

7种杀虫剂对江西地区草地贪夜蛾室内毒力测定

漆学伟¹, 洪霖¹, 王旭明², 王甦³, 门兴元⁴, 梁玉勇^{1*}

(1. 江西省农业科学院 植物保护研究所, 江西 南昌 330200; 2. 江西省大余县农业农村局, 江西 赣州 341500; 3. 北京市农林科学院 植物保护研究所, 北京 100097; 4. 山东省农业科学院 植物保护研究所, 山东 济南 250131)

摘要:【目的】草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 是危害巨大的杂食性害虫, 化学农药是其防治的最后防线, 明确不同杀虫剂对草地贪夜蛾的毒力对该害虫防治具有重要意义。【方法】通过室内毒力测定探究 7 种化学杀虫剂对江西南昌地区草地贪夜蛾种群的毒力。【结果】7 种杀虫剂毒力由强到弱依次为甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈、氯虫苯甲酰胺、虱螨脲、辛硫磷、茚虫威、高效氟氯氰菊酯, 其 LC_{50} 分别为 0.023 1, 1.164 2, 2.031 5, 2.035 5, 2.359 3, 15.957 5, 25.688 6 mg/L。【结论】推荐甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈、氯虫苯甲酰胺作为江西地区草地贪夜蛾应急化学防控药剂, 为江西地区草地贪夜蛾化学防治与抗药性区域治理提供了理论依据。

关键词: 草地贪夜蛾; 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐; 虫螨腈; 室内毒力; 江西

中图分类号: S482.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-3704 (2023) 04-0413-05

Laboratory Toxicity of Seven Insecticides Against *Spodoptera frugiperda* Larva in Jiangxi Province

QI Xuewei¹, HONG Lin¹, WANG Xuming², WANG Su³,
MEN Xingyuan⁴, LIANG Yuyong^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang, 330200, China; 2. Agriculture and Rural Affairs Bureau of Dayu, Ganzhou, Jiangxi 341500, China; 3. Institute of Plant Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 4. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250131, China)

Abstract: [Objective] *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) is a highly damaging omnivorous pest for which chemical pesticides are the last line of integrated pest management. It is important to identify the toxicity of different insecticides against *S. frugiperda* for the control of this pest. [Method] In this study, the toxicity of seven chemical insecticides against *S. frugiperda* populations in Nanchang, Jiangxi was investigated by laboratory toxicity measurements. [Result] The toxicity was from strongest to weakest in the following order: emamectin benzoate > chlorfenapyr > chlorantraniliprole > lufenuron > phoxim > indoxacarb > lambda-cyhalothrin, and their values of lethal concentration of 50% were 0.023 1, 1.164 2, 2.031 5, 2.035 5, 2.359 3, 15.957 5 and 25.688 6 mg/L, respectively. [Conclusion] Therefore, emamectin benzoate, chlorfenapyr and chlorantraniliprole are recommended as chemicals for emergent prevention and control of *S. frugiperda* in Jiangxi. This study also provides a theoretical basis for chemical control and regional management of insecticide-resistance in Jiangxi.

Keywords: *Spodoptera frugiperda*; Emamectin benzoate; Chlorantraniliprole; laboratory toxicity; Jiangxi

收稿日期: 2023-07-25 修回日期: 2023-09-25

基金项目: 江西省重点研发计划项目 (20212BBF63043)、江西现代农业科研协同创新专项 (JXXTCX2021003) 和江西省农业科学院基础研究与人才培养专项 (JXSNKYJCRC202338)

作者简介: 漆学伟 (1992-), 男, 助理研究员, 博士, 主要从事昆虫生理生化与分子生物学研究, qixuewei77@163.com;

*通信作者: 梁玉勇, 副研究员, 博士, lyuyiong@163.com。

【研究意义】草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 是起源于美洲热带和亚热带的重大迁飞性害虫^[1], 现已扩散到非洲、亚洲的大多数国家^[2-3]。自 2019 年 1 月草地贪夜蛾在中国被监测到以来, 其已入侵至 27 个省(区、市)^[4-5], 年发生面积达到 120 万 hm^2 ^[6]。草地贪夜蛾也是一种杂食性害虫, 可为害玉米、高粱、小麦和杂草等 80 多种植物, 其高龄幼虫取食量巨大, 以口器咬食作物叶片、根茎、生长点、果实, 因此成为玉米、高粱等作物的重大害虫, 连续 3 年的中央一号文件要求做好草地贪夜蛾等病虫害的防控工作^[6]。【前人研究进展】化学农药防治因其具有快速、高效的特点, 成为草地贪夜蛾防控中最有效的手段, 也是最后一道防线^[7]。在美洲, 利用化学农药杀虫剂防治草地贪夜蛾已经有几十年的历史, 虽然有效地控制了草地贪夜蛾为害, 但也诱导了其抗性, 不同国家的草地贪夜蛾的抗性也不一样, 例如, 波多黎各田间种群对多种杀虫剂显现出了较高水平抗性, 氟虫双酰胺抗性倍数为 500 倍, 氯虫苯甲酰胺为 160 倍, 而甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和阿维菌素抗性倍数较低(7 倍)^[8], 入侵澳大利亚的草地贪夜蛾对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、甲氧虫酰胺的抗性倍数为 2~7 倍, 而氯氟氰菊酯为 56~199 倍^[9]。草地贪夜蛾在入侵中国后, 不同地区防控策略差异以及长期的药剂选择压力会导致其对多种农药产生不同程度的抗性^[10]。有研究显示, 不同省份草地贪夜蛾种群对高效氯氟氰菊酯敏感度差异较大, 抗性倍数在 1.1~4.2 倍^[11]; 同一省份不同地区农药抗性也会有较大差异, 安徽草地贪夜蛾种群的氟苯虫酰胺抗性倍数波动较大, 在 4.7~11.2 倍, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和茚虫威抗性倍数较小(0.7~1.4 倍), 湖北地区种群对乙基多杀菌素、氯虫苯甲酰胺、茚虫威、甲维盐的抗性水平则波动较大^[12-13]。【本研究切入点】明确不同农药对本地草地贪夜蛾毒力对指导当地草地贪夜蛾的科学防治非常重要, 江西是农业大省, 草地贪夜蛾自 2019 年首次入侵江西以来, 给当地玉米产业造成了较大冲击^[5], 科学防控草地贪夜蛾对江西农业生产具有重要意义。【拟解决的关键问题】通过室内毒力测定探究 7 种化学杀虫剂对江西南昌地区草地贪夜蛾的毒力, 为田间草地贪夜蛾化学防治提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 草地贪夜蛾采集与饲养

2022 年 9 月在江西省南昌市南昌县银三角管委会涂家村玉米地(28°33'N、115°56'E)采集幼虫, 进行形态鉴定和分子鉴定, 确定为草地贪夜蛾。采集到的幼虫使用人工饲料(主要成分为小麦胚芽、玉米、麸皮、豆粕、酵母粉)饲养, 成虫使用 10%蜂蜜水补充水分和营养, 饲养期间不接触任何农药试剂。繁殖孵化的第 1 代幼虫进行农药生物活性测定。整个养虫室条件为温度(27±1)℃、相对湿度 65%±5%、光周期 16 L:8 D。

1.2 供试药剂

本研究用到的农药原药与其它化学试剂见表 1。

表 1 供试药剂的纯度和厂家

供试药剂	纯度/%	厂家
虫螨腈	96	江苏维尤纳特精细化工有限公司
高效氯氟氰菊酯	96.2	南京红太阳股份有限公司
辛硫磷	99	天津农业股份有限公司
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	92	河北沃德丰药业有限公司
茚虫威	90	京博农化科技有限公司
虱螨脲	96	瑞士先正达作物保护有限公司
氯虫苯甲酰胺	95	苏州富美实植物保护剂有限公司
二甲基亚砷	99	国药集团化学试剂有限公司
丙酮	99	国药集团化学试剂有限公司
Triton X-100	—	美国 Amresco 公司

1.3 室内毒力测定方法

农药生物活性测定方法参照浸叶法^[14]并略有改动, 分别将虫螨腈、高效氯氟氰菊酯、辛硫磷、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、茚虫威、虱螨脲这 6 种农药原药用丙酮溶解, 氯虫苯甲酰胺用二甲基亚砷溶解配置成

母液，后根据前期预实验，将母液用 0.1% Triton X-100 水溶液等比稀释成 6 个系列浓度。将喇叭口期的玉米（赣科甜 8 号）叶片剪成 6 cm 的叶段，分别将叶段移入不同浓度药液中，浸泡 10 s 后取出放于通风位置晾干。在培养皿（d=9 cm）中放入湿滤纸后再加入 3 片蘸有药液的叶段和 10 头 3 龄幼虫（提前饥饿处理 4 h），每处理重复 5 次，全部处理完后，将培养皿转移至培养箱中（温度 27±1 ℃、相对湿度 65%±5%、光周期 16 L：8 D）。根据不同药剂作用特点，虫螨腈、高效氟氯氰菊酯、辛硫磷处理的幼虫在 24 h 后统计死亡数量，甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、茚虫威、虱螨脲、氯虫苯甲酰胺处理后 48 h 后统计死亡数量，计算死亡率，并以 0.1% Triton X-100 水溶液处理的死亡率为对照。

1.4 数据分析

死亡率数据经 Excel 计算处理后导入 DPS v12.01 数据处理系统，分别计算各个杀虫剂毒力回归方程，致死中浓度（LC₅₀）及其 95%置信区间。

2 结果与分析

7 种杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫毒力回归方程和相关系数、LC₅₀、95%置信区间见表 2。其中甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对草地贪夜蛾 3 龄幼虫毒力最高，LC₅₀ 值为 0.023 1 mg/L，高效氟氯氰菊酯毒力最弱，LC₅₀ 值为 25.688 6 mg/L，为甲氨基阿维菌素苯甲酸盐的 1 112 倍。虫螨腈、辛硫磷、茚虫威、虱螨脲、氯虫苯甲酰胺的 LC₅₀ 值分别为 1.164 2，2.359 3，15.957 5，2.035 5，2.031 5 mg/L。7 种农药毒力由强到弱依次排序为甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈、氯虫苯甲酰胺、虱螨脲、辛硫磷、茚虫威、高效氟氯氰菊酯。

表 2 7 种杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力效果

杀虫剂	毒力回归方程	致死中浓度/（mg L ⁻¹ ）	95%置信限	相关系数
虫螨腈	y=4.246 5x+4.719 6	1.164 2	0.770 1~1.760 0	0.967 9
高效氟氯氰菊酯	y=1.841 9x+2.403 4	25.688 6	21.694 5~30.418	0.991 6
辛硫磷	y=5.351x+3.005 3	2.359 3	1.453 1~3.830 4	0.930 0
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	y=2.868 5x+9.693 2	0.023 1	0.009 1~0.059	0.862 5
茚虫威	y=1.562 9x+3.119 9	15.957 5	10.951 9~23.251 1	0.966 1
虱螨脲	y=1.664 5x+4.486 2	2.035 5	1.820 7~1.820 7	0.997 4
氯虫苯甲酰胺	y=1.077 4x+4.668 4	2.031 5	1.350 8~3.055 2	0.979 9

提前将 3 龄幼虫饥饿处理 4 h，后分别用蘸有杀虫剂的玉米叶段饲养 24 h（虫螨腈、高效氟氯氰菊酯、辛硫磷）或 48 h（甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、茚虫威、虱螨脲、氯虫苯甲酰胺）后统计死亡率。

3 结论与讨论

草地贪夜蛾是玉米以及其它农作物的重大害虫，其入侵严重危害了江西玉米产业^[5]，目前，化学防治依旧是控制草地贪夜蛾最有效的方法^[7]。本文通过 7 种杀虫剂的毒力测定表明，甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈对草地贪夜蛾 3 龄幼虫毒力较强，而高效氟氯氰菊酯和茚虫威毒力较差。

由于农药的广泛使用，导致草地贪夜蛾对许多杀虫剂产生了抗药性^[8,11]。本研究中，高效氟氯氰菊酯对江西南昌地区草地贪夜蛾毒力最弱，并且其对江西地区草地贪夜蛾 LC₅₀ 值为广东地区草地贪夜蛾的 4.8 倍^[15]，说明了江西地区草地贪夜蛾对高效氟氯氰菊酯有相对较强的抗性，田间药效实验也表明，高效氟氯氰菊酯商品农药对草地贪夜蛾防治效果较差^[15-16]，因此，高效氟氯氰菊酯单剂不适宜用于防治江西地区的草地贪夜蛾。中国不同地区的草地贪夜蛾对茚虫威、虱螨脲、氯虫苯甲酰胺的抗性变异较大^[17]，南昌种群 LC₅₀ 值处于对应范围中间，因此需要预防草地贪夜蛾对这些农药抗性的进一步增加。此外，南昌种群对虫螨腈的 LC₅₀ 值较低且低于其它地区，可选用虫螨腈对南昌地区草地贪夜蛾进行防控。国外文献报道

草地贪夜蛾已经对传统的有机磷类杀虫剂产生了很高的抗性,但本研究中辛硫磷对草地贪夜蛾依旧有很强的毒性^[18]。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐作为抗生素类杀虫剂,对草地贪夜蛾具有很强的杀害作用^[17],在本研究中也得到验证,其适用于江西地区草地贪夜蛾的防治。

杀虫剂的复配与轮用能有效提高杀虫效率,并延缓草地贪夜蛾抗性的发展^[19-21]。双酰胺类杀虫剂因其持效期长、安全性高被广泛应用于鳞翅目害虫防治,但在美洲和非洲地区出现了较大规模的双酰胺类药剂区域性抗性现象,而不同杀虫机制杀虫剂轮用则可有效减缓其抗性水平^[8,22]。虫螨腈是一种新型吡咯类化合物,作用于昆虫体内细胞的线粒体,不易与其它传统杀虫剂产生交叉抗性,和其它类型杀虫剂复配可以节约农药并达到更高的致死速效性^[23]。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐虽然对草地贪夜蛾具有极强的毒害能力,但室内汰选11代品系也能达到30倍抗性,因此需要注意抗性治理^[24],此外,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐复配剂已应用于大田防治并达到了较好的杀虫效果与保苗防效^[19]。

综上所述,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虫螨腈、氯虫苯甲酰胺推荐作为江西地区草地贪夜蛾应急化学防控药剂,但为了延缓抗药性发展并提高药效,减少化学农药使用,建议将这3种农药复配或轮换用药,不建议使用高效氟氯氰菊酯进行田间防控。

参考文献:

- [1] RHETT D, CHRISTIAN T, FRÉDÉRIC B. Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest[J]. J environ manag, 2019, 243: 318-330.
- [2] GOERGEN G, KUMAR P L, SANKUNG S B, 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: e0165632.
- [3] LI X J, WU M F, MA J, et al. Prediction of migratory routes of the invasive fall armyworm in eastern China using a trajectory analytical approach[J]. Pest manag sci, 2019, 76: 454-463.
- [4] WU Q L, HE L M, SHEN X J, et al. Estimation of the potential infestation area of newly-invaded fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in the yangtze river valley of China[J]. Insects, 2019, 10: 298.
- [5] 姜玉英, 刘杰, 谢茂昌, 等. 2019年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 10-19.
- [6] 郭井菲, 张永军, 王振营. 中国应对草地贪夜蛾入侵研究的主要进展[J]. 植物保护, 2022, 48(4): 79-87.
- [7] 郭井菲, 何康来, 王振营. 草地贪夜蛾的生物学特性、发展趋势及防控对策[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(3): 361-369.
- [8] REBECA G M, DAVID M S, CARLOS A B. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico[J]. J econ entomol, 2019, 112(2): 792-802.
- [9] BIRD L, MILES M, QUADE A, et al. Insecticide resistance in Australian *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and development of testing procedures for resistance surveillance[J]. PLoS one, 2022, 17(2): e0263677.
- [10] 王帅宇, 张子腾, 谢爱婷, 等. 我国草地贪夜蛾种群杀虫剂靶标基因突变分析[J]. 中国农业科学, 2022, 55(20): 3948-3959.
- [11] 李妍. 2019—2020年我国16省份草地贪夜蛾对高效氯氟氰菊酯和茚虫威抗性水平监测[D]. 北京: 中国农业科学院, 2021.
- [12] 牛多邦, 檀称龙, 吴玉杰, 等. 安徽省草地贪夜蛾对杀虫剂的敏感性和靶标突变检测[J]. 植物保护, 2022, 48(2): 201-207.
- [13] 郭志敏, 邓晓倩, 李静, 等. 湖北四个地区草地贪夜蛾田间种群的杀虫剂敏感性及靶标突变检测[J]. 昆虫学报, 2020, 63(5): 582-589.
- [14] 中华人民共和国农业部. NY/T1154.14-2008 农药室内生物测定试验准则杀虫剂第14部分: 浸叶法[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [15] 李燕芳, 徐淑, 张振飞, 等. 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.
- [16] 杨帆, 望勇, 骆海波, 等. 13种化学杀虫剂对草地贪夜蛾的室内杀卵活性和田间防效[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(8):

37-42.

- [17] ZHAO Y X, HUANG J M, NI H, et al. Susceptibility of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smmith), to eight insecticides in China, with special reference to lambda-cyhalothrin[J]. Pestic biochem physiol, 2020, 168: 104623.
- [18] YU S J. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. J econ entomol, 1992, 85(3): 675-682.
- [19] 张学峰, 唐艺婷, 赵云霞, 等. 12 种单剂及复配农药制剂对玉米田草地贪夜蛾的防治效果[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(17): 121-123,127.
- [20] 李秀霞, 张锦, 高全, 等. 多杀霉素与茚虫威混配对草地贪夜蛾的增效作用[J]. 植物保护, 2020, 46(6): 276-278.
- [21] YU S J, MCCORD J R E. Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae)[J]. Pest manag sci, 2007, 63(1): 63-67.
- [22] BOLZAN A, PADOVEZ F E, NASCIMENTO A R, et al. Selection and characterization of the inheritance of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorantraniliprole and cross-resistance to other diamide insecticides[J]. Pest manag sci, 2019, 75(10): 2682-2689.
- [23] 商瞰, 刘英, 杨茂发, 等. 虫螨腈和茚虫威及其混配对草地贪夜蛾的室内毒力测定[J]. 山地农业生物学报, 2021, 40(3): 69-73.
- [24] 赵金凤, 邱良妙, 丁雪玲, 等. 草地贪夜蛾对甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和虱螨脲的抗性风险评估[J]. 植物保护, 2022, 48(4): 88-93.