

湖南不同地区小菜蛾对药剂敏感性比较^{*}

符伟^{1,2**} 魏娟¹ 王秋丽¹ 徐志德¹ 孙鹰² 尹丽³

(1. 湖南省植物保护研究所 长沙 410125; 2. 湖南农业大学生物安全学院 长沙 410128;

3. 湖南省植保植检站 长沙 410005)

摘要 采用浸叶法在室内测定了湖南长沙和怀化地区小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 田间种群对 10 种药剂的敏感性。结果表明:湖南长沙和怀化地区田间小菜蛾除对丁醚脲和 BT 制剂仍处于敏感(抗性倍数 <3)状态外,对其余 8 种药剂产生了不同程度的抗药性,其中以长沙地区小菜蛾田间种群对高效氯氰菊酯抗性倍数最高(抗性倍数为 33.58)。长沙和怀化种群对药剂的相对毒力倍数以巴丹最低(1.20)而以多杀菌素最高(2.59)。

关键词 小菜蛾, 抗药性, 相对毒力倍数

Study on resistance of *Plutella xylostella* in different areas in Hunan Province to insecticides

FU Wei^{1,2**} WEI Juan¹ WANG Qiu-Li¹ XU Zhi-De¹ SUN Ying² YIN Li³

(1. Hunan Institute of Plant Protection, Changsha 410125, China; 2. College of Bio-Safety Science and

Technology Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

3. Hunan Plant Protection and Quarantine Station, Changsha 410005, China)

Abstract Insects from two populations of *Plutella xylostella* (L.) were collected, one from Changsha (CS-Population) and one from Huaihua (HH-Population) in Hunan Province. The toxicity of 10 insecticides to insects from the two populations was tested by the leaf dipping method in the laboratory. The results suggest that diamondback moth populations in Changsha and Huaihua districts are relatively sensitive to Diafenthiuron and *Bacillus thuringiensis* (resistance ratio < 3) and that the Changsha population has developed the highest levels of resistance to Beta-cypermethrin (resistance ratio of 33.58). The relative toxicity ratio of the CS-and HH-Populations to insecticides ranged from 1.20 to 2.59, with the highest values being recorded for Padan and the lowest for Spinosad.

Key words *Plutella xylostella*, indoxacarb resistance, relative toxicity ratio

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 是一种主要危害十字花科作物的世界性害虫 (Talekar and Shelton, 1993; Eziah *et al.*, 2010), 化学农药的使用及化学防治策略的引入对小菜蛾的防治成绩斐然, 但其已逐渐对一些长期连续、大量单一和无计划使用的杀虫剂产生了严重的抗药性 (Nehare *et al.*, 2010; Sonoda and Igaki, 2010; Zhen *et al.*, 2010)。小菜蛾抗药性的产生, 极大增加了对其防控难度。

黄雄英等 (2008) 报道了长沙地区小菜蛾田间种群对敌敌畏等 13 种药剂的抗药性, 其中拟除虫

菊酯类农药达到极高抗水平 (抗性倍数 > 160)、有机磷类农药达高抗水平 (40.1 倍 < 抗性倍数 > 160), 而对溴虫脲、多杀菌素等新型高效低毒农药仍处于低抗水平 (抗性倍数 < 10)。随着有机磷类等传统高毒化学农药禁止在蔬菜上的使用, 如何延缓防治小菜蛾新型药剂使用寿命, 对于蔬菜生产是至关重要的。为了明确湖南长沙地区 (平原地区, 十字花科蔬菜复种指数高) 和怀化地区 (丘陵地区, 十字花科蔬菜与水稻等轮作) 两类典型的耕作模式下小菜蛾田间种群对常用低毒农药抗药性现状, 笔者于 2009 对上述 2 个地区小菜蛾

* 资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200803001 和 201103021)。

** E-mail: xiangxiqiren@sina.com

收稿日期: 2011-01-10, 接受日期: 2011-08-19

对 10 种杀虫剂的抗药性进行了监测,并对两地小菜蛾种群相对毒力进行了比较。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

小菜蛾田间种群分别于 2009 年 10 月在湖南省的长沙县榔梨镇樊塘村和怀化市鹤城区营口乡新垦村田间采集,在室内用新鲜萝卜苗饲养至 F1 代,选取大小一致的 3 龄幼虫作为供试昆虫。

敏感种群:由中国农业科学院蔬菜花卉研究所昆虫课题组提供,该种群于 1990 年采集于深圳田间,于室内饲养多年,期间从未施用过任何杀虫剂。

1.2 供试药剂

97% 氟虫腈原药 (fipronil,拜尔作物科学有限公司); 97% 阿维菌素原药 (avermectins, 广西桂林集琦生化有限公司); 95% 高效氯氰菊酯原药 (beta cypermethrin,江苏扬农化工集团有限公司); 95% 巴丹 (padan 南通科林化学品有限公司); 95% 虫酰肼 (tebufenozide,山东京博农化有限公司); 97% 定虫隆 (chlorfluazuron, 石家庄济泰三沐农药化工有限公司); 97% 丁醚脲 (diafenthiuron, 江苏长青农化股份有限公司); 16 000 IU/mg 苏云金杆菌粉剂 (*Bacillus thuringiensis*, 扬州绿源生物化工有限公司); 90% 多杀菌素原药 (spinosad, 美国陶氏公司); 97% 溴虫腈 (chlorfenapyr, 美国氰胺公司)。

1.3 室内毒力测定方法

1.3.1 浸渍饲喂法 参照 Tabashnik 和 Cushing (1987) 的叶片浸渍饲喂法。先进行预备试验,然后根据预备试验的结果,以校正死亡率在 10% ~ 90% 的浓度范围作为正式试验的浓度范围。先用 0.1% Triton X-100 水溶液稀释药剂,按等比级数稀释法,顺次配制成 5 ~ 7 个系列浓度,以清水作为对照。新鲜甘蓝苗嫩叶片用打孔器制成直径为 4.8 cm 的圆片。将叶片在系列浓度的药液中浸 10 s,于平板上自然晾干,后将叶片转入培养皿中,皿底铺一层浸过蒸馏水的滤纸保湿。每皿接入 10 头 3 龄初期幼虫,每处理 4 次重复。放置培养箱中饲养(饲养温度为 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$,光周期 L:D = 16:8,相对湿度 70%) 72 h 后,检查虫口死亡情况,并计算 72 h 的 LC_{50} 值,对照死亡率控制在 10% 以

内。先用 Abbott 公式计算各处理的校正防效,运用 DPS 软件求出测试药剂的毒力回归线 $y = a + bx$ 及 LC_{50} 。

1.3.2 抗性倍数的计算 将田间小菜蛾种群对各药剂的 LC_{50} 与相应的相对敏感基线的 LC_{50} 进行比较,计算出抗性倍数。抗性倍数 = 各药剂的 LC_{50} / 各药剂相应的相对敏感基线的 LC_{50} ; 相对抗性倍数 = 长沙田间小菜蛾种群对各药剂的 LC_{50} / 怀化田间种群对相应各药剂 LC_{50} 。

2 结果与分析

2.1 长沙、怀化 2 地小菜蛾抗药性监测结果

由表 1 可以看出,相对于敏感种群,湖南长沙和怀化地区田间小菜蛾除对丁醚脲和 BT 制剂仍处于敏感(抗性倍数 < 3)状态外,对其它 8 种药剂产生了不同程度的抗药性,其中以长沙地区小菜蛾田间种群对高效氯氰菊酯抗性倍数最高(抗性倍数为 33.58),而怀化地区小菜蛾对该药剂的抗性倍数亦达到 26.04 倍。除高效氯氰菊酯外,长沙地区的小菜蛾对其它 9 种杀虫剂的抗性趋势为丁醚脲 < BT 制剂 < 多杀菌素 < 溴虫腈 < 巴丹 < 虫酰肼 < 定虫隆 < 氟虫腈 < 阿维菌素; 而怀化地区的小菜蛾对其它 9 种杀虫剂的抗性趋势为 BT 制剂 < 丁醚脲 < 多杀菌素 < 溴虫腈 < 巴丹 < 虫酰肼 < 阿维菌素 < 定虫隆 < 氟虫腈。

2.2 长沙、怀化 2 地小菜蛾对药剂的敏感性比较

由表 2 可以看出,长沙和怀化种群对药剂的相对毒力倍数较小,最高的药剂多杀菌素相对毒力倍数为 2.59,其余药剂相对毒力倍数均小于 2.0,最小的药剂巴丹相对毒力倍数仅为 1.20。

3 讨论

小菜蛾对药剂敏感性下降、产生抗药性速度与药剂选择压力有关 (Zhou *et al.*, 2010)。不同地理区域由于用药历史和用药水平的差异,对药剂的敏感性、抗药性发展程度均造成有差异 (姜兴印等, 2000)。而本研究中的 2 个地区分别代表了平原与丘陵地形,并且在采集这 2 个地区虫源时对当地用药背景作了相应调查。怀化地区小菜蛾对这 10 种药剂的抗药性均低于长沙地区,可能由于长沙地区属于平原地形,十字花科蔬菜复种指数高,用药水平相对较高;而怀化地区属于丘陵地

表 1 湖南地区小菜蛾田间种群 10 种药剂抗性水平 (2009)

Table 1 Resistance of the field population of *Plutella xylostella* to 10 kinds of insecticides in Hunan area (2009)

药剂 Insecticides	种群 Population	LC ₅₀ (mg · L ⁻¹)	毒力回归 方程 Regression equation	相关系 数 <i>r</i>	95% 置信 区间 95% confidence interval	抗性倍数 Resistance ratio
丁醚脲 Diafenthion	敏感	41.62	$y = 1.4943 + 2.1680x$	0.9824	35.8014—47.8747	1.00
	长沙	100.30	$y = 1.4656 + 1.7667x$	0.9781	74.3131—134.8869	2.41
	怀化	79.44	$y = 2.0666 + 1.5449x$	0.9865	64.6453—97.0812	1.91
苏云金杆菌制剂 <i>Bacillus thuringiensis</i>	敏感	0.89	$y = 5.0712 + 1.5009x$	0.9846	0.6257—1.2846	1.00
	长沙	2.21	$y = 4.4974 + 1.4184x$	0.9495	1.5210—3.3615	2.48
	怀化	1.15	$y = 4.9015 + 1.5352x$	0.9442	0.8513—1.5804	1.29
多杀菌素 Spinosad	敏感	0.82	$y = 5.1206 + 1.4184x$	0.9498	0.5918—1.1424	1.00
	长沙	5.18	$y = 3.9583 + 1.4628x$	0.9657	3.8353—6.9247	6.29
	怀化	2.00	$y = 4.5568 + 1.4099x$	0.9703	1.3844—3.0720	2.43
溴虫腈 Chlorfenapyr	敏感	1.99	$y = 4.5894 + 1.3710x$	0.9867	1.4058—2.8254	1.00
	长沙	17.16	$y = 3.2901 + 1.3845x$	0.9898	15.0597—20.7282	8.62
	怀化	13.88	$y = 3.1526 + 1.6135x$	0.9708	10.3414—18.8548	6.99
巴丹 Padan	敏感	69.64	$y = 2.0036 + 1.6272x$	0.9695	55.5174—86.7850	1.00
	长沙	744.48	$y = 0.6336 + 1.5194x$	0.9444	331.0685—1 688.6362	10.69
	怀化	621.83	$y = 0.8341 + 1.4895x$	0.9913	393.5986—997.1078	8.93
虫酰肼 Tebufenozide	敏感	5.04	$y = 3.8974 + 1.5680x$	0.9991	3.5705—7.1392	1.00
	长沙	60.37	$y = 2.1863 + 1.5772x$	0.9975	39.9233—92.6376	11.99
	怀化	46.87	$y = 1.3298 + 2.1956x$	0.9867	22.1041—99.7082	9.30
定虫隆 Chlorflazuron	敏感	1.99	$y = 4.4673 + 1.7667x$	0.9781	1.4997—2.6736	1.00
	长沙	29.69	$y = 2.5040 + 1.6979x$	0.9958	25.6762—33.9282	14.95
	怀化	24.29	$y = 2.7996 + 1.5795x$	0.9947	15.2359—40.1186	12.23
氟虫腈 Fipronil	敏感	0.83	$y = 5.1356 + 1.6759x$	0.9939	0.6130—1.2402	1.00
	长沙	16.27	$y = 2.7358 + 1.8622x$	0.9911	11.1305—24.2750	19.60
	怀化	11.70	$y = 2.9984 + 1.5689x$	0.9907	8.7404—15.8352	14.10
阿维菌素 Abamectin	敏感	0.05	$y = 7.2389 + 1.7317x$	0.9780	0.0442—0.0587	1.00
	长沙	1.13	$y = 4.9122 + 1.5461x$	0.9845	0.8266—1.5717	22.33
	怀化	0.59	$y = 5.3502 + 1.5596x$	0.9834	0.4346—0.8257	11.89
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	敏感	14.06	$y = 3.0051 + 1.7258x$	0.9947	9.6357—21.2779	1.00
	长沙	472.09	$y = 0.3740 + 1.6524x$	0.9977	376.3089—607.3192	33.58
	怀化	366.12	$y = 0.7795 + 1.6466x$	0.9945	272.1176—491.3748	26.04

形,一般是十字花科蔬菜与水稻轮作,用药水平较低。

尽管各地用药水平、气候因素等不同,小菜蛾不同的地理种群抗性水平是不一致的。小菜蛾存在迁飞现象 (Chapman and Reynolds, 2002; Wellington *et al.*, 2006; Chapman *et al.*, 2008)。小菜蛾抗药性的产生,本身就是多种相关抗性基因综合表达效应 (Sayyed *et al.*, 2008),小菜蛾这种迁飞现象可能使不同抗药性水平的小菜蛾不同地理种群交配后,其抗性基因相互交流,而使田间

的小菜蛾抗药性变化更为复杂化。本研究中长沙和怀化种群对药剂的相对毒力倍数较低,是否与小菜蛾迁飞性有关,即不同的抗药性水平地理种群小菜蛾相互杂交后,两地小菜蛾田间种群抗性水平差异减小,有待进一步研究。

在田间生产中,可根据当地小菜蛾的抗性水平和实际情况制定抗性治理对策,对已经产生抗性的杀虫剂应限用或者停用,以防抗性水平的发展,并合理轮换使用药剂。对湖南长沙和怀化 2 地小菜蛾种群监测结果表明 2 地均对拟除虫菊酯

类农药产生了中等抗性水平,应限制该药剂的使用量和使用次数,其它 9 种药剂,除氟虫腈 2009 年 7 月禁止在蔬菜上使用外,虽然目前还处于低抗或者敏感下降水平,但随着有机磷等高毒农药

全面禁止使用后,这些新型低毒农药使用频率增加后,依然存在抗性快速上升的风险,为了延缓抗性增长,增加药剂使用寿命,在生产实践中科学合理轮换使用药剂更显得尤为重要。

表 2 不同地区小菜蛾对药剂敏感性比较
Table 2 Sensitivity of CS-Population and HH-Population to insecticides

药剂 Insecticides	长沙种群 CS-Population LC ₅₀ (mg · L ⁻¹)	怀化种群 HH-Population LC ₅₀ (mg · L ⁻¹)	相对毒力倍数 Relative toxicity ratio (SC LC ₅₀ /HH LC ₅₀)
丁醚脲 Diafenthuron	100.30	79.44	1.26
苏云金杆菌制剂 <i>Bacillus thuringiensis</i>	2.21	1.15	1.92
多杀菌素 Spinosad	5.18	2.00	2.59
溴虫腈 Chlorfenapyr	17.16	13.88	1.24
巴丹 Padan	744.48	621.83	1.20
虫酰肼 Tebufenozide	60.37	46.87	1.29
定虫隆 Chlorfluazuron	29.69	24.29	1.22
氟虫腈 Fipronil	16.27	11.70	1.39
阿维菌素 Abamectin	1.13	0.59	1.92
高效氯氰菊酯 Beta-cypermethrin	472.09	366.12	1.29

参考文献 (References)

Chapman JW, Reynolds D, 2002. High-altitude migration of diamondback moth *Plutella xylostella* to the U. K. : a study using radar, aerial netting, and ground trapping. *Ecol. Entomol.* ,27:641—650.

Chapman JW, Reynolds DR, Mouritsen H, 2008. Wind selection and drift compensation optimize migratory pathways in a high-flying moth. *Curr. Biol.* ,18:908—909.

Eziah VY, Rose HA, Wilkes M, 2010. Population dynamics of the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Sydney Region of Australia. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* ,4(4):185—190.

Nehare S, Ghodki Basweshwar S, Lande GK, Pawade V, Thakare A, 2010. Inheritance of resistance and cross resistance pattern in indoxacarb-resistant diamondback moth

Plutella xylostella L. *Entomol. Res.* ,40(2):18—25.

Sayyed AH, Saeed S, Crickmore N, Genetic, 2008. Biochemical, and physiological characterization of spinosad resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Econ. Entomol.* ,101:1658—1666.

Sonoda S, Igaki C, 2010. Characterization of acephate resistance in the diamondback moth. *Pestic. Biochem. Physiol.* , 98(1):121—127.

Tabashnik BE, Cushing N, 1987. Leaf residue topical bioassays for assessing insecticide resistance in the diamondback moth (*Plutella xylostella* L.). *FAO Plant Protect Bull.* ,35:11—14.

Talekar NS, Shelton AM, 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.* , 38:275—301.

Wellington GC, Schoereder JH, De Souza OF, 2006.

- Seasonality in neotropical populations of *Plutella xylostella* (Lepidoptera): resource availability and migration. *Popul. Ecol.*, 48(2):151—158.
- Zhen X, Guang CC, Dong SL, 2010. Changes of sex pheromone communication systems associated with tebufenozide and abamectin resistance in diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *J. Chem. Ecol.*, 36(5):525—534.
- Zhou LJ, Huang JG, Xu HH, 2010. Monitoring resistance of field populations of diamondbackmoth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) to five insecticides in South China: A ten-year case study. *Crop Prot.*, 30(3):272—278.
- 黄雄英, 周小毛, 柏连阳, 2008. 长沙地区小菜蛾对 13 种药剂的抗药性测定. 植物保护, 34(5):146—149.
- 姜兴印, 王开运, 仪美芹, 2000. 不同地区小菜蛾对杀虫剂的抗性差异. 农药学学报, 2(4):44—48.