

网络出版时间:2015-12-02 14:25

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.01.016

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20151202.1425.032.html>

陕西小菜蛾对 9 种杀虫剂的抗药性监测

殷劭鑫¹, 张春妮¹, 张雅林¹, 李显春²

(1 西北农林科技大学 植物保护学院 植保资源与病虫害治理教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2 Department of Entomology and BIO5 Institute, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA)

[摘要] 【目的】明确陕西关中地区小菜蛾田间种群对 9 种常用杀虫剂的抗药性现状, 为抗性治理和田间有效防治小菜蛾提供依据。【方法】在室内采用生物测定法和区分剂量法, 测定 2012—2013 年间陕西杨凌、宝鸡和渭南 3 个地区小菜蛾田间种群对阿维菌素、高效氯氟菊酯、丁醚脲、啉虫隆、溴虫腈、茚虫威、多杀菌素、Bt 毒素 Cry1Ac 和氯虫苯甲酰胺 9 种常用杀虫剂的敏感性。【结果】陕西 3 个地区的小菜蛾田间种群对大部分供试药剂都产生了不同程度的抗性。宝鸡、渭南和杨凌种群均对高效氯氟菊酯产生了高-极高水平抗性, 对阿维菌素产生了中等-高水平抗性, 对溴虫腈和啉虫隆产生了低-中等水平抗性, 对茚虫威、多杀菌素和氯虫苯甲酰胺的抗性水平相对较低, 处于敏感-低水平抗性。对丁醚脲和 Bt 毒素的抗性各地差异较大, 对丁醚脲的抗性, 杨凌种群处于低-中等水平抗性, 渭南种群处于中等水平抗性, 宝鸡种群处于敏感性下降; 对 Bt 毒素的抗性, 宝鸡种群处于中等水平抗性, 杨凌和渭南种群处于敏感性下降-低水平抗性。【结论】3 个地区应停止使用已产生高水平抗性的高效氯氟菊酯和阿维菌素, 减少已产生中等水平抗性药剂的使用次数, 处于低水平抗性的杀虫剂可作为防治小菜蛾的主要药剂。在杀虫剂使用过程中应注意药剂的轮换使用, 以延缓小菜蛾抗药性加剧。

[关键词] 小菜蛾; 杀虫剂; 抗药性

[中图分类号] Q965.9

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)01-0102-09

Resistance status of diamondback moth *Plutella xylostella* (L.) to nine insecticides in Shaanxi

YIN Shao-xin¹, ZHANG Chun-ni¹, ZHANG Ya-lin¹, LI Xian-chun²

(1 Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management, Ministry of Education, College of Plant Protection,

Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Department of Entomology and

BIO5 Institute, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA)

Abstract: 【Objective】This study uncovered the resistance status of diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella* (L.), to nine commonly used insecticides in Shaanxi to provide basis for effective management of DBM in field. 【Method】The sensitivities of DBM field populations in Yangling, Baoji and Weinan in Shaanxi province to nine insecticides including abamectin, α -cypermethrin, diafenthiuron, chlorfluazuron, chlorfenapyr, indoxcarb, spinosad, chlorantraniliprole and insecticidal protein Cry1Ac from *Bacillus thuringiensis* (Bt) were tested in 2012 and 2013 by the dose-response line bioassay and the discriminating dose bioassay in laboratory. 【Result】DBM field populations collected from the three different regions dur-

[收稿日期] 2014-04-25

[基金项目] 农业部公益性行业科研专项(201103021); 国家科技支撑计划项目(2012BAD19B06)

[作者简介] 殷劭鑫(1986—), 男, 陕西汉中, 硕士, 主要从事昆虫毒理及其抗药性研究。E-mail: yinsxin@163.com

[通信作者] 张雅林(1959—), 男, 陕西商州, 教授, 博士生导师, 主要从事系统昆虫学和植保资源利用研究。

E-mail: yalinhz@nwsuaf.edu.cn

李显春(1964—), 男, 四川眉山, 副教授, 主要从事植物-昆虫互作、昆虫毒理学及抗药性的进化机制研究。

E-mail: lxc@email.arizona.edu

ing 2012—2013 have developed different levels of resistance to most insecticides. Baoji, Weinan and Yangling populations have developed high to very high levels of resistance to α -cypermethrin, moderate to high levels of resistance to abamectin, low to moderate levels of resistance to chlorfenapyr and chlorfluazuron, and kept susceptible to low levels of resistance to indoxcarb, spinosad and chlorantraniliprole. There were large differences in resistance to Bt and diafenthiuron among the tested field populations. Decreased sensitivity, low to moderate and moderate resistance to diafenthiuron were observed in Baoji, Yangling and Weinan populations, respectively. Yangling and Weinan populations displayed decreased sensitivity or low levels of resistance to Bt, whereas Baoji populations exhibited moderate levels of resistance to Bt. 【Conclusion】 Applying α -cypermethrin and abamectin for control of DBM in these three regions should be discontinued because of high levels of resistance. The spraying times should be reduced for insecticides, to which DBM populations had developed moderate levels of resistance. The insecticides remained susceptible or with low levels of resistance can be used as the alternative insecticides to manage DBM populations. Furthermore, insecticides should be alternatively used to delay the development of resistance.

Key words: *Plutella xylostella*; insecticide; resistance

小菜蛾(*Plutella xylostella* (L.)) 属鳞翅目(Lepidoptera) 菜蛾科(Plutellidae), 是一种世界性的重要害虫, 主要危害甘蓝、白菜等十字花科植物。小菜蛾年发生世代多, 繁殖率高, 世代间虫口数量增长快, 危害极为严重^[1-2]。化学防治一直是防治小菜蛾的主要手段, 但杀虫剂的大量频繁使用, 加之小菜蛾自身生活史的特殊性, 导致小菜蛾抗药性快速增强。据不完全统计, 小菜蛾已经对 50 多种杀虫剂产生了抗性^[3], 对我国乃至世界十字花科蔬菜的产量和品质造成了很大影响。自 20 世纪 70 年代以来, 小菜蛾一直是我国十字花科蔬菜的主要害虫, 在南方如广东、海南、福建、云南、湖北等省份严重发生。近十多年来, 随着北方种植业结构的调整和蔬菜种植面积的扩大, 小菜蛾的发生与危害程度也呈明显上升和加重趋势^[4-5]。目前, 有关小菜蛾对杀虫剂的抗药性研究已在张家口、沈阳、洛阳等地相继开展并被报道^[6-8]。陕西省关中地区也种植有大面积的十字花科蔬菜, 黄剑和吴文君^[9]于 2005 年用浸叶法测定了陕西杨凌地区小菜蛾田间种群对阿维菌素等几种杀虫剂的敏感性, 结果表明田间种群对大多数新型杀虫剂还没有产生明显的抗药性。为了明确陕西地区小菜蛾田间种群的抗药性现状, 本研究就陕西渭南、杨凌、宝鸡地区小菜蛾田间种群对常用的 9 种杀虫剂的抗药性进行了系统测定, 以期小菜蛾抗性治理策略的制定和田间有效防治小菜蛾提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

敏感小菜蛾种群由西北农林科技大学农药中心

提供。小菜蛾田间种群分别于 2012 年 8—10 月和 2013 年 5—6 月采自宝鸡市太白县郊区、渭南市华县阎岩村和赵庄村以及杨凌区周边甘蓝种植地。每地采集幼虫(蛹) 400 头以上, 带回室内饲养 1~2 代。参照陈之浩等^[10]的方法用蛭石种植小白菜苗饲喂小菜蛾, 并用 10% 的蜂蜜水为成虫补充营养。饲养温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 相对湿度 60%~70%, 光/暗周期为 16 h/8 h。

1.2 供试药剂

试验所用 9 种药剂为已知准确含量的制剂, 均由广东省农科院提供, 分别为: 20% 高效氯氰菊酯(α -cypermethrin) 乳油(EC), 2.5% 多杀菌素(spinosad) 悬浮剂(SC) (美国陶氏益农公司), 5% 茚虫威(indoxcarb) 乳油(EC), 2% 阿维菌素(abamectin) 乳油(EC), 5% 啉虫隆(chlorfluazuron) 乳油(EC), 20% 丁醚脲(diafenthiuron) 乳油(EC), 10% 溴虫腈(chlorfenapyr) 乳油(EC), 16 000 IU/mg Bt 工程菌 WG-001 可湿性粉剂(WP) (北京擎科新业生物技术有限公司), 5% 氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole) 乳油(EC)。Triton X-100 (芸萃生物有限公司)。

1.3 生物测定方法

参照 Tabashnik 等^[11]的叶片浸渍法。按等比法用 0.05% Triton X-100 的蒸馏水溶液将杀虫药剂稀释成 5 个系列质量浓度, 并以 0.05% Triton X-100 溶液为对照, 每个质量浓度设 4 次重复, 每个重复处理 10 头试虫。将干净无农药污染的甘蓝叶片(避开主脉) 制成直径为 6.5 cm 的圆片, 在药液中浸渍 10 s 后取出阴干, 放入直径 9 cm 铺有滤纸的干

净培养皿中,然后接入 10 头大小一致的 3 龄小菜蛾幼虫,置于气候培养箱中饲养。饲养温度为 $(25\pm 1)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 60%~70%,光/暗周期为 16 h/8 h。除 Bt 毒素和啉虫隆 72 h 后检查结果,其他药剂都在 48 h 后检查结果,以小毛笔或尖锐镊子轻触虫体,不能协调运动认为死亡。对照死亡率小于 10% 为有效试验。

1.4 区分剂量法

区分剂量法又称为诊断剂量法,这种方法将引起 99% 敏感种群个体死亡的剂量作为抗性监测的区分剂量,在区分剂量下小菜蛾幼虫的存活率可作为个体抗性频率^[12]。具体测定条件同 1.3 节生物测定法,每个药剂处理幼虫 10 头,重复 4 次,以自然死亡率<5% 为有效试验^[13]。在区分剂量下小菜蛾幼虫的存活率超过 20% 是害虫产生抗药性的信号^[14]。本研究使用的药剂区分剂量由中国蔬菜花卉研究所提供。

1.5 数据处理

试验数据采用 Fenney 机率值法,使用 Excel 软件编制的计算机程序求出毒力回归方程、 LC_{50} 和 95% 置信限等^[15]。抗药性指数为田间小菜蛾种群的 LC_{50} 值/敏感小菜蛾种群的 LC_{50} 值。小菜蛾抗性水平划分参照沈晋良等^[16] 的抗性划分标准, $\text{RI}(\text{re-}$

sistance index)<3 为敏感; $\text{RI}=3.1\sim 5$ 为敏感性下降; $\text{RI}=5.1\sim 10$ 为低水平抗性; $\text{RI}=10.1\sim 40$ 为中等水平抗性; $\text{RI}=40.1\sim 160$ 为高水平抗性; $\text{RI}>160.1$ 为极高水平抗性,以此来判断小菜蛾的抗药性水平。

2 结果与分析

2.1 小菜蛾敏感种群对 9 种药剂的敏感基线

从表 1 可以看出,本试验所测得的敏感基线数据与广东省农科院提供的数据有些许差别。比较发现本试验所用的小菜蛾敏感种群对高效氯氰菊酯、溴虫腈、啉虫隆 3 种杀虫剂并不十分敏感,对 Bt 毒素、氯虫苯甲酰胺则十分敏感,对于其他几种杀虫剂也相对敏感。所用的小菜蛾敏感种群也是在室内无选择压力饲养多年,但在饲养过程中偶尔会用少量野外种群来复壮,造成对高效氯氰菊酯、溴虫腈和啉虫隆 3 种杀虫剂不敏感的原因可能是,在种群复壮的过程中野外种群的部分抗性得以遗传导致的。所以在后期的数据处理中,高效氯氰菊酯、溴虫腈和啉虫隆 3 种杀虫剂的敏感基线将采用广东省农科院提供的数据,而其他 6 种杀虫剂的敏感基线仍将采用本试验所测数据。

表 1 小菜蛾对 9 种杀虫剂的毒力基线

Table 1 Susceptible toxicity baselines of *Plutella xylostella* to nine insecticides

药剂 Insecticide	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation index (R)	$\text{LC}_{50}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	95% 置信区间/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 95% confidence interval	$\text{LC}_{50}^{**}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
10% 溴虫腈 EC 10% chlorfenapyr EC	$y=4.390\ 8+2.121\ 6x$	0.979\ 7	1.937\ 1	1.542\ 0~2.433\ 3	0.40
5% 啉虫隆 EC 5% chlorfluazuron EC	$y=3.305\ 6+2.578\ 9x$	0.993\ 1	4.539\ 1	3.728\ 4~5.527\ 5	0.30
5% 茚虫威 EC 5% indoxcarb EC	$y=5.137\ 7+2.171\ 9x$	0.983\ 5	0.864\ 2	0.654\ 1~1.141\ 7	0.52
20% 丁醚脲 EC 20% diafenthiuron EC	$y=1.437\ 2+2.957\ 7x$	0.989\ 3	16.016\ 6	13.628\ 8~18.822\ 7	21.39
16 000 IU/mg Bt WG-001 WP	$y=8.019\ 0+1.809\ 8x$	0.985\ 7	0.021\ 5	0.015\ 1~0.030\ 6	0.26
2% 阿维菌素 EC 2% avermectin EC	$y=9.017\ 7+2.205\ 1x$	0.989\ 2	0.015\ 1	0.011\ 6~0.019\ 6	0.02
2.5% 多杀菌素 SC 2.5% spinosad SC	$y=6.819\ 4+2.191\ 7x$	0.982\ 1	0.147\ 9	0.119\ 2~0.183\ 5	0.12
20% 高效氯氰菊酯 EC 20% α -cypermethrin EC	$y=1.373\ 6+2.139\ 1x$	0.989\ 9	49.574\ 5	37.170\ 3~66.118\ 0	3.55
5% 氯虫苯甲酰胺 EC 5% chlorantraniliprole EC	$y=7.932\ 2+1.897\ 9x$	0.994\ 8	0.028\ 5	0.021\ 8~0.037\ 2	0.23

注: LC_{50}^{**} (mg/L)由广东省农科院提供。

Note: LC_{50}^{**} (mg/L)values were provided by the Guangdong Academy of Agricultural Sciences.

2.2 陕西省 3 个地区田间小菜蛾的抗药性

在区分剂量下的存活率超过 20% 是害虫产生抗药性的信号。由表 2 可以看出,在 2 年的监测中,陕西 3 个地区小菜蛾田间种群对 Bt 毒素、茚虫威、

氯虫苯甲酰胺 3 种杀虫剂的抗性频率(存活率)均为 0,表明 3 个地区小菜蛾对这 3 种药剂尚未产生明显抗性。对多杀菌素的抗性监测显示,3 个地区对多杀菌素均有一定的抗性,抗性频率在 10%~35%。

对啮虫隆的抗性监测显示,2 年间杨凌地区小菜蛾抗性频率均为 0,而宝鸡地区小菜蛾抗性频率从 0 增加到 20%,渭南地区小菜蛾的抗性频率从 35%增加到 40%。对丁醚脲,杨凌和渭南地区小菜蛾的抗性频率相对较高,在 42.5%~70%,宝鸡地区小菜蛾的抗性频率相对较低,2 年间抗性频率从 0 增加到 27.5%,表明 2013 年 6 月间宝鸡地区小菜蛾对丁醚脲产生了一定的抗药性。对溴虫腈、阿维菌素、高效氯氰菊酯,3 个地区小菜蛾田间种群在各药剂区分剂量下均有很高的存活率,抗性频率在 45%~92.5%。

表 2 2012—2013 年陕西小菜蛾田间种群在 9 种杀虫剂区分剂量下的存活率(抗性频率)

药剂 Insecticide	区分剂量/ (mg·L ⁻¹) Discriminating concentration	杨凌种群存活率/% Yangling population survival rate		宝鸡种群存活率/% Baoji population survival rate		渭南种群存活率/% Weinan population survival rate	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013
10% 溴虫腈 EC	3	75.0	75.0	67.5	72.5	85	77.5
10% chlorfenapyr EC							
5% 啮虫隆 EC	15	0	0	0	20	35	40
5% chlorfluazuron EC							
20% 丁醚脲 EC	160	67.5	42.5	0	27.5	65	70
20% diafenthiuron EC							
2% 阿维菌素 EC	0.3	92.5	87.5	45	57.5	87.5	90
2% avermectin EC							
2.5% 多杀菌素 SC	1.5	10	20	30	30	35	32.5
2.5% spinosad SC							
20% 高效氯氰菊酯 EC	120	80	85	70	80	85	87.5
20% α-cypermethrin EC							
16 000 IU/mg Bt WG-001 WP	10	0	0	0	0	0	0
5% 茚虫威 EC	25	0	0	0	0	0	0
5% indoxcarb EC							
5% 氯虫苯甲酰胺 EC	15	0	0	0	0	0	0
5% chlorantraniliprole EC							

2.3 杨凌地区小菜蛾田间种群抗药性监测结果

小菜蛾田间种群对 9 种杀虫剂的抗药性,结果见表 3。

2012 年 10 月和 2013 年 5 月,测定了杨凌地区

表 3 9 种杀虫剂对陕西杨凌地区小菜蛾种群的毒力

药剂 Insecticide	测定日期 (年-月) Measurement in date (year-month)	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation index (R)	LC ₅₀ / (mg·L ⁻¹)	95%置信区间/ (mg·L ⁻¹) 95% confidence interval	抗性指数 Resistance index
10% 溴虫腈 EC	2012-10	y=3.339 1+2.077 7x	0.996 9	6.300 8	5.057 7~7.849 5	15.75
10% chlorfenapyr EC	2013-05	y=3.650 5+2.061 3x	0.998 5	4.515 4	5.057 7~7.849 5	11.29
5% 啮虫隆 EC	2012-10	y=3.297 7+2.720 2x	0.998 7	4.224 7	3.521 0~5.069 1	12.80
5% chlorfluazuron EC	2013-05	y=3.824 7+2.174 5x	0.999 0	3.471 5	2.798 2~4.306 8	10.52
5% 茚虫威 EC	2012-10	y=3.550 4+2.035 8x	0.996 3	5.141 6	4.072 5~6.491 4	5.95
5% indoxcarb EC	2013-05	y=4.030 7+1.732 2x	0.991 0	3.627 5	2.807 3~4.687 3	4.20
20% 丁醚脲 EC	2012-10	y=0.363 1+2.075 9x	0.996 4	171.278 8	131.482 6~223.120 3	10.69
20% diafenthiuron EC	2013-05	y=0.664 6+1.973 0x	0.998 8	157.525 6	121.433 1~204.345 5	9.84
16 000 IU/mg Bt WG-001 WP	2012-10	y=6.441 6+1.466 7x	0.992 4	0.104 0	0.085 6~0.148 4	4.84
	2013-05	y=6.511 0+1.593 9x	0.993 7	0.112 7	0.085 6~0.148 4	5.24
2% 阿维菌素 EC	2012-10	y=4.591 2+1.979 0x	0.991 5	1.609 0	1.262 5~2.050 6	106.56
2% avermectin EC	2013-05	y=4.551 7+2.109 9x	0.996 2	1.631 1	1.293 8~2.056 2	108.02
2.5% 多杀菌素 SC	2012-10	y=5.056 8+1.821 1x	0.996 1	0.930 7	0.067 8~1.259 4	6.29
2.5% spinosad SC	2013-05	y=5.509 0+1.706 7x	0.992 8	0.503 2	0.389 0~0.651 0	3.40
20% 高效氯氰菊酯 EC	2012-10	y=0.773 3+1.666 8x	0.999 6	343.391 6	259.779 5~453.915 0	96.73
20% α-cypermethrin EC	2013-05	y=-0.306 9+2.021 1x	0.997 8	209.920 0	166.900 2~264.028 4	59.13
5% 氯虫苯甲酰胺 EC	2012-10	y=6.987 2+1.908 7x	0.999 3	0.091 0	0.071 9~0.115 2	3.19
5% chlorantraniliprole EC	2013-05	y=6.718 8+1.795 2x	0.997 5	0.110 3	0.086 0~0.141 4	3.87

从表 3 可以看出,在 2012 年 10 月的监测中,杨凌小菜蛾田间种群对高效氯氰菊酯、阿维菌素的抗性指数分别为 96.73 和 106.56,表现为高水平抗性;对溴虫腈、啉虫隆、丁醚脲的抗性指数分别为 15.75,12.80 和 10.69,表现为中等水平抗性;对茚虫威和多杀菌素表现为低水平抗性,抗性指数分别为 5.95 和 6.29;对 Bt 毒素和氯虫苯甲酰胺表现为敏感性下降,抗性指数分别为 4.84 和 3.19。在 2013 年 5 月中旬的监测中发现,杨凌小菜蛾田间种群对阿维菌素、Bt 毒素、氯虫苯甲酰胺 3 种杀虫剂的抗性有所上升,其中对 Bt 毒素的抗性水平达到低水平抗性,抗性指数上升为 5.24;而其他 6 种杀虫剂的抗性均有所下降,其中高效氯氰菊酯的降幅最大,抗性指数从 96.73 降为 59.13,但仍处于高水平抗性,多杀菌素抗性水平从低水平抗性降为敏感性下降,但抗性指数仅从 6.29 降为 3.40,降幅并不大。

2.4 宝鸡地区小菜蛾田间种群抗药性监测结果

由表 4 可知,在 2012 年 8 月,宝鸡太白地区小

菜蛾对高效氯氰菊酯的抗性指数为 113.00,表现为高水平抗性,对阿维菌素的抗性指数为 18.60,表现为中等水平抗性,对溴虫腈的抗性指数为 8.61,表现为低水平抗性,对多杀菌素表现为敏感性下降,抗性指数为 3.71。而在 2013 年 6 月的监测中发现,宝鸡小菜蛾田间种群对这 4 种药剂的抗性均有所上升,其中对阿维菌素和高效氯氰菊酯的抗性上升幅度较大,分别上升为高水平抗性和极高水平抗性,抗性指数分别达到 40.75 和 161.87;对多杀菌素和溴虫腈的抗性略有上升,对多杀菌素的抗性水平上升为低水平抗性,抗性指数为 5.17,对溴虫腈的抗性水平上升为中等水平抗性,抗性指数为 10.27。2013 年 6 月,宝鸡小菜蛾田间种群对 Bt 毒素和啉虫隆产生了中等水平抗性,抗性指数分别为 35.38 和 20.63;对茚虫威、氯虫苯甲酰胺和丁醚脲 3 种杀虫剂则表现为敏感或敏感性下降,抗性指数分别为 1.60,3.54 和 4.02。

表 4 9 种杀虫剂对陕西宝鸡地区小菜蛾种群的毒力

Table 4 Toxicities of 9 insecticides to *Plutella xylostella* collected from Baoji, Shaanxi

药剂 Insecticide	测定日期 (年-月) Measurement in date (year-month)	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation index (R)	LC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	95%置信区间/ (mg · L ⁻¹) 95% confidence interval	抗性指数 Resistance index
2% 阿维菌素 EC 2% avermectin EC	2012-08 2013-06	y=5.793 5+1.438 5x y=5.342 6+1.624 4x	0.993 8 0.996 5	0.280 8 0.615 3	0.207 9~0.379 1 0.470 7~0.804 4	18.60 40.75
2.5% 多杀菌素 SC 2.5% spinosad SC	2012-08 2013-06	y=5.384 3+1.474 8x y=5.185 6+1.596 2x	0.996 7 0.991 7	0.548 8 0.765 1	0.417 4~0.721 5 0.582 8~1.004 4	3.71 5.17
20% 高效氯氰菊酯 EC 20% α-cypermethrin EC	2012-08 2013-06	y=1.664 0+1.281 4x y=-0.244 2+1.900 5x	0.994 9 0.993 6	401.14 574.655 4	294.240 5~546.876 7 452.927 5~729.098 6	113.00 161.87
10% 溴虫腈 EC 10% chlorfenapyr EC	2012-08 2103-06	y=4.146 9+1.588 4x y=3.964 9+1.687 2x	0.993 5 0.995 4	3.444 4 4.106 6	2.648 7~4.479 1 3.114 6~5.414 6	8.61 10.27
5% 啉虫隆 EC 5% chlorflazuron EC	2013-06	y=3.351 1+1.979 6x	0.987 9	6.806 9	5.418 9~8.550 3	20.63
5% 茚虫威 EC 5% indoxcarb EC	2013-06	y=4.796 7+1.448 3x	0.995 9	1.381 5	1.003 2~1.902 4	1.60
20% 丁醚脲 EC 20% diafenthuiuron EC	2013-06	y=0.433 4+1.836 9x	0.995 1	64.450 5	46.577 3~89.182 3	4.02
16 000 IU/mg Bt WG-001 WP	2013-06	y=5.198 6+1.671 8x	0.988 8	0.760 7	0.585 3~0.988 5	35.38
5% 氯虫苯甲酰胺 EC 5% chlorantraniliprole EC	2013-06	y=6.611 9+1.618 1x	0.996 4	0.100 9	0.077 0~0.132 2	3.54

2.5 渭南地区小菜蛾田间种群抗药性监测结果

2012 年 10 月中旬对渭南小菜蛾田间种群的监测结果(表 5)显示,当地小菜蛾对阿维菌素和高效氯氰菊酯产生了高水平抗性,抗性指数分别为 125.46 和 137.79;对溴虫腈、啉虫隆和丁醚脲产生了中等水平抗性,抗性指数分别为 26.63,25.65 和 19.12;对多杀菌素和 Bt 毒素产生了低水平抗性,抗性指数分别为 5.66 和 5.27;对茚虫威和氯虫苯甲

酰胺表现为敏感性下降,抗性指数分别为 4.01 和 3.64。2013 年 6 月中旬的监测结果(表 5)显示,高效氯氰菊酯、阿维菌素、多杀菌素、啉虫隆、茚虫威 5 种杀虫剂的抗性指数均有所升高,分别为 149.02,145.16,6.52,29.06 和 5.35。其中除茚虫威抗性水平等级由原来的敏感性下降上升为低水平抗性外,其他 4 种杀虫剂的抗性水平等级没有变化。溴虫腈、丁醚脲、Bt 毒素、氯虫苯甲酰胺 4 种杀虫剂的抗

性指数有所降低,但降低幅度很小,只有 Bt 毒素的 下降。
抗性水平等级发生变化,从低水平抗性降为敏感性

表 5 9 种杀虫剂对陕西渭南地区小菜蛾种群的毒力

Table 5 Toxicities of 9 insecticides to *Plutella xylostella* collected from Weinan,Shaanxi

药剂 Insecticide	测定日期 (年-月) Measurement in date (year-month)	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation index (R)	LC ₅₀ / (mg·L ⁻¹)	95%置信区间/ (mg·L ⁻¹) 95% confidence interval	抗性指数 Resistance index
10% 溴虫腈 EC	2012-10	y=3.041 1+1.906 6x	0.993 7	10.650 7	8.394 8~13.512 9	26.63
10% chlorfenapyr EC	2013-06	y=2.890 7+2.087 9x	0.990 3	10.239 4	7.901 3~13.269 3	25.60
5% 啉虫隆 EC	2012-10	y=3.496 8+1.620 5x	0.986 1	8.464 0	6.434 9~11.133 1	25.65
5% chlorfluazuron EC	2013-06	y=3.536 1+1.491 1x	0.991 6	9.588 5	7.182 6~12.800 1	29.06
5% 茚虫威 EC	2012-10	y=4.083 5+1.698 2x	0.995 6	3.465 0	2.667 4~4.501 1	4.01
5% indoxcarb EC	2013-06	y=4.092 3+1.365 5x	0.995 4	4.621 2	3.371 8~6.333 5	5.35
20% 丁醚脲 EC	2012-10	y=0.433 4+1.836 9x	0.997 1	306.222 7	233.417 3~401.736 9	19.12
20% diafenthion EC	2103-06	y=0.934 0+1.680 2x	0.998 0	262.981 1	200.096 9~345.627 9	16.42
16 000 IU/mg Bt WG-001 WP	2012-10	y=6.548 1+1.636 1x	0.999 0	0.113 2	0.086 5~0.148 1	5.27
	2013-06	y=6.961 0+1.951 2x	0.996 5	0.098 9	0.078 5~0.124 6	4.60
2% 阿维菌素 EC	2012-10	y=4.538 5+1.663 3x	0.995 1	1.894 4	1.407 0~2.550 7	125.46
2% avermectin EC	2013-06	y=4.505 5+1.450 8x	0.997 7	2.191 9	1.531 8~3.136 3	145.16
2.5% 多杀菌素 SC	2012-10	y=5.131 0+1.698 2x	0.998 3	0.837 2	0.643 3~1.089 6	5.66
2.5% spinosad SC	2013-06	y=5.023 9+1.506 7x	0.993 3	0.964 1	0.724 4~1.283 3	6.52
20% 高效氯氟菊酯 EC	2012-10	y=0.387 3+1.715 1x	0.998 6	489.150 4	376.027 5~636.304 7	137.79
20% α-cypermethrin EC	2013-06	y=0.030 7+1.847 2x	0.994 0	529.023 3	414.713 5~674.841 0	149.02
5% 氯虫苯甲酰胺 EC	2012-10	y=6.896 8+1.926 8x	0.998 9	0.103 7	0.082 1~0.130 9	3.64
5% chlorantraniliprole EC	2013-06	y=6.682 5+1.707 8x	0.991 2	0.103 5	0.080 0~0.139 9	3.63

3 讨 论

比较生物测定法和区分剂量法的结果都表明,3 个监测地区的小菜蛾种群对阿维菌素、高效氯氟菊酯、溴虫腈、丁醚脲、多杀菌素等 5 种杀虫剂都产生了不同程度的抗药性,而对 Bt 毒素、茚虫威、氯虫苯甲酰胺这 3 种药剂的抗性水平则相对较低。从试验数据看,虽然 2 种方法对这 3 种药剂的监测结果有些许不同,但大体趋势是相同的,造成结果差异的主要原因是区分剂量法和生物测定法所用的敏感基线不同,若统一标准则可得到相同的结果。在用区分剂量法监测害虫抗药性时,区分剂量的合理设定是抗性监测成功的关键,在计算区分剂量时,应该选用 LC₅₀小、毒力回归线斜率(*b* 值)较高的毒力回归线作为敏感基线,然后用相应的毒力回归线的 LC₉₉ 作为区分剂量^[17]。只要区分浓度设置合理,区分剂量法可以有效监测小菜蛾的抗药性,赵建周等^[18]、章金明等^[19]和朱九生等^[20]的试验证实了这一观点。与区分剂量法相比,常规的生物测定法能正确反映小菜蛾对杀虫剂的具体抗药性水平,但监测结果往往落后于抗药性的发展,常使监测工作处于被动应付的局面;而区分剂量法操作简单,可以快速测定小菜蛾抗性频率,与常用生物测定法相比更方便、快

捷,可用于抗药性的早期诊断,为抗药性的发展预测提供依据。在田间应用时,可以同时使用 2 种监测方法来进行田间抗性监测,先用区分剂量法筛选出已经产生抗性的杀虫剂,然后用常规生物测定法来明确小菜蛾对具体杀虫剂的抗性水平,以此保证在最短的时间内制定出最合理的抗性治理策略。
连续 2 年的监测结果表明,陕西 3 个地区小菜蛾对不同杀虫剂产生的抗性各不相同,这与各个地区间的用药环境、用药条件及用药历史有很大的关系^[3]。在调查中了解到 3 个地区都有超过 10 年的十字花科蔬菜种植历史。3 个地区间相比,宝鸡太白县十字花科蔬菜种植面积最大,渭南华县次之,杨凌地区最少。而在药剂的使用量上来看,渭南华县的药剂使用量最大,使用频率最高;宝鸡太白地区,因为其气候原因(昼夜温差大,年平均气温只有 7.8℃)小菜蛾的生长适期较短,所以药剂使用量相对较低;而杨凌地区农民懂得轮换用药。对比表 3~5 的数据可以看出,杨凌地区小菜蛾种群对供试杀虫剂的抗性水平最低,宝鸡太白和渭南华县相当,均高于杨凌地区,3 个地区的小菜蛾田间种群对大部分药剂都产生了不同程度的抗性。对高效氯氟菊酯和阿维菌素,渭南和杨凌地区小菜蛾都处于高水平抗性;而宝鸡地区小菜蛾对高效氯氟菊酯处于高-极高水

平抗性,对阿维菌素处于中等-高水平抗性;表明阿维菌素类药剂和菊酯类药剂已经不适宜在以上 3 个地区继续大规模使用,应减少此类农药的使用,尽量用其他种类农药代替。3 个地区的小菜蛾对溴虫腈、啉虫隆、丁醚脲 3 种药剂都产生了低水平-中等水平抗性,应该限制这 3 种药剂的使用次数和使用量,降低药剂选择压力,防止小菜蛾对这 3 种药剂抗药性的进一步增强。对 Bt 毒素,宝鸡小菜蛾田间种群处于中等水平抗性,而杨凌和渭南都处于敏感性下降-低水平抗性,因此可以将 Bt 毒素作为杨凌和渭南地区防治小菜蛾的主要药剂。对茚虫威,宝鸡小菜蛾处于敏感水平,杨凌和渭南都处于敏感性下降-低水平抗性之间;对多杀菌素、氯虫苯甲酰胺,3 个地区小菜蛾都处于敏感性下降-低水平抗性,说明茚虫威、多杀菌素和氯虫苯甲酰胺可作为 3 个地区防治小菜蛾的主要药剂,建议在使用上述几种药剂时要合理轮换和交替使用,一种药剂在一季作物上使用最多不超过 2 次,同时注意多杀菌素与茚虫威^[21]、丁醚脲与溴虫腈^[22]由于会产生交互抗性,尽量不要混用或轮换使用。

阿维菌素和高效氯氰菊酯在国内推广使用的时间比较早,加之其高效低毒的特性,因此广泛用在蔬菜害虫防治上。随着这 2 种杀虫剂在田间的大量使用,害虫对其的抗药性程度也不断加剧。早在 2001 年,冯夏等^[23]就曾报道广东省供港菜场小菜蛾对阿维菌素的抗性指数达到 20.5;江腾辉等^[24]报道,2002 年深圳地区小菜蛾对阿维菌素的 LC_{50} 为 7.59 mg/L,而对高效氯氰菊酯的 LC_{50} 高达 1 037.97 mg/L;宋姝娥等^[25]报道,2007 年青岛地区小菜蛾对阿维菌素的抗性指数为 22.5,达到中等水平抗性,对高效氯氰菊酯的抗性指数为 11 857.0,达到极高水平抗性。在陕西,2006 年黄剑和吴文君^[9]对杨凌地区小菜蛾的敏感性检测中阿维菌素的抗性指数仅为 2.75,但由于田间大量使用,几年时间杨凌地区小菜蛾对阿维菌素抗性已经比 2006 年上升了 39.28 倍,产生了高水平抗性。昆虫对杀虫剂产生抗性的原因主要有:表皮穿透性降低、靶标部位敏感性降低以及对杀虫剂的解毒代谢作用增强^[26]。阿维菌素是作用于 γ -氨基丁酸 A 型受体(GABA 受体)的抗生素类生物源农药^[27]。梁沛等^[28]对室内汰选小菜蛾抗性品系进行了增效试验,结果证明多功能氧化酶和羧酸酯酶活性增强是小菜蛾对阿维菌素产生抗性的原因之一。胡进锋^[29]研究发现,羧酸酯酶(CarE)和谷胱甘肽 S 转移酶(GST)可能参与了其

室内汰选小菜蛾的抗性形成,但并不是产生抗性的主要机制。而高效氯氰菊酯属于拟除虫菊酯类杀虫剂,是氯氰菊酯的高效异构体,该类农药的作用机理是通过改变神经轴突的通透性影响膜的电位差,从而阻断轴突的传导,导致虫体中毒死亡^[30]。周成理等^[31]对上海等地田间种群的抗性研究表明,多功能氧化酶活性增强是小菜蛾对拟除虫菊酯类药剂产生抗性的机理之一。刘传秀和李凤良^[32]研究表明,小菜蛾对溴氰菊酯的抗性与羧酸酯酶和乙酰胆碱酯酶无关,而与多功能氧化酶有着密切关系。抗药性机理研究是小菜蛾抗药性治理的重要理论基础,陕西地区小菜蛾田间种群对阿维菌素和高效氯氰菊酯产生抗性的原因是否也是因为解毒酶活性增强,或是还有其他方面的原因,还需要进一步的研究。

志 谢:感谢中国农业科学院蔬菜花卉研究所及广东省农科院对本试验的大力支持。

[参考文献]

- [1] Lim G S. Integrated pest management of diamondback moth: Practical realities [C]//Talekar N S. Diamondback moth and other crucifer pests: Proceedings of the Second International Workshop. Taipei, Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, 1990:565-576.
- [2] Shelton A M, Wyman J A, Cushing N L, et al. Insecticide resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in North America [J]. Journal of Economic Entomology, 1993, 86 (1): 11-19.
- [3] 闫艳春, 乔传令, 钱传范. 小菜蛾抗药性研究进展 [J]. 昆虫知识, 1997, 34(5): 310-314.
Yan Y C, Qiao C L, Qian C F. Advance of studies on insecticide resistance to diamondback moth [J]. Entomological Knowledge, 1997, 34(5): 310-314. (in Chinese)
- [4] 冯 夏, 李振宇, 吴青君, 等. 小菜蛾抗性治理及可持续防控技术研究及示范: 公益性行业(农业)科研专项“小菜蛾可持续防控技术研究及示范”进展 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(2): 247-253.
Feng X, Li Z Y, Wu Q J, et al. Research progress of the resistance management and sustainable control of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in China [J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2011, 48(2): 247-253. (in Chinese)
- [5] 黄 剑, 吴文君. 小菜蛾抗药性研究进展 [J]. 贵州大学学报: 自然科学版, 2003(2): 97-98.
Huang J, Wu W J. Advance of studies on insecticide resistance to diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) [J]. Journal of Guizhou University: Natural Sciences, 2003(2): 97-98. (in Chinese)
- [6] 沈福英. 张家口地区小菜蛾抗性水平监测及抗性治理研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.

- Shen F Y. The monitoring and resistance management of the diamondback moth in Zhangjiakou [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science, 2010. (in Chinese)
- [7] 杨海霞,王 欢,董 辉,等. 沈阳地区小菜蛾对五种常用杀虫剂的抗性测定 [J]. 北方园艺, 2011(18): 166-168.
- Yang H X, Wang H, Dong H, et al. Resistance of *Plutella xylostella* to five pesticides in Shenyang [J]. Northern Horticulture, 2011(18): 166-168. (in Chinese)
- [8] 夏耀民,鲁艳辉,朱 勋,等. 华中地区小菜蛾对 9 种杀虫剂的抗药性测定 [J]. 中国蔬菜, 2013(22): 75-80.
- Xia Y M, Lu Y H, Zhu X, et al. Determination of *Plutella xylostella* (L.) resistance to nine insecticides in central China [J]. China Vegetable, 2013(22): 75-80. (in Chinese)
- [9] 黄 剑,吴文君. 杨凌地区田间小菜蛾种群对新型杀虫剂的敏感性 [J]. 农药, 2006, 45(2): 137-138.
- Huang J, Wu W J. Sensitivity to new insecticides of *Plutella xylostella* populations in the Yangling area [J]. Agrochemicals, 2006, 45(2): 137-138. (in Chinese)
- [10] 陈之浩,刘传秀,李凤良,等. 小菜蛾继代繁殖大量饲养方法研究初报 [J]. 贵州农业科学, 1990(4): 52-53.
- Chen Z H, Liu C X, Li F L, et al. Initial report on the method for succession reproduction and raising cabbage moth in large scale [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 1990(4): 52-53. (in Chinese)
- [11] Tabashnik B E, Cushing N L, Johnson M W. Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to insecticides in Hawaii: Intra-island variation and cross-resistance [J]. Journal of Economic Entomology, 1987, 80(6): 1091-1099.
- [12] Zhao J Z, Grafius E. Assessment of different bioassay techniques for resistance monitoring in the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 1993, 86(4): 995-1000.
- [13] 吴永汉,张纯胄,许方程,等. 小菜蛾对阿维菌素和抑太保的抗性监测及治理对策研究 [J]. 温州大学学报: 社会科学版, 2005, 18(2): 37-41.
- Wu Y H, Zhang C Z, Xu F C, et al. The monitoring and forecast of insecticide resistance in the diamondback moth to Abamectin and Chlorfluazuton [J]. Journal of Wenzhou University: Social Science Edition, 2005, 18(2): 37-41. (in Chinese)
- [14] Busvine J R. Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides [J]. Fao Plant Production and Protection Papers, 1980(21): 3-13.
- [15] 黄 剑,吴文君. 利用 EXCEL 快速进行毒力测定中的致死中量计算和卡方检验 [J]. 昆虫知识, 2004, 41(6): 594-598.
- Huang J, Wu W J. Calculate the median lethal dose and Chi square test with EXCEL in toxicological tests [J]. Entomological Knowledge, 2004, 41(6): 594-598. (in Chinese)
- [16] 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 [J]. 昆虫知识, 1991, 28(6): 337-341.
- Shen J L, Tan J G, Xiao B, et al. The resistance monitoring and forecast of cotton bollworm to pyrethroids pesticide in China [J]. Entomological Knowledge, 1991, 28(6): 337-341. (in Chinese)
- [17] 吴益东,陈 松,净新娟,等. 棉铃虫抗药性监测方法: 浸叶法敏感毒力基线的建立及其应用 [J]. 昆虫学报, 2001, 44(1): 56-61.
- Wu Y D, Chen S, Jing X J, et al. Susceptible toxicity baseline and its application in resistance monitoring of *Helicoverpa armigera* with leaf dipping method [J]. Acta Entomologica Sinica, 2001, 44(1): 56-61. (in Chinese)
- [18] 赵建周,吴世昌,顾言真,等. 小菜蛾抗药性治理对策研究 [J]. 中国农业科学, 1996, 29(1): 8-14.
- Zhao J Z, Wu S C, Gu Y Z, et al. Strategy of insecticide resistance management in the diamondback moth [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1996, 29(1): 8-14. (in Chinese)
- [19] 章金明,宋 亮,黄 芳,等. 不同地区小菜蛾对氯虫苯甲酰胺和茚虫威的抗性初报 [J]. 浙江农业科学, 2012(6): 857-859, 861.
- Zhang J M, Song L, Huang F, et al. The preliminary report on Chlorantraniliprole and Indoxacarb resistance in different regions of Zhejiang province [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2012(6): 857-859, 861. (in Chinese)
- [20] 朱九生,屈会选,郝潮峰,等. 山西省棉铃虫抗药性监测 [J]. 山西农业科学, 1996, 24(2): 12-17.
- Zhu J S, Qu H X, Gao C F, et al. Monitoring of pesticide resistance of cotton bollworm in Shanxi [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 1996, 24(2): 12-17. (in Chinese)
- [21] Sayyed A H, Saeed S, Noor-Ul-Ane M, et al. Genetic, biochemical and physiological characterization of spinosad resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. J Econ Entomol, 2008, 101(5): 1658-1666.
- [22] 姚锋娜. 小菜蛾抗药性监测对丁醚脉抗性选育及抗性机理的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- Yao F N. Study on resistance monitoring, resistance selection to diafenthiuron and resistance biochemical mechanism of diamondback moth (*Plutella xylostella*) [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- [23] 冯 夏,陈焕瑜,吕利华,等. 广东小菜蛾对阿维菌素的抗性研究 [J]. 华南农业大学学报, 2001, 22(2): 35-38.
- Feng X, Chen H Y, Lü L H, et al. A study on the resistance of diamondback moth to Abamectin in Guangdong province [J]. Journal of South China Agricultural University, 2001, 22(2): 35-38. (in Chinese)
- [24] 江腾辉,陈喜劳,徐汉虹,等. 广东省蔬菜小菜蛾抗性监测与治理研究 [J]. 广东农业科学, 2003(5): 42-44.
- Jiang T H, Chen X L, Xu H H, et al. A study on the resistance monitoring and management of diamondback moth in Guangdong province [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2003(5): 42-44. (in Chinese)
- [25] 宋姝娥,袁宗英,李明立,等. 小菜蛾对高效氯氰菊酯和阿维菌素的抗药性监测 [J]. 农药科学与管理, 2011, 32(5): 54-56.
- Song S E, Yuan Z Y, Li M L, et al. Resistance of *Plutella xylostella* L. to Beta cypermethrin and Abamectin in Qingdao area [J]. Pesticide Science and Administration, 2011, 32(5):

54-56. (in Chinese)

[26] 唐振华. 昆虫抗药性及其治理 [M]. 北京: 农业出版社, 1993: 136-160.

Tang Z H. Insect resistance and governance [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1993: 136-160. (in Chinese)

[27] Strong L, Brown T A. Avermectins in insect control and biology: A review [J]. Bulletin of Entomological Research, 1987, 77(3): 357-389.

[28] 梁 沛, 高希武, 郑炳宗, 等. 小菜蛾对阿维菌素的抗性机制及交互抗性研究 [J]. 农药学报, 2001, 3(1): 41-45.

Liang P, Gao X W, Zheng B Z, et al. Study on resistance mechanisms and cross-resistance of Abamectin in diamondback moth *Plutella oxylostella* (L.) [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2001, 3(1): 41-45. (in Chinese)

[29] 胡进锋. 小菜蛾对阿维菌素抗性机理的研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2007.

Hu J F. Resistance mechanisms to abamectin diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) [D]. Beijing: China Agricultural University, 2007. (in Chinese)

[30] 王学军, 赖世宏, 刘 峰. 德国小蠊抗性品系对化学杀虫剂交互抗性的研究 [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2004, 15(3): 178-179.

Wang X J, Lai S H, Liu F. Cross-resistance of cypermethrin-resistant *Blattella germanica* to chemical insecticides [J]. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2004, 15(3): 178-179. (in Chinese)

[31] 周成理, 唐振华. 小菜蛾幼虫对拟除虫菊酯类杀虫剂的抗药性与多功能氧化酶的关系 [J]. 植物保护学报, 1993, 20(1): 91-95.

Zhou C L, Tang Z H. Resistance of diamondback moth to synthetic pyrethroids and its relationship with microsomal mixed-function oxidase [J]. Acta Phytopylacica Sinica, 1993, 20(1): 91-95. (in Chinese)

[32] 刘传秀, 李凤良. 小菜蛾对溴氰菊酯抗性选育及其机理 [J]. 植物保护学报, 1995, 22(4): 367-372.

Liu C X, Li F L. Studies on Deltamethrin resistance breeding and its resistance mechanism of diamondback moth [J]. Acta Phytopylacica Sinica, 1995, 22(4): 367-372. (in Chinese)

(上接第 101 页)

[15] 李瑞娟, 于建垒, 宋国春. 葡萄和土壤中吡啶醚菌酯的高效液相色谱残留分析方法 [J]. 农药科学与管理, 2010, 31(6): 33-36.

Li R J, Yu J L, Song G C. Determination of pyraclostrobin residues in grape and soil by HPLC [J]. Pesticide Science and Administration, 2010, 31(6): 33-36. (in Chinese)

[16] 张志勇, 王冬兰, 刘贤进, 等. 西瓜与土壤中吡啶醚菌酯残留的分析方法 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(34): 19386-19387.

Zhang Z Y, Wang D L, Liu X J, et al. Determination of pyraclostrobin residues in watermelon and soil [J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2010, 38(34): 19386-19387. (in Chinese)

[17] NY/T 788—2004 农药残留试验准则 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.

NY/T 788—2004 Criterion of pesticide residues test [S]. Beijing: China Agriculture Publish House, 2004. (in Chinese)