

防治水稻白背飞虱高毒农药替代药剂的室内筛选及对吡虫啉的抗性风险评估

李淑勇^{1, #} 刘学^{2, #} 高聪芬¹ 薄仙萍¹ 苏建亚¹ 王彦华¹ 余论¹ 严鑫¹
沈晋良^{1, *} 杨峻² 陶岭梅²

(¹南京农业大学 植物保护学院 农药科学系/农业部病虫监测与治理重点开放实验室, 江苏 南京 210095; ²农业部农药检定所, 北京 100026; # 共同第一作者; * 通讯联系人, E-mail: jishen@njau.edu.cn)

Laboratory Screening of Alternatives to Highly Toxic Insecticides for Controlling the White Backed Planthopper, *Sogatella furcifera* and Resistance Risk Assessment to Imidacloprid in Rice

LI Shu yong^{1, #}, LIU Xue^{2, #}, GAO Cong fen¹, BO Xian ping¹, SU Jian ya¹, WANG Yan hua¹, YU Lun¹, YAN Xin¹,
SHEN Jin liang^{1, *}, YANG Jun², TAO Ling mei²

(¹ Department of Pesticide Science, College of Plant Protection/ Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Diseases and Insects, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; ² Institute for the Control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China; # These authors contributed equally to this paper; * Corresponding author, E mail: jishen@njau.edu.cn)

Abstract: To screen alternative insecticides for controlling the white backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth), toxicities of 21 insecticides fallen into seven categories against the third instar nymphs of *Sogatella furcifera*, which were collected from Jiangpu District, Nanjing, China were evaluated by the rice stem dipping method in 2006 and 2007. The results indicated that thiamethoxam, buprofezin and imidacloprid had the highest toxicities ($LC_{50} = 0.04 - 0.26$ mg/L); nitenpyram, butylene fipronil, pymetrozine, acetamiprid, imidaclothiz, chlorpyrifos and fipronil showed good efficacy ($LC_{50} < 4.50$ mg/L), suggesting that the above insecticides were potential alternatives to highly toxic insecticides for field trials. Although isoprocarb and dichlorvos showed less efficacy ($LC_{50} > 19.85$ mg/L), these two insecticides were also recommended as the alternatives because they are being applied widely in practice. According to the year to year variation in susceptibility of *Sogatella furcifera* to the insecticides between 2006 and 2007, it was noted that the susceptibilities to chlorpyrifos, isoprocarb, carbosulfan, metolcarb were significantly reduced, with the reducing rate of 2.0 to 2.5 fold. With continuous selection with imidacloprid for 15 generations, the LC_{50} of the population collected from Jiangpu in 2006 increased by 4.33 fold and its realized heritability (h^2) was 0.2295. In addition, integrated management strategies for the white backed planthopper were also proposed.

Key words: white backed planthopper; highly toxic insecticides; alternative insecticides; toxicity; imidacloprid; resistance risk assessment

摘要: 为筛选高毒农药的替代药剂, 采用稻茎浸渍法测定了 7 类共 21 种杀虫剂对 2006 年和 2007 年采自南京市江浦地区的白背飞虱种群 3 龄若虫的毒力。结果表明, 噻虫嗪、吡虫啉、噻嗪酮对白背飞虱 3 龄若虫的毒力最高 ($LC_{50} = 0.04 - 0.26$ mg/L); 烯啶虫胺、丁烯氟虫腈、吡蚜酮、啶虫咪、氯噻啉、毒死蜱、氟虫腈等也有较高的毒力 ($LC_{50} < 4.50$ mg/L); 异丙威、敌敌畏虽然触杀毒力稍低 ($LC_{50} > 19.85$ mg/L), 但两者在生产上仍广泛应用, 所以把以上 12 种药剂作为田间药效试验的推荐品种; 同时还比较了该地区白背飞虱种群对供试药剂敏感性的年度间差异, 其中对毒死蜱、异丙威、丁硫克百威、速灭威这 4 种药剂的敏感性下降了 66.7% ~ 71.4%。对 2006 年南京江浦种群用吡虫啉连续筛选 15 代的结果表明, 1 ~ 15 代抗性上升 4.33 倍, 抗性现实遗传力为 0.2295, 存在抗性风险。另外, 还讨论了白背飞虱的综合防治。

关键词: 白背飞虱; 高毒农药; 替代药剂; 毒力; 吡虫啉; 抗性风险评估

中图分类号: S435.112+3; S482.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2009)01-0079-06

白背飞虱 [*Sogatella furcifera* (Horváth)] 属同翅目、飞虱科, 是为害我国水稻的重要迁飞性害虫之一。其成、若虫直接刺吸稻株的韧皮部汁液, 造成水稻生长缓慢、分蘖延迟、瘪粒增加, 为害严重时, 可导致水稻枯死^[1-2]。白背飞虱还能传播水稻病毒病, 造成病害流行^[3]。

20 世纪 80 年代以来, 白背飞虱在我国各稻区的发生面积和大发生频次显著增加, 早稻生产损失

严重。在生产上一般采用化学药剂防治白背飞虱^[4-7], 长期大量的不合理使用化学杀虫剂, 导致它对异丙威、混灭威、甲胺磷等多种杀虫剂产生了明

收稿日期: 2008-01-24; 修改稿收到日期: 2008-05-07。

基金项目: 农业部高毒农药替代试验示范项目 [(2005) 种植业 (植保) 函 7 号]

第一作者简介: 李淑勇 (1981 -), 男, 硕士研究生; 刘学 (1965 -), 男, 高级农艺师。

显的抗药性^[8-10]。

由于甲胺磷等高毒有机磷农药急性毒性较高,在使用过程中易造成施用人员中毒与死亡,误食甲胺磷农药或食用甲胺磷超标食物所造成的消费者中毒与死亡事故也时有发生^[11],并且甲胺磷还容易杀伤稻田天敌和刺激飞虱产卵^[12]。我国自 2007 年 1 月 1 日起已全面禁止甲胺磷、甲基对硫磷、对硫磷、久效磷、磷胺等 5 种高毒有机磷农药在农业上使用^[13],因此,有必要寻找高效的替代农药品种来防治白背飞虱,以保证水稻生产和粮食安全。

吡虫啉是一种氯化烟碱类杀虫剂,能选择抑制昆虫神经系统中的乙酰胆碱受体,对飞虱、粉虱、蚜虫等害虫具有优异的防治效果^[14]。近年来,已有关于褐飞虱、灰飞虱对吡虫啉产生高水平抗性的报道^[15-16]。然而,有关白背飞虱对吡虫啉的抗性发展状况还不明确,因而白背飞虱对吡虫啉的抗性风险也亟待评估。

有鉴于此,我们采用稻茎浸渍法测定了 7 类 21 种杀虫剂对 2006 年和 2007 年采自南京市江浦地区白背飞虱 3 龄若虫的毒力,推荐供大田药效试验的候选品种,为甲胺磷等高毒有机磷农药的替代提供科学依据;同时评估了白背飞虱对吡虫啉的抗性风险。

1 材料与方 法

1.1 供试昆虫

2006 年南京江浦种群 2006 年 7 月下旬至 8 月中旬分 8 次采自江浦杂交水稻田第 1、2 代白背飞虱若虫和成虫,共计约 20 000 头。放入盛有新鲜稻株的塑料桶内带回室内,选取 3 龄中期的若虫供毒力测定;其余的成虫和若虫按虫态或龄期分别放入盛有 4~5 盆分蘖期水稻(汕优 63)的养虫笼内隔离饲养,3 龄中期若虫供测定。饲养条件:温度为(27±1)、相对湿度为 70%~80%、光照充足。

2007 年南京江浦种群 2007 年 7 月中旬至 8 月中旬分 7 次采自江浦杂交水稻田第 1、2 代白背飞虱若虫和成虫,共计约 10 000 头。室内饲养方法同上。

抗性筛选原始种群 2006 年 8 月上旬采自南京江浦水稻田第 1 代 3 龄若虫,约 2 500 头。室内饲养方法同上。

1.2 供试药剂

氯化烟碱类:95%噻虫嗪原药[先正达(中国)投资有限公司]、95.8%吡虫啉原药、96.2%啶虫脒

原药(河北威远生物化工股份有限公司)、95%氯噻啉原药、95%烯啶虫胺原药(江苏南通江山农药化工股份有限公司)。

苯基吡啶类:90%丁烯氟虫腈原药(大连瑞泽农药股份有限公司)、87%氟虫腈原药(拜耳杭州科学作物有限公司)。

有机磷类:97%毒死蜱原药、95%敌敌畏原药(江苏南通江山农药化工股份有限公司)、70%甲胺磷原药(山东华阳农药科技股份有限公司)。

氨基甲酸酯类:99%残杀威原药、98.5%仲丁威原药、98%猛杀威原药、98%异丙威原药、96%速灭威原药、99%混灭威原药、92%丁硫克百威原药(江苏常隆化工有限公司)。

拟除虫菊酯类:90%醚菊酯原药、93.5%氟硅菊酯原药(江苏扬农化工股份有限公司)。

昆虫生长调节剂类:98.2%噻嗪酮原药(江苏常隆化工有限公司)。

吡啶甲亚胺杂环类:95%吡蚜酮原药(江苏苏研科创农化有限公司)。

上述原药以丙酮作溶剂(吡蚜酮用 95%乙醇作溶剂),加 10%的 Triton X-100 加工成乳油,供测定用。

1.3 试验方法

1.3.1 生物测定方法

采用庄永林等^[17]介绍的稻茎浸渍法,测定白背飞虱对杀虫剂的敏感性。按照各类杀虫剂对试虫毒杀作用的速率,确定处理时间。

有机磷、氨基甲酸酯及拟除虫菊酯类杀虫剂处理 48 h 后检查结果;氯化烟碱类、苯基吡啶类杀虫剂处理 96 h 后检查结果;昆虫生长调节剂类、吡啶甲亚胺杂环类杀虫剂处理 120 h 后检查结果。

1.3.2 抗性筛选处理方法

采用稻茎浸渍法(冬季采用 5 d 龄秧苗代替稻茎)。处理 96 h 后,将存活的试虫转移至分蘖期水稻(汕优 63)上繁殖下一代。每代筛选 1000~2000 头,选择压力控制在 20%~50%的死亡率,以保证下一代有足够的虫量进行筛选。

1.4 统计分析方法

1.4.1 生物测定统计分析方法

采用 EPA 的剂量-反应几率值分析软件(EPA probit analysis program used for calculating LC/EC values Version 1.5)计算药剂毒力回归式、斜率 b 值及标准误、 LC_{50} 值及其 95%置信限。以 LC_{50} 的 95%置信限不重叠作为判断不同杀虫剂间毒力差异

显著的标准^[15,18]。

1.4.2 抗性风险评估

抗性现实遗传力 (h^2) 的估算采用 Tabashnik^[19] 介绍的阈性状分析方法。根据公式 $h^2 = R/S$ 计算。选择反应 $R = (\text{筛选后第 } n \text{ 代 } LC_{50} \text{ 的对数值} - \text{筛选前亲代 } LC_{50} \text{ 的对数值})/n$; 选择差异 $S = i \times \rho$, 其中, 选择强度 $i = 1.583 - 0.0193336P + 0.0000428P^2 + 3.65194/P$, $10 < P < 80$; 其中, $P = 100 - \text{平均校正死亡率}$; 表现型标准差 ρ 为筛选各代毒力回归线的斜率的平均值的倒数。

根据现实遗传力 h^2 预测筛选后抗性上升 x 倍所需代数 $[G_x = \lg x / (h^2 \times s)]$, 以及不同选择压力 (50% ~ 99%) 下, 抗性上升 10 倍所需的代数 $[G = R^{-1} = 1 / (h^2 \times s)]$ 。

2 结果与分析

2.1 21 种杀虫剂对白背飞虱种群的毒力

由表 1 可知, 供试的 21 种杀虫剂对 2006 年南

京江浦白背飞虱种群的毒力顺序为: 噻虫嗪 > 噻嗪酮、吡虫啉、烯啶虫胺、丁烯氟虫腈、啶虫脒、氯噻啉、吡蚜酮、毒死蜱、氟虫腈 > 氟硅菊酯、猛杀威、异丙威、敌敌畏、仲丁威、丁硫克百威、醚菊酯、残杀威、甲胺磷、速灭威、混灭威。

供试的 21 种杀虫剂对 2007 年南京江浦白背飞虱种群的毒力顺序为: 噻虫嗪、吡虫啉、噻嗪酮 > 丁烯氟虫腈、烯啶虫胺、啶虫脒、氟虫腈、吡蚜酮、氯噻啉 > 毒死蜱、氟硅菊酯 > 猛杀威、仲丁威、异丙威、残杀威、甲胺磷、醚菊酯、敌敌畏、丁硫克百威、混灭威、速灭威。

2006 年供试药剂中毒力高于对照药剂甲胺磷的杀虫剂有 18 种, 高于常用药剂毒死蜱的杀虫剂有 8 种; 2007 年供试药剂中毒力高于对照药剂甲胺磷的杀虫剂有 15 种, 高于常用药剂毒死蜱的杀虫剂有 9 种。

2.2 7 类杀虫剂对白背飞虱种群的毒力比较

由两年白背飞虱室内毒力测定结果可以看出,

表 1 21 种杀虫剂对南京江浦白背飞虱 3 龄若虫的毒力

Table 1 Toxicity of twenty one insecticides to the third instar nymphs of *Sogatella furcifera* from Jiangpu District, Nanjing, China by rice stem dipping method.

杀虫剂 Insecticide	2006			2007		
	处理虫数 No. of insects	斜率 Slope (SE)	LC_{50} (95% 置信区间) ¹⁾ LC_{50} (95% confidence interval) ¹⁾ /(mg · L ⁻¹)	处理虫数 No. of insects	斜率 Slope (SE)	LC_{50} (95% 置信区间) ¹⁾ LC_{50} (95% confidence interval) ¹⁾ /(mg · L ⁻¹)
噻虫嗪 Thiamethoxam	360	1.8(0.2)	0.08(0.06 ~ 0.10)	360	1.3(0.2)	0.04(0.03 ~ 0.06)
噻嗪酮 Buprofezin	360	2.2(0.4)	0.25(0.17 ~ 0.35)	360	2.4(0.4)	0.11(0.08 ~ 0.13)
吡虫啉 Imidacloprid	270	2.8(0.5)	0.26(0.18 ~ 0.33)	360	1.5(0.2)	0.07(0.04 ~ 0.09)
烯啶虫胺 Nitenpyram	360	3.5(0.7)	0.51(0.21 ~ 0.79)	360	2.2(0.4)	0.33(0.23 ~ 0.43)
丁烯氟虫腈 Butylene fipronil	360	0.7(0.2)	0.72(0.30 ~ 1.87)	360	1.4(0.2)	0.27(0.15 ~ 0.39)
啶虫脒 Acetamiprid	360	2.1(0.3)	0.90(0.69 ~ 1.12)	360	1.9(0.3)	0.41(0.28 ~ 0.53)
氯噻啉 Imidaclothiz	360	1.4(0.2)	0.95(0.64 ~ 1.32)	360	2.2(0.4)	0.79(0.57 ~ 1.02)
吡蚜酮 Pymetrozine	360	1.9(0.5)	1.00(0.39 ~ 1.53)	360	1.3(0.3)	0.66(0.40 ~ 1.01)
毒死蜱 Chlorpyrifos	360	2.7(0.3)	1.82(1.50 ~ 2.15)	360	2.5(0.4)	4.46(3.49 ~ 5.63)
氟虫腈 Fipronil	360	1.5(0.2)	2.66(1.84 ~ 3.74)	360	1.4(0.2)	0.62(0.40 ~ 0.86)
氟硅菊酯 Silafluofen	360	2.4(0.3)	6.29(4.95 ~ 7.76)	360	2.2(0.3)	4.73(3.42 ~ 6.06)
猛杀威 Promecarb	360	4.3(0.8)	14.41(10.84 ~ 17.43)	360	1.6(0.3)	11.82(8.18 ~ 17.62)
异丙威 Isoprocarb	360	3.0(0.5)	19.85(15.87 ~ 24.38)	360	2.8(0.6)	25.50(10.04 ~ 42.62)
敌敌畏 Dichlorvos	360	4.5(0.7)	20.57(17.25 ~ 23.67)	360	3.0(0.4)	42.05(34.24 ~ 49.94)
仲丁威 Fenobucarb	360	3.7(0.6)	22.20(17.52 ~ 26.47)	360	2.4(0.5)	21.50(16.14 ~ 27.62)
丁硫克百威 Carbosulfan	360	2.5(0.3)	23.05(18.60 ~ 27.80)	360	1.2(0.2)	61.42(41.53 ~ 111.26)
醚菊酯 Etofenprox	360	1.0(0.2)	24.22(13.76 ~ 40.77)	360	1.0(0.2)	49.12(30.26 ~ 102.95)
残杀威 Propoxur	360	3.1(0.5)	29.83(23.37 ~ 36.11)	360	2.1(0.3)	25.58(19.56 ~ 32.23)
甲胺磷 Methamidophos	360	2.2(0.3)	34.98(25.30 ~ 44.89)	360	2.6(0.3)	27.86(22.16 ~ 33.78)
速灭威 Metolcarb	360	3.9(1.3)	46.71(35.97 ~ 64.99)	360	3.8(0.5)	103.76(86.10 ~ 120.99)
混灭威 Dimethacarb	360	3.8(0.9)	77.87(63.94 ~ 95.20)	360	4.8(0.7)	84.35(71.84 ~ 96.26)

¹⁾ LC_{50} 值的 95% 置信区间不重叠作为判断不同杀虫剂间毒力差异显著的标准。

¹⁾ Non overlapping 95% confidence intervals of LC_{50} were used as the criteria to determine significant difference between toxicities of insecticides.

表 2 白背飞虱南京江浦种群的吡虫啉室内抗性筛选

Table 2 Selection of resistance to imidacloprid in the third instar nymphs of the white backed planthopper from Jiangpu District of Nanjing, China.

筛选代数 No. of generations	药剂浓度 Concentration (mg · L ⁻¹)	处理虫数 No. of insects treated	平均存活率 Survival rate /%	斜率(标准误) Slope(SE)	LG ₅₀ (95%置信区间) LG ₅₀ (95% confidence interval)/(mg · L ⁻¹)	抗性上升倍数 Increased fold of resistance
0	0.03	2500	79.8	1.7(0.2)	1.25(0.97~1.60)	0
1	0.03	1480	78.0	-	-	-
2	0.03	1570	77.2	-	-	-
3	0.03	1410	88.2	1.0(0.2)	1.23(0.88~1.80)	-0.01
4	0.05	1560	94.8	-	-	-
5	0.05	1120	92.1	-	-	-
6	0.05	900	78.0	-	-	-
7	0.05	1360	52.1	1.1(0.3)	0.68(0.40~1.16)	-0.46
8	0.05	1420	78.3	1.2(0.3)	1.58(0.94~3.76)	0.26
9	0.05	1500	74.7	2.2(0.3)	2.57(1.93~3.31)	1.06
10	0.05	1440	83.2	2.5(0.4)	1.06(0.77~1.35)	-0.15
11	0.07	1080	84.2	2.3(0.3)	1.01(0.80~1.24)	-0.19
12	0.07	980	77.3	1.6(0.3)	1.10(0.70~1.56)	-0.12
13	0.10	1080	81.9	1.4(0.3)	2.49(1.63~4.08)	1.00
14	0.10	1020	74.9	1.8(0.3)	2.22(1.67~3.05)	0.78
15	0.15	1000	80.0	2.0(0.4)	6.64(5.14~9.67)	4.33

“-”表示本代次未获得相应的数值。

“-” indicates that the data were not obtained in the corresponding generation.

两种群各供试药剂间的毒力大小顺序基本一致:噻虫嗪、噻虫酮、吡虫啉等 3 种药剂效果最好;其次是烯啶虫胺、丁烯氟虫腈、啶虫脒、氯噻啉、吡蚜酮等 5 种药剂,以上 8 种药剂对白背飞虱毒力的 LG₅₀ 为 0.04~1.00 mg/L;再次是毒死蜱和氟虫腈,它们对白背飞虱也有较高的毒力,两年测定的 LG₅₀ 为 0.62~4.46 mg/L;其他有机磷类、氨基甲酸酯类药剂毒力较低,其 LG₅₀ 为 4.73~103.8 mg/L。

从年度间对药剂敏感性的变化来看,白背飞虱对噻虫酮、吡虫啉、啶虫脒、氟虫腈等 4 种药剂的敏感性年度间有明显上升;对毒死蜱、敌敌畏、丁硫克百威、速灭威 4 种药剂的敏感性有明显下降;对其他药剂的敏感性年度间差异不明显。

异丙威、敌敌畏在本试验中所表现的触杀毒力虽然较低,但在生产上仍被广泛应用,综合两年毒力测定结果并结合生产实际,推荐供大田药效试验的候选品种为噻虫嗪、吡虫啉、噻虫酮、烯啶虫胺、丁烯氟虫腈、吡蚜酮、啶虫脒、氯噻啉、毒死蜱、氟虫腈、异丙威、敌敌畏等共 12 种药剂。

2.3 白背飞虱对吡虫啉的抗性风险评估

经 15 代连续筛选,吡虫啉对白背飞虱 3 龄若虫的毒力由原始种群的 1.25 mg/L 上升到 6.64 mg/L,抗性上升 4.33 倍(表 2)。抗性现实遗传力为 0.2295(表 3)。

表 3 南京江浦白背飞虱种群对吡虫啉的抗性现实遗传力

Table 3 Estimation of realized heritability of resistance to imidacloprid in the white backed planthopper from Jiangpu District of Nanjing, China.

参数 Parameter	数值 Value
平均每代选择反应 Mean selection response per generation	
始 LG ₅₀ Initial LG ₅₀	1.246
终 LG ₅₀ Final LG ₅₀	6.643
选择反应 Selection response (R)	0.0485
每代平均选择差异 Mean selection differential per generation	
存活率 Survival rate (p) / %	79.7
选择强度 Intensity (i)	0.3598
平均斜率 Mean slope	1.7030
标准差 Standard error (ρ)	0.5872
选择差异 Selection differential (S)	0.2113
现实遗传力 Realized heritability(h ²)	0.2295

根据整个筛选阶段的抗性现实遗传力,假设吡虫啉对白背飞虱的杀死率为 50%、60%、70%、80%、90%和 99%,对抗性提高 10 倍所需的代数分别进行了预测(假设筛选前后毒力回归线的斜率为 1.7,即 $\rho = 0.5882$,该假设的斜率与筛选前后的斜率接近),不同防治效果(不同致死率)下,抗性上升 10 倍所需代数不同,所需代数随防治效果(即选择压力)的提高而减少(图 1)。

3 讨论

氯化烟碱类、昆虫生长调节剂类杀虫剂在试验

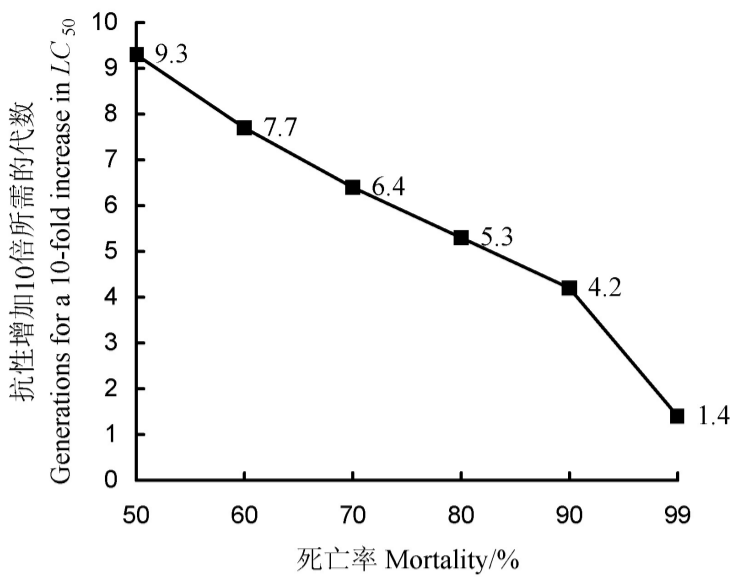


图1 白背飞虱对吡虫啉抗性发展速率的预测

Fig.1 Predictions of imidacloprid resistance development rate in the white backed planthopper .

中表现出了较高的毒力。这两类杀虫剂具有触杀、胃毒及内吸作用,并且作用机制独特,对目前多种抗性害虫显示了优良的防效^[20-21],它们在白背飞虱防治上使用时间较短,可能也是白背飞虱仍对它保持较高敏感性的原因之一。

两年度种群间有8种药剂对白背飞虱的毒力存在显著差异,其中白背飞虱对毒死蜱、敌敌畏、丁硫克百威、速灭威等4种药剂的敏感性下降显著,下降倍数分别为2.2、2.0、2.5和2.5倍。这一方面可能与白背飞虱的迁飞习性有关,因毒死蜱、敌敌畏、速灭威还是防治水稻害虫的常用药剂,并且敌敌畏、速灭威已有很长的使用时间,而毒死蜱是一种广谱有机磷类药剂,在防治螟虫、飞虱等多种害虫上广泛应用,迁飞途中直接或间接地接触同种药剂就可能会导致对其敏感性的下降;另一方面,在大田中白背飞虱的发生时间往往与稻纵卷叶螟等重叠,在使用化学药剂防治稻纵卷叶螟等害虫的同时也可能影响白背飞虱对某些药剂的敏感性。另外,由于本试验的试虫采集分多次进行,间隔时间较长,采集的田间试虫代次不完全一致,也可能影响种群对药剂的敏感性。供试药剂中氨基甲酸酯类药剂由于使用时间较长^[10],对白背飞虱的毒力普遍较低,国内外一些研究也表明白背飞虱对异丙威、仲丁威、混灭威、速灭威以及残杀威等药剂敏感性较差^[9-10]。

拟除虫菊酯类杀虫剂氟硅菊酯是一种含硅的新型有机杀虫剂,具有活性高、对哺乳动物和鱼类毒性低、化学性质稳定等特点^[22]。试验中该药剂对白背飞虱的触杀毒力显著高于对照药剂甲胺磷,两者 LC_{50} 值相差接近6倍;醚菊酯是一种具有拟除虫菊

酯类杀虫机制的醚结构杀虫剂^[23],对白背飞虱的毒力与甲胺磷无明显差异。两种菊酯相比较,氟硅菊酯更具优势,并且它已被允许在水稻上登记使用,因而也可以考虑今后用于白背飞虱的防治。本试验采用稻茎浸渍法测定了7类21种杀虫剂对江苏南京江浦地区白背飞虱种群的触杀毒力,在此基础上提出了防治白背飞虱的高毒农药替代药剂,但部分药剂可能还有其他作用方式,如敌敌畏还有较强的熏蒸作用,虽然触杀毒力较低,但仍可在生产上应用。

从室内抗性风险评估结果来看,南京江浦白背飞虱种群对吡虫啉的抗性现实遗传力为0.2295,与庄永林估计的褐飞虱对吡虫啉的抗性现实遗传力0.228^[24]基本一致。按照本研究的结果,当田间防效为80%~90%时,如果每代用吡虫啉防治1次,抗性上升10倍约需4~6代,说明白背飞虱存在抗性风险。但在田间条件下,受抗性个体的迁出和敏感个体的迁入以及环境和选择压力等因素的影响,表现型变异的遗传方差和环境方差变动比室内条件下大^[25]。因此,田间条件下,白背飞虱对吡虫啉产生抗性的风险应低于室内筛选,但生产上也要做好敏感性监测和药剂混用等措施,以延缓或避免对药剂抗性的产生。

另外,在对防治白背飞虱的高毒农药取代药剂品种的筛选之外,还应继续重视害虫综合治理,因为采取有效可行的非化学防治措施可以从总体上降低药剂选择压力。白背飞虱的防治应以选育推广抗虫品种为主,对已有的抗虫品种应因地制宜地加以推广应用^[1];同时采取改进水稻栽培技术,合理施肥^[26]及充分保护利用有益生物等综防措施,做好虫情的预测预报,把握好防治适期。一般来说,白背飞虱的防治适期为主害代2、3龄若虫高峰期,但在大发生年及常年重发区,宜采取药治迁入峰成虫和主害代低龄若虫相结合的防治策略;化学防治中应强调药剂的轮换使用或混用,科学用药,以保障我国水稻生产和粮食安全。

参考文献:

- [1] 丁锦华,苏建亚.农业昆虫学.北京:中国农业出版社,2002.
- [2] 沈君辉,尚金梅,刘光杰.中国的白背飞虱研究概况.中国水稻科学,2003,17(增刊):7-22.
- [3] 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.
- [4] Nizamani I A, Talpur M A, Qureshi K H, et al. Effectiveness of different insecticides against white backed planthopper, *Scotellia furcefera* (Horv.) on rice group. *Asian J Plant Sci*,

- 2002, 1(2) : 199-200 .
- [5] Endo S, Tsurumachi M . Insecticide susceptibility of the brown planthopper and the white backed planthopper collected from southeast Asia . *J Pestic Sci* , 2001 , 26(1) : 82-86 .
- [6] 周国福, 席宏跃 . 四种药剂防治稻飞虱的药效试验 . *昆虫知识* , 1990 , 6 : 327-328 .
- [7] Liu Z W, Han Z J, Wang Y C . The insecticide resistance in two planthoppers from three areas to three insecticides . *CRRN* , 2002 , 10 (3) : 22-24 .
- [8] 曹昌日, 首章北, 廖茂华 . 白背飞虱和褐稻虱抗药性监测 . *南京农业大学学报* , 1987 , 4(增刊) : 133-138 .
- [9] 毛立新, 梁天锡 . 水稻飞虱对十三种杀虫剂的抗性监测 . *中国水稻科学* , 1992 , 6(2) : 70-76 .
- [10] 梁天锡, 毛立新 . 水稻飞虱的抗药性监测研究 . *华东昆虫学报* , 1996 , 5(1) : 89-93 .
- [11] 李红梅, 李学峰 . 甲胺磷等高毒农药替代策略的经济分析 . *世界农药* , 2006(6) : 14-17 .
- [12] 王荫长, 范加勤, 范岳荣, 等 . 溴氰菊酯和甲胺磷引起稻飞虱再猖獗问题的研究 . *昆虫知识* , 1994 , 31(5) : 257-262 .
- [13] 中华人民共和国农业部公告, 第 322 号 . *农药科学与管理* , 2004 , 25(1) : 5 .
- [14] 孙建忠, 方继朝, 杜正文, 等 . 吡虫啉——一种超高效多用途的内吸杀虫剂 . *植物保护* , 1995 , 21(2) : 44-45 .
- [15] 马崇勇, 高聪芬, 韦华杰, 等 . 灰飞虱对几类杀虫剂的抗性和敏感性 . *中国水稻科学* , 2007 , 21(5) : 555-558 .
- [16] 邹圣龙, 刘天龙 . 褐飞虱对吡虫啉抗性测定 . *安徽农学通报* , 2007 , 13(5) : 139-140 .
- [17] 庄永林, 沈晋良, 陈 峥 . 三唑磷对不同翅型稻褐飞虱繁殖力的影响 . *南京农业大学学报* , 1999 , 22(3) : 21-24 .
- [18] Zhao J Z, Collins H L, Li Y X, et al . Monitoring of diamond back moth (Lepidoptera : Plutellidae) resistance to spinosad , indoxacarb , and emamectin benzoate . *J Econ Entomol* , 2006 , 99(1) : 176-181 .
- [19] Tabashnik B E . Resistance risk assessment : Realized heritability of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera : Plutellidae) , tobacco budworm (Lepidoptera : Noctuidae) , and Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) . *J Econ Entomol* , 1992 , 85 (5) : 1551-1559 .
- [20] 王建军, 韩召军, 王荫长 . 新烟碱类杀虫剂毒理学研究进展 . *植物保护学报* , 2001 , 28(2) : 178-182 .
- [21] 周忠实, 邓国荣, 罗淑萍 . 昆虫生长调节剂研究与应用概况 . *广西农业科学* , 2003(1) : 34-36 .
- [22] 从 彬, 沈德隆, 孙娜波, 等 . 广谱杀虫杀螨剂氟硅菊酯的合成综述 . *现代农药* , 2007 , 6(1) : 8-11 .
- [23] 沼田智, 中谷清 . 低毒杀虫剂醚菊酯的研究开发 . *农药* , 1993 , 15(5) : 13-20 .
- [24] 庄永林 . 褐飞虱对噻嗪酮及吡虫啉的抗药性研究 [学位论文] . 南京 : 南京农业大学, 2000 .
- [25] 贾变桃, 沈晋良, 刘叙杆 . 甜菜夜蛾对虫酰肼的抗性选育、风险评估及交互抗性 . *昆虫学报* , 2007 , 50(11) : 1116-1121 .
- [26] Zhong P S, Liang G W, Zeng L . Effect of organic fertilizer treatment on rice planthopper population and its natural enemy community . *Entomol J East China* , 2005 , 14(2) : 136-140 .