

8 种杀虫剂对云南不同区域草地贪夜蛾种群的室内毒力测定

尹艳琼¹, 张红梅¹, 李永川², 田维逵³, 杨毅娟⁴, 罗 嵘²,
李向永¹, 赵雪晴¹, 刘 莹¹, 王 燕¹, 陈福寿¹, 谌爱东^{1*}

(1. 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 昆明 650205; 2. 云南省植保植检站, 昆明 650034;
3. 云南省勐海县植保植检站, 勐海 666200; 4. 云南省昭通市植保植检站, 昭通 657000)

摘要 为有效防控新入侵迁飞性害虫草地贪夜蛾, 指导科学用药, 本研究按照农业农村部推荐用药, 在室内采用浸叶法测定了 8 种杀虫剂对滇西南、滇南、滇中、滇东北 4 个区域 5 个草地贪夜蛾种群 3 龄幼虫的毒力。测定结果表明, 8 种杀虫剂对上述草地贪夜蛾种群的毒力大小顺序依次为: 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 WG (0.05~0.09 mg/L) ≥ 25% 乙基多杀菌素 WG (0.16~0.26 mg/L) > 5% 虱螨脲 SC (0.84~7.07 mg/L) > 20% 氯虫苯甲酰胺 SC (3.31~10.50 mg/L) > 10% 虫螨腈 SC (4.82~11.47 mg/L) > 30% 茚虫威 SC (23.79~40.41 mg/L) > 2.5% 高效氯氟氰菊酯 EC (102.85~147.60 mg/L) > 32 000 IU/mg Bt WP (141.09~352.61 mg/L), 其中, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素、茚虫威和 Bt 对 4 个区域种群的 LD₅₀ 无显著性差异, 虱螨脲、氯虫苯甲酰胺、虫螨腈和高效氯氟氰菊酯对 4 个区域种群的 LD₅₀ 存在区域性差异, 其中区域间差异显著的是 5% 虱螨脲 SC, 最大相对毒力指数为 8.42 倍。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素、虱螨脲、氯虫苯甲酰胺和虫螨腈对草地贪夜蛾的 LD₉₀ 均低于各药剂的田间推荐剂量, 是防治草地贪夜蛾的最佳杀虫剂; 茚虫威对草地贪夜蛾的 LD₉₀ 超过了推荐剂量, 选用时注意防效, 高效氯氟氰菊酯和 Bt 不推荐作为防治药剂。研究结果为云南地区草地贪夜蛾的有效防治提供了参考。

关键词 草地贪夜蛾; 杀虫剂; 室内毒力; 云南

中图分类号: S 48 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019456

Laboratory toxicity of eight insecticides against *Spodoptera frugiperda* from different areas in Yunnan

YIN Yanqiong¹, ZHANG Hongmei¹, LI Yongchuan², TIAN Weikui³, YANG Yijuan⁴, LUO Rong²,
LI Xiangyong¹, ZHAO Xueqing¹, LIU Ying¹, WANG Yan¹, CHEN Fushou¹, CHEN Aidong¹

(1. Agricultural Environment and Resource Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; 2. Yunnan Plant Protection and Plant Quarantine Station, Kunming 650034, China; 3. Menghai County Plant Protection and Quarantine Station, Yunnan Province, Menghai 666200, China; 4. Zhaotong City Plant Protection and Quarantine Station, Yunnan Province, Zhaotong 657000, China)

Abstract To prevent and control the new migratory pest, *Spodoptera frugiperda*, and guide the reasonable application of insecticides, the toxicity of eight insecticides recommended by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs were tested against 3rd instar of *S. frugiperda* in by leaf dipping method. Five populations of *S. frugiperda* collected from southeast, south, central and northeast of Yunnan province were tested. The results showed that the toxicity ranking of these eight insecticides was: emamectin benzoate 5% WG (0.05–0.09 mg/L) > spinetoram 25% WG (0.16–0.26 mg/L) > lufenuron 5% SC (0.84–7.07 mg/L) > chlorantraniliprole 20% SC (3.31–10.50 mg/L) > chlorfenapyr 10% SC (4.82–11.47 mg/L) > indoxacarb 30% SC (23.79–40.41 mg/L) > lambda-cyhalothrin 2.5% EC (102.85–147.60 mg/L) > Bt 32 000 IU/mg WP (141.09–352.61 mg/L). Among

收稿日期: 2019-09-04 修订日期: 2019-09-09

基金项目: 云南省科技攻关项目

* 通信作者 E-mail: shenad68@163.com

them, the toxicity of emamectin benzoate, spinetoram, indoxacarb and Bt showed no significant difference against the five populations, while the lufenuron, chlorantraniliprole, chlorfenapyr and *lambda*-cyhalothrin showed different toxicities to different populations. Of which the toxicity of 5% lufenuron SC against different populations showed a variation of 8.42-fold. All five populations of *S. frugiperda* were sensitive to emamectin benzoate, spinetoram, lufenuron, chlorantraniliprole and chlorfenapyr with their LD₉₀ lower than the recommended dose and were the best choice to control this pest. The indoxacarb was also active to *S. frugiperda* but with a higher LD₉₀, it should be used carefully. Meanwhile, the *lambda*-cyhalothrin and Bt were not recommend for the control of *S. frugiperda*. The results of this research provided a reference for effective control of *S. frugiperda* in Yunnan province.

Key words *Spodoptera frugiperda*; insecticides; laboratory toxicity; Yunnan province

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) 具有巨大的繁殖力、暴发为害及迁飞能力^[1], 自 2019 年 1 月 11 日在云南省普洱市江城县首次发现以来^[2-3], 从南部和西部逐步向中部、东部和东南部扩散, 至 6 月 17 日已蔓延至全省 16 个州、市 125 个县(区、市), 累计发生面积 8.61 万 hm²^[4]。云南南部和西部气候温暖, 是草地贪夜蛾的全年适生区^[1], 加之云南的主要虫源区缅甸虫源不断迁入^[5], 云南省对草地贪夜蛾的应急防控将是长期持续的过程。为控制外迁虫源, 降低定殖基数, 保护粮食安全, 使用杀虫剂防治草地贪夜蛾是目前重要的应急防控手段, 不同地区对杀虫剂的依赖程度和使用频率不同, 会导致草地贪夜蛾产生不同程度的抗性^[6], 本研究选取 8 种常用药剂对滇南、滇东南、滇中、滇东北 4 个区域 5 个草地贪夜蛾种群开展了室内毒力测定,

为选择高效、低成本的杀虫剂进行田间防治提供科学依据, 为建立抗药性监测体系提供基础数据, 延缓抗药性的产生。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

收集老熟幼虫 50 头, 用放置有玉米叶(最好是植株)的采虫袋(80 目)带回室内, 用玉米苗饲养至化蛹, 待蛹羽化后将成虫放入 40 cm×40 cm×40 cm 的养虫笼内, 喂以 10% 蜂蜜水, 放入玉米苗供其产卵, 孵化后的幼虫用玉米苗饲养至 3 龄, 挑选大小一致、健康的 3 龄初期幼虫进行毒力测定。

1.2 供试杀虫剂

供试常用杀虫剂种类和生产厂家信息见表 2, 表中推荐剂量为各农药登记的推荐剂量范围的平均值。

表 1 供试虫源采集点的基本信息(2019 年)

Table 1 Basic information about the collection point of the test source(2019)

采集时间/月-日 Collection time	采集地点 Collection location	玉米生育期 Corn growth period	田间虫龄 Age of insects
04-29	滇西南西双版纳州勐海县勐海镇	23.13°N, 99.23°E, 海拔 1 158 m	大喇叭口期
05-01	滇西南普洱市宁洱县宁洱镇	23.02°N, 101.03°E, 海拔 1 301 m	小喇叭口期
05-16	滇南红河州金平县金河镇	22.82°N, 103.22°E, 海拔 1 350 m	小喇叭口期
05-22	滇中昆明市嵩明县小街镇	25.34°N, 103.11°E, 海拔 1 910 m	小喇叭口期
05-27	滇东北昭通市彝良县角奎镇	27.63°N, 104.07°E, 海拔 950 m	小喇叭口期

表 2 供试杀虫剂

Table 2 Insecticides used in this study

商品农药 Commercial insecticide	类别 Type	生产厂家 Producer	推荐剂量/mg·L ⁻¹ Dosage
5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 WG emamectin benzoate 5% WG	大环内酯类	山西奇星农药有限公司	6
25%乙基多杀菌素 WG spinetoram 25% WG	大环内酯类	美国陶氏益农公司	104
5%虱螨脲 SC lufenuron 5% SC	苯甲酰脲类	江西中迅有限公司	66
20%氯虫苯甲酰胺 SC chlorantraniliprole 20% SC	邻甲酰胺基苯甲酰胺类	美国杜邦公司	83
10%虫螨腈 SC chlorfenapyr 10% SC	新型吡咯类	巴斯夫欧洲公司	100
30%茚虫威 SC indoxacarb 30% SC	噁二嗪类	江苏克胜集团股份有限公司	70
2.5%高效氯氟氰菊酯 EC <i>lambda</i> -cyhalothrin 2.5% EC	拟除虫菊酯类	南京红太阳股份有限公司	12
32 000 IU/mg Bt WP <i>Bacillus thuringiensis</i> 32 000 IU/mg WP	微生物源类	武汉科诺生物科技股份有限公司	80

1.3 生物测定方法

采用浸叶法,根据小菜蛾抗药性监测技术^[7]进行生物测定。在预试验的基础上,用含 0.05% Triton X-100 的蒸馏水将杀虫剂稀释成 5 个系列浓度梯度,每浓度药液量 200 mL。将基地种植的处于大喇叭口期幼嫩玉米叶片剪为长 7 cm 的叶段,浸于不同浓度的药液中 10 s,取出后在室内晾干至表面无游离水。用 0.05% Triton X-100 浸渍的叶片作为对照。将晾干的叶片放入 10 mL 的冷冻管中,冷冻管贴壁放有滤纸保湿,用镊子移取 3 龄初幼虫接入,每管 1 头,每个浓度 30 头试虫,用蘸有少量水的脱脂棉封口。放入温度 (25±1)℃,相对湿度 70%,光周期 L//D=14 h//10 h 的光照培养箱 (RXZ-380B 型) 中培养。

1.4 结果检查

根据杀虫剂的速效性,Bt 于药后 96 h 调查,其

余杀虫剂于药后 48 h 调查。以尖锐镊子轻触虫体,不能协调运动的个体视为死亡。

1.5 数据统计与分析

采用 POLO 软件进行几率值分析,求出每种杀虫剂的毒力回归方程斜率、LD₅₀、LD₉₀ 及其 LD₅₀ 的 95% 置信限。

2 结果与分析

常用杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的室内毒力测定结果见表 3。测定结果表明,草地贪夜蛾对大环内酯类的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和乙基多杀菌素,苯甲酰胺类的虱螨脲,邻甲酰胺基苯甲酰胺类氯虫苯甲酰胺,新型吡咯类的虫螨腈,新型噁二嗪类的吡虫啉这几类新型作用机制的杀虫剂敏感,对传统杀虫剂拟除虫菊酯类高效氯氟氰菊酯和生物农药 Bt 不敏感。

表 3 8 种杀虫剂对云南不同区域草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力

Table 3 Toxicity determination of 8 pesticides on 3rd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

杀虫剂 Insecticide	地点 Location	LD ₅₀ / mg·L ⁻¹	LD ₅₀ 95% 置信限/ mg·L ⁻¹ Confidence interval	LD ₉₀ /mg·L ⁻¹	毒力回归方程 斜率(b±SE) Slope of the regression equation	卡方值 Chi-square
5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 WG emamectin benzoate 5% WG	西双版纳州勐海县勐海镇	0.05	0.03~0.06	0.19	2.01±0.36	1.51
	普洱市宁洱县宁洱镇	0.09	0.07~0.11	0.24	3.03±0.45	0.86
	红河州金平县金河镇	0.09	0.07~0.11	0.30	3.06±0.45	1.04
	昆明市嵩明县小街镇	0.09	0.06~0.14	1.11	1.53±0.32	2.43
	昭通市彝良县角奎镇	0.08	0.05~0.16	0.21	4.00±0.63	3.34
25%乙基多杀菌素 WG spinetoram 25% WG	西双版纳州勐海县勐海镇	0.20	0.15~0.25	0.59	2.70±0.42	1.24
	普洱市宁洱县宁洱镇	0.26	0.20~0.32	0.72	2.88±0.43	1.22
	红河州金平县金河镇	0.16	0.07~0.26	0.40	3.28±0.52	4.99
	昆明市嵩明县小街镇	0.16	0.12~0.21	0.52	2.38±0.40	2.39
	昭通市彝良县角奎镇	0.19	0.15~0.23	0.41	3.89±0.74	2.69
5%虱螨脲 SC lufenuron 5% SC	西双版纳州勐海县勐海镇	1.47	0.79~2.24	12.75	1.36±0.31	2.40
	普洱市宁洱县宁洱镇	3.29	1.97~5.24	10.44	2.56±0.37	3.70
	红河州金平县金河镇	0.84	0.16~1.54	12.68	1.09±0.31	2.21
	昆明市嵩明县小街镇	7.07	5.10~11.23	33.05	1.91±0.40	1.25
	昭通市彝良县角奎镇	1.17	0.19~2.12	6.12	1.78±0.35	3.59
20%氯虫苯甲酰胺 SC chlorantraniliprole 20% SC	西双版纳州勐海县勐海镇	3.31	1.27~5.38	30.57	1.33±0.32	0.18
	普洱市宁洱县宁洱镇	10.11	6.47~15.09	77.40	1.45±0.30	0.17
	红河州金平县金河镇	10.50	7.18~14.87	47.16	1.96±0.37	2.27
	昆明市嵩明县小街镇	3.54	1.30~5.94	51.29	1.10±0.27	0.62
	昭通市彝良县角奎镇	5.45	3.58~7.47	25.59	1.91±0.39	2.11
10%虫螨腈 SC chlorfenapyr 10% SC	西双版纳州勐海县勐海镇	5.45	4.30~6.60	10.17	4.73±0.97	1.47
	普洱市宁洱县宁洱镇	4.82	3.58~6.29	16.31	2.42±0.40	0.44
	红河州金平县金河镇	11.47	8.43~17.71	58.30	2.33±0.57	2.33
	昆明市嵩明县小街镇	8.29	6.18~11.30	40.76	2.38±0.47	2.26
	昭通市彝良县角奎镇	9.80	7.58~13.00	39.63	2.71±0.55	2.25

续表 3 Table 3(Continued)

杀虫剂 Insecticide	地点 Location	LD ₅₀ / mg · L ⁻¹	LD ₅₀ 95%置信限/ mg · L ⁻¹ Confidence interval	LD ₉₀ /mg · L ⁻¹	毒力回归方程 斜率(b±SE) Slope of the regression equation	卡方值 Chi-square
30%茚虫威 SC indoxacarb 30% SC	西双版纳州勐海县勐海镇	38.95	24.71~68.86	443.78	1.21±0.29	0.78
	普洱市宁洱县宁洱镇	37.92	25.06~58.00	195.67	1.80±0.32	3.14
	红河州金平县金河镇	40.41	29.82~56.32	267.35	2.00±0.36	0.59
	昆明市嵩明县小街镇	23.79	7.08~48.35	281.99	1.53±0.31	3.63
	昭通市彝良县角奎镇	34.50	19.72~61.03	210.78	2.09±0.34	3.35
2.5%高效氯氟氰菊酯 EC lambda-cyhalothrin 2.5% EC	西双版纳州勐海县勐海镇	143.53	95.37~368.59	649.65	1.95±0.51	1.41
	普洱市宁洱县宁洱镇	105.46	69.70~241.33	564.61	1.76±0.43	0.37
	红河州金平县金河镇	147.60	96.83~414.31	1 027.20	1.95±0.52	1.48
	昆明市嵩明县小街镇	105.93	65.78~296.58	1 510.90	1.48±0.36	1.03
	昭通市彝良县角奎镇	102.85	75.86~83.33	470.63	2.49±0.62	2.89
32 000 IU/mg Bt WP <i>Bacillus thuringiensis</i> 32 000 IU/mg WP	西双版纳州勐海县勐海镇	352.61	222.47~1 150.55	2 020.40	1.69±0.47	0.21
	普洱市宁洱县宁洱镇	349.57	214.16~1 732.72	1 784.20	1.81±0.59	0.29
	红河州金平县金河镇	141.09	89.34~274.87	1 140.80	1.81±0.45	0.42
	昆明市嵩明县小街镇	253.96	152.43~944.91	4 260.90	1.34±0.40	0.90
	昭通市彝良县角奎镇	221.40	136.29~645.74	3 638.40	1.35±0.37	0.57

5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 WG 对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的 LD₅₀ 为 0.05~0.09 mg/L, 小于 0.1 mg/L, 其对勐海县种群的 LD₅₀ 与宁洱县和金平县的种群有差异, 相对毒力指数<2 倍, 对其余种群的 LD₅₀ 无显著差异; 其 LD₉₀ 为 0.19~1.11 mg/L, 小于 6 mg/L 的推荐剂量。25%乙基多杀菌素 WG 的 LD₅₀ 为 0.16~0.26 mg/L, LD₉₀ 为 0.40~0.72 mg/L, 小于 104 mg/L 的推荐剂量, 其对滇西南、滇南、滇中和滇东北 4 个区域的 5 个地理种群的 LD₅₀ 无差异。这两种药剂是防治草地贪夜蛾的高效药剂。

5%虱螨脲 SC 对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的 LD₅₀ 为 0.84~7.07 mg/L, LD₉₀ 为 6.12~33.05 mg/L, 小于 66 mg/L 的推荐剂量; 20%氯虫苯甲酰胺 SC 的 LD₅₀ 为 3.31~10.50 mg/L, LD₉₀ 为 25.59~77.40 mg/L, 小于 83 mg/L 的推荐剂量; 10%虫螨腈 SC 的 LD₅₀ 为 4.82~11.47 mg/L, LD₉₀ 为 10.17~58.30 mg/L, 小于 100 mg/L 的推荐剂量, 这 3 种杀虫剂对各地地理种群的 LD₅₀ 的 95%置信限部分区域表现出不重叠, 说明 LD₅₀ 有区域差异, 差异最大的是 5%虱螨脲 SC, 其对滇中昆明市嵩明县小街镇种群的 LD₅₀ 最高, 为 7.07 mg/L, 对红河州金平县金河镇种群 LD₅₀ 最低, 为 0.84 mg/L, 相对毒力指数 8.42 倍, 其余的药剂相对毒力指数≤5 倍, 差异不大, 这 3 种杀虫剂的 LD₉₀ 均小于推荐剂量, 是防治草地贪夜蛾的优选杀虫剂。

30%茚虫威 SC 对供试的草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的 LD₅₀ 为 23.79~40.41 mg/L, 对不同区域种群的 LD₅₀ 无差异, LD₉₀ 为 195.67~443.78 mg/L, 大于 70 mg/L 的推荐剂量, 使用茚虫威防治草地贪夜蛾时, 应明确其有效防治剂量, 避免造成作物产量及

质量损失。
2.5%高效氯氟氰菊酯 EC 对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的 LD₅₀ 为 102.85~147.60 mg/L, LD₉₀ 超过 450 mg/L; 32 000 IU/mg Bt WP 的 LD₅₀ 为 141.09~352.61 mg/L, LD₉₀ 超过 1 000 mg/L, 选用这两种杀虫剂防治草地贪夜蛾时应慎重, 避免造成产量损失。

3 讨论

草地贪夜蛾入侵中国之后, 各地区立即开展了应急化学防控, 使其不断受到各种作用方式杀虫剂的选择作用, 这势必导致其对杀虫剂抗性的进一步发展^[6]。草地贪夜蛾原产于美洲的热带和亚热带地区, 广泛分布于美洲大陆^[8], 截至 2017 年, 美洲地区的草地贪夜蛾至少对 29 种杀虫剂产生了抗药性^[9], Gutierrez-Moreno 等^[10] 2018 年发现美国田间草地贪夜蛾种群已对氯虫苯甲酰胺产生了 160 倍的抗药性。室内毒力测定结果是安全、合理、经济、有效地使用杀虫剂的依据, 更是监测草地贪夜蛾对常用杀虫剂的抗性水平以及抗性发展, 评估抗药性风险, 克服或延缓抗性的发展, 延长新型药剂使用寿命的有效方法。

本研究测定了目前云南田间广泛应用的 8 种杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的室内毒力, 结果表明, 具有新型作用机制的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素、虱螨脲、氯虫苯甲酰胺和虫螨腈的杀虫活性好, 毒力强, 而且 LD₉₀ 均低于各药剂的田间推荐剂量, 可作为应急防控的首选药剂。茚虫威的杀虫活性略低, LD₉₀ 超过了田间推荐剂量, 在使用这两种杀虫剂防治草地贪夜蛾时, 需注意防效。虫螨腈和茚虫威杀虫机理独特, 与其他杀虫剂无交互抗

性^[11],且持效期特别长,渗透性强,因此,生产中与甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素、虱螨脲和氯虫苯甲酰胺轮换使用,降低短期内大量盲目使用高效新型杀虫剂带来的抗药性风险。高效氯氟氰菊酯和 Bt 对草地贪夜蛾 3 龄幼虫活性较差,尽量不选用这两种药剂防治草地贪夜蛾。赵胜园等、王勇庆等、程东美等^[12-15]的报道也显示甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、乙基多杀菌素、虱螨脲和氯虫苯甲酰胺等对草地贪夜蛾有非常强的杀虫活性,能有效控制草地贪夜蛾,可作为草地贪夜蛾应急防控的最佳推荐药剂。

赵胜园等^[12]的研究表明,传统的拟除虫菊酯类药剂高效氯氟氰菊酯已不能有效地防治草地贪夜蛾,与本研究结果一致。马千里等^[16]采用喷雾法测定高效氯氟氰菊酯对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力,LD₅₀ 为 42.39 mg/L,低于本研究采用浸叶法测定的结果 102.85~147.60 mg/L,测定结果存在差异可能是两方面的原因,一是我国草地贪夜蛾某些区域的种群对高效氯氟氰菊酯产生了区域抗药性,已有报道发现田间玉米上的草地贪夜蛾种群对高效氯氟氰菊酯产生了抗药性^[17];二是由于测定方法不同而产生的差异,究竟是哪方面的原因有待进一步研究。赵胜园等^[13]的研究表明 Bt 田间防治效果总体较差,本研究测定结果也表明 Bt 的杀虫活性差,随着美洲转 Bt 玉米的种植,田间种群对 Bt 产生了抗性,且与其他杀虫剂之间存在交互抗性,因此,草地贪夜蛾对 Bt 抗性与其对其他杀虫剂之间的交互抗性问题的值得关注^[6]。

抗药性是人类农业生产管理留给昆虫的遗传特征,迁飞性害虫可能因此产生区域性抗性^[18]。目前,乙基多杀菌素、茚虫威和 Bt 对云南从滇西南-滇东北不同区域草地贪夜蛾种群的 LD₅₀ 无显著性差异,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、虱螨脲、氯虫苯甲酰胺、虫螨腈和高效氯氟氰菊酯对不同区域草地贪夜蛾种群的 LD₅₀ 有差异,相对毒力指数小于 10 倍,但也要引起重视,建立长期的监测机制。国外研究与应用情况已经表明,化学防治是有效防控草地贪夜蛾为害的重要技术措施,是针对暴发性和突发性农业害虫应急防控的主要手段^[19-21],也将是我国目前防治草地贪夜蛾的应急措施,因此应及时监测不同地区草地贪夜蛾的抗药性动态,分区域制定合理的杀虫剂轮换用药策略,指导科学用药,对草地贪夜蛾的长期防治具有重要意义。

参考文献

[1] 郭井菲,赵建周,何康来,等.警惕危险性害虫草地贪夜蛾入

侵中国[J].植物保护,2018,44(6):1-10.

- [2] 全国农业技术推广服务中心.重大害虫草地贪夜蛾已侵入云南,各地要立即开展调查监测[R].植物病虫情报,2019年第7期,2019-01-18.
- [3] 全国农业技术推广服务中心.草地贪夜蛾在云南西南部3州市为害冬玉米[R].植物病虫情报,2019年第8期,2019-02-01.
- [4] 赵雪晴,屈天尧,李亚红,等.2019年云南省草地贪夜蛾春夏季发生特征[J/OL].植物保护:1-9[2019-09-02].<https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2019345>.
- [5] 李向永,尹艳琼,吴阔,等.2019年缅甸草地贪夜蛾发生情况考察报告[J].植物保护,2019,45(4):69-73.
- [6] 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].农药学报,2019,21(4):401-408.
- [7] 邵振润,冯夏,张帅,等.2013.NY/T 2360-2013,十字花科小菜蛾抗药性监测技术规程[S].北京:中国农业出版社,2013.
- [8] 江幸福,张蕾,程云霞,等.草地贪夜蛾迁飞行为与监测技术研究进展[J].植物保护,2019,45(1):12-18.
- [9] 崔丽,芮昌辉,李永平,等.国外草地贪夜蛾化学防治技术的研究与应用[J].植物保护,2019,45(4):7-13.
- [10] GUTIERREZ-MORENO R, MOTA-SANCHEZ D, BLANCO C A, et al. Field-evolved resistance of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico [J]. Journal of Economic Entomology, 2019, 112(2): 792-802.
- [11] 王芹芹,崔丽,杨付来,等.茚虫威的杀虫作用机理及害虫的抗药性研究现状[C]//陈万权.植保科技创新与农业精准扶贫——中国植物保护学会2016年学术年会论文集,北京:中国农业科学技术出版社,2016:261-268.
- [12] 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.
- [13] 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].植物保护,2019,45(4):74-78.
- [14] 王勇庆,马千里,谭煜婷,等.氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾的毒力及田间防效[J].环境昆虫学报,2019,41(4):782-788.
- [15] 程东美,黄江华,徐汉虹,等.50 g/L 虱螨脲乳油对草地贪夜蛾的室内活性和田间药效研究[J/OL].环境昆虫学报:1-7[2019-09-02].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.Q.20190628.1701.004.html>.
- [16] 马千里,王勇庆,谭煜婷,等.3种拟除虫菊酯类农药对草地贪夜蛾的毒力测定及田间应用效果评价[J/OL].环境昆虫学报:1-10[2019-09-04].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1640.q.20190628.1653.002.html>.
- [17] ADAMCZYLL J J, HOLLOWAY J W, LEONARD B R, et al. Susceptibility of fall armyworm collected from different plant hosts to selected insecticides and transgenic Bt cotton [J]. Journal of Cotton Science, 1997, 1(1): 21-28.
- [18] 吴孔明,郭予元.棉铃虫种群的地理型分化和区域性迁飞规律[J].植物保护,2007,33(5):6-11.
- [19] 吴孔明.中国农作物病虫害防控科技的发展方向[J].农学报,2018,8(1):35-38.
- [20] 高希武.我国害虫化学防治现状与发展策略[J].植物保护,2010,36(4):19-22.
- [21] 强胜,陈国奇,李保平,等.中国农业生态系统外来种入侵及其管理现状[J].生物多样性,2010,18(6):647-659.

(责任编辑:杨明丽)