

• 研究论文 •

防治棉铃虫的高毒农药替代品种研究

于宏坤, 梁革梅*, 任明勇, 张永军, 常洪雷, 吴孔明, 郭予元

(中国农业科学研究院 植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100094)

摘要: 采用室内浸卵、浸叶和点滴法以及田间小区试验, 对 19 种杀虫剂防治棉铃虫的作用特点和效果进行了系统研究。室内生物测定结果表明: 多杀菌素对棉铃虫卵孵化有较好的抑制作用, 90.40 mg/L 多杀菌素处理后棉铃虫卵的孵化率仅为 42.86%; 多杀菌素、甲氨基阿维菌素、高效氯氟氰菊酯、辛硫磷、丙溴磷、毒死蜱和高效氯氟氰菊酯对棉铃虫初孵幼虫的毒杀作用明显, 原药稀释 $1.0 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^4$ 倍时可使初孵幼虫死亡率达 100%; 昆虫生长调节剂——氟啶脲、氟铃脲、甲氧虫酰肼原药稀释 1000 倍对棉铃虫初孵幼虫的致死率大于 70%, 且幼虫的生长受到明显抑制; 甲氨基阿维菌素、高效氯氟氰菊酯、多杀菌素、毒死蜱、高效氯氟氰菊酯、丙溴磷、辛硫磷对低、高龄棉铃虫幼虫均具有较好的毒杀效果。田间小区试验结果表明, 甲氨基阿维菌素、高效氯氟氰菊酯、丙溴磷、高效氯氟氰菊酯作用效果快且防治效果好, 尤其是 4000 倍甲氨基阿维菌素和 5000 倍高效氯氟氰菊酯处理后第三天, 其对棉铃虫的致死率达 100%; 多杀菌素和甲氧虫酰肼作用效果稍差。若在棉铃虫卵高峰期适时施药, 供试的 6 种药剂均可作为防治棉铃虫的高毒农药替代品种。

关键词: 高毒农药替代; 棉铃虫; 室内生物测定; 田间小区试验

中图分类号: S482.3

文献标识码: A

文章编号: 1008-7303(2006)04-0327-08

Study on Substitutional Insecticides to Replace Hypertoxic Insecticides against Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera*

YU Hong-kun LIANG Ge-mei*, REN Ming-yong ZHANG Yong-jun
CHANG Hong-lei WU Kong-ming GUO Yu-yuan

(State Key Laboratory of Plant Disease and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract The effects characters and efficacies of 19 insecticides against *Helicoverpa armigera* were tested by using laboratorial egg-dipping, leaf-dipping, topical application bioassay and plot tests in the field. The indoor bioassay results showed that the hatching rate of cotton bollworm were significantly suppressed by spinosad, only 42.86% of the eggs hatched after treated by 90.40 mg/L spinosad. High mortalities of neonatal cotton bollworm occurred as they bored out from the eggs treated by methamidophos, spinosad, chlorpyrifos, lambda-cyhalothrin, phoxim, profenophos and beta-cypermethrin. All of these insecticides mentioned above are highly toxic to neonates and their $1.0 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^4$ times dilutions could kill 100% of the neonates. The results of growth regulators such as

收稿日期: 2006-08-18 修回日期: 2006-11-20

作者简介: 于宏坤 (1979-), 男, 硕士研究生; * 通讯作者: 梁革梅 (1970-), 女, 博士, 副研究员, 主要从事害虫抗药性及毒理研究. 联系电话: 010-62815929; E-mail: gmliang@ippcaas.cn

基金项目: 财政部专项——农业部 2005 年高毒农药及示范项目资助

chbrihazuron, hexaflumuron and methoxyfenozide were also effective to neonatal cotton bollworm, 70% of the larvae died after separately treated by 1 000 times dilutions of these insecticides while the development of survival larvae were obviously inhibited. Methylniaavemectin, lambda-cyhalothrin, spinosad, chlorpyrifos, beta-cypermethrin, profenophos and phoxim were equally effective to young and old larvae. The results of plot tests showed that methylniaavemectin, lambda-cyhalothrin, beta-cypermethrin and profenophos had high and quick effective, the corrected mortalities were 100% after treated with 4 000 times methylniaavemectin dilution and 5 000 times lambda-cyhalothrin dilution. But the spinosad and methoxyfenozide acted slowly and their efficacies were lower. Consequently, methylniaavemectin, lambda-cyhalothrin, spinosad, beta-cypermethrin, profenophos and methoxyfenozide can be used as substitutional insecticides to replace hypertoxic insecticides against *H. armigera*, if only spray insecticides in time at peak egg stage.

Key words replace of hypertoxic insecticides; *Helicoverpa armigera*; indoor bioassay; plot test

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (H. bner) 是世界性重要农业害虫, 条件适宜时常大面积爆发, 使棉花、玉米、花生、豆类、蔬菜、花卉等生产损失严重^[1]。由于长期采用化学防治, 已使棉铃虫的抗药性不断增加。尽管转基因棉的大面积种植暂时缓解了棉铃虫对化学农药的抗性发展^[2], 但在棉花生长后期, 由于 Bt 蛋白的表达量降低, 常造成 3、4 代棉铃虫发生严重, 仍需进行药剂防治^[3]。

目前, 甲胺磷、对硫磷、甲基对硫磷、久效磷和磷胺这些在国外早已被禁用或限用的剧毒或高残留农药在我国棉田仍被使用, 但我国也已将其列入管制清单, 到 2007 年 1 月 1 日将全面禁止使用^[4]。因此, 急需筛选出一些适合目前种植背景, 对棉铃虫高效、低毒并对天敌安全的农药替代品种。

近年来开发的一些新型杀虫剂, 如大环内酯类的甲氨基阿维菌素^[5-6]和多杀菌素^[7-8], 昆虫生长抑制剂类的氟铃脲^[9]、氟啶脲^[10]、甲氧虫酰肼^[11]等均对棉铃虫具有较好的防治效果。湖南化工研究院自主开发的非酯脲类拟除虫菊酯类杀虫剂硫脲 (HNPC-A 9908) 和四川省化工研究院创制的新型有机磷杀虫剂硝虫硫磷对棉铃虫也有一定的防治效果^[12-13]。为了系统地比较这些药剂之间以及它们与常用杀虫剂间的差异, 作者采用室内浸卵、浸叶、点滴法以及田间小区试验比较了分属于有机磷、拟除虫菊酯、大环内酯、氨基甲酸酯、新型硫脲、昆虫生长调节剂 6 大类、共 19 种杀虫剂对棉铃虫的毒杀效果。

1 材料与方法

1.1 供试药剂

有机磷类: 89% 辛硫磷 (phoxim)、92% 丙溴

磷 (profenofos) 原油 (江苏宝灵化工股份有限公司); 90% 倍硫磷 (fenthion) 原油 (台州市黄岩永宁农药化工有限公司); 95.8% 伏杀硫磷 (phosalone) 原油 (江苏省江阴凯江农化有限公司); 95% 硝虫硫磷 (xiaochongthion) 原油 (江苏省化学工业研究设计院); 95% 毒死蜱 (chlorpyrifos) 原油 (农业部农药检定所)。拟除虫菊酯类: 98% 高效氯氟氰菊酯 (lambda-cyhalothrin)、92% 高效氯氰菊酯 (beta-cypermethrin) 原粉 (江苏常隆化工有限公司); 95% 硫脲 (HNPC-A 9908) 原油 (湖南海利化工股份有限公司)。大环内酯类: 92% 甲氨基阿维菌素 (methylniaavemectin) 原粉 (河北威远生物化工股份有限公司); 90.4% 多杀菌素 (spinosad) 原粉 (农业部农药检定所)。氨基甲酸酯类: 96% 硫双威 (thiodicarb) 原粉 (江苏常隆化工有限公司); 92.9% 丁硫克百威 (carbosulfan) 原油 (农业部农药检定所)。新型硫脲类: 94.9% 丁醚脲 (diafenthiuron) 原粉 (江苏常隆化工有限公司)。昆虫生长调节剂类: 97% 除虫脲 (diflubenzuron) 原粉 (河北威远生物化工股份有限公司); 97.7% 氟铃脲 (hexaflumuron) 原粉、98.1% 氟啶脲 (chlorfiazuron) 原粉 (江苏扬农集团有限公司); 10% 印楝素 (azadirachtin) (成都绿金生物科技有限责任公司); 98.2% 甲氧虫酰肼 (methoxyfenozide) 原粉 (农业部农药检定所)。

1.2 室内生物测定

试验用棉铃虫为 2005 年 6 月采自河北省廊坊棉田的棉铃虫成虫, 其后代在室内用人工饲料饲养。选择大小均匀、强健的个体供试。在浸卵、浸叶及田间小区试验中, 各供试药剂先用少量二甲

基亚砷溶解, 再按一定比例用清水稀释成系列浓度。若药剂溶解性不好, 则加入适量乳化剂 2201, 直至完全溶解。以在清水中加入与处理相同比例的溶剂或乳化剂为对照。

1.2.1 对卵的毒力测定 采用浸卵法。取带有新鲜棉铃虫卵的纱布, 先检查卵基数, 再将其分别浸入不同浓度药液中 3 s, 自然风干后, 装入带盖培养盒中, 移入 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的养虫间内。待 48 h 幼虫孵化后, 检查卵孵化数及初孵幼虫死亡数。每处理重复 3 次。按 (1) 和 (2) 式分别计算卵孵化率和幼虫死亡率。

$$\text{卵孵化率}(\%) = \frac{\text{孵化卵数}}{\text{总卵数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{幼虫死亡率}(\%) = \frac{\text{死亡幼虫数}}{\text{孵化幼虫总数}} \times 100 \quad (2)$$

1.2.2 对初孵幼虫的毒力测定 采用浸叶法。分别将印楝素、除虫脲、氟啶脲、氟铃脲、甲氧虫酰肼 5 种昆虫生长调节剂和丁醚脲按一定比例稀释成系列浓度, 将新鲜棉叶分别浸入不同浓度药液中 3 s, 取出风干后, 将棉叶叶柄用脱脂棉保湿, 放入带盖培养盒中。将初孵幼虫接到棉叶上, 每处理 12 头。移入 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的养虫间内, 每间隔 24 h 观察幼虫发育情况。每处理重复 3 次。比较各处理幼虫发育进度及死亡情况。

1.2.3 对二龄初和三龄末幼虫的毒力测定 采用点滴法, 将供试药剂用丙酮稀释成系列浓度, 用 Burkard LV-65 型电动微量点滴仪将 $1 \mu\text{L}$ 药液点滴于每头幼虫前胸背板, 将其放入带盖养虫板中, 每孔放一头, 移入 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 的养虫间内, 用人工饲料喂养。每浓度处理 24 头, 另用丙酮点滴作对照。24 h 及 48 h 后分别检查各处理死亡虫数。参照 Finney 机率值分析法, 利用 POLO 软件计算毒力回归曲线、 LC_{50} 值、 LC_{90} 值及 95% 置信限^[14]。

1.3 田间小区试验

试验在河北省廊坊市中国农业科学研究院试验基地的棉花试验田于棉铃虫卵高峰期进行。棉花品种为中 12。

在室内测定结果的基础上, 选择 6 种对棉铃虫幼虫效果较好的药剂进行田间小区试验, 试验地为砂壤土, 水、肥条件较好, 棉花播期为 4 月 25 日, 宽窄行种植, 施药时棉花处于盛蕾期, 试验区棉花

长势均匀、良好。试验设计参照“农药田间药效试验准则”。每处理重复 4 次。试验小区随机排列, 每小区长 11 m, 宽 6 m。按试验设计, 在各小区选中间两行有棉铃虫幼虫或卵的 20 株棉花调查。用手动喷雾器进行常规防治, 施药浓度参照室内生物测定结果确定, 每小区用药液量为 4 L, 施药后第 1、3 d 调查存活虫数。

卵孵化率、幼虫死亡率、防治效果经反正弦转换后进行方差分析, 并采用邓肯氏新复极差法进行多重比较^[15]。

2 结果与分析

2.1 药剂对卵及初孵幼虫的毒力

供试的 19 种药剂对卵及初孵幼虫的毒杀效果见表 1。可以看出: 各处理间对卵的毒力差异显著 ($F = 539.03$, $P = 0.0001$), 90.40 mg/L 多杀菌素处理棉铃虫卵的孵化率仅为 42.86%, 药剂浓度降低, 作用效果随之降低, 45.20、22.60 mg/L 时卵孵化率分别为 60.65%、72.88%; 96 mg/L 硫双威处理后棉铃虫的孵化率为 64.57%; 高效氯氟氰菊酯与对照相比使卵孵化率降低约 10% 左右; 丁硫克百威、丙溴磷、毒死蜱、倍硫磷、氟铃脲、甲氨基阿维菌素等几种药剂高浓度时对卵孵化略有抑制作用, 与对照相比孵化率减少 10% 以下; 其余药剂, 如氟啶脲、伏杀硫磷、除虫脲、印楝素、辛硫磷、甲氧虫酰肼、硝虫硫磷、硫脲醚、丁醚脲等对棉铃虫卵孵化没有影响。

孵化后的初孵幼虫取食卵壳, 因卵壳上粘有药剂而导致幼虫死亡。方差分析结果表明, 各处理间差异显著 ($F = 941.65$, $P = 0.0001$)。甲氨基阿维菌素、多杀菌素、毒死蜱、高效氯氟氰菊酯、辛硫磷、丙溴磷、高效氯氟氰菊酯处理棉铃虫卵后, 对棉铃虫初孵幼虫的毒杀作用明显, 尤其浓度较高时可致使 100% 初孵幼虫死亡; 丁醚脲、氟铃脲、丁硫克百威、伏杀硫磷、倍硫磷、硫双威等药剂也有一定的效果; 而氟啶脲、除虫脲、印楝素、甲氧虫酰肼、硝虫硫磷、硫脲醚等对初孵幼虫影响较小, 幼虫死亡率等于或低于 10%。

五种昆虫生长抑制剂及丁醚脲对初孵幼虫的毒杀效果见表 2。可以看出: 虽然各处理对棉铃虫初孵幼虫毒杀效果不明显, 初孵幼虫取食药剂处理棉叶 24 h 后, 仅有 < 20% 的幼虫死亡, 但由于对

Table 1 Effects of 19 insecticides on egg hatching percentages and neonate mortalities of *H. amigera*

Insec-ticide	Conc / (mg/L)	Egg hatching percentage (%)	Neonate mortality (%)	Insec-ticide	Conc / (mg/L)	Egg hatching percentage (%)	Neonate mortality (%)	Insec-ticide	Conc / (mg/L)	Egg hatching percentage (%)	Neonate mortality (%)
Carbo sulfan	92.90	89.25 cd	79.22 e	Profenofos	92.00	98.67 a	100.00 a	Chlorfluazuron	98.10	100.00 a	2.24 q
	46.45	95.41 b	60.58 h		46.00	100.00 a	100.00 a		49.05	100.00 a	0.92 s
	23.23	95.09 b	15.87 m		23.00	100.00 a	100.00 a		24.53	100.00 a	4.26 p
	11.61	100.00 a	5.17 op		11.50	100.00 a	11.71 n		12.26	100.00 a	0.00 t
	5.81	100.00 a	9.40 n		5.75	100.00 a	7.09 o		6.13	100.00 a	0.00 t
	2.90	100.00 a	3.13 q		2.88	100.00 a	0.00 t		3.07	100.00 a	13.04 mn
Chlorpyrifos	95.00	93.53 b	100.00 a	Phosalone	95.80	100.00 a	61.54 h	Diflubenzuron	97.00	100.00 a	1.29 r
	47.50	98.28 a	99.48 a		47.90	100.00 a	15.09 m		48.50	100.00 a	0.00 t
	23.75	98.52 a	100.00 a		23.95	100.00 a	2.38 q		24.25	100.00 a	0.00 t
	11.88	100.00 a	70.68 f		11.98	100.00 a	0.79 s		12.13	100.00 a	0.00 t
	5.94	100.00 a	84.06 d		5.99	100.00 a	1.82 q		6.06	100.00 a	0.00 t
	2.97	100.00 a	82.61 de		2.99	100.00 a	34.72 k		3.03	100.00 a	0.00 t
Azadirachtin	10.00	100.00 a	11.28 n	Thiodicarb	96.00	64.57 f	56.10 i	Methyldiazinon	92.00	91.55 c	100.00 a
	5.00	100.00 a	1.33 r		48.00	100.00 a	43.55 j		46.00	92.57 bc	100.00 a
	2.50	100.00 a	1.52 qr		24.00	100.00 a	14.56 m		23.00	93.27 bc	100.00 a
	1.25	100.00 a	5.71 op		12.00	100.00 a	7.79 o		11.50	100.00 a	98.89 a
	0.63	100.00 a	2.33 q		6.00	100.00 a	0.80 s		5.75	100.00 a	99.37 a
	0.31	100.00 a	3.40 q		3.00	100.00 a	11.54 n		2.88	100.00 a	99.62 a
beta-Cypermethrin	92.00	97.36 ab	100.00 a	Fenthion	90.00	93.44 b	73.10 f	Hexaflumuron	97.70	92.34 bc	82.95 de
	46.00	98.00 a	100.00 a		45.00	98.06 a	25.69 l		48.85	89.41 c	36.84 jk
	23.00	91.96 c	65.79 g		22.50	100.00 a	18.40 m		24.43	86.36 d	34.59 k
	11.50	90.00 c	71.43 f		11.25	100.00 a	0.00 t		12.21	100.00 a	28.57 l
	5.75	92.43 c	43.00 j		5.63	100.00 a	0.00 t		6.11	100.00 a	24.00 l
	2.88	98.11 a	41.35 j		2.81	100.00 a	0.00 t		3.05	100.00 a	10.23 n
Xin-chongthion	95.01	100.00 a	0.88 s	HNPC-A 9908	95.00	100.00 a	12.64 n	Diazinon	94.90	100.00 a	91.21 c
	47.51	100.00 a	3.97 q		47.50	100.00 a	8.22 no		47.45	100.00 a	88.46 c
	23.75	100.00 a	4.71 p		23.75	100.00 a	5.11 op		23.73	100.00 a	40.00 j
	11.88	100.00 a	3.28 q		11.88	100.00 a	3.73 q		11.86	100.00 a	15.06 m
	5.94	100.00 a	2.30 q		5.94	100.00 a	7.03 o		5.93	100.00 a	4.80 pq
	2.97	100.00 a	3.87 q		2.97	100.00 a	4.59 p		2.97	100.00 a	7.41 o
Spinosad	90.40	42.86 h	100.00 a	lambda-Cyhalothrin	98.00	85.09 d	100.00 a	Phoxin	89.00	100.00 a	100.00 a
	45.20	60.65 g	100.00 a		49.00	83.04 d	100.00 a		44.50	100.00 a	100.00 a
	22.60	72.88 e	100.00 a		24.50	88.66 cd	100.00 a		22.25	100.00 a	100.00 a
	11.30	91.49 c	99.24 a		12.25	85.38 d	96.49 b		11.13	100.00 a	100.00 a
	5.65	93.33 bc	100.00 a		6.13	86.67 d	66.48 g		5.56	100.00 a	90.06 c
	2.83	100.00 a	84.34 d		3.06	90.16 cd	60.00 h		2.78	100.00 a	3.19 q
Methoxyfenozide	98.20	100.00 a	3.23 q	CK	0	100.00 a	0.00 t				
	49.10	100.00 a	9.35 n		0	100.00 a	0.00 t				
	24.55	100.00 a	3.85 q		0	100.00 a	0.00 t				
	12.28	100.00 a	5.17 p								
	6.14	100.00 a	1.16 r								
	3.07	100.00 a	0.85 s								

* Means within each column followed by the same uppercase letter are not significantly different at P = 0.05. The same as in the following tables

照无幼虫死亡, 因此经方差分析后与对照相比仍表现差异显著 ($F = 195.01, P = 0.0001$); 处理 48 h 后, 氟啶脲、氟铃脲、甲氧虫酰肼等药剂的毒杀效果明显提高, 在原药稀释 1 000 倍时可造成 70% 以上的幼虫死亡 ($F = 129.84, P = 0.0001$), 但除虫脲、丁醚脲、印楝素的杀虫效果仍不明显, 仅有 < 10% 的个体死亡。

供试的 6 种药剂对棉铃虫的生长均表现出抑

制作用。对照棉铃虫取食棉叶 5 d 后幼虫已达 2 龄末, 但经氟啶脲、氟铃脲、甲氧虫酰肼等药剂处理 5 d 后, 大部分幼虫仍处于 1 龄期; 丁醚脲、除虫脲、印楝素等处理后存活幼虫的生长速度也有所减缓, 浓度较低时仅少量幼虫达到 2 龄, 较高浓度下处理 5 d 后的棉铃虫也仍处于 1 龄期, 而且丁醚脲对棉铃虫的生长抑制效果比除虫脲和印楝素的好。

Table 2 Effect of six growth inhibitors on neonates of *H. armigera*

Insecticide	Concentration (mg/L)	Larval mortality (%)		Insecticide	Concentration (mg/L)	Larval mortality (%)		Insecticide	Concentration (mg/L)	Larval mortality (%)	
		24 h	48 h			24 h	48 h			24 h	48 h
Diflubenzuron	970.00	4.34 d	4.34 j	Diflubenzuron	949.00	8.69 c	8.69 i	Azadirachtin	100.00	4.34 d	4.34 j
	485.00	4.34 d	4.34 j		474.50	8.69 c	8.69 i		50.00	0.00 e	4.34 j
	242.50	0.00 e	0.00 k		237.25	4.34 d	8.69 i		25.00	0.00 e	0.00 k
	121.25	0.00 e	0.00 k		118.63	4.34 d	4.34 j		12.50	0.00 e	0.00 k
	60.63	0.00 e	0.00 k		59.31	0.00 e	4.34 j		6.25	0.00 e	0.00 k
Chlorfluazuron	981.00	13.04 b	82.60 a	Hexafluorocycluron	977.00	17.38 a	73.91 b	Methoxyfenozide	982.00	8.69 c	69.56 bc
	490.50	8.69 c	56.52 d		488.50	8.69 c	65.22 c		491.00	4.34 d	52.18 e
	245.25	4.34 d	56.52 d		244.25	4.34 d	60.87 cd		245.50	4.34 d	47.82 ef
	122.63	4.34 d	52.18 e		122.13	0.00 e	34.78 g		122.75	0.00 e	39.13 f
	61.31	0.00 e	39.13 f		61.06	0.00 e	17.38 h		61.38	0.00 e	30.43 g

2.2 药剂对二龄初、三龄末幼虫的毒力

供试药剂对棉铃虫二龄初幼虫的毒力测定结果见表 3。对低龄幼虫毒杀效果较好的几种供试药剂按其 24 h LC_{50} 值从低到高排序为: 甲氨基阿维菌素 < 高效氯氟氰菊酯 < 毒死蜱 < 高效氯氟菊酯 < 丙溴磷 < 多杀菌素 < 辛硫磷; 48 h LC_{50} 值从低到高排序为: 甲氨基阿维菌素 < 高效氯氟氰菊酯 < 多杀菌素 < 毒死蜱 < 高效氯氟菊酯 < 辛硫磷 < 丙溴磷。其中甲氨基阿维菌素效果最好, 其次依次为高效氯氟氰菊酯、多杀菌素、毒死蜱、高效氯氟菊酯、丙溴磷、辛硫磷。

对三龄末幼虫的毒力效果与上述结果相似, 按 24 h LC_{50} 值从低到高排序为: 甲氨基阿维菌素 < 多杀菌素 < 高效氯氟氰菊酯 < 高效氯氟菊酯 < 毒死蜱 < 丙溴磷 < 辛硫磷; 48 h LC_{50} 值从低到高排序为: 甲氨基阿维菌素 < 多杀菌素 < 高效氯氟氰菊酯 < 高效氯氟菊酯 < 丙溴磷 < 辛硫磷 < 毒死蜱。其中甲氨基阿维菌素效果最好, 其次是多杀菌素、高效氯氟氰菊酯、高效氯氟菊酯, 再次是毒死蜱、丙溴磷、辛硫磷。

硫脲醚、倍硫磷、伏杀硫磷、硝虫硫磷、丁硫克百威、硫双威对棉铃虫低龄、高龄幼虫的杀虫效果

一般, LC_{50} 、 LC_{90} 值都较高。而用点滴法测定氟啶脲、除虫脲、印楝素、甲氧虫酰肼、丁醚脲、氟铃脲等对棉铃虫二龄、三龄末幼虫的毒力效果时, 作用不显著, 仅有极少数个体死亡, 而且各浓度处理间差异不显著, 说明点滴法不适合用于测定这些通过胃毒起作用的生长抑制剂的毒力。

2.3 田间防治效果

在室内测定结果的基础上, 选择了甲氨基阿维菌素、多杀菌素、丙溴磷、高效氯氟氰菊酯、高效氯氟菊酯及甲氧虫酰肼这 6 种对棉铃虫幼虫效果较好的药剂进行了田间小区试验, 结果见表 4。

可以看出: 药后第 1 d 甲氨基阿维菌素、高效氯氟氰菊酯、丙溴磷、高效氯氟菊酯最高浓度处理的校正防效差异不显著, 效果最好。总体比较后, 发现甲氨基阿维菌素第 1 d 防治棉铃虫的效果最好, 其次是高效氯氟氰菊酯、丙溴磷和高效氯氟菊酯, 多杀菌素效果略差, 甲氧虫酰肼防治效果最差。

药后第 3 d 的防效与第 1 d 的相似, 也是甲氨基阿维菌素最好, 其最高浓度 (230 mg/L) 处理组棉铃虫 100% 死亡, 最低浓度 (28.75 mg/L) 也导致 64.61% 的棉铃虫死亡; 其次是较高浓度高效氯

Table 3 Toxicities of 13 insecticides to 2nd instarH. amigera larvae in laboratory

Insecticide	24 h			48 h		
	Regression equation(y=)	LC ₅₀ (95% C I) /(m g/L)	LC ₉₀ (95% C I) /(m g/L)	Regression equation(y=)	LC ₅₀ (95% C I) /(m g/L)	LC ₉₀ (95% C I) /(m g/L)
M ethyl an ie-ave m ectin	5 253 8+ 0 732x	0 45 (0 01~ 1 60)	26 13 (16 40~ 54 23)	4 735 6+ 1 702x	0 43 (0 29~ 2 71)	8 11 (5 53~ 10 82)
lambda-Cyhalothrin	3 538 4+ 1 394x	11 22 (8 53~ 13 92)	93 24 (67 28~ 150 0)	3 708 3+ 1 302x	9 82 (7 05~ 12 55)	88 38 (62 28~ 150 2)
Spinosad	3 130 4+ 0 989x	77 69 (54 74~ 135 0)	1 558 (599 1~ 8 700)	2 862 6+ 1 564x	23 26 (16 11~ 33 78)	153 7 (84 54~ 519 4)
Chlorpyrifos	1 329 9+ 2 174x	48 77 (30 26~ 109 5)	190 4 (91 73~ 1 945)	1 170 3+ 2 178x	44 89 (27 04~ 101 1)	161 4 (79 74~ 1 733)
beta-Cypermethrin	3 321 9+ 0 957x	56 68 (41 35~ 90 40)	1 281 (508 2~ 6 800)	3 306 3+ 1 023x	45 25 (34 44~ 65 27)	808 4 (371 8~ 3 060)
Profenofos	1 094 0+ 2 133x	67 80 (33 32~ 109 5)	271 7 (155 3~ 1 274)	0 887 1+ 2 261x	65 93 (42 28~ 92 78)	243 0 (158 6~ 574 6)
Phoxin	2 295 5+ 1 392x	87 12 (49 09~ 121 5)	728 8 (527 0~ 1 268)	2 020 9+ 1 663x	61 86 (31 74~ 89 41)	366 8 (289 2~ 523 2)
Phosalone	- 1 612 4+ 2 250x	868 7 (587 4~ 1 442)	3 225 (1 790~ 16 903)	- 1 957 1+ 2 441x	708 1 (489 5~ 1 109)	2 370 (1 412~ 7 535)
Fenithion	1 754 7+ 1 101x	886 3 (687 5~ 1 225)	12 923 (6 901~ 32 880)	1 785 2+ 1 140x	660 6 (526 4~ 865 4)	8 792 (5 068~ 19 604)
Carbosulfan	1 887 7+ 0 891x	3 084 (1 847~ 7 974)	85 769 (23 412~ 1 145 800)	1 882 5+ 0 901x	2 884 (1 760~ 7 103)	77 915 (22 070~ 938 310)
HNPC-A9908	1 205 1+ 1 009x	5 768 (3 105~ 19 198)	107 320 (28 323~ 1 600 600)	1 267 2+ 1 131x	1 997 (1 418~ 3 405)	27 123 (11 673~ 115 490)
Xiaochongthion	0 993 5+ 1 042x	6 999 (3 451~ 85 355)	56 205 (13 259~ 1 121 900)	0 077 8+ 1 381x	3 666 (2 378~ 8 452)	31 350 (12 065~ 222 120)
Thiodicarb	2 682 7+ 0 541x	19 204 (5 046~ 168 700)	4 364 184	2 874 0+ 0 633x	2 283 (1 287~ 8 011)	245 070 (36 951~ 27 772 000)

氟氰菊酯、丙溴磷和高效氯氟菊酯的防效较好; 226 m g/L多杀菌素与 230 m g/L高效氯氟菊酯、丙溴磷处理后第 3 d的防效差异不显著, 甲氧虫酰肼最高浓度 982 m g/L的防治效果也可达 70%, 与 115 m g/L高效氯氟菊酯、丙溴磷的防效差异不显著。

3 讨论

本研究室内生物测定结果表明, 多杀菌素对棉铃虫具有明显的杀卵作用; 甲氨基阿维菌素、多杀菌素、毒死蜱、高效氯氟菊酯、辛硫磷、丙溴磷、高效氯氟菊酯对卵孵化的抑制作用明显; 甲氨基阿维菌素、高效氯氟菊酯、多杀菌素、毒死蜱、高效氯氟菊酯、丙溴磷和辛硫磷对棉铃虫低、高龄幼虫的毒杀的效果均较好; 昆虫生长调节剂对棉铃虫初孵幼虫的生长抑制效果明显。田间小区试

验结果表明, 甲氨基阿维菌素、高效氯氟菊酯、丙溴磷、高效氯氟菊酯作用效果快且防治效果较好, 多杀菌素和甲氧虫酰肼作用较慢, 效果稍差。

尽管毒死蜱毒性中等, 辛硫磷毒性较低, 且二者对棉铃虫幼虫的防治效果均较好, 但由于其对蜜蜂、鱼类、赤眼蜂等均属高毒农药^[16], 所以在田间试验中未选用这两种药剂。虽然高效氯氟菊酯、高效氯氟菊酯、丙溴磷在田间被用于防治棉铃虫的时间已较长, 但防治效果仍较好^[17]; 甲氨基阿维菌素是新型大环内酯类化合物, 对某些害虫和害螨具有高效和超高效的特性, 主要作用方式是胃毒和触杀作用, 其作用机理是干扰害虫神经生理活动, 抑制 γ -氨基丁酸受体氯离子流, 阻断运动神经信息传递, 使运动神经麻痹, 昆虫停止取食而死亡, 对叶片有很强的渗透作用, 可杀死表皮下的害虫, 且持效期长^[18]。经试验证实甲氨基阿维菌

Table 4 Toxicities of 6 insecticides to *H. amigera* larvae in field

Insecticide	Concentration /(mg/L)	1 d after treatment		3 d after treatment	
		Larvae decreased	Corrected	Larvae decreased	Corrected
		percentage(%)	efficacy(%)	percentage(%)	efficacy(%)
Methyldemeton	230	80.00	75.89 a	100.00	100.00 a
	115	75.00	69.74 ab	90.91	83.92 b
	57.5	72.73	66.99 b	87.50	77.89 b
	28.75	63.64	55.99 c	80.00	64.61 c
λ-cyhalothrin	196	80.00	75.89 a	100.00	100.00 a
	98	75.00	69.74 ab	90.00	82.31 b
	49	66.67	59.65 c	87.50	77.88 b
	24.5	44.44	32.74 e	66.67	41.03 e
Profenofos	230	80.00	75.89 a	91.67	85.26 b
	115	66.67	59.65 c	80.00	64.61 c
	57.5	33.33	19.29 f	77.78	60.69 c
	28.75	25.00	9.21 g	65.00	38.07 e
β-cypermethrin	230	77.78	73.10 a	88.89	80.34 b
	115	33.33	19.29 f	77.78	60.69 c
	57.5	28.57	13.53 f	71.43	49.45 d
	28.75	22.57	6.27 g	57.43	24.68 f
Spinosad	226	66.67	59.65 c	87.78	78.37 b
	113	60.00	41.58 d	71.43	49.45 d
	56.5	42.86	30.83 e	66.67	41.03 e
	28.25	38.46	22.51 f	56.67	23.34 f
Methoxyfenozide	982	55.56	46.21 cd	83.33	70.51 c
	491	28.57	13.53 f	70.74	48.23 d
	245.5	22.22	5.85 g	60.18	29.55 f
	122.75	18.14	0.90 h	50.00	11.54 g
F			133.99		192.56
P			0.000 1		0.000 1

素处理棉铃虫卵后对取食棉铃虫卵壳的初孵幼虫效果最好,且对棉铃虫低、高龄幼虫效果都很好,是较理想的棉铃虫防治药剂,这与其他一些研究结果相同^[18-19]。

多杀菌素是一种微生物代谢产物,属低毒、高效、广谱的杀虫剂,在环境中可降解,不污染环境,对鳞翅目害虫具有快速的触杀和胃毒作用,对叶片有较强的渗透作用,可杀死表皮下的害虫,残效期较长,对一些害虫具有一定的杀卵作用^[20]。本研究发现,多杀菌素对棉铃虫卵确实具有一定的毒杀效果,且处理后初孵幼虫死亡率也很高,但多杀菌素对低龄及高龄幼虫的作用效果较慢,处理48 h后的效果明显优于24 h的;田间小区试验中仅最高浓度(226 mg/L)处理后效果较好,与高效氯氰菊酯、丙溴磷最高浓度处理防治效果差异不显著。

甲氧虫酰肼属低毒、二酰肼类昆虫生长调节剂,属蜕皮激素类似物,能够模拟鳞翅目幼虫蜕皮激素功能,促进其提前蜕皮、成熟,发育不完全,该药剂对鳞翅目以外的昆虫几乎无效,具有持效期长、稳定、低毒、高效、对人畜禽安全等特点,因此是综合防治中较为理想的选择性杀虫剂^[21-22]。本结果显示,虽然甲氧虫酰肼处理后对棉铃虫初孵幼虫有明显的抑制生长作用,但作用速度较慢,处理48 h后幼虫表现部分死亡,而且其田间试验效果稍差,这与王燕君等报道的结果相似^[6]。此外,氟铃脲、氟啶脲这两种几丁质合成抑制剂对初孵幼虫有明显的抑制生长作用,因此,这些生长抑制剂类杀虫剂必须在棉铃虫卵或初孵幼虫高峰期使用才能取得理想效果。

虽然转基因棉花对棉铃虫具有很好的防治效果,但其对棉蚜、棉盲蝽、棉叶螨、烟粉虱等害虫无

效,对甜菜夜蛾、斜纹夜蛾等效果也较差,因此,在防治棉铃虫时应考虑兼治这些害虫,反之亦然。甲氨基阿维菌素、高效氯氟氰菊酯、丙溴磷、高效氯氟氰菊酯不仅对棉铃虫等鳞翅目害虫高效,而且对多种刺吸式口器害虫、螨类效果显著;多杀菌素不仅对多种鳞翅目有效,且可以用来防治蓟马和其他双翅目、缨翅目害虫;甲氧虫酰肼也对多种鳞翅目害虫有效。而且,甲氨基阿维菌素、多杀菌素和甲氧虫酰肼与目前常用的化学杀虫剂没有交互抗性。但田间抗药性监测结果表明,对拟除虫菊酯、有机磷、氨基甲酸酯类等这些曾大量用于防治棉铃虫的各类杀虫剂,棉铃虫都有不同程度的抗性^[1];而且经室内汰选后,棉铃虫对虫酰肼的抗性水平呈上升趋势^[23]。用阿维菌素选育小菜蛾抗性品系 13代后,抗性倍数可达高抗水平^[24]。因此必须严格控制各种农药的使用剂量和使用次数,进行合理的轮用、混用,以延缓害虫抗药性的产生。

参考文献:

- [1] GUO Yu-yuan (郭予元), DAI X iao-feng (戴小枫), WU Kong-m ing (吴孔明), et al Research of Cotton Bollworm (棉铃虫的研究) [M]. Beijing (北京): China Agriculture Press (中国农业出版社), 1998. 22-34
- [2] WU K M, Guo Y Y. The evolution of cotton pest management practices in China [J]. Annu Rev Entomol, 2005, 50: 31-52
- [3] CUI Jin-jie (崔金杰), XIA Jing-yuan (夏敬源). 转 Bt 基因棉对棉铃虫抗性的时空动态 [J]. Acta Gossypii Sinica (棉花学报), 1999, 11(3): 141-146
- [4] 四部委联合发布禁止高毒农药使用相关事宜的公告第 632 号 [J]. Pesticide Science and Administration (农药科学与管理), 2006, 25(7): 1.
- [5] MU Wei (慕卫), LU Feng (刘峰), ZHANG Wen-ji (张文吉). 甲氨基阿维菌素对甜菜夜蛾、棉铃虫、粘虫和苜蓿夜蛾的活性研究 [J]. Pesticides (农药), 2002, 43(8): 27-28
- [6] WANG Yan-jun (王燕君), HE Zhong-chou (何仲酬), ZHANG Guang-yan (张广燕), et al 几种药剂防治甜玉米棉铃虫药效试验 [J]. Guangdong Agricultural Sciences (广东农业科学), 2006, (5): 102-103.
- [7] PAN Deng-m ing (潘登明), MA Yan (马艳), JIA Hai-qing (贾海庆). 48% Spinosad 浓溶剂防治棉铃虫试验研究 [J]. China Cotton (中国棉花), 2001, 28(1): 15-16
- [8] LI Heng (李姮), WANG Q ing-m in (汪清民), HUANG Run-qiu (黄润秋). 多杀菌素的研究进展 [J]. Chin J Pestic Sci (农药学学报), 2003, 5(2): 1-12
- [9] SHEN Li (沈丽), ZENG Peng-m ing (曾鹏明), JIANG Xue-dong (蒋学东), et al. 5% 氟铃脲乳油防治棉铃虫应用效果 [J]. Xinjiang Agric Sci (新疆农业科学), 2005, 42(Suppl): 79-80

- [10] SONG Ru-guo (宋汝国), WANG Xue-ping (王学平). 5% 氟铃脲乳油防治棉铃虫试验 [J]. Pesticides (农药), 1997, 36(12): 38
- [11] GU Jin-xiang (顾金祥), QIU Xue-ping (仇学平), XU Cui-fang (徐翠芳), et al 20% 米满胶悬剂防治棉铃虫试验 [J]. China Cotton (中国棉花), 1998, 25(8): 11-14
- [12] OU X iao-ping (欧晓平), WANG Yong-jiang (王永江), QIAO Guang-xing (乔广行), et al 新杀虫剂 HNPC-A 9908 对几种鳞翅目昆虫的杀虫活性 [J]. Plant Protection (植物保护), 2003, 29(5): 57-61
- [13] HU Qi (胡琪). 农业科技要闻——新农药硝虫硫磷研制成功 [J]. Beijing Agriculture (北京农业), 2002, (12): 41
- [14] Russell R M, Robertson J L, Savin N E. POLO: a new computer program for probit analysis [J]. Rev Entomol Soc Am, 1977, 23: 209-215.
- [15] SAS Institute. SAS/STAT user's guide, version 6.0. SAS Institute [C]. Cary, NC, 1996.
- [16] ZHAO Hua (赵华), LI Kang (李康), WU Sheng-gan (吴声敢), et al 毒死蜱对环境生物的毒性与安全性评价 [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis (浙江农业学报), 2004, (5): 292-298
- [17] PENG Jun (彭军), MA Yan (马艳), PAN Deng-m ing (潘登明), et al 新型杀虫剂对棉铃虫及天敌影响的研究 [J]. China Cotton (中国棉花), 2004, 31(7): 13-14
- [18] BI Fu-chun (毕富春), ZHAO Jian-ping (赵建平). 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对主要害虫药效概述 [J]. Modern Agrichemicals (现代农药), 2003, (2): 34-36
- [19] WANG Cheng-ju (王成菊), LI Xue-feng (李学锋), QIU Li-hong (邱立红), et al 甲氨基阿维菌素与阿维菌素对 5 种农业害虫的毒力测定 [J]. J Henan Agric Sci (河南农业科学), 2004, (12): 39-43.
- [20] SU Jian-ya (苏建亚), SHEN Jin-liang (沈晋良). 多杀菌素的生物合成 [J]. Progress in Biotechnology (中国生物工程杂志), 2003, 23(5): 55.
- [21] SHAO Jing-hua (邵敬华), LIU Wei (刘伟), MA Shao-tian (马绍田), et al 甲氧虫酰肼的合成 [J]. Modern Agrichemicals (现代农药), 2003, 2(2): 12-14.
- [22] ZHOU Zhong-shi (周忠实), DENG Guo-rong (邓国荣), LUO Shu-ping (罗淑萍). 昆虫生长调节剂研究与应用概况 [J]. Guangxi Agric Sci (广西农业科学), 2003, (1): 34-36
- [23] FAN Xian-lin (范贤林), RU I Chang-hui (芮昌辉). 棉铃虫对虫酰肼的抗药性汰选 [J]. Plant Protection (植物保护), 2006, 32(1): 98-100
- [24] LI Teng-wu (李腾武), GAO Xi-wu (高希武), ZHENG Bing-zong (郑炳宗), et al 阿维菌素对小菜蛾的抗性选育 [A]. 植物保护 21 世纪展望 [C]. Beijing (北京): China Science Press (中国科学出版社), 1999. 758-760

(Ed JIN SH)