



马千里, 王勇庆, 谭煜婷, 王世英, 郑群, 吕怡颖, 徐汉虹, 张志祥. 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.

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

马千里^{1,2}, 王勇庆^{1,2}, 谭煜婷^{1,2}, 王世英^{1,2}, 郑群^{1,2}, 吕怡颖³,
徐汉虹^{1,2}, 张志祥^{1,2*}

(1. 广东省生物农药工程技术研究中心, 广州 510642; 2. 华南农业大学农学院, 广州 510642; 3. 湖南人文科技学院, 湖南娄底 417000)

摘要: 评价使用氟氯氰菊酯、溴氰菊酯、高效氯氟氰菊酯喷雾和喇叭口点施处理对草地贪夜蛾的活性与防效, 为草地贪夜蛾综合防控提供技术支持。采用喷雾法测定了3种农药原药对草地贪夜蛾3龄幼虫毒力; 采用喷雾和喇叭口点施2种方式田间施用5.7%氟氯氰菊酯乳油、25 g/L溴氰菊酯乳油、5.0%高效氯氟氰菊酯乳油, 药后第1天、第3天、第7天调查挂牌标记玉米上草地贪夜蛾活虫数, 计算防治效果。3种拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾3龄幼虫 LC_{50} 值大小顺序依次为氟氯氰菊酯(29.80 mg/L) < 高效氯氟氰菊酯(42.39 mg/L) < 溴氰菊酯(49.88 mg/L); 3种拟除虫菊酯类农药在54.00 g a.i./ha剂量下均能明显降低草地贪夜蛾田间虫口数量, 同等剂量防效氟氯氰菊酯乳油 > 高效氯氟氰菊酯乳油 > 溴氰菊酯微乳剂。由于草地贪夜蛾低龄幼虫和高龄幼虫取食部位有差异, 喷雾法防治低龄幼虫的效果好, 喇叭口点施防治高龄幼虫的效果好。拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾具有较好的防治效果, 喇叭口点施方式节省药剂、提高对高龄幼虫的防效, 在防治草地贪夜蛾等害虫方面具有广阔的应用前景。

关键词: 拟除虫菊酯; 草地贪夜蛾; 喷雾; 喇叭口点施

中图分类号: Q965.9; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 02-0335-07

Toxicity determination of three pyrethroid pesticides against *Spodoptera frugiperda* and evaluation of field application

MA Qian-Li^{1,2}, WANG Yong-Qing^{1,2}, TAN Yu-Ting^{1,2}, WANG Shi-Ying^{1,2}, ZHENG Qun^{1,2}, LV Yi-Ying³, XU Han-Hong^{1,2}, ZHANG Zhi-Xiang^{1,2*} (1. Engineering and Technology Centers of Biopesticides in Guangdong, Guangzhou 510642, China; 2. College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 3. Hunan University of Humanities, Science and Technology, Loudi 417000, Hunan Province, China)

Abstract: To evaluate the toxicities and control effects of cyfluthrin, deltamethrin, lambda-cyhalothrin spray and flare opening point treatment on *Spodoptera frugiperda* and to provide technical support for the comprehensive prevention and control of *S. frugiperda*. Spraying method was used to determine the virulence of third stage larvae of *S. frugiperda*; 5.7% cypermethrin EC, 25 g/L deltamethrin EC, 5% lambda-cyhalothrin ME were applied in the field by spray and flare opening point treatment, the number of live insect of *S. frugiperda* of labeled corn was investigated and the control effect was calculated on 1 d,

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目 (2020B020224002)

作者简介: 马千里, 男, 硕士研究生, 主要研究方向为植物保护, E-mail: mqlvincent@foxmail.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 张志祥, 博士, 教授, 主要研究方向为昆虫毒理、农药学, E-mail: zdsys@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2019-06-13; **接受日期** Accepted: 2019-06-24

3 d and 7 d after application. The LC_{50} values of three pyrethroid pesticides on the third stage larvae of *S. frugiperda* were in order of cypermethrin (29.80 mg/L) < lambda-cyhalothrin (42.39 mg/L) < deltamethrin (49.88 mg/L); the three pyrethroid pesticides could significantly reduce the number of insects in the field of *S. frugiperda* at the dose of 54.00 g ai/ha, and the same dose of cyfluthrin EC > lambda-cypermethrin ME > deltamethrin EC. Due to differences in feeding sites of young larvae and old larvae of *S. frugiperda*, the spraying method has a good effect on the control of young larvae, and flare opening point application treatment has a good effect on the control of old larvae. Pyrethroid pesticides have good control effect on *S. frugiperda*, and the method of flare opening point application saves pesticide and improves the control effect on the old larvae. It has broad application prospects in the control of *S. frugiperda*.

Key words: Pyrethroid; *Spodoptera frugiperda*; spray; flare opening point application

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 俗称秋黏虫, 属鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 灰翅夜蛾属 *Spodoptera*, 是一种原产于美洲热带亚热带地区的杂食性害虫 (Storer *et al.*, 2010), 是联合国粮农组织全球预警的跨国界迁飞性害虫。草地贪夜蛾是玉米、高粱和水稻等主要粮食作物的害虫 (Casmuz *et al.*, 2010), 于 2019 年 1 月被确认入侵我国云南省 (杨普云等, 2019), 随后向我国其他省份扩散。至 2019 年 6 月 6 日, 我国已在 18 个省 (区、市) 发现为害玉米 (农业农村部办公厅, 2019), 后代成虫可能随春季东南季风迁飞扩散到江南、长江中下游、黄淮南部, 随后蔓延至黄淮北部、华北和东北等玉米主产区 (姜玉英等, 2019), 严重威胁我国农业及粮食生产安全。

草地贪夜蛾常用的防控方法包括农业防治、生物防治、化学防治等 (Farias *et al.*, 2014; Horikoshi *et al.*, 2016)。使用化学农药被认为是控制草地贪夜蛾传播的有效途径 (Yu *et al.*, 2003), 由于草地贪夜蛾已在海外为害粮食作物多年, 从北美洲南美洲蔓延至非洲, 随后迁飞入亚洲 (FAO, 2019), 传入我国前, 国外使用化学农药防治草地贪夜蛾已有几十年历史, 致使草地贪夜蛾对化学农药产生了不同程度的抗药性。

拟除虫菊酯类杀虫剂对害虫具有触杀和胃毒作用 (刘尚钟等, 2004), 具有高效、速效、低毒等特性 (冯岗等, 2018), 与有机氯、有机磷和氨基甲酸酯类农药相比, 拟除虫菊酯类农药的杀虫毒力提高了 10~100 倍 (汪霞等, 2017)。国内外已有研究表明拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾有较好的防治效果 (赵胜园等, 2019), 但同时也积累了不同程度的抗性 (Rebeca *et al.*, 2019), 本研

究选取 3 种拟除虫菊酯类农药, 开展室内药效评价试验以及不同用药方式下的田间防效试验, 明确这 3 种拟除虫菊酯类农药对入侵生物草地贪夜蛾的最佳使用剂量、防治效果及安全性, 为我国草地贪夜蛾综合防治策略提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

广东广州种群于 2019 年 5 月采自广州市花都区儒林村玉米地 (113°26'50.43"N, 23°48'66.63"E), 采集的田间种群用人工饲料饲养至化蛹, 饲养条件为温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度为 60%~80%、光周期为 L:D=16 h:8 h, 待蛹变为红褐色即将羽化时放入养虫笼内, 成虫喂以 10% 的蜂蜜水, 放入白纱布供其产卵。孵化出的第 1 代幼虫中的 3 龄幼虫供毒力测定用。

1.2 供试植物

供试玉米为广州市花都区花山镇紫西村农户鲜食玉米田, 品种为“华美甜 168”, 栽培方式为播种机播种, 鲜食玉米处于喇叭口期, 植株长势均匀。试验前及试验过程中均未喷施其它杀虫剂。

1.3 供试药剂

95% 氟氯氰菊酯原药, 深圳市思美泉生物科技有限公司; 98% 溴氰菊酯原药, 常熟恒耀新材料有限公司; 95% 高效氯氟菊酯原药, 珠海市双博杰科技有限公司; 5.7% 氟氯氰菊酯乳油 (EC), 浙江威尔达化工有限公司; 25 g/L 溴氰菊酯乳油 (EC), 拜耳作物科技有限公司; 5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂 (ME), 佛山盈辉作物科学有限公司。

1.4 实验仪器及工具

Potter 喷雾塔、多功能电动喷雾器 (专利号:

ZL 201520045145.3)、定量药匙、水桶、量杯等。

1.5 室内毒力测定

室内试验时间为 2019 年 5 月 27 日,采用喷雾法测定 3 种拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力。根据杀虫剂说明书所推荐的田间使用剂量,将供试农药的原药用丙酮配置成母液,再用 0.1% 的吐温-80 水溶液将母液配置 5、10、20、40、80 mg/L 5 个系列质量浓度,确定对 3 龄草地贪夜蛾幼虫的 LC_{50} 。将田间采回的玉米叶片剪成 10 cm 长度大小放入培养皿中,再将 20 头草地贪夜蛾 3 龄幼虫转移在叶片上,然后将培养皿置于 Potter 喷雾塔底盘进行定量喷雾,喷雾量为 1.0 mL,药液沉降 1 min 后取出培养皿,设置不含药剂(含所有有机溶剂和乳化剂)的处理组做空白对照,每个处理组接入 20 头幼虫,每处理 4 次重组。处理后在 1.1 中所述的环境对草地贪夜蛾 3 龄幼虫进行饲养,于 24 h 后统计各组的校正死亡率,使用 SPSS 21.0 数据处理软件进行毒力回归计算,得到毒力回归方程、 LC_{50} 及 95% 置信区间。

1.6 田间防效测定

田间试验在广东省广州市花都区花山紫西村的玉米地中进行试验,其中低龄幼虫(1~3 龄)试验在 2019 年 5 月 13 日进行,高龄幼虫(4~6 龄)试验在 5 月 23 日进行,两次试验玉米地设置隔离带。供试玉米处于喇叭口期。

1.6.1 试验方法

喷雾施药:根据室内毒力测定和农药说明书上所推荐的使用方法,分别配置 40.50、47.25、54.00 g a. i. /ha 的 3 种不同浓度的 5.7% 氟氯氰菊酯 EC、25 g/L 溴氰菊酯 EC、5% 高效氯氟氰菊酯 ME 进行喷雾施药,用水量为 675 kg/ha,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。每个处理 3 个重复小区,每个小区 30 m²,各小区之间设置隔离带,另设 3 个 30 m²

对照小区。

喇叭口点施施药:配置和喷雾施药相同剂量的 5.7% 氟氯氰菊酯 EC、25 g/L 溴氰菊酯 EC、5% 高效氯氟氰菊酯 ME,将药剂装入多功能电动喷雾器中,调节喷雾器出水量至每株玉米 5.0 mL 药液,施药时将药剂准确灌入玉米的喇叭口中,对照小区进行清水点施处理。处理数和小区大小同喷雾施药。

1.6.2 田间调查与统计

施药前每小区按“Z”字型 6 点取样法,每点选定 5 株玉米,6 点共调查 30 株,重复 3 次,即每处理共调查 90 株玉米,用挂牌作为标记,分别统计标记玉米上的低龄幼虫(1~3 龄)和高龄幼虫(4~6 龄)数量并记录,施药后分别于 1 d、3 d、7 d 按照相同方式调查虫口数量并同时观察小区内其他植株的危害及生长情况,根据调查结果,按《农药田间药效试验准则》计算虫口减退率和防治效果,并用 SPSS 21.0 软件进行单因素方差分析。

1.7 安全性观察

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。

2 结果与分析

2.1 供试药剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力

3 种菊酯类农药对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力回归方程、相关系数及致死中浓度 LC_{50} 见表 1。氟氯氰菊酯对草地贪夜蛾 3 龄幼虫毒力最高, LC_{50} 值为 29.80 mg/L,溴氰菊酯和高效氯氟氰菊酯的 LC_{50} 值分别为 49.88 mg/L 和 42.39 mg/L。试验表明,3 种拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力为氟氯氰菊酯 > 溴氰菊酯 > 高效氯氟氰菊酯,差异不显著(表 1)。

表 1 3 种拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力测定结果
Table 1 The toxicity of three kinds of pyrethroid pesticides on the third stage larvae of *Spodoptera frugiperda*

供试药剂 Insecticides tested	毒力回归方程 Regression equation	LC_{50} (mg/L)	95% 置信区间 95% confidence limits	相关系数 R Correlation coefficient R	卡方检验 χ^2 Chi-square test χ^2
氟氯氰菊酯 Cyhalothrin	$Y = 2.0549x + 1.9707$	29.80	21.02 ~ 42.23	0.9831	1.317
溴氰菊酯 Deltamethrin	$Y = 1.9189x + 1.7419$	49.88	30.37 ~ 81.92	0.9914	0.275
高效氯氟氰菊酯 Lambda-cyhalothrin	$Y = 1.8814x + 1.9385$	42.39	26.94 ~ 66.69	0.9931	0.272

2.2 供试药剂对草地贪夜蛾的田间防效

2.2.1 3种拟除虫菊酯类农药喷雾处理对草地贪夜蛾低龄(1~3龄)幼虫的防效

供试3种拟除虫菊酯类农药在40.50(低剂量)、47.25(中剂量)、54.00(高剂量) g a.i./ha 试验剂量下对草地贪夜蛾低龄幼虫进行防治, 喷雾处理后7 d, 各剂量下5.7% 氟氯氰菊酯 EC、25 g/L 溴氰菊酯 EC、5% 高效氯氟氰菊酯 ME 对草地贪夜蛾低龄幼虫的防效都达到70%以上, 其中中剂量和高剂量的5.7% 氟氯氰菊酯 EC 在药后1 d 对低龄幼虫的防效高达80.39%和89.66%, 差异显著分析表明高于25 g/L 溴氰菊酯 EC 和5% 高效氯氟氰菊酯 ME 的防治效果, 具有明显的速效性(表2)。

2.2.2 3种拟除虫菊酯类农药喇叭口点施处理对草地贪夜蛾低龄(1~3龄)幼虫的防效

喇叭口点施处理后7 d, 5.7% 氟氯氰菊酯 EC、25 g/L 溴氰菊酯 EC、5% 高效氯氟氰菊酯 ME 在高剂量下的防效分别为75.12%、45.89%、55.24%, 药后处理1 d, 高剂量的5.7% 氟氯氰菊酯 EC 防效为58.26%, 其余处理组均低于50%, 试验结果明显低于3种农药喷雾法对低龄幼虫的防治效果(表3)。

2.2.3 3种拟除虫菊酯类农药喷雾处理对草地贪夜蛾高龄(4~6龄)幼虫的防效

3种拟除虫菊酯类农药喷雾处理后7 d, 在高剂量下的防效分别为89.45%, 77.91%, 85.62%, 中低剂量下, 25 g/L 溴氰菊酯 EC 和5% 高效氯氟氰菊酯 ME 的防治效果较差, 药后处理1 d, 高剂量的5.7% 氟氯氰菊酯 EC 防治效果为78.58%, 其余处理组均低于70%(表4)。

2.2.4 3种拟除虫菊酯类农药喇叭口点施处理对草地贪夜蛾高龄(4~6龄)幼虫的防效

3种拟除虫菊酯类农药喷雾处理后7 d, 低、中、高剂量的处理组防效均高于70%, 其中5.7% 氟氯氰菊酯 EC 的防效为100%, 表现了优良的防效。药后处理1 d, 中、高剂量的5.7% 氟氯氰菊酯 EC 和高剂量的5% 高效氯氟氰菊酯 ME 对草地贪夜蛾高龄幼虫防效均大于85%, 表现出了良好的速效性, 试验结果明显高于3种农药喷雾法对高龄幼虫的防治效果(表5)。

2.2.5 安全性

施药后全程观察玉米植株生长状态, 在40.50、47.25、54.00 g a.i./ha 试验剂量下, 3种拟除虫菊酯类农药对玉米植株喷雾和喇叭口点施处理后, 均未出现药害, 各剂量处理均对玉米安全。

表2 3种拟除虫菊酯类农药喷雾处理对草地贪夜蛾低龄(1~3龄)幼虫的防效

Table 2 Control effect of three kinds of pyrethroid pesticides spray treatment on young (1~3 instar) larvae of *Spodoptera frugiperda*

供试药剂 Insecticides tested	剂量 (g a.i./ha) Dosage	防效 ± SE (%) Control effect ± SE		
		药后 1 d 1 day after application	药后 3 d 3 days after application	药后 7 d 7 days after application
A	40.50	69.51 ± 2.04 cd	84.64 ± 1.76 bc	98.18 ± 1.07 ab
	47.25	80.39 ± 2.50 ab	92.22 ± 0.55 ab	100.00 ± 0.00 a
	54.00	89.66 ± 2.74 a	95.95 ± 0.88 a	100.00 ± 0.00 a
B	40.50	39.43 ± 1.18 g	45.31 ± 2.08 f	74.31 ± 1.53 f
	47.25	56.59 ± 1.91 ef	62.25 ± 1.51 e	79.31 ± 1.73 ef
	54.00	67.17 ± 2.41 cd	74.64 ± 2.33 d	88.95 ± 1.43 cd
C	40.50	47.22 ± 1.47 fg	57.29 ± 1.07 e	83.97 ± 0.88 de
	47.25	62.08 ± 1.52 de	74.98 ± 1.77 d	89.31 ± 1.15 cd
	54.00	72.92 ± 2.76 bc	81.28 ± 1.16 cd	93.25 ± 1.16 bc

注: A, 5.7% 氟氯氰菊酯乳油; B, 25 g/L 溴氰菊酯乳油; C, 5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂。表中数据为3次重复取平均值 ± 标准误, 同列不同小写字母表示采用 Tukey 法进行比较, 差异显著 ($P < 0.05$), 下同。Note: A, 5.7% cyhalothrin EC; B, 25 g/L deltamethrin EC; C, 5% lambda-cyhalothrin ME. The data in the table are mean ± SE. Data in the same column with different small letters in same column are significantly different at $P < 0.05$, the same below.

表 3 3 种拟除虫菊酯类农药喇叭口点施处理对草地贪夜蛾低龄 (1 ~ 3 龄) 幼虫的防效

Table 3 Control effect of three kinds of pyrethroid pesticides flare opening application treatment on young (1 ~ 3 instar) larvae of *Spodoptera frugiperda*

供试药剂 Insecticides tested	剂量 (g a. i. /ha) Dosage	防效 ± SE (%) Control effect ± SE		
		药后 1 d	药后 3 d	药后 7 d
		1 day after application	3 days after application	7 days after application
A	40. 50	35. 02 ± 2. 67 cd	43. 51 ± 2. 01 cd	46. 97 ± 2. 03 c
	47. 25	46. 29 ± 2. 60 b	51. 28 ± 0. 58 b	53. 21 ± 1. 82 b
	54. 00	58. 26 ± 2. 34 a	67. 97 ± 1. 45 a	75. 12 ± 1. 53 a
B	40. 50	19. 51 ± 1. 30 f	27. 31 ± 1. 53 e	31. 58 ± 1. 88 d
	47. 25	21. 96 ± 1. 37 ef	30. 71 ± 1. 80 e	38. 22 ± 2. 64 cd
	54. 00	29. 12 ± 0. 58 de	39. 62 ± 0. 86 d	45. 89 ± 1. 40 c
C	40. 50	33. 31 ± 1. 53 cd	42. 67 ± 1. 89 cd	45. 28 ± 1. 52 c
	47. 25	42. 18 ± 1. 78 bc	49. 83 ± 1. 44 bc	50. 24 ± 1. 16 b
	54. 00	45. 91 ± 1. 70 b	51. 64 ± 1. 86 b	55. 24 ± 2. 13 b

注: A, 5. 7% 氟氯氰菊酯乳油; B, 25 g/L 溴氰菊酯乳油; C, 5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂。Note: A, 5. 7% cyhalothrin EC; B, 25 g/L deltamethrin EC; C, 5% lambda-cyhalothrin ME.

表 4 3 种拟除虫菊酯类农药喷雾处理对草地贪夜蛾高龄 (4 ~ 6 龄) 幼虫的防效

Table 4 Control effect of three kinds of pyrethroid pesticides spray treatment on old (4 ~ 6 instar) larvae of *Spodoptera frugiperda*

供试药剂 Insecticides tested	剂量 (g a. i. /ha) Dosage	防效 ± SE (%) Control effect ± SE		
		药后 1 d	药后 3 d	药后 7 d
		1 day after application	3 days after application	7 days after application
A	40. 50	49. 97 ± 2. 73 d	56. 09 ± 0. 88 cd	72. 35 ± 1. 16 cd
	47. 25	61. 22 ± 1. 10 bc	67. 10 ± 0. 89 b	83. 22 ± 1. 18 b
	54. 00	78. 58 ± 1. 97 a	84. 31 ± 0. 51 a	89. 45 ± 0. 77 a
B	40. 50	39. 98 ± 1. 20 e	43. 76 ± 0. 83 e	55. 31 ± 1. 15 f
	47. 25	47. 98 ± 2. 02 de	53. 17 ± 1. 15 d	62. 22 ± 1. 05 e
	54. 00	56. 01 ± 0. 65 cd	67. 43 ± 1. 15 b	77. 91 ± 0. 84 c
C	40. 50	40. 22 ± 0. 55 e	51. 32 ± 0. 58 d	69. 55 ± 0. 62 d
	47. 25	51. 61 ± 1. 76 d	60. 19 ± 0. 40 c	76. 04 ± 2. 08 c
	54. 00	65. 31 ± 2. 10 b	79. 43 ± 2. 02 a	85. 62 ± 0. 97 ab

注: A, 5. 7% 氟氯氰菊酯乳油; B, 25 g/L 溴氰菊酯乳油; C, 5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂。Note: A, 5. 7% cyhalothrin EC; B, 25 g/L deltamethrin EC; C, 5% lambda-cyhalothrin ME.

3 结论与讨论

本研究通过进行氟氯氰菊酯、溴氰菊酯、高效氯氟氰菊酯 3 种常见化学杀虫剂对草地贪夜蛾

幼虫的毒力测定,和田间防治效果,明确了 3 种拟除虫菊酯农药对传入我国草地贪夜蛾的防治效果,试验结果表明氟氯氰菊酯毒力 > 高效氯氟氰菊酯毒力 > 溴氰菊酯毒力,这为我国未来使用化学农药防治草地贪夜蛾提供了一定的经验。

表 5 3 种拟除虫菊酯类农药喇叭口点施处理对草地贪夜蛾高龄 (4~6 龄) 幼虫的防效
Table 5 Control effect of three kinds of pyrethroid pesticides flare opening application treatment on old (4~6 instar) larvae of *Spodoptera frugiperda*

供试药剂 Insecticides tested	剂量 (g a.i./ha) Dosage	防效 ± SE (%) Control effect ± SE		
		药后 1 d 1 day after application	药后 3 d 3 days after application	药后 7 d 7 days after application
A	40.50	66.40 ± 0.60 cd	89.46 ± 0.58 c	100.00 ± 0.00 a
	47.25	88.03 ± 1.19 b	95.16 ± 0.31 b	100.00 ± 0.00 a
	54.00	96.76 ± 0.88 a	99.45 ± 0.28 a	100.00 ± 0.00 a
B	40.50	46.72 ± 2.12 g	53.32 ± 0.57 f	70.95 ± 0.87 d
	47.25	56.64 ± 1.45 ef	64.68 ± 0.69 e	82.65 ± 0.88 c
	54.00	70.28 ± 0.99 c	78.42 ± 0.58 d	92.29 ± 1.21 b
C	40.50	54.38 ± 1.52 f	61.29 ± 0.67 e	79.98 ± 2.03 c
	47.25	61.28 ± 0.58 de	79.72 ± 1.19 d	91.18 ± 1.59 b
	54.00	85.02 ± 0.91 b	93.39 ± 1.12 b	100.00 ± 0.00 a

注: A, 5.7% 氟氯氰菊酯乳油; B, 25 g/L 溴氰菊酯乳油; C, 5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂。Note: A, 5.7% cyhalothrin EC; B, 25 g/L deltamethrin EC; C, 5% Lambda-cyhalothrin ME.

本研究还进行了使用不同施药方式, 测试农药对草地贪夜蛾低龄幼虫和高龄幼虫的防治效果, 试验结果显示, 相同药剂同等剂量下, 喷雾施药对低龄幼虫的防治效果要好于对高龄幼虫的防治效果; 相对应的, 喇叭口点施施药对高龄幼虫的防治效果要优于对低龄幼虫的防治效果。通过田间观察及查阅文献, 这可能是因为草地贪夜蛾低龄 (1~3 龄) 幼虫主要从心叶向下为害叶片, 高龄 (4~6 龄) 幼虫主要藏在玉米喇叭口中进行钻心为害, 且一般情况下, 鳞翅目高龄幼虫的抗药性要大于低龄幼虫。在实际田间防治中, 通过观察玉米叶片的为害情况 (即叶片上形成半透明薄膜“窗孔”为低龄为害状, 形成不规则长形孔洞为高龄为害状), 判断害虫所处龄期 (廖永林等, 2019), 选使用合适的施药方式或多种施药方式进行施药。

通过喇叭口点施技术防治草地贪夜蛾, 大大降低了水和农药使用量, 减少农药漂失, 安全性高, 提高了农药的靶向性, 有利于减少害虫对农药的抗药性积累, 不足之处是防治效率低, 不利于在大面积种植区使用, 因此, 开发高效精准的施药机械, 对于防治草地贪夜蛾也尤为重要。

氟氯氰菊酯等拟除虫菊酯类杀虫剂对草地贪夜蛾有良好的活性, 结合害虫为害情况, 使用合适的施药方式可达到更理想的防治效果, 这为我

国草地贪夜蛾的综合防控工作提供了用药技术参考。

参考文献 (References)

Casmuz A, Juárez ML, Socías MG, *et al.* Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina*, 2010, 69 (3-4): 209-231.

Feldmann F, Rieckmann U, Winter S. The spread of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa: What should be done next [J]. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2019, 126 (5): 97-101.

Feng B, Chen LB, Yan C, *et al.* Toxicity and efficacy of clothianidin and cyfluthrin with soil application for control of *Brontispa longissima* [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2018, 39 (10): 2034-2038.

冯岗, 陈利标, 闫超, 等. 噻虫胺与氟氯氰菊酯对椰心叶甲的毒力及根施药效 [J]. *热带作物学报*, 2018, 39 (10): 2034-2038.

Horikoshi RJ, Bernardi D, Bernardi O, *et al.* Effective dominance of resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt maize and cotton varieties: Implications for resistance management [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 34864.

FAO. *Spodoptera frugiperda* [EB/OL]. [2018-12-18]. <http://www.fao.org/fallarmyworm/zh.htm>.

Jiang YY, Liu J, Zhu XM. Analysis on the occurrence dynamics and future trends of *Spodoptera frugiperda* invading China [J]. *Chinese Journal of 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.

- Liao YL, Li CY, Huang SH, *et al.* Survey on the prevalence and damage of *Spodoptera frugiperda* first invasive in Guangdong [J/OL]. *Chinese Journal of Journal of Environmental Entomology*: 1 – 11 [2019 – 06 – 10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190601.1228.002.html>. [廖永林, 李传瑛, 黄少华, 等. 草地贪夜蛾首次入侵广东地区发生为害调查 [J/OL]. *环境昆虫学报*: 1 – 11 [2019 – 06 – 10]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190601.1228.002.html>]
- Liu SZ, Wang M, Chen FH. Research progress and development prospect of pyrethroid pesticide [J]. *Chinese Journal of Pesticide*, 2004, 43 (7): 289 – 293. [刘尚钟, 王敏, 陈馥衡. 拟除虫菊酯类农药的研究和展望 [J]. *农药*, 2004, 43 (7): 289 – 293]
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Notice of the General Office of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs on the Work Related to the Emergency Prevention and Treatment of the *Spodoptera frugiperda* [C/OL]. Beijing: Ministry of Agriculture and Rural Affairs, [2019 – 06 – 05]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201906/t20190605_6316201.htm. [农业农村部办公厅. 农业农村部办公厅关于做好草地贪夜蛾应急防治用药有关工作的通知 [C/OL]. 北京: 农村农业部, [2019 – 06 – 05]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/201906/t20190605_6316201.htm]
- Rebeca GM, David MS, Carlos AB, *et al.* Field – evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2019, 112 (2): 792 – 802.
- 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.
- Wang X, Gao XL, He BN, *et al.* Research progress on the immunotoxicity of pyrethroids [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2017, 19 (1): 1 – 8. [汪霞, 郜兴利, 何炳楠, 等. 拟除虫菊酯类农药的免疫毒性研究进展 [J]. *农药学报*, 2017, 19 (1): 1 – 8]
- Yu SJ, Nguyen SN, Abo – Elghar GE. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) [J]. *Pesticide Biochemistry & Physiology*, 2003, 77 (1): 1 – 11.
- Yang PY, Zhu XM, Guo JF, *et al.* Countermeasures and suggestions on prevention and control of *Spodoptera frugiperda* in China [J/OL]. *Chinese Journal of Plant Protection*: 1 – 8 [2019 – 06 – 10]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019260>. [杨普云, 朱晓明, 郭井菲, 等. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议 [J/OL]. *植物保护*: 1 – 8 [2019 – 06 – 10]. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019260>]
- Zhao SY, Sun XX, Zhang HW, *et al.* Laboratory test on the control efficacy of common chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Chinese Journal of Plant Protection*, 2019, 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*, 2019, 45 (3): 10 – 14]