

灰飞虱对几类杀虫剂的抗性和敏感性

马崇勇 高聪芬 韦华杰 沈晋良*

(南京农业大学 农业部病虫监测与治理重点开放实验室/植物保护学院 农药科学系, 江苏 南京 210095; * 通讯联系人, E-mail: jlshe@njau.edu.cn)

Resistance and Susceptibility to Several Groups of Insecticides in the Small Brown Planthopper, *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae)

MA Chong yong, GAO Cong fen, WEI Hua jie, SHEN Jin liang*

(Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Diseases and Insects, Ministry of Agriculture/Department of Pesticide Science, College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; * Corresponding author, E-mail: jlshe@njau.edu.cn)

Abstract: The resistance to nine insecticides and the sensitivity to seventeen insecticides were evaluated in two field populations of the small brown planthopper (SBPH), *Laodelphax striatellus* Fallén, collected from Wuxi City, Jiangsu Province and Huzhou City, Zhejiang Province in April 2006. The results detected by topical application showed that Wuxi and Huzhou populations developed high level resistance to imidacloprid (79.6 fold and 44.6 fold), and propoxur (76.6 fold and 40.1 fold), mid high level resistance to carbaryl (29.8 fold and 45.3 fold), respectively, and remained susceptible or low level resistance to diazinon, fenitrothion, fenobucarb, carbosulfan, etofenprox and fenvalerate (1.4 to 8.1 fold). The assay on toxicities of the 17 insecticides to the third instar nymphs of Wuxi and Huzhou populations by using rice stem dipping method showed that the toxicity of fipronil and butylene fipronil to SBPH was the highest, with the LC_{50} values being 0.21 - 0.41 mg/larva, and the recommended insecticides of field efficacy trial were thiamethoxam, nitenpyram, chlorpyrifos, pymetrozine, isoprocarb and dichlorvos. Furthermore, the resistance management strategies of the small brown planthopper to insecticides were also discussed.

Key words: *Laodelphax striatellus*; susceptibility; resistance to insecticide; insecticide

摘要: 采用点滴法和稻茎浸渍法分别测定了 2006 年 4 月采自江苏省无锡市和浙江省湖州市灰飞虱种群对 9 种杀虫剂的抗性及其 17 种杀虫剂的敏感性。点滴法测定结果表明, 无锡种群和湖州种群对吡虫啉均产生了高水平抗性, 抗性倍数分别为 79.6 倍和 44.6 倍; 对残杀威的抗性倍数分别为 76.6 倍和 40.1 倍, 属高水平抗性; 对甲萘威的抗性倍数分别为 29.8 倍和 45.3 倍, 属中等 - 高水平抗性; 对二嗪磷、杀螟硫磷、仲丁威、丁硫克百威、醚菊酯、氰戊菊酯的抗性倍数为 1.4 ~ 8.1 倍, 属敏感 - 低水平抗性。毒力测定结果表明氟虫腈、丁烯氟虫腈对无锡和湖州灰飞虱 3 龄若虫的毒力最高, LC_{50} 值为 0.21 ~ 0.41 mg/L; 噻虫嗪、烯啶虫胺、毒死蜱、吡蚜酮、异丙威、敌敌畏为田间药效试验的推荐用药。还讨论了灰飞虱抗药性的治理。

关键词: 灰飞虱; 敏感性; 抗药性; 杀虫剂

中图分类号: S435.112+3; S481; S482.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2007)05-0555-04

灰飞虱 *Laodelphax striatellus* Fallén (SBPH) 是水稻的重要害虫之一, 除直接为害造成损失以外, 主要传播水稻条纹叶枯病 (rice stripe virus, RSV)、黑条矮缩病 (rice black streaked dwarf virus, RBSDV) 和玉米粗缩病 (maize rough dwarf virus, MRDV) 等病毒病害^[1-3] 而造成水稻、小麦和玉米产量严重损失^[4]。在亚洲, 长期化学防治已导致该虫对有机氯、有机磷及氨基甲酸酯等三类杀虫剂产生了不同程度的抗药性^[5-7]。

吡虫啉是一种氯化烟碱类杀虫剂, 对飞虱、粉虱、蚜虫等害虫具有优异的防治效果^[8]。20 世纪 90 年代初期, 吡虫啉被引入我国, 因具有高杀虫活性、持效期长及卓越的内吸活性等优点而迅速成为防治刺吸式口器害虫的主要杀虫剂^[9]。除了 Sone 等^[10] 曾报道对残杀威高抗的室内灰飞虱品系对吡虫啉具有中等水平抗性外, 至今国内外未见大田灰飞虱种群对吡虫啉抗药性的报道。

为明确我国稻区灰飞虱对吡虫啉的抗药性, 笔者于 2006 年测定了江苏无锡和浙江湖州两地稻区灰飞虱种群对吡虫啉等四类杀虫剂的抗性, 并比较了氟虫腈等 6 类 17 种杀虫剂的毒力差异, 以期明确防治灰飞虱的最适药剂, 为生产上

灰飞虱防治的科学用药与抗性治理提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

无锡种群 (WX) 2006 年 4 月采自江苏省无锡市惠山区冬小麦田的越冬代成虫, 约 1000 头; 湖州种群 (HZ) 2006 年 4 月采自浙江省湖州市长兴县冬小麦田的越冬代成虫, 约 1500 头。

采集的两灰飞虱种群成虫分别在武育粳 3 号 4 d 秧龄稻苗上分批产卵 (2 d) 后, 在 (25 ± 1)、(70 ± 10) % 相对湿度、光线较好的养虫室内饲养, F₁ 和 F₂ 代羽化后 2 ~ 4 d 雌成虫供抗药性测定用。

1.2 供试药剂

87% 氟虫腈原药, 拜尔杭州作物科学有限公司提供;

收稿日期: 2007-01-11; 修改稿收到日期: 2007-04-08。

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: 马崇勇 (1978 -), 男, 硕士研究生。

90% 丁烯氟虫腈原药, 大连瑞泽农药股份有限公司提供; 88.89% 丁硫克百威原药, 苏州富美实植物保护剂有限公司提供; 95% 杀螟硫磷原药, 台州市永宁农药化工有限公司提供; 98.3% 乙酰甲胺磷原药, 江苏苏化集团有限公司提供; 70% 甲胺磷原药, 山东华阳农药科技股份有限公司提供; 97.7% 噻虫嗪原药, 先正达(中国)投资有限公司提供; 95% 吡蚜酮原药, 江苏苏研科创农化有限公司提供; 91% 氰戊菊酯原药和 96% 毒死蜱原药, 红太阳集团南京第一农药厂提供; 95% 二嗪磷原药、95% 敌敌畏原药及 95% 烯啶虫胺原药, 南通江山农药化工股份有限公司提供; 90% 醚菊酯原药、93.2% 高效氯氟菊酯原药及 96.4% 高效氯氟氰菊酯原药, 江苏扬农化工股份有限公司提供; 95.3% 吡虫啉原药、98% 仲丁威原药、99% 残杀威原药、98% 甲萘威原药、98.2% 噻嗪酮原药、99.7% 异丙威原药、98% 猛杀威原药、97% 啶虫脒原药及 93% 氟硅菊酯原药, 均由江苏常隆化工有限公司提供。上述原药以丙酮作溶剂, 加 10% TritonX 100 加工成乳油, 供稻茎浸渍法测定用。

1.3 试验方法

1.3.1 点滴法

至今我们已采集长江下游和东北黑龙江等地灰飞虱, 由于未获得敏感品系, 无法建立针对吡虫啉抗性的检测方法及相应的敏感毒力基线, 故本研究采用 Sone 等^[10] 和 Endo 等^[11] 报道的点滴法(点滴器的药量分别为 0.20 μL /头和 0.05 μL /头), 测定灰飞虱对吡虫啉等杀虫剂的抗性。将原药用丙酮稀释成 5~6 个系列浓度, CO_2 轻度麻醉(50~60 s) 雌成虫后, 用毛细管微量点滴器(0.041 μL) 将药液点滴于胸部背板, 每浓度 15 头试虫, 重复 3 次, 每处理共 45 头, 以丙酮为对照。处理后的试虫放入垫有湿润滤纸的培养皿(直径为 9 cm) 内, 饲养条件为温度(25 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$, 光周期 16 h : 8 h (光照 : 黑暗) 处理后 24 h 检查结果。

1.3.2 稻茎浸渍法

采用庄永林等^[12] 介绍的稻茎浸渍法, 测定灰飞虱对杀虫剂的敏感性。连根拔出健壮的分蘖期至孕穗期的稻茎, 洗净, 剪成约 10 cm 长的带根稻茎, 3 株为 1 组, 于阴凉处晾至表面无水痕。用自来水将供试药剂按等比稀释成 5~6 个浓度, 将稻茎分别在不同浓度的药液中浸 30 s, 以自来水为对照, 每浓度重复 3 次。取出后晾干, 每杯接若虫 20 头。接虫后把培养杯放入温度(25 \pm 1) $^{\circ}\text{C}$, 光周期为 16 h : 8 h (光照 : 黑暗) 的培养箱中饲养。有机磷、氨基甲酸酯及拟除虫菊酯类杀虫剂处理后 72 h; 氯化烟碱类、吡啶类及苯基吡啶类杀虫剂处理后 96 h; 昆虫生长调节剂类杀虫剂处理后 120 h 检查结果。

1.4 统计分析方法

采用 EPA 的剂量-反应几率值分析程序(EPA PROBIT ANALYSIS PROGRAM USED FOR CALCULATING LC/EC VALUES Version 1.5) 计算毒力回归式、 LD_{50} 值(或 LC_{50} 值)及其 95% 置信区间, 以其 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。抗性倍数(resistance ratio, RR) 为田间种群的 LD_{50} 值除以敏感品系的 LD_{50} 值。抗性水平分级标准为: 抗性倍数 3 倍以下为敏感; 3~5 倍为敏感性下降; 5~10 倍为低水平抗性; 10~40 倍为中等水平抗性; 40~160 倍为高水平抗性; 大于 160 倍为极高水平

抗性^[13]。

2 结果与分析

2.1 灰飞虱对 4 类杀虫剂的抗性测定

2006 年 5~6 月采用点滴法测定了江苏无锡和浙江湖州两灰飞虱种群对氯化烟碱、有机磷、氨基甲酸酯及拟除虫菊酯等 4 类 9 种杀虫剂的抗药性。结果表明(表 1), 无锡种群对吡虫啉触杀作用的抗性分别为 79.6 倍和 44.6 倍, 属高水平抗性; 对残杀威分别为 76.6 倍和 40.1 倍, 属高水平抗性; 对甲萘威分别是 29.8 倍和 45.3 倍, 属中等-高水平抗性; 对丁硫克百威、仲丁威、醚菊酯、氰戊菊酯、二嗪磷、杀螟硫磷的抗性均在 10 倍以下, 属敏感-低水平抗性。无锡种群对吡虫啉、残杀威、丁硫克百威、仲丁威的抗性水平明显高于湖州种群, 湖州种群对甲萘威的抗性高于无锡种群; 两种种群对其他杀虫剂的抗性水平基本相近。

2.2 灰飞虱对 7 类杀虫剂的敏感性

2006 年 7~8 月采用稻茎浸渍法测定了灰飞虱对苯基吡啶类、氯化烟碱类、吡啶类、有机磷、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯、昆虫生长调节剂等 7 类 17 种杀虫剂的敏感性, 结果表明(表 2), 测试的 17 种杀虫剂对无锡灰飞虱 3 龄若虫的毒力大小顺序为: 氟虫腈、丁烯氟虫腈 > 噻虫嗪、烯啶虫胺、氟硅菊酯 > 毒死蜱、吡蚜酮、吡虫啉 > 猛杀威、噻嗪酮、啶虫脒 > 异丙威、高效氯氟氰菊酯、敌敌畏、甲胺磷 > 高效氯氟菊酯、乙酰甲胺磷; 对湖州灰飞虱 3 龄若虫的毒力大小顺序为: 氟虫腈、丁烯氟虫腈 > 噻虫嗪、烯啶虫胺、吡蚜酮、毒死蜱、吡虫啉、氟硅菊酯 > 啶虫脒、猛杀威、异丙威、噻嗪酮 > 甲胺磷 > 敌敌畏、高效氯氟氰菊酯 > 乙酰甲胺磷 > 高效氯氟菊酯。

3 讨论

点滴法是害虫对杀虫剂抗性检测的主要方法之一, 测得的结果仅代表药剂的触杀活性。吡虫啉除具有触杀活性外, 还有极好的内吸活性, 且该药经植物吸收产生的代谢产物的毒力明显高于其本身^[14-15]。因此, 用点滴法不能反映吡虫啉卓越的内吸活性。吡虫啉具有作用方式多样的特点, 我们的实验也仅能从触杀活性上证实灰飞虱对吡虫啉产生了高水平抗性, 至于其内吸和胃毒作用的抗性, 还有待于进一步研究。Endo 等^[16] 对 1993 年采自我国浙江富阳的灰飞虱种群采用点滴法进行抗性检测, 发现其对吡虫啉敏感。20 世纪 90 年代初, 应用吡虫啉防治水稻灰飞虱的起始用药量为 30 g/hm^2 , 19 d 后, 防效高达 96%^[17]。吡虫啉经过 10 年左右的广泛使用, 其用药量不断加大, 即使用量加到 90 g/hm^2 , 处理 19 d 后, 防治效果也仅为 76%^[18]。因此, 长期广泛使用可能是无锡和湖州灰飞虱种群对吡虫啉产生高水平抗性的主要原因。在实际生产中, 植保部门和稻农反映吡虫啉防治灰飞虱的效果较差, 也证实了这一点。

鉴于稻灰飞虱对其防治的主要药剂吡虫啉已产生明显抗性, 对其抗性进行治理已刻不容缓。首先在吡虫啉高抗的地区, 暂时停用吡虫啉; 其次, 科学合理使用具有独特作用机制且与吡虫啉无交互抗性的新药剂。氟虫腈是一种苯基吡啶类新型杀虫剂, 作用于昆虫神经系统-氨基丁酸(GABA) 门控氯离子通道, 活性高、持效期长^[19], 是防治灰飞虱的高效药剂^[20], 已成为我国首批替代甲胺磷等 5 种高毒农药的

表 1 点滴法测定无锡和湖州灰飞虱雌成虫对 9 种杀虫剂的抗性

Table 1 . Resistance to nine insecticides in the female adults of the small brown planthopper from Wuxi and Huzhou cities by topical application .

杀虫剂 Insecticide	种群 Population	处理虫数 No . of insects	斜率 Slope (SE)	LD_{50} (95% 置信区间) ³⁾ LD_{50} (95% confidence interval) ³⁾ / ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	抗性倍数 Resistance ratio(RR)
吡虫啉 Imidacloprid	S ¹⁾	-	2.0	0.26(0.18~0.34)	1.0
	无锡 WX	270	2.1(0.3)	20.70(16.30~26.10)	79.6
	湖州 HZ	270	2.2(0.3)	11.60(8.26~15.00)	44.6
残杀威 Propoxur	S ²⁾	-	2.5	1.90(1.50~2.50)	1.0
	无锡 WX	270	1.7(0.2)	146.00(112.00~185.00)	76.6
	湖州 HZ	270	1.9(0.3)	76.20(54.40~101.00)	40.1
甲萘威 Carbaryl	S ¹⁾	-	5.6	15.00(13.00~17.00)	1.0
	无锡 WX	270	1.5(0.3)	447.00(319.00~705.00)	29.8
	湖州 HZ	225	1.6(0.3)	679.00(471.00~1403.00)	45.3
仲丁威 Fenobucarb	S ¹⁾	-	2.5	18.00(13.00~22.00)	1.0
	无锡 WX	270	2.3(0.3)	146.00(120.00~177.00)	8.1
	湖州 HZ	225	2.1(0.4)	54.60(38.10~70.20)	3.0
氰戊菊酯 Fenvalerate	S ¹⁾	-	2.2	1.40(1.10~1.80)	1.0
	无锡 WX	270	1.5(0.2)	8.07(5.28~11.10)	5.8
	湖州 HZ	225	1.4(0.3)	5.48(2.95~8.03)	3.9
丁硫克百威 Carbosulfan	S ¹⁾	-	3.3	2.20(1.70~2.60)	1.0
	无锡 WX	270	2.3(0.5)	9.92(7.69~13.6)	4.5
	湖州 HZ	270	3.3(0.5)	3.84(3.11~4.58)	1.7
二嗪磷 Diazinon	S ¹⁾	-	2.6	8.50(6.20~10.00)	1.0
	无锡 WX	270	5.0(0.7)	35.40(31.10~40.20)	4.2
	湖州 HZ	225	4.4(0.6)	25.10(21.70~28.80)	3.0
醚菊酯 Etofenprox	S ¹⁾	-	3.5	1.60(1.30~1.90)	1.0
	无锡 WX	225	2.0(0.3)	5.64(3.77~7.48)	3.5
	湖州 HZ	225	1.5(0.3)	3.18(1.40~4.89)	2.0
杀螟硫磷 Fenitrothion	S ¹⁾	-	1.5	6.40(4.70~9.20)	1.0
	无锡 WX	225	3.9(0.6)	21.00(17.50~24.60)	3.3
	湖州 HZ	270	2.1(0.3)	9.13(7.05~11.70)	1.4

1) 数据摘自 Endo 等(2000) ; 2) 数据摘自 Sone 等(1995) ; 3) 以 LD_{50} 值 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) Data from Endo et al(2000) ; 2) Data from Sone et al(1995) ; 3) Non overlapping 95% confidence intervals of LD_{50} were used as the criteria to determine significant difference between toxicities of insecticides . WX , Wuxi population ; HZ , Huzhou population .

表 2 稻茎浸渍法测定 17 种杀虫剂对灰飞虱 3 龄若虫的毒力

Table 2 . Toxicity of 17 insecticides to the third instar nymphs of the small brown planthopper by rice stem dipping method .

杀虫剂 Insecticide	无锡种群 Wuxi population			湖州种群 Huzhou population		
	处理虫数 No . of insects	斜率 Slope (SE)	LG_{50} (95% 置信区间) ¹⁾ LG_{50} (95% confidence interval) ¹⁾ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	处理虫数 No . of insects	斜率 Slope (SE)	LG_{50} (95% 置信区间) ¹⁾ LG_{50} (95% confidence interval) ¹⁾ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
氟虫腈 Fipronil	360	2.2(0.3)	0.29(0.21~0.37)	360	2.0(0.2)	0.21(0.17~0.27)
丁烯氟虫腈 Butylene fipronil	360	2.3(0.3)	0.41(0.31~0.52)	240	3.3(0.5)	0.27(0.22~0.33)
噻虫嗪 Thiamethoxam	300	2.1(0.3)	2.03(1.44~2.60)	360	1.2(0.2)	1.84(0.74~3.00)
烯啶虫胺 Nitenpyram	300	2.3(0.5)	2.03(1.50~2.70)	360	1.4(0.3)	4.23(2.74~7.40)
氟硅菊酯 Silaflufen	300	1.7(0.3)	3.86(2.58~5.56)	360	1.5(0.2)	10.50(7.52~13.70)
毒死蜱 Chlorpyrifos	300	3.0(0.5)	8.42(7.22~9.93)	240	2.7(0.5)	4.88(3.25~6.14)
吡蚜酮 Pymetrozine	360	2.1(0.3)	9.51(7.20~12.00)	360	1.4(0.2)	4.57(3.43~5.96)
吡虫啉 Imidacloprid	360	2.7(0.5)	11.90(8.82~15.00)	360	2.2(0.4)	7.96(5.82~10.30)
猛杀威 Promecarb	300	7.1(1.4)	62.90(56.00~69.20)	300	5.4(0.8)	75.30(65.60~84.70)
噻嗪酮 Buprofezin	360	0.8(0.1)	76.20(33.90~134.00)	360	0.7(0.1)	105.00(41.60~202.00)
啶虫脒 Acetamiprid	300	2.5(0.4)	87.20(65.40~108.00)	240	3.2(0.5)	70.70(54.90~85.00)
异丙威 Isoprocarb	240	4.0(0.5)	110.00(94.20~126.00)	300	2.9(0.5)	81.40(61.20~98.90)
高效氯氟氰菊酯 Lambda cyhalothrin	360	2.1(0.3)	158.00(108.00~206.00)	300	1.4(0.3)	263.00(145.00~369.00)
敌敌畏 Dichlorvos	300	6.6(1.0)	178.00(157.00~195.00)	240	7.5(1.2)	245.00(217.00~273.00)
甲胺磷 Methamidophos	360	1.9(0.2)	196.00(158.00~238.00)	360	2.3(0.3)	124.00(95.60~153.00)
高效氯氟菊酯 Beta cypermethrin	360	1.8(0.2)	281.00(198.00~369.00)	360	2.9(0.6)	968.00(796.00~1236.00)
乙酰甲胺磷 Acephate	360	1.6(0.3)	526.00(367.00~722.00)	360	1.6(0.3)	369.00(263.00~516.00)

1) 以 LG_{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 LG_{50} were used as the criteria to determine significant difference between toxicities of insecticides .

杀虫剂之一^[21] ;丁烯氟虫腈为我国自主设计并合成的同类杀虫剂,在褐飞虱、螟虫等害虫的防治上呈现出与氟虫腈同等的活性,同时,由于该药剂对鱼类低毒,使它在水稻上的应用有更广阔的空间^[22],测定结果也证实在供试药剂中这两种药剂对灰飞虱的毒力最高,且无显著差异。由于上述两种杀虫剂对抗性灰飞虱具有良好的杀虫活性,而且其作用机制独特,可作为无锡和湖州防治抗性灰飞虱替换药剂的主要类别之一。室内敏感性测定结果表明,噻虫嗪、烯啶虫胺、毒死蜱、吡蚜酮对灰飞虱有较高的毒力,虽然异丙威、敌敌畏对灰飞虱的室内毒力很低,但在实际生产中还在广泛使用,因而这 4 类 6 种杀虫剂可作为田间药效试验或交替轮换应用的主要品种。

灰飞虱能传播条纹叶枯病等病毒病,在目前缺少有效防治病毒病药剂的情况下,种植抗病水稻品种成为防治该病最经济有效的方法。林含新等^[23]研究发现许多水稻品种的抗虫性与其抗病性是紧密相关的,而且灰飞虱在抗病品种上的繁殖力明显下降^[24]。除孙黛珍等^[25]及 Nemoto 等^[26]报道的少数抗灰飞虱水稻品种外,国内外尚未见其他报道。在抗虫品种比较少的情况下,推广种植抗病品种在一定程度上起到了减轻危害的目的。此外,适当推迟水稻播种期、苗床覆盖防虫网、提倡翻耕麦田等农业防治措施的应用,均可大大降低灰飞虱的虫口数量,减少田间用药次数,从而延缓抗性的产生和发展。

谢辞:无锡市惠山区农业技术推广服务站堵墨老师和湖州市长兴县农业局植物保护站吕成仁老师在采集试虫上给予大力支持与帮助,在此深表谢意!

参考文献:

- [1] Idano C. Phases of maize rough dwarf virus multiplication in the vector *Laodelphax striatellus* Fallén. *Virology*, 1970, 41 (2): 218-232.
- [2] Wu A Z, Zhao Y, Qu Z C, et al. Subcellular localization of the stripe disease specific protein encoded by rice stripe virus (RSV) in its vector, the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. *Chinese Sci Bull*, 2001, 46 (21): 1819-1822.
- [3] 林凌伟,董国堃,汪恩国.水稻黑条矮缩病传毒昆虫的防治实践与研究. *昆虫知识*, 2001, 38(6): 426-428.
- [4] 阮义理,蒋文烈,林瑞芬.稻病毒病介体昆虫灰稻虱的研究. *昆虫学报*, 1981, 24(3): 283-290.
- [5] Nagata T, Ohira Y. Insecticide resistance of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallén (Hemiptera: Delphacidae), collected in Kyushu and on the East China sea. *Appl Entomol Zool*, 1986, 21: 216-219.
- [6] Kimura Y. Resistance to BHC in the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallén, in Hiroshima prefecture. *Chugoku Agric Res*, 1973, 47: 123-124.
- [7] Ozaki K, Kassai T. Patterns of insecticide resistance in field populations of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallén. *Proc Assoc Pl Prot Sikoku*, 1971, 6: 81-87.
- [8] 孙建中,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.
- [9] 章玉苹,黄炳球.吡虫啉的研究现状与进展. *世界农药*, 2000, 22(6): 23-28.
- [10] Sone S, Hattori Y, Tsuboi S, et al. Difference in susceptibility to imidacloprid of the populations of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallén, from various localities in Japan. *Pestic Sci*, 1995, 20: 541-543.
- [11] Endo S, Tsurumachi M. Insecticide resistance and insensitive acetylcholinesterase in small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. *Pestic Sci*, 2000, 25: 395-397.
- [12] 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.
- [13] 沈晋良,谭建国,肖 斌,等.我国棉铃虫对拟除虫菊酯类农药的抗性监测及预报. *昆虫知识*, 1991, 28(6): 337-341.
- [14] Nauen R, Koob B, Elbert A. Antifeedant effects of sublethal dosages of imidacloprid on *Bemisia tabaci*. *Entomol Exp Appl*, 1998, 88(3): 287-293.
- [15] Nauen R, Tietjen K, Wagner K, et al. Efficacy of plant metabolites of imidacloprid against *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). *Pestic Sci*, 1998, 52: 53-57.
- [16] Endo S, Takahashi A, Tsurumachi M. Insecticide susceptibility of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* Fallén (Hemiptera: Delphacidae), collected from East Asia. *Appl Entomol Zool*, 2002, 37(1): 79-84.
- [17] 方继朝,朴永范,孙建中,等.吡虫啉防治稻飞虱等害虫的毒理和技术研究. *西南农业大学学报*, 1998, 20(5): 478-488.
- [18] 王泉章,李 瑛,邵德良,等.锐劲特等农药防治水稻穗期灰飞虱田间药效. *现代农药*, 2005, 4(1): 46-47.
- [19] Colliot F, Kukorowski K A, Hawkins D S, et al. Fipronil: A new soil and foliar broad spectrum insecticide//Proceedings of Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases. Farnham, Surrey, UK: BCPC, 1992: 29-34.
- [20] 林友伟,林美珍,沈晋良.灰飞虱的饲养及其对 4 种药剂的敏感性测定. *农药*, 2004, 43(11): 520-521, 527.
- [21] 李永平.首批可用于甲胺磷等 5 种高毒农药替代的农药品种名单及使用技术介绍. *中国植保导刊*, 2006, 26(5): 51-52.
- [22] 大连瑞泽农药股份有限公司.新颖杀虫剂——丁烯氟虫腈. *世界农药*, 2005, 27(5): 49.
- [23] 林含新,林奇田,魏太云,等.水稻品种对水稻条纹叶枯病毒及其介体灰飞虱的抗性鉴定. *福建农业大学学报*, 2000, 29(4): 453-458.
- [24] 高东明,秦文胜,龚林根,等.灰飞虱在条纹叶枯病抗、感品种上的越夏饲养试验. *植物保护*, 1994(3): 21.
- [25] 孙黛珍,江 玲,张迎信,等.8 个水稻品种的条纹叶枯病抗性特征. *中国水稻科学*, 2006, 20(2): 219-222.
- [26] Nemoto H, Ishikawa K, Shimura E. The resistance to rice stripe virus and small brown planthopper in rice variety, IR50. *Breeding Sci*, 1994, 44: 13-18.