



# 稠合杂环化合物啉虫酯对草地贪夜蛾的活性研究\*

黄素青<sup>1\*\*</sup> 张志祥<sup>2\*\*\*</sup> 江薰垣<sup>2</sup> 徐汉虹<sup>2\*\*\*</sup>

(1. 仲恺农业工程学院, 化学与化工学院, 广州 510225; 2. 华南农业大学, 教育部亚热带农业生物资源保护利用国家重点实验室, 天然农药与化学生物学教育部重点实验室, 广州 510642)

**摘要** 【目的】草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 原产于美洲, 是一种对农作物造成严重危害的昆虫, 被国际农业和生物科学中心 CABI 评为世界十大植物害虫。目前已入侵我国 14 个省区, 对我国玉米等种植业造成严重威胁, 为做好草地贪夜蛾的防控工作, 及时控制其为害。【方法】采用浸叶法测定了啉虫酯对草地贪夜蛾幼虫的室内毒力, 并进行了田间药效试验。【结果】啉虫酯对草地贪夜蛾幼虫具有优异的活性, 处理后 1、2、3 d, 对 2 龄幼虫的  $LC_{50}$  值分别为 5.51、1.95、0.91 mg/L; 对 3 龄幼虫的  $LC_{50}$  值分别为 7.50、3.92、1.94 mg/L; 对 4 龄幼虫的  $LC_{50}$  值分别为 13.79、10.30、8.78 mg/L。田间药效结果表明, 玉米喇叭口期, 喷雾处理后 3 d, 啉虫酯对 1-3 龄幼虫的防效达到 90% 以上, 对 4-6 龄幼虫的防效在 50% 以下。药液喇叭口点施处理后 3 d, 啉虫酯对草地贪夜蛾的防效在 93.65% 以上, 施药后 7 d, 防效在 98.78% 以上。【结论】药剂对低龄幼虫杀灭效果好, 高龄幼虫具有钻进性, 不容易防控。应结合虫情监测和田间监测情况, 把握住 1-3 龄幼虫防控关键时期。

**关键词** 草地贪夜蛾; 啉虫酯; 毒力; 药效

## The bioactivity of fused heterocyclic compounds of pyraquinil against *Spodoptera frugiperda*

HUANG Su-Qing<sup>1\*\*</sup> ZHANG Zhi-Xiang<sup>2\*\*\*</sup> JIANG Xun-Yuan<sup>2</sup> XU Han-Hong<sup>2\*\*\*</sup>

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China; 2. State Key Laboratory for Conservation and Utilization of Subtropical Agro-Bioresources and Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract** [Objectives] *Spodoptera frugiperda*, an insect native to the Americas, causes significant damage to crops worldwide and has been rated one of the world's top ten plant pests by the international center for agriculture and biological sciences (CABI). *S. frugiperda* has now invaded more than 14 provinces in mainland China where it poses a major threat to corn and other crops. [Methods] We used the leaf immersion method and field trials to investigate the biological activity of pyraquinil against *S. frugiperda* larvae. [Results] The  $LC_{50}$  of pyraquinil after one two and three days was 5.51、1.95 and 0.91 mg/L, respectively for 2nd instar larvae, 7.50, 3.92 and 1.94 mg/L, respectively for 3rd instar larvae, and 13.79, 10.30 and 8.78 mg/L, respectively for 4th instar larvae. At the corn trumpet stage, field trial results show that by 3 d after spray treatment pyraquinil had reduced the numbers of 1st to 3rd instars by > 90%, but the reduction in numbers of 4th to 6th instar larvae was < 50%. At the corn trumpet stage, control was over 93.65% after 3 days and over 98.78% after 7 days of trumpet point

\*资助项目 Supported projects: 2019 年广东省现代农业产业技术体系 (农业资源环境共性关键技术创新团队建设任务) 项目 (编号 2019KJ118)

\*\*第一作者 First author, E-mail: hsuqing@126.com

\*\*\*共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: hhxu@scau.edu.cn; zdsys@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2019-06-14; 接受日期 Accepted: 2019-07-09

treatment. [Conclusion] Pyraquinil is effective on the younger larvae of *S. frugiperda*, but older larvae are less susceptible because they are able to burrow into corn plants. The key window for the prevention of *S. frugiperda* is therefore the 1st to 3rd instar period. Pesticide application should be combined with plant and field monitoring.

**Key words** *Spodoptera frugiperda*; pyraquinil; bioassay; field efficacy

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 属于鳞翅目夜蛾科灰翅夜蛾属, 在《2017 年世界植物现状报告》被国际农业和生物科学中心 CABI 评为世界十大植物害虫。草地贪夜蛾飞行能力强, 迁移扩散速度快, 可通过远距离飞行进行快速、大范围扩散蔓延, 是玉米上的重大迁飞性害虫, 玉米苗期受害一般可减产 10%-25%, 严重危害田块可造成毁种绝收。2016 年初, 草地贪夜蛾首次被发现入侵非洲西部并暴发成灾, 2018 年在非洲造成的经济损失高达 10-30 亿美元, 玉米毁种面积占总播种面积的 5%-6%。2018 年 7 月, 草地贪夜蛾首次传入亚洲地区( 农业农村部新闻办公室, 2019b)。我国自 2019 年 1 月 11 日在云南普洱江城首次发现其发生危害以来( 姜玉英等, 2019), 截至 5 月 23 日已在 14 省( 自治区、直辖市) 528 个县( 市、区) 发现玉米、甘蔗等作物受害, 累计危害面积 12.733 万  $\text{hm}^2$ ( 农业农村部新闻办公室, 2019a)。目前确认入侵我国的草地贪夜蛾均为“玉米型”, 是否有“水稻型”入侵尚不清楚( 张磊等, 2019)。5 月 24 日, 农业农村部召开全国草地贪夜蛾防控工作视频会议, 全面安排部署草地贪夜蛾防控工作。会议指出, 迁飞性草地贪夜蛾已入侵我国, 防控形势严峻, 任务紧迫艰巨( 农业农村部新闻办公室, 2019a)。

化学农药是防治暴发性和突发性农业害虫的有效手段。针对草地贪夜蛾入侵我国后尚无登记农药可用的情况, 我们采用室内毒力测定和田间药效两种方式, 研究了华南农业大学天然农药与化学生物学教育部重点实验室创制的含氮稠合杂环化合物——5%唑虫酯可分散粒剂和 5%唑虫酯乳油对草地贪夜蛾的活性。唑虫酯是一种对田间抗氟虫腈的小菜蛾具有优异杀虫活性的新化合物( Jiang *et al.*, 2018; 江薰垣, 2019)。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试药剂

5%唑虫酯乳油: 华南农业大学天然农药与化学生物学教育部重点实验室创制;

5%唑虫酯水分散粒剂: 华南农业大学天然农药与化学生物学教育部重点实验室创制;

150 g/L 茚虫威乳油: 安徽富田农化有限公司。

### 1.2 供试昆虫

草地贪夜蛾: 从田间采回来的卵块, 孵化后的适龄幼虫。

### 1.3 试验器材

点施型电动喷雾器( 专利号: CN201520045145.3), 富士特 FXT-18D 高压电动喷雾器、水桶、量杯、培养皿、滤纸、剪刀、小毛笔、分析天平及移液枪等。

### 1.4 试验方法

**1.4.1 生物活性测定** 室内毒力测定: 采用叶片浸渍法, 用配好的药液浸渍玉米心叶 3 s, 待溶剂挥发干后放入垫有湿润滤纸的 6 孔培养板中, 每孔放入 2 片叶碟, 接入适龄草地贪夜蛾幼虫 1 头( 2 龄、3 龄和 4 龄), 每处理总虫数 30 头(  $n=30$ )。处理后 1、3、5 d 检查试虫的死亡率。

对 1 龄幼虫的毒性: 采用叶片浸渍法, 用配好的药液浸渍玉米心叶 3 s, 待溶剂挥发干后放入垫有湿润滤纸的 6 孔培养板中, 每孔放入 2 片叶碟, 接入 1 龄草地贪夜蛾幼虫 1 头, 每处理总虫数 30 头(  $n=30$ )。处理后 1、2、3、4、5、6 d 检查试虫的死亡率。

#### 1.4.2 田间药效试验

**1.4.2.1 试验地和植株情况** 试验在广东省广

州市南沙区万顷沙镇新安村。

(1) 供试玉米品种为粤甜 3 号, 试验时玉米处于喇叭口期。试验地土质为壤土, 土壤类型和肥力均匀一致, 有机质含量 3.7%, 灌溉条件为喷灌, 常规水肥管理。每个药剂浓度设 3 次重复, 每个重复小区面积约 30 m<sup>2</sup>, 累计小区面积 100 m<sup>2</sup>, 小区边缘设有保护行。

(2) 在旁边另选两块玉米地, 供试玉米品种为广甜 2 号, 一块地试验时玉米处于高秆期(雄穗尚未展开), 试验地土质为壤土, 土壤类型和肥力均匀一致, 有机质含量 3.8%, 灌溉条件为喷灌, 常规水肥管理。另一块地试验时玉米处于高秆期(雄穗已完全展开, 结出玉米苞子), 试验地土质为壤土, 土壤类型和肥力均匀一致, 有机质含量 3.5%, 灌溉条件为喷灌, 常规水肥管理。

**1.4.2.2 施药方法及用药剂量** 喇叭口期田间药效试验的用药方式有 2 种: 一种是药液喇叭口点施, 用多功能精准电动喷雾器在每株玉米喇叭口点施药液 5 mL, 空白对照点施等量的清水; 另一种是药液全株均匀喷雾, 将药液均匀喷于叶片正反面, 喷到叶片刚好滴水为止。空白对照小区喷等量的清水。

高秆期田间药效试验的用药方式是药液全株均匀喷雾, 将药液均匀喷于叶片正反面, 喷到叶片刚好滴水为止。空白对照小区喷等量的清水。

**1.4.2.3 施药时间及天气情况** 本试验只施药 1 次, 为 2019 年 5 月 13 日上午 8:00-11:00。

施药时天气晴朗, 药后第 3 天开始有雷阵雨。施药期间日平均气温 29.4。

**1.4.2.4 防效调查及计算** 每小区按 Z 字形取 5

表 1 药液喇叭口点施药剂及用量

Table 1 The pesticides and dosage of trumpet point treatment

| 编号<br>Number | 药剂<br>Pesticides                    | 施药剂量(稀释倍数)<br>Dosage (times liquid)                 | 有效成分用量(g/hm <sup>2</sup> )<br>Effective component<br>(g/hm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1            | 5% 唑虫酯水分散粒剂<br>5% pyraquinil WG     | 300 倍, 5 mL/株<br>300 times liquid, 5 mL/strains     | 37.5                                                                      |
| 2            | 5% 唑虫酯乳油 5% pyraquinil EC           | 300 倍, 5 mL/株<br>300 times liquid, 5 mL/strains     | 37.5                                                                      |
| 3            | 150 g/L 茚虫威乳油 150 g/L indoxacarb EC | 1 875 倍, 5 mL/株<br>1 875 times liquid, 5 mL/strains | 18.0                                                                      |
| CK           | 清水空白对照 CK of water                  | —                                                   | —                                                                         |

用水量: 225 L/hm<sup>2</sup>。

Liquid dosage of 225 L/hm<sup>2</sup>。

表 2 喷雾处理药剂及用量

Table 2 The pesticides and dosage of spray

| 编号<br>Number | 药剂<br>Pesticides                    | 施药剂量(制剂量 稀释倍数)<br>Dosage (times liquid) | 有效成分量(g/hm <sup>2</sup> )<br>Active ingredient (g/hm <sup>2</sup> ) |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1            | 5% 唑虫酯水分散粒剂<br>5% pyraquinil WG     | 500                                     | 67.5                                                                |
| 2            | 5% 唑虫酯乳油 5% pyraquinil EC           | 500                                     | 67.5                                                                |
| 3            | 150 g/L 茚虫威乳油 150 g/L indoxacarb EC | 1 875                                   | 54.0                                                                |
| CK           | 清水空白对照 CK of water                  | —                                       | —                                                                   |

用水量: 675 L/hm<sup>2</sup>。

Liquid dosage of 675 L/hm<sup>2</sup>。

点,每点挂牌标记 10 株玉米,共调查 50 株玉米,记录玉米株上的活虫数、观察药害情况。施药前、药后 1、3、7 d 各调查 1 次共 4 次。喷雾处理的调查时 1-3 龄的幼虫和 4-6 龄的幼虫分开统计;药液喇叭口点施是统计调查所有龄期的幼虫。

玉米高杆期处理的调查方法为:每个小区随机取 5 行,每行随机调查 30 株玉米,调查记录尚未完全展开的玉米雄穗(天花)或玉米苞总数,从中选择有虫眼及新鲜虫粪的,把心叶或玉米苞掰开,每小区每次共掰开心叶或玉米苞 20 个,检查记录草地贪夜蛾幼虫的数量。施药前、药后 1、3、7 d 各调查 1 次,共 4 次。

药效计算方法:与空白对照区比较计算相对防效。按下列公式计算:

防治效果(%)= $\left(1-\frac{CK_0\text{活虫数}-Pt_1\text{活虫数}}{CK_1\text{活虫数}-Pt_0\text{活虫数}}\right)\times 100$

式中:CK<sub>0</sub>为对照区药前;CK<sub>1</sub>为对照区药后;Pt<sub>0</sub>为处理区药前;Pt<sub>1</sub>为处理区药后;

1.5 数据处理  
用 Excel 2007 和 DPS 统计软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 唑虫酯对草地贪夜蛾幼虫的毒力  
采用浸叶法分别测定了草地贪夜蛾 2 龄、3 龄和 4 龄的室内毒力,结果见表 3。从表 3 可以看出,草地贪夜蛾幼虫龄期越小,唑虫酯对其毒杀活性越强。2 龄幼虫处理后 1、2、3 d 的 LC<sub>50</sub> 值分别是 5.51、1.95、0.91 mg/L;3 龄幼虫处理后 1、2、3 d 的 LC<sub>50</sub> 值分别是 7.50、3.92、1.94 mg/L;4 龄幼虫处理后 1、2、3 d 的 LC<sub>50</sub> 值分别是 13.79、10.30、8.78 mg/L。

从图 1 中可以看出,低浓度唑虫酯对 1 龄草地贪夜蛾的活性非常好,2 mg/L 唑虫酯处理后 4 d,1 龄草地贪夜蛾幼虫的死亡率为 93.33%,5 d 达到 100%;0.5 mg/L 唑虫酯处理后 6 d,1 龄草地贪夜蛾幼虫的死亡率达到 56.67%。

表 3 唑虫酯对 2-4 龄草地贪夜蛾幼虫的毒力  
Table 3 Toxicities of pyraquinil to the larval of *Spodoptera frugiperda*

| 龄期             | 时间   | 毒力方程                      | LC <sub>50</sub> (95%置信区间)                     | 相关系数                    |
|----------------|------|---------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|
| Instar         | Time | Toxic regression equation | LC <sub>50</sub> (95% confidence limit) (mg/L) | Correlation coefficient |
| 2 龄 2nd instar | 1 d  | Y=3.913 8+1.465 4x        | 5.51 ( 3.48-8.72 )                             | 0.985 4                 |
|                | 2 d  | Y=4.389 9+2.108 4x        | 1.95 ( 1.49-2.54 )                             | 0.978 4                 |
|                | 3 d  | Y=5.116 6+2.695 4x        | 0.91 ( 0.65-1.25 )                             | 0.940 8                 |
| 3 龄 3rd instar | 1 d  | Y=3.656 0+1.535 6x        | 7.50 ( 4.40-12.79 )                            | 0.977 1                 |
|                | 2 d  | Y=4.188 8+1.368 2x        | 3.92 ( 2.61-5.87 )                             | 0.977 8                 |
|                | 3 d  | Y=4.419 6+2.022 0x        | 1.94 ( 1.47-2.56 )                             | 0.942 2                 |
| 4 龄 4th instar | 1 d  | Y=1.667 5+2.924 4x        | 13.79 ( 9.43-20.16 )                           | 0.948 5                 |
|                | 2 d  | Y=3.820 3+1.164 5x        | 10.30 ( 5.46-19.45 )                           | 0.985 7                 |
|                | 3 d  | Y=3.733 5+1.342 6x        | 8.78 ( 5.25-14.67 )                            | 0.961 7                 |

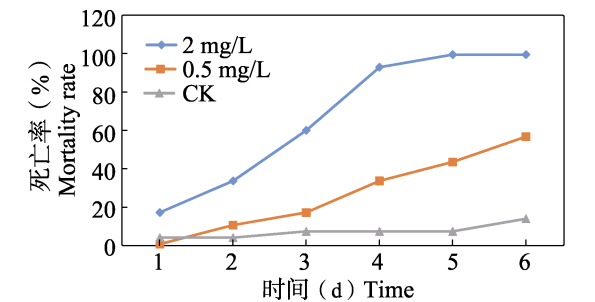


图 1 唑虫酯处理 1 龄草地贪夜蛾幼虫后不同时间的死亡率  
Fig. 1 Mortality rate of 1st instar larval of *Spodoptera frugiperda* exposed to pyraquinil for different time

2.2 唑虫酯对草地贪夜蛾的药效试验结果  
从表 4 可知,采用全株喷雾处理的施药方式,5%唑虫酯可分散粒剂和 5%唑虫酯乳油对草地贪夜蛾 1-3 龄幼虫具有非常优异的防效,速效性非常好,5%唑虫酯可分散粒剂 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 81.36%, 90.77%和 58.22%;5%唑虫酯乳油 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 87.02%、90.60%和 67.11%;150 g/L 茚虫威乳油对草地贪夜蛾也有较好的效果,175 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 46.93%、

86.63%和 77.22%。

从表 5 可知,采用全株喷雾处理的施药方式,3 种药效对 4-6 龄草地贪夜蛾幼虫效果较差,5%唑虫酯可分散粒剂 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 25.47%、36.74%和 19.55%;5%唑虫酯乳油 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 29.89%、49.26%和 26.48%;150 g/L 茚虫威乳油 1 875 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 22.17%、51.85%和 44.76%。

从表 6 可知,采用喇叭口点施药液的施药方式,3 种药剂对草地贪夜蛾幼虫防效非常优异,速效性明显,5%唑虫酯可分散粒剂 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 84.21%、93.56%和 99.25%;5%唑虫酯乳油 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 91.39%、99.76%和 98.78%;150 g/L 茚虫威乳油 1875 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 46.08%、95.37%和 89.46%。

从表 7 可知,当玉米植株长到高秆期,在雄穗(天花)尚未完全展开时,采用全株喷雾的施药方式,3 种药剂对草地贪夜蛾幼虫防效都很差,5%唑虫酯可分散粒剂 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 28.93%、41.14%和 30.58%;5%唑虫酯乳油 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 58.80%、45.88%和 30.56%;150 g/L 茚虫威乳油 1 875 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 31.45%、53.06%和 50.87%。

从表 8 可知,当玉米植株长到高秆期,在雄穗(天花)已经展开进入玉米苞期时,此时草地贪夜蛾主要钻蛀进入玉米棒子为害,采用全株喷雾的施药方式,3 种药剂对草地贪夜蛾幼虫基本没有防效,5%唑虫酯可分散粒剂 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 29.43%、18.40%和 24.79%;5%唑虫酯乳油 500 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 20.16%、20.86%和 31.79%;150 g/L

表 4 唑虫酯对草地贪夜蛾(1-3 龄)田间药效试验结果(全株喷雾处理)

Table 4 Field efficacy test of 1st-3rd instar larval of pyraquinil against *Spodoptera frugiperda* (spray the whole plant)

| 药剂及稀释倍数<br>Pesticides and dilution                                     | 重复<br>Repetition | 药前虫口<br>基数(头)<br>Population before treat (ind.) | 药后 1 d After 1 d                        |                         | 药后 3 d After 3 d                        |                         | 药后 7 d After 7 d                        |                         |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
|                                                                        |                  |                                                 | 活虫数(头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效(%)<br>Control effect | 活虫数(头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效(%)<br>Control effect | 活虫数(头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效(%)<br>Control effect |
| CK                                                                     | 1                | 125                                             | 124                                     |                         | 136                                     |                         | 158                                     |                         |
|                                                                        | 2                | 110                                             | 125                                     |                         | 129                                     |                         | 160                                     |                         |
|                                                                        | 3                | 130                                             | 133                                     |                         | 137                                     |                         | 178                                     |                         |
| 5% 唑虫酯可分散粒剂 500 倍液<br>Diluted 500 times of 5% pyraquinil WG            | 1                | 96                                              | 22                                      | 81.36ab                 | 12                                      | 90.77ab                 | 54                                      | 58.52bc                 |
|                                                                        | 2                | 132                                             | 17                                      |                         | 12                                      |                         | 76                                      |                         |
|                                                                        | 3                | 122                                             | 28                                      |                         | 11                                      |                         | 68                                      |                         |
| 5% 唑虫酯乳油 500 倍液<br>Diluted 500 times of 5% pyraquinil EC               | 1                | 78                                              | 14                                      | 87.02ab                 | 11                                      | 90.60ab                 | 37                                      | 67.11b                  |
|                                                                        | 2                | 142                                             | 17                                      |                         | 10                                      |                         | 54                                      |                         |
|                                                                        | 3                | 100                                             | 11                                      |                         | 10                                      |                         | 49                                      |                         |
| 150 g/L 茚虫威乳油 1 875 倍液<br>Diluted 1 875 times of 150 g/L indoxacarb EC | 1                | 150                                             | 85                                      | 46.96c                  | 24                                      | 86.63abc                | 42                                      | 77.22ab                 |
|                                                                        | 2                | 108                                             | 64                                      |                         | 12                                      |                         | 40                                      |                         |
|                                                                        | 3                | 121                                             | 62                                      |                         | 20                                      |                         | 34                                      |                         |

表中数据后字母相同者,表示经方差分析在 5%水平上差异不显著(Duncan's 多重比较法)。下表同。

Data followed by the same letters indicate no significant difference ( $P>0.05$ ) (Duncan's multiple comparison method). The same below.

表 5 唑虫酯对草地贪夜蛾(4-6 龄)田间药效试验结果(全株喷雾处理)

Table 5 Field efficacy test of 4th-6th instar larval of pyraquinil against *Spodoptera frugiperda* (spray the whole plant)

| 药剂及稀释倍数<br>Pesticides and<br>dilution                                  | 重复<br>Repetition | 药前虫口<br>基数(头)<br>Population<br>before treat<br>(ind.) | 药后 1 d After 1 d                              |                            | 药后 3 d After 3 d                              |                            | 药后 7 d After 7 d                              |                            |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                        |                  |                                                       | 活虫数(头)<br>Number of<br>live insects<br>(ind.) | 防效(%)<br>Control<br>effect | 活虫数(头)<br>Number of<br>live insects<br>(ind.) | 防效(%)<br>Control<br>effect | 活虫数(头)<br>Number of<br>live insects<br>(ind.) | 防效(%)<br>Control<br>effect |
| CK                                                                     | 1                | 47                                                    | 48                                            |                            | 56                                            |                            | 58                                            |                            |
|                                                                        | 2                | 56                                                    | 63                                            |                            | 70                                            |                            | 74                                            |                            |
|                                                                        | 3                | 50                                                    | 55                                            |                            | 66                                            |                            | 68                                            |                            |
| 5% 唑虫酯可分散粒剂 500 倍液<br>Diluted 500 times of 5% pyraquinil WG            | 1                | 56                                                    | 46                                            | 25.47ab                    | 44                                            | 36.74c                     | 55                                            | 19.55bc                    |
|                                                                        | 2                | 63                                                    | 55                                            |                            | 50                                            |                            | 72                                            |                            |
|                                                                        | 3                | 40                                                    | 29                                            |                            | 32                                            |                            | 41                                            |                            |
| 5% 唑虫酯乳油 500 倍液<br>Diluted 500 times of 5% pyraquinil EC               | 1                | 58                                                    | 44                                            | 29.98ab                    | 32                                            | 49.42ab                    | 59                                            | 26.48bc                    |
|                                                                        | 2                | 42                                                    | 30                                            |                            | 30                                            |                            | 40                                            |                            |
|                                                                        | 3                | 55                                                    | 44                                            |                            | 35                                            |                            | 50                                            |                            |
| 150 g/L 茚虫威乳油 1 875 倍液<br>Diluted 1 875 times of 150 g/L indoxacarb EC | 1                | 62                                                    | 50                                            | 22.17bc                    | 39                                            | 51.85ab                    | 44                                            | 44.76a                     |
|                                                                        | 2                | 48                                                    | 42                                            |                            | 27                                            |                            | 40                                            |                            |
|                                                                        | 3                | 71                                                    | 60                                            |                            | 44                                            |                            | 44                                            |                            |

表 6 唑虫酯对草地贪夜蛾幼虫田间药效试验结果(喇叭口点施药液)

Table 6 Field efficacy test of pyraquinil against the instar larvae of *Spodoptera frugiperda* (trumpet point treatment)

| 药剂及稀释倍数<br>Pesticides and<br>dilution                                  | 重复<br>Repetition | 药前虫口<br>基数(头)<br>Population<br>before<br>treat (ind.) | 药后 1 d After 1 d                              |                            | 药后 3 d After 3 d                              |                            | 药后 7 d After 7 d                              |                            |
|------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                        |                  |                                                       | 活虫数(头)<br>Number of<br>live insects<br>(ind.) | 防效(%)<br>Control<br>effect | 活虫数(头)<br>Number of<br>live insects<br>(ind.) | 防效(%)<br>Control<br>effect | 活虫数(头)<br>Number of<br>live insects<br>(ind.) | 防效(%)<br>Control<br>effect |
| CK                                                                     | 1                | 107                                                   | 114                                           |                            | 123                                           |                            | 132                                           |                            |
|                                                                        | 2                | 110                                                   | 115                                           |                            | 112                                           |                            | 126                                           |                            |
|                                                                        | 3                | 94                                                    | 103                                           |                            | 107                                           |                            | 111                                           |                            |
| 5% 唑虫酯可分散粒剂 500 倍液<br>Diluted 500 times of 5% pyraquinil WG            | 1                | 85                                                    | 15                                            | 84.21b                     | 8                                             | 93.56bc                    | 1                                             | 99.25a                     |
|                                                                        | 2                | 112                                                   | 22                                            |                            | 5                                             |                            | 0                                             |                            |
|                                                                        | 3                | 135                                                   | 18                                            |                            | 10                                            |                            | 2                                             |                            |
| 5% 唑虫酯乳油 500 倍液<br>Diluted 500 times of 5% pyraquinil EC               | 1                | 111                                                   | 11                                            | 91.39a                     | 0                                             | 99.76a                     | 1                                             | 98.78a                     |
|                                                                        | 2                | 124                                                   | 14                                            |                            | 1                                             |                            | 2                                             |                            |
|                                                                        | 3                | 109                                                   | 7                                             |                            | 0                                             |                            | 2                                             |                            |
| 150 g/L 茚虫威乳油 1 875 倍液<br>Diluted 1 875 times of 150 g/L indoxacarb EC | 1                | 175                                                   | 100                                           | 46.08c                     | 7                                             | 95.37bc                    | 16                                            | 89.46b                     |
|                                                                        | 2                | 126                                                   | 82                                            |                            | 9                                             |                            | 20                                            |                            |
|                                                                        | 3                | 144                                                   | 73                                            |                            | 6                                             |                            | 18                                            |                            |

5%唑虫酯乳油 500 倍液对玉米有害害, 但 5 d 后恢复。

It's harmful to corn of 500 times liquid of 5% pyraquinil EC, but it recovered after 5 days.

表 7 唑虫酯喷雾对玉米高秆期草地贪夜蛾田间药效试验结果 (雄穗)  
Table 7 Field efficacy test of pyraquinil at high stalk period of corn against the instar larvae of *Spodoptera frugiperda* on spray the whole plant (male tassels)

| 药剂及稀释倍数<br>Pesticides and dilution                                              | 重复<br>Repetition | 药前虫口                                     | 药后 1 d After 1 d                         |                          | 药后 3 d After 3 d                         |                          | 药后 7 d After 7 d                         |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                 |                  | 基数 (头)<br>Population before treat (ind.) | 活虫数 (头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效 (%)<br>Control effect | 活虫数 (头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效 (%)<br>Control effect | 活虫数 (头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效 (%)<br>Control effect |
| CK                                                                              | 1                | 45                                       | 46                                       |                          | 44                                       |                          | 42                                       |                          |
|                                                                                 | 2                | 40                                       | 38                                       |                          | 45                                       |                          | 45                                       |                          |
|                                                                                 | 3                | 42                                       | 42                                       |                          | 40                                       |                          | 40                                       |                          |
| 5% 唑虫酯可分散<br>粒剂 500 倍液<br>Diluted 500 times of<br>5% pyraquinil WG              | 1                | 38                                       | 27                                       | 28.93c                   | 22                                       | 41.14abc                 | 27                                       | 30.58bc                  |
|                                                                                 | 2                | 43                                       | 29                                       |                          | 28                                       |                          | 30                                       |                          |
|                                                                                 | 3                | 44                                       | 32                                       |                          | 25                                       |                          | 30                                       |                          |
| 5% 唑虫酯乳油 500<br>倍液<br>Diluted 500 times of<br>5% pyraquinil EC                  | 1                | 35                                       | 12                                       | 58.80a                   | 18                                       | 45.88abc                 | 25                                       | 30.56bc                  |
|                                                                                 | 2                | 47                                       | 21                                       |                          | 28                                       |                          | 32                                       |                          |
|                                                                                 | 3                | 46                                       | 20                                       |                          | 25                                       |                          | 32                                       |                          |
| 150 g/L 茚虫威乳油<br>1 875 倍液<br>Diluted 1 875 times<br>of 150 g/L<br>indoxacarb EC | 1                | 41                                       | 29                                       | 31.45b                   | 11                                       | 53.90abc                 | 16                                       | 50.87a                   |
|                                                                                 | 2                | 33                                       | 20                                       |                          | 16                                       |                          | 20                                       |                          |
|                                                                                 | 3                | 29                                       | 21                                       |                          | 19                                       |                          | 14                                       |                          |

表 8 唑虫酯喷雾对玉米高秆期草地贪夜蛾田间药效试验结果 (玉米苞)  
Table 8 Field efficacy test of pyraquinil at high stalk period of corn against the instar larvae of *Spodoptera frugiperda* on spray the whole plant (corn bract)

| 药剂及稀释倍数<br>Pesticides and dilution                                              | 重复<br>Repetition | 药前虫口                                     | 药后 1 d After 1 d                         |                          | 药后 3 d After 3 d                         |                          | 药后 7 d After 7 d                         |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|--------------------------|
|                                                                                 |                  | 基数 (头)<br>Population before treat (ind.) | 活虫数 (头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效 (%)<br>Control effect | 活虫数 (头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效 (%)<br>Control effect | 活虫数 (头)<br>Number of live insects (ind.) | 防效 (%)<br>Control effect |
| CK                                                                              | 1                | 28                                       | 31                                       |                          | 26                                       |                          | 30                                       |                          |
|                                                                                 | 2                | 30                                       | 25                                       |                          | 30                                       |                          | 27                                       |                          |
|                                                                                 | 3                | 23                                       | 25                                       |                          | 32                                       |                          | 30                                       |                          |
| 5% 唑虫酯可分散<br>粒剂 500 倍液<br>Diluted 500 times of<br>5% pyraquinil WG              | 1                | 41                                       | 35                                       | 29.43ab                  | 33                                       | 26.26ab                  | 36                                       | 24.79abc                 |
|                                                                                 | 2                | 38                                       | 25                                       |                          | 28                                       |                          | 27                                       |                          |
|                                                                                 | 3                | 32                                       | 20                                       |                          | 29                                       |                          | 28                                       |                          |
| 5% 唑虫酯乳油<br>500 倍液<br>Diluted 500 times of<br>5% pyraquinil EC                  | 1                | 41                                       | 31                                       | 20.16bc                  | 28                                       | 28.49ab                  | 27                                       | 31.79ab                  |
|                                                                                 | 2                | 37                                       | 33                                       |                          | 27                                       |                          | 27                                       |                          |
|                                                                                 | 3                | 26                                       | 20                                       |                          | 25                                       |                          | 22                                       |                          |
| 150 g/L 茚虫威乳油<br>1 875 倍液<br>Diluted 1 875 times<br>of 150 g/L<br>indoxacarb EC | 1                | 23                                       | 20                                       | 20.90bc                  | 22                                       | 24.81ab                  | 19                                       | 32.48ab                  |
|                                                                                 | 2                | 38                                       | 32                                       |                          | 27                                       |                          | 29                                       |                          |
|                                                                                 | 3                | 41                                       | 28                                       |                          | 34                                       |                          | 32                                       |                          |

茚虫威乳油 1 875 倍液处理后 1、3、7 d 的防效分别为 20.90%、24.81%和 32.48%。

### 3 讨论

化学防控是目前草地贪夜蛾应急防控的主要措施。实验结果表明, 药剂防治过程中, 在玉米喇叭口期施药防效明显比玉米高秆期时好。在玉米喇叭口期施药, 采用在喇叭口点施药液的施药方法, 5%唑虫酯可分散粒剂、5%唑虫酯乳油以及对照药剂 150 g/L 茚虫威乳油 1 875 倍液都显示出优异的防效。用全株喷雾的方法, 150 g/L 茚虫威乳油和唑虫酯只对低龄草地贪夜蛾幼虫具有优异的活性, 对高龄幼虫的效果不佳。而在玉米高秆期, 在玉米的雄穗尚未完全展开时, 躲藏在玉米心叶里的草地贪夜蛾高龄幼虫会继续为害发育的玉米雄穗, 此时喷雾施药, 150 g/L 茚虫威乳油的防效在 50%左右, 2 个唑虫酯药剂的效果在 50%以下; 在玉米的雄穗完全抽出后, 这时草地贪夜蛾幼虫转移到叶腋或雌穗穗柄为害, 也可咬食玉米花丝, 从穗顶钻蛀果穗或从果穗侧面的苞叶处咬食幼嫩穗轴, 再继续咬食玉米籽粒(杨普云等, 2019), 由于有玉米苞叶的保护, 此时施药幼虫很难接触药剂, 所以 3 种药剂对草地贪夜蛾的防效都不明显, 对玉米棒子中的草地贪夜蛾幼虫基本无效。在玉米的雄穗尚未完全展开时喷雾, 药剂有一定防效的原因可能是由于喷雾时药液顺着叶片流入心叶处, 让已经钻蛀进去的幼虫也能接触到药剂, 而在玉米棒子为害的幼虫, 白天不会再爬出来到土里躲避阳光, 所以很难接触到药液, 这几种药剂不具有内吸性, 所以基本无效。

草地贪夜蛾是外来入迁害虫, 外来迁入性草地贪夜蛾雌虫主要产卵在上部叶, 1-3 龄幼虫主要在玉米幼嫩叶片上部, 此时为害隐秘性不高, 容易发现; 而草地贪夜蛾在本地羽化出土的雌虫, 主要产卵在玉米下部叶片正反面和叶鞘处, 叶片出现明显症状才易被发现, 随着虫龄增长, 幼虫向植株上部转移。4-6 龄幼虫钻进喇叭口内幼嫩生长点, 黄昏或夜间才出来活动, 较难发现,

为害症状具有延后性; 至玉米雄穗全部展开后, 4-6 龄幼虫则钻蛀进入玉米棒子中为害。此时施药由于虫龄较大, 并且有叶片或苞片保护, 药剂的防效都不理想。故应结合虫情监测和田间监测情况, 把握住 1-3 龄幼虫防控关键时期, 充分发挥好专业化防控组织的作用, 力争做到治早、治小、治了。

### 参考文献 (References)

- Jiang XY, 2019. Design, synthesis, and insecticidal activity of 4, 5-dihydropyrazolo[1, 5- $\alpha$ ] quinazolines as novel antagonists of GABA receptors. Doctoral dissertation. Guangdong: South China Agricultural University. [江薰垣, 2019. 作用于昆虫 GABA 受体的[1,5- $\alpha$ ]唑啉啉类新型杀虫剂的合成. 博士学位论文. 广东: 华南农业大学.]
- Jiang XY, Xie Y, Ren ZF, Ganeteg U, Lin F, Zhao C, Xu HH, 2018. Design of a new glutamine-fipronil conjugate with  $\alpha$ -amino acid function and its uptake by *A. thaliana* Lysine histidine transporter 1 (AtLHT1). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(29): 7597-7605.
- Jiang YY, Liu J, Zhu XM, 2019. Occurrence and trend of *Spodoptera frugiperda* invasion in China. *China Plant Protection*, 39(2): 33-35. [姜玉英, 刘杰, 朱晓明, 2019. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析. 中国植保导刊, 39(2): 33-35.]
- Press Office of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 2019a. Ministry of agriculture and rural affairs has fully arranged and deployed the prevention and control of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*[C/OL]. [http://www.moa.gov.cn/xw/tpxw/201905/t20190524\\_6315365.htm](http://www.moa.gov.cn/xw/tpxw/201905/t20190524_6315365.htm), 2019-05-24. [农业农村部新闻办公室, 2019a. 农业农村部全面安排部署草地贪夜蛾防控工作[C/OL]. [http://www.moa.gov.cn/xw/tpxw/201905/t20190524\\_6315365.htm](http://www.moa.gov.cn/xw/tpxw/201905/t20190524_6315365.htm), 2019-05-24.]
- Press Office of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 2019b. The ministry of agriculture and villages will strictly guard against the spread of arboreal moth on grassland. [http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/201904/t20190424\\_6212696.htm](http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/201904/t20190424_6212696.htm), 2019-04-24. [农业农村部新闻办公室, 2019b. 农业农村部严防草地贪夜蛾蔓延. [http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/201904/t20190424\\_6212696.htm](http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/201904/t20190424_6212696.htm), 2019-04-24.]
- Yang PY, Zhu XM, Guo JF, Wang ZY, 2019. Strategy and advice for managing the fall armyworm in China. *Plant Protection*, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1982.s.20190528.1137.001.html>. [杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 王振营, 2019. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议. 植物保护, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1982.s.20190528.1137.001.html>.]
- Zhang L, Jin MH, Zhang DD, Jiang YY, Liu J, 2019. Molecular identification of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Yunnan Province. *Plant Protection*, 45(2): 19-24, 56. [张磊, 靳明辉, 张丹丹, 姜玉英, 刘杰, 2019. 入侵云南草地贪夜蛾的分子鉴定. 植物保护, 45(2): 19-24, 56]