

溴虫腈、茚虫威与氟啶脲混配对小菜蛾毒力最佳配比筛选及田间防效研究^{*}

吕桂贞¹ 余明华² 邱浩¹ 毕道芬¹ 王一喆¹ 游红¹ 李建洪^{1**}

(1. 华中农业大学植物科学技术学院 武汉 430070; 2. 湖北省武穴市梅川镇农业技术推广服务中心 武穴 435400)

摘 要 为了延缓小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 抗药性的产生和发展, 本研究选用常用的 3 种化学杀虫剂, 即氟啶脲、溴虫腈、茚虫威, 采用交互测定法进行了最佳配比的筛选, 并根据孙云沛法计算其共毒系数, 最后筛选出具有增效作用的混配配方, 氟啶脲: 溴虫腈 (有效成分含量为 13.20: 1.72), 共毒系数为 241; 氟啶脲: 茚虫威 (有效成分含量为 2.20: 3.60), 共毒系数为 142。田间试验结果表明氟啶脲与溴虫腈混配 2 000 倍液药后 7 d 校正防效为 84.24%, 与其他处理的校正防效具有极显著差异; 氟啶脲与茚虫威混配 1 000 倍液药后 7 d 校正防效为 85.08%, 与其他处理的校正防效有显著性差异。

关键词 小菜蛾, 氟啶脲, 共毒系数, 混配, 田间防效

Screening of optimum proportion and field effect of mixtures of chlorfenapyr, indoxacarb and chlorfluazuron against *Plutella xylostella*

LV Gui-Zhen¹ YU Ming-Hua² QIU Hao¹ BI Dao-Fen¹

WANG Yi-Zhe¹ YOU Hong¹ LI Jian-Hong^{1**}

(1. College of Plant Science & Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;

2. Wuxue Meichuan Agricultural Technology Extension Centre, Wuxue 435400)

Abstract To develop strategies to control the resistance of the diamondback moth (DBM) to insecticides, the effectiveness of mixtures of chlorfluazuron, chlorfenapyr and indoxacarb were evaluated. The results show that a ratio of 13.20: 1.72 chlorfluazuron to chlorfenapyr was optimal and that this blend had synergic action and a co-toxicity coefficient (CTC) of 241. The optimal ratio of chlorfluazuron and indoxacarb was 2.20: 3.60; this also had synergic action and a CTC of 142. Results of field trials indicated that dilute mixtures of chlorfluazuron and chlorfenapyr and chlorfluazuron and indoxacarb reduced DBM abundance by 84.24% and 85.08% respectively 7 days after spraying. These results were significantly greater than those achieved by the other treatments.

Key words *Plutella xylostella*, chlorfluazuron, co-toxicity coefficient, mixture of insecticides, field effect

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 是世界范围内十字花科作物最具破坏力的害虫之一, 据估计防治小菜蛾的成本每年大约有十亿美元之多, 并且小菜蛾几乎对所有种类的杀虫剂产生了抗药性 (Mohan and Gujar, 2001)。氟啶脲系新型含氟氮杂环类高效杀虫剂, 属于几丁质合成抑制剂, 作用机制独特, 它通过抑制几丁质的合成, 阻碍昆虫正常蜕皮, 使卵的孵化、幼虫脱皮及蛹的发育畸形, 成虫羽化受阻从而发挥杀虫作用 (Shoji and

Hisaaki, 2005)。它对多种鳞翅目害虫均有很高的杀虫活性, 作用方式以胃毒为主, 而且高效、低毒、对环境友好、持效期长 (Wu *et al.*, 1998)。选择合适有效的药剂混配不仅对抗性害虫有明显的增效作用, 还能延缓其抗性的产生和发展。为了筛选出对小菜蛾具有增效作用的混配组合, 作者分别测定了氟啶脲与溴虫腈、茚虫威的联合毒力作用, 筛选出具有增效作用的混配组合, 并进行了田间防效试验, 为延缓和克服小菜蛾的抗药性提供依据。

^{*} 资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200803001)。

^{**} 通讯作者, E-mail: jianhl@mail.hzau.edu.cn

收稿日期: 2010-11-09, 接受日期: 2011-01-19

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

小菜蛾种群:2001 年 9 月采自华中农业大学周边菜园,并在实验室内(温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$,相对湿度 65% ~ 70%,光照比 L:D = 14:10)不接触任何药剂连续饲养至今。

1.2 供试药剂

室内生测药剂:5% 氟啶脲(chlorfluazuron) EC, 10% 溴虫腈(chlorfenapyr) EC, 5% 茚虫威(indoxacarb) EC,均由广东省农业科学院提供。

田间试验药剂:5% 氟啶脲 EC,浙江石原金牛农药有限公司;10% 溴虫腈 SC,德国巴斯夫股份有限公司;5% 茚虫威 WC,上海杜邦农化有限公司。

1.3 生物测定方法

采用杀虫剂抗性行动委员会(IRAC)提出的浸叶法(No. 018)(<http://www. irac-online. org/>

teams/methods/))。将洁净去除叶片主叶脉的甘蓝叶片剪成直径 6.5 cm 的圆片。分别对氟啶脲、溴虫腈、茚虫威 3 种杀虫剂以初测 LC_{50} 值为中心浓度向两端延伸,设置 5 个药剂浓度,以 0.1% Triton X-100 水溶液为空白对照,每个浓度 4 次重复,每个重复 10 头试虫。将叶片在药液中浸渍 10 s 后取出,自然晾干;将晾干的叶片置于直径 7 cm 的培养皿中,并接入大小一致的 3 龄幼虫,置于养虫室内饲养。溴虫腈、茚虫威 48 h,氟啶脲 96 h 后检查试虫死亡情况(吴文君,1987;王治乔和袁伯俊,1997)。

1.4 最佳配比筛选

采用交互测定法进行最佳配比的筛选(Sun and Johnson,1960;高志强等,2007)。以单剂 A、B 的 LC_{50} 值为基础,设 11 个浓度梯度及空白对照共 12 个处理进行测定,其中各处理两单剂比例见表 1(以各自 LC_{50} 值为 100%,然后 10 等分,分别计算在各比例中的含量)。

表 1 各处理单剂比例(%)

Table 1 Proportion of mixture of pesticides

组别 Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
单剂 A Pesticide A	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	0
单剂 B Pesticide B	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	0

各处理测定结果计算公式如下:

预期死亡率 = A 药剂 LC_{50} 值的实际死亡率 $\times$ A 药剂所占比例 + B 药剂 LC_{50} 值的实际死亡率 $\times$ B 药剂所占比例,

毒效比率 = 实际死亡率/预期死亡率。

毒效比率 > 1.25, 增效作用; 毒效比率 < 0.75, 拮抗作用; 毒效比率 $\approx$ 1, 相加作用。

1.5 共毒系数(CTC)的计算

选择毒效比率大于 1.25 的配比,对混剂的联合作用进行测定,并采用孙云沛法(Sun and Johnson,1960)计算混剂的共毒系数(CTC),共毒系数 ≥ 120 表现为增效作用; $80 <$ 共毒系数 < 120 , 表现为相加作用,共毒系数 ≤ 80 拮抗作用(Crafts and Cleary,1936)。

共毒系数 =

$$\frac{A \text{ 的 } LC_{50} \times B \text{ 的 } LC_{50} \times 100}{M \text{ 的 } LC_{50} \times (P_A \times B \text{ 的 } LC_{50} + P_B \times A \text{ 的 } LC_{50})}。$$

A:组成 M 的单剂;B:组成 M 的单剂;M:混合药剂。

1.6 田间药效试验

试验方法参照《农药田间药效试验准则》(一)(GB/T 17980.13-2000)(姜辉等,2000),在湖北省孝感市云梦县城关镇白合标准化生产示范基地进行,供试作物为花椰菜,2009 年 8 月 16 日播种,生育期 240 d。试验采用完全随机设计,每个处理 4 次重复,并设清水对照,每小区面积 15 m^2 ,施药时间为 2009 年 11 月 5 日。

试验采用 5 点法进行调查,每小区 5 点取样,每点 2 株定点调查,药前调查虫口基数,药后 1、3、7 d 调查小菜蛾幼虫残虫数,计算虫口减退率和防效,并进行差异显著性分析。

1.7 数据分析

LC_{50} 、95% 置信区间、毒力回归方程斜率、标准误(斜率)及差异显著性分析均使用 DPS 软件。

2 结果与分析

2.1 杀虫剂单剂对小菜蛾的生物活性

氟啶脲、溴虫腈、茚虫威 3 种杀虫剂对 3 龄小菜蛾幼虫生物活性测定结果见表 2。茚虫威对小

菜蛾 3 龄幼虫具很高的生物活性,LC₅₀ 值为 4.25 mg/L;溴虫腈对小菜蛾 3 龄幼虫的生物活性与茚虫威相当,LC₅₀ 值为 4.28 mg/L;氟啶脲对小菜蛾 3 龄幼虫的生物活性较低,LC₅₀ 值为 22.46 mg/L。

表 2 杀虫剂单剂对小菜蛾的生物活性
Table 2 Bioactivity of pesticides on *Plutella xylostella*

杀虫剂 Pesticides	供试虫数 Numbers	斜率 ± 标准误 Slope ± SE	致死中浓度 LC ₅₀ (mg/L)	95% 置信区间 95% FL (mg/L)
氟啶脲 Chlorfluazuron	40	0.84 ± 0.37	22.46	7.12 ~ 362.37
溴虫腈 Chlorfenapyr	40	1.37 ± 0.79	4.28	2.45 ~ 15.94
茚虫威 Indoxacarb	40	1.54 ± 0.33	4.25	3.18 ~ 6.31

2.2 杀虫剂混配增效配比的筛选

2.2.1 杀虫剂混配最佳配比的初步筛选 采用交互测定法,以各单剂的 LC₅₀ 近似值为 100% 进行杀虫剂混配最佳比例的筛选,试验设计和试验结果见表 3、表 4。结果表明,当氟啶脲与溴虫腈以比例 80:20、70:30、60:40 混配时,实际死亡率高

于预期死亡率,毒效比率分别为 1.40、1.61、1.43,均大于 1.25,表现出较明显的增效作用(表 3)。氟啶脲与茚虫威混配具有增效作用的比例为 40:60、90:10、10:90,毒效比率分别为 1.37、1.35、1.34(表 4)。

表 3 氟啶脲与溴虫腈混配最佳配比的筛选
Table 3 Optimal proportion of mixture of chlorfluazuron and chlorfenapyr

组别 Group	比例 Proportion	含量 (mg/L) Content of active ingredient	实际死亡率 (%) Observed mortality	预期死亡率 (%) Expected mortality	毒效比率 Toxicity ratio
1	100:0	22.00 ± 0.00	45.00	—	—
2	90:10	19.80 ± 0.43	50.00	45.17	1.11
3	80:20	17.60 ± 0.86	63.33	45.33	1.40
4	70:30	15.40 ± 1.29	73.33	45.50	1.61
5	60:40	13.20 ± 1.72	65.52	45.67	1.43
6	50:50	11.00 ± 2.15	44.83	46.84	0.96
7	40:60	8.80 ± 2.58	53.33	46.00	1.16
8	30:70	6.60 ± 3.01	51.72	46.17	1.12
9	20:80	4.40 ± 3.44	40.74	46.34	0.88
10	10:90	2.20 ± 3.87	23.33	46.50	0.50
11	0:100	0.00 ± 4.30	46.67	—	—

2.2.2 混剂共毒系数的测定 根据杀虫剂混配最佳比例的筛选结果,选择具有增效作用的配比进行室内毒力测定,并采用孙云沛法计算混配的共毒系数,明确混配药剂对小菜蛾的联合作用(表 5、6)。

表 5 的试验结果表明 “氟啶脲 + 溴虫腈

(13.20 ± 1.72)”、“氟啶脲 + 溴虫腈 (15.40 ± 1.29)”、“氟啶脲 + 溴虫腈 (17.60 ± 0.86)” 3 种混配的共毒系数 (CTC) 分别为 241、229、163,对小菜蛾均表现为增效作用,其中“氟啶脲 + 溴虫腈 (13.20 ± 1.72)”的共毒系数最高为 241。

根据表 6 可知 “氟啶脲 + 茚虫威 (2.20 +

3.60) ”、“氟啶脲 + 茚虫威 (4.40 + 149.60) ”、“氟啶脲 + 茚虫威 (19.8 + 0.40) ”3 种混配的共毒系数 (CTC) 分别为 142、75、57。只有“氟啶脲 + 茚虫威 (2.20 + 3.60) ”的共毒系数 (CTC) 为 142 大于 120,表现为增效作用,其它 2 个配比的共毒系数 (CTC) 小于 80,表现为拮抗作用。

表 4 氟啶脲与茚虫威混配最佳配比的筛选
Table 4 Optimal proportion of mixture of chlorfluazuron and indoxacarb

组别 Group	比例 Proportion	含量 (mg/L) Content of active ingredient	实际死亡率 (%) Observed mortality	预期死亡率 (%) Expected mortality	毒效比率 Toxicity ratio
1	100:0	22.00 + 0.00	65.52	—	—
2	90:10	19.80 + 0.40	86.21	63.64	1.35
3	80:20	17.60 + 0.80	41.38	61.75	0.67
4	70:30	15.40 + 1.20	33.33	59.86	0.56
5	60:40	13.20 + 1.60	42.30	57.98	0.73
6	50:50	11.00 + 2.00	67.86	56.10	1.21
7	40:60	8.80 + 2.40	74.19	54.21	1.37
8	30:70	6.60 + 2.80	34.48	52.33	0.66
9	20:80	4.40 + 3.20	41.38	50.44	0.82
10	10:90	2.20 + 3.60	65.00	48.55	1.34
11	0:100	0.00 + 4.00	46.67	—	—

表 5 氟啶脲与溴虫腈混配对小菜蛾的联合作用
Table 5 Synergism of mixture of chlorfluazuron and chlorfenapyr on *Plutella xylostella*

杀虫剂及其混配比例 Pesticides and proportion of mixtures	供试虫数 Numbers	斜率 ± 标准误 Slope ± SE	致死中浓度 LC ₅₀ (mg/L)	共毒系数 Co-toxicity coefficient
氟啶脲 Chlorfluazuron	40	1.48 ± 0.33	10.67	—
溴虫腈 Chlorfenapyr	40	2.19 ± 0.59	3.63	—
氟啶脲 + 溴虫腈 (13.20 + 1.72) Chlorfluazuron: Chlorfenapyr (13.20 + 1.72)	40	1.88 ± 0.34	3.56	241
氟啶脲 + 溴虫腈 (15.40 + 1.29) Chlorfluazuron: Chlorfenapyr (15.40 + 1.29)	40	0.99 ± 0.44	4.01	229
氟啶脲 + 溴虫腈 (17.60 + 0.86) Chlorfluazuron: Chlorfenapyr (17.60 + 0.86)	40	1.23 ± 0.38	6.27	163

2.3 增效混配配方的田间试验结果

通过室内初筛与复筛,选出 2 种具较好增效作用的混配配比,进行田间药效试验。即:氟啶脲:溴虫腈 (有效成分含量为 13.20:1.72),共毒系数为 241;氟啶脲:茚虫威 (有效成分含量为 2.20:3.60),共毒系数为 142。

“氟啶脲 + 溴虫腈”混配的田间试验结果表明 (表 7),药后 1 d 各处理校正防效之间无显著性差异,药后 3 d 2 000 倍液校正防效与其他各处理校正防效有显著性差异,校正防效为 68.26%,药后 7 d 2 000 倍液校正防效与其他各处理校正防效有极显著差异,校正防效为 84.24%。

表 6 氟啶脲与茚虫威混配对小菜蛾的联合作用
Table 6 Synergism of mixture of chlorfluazuron and indoxacarb on *Plutella xylostella*

杀虫剂及其混配比例 Pesticides and proportion of mixtures	供试虫数 Numbers	斜率 ± 标准误 Slope ± SE	致死中浓度 LC ₅₀ (mg/L)	共毒系数 Co-toxicity coefficient
氟啶脲 Chlorfluazuron	40	0.84 ± 0.33	14.87	—
茚虫威 Indoxacarb	40	1.14 ± 0.24	4.44	—
氟啶脲 + 茚虫威 (2.20 + 3.60) Chlorfluazuron: Indoxacarb (2.20 + 3.60)	40	1.80 ± 0.46	4.03	142
氟啶脲 + 茚虫威 (8.80 + 2.40) Chlorfluazuron: Indoxacarb (8.80 + 2.40)	40	0.79 ± 0.24	13.34	75
氟啶脲 + 茚虫威 (19.8 + 0.40) Chlorfluazuron: Indoxacarb (19.8 + 0.40)	40	1.17 ± 0.32	10.36	57

表 7 氟啶脲和溴虫腈混配对小菜蛾的田间防效
Table 7 Field control effects of mixture of chlorfluazuron and chlorfenapyr on *Plutella xylostella*

处理 Treatment	药前 基数 Larvae numbers before treatment	药后 1 d 1 st day after treatment			药后 3 d 3 rd day after treatment			药后 7 d 7 th day after treatment		
		减退率 (%)	校正 防效 (%)	差异 显著性	减退率 (%)	校正 防效 (%)	差异 显著性	减退率 (%)	校正 防效 (%)	差异 显著性
		Reduced ratio	Control effect	Different signifi-	Reduced ratio	Control effect	Different signifi-	Reduced ratio	Control effect	Different signifi-
		cance	cance	cance	cance	cance	cance	cance	cance	cance
氟啶脲 1 000 倍 1000 dilution of chlorfluazuron	218	31.81	33.74	aA	53.38	57.31	abA	70.89	72.95	bBC
溴虫腈 2 000 倍 2 000 dilution of chlorfenapyr	195	40.05	41.75	aA	53.33	53.58	bA	69.15	71.34	bC
氟啶脲: 溴虫腈 2 000 倍 2 000 dilution of chlorfluazuron + chlorfenapyr	180	48.22	49.69	aA	65.33	68.26	aA	83.04	84.24	aAB
氟啶脲: 溴虫腈 3 000 倍 3 000 dilution of chlorfluazuron + chlorfenapyr	164	42.31	43.95	aA	58.39	61.90	abA	80.38	81.77	aA
氟啶脲: 溴虫腈 4 000 倍 4 000 dilution of chlorfluazuron + chlorfenapyr	193	35.02	37.06	aA	55.86	59.58	abA	79.42	80.87	aA
清水对照 CK	126	-2.91	—	—	-9.20	—	—	-7.62	—	—

注:同行数据后标不同字母表示差异显著性分析,不同小写字母表示在 0.05 水平上存在差异,不同大写字母表示在 0.01 水平上存在差异。

Data followed by different small letter in the same raw indicate significantly different at 0.05 level, and followed by different capital letter in the same raw indicate extremely significantly different at 0.01 level. The same below.

氟啶脲与茚虫威混配田间试验结果表明(表 8),药后 1 d,各处理只在 $P < 0.05$ 水平上有差异,且混配和单剂间无显著性差异;药后 3 d,混配的校正防效均低于单剂茚虫威 2 000 倍的校正防效;

但药后 7 d,混配的校正防效与单剂的校正防效之间具有显著性差异,混配 1 000 倍液校正防效最高,达 85.08%。

3 小结与讨论

对于农药是否可以混配的问题,主要有两种截然相反的观点。一种观点认为根本不应混配,否则将造成防治对象多抗性的产生;另一种观点认为可以混用,而且列举事实说明混剂比其单剂效果好而且可延缓抗性的产生,因而主张推广混

剂(吴士雄和张凌,1993)。作者认为只要是遵守农药混用的原则,混剂就可以使用。目前,有关防治小菜蛾混剂的研究也比较多,宋仲容(2007)研究了氟啶脲与高效氯氰菊酯的混配,宋仲容(2008)筛选了鱼藤酮与印楝素防治小菜蛾的混剂,韩先国等(2006)测定了丙溴磷与高效氯氰菊酯混剂对小菜蛾的室内活性,吴仁锋和刘术朝(2004)筛选了阿维菌素与高效氯氰菊酯防治小菜蛾的混剂。

表 8 氟啶脲和茚虫威混配对小菜蛾的田间防效

Table 8 Field control effects of mixture of chlorfluazuron and indoxacarb on *Plutella xylostella*

处理 Treatment	药前 基数 Larvae numbers before treatment	药后 1 d 1 st day after treatment			药后 3 d 3 rd day after treatment			药后 7 d 7 th day after treatment		
		减退率	校正	差异	减退率	校正	差异	减退率	校正	差异
		(%)	防效	显著性	(%)	防效	显著性	(%)	防效	显著性
		Redu- ced ratio	Control effect	Different signifi- cance	Redu- ced ratio	Control effect	signifi- cance	Redu- ced ratio	Control effect	Different signifi- cance
氟啶脲 1 000 倍 1 000 dilution of chlorfluazuron	218	31.81	33.74	abA	53.38	57.31	bB	70.89	72.95	bA
茚虫威 2 000 倍 2 000 dilution of indoxacarb	111	51.66	52.21	aA	78.45	80.26	aA	73.11	74.41	bA
氟啶脲:茚虫威1 000 倍 1 000 dilution of chlorfluazuron + indoxacarb	119	50.45	51.85	aA	62.60	65.75	aAB	83.94	85.08	aA
氟啶脲:茚虫威1 500 倍 1 500 dilution of chlorfluazuron + indoxacarb	96	46.38	47.89	abA	59.57	62.98	abAB	76.71	78.35	abA
氟啶脲:茚虫威2 000 倍 2 000 dilution of chlorfluazuron + indoxacarb	117	23.90	26.05	bA	57.18	60.78	aAB	74.03	75.86	abA
清水对照 CK	126	-2.91	—	—	-9.20	—	—	-7.62	—	—

本研究采用交互测定法和孙云沛法筛选出对小菜蛾具有显著增效作用显著的混配氟啶脲:溴虫腈(有效成分含量为 13.20:1.72),共毒系数为 241;氟啶脲:茚虫威(有效成分含量为 2.20:3.60),共毒系数为 142。通过田间试验验证,表明氟啶脲与溴虫腈混配 2 000 倍液药后 7 d 校正防效为 84.24%,与其他处理的校正防效具有极显著差异;氟啶脲与茚虫威混配 1 000 倍液药后 7 d 校正防效为 85.08%,与其他处理的校正防效具有显

著性差异。

混剂的筛选不仅需要室内测定,还需要田间药效试验的验证,由于光照、温度、湿度等外在因素影响,室内毒力测定和田间药效试验间存在一定的差异,并不是每一个室内筛选出具有增效作用的混配配比都能够在田间具有较好的防效,混配的应用价值除受到混配毒力、价格等因子的影响外,还应考虑环境的影响。

参考文献 (References)

- Crafts AS, Cleary CW, 1936. Toxicity of arsenic, borax, chlorate and their combinations in three California soils. *Hilgardia*, 10(10): 401—412.
- 高志强, 宋仲容, 何家洪, 2007. 5% 定虫隆与 4.5% 高效氯氟菊酯乳油混剂对小菜蛾的室内毒力测定. *农药*, 46(5): 353—354.
- 韩先国, 姜辉, 林荣华, 陈琨, 陈红英, 刘琼, 虞祥发, 2006. 丙溴磷·高效氯氟菊酯混配制剂对小菜蛾幼虫室内毒力测定. *农药科学与管理*, 27(3): 19—21.
- 姜辉, 陈景芬, 王晓军, 卞燕, 王少成, 吴士雄. 2000. GB/T 17980.13—2000 农药田间药效试验准则(一) 杀虫剂防治十字花科蔬菜的鳞翅目幼虫. 北京: 中国标准出版社. 394—397.
- Mohan M, Gujar GT, 2001. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* strains and commercial formulations to the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Crop Protection*, (20): 311—316.
- Shoji S, Hisaaki T, 2005. Studies on glutathione-S-transferase gene involved in chlorfluazuron resistance of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.) Lepidoptera Yponomeutidae. *Pest Bioch. Physiol.*, 82(1): 94—101.
- 宋仲容, 2008. 鱼藤酮与印楝素对小菜蛾毒力最佳配比的筛选. *农药科学与管理*, 29(10): 40—43.
- 宋仲容, 何家洪, 高志强, 2007. 定虫隆与高效氯氟菊酯对小菜蛾毒力最佳配比的筛选. *农药*, 46(10): 716—718.
- Sun YP, Johnson ER, 1960. Analysis of joint action of insecticides against house flies. *J. Econ. Entomol.*, (53): 887—891.
- 王治乔, 袁伯俊, 1997. 新药临床安全性评价与实践. 北京: 军事医学科学出版社. 23—42.
- Wu QJ, Zhu GR, Zhao JZ, 1998. Resistance selection of *Plutella xylostella* (L.) by chlorfluazuron and patterns of cross-resistance. *Acta Entomologica Sinica*, 41(1): 34—41.
- 吴仁锋, 刘术朝, 2004. 阿维菌素与高效氯氟菊酯对小菜蛾毒力最佳配比的筛选. *湖北农业科学*, (1): 54—56.
- 吴士雄, 张凌, 1993. 论我国农药复配现状与管理. *农药科学与管理*, (4): 26—27.
- 吴文君, 1987. 毒力测定统计分析的基本原理—植物化学保护试验导论. 西安: 陕西科技出版社. 57—222.