的翅型表型与亲本的遗传关系密切。

验中,各亲本组合的 F_1 代初孵若虫多头(多于10头/株)饲养在黄熟期稻株上与在灌浆期稻株上相比较,长翅型雌、雄成虫的百分数均有不同程度的上升,其中以 $M♀ \times B♂$ 组合中的长翅型雌虫百分数变化最为明显,上升了36%。相应地,短翅型雌、雄成虫比例下降,且下降幅度不一(表1)。可见,水稻黄熟期有利于长翅型雌、雄成虫的分化,而灌浆期则促进短翅型的出现。但从各亲本组合间的差异来看,这种调节作用是有限的。

表1 褐飞虱在稻株黄熟期、灌浆期翅型分化的比较

翅型	亲本类型	水稻生育期(%)		
		灌浆期	黄熟期	黄熟期~灌浆期
M♀	$B♀ \times B♂$	0	2	+2
	$B♀ \times M♂$	9	20	+11
	$M♀ \times B♂$	5	41	+36
	$M♀ \times M♂$	53	72	+19
M♂	$B♀ \times B♂$	5	33	+28
	$B♀ \times M♂$	6	10	+4
	$M♀ \times B♂$	70	85	+15
	$M♀ \times M♂$	95	97	+2
B♀	$B♀ \times B♂$	100	98	-2
	$B♀ \times M♂$	91	80	-11
	$M♀ \times B♂$	95	59	-36
	$M♀ \times M♂$	47	28	-19
B♂	$B♀ \times B♂$	95	67	-28
	$B♀ \times M♂$	94	90	-4
	$M♀ \times B♂$	30	15	-15
	$M♀ \times M♂$	5	3	-2

2.3 单头饲养对翅型遗传的影响

在单头饲养不同亲本组合的 F_1 代初孵若虫时发现,在食料优越与无拥挤的条件下, $B♀ \times B♂$ 、 $B♀ \times M♂$ 、 $M♀ \times B♂$ 、 $M♀ \times M♂$ 各亲本组合中,雄虫中长翅型的百分数在稻株灌浆期依次为:55%、100%、96%、100%;在黄熟期分别为38%、90%、95%、97%(图2: I);雌虫中的长翅型在灌浆期为0%、6%、13%、10%;黄熟期则为0%、0%、37%、20%(图2: II)。这表明在单头饲养下,稻株生育期对翅型分化几乎没有影响。进一步比较雌虫和雄虫翅型分化的差异(图2),发现各组合的子代雄性多分化为长翅型,雌性多为短翅型。这意味着在虫口密度极低时,性别对翅型分化的影响显著,这与多头饲养时的情形有所不同。尽管单头(密度)影响着褐飞虱的翅型分化,但亲本遗传的制约依然存在。

综上所述,在遗传基础一致的条件下,褐飞虱翅型表型可依环境灵活变化,适应环境。但不同亲本组合的后代翅型差异极显著,这又表明了遗传因子的基础效应。

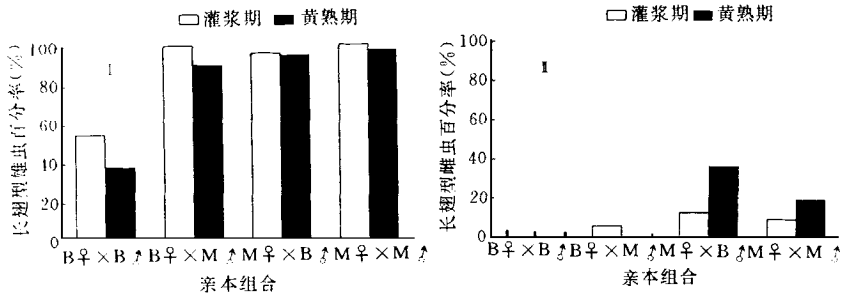


图2 不同亲本组合子代在单头饲养时雌、雄虫的翅型分化

I: 雄虫, II: 雌虫

3 讨论

在研究褐飞虱的翅型分化遗传方面, Iwanaga 等认为其雌成虫的短翅型由一对显性等位基因控制, 而雄虫翅型分化不符合遗传的分离规律^[11]。诸冈直却认为褐飞虱的翅型分化取决于两对基因^[16]。本实验中结果表明, 虽然从亲代获得的遗传物质是翅型分化的基本要素, 这与 Iwanaga、诸冈直的观点一致, 但即使在相同的遗传基础条件下, 褐飞虱翅型表型仍可因外界的环境条件(稻株生育期、虫口密度等)不同而发生不同程度的变化, 这意味着在不同的环境条件下, 基因在表达方面存在着很大的差异。因此认为褐飞虱的翅型分化由一个受多因子影响的调控体系决定。根据本实验的结果可以推断:(1)翅型基因的表达调控作用与性别有关。在多头饲养实验中, 正交($B♀ \times M♂$)与反交($M♀ \times B♂$)的极显著差异证实了同一性状(长翅或短翅)在作母本或父本时的作用有所不同。但在单头饲养时, 性别在调控过程中的作用不同于多头饲养, 经假设测验分析可知, 正交($M♀ \times B♂$)的极显著差异证实了同一性状(长翅或短翅)在作母本或父本时的作用有所不同。但在单头饲养时, 性别在调控过程中的作用不同于多头饲养, 经假设测验分析可知, 正交($B♀ \times M♂$)与反交($M♀ \times B♂$)相比较, 无论稻株生育期如何, 雄虫翅型分化差异不显著, 而雌虫差异极显著。尤其在单头饲养时, $B♀ \times M♂$ 竟在灌浆期及黄熟期分别出现100%和90%的长翅型雄虫后代, 这都与伴性遗传的假设相悖。在研究中发现, 性别的作用受其它因子的影响很大, 因此是否为伴性遗传尚需进一步论证。(2)在此调控体系中, 各因子协调作用, 决定居留或迁飞。在多头饲养时, 食料质量已经转化的黄熟期稻株, 不但促进了长翅型雄虫的大量出现, 而且有利于长翅型雌虫的分化。这意味着迁飞扩散、开辟新资源的自身条件已经成熟。但在单头饲养下, 雄虫几乎为长翅型, 而雌虫绝大多数为短翅, 不能迁飞。因此, 仅仅是寄主植物质量变化还不足以促成迁飞, 只有当食料适合度下降且空间拥挤时, 再配合其它环境因子的作用, 迁飞才得以实现。另外, 诸多因子中, 单个因子的作用可因其它因子而改变。褐飞虱多头饲养在黄熟期稻株上, 分化的长翅型雌、雄虫比率均高于灌浆期上。但在单头饲养下, 黄熟期稻株上分化的短翅雌

虫在各组合中仍高达100%、100%、63%、80%。

由此可见,翅型基因的表达调控正是褐飞虱翅二型灵活变化的关键所在。但各因子作用于其内在遗传机制的调控模式有待于从分子水平进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Denno R F, Roderick G K. Population biology of planthopper. *Annu. Rev. Entomol.*, 1990, **35**: 489~520
- 2 Kisimoto R. Effect of crowding during the larval period on the determination of the wing-form of an adult planthopper. *Nature (London)*, 1956, **178**: 641~642
- 3 Watanabe N. The density effect on the appearance of two wing-forms in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* and the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.*, 1967, **11**: 57~61
- 4 Dyck V A *et al.* Ecology of the brown planthopper in the tropics. In *Brown Planthopper: Threat to Rice Production in Asia*, Inter. Rice. Res. Inst., Philippines, 1979, 61~98
- 5 Saxena R C *et al.* Wing morphism in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Insect Sci. Appl.*, 1981, (1): 343~348
- 6 王希仁, 张灿东. 褐稻虱翅型分化因子的探讨. *昆虫知识*, 1981, **18** (4): 145~148
- 7 邹运鼎, 陈基诚, 王士槐. 稻株营养物质与褐飞虱翅型分化的关系. *昆虫学报*, 1982, **25** (2): 220~222
- 8 黄次伟, 陈福云, 冯炳灿. 褐稻虱食料条件的研究. *昆虫知识*, 1982, **19** (4): 1~4
- 9 潘锡康. 褐稻虱翅型分化因子的初步研究. *安徽农学院学报*, 1982, **13** (2): 96~100
- 10 张增全. 褐稻虱翅型分化的研究. *昆虫学报*, 1983, **26** (3): 260~265
- 11 Iwanaga K, Tojo S, Nagata T. Immigration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, exhibiting various responses to density in relation to wing morphism. *Entomol. Exp. Appl.*, 1985, **38**: 101~108
- 12 Iwanaga K, Tojo S. Comparative studies on the sensitivities to nymphal density, photoperiod and rice plant stage in two strains of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 1988, **32**: 68~74
- 13 Morooka S, Ishibashi N, Tojo S. Relationships between wing-form response to nymphal density and black coloration of adult body in brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.*, 1988, **23** (4): 449~458
- 14 Yamada S. The Creation of adult wing-form in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae) to wing-pad length of last instar nymphs. *Appl. Ent. Zool.*, 1991, **26** (4): 590~592
- 15 俞晓平. 褐稻虱的翅型分化和迁入研究. *中国科协首届青年学术年会会议论文集*, 北京: 中国科学技术出版社, 1992, 263~267
- 16 诸冈直. トビイロウンカにおける翅長変異の遺伝制御. *个体群生态学学会会报 (日文)*, 1992, **49**: 12~14

GENETIC STUDIES ON WING DIMORPHISM OF BROWN PLANTHOPPER, *NILAPARVATA LUGENS* (HOMOPTERA: DELPHACIDAE)

Wang Qun Du Jianguang Cheng Xianian

(Department of Plant Protection, Nanjing Agricultural University Nanjing 210095)

Abstract Experiments were carried out with the pure-bred strains of both macropterous (M) and brachypterous (B) brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) in order to know the effects of parents, rice growth stage and population density on the wing dimorphism. Under the same laboratory rearing condition, the F₁ progenies of B♀ × B♂, B♀ × M♂, M♀ × B♂ and M♀ × M♂ provided 98%, 92%, 64% and 29% brachyptery adults respectively, and the variance between each other was significant. At the density of more than 10 nymphs per plant, the percentages of both female and male macroptery adults whose nymphs were reared on yellow maturity rice were higher than those on milk-filling stage rice. In single rear experiment, most of the female individuals turned out to be brachyptery, while males were dominated by macroptery, regardless of their parents and rice growth stage. Conclusion can be made from our studies that the wing dimorphism is controlled by a sex related gene expression regulation system affected by many factors.

Key words *Nilaparvata lugens*, wing dimorphism, genetic, gene expression regulation