

# 四氯虫酰胺与 3 种助剂混配对棉铃虫的防治效果

李维政<sup>1</sup>, 梁 赫<sup>1</sup>, 秦子昕<sup>1</sup>, 温雪梅<sup>1</sup>, 何翔宇<sup>1</sup>, 岳 磊<sup>1</sup>,  
王冬梅<sup>2</sup>, 赵娜娜<sup>1</sup>, 路 伟<sup>1\*</sup>

(1. 新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院植物保护研究所, 乌鲁木齐 830091)

**摘要** 棉铃虫是为害棉花的主要害虫, 给棉花生长造成严重影响。为筛选出四氯虫酰胺防治棉铃虫的最佳浓度和最适助剂, 本文以四氯虫酰胺作为试验药剂, 氯虫苯甲酰胺为对照药剂, 青皮橘油、Silwet 408、甲基化植物油为农药助剂, 采用人工饲料混药法进行室内毒力测定, 并进行田间药效试验。室内毒力测定结果表明, 四氯虫酰胺对棉铃虫 3 龄幼虫的 72 h  $LC_{50}$  为  $0.061 \mu\text{g/mL}$ , 低于氯虫苯甲酰胺; 四氯虫酰胺减量 30% 后与青皮橘油、Silwet 408、甲基化植物油混配能够起到明显的增效作用, 增效比分别为 1.91、1.33、1.13。田间药效试验结果显示, 在药后 7 d 内, 10% 四氯虫酰胺悬浮剂在推荐剂量下对棉铃虫的防效为 64.84%~85.53%, 与 20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂推荐剂量相当, 10% 四氯虫酰胺悬浮剂+青皮橘油的防效为 86.30%~95.56%, 表现出较好的速效性, 且增效作用优于其他组合。由此建议使用四氯虫酰胺防治棉铃虫时, 在推荐用药量基础上减量 30% 后再与青皮橘油混配进行防治, 能够实现农药减施增效的目的。

**关键词** 四氯虫酰胺; 助剂; 棉铃虫; 药效评价; 毒力测定

**中图分类号:** S 482.92 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2022293

## The control efficacy of tetrachlorantraniliprole mixed with three adjuvants against *Helicoverpa armigera*

LI Weizheng<sup>1</sup>, LIANG He<sup>1</sup>, QIN Zixin<sup>1</sup>, WEN Xuemei<sup>1</sup>, HE Xiangyu<sup>1</sup>, YUE Lei<sup>1</sup>,  
WANG Dongmei<sup>2</sup>, ZHAO Nana<sup>1</sup>, LU Wei<sup>1\*</sup>

(1. College of Agriculture, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China;

2. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

**Abstract** *Helicoverpa armigera* (Hübner) is the main pest that damages cotton, which has a serious impact on cotton growth. In order to screen out the best concentration and the most suitable adjuvant for tetrachlorantraniliprole for controlling *H. armigera*, tetrachlorantraniliprole was used as the test agent, chlorantraniliprole was used as the control agent, and GPOO, Silwet 408 and MVO were used as synergists. The indoor toxicity test was performed by using artificial diet mixture method, and the field efficacy was tested. The results of indoor toxicity test showed that the  $LC_{50}$  value of tetrachlorantraniliprole to the 3rd-instar *H. armigera* were  $0.061 \mu\text{g/mL}$  after treatment for 72 h, which was lower than that of chlorantraniliprole. After reduction of tetrachlorantraniliprole by 30%, an obvious synergistic effect appeared when it was mixed with GPOO, Silwet 408, and MVO, and the synergistic ratios were 1.91, 1.33, and 1.13, respectively. The results of field efficacy test showed that, within 7 days after treatment, the control efficacy of tetrachlorantraniliprole 10% SC was between 64.84% and 85.53%, which was equivalent to that of chlorantraniliprole 20% SC at the recommended dose. The control efficacy of tetrachlorantraniliprole 10% SC + GPOO was between 86.30% and 95.56%, showing a good quick effect, and the synergistic effect was better than other combinations. Therefore, it is suggested that, when using tetrachlorantraniliprole to control *H. armigera*, reducing the dosage by 30% on the basis of the recommended dosage and then mixing it with GPOO can achieve the purpose of reducing pesticide use

收稿日期: 2022-05-20 修订日期: 2022-06-24

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0201903); 国家自然科学基金(31660520); 新疆农业科学院科技创新重点培育专项(xjkcpy-202004)

\* 通信作者 E-mail: teerakon@sina.com

and increasing efficiency.

**Key words** tetrachlorantraniliprole; adjuvant; *Helicoverpa armigera*; efficacy evaluation; toxicity determination

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 是棉花生长过程中的重要虫害之一,棉铃虫主要发生在棉花生长的中后期,幼虫主要为害棉花的繁殖器官,造成蕾、花及铃的大量脱落和烂铃,如果防治失时,蕾铃脱落率可达 50% 以上,对棉花生长造成巨大的破坏,同时也给棉花产业造成不可估量的经济损失<sup>[1]</sup>。

当前,化学防治仍然是棉田害虫防治的重要途径之一。常用的药剂种类主要有氯虫苯甲酰胺、阿维菌素和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐等<sup>[2]</sup>。但在棉铃虫实际防治过程中,由于农民对化学防治的过分依赖,且经常过量使用杀虫剂,致使棉铃虫在很短的时间内就发展出较高的抗药性水平<sup>[3]</sup>。因此,如何在保证防治效果的同时减少农药的使用量,延缓害虫抗药性的产生,是农业绿色发展的关键。有研究表明,在农药中加入助剂能够明显改善农药的理化性质,使药液能够均匀分布并附着在叶片上,避免因药液漂移和挥发而导致药效减弱<sup>[4]</sup>。同时部分助剂可破坏害虫表皮结构,使农药能够更快进入害虫体内,进而起到延长农药持效期、增强药效、减少使用量等作用,最终达到延缓害虫抗药性发展的目的<sup>[5]</sup>。

青皮橘油是一种天然的植物提取物,它的主要成分是 D-柠檬烯,有研究显示,吡虫啉和啉虫脒减量 30% 再与 1 500 倍青皮橘油混配后,对棉蚜有很好的防治效果,增效比分别达到 36.213、17.202<sup>[6]</sup>。有机硅助剂主要是通过降低水性农药的表面张力,增加农药的润湿铺展和渗透能力,刘明月<sup>[7]</sup>研究发现氟啶虫胺胍与有机硅混配后,在减少 50% 水量和 30% 药量情况下,对烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 若虫的防治效果与单独施用氟啶虫胺胍推荐剂量相当。植物油助剂的主要特点是可再生、易获得、成本低,且对环境友好,陈立涛等<sup>[8]</sup>使用甲基化植物油与 5.7% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂混合对花生上棉铃虫进行防治,能够在保证防效的同时减少 10%~20% 的农药用量。

近几年来,有关双酰胺类杀虫剂对鳞翅目害虫生物活性的研究日益增加,同时为了减少农药的使用量,农药助剂也越来越受到关注。四氯虫酰胺对鳞翅目具有超高活性,且对哺乳动物类低毒,目前关于氯虫苯甲酰胺与助剂混配对棉铃虫的防治研究较多,但四氯虫酰胺和助剂混配防治棉铃虫的报道目

前还较少。因此本试验以四氯虫酰胺为试验药剂,氯虫苯甲酰胺作为对照药剂,用 Silwet 408、甲基化植物油(MVO)、青皮橘油(GPOO)3 种助剂与四氯虫酰胺混配对棉铃虫进行室内毒力测定和田间药效试验,旨在为四氯虫酰胺的全面安全使用评估,为实现棉田农药减施增效、确保棉区生态环境安全、支撑棉花产业绿色发展提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫及饲养

棉铃虫种群由河北省农林科学院植物保护研究所提供,扩繁期间未接触任何杀虫剂。棉铃虫在恒温恒湿光照箱中饲养,条件为温度( $26 \pm 1$ )℃,相对湿度( $70 \pm 10$ )%,光周期 L//D=14 h//10 h。

饲养流程:用 0 号毛笔将初孵幼虫接入含有人工饲料的 24 孔板中,用吹塑板加盖。5 盒一组用橡皮筋捆紧防止逃逸,待其长到 3 龄初期时再转移到含有人工饲料的进样瓶中,化蛹后将蛹取出消毒放入养虫笼,羽化后用 10% 糖水饲喂成虫,并在养虫笼顶部盖上白色纱布供其产卵。养虫所用的工具及器皿在使用前后严格消毒。

### 1.2 供试药剂

试验药剂:96.2% 四氯虫酰胺原药,沈阳化工研究院有限公司;10% 四氯虫酰胺悬浮剂,沈阳科创化学品有限公司。

对照药剂:96% 氯虫苯甲酰胺原药,20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂,美国杜邦公司。

助剂:甲基化植物油,新疆强农丰禾农业科技有限公司;青皮橘油,上海中锐化学有限公司;有机硅 Silwet 408,美国迈图高新材料集团。丙酮(分析纯),天津市致远化学试剂有限公司。

### 1.3 试验仪器

PSX-280H 恒温恒湿光照培养箱,宁波莱福科技有限公司;LE204E/02 电子天平(1/10 000),梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司 Q/320500 移液枪,百得实验室仪器(苏州)有限公司;3WBD-16L 背负式电动喷雾器,宏春园农业科技(沛县)有限公司。

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 室内毒力测定

采用人工饲料混药法进行四氯虫酰胺对棉铃虫

的室内毒力测定,以氯虫苯甲酰胺作为对照药剂,方法参照《农药室内生物测定试验准则杀虫剂第 10 部分:人工饲料混药法》<sup>[9]</sup>。棉铃虫的人工饲料配制方法参考梁革梅等<sup>[10]</sup>。在预试验的基础上,用丙酮将四氯虫酰胺和氯虫苯甲酰胺原药分别配制成母液,再用 0.1%吐温水溶液将四氯虫酰胺稀释为 0.01、0.02、0.04、0.08、0.16 μg/mL,将氯虫苯甲酰胺稀释为 0.02、0.04、0.08、0.016、0.32 μg/mL。0.1%吐温水溶液作为空白对照(有机溶剂含量不超过人工饲料的 1%)。在两种药剂的室内毒力测定设置药剂剂量基础上减量 30%,再分别用含 2 000 倍液助剂+0.1%吐温水溶液稀释,以 3 种助剂+0.1%吐温水溶液作为空白对照(有机溶剂含量不超过人工饲料的 1%)。从各处理的药液中各取 1 mL 药剂加入到 200 g 未凝固的人工饲料中搅拌均匀,将凝固的人工饲料切成 3 g 的块状放入加盖透气的进样瓶中,每个进样瓶中放入 1 头饥饿处理 4 h 后体重在 9~15 mg,健康且行动能力强的棉铃虫 3 龄幼虫。试验共设 44 个处理,每个处理 3 次重复,每次重复 20 头棉铃虫。

所有处理在 72 h 后检查死亡率,计算 LC<sub>50</sub>值和置信区间,并计算 3 种助剂在使用浓度(2 000 倍稀释液)下对棉铃虫的致死率。用镊子轻触虫体无反应或不能正常爬行、虫体发黑或停止生长视为死亡。

1.4.2 田间药效试验

田间药效试验在新疆昌吉华兴农场(44°15'N, 87°19'E)进行,试验地棉田土地平坦,肥力均匀,连续多年未使用过化学农药,只进行基本农事操作。种植棉花品种为常规棉‘NH13003’。

试验共设 7 个处理:10%四氯虫酰胺悬浮剂有效成分剂量(下同)45 g/hm<sup>2</sup>(推荐用药量),10%四氯虫酰胺悬浮剂 67.5 g/hm<sup>2</sup>(1.5 倍推荐用药量),10%四氯虫酰胺悬浮剂 31.5 g/hm<sup>2</sup>(70%推荐用药量)+甲基化植物油(2 000 倍液),10%四氯虫酰胺悬浮剂 31.5 g/hm<sup>2</sup>(70%推荐用药量)+Silwet 408(2 000倍液),10%四氯虫酰胺悬浮剂 31.5 g/hm<sup>2</sup>(70%推荐用药量)+青皮橘油(2 000 倍液),20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂 30 g/hm<sup>2</sup>(推荐用药量)作为施药对照,清水喷雾作为空白对照。每个处理设 4 次重复,共 28 个小区,各小区之间间隔 2 m 作为隔离带,每个小区约 20 m<sup>2</sup>,试验小区随机排列。

在棉铃虫 2~3 龄高峰期时进行施药试验,茎叶

均匀喷施,施药一次,每 667 m<sup>2</sup> 施药用水量 30 L。施药当天多云,16~31℃,无降水,西北风 2 级。

在试验前期进行田间虫口基数调查,施药后 1、3、7 d 再次调查,共调查 4 次。每小区五点取样,每点调查 10 株棉花,每个小区共调查 50 株棉花。分别计算比较各组处理的防效,并观察药剂对棉花是否产生药害。

1.5 数据分析

用 SPSS 20.0 软件进行数据处理,根据室内毒力测定结果计算四氯虫酰胺对棉铃虫 3 龄幼虫的毒力回归方程,致死中浓度(LC<sub>50</sub>)及相关参数。

增效比(SR)用 Entwistle<sup>[11]</sup>方法计算,增效比<1,无增效效果;增效比=1,增效不明显;增效比>1,增效明显。

增效比=  $\frac{\text{药剂对棉铃虫的 LC}_{50}}{\text{药剂+增效剂对棉铃虫的 LC}_{50}}$ ;

死亡率=  $\frac{\text{死亡虫数}}{\text{供试虫数}} \times 100\%$ ;

校正死亡率=  $\frac{\text{处理死亡率}-\text{对照死亡率}}{1-\text{对照死亡率}} \times 100\%$ ;

虫口减退率=

$\frac{\text{施药前虫口基数}-\text{施药后残存虫数}}{\text{施药前虫口基数}} \times 100\%$ ;

防效=

$\frac{\text{处理区虫口减退率}-\text{对照区虫口减退率}}{1-\text{对照区虫口减退率}} \times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 室内毒力测定结果

青皮橘油、甲基化植物油、Silwet 408 等 3 种助剂 2 000 倍稀释液处理后棉铃虫的校正死亡率分别为 3.51%、2.05%、2.05%(表 1),均低于 10%,表明 3 种助剂对棉铃虫没有明显的毒杀作用。

表 1 3 种助剂 2 000 倍稀释液对棉铃虫 3 龄幼虫的校正死亡率  
Table 1 Corrected mortality rates of three adjuvants against the 3rd-instar larva of *Helicoverpa armigera* at 2 000 times of dilution

| 助剂 Adjuvant | 处理时间/h<br>Processing time | 校正死亡率/%<br>Corrected mortality rate |
|-------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 青皮橘油 GPOO   | 72                        | 3.51                                |
| 甲基化植物油 MVO  | 72                        | 2.05                                |
| Silwet 408  | 72                        | 2.05                                |

试验结果(表 2)显示,随着施药时间延长,药物

毒力也随之增强,用人工饲料混药法测定四氯虫酰胺和氯虫苯甲酰胺对棉铃虫 3 龄幼虫 72 h 的胃毒  $LC_{50}$  分别为  $0.061\text{ }\mu\text{g/mL}$  和  $0.120\text{ }\mu\text{g/mL}$ ,结果显示四氯虫酰胺对棉铃虫的毒性大于氯虫苯甲酰胺。

四氯虫酰胺与 3 种助剂混配对棉铃虫 3 龄幼虫的毒力(表 3)大小为:四氯虫酰胺+青皮橘油>四氯虫酰胺+甲基化植物油>四氯虫酰胺+Silwet 408, $LC_{50}$  分别为  $0.032$ 、 $0.046$ 、 $0.054\text{ }\mu\text{g/mL}$ ,增

效比分别为 1.91、1.33、1.13,氯虫苯甲酰胺与 3 种助剂混配对棉铃虫 3 龄幼虫的  $LC_{50}$  分别为  $0.075$ 、 $0.093$ 、 $0.099\text{ }\mu\text{g/mL}$ ,增效比分别为 1.60、1.29、1.21,可以看出,两个药剂与 3 种助剂混配后的增效比均大于 1,增效明显,但青皮橘油对两种药剂防治棉铃虫的增效作用优于其他两个助剂,同时,青皮橘油对四氯虫酰胺的增效作用优于氯虫苯甲酰胺。

表 2 四氯虫酰胺和氯虫苯甲酰胺对棉铃虫 3 龄幼虫的室内毒力

| Table 2 Indoor toxicity of tetrachlorantraniliprole and chlorantraniliprole against the 3rd-instar larva of <i>Helicoverpa armigera</i> |                     |                                                |                                                                      |      |          |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|----------|--|
| 药剂<br>Insecticide                                                                                                                       | 斜率±标准误<br>$b\pm SE$ | $LC_{50}/$<br>$\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ | 95%置信区间/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$<br>95% confidence interval | $df$ | $\chi^2$ |  |
| 四氯虫酰胺 trachlorantraniliprole                                                                                                            | $2.534\pm 3.334$    | 0.061                                          | 0.05~0.08                                                            | 3    | 0.052    |  |
| 氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole                                                                                                              | $1.890\pm 0.445$    | 0.120                                          | 0.08~0.18                                                            | 3    | 0.134    |  |

表 3 四氯虫酰胺和氯虫苯甲酰胺与 3 种助剂混配对棉铃虫 3 龄幼虫的室内毒力

| Table 3 Indoor toxicity of tetrachlorantraniliprole and chlorantraniliprole mixed with three adjuvants against the 3rd-instar larva of <i>Helicoverpa armigera</i> |                                   |                     |                                                |                                                                      |      |          |                          |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|----------|--------------------------|--|
| 药剂<br>Insecticide                                                                                                                                                  |                                   | 斜率±标准误<br>$b\pm SE$ | $LC_{50}/$<br>$\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ | 95%置信区间/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$<br>95% confidence interval | $df$ | $\chi^2$ | 增效比<br>Synergistic ratio |  |
| 四氯虫酰胺+青皮橘油                                                                                                                                                         | trachlorantraniliprole+GPOO       | $2.835\pm 0.358$    | 0.032                                          | 0.025~0.039                                                          | 3    | 3.920    | 1.91                     |  |
| 四氯虫酰胺+甲基化植物油                                                                                                                                                       | trachlorantraniliprole+MVO        | $2.727\pm 0.350$    | 0.046                                          | 0.036~0.062                                                          | 3    | 0.447    | 1.33                     |  |
| 四氯虫酰胺+Silwet 408                                                                                                                                                   | trachlorantraniliprole+Silwet 408 | $2.235\pm 0.319$    | 0.054                                          | 0.041~0.075                                                          | 3    | 1.749    | 1.13                     |  |
| 氯虫苯甲酰胺+青皮橘油                                                                                                                                                        | chlorantraniliprole+GPOO          | $1.612\pm 0.314$    | 0.075                                          | 0.051~0.144                                                          | 3    | 0.110    | 1.60                     |  |
| 氯虫苯甲酰胺+甲基化植物油                                                                                                                                                      | chlorantraniliprole+MVO           | $1.485\pm 0.314$    | 0.093                                          | 0.059~0.221                                                          | 3    | 3.149    | 1.29                     |  |
| 氯虫苯甲酰胺+Silwet 408                                                                                                                                                  | chlorantraniliprole+Silwet 408    | $2.129\pm 0.363$    | 0.099                                          | 0.065~0.212                                                          | 3    | 0.910    | 1.21                     |  |

2.2 田间药效试验结果

10%四氯虫酰胺悬浮剂对棉铃虫的防治效果如表 4 所示。2 种药剂的 3 组处理对棉铃虫均表现出较好的防治效果,且观察发现四氯虫酰胺未对棉花造成药害。其中,10%四氯虫酰胺悬浮剂  $45\text{ g/hm}^2$  对棉铃虫的防治效果较好,持效期明显,药后 7 d 内防效为  $64.84\%\sim 85.53\%$ ,虫口减退率为  $69.44\%\sim 90.28\%$ 。10%四氯虫酰胺悬浮剂

$67.5\text{ g/hm}^2$  对棉铃虫的防治效果最好,防效为  $82.26\%\sim 94.00\%$ ,虫口减退率为  $85.00\%\sim 96.67\%$ ,其中药后 1 d 防效达到  $82.26\%$ ,均显著高于其他处理,表现出良好的速效性。20%氯虫苯甲酰胺悬浮剂  $30\text{ g/hm}^2$  防效为  $64.29\%\sim 94.00\%$ ,虫口减退率为  $69.37\%\sim 96.67\%$ ,药后 7 d 内与 10%四氯虫酰胺悬浮剂  $45\text{ g/hm}^2$  防效相当,均无显著性差异。

表 4 10%四氯虫酰胺悬浮剂对棉铃虫的田间防效<sup>1)</sup>

| Table 4 Field control efficacy of tetrachlorantraniliprole 10% SC against <i>Helicoverpa armigera</i> |                               |                                                                             |                                  |                                 |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 药剂<br>Insecticide                                                                                     |                               | 有效成分用量/<br>$\text{g}\cdot(\text{hm}^2)^{-1}$<br>Dosage of active ingredient | 虫口基数/头<br>Insect population base | 药后 1 d<br>1 day after treatment |                           |
|                                                                                                       |                               |                                                                             |                                  | 减退率/%<br>Reduction rate         | 防效/%<br>Control efficacy  |
| 10%四氯虫酰胺 SC                                                                                           | trachlorantraniliprole 10% SC | 45                                                                          | 40                               | $(69.44\pm 4.81)\text{b}$       | $(64.84\pm 4.24)\text{b}$ |
|                                                                                                       |                               | 67.5                                                                        | 52                               | $(85.00\pm 4.33)\text{a}$       | $(82.26\pm 7.02)\text{a}$ |
| 20%氯虫苯甲酰胺 SC                                                                                          | chlorantraniliprole 20% SC    | 30                                                                          | 46                               | $(69.37\pm 2.44)\text{b}$       | $(64.29\pm 6.23)\text{b}$ |
| 对照                                                                                                    | Control                       | 0                                                                           | 46                               | $(12.96\pm 11.57)\text{c}$      | —                         |

续表 4 Table 4(Continued)

| 药剂<br>Insecticide                            | 有效成分用量/<br>g · (hm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup><br>Dosage of active<br>ingredient | 药后 3 d<br>3 days after treatment |                          | 药后 7 d<br>7 days after treatment |                          |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|
|                                              |                                                                                   | 减退率/%<br>Reduction rate          | 防效/%<br>Control efficacy | 减退率/%<br>Reduction rate          | 防效/%<br>Control efficacy |
|                                              |                                                                                   |                                  |                          |                                  |                          |
| 10%四氯虫酰胺 SC<br>trachlorantraniliprole 10% SC | 45                                                                                | (84.72±2.41)a                    | (82.12±8.38)a            | (90.28±8.67)a                    | (85.53±12.33)a           |
|                                              | 67.5                                                                              | (92.50±6.61)a                    | (95.38±7.99)a            | (96.67±5.78)a                    | (94.00±10.39)a           |
| 20%氯虫苯甲酰胺 SC<br>chlorantraniliprole 20% SC   | 30                                                                                | (86.35±3.38)a                    | (88.24±10.87)a           | (96.67±5.78)a                    | (94.00±10.39)a           |
| 对照 Control                                   | 0                                                                                 | (1.85±4.00)b                     | —                        | (25.93±16.04)b                   | —                        |

1) 表中数据为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示处理之间差异显著 ( $P<0.05$ ),下同。  
The data in the table are means±SD. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among treatments ( $P<0.05$ ). The same below.

10%四氯虫酰胺悬浮剂与 3 种助剂混配对棉铃虫的田间防治效果如表 5 所示。4 个处理对棉铃虫的防治效果在 3、7 d 时无显著差异。10%四氯虫酰胺+甲基化植物油的防效为 58.10%~100%,虫口减退率为 63.89%~100%,其中药后 1 d 的防效为 58.10%,显著低于 10%四氯虫酰胺+青皮橘油和 10%四氯虫酰胺+Silwet 408 处理组,但在药后 3、7 d 防效有所增加,药后 3 d 防效达到 90.45%,与其

他 3 组处理防效相当,且在药后 7 d 防效达到了 100%,表现出较强的持效性。10%四氯虫酰胺+青皮橘油防效为 86.30%~95.56%,虫口减退率为 88.20%~96.30%,药后 1 d 的防效达到 86.30%,防效显著高于其他 3 组处理,表现出较好的速效性。10%四氯虫酰胺+Silwet 408 防效为 69.42%~90.10%,药后 1 d 防效达到 69.42%,显著低于 10%四氯虫酰胺+青皮橘油处理组。

表 5 10%四氯虫酰胺悬浮剂与 3 种助剂混配对棉铃虫的田间防效

Table 5 Field control efficacy of tetrachlorantraniliprole 10% SC mixed with three adjuvants against *Helicoverpa armigera*

| 药剂<br>Insecticide                                                  | 有效成分用量/<br>g · (hm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup><br>Dosage of active<br>ingredient | 助剂用量/<br>g · (hm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup><br>Dosage of active<br>adjuvant | 虫口基数/头<br>Insect<br>population<br>base | 药后 1 d<br>1 day after treatment |                          |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|                                                                    |                                                                                   |                                                                               |                                        | 减退率/%<br>Reduction rate         | 防效/%<br>Control efficacy |
|                                                                    |                                                                                   |                                                                               |                                        |                                 |                          |
| 10%四氯虫酰胺 SC trachlorantraniliprole 10% SC                          | 45                                                                                | 0                                                                             | 40                                     | (69.44±4.81)b                   | (64.84±4.24)b            |
| 10%四氯虫酰胺 SC+甲基化植物油<br>trachlorantraniliprole 10% SC+MVO            | 31.5                                                                              | 225                                                                           | 44                                     | (63.89±2.41)b                   | (58.10±5.61)c            |
| 10%四氯虫酰胺 SC+青皮橘油<br>trachlorantraniliprole 10% SC+GPOO             | 31.5                                                                              | 225                                                                           | 52                                     | (88.20±2.22)a                   | (86.30±3.10)a            |
| 10%四氯虫酰胺 SC+Silwet 408<br>trachlorantraniliprole 10% SC+Silwet 408 | 31.5                                                                              | 225                                                                           | 60                                     | (73.50±3.95)b                   | (69.42±4.23)b            |
| 对照 CK                                                              | 0                                                                                 | 0                                                                             | 46                                     | (12.96±11.57)c                  | —                        |

| 药剂<br>Insecticide                                                  | 药后 3 d<br>3 days after treatment |                          | 药后 7 d<br>7 days after treatment |                          |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|
|                                                                    | 减退率/%<br>Reduction rate          | 防效/%<br>Control efficacy | 减退率/%<br>Reduction rate          | 防效/%<br>Control efficacy |
|                                                                    |                                  |                          |                                  |                          |
| 10%四氯虫酰胺 SC trachlorantraniliprole 10% SC                          | (84.72±2.41)a                    | (82.12±8.38)a            | (90.28±8.67)a                    | (85.53±12.33)a           |
| 10%四氯虫酰胺 SC+甲基化植物油<br>trachlorantraniliprole 10% SC+MVO            | (90.28±8.67)a                    | (90.45±10.03)a           | (100.00±0.00)a                   | (100.00±0.00)a           |
| 10%四氯虫酰胺 SC+青皮橘油<br>trachlorantraniliprole 10% SC+GPOO             | (92.96±6.12)a                    | (92.14±8.37)a            | (96.30±6.42)a                    | (95.56±7.70)a            |
| 10%四氯虫酰胺 SC+Silwet 408<br>trachlorantraniliprole 10% SC+Silwet 408 | (86.90±4.44)a                    | (86.36±1.24)a            | (93.27±5.92)a                    | (90.10±9.15)a            |
| 对照 CK                                                              | (1.85±4.00)b                     | —                        | (25.93±16.04)b                   | —                        |

### 3 结论与讨论

植物精油类助剂由于是小分子脂溶性物质,更容易透过昆虫体壁,进而增强农药的穿透能力<sup>[12]</sup>,有研究发现,当艾叶精油浓度在 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  时与药剂混配后能够增强氟虫腈、丁硫克百威、阿维菌素和毒死蜱对小菜蛾 *Plutella xylostella* (Linnaeus) 幼虫的生物活性,增效比分别达到 2.24、1.55、1.82、1.97<sup>[13-14]</sup>。植物油助剂是一类被广泛使用的农药助剂,可以选用粗提或精炼的植物油,也可以选用植物油类衍生物,该类助剂能够有效提高农药的持效期,陈焕瑜等<sup>[15]</sup>以棕榈油和茶籽油作为助剂,与 0.2% 阿维菌素乳油 1:1 混配后通过浸叶法对小菜蛾 3 龄幼虫进行毒力测定,在药后 7 d 校正死亡率分别达到 78.83% 和 73.81%,相比阿维菌素单剂分别增加 7.54% 和 1.13%,表现出良好的持效性。杨佩文等<sup>[16]</sup>用自制的含有 6% 食用植物油的增效剂与 2% 阿维菌素乳油混合对小菜蛾进行防效试验,当增效剂占农药溶液体积 3%~8% 时,药后 7 d 的平均防效比单剂高 5.85%~12.19%。有机硅类助剂具有良好的湿润性和延展性,能够提高农药的黏附力,同时能够提高气孔渗透率。苏湘宁等<sup>[17]</sup>的研究发现有机硅能够提高氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 的防治效果,药后 24 h 增效比达到 1.24。另有研究发现,阿维菌素和氯虫苯甲酰胺在减量 20% 后与 5 000 倍液的 Silwet 408 混配,能够提高对小菜蛾的防治效果<sup>[18]</sup>。并且在 20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂中添加 8 000 倍液的 Silwet408 可提高氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée 的防治效果<sup>[19]</sup>。

本文研究发现 10% 四氯虫酰胺悬浮剂+青皮橘油药后 1 d 的防效达到 86.30%,比单剂处理组的防效高 21.46 百分点,表现出较好的速效性,与杨石有等<sup>[20]</sup>的试验结果相似,且在 3、7 d 的防效与其他两个助剂处理组无显著差异。四氯虫酰胺在减量 30% 的基础上与 Silwet 408 混配后,防治效果与单剂处理组相当,与单提升等<sup>[21]</sup>的报道相符,但本文的田间防效试验中四氯虫酰胺用量较高,后期可以在此基础上进一步减少农药使用量进行试验研究。四氯虫酰胺与甲基化植物油混配后在药后 7 d 的防效率先达到 100%,可能原因是甲基化植物油能够提高农药在叶片上的沉积量,同时延缓药液的干燥

时间,进而能够延长农药的持效期<sup>[22]</sup>。

最终试验结果表明,3 种助剂对四氯虫酰胺防治棉铃虫均有增效作用,但四氯虫酰胺与青皮橘油混合使用后增效作用优于其他两个助剂,因此建议在使用四氯虫酰胺防治棉铃虫时,按照推荐剂量减量 30% 后再与青皮橘油混配进行防治,能够实现农药减施增效的目的。

### 参考文献

- [1] 代雨婷. 电子鼻技术在棉花棉铃虫虫害检测中的应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2020.
- [2] 唐睿, 孙宪银, 卓富彦, 等. 近 5 年中国棉花主要病虫害发生演替及防控分析[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(12): 2208-2219.
- [3] ARMES N J, JADHAV D R, BOND G S, et al. Insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* in South India [J]. Pest Management Science, 2010, 34(4): 355-364.
- [4] 依明江·图尔迪, 郭佩佩, 马少军, 等. 防治葡萄白粉病新型杀菌剂的筛选及增效剂的增效作用[J]. 植物保护, 2021, 47(3): 276-287.
- [5] 刘永强, 张贵森, 周超, 等. 阳离子助剂 1227 和 C<sub>(8-10)</sub> 及有机硅助剂 Breakthru S240 对三种杀虫剂的增效作用[J]. 昆虫学报, 2011, 54(8): 902-909.
- [6] 李世奎, 李博文, 郑鑫, 等. 3 种增效剂与 3 种烟碱类杀虫剂混配对棉蚜的增效作用[J]. 新疆农业科学, 2019, 56(1): 32-37.
- [7] 刘明月. 新型增效剂对氟啶虫胺腈防治烟粉虱减量增效作用研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2020.
- [8] 陈立涛, 高军, 马建英, 等. 甲基化植物油助剂在花生棉铃虫农药减量增效防治中的效果[J]. 河北农业, 2017(5): 40-42.
- [9] NY/T 1154. 10-2008. 农药室内生物测定试验准则杀虫剂第 10 部分: 人工饲料混药法[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [10] 梁革梅, 谭维嘉, 郭予元. 人工饲养棉铃虫技术的改进[J]. 植物保护, 1999, 25(2): 16-18.
- [11] ENTWISTLE G, REES T A. Enzymic capacities of amyloplasts from wheat (*Triticum aestivum*) endosperm [J]. Biochemical Journal, 1988, 255(2): 391-396.
- [12] 袁亮. 植物精油对拟除虫菊酯杀虫剂增效活性研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [13] 吴玮, 孙红霞, 魏辉, 等. 五种植物精油对氟虫腈的增效与渗透促进作用[J]. 华东昆虫学报, 2008, 17(4): 259-265.
- [14] 孙红霞. 植物精油对几种杀虫剂触杀毒力的影响及增效机理的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2008.
- [15] 陈焕瑜, 冯夏. 几种增效油对阿维菌素的增效作用[J]. 广东农业科学, 1999(3): 47-48.
- [16] 杨佩文, 尚慧, 黄春芬, 等. 生物增效制剂在小菜蛾防治中的应用[J]. 西南农业学报, 2009, 22(2): 337-342.

$<3$ , 同族内不同属亲缘关系也较近, 其遗传距离  $3 < d < 4$ , 同一亚科不同族间的遗传距离  $d > 4$ ; 但往往由于长期地理隔离, 同属内不同种, 或者同族内不同属会形成较远的亲缘关系, 如本文中长绿叶蝉亚属 *Empoasca* (*Kybos*) Fieber 的黄褐长绿叶蝉 *Empoasca* (*Kybos*) *purus* 与同族的亲缘关系都很远, 却与小叶蝉族的 *Typhlocyba modesta* 遗传距离十分近, 斑叶蝉族 Erythroneurini 的 *Erythroneura tricineta* 和塔叶蝉族 Zyginellini 的 *Zyginella minuta* 与小绿叶蝉族的拟帕小绿叶蝉的遗传距离也很近, 而与同族的较远, 这与刘雲祥的地理隔离和寄主转变对昆虫的表型和遗传分化具有重要影响的结论一致<sup>[12]</sup>。

经过前期试验以及文献报道发现喜树似乎是拟帕小绿叶蝉的专性寄主, 取食寄主的专化性是否与拟帕小绿叶蝉与小贯小绿叶蝉的系统进化有关, 还有待深入研究。昆虫的系统进化往往与其长期所处的环境和食物密切相关, 相似的地理环境和食物可能会导致其外部形态十分相似, 肉眼难以辨认<sup>[13]</sup>。随着分子生物技术的飞速发展, 利用分子技术鉴定昆虫种类已经越来越普遍, 但因为分子试验人为因素较大, 要准确鉴定新的昆虫种类以及明确其分类地位, 还需传统的形态学和分子方法相结合进行鉴定, 先通过外部形态观察, 大体定位其科属, 再利用分子学方法建立系统进化树, 分析大概的亲缘关系, 再根据亲缘关系进行雄性外生殖器的解剖, 最后综合解剖结果对照种属检索表确定其分类地位。

## 参考文献

- [1] 赵建华, 唐建芳, 陈永萱, 等. 檫树 (*Camptotheca acuminata*) 丛枝病的电子显微镜观察[J]. 南京农业大学学报, 1985(1): 1.
- [2] MURRAL D J, NAULT L R, HOY C, et al. Effects of temperature and vector age on transmission of two Ohio strains of aster yellows phytoplasma by the aster leafhopper (Homoptera; Cicadellidae)[J]. Journal of Economic Entomology, 1996, 89(5): 1223–1232.
- [3] 孟召娜, 边磊, 罗宗秀, 等. 全国主产茶区茶树小绿叶蝉种类鉴定及分析[J]. 应用昆虫学报, 2018, 55(3): 514–526.
- [4] ZHANG Yalin, LIU Yang, QIN Daozheng. *Empoasca* (*Empoasca*) *paraparvipenis* n. sp. and some new records of the subgenus from China (Hemiptera: Cicadellidae: Typhlocybinae: Empoasini) [J]. Zootaxa, 2008(1): 63–68.
- [5] QIN Daozheng, ZHANG Li, XIAO Qiang. Clarification of the identity of the tea green leafhopper based on morphological comparison between Chinese and Japanese specimens [J/OL]. PLoS ONE, 2015, 10(9). DOI: 10.1371/journal.pone.0139202.
- [6] 秦道正. 中国小绿叶蝉族分类研究(同翅目: 叶蝉科)[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2003.
- [7] MATTHEWS G A. Leafhoppers [M] // TUNSTALL J P. Insect pest of cotton. CAB International, Wallingford, 1994: 353–357.
- [8] 张务民, 周祖基. 为害喜树几种叶蝉的识别[J]. 四川林业科技, 1990(2): 45–46.
- [9] 龙同. 喜树小绿叶蝉生物学、生态学及防治研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2006.
- [10] 肖金花, 肖晖, 黄大卫. 生物分类学的新动向—DNA 条形码[J]. 动物学报, 2004(5): 852–855.
- [11] CASTALANELLI M A, BAKER A M, MUNYARD K A, et al. Molecular phylogeny supports the paraphyletic nature of the genus *Trogoderma* (Coleoptera: Dermestidae) collected in the Australasian ecozone [J]. Bulletin of Entomological Research, 2011, 102(1): 17–28.
- [12] 刘雲祥. 四种中国蝉科昆虫谱系地理学研究暨枯蝉适应性进化研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2020.
- [13] 周宁宁. 基于线粒体 CO I 和 CO II 基因的茶园假眼小绿叶蝉地理种群的遗传分化研究[D]. 杭州: 中国计量学院, 2014.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 249 页)

- [17] 苏湘宁, 廖章轩, 李传瑛, 等. 广东草地贪夜蛾对 2 种常用农药的抗药性及助剂和增效剂对农药毒力的影响[J]. 南方农业学报, 2020, 51(6): 1274–1281.
- [18] 李北兴, 李华, 张大侠, 等. 季铵盐和有机硅助剂对啮虫脲杀虫活性及水生生物毒性的影响[J]. 农药学报, 2017, 19(1): 93–99.
- [19] 徐广春, 徐德进, 徐鹿, 等. 有机硅助剂对氯虫苯甲酰胺防治稻纵卷叶螟的增效作用研究[J]. 农药学报, 2020, 22(2): 285–292.
- [20] 杨石有, 张贝贝, 张蕊, 等. 添加芦荟精油对 150 g/L 茚虫威乳油防治草地贪夜蛾的增效作用[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2021, 36(3): 540–546.
- [21] 单提升, 许国升, 王翠翠, 等. 两种有机硅助剂对四氯虫酰胺防治菜青虫的增效作用[J]. 植物保护, 2019, 45(3): 241–244.
- [22] 郭红霞, 纪明山, 王维静, 等. 20 种甲酯化植物油助剂对二氯喹啉酸的增效作用[J]. 沈阳农业大学学报, 2020, 51(1): 87–95.

(责任编辑: 田 喆)