

# 中国杂交稻组合汕优 63 上白背飞虱多发生的成因探讨

寒川一成<sup>1</sup> 刘光杰<sup>2</sup> 卓 军<sup>3</sup> 韩 翔<sup>4</sup> 尤成冰<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> 日本国际农林水产业研究中心, 日本 筑波 305-8686; E-mail: ksgawa@jircas.affrc.go.jp; <sup>2</sup> 中国水稻研究所 国家水稻改良中心, 浙江 杭州 310006; <sup>3</sup> 南京农业大学 植物保护学院, 江苏 南京 210095; <sup>4</sup> 安徽农业大学 植物保护系, 安徽 合肥 230036)

## Causal Analysis on the Whitebacked Planthopper Prevalence in Chinese Hybrid Rice Shanyou 63

SOGAWA Kazushige<sup>1</sup>, LIU Guang-jie<sup>2</sup>, ZHUO Jun<sup>3</sup>, HAN Xiang<sup>4</sup>, YOU Cheng-bing<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba 305-8686, Japan; E-mail: ksgawa@jircas.affrc.go.jp; <sup>2</sup> Chinese National Center for Rice Improvement, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; <sup>3</sup> College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; <sup>4</sup> Department of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** Population build-up of the whitebacked planthopper (WBPH), *Sogatella furcifera*, was comparatively observed on a Chinese hybrid rice Shanyou 63 (SY-63) and inbred rice Chunjiang 11 (CJ-11) under the field conditions. WBPH immigrated and laid eggs evenly to the hybrid rice SY-63 and CJ-11. WBPH established significantly higher density of population on SY-63 than did on CJ-11, because of different egg mortality between the varieties. Population build-up by WBPH was compared between SY-63 and its parental lines. WBPH population was suppressed in the restorer line Minghui 63 (MH-63), while exceedingly promoted in Zhenshan 97A (ZS-97A) and Zhenshan 97B (ZS-97B), the CMS and its maintainer lines, respectively. Biomasses of SY-63 and ZS-97A were equally efficiently converted to WBPH biomass. However, SY-63 allowed WBPH to reproduce more progenies without suffering destructive damages, because of its greater biomass productivity compared to ZS-97A. WBPH females excreted larger amounts of honeydew, indicating higher rate of sucking on ZS-97A and ZS-97B, and relatively less honeydew on MH-63 than on SY-63. WBPH sucking on ZS-97A could be stimulated by significantly higher concentration of free amino acids in the phloem sap. On the contrary, MH-63 might suppress WBPH sucking due to its poor amino acid components in the phloem sap. As a conclusion, prevalence of WBPH in SY-63 was caused by extreme susceptibility inherited from ZS-97A, and great tolerance to WBPH infestation due to heterosis in SY-63. The extreme susceptibility was not associated with the CMS trait in ZS-97A.

**Key words:** whitebacked planthopper; hybrid rice; insect susceptibility; insect tolerance; biomass

**摘 要:**以汕优 63 及其亲本、常规稻春江 11 为材料,研究了白背飞虱在中国杂交稻品种汕优 63 上大量发生的主要原因。从杂交稻汕优 63 和常规粳稻春江 11 上白背飞虱的发生情况来看,白背飞虱长翅型雌成虫的迁入密度和产卵数没有明显差异,种群的变化也一致。但汕优 63 的卵孵化率较高,若虫种群密度也明显较高。从汕优 63 及其亲本对白背飞虱的反应来看,汕优 63 的恢复系明恢 63 抑制白背飞虱的繁殖,但不育系珍汕 97A 和保持系珍汕 97B 对白背飞虱繁殖有促进作用。珍汕 97A 和汕优 63 的稻-飞虱间的干物质转化率基本相同,但汕优 63 具有较高的干物质生产能力,可能使白背飞虱繁殖密度较高。日平均蜜露分泌量,以珍汕 97A 和珍汕 97B 最多,明恢 63 最少,汕优 63 居中。珍汕 97A 的筛管液中大部分是主要氨基酸,浓度高于汕优 63 和明恢 63。汕优 63 与明恢 63 的筛管液中氨基酸的总浓度基本相同,但微量氨基酸浓度高于明恢 63。总的来看,汕优 63 的白背飞虱繁殖率较高,主要原因在于不育系珍汕 97A 的高感虫性和杂种优势的高干物质转化能力产生的耐受性,而不是珍汕 97A 的白背飞虱感虫性和细胞质不育导致的。

**关键词:** 白背飞虱; 杂交水稻; 感虫性; 耐虫性; 生物产量

**中图分类号:** S433.3; S435.112+.3; S511.034

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-7216(2003)增刊-0095-08

白背飞虱 (*Sogatella furcifera*) 只在水稻上取食,水田是其唯一的栖息地。因此,其栖息环境的水稻栽培方式和作为寄主植物的水稻品种直接影响白背飞虱的发生。20 世纪 80 年代,杂交稻在中国迅速推广,其高产性为稻米增产作出了重要贡献<sup>[1]</sup>,但也为稻飞虱创造了适宜的栖息环境,使稻飞虱的发生量显著增加<sup>[3,7]</sup>。原来只是水稻次要害虫的白背飞虱,已经成为杂交稻的主要害虫。杂交稻中大量繁殖的白背飞虱,迁入华东地区及日本西

南地区,进一步为害粳稻<sup>[1,12]</sup>。为了防治白背飞虱而在水稻前期使用的杀虫剂,在杀死害虫的同时也杀死了水田中的天敌,使得与水田生态系统本身的

**收稿日期:** 2002-12-03。

**基金项目:** JIRCAS 国际合作研究项目 (B3333101)。

注:本文是中日合作研究项目“中国重要食物资源的可持续生产和高度利用技术的开发”在中国水稻研究所实施的“中国迁飞性稻飞虱综合防治技术的开发”研究内容的一部分。

**第一作者简介:** 寒川一成 (1941-),男,博士,主任研究官。

生物防治功能相协调的害虫管理变得极为困难。本文拟通过对中国典型杂交稻汕优63上白背飞虱发生的分析,阐明其大量发生的生理生态学上的主要原因。

## 1 材料与方 法

### 1.1 汕优63和春江11的田间虫情调查

#### 1.1.1 田间调查

1998年6月19日,将播种后30d的汕优63(杂交稻)和春江11(常规粳稻)秧苗分别移栽入3块6m×10m的试验田,株行距为20cm×25cm。按照不同的翅型,每周统计每个试验区的50~100株上的白背飞虱雌成虫数,比较种群的发生过程。若虫开始孵化时(7月5日),分别从两个品种的试验田中采集12~13支有卵的叶鞘,调查总卵数和发育卵数。在第一代若虫种群最盛期的7月15日和7月20日,分别从两个品种上采集50~80头5龄若虫饲养,调查羽化后的雌成虫翅型。

#### 1.1.2 干物质和含氮量测定

为了研究杂交稻和常规粳稻的不同生育特性对白背飞虱的影响,每周取两个品种各5株,用叶面积测量仪(林电工,AAM-9)测量后,以80℃的热风干燥2d,称取地上部分干物质质量。然后将叶片和其他地上部分干燥、粉碎,以凯氏法分解其中的0.2~0.3g,用自动滴定仪(Tector, Kjeltac 1030 autoanalyzer)分析含氮量。

#### 1.1.3 盆栽试验

将两个品种的幼苗分别移入13.5cm×15.5cm的塑料盆,移至室外。开始分蘖后,每个品种取12株,每株接入4对成虫,罩上15cm×60cm的网罩。其他12株作为对照,只罩网罩,不接虫。次代若虫种群开始羽化时,将虫取回,80℃的热风干燥2d后,分别称干物质质量。

### 1.2 汕优63与其亲本的虫情比较

#### 1.2.1 田间试验

1999年6月19日,将汕优63、不育系珍汕97A和恢复系明恢63秧苗分别移栽入相邻的3块6m×35m的试验田,株行距为20cm×25cm,进行相同的常规施肥。每个试验区内分两部分,一半为非防治区,另一半为防治区,用扑虱灵、吡虫啉等进行常规防治。在非防治区,每周目测调查50~100株上不同翅型的雌成虫数。

2001年6月21日,将汕优63、珍汕97A、明恢63以及保持系珍汕97B秧苗分别移栽入4个5m

×20m的试验区,株行距相同,调查白背飞虱的繁殖情况。

#### 1.2.2 干物质和含氮量测定

1999年,在汕优63、珍汕97A和明恢63的不防治小区里每周取样,在防治区里飞虱为害最严重时取样。每个品种各取5株,80℃的热风干燥2d后,称取地上部分的干物质质量,并按1.1.2的方法,测定叶片和叶鞘的总含氮量。

#### 1.2.3 寄主稻与白背飞虱的干物质测定

将汕优63、珍汕97A和明恢63的幼苗分别移入13.5cm×15.5cm塑料盆,移至室外。分蘖开始后,罩上15cm×60cm的网罩,分别接入0、2、4、6和8对成虫。每个接入密度设5~6个重复。次代若虫种群羽化时,收回接入虫,80℃的热风干燥2d后,分别称干物质质量。

### 1.3 白背飞虱的取食活动及韧皮部汁液氨基酸成分分析

#### 1.3.1 蜜露测定

将汕优63、珍汕97A和明恢63的幼苗分别移入直径6.5cm、深10.5cm的塑料盆。开始分蘖后,用2.0cm×3.5cm的石蜡薄膜小袋将1头怀卵雌成虫封入主干叶鞘顶部,使之取食1d,称取分泌在小袋中的蜜露量。每个品种15株。

#### 1.3.2 韧皮部汁液氨基酸分析

在上述的汕优63、珍汕97A和明恢63叶鞘部位,分别接入褐飞虱雌成虫。用YAG激光仪(NEC)对准从韧皮部取食的飞虱喙针,瞬间切断喙针,用2μL的毛细管采集自喙针溢出的韧皮部汁液。每个品种取2个样。以4%的5-磺基水杨酸稀释韧皮部汁液。去除蛋白后,用氨基酸自动分析仪(日立L-8500)分析其中的游离氨基酸。

## 2 结果与分析

### 2.1 汕优63和春江11的白背飞虱种群发生情况

#### 2.1.1 白背飞虱虫情比较

1998年,由于插秧后迁入的白背飞虱虫量非常少,汕优63和春江11试验区的长翅型雌成虫密度也较低,平均每株为0.80和0.73只,没有明显差异。移栽1周后,残存在汕优63和春江11叶鞘中的总卵数分别为31.9和42.3粒,也没有明显差异。但其中带黄斑和眼点的发育卵,汕优63为18.0粒(56%),多于春江11的4.3粒(10%)。第一代若虫的密度较低,7月下旬两个品种上羽化的雌成虫中,56%~63%为短翅型。第二代若虫种群出现于8月

中下旬,总数不多,但汕优 63 上的第一代短翅雌成虫和第二代长、短翅雌成虫的密度明显高于春江 11 (图 1)。

2.1.2 寄主稻的干物质与含氮量

随着水稻生长,汕优 63 的地上部分干物质和叶面积增加量明显高于春江 11(图 2)。两个品种的干物质质量差异明显,但叶片、叶鞘的含氮量差异不大。除了刚移栽时长翅雌成虫数量外,每 1 g 水稻干物质的白背飞虱数量,总是汕优 63 大于春江 11。

2.1.3 寄主稻与飞虱的干物质

接入飞虱时,汕优 63 和春江 11 的干物质分别为 1.3 和 0.6 g,实验结束时,无飞虱的对照区分别为 11.5 和 5.3 g,有飞虱的为 8.8 和 4.1 g(图 3-左)。汕优 63 干物质差异明显,春江 11 则差异不明显。另外,实验过程中繁殖的白背飞虱种群每株干物质,汕优 63 为 51.1 mg,春江 11 为 6.3 mg,差异很大(图 3-右)。

2.2 汕优 63 与其亲本的白背飞虱发生比较

2.2.1 虫情比较

1999 年 6 月 25 日白背飞虱大量迁入,刚移栽的汕优 63、珍汕 97A 和明恢 63 每株分别有 3.3、3.5 和 2.3 只长翅雌成虫,成为种群繁殖源。7 月中

下旬的低温少日照,导致第二代若虫的高密度,汕优 63 和珍汕 97A 高于明恢 63。7 月 18 日,珍汕 97A、汕优 63 和明恢 63 平均每株的若虫种群干物质分别为(68.1±18.4) mg、(50.1±9.0) mg、(28.9±13.7) mg。7 月下旬,不育系珍汕 97A 全部枯死,汕优 63 和明恢 63 也出现生育障碍,干物质比防治区分别减少了 65%和 55%。7 月下旬长翅成虫羽化迁出,8 月初种群基本消失(图 4-左)。

2001 年 6 月下旬,几乎没有白背飞虱的成虫迁入。移栽 2 周后,迁入汕优 63、珍汕 97A、明恢 63 和珍汕 97B 的长翅雌成虫平均每株为 1.63、0.66、0.89 和 1.25 只。由于第一代若虫的密度太低,我们主要了解第二代情况。7 月底至 8 月初羽化的第一代雌成虫的短翅率,4 个品种都达到 70%~80%,第二代若虫种群从 8 月中下旬以短翅雌成虫开始出现。第二代若虫在珍汕 97A 和珍汕 97B 上密度特别高。珍汕 97B 在 8 月下旬成虫羽化前全部枯死。珍汕 97A 随着长翅成虫的大量出现而呈半枯死状(图 4-中、右)。

2.2.2 寄主稻的干物质与含氮量

汕优 63 的生长态势强于珍汕 97A 和明恢 63,每株的干物质质量在出现飞虱种群的营养生长期也有

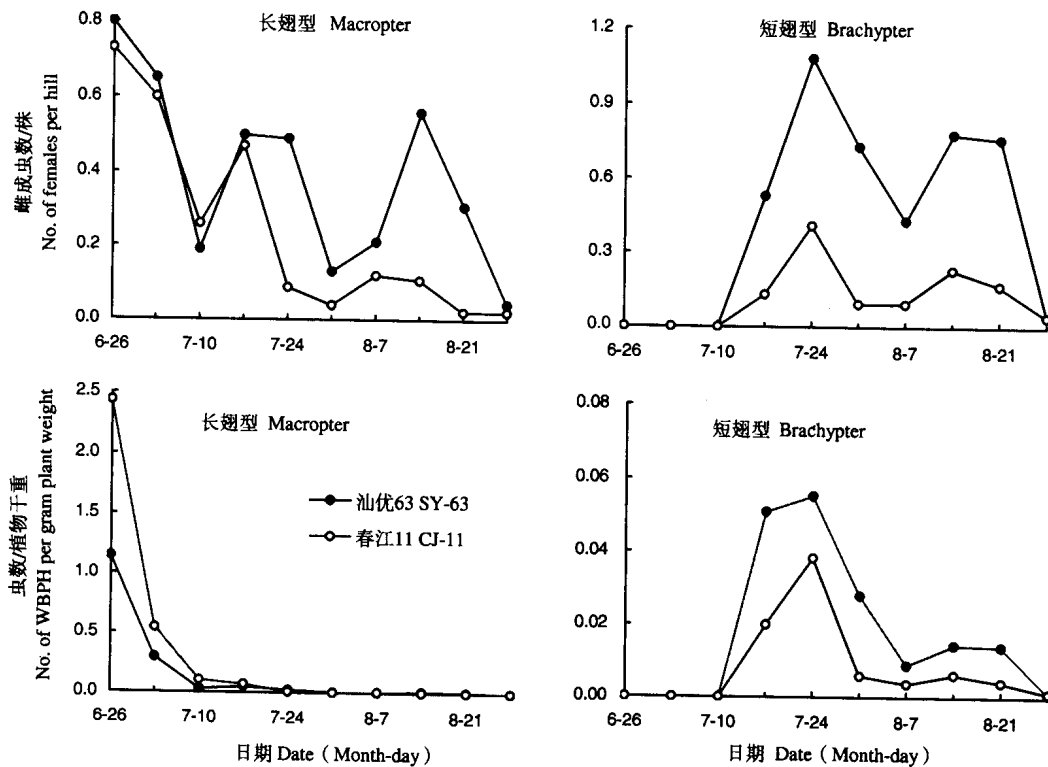


图 1 杂交稻汕优 63(SY-63)和常规稻春江 11(CJ-11)上白背飞虱长、短翅型雌成虫密度

Fig. 1. Fluctuation of actual density (no./hill, upper) and relative density (no./g, host plant dry weight, lower) of macropterous and brachypterous females of WBPH on hybrid rice Shanyou 63 (SY-63) and inbred rice Chunjiang 11 (CJ-11).

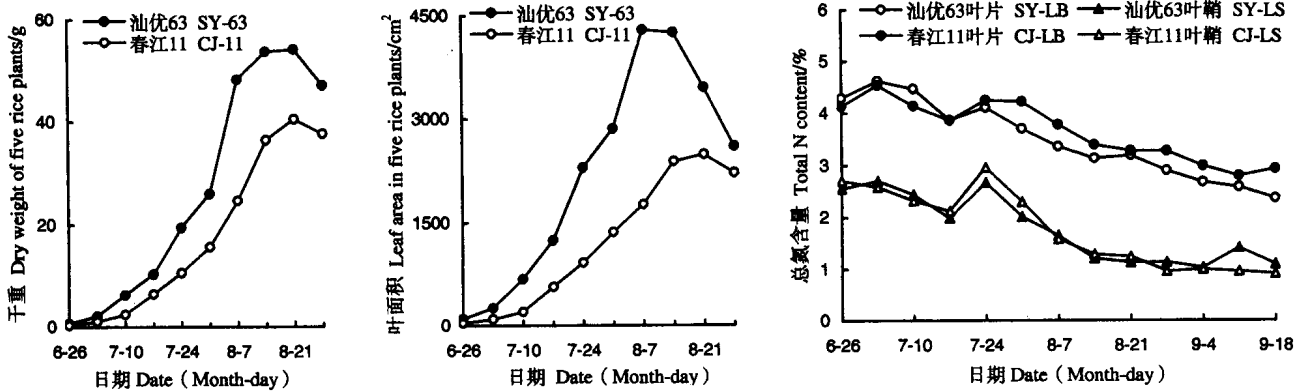


图2 汕优63和春江11的地上部分干物质量、叶面积、叶片和叶鞘的含氮量  
 Fig. 2. Dry biomass weight of upper ground portions, leaf area, and total nitrogen content in leaf blade (LB) and leaf sheath (LS) of SY-63 and CJ-11.

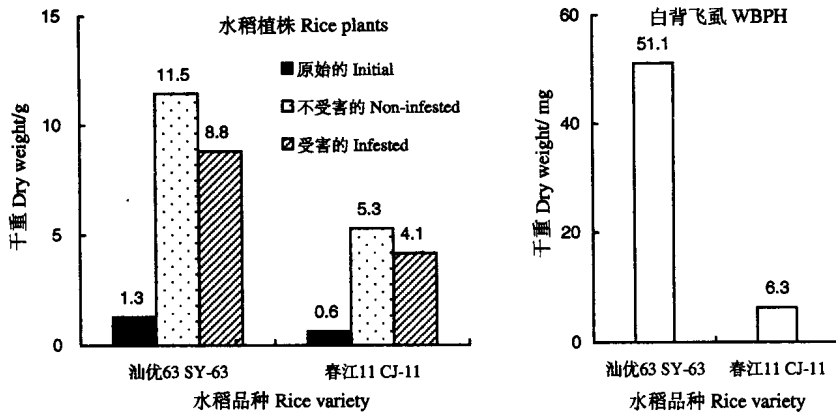


图3 接入白背飞虱前后及无白背飞虱的汕优63和春江11的每株干物质量(左),以及两个品种繁殖的白背飞虱种群每株平均干物质量(右)  
 Fig. 3. Initial and final dry weight of upper ground portions of SY-63 and CJ-11 with and without WBPH infestation (left), and dry weight of WBPHs reproduced on the both rice materials (right).

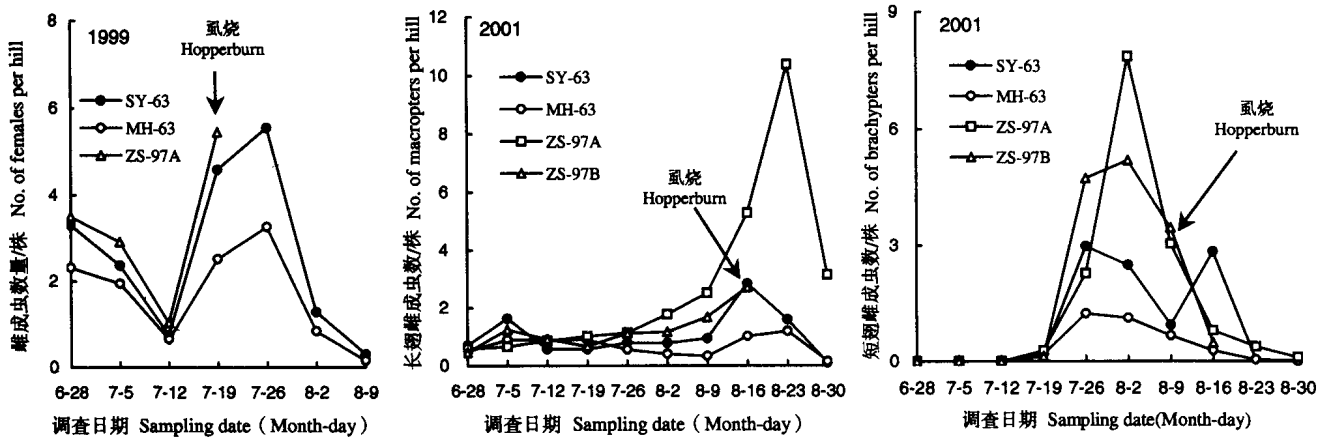


图4 汕优63和亲本上的白背飞虱种群发生变化情况  
 Fig. 4. Population trends of WBPH in SY-63 and its parents.

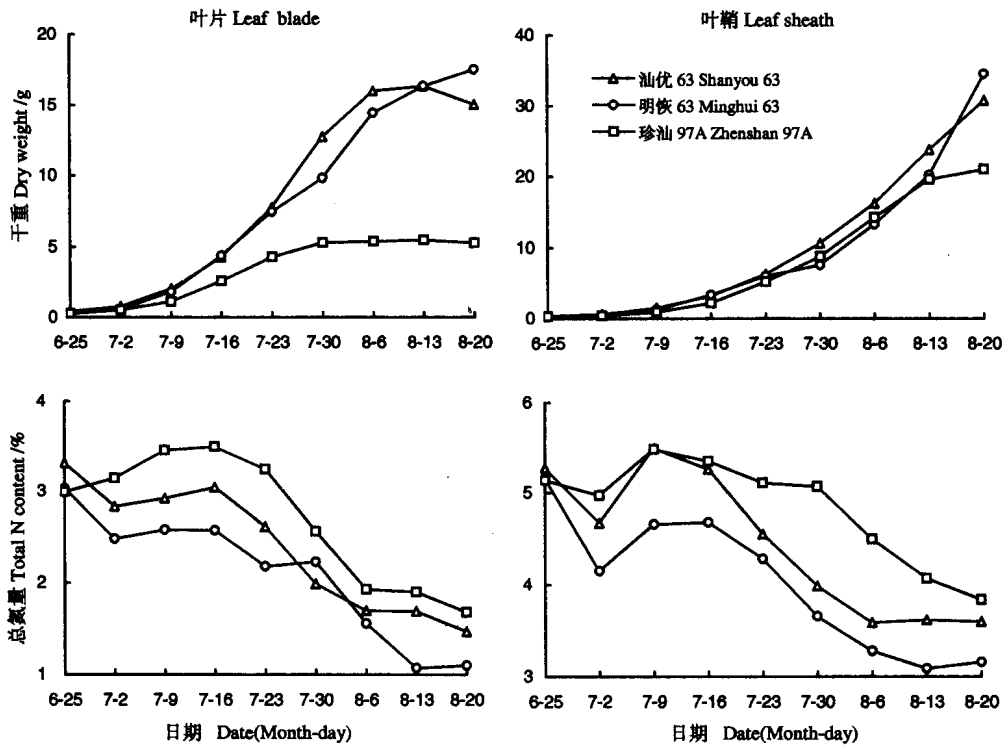


图5 汕优 63 及其亲本的叶片和叶鞘的干物质质量(上)与含氮量(下)

Fig. 5. Dry matter weight (above) and total nitrogen contents (below) of the leaf blade and leaf sheath of SY-63 and its parents.

差异(图 5)。将每株的飞虱密度换算成寄主株的每个干物质单位的密度进行比较,可以发现珍汕 97A 的迁入虫量和繁殖虫数都是最高的。

比较汕优 63 及其亲本的叶片和叶鞘的总含氮量,整个生育期都是不育系珍汕 97A 较高,恢复系明恢 63 较低,汕优 63 居中(图 5)。

### 2.3 杂交稻与白背飞虱的干物质关系

分析每个品种的接虫密度和种群干物质的关系表明,随着接入虫数的增加,飞虱的干物质也逐渐增加,但每头雌成虫的平均干物质质量却在减少。汕优 63 及其亲本间比较,接入 2~6 对的试验区内,明恢 63 上的飞虱干物质质量少于汕优 63 和珍汕 97A。

各材料的飞虱干物质质量 ( $x$ , mg) 与水稻干物质质量 ( $y$ , g) 成负相关关系。各材料的一次回归方程式为:汕优 63,  $y = -0.010x + 9.87, r = -0.67^{**}$ ; 珍汕 97A,  $y = -0.012x + 8.28, r = -0.78^{**}$ ; 明恢 63,  $y = -0.032x + 9.01, r = -0.82^{**}$ 。明恢 63 的回归系数高于汕优 63 和珍汕 97A。

接入虫时,无飞虱区(对照区)的汕优 63、珍汕 97A 和明恢 63 稻株平均干物质分别增加了 9.35、7.88 和 8.11 g。如果将它们的干物质增加部分换算成飞虱的干物质生产,则相当于 934、657 和 253 mg 的飞虱干物质。这表明,明恢 63 的潜在飞虱生

产能力低于汕优 63 和珍汕 97A(图 6)。

### 2.4 白背飞虱的取食活动及韧皮部汁液氨基酸成分

#### 2.4.1 蜜露分泌量

汕优 63 与其亲本比较,白背飞虱雌成虫的蜜露分泌量差异明显。每头雌成虫日平均分泌量,在珍汕 97A 和珍汕 97B 上最多,分别为 14.8 mg 和 15.0 mg,明恢 63 最少,为 6.9 mg,汕优 63 居中,为 11.8 mg。

#### 2.4.2 韧皮部汁液氨基酸含量

汕优 63 和明恢 63 的韧皮部汁液氨基酸含量,分别为 2.71 % 和 2.44 %,珍汕 97A 为 9.19 % (表 1)。主要氨基酸是谷氨酰胺、天冬氨酸、谷氨酸、丝氨酸和天冬酰胺。珍汕 97A 筛管液中的所有氨基

表 1 汕优 63 及其亲本的韧皮部汁液游离氨基酸总含量

Table 1. Total contents of free amino acids in the phloem sap of SY-63 and its parents.

重复 Replicate	氨基酸总浓度 Total content of free amino acids/%		
	汕优 63 SY-63	明恢 63 MH-63	珍汕 97A ZS-97A
1	2.82	2.40	9.56
2	2.59	2.48	8.81
平均 Mean	2.71	2.44	9.19

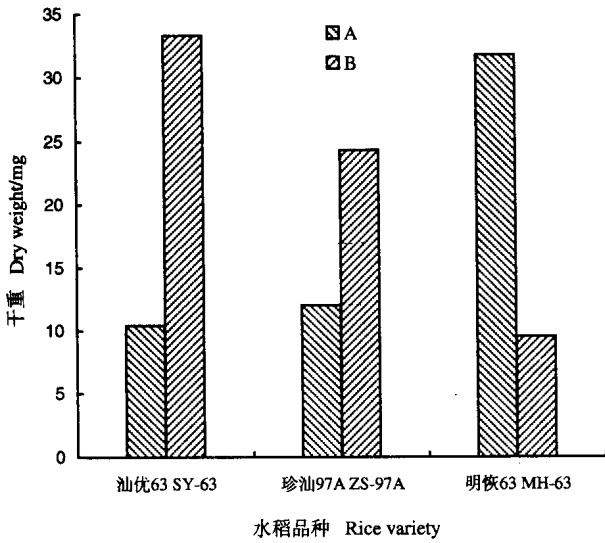


图 6 白背飞虱干物质与寄主汕优 63 及其亲本的干物质的关系  
Fig. 6. Biomass interactions between WBPH and its host plants, SY-63 and its parents.

A—生产 1 mg 白背飞虱干物质所对应的水稻干物质损失 (mg); B—将白背飞虱干物质 (mg) 换算成水稻的每日干物质生产量 (mg)。

A—Plant biomass loss (mg, weight) equivalent to production of 1 mg WBPH biomass; B—WBPH biomass (mg, dry weight) equivalent to daily biomass production (mg, dry weight) of host plants.

酸浓度都最高。汕优 63 和明恢 63 韧皮部汁液的总氨基酸浓度基本一致,但汕优 63 的谷氨酰胺、天冬酰胺和谷氨酸浓度较低;明恢 63 的亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸等微量氨基酸浓度较低(表 2)。

### 3 讨论

#### 3.1 汕优 63 和春江 11 上白背飞虱发生情况的差异

6 月下旬,将杂交稻汕优 63 与常规粳稻春江 11 进行相同的单季稻常规栽培,比较白背飞虱虫情。两者的长翅雌成虫迁入密度和产卵数没有明显差异,说明白背飞虱雌成虫对汕优 63 和春江 11 的寄主选择嗜好性、取食、怀卵、产卵过程没有差异。

以次代成虫的羽化过程比较种群繁殖形式,两个品种也基本一致,但第一代短翅雌成虫和第二代长短翅雌成虫的虫量,汕优 63 都明显高于春江 11,而且种群繁殖率也有很大差异。由于杂交稻品种的干物质质量一般高于常规品种<sup>[8]</sup>,寄主植物的干物质差异可能影响虫量。为了修正两个品种干物质的差

表 2 汕优 63 及其亲本的韧皮部汁液氨基酸组成

Table 2. Amino acid composition in the phloem sap of SY-63 and its parents.

氨基酸 Amino acid	浓度 Concentration/( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )		
	汕优 63 SY-63	明恢 63 MH-63	珍汕 97A ZS-97A
Gln	3.000	8.256	22.334
Asp	3.539	3.897	12.944
Glu	2.379	2.945	9.713
Ser	2.133	1.847	7.787
Asn	1.854	0.980	4.737
Val	1.909	0.626	4.311
Leu	2.100	0.234	3.951
Thr	1.322	0.542	3.445
Lys	1.725	0.447	3.175
Ile	1.489	0.257	3.087
Arg	1.356	0.964	2.976
Ala	0.290	0.885	2.827
Tyr	1.189	0.602	2.670
Phe	1.181	0.200	2.658
Pro	0.688	0.141	0.976
His	0.504	0.126	1.135
Met	0.086	0.010	0.274
Gly	0.033	0.104	0.174
Cysteine	0.000	0.000	0.077
Cys	0.000	0.016	0.022

异,我们将每株的成虫数换算成每个单位干物质的成虫数,结果表现一致。两品种的种群繁殖率差异,在盆栽试验中也得到了验证。总含氮量所反映的两品种的氮营养条件差异并不能说明繁殖率的差异。汕优 63 和春江 11 的雌成虫日平均蜜露分泌量,分别为(24.4±9.4) mg 和(20.9±8.0) mg,没有明显差异,说明汕优 63 和春江 11 并不具备抑制取食引起的抗寄生性和抗生性。

移栽 1 周后春江 11 上的白背飞虱发育卵数,只是汕优 63 的 1/4,这是春江 11 上白背飞虱繁殖率低下的主要原因,也有可能是因为卵的死亡率高。从春江 11 的叶鞘产卵部位有褐变,可以推断该品种较高的卵死亡率是由于粳稻品种特有的诱导杀卵抗性<sup>[4,5,9]</sup>。怀卵雌成虫在汕优 63 和春江 11 的叶鞘上产卵的卵死亡率分别为 8.9% 和 61.7% (未发表数据),两品种不同的种群繁殖率,主要取决于是否具有诱导抗性。今后应该通过与不具诱导抗性的感虫常规稻比较,进一步验证杂交稻的感虫性。

#### 3.2 汕优 63 与亲本的白背飞虱虫量差异及其主要成因

通过对白背飞虱发生情况的分析,可以评价同时播种的汕优 63、珍汕 97A 和明恢 63 的白背飞虱

敏感性。每株的虫数,汕优 63 和亲本明显不同:恢复系明恢 63,移栽后迁入的雌成虫数较少,以后的成虫数也少;不育系珍汕 97A,移栽后迁入的雌成虫密度相对较高,成虫数也较多。珍汕 97A 在 1999 年第一代若虫的最盛期(7 月下旬)全部枯死,2001 年第二代若虫种群最盛期(8 月中旬)半枯死,而保持系珍汕 97B 基本上全部枯死。珍汕 97A 的高密度即使换算成干物质统计,也同样是高值。在白背飞虱发生初期,明恢 63 每个单位干物质的迁入虫数与汕优 63 基本相同,但次代成虫数低于汕优 63。明恢 63 不带抗白背飞虱基因,但其母本 IR30 具有对白背飞虱的稻田抗性<sup>[10]</sup>。这些结果表明,汕优 63 的杂交组合中,不育系和保持系对白背飞虱具有明显的敏感性。从白背飞虱的繁殖率来看,明恢 63 低于汕优 63 和珍汕 97A。水田常规栽培的汕优 63 及其亲本的虫量差异,无法作为抗性差异通过苗期群体鉴定法鉴定<sup>[14]</sup>。

### 3.3 寄主稻与白背飞虱的干物质质量的关系

繁殖在每个品种上的白背飞虱种群的干物质反映了寄主稻的抗生程度。通常认为,寄主稻与白背飞虱间的干物质呈负的相关关系<sup>[13]</sup>,其回归系数,就是相当于生产 1 个单位白背飞虱干物质的寄主稻干物质的功能性损失(functional biomass loss),反映了白背飞虱干物质转化效率。寄主稻干物质的功能性损失也是虫害抗性的指标<sup>[2]</sup>。可将接虫期间增加的寄主稻干物质换算成繁殖的飞虱种群干物质,作为该品种的潜在飞虱生产能力的指标。利用这些指标,比较汕优 63 和亲本对白背飞虱的反应。可以看出,明恢 63 上的飞虱干物质产量最少,生产成本最高,对白背飞虱繁殖的抑制能力相对较高。珍汕 97A 和汕优 63 的干物质转化率较高,表现了相同程度的感虫性,其干物质生产能力的高低,表现在白背飞虱种群的繁殖量差异上。

### 3.4 寄主稻的茎叶含氮量、韧皮部汁液氨基酸成分及白背飞虱对其敏感性的关系

整个水稻生长期,叶片和叶鞘的含氮量,珍汕 97A 最高,明恢 63 最低,汕优 63 居中。含氮量最高的珍汕 97A,白背飞虱的虫量最大,为害最为严重。含氮量最低的明恢 63 抑制了白背飞虱的繁殖。而且,明恢 63 上的蜜露分泌量最少,也可以看出取食活动受到了抑制。这种寄主稻的氮营养差异,对白背飞虱繁殖量有影响<sup>[6]</sup>,并通过取食活动,反映在种群繁殖量上。白背飞虱主要以吸取水稻韧皮部汁液为食,汁液中的氨基酸,是其生长、繁殖不可或缺

的营养源。我们比较了韧皮部汁液中的游离氨基酸成分,结果是,白背飞虱繁殖最多的珍汕 97A 的韧皮部汁液氨基酸浓度最高,汕优 63 和明恢 63 总的氨基酸浓度基本相同。但能够抑制白背飞虱繁殖的明恢 63 的韧皮部汁液中,除了谷氨酰胺、天冬氨酸和谷氨酸以外,氨基酸浓度只有汕优 63 的 1/3~1/9,珍汕 97A 的 1/7~1/17。这个结果表明,韧皮部汁液中氨基酸浓度和成分,对白背飞虱的繁殖有很大的影响,成为决定水稻品种对白背飞虱敏感性差异的主要因素。而且,韧皮部汁液中的氨基酸不仅是飞虱取食的营养源,也为刺激其取食发挥了重要作用。因此,有必要进一步探讨不同水稻品种对白背飞虱敏感性的差异。

### 3.5 中国杂交稻“汕优 63”上白背飞虱多发生的主要原因及其对策

汕优 63 较高的白背飞虱繁殖率,主要来自于不育系珍汕 97A 显著的感虫性和杂种优势带来的高干物质转化能力。与珍汕 97A 相类似,保持系珍汕 97B 也有较高的感虫性,表明感虫性与细胞质不育没有关联,而由核内基因决定。为使杂交稻具有抗虫性,将抗虫基因转入恢复系是目前育种中一般采用的方法,但必须在不育系和保持系的选育过程中去除过分的感虫性状。

谢辞:承蒙中国水稻研究所中日合作项目办公室主任徐青女士,帮助翻译稿件,谨此表示感谢!

### 参考文献:

- 1 Hu G W, Tang J, Tang J Y. Recent prevalence of the white-backed planthopper *Sogatella furcifera* (Horváth) in China. *Shokubutu-Boeki (Plant Prot)*, 1992, 46:219-222. (in Japanese)
- 2 Panda N, Heinrichs E A. Levels of tolerance and antibiosis in rice varieties having moderate resistance to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Environ Entomol*, 1983, 12:1204-1214.
- 3 Reddy A P K, Krishnaiah K, Zhang Z T, Shen Y. Managing vulnerability of hybrid rice to biotic stresses in China and India. In: Virmani S S, Siddiq E A. *Hybrid Rice Technology*. Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute, 1998. 447-455.
- 4 Seino Y, Suzuki Y, Sogawa K. An ovicidal substance produced by rice plants in response to oviposition by whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae). *Appl Entomol Zool*, 1996, 31:467-473.
- 5 Sogawa K. Super-susceptibility to the whitebacked planthopper in japonica-indica hybrid rice. *Kyushu Agric Res*, 1991, 53:92.

- (in Japanese)
- 6 Sogawa K. The rice brown planthopper: feeding physiology and host plant interactions. *Ann Rev Entomol*, 1982, 27:49-73.
  - 7 Sogawa K. Vulnerability to insect pests in Chinese hybrid rice. *Nogyo Gijutsu (Agric Tech)*, 2001, 56(9):398-402. (in Japanese)
  - 8 Song X F, Agata W, Kawamitsu Y. Studies on dry matter and grain production of F<sub>1</sub> hybrid rice in China. Part 1: Characteristics of dry matter production. *Japan J Crop Sci*, 1990, 59(1): 19-28. (in Japanese with English abstract)
  - 9 Suzuki Y, Sogawa K, Seino Y. Ovicidal reaction of rice plants against the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* Horváth (Homoptera; Delphacidae). *Appl Entomol Zool*, 1996, 31:111-118.
  - 10 Velusamy R, Heinrichs E A. Field resistance to the whitebacked planthopper *Sogatella furcifera* (Horváth) in IR rice varieties. *J Plant Prot Trop*, 1985, 2: 81-85.
  - 11 Yuan L P, Yang Z Y. Hybrid rice research. In: Virmani S S, Siddiq E A. Hybrid Rice Technology. Los Banos, Philippines: International Rice Research Institute, 1998. 143-148.
  - 12 唐启义, 胡国文, 唐健, 胡阳, 程家安. 白背飞虱猖獗频率增加与杂交稻面积增加的关系分析. 西南农业大学学报, 1998, 20(5):456-459. [Tang Q Y, Hu G W, Tang J, Hu Y, Cheng J A. Relationship between outbreak frequency of *Sogatella furcifera* (Horváth) and growing area of hybrid rice. *J Southwest Agric Univ*, 1998, 20(5): 456-459.] (in Chinese with English abstract)
  - 13 王荣富, 程遐年, 邹运鼎. 褐飞虱和白背飞虱的取食为害对水稻营养生长的影响. 应用生态学报, 1998, 9(1):51-54. [Wang R F, Cheng X N, Zou Y D. Interactions between *Nilaparvata lugens* and *Sogatella furcifera* in their commensality. *Chinese J Appl Ecol*, 1998, 9(1):51-54.] (in Chinese with English abstract)
  - 14 张良佑, 吴荣宗, 曾玲. 杂交稻对褐稻虱和白背飞虱的抗性研究. 植物保护学报, 1987, 14(2):99-106. [Zhang L Y, Wu R Z, Zeng L. Resistance of hybrid rice to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) and the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera; Delphacidae). *Acta Phytophyla Sin*, 1987, 14(2):99-106.] (in Chinese with English abstract)