

五种常用杀虫剂对灰飞虱繁殖力的影响

徐广春¹ 顾中言^{1*} 徐德进¹ 许小龙¹ 石伟山^{1,2}

(1. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014;

2. 扬州大学园艺与植物保护学院, 扬州 225009)

摘要: 为合理使用杀虫剂防治灰飞虱, 采用稻茎浸渍法测定杀虫剂氟虫腈、吡虫啉、毒死蜱、三唑磷和高效氯氟氰菊酯对灰飞虱 3 龄若虫的室内活性, 并用 LC_{50} 、 LC_{75} 和 LC_{90} 测定灰飞虱的繁殖力。结果表明, 经氟虫腈和吡虫啉处理的 3 龄若虫和成虫, 所产的第 2 代若虫数均少于清水对照; 而经毒死蜱、三唑磷和高效氯氟氰菊酯处理的 3 龄若虫和成虫, 所产的第 2 代若虫数均多于对照, 其中经高效氯氟氰菊酯 LC_{50} 处理的 3 龄若虫所产的第 2 代若虫数最多, 比对照多 53.3%, 极显著高于对照。在尼龙网隔离的水泥池内稻麦套作, 接灰飞虱成虫后分别用氟虫腈 39.9 mL/667m² 和吡虫啉 53.2 mL/667m² 处理, 第 2 年的虫量仅为对照的 33.5% 和 64.6%; 而用毒死蜱 59.9 mL/667m²、三唑磷 98.6 mL/667m² 以及高效氯氟氰菊酯 99.8 mL/667m² 处理, 第 2 年的虫量分别比对照多 1.73、1.35 和 1.93 倍。

关键词: 杀虫剂; 灰飞虱; 毒力; 繁殖

Impacts of five insecticides on the productivity of *Laodelphax striatellus* (Fallén)

Xu Guangchun¹ Gu Zhongyan^{1*} Xu Dejin¹ Xu Xiaolong¹ Shi Weishan^{1,2}

(1. Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014,

Jiangsu Province, China; 2. College of Horticulture and Plant Protection,

Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu Province, China)

Abstract: The toxic activity of five insecticides to the 3rd instar nymphs of the small brown planthopper (SBPH), *Laodelphax striatellus* (Fallén), was determined by using rice-stem-dipping method, and impact on the productivity of SBPH was tested with the LC_{50} , LC_{75} and LC_{90} of insecticides. Compared with the amount of the second generation of SBPH treated with water, the amounts of SBPH treated with fipronil and imidacloprid were decreased, the amounts of SBPH treated with chlorpyrifos, triazophos and cyhalothrin were increased. The amount of the second generation of SBPH treated with LC_{50} of cyhalothrin was 1.533 times of that treated with water, which was significantly different at 0.01 probable level. The numbers of SBPH treated with fipronil (39.9 mL/667m²) and imidacloprid (53.2 mL/667m²) only were 0.335 and 0.646 times of that treated with water, and the numbers of SBPH treated with chlorpyrifos (59.9 mL/667m²), triazophos (98.6 mL/667m²) and cyhalothrin (99.8 mL/667m²) had increased by 1.73, 1.35 and 1.93 times in the separated rice-wheat intercropping system in the second year.

Key words: insecticides; *Laodelphax striatellus*; toxicity; productivity

基金项目: “十一五” 国家科技支撑计划 (2006BAD08A03-4)

作者简介: 徐广春, 男, 1982 年生, 硕士研究生, 研究方向为农药的科学使用, email: xgc551@163.com, Tel: 025 - 84390403

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: guzy@jaas.ac.cn, Tel: 025 - 84390403

收稿日期: 2008 - 01 - 25

灰飞虱 *Laodelphax striatellus* (Fallén) 是多种植物病毒病的传毒媒介, 主要为害水稻、小麦、玉米等农作物, 并传播水稻黑条矮缩病毒 (*Rice black-streaked dwarf virus*, RBSDV)、水稻条纹叶枯病毒 (*Rice stripe virus*, RSV)、小麦丛矮病毒 (*Northern cereal mosaic virus*, NCMV) 和玉米粗缩病毒 (*Maize rough dwarf virus*, MRDV) 等多种病毒^[1]。自 2000 年以来, 灰飞虱在江苏暴发, 并导致其传播的水稻条纹叶枯病大流行, 对水稻生产造成严重威胁^[2]。

至今化学方法仍是防治灰飞虱的主要手段, 但国内外众多报道认为, 农药使用不当可导致害虫的再生猖獗^[3-5]。1980 年国际水稻所报道了十六种杀虫剂能引起水稻褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 的再生猖獗^[6]。庄永林等^[7]研究表明, 三唑磷处理对存活下来的长翅型和短翅型稻褐飞虱成虫的产卵有明显刺激作用。溴氰菊酯对褐飞虱种群表现为刺激增殖作用, 田间使用后只轻微压低种群基数, 但提高了药后种群的虫龄转化率, 导致药后短期内种群增殖速率加快, 同时峰期拉长, 种群规模超过不用药区, 造成褐飞虱再猖獗^[8]。在田间连续用 2.5% 溴氰菊酯乳油 4 次后发现褐飞虱产卵量比原来增加 54.94%^[9]。顾中言等^[10]研究表明, 经氰戊菊酯 200 mg/L 处理的棉蚜 *Aphis gossypii* 在药后 10 天的增殖率是对照的 2.6 倍。杜晓英等^[11]研究表明, 啶硫磷、甲胺磷均能刺激白背飞虱 *Sogatella furcifera* 的繁殖, 其再猖獗指数高达 2.1411 和 2.3411。稻田用药后 45 天, 经 2.5% 高效氯氟氰菊酯乳油和 40% 三唑磷乳油 2 个剂量处理的白背飞虱种群的增殖指数都大于 1, 分别为 1.14 和 2.24; 同样药后 45 天, 褐飞虱也出现增殖, 2.5% 高效氯氟氰菊酯 EC 和 40% 三唑磷 EC 2 个剂量处理的增殖效果最大, 增殖指数分别为 1.79 和 1.75, 即表明这两种药剂对褐飞虱和白背飞虱的繁殖均有刺激作用^[12]。近年来也有研究表明麦田后期使用多菌灵、毒死蜱和乐果均能导致灰飞虱虫口密度显著增加, 其中用毒死蜱和毒死蜱 + 多菌灵处理后, 虫量增加 255.2% 和 425.6%^[13]。朱新伟等^[14]研究表明, 氰戊菊酯对灰飞虱增殖系数为 1.49。这些都表明农药也可以促进灰飞虱种群增长。

2005 年和 2006 年褐飞虱大发生, 稻田后期用药量和用药次数激增, 但这两年灰飞虱的发生量分别比上年增加了 8~10 倍。为此, 作者研究了水稻后期常用杀虫剂与灰飞虱繁殖力的关系。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源: 2006 年 7 月采自南京江宁区水稻田中的灰飞虱成虫, 于室内用稻苗饲养。先在 30 cm × 25 cm × 20 cm 的养虫箱内垫一层滤纸, 用水润湿后播种水稻, 然后覆盖约 1 cm 厚的细土, 待稻苗长至 8~10 cm 时备用。将田间采回的成虫按每箱约 200 头进行饲养, 7 天后把成虫移至另一养虫箱继续产卵繁殖。灰飞虱的饲养条件为 26 ± 1、光照周期 16 h 8 h (L:D)、相对湿度 80%。

1.1.2 供试水稻品种: 武育粳 3 号。

1.1.3 供试药品: 95.29% 高效氯氟氰菊酯 (cyhalothrin) 原药, 江苏剑牌农药化工有限公司; 97% 毒死蜱 (chlorpyrifos) 原药, 湖北仙隆化工股份有限公司; 82.5% 三唑磷 (triazophos) 原药, 安徽繁昌万利化工有限公司; 96.5% 吡虫啉 (imidacloprid) 原药, 江苏剑牌农药化工有限公司; 5% 氟虫腈 (flupyrifenil) SC, 拜耳杭州作物科学有限公司。将上述原药分别配成 2.5% 高效氯氟氰菊酯 EC、40% 毒死蜱 EC、20% 三唑磷 EC、5% 吡虫啉 EC 的制剂备用。

1.2 试验方法

1.2.1 室内活性测定: 采用庄永林等^[7]稻茎浸渍法并改进。取约 25 日秧龄且无稻飞虱虫卵的稻苗, 稻苗留少许稻根, 洗净晾干后在预先配制好的药液中浸泡 30 s, 取出晾干, 放入 3 cm × 20 cm 的试管中, 管底有少许水, 每管 2~3 根稻苗。每处理重复 3 次, 每管为一重复, 接灰飞虱 3 龄若虫或成虫约 50 头, 用黑布扎口, 以清水处理为对照, 置于与灰飞虱饲养相同的条件下, 72 h 后检查死活虫数, 若对照死亡率大于 20%, 试验重做; 小于 20%, 用 Abbott 公式^[15]校正各处理死亡率, 然后用 Finney 概率值法求毒力回归方程及 LC_{50} 、 LC_{75} 、 LC_{90} 。

1.2.2 繁殖试验: 先在 1 L 的烧杯中播种水稻, 待稻苗长至 8~10 cm 时备用。用室内活性测定获得的供试药剂对 3 龄若虫的 LC_{50} 、 LC_{75} 和 LC_{90} 的剂量分别喷雾处理灰飞虱 3 龄若虫和刚羽化的成虫。将处理 3 天后存活的 3 龄若虫在稻苗上饲养至羽化后按雌雄 (1:1) 配对, 处理 3 天后存活的成虫直接雌雄 (1:1) 配对, 然后把每对接入育有稻苗的 1 L 烧杯中, 每处理重复 16 次, 以清水处理为对照。当烧杯中有若虫孵出时, 每天拍出若虫计数并累加, 直至没有若虫孵出止。计算出每对成虫的繁殖率, 在 F 测

验显著的基础上再用 Duncan 氏新复极差法处理数据。

1.2.3 五种药剂对灰飞虱种群的中长期影响: 试验在面积为 9m^2 水泥池田中进行, 每处理 3 次重复。水泥池罩上防虫网罩, 每池种植水稻 210 穴, 10 月 10 日套播扬麦 12 号, 10 月 24 日 (水稻穗期) 每小区各接入灰飞虱成虫 100 对 (雌雄比为 1:1), 10 月 26 日用

MADAB 喷雾器按每 667m^2 对水 50 kg 进行喷雾, 用药量见表 1。从药后 1 天开始每隔 5 天调查 1 次, 至 11 月 30 日止, 第 2 年从 3 月 1 日开始每隔 5 天调查 1 次, 至 5 月 5 日止。水稻生长季节每池调查 15 穴水稻, 用 $30\text{cm} \times 50\text{cm}$ 钢丝随机抽取 10 个样点, 用白塑料盆紧贴小麦基部, 快速拍击, 计算每池灰飞虱的总虫量。

表 1 稻麦套作田的用药剂量

Table 1 The dosages of five insecticides used in a rice-wheat intercropping system

药剂 Insecticide	用药量 (mL/667m ²) The dosage of insecticides used	药剂 Insecticide	用药量 (mL/667m ²) The dosage of insecticides used
5% 氟虫腓 SC 5% fipronil SC	39.9	5% 吡虫啉 EC 5% imidacloprid EC	53.2
40% 毒死蜱 EC 40% chlorpyrifos EC	59.9	20% 三唑磷 EC 20% triazophos EC	98.6
2.5% 高效氯氟氰菊酯 EC	99.8	对照 Control	—
2.5% cyhalothrin EC			

2 结果与分析

2.1 五种供试药剂对灰飞虱的室内活性测定

将五种药剂对 3 龄若虫的 LC_{50} 值进行比较, 氟

虫腓的活性最高, 其次是毒死蜱、吡虫啉、三唑磷和高效氯氟氰菊酯 (表 2)。但五种药剂对灰飞虱成虫的活性远不如对 3 龄若虫, 其 LC_{50} 值和 LC_{75} 值, 甚至 LC_{90} 值, 只相当于成虫的亚致死剂量 (表 2)。

表 2 五种药剂对灰飞虱 3 龄若虫和成虫的敏感性测定

Table 2 The susceptibilities of 3rd instar nymphs and adults of SBPH to five insecticides

药剂 Insecticide	3 龄若虫毒力方程 $Y = a + bX$ Regression lines of toxicity of 3 rd instar nymph			95% 置信区间 95% confidence interval	成虫毒力方程 $Y = a + bX$ Regression lines of toxicity of adult		
	毒力 (mg/L) Toxicity				毒力 (mg/L) Toxicity		95% 置信区间 95% confidence interval
氟虫腓 Fipronil	$LC_{50} = 0.05$	0.03 ~ 0.06		$LC_{0.1} = 0.05$	0.02 ~ 0.06		
	$LC_{75} = 0.08$	0.07 ~ 0.10		$LC_{0.8} = 0.08$	0.06 ~ 0.10		
	$LC_{90} = 0.15$	0.12 ~ 0.18		$LC_{4.4} = 0.15$	0.11 ~ 0.20		
毒死蜱 Chlorpyrifos	$LC_{50} = 0.17$	0.14 ~ 0.22		$LC_{0.7} = 0.17$	0.12 ~ 0.21		
	$LC_{75} = 0.34$	0.26 ~ 0.54		$LC_{3.0} = 0.34$	0.21 ~ 0.49		
	$LC_{90} = 0.96$	0.43 ~ 1.24		$LC_{16.0} = 0.96$	0.45 ~ 1.27		
吡虫啉 Imidacloprid	$LC_{50} = 5.04$	3.98 ~ 6.40		$LC_{36.2} = 5.04$	4.03 ~ 6.71		
	$LC_{75} = 13.97$	10.40 ~ 21.63		$LC_{57.2} = 13.97$	11.02 ~ 22.58		
	$LC_{90} = 34.96$	22.41 ~ 71.26		$LC_{74.6} = 34.96$	24.26 ~ 83.24		
三唑磷 Triazophos	$LC_{50} = 10.93$	7.89 ~ 15.69		$LC_{40.6} = 10.93$	6.65 ~ 15.97		
	$LC_{75} = 18.49$	13.27 ~ 33.05		$LC_{61.7} = 18.49$	12.11 ~ 34.58		
	$LC_{90} = 29.67$	19.58 ~ 69.86		$LC_{78.2} = 29.67$	18.79 ~ 67.91		
高效氯氟 氰菊酯 Cyhalothrin	$LC_{50} = 1.84$	1.10 ~ 2.54		$LC_{18.3} = 1.84$	1.03 ~ 2.01		
	$LC_{75} = 4.09$	3.07 ~ 5.25		$LC_{44.5} = 4.09$	2.99 ~ 6.01		
	$LC_{90} = 12.95$	9.46 ~ 21.36		$LC_{83.2} = 12.95$	8.87 ~ 23.42		

2.2 五种杀虫剂对灰飞虱繁殖力的影响

经氟虫腈、毒死蜱和吡虫啉三种药剂 9 个剂量处理的灰飞虱 3 龄若虫,其雌成虫历期均短于对照,其中经氟虫腈 LC_{75} 、 LC_{90} 和吡虫啉 LC_{50} 、 LC_{90} 4 个剂量处理的雌成虫历期分别为 7.9 ± 3.4 、 8.0 ± 1.9 天和 7.9 ± 2.1 、 7.7 ± 1.6 天,显著短于对照的 11.8 ± 2.5 天。而经三唑磷和高效氯氟氰菊酯两种药剂 6 个剂量处理后,雌成虫历期长于对照。从孵化的若虫数来看,经氟虫腈和吡虫啉两种药剂 6 个剂量处

理后,第 2 代的若虫数少于对照,其中经氟虫腈 LC_{90} 和吡虫啉 LC_{90} 剂量处理后,孵化的若虫数都比对照少 35.7%,并达极显著差异;而经毒死蜱、三唑磷和高效氯氟氰菊酯三种药剂 9 个剂量处理后,孵化的若虫数都多于对照,其中经毒死蜱 LC_{90} 、三唑磷 LC_{50} 以及高效氯氟氰菊酯 LC_{50} 、 LC_{75} 4 个剂量处理的分别比对照多 30.2%、39.8%和 53.3%、35.7%,并达显著差异(表 3)。

表 3 五种药剂对灰飞虱 3 龄若虫和成虫繁殖力的影响

Table 3 Impacts of five insecticides on the productivity of 3rd instar nymphs and adults of SBPH

药剂 Insecticide	处理剂量 The dosage (mg/L)	3 龄若虫 3 rd instar nymph			成虫 Adult		
		雌成虫历期 (d)	孵化若虫数 (个)	相对率 (%)	雌成虫历期 (d)	孵化若虫数 (个)	相对率 (%)
		The span of the female adult	The total no. of nymph hatching	Relative ratio	The span of the female adult	The total no. of nymph hatching	Relative ratio
氟虫腈	$LC_{50} = 0.05$	9.8 ± 3.4	73.0 ± 28.5	-27.4	9.0 ± 3.8	75.3 ± 36.0	-25.7
Fipronil	$LC_{75} = 0.08$	7.9 ± 3.4	73.8 ± 25.5	-26.6	7.9 ± 3.0	73.8 ± 33.0	-27.1
	$LC_{90} = 0.15$	8.0 ± 1.9	$64.6 \pm 30.4^{**}$	-35.7	7.1 ± 2.4	66.7 ± 34.4	-34.2
吡虫啉	$LC_{50} = 5.04$	7.9 ± 2.1	81.5 ± 28.1	-14.7	7.1 ± 2.6	83.6 ± 37.0	-17.5
	Imidacloprid	$LC_{75} = 13.97$	8.3 ± 4.8	77.6 ± 49.8	-22.8	7.0 ± 5.0	81.8 ± 29.9
	$LC_{90} = 34.96$	7.7 ± 1.6	$64.6 \pm 33.6^{**}$	-35.7	6.6 ± 1.8	68.9 ± 26.8	-32.0
对照 Control	—	11.8 ± 2.5	100.5 ± 6.8	100.0	11.0 ± 4.1	101.3 ± 9.2	100.0
毒死蜱	$LC_{50} = 0.17$	9.6 ± 1.7	109.8 ± 38.4	+9.3	9.1 ± 3.8	102.0 ± 44.2	+0.7
Chlorpyrifos	$LC_{75} = 0.34$	8.9 ± 1.4	106.7 ± 35.8	+6.2	7.9 ± 3.0	113.3 ± 42.9	+11.8
	$LC_{90} = 0.65$	8.2 ± 2.3	130.9 ± 41.4	+30.2	7.1 ± 2.4	115.1 ± 38.6	+13.6
三唑磷	$LC_{50} = 10.92$	13.1 ± 5.1	$140.5 \pm 32.8^{**}$	+39.8	11.8 ± 5.1	124.4 ± 50.3	+22.8
Triazophos	$LC_{75} = 18.80$	12.8 ± 4.4	121.4 ± 35.4	+20.8	11.5 ± 4.0	122.4 ± 42.1	+20.8
	$LC_{90} = 30.50$	12.4 ± 4.1	120.8 ± 36.9	+20.2	11.5 ± 4.3	123.3 ± 42.1	+21.7
高效氯氟	$LC_{50} = 1.84$	14.1 ± 4.4	$154.1 \pm 48.0^{**}$	+53.3	13.0 ± 4.6	$142.3 \pm 39.5^{**}$	+40.5
氰菊酯	$LC_{75} = 4.09$	13.7 ± 4.0	136.4 ± 45.5	+35.7	12.5 ± 4.2	$149.5 \pm 50.5^{**}$	+47.6
Cyhalothrin	$LC_{90} = 8.41$	13.3 ± 3.7	124.9 ± 40.2	+24.3	12.3 ± 4.0	123.6 ± 43.9	+22.0

注:表中数据表示平均值 ± 标准差。“*”和“**”表示同一列与对照相比在 5%水平和 1%水平上的差异显著性。相对率 = (处理区若虫数 - 对照区的若虫数) / 对照区的若虫数。Note: The data in the table means average ± standard deviation “*” and “**” in the same column mean that are significantly different at 0.05 and 0.01 probable level to the control. Relative ratio = (No. of nymphs treated with insecticides - No. of nymphs of control) / No. of nymphs of control

就灰飞虱成虫而言,经五种药剂处理后,雌成虫历期与对照相比,无显著差异(除经吡虫啉 LC_{90} 处理的雌成虫历期为 6.6 ± 1.8 天显著短于对照的 11.0 ± 4.1 天)。从孵化的若虫数看,经氟虫腈和吡虫啉处理后,孵化的若虫数少于对照,其中经氟虫腈

LC_{90} 和吡虫啉 LC_{90} 2 个剂量处理的分别比对照少 34.2%和 32.0%,达显著差异;经毒死蜱、三唑磷和高效氯氟氰菊酯处理的,均多于对照,其中经高效氯氟氰菊酯 LC_{50} 、 LC_{75} 2 个剂量处理的分别比对照多 40.5%和 47.6%,达极显著差异。

2.3 五种药剂对灰飞虱种群的中长期影响

五种药剂处理后,10月31日灰飞虱虫量均下降,其中以氟虫腈效果最好,防治效果为94%;其次是毒死蜱,达86%;以高效氯氟氰菊酯的防治效果较差,为73%。11月10日,除氟虫腈外,其余四种药剂处理的灰飞虱虫量均有所上升。11月30日,经毒死蜱、三唑磷和高效氯氟氰菊酯处理的,灰飞虱越冬虫量分别是对照的1.15、1.41和1.85倍。第2

年从3月2日开始调查,经毒死蜱、三唑磷和高效氯氟氰菊酯处理的3月2日调查的虫量分别是对照的3.5、3.8和4.3倍;3月12日虫量比对照多30.14、4.29和19.14倍;到5月6日,虫量分别是对照的2.73、2.35和2.93倍。经吡虫啉和氟虫腈处理的,灰飞虱虫量少于对照,第2年1~2代灰飞虱的种群数量分别是对照的64.6%和33.5%(图1)。

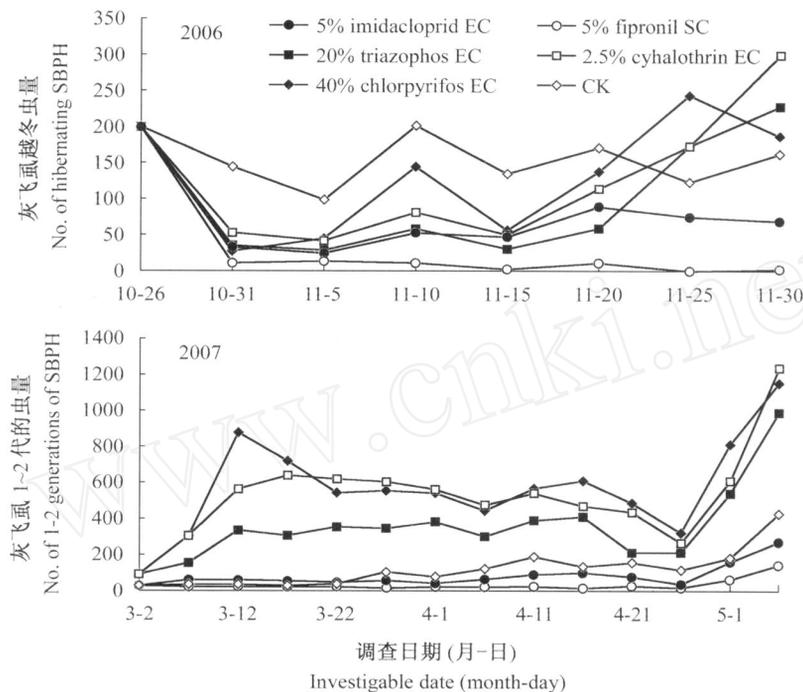


图1 水稻穗期用药对灰飞虱越冬虫量和第2年灰飞虱1~2代虫量的影响

Fig 1 The effect of the numbers of hibernation of SBPH and 1 - 2 generations of SBPH after insecticides used during the rice-tassel period

3 讨论

近年来灰飞虱暴发,因其传播的病毒病对农作物的危害远远大于其本身,所以普遍将灰飞虱作为传毒媒介而沿用防治病害的思路,即在灰飞虱传播病毒的关键时期以“切断毒源”和“防止毒源扩散”的思路防治灰飞虱。很少有人将灰飞虱作为害虫,从其本身的发生规律及与农药的对应关系来研究灰飞虱的防治,而能否有效防治灰飞虱,恰恰又关系到能否更有效地控制因其传播而导致的病毒病。

水稻生长后期,由于秋凉,灰飞虱种群开始回升,但与严重为害水稻的褐飞虱、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis*、二化螟 *Chilo suppressalis* 以及三化螟 *Tryporyza incertulas* 相比仍处次要地位。

而在稻田后期的用药中,氟虫腈因价格高,未被普遍使用,吡虫啉因褐飞虱对其产生高抗性而被限制使用。本试验结果显示,稻田后期使用氟虫腈和吡虫啉能有效抑制灰飞虱的繁殖率,控制灰飞虱种群增长,大大减轻了第2年灰飞虱传毒敏感期对灰飞虱的防治压力。目前生产上主要推广毒死蜱、三唑磷的单剂或以它们的复配农药为主来防治水稻后期害虫,为了提高对稻纵卷叶螟、二化螟以及三化螟的防治效果,一些地方将菊酯类农药,主要是高效氯氟氰菊酯混入使用^[16]。有学者认为害虫的再生猖獗主要是由于农药的亚致死剂量或高浓度剂量刺激害虫生殖引起的^[7-8,17]。田间灰飞虱发生世代重叠,如果田间的使用剂量主要针对3龄以下若虫,那么对于成虫而言,其使用剂量只是亚致死剂量,必将促进

成虫的繁殖率,尤其是在灰飞虱传毒敏感期水稻秧田防治灰飞虱成虫,因农药使用量不当而促进了灰飞虱繁殖,虽然在药后短期内表现为灰飞虱虫量下降,但是促进了下代种群数量更大发生。从本试验结果可以清楚地看到,稻田后期用品种对第2年灰飞虱种群数量的发生具有十分重要的作用。为了有效防治灰飞虱,应在3龄若虫发生期选用适当药剂进行防治,如果田间有大量成虫存在时,应适当加大用药量。

参考文献 (References)

- [1] 丁锦华, 苏建亚. 农业昆虫学. 北京: 中国农业出版社, 2002: 174 - 176
- [2] 张景飞, 龚林根, 瞿燕, 等. 2004年常熟市5、6代灰飞虱严重为害水稻穗部. 中国植保导刊, 2005, 25(4): 39
- [3] Chelliah S, Heinrich E A. Factors affecting insecticides - induced resurgence of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* on rice. *Environment Entomology*, 1980, 9(6): 773 - 777
- [4] Heinrich E A, Aquino G B, Chelliah S, et al. Resurgence of *Nilaparvata lugens* (Stål) populations as influenced by method and timing of insecticide applications in lowland rice. *Environment Entomology*, 1982, 11(1): 78 - 84
- [5] 余月书, 薛珊, 王芳, 等. 农药诱导害虫再猖獗的研究. 昆虫知识, 2008, 45(1): 15 - 20
- [6] IIRI Annual report Los Banos Philippines: International Rice Research Institute, 1980: 180 - 191
- [7] 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
- [8] 蔡元呈, 林永, 许国忠. 甲基异柳磷引起稻飞虱增殖原因探讨. 植保技术与推广, 1998, 18(5): 28 - 30
- [9] 王荫长, 范加勤, 田学志, 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
- [10] 顾中言, 韩丽娟, 黄祥麟, 等. 氰戊菊酯导致棉蚜种群暴发的生态机制分析. 江苏农业学报, 1995, 11(1): 21 - 27
- [11] 杜晓英, 兰建东, 李传仁. 杀虫剂激发害虫再猖獗的评价方案初探. 湖北农学院学报, 1998, 18(3): 229 - 232
- [12] 叶建人, 黄贤夫, 冯永斌. 常用杀虫剂对稻田迁飞性害虫的控制作用及其对天敌的安全性评价. 浙江农业学报, 2007, 19(5): 373 - 377
- [13] 沈燕, 封超年, 郭文善, 等. 小麦开花灌浆初期喷施农药对灌浆后期灰飞虱的影响及生化分析. 农业环境科学学报, 2007, 26(3): 985 - 989
- [14] 朱新伟, 王乃中, 刘宝平, 等. 不同药剂对麦田灰飞虱的增殖效应初探. 中国植保导刊, 2007, 27(11): 35 - 36
- [15] Abbott W S. A method for computing effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 1925, 18: 265 - 267
- [16] 高强. 菊酯类农药在稻田“蔓延”. 农药市场信息, 2007(10): 31
- [17] Singh J P, Lakra R K. Persistent toxicity of some systemic insecticides vis-à-vis resurgence of leafhopper, *Amrasca biguttula* (Ishida) in Haryana. *Indian Journal of Plant Protection*, 1989, 17(2): 247 - 250