

草地贪夜蛾应急防控药剂田间药效筛选*

闫文娟** 杨 帅 王勇庆 郑 群 张志祥 徐汉虹***

(华南农业大学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】比较 28 种杀虫剂对玉米草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 的田间防治效果, 为防控新入侵农业害虫提供科学依据。【方法】采用常规喷雾法, 对大喇叭口期玉米全株均匀喷雾, 药前 1 d 及药后 1、3 和 7 d 调查挂牌标记玉米上草地贪夜蛾幼虫活虫数。【结果】试验结果表明, 乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺等 8 种化学农药对草地贪夜蛾防治效果较好; 生物农药均没体现出较好的防治效果, 推测可能与其作用方式有关。【结论】在 28 种杀虫剂中, 筛选出乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺、甲氧虫酰胺、氟氯氰菊酯、乙多·甲氧虫和甲氧·茚虫威 8 种对草地贪夜蛾具有较好防治效果的药剂。

关键词 草地贪夜蛾; 杀虫剂; 药剂筛选; 防治效果

Comparison of the effectiveness of chemical and biological agents for the emergency control of *Spodoptera frugiperda* in the field

YAN Wen-Juan** YANG Shuai WANG Yong-Qing ZHENG Qun
ZHANG Zhi-Xiang XU Han-Hong***

(Key Laboratory of Natural Pesticides and Chemical Biology, Ministry of Education,
South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract [Objectives] To determine the relative efficacy of 28 chemical and biological agents for controlling *Spodoptera frugiperda* in maize (*Zea mays* L.) fields. [Methods] Entire maize plants at the large trumpet stage were evenly sprayed using conventional spray methods and the number of *S. frugiperda* larvae on labeled plants determined 1 day before, and 1, 3 and 7, days after, application. [Results] Chemical pesticides were the most effective at controlling *S. frugiperda*. Biological agents were not as effective, which we suspect is related to their mode of action. [Conclusion] Of the chemical agents evaluated, eight, spinetoram, emamectin benzoate, chlorantraniliprole, cyantraniliprole, methoxyfenozide, cyfluthrin, spinetoram·m-methoxyfenozide and indoxacarb·methoxyfenozide, were the most effective at controlling *S. frugiperda* in maize fields.

Key words *Spodoptera frugiperda*; insecticides; pesticide screening; control efficacy

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), 俗称秋粘虫 (Fall Armyworm) 属于鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae) 灰翅夜蛾属 (*Spodoptera*), 是一种原产于美洲和亚热带地区的杂食性害虫 (Todd and Poole, 1980),

广泛分布于美洲大陆 (Luginbill, 1928; Sparks, 1979), 可危害多种作物 (Pashley, 1986), 国际农业和生物科学中心 (CABI) 在《2017 年世界植物现状报告》中将草地贪夜蛾评为世界十大植物害虫之一。

*资助项目 Supported projects: 广东省重点领域研发计划 (2019B020217003); 广东省植物重大灾害综合防控共性关键技术研发创新团队项目

**第一作者 First author, E-mail: 1124149879@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: hhxu@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2019-6-11; 接受日期 Accepted: 2019-6-28

自 2009 年以来, 本课题组以草地贪夜蛾离体培养卵巢细胞系 (Sf9) 为对象, 系统研究了印楝素、虱螨脲和溴氰菊酯对卵巢细胞的影响 (汪浩等, 2014), 阐明了 α -三联噻吩对卵巢细胞的损伤机理 (金晓勇等, 2015)。自 2018 年 8 月联合国粮农组织发出草地贪夜蛾入侵对亚洲粮食安全预警以来, 本课题组高度关注草地贪夜蛾对我国的入侵风险。

草地贪夜蛾于 2019 年 1 月 11 日侵入中国云南 (姜玉英等, 2019), 广东省于 4 月 23 日在广州市增城区首次发现草地贪夜蛾入侵为害, 现已扩散至广东全省。由于该虫寄主广泛、危害严重、世代重叠、且能远距离迁飞扩散, 加上幼虫通常钻入玉米芯内危害给防治带来了很大的难度。化学农药是防控暴发性 and 入侵性害虫的有效手段, 但国外应用化学农药防治草地贪夜蛾已有多年历史, 导致草地贪夜蛾对化学农药产生了不同程度的抗药性。据报道, 在美国波多黎各开展的不同作用机制杀虫剂对草地贪夜蛾的 RR_{50} 分别为: 氟虫双酰胺 (500 倍)、氯虫苯甲酰胺 (160 倍)、灭多虫 (223 倍)、硫双威 (124 倍)、毒死蜱 (47 倍) 等 (Rebeca *et al.*, 2019)。

根据草地贪夜蛾的生物学特性、发生规律以及目前在我国蔓延情况推断, 草地贪夜蛾将在广东省乃至全国大面积传播, 成为农业重大害虫。目前国内关于防治草地贪夜蛾的杀虫剂尚未有登记, 所以前期药剂筛选应充分考虑我国玉米及相关作物鳞翅目害虫防治用药登记品种、联合国粮农组织和国外草地贪夜蛾防治试验推荐药剂品种。为向草地贪夜蛾综合防控技术方案的拟定提供技术支持, 本课题组于 2019 年 5 月在广州市花都区开展草地贪夜蛾应急防控药剂与施用方法筛选工作。

1 材料与方 法

1.1 供试对象

玉米 *Zea mays* L. (华美甜 168) 长势均匀, 试验时处于喇叭口期, 害虫发生情况中等, 长势

水肥栽培管理一致。试验前 15 d 内未施药, 施药后 3 d 内未见明显降雨。

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 为广东省广州市花都区花山镇儒林村玉米地自然发生种群, 实验期间处于幼虫阶段。

1.2 试验地点

位于广东省广州市花都区花山镇儒林村, 面积约 6.67 hm^2 , 前茬作物为菜心, 土壤为半泥沙土, 有机质含量为 3.7%, pH 为 6.8, 土壤湿度 3 级。

1.3 试验药剂来源

供试商品农药信息见表 1。

1.4 试验工具

喷雾器背负式电动喷雾器 16 L, 型号 M9W-315207、100 mL 量筒、500 mL 量筒、2 000 mL 量杯、配药桶、玻璃棒、剪刀。

1.5 试验小区设计

共设 28 个药剂处理和清水处理, 每个处理 3 个重复, 小区采用随机区组排列, 小区面积为 30 m^2 , 每个小区 120 株玉米, 小区间设 1 m 宽的保护行。施药前和实验过程中均未另外喷洒其它农药。

1.6 试验方法

5 月 13 日按照每 667 m^2 地 45 L 用水量将药剂稀释配成药液并搅拌均匀, 用常规电动喷雾器均匀喷雾。

1.7 调查统计

采用全国农技中心关于印发《草地贪夜蛾测报调查方法 (试行)》的通知中的调查办法, 采用“Z”字型六点取样法, 每点调查 10 株, 共计 60 株, 主要调查施药后活虫数。由于草地贪夜蛾的幼虫龄期不同, 玉米的受害状也明显不同, 所以要根据危害状来区分幼虫的发育状态, 明确重点调查部位。施药前、药后 1、3 和 7 d 各调查 1 次共 4 次计算虫口减退率, 根据虫口减退率

计算校正防效。观察药剂对作物有无药害，记录药害的类型和程度。

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

$$\text{防治效果(\%)} = \frac{\text{处理区虫口减退率} - \text{对照区虫口减退率}}{100 - \text{对照区虫口减退率}} \times 100 \quad \circ$$

1.8 数据统计分析

施药前调查虫口基数，施药后 1、3 和 7 d 分别调查残留活虫数。数据处理采用 SPSS 及 EXCEL 软件计算虫口减退率和防治效果，防治效果数据的差异性用 Tukey's 检验法分析。

表 1 28 种常见杀虫剂品种及来源
Table 1 28 common insecticides varieties and sources

序号 No.	杀虫剂 Insecticides	生产厂家 Producers
1	20% 茚虫威-灭幼脲悬浮剂	广东省真格生物科技有限公司
2	77.5% 敌敌畏乳油	湖北沙隆股份有限公司
3	150 g/L 茚虫威乳油	安徽富田农化有限公司
4	60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂	美国陶氏益农公司
5	5.7% 氟氯氰菊酯乳油	浙江威尔达化工有限公司
6	2% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂	广州金农科技发展有限公司
7	20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂	富美实(中国)投资有限公司
8	10% 溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂	富美实(中国)投资有限公司
9	240 g/L 甲氧虫酰胺悬浮剂	美国陶氏益农公司
10	50 g/L 虱螨脲乳油	先正达(中国)投资有限公司
11	22.4% 螺虫乙酯悬浮剂	博仕达(扬州)生物科技有限公司
12	25 g/L 溴氰菊酯乳油	拜耳作物科技(中国)有限公司
13	1.8% 阿维菌素乳油	东莞市瑞德丰生物科技有限公司
14	5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂	广东省佛山盈辉作物科学有限公司
15	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
16	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
17	20% 啉虫脲乳油	华南农业大学-金农科技研究生联合培养基地实验室
18	34% 乙多-甲氧悬浮剂	美国陶氏益农公司
19	26% 甲氧-茚虫威悬浮剂	江苏邦盛生物科技有限责任公司
20	10% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐异构体微乳剂	华南农业大学-金农科技研究生联合培养基地实验室
21	5% 二卤代乳油	华南农业大学-金农科技研究生联合培养基地实验室
22	15% 唑虫酰胺乳油	华南农业大学-金农科技研究生联合培养基地实验室
23	32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂	武汉科诺生物科技有限公司
24	10 亿 PIB/mL 斜纹夜蛾多角体病毒可湿性粉剂	广州市中达生物工程有限公司
25	10 亿 PIB/mL 广谱病毒可湿性粉剂	广州市中达生物工程有限公司
26	0.3% 印楝素乳油	成都绿金生物科技有限公司
27	20% 灭幼脲悬浮剂	广东惠阳中迅化工有限公司
28	5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂	惠州市银农科技股份有限公司

2 结果与分析

选用 28 种药剂通过喷雾施用防治草地贪夜蛾，其中 8 种药剂效果较好，具体结果见表 2。

试验结果表明，用药 1 d 后，氟氯氰菊酯和高效氯氟氰菊酯对草地贪夜蛾幼虫的防治效果显著，均在 85% 以上，而其它药剂均小于 70%。用药 3 d 后，乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、甲氨基

表 2 28 种杀虫剂对草地贪夜蛾幼虫的防治效果
Table 2 Control efficacy of 28 insecticides on the larvae of *Spodoptera frugiperda*

序号 No.	农药产品 Pesticide products	有效成分用量 Dosage (g.a.i./hm ²)	防效(%) Control efficacy (%)		
			1 d	3 d	7 d
1	60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂	40.5	(60.5±2.40) e	(90.4±1.76) cd	(98.2±1.04) a
2	20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂	60.0	(24.6±2.51) i	(96.7±0.38) a	(94.9±0.81) ab
3	2% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂	13.5	(32.3±3.09) h	(95.9±0.49) ab	(93.6±0.66) ab
4	240 g/L 甲氧虫酰肼悬浮剂	72.0	(33.9±0.55) h	(68.7±2.92) g	(92.4±1.24) bc
5	26% 甲氧-茚虫威悬浮剂	46.8	(46.0±0.58) f	(97.2±0.66) a	(90.7±2.28) bc
6	5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂	22.5	(31.6±2.22) h	(92.7±0.49) bcd	(89.6±2.08) bc
7	34% 乙多-甲氧虫悬浮剂	122.4	(69.1±1.96) c	(94.3±0.90) abc	(87.8±1.21) c
8	50 g/L 虱螨脲乳油	45.0	(36.7±1.01) g	(74.1±3.06) f	(81.5±3.93) d
9	5% 二卤代乳油	45.0	(36.4±1.76) g	(68.7±2.83) g	(81.5±2.17) d
10	10% 溴氰虫酰胺可分散油悬浮剂	90.0	(68.5±1.91) c	(92.1±0.75) bcd	(78.0±2.92) de
11	20% 茚虫威-灭幼脲悬浮剂	135.0	(24.6±2.37) i	(88.7±2.34) d	(76.4±1.99) e
12	10% 甲维盐异构体微乳剂	67.5	(32.8±2.05) h	(75.6±2.05) ef	(66.7±3.12) f
13	5.7% 氟氯氰菊酯乳油	51.3	(95.2±0.90) a	(74.8±2.51) ef	(65.5±0.43) f
14	150 g/L 茚虫威乳油	54.0	(38.1±0.55) g	(67.5±3.75) g	(65.1±2.92) f
15	15% 啉虫酰胺乳油	101.3	(38.2±0.46) g	(44.2±4.07) k	(56.4±0.52) g
16	5% 啉虫酯乳油	67.5	(65.4±2.17) d	(62.9±3.12) h	(56.3±1.79) g
17	25 g/L 溴氰菊酯乳油	22.5	(59.8±2.08) e	(66.7±3.44) g	(54.1±4.62) gh
18	5% 高效氯氟氰菊酯微乳剂	67.5	(85.6±2.22) b	(78.2±1.76) e	(49.7±2.28) hi
19	20% 灭幼脲悬浮剂	270.0	(19.8±1.18) j	(27.6±2.51) n	(48.4±3.38) i
20	5% 啉虫酯可分散粒剂	67.5	(36.8±1.70) g	(58.6±4.39) i	(48.1±0.81) i
21	10 亿 PIB/mL 广谱病毒可湿性粉剂	750*	(3.6±0.35) m	(16.8±1.47) o	(47.4±3.15) i
22	22.4% 螺虫乙酯悬浮剂	100.8	(36.9±2.45) g	(56.8±2.83) i	(45.2±0.64) i
23	32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂	1 500*	(16.5±1.67) k	(42.4±1.99) k	(38.7±4.68) j
24	1.8% 阿维菌素乳油	24.3	(24.6±1.24) i	(48.7±2.05) j	(36.0±0.58) jk
25	0.3% 印楝素乳油	4.05	(11.5±2.22) l	(29.7±1.15) mn	(34.6±2.57) jk
26	20% 啉虫脲乳油	135.0	(26.3±2.02) i	(38.4±2.02) l	(31.5±6.09) kl
27	77.5% 敌敌畏乳油	1 743.8	(11.6±2.34) l	(35.8±0.55) l	(27.1±1.33) l
28	10 亿 PIB/mL 斜纹夜蛾多角体病毒可湿性粉剂	750*	(5.4±0.78) m	(31.6±1.13) m	(9.2±2.11) m

表中 750*、1 500*均表示制剂用药量 g/hm²。表中数据为 3 次重复的平均值±标准误。分别对药后 1、3、7 d 的 28 种杀虫剂对草地贪夜蛾的防治效果数据进行差异分析, 同列数据后随标有字母相同者, 表示差异不显著 ($P>0.05$)。

In the table, 750* and 1 500* all indicate the dosage of the preparation g/hm². The data in the table is the average of 3 repetitions ± SE. The data of the control efficacy of 28 insecticides on *Spodoptera frugiperda* are analyzed on the 1, 3 and 7 days after the application, and data followed by the same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

基阿维菌素苯甲酸盐、甲氧-茚虫威、乙多-甲氧虫、溴氰虫酰胺、茚虫威-灭幼脲对草地贪夜蛾幼虫的防治效果均达到 88%以上, 而其它 20 种

药剂均小于 80%。用药 7 d 后, 乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、甲氧虫酰肼、甲氧-茚虫威对草地贪夜蛾幼虫的防治

效果仍大于 90%，而其它 23 种杀虫剂均小于 90%。

乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和甲氧·茚虫威在药后 3-7 d 的防治效果均维持在 90%以上；甲氧虫酰肼在药后 3 d 对草地贪夜蛾的防治效果仅为 68.7%，但在药后 7 d 提高至 92.4%，虽然起效慢但持效期长；氟氯氢菊酯和高效氯氟氰菊酯均在药后 1 d 表现出良好的防治效果，但持效期短；而几种其它生物农药在药后 1、3 和 7 d 的防治效果均不佳，原因还有待进一步研究。

3 结论与讨论

本文结果表明，28 种杀虫剂中，筛选出乙基多杀菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺、甲氧虫酰肼、乙多·甲氧虫、甲氧·茚虫威和氟氯氢菊酯 8 种对草地贪夜蛾防治效果较好的药剂。根据对玉米的安全性和对草地贪夜蛾的防治效果，甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素和氟氯氢菊酯 4 种杀虫剂优势更明显。所选的其它几种生物农药在试验期间没有表现出较好的防治效果，推测可能与其作用方式有关。

当草地贪夜蛾初孵幼虫 1-3 龄发生时期，主要为害玉米叶片，当虫口密度小于 10 头/100 株时，可用甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、氟氯氢菊酯，稀释后于黄昏后对植株全株均匀喷雾。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和氯虫苯甲酰胺杀虫效果稍慢，药后 3-7 d 左右防效显著。当草地贪夜蛾初孵幼虫 4-6 龄发生时期，幼虫主要钻进喇叭口、叶鞘以及生长点，在黄昏或夜间出来活动，采用乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、甲氧虫酰肼和溴氰虫酰胺几种杀虫剂稀释后于黄昏后重点对植株喇叭口和叶鞘部位喷雾。

国外研究表明，草地贪夜蛾已经对传统的有机磷类、拟除虫菊酯类及氨基甲酸酯类产生了很高的抗药性 (Yu, 1992)，为减慢国内草地贪夜蛾抗药性的发生，建议将以上药剂联用和轮替应

用。可以将甲氨基阿维菌素苯甲酸盐+氯虫苯甲酰胺、氟氯氢菊酯+氯虫苯甲酰胺等桶混应用。在幼苗期推荐使用甲氨基阿维菌素苯甲酸盐或氟氯氢菊酯喷雾处理，约 10 d 后，可按序分别应用氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素和甲氧虫酰肼等喷雾处理，间隔期 7 d 左右，以达到最佳的防治效果。

参考文献 (References)

- 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.]
- Jin XY, Yao Wei, Xu HH, 2015. A visual exploration of damage of α -Terthienyl to cell of Sf9. *Pesticides*, 54(9): 651–654. [金晓勇, 姚维, 徐汉虹, 2015. α -三联噻吩致草地贪夜蛾 Sf9 细胞损伤的可视化探索. 农药, 54(9): 651–654.]
- Luginbill P, 1928. The Fall Armyworm. New York: USDA Technology Bulletin. 91.
- Pashley DP, 1986. Host-associated genetic differentiation in fall army worm (Lepidoptera: Noctuidae): a sibling species complex? *Annals of the Entomological Society of America*, 79(6): 898–904.
- Rebeca GM, David MS, Carlos AB, Mark EW, Henry TS, Rodriguez-Maciel JC, 2019. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 112(2): 792–802.
- Sparks AN, 1979. A review of the biology of the fall army worm. *The Florida Entomologist*, 62(2): 82–86.
- Todd EL, Poole RW, 1980. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenee from the Western Hemisphere. *Annals of the Entomological Society of America*, 73(6): 722–738.
- Wang H, Lai D, Xu HH, 2014. Microscopic analysis of embryo development before and after treatment with nimbin, lufenuron and decamethrin. *World Pesticides*, 36(3): 33–36, 45. [汪浩, 赖多, 徐汉虹, 2014. 印楝素、虱螨脲和溴氰菊酯处理草地贪夜蛾前后对胚胎发育的显微分析. 世界农药, 36(3): 33–36, 45.]
- Yu SJ, 1992. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 85(3): 675–682.