

小菜蛾对氯虫苯甲酰胺抗药性与田间防治效果的相关性研究*

成燕清** 王培 唐涛 马明勇 符伟***

(湖南省农业科学院植物保护研究所 长沙 410125)

摘要 【目的】明确小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.)田间种群对氯虫苯甲酰胺抗药性变化与田间防治效果的相关性。【方法】2011—2015年在田间进行了氯虫苯甲酰胺防治小菜蛾田间药效试验,并测定了该地小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺的敏感性。【结果】氯虫苯甲酰胺在相同剂量下对小菜蛾田间防治效果从2011年的97.74%下降到2015年的63.53%;而小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的相对毒力指数从2011年的1上升到2015年的11.93。【结论】小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的敏感性与其抗药性总体上呈现负相关。

关键词 小菜蛾, 氯虫苯甲酰胺, 相对毒力指数, 防治效果

Study of the relationship between resistance to chlorantraniliprole and efficacy of control of the diamondback moth (*Plutella xylostella*)

CHENG Yan-Qing** WANG Pei TANG Tao MA Ming-Yong FU Wei***

(Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China)

Abstract [Objectives] To investigate the relationship between resistance to chlorantraniliprole and efficacy control of *Plutella xylostella* (L.). [Methods] The susceptibility of *P. xylostella* larvae to chlorantraniliprole, and the control efficacy of this insecticide, were evaluated in the field. [Results] The control efficacy of chlorantraniliprole on *P. xylostella* fell gradually from 97.74% in 2011 to 63.53% in 2015, and the relative toxicity ratio increased from 1 in 2011 to 11.93 in 2015. [Conclusion] These results indicate that resistance and control efficacy are generally inversely correlated.

Key words *Plutella xylostella*, chlorantraniliprole, relative toxicity ratio, control efficacy

小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.) 是一种危害十字花科作物的世界性害虫 (Talekar and Shelton, 1993)。目前我国对小菜蛾的防治仍以化学防治为主, 化学农药的大量连续使用, 导致其对药剂的抗性水平上升 (冯夏等, 2011), 与之相应的是田间防治效果逐渐下降, 在生产实践中, 常常加大药剂使用量而提高防治效果, 这样药剂选择压力更大, 小菜蛾抗药性水平更高, 形成恶性循环, 最终导致某些药剂几乎没有防治效果 (尹艳琼等, 2011)。

氯虫苯甲酰胺 (Chlorantraniliprole) 是 Dupont 公司从邻氨基苯甲二酰胺类化合物中发现并开发的一种具有新型结构的广谱杀虫剂, 其独特的鱼尼丁受体。有别于目前市场 95% 以上的商品化杀虫剂, 对小菜蛾等鳞翅目幼虫具有杰出的防效 (柴宝山等, 2007)。2010 该产品逐渐在湖南地区用于防治十字花科蔬菜小菜蛾, 为此, 我们从 2011 年开始持续对其田间抗药性水平变化进行了监测, 并对相应抗性水平下的田间防治效果进行了研究, 以明确二者相关性, 以达

*资助项目 Supported projects: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201103021, 201203038); 湖南省自然科学基金项目 (14JJ6060)

**第一作者 First author, E-mail: 656685679@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: 29313189@qq.com

收稿日期 Received: 2016-01-19, 接受日期 Accepted: 2016-02-27

到科学用药的目的。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

2011—2015 年分别在春季(3 月)和秋季(10 月)在湖南省长沙县榔梨镇樊塘村采集小菜蛾蛹,在室内用新鲜萝卜苗饲养至 F_1 代,选取大小一致的 3 龄幼虫作为供试昆虫。

1.2 供试药剂

95.3%氯虫苯甲酰胺原药(Chlorantraniliprole),上海杜邦农化有限公司;5%氯虫苯甲酰胺悬浮剂(Chlorantraniliprole),美国杜邦公司。

1.3 小菜蛾田间防治效果研究

将田间采集的小菜蛾饲养到 80%幼虫处于第 3 龄初期时,人工接虫到大田未有小菜蛾为害的甘蓝上,5%氯虫苯甲酰胺悬浮剂按 30 g/hm^2 进行施药,以施用清水为对照,每个处理重复 4 次。每小区 5 点取样,每点 10 株,定点定株挂牌标记,药前调查虫口基数,药后 3 d 和 7 d 分别检查存活数及正常化蛹数,计算防治效果,采用 DPS 处理系统进行数据统计和方差分析。

1.4 小菜蛾室内毒力测定

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,依次配制成 5~7 个系列浓度,以 0.1% Triton X-100 水溶液作为对照。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} 。以小菜蛾 2011 年春季种群毒力指数为 1,计算其它小菜蛾种群相对毒力指数。相对毒力指数=小菜蛾种群对药剂的 LC_{50} /2011 年春季小菜蛾田间种群对相应药剂 LC_{50} 。

2 结果与分析

2.1 小菜蛾对氯虫苯甲酰胺抗药性变化

2011—2015 年春秋两季小菜蛾对药剂的抗药性见表 1 和图 1,结果表明:2011—2012 小菜蛾对氯虫苯甲酰胺敏感性变化较小,相对毒力指数从 2011 年春季为 1,秋季上升到 3.88;而 2012 年又有下降,春秋两季分别为 1.76 和 2.33;2013 和 2014 年相对毒力指数在 5~7 之间;2015 年秋季小菜蛾种群相对毒力指数达到最大值(11.93)。

2.2 氯虫苯甲酰胺对小菜蛾田间防治效果变化

氯虫苯甲酰胺对小菜蛾田间防治效果变化见表 2 和图 1,结果表明:2011—2012 氯虫苯甲酰胺对小菜蛾田间有较好的防治效果(92%以上),2013 年防治效果下降到 88%,但是与前两年相比,未达到差异显著性差异($P < 0.05$);2014 春秋两季节防治效果分别为 79%和 76%;其与前 3 年及 2015 年均未有显著性差异;而 2015 年秋季防治效果最低(63%),与前 3 年达到差异显著性水平($P < 0.05$)。

3 讨论

小菜蛾抗药性的产生是多种相关抗性基因综合表达效应(Sayyed *et al.*, 2008),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)。田间防治效果受自然因素等多种条件的影响,尽管如此,一些研究表明,大多数药剂的抗性与种群的敏感性呈负相关(尹艳琼等,2011),本试验结果也印证这一现象,2011—2015 年小菜蛾对氯虫苯甲酰胺敏感性下降,而氯虫苯甲酰胺对小菜蛾的防治效果相应下降。

表 1 2011—2015 年小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺的毒力测定
Table 1 Toxicity of chlorantraniliprole of *Plutella xylostella* from 2011 to 2015

种群 Population	LC ₅₀ (mg/L)	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	95%置信区间 95% CL (mg/L)	相对毒力指数 Relative toxicity ratio
2011 年春 2011 Spring	0.99	$y=5.0073+1.4406x$	0.9327	0.73-1.33	1.00
2011 年秋 2011 Autumn	3.84	$y=3.7204+2.1896x$	0.9735	3.09-4.77	3.88
2012 年春 2012 Spring	1.74	$y=4.6973+1.2577x$	0.9843	1.24-2.43	1.76
2012 年秋 2012 Autumn	2.31	$y=4.5727+1.1743x$	0.9956	1.72-3.10	2.33
2013 年春 2013 Spring	7.36	$y=3.8416+1.3365x$	0.9808	5.35-10.11	7.43
2013 年秋 2013 Autumn	5.30	$y=3.6398+1.8770x$	0.9788	4.15-6.77	5.35
2014 年春 2014 Spring	5.12	$y=3.7957+1.6973x$	0.9896	3.94-6.65	5.17
2014 年秋 2014 Autumn	7.12	$y=3.9138+1.2742x$	0.9852	4.88-10.37	7.19
2015 年春 2015 Spring	9.32	$y=3.4482+1.6010x$	0.9752	6.78-13.09	9.41
2015 年秋 2015 Autumn	11.81	$y=2.8584+1.9973x$	0.9917	9.37-14.88	11.93

表 2 氯虫苯甲酰胺推荐剂量下对小菜蛾的田间防治效果
Table 2 Control effect of recommendation dosage of chlorantraniliprole on *Plutella xylostella*

时间 Time	处理 Treatment	药前 (头/株)	药后 3 d 3 d after treatment		药后 7 d 7 d after treatment	
		Before treatment (larvae per plant)	活虫数 (头/株) Larva survivor (larvae per plant)	防治效果 (%) Control efficacy (%)	活虫数 (头/株) Larva survivor (larvae per plant)	防治效果 (%) Control efficacy (%)
2011 年春 2011 Spring	30 g/hm ² 空白对照 CK	11.50 13.50	0.50 15.50	96.21±2.14a --	0.25 13.00	97.74±3.22a --
2011 年秋 2011 Autumn	30 g/hm ² 空白对照 CK	7.50 9.50	0.25 8.50	96.27±1.78a --	0.50 10.00	93.67±4.13a --
2012 年春 2012 Spring	30 g/hm ² 空白对照 CK	10.50 11.75	0.75 11.50	92.70±3.12a --	0.50 12.00	95.34±1.65a --
2012 年秋 2012 Autumn	30 g/hm ² 空白对照 CK	7.50 10.25	0.25 9.50	96.40±2.25a --	0.50 11.00	93.79±3.32a --
2013 年春 2013 Spring	30 g/hm ² 空白对照 CK	11.50 8.75	1.25 8.50	88.81±1.76a --	1.50 10.50	89.13±4.12a --
2013 年秋 2013 Autumn	30 g/hm ² 空白对照 CK	8.25 9.25	1.00 9.50	88.20±3.18a --	1.75 11.50	82.94±2.45ab --
2014 年春 2014 Spring	30 g/hm ² 空白对照 CK	10.25 9.75	2.50 11.50	79.32±2.91ab --	2.75 10.25	74.48±2.81b --
2014 年秋 2014 Autumn	30 g/hm ² 空白对照 CK	6.25 7.25	1.75 8.50	76.12±3.11ab --	2.00 8.25	71.88±4.02b --
2015 年春 2015 Spring	30 g/hm ² 空白对照 CK	9.25 9.00	2.25 8.50	74.24±2.76ab --	2.75 9.75	72.56±5.13b --
2015 年秋 2015 Autumn	30 g/hm ² 空白对照 CK	12.25 10.00	4.75 12.50	68.98±5.23b --	5.25 11.75	63.53±3.76 c --

同行数据后标有相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著 (Duncan's 多重比较法)。

Data followed by the same letters in the same row are not significantly different at the 0.05 level by Duncan's multiple range test.

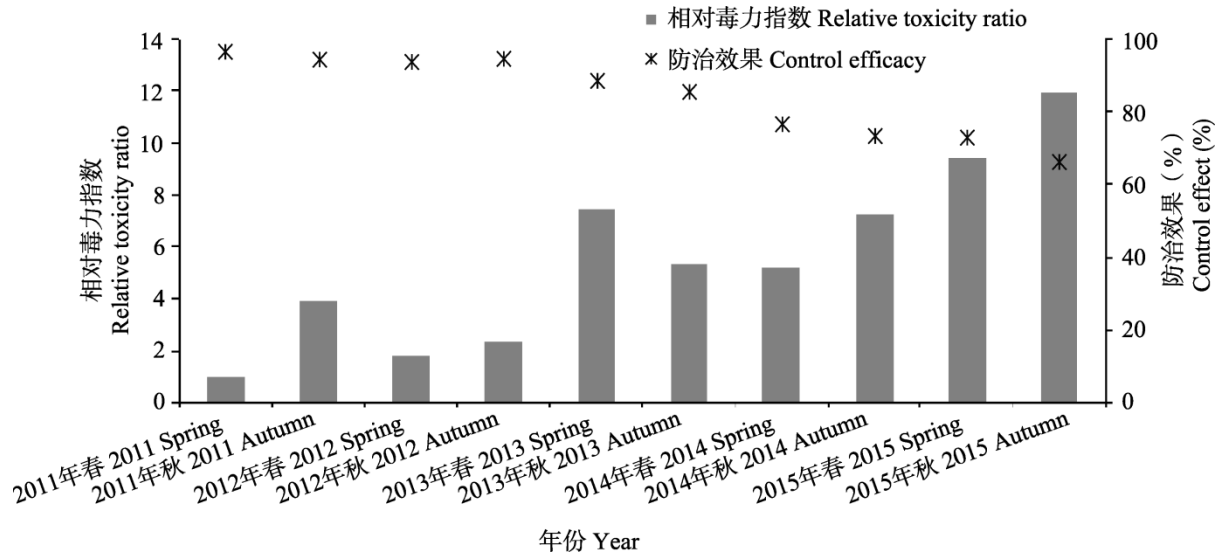


图 1 小菜蛾对氯虫苯甲酰胺的相对毒力指数与防治效果相关性

Fig. 1 The relationship of relative toxicity ratio and control efficacy of *Plutella xylostella* to chlorantraniliprole

图中防治效果为药后 3 d 和 7 d 平均值。

The value of control effect is average value of 3 d and 7 d after treatment.

氯虫苯甲酰胺具有全新的作用靶标,在药剂刚使用前 2 年敏感性不容易降低,田间使用推荐剂量下也保持较高的防治效果,但是随后敏感性下降速度加快。这与牛芳(2011)研究有相似之处:小菜蛾以每代 30%~50%的淘汰率筛选 10 代后,其对氯虫苯甲酰胺的抗性达 9 倍,而前面几代保持较低的抗性倍数。

氯虫苯甲酰胺推荐剂量下田间防治效果从 2011 的 95%以上防治效果下降到 65%,一方面说明保护靶标敏感性延缓其抗性发生则是目前氯虫苯甲酰胺应用于小菜蛾防治中的首要问题。同时由于抗氯虫苯甲酰胺小菜蛾存在适合度的缺陷,因此药剂轮用应是延缓抗性的重要手段,有必要对氯虫苯甲酰胺进行连续的抗药性监测,及时分析小菜蛾抗药性产生的原因,制定科学合理用药策略,保护延缓新型药剂的使用寿命(牛芳等,2011;尹艳琼等,2014);另一方也说明小菜蛾抗药性治理仅仅通过需求新的药剂靶标远远不够,抗性上升的速度远远大于新药剂研发的速度,应该实施有害生物综合治理(IPM)才能有效解决小菜蛾抗药性问题(冯夏等,2011)。

参考文献 (References)

Chai BS, Lin D, Liu YX, Liu CL, 2007. Recent advance on novel

insecticidal anthranilic diamides. *Agrochemicals*, 46(3): 148-153.

[柴宝山, 林丹, 刘远雄, 刘长令, 2007. 新型邻甲酰胺基苯甲酰胺类杀虫剂的研究进展. *农药*, 46(3): 148-153.]

Feng X, Li ZY, Wu QJ, Shen AD, Wu YD, Hou YM, He YR, Li JH, Xie SH, Zhang JM, Fu W, Ma CS, 2011. Research progress of the resistance management and sustainable control of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 247-253. [冯夏, 李振宇, 吴青君, 谯爱东, 吴益东, 侯有明, 何余容, 李建洪, 谢圣华, 章金明, 符伟, 马春森, 2011. 小菜蛾抗性治理及可持续防控技术研究与示范. *应用昆虫学报*, 48(2): 247-253.]

Niu F, Cui XQ, Wang KY, 2011. Development of resistance of *Plutella xylostella* to chlorantraniliprole and its fitness costs. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 13(5): 543-546. [牛芳, 崔新倩, 王开运, 2011. 小菜蛾对氯虫苯甲酰胺抗性发展趋势及其种群生物适合度代价初步研究. *农药学报*, 13(5): 543-546.]

Sayyed AH, Saeed S, Noor-ul-ane M, Crickmore N, 2008. Genetic, biochemical, and physiological characterization of spinosad resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.*, 101(5): 1658-1666.

Tabashnik BE, Cushing NL, 1987. Leaf residue vs. topical bioassays for assessing insecticide resistance in the diamondback moth (*Plutella xylostella* L.). *FAO Plant Protect. Bull.*, 35(1): 11-14.

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

- Yin YQ, Zhao XQ, Li XY, Chen AD, 2011. The relationship between susceptibility of *Plutella xylostella* to insecticides and resistance. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(2): 296–300. [尹艳琼, 赵雪晴, 李向永, 谌爱东, 2011. 小菜蛾对杀虫剂的敏感性与其抗药性的相关性. *应用昆虫学报*, 48(2): 296–300.]
- Yin YQ, Zhao XQ, Chen AD, Li XY, Wu QJ, Zhang YJ, 2014. Changing trends of resistance of *Plutella xylostella* field population to chlorantraniliprole in Yunnan Province. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 16(6): 746–750. [尹艳琼, 赵雪晴, 谌爱东, 李向永, 吴青君, 张友军, 2014. 云南省小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺的抗药性变化趋势. *农药学报*, 16(6): 746–750.]
- 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.