



李燕芳, 徐淑, 张振飞, 陈炳旭, 肖汉祥. 3种药剂对广东地区草地贪夜蛾3龄幼虫室内毒力测定及其田间药效评价[J]. 环境昆虫学报, 2021, 43 (1): 239–244.

3种药剂对广东地区草地贪夜蛾3龄幼虫室内毒力测定及其田间药效评价

李燕芳^{1,2*}, 徐淑^{1,2*}, 张振飞^{1,2}, 陈炳旭^{1,2**}, 肖汉祥^{1,2**}

(1. 广东省农业科学院植物保护研究所, 广州 510640; 2. 广东省植物保护新技术重点实验室, 广州 510640)

摘要: 为明确几种药剂对广东地区草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 幼虫的室内毒杀作用及田间防治效果, 合理使用化学农药对草地贪夜蛾进行科学防治提供理论依据。本研究采用浸叶法测定了氯虫苯甲酰胺、高效氯氟氰菊酯和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对草地贪夜蛾3龄幼虫的室内毒杀作用; 采用茎叶喷雾法, 测定了200克/升氯虫苯甲酰胺悬浮剂、150克/升氯虫苯甲酰胺·高效氯氟氰菊酯微囊悬浮-悬浮剂、25克/升高效氯氟氰菊酯乳油和5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒对田间玉米上草地贪夜蛾幼虫的防治效果。室内毒力测定试验结果表明: 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾3龄幼虫都有较好的毒杀作用, LC_{50} 分别为0.037 mg/L和0.094 mg/L; 而高效氯氟氰菊酯对草地贪夜蛾的毒杀作用较一般, LC_{50} 为5.336 mg/L。田间试验结果表明, 供试的3种药剂对草地贪夜蛾幼虫速效性一般, 药后1 d的防治效果为40.79%~59.67%; 药后3 d的防治效果为67.27%~88.55%; 药后7 d其防治效果为55.75%~90.97%。氯虫苯甲酰胺和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对草地贪夜蛾具有较好室内的毒杀作用和田间防治效果, 是目前防治草地贪夜蛾的理想药剂; 高效氯氟氰菊酯对草地贪夜蛾室内的毒杀作用和田间防治效果较差, 不推荐用来防治草地贪夜蛾。

关键词: 氯虫苯甲酰胺; 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐; 高效氯氟氰菊酯; 草地贪夜蛾; 室内毒力测定; 防治效果

中图分类号: Q965.9; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2021) 01-0239-06

Study on laboratory toxicity and field efficacy of three insecticides against *Spodoptera frugiperda* larva in Guangdong Province

LI Yan-Fang^{1,2*}, XU Shu^{1,2*}, ZHANG Zhen-Fei^{1,2}, CHEN Bing-Xu^{1,2*}, XIAO Han-Xiang^{1,2**}

(1. Plant Protection Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of High Technology for Plant Protection, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Nowadays, *Spodoptera frugiperda* is a global threat, which is distributed widely in the production fields of corn. In this study, we determined the toxicity and field control efficiency of several pesticides on *S. frugiperda* larvae in Guangdong Province, and also provided some evidences for scientific chemical control of *S. frugiperda*. The efficacy of Chlorantraniliprole, Emamectin Benzoate and Lambda-Cyhalothrin on the moth was determined by leaf immersion method. The control effects of 200 g/L Chlorantraniliprole SC, 150 g/L Chlorantraniliprole · Lambda-Cyhalothrin ZC (CS SC), 25 g/L Lambda-

基金项目: 广东省重点领域研发计划 (2020B020223004); 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队建设项目 (2020KJ134)

* 共同第一作者: 李燕芳, 女, 副研究员, 主要从事昆虫抗药性研究, E-mail: 328159805@qq.com; 徐淑, 女, 硕士, 副研究员, 主要从事果树等害虫防控研究, E-mail: xushugcz@163.com

** 通讯作者 Author for correspondence: 肖汉祥, 男, 研究员, 主要从事植物保护研究, E-mail: 290432210@qq.com; 陈炳旭, 男, 研究员, 主要从事植物保护研究, E-mail: 505363957@qq.com

收稿日期 Received: 2020-10-29; 接受日期 Accepted: 2020-12-21

Cyhalothrin emulsion oil and 5% Emamectin Benzoate WG on the third instar larva of *S. frugiperda* in corn field were determined by stem-leaf spray method. The results of indoor toxicity tests showed that both Emamectin Benzoate and Chlorantraniliprole had a good effect on the third instar larva of *S. frugiperda*, and the LC_{50} was 0.0374 mg/L and 0.094 mg/L respectively. However, Lambda-Cyhalothrin had a general effect on *S. frugiperda* with LC_{50} of 5.34 mg/L. The results of field tests showed that the efficiency of three pesticides to *S. frugiperda* was general. The control effect of first day after treatment was 40.79% ~ 59.67%. 3 days after treatment was 67.27% ~ 88.55% and 7 days after treatment was 55.75% ~ 90.97%. Our results indicated that Chlorobenzamide and Emamectin Benzoate have better toxicity effect and field control effect on *S. frugiperda*. Lambda-cyhalothrin has less effective in toxicity and field test on the larva, so it is not recommended to control the *S. frugiperda*.

Key words: Chlorantraniliprole; Emamectin Benzoate; lambda-cyhalothrin; *Spodoptera frugiperda*; toxicity; control effect

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*, 又称秋粘虫, 属鳞翅目夜蛾科, 是一种迁飞性害虫, 原产于美洲热带亚热带地区 (Storer *et al.*, 2010), 其食性杂且寄主广, 可取食玉米、水稻、小麦、高粱、甘蔗和花生等多种作物, 造成严重的经济损失 (Todde *et al.*, 1980; Salvadori *et al.*, 2012)。由于草地贪夜蛾具有适生区域广、迁飞能力强等特点 (江幸福等, 2019), 现已入侵美洲、非洲、亚洲等 100 多个国家 (Goergen *et al.*, 2016; Sharandbasappa, 2018; 王磊等, 2019)。

从 2019 年 1 月于我国云南省普洱市首次发现该虫为害冬玉米以来, 在我国不同地区陆续发现该虫危害, 截止到 2020 年 7 月 9 日我国共有 21 个省 (市、区) 1 029 县 (区) 发现草地贪夜蛾幼虫, 危害面积为 65.53×10^4 ha (王磊等, 2020), 主要危害高粱、谷子、麦、薏米、花生、菽、香蕉、生姜、竹芋、水稻、马铃薯、油菜、辣椒等多种农作物 (姜玉英等, 2019)。草地贪夜蛾是新入侵我国的重大农业害虫, 筛选合适的化学防治药剂对阻止该虫在我国的迅速蔓延非常重要。在使用化学农药防治草地贪夜蛾方面, 2000 年以前国际上主要以有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类杀虫剂为主 (Piter, 1986)。近年来, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素等新品种杀虫剂对草地贪夜蛾的防治具有较好的效果 (崔丽等, 2019)。林璐璐等 (2020) 评价了 6 种药剂对入侵安徽草地贪夜蛾种群的室内毒杀作用及田间防治效果, 结果表明 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂室内毒杀作用最高、田间防效最好, 其次是 60 克/升乙基多杀菌素悬浮剂和 20 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒悬浮剂, 而 8 000 IU/ μ L 苏云金杆菌悬浮剂、80 亿 cfu/mL 金龟子绿僵菌

CQ-Ma421 可分散油悬浮剂和 100 亿 cfu/g 白僵菌原粉粉剂对安徽草地贪夜蛾的室内毒杀作用和田间防效均较低。尹艳琼等 (2019) 报道, 云南省草地贪夜蛾种群对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和乙基多杀菌素、虱螨脲、氯虫苯甲酰胺、虫螨腈、茚虫威这几类新型作用机理的杀虫剂敏感较高, 对传统杀虫剂高效氯氟氰菊酯和生物农药 Bt 敏感较差。范晓培等 (2020) 测定了 7 种药剂对陕西地区草地贪夜蛾的室内毒力测定及田间防治效果, 结果表明, 7 种杀虫剂的室内毒杀作用依次为 60 克/升乙基多杀菌素 > 25% 甲氨基阿维菌素苯甲酸·虫酰肼 > 30% 氟铃脲·茚虫威 > 12% 甲氨基阿维菌素苯甲酸·虫螨腈 > 240 克/升虫螨腈 > 5% 氯虫苯甲酰胺 > 100 亿孢子/mL 短稳杆菌, 而田间防效结果表明, 60 克/升乙基多杀菌素和 25% 甲氨基阿维菌素苯甲酸·虫酰肼对草地贪夜蛾幼虫的速效性和持效性较好。由于入侵我国的草地贪夜蛾种群不同、我国各地不同气候和环境条件以及各地用药水平不同, 全国各地草地贪夜蛾对杀虫剂的敏感性可能呈现区域性差异。因此, 及时了解广东地区草地贪夜蛾种群对杀虫剂的敏感性水平及田间防治效果, 对指导广东地区草地贪夜蛾的防治工作具有重要意义。

本文测定了几种农药对广东地区的草地贪夜蛾种群室内毒杀作用及大田防治效果, 为广东地区生产上草地贪夜蛾的用药防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试昆虫

用于室内生物测定的草地贪夜蛾采自广东省

广州市白云区钟落潭镇, 以新鲜玉米叶片在室内进行人工饲养 1 代, 选择个体大小和发育一致的 3 龄幼虫进行毒力测定。饲养条件: 温度 $26 \pm 6^\circ\text{C}$, 光周期 L:D = 14 h: 10 h, 相对湿度 85%。

1.1.2 供试药剂

96% 氯虫苯甲酰胺原药、96.2% 高效氯氟氰菊酯原药和 71.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐原药, 由南京红太阳股份有限公司提供; 200 克/升氯虫苯甲酰胺悬浮剂, 由美国富美实公司提供; 150 克/升氯虫苯甲酰胺·高效氯氟氰菊酯微囊悬浮-悬浮剂, 由先正达南通作物保护有限公司提供; 25 克/升高效氯氟氰菊酯乳油, 由先正达南通作物保护有限公司提供; 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒, 由上海惠光环境科技有限公司提供。

1.2 试验方法

1.2.1 室内毒力测定

药液配制: 供试药剂氯虫苯甲酰胺原药、高效氯氟氰菊酯原药和甲氨基阿维菌素苯甲酸盐原药用二甲基甲酰胺溶解, 原药溶解后配制成母液备用。用含 0.1% 吐温-80 的清水等比稀释母液, 配制成试验所需浓度。氯虫苯甲酰胺原药稀释为 2、1、0.5、0.25、0.125、0.063 和 0.031 mg/L 6 个处理; 高效氯氟氰菊酯原药稀释为 60、30、15、7.5、3.75 和 1.875 mg/L 6 个处理; 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐原药稀释为 1、0.5、0.25、0.125、0.063 和 0.031 mg/L 6 个处理。另设含 0.1% 吐温-80 和相同比例二甲基甲酰胺的清水作对照。

测定方法: 室内毒力测定方法采用叶片浸渍法。将喇叭口期幼嫩玉米叶片剪成长约 7 cm、宽约 2 cm 的长形叶片, 然后将叶片放入各处理药液中浸 10 s, 取出自然晾干后放入培养皿 ($\varnothing = 9\text{ cm}$) 中, 每培养皿放 3 片叶, 接入饥饿 4 h 的草地贪夜蛾 3 龄幼虫 10 头, 每处理重复 4 次。处理后将培养皿放置于温度 $26 \pm 2^\circ\text{C}$ 、光周期为 L:D =

14 h: 10 h、相对湿度为 85% 的人工气候箱中。

1.2.2 田间试验

田间药效试验设在广东省农业科学院白云试验基地内进行, 供试的玉米品种为粤甜 8 号, 试验时玉米处于喇叭口期, 长势均匀, 所有试验小区栽培条件 (土壤类型、水肥管理、移栽期、种植密度、生育期、水层管理) 均匀一致, 且符合当地科学的农业实践。试验时田间草地贪夜蛾以 2~3 龄幼虫为主。200 克/升氯虫苯甲酰胺悬浮剂设 35、40、45 g/hm² 3 个处理; 150 g/L 氯虫苯甲酰胺·高效氯氟氰菊酯微囊悬浮-悬浮剂设 22.5、45、67.5 g/hm² 3 个处理; 25 克/升高效氯氟氰菊酯乳油设 15 g/hm² 1 个处理; 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒设 11.25 g/hm² 1 个处理, 另设空白对照, 试验共 9 个处理, 每处理重复 4 次, 小区采用随机区组排列, 每小区面积 30 m², 小区之间的保护行宽 1 m²。试验于 2019 年 8 月 29 日施药 1 次, 将药剂按照试验设计稀释后均匀喷雾, 对照小区进行喷清水处理, 每小区喷 2.7 L 药液 (折每公顷喷 900 L 药液)。试验当天气温 26.0~35.2 $^\circ\text{C}$, 日照时长为 6.5 h, 平均相对湿度 82%。

1.3 调查及计算方法

1.3.1 室内毒力测定

处理 72 h 后检查试验结果, 以毛笔轻触虫体, 不能协调运动的幼虫视为死亡, 对照死亡率小于 10% 为有效试验。根据试验结果, 计算毒力回归线、致死中浓度 (LC_{50}) 及 95% 置信限、相关系数。

1.3.2 田间药效试验

于施药前调查虫口基数, 药后 1 d、3 d 和 7 d 进行药效调查。调查方法: 每小区 5 点取样, 每点固定调查 10 株玉米, 并挂牌进行标记, 调查记录玉米植株上的所有活虫数, 根据药后的虫口减退率计算防治效果。

$$\text{虫口减退率}(\%) = \frac{\text{施药前活虫数} - \text{施药后活虫数}}{\text{施药前活虫数}} \times 100$$

$$\text{防效}(\%) = \frac{\text{施药处理区虫口减退率} - \text{空白对照区虫口减退率}}{100 - \text{空白对照区虫口减退率}} \times 100$$

1.4 安全性调查

在施药后全程观察各药剂处理对玉米是否造成药害, 以确保药剂处理对玉米的安全性。

1.5 统计分析

用 DPS 17.10 高级版软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 室内毒力测定结果

3 种杀虫剂对广东地区草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒力测定结果见表 1。测定结果表明, 对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒力效果: 甲氨基阿维菌素苯甲酸 > 氯虫苯甲酰胺 > 高效氯氟氰菊酯。甲氨基阿维菌素苯甲酸对广东草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒杀作用最高, 72 h LC_{50} 为 0.037 mg/L, 氯虫苯甲酰胺对广东草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒杀作用次之, 72 h LC_{50} 为 0.094 mg/L, 而高效

氯氟氰菊对广东玉米上草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒杀作用最低, 72 h LC_{50} 为 5.336 mg/L。

2.2 田间药效试验结果

田间试验结果 (表 2) 表明, 供试的 4 种药剂对草地贪夜蛾的速性效较差, 药后 1 d, 4 种药剂对草地贪夜蛾的防治效果均在 60% 以下, 其中 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂用药 45 g/hm² 的防治效果高最为 59.67%, 25 g/L 高效氯氟氰菊酯乳油用药 15 g/hm² 的防治效果最低为 40.79%。药后 3 d, 3 种药剂对草地贪夜蛾的防治效果与药后 1 d 相比均有大幅提升, 其中 150 g/L 氯虫苯甲酰胺·高效氯氟氰菊酯微囊悬浮-悬浮剂用药

表 1 3 种药剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力测定结果

Table 1 Measured results of toxicity of three insecticides on *Spodoptera frugiperda* at 3rd instar larvae

药剂 Medicament	毒力回归方程 Regression equation	LC_{50} (mg/L)	LC_{50} 95 % 置信限 (mg/L) LC_{50} 95% confidence limit	相关系数 (r) Correlation coefficient
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	$Y = 6.836 + 1.787X$	0.094	0.052 ~ 0.136	0.873
高效氯氟氰菊酯 Lambda-cyhalothrin	$Y = 3.740 + 1.733X$	5.336	3.752 ~ 6.397	0.931
甲氨基阿维菌素苯甲酸 Emamectin enzoate	$Y = 7.230 + 1.497X$	0.037	0.013 ~ 0.054	0.897

表 2 4 种药剂对草地贪夜蛾的田间防治效果

Table 2 Field control effect of four insecticides against *Spodoptera frugiperda*

农药 Pesticide	剂量 (g/hm ²) Dosage	药后 1 d 防治效果 (%) Control effect	药后 3 d 防治效果 (%) Control effect	药后 7 d 防治效果 (%) Control effect
200 克/升氯虫苯甲酰胺悬浮剂 200 g/L Chlorantraniliprole suspension concentrate	35	50.98 ± 0.84 d	75.46 ± 1.09 c	80.03 ± 1.09 c
	40	55.55 ± 0.68 bc	81.37 ± 0.93 b	85.01 ± 0.96 b
	45	59.67 ± 1.54 a	87.38 ± 1.59 a	90.85 ± 1.75 a
150 克/升氯虫苯甲酰胺·高效氯氟氰菊酯微囊悬浮-悬浮剂 150g/L Chlorantraniliprole·lambda-cyhalothrincapsule suspension-suspension concentrate	22.5	45.05 ± 2.43 e	76.18 ± 2.38 c	80.20 ± 2.75 c
	45	54.71 ± 2.60 c	82.71 ± 2.16 b	86.71 ± 2.00 b
	67.5	58.67 ± 2.92 ab	88.55 ± 2.69 a	90.97 ± 2.12 a
25 克/升高效氯氟氰菊酯乳油 25g/L Lambda-cyhalothrinemulsifiable concentrate	15	40.79 ± 2.27 f	67.27 ± 2.66 d	55.75 ± 1.66 d
5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂 5% Emamectin enzoate water dispersible granule	11.25	57.43 ± 2.73 bc	86.29 ± 1.88 a	81.16 ± 1.67 c

注: 表中同列数据后不同小写英文字母表示经 DMRT 法测验差异显著 ($P < 0.05$)。Note: Different capital and small letters in the same column represented extremely significant or significant difference in DMRT test ($P < 0.05$) .

67.5 g/hm²的防治效果高最为 88.55%, 25 g/L 高效氯氟氰菊酯乳油处理的防治效果较比其它药剂处理的防治效果差, 仅为 67.26%。药后 7 d, 除 25 g/L 高效氯氟氰菊酯乳油外, 其它几种药剂对草地贪夜蛾的防治效果仍有不同程度的增加, 其中 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂用药 45 g/hm² 和 150 g/L 氯虫苯甲酰胺·高效氯氟氰菊酯微囊悬浮-悬浮剂用药 67.5 g/hm² 的防治效果均高于 90%, 而 25 g/L 高效氯氟氰菊酯乳油的防治效果比药后 3 d 的防治效果降低, 用药 15 g/hm² 的防治效果仅为 55.75%。

2.3 对玉米安全性

在整个试验过程中, 各处理未发现对玉米产生药害和其它不良影响, 试验药剂在本试验条件下均对玉米安全。

3 结论与讨论

在美洲, 应用化学农药防治草地贪夜蛾已有几十年的历史, 草地贪夜蛾已对拟除虫菊酯类、有机磷类、氨基甲酸酯类等多种类别的化学药剂产生了不同程度的抗性 (Young, 1992)。虽然草地贪夜蛾对部分农药已产生不同程度的抗性, 但目前施用化学农药仍是防治草地贪夜蛾的重要手段之一。目前, 我国推荐了一系列药剂用于防控草地贪夜蛾, 主要包括甲氨基阿维菌素、茚虫威、氯虫苯甲酰胺、高效氯氟氰菊酯、虱螨脲、甘蓝夜蛾核型多角体病毒、金龟子绿僵菌等单剂及其复配药剂等。(引用材料, 农业部网站)

草地贪夜蛾入侵我国主要分东线和西线两条迁飞路径, 入侵云南的草地贪夜蛾主要来自缅甸 (Li *et al.*, 2020), 入侵广东的草地贪夜蛾种群虫源地可能分布在越南、老挝中北部 (齐国君等, 2019)。不同地理种群草地贪夜蛾对化学药剂的敏感性存在一定差异, 本研究针对入侵广东的草地贪夜蛾种群开展了室内毒力测定和田间药效研究。室内毒力测定结果表明, 氯虫苯甲酰胺和甲氨基阿维菌素苯甲酸对广东草地贪夜蛾具有较好的室内毒杀效果, 而高效氯氟氰菊酯的室内毒杀效果较差。赵胜园等 (2019 年) 的研究表明传统的有机磷类、拟除虫菊酯类及氨基甲酸酯类农药已不能有效地防治云南省普洱市草地贪夜蛾, 本研究结果也表明高效氯氟氰菊酯已不能有效地防治广东地区草地贪夜蛾, 可能原因是草地贪夜蛾自美

洲通过非洲迁入亚洲, 这期间接受了不同国家上述农药的选择作用, 在农药的选择下, 草地贪夜蛾对这几类农药产生了抗性。马千里等 (2020 年) 采用喷雾法测定高效氯氟氰菊酯对广东草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力, LC₅₀ 为 42.39 g/L, 其对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒杀效果较本研究采用浸叶法测定的结果 5.3364 mg/L 差, 测定结果存在差异可能是由于测定方法不同而产生的差异, 本文采用浸渍法, 而马千里采用的喷雾法。

本研究的田间试验结果表明, 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂、150 g/L 氯虫苯甲酰胺·高效氯氟氰菊酯微囊悬浮-悬浮剂和 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒对草地贪夜蛾具有较好的防治效果, 药后 1 d 的防治效果在 45.05% ~ 59.67% 之间, 药后 3 d 的防治效果均在 75% 以上, 药后 7 d 的防治效果在 80% 以上。赵胜园等 (2019 年) 报道, 乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸、氯虫苯甲酰胺、乙酰甲胺磷对草地贪夜蛾具有较好的速效性和防控效果, 药后 3 d 的虫口减退率及防效均大于 70%; 药后 5 d, 防效及虫口减退率均超过 80%, 药后 7 d 对该虫的防效仍然大于 80%。

草地贪夜蛾是迁飞害虫, 不同的地区的用药水平存在差异, 广东是草地贪夜蛾周年繁殖区 (杨光, 2020), 广东各地应加强对草地贪夜蛾的抗药性监测, 掌握广东不同地区的草地贪夜蛾的抗药性, 对草地贪夜蛾的防治有着重要的意义。根据草地贪夜蛾的抗药性变化, 在用化学农药防治时应采用不同作用机制、无交互抗性的杀虫剂进行轮换用药, 减缓农药的抗药性, 减少农药的使用。

参考文献 (References)

- Cui L, Rui HC, Li YP, *et al.* Research and application of chemical control technology against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in foreign countries [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (4): 7-13. [崔丽, 芮昌辉, 李永平, 等. 国外草地贪夜蛾化学防治技术的研究与应用 [J]. *植物保护*, 2019, 45 (4): 7-13]
- Fan XP, Yu ZJ, Wang QW, *et al.* Toxicity determination and control effects of seven insecticides to larva of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 66 (8): 37-40, 64. [范晓培, 余正军, 王清文等. 7 种杀虫剂对玉米草地贪夜蛾幼虫的室内毒力测定及田间防效 [J]. *陕西农业科学*, 2020, 66 (8): 37-40, 64]
- Goergen G, Kumar PL, Sankung SB, *et al.* First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

- (Lepidoptera: Noctuidae), a new alien invasive pest in west and central Africa [J]. *PLoS ONE*, 2016, 11 (10): E165632.
- IRAC. Integrated pest management (IPM) & insect resistance management for fall armyworm in South Africa maize [EB/OL]. ARAC South Africa, www. irac - oline. org, may 2018.
- Jiang XF, Zhang L, Cheng YX, *et al.* Advances in migration and monitoring techniques of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (1): 12 - 18. [江幸福, 张蕾, 程云霞, 等. 草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展 [J]. 植物保护, 2019, 45 (1): 12 - 18]
- Jiang YY, Liu J, Zhu XM. Analysis on occurrence and future trend of invasion of *Spodoptera guenee* in China [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (2): 33 - 35. [姜玉英, 刘杰, 朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析 [J]. 中国植保导刊, 2019, 39 (2): 33 - 35]
- Li XJ, Wu MJ, Gao BY, *et al.* Prediction of migratory routes of the invasive fall armyworm in eastern China using a trajectory analytical approach [J]. *Pest Management Science*, 2020, 76 (2): 454 - 463.
- Lin LL, Zhong YZ, Zhang GL, *et al.* Control effects of six insecticides to *Spodoptera frugiperda* in Anhui Province [J]. *Agrochemicals*, 2020, 59 (7): 528 - 531. [林璐璐, 钟永志, 张光玲, 等. 6 种药剂对安徽省草地贪夜蛾的防治效果 [J]. 农药, 2020, 59 (7): 528 - 531]
- Ma QL, Wang YQ, Tan YT, *et al.* Toxicity determination of three pyrethroid pesticides against *Spodoptera frugiperda* and evaluation of field application [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42 (2): 335 - 341. [马千里, 王勇庆, 谭煜婷, 等. 3 种拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾的毒力测定及田间应用效果评价 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (2): 335 - 341]
- Piter HN. Chemical control of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): An update [J]. *Florida Entomologist*, 1986, 69 (3): 570 - 578.
- Qi GJ, Ma J, Hu G, *et al.* Analysis of migratory routes and atmospheric features of the newly invaded fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in Guangdong Province [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 488 - 496. [齐国君, 马健, 胡高等. 首次入侵广东的草地贪夜蛾迁入路径及天气背景分析 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (3): 488 - 496]
- Sharanabasappa D, Kalleshwaraswamy CM, Asokan R, *et al.* First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), an alien invasive pest on maize in India [J]. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 2018, 24 (1): 23 - 29.
- Storer NP, Babcock JM, Schlenz M, *et al.* Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2010, 103 (4): 1031 - 1038.
- Todd EL, Poole RW. Keys and illustrations for the army - worm moths of the noctuid genus *Spodoptera guenee* from the western hemisphere [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 1980, 73 (6): 722 - 738.
- Wang L, Cheng KW, Zhong GH, *et al.* Progress for occurrence and management and the strategy of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2019, 41 (3): 479 - 487. [王磊, 陈科伟, 钟国华等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾发生危害防控研究进展及防控策略探讨 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (3): 479 - 487]
- Wang L, Lu YY. Spreading trend predication of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in year of 2020 in China [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42 (5): 1139 - 1145. [王磊, 陆永跃. 2020 年我国草地贪夜蛾蔓延发生趋势及预测 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (5): 1139 - 1145.]
- Yin YQ, Zhang HM, Li YC, *et al.* Laboratory toxicity of eight insecticides against *Spodoptera frugiperda* from different areas in Yunnan [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (6): 70 - 74. [尹艳琼, 张红梅, 李永川, 等. 8 种杀虫剂对云南不同区域草地贪夜蛾种群的室内毒力测定 [J]. 植物保护, 2019, 45 (6): 70 - 74]
- Young JR, Mcmillian WW. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl treated surfaces [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1979, 72 (2): 202 - 203.
- Zhao SY, Sun XX, Zhang HW, *et al.* Laboratory test on the control efficacy of common chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019a, 45 (3): 10 - 14. [赵胜园, 孙小旭, 张浩文, 等. 常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定 [J]. 植物保护, 2019a, 45 (3): 10 - 14]
- Zhao SY, Yang XM, Yang XL, *et al.* Field efficacy of eight insecticides on fall armyworm, *Spodoptera guenee* [J]. *Plant Protection*, 2019b, 45 (4): 74 - 78. [赵胜园, 杨现明, 杨学礼, 等. 8 种农药对草地贪夜蛾的田间防治效果 [J]. 植物保护, 2019b, 45 (4): 74 - 78]
- Yang G. Ministry of agriculture and rural affairs enacted management plan for Chinese fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in 2020 [J]. *Pesticide Market News*, 2020, 5: 11. [杨光. 农业农村部制定《2020 年全国草地贪夜蛾防控预案》 [J]. 农药市场信息, 2020, 5: 11]