

常用化学杀虫剂对草地贪夜蛾防效的室内测定

赵胜园¹, 孙小旭^{1,2}, 张浩文¹, 杨现明¹, 吴孔明^{1*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室,

北京 100193; 2. 西南大学, 重庆 400715)

摘要 化学农药是防治暴发性和突发性农业害虫的有效手段。针对草地贪夜蛾入侵我国后尚无登记农药可用的情况,我们在室内采用浸叶法和浸卵法测定了 21 种常用商品化学杀虫剂对草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 的防治效果。结果表明,20%甲氰菊酯 EC、15%啉虫酰胺 SC、25 g/L 溴氰菊酯 EC、25 g/L 高效氯氟氰菊酯 EC 和 20% 吡虫啉 SC 对草地贪夜蛾卵具有较高的毒杀活性,校正孵化抑制率可达 80% 以上。1% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC、5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 ME、75% 乙氧甲胺磷 SP、6% 乙基多杀菌素 SC 和 20% 甲氰菊酯 EC 对草地贪夜蛾 2 龄幼虫具有较强的毒杀作用,校正死亡率超过 90%。本研究评价了不同类型化学杀虫剂对草地贪夜蛾卵和幼虫的毒杀效率,以期为生产上制定草地贪夜蛾化学防治用药方案提供技术指导。

关键词 草地贪夜蛾; 商品农药; 防治效果

中图分类号: S 48 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019160

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

ZHAO Shengyuan¹, SUN Xiaoxu^{1,2}, ZHANG Haowen¹, YANG Xianming¹, WU Kongming¹

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

2. Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract Chemical pesticides are effective means to control outbreak pests in agricultural production. In view of the fact that no registered pesticides are available after the invasion of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in China, the control effects of 21 common commercial chemical pesticides were determined in the laboratory by leaf dipping method and egg dipping method. The results showed that fenpropathrin 20% EC, tolfenpyrad 15% SC, deltamethrin 25 g/L EC, lambda-cyhalothrin 25 g/L EC and dinotefuran 20% SC had high toxicity to the eggs of fall armyworm, with the corrected hatching inhibition rate of more than 80%. Emamectin benzoate 1% EC, emamectin benzoate 5% ME, acephate 75% SP, spinetoram 6% SC and fenpropathrin 20% EC had strong toxicity to the second instar larvae of the insect, with the corrected mortality rate of over 90%. The results provide a technical guidance for making chemical control plan to manage the pest in the field.

Key words *Spodoptera frugiperda*; commercial insecticide; control efficacy

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)是世界性重大迁飞性农业害虫^[1],其于 2019 年 1 月入侵我国云南西部地区后已成为当地玉米的重要致害因子,并对我国南方各省的作物生产构成威胁^[2-3]。化学农药具有高效、速效和使用方便的特点^[4],是针对暴发性和突发性作物病虫害应急防控

的主要手段^[5-7]。因此,研究明确我国常用化学农药对草地贪夜蛾的防治效果对指导迁入区应急防控工作有重要意义。

在草地贪夜蛾的美洲原生地,化学农药已有几十年的应用历史^[8],并导致草地贪夜蛾产生了不同程度的抗性。美国 1979 年首次报道草地贪夜蛾对

收稿日期: 2019-04-02 修订日期: 2019-04-03

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-15-19)

致谢: 感谢云南省普洱市江城县植保植检站杨学礼、江城县宝藏镇农业服务中心罗清明及广西田园生化股份有限公司张生、张永生在试验开展过程中提供帮助。

* 通信作者 E-mail: wukongming@caas.cn

氨基甲酸酯类农药甲萘威(carbaryl)产生了 10 倍的抗药性^[9]。到 1992 年,美国佛罗里达州草地贪夜蛾种群对拟除虫菊酯类、有机磷类和氨基甲酸酯类农药分别产生了 3~264 倍、11~517 倍和 10~507 倍的抗性^[10]。研究发现,草地贪夜蛾田间种群的细胞色素 P450(CYP450)、谷胱甘肽 S-转移酶(GSTs)、水解酶和降解酶等农药代谢解毒酶的活性均显著高于敏感品系,其中乙酰胆碱酯酶对氨基甲酸酯类和有机磷类杀虫剂的亲和力是敏感品系的 56%^[11]。在阿根廷,由于抗药性的上升,氨基甲酸酯类农药已不能用于防治草地贪夜蛾^[12]。在巴西,草地贪夜蛾对高效氯氰菊酯抗性达到 13 倍^[13]。利用分子生物学和基因组学方法研究发现,抗有机磷和拟除虫菊酯草地贪夜蛾种群的乙酰胆碱酯酶和钠离子通道靶标位点基因均发生突变,这些突变导致了杀虫剂对作用靶标位点产生了不亲和性^[14]。

草地贪夜蛾自美洲通过非洲迁入亚洲^[3],这期间接受了不同国家各种农药的选择作用。在农药的选择下,靶标害虫产生抗性而使得农药的使用剂量加大,而农药剂量的增加也引发农产品质量安全、环

境安全和生物多样性问题^[5,15-16]。在我国没有任何登记注册防治草地贪夜蛾化学农药的背景下,本研究选取农药市场中 21 种常用化学杀虫剂开展室内药效评价试验,以期为田间草地贪夜蛾化学防治工作提供科学用药的技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试虫源

供试草地贪夜蛾于 2019 年 1 月 13 日至 2 月 20 日采自云南省普洱市江城县委宝藏镇(101°39′3.72″ N, 22°40′53.19″ E)冬玉米田。将采集的高龄幼虫在室内用玉米叶饲养繁殖,以 F₁ 代卵块及孵化后的 2 龄幼虫作为试验虫源。饲养环境温度(25±1)℃,相对湿度 75%±5%、光周期 L//D=16 h//8 h。

1.1.2 供试商品农药

供试 21 种药剂种类和生产厂家信息见表 1。浓度为各农药登记的害虫防治推荐剂量范围的平均值,以玉米苗期常规喷雾药液量(30 kg/667 m²)换算为农药的稀释倍数(表 1)。每种农药配制 300 mL 药液备用。

表 1 21 种化学杀虫剂商品信息和试验用药的稀释倍数

Table 1 Commercial information of 21 chemical insecticides and dilution times for bioassay

商品农药 Commercial insecticide	类别 Type	生产厂家 Producer	推荐制剂用量/ mL·(667 m ²) ⁻¹ Dosage recommended	稀释倍数 Dilution times
1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油 emamectin benzoate 1% EC	大环内酯类	广西田园生化股份有限公司	10~15	2 400
5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂 emamectin benzoate 5% ME	大环内酯类	惠州市银农科技股份有限公司	4~4.5	7 000
6%乙基多杀菌素悬浮剂 spinetoram 6% SC	大环内酯类	美国陶氏益农公司	20~40	1 000
15%茚虫威悬浮剂 indoxacarb 15% SC	氨基甲酸酯类	福建省德盛生物工程有限责任公司	7.5~10	3 500
200 g/L 氯虫苯甲酰胺悬浮剂 chlorantraniliprole 200 g/L SC	邻甲酰胺基苯 甲酰胺类	美国富美实公司	10~15	2 400
5%氯虫苯甲酰胺超低容量液剂 chlorantraniliprole 5% UL	邻甲酰胺基苯 甲酰胺类	广西田园生化股份有限公司	16~20	1 700
15%唑虫酰胺悬浮剂 tolfenpyrad 15% SC	吡唑杂环类	福建省德盛生物工程有限责任公司	30~50	750
20%啉虫脒可溶液剂 acetamiprid 20% SL	新烟碱类	浙江拜克生物科技有限公司	6~12	3 000
20%呋虫胺悬浮剂 dinotefuran 20% SC	新烟碱类	福建省德盛生物工程有限责任公司	25~30	1 100
10%吡虫啉可湿性粉剂 imidacloprid 10% WP	新烟碱类	江苏克胜集团股份有限公司	40~70	550
35%噻虫嗪悬浮剂 thiamethoxam 35% SC	新烟碱类	山东惠民中联生物科技有限公司	3~5	7 500
40%氧乐果乳油 omethoate 40% EC	有机磷类	昆明农药有限公司	62.5~100	370
75%乙酰甲胺磷可溶粉剂 acephate 75% SP	有机磷类	广西田园生化股份有限公司	80~100	340
77.5%敌敌畏乳油 dichlorvos 77.5% EC	有机磷类	昆明农药有限公司	20~40	1 000
20%甲氰菊酯乳油 fenpropathrin 20% EC	拟除虫菊酯类	浙江威尔达化工有限公司	25~30	1 100
25 g/L 溴氰菊酯乳油 deltamethrin 25 g/L EC	拟除虫菊酯类	拜耳作物科学(中国)有限公司	40~50	670

续表 1 Table 1(Continued)

商品农药 Commercial insecticide	类别 Type	生产厂家 Producer	推荐制剂用量/ mL·(667 m ²) ⁻¹ Dosage recommended	稀释倍数 Dilution times
25 g/L 高效氯氟氰菊酯乳油 <i>lambda</i> -cyhalothrin 25 g/L EC	拟除虫菊酯类	广西田园生化股份有限公司	30~60	670
25 g/L 联苯菊酯乳油 <i>bifenthrin</i> 25 g/L EC	拟除虫菊酯类	山东惠民中联生物科技有限公司	80~100	340
4.5% 高效氯氰菊酯乳油 <i>beta</i> -cypermethrin 4.5% EC	拟除虫菊酯类	江苏克胜集团股份有限公司	20~40	1 000
29% 杀虫双水剂 <i>bisultap</i> 29% AS	沙蚕毒素类	广西田园生化股份有限公司	75~100	350
3% 氟虫腈微乳剂 <i>fipronil</i> 3% ME	苯基吡唑类	广西田园生化股份有限公司	80~120	300

1.2 试验方法

采用浸卵法^[17]测定药剂对草地贪夜蛾的杀卵活性。选取当日初产淡绿色卵块,用毛刷将卵块分散为单个卵粒并均匀地粘在透明胶带上制成卵卡;将卵卡在药液中浸渍 10 s,用滤纸吸取多余药液后晾干,然后放入 50 mL 离心管中。以清水为对照。每处理 20 粒卵,3 次重复。处理后使用体视解剖镜逐日检查卵孵化数量及未孵化数量,直至无卵孵化,计算孵化抑制率及校正孵化抑制率。

采用浸叶法^[18]测定药剂对草地贪夜蛾幼虫的杀虫活性。将大喇叭口期幼嫩玉米叶片剪为 5 cm 叶段,浸渍药液 10 s,自然晾干后置于圆形塑料盒(直径 10 cm,高 10 cm)中。选取 F₁ 代发育整齐的 2 龄幼虫饥饿处理 4 h 后接入处理后的叶片。以清水为对照。每处理幼虫 20 头,4 次重复。处理后 24 h、48 h 检查幼虫存活状态,以毛刷轻触幼虫体表,无反应判定为死亡,记录死亡数、存活数,计算死亡率及校正死亡率。

试验环境条件:温度(25±1)℃,相对湿度 75%±5%、光周期 L//D=16 h//8 h。

1.3 数据处理与统计分析

根据检查数据,参照公式(1)和(2)计算各处理幼虫的校正死亡率,参照公式(3)和(4)计算卵校正孵化抑制率。

$$\text{死亡率} = \frac{\text{死亡虫数}}{\text{处理总虫数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{校正死亡率} = \frac{\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}}{1 - \text{对照死亡率}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{孵化抑制率} = \frac{\text{未孵化卵数}}{\text{处理总卵数}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{校正孵化抑制率} = \frac{\text{处理孵化抑制率} - \text{对照孵化抑制率}}{1 - \text{对照孵化抑制率}} \times 100\% \quad (4)$$

所有数据经 Excel 整理后,使用 SPSS 20.0 对不同处理的校正死亡率和校正孵化抑制率进行统计分析,采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较,显著性水平 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 对草地贪夜蛾卵的毒杀效果

试验结果汇入表 2。药剂处理后 5 d,20% 甲氰菊酯 EC、15% 啉虫酰胺 SC 和 20% 呋虫胺 SC 对草地贪夜蛾的杀卵活性最高,校正卵孵化抑制率分别为 94.87%、92.31% 和 89.74%,3 种药剂无显著性差异。4 种拟除虫菊酯类杀虫剂的杀卵活性相对较高,25 g/L 高效氯氟氰菊酯 EC、25 g/L 溴氰菊酯 EC、4.5% 高效氯氰菊酯 EC 和 25 g/L 联苯菊酯 EC 处理组的校正孵化抑制率分别为 84.62%、83.33%、69.23% 和 66.67%。40% 氧乐果 EC 和 1% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC 的校正孵化抑制率分别为 73.08% 和 70.51%。3% 氟虫腈 ME 和 15% 茚虫威 SC 的杀卵效果最差,处理组校正孵化抑制率分别为 2.56% 和 5.13%,其他化学杀虫剂校正孵化抑制率均在 50% 以下,杀卵活性较低。

2.2 对草地贪夜蛾幼虫的毒杀效果

由表 3 可知,药后 24 h 1% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC 和 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 ME 的校正死亡率分别为 100% 和 98.33%,显著高于其他处理。其次为 75% 乙酰甲胺磷 SP 和 6% 乙基多杀菌素 SC,校正死亡率均在 80% 以上。药后 48 h,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 ME、75% 乙酰甲胺磷 SP、6% 乙基多杀菌素 SC 校正死亡率分别为 100%、95.00%、93.75%。20% 甲氰菊酯 EC、3% 氟虫腈 ME 和 5% 氯虫苯甲酰胺 UL 的校正死亡率分别为 93.33%、83.75%、81.36%,也具有较好的杀虫活性。200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC、29% 杀虫双 AS 的杀虫活性中等,校正死亡率分别为 55.00% 和 47.50%,但 200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC 处理的试虫均在 24 h 内出现体节缩短、拒食和腹泻中毒等症状。15% 啉虫酰胺 SC、4.5% 高效氯氰菊酯 EC 和 40% 氧乐果 EC 杀虫活性最差,校正死亡率仅分别为 8.33%、8.33% 和 6.67%。其他药剂的校正死亡率均在 30% 以下。

表 2 21 种化学杀虫剂对草地贪夜蛾的室内杀卵活性¹⁾

Table 2 Ovicidal activity of 21 chemical insecticides against eggs of *Spodoptera frugiperda*

商品农药 Commercial insecticide	校正孵化抑制率/% Corrected hatching inhibition rate		
	药后 3 d	药后 4 d	药后 5 d
	3 days after treatment	4 days after treatment	5 days after treatment
20%甲氰菊酯 EC fenprothrin 20% EC	(94. 81±4. 24)ab	(94. 87±4. 19)a	(94. 87±4. 19)a
15%唑虫酰胺 SC tolfenpyrad 15% SC	(92. 21±6. 71)abc	(92. 31±6. 62)ab	(92. 31±6. 62)ab
20%呋虫胺 SC dinotefuran 20% SC	(96. 10±4. 97)a	(89. 74±5. 92)abc	(89. 74±5. 92)ab
25 g/L 高效氯氟氰菊酯 EC <i>lambda</i> -cyhalothrin 25 g/L EC	(90. 91±4. 97)abcd	(84. 62±4. 19)bcd	(84. 62±4. 19)bc
25 g/L 溴氰菊酯 EC deltamethrin 25 g/L EC	(88. 31±4. 97)abcde	(83. 33±10. 57)bcd	(83. 33±10. 57)bc
40%氧乐果 EC omethoate 40% EC	(75. 32±10. 71)def	(73. 08±10. 57)de	(73. 08±10. 57)cd
1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC emamectin benzoate 1% EC	(93. 51±2. 60)abc	(78. 21±6. 45)cde	(70. 51±7. 69)cd
4. 5%高效氯氟菊酯 EC <i>beta</i> -cypermethrin 4. 5% EC	(84. 42±4. 24)bcde	(69. 23±5. 92)def	(69. 23±5. 92)cd
25 g/L 联苯菊酯 EC bifenthrin 25 g/L EC	(79. 22±11. 22)cde	(66. 67±15. 94)efg	(66. 67±15. 94)d
77. 5%敌敌畏 EC dichlorvos 77. 5% EC	(59. 74±10. 71)f	(47. 44±4. 91)h	(47. 44±4. 91)e
75%乙酰甲胺磷 SP acephate 75% SP	(91. 34±7. 94)abc	(55. 56±7. 83)fgh	(45. 30±2. 96)e
29%杀虫双 AS bisultap 29% AS	(80. 95±10. 81)cde	(50. 43±2. 96)gh	(41. 88±2. 96)e
35%噻虫嗪 SC thiamethoxam 35% SC	(68. 83±27. 49)ef	(43. 59±13. 57)hi	(36. 75±23. 12)ef
5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 ME emamectin benzoate 5% ME	(36. 36±16. 08)g	(29. 49±15. 31)ij	(29. 49±15. 31)efg
6%乙基多杀菌素 SC spinetoram 6% SC	(34. 20±7. 94)gh	(28. 21±5. 13)ij	(19. 66±2. 96)fgh
20%啶虫脒 SL acetamiprid 20% SL	(29. 87±10. 81)gh	(16. 67±6. 45)jk	(15. 38±5. 13)ghi
10%吡虫啉 WP imidacloprid 10% WP	(18. 18±13. 66)hi	(15. 38±8. 88)jkl	(15. 38±8. 88)ghi
200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC chlorantraniliprole 200 g/L SC	(33. 77±8. 87)gh	(12. 82±4. 19)kl	(11. 54±6. 45)hij
5%氯虫苯甲酰胺 UL chlorantraniliprole 5% UL	(39. 39±10. 81)g	(16. 24±12. 91)jkl	(9. 40±7. 83)hij
15%茚虫威 SC indoxacarb 15% SC	(6. 49±4. 24)i	(5. 13±5. 13)l	(5. 13±5. 13)ij
3%氟虫腈 ME fipronil 3% ME	(11. 69±5. 19)i	(5. 98±2. 96)kl	(2. 56±0. 00)j

1) 表中数据为平均值±标准差,同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同。
Data in the table are mean±SD, and different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ by Duncan’s multiple range test. The same below.

表 3 21 种化学杀虫剂对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的杀虫活性

Table 3 Insecticidal activity of 21 chemical insecticides against 2nd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

商品农药 Commercial insecticide	校正死亡率/% Corrected mortality	
	药后 24 h	药后 48 h
	24 h after treatment	48 h after treatment
1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 EC emamectin benzoate 1% EC	(100. 00±0. 00)a	—
5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 ME emamectin benzoate 5% ME	(98. 33±3. 33)a	(100. 00±0. 00)a
75%乙酰甲胺磷 SP acephate 75% SP	(92. 50±2. 89)b	(95. 00±5. 77)ab
6%乙基多杀菌素 SC spinetoram 6% SC	(85. 00±12. 50)b	(93. 75±7. 50)ab
20%甲氰菊酯 EC fenprothrin 20% EC	(66. 67±12. 17)c	(93. 33±5. 44)b
3%氟虫腈 ME fipronil 3% ME	(22. 50±6. 45)d	(83. 75±11. 81)b
5%氯虫苯甲酰胺 UL chlorantraniliprole 5% UL	(15. 00±10. 00)de	(81. 36±20. 55)b
200 g/L 氯虫苯甲酰胺 SC chlorantraniliprole 200 g/L SC	(16. 67±3. 85)de	(55. 00±8. 39)c
29%杀虫双 AS bisultap 29% AS	(21. 25±7. 50)d	(47. 50±8. 66)c
15%茚虫威 SC indoxacarb 15% SC	(13. 33±5. 44)de	(46. 67±9. 43)c
25 g/L 高效氯氟氰菊酯 EC <i>lambda</i> -cyhalothrin 25 g/L EC	(13. 33±5. 44)de	(25. 00±6. 38)d
20%啶虫脒 SL acetamiprid 20% SL	(11. 67±6. 38)de	(13. 56±3. 39)de
25 g/L 联苯菊酯 EC bifenthrin 25 g/L EC	(11. 67±6. 38)de	(13. 33±5. 44)de
25 g/L 溴氰菊酯 EC deltamethrin 25 g/L EC	(10. 00±3. 85)de	(13. 33±5. 44)de
20%呋虫胺 SC dinotefuran 20% SC	(3. 33±3. 85)f	(13. 33±5. 44)de
77. 5%敌敌畏 EC dichlorvos 77. 5% EC	(3. 33±3. 85)f	(13. 33±7. 70)de
10%吡虫啉 WP imidacloprid 10% WP	(1. 67±3. 33)f	(11. 67±6. 38)de
35%噻虫嗪 SC thiamethoxam 35% SC	(8. 75±2. 50)e	(10. 00±4. 08)de
15%唑虫酰胺 SC tolfenpyrad 15% SC	(0. 00±0. 00)f	(8. 33±3. 33)e
4. 5%高效氯氟菊酯 EC <i>beta</i> -cypermethrin 4. 5% EC	(0. 00±0. 00)f	(8. 33±3. 33)e
40%氧乐果 EC omethoate 40% EC	(0. 00±0. 00)f	(6. 67±0. 00)e

3 讨论

本研究通过测定 21 种常见化学杀虫剂对草地贪夜蛾卵和幼虫的防治效果,评价了不同类型杀虫剂的应用潜力。一般而言,鳞翅目害虫 1~2 龄幼虫是对农药抵抗力最弱的阶段,多数杀虫剂都有较高的防效,3 龄以后的幼虫对农药的抵抗力显著增加。本试验结果表明,多数杀虫剂对草地贪夜蛾 2 龄幼虫的防治效果都不好,表明其已对多种化学农药产生了抗性。氨基甲酸酯类杀虫剂 15%茚虫威 SC 和沙蚕毒素类的 29%杀虫双 AS 对草地贪夜蛾 2 龄幼虫杀虫效果仅在 50%左右,拟除虫菊酯类的 25 g/L 溴氰菊酯 EC、25 g/L 高效氯氟氰菊酯 EC、25 g/L 联苯菊酯 EC、4.5%高效氯氰菊酯 EC 和有机磷类的 40%氧乐果 EC、77.5%敌敌畏 EC 校正死亡率均在 30%以下。因此,传统的有机磷类、拟除虫菊酯类及氨基甲酸酯类农药已不能有效地防治草地贪夜蛾。相对而言,几种新型化学杀虫剂,如甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素对草地贪夜蛾均有非常强的杀虫活性,可作为草地贪夜蛾应急防控的首选药剂。特别是半合成抗生素类杀虫剂甲氨基阿维菌素苯甲酸盐,由于其具有低毒和低残留的特点^[19-22],可考虑用于鲜食玉米及果蔬作物草地贪夜蛾幼虫防治。5 种拟除虫菊酯类杀虫剂对草地贪夜蛾卵的校正孵化抑制率在 60%至 95%之间,可在产卵盛期用于卵的防治,但应注意与其他新型农药复配使用。啉虫脒、噻虫嗪、吡虫啉和呋虫胺同为烟碱类杀虫剂^[22],目前生产上主要用于防治半翅目害虫,对草地贪夜蛾幼虫基本无效。

抗药性是杀虫剂使用留给害虫的遗传特征,迁飞性害虫会将抗性基因在较大区域进行扩散,从而可能产生区域性抗性^[23]。草地贪夜蛾起源于美洲热带和亚热带地区^[1],是典型的迁飞性害虫^[1,24],2016 年以来陆续入侵非洲 40 多个国家以及亚洲的也门、斯里兰卡、印度、泰国、缅甸、中国、孟加拉国等国家^[25]。草地贪夜蛾在各个国家的转移为害将对化学农药的抗性治理带来挑战,如不按照其迁飞规律进行区域性治理,各种有效的化学农药会因无序的使用而使草地贪夜蛾很快产生抗性,形成大区域无药可用的局面。迁飞轨迹分析表明我国云南西部地区的草地贪夜蛾种群经缅甸侵入^[3],并经分子鉴定为玉米型

种群^[26]。因此,我国云南等西南地区玉米草地贪夜蛾的防控工作需要和缅甸等东南亚国家联合进行。本试验结果与美洲国家相关农药的抗药性测定结果基本一致^[9-11, 27-29],美洲地区草地贪夜蛾化学防治所出现的区域性抗药性问题和治理经验值得我们借鉴和参考。

田间虫情测报是制定化学防治措施的重要依据^[30]。孙小旭等对瑞丽市玉米田草地贪夜蛾幼虫进行了田间分布型的研究,并基于幼虫聚集分布的特点和国际上普遍使用的 20%为害株率防治指标,提出了基于 1~2 龄幼虫密度的序贯抽样方法^[31]。在云南各地,草地贪夜蛾基本上与近缘种斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (Fabricius) 混合发生,二者各虫态的形态特征和生物学习性高度相似^[32],相关人员在开展化学防治前应区分两种害虫,并结合各自的特点制定科学合理的化学防治措施。

参考文献

- [1] LUGINBILL P. The fall army worm [R]. USDA Technology Bulletin, 1928, 34: 2-7.
- [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.
- [3] 吴秋琳,姜玉英,吴孔明. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 1-6.
- [4] 吴文君,刘惠霞. 对农药的几点看法[J]. 农药, 1998(9): 3-7.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] ARAHAMS P, BEALE T, COCK M, et al. Fall armyworm status; Impacts and control options in Africa; Preliminary evidence note (April 2017)[R]. CABI, UK, 2017.
- [9] YOUNG J R, MCMILLIAN W W. Differential feeding by two strains of fall armyworm larvae on carbaryl treated surfaces [J]. Journal of Economic Entomology, 1979, 72(2): 202-203.
- [10] YU S J. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. Journal of Economic Entomology, 1992, 85(3): 675-682.
- [11] YU S J, NGUYEN S N, ABO-ELGHAR G E. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith)[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2003, 77(1): 1-11.

- P, VAN RIE J, et al. Shared midgut binding sites for Cry1A, 105, Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac and Cry1Fa proteins from *Bacillus thuringiensis* in two important corn pests, *Ostrinia nubilalis* and *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. PLoS ONE, 2013, 8(7): e68164.
- [31] GOUFFON C, VAN V A, VAN R J, et al. Binding sites for *Bacillus thuringiensis* Cry2Ae toxin on heliothine brush border membrane vesicles are not shared with Cry1A, Cry1F, or Vip3A toxin [J]. Applied Environmental Microbiology, 2011, 77(10): 3182–3188.
- [32] BERNARDI O, BERNARDI D, AMADO D, et al. Resistance risk assessment of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) to Vip3A20 insecticidal protein expressed in corn [J]. Journal of Economic Entomology, 2015, 108(6): 2711–2719.
- [33] STORER N P, KUBISZAK M E, KING E, et al. Status of resistance to Bt maize in *Spodoptera frugiperda*: lessons from Puerto Rico [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2012, 110: 294–300.
- [34] 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.
- [35] DANGAL V, HUANG F. Fitness costs of Cry1F resistance in two populations of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), collected from Puerto Rico and Florida [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2015, 127: 81–86.
- [36] CAMARGO A M, CASTAÑERA P, FARINÓS G P, et al. Comparative analysis of the genetic basis of Cry1F resistance in two strains of *Spodoptera frugiperda* originated from Puerto Rico and Florida [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2017, 146: 47–52.
- [37] 吴秋琳, 姜玉英, 吴孔明, 等. 草地贪夜蛾缅甸虫源迁入中国的路径分析[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 1–6.
- (责任编辑: 杨明丽)
- ~~~~~
- (上接 14 页)
- [12] BERTA C D, VIRLA E, COLOMO M V, et al. Efecto en el parasitoide *Campoletis grioti* de un insecticida usado para el control de *Spodoptera frugiperda* y aportes a la bionomía del parasitoide [J]. Manejo Integrado de Plagas (CATIE), 2000, 57: 65–70.
- [13] DIEZ-RODRÍGUEZ G I, OMOTO C. Inheritance of *lambda*-cyhalothrin resistance in *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. Neotropical Entomology, 2001, 30(2): 311–316.
- [14] CARVALHO R A, OMOTO C, FIELD L M, et al. Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J/OL]. PLoS ONE, 2013, 8(4): e62268.
- [15] 陈印军, 方琳娜, 杨俊彦. 我国农田土壤污染状况及防治对策[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(4): 1–5.
- [16] 李晓强, 孙跃先, 叶光伟, 等. 使用化学农药对农业生物多样性的影响[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2008, 30(S2): 365–369.
- [17] 中华人民共和国农业部. 农药室内生物测定试验准则杀虫剂第 5 部分: 杀卵活性试验浸渍法: NY/T 1154. 5–2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [18] 中华人民共和国农业部. 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: 中国农业出版社, 2008.
- [19] 华乃震, 华纯. 生物杀虫剂的进展和应用[J]. 农药, 2011, 50(7): 469–473.
- [20] 徐尚成, 俞幼芬, 王晓军, 等. 新杀虫剂氯虫苯甲酰胺及其研究开发进展[J]. 现代农药, 2008, 7(5): 8–11.
- [21] 柴洪新, 史大昕, 张奇, 等. 多杀菌素的研究进展[J]. 化工进展, 2011(S2): 239–243.
- [22] 周育, 庾琴, 侯慧锋, 等. 新型烟碱类杀虫剂啉虫脒研究进展[J]. 植物保护, 2006, 32(3): 16–20.
- [23] 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.
- [24] ROSE A H, SILVERSIDES R H, LINDQUIST O H. Migration flight by an aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae), and a noctuid, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. The Canadian Entomologist, 1975, 107(6): 567–576.
- [25] CABL. Invasive species compendium [EB/OL]. [2019–03–26] [2019–03–16] <https://www.cabi.org/isc/datasheet/29810#251812C7-20E5-473A-BE75-3A51F1C43E8D>.
- [26] 张磊, 靳明辉, 张丹丹, 等. 入侵云南草地贪夜蛾的分子鉴定[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 19–24.
- [27] WOOD K A, WILSON B H, GRAVES J B. Influence of host plant on the susceptibility of the fall armyworm to insecticides [J]. Journal of Economic Entomology, 1981, 74(1): 96–98.
- [28] ADAMCZYK J J, LEONARD B R, GRAVES J B. Toxicity of selected insecticides to fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in laboratory bioassay studies [J]. Florida Entomologist, 1999, 82(2): 230–236.
- [29] AL-SARAR A, HALL F R, DOWNER R A. Impact of spray application methodology on the development of resistance to cypermethrin and spinosad by fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith)[J]. Pest Management Science, 2006, 62(11): 1023–1031.
- [30] 马世骏. 谈农业害虫的综合防治[J]. 昆虫学报, 1976, 19(2): 129–141.
- [31] 孙小旭, 赵胜园, 靳明辉, 等. 玉米田草地贪夜蛾幼虫的空间分布型与抽样技术[J]. 植物保护, 2019, 45(2): 13–18.
- [32] 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.
- (责任编辑: 杨明丽)