

赵建伟, 赵金凤, 邱良妙, 等. 6 种杀虫剂对草地贪夜蛾的防效及对螟黄赤眼蜂的安全性 [J]. 福建农业学报, 2023, 38 (8): 960–965.
ZHAO J W, ZHAO J F, QIU L M, et al. Control efficiency of six insecticides on the *Spodoptera frugiperda* and the evaluation of toxicity to *Trichogramma chilonis* Ishii [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 38 (8): 960–965.

6 种杀虫剂对草地贪夜蛾的防效及对 螟黄赤眼蜂的安全性

赵建伟¹, 赵金凤¹, 邱良妙¹, 丁雪玲¹, 游世奇², 何玉仙¹, 卢学松^{1*}

(1. 福建省农业科学院植物保护研究所, 福建 福州 350012; 2. 福建省长汀县植保植检站, 福建 龙岩 366300)

摘要:【目的】明确 6 种杀虫剂对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 的防效及对螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis* 的安全性。【方法】分别采用茎叶喷雾法测试甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 (甲维盐)、乙基多杀菌素、虫螨腈、氯虫苯甲酰胺、虱螨脲和茚虫威对田间玉米草地贪夜蛾的防治效果, 采用浸叶法测定以上 6 种杀虫剂对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的室内毒力, 以及试管药膜法研究以上 6 种杀虫剂对螟黄赤眼蜂的室内毒性。【结果】6 种供试药剂对草地贪夜蛾的速效性和持效性均较好, 药后 1 d 对草地贪夜蛾的田间防效达 78.68%~95.75%; 药后 3 d 对草地贪夜蛾的防效均达 90% 以上, 药后 7 d 对草地贪夜蛾的防效仍达 88.27%~96.3%。甲维盐、虫螨腈、乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺对螟黄赤眼蜂具有极强的毒力, 其 50% 推荐剂量即可导致螟黄赤眼蜂全部死亡, 预示着上述这些杀虫剂的田间应用对螟黄赤眼蜂具有很高的直接杀伤风险; 茚虫威和虱螨脲对螟黄赤眼蜂的毒力均较低。【结论】综上, 甲维盐、虫螨腈、乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺可作为草地贪夜蛾应急防治的首选药剂, 茚虫威和虱螨脲可作为草地贪夜蛾综合防控的推荐用药。

关键词: 草地贪夜蛾; 螟黄赤眼蜂; 杀虫剂; 毒力; 田间药效

中图分类号: S435.132

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2023) 08-0960-06

Control efficiency of six insecticides on the *Spodoptera frugiperda* and the evaluation of toxicity to *Trichogramma chilonis* Ishii

ZHAO Jianwei¹, ZHAO Jinfeng¹, QIU Liangmiao¹, DING Xueling¹, YOU Shiqi², HE Yuxian¹, LU Xuesong^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350012, China; 2. Plant Protection and Quarantine Station of Changting County, Longyan, Fujian 366300, China)

Abstract: 【Objective】To determine the control efficiency of six insecticides (emamectin benzoate, spinetoram, clorfenapyr, chlorantraniliprole, lufenuron and indoxacarb) on *Spodoptera frugiperda* and their toxicity to *Trichogramma chilonis* Ishii.

【Methods】Foliar spray application was used to evaluate the control efficiency of those insecticides on *Spodoptera frugiperda* in the field, leaf dipping was adopted to examine the toxicity of those insecticides to the second-instar larvae of *S. frugiperda* in the lab, and residues contact was carried out to test the toxicity of those insecticides to *T. chilonis*.

【Results】Those tested insecticides had acute and long-lasting toxicity to *S. frugiperda*. The control efficiency was 78.68%-95.75%, more than 90%, and 88.27%-96.3%, respectively, on the 1st, 3rd and 7th day after insecticide application. Emamectin benzoate, spinetoram, clorfenapyr and chlorantraniliprole were highly toxic to *T. chilonis*, with half of their field recommended dosage causing mortality rates of 100%, implying the application of those insecticides in the field is dangerous to *T. chilonis*. However, the toxicity of lufenuron and indoxacarb to *T. chilonis* was low. 【Conclusion】Emamectin benzoate, spinetoram, clorfenapyr and chlorantraniliprole can be used first for emergency control of *S. frugiperda*. Lufenuron and indoxacarb can also be used in the integrated pest management of *S. frugiperda*.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; *Trichogramma chilonis* Ishii; insecticide; toxicity; field efficiency

收稿日期: 2023-04-12 修回日期: 2023-06-12

作者简介: 赵建伟 (1981—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事农业昆虫与害虫防治研究, E-mail: 58291012@qq.com

* 通信作者: 卢学松 (1970—), 男, 高级农艺师, 主要从事病虫害绿色防控研究, E-mail: 2374632124@qq.com

基金项目: 福建省科技计划公益类专项 (2022R1024002); 福建省农业科学院科技创新团队建设项目 (CXTD2021027); 福建省农业高质量发展超越“5511”协同创新工程项目 (XTCXGC2021011、XTCXGC 2021017); 福建省农业科学院科技创新平台专项 (CXPT202105); 福建省农业科学院自由探索项目 (ZYTS202211)

0 引言

【研究意义】草地贪夜蛾 (*Spodoptera frugiperda*) 属鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae) 灰翅夜蛾属 (*Spodoptera*), 是一种迁飞性世界农业害虫, 原发地在美洲热带亚热带地区^[1]。2019年1月入侵我国云南, 同年10月迅速扩散蔓延至我国大陆西南、华南、江南、长江中下游、黄淮、西北和华北地区的26省(区、市)1518个县(区、市), 玉米地发生面积超过106.5万 hm^2 ^[2-3]。目前, 草地贪夜蛾已成为我国农业生产上的一种新的常发性重大农业害虫, 研究如何有效防控该害虫为害, 对于保障鲜食玉米安全生产具有重要意义。【前人研究进展】鉴于化学农药具有高效、速效、经济方便和不受地域季节影响的特点, 化学防治成为防控草地贪夜蛾暴发性发生为害的主要手段^[4-6]。然而, 过度依赖化学农药导致草地贪夜蛾对防治药剂的敏感性已经呈现区域性及年份间差异。如云南嵩明县草地贪夜蛾种群对氯虫苯甲酰胺和氟苯虫酰胺的敏感性均显著高于安徽泾县种群和江苏涟水种群^[7]; 湖南怀化田间种群对甲维盐和茚虫威的敏感性显著低于常德和长沙种群^[8]; 2022年陕西省草地贪夜蛾种群对氯虫苯甲酰胺的田间药剂防治效果相比于2020年明显降低^[9,10]。因此, 有必要经常性开展常用杀虫剂对草地贪夜蛾的毒力和田间药效评价。在化学杀虫剂有效控制草地贪夜蛾发生的同时, 开发新的防控方法以实现草地贪夜蛾的可持续治理和环境安全已成为研究热点, 如生物防治方法等^[11]。草地贪夜蛾的天敌资源很多, 包括寄生性天敌、捕食性天敌和昆虫病原微生物等^[12]。目前大部分研究主要集中于寄生性天敌, 其中, 夜蛾黑卵蜂 (*Telenomus Nixon*) 和螟黄赤眼蜂 (*Trichogramma chilonis* Ishii) 是两种本地优势卵寄生蜂^[13], 并且螟黄赤眼蜂在国内已有相当成熟的繁殖体系, 已经成功实现商品化生产应用于生产实践^[14]。然而部分杀虫剂在杀死靶标害虫的同时对害虫天敌也有一定程度的杀伤性, 如甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对草地贪夜蛾和其寄生性天敌霍氏啮小蜂均具有很高的毒力; 对草地贪夜蛾具有良好防效的氯虫苯甲酰胺会降低玉米螟赤眼蜂 (*Trichogramma ostrinae*) 的寄生率和子代羽化率^[15,16]。李宏梦等^[17]的试验结果表明甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素和虫螨腈对夜蛾黑卵蜂的安全性风险等级均为中等风险性。【本研究切入点】草地贪夜蛾对杀虫剂敏感性存在区域性及年

份间差异, 杀虫剂对天敌的影响也因杀虫剂品种、使用剂量以及天敌种类的不同, 其伤害程度有所不同, 目前相关药剂对螟黄赤眼蜂的安全性研究有待进一步探讨。【拟解决的关键问题】测定农业农村部推荐的6种草地贪夜蛾防治药剂对草地贪夜蛾的室内毒力、田间药效及其对螟黄赤眼蜂的毒力, 以期评价杀虫剂田间应用对草地贪夜蛾的室内毒力和田间药效的变化动态以及对螟黄赤眼蜂的安全性, 为合理使用杀虫剂、协调化学防治与生物防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

用于室内生物测定的草地贪夜蛾, 于2022年7月8号采自福建省龙岩市永定区湖雷镇白崇村玉米田, 以新鲜玉米叶片在室内饲养1代, 选择个体大小和发育一致的2龄幼虫进行毒力测定。室内饲养和生测条件为温度(26 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $60\% \pm 5\%$, 光周期14 L:10 D, 光照强度2000 lx。

螟黄赤眼蜂由福建农业科学院植物保护研究所生防课题组提供, 将供试螟黄赤眼蜂卵卡置于温度 25°C 、相对湿度65%、光周期14 L:10 D的人工气候箱内, 待其自然孵化后, 取初羽化12 h内的成蜂作为试虫。

1.2 供试药剂

甲维盐 (1.1% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 ME, 绩溪农华生物科技有限公司)、茚虫威 (15% 茚虫威 SC, 江苏省苏科农化有限公司)、氯虫苯甲酰胺 (200 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 氯虫苯甲酰胺 SC, 美国富美实公司)、虱螨腈 (5% 虱螨腈 EC, 瑞士先正达作物保护有限公司)、虫螨腈 [10% 虫螨腈 ME、巴斯夫植物保护 (江苏) 有限公司]、乙基多杀菌素 (60 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 乙基多杀菌素 SC, 科迪华农业科技有限责任公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 杀虫剂对草地贪夜蛾的田间药效试验

试验选择在福建省龙岩市永定区湖雷镇白崇村玉米田 ($24^{\circ}80'6.77''\text{N}$, $116^{\circ}84'16.11''\text{E}$) 进行, 栽培条件 (土壤类型、水肥管理、移栽期、种植密度、生育期、水层管理等) 均匀一致; 玉米品种为太阳3号, 喷药时玉米生长期处于喇叭口期, 长势均匀; 试验时田间草地贪夜蛾以2~3龄幼虫为主。

供试6种药剂的使用剂量均为田间推荐用量, 即氯虫苯甲酰胺 $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、茚虫威 $37.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、甲维盐 $3.67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、虫螨腈 $83.33 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、乙基多杀菌素 $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、虱螨腈 $33.33 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 设清水对照,

共 7 个处理, 每个处理 3 次重复, 每处理小区面积 50 m²。将药剂按设计的浓度与清水兑成药液, 以茎叶喷雾方式施药, 采用 SeeSa 背负式喷雾器 (型号 SX-MD16E-2、双空心圆锥喷头、工作压力为 0.3 MPa) 均匀喷雾。整个试验施药 1 次, 试验期间未使用其他药剂。

于施药前进行虫口基数调查, 在施药后 1 d、3 d 和 7 d 分别对各处理进行活虫数调查。每处理小区采用 5 点取样法调查, 每点调查 10 株。

虫口减退率/%=[(处理区药前活虫数—处理区药后活虫数)/处理区药前活虫数]×100。

防治效果/%=[(施药区虫口减退率—空白对照区虫口减退率)/(100—空白对照区虫口减退率)]×100。

1.3.2 杀虫剂对草地贪夜蛾的室内毒力测定

采用浸叶法^[18]测定杀虫剂对草地贪夜蛾幼虫的毒力。

1.3.3 杀虫剂对螟黄赤眼蜂的毒力测定

测定方法为试管药膜法^[19]。6 种杀虫剂的试验浓度均参考这些药剂的田间推荐剂量设置, 毒力测定时用含 1%Tween 20 的蒸馏水将各供试药剂稀释成系列浓度药液, 每个浓度设 6 个重复。取各供试浓度药液 0.5 mL 加入指形管 (内径 1.5 cm、深 10 cm), 均匀滚动后倒掉剩余药液, 置于阴凉通风处自然晾干, 使药液在指形管内壁形成均匀药膜, 以含 1%Tween 20 的蒸馏水处理作空白对照。将 12 h 之内

羽化的 60~80 头成蜂引入管中, 用封口膜封口, 置于温度 25 ℃、相对湿度 65% 和光周期 14 L:10 D 的人工气候箱内, 4 h 后检查并统计管中死亡和存活蜂数 (以毛笔刷轻触不动为死亡), 计算死亡率, 对照死亡率小于 10% 为有效试验。

样正死亡率/%=[(处理组死亡率—处理组死亡率)/(100—对照组死亡率)]×100。

1.4 数据统计与分析

对试验所得数据采用 Excel 和 SPSS 17.0 进行统计, 对草地贪夜蛾的室内毒力测定数据采用几率值分析法 (probitanalysis) 计算每种杀虫剂的毒力回归方程、LC₅₀ 及 95% 置信区间等, 置信区间不重叠表示差异显著; 对田间药效和不同处理间螟黄寄生蜂的存活率计算均值及标准差, 单因素方差分析 (One-way ANOVA) 后 Duncan's 新复极差法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 杀虫剂对草地贪夜蛾的田间防治效果

田间药效试验结果 (表 1) 表明, 茚虫威、甲维盐、虫螨腈和乙基多杀菌素的速效性较好, 药后 1 d 对草地贪夜蛾的校正防效分别为 92.6%、95.75%、95.23%、93.99%, 均显著高于氯虫苯甲酰胺和虱螨脲的防效 (78.68% 和 79.49%, $P<0.05$)。6 种供试药剂对草地贪夜蛾的持效性均较好, 药后 3 d 对草地贪夜蛾的校正防效均达 90% 以上, 防效间差异均不

表 1 6 种药剂对草地贪夜蛾的田间防治效果
Table 1 Field control effect of six insecticides against *S furgiperda*

供试药剂 Insecticides	剂量 Dosage/(mg·L ⁻¹)	药前虫口基数 Insects base of Premedicated	药后 1 d 1 d after treatment		药后 3 d 3 d after treatment		药后 7 d 7 d after treatment	
			虫口减退率 Rate of deceleration/%	校正防效 Correction effect/%	虫口减退率 Rate of deceleration/%	校正防效 Correction effect/%	虫口减退率 Rate of deceleration/%	校正防效 Correction effect/%
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	50.00	70.33	78.68	79.59±4.57	94.21	93.90±3.88	90.92	90.99±3.44
茚虫威 Indoxacarb	37.50	53.67	92.60	92.39±4.45	96.30	96.20±2.23	88.66	88.27±7.02
甲维盐 Emamectin benzoate	3.67	60.67	95.75	95.84±2.66	96.70	96.71±1.30	92.3	92.97±0.52
虫螨腈 Clorfenapyr	83.33	56.33	95.23	95.06±2.81	97.58	97.32±2.31	93.52	93.75±1.57
虱螨脲 Lufenuron	33.33	52.33	79.49	82.52±8.34	91.84	92.93±2.58	88.88	89.62±0.98
乙基多杀菌素 Spinetoram	30.00	49.33	93.99	94.14±2.33	97.30	97.07±2.28	96.49	96.3±3.21

表中校正防效的数据为平均值±标准差。
Data for correcting and preventing effectiveness in the table are mean±SD.

显著 ($P>0.05$)；药后 7 d 对草地贪夜蛾的校正防效仍达 88.27%~96.3%。

2.2 杀虫剂对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的毒力

室内毒力测定结果 (表 2) 表明, 6 种杀虫剂对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的毒力 (48 h 后的 LC_{50} 值) 差异显著, 甲维盐和乙基多杀菌素对草地贪夜蛾 2 龄

幼虫的毒力最高, LC_{50} 值分别为 0.114 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 0.158 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 其次是虫螨腈、氯虫苯甲酰胺和虱螨脲的毒力, LC_{50} 值分别为 2.452 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、3.467 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 3.712 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 茚虫威的毒力最低, LC_{50} 值为 46.762 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

表 2 6 种药剂对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的毒力
Table 2 Toxicity of 6 insecticides on 2rd inster larvae of *S. furgiperda*

药剂 Insecticides	回归方程 Regression equation	$LC_{50}(95\%FL)/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	卡方值 χ^2 value	自由度 df
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	$y=-0.853+1.579x$	3.467 (2.537~5.117) b	2.410	4
茚虫威 Indoxacarb	$y=-2.568+1.538x$	46.762 (31.405~90.752) a	2.234	4
甲维盐 Emamectin benzoate	$y=2.170+2.299x$	0.114 (0.088~0.157) c	1.993	4
虫螨腈 Clorfenapyr	$y=-0.409+1.050x$	2.452 (0.612~4.797) b	0.074	4
虱螨脲 Lufenuron	$y=-0.922+1.619x$	3.712 (2.664~5.243) b	1.169	4
乙基多杀菌素 Spinetoram	$y=1.533+1.941x$	0.158 (0.117~0.209) c	2.535	4

同列数据后不同的小写字母表示 0.05 水平上差异显著。
Those with different lowercase letters on same column indicate significant difference at 0.05 level.

2.3 杀虫剂对螟黄赤眼蜂的安全性

6 种杀虫剂对螟黄赤眼蜂成虫的毒力测定结果 (图 1) 显示, 甲维盐、虫螨腈、乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺对螟黄赤眼蜂具有极强的毒力, 其田间推荐剂量、50% 推荐剂量接触 4 h 对螟黄赤眼蜂的致死率均高达 100%, 其 25% 推荐剂量对螟黄赤眼蜂的致死率也分别达 100%、100%、100% 和 20.96%; 茚虫威和虱螨脲对螟黄赤眼蜂的毒力均较低, 其田间推荐剂量、50% 推荐剂量和 25% 推荐剂量接触 4 h 后对螟黄赤眼蜂的致死率分别为 20.91%、9.83%、3.09% 和 8.49%、5.76%、2.19%。

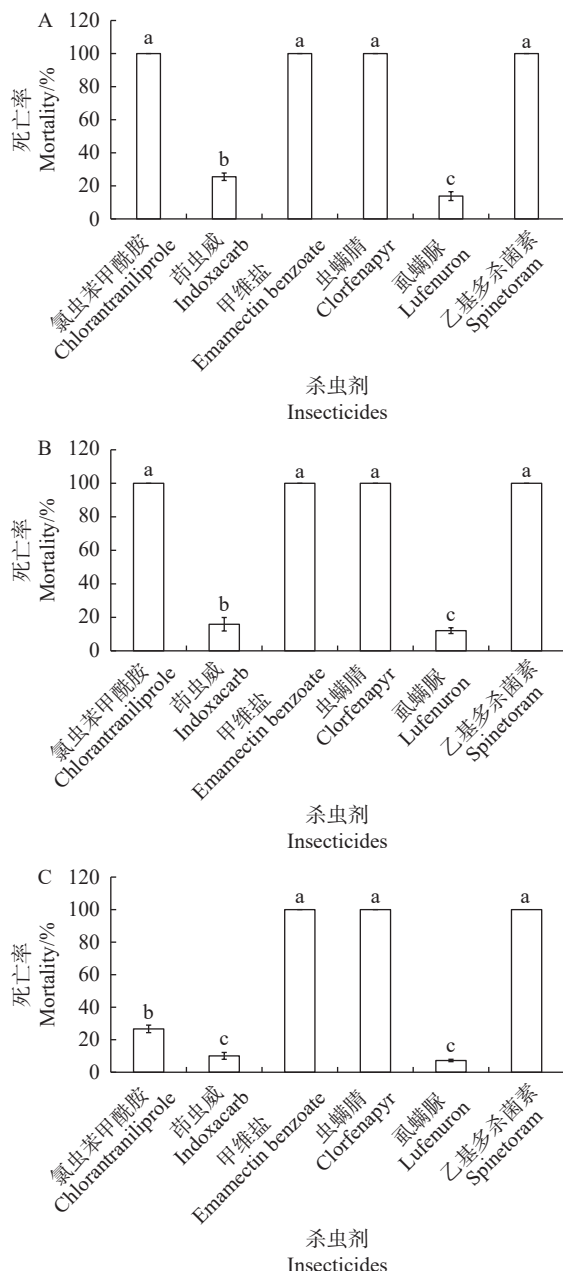
3 讨论

福建省是草地贪夜蛾最重要的周年繁殖区之一^[20-21], 周年用药防治较为频繁。本课题组前期研究发现, 非连续汰选 11 代和 10 代后, 草地贪夜蛾对甲维盐和虱螨脲的抗性倍数分别达 30.57 倍和 11.35 倍^[18], 预示着其产生抗药性的风险不容忽视, 因此, 掌握杀虫剂对草地贪夜蛾田间防治效果的变化动态, 对于指导科学用药具有重要意义。

本研究毒力测定结果发现, 除了茚虫威外, 其余 5 种杀虫剂对草地贪夜蛾田间种群的 LC_{50} 值均显著低于其田间推荐剂量, 两者间相差 8.98~189.87 倍; 从本研究田间药效试验结果来看, 上述 6 种供试药剂药后 3 d 对草地贪夜蛾的校正防效均超过

90%, 与 2019 年邱良妙等^[22] 的田间药效试验结果相比, 防效仍均较为显著, 表明截至 2022 年 7 月, 草地贪夜蛾田间种群对 6 种供试药剂仍较为敏感, 尚未产生明显抗性, 仍可推荐作为应急防控草地贪夜蛾的首选药剂。

目前我国农业生产上应用杀虫剂防治害虫仍然主要采用叶片喷雾, 当田间施药后, 爬行于叶面的害虫天敌将直接接触残留于叶片表面的杀虫剂并可能产生致死作用。模拟田间环境, 在室内条件下评价杀虫剂接触毒性对天敌的安全性已有一些研究报道, 但对于不同的杀虫剂品种、不同使用剂量和不同的作用对象, 其影响的结果是不同的, 如螺虫乙酯、氟啶虫胺腈、烯啶虫胺、溴氰虫酰胺、呋虫胺对丽蚜小蜂的 LC_{50} 均高于浅黄恩蚜小蜂^[23]; 高效氯氟菊酯、阿维菌素和吡虫啉对玉米螟赤眼蜂的毒力显著高于氯虫苯甲酰胺^[16]。从本研究结果来看, 甲维盐、虫螨腈、乙基多杀菌素和氯虫苯甲酰胺对螟黄赤眼蜂具有极强的杀伤力, 其田间推荐剂量和 50% 推荐剂量残留接触可导致螟黄赤眼蜂全部死亡, 预示着上述这些杀虫剂的田间应用对螟黄赤眼蜂具有很高的直接杀伤风险, 因此在使用这些杀虫剂时要避开螟黄赤眼蜂高峰期或人工释放螟黄赤眼蜂时期。茚虫威和虱螨脲对螟黄赤眼蜂杀伤力较低, 其田间推荐剂量残留接触对螟黄赤眼蜂的致死率分别仅为 20.91% 和 8.49%, 这与张唯伟等^[24] 和袁



图中数据为平均值±标准差, 不同字母表示经 DMRT 法测验在 $P=0.05$ 水平上差异显著。A: 100% 田间推荐剂量; B: 50% 田间推荐剂量; C: 25% 田间推荐剂量。

Data in the figure are mean±SD, different letters indicate significant differences at $P=0.05$ (Duncan's multiple range test). A: 100% recommended field dose; B: 50% recommended field dose; C: 25% recommended field dose.

图 1 6 种药剂对螟黄赤眼蜂的毒力

Fig. 1 Toxicity of six agents to *Trichogramma chilonis* Ishii

曦^[25]的研究结果基本相一致, 预示着田间应用茚虫威和虱螨脲对螟黄赤眼蜂相对安全。

参考文献:

[1] STORER N P, BABCOCK J M, 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.

[2] 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.

JIANG Y Y, LIU J, ZHU X M. Analysis on the occurrence dynamics and future trend of *Spodoptera exigua* invading China [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (2): 33–35. (in Chinese)

[3] 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.

JIANG Y Y, LIU J, XIE M C, et al. Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019 [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (6): 10–19. (in Chinese)

[4] OKUMA D M, BERNARDI D, HORIKOSHI R J, et al. Inheritance and fitness costs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to spinosad in Brazil [J]. *Pest Management Science*, 2018, 74 (6): 1441–1448.

[5] TOGOLA A, MESEKA S, MENKIR A, et al. Measurement of pesticide residues from chemical control of the invasive *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in a maize experimental field in mokwa, Nigeria [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15 (5): 849.

[6] 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, 20.

ZHAO S Y, SUN X X, ZHANG H W, et al. Laboratory test on the control efficacy of common chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (3): 10–14, 20. (in Chinese)

[7] 陈澄宇, 赵云霞, 唐艺婷, 等. 7种杀虫剂对不同地区草地贪夜蛾田间种群的毒力测定 [J]. 现代农药, 2022, 21 (3): 64–68.

CHEN C Y, ZHAO Y X, TANG Y T, et al. Toxicity of 7 insecticides against the different geographical field populations of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Modern Agrochemicals*, 2022, 21 (3): 64–68. (in Chinese)

[8] 黄至畅, 龙楚云, 吴明峰, 等. 湖南不同地区草地贪夜蛾种群对四种类型杀虫剂的抗性监测 [J]. 精细化工中间体, 2022, 52 (5): 30–34.

HUANG Z C, LONG C Y, WU M F, et al. Monitoring the resistance of *Spodoptera frugiperda* to four types of insecticides in different areas of Hunan Province [J]. *Fine Chemical Intermediates*, 2022, 52 (5): 30–34. (in Chinese)

[9] 雷琼, 林鑫, 巨亚绒. 6种农药对陕西省关中地区草地贪夜蛾的田间药效试验 [J]. 农业工程, 2022, 12 (8): 131–134.

LEI Q, LIN X, JU Y R. Field efficacy tests of six pesticides against *Spodoptera frugiperda* in Guanzhong area of Shaanxi Province [J]. *Agricultural Engineering*, 2022, 12 (8): 131–134. (in Chinese)

[10] 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.

FAN X P, YU Z J, WANG Q W, et al. Indoor toxicity measurement of seven insecticides against maize *Spodoptera frugiperda* and field control effect [J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2020,

- 66 (8): 37-40, 64. (in Chinese)
- [11] 陈秀琴, 刘其全, 田新湖, 等. 草地贪夜蛾生物防治研究进展 [J]. 福建农业学报, 2021, 36 (8): 981-988.
- CHEN X Q, LIU Q Q, TIAN X H, et al. Progress in biological control of *Spodoptera frugiperda* [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2021, 36 (8): 981-988. (in Chinese)
- [12] 刘博, 李志红, 郭韶堃. 草地贪夜蛾入侵机制概述 [J]. 植物保护学报, 2022, 49 (5): 1313-1328.
- LIU B, LI Z H, GUO S K. Overview of the invasion mechanism of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J]. *Journal of Plant Protection*, 2022, 49 (5): 1313-1328. (in Chinese)
- [13] 王竹红, 葛均青, 刘紫晶, 等. 草地贪夜蛾两种重要卵寄生蜂的鉴别及寄生行为 [J]. 植物保护, 2020, 46 (2): 172-180.
- WANG Z H, GE J Q, LIU Z J, et al. Identification of two parasitoid wasps of *Spodoptera frugiperda* egg and their parasitic behavior [J]. *Plant Protection*, 2020, 46 (2): 172-180. (in Chinese)
- [14] 唐璞, 王知知, 吴琼, 等. 草地贪夜蛾的天敌资源及其生物防治中的应用 [J]. 应用昆虫学报, 2019, 56 (3): 370-381.
- TANG P, WANG Z Z, WU Q, et al. The natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* and their application in biological control programs [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2019, 56 (3): 370-381. (in Chinese)
- [15] 苏豪, 吕宝乾, 张宝琴, 等. 12种杀虫剂对草地贪夜蛾和霍氏嗜小蜂的选择毒力 [J]. 南方农业学报, 2021, 52 (3): 570-577.
- SU H, LV B Q, ZHANG B Q, et al. Selective toxicity of twelve insecticides to *Spodoptera frugiperda* and *Tetrastichus howardi*(Olliff) [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2021, 52 (3): 570-577. (in Chinese)
- [16] 王瑜, 代晓彦, 王瑞娟, 等. 施药后不同时间玉米田中常用农药残留对玉米螟赤眼蜂的影响 [J]. 昆虫学报, 2022, 65 (7): 852-865.
- WANG Y, DAI X Y, WANG R J, et al. Effects of residues of pesticides commonly used in corn fields on *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) at different time after application [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2022, 65 (7): 852-865. (in Chinese)
- [17] 李宏梦, 郭井菲, 王振营, 等. 8种草地贪夜蛾化学防控药剂对夜蛾黑卵蜂的急性毒性及安全性评价 [J]. 中国生物防治学报, 2021, 37 (6): 1120-1125.
- LI H M, GUO J F, WANG Z Y, et al. Safety of eight *Spodoptera frugiperda*-targeting insecticides to *Telenomus remus* [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2021, 37 (6): 1120-1125. (in Chinese)
- [18] 赵金凤, 邱良妙, 丁雪玲, 等. 草地贪夜蛾对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, 99.
- ZHAO J F, QIU L M, DING X L, et al. Risk assessment of the resistance to emamectin benzoate and lufenuron in *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2022, 48 (4): 88-93, 99. (in Chinese)
- [19] 金磊, 张文哲, 张传清, 等. 戊唑醇等9种农药对螟黄赤眼蜂的毒性评价 [J]. 农药学学报, 2021, 23 (4): 716-723.
- JIN L, ZHANG W Z, ZHANG C Q, et al. Evaluation of toxicity of nine commonly used pesticides to *Trichogramma chilonis* [J]. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 2021, 23 (4): 716-723. (in Chinese)
- [20] 姜玉英, 刘杰, 吴秋琳, 等. 我国草地贪夜蛾冬繁区和越冬区调查 [J]. 植物保护, 2021, 47 (1): 212-217.
- JIANG Y Y, LIU J, WU Q L, et al. Investigation on winter breeding and overwintering areas of *Spodoptera frugiperda* in China [J]. *Plant Protection*, 2021, 47 (1): 212-217. (in Chinese)
- [21] 吴秋琳, 姜玉英, 胡高, 等. 中国热带和南亚热带地区草地贪夜蛾春夏两季迁飞轨迹的分析 [J]. 植物保护, 2019, 45 (3): 1-9.
- WU Q L, JIANG Y Y, HU G, et al. Analysis on spring and summer migration routes of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) from tropical and southern subtropical zones of China [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (3): 1-9. (in Chinese)
- [22] 邱良妙, 黄晓燕, 杨秀娟, 等. 福建省草地贪夜蛾入侵动态监测与药剂防治技术研究 [J]. 福建农业学报, 2019, 34 (12): 1426-1432.
- QIU L M, HUANG X Y, YANG X J, et al. Field monitoring on invasion of and insecticide efficacy on *Spodoptera frugiperda* in Fujian [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 34 (12): 1426-1432. (in Chinese)
- [23] 羊绍武, 王子辽, 袁海博, 等. 不同杀虫剂对烟粉虱两种优势寄生蜂的毒性及风险评估 [J]. 中国烟草科学, 2020, 41 (3): 71-76.
- YANG S W, WANG Z L, YUAN H B, et al. Toxicity and risk evaluation of different insecticides on two dominant parasitoids of *Bemisia tabaci* [J]. *Chinese Tobacco Science*, 2020, 41 (3): 71-76. (in Chinese)
- [24] 袁曦, 邓伟丽, 郭义, 等. 螟黄赤眼蜂对草地贪夜蛾卵寄生效果评价 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (2): 290-296.
- YUAN X, DENG W L, GUO Y, et al. Evaluation of parasitism on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) by *Trichogramma chilonis* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2022, 44 (2): 290-296. (in Chinese)
- [25] 张唯伟, 董怡, 张传清, 等. 稻田常用农药对螟黄赤眼蜂的影响 [J]. 热带生物学报, 2019, 10 (3): 283-287.
- ZHANG W W, DONG Y, ZHANG C Q, et al. Effects of common insecticides on *Trichogramma chilonis* in paddy fields [J]. *Journal of Tropical Biology*, 2019, 10 (3): 283-287. (in Chinese)

(责任编辑: 林海清)