

种植抗虫品种和减量使用杀虫剂的白背飞虱可持续治理技术的田间试验

刘光杰¹ 寒川一成² 石敦贵³ 陈仕高³ 沈君辉¹ 谢雪梅³ 譙青春³ 蒲正国³ 刘祥贵⁴
杨英松⁵ 王敬宇⁶ 刘春³ 万蓉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 重庆市植保植检站, 重庆 400020; ⁵ 西南农业大学 植物保护学院, 重庆 400716; ⁶ 安徽农业大学 植物保护系, 安徽 合肥 230036)

Field Trials on the Sustainable Management of the Whitebacked Planthopper, *Sogatella furcifera* Through Planting Resistant Cultivars and Reducing Insecticide Use

LIU Guang-jie¹, SOGAWA Kazushige², SHI Dun-gui³, CHEN Shi-gao³, SHEN Jun-hui¹, XIE Xue-mei³, QIAO Qing-chun³,
PU Zheng-guo³, LIU Xiang-gui⁴, YANG Ying-song⁵, WANG Jing-yu⁶, LIU Chun³, WAN Rong³

(¹ Chinese National Center for Rice Improvement, China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; E-mail: liug@mail.hz.zj.cn; ² Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba 305-8686, Japan; ³ Xiushan Station of Plant Protection and Quarantine, Chongqing 409900, China; ⁴ Chongqing Station of Plant Protection and Quarantine, Chongqing 400020, China; ⁵ College of Plant Protection, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China; ⁶ Department of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: The field trials on the sustainable management of the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera* through planting resistant cultivars and reducing insecticide use were conducted by investigating number of insect pests and spiders, measuring rice yield and 1000-grain weight and comparison of net income from rice production in Fuyang, Zhejiang and Xiushan, Chongqing. Insecticide treatments were sprayed insecticides twice and farmer-self management, and not spraying insecticides served as control. Results indicated that number of adults and nymphs of *S. furcifera* on the resistant cultivar Jiahua 1 under all insecticide treatments was at 0.9–3.3 insects/plant, and 826.7 times lower than that on the susceptible cultivar Zhongxiang 1 without insecticide treatment. Number of spiders in the plots without insecticide treatment was 2.8–5.5 and 1.6–4.1 times more than ones with insecticides sprayed twice and farmer-self management. Under the same insecticide treatment, the quantity and percentage of yield loss on resistant or tolerant cultivars were obviously lower than those on susceptible ones. Planting resistant cultivar Jiahua 1 could increase net income up to 1.13%–15.91% of without insecticide use. It could be concluded that *S. furcifera* could be efficiently suppressed by planting resistant or tolerant cultivars, reducing insecticide use to 2 times and up to no insecticides, and maximizing the controlling effect of spiders to insect pests so as to achieve the similar net income with ordinary use of insecticides at 4–5 times per rice season and even higher.

Key words: *Sogatella furcifera*; insect-resistant cultivar; insecticide; integrated pest management; rice

摘要: 采用田间虫情和天敌数量调查、水稻产量与千粒重测定和水稻生产实际收益比较的方法,在浙江富阳和重庆秀山两地进行了种植抗虫品种和减量使用杀虫剂的白背飞虱可持续治理技术的田间试验。设使用杀虫剂2次和农户管理(使用杀虫剂4~5次)两个处理,无杀虫剂作为对照。试验结果表明,抗虫品种嘉花1号在各种杀虫剂处理中,白背飞虱成、若虫数量最低(0.9~3.3只/株),是感虫品种中香1号无杀虫剂处理的0.12%。无杀虫剂处理的蜘蛛数量分别是农户管理和杀虫剂2次处理的2.8~5.5倍和1.6~4.1倍。在同样的杀虫剂处理条件下,抗虫和耐虫品种的稻谷损失量和损失率较感虫品种明显地低。水稻生产的实际收益比较显示,无杀虫剂处理,种植嘉花1号可以增收1.13%~15.91%。因此,稻农种植抗虫或耐虫品种,减量使用杀虫剂至2次或不使用杀虫剂,充分利用蜘蛛等天敌的控制作用,完全能够有效地抑制白背飞虱种群的发生和发展,获得与常规杀虫剂用量(4~5次)相仿或更高的收益。

关键词: 白背飞虱; 抗虫品种; 杀虫剂; 害虫综合治理; 水稻

中图分类号: S433.3; S435.112+.3; S471

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2003)增刊-0108-07

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^[3,12],并带来稻飞虱的再增猖獗^[1,2,10,13]、成本上升^[6]和污染大气、土壤和水体^[3]等诸多问题。顾中言(1993)认为杀虫剂大量杀死同一环境中的竞争种、杀死害虫的天敌和亚致死剂量刺激剩余害虫的繁殖是导致稻飞虱再猖獗的

主要原因^[4]。胡国文等研究了稻田节肢动物群落

收稿日期: 2002-12-03。

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

的结构、组成及其在时间和空间上的变化,并发现水稻在分蘖期具有较强的补偿作用,提出了“栽后 30 d 不用或少用农药”的害虫治理简化实用模式^[5]。同时,在当前农业结构的调整中,着重强调农业生产的经济效益,粮食作物的生产不但要丰收,还要使农民的收入增加。因此,在水稻生产实践中,以抗性品种为基础、减少杀虫剂使用和保护利用天敌的稻飞虱可持续种群治理技术的开发和应用具有十分重要的现实意义。为此,我们选择了不同稻型的品种,在白背飞虱常发区浙江省富阳市和重庆市秀山县进行了利用抗稻飞虱品种为基础、减少杀虫剂的使用次数并利用天敌的控害作用的高效节水水稻害虫治理技术的田间试验。现将结果报道如下。

1 材料与方 法

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。试验用水稻品种为中香 1 号(优质籼稻)、嘉花 1 号(优质粳稻,抗稻飞虱)、两优培九(高产两系杂交稻)、汕优 63(典型的三系杂交稻)和协优 9308(超高产三系杂交稻,具有耐虫性)。

1.1 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。试验田面积为 666.7 m²。设 3 个杀虫剂使用方法处理:(1)农户杀虫剂管理,喷施杀虫剂 5 次;(2)喷施 2 次杀虫剂处理;(3)无杀虫剂,作为对照(表 1)。每个小区面积约为 37 m²。喷施杀虫剂的时间、种类、用量及针对的目标害虫详见表 1。施 1 次底肥(含 N 量 46% 的尿素 150 kg/hm²,有效 P₂O₅ 含量 12% 以上的磷肥 325 kg/hm²),第一次追肥(含 N 量 46% 的尿素 150 kg/hm²)和第二次追肥(含 N 量 46% 的尿素 75 kg/hm²,含 N、P₂O₅、K₂O 各 15% 的复合肥 163 kg/hm²)。纯 N、P、K 含量及成本费用列于表 2。正常

表 1 试验田中杀虫剂使用的日期、种类、用量及目标水稻害虫(富阳和秀山,2002)

Table 1. Date applied, type and dosage of insecticides used in experimental fields and the target insect pests(Fuyang and Xiushan, 2002).

杀虫剂管理模式 Mode of insecticide management	使用时间 Date applied (Month-Day)	杀虫剂 Insecticide	剂量 Dosage	目标害虫 Target insect pest
富阳 Fuyang ¹⁾				
农户管理 Farmer management	07-08	①20%三唑磷乳油 Triazophos	2250 mL/hm ²	①稻纵卷叶螟 <i>C. medinalis</i>
		②2.5%功夫 Cyhalothrin	300 mL/hm ²	②白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
	07-23	①20%三唑磷乳油 Triazophos	2250 mL/hm ²	①二化螟 <i>C. suppressalis</i>
		②10%吡虫啉可湿粉剂 Imidacloprid	12 g/hm ²	②白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
	08-03	①20%三唑磷乳油 Triazophos	2250 mL/hm ²	①二化螟 <i>C. suppressalis</i>
		②10%吡虫啉可湿粉剂 Imidacloprid	12 g/hm ²	②白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
	08-20	①20%三唑磷乳油 Triazophos	2250 mL/hm ²	①二化螟 <i>C. suppressalis</i>
		②10%吡虫啉可湿粉剂 Imidacloprid	12 g/hm ²	②白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
	09-03	①20%三唑磷乳油 Triazophos	2250 mL/hm ²	①稻纵卷叶螟 <i>C. medinalis</i>
		②10%吡虫啉可湿粉剂 Imidacloprid	12 g/hm ²	②白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
喷 2 次杀虫剂 Sprayed insecticides twice	07-11	①20%三唑磷乳油 Triazophos	2250 mL/hm ²	①稻纵卷叶螟 <i>C. medinalis</i>
		②2.5%功夫 Cyhalothrin	300 mL/hm ²	②白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
	08-13	①20%三唑磷乳油 Triazophos	2250 mL/hm ²	①二化螟 <i>C. suppressalis</i>
		②2.5%功夫 Cyhalothrin	300 mL/hm ²	②和③白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
	③10%吡虫啉可湿粉剂 Imidacloprid	12 g/hm ²		
秀山 Xiushan ²⁾				
农户管理 Farmer management	06-01	3.6%杀虫双大粒剂 Shachongshuang	15 kg/hm ²	二化螟 <i>C. suppressalis</i>
	06-26	①92%杀虫单原粉 Shachongdan	75 g/hm ²	①稻纵卷叶螟 <i>C. medinalis</i>
		②25%扑虱灵可湿粉剂 Buprofezin	525 g/hm ²	②白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
	07-10	92%杀虫单原粉 Shachongdan	525 g/hm ²	稻纵卷叶螟 <i>C. medinalis</i> 泉
	07-21	92%杀虫单原粉 Shachongdan	525 g/hm ²	稻纵卷叶螟 <i>C. medinalis</i>
喷 2 次杀虫剂 Sprayed insecticides twice	06-26	5%锐劲特悬浮剂 Fipronil	600 mL/hm ²	白背飞虱 <i>S. furcifera</i>
	07-30	5%锐劲特悬浮剂 Fipronil	600 mL/hm ²	白背飞虱 <i>S. furcifera</i>

¹⁾ 20%三唑磷由浙江仙居农药厂生产,2.5%功夫由英国捷利康有限公司生产,10%吡虫啉由江苏常隆化工有限公司生产;

²⁾ 5%锐劲特由安万特杭州作物科学有限公司生产,3.6%杀虫双由重庆市永川农药厂生产,25%扑虱灵由江苏安邦电化有限公司生产,92%杀虫单由江苏溧阳市化工厂生产。

喷施所需的杀菌剂。在孕穗期(8月15日),分别调查各处理小区20丛稻株的白背飞虱成虫数、若虫数、蜘蛛数量和稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis*)危害造成的卷叶数。收获稻谷时,每个处理取产量样本3个,每个样本1 m²。自然风干后测定稻谷产量和千粒重。

1.2 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。试验田面积为1 200 hm²。如富阳试验点,设3个杀虫剂使用方法处理,不过农户杀虫剂管理为喷施杀虫剂4次,每个小区面积约为80 m²。喷施杀虫剂的时间、种类、用量及针对的目标害虫详见表1。施一次底肥(含N、P₂O₅、K₂O分别为13%、5%和7%的复合肥375 kg/hm²),一次追肥(含N量46%的尿素150 kg/hm²)。纯N、P、K含量及成本费用列于表2。正常喷施所需的杀菌剂。收获稻谷时,每个处理取产量样本3个,每个样本1 m²。自然风干后测定稻谷产量和千粒重。

1.3 统计分析与经济收益计算

计算卷叶率、千粒重损失量和损失率、稻谷产量

表2 田间试验化肥施用量及其费用比较(富阳和秀山,2002)

Table 2. Comparison in amount of chemical fertilizers used in field trials and their costs (Fuyang and Xiushan, 2002).

试验地点 Trial location	纯N量 N applied /(kg·hm ⁻²)	有效磷 Effective P ₂ O ₅ /(kg·hm ⁻²)	有效钾 Effective K ₂ O /(kg·hm ⁻²)	费用 Cost/(RMB Yuan·hm ⁻²)
富阳 Fuyang	197.0	63.5	24.5	241.5
秀山 Xiushan	117.8	18.8	26.3	161.3

表3 不同杀虫剂处理条件下水稻上白背飞虱的成虫和若虫数量(富阳,2002)

Table 3. Number of adults and nymphs of *S. furcifera* on rice under the different treatments of insecticides (Fuyang, 2002).

水稻品种 Rice material	白背飞虱(只/株) <i>S. furcifera</i> /(No. · plant ⁻¹)					
	成虫 Adult			若虫 Nymph		
	农户管理 Farmer management	喷杀虫剂2次 Sprayed insecticides twice	无杀虫剂 No insecticides	农户管理 Farmer management	喷杀虫剂2次 Sprayed insecticides twice	无杀虫剂 No insecticides
中香1号 Zhongxiang 1(Susceptible)	0.4±0.8 ab	28.4±10.3 c	29.8±9.3 d	0.3±0.6 ab	260.1±60.0 c	248.3±52.3 d
嘉花1号 Jiahua 1(Resistant)	0.1±0.2 b	0.9±0.7 ae	1.1±1.6 e	0.2±0.5 ab	3.3±2.6 a	2.5±2.7 ab
两优培九 Liangyoupei jiu(Tolerant)	0.2±0.5 b	4.0±2.2 f	3.5±2.2 f	0.4±0.6 ab	30.0±16.2 e	30.3±10.3 e
汕优63 Shanyou 63(Tolerant)	0.4±0.8 ab	14.4±7.2 f	11.4±4.4 h	0.0±0.0 b	87.1±36.8 f	128.6±24.4 g
协优9308 Xieyou 9308(Tolerant)	0.4±0.7 ab	6.9±3.8 i	4.6±2.2 j	0.2±0.4 ab	48.1±23.4 h	43.2±13.2 i

同一虫态中,具有相同英文字母者表示平均数间没有显著差异,最小显著差数法(LSD), $P=0.05$ 。

In the same morphism, means followed by the same lowercase letters are not significantly different by least significant difference (LSD) test, $P=0.05$.

的损失量和损失率。采用最小显著差数法分析比较平均数之间的差异显著性,显著水平为 $P=0.05$ 。经济收益比较以人民币计算。稻谷价值按当前粳稻为1200元/t,籼稻和杂交稻为1000元/t折算。减少使用杀虫剂的稻谷将增值,按使用2次杀虫剂和无杀虫剂的稻谷将增值20%和30%计算为附加值。秀山和富阳试验点每次喷施杀虫剂的成本分别为30元/hm²和45元/hm²;每次喷施杀虫剂的劳务费分别为30元/hm²和45元/hm²。最后,计算减少杀虫剂使用后实际产生的经济收益,但没有包括减少杀虫剂使用后给环境和人类健康带来的间接收益。

2 结果

2.1 虫情调查结果(富阳点)

白背飞虱田间虫情调查结果表明,农户杀虫剂管理的各水稻品种小区里,白背飞虱成虫和若虫数量都处于很低的水平,品种间没有显著性差异(表3)。在施用2次杀虫剂和无杀虫剂的情况下,抗虫品种嘉花1号上的成虫和若虫数量都最低(0.9~3.3只/株),与农户管理的没有显著差异(0.1~0.2只/株);而在耐虫品种两优培九上的成虫和若虫数量较低,与农户管理的有显著差异。在耐虫品种协优9308上的成虫和若虫数量趋势是杀虫剂处理2次>无杀虫剂>农户管理。在感虫品种中香1号上的成虫和若虫数量最多,分别高达29.8和260.1只/丛。在无杀虫剂处理时,抗虫品种嘉花1号上的白背飞虱若虫数量是耐虫品种两优培九上的8.3%,是感虫品种中香1号的1.0%。无杀虫剂处理的中香1号小区的若虫数量是农户管理的826.7倍。

表 4 不同杀虫剂处理条件下水稻上稻纵卷叶螟卷叶率与蜘蛛数量(富阳,2002)

Table 4. Percentage of leaf-rolling by *C. medinalis* and number of spiders on rice under the different treatments of insecticides (Fuyang, 2002).

水稻品种 Rice material	卷叶率 Leaf-rolling/%			蜘蛛(只/株) No. of spiders per plant		
	农户管理 Farmer management	喷杀虫剂 2 次 Sprayed insecticides twice	无杀虫剂 No insecticides	农户管理 Farmer management	喷杀虫剂 2 次 Sprayed insecticides twice	无杀虫剂 No insecticides
中香 1 号 Zhongxiang 1	0 g	2.81±3.53 f	7.40±5.99 ab	0.8±0.8 k	2.9±1.8 j	4.3±1.9 e
嘉花 1 号 Jiahua 1	0.19±0.58 g	2.11±1.93 f	3.10±3.35 e	0.4±0.5 k	1.4±1.3 gh	1.6±1.6 f
两优培九 Liangyoupeijiu	0.25±0.62 g	4.09±4.91 d	4.53±3.24 d	0.8±1.0 j	1.6±1.2 f	1.5±1.4 fg
汕优 63 Shanyou 63	0.07±0.32 g	2.99±3.03 e	6.11±4.79 c	1.2±1.5 i	1.6±1.9 f	3.3±2.0 b
协优 9308 Xieyou 9308	0.36±0.88 g	6.62±6.27 c	8.04±3.89 a	1.2±1.9 hi	2.1±1.5 e	2.4±1.3 d

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

In the same test, means followed by the same lowercase letters are not significantly different by least significant difference (LSD) test, $P=0.05$.

表 5 减量使用杀虫剂的水稻产量及其增减情况比较(富阳和秀山,2002)

Table 5. Comparison of rice yields and its changes with reducing insecticide use (Fuyang and Xiushan, 2002).

水稻品种 Rice material	农户管理 Farmer management			喷杀虫剂 2 次 Sprayed insecticides twice			无杀虫剂 No insecticides		
	产量 ¹⁾ Yield ¹⁾ /(t·hm ⁻²)	损失量 Loss /(t·hm ⁻²)	损失率 Percentage in losses/%	产量 ¹⁾ Yield ¹⁾ /(t·hm ⁻²)	损失量 Loss /(t·hm ⁻²)	损失率 Percentage in losses/%	产量 ¹⁾ Yield ¹⁾ /(t·hm ⁻²)	损失量 Loss /(t·hm ⁻²)	损失率 Percentage in losses/%
富阳 Fuyang									
中香 1 号 ZX 1 ²⁾	4.64	—	—	1.22	3.42	73.70	0.44	4.20	90.52
嘉花 1 号 JH 1	6.31±0.48 b	—	—	4.76±0.49 de	1.55	24.52	4.62±0.36 de	1.68	26.69
两优培九 LYPJ	7.44±0.31 a	—	—	5.41±0.96 efg	2.02	27.21	5.14±0.61 cd	2.30	30.88
汕优 63 SY63	7.71±0.50 a	—	—	4.76±0.72 de	2.96	38.33	4.33±1.41 ef	3.39	43.91
协优 9308 XY9308	5.50±0.54 c	—	—	3.95±0.44 fg	1.55	28.18	3.96±0.30 fg	1.54	28.00
秀山 Xiushan									
中香 1 号 ZX 1 ²⁾	4.37±0.20 d	—	—	3.97±0.44 e	0.40	9.08	3.67±0.13 ef	0.70	16.03
嘉花 1 号 JH 1	6.33±0.10 a	—	—	5.67±0.27 b	0.66	10.42	5.49±0.37 b	0.84	13.26
两优培九 LYPJ	5.37±0.26 bc	—	—	4.50±0.24 d	0.87	16.20	3.73±0.48 e	1.64	30.48
汕优 63 SY63	5.56±0.32 b	—	—	5.10±0.47 c	0.46	8.33	3.71±0.36 e	1.85	33.27
协优 9308 XY9308	3.86±0.16 e	—	—	3.34±0.47 fg	0.52	13.39	3.09±0.24 g	0.77	19.95

¹⁾ 同一列中,具有相同英文字母者表示平均数间没有显著差异,最小显著差数法(LSD), $P=0.05$ 。

²⁾ 在富阳试验点,因中香 1 号受害较重,稻株倒伏,未能重复取样。

¹⁾ In a column, means followed by the same lowercase letters are not significantly different by least significant difference (LSD) test, $P=0.05$.

²⁾ In Fuyang, no yield samples were replicated on Zhongxiang 1 since there was an outbreak of *S. furcifera* with fully-down of rice plants. ZX 1—Zhongxiang 1; JH 1—Jiahua 1; LYPJ—Liangyoupeijiu; SY63—Shanyou 63; XY9308—Xieyou 9308.

农户杀虫剂管理的各水稻品种小区里,稻纵卷叶螟为害后的卷叶率在各品种间没有显著的差异,且处于很低水平(表 4)。在两优培九上,杀虫剂处理 2 次和无杀虫剂处理小区里的卷叶率无显著差异,在嘉花 1 号上两个处理间的卷叶率变化不大;而在中香 1 号和汕优 63 上,无杀虫剂处理小区里的卷叶率比杀虫剂处理 2 次的有了显著的上升。在协优 9308 上,杀虫剂处理 2 次和无杀虫剂处理小区里的卷叶率都处于较高的水平。

从田间蜘蛛调查结果来看,不管水稻品种如何,无杀虫剂处理小区的蜘蛛数量是农户管理小区的 2.8~5.5 倍,是杀虫剂处理 2 次小区的 1.6~4.1 倍(表 4)。蜘蛛数量的趋势如下:无杀虫剂 > 杀虫

剂处理 2 次 > 农户杀虫剂管理。

2.2 稻谷产量与千粒重测定

2.2.1 稻谷产量

从 5 个测试材料在农户杀虫剂管理下的产量测定结果来看(表 5),中香 1 号和嘉花 1 号两个常规品种在富阳和秀山两地的表现基本一致;而杂交稻汕优 63、协优 9308 和两优培九在富阳的产量表现比在秀山要高出 30% 左右,这也许与富阳的氮肥施用量高于秀山 40.2% 有关(表 2)。总的来说,在同样的杀虫剂管理条件下,测试材料在富阳的产量损失量比在秀山的大,其损失率也高;抗虫或耐虫品种的损失量和损失率也较感虫品种低些(表 5)。例如,中香 1 号在杀虫剂处理 2 次和无杀虫剂处理的

表6 减量使用杀虫剂的稻谷千粒重及其增减情况比较(富阳和秀山,2002)

Table 6. Comparison of 1000-grain weight and their changes with reducing insecticide use (Fuyang and Xiushan, 2002).

水稻品种 Rice material	农户管理 Farmer management			喷杀虫剂2次 Sprayed insecticides twice			无杀虫剂 No insecticides		
	千粒重 ¹⁾	损失量	损失率	千粒重 ¹⁾	损失量	损失率	千粒重 ¹⁾	损失量	损失率
	1000-grain weight ¹⁾ /g	Loss /g	Percentage in losses/%	1000-grain weight ¹⁾ /g	Loss /g	Percentage in losses/%	1000-grain weight ¹⁾ /g	Loss /g	Percentage in losses/%
富阳 Fuyang									
中香1号 ZX 1 ²⁾	21.66	—	—	21.08	0.58	2.68	19.45	2.21	10.20
嘉花1号 JH 1	24.18±0.43 f	—	—	23.94±0.13 f	0.24	1.01	24.05±0.58 f	0.13	0.54
两优培九 LYPJ	23.41±0.37 g	—	—	24.23±0.21 cd	-0.82	-3.50	24.58±0.39 de	-1.17	-5.00
汕优63 SY63	26.72±0.27 a	—	—	26.60±0.79 ef	0.12	0.45	25.64±0.32 b	1.08	4.05
协优9308 XY9308	24.28±0.13 ef	—	—	24.05±0.34 a	0.23	0.95	24.76±0.21 cd	-0.49	-2.00
秀山 Xiushan									
中香1号 ZX 1 ²⁾	21.28±0.46 g	—	—	20.90±0.66 gh	0.38	1.77	20.64±0.24 h	0.63	2.98
嘉花1号 JH 1	25.11±0.34 bc	—	—	24.72±0.49 cd	0.40	1.58	23.96±0.61 ef	1.16	4.61
两优培九 LYPJ	24.26±0.28 de	—	—	23.83±0.77 ef	0.43	1.77	23.47±0.03 f	0.79	3.35
汕优63 SY63	26.20±0.54 a	—	—	25.91±0.44 a	0.29	1.11	25.04±0.48	1.16	4.43
协优9308 XY9308	25.40±0.30 b	—	—	25.38±0.45 b	0.02	0.08	25.27±0.83 b	0.13	0.50

¹⁾同一列中,具有相同英文字母者表示平均数间没有显著差异,最小显著差数法(LSD), $P=0.05$ 。

²⁾在富阳试验点,因中香1号受害较重,稻株倒伏,未能重复取样。

¹⁾In a column, means followed by the same lowercase letters are not significantly different by least significant difference (LSD) test, $P=0.05$.

²⁾In Fuyang, no 1000-grain samples were replicated on Zhongxiang 1 since there was an outbreak of *S. furcifera*, resulting in lodging of rice plants.

ZX 1—Zhongxiang 1; JH 1—Jiahua 1; LYPJ—Liangyoupeijiu; SY63—Shanyou 63; XY9308—Xieyou 9308.

条件下其产量的损失量和损失率最高,损失量分别为 3.42 t/hm² 和 4.20 t/hm²,损失率分别达 73.70%和 90.52%。杂交稻汕优 63 和两优培九在富阳和秀山试验点均表现出较高的损失量和损失率。

2.2.2 千粒重

在农户杀虫剂管理下,除中香 1 号外,其余材料在秀山的千粒重略高于在富阳的(表 6)。在杀虫剂处理 2 次和无杀虫剂处理的条件下,在秀山的千粒重损失量和损失率均高于在富阳的。另外,两优培九和协优 9308 在无杀虫剂的条件下,其千粒重在富阳甚至增重了 5.00%和 2.00%。

2.3 水稻生产的实际收益比较

富阳和秀山两个试验点的水稻生产实际收益比较表明,由于两地的虫情发生不一,杀虫剂 2 次和无杀虫剂处理下的各水稻品种的产量损失在秀山点的明显低于在富阳点的。因此,在富阳点的上述处理下,水稻生产的实际收入或多或少地有所减少,在秀山点则普遍增加了(表 7)。同时,种植抗虫品种嘉花 1 号和耐虫品种协优 9308 后具有明显的经济收益,杀虫剂 2 次处理下的实际收益低于无杀虫剂处理的。特别值得一提的是,无杀虫剂处理下基本上没有经济损失、甚至收益还会提高。例如,无杀虫剂处理下的嘉花 1 号和协优 9308,在富阳点分别增加收益 1.13%和 1.78%(表 7),在秀山点分别增加收

益 15.91%和 10.28%(表 7)。

3 讨论

3.1 害虫的发生与抗虫品种的作用

害虫的为害与水稻品种的抗虫性是昆虫与植物相互作用的自然进化结果。国内外的研究均表明,水稻品种对害虫的抗虫性是多形式、多层次和多方面的,是一种或多种抗性机理作用的结果^[8]。种植抗虫品种可以明显地抑制害虫种群的发生和发展。从富阳和秀山两地杀虫剂防治目标害虫来看,白背飞虱、二化螟和稻纵卷叶螟是水稻生长季节的主要害虫。富阳的田间试验结果表明,在完全不使用杀虫剂的情况下,抗稻飞虱品种嘉花 1 号和耐虫品种协优 9308 上的飞虱数量显著低于感虫品种中香 1 号和汕优 63,这说明抗性品种对白背飞虱的为害具有明显而有效的抑制作用。从嘉花 1 号来看,富阳和秀山试验点的结果表明,虽然施用 2 次杀虫剂处理小区的稻谷千粒重比完全不施杀虫剂处理小区的略有提高,但这两个处理小区中的产量却几乎没有差异。这说明在对白背飞虱抗性稳定的品种上,少施(2 次杀虫剂)和不施杀虫剂对产量没有影响,但杀虫剂使用次数增加到 4~5 次的话,其产量可以得到明显的提高。然而,感虫品种就完全不同了。在中香 1 号上,施用 2 次杀虫剂和完全无杀虫剂处理小区的产量损失率分别达到了 73.70%和 90.52%,

表7 减量使用杀虫剂的水稻产量、增减情况及收益比较(富阳和秀山,2002)

Table 7. Rice yields and losses under the condition in reducing use of insecticides, and comparisons of net income from rice production (Fuyang and Xiushan, 2002)

杀虫剂管理模式 Mode of insecticide management	稻谷产量 Rice yield (t · hm ⁻²)	稻谷价值 Value of rice (RMB Yuan · hm ⁻²)	附加值 Additional value (RMB Yuan · hm ⁻²)	与农户管理比 Comparison with farmer management					
				产量损失 Yield loss (t · hm ⁻²)	稻谷损失价值 Lost value of rice (RMB Yuan · hm ⁻²)	减少杀虫剂使用节省的开支 Saving from reducing insecticide use (RMB Yuan · hm ⁻²)	实际收入 Actual income from rice production (RMB Yuan · hm ⁻²)	实际收入减少 Income difference (RMB Yuan · hm ⁻²)	实际收入减少率 Actual income loss/%
富阳 Fuyang									
中香 1 号 Zhongxiang 1									
农户管理 FM	4.64	4640	—	—	—	—	4640.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	1.22	1220	244.0	3.42	4104	270	1734.0	2906.0	62.63
无杀虫剂 NI	0.44	440	132.0	4.20	5040	450	1022.0	3618.0	77.97
嘉花 1 号 Jiahua 1									
农户管理 FM	6.31	7572	—	—	—	—	7572.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	4.76	5712	1142.4	1.55	1550	270	7124.4	447.6	5.91
无杀虫剂 NI	4.62	5544	1663.2	1.68	1680	450	7657.2	-85.2	-1.13
两优培九 Liangyoupeijiu									
农户管理 FM	7.44	7440	—	—	—	—	7440.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	5.41	5410	1082.0	2.02	2020	270	6762.0	678.0	9.11
无杀虫剂 NI	5.14	5140	1542.0	2.30	2300	450	7132.0	308.0	4.14
汕优 63 Shanyou 63									
农户管理 FM	7.71	7710	—	—	—	—	7710.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	4.76	4760	952.0	2.96	2960	270	5982.0	1728.0	22.41
无杀虫剂 NI	4.33	4330	1299.0	3.39	3390	450	6079.0	1631.0	21.15
协优 9308 Xieyou 9308									
农户管理 FM	5.50	5500	—	—	—	—	5500.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	3.95	3950	790.0	1.55	1550	270	5010.0	490.0	8.91
无杀虫剂 NI	3.96	3960	1188.0	1.54	1540	450	5598.0	-98.0	-1.78
秀山 Xiushan									
中香 1 号 Zhongxiang 1									
农户管理 FM	4.37	4370	—	—	—	—	4370.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	3.97	3970	794.0	0.40	400	120	4484.0	-114.0	-2.61
无杀虫剂 NI	3.67	3670	1101.0	0.70	700	240	4311.0	59.0	1.35
嘉花 1 号 Jiahua 1									
农户管理 FM	6.33	7596	—	—	—	—	7596.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	5.67	6804	1360.8	0.66	660	120	8284.8	-688.8	-9.07
无杀虫剂 NI	5.49	6588	1976.4	0.84	840	240	8804.4	-1208.4	-15.91
两优培九 Liangyoupeijiu									
农户管理 FM	5.37	5370	—	—	—	—	5370.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	4.50	4500	900.0	0.87	870	120	5520.0	-150.0	-2.79
无杀虫剂 NI	3.73	3730	1119.0	1.64	1640	240	5089.0	281.0	5.23
汕优 63 Shanyou 63									
农户管理 FM	5.56	5560	—	—	—	—	5560.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	5.10	5100	1112.0	0.46	460	120	5780.0	-220.0	-3.96
无杀虫剂 NI	3.71	3710	1113.0	1.85	1850	240	5063.0	497.0	8.94
协优 9308 Xieyou 9308									
农户管理 FM	3.86	3860	—	—	—	—	3860.0	—	—
喷 2 次杀虫剂 2SI	3.34	3340	668.0	0.52	520	120	4128.0	-268.0	-6.94
无杀虫剂 NI	3.09	3090	927.0	0.77	770	240	4257.0	-397.0	-10.28

注:经济收益比较以人民币计算。稻谷价值按梗稻 1200 元/t,籼稻和杂交稻 1000 元/t 折算。减少使用杀虫剂的稻谷将分别增值,按使用 2 次杀虫剂和无杀虫剂的稻谷分别增值 20% 和 30% 计算为附加值。富阳试验点每次喷施杀虫剂的成本和劳务费均为 45 元/hm²,农户管理喷施杀虫剂 5 次。秀山试验点每次喷施杀虫剂的成本和劳务费均为 30 元/hm²,农户管理喷施杀虫剂 4 次。

Note: The comparison of economic benefits is computed in the currency of Renmingbi (RMB). The value of rice grains for japonica and indica are presently at RMB 1 200 Yuan/t and 1 000 Yuan/t, respectively. The value of rice with reduced insecticide spray and without insecticides would increase, calculating at the base of 20% and 30% increase of original rice grain value, respectively. The costs of insecticides and labor for each manual spray were RMB 45 Yuan/hm², RMB 45 Yuan/hm² in Fuyang, and RMB 30 Yuan/hm², 30 Yuan/hm² in Xiushan, respectively. There were 5 and 4 times insecticide sprays in the mode of farmer's self-management in Fuyang and Xiushan, respectively.

FM—Farmer management; 2SI—Sprayed insecticides twice; NI—No insecticides.

导致非常严重的产量损失。

3.2 减少杀虫剂与天敌的关系

喷施杀虫剂是害虫防治中采用最普遍的措施之一。许多杀虫剂防治试验表明,杀虫剂在杀死害虫的同时,也杀灭或减少了害虫天敌,特别是捕食性天

敌如蜘蛛等,降低了它们对害虫的控制作用^[3,4,10]。

在本试验中,我们采用的锐劲特和吡虫啉都是选择性杀虫剂,对白背飞虱和稻纵卷叶螟具有很好的防治效果,而对天敌蜘蛛则十分安全^[7,11]。然而,我们选用的三唑磷虽对二化螟具有较好的防治效

果^[9],但同时也杀伤了部分天敌蜘蛛,使得用药处理小区的蜘蛛数量减少了50%~400%。因此,在今后的二化螟和稻纵卷叶螟等鳞翅目害虫的防治中,应避免使用对蜘蛛影响较大的三唑磷。

3.3 减少杀虫剂的经济收益评估

传统的水稻生产观念主要以保障水稻的丰产丰收为目的,极少考虑稻谷生产的成本、产出和经济收益。在水稻生产中,如果水稻受到害虫的为害而不用或少用杀虫剂,无疑将使产量受到损失直至完全损失。但如果使用了抗虫品种,其产量损失将明显减小,同时,也将生产出无公害或减量农药的大米。本试验中的嘉花1号就给予了有利的证明。国内外的市场实践表明,无公害或减量农药的农产品的市场价格比正常使用农药的明显要高,一般要高15%~30%。所以,农户可以通过生产无公害或减量农药的大米使其增值和减少杀虫剂的使用降低成本的方法来抵消因稻谷产量损失引起的经济损失。如果种植抗虫品种嘉花1号,在完全不施杀虫剂的情况下,虽然在富阳和秀山试验点的产量损失率分别为26.69%和13.26%,但是其实际收益在富阳点增加了1.13%,在秀山点却增收了15.91%;将杀虫剂减少使用到2次时,在杭州和秀山的实际收益损失率分别为5.91%和-9.07%。这是我们依据稻谷产量来进行的经济效益评估。如果以加工出的稻米量及其价值来评估减少杀虫剂带来的经济收益可能会更加准确些,因为整精米率将直接影响着稻米的商业价值。这有待于我们进一步研究。另外,从时间上来考虑,少施或不施杀虫剂可以节省许多时间来从事其他经济活动,产生更多或更大的经济收益。因此,在市场经济的今天,本研究显得具有十分重要的经济意义。

综上所述,如果稻农种植抗虫或耐虫品种,减量使用杀虫剂至2次或甚至完全不用杀虫剂,充分利用蜘蛛等天敌的控制作用,就能够有效地抑制白背飞虱种群的发生和发展,获得与常规杀虫剂用量(4~5次)相仿的或更高的收益。

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.
- 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 with English abstract)
- 顾中言.农药导致害虫再猖獗的生态机制.植保技术与推广,1993,(5):22-23.[Gu Z Y. Ecological mechanism of chemical leading to pest resurgence. *Plant Prot Tech & Ext*, 1993, (5):22-23.](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(一).昆虫知识,1996,33(1):3-7.[Hu G W, Guo Y J, Li S S, Wu J C. The principle and practice of reducing chemical application in paddy field (Part one). *Entomol Knowl*, 1996, 33(1):3-7.](in Chinese with English abstract)
- 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)
- 华丘林,郑金土,姚国华,夏亦秋.吡虫啉防治白背飞虱效果及对水稻、天敌的安全性实验.农药,1997,36(11):33-34.[Hua Q L, Zheng J T, Yao G H, Xia Y Q. Control effect of imidacoprid on *Sogatella furcifera* Horváth. *Pesticides*, 1997, 36(11):33-34.](in Chinese)
- 刘光杰,胡国文.水稻品种抗稻飞虱机理研究的最新进展.昆虫知识,1995,32(1):52-54.[Liu G J, Hu G W. Recent development of the studies on the mechanisms of varietal resistance to rice planthoppers. *Entomol Knowl*, 1995, 32(1):52-54.](in Chinese)
- 刘光杰,沈君辉,钱兰华,桂良强.防治水稻二化螟高效、低蚕毒药剂的筛选.植物保护,1999,25(4):17-19.[Liu G J, Shen J H, Qian L H, Gui L Q. Screening of highly active pesticides with low toxic to mulberry-feeding silkworm for controlling *Chilo suppressalis*. *Plant Prot*, 1999, 25(4):17-19.](in Chinese)
- 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 planthoppers induced by deltamethrin and methamidophos. *Entomol Knowl*, 1994, 31(5):257-262.](in Chinese with English abstract)
- 谢雪梅,蒲正国,卢福刚,谯青春,陈仕高.锐劲特对稻纵卷叶螟和稻飞虱的兼控效果评价.植物保护,2001,21(2):35-37.[Xie X M, Pu Z G, Lu F G, Qiao Q C, Chen S G. Evaluation of the combined effects of Regent® in controlling rice leaffolder and planthoppers. *Plant Prot*, 2001, 21(2):35-37.](in Chinese)
- 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)
- 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 with English abstract)