

杀虫剂对草地贪夜蛾幼虫的室内防效测定

张大为^{1,2}, 魏玉红^{1,2}, 袁伟宁^{1,2}, 罗进仓^{1,2}, 郭致杰^{1,2}

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院外来入侵生物监测与风险评估重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 草地贪夜蛾已经对多种杀虫剂产生了严重抗性, 为筛选应急防控特效药剂, 采用浸叶法研究了国家农业农村部推荐用于草地贪夜蛾应急防控药剂清单中的 7 种不同作用机理杀虫剂对草地贪夜蛾甘肃种群 3 龄幼虫的室内防效。结果表明, 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂 2 000 倍液、5 000 倍液和 2% 甲维盐乳剂 2 000 倍液、4 000 倍液处理对草地贪夜蛾 3 龄幼虫杀虫活性最好, 药后 24、48 h 的校正防效均为 100%。其次为 0.5% 苦参碱水剂 300 倍液、10% 啶虫脒乳油 1 000 倍液和 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 2 000 倍液处理, 48 h 的校正防效分别为 82.86%、88.73%、88.57%。生物源农药 8 000 IU/uL 苏云金杆菌悬浮剂 100 倍液处理速效性稍差, 72 h 后校正防效仅为 43.28%; 4.5% 高效氯氟氰酯乳油 1 000 倍液、1 500 倍液处理 48 h 的校正防效均不足 30%, 表明草地贪夜蛾可能对该药产生严重的抗性。

关键词: 草地贪夜蛾; 化学农药; 生物农药; 室内防效

中图分类号: S433.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2023)09-0854-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.09.013

Laboratory Control Efficacies of Insecticides against the larvae of *Spodoptera frugiperda*

ZHANG Dawei^{1,2}, WEI Yuhong^{1,2}, YUAN Weining^{1,2}, LUO Jincang^{1,2}, GUO Zhijie^{1,2}

(1. Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China;

2. Key Laboratory of Alien Invasive Biological Monitoring and Risk Assessment, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: *Spodoptera frugiperda* has developed serious resistance to a variety of insecticides. In order to screen the special insecticides for emergency control, we studied the laboratory control efficacies of 7 different insecticides recommended by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs on the third instar larvae of *S. frugiperda* by using the leaf dipping method. The results showed that treatments of 60 g/L ethyl polygermicide SC 2 000 times and 5 000 times, and 2% ME 2 000 times, 4 000 times showed strong toxic effects on the third instar larvae of *S. frugiperda*. The correction and control efficiency of 24 h and 48 h after treatment were all 100%. The calibration and control effects of 0.5% matrine AS 300 times, 10% acetamidine EC 1 000 times and 200 g/L chlorobenzamide SC 2 000 times for 48 h were 82.86%, 88.73% and 88.57%, respectively, which also showed strong insecticidal activities. The corrected control effects of 8 000 IU/uL biogenic pesticide was only 43.28% after 72 h treatment with 100 times of *Bacillus thuringiensis* SC. The corrected control effect of 4.5% beta-cypermethrin EC 1 000 times and 1 500 times treatments for 48 h were less than 30%, indicating that *S. frugiperda* may develop serious resistance to this insecticide.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; Chemical pesticide; Biological pesticide; Laboratory control efficacy

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 是原产于美洲地区^[1], 主要危害玉米等作物的重大农业迁飞性害虫^[2], 可造成玉米减产 50%以上^[3]。

基于其强大的飞行能力、适应能力及破坏性, 2018 年联合国对草地贪夜蛾做出全球预警。2019 年经东南亚侵入我国后迅速在南方完成定殖^[4],

收稿日期: 2023-03-03; 修订日期: 2023-06-28

基金项目: 甘肃省农业科学院重点研发计划(2020GAAS23)。

作者简介: 张大为(1981—), 男, 内蒙古赤峰人, 助理研究员, 博士在读, 主要从事经济作物害虫综合治理研究工作。Email: zhangdawei@gsagr.cn。

通信作者: 郭致杰(1972—), 男, 甘肃民勤人, 副研究员, 主要从事农业外来入侵物种和农业有害生物综合防控技术研究工作。Email: guozhijie@gsagr.ac.cn。

北迁日期提前且种群数量增加将对我国的粮食安全构成持续威胁^[5], 鉴于此, 我国也将其列入一类农作物害虫名录之首^[6]。

迁飞性害虫具有区域性和暴发性为害的特点, 因此药剂防控成为治理草地贪夜蛾最为直接有效的措施^[7]。然而, 长期的高强度药剂防治致使草地贪夜蛾已在美洲、非洲等地对多种农药甚至转 Bt 基因抗虫玉米都产生了严重抗性^[8-10]。根据草地贪夜蛾的发生为害特性我国对其实施分区治理, 不同区域的防治措施及药剂也不尽相同^[11]。入侵我国西北的草地贪夜蛾种群有多个入侵来源, 其中甘肃东南部地区是草地贪夜蛾进一步向我国西北扩散的重要中转站^[12]。西北地区是我国重要的玉米生产基地, 甘肃省制种玉米产量占全国一半以上^[13]。因此, 明确陇南地区草地贪夜蛾种群的抗药性水平迫在眉睫, 研究结果可为制定高效的草地贪夜蛾区域治理对策提供科学依据, 同时对保障甘肃省乃至全国的粮食安全具有深远意义。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

2020年7月在甘肃省东南部徽县草地贪夜蛾发生严重为害的玉米地块(E 106.05, N 33.82), 采用“W形”五点取样法采集田间3~5龄幼虫, 带回实验室后用新鲜玉米苗期叶片饲养至化蛹, 化蛹后将蛹收集至养虫笼内等待羽化, 羽化后的成虫用含10%蜂蜜水的棉球饲喂, 每日收集卵块并更换棉球。将收集的卵块放入塑料养虫盒(长23.0 cm、宽16.0 cm、高9.5 cm)中, 幼虫孵化后用新

鲜玉米叶片继续饲养, 挑选发育整齐的3龄幼虫作为供试虫源。试虫饲养条件为: 温度 25 ± 1 °C, 相对湿度 $60\% \pm 5\%$, 光周期为光照14 h/黑暗10 h(L/D=14 h/10 h)。

1.2 供试杀虫剂

根据我国农业农村部推荐的28种草地贪夜蛾应急防治药剂清单, 结合杀虫剂作用机理的差异, 本研究筛选了以下7种常用杀虫剂用于室内防效试验, 详细信息见表1。试验稀释浓度根据各药剂在农药信息网中登记的推荐剂量或标签标示的稀释倍数计算。每处理配制200 mL药液用于后续药效试验。

1.3 试验方法

根据农药室内生物测定试验准则^[14], 采用“浸叶法”测定7种药剂对草地贪夜蛾幼虫的杀虫活性。将幼嫩的玉米叶片剪成2~3 cm的小段, 在供试药液浸泡10~15 s, 自然晾干后装入24孔板中, 将饥饿处理2 h发育整齐的草地贪夜蛾3龄幼虫接入24孔板内, 以清水处理为对照。分别在24、48 h后检查各药剂处理试虫的死亡情况, 生物制剂72小时再检查1次, 以毛刷轻触幼虫背部, 没有反应则视为死亡, 每处理24头幼虫, 3次重复。根据幼虫的死亡数量, 分别计算24、48 h的减退率及校正防效。

1.4 数据分析

记录各处理试虫的死亡数据, 根据以下公式计算各处理的减退率及校正防效。

减退率= $[(\text{药剂处理前活虫数}-\text{药剂处理后活虫数})/\text{药剂处理前活虫数}] \times 100\%$

表1 供试杀虫剂商品信息及试验稀释倍数

供试杀虫剂	类别	生产厂家	推荐剂量/倍	稀释倍数/倍
10%啶虫脒乳油	新烟碱类	河北瑞宝德生物化学有限公司	1 000	1 000
4.5%高效氯氟菊酯乳油	拟除虫菊酯类	浙江威尔达化工有限公司	1 500	1 500
60 g/L乙基多杀菌素悬浮剂	大环内酯类	中农立华(天津)农用化学品有限公司	2 000	2 000/5 000
200g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂	邻甲酰胺基苯甲酰胺类	富美实中国投资有限公司	2 000	2 000
8000IU/微升苏云金杆菌悬浮剂	生物源农药	武汉科诺生物科技股份有限公司	100	100
2%甲维盐微乳剂	大环内酯类	河北瑞宝德生物化学有限公司	2 000	2 000/4 000
0.5%苦参碱水剂	植物源农药	北京三浦百草绿色植物制剂有限公司	300	300

校正防效=[(处理减退率-对照减退率)/(1-对照减退率)]×100%

利用 SPSS 22 软件对各药剂处理的校正防效进行统计分析, 采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较(显著性水平 $P<0.05$), 分析不同药剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫防治效果的差异。

2 结果与分析

由表 2 可以看出, 大环内酯类 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂 2 000 倍液、5 000 倍液和 2%甲维盐微乳剂 2 000 倍液、4 000 倍液 4 个处理药后 24、48 h 的校正防效均为 100%, 显著高于其他药剂处理, 表明这 2 种药剂的速效性极好, 入侵甘肃的草地贪夜蛾种群对这 2 种药剂的敏感程度较高; 10%啉虫脲乳油 1 000 倍液、0.5%苦参碱水剂 300 倍液处理药后 24 h 的校正防效分别为 73.24%、73.61%, 48 h 的校正防效分别为 82.86%、88.57%; 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 2 000 倍液处理药后 24 h 校正防效较低, 但 48 h 校正防效迅速提升至 88.73%, 表明这些药剂对草地贪夜蛾甘肃种群具有较好的杀虫活性。4.5%高效氯氰菊酯乳油 1 500 倍液的处理 24、48 h 的校正防效均不足 30%, 表明草地贪夜蛾可能对该药已经产生了严重的抗药性。

在本研究所选取的 2 种生物源杀虫剂中, 8 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂在 100 倍推荐剂量下 24 h 的校正防效为 6.94%, 48 h 校正防效为 37.14%, 72 h 后校正防效也仅为 43.28%, 防治效果不足 50%。另一种生物制剂 0.5%苦参碱水剂推

荐剂量 300 倍处理的 24、48、72 h 的校正防效均显著高于 8 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂处理, 72 h 校正防效达到 85%以上。表明 0.5%苦参碱水剂对试验种群的杀虫效果较好, 8 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂的速效性及杀虫活性稍差, 试验种群可能对该药剂产生了一定的抗性, 建议与其他药剂混用以提高防治效果。

3 讨论与结论

药剂防治是控制迁飞性农业害虫最有效的技术措施。本试验在我国农业农村部推荐用于草地贪夜蛾应急防控的药剂清单中筛选了 7 种不同作用机理的常用杀虫剂, 测定了对甘肃省草地贪夜蛾幼虫的室内防效, 明确了不同杀虫剂对草地贪夜蛾甘肃种群的毒杀效果, 评估各药剂在甘肃省草地贪夜蛾应急防控中的应用潜力。

3 龄幼虫是草地贪夜蛾在田间进行扩散并进入暴发危害的重要发育阶段, 也是害虫抗药性提升的关键时期^[7]。本研究发现, 大环内酯类新型药剂 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂和 2%甲维盐微乳剂无论在推荐剂量还是低于或等于剂量下, 24 h 的校正防效均可达到 100%, 是由于草地贪夜蛾对新型药剂还未产生抗性, 与赵胜园等^[15]、Belay 等^[16]的研究结果类似。表明这 2 种大环内酯类药剂对于甘肃省草地贪夜蛾种群具有极高的杀虫活性, 而且它们的毒性低、残留少, 可作为甘肃省草地贪夜蛾应急防控的首选药剂。新型杀虫剂氯虫苯甲酰胺的作用位点是鱼尼丁受体, 具有显著的拒食效应, 且对非靶标生物安全^[17],

表 2 供试杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内防效

供试杀虫剂	稀释倍数/倍	校正防效/%		
		24 h	48 h	72 h
10%啉虫脲乳油	1 000	73.24±9.24 b	88.57±3.78 b	
4.5%高效氯氰菊酯乳油	1 000	4.17±0 d	4.29±2.86 d	
	1 500	22.22±2.78 c	28.57±7.95 b	
60 g/L乙基多杀菌素悬浮剂	2 000	100±0 a	100±0 a	
	5 000	100±0 a	100±0 a	
200g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂	2 000	2.78±2.78 d	88.73±1.41 b	
8000IU/μL苏云金杆菌悬浮剂	100	6.94±1.39 d	37.14±1.43 c	43.28±1.49
2%甲维盐微乳剂	2 000	100±0 a	100±0 a	
	4 000	100±0 a	100±0 a	
0.5%苦参碱水剂	300	73.61±3.67 b	82.86±4.28 b	85.71±3.78

近年来广泛用于鳞翅目害虫的防治。本研究中 200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 2 000 倍液 24 h 的校正防效仅为 2.78%, 但 48 h 校正防效迅速提升到 88.73%, 表明害虫接触药剂后虽然没有马上死亡, 但强烈的拒食效果使得 48 h 的死亡率急速上升。新烟碱类农药 10% 啉虫脲乳油对草地贪夜蛾 3 龄幼虫也展现出较好的杀虫活性, 48 h 校正防效达到 88.57%, 与赵盛园等^[15]的研究不一致, 可能与试验种群不同有关。传统菊酯类药剂 4.5% 高效氯氰菊酯乳油虽然防效不高, 但因其防治谱广、价格低廉, 在生产中广泛用于草地贪夜蛾及多种农业害虫的防治, 本研究中该药在推荐剂量下 24、48 h 的校正防效均不足 30%, 表明入侵甘肃的草地贪夜蛾种群可能已经对菊酯类农药产生了严重的抗性, 此外, 药效不足还可能与该药剂为乳油剂型有关。

本研究所选取的生物源农药中, 0.5% 苦参碱水剂在推荐剂量下, 24、48、72 h 的校正防效分别为 73.61%、82.86%、85.71%, 表明该药剂对草地贪夜蛾具有较好的防效。苏云金杆菌是主要用于鳞翅目害虫治理的高效生物制剂, 除直接喷施杀虫外, 也被广泛用于转基因作物等的草地贪夜蛾、棉铃虫等害虫的防治^[18]。国内外研究表明, 许多草地贪夜蛾种群已经对苏云金杆菌产生了一定程度的抗性^[19-21]。本研究中, 8 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂在推荐剂量下, 24、48、72 h 的校正防效分别为 6.94%、37.14%、43.28%, 表明入侵甘肃的草地贪夜蛾可能对苏云金杆菌产生了抗性。在生产中应持续开展草地贪夜蛾等鳞翅目害虫对苏云金杆菌的抗性监测, 建议与其他化学药剂混用, 以提高草地贪夜蛾的防治效果。

造成化学防治失败的原因通常与害虫抗性有关。甘肃陇南区域是我国草地贪夜蛾北迁西线的重要通道, 明确当地草地贪夜蛾种群的抗性水平对于我国西北地区草地贪夜蛾的区域治理具有重要的意义。本研究明确了 5 种化学杀虫剂和 2 种生物源杀虫剂对甘肃省草地贪夜蛾种群的室内杀虫活性, 新型药剂乙基多杀菌素、甲维盐、氯虫苯甲酰胺和啉虫脲对草地贪夜蛾 3 龄幼虫杀虫活性高, 表明入侵甘肃的草地贪夜蛾种群尚未对

以上药剂产生明显抗性, 是适合草地贪夜蛾应急防控的高效药剂。生物制剂苦参碱对草地贪夜蛾甘肃种群杀虫效果好, 也可以用于该虫的应急防控。此外, 由于菊酯类杀虫剂应用成本低, 生产中施用频次高, 甘肃省草地贪夜蛾种群可能对菊酯类农药产生了一定的抗药性, 在今后的应急防控中应避免菊酯类农药的高频次、单独使用。由于近年来甘肃省陇南地区草地贪夜蛾发生时间偏迟、数量偏少, 本研究未针对田间种群开展药效试验, 进一步验证本研究的试验结果; 下一步将结合田间害虫发生情况, 继续开展杀虫剂田间药效试验, 为甘肃省草地贪夜蛾的区域性应急防控对策提供更为丰富完善的科学数据。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] MONTEZANO D G, SPECHT A, SOSA-GÓMEZ D R, et al. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas[J]. African Entomology, 2018, 26(2): 286-300.
- [3] MURŪA G, MOLINA-OCHOA J, COVIELLA C. Population dynamics of the fall armyworm, *spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in north-western Argentina[J]. Florida Entomologist, 2006, 89(2): 175-183.
- [4] 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.
- [5] 吴孔明. 中国草地贪夜蛾的防控策略[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 1-5.
- [6] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告第 333 号: 一类农作物病虫害名录[EB/OL]. (2020-09-15)[2023-01-05] http://www.moa.gov.cn/govpublic/ZZYGLS/202009/t20200917_6352227.htm.
- [7] 吴孔明, 杨现明, 赵胜园, 等. 草地贪夜蛾防控手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2020.
- [8] 秦梦真, 高正辉, 徐义流, 等. 草地贪夜蛾对农药主要抗性机制的概述[J]. 植物保护学报, 2020, 47(4): 692-698.
- [9] 王芹芹, 崔丽, 王立, 等. 草地贪夜蛾对杀虫剂的抗性研究进展[J]. 农药学学报, 2019, 21(4): 401-408.

- [10] 闫文娟, 杨 帅, 王勇庆, 等. 草地贪夜蛾应急防控药剂田间药效筛选[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(4): 788-792.
- [11] 中华人民共和国农业农村部. 农业农村部关于印发《2020年全国草地贪夜蛾防控预案》的通知[R]. 北京: 中华人民共和国农业农村部公报, 2020.
- [12] 吴秋琳, 姜玉英, 刘 媛, 等. 草地贪夜蛾在中国西北地区的迁飞路径[J]. 中国农业科学, 2022, 55(10): 1949-1960.
- [13] 甘肃省统计局. 2021 甘肃发展年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [14] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国行业标准农药室内生物测定试验准则 杀虫剂第 14 部分: 浸叶法: NY/T 1154.14-2008[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2008.
- [15] 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): 10-4; 20.
- [16] BELAY D K, HUCKABA R M, FOSTER J E. Susceptibility of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), at Santa Isabel, Puerto Rico, to Different Insecticides[J]. *Florida Entomologist*, 2012, 95(2): 476-478.
- [17] LAHM G P, CORDOVA D, BARRY J D. New and selective ryanodine receptor activators for insect control[J]. *Bioorgan Med Chem*, 2009, 17: 4127-4133.
- [18] JAMES C. Global Status of Commercialized of Biotech/GM Crops: 2015[M]. ISAAA Brief No. 51. ISAAA: Ithaca, NY. 2015
- [19] TABASHNIK BE, BRÉVAULT T, CARRIÈRE Y. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nat Biotechnol*. 2013 Jun; 31 (6): 510-21. doi: 10.1038/nbt.2597.
- [20] TABASHNIK B E, GASSMANN A J, CROWDER D W, et al. Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory[J]. *Nat Biotechnol*. 2008, 26(2): 199-202.
- [21] 吴益东, 沈慧雯, 张 正, 等. 草地贪夜蛾抗药性概况及其治理对策[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(4): 599-604.