

两个杂交稻组合及其亲本材料对白背飞虱抗性的研究

刘光杰¹ 寒川一成² 蒲正国³ 杨英松⁴ 谯青春³ 沈君辉¹ 谢雪梅³ 陈仕高³ 石敦贵³
 (¹中国水稻研究所 国家水稻改良中心, 浙江 杭州 310006; E-mail: liug@mail. hz. zj. cn; ²日本国际农林水产业研究中心, 日本 筑波 305-8686; ³重庆市秀山县植保植检站, 重庆 秀山 409900; ⁴西南农业大学 植物保护学院, 重庆 北碚 400716)

Resistance in Two Hybrid Rice Combinations and Their Parents to the Whitebacked Planthopper, *Sogatella furcifera*

LIU Guang-jie¹, SOGAWA Kazushige², PU Zheng-guo³, YANG Ying-song⁴, QIAO Qing-chun³, SHEN Jun-hui¹, XIE Xue-mei³, CHEN Shi-gao³, SHI Dun-gui³

(¹Chinese National Center for Rice Improvement, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; E-mail: liug@mail. hz. zj. cn; ²Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba 305-8686, Japan; ³Xiushan Station of Plant Protection and Quarantine, Chongqing 409900, China; ⁴College of Plant Protection, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The resistance of hybrid rice combinations and their parents to the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* was evaluated by field investigation of *S. furcifera* populations and rice yield losses, honeydew measurement, oviposition and egg development in Fuyang, Zhejiang and Xiushan, Chongqing. Field experiments revealed that number of nymphs on the CMS lines Xieqingzao A and Zhenshan 97A were 371.1 and 292.5 insects per plant, respectively, indicating the super-susceptibility to *S. furcifera* rather higher than the susceptible check TN1. Number of nymphs on the hybrids Shanyou 63 and Xieyou 9308 was similar with that on TN1. The super-susceptibility in the hybrids originated from the susceptibility of its parent of the CMS lines. Under no insecticide management, percentages of 1000-grain loss and yield loss in the susceptible hybrids could reach up to approximately 22% and 78%, respectively. At the same time, the CMS lines would die completely. These findings revealed that the more *S. furcifera* occurred, the lighter 1000-grain weight and the higher percentage of yield losses appeared in rice. Honeydew measurement demonstrated that the restorer lines Minghui 63 and 9308 possessed certain tolerance to *S. furcifera*. There were no significant difference on number of eggs-laying and percentage of egg developed between hybrids and their parents. Improvement of hybrids with insect resistance was also discussed.

Key words: *Sogatella furcifera*; insect resistance; hybrid rice; cytoplasm male sterile line; restorer line

摘要: 采用田间白背飞虱种群调查和水稻产量、室内白背飞虱蜜露量、产卵量及卵发育率测定, 在浙江富阳和重庆秀山两地研究了杂交稻组合及其亲本材料对白背飞虱的抗性。田间试验结果表明: 不育系协青早 A 和珍汕 97A 表现出对白背飞虱比感虫对照品种 TN1 更感虫的“超感虫性”, 稻株上的若虫量分别高达 371.1 和 292.5 只/丛。在杂交稻汕优 63 和协优 9308 上的若虫数量与 TN1 上的相当, 杂交稻的感虫性主要来源于其不育系亲本。在无杀虫剂防治的情况下, 感虫杂交稻组合的千粒重和产量损失率高达 22% 和 78% 左右, 不育系材料被完全毁灭, 表现为虫量越大, 千粒重下降幅度越大, 产量损失率越高。蜜露量测定表明, 恢复系明恢 63 和 9803 具有一定的耐虫性。白背飞虱在杂交稻及其亲本上的产卵量和卵发育率没有显著差异。还对杂交稻抗虫性的改良进行了讨论。

关键词: 白背飞虱; 抗性; 杂交稻; 不育系; 恢复系

中图分类号: S433.1; S433.112+.3; S511.034

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2003)增刊-0089-06

我国自 20 世纪 70 年代中期推广了三系杂交稻, 对提高水稻的产量作出了极大的贡献。至 1999 年, 我国杂交稻累计种植面积达 2.5 亿 hm², 增产稻谷 3.7 亿 t^[4]。但是, 随着杂交稻的推广, 虫害问题日渐突出, 大多数杂交稻组合对稻飞虱都是感虫的^[7,9,12,21]。20 世纪 80 年代中期以前, 杂交稻区主要是一年两季水稻^[9], 以螟虫为主要害虫^[8]。进入 20 世纪 90 年代后, 随着耕作制度的改革和农村经济结构的调整, 杂交稻区主要以单季稻为主, 水稻的生育期与白背飞虱的为害期吻合, 为白背飞虱的

发生创造了优越的条件, 使其逐渐上升为主要害虫, 大发生的频率明显增加^[17,23]。白背飞虱在大区域内为害加重和猖獗频率上升与杂交稻种植面积

收稿日期: 2002-11-20。

基金项目: JIRCAS 国际合作研究项目(B3333101); 国家“十五”科技攻关资助项目(2001BA509B02-03); 浙江省“十五”科技攻关资助项目(011102202)。

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: 刘光杰(1961—), 男, 博士, 研究员。

呈显著的正相关^[13,14]。

白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 是我国,特别是长江流域稻区最重要的害虫之一。当前,喷施杀虫剂仍是稻农普遍使用的防治手段。国内外的研究表明,连续和重施杀虫剂将引起稻飞虱产生抗药性^[5,20],并带来稻飞虱的再增猖獗^[1,2,16,22],成本上升^[6]和污染大气、土壤和水体^[5]等诸多问题。因此,以抗虫品种为基础的白背飞虱可持续治理技术的研究和应用日益受到重视,研究杂交稻及其亲本的抗性机理,并制定相应的育种策略和方法就具有十分重要的意义。为此,我们选用在中国推广面积最大、使用时间最长的杂交稻组合汕优 63^[19]和新近育成的超高产组合协优 9308 及其亲本为材料,采用田间白背飞虱种群动态调查和室内抗虫性测定的方法,研究了杂交稻及其亲本的抗虫性及其产量损失,现将结果报道如下。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

田间试验于 2002 年 4~10 月分别在浙江省富阳市中国水稻研究所试验基地和重庆市秀山县平凯镇护国村进行。试验所用水稻材料是汕优 63 及其不育系珍汕 97A 和恢复系明恢 63、新近育成的超级杂交稻组合协优 9308 及其不育系协青早 A 和籼粳交恢复系 9308,籼稻 Rathu Heenati (简称 RHT) 和 TN1 分别为抗虫和感虫对照。室内抗虫性测定用白背飞虱为采自富阳本地虫源,并经几代纯化,在自然条件下的网室中用健壮 TN1 稻株饲养而成。

1.2 田间白背飞虱数量调查和水稻产量、千粒重损失测定

富阳试验点:2002 年 5 月 25 日播种,6 月 21 日单株移栽,株行距为 20 cm×20 cm。7 月 11 日和 8 月 13 日喷施 20% 三唑磷乳油(浙江仙居农药厂生产),剂量为 2.25 L/hm²,2.5% 功夫(英国捷利康有限公司生产),剂量为 300 mL/hm²。

秀山试验点:2002 年 4 月 5 日播种,5 月 23 日单株移栽,采用宽、窄行(17 cm×33 cm 和 17 cm×23 cm)移栽方式。6 月 26 日和 7 月 25 日喷施 5% 锐劲特悬浮剂(安万特杭州作物科学有限公司生产),剂量为 600 mL/hm²。

移栽后 7~10 d,采用盘拍法调查白背飞虱田间虫量,每个材料 20 丛,分别记录成虫和若虫数量。每 6~7 d 调查 1 次。田间白背飞虱自然迁入发生,无杀虫剂小区里苗期至收获期不施任何杀虫剂,常

规田间肥水管理,并根据需要喷施杀菌剂。设杀虫剂处理 2 次的试验小区(66.7 m²)的目的在于与无杀虫剂小区的水稻产量和千粒重进行比较,目标害虫是螟虫和稻飞虱。收获稻谷时,每个处理取产量样本 3 个,每个样本为 1 m²。自然风干后测定稻谷产量和千粒重。

1.3 蜜露量测定

白背飞虱取食水稻韧皮部汁液后分泌蜜露,其量的多少可基本反映取食量的大小,所以可用检测白背飞虱蜜露分泌量的方法来间接测定白背飞虱的取食量。采用播种后 40 d 左右的健壮稻苗,去掉次生分蘖,保留主茎,在主茎第一或第二叶鞘的顶部套一只 parafilm 薄膜小袋(2.0 cm×3.5 cm),接入一只羽化后 2~3 d 的白背飞虱长翅型雌成虫。取食 1 d 后,取下小袋,在 Sartorius[®] 万分之一电子天平上称重。1 株为 1 个重复,每个材料设 20 个重复。

1.4 产卵量和卵孵化率测定

采用播种后 40 d 左右的健壮稻苗,去掉次生分蘖,保留主茎,在主茎第一或第二叶鞘的顶部套一只 parafilm 薄膜小袋,接入一只交配后的白背飞虱长翅型雌虫。产卵 1 d 后,摘下小袋,用透明双通塑料管(直径为 2.5 cm,高 8.0 cm)罩住产卵部位,两端用海绵塞住,防止寄生蜂等天敌寄生,影响卵的正常发育。产卵 4~5 d 后剪下稻株叶鞘,在双目立体解剖镜下查卵,有红色眼点的为发育的卵,分别记载发育的卵以及未发育或异常卵的数量。1 株为 1 个重复,每个材料 20 个重复。

2 结果与分析

2.1 田间白背飞虱种群动态

在富阳的田间调查结果表明,水稻移栽后,白背飞虱随即迁入稻田,繁殖一代后于 7 月 23 日前后形成成虫发生高峰,1 周左右后形成第二代若虫高峰(图 1)。在不育系协青早 A 和珍汕 97A 稻株上若虫量分别高达 371.1 和 292.5 只/丛。8 月 4 日的田间观察发现,协青早 A 和珍汕 97A 均已出现“虱烧”现象。白背飞虱成虫和若虫在抗虫对照品种 RHT 上的虫量始终处于很低的水平,而杂交稻汕优 63 和协优 9308 及其亲本上的虫量均高于感虫对照品种 TN1 或与之持平(图 1)。白背飞虱的成虫数量在试验材料上具有这样的趋势:杂交稻组合 > 不育系 > 恢复系 > TN1 > RHT。白背飞虱迁入后第一代的若虫数量在汕优 63 和协优 9308 及相应的亲本材料上没有明显的差异,但是,第二代的若虫

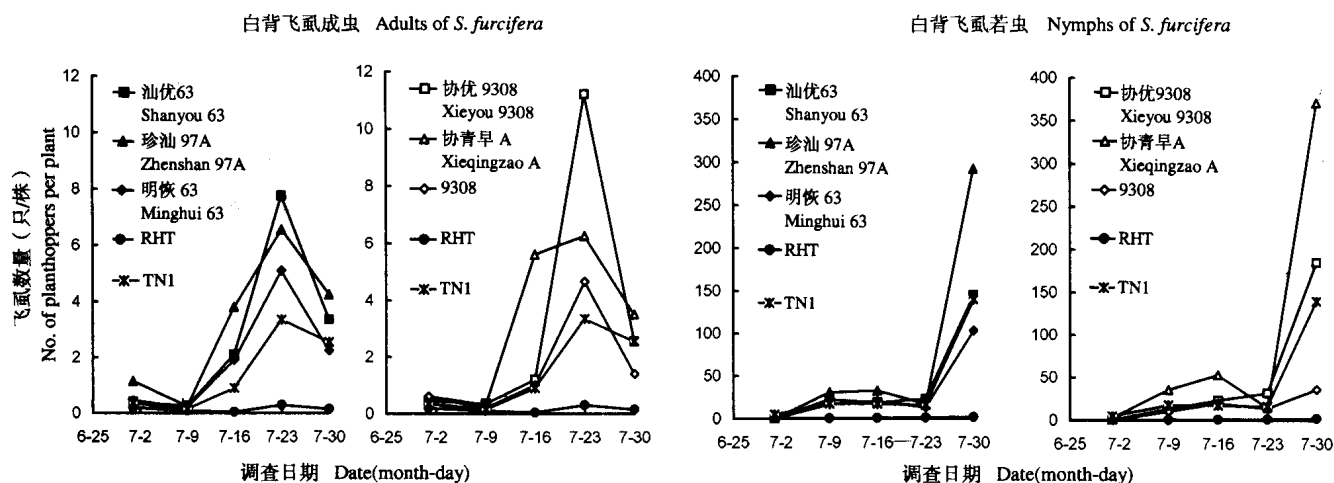


图1 白背飞虱成虫和若虫在杂交稻及其亲本材料上的田间种群动态(富阳,2002)
 Fig. 1. Population dynamics of the adults and nymphs of *S. furcifera* on the hybrids and their parents in paddy field (Fuyang, 2002).

数量在珍汕 97A 上的是在汕优 63 和明恢 63 上的 2 倍左右,在协青早 A 上的是在协优 9308 上的 2 倍和在 9308 上的 10 倍左右。

在秀山试验点,田间白背飞虱成虫在 7 月 6 日左右形成羽化高峰,在不育系协青早 A 和珍汕 97A 稻株上的成虫数量与在 TN1 上的差不多,明显地高于其相应的恢复系和杂交组合(图 2)。白背飞虱若虫分别在 6 月 26 日和 7 月 11 日左右形成 2 次高峰,在不育系和杂交稻上的若虫数量与在 TN1 上的差不多,明显地多于在其相应的恢复系上的。

从 2002 年富阳和秀山两地的白背飞虱发生量来看,富阳的若虫数量是秀山的 5~6 倍,百丛若虫量达到了 37 000 多只,属于特大发生年。

2.2 水稻产量和千粒重比较

在富阳试点,与杀虫剂处理 2 次进行对照,白背飞虱在汕优 63 和明恢 63 上为害后造成的千粒重损失率分别为 22.16% 和 16.24%,相应的产量损失率分别高达 77.72% 和 78.44%;明显高于在协优 9308 和 9308 上的(表 1)。在秀山试点,白背飞虱造成的水稻损失相对轻一些,在汕优 63 和明恢 63 上

表 1 杂交稻及其恢复系在杀虫剂处理 2 次和无杀虫剂条件下的千粒重和稻谷产量及其损失率(富阳和秀山,2002)
 Table 1. 1000-grain weight, rice yield and their losses of hybrid rice combinations and their parents with no-insecticide treatment and insecticide twice treatment (Fuyang and Xiushan, 2002).

材料 Rice material	材料类型 Rice type	无杀虫剂 No insecticide				杀虫剂 2 次 Insecticide twice	
		千粒重 1000-grain weight/g	千粒重 损失率 Loss/%	稻谷产量 Rice yield /(t · hm ⁻²)	稻谷产量 损失率 Loss/%	千粒重 1000-grain weight/g	稻谷产量 Rice yield /(t · hm ⁻²)
富阳 Fuyang							
汕优 63 Shanyou 63	杂交稻 Hybrid rice	21.83±1.16 a	22.16	1.16±0.48 a	77.72	28.04±1.48 d	5.21±0.67 d
明恢 63 Minghui 63	恢复系 Restorer line	24.47±0.74 b	16.24	0.95±0.44 b	78.44	29.21±0.10 e	4.41±0.36 e
协优 9308 Xieyou 9308	杂交稻 Hybrid rice	21.19±0.31 a	9.04	2.25±0.30 c	51.82	23.30±0.42 f	4.68±0.28 f
9308	恢复系 Restorer line	17.76±0.19 c	7.55	1.75±0.15 a	53.82	19.21±0.28 g	3.80±0.14 e
秀山 Xiushan							
汕优 63 Shanyou 63	杂交稻 Hybrid rice	25.04±0.48 c	3.36	3.71±0.36 d	27.21	25.91±0.44 b	5.10±0.47 b
明恢 63 Minghui 63	恢复系 Restorer line	25.30±0.44 c	9.40	4.26±0.81 c	25.78	27.93±0.40 a	5.74±0.28 a
协优 9308 Xieyou 9308	杂交稻 Hybrid rice	25.27±0.83 c	0.40	3.09±0.24 e	7.58	25.38±0.45 bc	3.34±0.47 de
9308	恢复系 Restorer line	19.98±0.39 d	-0.05	2.53±0.20 f	3.18	19.97±0.45 d	2.62±0.29 f

同一测定项目内,平均数后具有相同英文字母者表示平均数间没有显著性差异,最小显著差数法(LSD), P = 0.05。下表同。

In the same location and testing, means followed by the same lowercase letters are not significantly different by least significant difference (LSD) test, P = 0.05. The same as the table below.

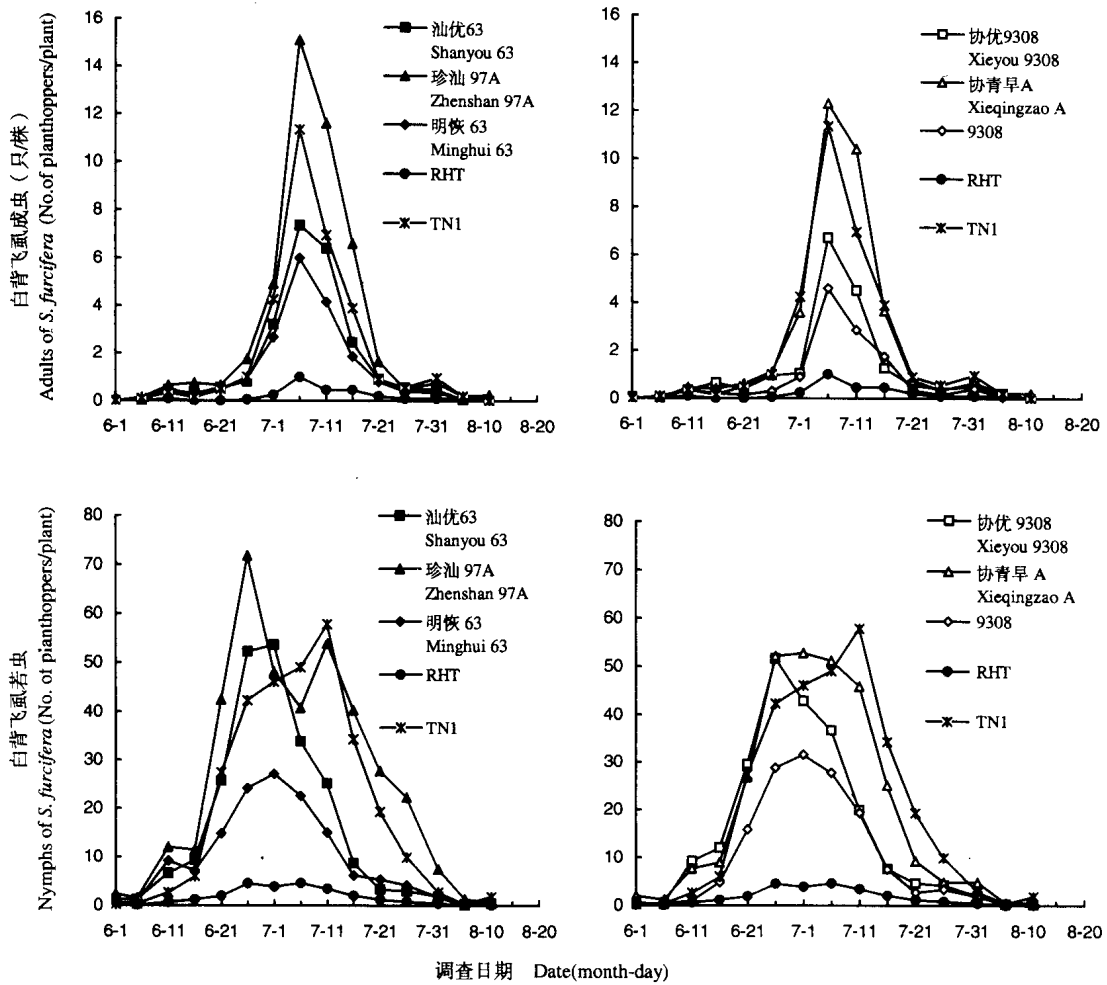


图 2 白背飞虱成虫和若虫在杂交稻及其亲本材料上的田间种群动态(秀山,2002)
 Fig. 2. Population dynamics of the adults and nymphs of *S. furcifera* on the hybrids and their parents in paddy field (Xiushan, 2002).

为害后造成的千粒重损失率分别为 3.36% 和 9.40%，相应的产量损失率分别为 27.21% 和 25.78%，也明显高于在协优 9308 和 9308 上的。

从富阳和秀山两地的结果看，稻谷千粒重和产量与两地的白背飞虱发生量有着密切的关系。虫量越大，千粒重下降幅度越大，产量损失率越高。

2.3 蜜露量、产卵量和卵发育率

白背飞虱在恢系明恢 63 和 9308 上分泌的蜜露量显著地低于不育系珍汕 97A 和协青早 A 及其杂交组合汕优 63 和协优 9308，表现出对白背飞虱的耐虫性(表 2)。白背飞虱在汕优 63 和协优 9308、珍汕 97A 和协青早 A 上分泌的蜜露量最高，超过了 6.0 mg/(雌·d)，与在感虫对照品种 TN1 上的没有显著差异。

产卵量的观察结果表明，汕优 63、珍汕 97A、协青早 A 上的产卵量显著多于感虫对照 TN1，协优

9308 和明恢 63 与 TN1 无显著差异(表 2)。从卵发育率来看，白背飞虱卵在抗虫对照 RHT 中的孵化率低些，在其他供试材料上的卵发育率没有显著差异。

3 讨论

自从我国 20 世纪 70 年代中期开始推广三系杂交稻以来，许多植保工作者开展了杂交稻抗虫性的研究。田间和人工接虫鉴定结果表明，多数杂交稻组合对褐飞虱^[9,10,21]和白背飞虱^[7,21]都不具有抗虫性，亲本不育系也特别感虫^[10]，如汕优 2 号、南优 3 号、珍汕 97A 和 V20A 等。近 20 年来，珍汕 97A 一直是我国配组最多、应用面积最广的野败型不育系。1988~1992 年育成的杂交稻组合中，90% 利用了野败型细胞质的不育系，其中珍汕 97A 和 V20A 占 84%^[10]。1997 年，安徽省种植汕优 63 和协优 63

表2 白背飞虱在杂交稻及其亲本上的蜜露量、产卵量及卵发育率(富阳,2002)

Table 2. Honeydew excretion, number of eggs laid and percentage of egg developed by *S. furcifera* on hybrid rice combinations and their parents (Fuyang, 2002).

材料 Rice material	材料类型 Rice type	蜜露量 Honeydew/(mg · female ⁻¹ d ⁻¹)	产卵量(个) No. of eggs laid	卵发育率 Egg developed/%
汕优 63 Shanyou 63	杂交稻 Hybrid rice	6.4±1.2 ab	25.1±6.1 a	98.6±4.5 a
珍汕 97A Zhenshan 97A	不育系 CMS line	6.5±1.0 ab	27.9±6.2 ab	98.8±3.5 a
明恢 63 Minghui 63	恢复系 Restorer line	4.8±0.7 de	21.8±3.2 de	86.3±24.6 a
协优 9308 Xieyou 9308	杂交稻 Hybrid rice	6.0±0.9 bc	24.9±6.7 bcd	100.0±0.0 a
协青早 A Xieqingzao A	不育系 CMS line	6.8±1.7 a	28.2±6.1 a	97.7±3.7 a
9308	恢复系 Restorer line	4.2±0.7 e	20.0±3.9 e	95.5±5.9 a
RHT(CK)	籼稻 Indica rice	2.4±0.7 f	9.9±6.3 f	71.3±1.5 b
TN1(CK)	籼稻 Indica rice	6.3±0.7 abc	24.2±5.0 cd	99.7±0.1 a

的面积占单季稻总面积的70%以上^[11]。因此,这样广泛使用遗传上极为有限的CMS基因源,可能是我国杂交稻普遍不抗稻飞虱的原因。本项研究的田间调查和蜜露量测定结果进一步证明了杂交稻亲本不育系与杂交组合对白背飞虱非常感虫,超过了国际通用感虫对照品种TN1,我们暂且称其为“超感虫性”。

杂交稻协优9308是中国水稻研究所用籼型不育系与粳籼杂交后代的恢复系配组选育而成的超高产组合^[4],这是我国在探索理想株型与杂种优势利用方面取得的突破性成果,但依然存在着超感虫性问题。可喜的是,近年来,国内许多育种单位重视了对杂交稻恢复系抗虫性的改良,育成了抗褐飞虱的杂交稻组合抗优80^[18]和协优963^[15]。

蜜露量的测定结果表明,杂交稻汕优63和协优9308及其不育系的感虫性水平是一致的,而恢复系明恢63和9308则表现出一定的抗虫性。由此说明,杂交稻的超感虫性源自其亲本不育系的超感虫性。刘光杰等测定明恢63韧皮部汁液的氨基酸成分发现,异亮氨酸、亮氨酸、苏氨酸和酪氨酸的含量是抗虫品种春江06的1~3倍(未发表数据)。因此,不育系中的氨基酸含量与抗虫性是否有关,有待进一步证实。

本项研究结果还表明,具有超感虫性的杂交稻组合如果在无杀虫剂防治的情况下,其千粒重和产量损失率将高达22%和78%左右,如果是制种的不育系材料将被完全毁灭。因此,在保护农田生态环境、减少农药的使用、降低水稻生产成本、增加农民收入、以绿色食品为目标的当今水稻生产中,改良杂交稻的感虫性,采用以抗虫品种为基础的害虫可持续治理策略和技术就显得具有十分重要的经济意义和社会效益。应通过常规育种技术与生物技术相结

合,改良和提高恢复系的抗性水平,创造和使用多种类型细胞质的不育系,以选育出遗传背景多样的新型杂交稻组合。

参考文献:

- Chelliah S A, Heinrich E A. Factors affecting insecticide-induced resurgence of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* on rice. *Environ Entomol*, 1980, 9:773-777.
- Heinrich E A, Mochida O. From secondary to major pest status; the case of insecticide-induced rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, resurgence. *Prot Ecol*, 1984, 7:201-218.
- Liu G J, Hattori M, Sogawa K. Amino acid analysis of the phloem sap of rice and honeydew excretion of whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera*. *CRRN*, 2000, 8(4): 9.
- 程式华. 杂交稻育种材料和方法研究的现状及发展趋势. 中国水稻科学, 2000, 14(3): 165-169. [Cheng S H. Current status and prospect in the development of breeding materials and breeding methodology of hybrid rice. *Chinese J Rice Sci*, 2000, 14(3): 165-169.](in Chinese with English abstract)
- 戈峰,曹东风,李典谟. 我国化学农药使用的生态风险性及其减少对策. 植保技术与推广, 1997, 17(2): 35-37. [Ge F, Cao D F, Li D M. The ecological risk analysis of pesticide use and its reduction strategies in China. *Plant Prot Tech & Ext*, 1997, 17(2): 35-37.](in Chinese)
- 胡国文,郭玉杰,李绍石,吴进才. 减少稻田用药的理论依据和实践(二). 昆虫知识, 1996, 33(2): 65-69. [Hu G W, Guo Y J, Li S S, Wu J C. The principle and practice of reducing chemical application in paddy field (Part two). *Entomol Knowl*, 1996, 33(2): 65-69.](in Chinese with English abstract)
- 胡国文,唐健,马巨法,宋松祥. 四种杂交稻组合对白背飞虱种群消长的影响. 植物保护学报, 1990, 17(2): 145-148. [Hu G W, Tang J, Ma J F, Song S X. The effects of four rice combinations on the population density of whitebacked planthopper. *Acta Phytophylla Sin*, 1990, 17(2): 145-148.](in Chinese with English abstract)
- 黄汉文,李运甓,邝幸泉,张国安. 杂交双季晚稻二化螟为害损失测定. 植物保护学报, 1990, 17(2): 138. [Huang H W, Li Y

- P, Kuang X Q, Zhang G A. Evaluation of infestation and yield losses caused by the striped rice stem borer in hybrid double-cropping rice. *Acta Phytophyla Sin*, 1990, 17(2):138.](in Chinese with English abstract)
- 9 黄信飞,李妙寿. 杂交水稻对褐飞虱抗性的初步鉴定. 浙江农业科学, 1980, (4):173-176. [Huang X F, Li M S. Screening for the resistance of hybrid rice to brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *J Zhejiang Agric Sci*, 1980, (4):173-176](in Chinese with English abstract)
 - 10 廖傅明,傅相全. 我国杂交水稻育种研究的现状和发展战略. 中国农学通报, 1995, 11(1):5-9. [Liao F M, Fu X Q. Current status and developmental strategies of hybrid rice breeding in China. *Chinese Agric Sci Bull*, 1995, 11(1):5-9.](in Chinese)
 - 11 刘家成,肖满开,朱昌稳. 安徽省1997年单季水稻褐飞虱大发生特点及原因分析. 植保技术与推广, 1998, 18(2):9-11. [Liu J C, Xiao M K, Zhu C W. Analysis on the occurrence causes and characteristics of *Nilaparvata lugens* of single-crop rice in Anhui, 1997. *Plant Prot Tech & Ext*, 1998, 18(2):9-11.](in Chinese)
 - 12 彭忠魁,唐明远,陈意生. 杂交水稻对褐飞虱抗性的研究. 中国农业科学, 1979, (2):71-77. [Peng Z K, Tang M Y, Chen Y S. Studies of resistance to brown planthopper in hybrid rice. *Sci Agric Sin*, 1979, (2):71-77.](in Chinese with English abstract)
 - 13 汤金仪,胡伯海,王建强. 我国水稻迁飞性害虫猖獗成因及其治理对策建议. 生态学报, 1996, 16(2):167-173. [Tang J Y, Hu B H, Wang J Q. Outbreak analysis of rice migratory pests in China and management strategies recommended. *Acta Ecol Sin*, 1996, 16(2):167-173.](in Chinese with English abstract)
 - 14 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)
 - 15 王建军,俞晓平,陶林勇,吕仲贤,石守璠,董文其. 杂交水稻的褐飞虱抗性研究. 浙江农业学报, 1999, 11(4):163-166. [Wang J J, Yu X P, Tao L Y, Lu Z X, Shi S Y, Dong W Q. Study on resistance to brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål in indica hybrid rice. *Acta Agric Zhejiang*, 1999, 11(4):163-166.](in Chinese with English abstract)
 - 16 王荫长,范加勤,田学志. 溴氰菊酯和甲胺磷引起飞虱再猖獗问题的研究. 昆虫知识, 1994, 31(5):257-262. [Wang Y C, Fan J Q, Tian X Z. Studies on the resurgent question of plant-hoppers induced by deltamethrin and methamidophos. *Entomol Knowl*, 1994, 31(5):257-262.](in Chinese with English abstract)
 - 17 肖满开,包文新. 1995年安庆稻飞虱特大发生. 植保技术与推广, 1996, 16(4):38. [Xiao M K, Bao W X. The outbreak of rice planthoppers in Anqing, Anhui in 1995. *Plant Prot Tech & Ext*, 1996, 16(4):38.](in Chinese)
 - 18 肖英方,邱光,顾正远,陈海新,问才干,丁伦友. 杂交稻新组合抗优80对褐飞虱抗性的初步研究. 植物保护, 1996, 22(1):6-8. [Xiao Y F, Qiu G, Gu Z Y, Chen H X, Wen C G, Ding L Y. Resistance of a new hybrid rice variety "Kangyou 80" to brown planthopper. *Plant Prot*, 1996, 22(1):6-8.](in Chinese with English abstract)
 - 19 谢华安,郑家园,张受刚,林美娟. 中国种植面积最大的水稻良种“汕优63”培育的理论与实践. 福建省农科院学报, 1996, 11(4):1-6. [Xie H A, Zheng J Y, Zhang S G, Lin M J. Breeding theory and practice of "Shanyou 63", the variety with the largest cultivated area in China. *J Fujian Acad Agric Sci*, 1996, 11(4):1-6.](in Chinese with English abstract)
 - 20 姚洪渭,叶恭银,程家安. 亚洲地区稻飞虱抗药性研究进展. 农药, 1998, 37(9):6-11. [Yao H W, Ye G Y, Cheng J A. Advance in resistance of rice planthopper to chemical insecticide in Asia. *Pesticides*, 1998, 37(9):6-11.](in Chinese)
 - 21 张良佑,吴荣宗,曾玲. 杂交稻对褐飞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)
 - 22 张内河,欧高才,易光辉,谢荣辉. 水稻前期使用的几种杀虫剂刺激稻飞虱再增猖獗的实验研究. 植保技术与推广, 1996, (1):5-7. [Zhang N H, Ou G C, Yi G H, Xie R H. Studies on resurgence of rice planthopper induced by the application of several kinds of insecticides. *Plant Prot Tech & Ext*, 1996, (1):5-7.](in Chinese)
 - 23 周群喜,姜海洲,王泉章,王宏庆,薛根祥. 1991年洪灾后稻飞虱大发生. 植物保护, 1992, 18(1):51. [Zhou Q X, Jiang H Z, Wang Q Z, Wang H Q, Xue G X. Outbreaks of rice planthoppers after flooding in 1991. *Plant Prot*, 1992, 18(1):51.](in Chinese)