



桑 松, 舒本水, 胡美英, 等. 溴氰虫酰胺对斜纹夜蛾生长发育及繁殖的亚致死效应[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(5): 64-68.

# 溴氰虫酰胺对斜纹夜蛾生长发育及繁殖的亚致死效应

桑 松, 舒本水, 胡美英, 王 政, 钟国华

(天然农药与化学生物学教育部重点实验室/华南农业大学 资源与环境学院, 广东 广州 510642)

**摘要:**【目的】研究溴氰虫酰胺对斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius 亲代和  $F_1$  代生长发育和繁殖的影响。【方法】采用浸叶法, 确定溴氰虫酰胺对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的亚致死剂量  $LC_{20}$  和  $LC_{40}$ , 分别用该剂量处理斜纹夜蛾 3 龄幼虫, 观察其对斜纹夜蛾亲代和  $F_1$  代的亚致死效应。【结果和结论】经溴氰虫酰胺  $LC_{20}$  剂量  $0.04 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $LC_{40}$  剂量  $0.07 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  处理斜纹夜蛾 3 龄初期幼虫 72 h, 与对照相比, 幼虫从 3 龄到 6 龄的发育历期分别延长了 2.39 和 4.32 d, 化蛹率(分别为 78.67% 和 60.33%) 和羽化率(分别为 72.12% 和 61.28%) 均显著降低, 处理组雌、雄蛹质量均增加。  $LC_{40}$  处理组的单雌产卵量(1 356.67 粒) 和卵孵化率(59.26%) 显著低于对照, 而  $LC_{20}$  处理组的单雌产卵量和孵化率则与对照组差异不显著。药剂处理对蛹历期、成虫历期以及雌性比均没有显著影响。溴氰虫酰胺处理也同样延长了斜纹夜蛾  $F_1$  代幼虫的发育历期, 降低了化蛹率, 但对  $F_1$  代羽化率和单雌产卵量影响不大。研究结果可以为斜纹夜蛾的综合防治以及溴氰虫酰胺的合理使用提供理论依据。

**关键词:** 溴氰虫酰胺; 斜纹夜蛾; 亚致死剂量; 生长发育; 繁殖

中图分类号: S481.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2014)05-0064-05

## Sublethal effects of cyantraniliprole on the development and reproduction of the cabbage cutworm, *Spodoptera litura*

SANG Song, SHU Benshui, HU Meiyang, WANG Zheng, ZHONG Guohua

(Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology, Ministry of Education of China/College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:**【Objective】To study the effects of sublethal doses cyantraniliprole on the development and reproduction of *Spodoptera litura* in parental and  $F_1$  generations. 【Method】The sublethal doses including both  $LC_{20}$  and  $LC_{40}$  were estimated by the leaf-dipping method and the sublethal effects were investigated in parental and  $F_1$  generations under laboratory conditions. 【Result and conclusion】When the 3rd instar *S. litura* larvae were exposed to  $LC_{20}$  and  $LC_{40}$  of cyantraniliprole on an arum leaf, *Colocasia esculenta* (L.) Schott for 72 h, the larvae duration from 3rd instar to 6th instar period increased by 2.39 and 4.32 d respectively, and the pupation rate (78.67%, 60.33%) and emergence rate (72.12%, 61.28%) were significantly lower than those of the control groups. Meanwhile, both the male and female pupal mass increased. Compared to the control groups, the laid eggs per female and the hatched rate significantly reduced in the  $LC_{40}$  group, but those did not occur in the  $LC_{20}$  group. No significant differences in pupal duration, sex ratio, and longevity of adults were observed in the treatment exposed to  $LC_{20}$  or  $LC_{40}$  dosages. The parent *S. litura* exposed to  $LC_{20}$  and  $LC_{40}$  doses of cyantraniliprole also extended the develop-

收稿日期: 2013-11-19 优先出版时间: 2014-07-17

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20140717.0907.019.html>

作者简介: 桑 松 (1988—), 男, 硕士研究生, E-mail: sangsong13@163.com; 通信作者: 钟国华 (1973—), 男, 教授, 博士, E-mail: guohuazhong@scau.edu.cn

基金项目: 广东省科技计划项目 (2012A020100009)

<http://xuebao.scau.edu.cn>

ment duration in  $F_1$  generation larvae and reduced the pupation rate, with no significant influence on the emergence rate and the laying eggs per female. These results provide the theoretical basis for developing integrated pest management program for *S. litura* and the rational use of cyantraniliprole.

**Key words:** cyantraniliprole; *Spodoptera litura*; sublethal dose; growth and development; reproduction

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* Fabricius, 又名莲纹夜蛾, 属鳞翅目夜蛾科, 是一种杂食性、暴食性的重要农业害虫, 寄主植物达 109 科 389 种(含变种), 在气候和食物适宜时, 能在较短时间内给农作物造成重大损失<sup>[1]</sup>. 斜纹夜蛾在中国各地均有发生, 淮河以南温暖地区发生较多, 而长江中下游及华南地区则常年发生严重<sup>[2-3]</sup>. 长期以来, 国内外对斜纹夜蛾的防治以化学农药为主, 但目前该虫对一些常规药剂以及多种作用机制独特的新型药剂均产生了抗药性<sup>[4]</sup>.

溴氰虫酰胺是美国杜邦公司继氯虫苯甲酰胺后开发的新型邻氨基苯甲酰胺类杀虫剂, 能高效激活昆虫鱼尼丁受体, 使横纹肌和平滑肌细胞内钙离子释放通道持续开启, 腔内钙离子迅速下降, 从而导致害虫麻痹死亡<sup>[5]</sup>. 与氯虫苯甲酰胺相比, 溴氰虫酰胺更高效, 适用作物更广泛, 既能防治咀嚼式口器害虫<sup>[6]</sup>, 又能防治刺吸式口器害虫<sup>[7]</sup>, 包括鳞翅目、半翅目以及鞘翅目害虫, 而且对非靶标的节肢类动物选择性良好, 环境安全性强<sup>[8]</sup>, 非常适合害虫的综合防治和抗性治理, 该药已在国内获得临时登记.

溴氰虫酰胺应用于防治农业害虫的研究, 目前主要集中在室内生物活性测定以及田间药效上<sup>[9-10]</sup>, 毒理机制研究相对较少, 而溴氰虫酰胺对斜纹夜蛾的亚致死效应国内外鲜见报道. 杀虫剂施于田间后, 除了直接杀死靶标害虫外, 由于个体接触药量的差异以及随着时间的推移, 部分个体接触到的剂量不足以使其死亡, 从而产生亚致死效应, 造成昆虫生态行为的变化、生长发育和生殖力的改变以及抗药性的发展等<sup>[11-12]</sup>. 本文研究了溴氰虫酰胺亚致死剂量处理对斜纹夜蛾亲代和  $F_1$  代生长发育和繁殖力的影响, 为斜纹夜蛾的综合防治以及溴氰虫酰胺的合理使用提供理论依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫及药剂

供试斜纹夜蛾为室内人工饲料饲养品系. 人工饲料配方为: 黄豆粉 100 g、麦麸 80 g、酵母粉 26 g、干酪素 8 g、维生素 C 8 g、氯化胆碱 1 g、山梨酸 2 g、胆固醇 0.2 g、肌醇 0.2 g、琼脂 26 g、水 1 L. 饲养条件: 光照培养箱条件控制, 温度  $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$ , 光照周期为 16 h 暗: 8 h 光, 相对湿度 60% ~ 80%. 饲养期间未接

触任何药剂, 以大小一致的斜纹夜蛾 3 龄初期幼虫作为供试虫源. 97% (*w*) 溴氰虫酰胺原药由先正达公司提供, TritonX-100 购自上海生工生物工程股份有限公司.

### 1.2 $LC_{20}$ 和 $LC_{40}$ 剂量的确定

$LC_{20}$  和  $LC_{40}$  值采用浸叶法测定<sup>[13]</sup>. 用 *w* 为 0.05% 的 TritonX-100 配制所需的溴氰虫酰胺(浓度分别为 1.00、0.50、0.25、0.125、0.062 5 和 0.031 25  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 以不含溴氰虫酰胺的 TritonX-100 作为对照. 将新鲜、干净的芋头叶片浸入药液 10 s 后取出, 室温晾干(1.0 ~ 1.5 h). 将晾干后的叶片(6 cm × 6 cm)置于直径为 9 cm 的塑料培养皿内, 每皿接入大小一致的 3 龄初期幼虫 10 头. 每个重复 20 头幼虫, 每个处理 3 个重复, 72 h 后检查幼虫死亡情况, 毛笔轻触虫体, 虫体无活动者视为死亡. 用 DPS 软件计算  $LC_{20}$  和  $LC_{40}$  值.

### 1.3 溴氰虫酰胺对斜纹夜蛾亲代生长发育和繁殖的影响

根据 1.2 的结果, 用 *w* 为 0.05% 的 TritonX-100 配制所需溴氰虫酰胺  $LC_{20}$  和  $LC_{40}$ , 以不含溴氰虫酰胺的 TritonX-100 作为对照. 将洗干净的芋头叶片浸入对照和药液处理组中, 10 s 后取出, 室温晾干. 将晾干后的叶片(6 cm × 6 cm)放入直径为 9 cm 的培养皿, 每皿接入斜纹夜蛾 3 龄初期幼虫 10 头. 每个重复 100 ~ 150 头 3 龄初期幼虫, 每个处理 3 个重复, 然后置于光照培养箱中. 每个处理分别称量单个培养皿中单头幼虫体质量(每皿 10 头), 3 个重复, 称量用药 48 h 后的幼虫体质量. 72 h 后统计幼虫死亡情况, 并用毛笔将存活的幼虫全部接入含新鲜人工饲料的指形管中(1 头 · 管<sup>-1</sup>, 每管含有人工饲料 12 ~ 13 mL), 待化蛹后, 每天收集记录蛹数和收蛹时间, 分雌雄记录蛹个数, 并逐个称量 2 日龄蛹的质量, 最后将雌雄蛹放入铺有干净面巾纸的塑料微波炉盒内, 待其羽化, 计算羽化率. 将各个处理同一天羽化的雌雄成虫随机单对配对(每个处理 15 对雌雄虫), 放入用 A4 纸自制的产卵杯中(杯高 20 cm、直径 9 cm), 下面铺有含有  $\varphi$  为 10% 蜂蜜水的脱脂棉供其补充营养, 每天将有卵的白纸剪下待孵化, 并换取新的白纸及营养液, 收集记录单对雌雄虫每日产卵量, 直至成虫死亡, 待卵孵化时观察记录其孵

化数.

#### 1.4 溴氰虫酰胺亚致死剂量处理对斜纹夜蛾 $F_1$ 代的影响

每个处理挑取 360 头初孵幼虫作为子代进行研究,每个重复 120 头,重复 3 次,将初孵幼虫挑入含有新鲜人工饲料的指形管内饲养,每管 1 头,每天观察记录幼虫的蜕皮及死亡情况,参照刘家莉等<sup>[14]</sup>的方法推导幼虫各龄期历期,待化蛹后,将雌雄蛹分开,并逐个称量蛹 2 日龄蛹质量,待羽化后,按照 1.3 的方法饲养成虫,记录羽化情况、产卵量等.

#### 1.5 数据处理

毒力测定分析采用 DPS 软件,方差分析采用 SPSS 19.0 软件的 Compare Means One-way ANOVA 过程分析.

## 2 结果与分析

### 2.1 $LC_{20}$ 和 $LC_{40}$ 剂量测定结果

斜纹夜蛾对溴氰虫酰胺毒力的生测结果(置信限均为 95%)表明,溴氰虫酰胺对斜纹夜蛾 72 h 的  $LC_{50}$  为 0.079 0(0.068 2 ~ 0.091 5)  $mg \cdot L^{-1}$ ,  $LC_{20}$  和  $LC_{40}$  分别为 0.033 4(0.027 8 ~ 0.040 5) 和 0.061 1(0.052 4 ~ 0.071 2)  $mg \cdot L^{-1}$ . 当分别用  $LC_{20}$  和  $LC_{40}$  的最高剂量 0.04、0.07  $mg \cdot L^{-1}$  处理斜纹夜蛾 3 龄初期幼虫时(每个浓度 120 头,3 个重复),校正死亡率分别为 19.17% 和 41.08%,符合试验设计预期的亚致死目标.

### 2.2 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾幼虫体质量及蛹质量的影响

从表 1 可知,亚致死剂量的溴氰虫酰胺对斜纹

夜蛾幼虫体质量和蛹质量均有显著影响. 经溴氰虫酰胺  $LC_{20}$  和  $LC_{40}$  剂量处理 3 龄初期幼虫 48 h 后,幼虫平均体质量分别为 4.58 和 3.52 mg,分别为对照组的 43.39% 和 56.49%,可见亚致死剂量的溴氰虫酰胺显著抑制了斜纹夜蛾幼虫的生长,并且表现出剂量依赖效应;在蛹质量方面, $LC_{20}$  和  $LC_{40}$  处理组均增加了雌雄蛹的质量, $LC_{40}$  处理组的雌雄蛹质量与对照组相比均存在显著性差异.

表 1 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾幼虫体质量及蛹质量的影响<sup>1)</sup>

Tab. 1 Effects of sublethal concentration of cyantraniliprole on the mass of larve and pupal of *Spodoptera litura*

处理	$m_{幼虫}/mg$		$m_{蛹}/mg$	
	初始	48 h 后	雌	雄
CK	2.45 ± 0.090a	8.09 ± 0.12a	432.32 ± 11.41a	377.33 ± 8.04a
$LC_{20}$	2.54 ± 0.040a	4.58 ± 0.16b	463.17 ± 12.03b	388.33 ± 10.58a
$LC_{40}$	2.58 ± 0.049a	3.52 ± 0.13c	470.70 ± 13.89b	415.37 ± 16.27b

1) 同列数据后凡具有一个相同字母者表示差异不显著 ( $P > 0.05$ , Duncan's 法).

### 2.3 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾生长发育的影响

由表 2 可知,亚致死剂量溴氰虫酰胺对斜纹夜蛾生长发育具有明显的影响. 溴氰虫酰胺  $LC_{20}$  和  $LC_{40}$  剂量处理后,斜纹夜蛾幼虫历期(3 龄到 6 龄)显著延长,分别比对照组延长了 2.39 和 4.32 d. 相比于对照,雌雄蛹历期也有所延长但差异不显著.  $LC_{20}$  和  $LC_{40}$  处理组的化蛹率和羽化率显著低于对照组,而且  $LC_{40}$  处理组化蛹率显著低于  $LC_{20}$  处理,但对性别比例无显著影响,可见溴氰虫酰胺亚致死剂量显著抑制斜纹夜蛾的生长发育,并且表现出剂量依赖效应.

表 2 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾生长发育的影响<sup>1)</sup>

Tab. 2 Effects of sublethal concentration of cyantraniliprole on the development of *Spodoptera litura*

处理	幼虫历期 <sup>2)</sup> /d	化蛹率/%	蛹历期/d		羽化率/%	雌性比/%
			雌	雄		
CK	10.44 ± 0.33a	91.67 ± 1.53a	9.26 ± 0.51a	10.26 ± 0.57a	88.61 ± 1.53a	51.06a
$LC_{20}$	12.83 ± 0.43b	78.67 ± 2.08b	9.27 ± 0.53a	10.29 ± 0.53a	72.12 ± 4.72b	52.84a
$LC_{40}$	14.76 ± 0.54c	60.33 ± 2.51c	9.39 ± 0.56a	10.45 ± 0.65a	61.28 ± 5.85c	48.30a

1) 同列数据后凡具有一个相同字母者表示差异不显著 ( $P > 0.05$ , Duncan's 法); 2) 历期指 3 ~ 6 龄幼虫所经历的时间.

### 2.4 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾繁殖力的影响

由表 3 可以看出亚致死剂量的溴氰虫酰胺处理斜纹夜蛾 3 龄初期幼虫对成虫历期的影响不大,两处理组与对照组相比均差异不显著,但各组中的雌雄虫历期具有一定的差异.  $LC_{20}$  处理组单雌产卵量为

1 846.67 粒,孵化率为 77.07%,与对照组相比均差异不显著;而  $LC_{40}$  处理组的单雌产卵量为 1 356.67 粒,孵化率为 59.26%,均显著低于对照组. 可见溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾亲代生殖力的影响与具体剂量有关,较低剂量(如  $LC_{20}$ )可能影响较小,而较高剂量(如  $LC_{40}$ )时才可能有较明显的影响.

表3 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾繁殖的影响<sup>1)</sup>

Tab.3 Effects of sublethal concentration of cyantraniliprole on moth longevity and reproduction of *Spodoptera litura*

处理	成虫历期/d		单雌产卵量/粒	孵化率/%
	雄	雌		
CK	8.73 ± 1.12a	9.33 ± 0.96a	2 003.33 ± 205.26a	76.42 ± 3.37a
LC <sub>20</sub>	8.60 ± 1.05a	9.13 ± 1.06a	1 846.67 ± 212.21a	77.07 ± 4.65a
LC <sub>40</sub>	8.53 ± 1.40a	9.06 ± 1.40a	1 356.67 ± 218.25b	59.26 ± 4.57b

1) 同列数据后凡具有一个相同字母者表示差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's 法)。

2.5 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾 F<sub>1</sub> 代生长发育的影响

由表4可知,以 LC<sub>20</sub> 剂量处理斜纹夜蛾亲代后,其产生的 F<sub>1</sub> 代幼虫各龄期均有所延长,除了1龄期外,其它各龄期均显著高于对照组 ( $P < 0.05$ ),其中对4龄幼虫历期影响最大,由1.90 d 延长至2.50 d; 经 LC<sub>40</sub> 处理的亲代其 F<sub>1</sub> 代幼虫各龄期均显著高于

对照组,而且其1龄到4龄各龄期历期也显著高于 LC<sub>20</sub> 处理组 ( $P < 0.05$ ). LC<sub>20</sub> 和 LC<sub>40</sub> 处理组 F<sub>1</sub> 代的化蛹率仅为 59.03% 和 49.25%,显著低于对照组化蛹率 75.90%; 但对 F<sub>1</sub> 代雌雄蛹质量影响不大,仅 LC<sub>40</sub> 处理组 F<sub>1</sub> 代的雌蛹质量显著高于对照组; 溴氰虫酰胺以 LC<sub>20</sub> 和 LC<sub>40</sub> 剂量处理斜纹夜蛾,对其 F<sub>1</sub> 代的羽化率和单雌产卵量均无显著影响(表5)。

表4 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾 F<sub>1</sub> 代幼虫各龄历期的影响<sup>1)</sup>

Tab.4 Effects of sublethal concentration of cyantraniliprole on F<sub>1</sub> larvae duration development of *Spodoptera litura*

处理	幼虫发育历期/d					
	1龄期	2龄期	3龄期	4龄期	5龄期	6龄期
CK	3.01 ± 0.05a	2.68 ± 0.02a	1.57 ± 0.06a	1.90 ± 0.06a	2.58 ± 0.12a	3.68 ± 0.03a
LC <sub>20</sub>	3.12 ± 0.05a	2.80 ± 0.05b	1.70 ± 0.04b	2.50 ± 0.11b	2.96 ± 0.06b	3.89 ± 0.06b
LC <sub>40</sub>	3.34 ± 0.07b	3.03 ± 0.07c	2.00 ± 0.07c	2.78 ± 0.05c	3.09 ± 0.08b	3.96 ± 0.08b

1) 同列数据后凡具有一个相同字母者表示差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's 法)。

表5 溴氰虫酰胺亚致死剂量对斜纹夜蛾 F<sub>1</sub> 代化蛹率、蛹质量、羽化率、单雌产卵量的影响<sup>1)</sup>

Tab.5 Effects of sublethal concentration of cyantraniliprole on pupation rate, pupal mass, emergence rate and number of eggs laid in the F<sub>1</sub> generation of *Spodoptera litura*

处理	化蛹率/%	m <sub>蛹</sub> /mg		羽化率/%	单雌产卵量/粒
		雌	雄		
CK	75.90 ± 2.48a	429.62 ± 10.65a	371.27 ± 7.72a	86.12 ± 2.58a	1 882.33 ± 232.26a
LC <sub>20</sub>	59.03 ± 3.63b	434.97 ± 12.15ab	374.54 ± 6.56a	85.30 ± 2.60a	1 676.80 ± 356.50a
LC <sub>40</sub>	49.25 ± 4.23c	453.38 ± 9.26b	381.93 ± 7.46a	84.59 ± 3.26a	1 735.60 ± 275.90a

1) 同列数据后凡具有一个相同字母者表示差异不显著( $P > 0.05$ , Duncan's 法)。

3 讨论与结论

亚致死效应的研究对于指导新农科学使用、延缓昆虫抗药性、避免害虫再猖獗等都有重要意义。随着氯虫苯甲酰胺高抗害虫田间种群的出现<sup>[15-16]</sup>, 溴氰虫酰胺的使用将越来越广泛,其亚致死效应的研究对于预防和延缓害虫抗药性发展具有重要价值。本研究表明溴氰虫酰胺亚致死剂量 LC<sub>20</sub> (0.04 mg · L<sup>-1</sup>) 和 LC<sub>40</sub> (0.07 mg · L<sup>-1</sup>) 对斜纹夜蛾亲代和 F<sub>1</sub> 代的生长发育均有显著影响。溴氰虫酰胺处理过的幼虫生长发育受到严重抑制,主要体现在虫体质量显著减轻、发育历期显著延长、化蛹率和羽化率显著降低等方面,虽然对子代的羽化率影响不大,但

足已证明 LC<sub>20</sub> 和 LC<sub>40</sub> 剂量的溴氰虫酰胺能显著地降低斜纹夜蛾的种群数量。

亚致死浓度氯虫苯甲酰胺能使小菜蛾幼虫体质量降低,幼虫期延长,化蛹率降低等<sup>[17]</sup>,这与本文研究结果相似。Lai 等<sup>[18]</sup> 研究发现氯虫苯甲酰胺低剂量处理改变了甜菜夜蛾蛹的质量分布频率,并推测可能与氯虫苯甲酰胺处理增加了超龄幼虫出现的几率有关,而本研究发现经亚致死剂量溴氰虫酰胺处理后,斜纹夜蛾亲代的雌雄平均蛹质量均显著增加,但并没有出现超龄的幼虫,这可能与药剂处理后淘汰了体弱的个体,能存活下来的个体一般身体比较强壮以及由于幼虫的生长发育历期延长,减缓了幼虫向蛹的变态发育有关。此外,值得注意的是,溴氰

虫酰胺 LC<sub>20</sub>和 LC<sub>40</sub>剂量处理能使斜纹夜蛾的活动能力减弱,一旦停止喂毒可很快恢复,这可能与药剂处理后幼虫快速停止取食、麻痹而出现饥饿症状有关<sup>[19]</sup>。

某些药剂的亚致死剂量能促进害虫种群的增长,表现为刺激害虫的生殖,从而引发害虫的再猖獗,例如吡虫啉和印楝素能刺激桃蚜的生殖<sup>[20]</sup>,多杀菌素和氰戊菊酯能导致小菜蛾繁殖力的增强<sup>[21-22]</sup>。本研究结果表明 LC<sub>20</sub>处理组对斜纹夜蛾亲代和 F<sub>1</sub>代的繁殖力影响均不大,只对亲代的产卵量有稍微影响;LC<sub>40</sub>处理组对斜纹夜蛾亲代繁殖力影响较大,单雌产卵量和卵的孵化率均显著低于对照组,而对 F<sub>1</sub>代单雌产卵量影响不大。这些结果是否预示着溴氰虫酰胺亚致死剂量引发斜纹夜蛾种群再猖獗的可能性更小?由于本研究仅对斜纹夜蛾3龄幼虫进行药剂处理,还有必要对斜纹夜蛾低龄幼虫以及成虫进行药剂处理,且有必要对更低浓度(<LC<sub>20</sub>)以及更多代进行更深层次的研究。

#### 参考文献:

- [1] 秦厚国,汪笃栋,丁建,等.斜纹夜蛾寄主植物名录[J].江西农业学报,2006,18(5):51-58.
- [2] 周忠实.斜纹夜蛾种群控制的研究概况[J].昆虫知识,2009,46(3):354-361.
- [3] 陈斌,周小毛,柏连阳,等.斜纹夜蛾防治研究进展[J].江西农业学报,2008,20(3):52-54.
- [4] 桑松,王政,齐江卫,等.斜纹夜蛾抗性研究进展[J].环境昆虫学报,2013,35(6):804-810.
- [5] 郑雪松,赖添财,时立波,等.双酰胺类杀虫剂应用现状[J].农药,2012,51(8):554-557.
- [6] HARDKE J T, TEMPLE J H, LEONARD B R, et al. Laboratory toxicity and field efficacy of selected insecticides against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Fla Entomol, 2011, 94(2): 272-278.
- [7] LI X, DEGAIN B A, HARPOLD V S, et al. Baseline susceptibilities of B- and Q-biotype *Bemisia tabaci* to anthranilic diamides in Arizona [J]. Pest Manag Sci, 2012, 68(1): 83-91.
- [8] 杨桂秋,黄琦,陈霖,等.新型杀虫剂溴氰虫酰胺研究概述[J].世界农药,2012,34(6):19-21.
- [9] 杜军辉,于伟丽,王猛,等.三种双酰胺类杀虫剂对小地老虎和蚯蚓的选择毒性[J].植物保护学报,2013,40(3):266-272.
- [10] TIWARI S, STELINSKI L L. Effects of cyantraniliprole, a novel anthranilic diamide insecticide, against Asian citrus psyllid under laboratory and field conditions [J]. Pest Manag Sci, 2013, 69(9): 1066-1072.
- [11] 韩文素,王丽红,孙姗姗,等.杀虫剂对昆虫的亚致死效应的研究进展[J].中国植保导刊,2011,31(11):15-20.
- [12] DESNEUX N, RAFALMANANA H, KAISER L. Dose-response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi* [J]. Chemosphere, 2004, 54(5): 619-627.
- [13] SAYYED A H, AHMAD M, SALEEM M A. Cross-resistance and genetics of resistance to indoxacarb in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. J Econ Entomol, 2008, 101(2): 472-479.
- [14] 刘家莉,杨斌,陆永跃,等.改进实验种群生命表编制的方法:以黑肩绿盗盲蝽为例[J].生态学报,2009,29(6):3206-3212.
- [15] WANG X, WU Y. High levels of resistance to chlorantraniliprole evolved in field populations of *Plutella xylostella* [J]. J Econ Entomol, 2012, 105(3): 1019-1023.
- [16] TROCZKA B, ZIMMER C T, Elias J, et al. Resistance to diamide insecticides in diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) is associated with a mutation in the membrane-spanning domain of the ryanodine receptor [J]. Insect Biochem Mol Biol, 2012, 42(11): 873-880.
- [17] GUO L, DESNEUX N, SONODA S, et al. Sublethal and transgenerational effects of chlorantraniliprole on biological traits of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. [J]. Crop Prot, 2013, 48: 29-34.
- [18] LAI T, SU J. Effects of chlorantraniliprole on development and reproduction of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) [J]. J Pest Sci, 2011, 84(3): 381-386.
- [19] HANNIG G T, ZIEGLER M, MARÇON P G. Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups [J]. Pest Manag Sci, 2009, 65(9): 969-974.
- [20] CUTLER G C, RAMANAIDU K, ASTATKIEC T, et al. Green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), reproduction during exposure to sublethal concentrations of imidacloprid and azadirachtin [J]. Pest Manag Sci, 2009, 65(2): 205-209.
- [21] YIN X H, WU Q J, LI X F, et al. Demographic changes in multigeneration *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) after exposure to sublethal concentration of spinosad [J]. J Econ Entomol, 2009, 102(1): 357-365.
- [22] FUJIWARA Y, TAKAHASHI T, YOSHIOKA T, et al. Changes in egg size of the diamondback moth *Plutella xylostella* treated with fenvalerate at sublethal doses and viability of the eggs [J]. Appl Entom Zoo, 2002, 37(1): 103-109.