



陈利民, 黄俊, 吴全聪, 吴倩倩, 潘逸明, 吕要斌. 绿色杀虫剂对草地贪夜蛾杀虫活性比较测定 [J]. 环境昆虫学报, 2019, 41 (4): 775-781.

绿色杀虫剂对草地贪夜蛾杀虫活性比较测定

陈利民¹, 黄俊², 吴全聪¹, 吴倩倩³, 潘逸明¹, 吕要斌^{2*}

(1. 丽水市农业科学研究院, 浙江丽水 323000; 2. 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所, 杭州 310021;
3. 浙江农林大学农业与食品科学学院, 浙江临安 311300)

摘要: 为了减缓草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 对化学农药抗性的增加, 减少传统化学农药的使用量, 提高草地贪夜蛾的防控效果。本研究测定了 15 种生物源、矿物源和昆虫激素类等绿色杀虫剂对草地贪夜蛾卵和 2 龄幼虫的室内毒杀效果。结果表明, 灭幼脲、虱螨脲、短稳杆菌和苏云金杆菌是替代传统化学农药防控草地贪夜蛾的首选农药, 其中尤以低毒、易降解的昆虫激素类农药灭幼脲和活体微生物农药短稳杆菌最佳, 在实际生产中有较好的推广应用价值。而植物源农药藜芦碱、鱼藤酮、印楝素、苦参碱、除虫菊素、茶皂素以及矿物源农药矿物油对该虫控制效果相对较差, 不建议单独大面积推广使用。

关键词: 草地贪夜蛾; 绿色农药; 防控效果

中图分类号: Q968.1; S433.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2019) 04-0775-07

Laboratory test on the control efficacy of green insecticides against *Spodoptera frugiperda*

CHEN Li-Min¹, HUANG Jun², WU Quan-Cong¹, WU Qian-Qian³, PAN Yi-Ming¹, LV Yao-Bin^{2*}

(1. Lishui Academy of Agricultural Sciences, Lishui 323000, Zhejiang Province, China; 2. Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 3. School of Agricultural and Food Science, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Linan 311300, Zhejiang Province, China)

Abstract: In order to retard the increase of resistance of *Spodoptera frugiperda* to chemical pesticides, reduce the use of traditional chemical pesticides, and improve the control effect of *S. frugiperda*, the indoor toxic effects of 15 kinds of green insecticides, including biological, mineral and insect hormones to the *S. frugiperda* eggs and second instar larvae were studied. The results showed that chlorbenzuron, guanidine urea, short-lived bacillus and *Bacillus thuringiensis* were the preferred pesticides to replace traditional chemical pesticides against *S. frugiperda*, especially low-toxic and easily degradable insect hormone pesticide chlorbenzuron and living microorganism short-lived bacillus had the best effects, which had good application value in practical production. The botanical pesticides veratrine, rotenone, azadirachtin, matrine, pyrethrin, teasaponin and mineral pesticide mineral oil had poor control effects on *S. frugiperda*, which were not recommended touse alone in large-scale.

Key words: *Spodoptera frugiperda*; green insecticides; control efficacy

基金项目: 浙江省丽水市院地合作项目 (Ls20160010)

作者简介: 陈利民, 男, 1989 年生, 山东莒南人, 硕士研究生, 助理研究员, 主要从事植物保护技术研究, E-mail: clmit@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 吕要斌, 博士, 研究员, 主要从事昆虫种群生态学、昆虫化学生态学、害虫综合治理、入侵生物学研究, E-mail: luybcn@163.com

收稿日期 Received: 2019-07-03; 接受日期 Accepted: 2019-07-20

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda*, 隶属于鳞翅目 Lepidoptera 夜蛾科 Noctuidae 灰翅夜蛾属 *Spodoptera* sp. Herrich-Schaeffer 的一种昆虫 (Young and Mcmillian, 1979), 属世界性重大迁飞性农业害虫之一 (Jacobs *et al.*, 2018), 自 2019 年 1 月首次入侵我国云南、广西以来, 短短 5 个多月我国已先后有 18 个省 (市、自治区) 发现 (张磊等, 2019)。该虫为多食性害虫, 在我国目前主要为害玉米 *Zea mays* L. 和甘蔗 *Saccharum* L., 仍不排除进一步为害高粱 *Sorghum bicolor* (L.) Moench、大豆 *Glycine max* (L.) Merr.、水稻 *Oryza sativa* L.、小麦 *Triticum aestivum* L.、棉花 *Gossypium* spp. 等作物的可能性 (张磊等, 2019; 赵胜园等, 2019), 其危害的潜在风险较大, 已严重威胁我国农业及粮食生产安全。

目前, 草地贪夜蛾的防治主要采用传统邻酰胺基苯甲酰胺类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类等化学农药防治, 在长期的选择压力下, 草地贪夜蛾已对上述药剂产生了不同程度抗药性 (Carvalho *et al.*, 2003; Yu *et al.*, 2003; Yu *et al.*, 2010), 化学农药常规施药倍数已很难对草地贪夜蛾进行有效防治。为了降低草地贪夜蛾对传统农药抗药性增加所造成的危害, 以及应对现代社会对食品安全性问题的重视, 国外已将诸如多杀菌素、阿维菌素和苏云金芽孢杆菌 *Bacillus thuringiensis* 等生物源农药应用于防治草地贪夜蛾 (赵胜园等, 2019), 同时生物源农药一般具有特异性强、易降解、低残留、环境友好、不易产生抗性等特点 (云玲等, 2011; Nesler *et al.*, 2015), 在实际农业生产中已成为一种重要的绿色生态植保措施。近年来随着国家对生态安全以及食品安全问题的重视, 诸如植物源农药藜芦碱 (李卓等, 2016)、活体微生物农药短稳杆菌 *Empedobacter brevis* (王以一等, 2014; 王义生等, 2018)、动物源农药杀虫双 (程罗根等, 2001; Chen *et al.*, 2010)、矿物源农药矿物油以及昆虫激素类农药灭幼脲 (王涛等, 2012) 等新型杀虫剂已广泛应用于实际农业生产, 但是以上药剂用于防治草地贪夜蛾的研究鲜有报道。本研究选取生物源、矿物源和昆虫激素类等绿色农药 15 种, 对草地贪夜蛾 2 龄幼虫和卵进行了室内药效测定,

旨在筛选对草地贪夜蛾最为有效的绿色农药, 以期为田间草地贪夜蛾的科学防治提供科学有效的指导。

1 材料与方法

1.1 供试农药

草地贪夜蛾于 2019 年年 5 月 13 日采自浙江省丽水市莲都区碧湖镇任村春玉米田。将采集的 4 ~ 5 龄幼虫在室内用玉米心叶进行饲养繁殖, 饲养温度为 $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 光周期为 L:D=16 h:8 h, 相对湿度为 $75\% \pm 5\%$ 。以 F_1 代 2 龄幼虫以及 F_1 代未孵化的卵块作为试验材料。

1.2 供试农药制剂

15 种供试药剂有效成分、类别和生产厂家详见表 1。稀释倍数以各农药登记的害虫防治推荐剂量为准, 无稀释倍数推荐农药, 农药稀释倍数以玉米大喇叭口期常规用药量 $450 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 换算, 具体用药倍数如表 1 所示, 每种农药配制 1 L 药液备用。

1.3 试验方法

室内测定各药剂对草地贪夜蛾的杀卵效果 (Murúa *et al.*, 2008; Hardke *et al.*, 2011; 赵胜园等, 2019): 选取一日内初产卵块若干, 先用细毛笔将卵块分散为单个卵粒, 并选取饱满的 20 粒卵粘于双面胶上制成卵卡; 再将卵卡分别浸于各处理药剂中 10 s, 用滤纸吸除多余药剂并晾干, 最后放于瓶盖带孔的 10 mL 离心管中; 以纯净水为对照处理, 各处理重复 4 次。处理后使用体视镜自次日起逐日检查卵孵化数量及未孵化数量, 直至无新的卵孵化幼虫, 计算各试验处理卵的校正孵化抑制率。

室内测定各药剂对草地贪夜蛾幼虫的杀虫活性 (Hardke *et al.*, 2011): 首先选取大喇叭口期幼嫩玉米叶片, 剪除叶基部 5 cm 部分和叶尖 10 cm 部分后将剩余部分剪成 5 cm 长叶段待用; 再将剪好叶段浸入各处理药剂 10 s, 自然晾干后置于瓶盖带孔的 10 mL 离心管中。选取发育整齐的草地贪夜蛾 2 龄幼虫, 饥饿处理 4 h 后接入各处理叶片, 各试验组 28 头, 重复 3 次。处理后 24 h、48 h、72 h 检查幼虫存活状态及虫龄, 用毛笔轻触

表 1 15 种绿色杀虫剂商品信息和试验用药的稀释倍数

Table 1 Commercial information of 15 green insecticides and dilution times for bioassay

| 药剂 Pesticide | 类别 Type | 生产厂家 Manufacturer | 稀释倍数 Dilution times |
|---|------------|----------------------|------------------------|
| 100 亿孢子/mL 短稳杆菌 <i>Empedobacter brevis</i> 10 billion spores/mL SC | 活体微生物农药 | 镇江市润宇生物科技开发有限公司 | 800 |
| 8 000 IU/mg 苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i> 8 000 IU/mg SC | 活体微生物农药 | 扬州绿源生物化工有限公司 | 200 |
| 1.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油 Emamectin benzoate 1.8% EC | 抗生素类农药 | 河南勇冠乔迪农业科技有限公司 | 1500 |
| 5% 多杀霉素 Spinosad 5% SE | 抗生素类农药 | 河南三浦百草生物工程有限公司 | 1000 |
| 0.5% 藜芦碱 Veratrine 0.5% SL | 植物源农药 | 河北馥稷生物科技有限公司 | 600 |
| 6% 鱼藤酮 Rotenone 6% ME | 植物源农药 | 北京三浦百草绿色植物制剂有限公司 | 1200 |
| 0.3% 印楝素 Azadirachtin 0.3% EC | 植物源农药 | 成都绿金生物科技有限公司 | 600 |
| 0.5% 苦参碱 Matrine 0.5% AS | 植物源农药 | 北京三浦百草绿色植物制剂有限公司 | 600 |
| 1.5% 除虫菊素 Pyrethrins 1.5% EW | 植物源农药 | 内蒙古清源宝生物科技有限公司 | 400 |
| 30% 茶皂素 Tea saponin 30% AS | 植物源农药 | 湖北绿天地生物科技有限公司 | 600 |
| 8% 杀螟单 Cartap 8% AF | 动物源农药 | 日本住友化学株式会社 | 1500 |
| 18% 杀虫双 Dimethylo 18% AS | 动物源农药 | 江苏安邦电化有限公司 | 500 |
| 25% 灭幼脲 Chlorbenzuron 25% SC | 昆虫激素类农药 | 烟台欧贝斯生物化学有限公司 | 1500 |
| 5% 虱螨脲 Lufenuron 5% EC | 昆虫激素类农药 | 河北八源生物制品有限公司 | 1500 |
| 95% 矿物油 Mineral oil 95% EC | 矿物源农药 | 美国拜沃股份有限公司 | 100 |

幼虫体表, 无反应判定为死亡, 记录死亡头数。

1.4 数据处理与统计分析

试验所得数据采用统计分析软件 SPSS 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) 与 Microsoft Excel 2010

$$\text{孵化抑制率}(\%) = \frac{\text{未孵化卵数}}{\text{处理总卵数}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{校正孵化抑制率}(\%) = \frac{\text{处理孵化抑制率} - \text{对照孵化抑制率}}{1 - \text{对照孵化抑制率}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{死亡率}(\%) = \frac{\text{死亡虫数}}{\text{处理总虫数}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{校正死亡率}(\%) = \frac{\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}}{1 - \text{对照死亡率}} \times 100 \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 15 种绿色杀虫剂对草地贪夜蛾杀卵效果

纯净水处理 72 h 后 CK 处理平均孵化率为 93.75%。15 种绿色杀虫剂处理 72 h 后, 对草地贪夜蛾杀卵效果以药剂 8% 杀螟单 AF、25% 灭幼脲

进行分析处理。参照公式 (1) 和 (2) 计算各处理卵校正孵化抑制率, 参照公式 (3) 和 (4) 计算幼虫的校正死亡率。

SC、5% 虱螨脲 EC 和 100 亿孢子/mL 短稳杆菌 SC 对最佳, 校正孵化抑制率分别为 94.83%、94.83%、93.53% 和 88.36% (表 2), 且显著性高于其它各处理; 5% 多杀霉素 SE、18% 杀虫双 AS 和 0.3% 印楝素 EC 杀卵效果次之, 校正孵化抑制率分别为 45.69%、45.69% 和 35.34%, 其中 5% 多杀霉素 SE、18% 杀虫双 AS 显著性高于

0.3% 印楝素 EC 的杀卵效果, 且此 3 种药剂与其他各处理均存在显著性差异; 1.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油 EC、8 000 IU/mg 苏云金杆菌 SC 和 0.5% 藜芦碱 SL 对草地贪夜蛾的杀卵效果相对较差, 校正孵化抑制率分别为 17.24%、10.78%

和 9.48%; 95% 矿物油 EC、30% 茶皂素 30%、6% 鱼藤酮 ME、0.5% 苦参碱 AS 和 1.5% 除虫菊素 EW 对草地贪夜蛾的杀卵效果最差, 校正孵化抑制率均低于 10%。

表 2 15 种绿色杀虫剂对草地贪夜蛾的室内杀卵活性
Table 2 Insecticidal activity of 15 green insecticides against eggs of *Spodoptera frugiperda*

| 药剂 Pesticide | 校正孵化抑制率 (%) Corrected hatching inhibition rate | | |
|--|--|-------------------|------------------|
| | 24 h | 48 h | 72 h |
| 100 亿孢子/mL 短稳杆菌 <i>Empedobacter brevis</i> 10 billion spores/ml SC | 92.92 ± 2.710 a | 93.53 ± 2.476 a | 88.36 ± 1.293 a |
| 8 000 IU/mg 苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i> 8 000 IU/mg SC | 66.04 ± 10.073 b | 17.24 ± 7.315 de | 10.78 ± 2.476 de |
| 1.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油 Emamectin benzoate 1.8% EC | 61.79 ± 7.075 b | 27.59 ± 6.335 cd | 17.24 ± 2.986 d |
| 5% 多杀霉素 Spinosad 5% SE | 66.04 ± 8.332 b | 61.21 ± 6.156 b | 45.69 ± 3.339 b |
| 0.5% 藜芦碱 Veratrine 0.5% SL | 81.60 ± 5.835 ab | 41.81 ± 3.879 c | 9.48 ± 2.586 def |
| 6% 鱼藤酮 Rotenone 6% ME | 2.36 ± 4.833 d | 3.02 ± 3.879 e | 0.43 ± 2.476 f |
| 0.3% 印楝素 Azadirachtin 0.3% EC | 68.87 ± 8.170 b | 61.21 ± 8.834 b | 35.34 ± 6.156 c |
| 0.5% 苦参碱 Matrine 0.5% AS | 0.94 ± 1.634 d | 0.43 ± 1.293 e | 0.43 ± 1.293 f |
| 1.5% 除虫菊素 Pyrethrins 1.5% EW | 68.87 ± 4.902 b | 0.43 ± 1.293 e | 0.43 ± 1.293 f |
| 30% 茶皂素 Tea saponin 30% AS | 26.42 ± 12.228 c | 13.36 ± 11.828 de | 4.31 ± 3.339 ef |
| 8% 杀螟单 Cartap 8% AF | 98.58 ± 1.415 a | 97.41 ± 2.586 a | 94.83 ± 3.657 a |
| 18% 杀虫双 Dimehypo 18% AS | 68.87 ± 9.939 b | 63.79 ± 7.614 b | 45.69 ± 3.339 b |
| 25% 灭幼脲 Chlorbenzuron 25% SC | 98.58 ± 1.415 a | 97.41 ± 1.493 a | 94.83 ± 2.986 a |
| 5% 虱螨脲 Lufenuron 5% EC | 97.17 ± 1.634 a | 96.12 ± 1.293 a | 93.53 ± 2.476 a |
| 95% 矿物油 Mineral oil 95% EC | 63.21 ± 6.737 b | 9.48 ± 6.508 e | 5.60 ± 3.254 ef |

注: 数据为平均数 ± 标准误, 同列数据后相同字母表示差异性不显著 (单因素方差分析, $P < 0.05$)。Note: Data are shown as mean ± SE, within the same column followed by no same letters indicated significant difference at $P < 0.05$. A one-way ANOVA was conducted.

2.2 对草地贪夜蛾幼虫的毒杀效果

在为期 72 h 的试验处理后, 以 25% 灭幼脲 SC 和 100 亿孢子/mL 短稳杆菌 SC 对草地贪夜蛾幼虫的毒杀效果最佳, 校正死亡率分别为 100% 和 93.98% (表 3), 其中 25% 灭幼脲显著性高于剩余其它各试验处理; 5% 虱螨脲 EC、8 000 IU/mg 苏云金杆菌 SC、8% 杀螟单 AF、1.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC、18% 杀虫双 AS 和 5% 多杀霉素 SE 对草地贪夜蛾幼虫的毒杀效果次之, 校正死亡率分别为 80.72%、79.52%、78.31%、77.11%、74.7% 和 63.86%; 其它各试验处理校正死亡率均低于 50%, 其中 95% 矿物油 EC 对草地贪夜蛾幼虫几乎无毒杀效果, 校正死亡率仅为 3.61%。药

剂处理 24 h 以 100 亿孢子/mL 短稳杆菌 SC、8% 杀螟单 AF 和 1.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC 对草地贪夜蛾幼虫的毒杀效果最佳, 速效性相对较好, 校正死亡率分别为 82.14%、67.86% 和 53.57%。

在为期 72 h 的试验处理后, 存活幼虫平均虫龄以 0.5% 苦参碱 AS、95% 矿物油 EC、1.5% 除虫菊素 EW、30% 茶皂素 AS、8 000 IU/mg 苏云金杆菌 SC、6% 鱼藤酮 ME 和 0.5% 藜芦碱 SL 相对最高, 平均龄期分别为 3 龄、3 龄、2.96 龄、2.92 龄、2.86 龄、2.75 龄和 2.74 龄 (表 3), 上述药剂对草地贪夜蛾幼虫虫龄的增加几乎无抑制效果; 8% 杀螟单 AF、1.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC、

5% 虱螨脲 EC 和 5% 多杀霉素 SE, 对存活幼虫虫龄的增加有一定抑制作用, 平均龄期分别为 2.69 龄、2.64 龄、2.62 龄和 2.6 龄; 100 亿孢子/mL 短稳

杆菌 SC 和 0.3% 印楝素 EC 对存活幼虫虫龄的增加有显著性抑制作用, 平均龄期分别为 2.33 龄和 2.26 龄; 25% 灭幼脲无存活幼虫。

表 3 15 种绿色杀虫剂对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的杀虫活性

Table 3 Insecticidal activity of 15 green insecticides against 2nd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

| 药剂 Pesticide | 校正死亡率 (%) Corrected mortality | | |
|---|-------------------------------|-------------------|------------------|
| | 24 h | 48 h | 72 h |
| 100 亿孢子/mL 短稳杆菌 <i>Empedobacter brevis</i> 10 billion spores/ml SC | 82.14 ± 2.062 a | 90.48 ± 1.190 a | 93.98 ± 1.205 a |
| 8 000 IU/mg 苏云金杆菌 <i>Bacillus thuringiensis</i> 8 000 IU/mg SC | 7.14 ± 2.062 ef | 72.62 ± 3.150 b | 79.52 ± 3.188 b |
| 1.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate 1.8% EC | 53.57 ± 8.988 bc | 59.52 ± 10.581 bc | 77.11 ± 7.329 bc |
| 5% 多杀霉素 Spinosad 5% SE | 38.1 ± 4.292 cd | 53.57 ± 3.571 c | 63.86 ± 2.087 c |
| 0.5% 藜芦碱 Veratrine 0.5% SL | 1.19 ± 1.190 f | 11.90 ± 1.190 ef | 32.53 ± 6.024 e |
| 6% 鱼藤酮 Rotenone 6% ME | 5.95 ± 3.150 ef | 25.00 ± 7.435 de | 30.12 ± 6.708 ef |
| 0.3% 印楝素 Azadirachtin 0.3% EC | 19.05 ± 7.241 ef | 26.19 ± 6.628 de | 43.37 ± 5.252 de |
| 0.5% 苦参碱 Matrine 0.5% AS | 14.29 ± 2.062 ef | 32.14 ± 10.310 d | 34.94 ± 7.524 de |
| 1.5% 除虫菊素 Pyrethrins 1.5% EW | 23.81 ± 3.150 de | 30.95 ± 4.292 d | 48.19 ± 4.344 d |
| 30% 茶皂素 Tea saponin 30% AS | 13.10 ± 1.190 ef | 21.43 ± 4.124 def | 22.89 ± 4.344 f |
| 8% 杀螟单 Cartap 8% AF | 67.86 ± 2.062 ab | 73.81 ± 4.762 b | 78.31 ± 5.521 bc |
| 18% 杀虫双 Dimehypo 18% AS | 47.62 ± 11.725 c | 66.67 ± 5.189 bc | 74.70 ± 2.087 bc |
| 25% 灭幼脲 Chlorbenzuron 25% SC | 14.29 ± 5.455 ef | 100 ± 0 a | — |
| 5% 虱螨脲 Lufenuron 5% EC | 25.00 ± 12.877 de | 71.43 ± 3.571 b | 80.72 ± 1.205 ab |
| 95% 矿物油 Mineral oil 95% EC | 1.19 ± 1.190 f | 3.57 ± 2.062 f | 3.61 ± 1.205 g |

注: 数据为平均数 ± 标准误, 同列数据后相同字母表示差异性不显著 (单因素方差分析, $P < 0.05$)。Note: Data are shown as mean ± SE, within the same column followed by no same letters indicated significant difference at $P < 0.05$. A one-way ANOVA was conducted.

3 结论与讨论

参试的 15 种新型绿色杀虫剂中, 以昆虫激素类农药 25% 灭幼脲 SC 对草地贪夜蛾幼虫的毒杀效果最佳, 其次为活体微生物农药 100 亿孢子/mL 短稳杆菌 SC, 上述两种药剂对草地贪夜蛾幼虫校正死亡率均为 90% 以上。昆虫激素类农药 5% 虱螨脲 EC 对草地贪夜蛾幼虫亦有相对较好毒杀效果, 室内校正死亡率可达 80% 以上。其次, 8% 杀螟单 AF 和 1.8% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC 表现出较好的速效性。植物源农药对草地贪夜蛾 2 龄幼虫毒杀效果普遍差, 校正死亡率均低于 50%, 这可

能与低浓度植物源农药能够引起害虫拒食以及发育停滞, 但不致死的特殊作用机制有关 (Dunkel *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2017), 此类生物源农药长期使用对草地贪夜蛾幼虫的防治效果有待进一步探究和比较。矿物源农药 95% 矿物油 EC 对草地贪夜蛾幼虫几乎无胃毒毒杀效果 (Thaochan and Ngampongsai, 2018)。在对草地贪夜蛾杀卵活性方面, 8% 杀螟单 AF、25% 灭幼脲 SC、5% 虱螨脲 EC 和 100 亿孢子/mL 短稳杆菌 SC 均有相对较好效果, 校正孵化抑制率均在 90% 左右, 5% 多杀霉素 SE 和 18% 杀虫双 AS 对草地贪夜蛾亦有一定杀卵活性, 校正孵化抑制率均为 40% 以上, 其余药剂对草地贪夜蛾的杀卵效果相对较差, 校正孵化

抑制率均为 20% 以下。

目前, 国外用于草地贪夜蛾防治的药剂主要仍以丁硫克百威、灭多威、毒死蜱、乙基多杀菌素、高效氯氰菊酯、氯虫苯甲酰胺等化学药剂为主, 随着化学农药的连续使用, 新迁入我国的草地贪夜蛾对上述化学农药已产生了较高的抗性(赵胜园等, 2019)。随着我国对食品安全和环境安全的不断重视, 禁用限用高毒农药名录不断增加, 实际生产过程中可用于草地贪夜蛾防治的化学药剂越来越少, 这也进一步增加了草地贪夜蛾化学防控的难度。并且, 浙江省种植玉米品种以生育期相对较短的甜、糯鲜食玉米为主, 在草地贪夜蛾防治过程中, 食品安全问题更应受到重视。基于此, 更为低毒环保的灭幼脲、虱螨脲、短稳杆菌、苏云金杆菌、杀虫双和杀螟单替代传统化学农药防控草地贪夜蛾, 其中尤以低毒易降解的昆虫激素类农药灭幼脲和活体微生物农药短稳杆菌效果最佳, 在实际农业生产中应用具有较大意义。同时, 上述药剂往往需要适宜的温湿度等环境条件, 以及在草地贪夜蛾幼虫适宜的龄期使用才能发挥最佳作用, 因此在上述药剂使用时建议于害虫幼虫初发期黄昏时刻施用。而植物源农药藜芦碱、鱼藤酮、印楝素、苦参碱、除虫菊素、茶皂素以及矿物源农药矿物油对该虫胃毒毒杀效果相对较差的药剂, 在当前大量成虫首次迁入, 急需快速压低种群数量减少其危害的背景下, 虽不建议单独大面积替代化学农药推广使用, 但可考虑将其与其他类型杀虫药剂复配使用, 增加杀虫作用方式, 增强药剂杀虫效果, 延缓草地贪夜蛾抗药性的增加。

参考文献 (References)

- Carvalho RA, Omoto C, Field LM, et al. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J]. *PLoS ONE*, 2013; 8.
- Cheng LG, Li FL, Han ZJ, et al. Random amplified polymorphic DNA of resistance to dimehypo and cartap in diamond-back moth, *Plutella xylostella* [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2001, 44 (1): 15-20. [程罗根, 李凤良, 韩招久, 等. 菜蛾对杀虫双和杀螟丹抗性遗传的 DNA 随机扩增多态性研究 [J]. 昆虫学报, 2001, 44 (1): 15-20]
- Chen ZH, Han ZJ, Li F, et al. development and declining of resistance in diamond back moth *Plutella xylostella* (L.) resistant strains selected by dimehypo and cartap [J]. *Insect Science*, 2010, 2 (4): 345-352.
- Dunkel FV, Jaronski ST, Sedlak CW, et al. Effects of steam-distilled shoot extract of *Tagetes minuta* (Asterales: Asteraceae) and entomopathogenic fungi on larval *Tetanops myopaeformis* [J]. *Environmental Entomology*, 2010, 39 (3): 979-988.
- Hardke JT, Temple JH, Leonard BR, et al. Laboratory toxicity and field efficacy of selected insecticides against fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Florida Entomologist*, 2011, 94 (2): 272-278.
- Jacobs A, Vuuren AV, Rong IH. Characterisation of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) from South Africa [J]. *African Entomology*, 2018, 26 (1): 45-49.
- Li Z, Cao AC, Li Y, et al. Comparison of control effect of new bio-pesticides with chemical pesticides against strawberry mites [J]. *Plant Protection*, 2016, 42 (2): 237-240, 256. [李卓, 曹堃程, 李园, 等. 新型生物源农药与化学农药对草莓叶螨的防效对比研究 [J]. 植物保护, 2016, 42 (2): 237-240, 256]
- Murúa, MG, Vera MT, Abraham S, et al. Fitness and mating compatibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) populations from different host plant species and regions in argentina [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2008, 101 (3): 639-649.
- Nesler A, Perazzoli M, Puopolo G, et al. A complex protein derivative acts as biogenic elicitor of grapevine resistance against powdery mildew under field conditions [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2015; 6.
- Thaochan N, Ngampongsai A. The effects of *Metarhizium guizhouense* PSUM02, petroleum oil, and *Azadirachta excelsa* seed kernels extract against *Zeugodacus cucurbitae* [J]. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 2018, 40 (6): 1336-1345.
- Wang T, Qiu XC, Jiao YY, et al. Prokaryotic expression and activity determination of ecdysone receptor and ultraspiracle protein from *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2012, 55 (11): 1239-1245. [王涛, 邱秀翠, 焦艳艳, 等. 斜纹夜蛾蜕皮激素受体与超气门蛋白的原核表达及活性检测 [J]. 昆虫学报, 2012, 55 (11): 1239-1245]
- Wang YS, Wang GX, Sun W, et al. Efficacy of *Empedobacter brevis* on controlling *Mythimna separate* (Walker) in corn field [J]. *Agrochemicals*, 2018, 57 (5): 75-77. [王义生, 王广祥, 孙巍, 等. 短稳杆菌对玉米黏虫防治试验 [J]. 农药, 2018, 57 (5): 75-77]
- Wang YY, Li BP, Gao XW, et al. Effects of the bacterium *Empedobacter brevis* on development, survival and fecundity in *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae) [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2014, 37 (1): 75-80. [王以一, 李保平, 高小文, 等. 短稳杆菌对斑痣悬茧蜂发育、存活和生殖力的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2014, 37 (1): 75-80]
- Young JR, Mcmillian WW. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on Carbaryl treated surfaces [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1979, 72 (2): 202-203.
- Yun L, Tian WJ, Zhuang TY, et al. Advances in biological control and biogenic pesticides control of forest termites [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2011, 33 (3): 396-404. [云玲, 田

- 伟金, 庄天勇, 等. 林木白蚁的生物防治和生物源农药防治研究进展 [J]. 环境昆虫学报, 2011, 33 (3): 396-404]
- Yu SJ, Jr MC. Lack of cross - resistance to indoxacarb in insecticide - resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) [J]. *Pest Management Science*, 2010, 63 (1): 63-67.
- 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.
- Zhang JF, Chen L, Huang S, et al. Diterpenoid alkaloids from two *Aconitum* species with antifeedant activity against *Spodoptera exigua* [J]. *Journal of Natural Products*, 2017, 80 (12): 3136-3142.
- Zhang L, Liu B, Jiang YY, et al. Molecular characterization analysis of fall armyworm populations in China [J/OL]. *Plant Protection*, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019296>. [张磊, 柳贝, 姜玉英, 等. 中国不同地区草地贪夜蛾种群生物型分子特征分析 [J/OL]. 植物保护, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019296>]
- Zhao SY, Luo QM, Sun XX, et al. Comparison of morphological and biological characteristics between *Spodoptera frugiperda* and *Spodoptera litura* [J]. *China Plant Protection*, 2019, 39 (5): 26-35. [赵胜园, 罗倩明, 孙小旭, 等. 草地贪夜蛾与斜纹夜蛾的形态特征和生物学习性比较 [J]. 中国植保导刊, 2019, 39 (5): 26-35]
- Zhao SY, Sun XX, Zhang HW, et al. Laboratory test on the control efficacy of chemical insecticides against *Spodoptera frugiperda* [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (3): 10-14, 20. [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 SY, Yang XM, Yang XL, et al. Field efficacy of eight insecticides on fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. *Plant Protection*, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019289>. [赵胜园, 杨现明, 杨学礼, 等. 8 种农药对草地贪夜蛾的田间防治效果 [J/OL]. 植物保护, <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019289>]