

7 种生物源杀虫剂对草地贪夜蛾的室内毒力研究

郭志敏¹, 吕海翔¹, 马康生¹, 万虎¹, 郭子平², 李建洪^{1*} (1. 华中农业大学植物科学技术学院, 昆虫资源利用与害虫可持续治理湖北省重点实验室, 湖北武汉 430070; 2. 湖北省植物保护总站, 湖北武汉 430070)

摘要 为科学、有效防控草地贪夜蛾, 应用饲料浸毒法测定了 7 种生物源杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒力。结果表明, 100 亿孢子/mL 短稳杆菌悬浮剂、0.3% 印楝素乳油、30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒悬浮剂、80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌油悬浮剂、10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂、32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂和 1×10⁷ PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+2 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的 LC₅₀ 分别为 8.82×10⁷ 孢子/mL、4.22 mg/L、959.65 PIB/mL、3.55×10⁷ 孢子/mL、2.32×10⁷ PIB/mL、2 901.63 IU/mL 和 1.49×10⁵ PIB/mL+29.81 IU/μL。表明 30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒悬浮剂、32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂和 0.3% 印楝素乳油对草地贪夜蛾具有较高的生物活性, 该研究结果对草地贪夜蛾高效低风险防控药剂筛选具有重要意义。

关键词 草地贪夜蛾; 生物源杀虫剂; 毒力测定

中图分类号 S482.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)19-0139-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.19.034

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Toxicity Determination of Seven Bioinsecticides to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)
GUO Zhi-min, LÜ Hai-xiang, MA Kang-sheng et al (Hubei Insect Resources Utilization and Sustainable Pest Management Key Laboratory, College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070)

Abstract To scientifically and effectively control of *Spodoptera frugiperda*, in the present study, the toxicities of seven bioinsecticides to 3rd instar larvae of *S. frugiperda* were determined using artificial diet soaking method. The results showed that the LC₅₀ values of *S. frugiperda* to 10 billion spores/mL *Impedobacter brevis* SC, 0.3% azadirachtin EC, 3 billion PIB/mL *Mamestra brassicae* nuclear polyhedrosis virus SC, 8 billion spores/mL *Metarhizium anisopliae* OD, 1 billion PIB/mL SC *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus, 32 000 IU/mg *Bacillus thuringiensis* WP, 10 million PIB/mL *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus + 2 000 IU/μL *Bacillus thuringiensis* SC were 8.82×10⁷ spore/mL, 4.22 mg/L, 959.65 PIB/mL, 3.55×10⁷ spore/mL, 2.32×10⁷ PIB/mL, 2 901.63 IU/mL and 1.49×10⁵ PIB/mL+29.81 IU/μL, respectively. Our results demonstrated that 3 billion PIB/mL *Mamestra brassicae* nuclear polyhedrosis virus SC, 32 000 IU/mg *Bacillus thuringiensis* WP and 0.3% azadirachtin EC exhibited higher toxicity to 3rd instar larvae of *S. frugiperda*. The study was of great significance to the screening of effective and low-risk bioinsecticides to *S. frugiperda*.

Key words *Spodoptera frugiperda*; Bioinsecticide; Toxicity determination

草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*), 又名秋黏虫, 属鳞翅目(Lepidoptera)夜蛾科(Noctuidae), 是联合国粮农组织全球预警的重大迁飞性害虫^[1]。2019 年 1 月首次入侵我国, 并在我国完成入侵和定殖过程^[2-3]。2020 年, 农业农村部将草地贪夜蛾列为一类农作物病虫害^[4]。全国农业技术推广服务中心预测 2021 年草地贪夜蛾仍将呈重发态势, 发生形势极为严峻, 防控措施刻不容缓。

在草地贪夜蛾的原产地美洲, 化学防治已经超过 50 年的历史^[5]。因此, 国外研究发现草地贪夜蛾对有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类和双酰胺类等传统杀虫剂, 以及乙基多杀菌素等新型杀虫剂产生了较高水平的抗药性^[6-10]。国内学者研究发现, 入侵我国的草地贪夜蛾种群携带有乙酰胆碱酯酶和鱼尼丁受体的靶标位点突变^[11-13]。说明入侵我国的草地贪夜蛾产生抗药性的风险较高, 而抗药性的产生势必会加大化学药剂的使用, 长此以往, 草地贪夜蛾抗药性的发生将不可避免。

为降低草地贪夜蛾对化学杀虫剂产生抗药性的风险, 世界各国均十分重视生物源杀虫剂在草地贪夜蛾防治中的应用。

生物源杀虫剂的使用可显著降低化学杀虫剂用量, 实现不同类型杀虫剂的优势互补。生物源杀虫剂(bioinsecticide)利用真菌、细菌、昆虫病毒或其代谢产物(信息素、生长素、萘乙酸、2,4-D 等)针对农业有害生物进行杀灭或抑制, 具有低毒、低残留、环境友好等特点^[14-15]。在国外, 多种生物源杀虫剂被登记用于草地贪夜蛾的防治, 登记商品包括印楝素、苏云金杆菌、苜蓿银纹核型多角体病毒等多种生物农药^[16]。在我国, 甘蓝夜蛾核型多角体病毒、短稳杆菌等多种生物源杀虫剂被推荐用于草地贪夜蛾的防治^[17], 甘蓝夜蛾核型多角体病毒、金龟子绿僵菌等多种生物源杀虫剂也被登记用于草地贪夜蛾的防治。基于此, 笔者选取几种常见的生物源杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫进行室内毒力测定, 综合评价不同生物源杀虫剂的生物活性, 为草地贪夜蛾高效低风险科学防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫 草地贪夜蛾于 2019 年 7 月 14 日采自湖北省武穴市玉米田(115.55°E, 29.85°N), 3~4 龄幼虫, 使用人工饲料(主要成分为黄豆粉、玉米粉和酵母粉等)饲养至今, 选取同一代 3 龄初幼虫进行试验。羽化后的成虫饲养在长×宽×高=30 cm×30 cm×30 cm 的养虫笼内, 成虫用 10% 的蜂蜜水补充营养。

1.2 供试制剂 7 种供试药剂有效成分、类别和生产厂家见表 1。

基金项目 湖北省重点研发计划项目(2020BBA051); 湖北省农业科技创新行动项目(NYKJ2019011)。

作者简介 郭志敏(1995—), 女, 河南新蔡人, 硕士研究生, 研究方向: 昆虫毒理学。*通信作者, 教授, 博士, 从事昆虫毒理学和害虫抗药性研究。

收稿日期 2021-11-09

1.3 7 种生物源杀虫剂对草地贪夜蛾的室内毒力测定 采用饲料浸毒法测定各药剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力。用无菌水将各药剂配制成 5~7 个浓度梯度,以无菌水作为对照,将人工饲料切成 5 mm × 5 mm × 5 mm 的小块,每个药液浓度浸 36 块,浸泡 30 s 后取出晾干,置于 12 孔板中。挑选健康一致、经过 4 h 饥饿处理的 3 龄初幼虫(< 24 h),用小毛

笔接入 12 孔板中,每孔 1 头,使用 2 层宣纸封口并盖上培养板盖,防止逃逸。将 12 孔板置于温度(25±1)℃、相对湿度 60%、光周期(16L:8D)的人工气候箱饲养。每处理重复 3 次,处理后 1、3、5、7 d 检查结果。试虫死亡判断标准:使用毛笔尖轻触虫体,不能正常爬行视为死亡。对照组死亡率在 10%以下为有效试验。

表 1 供试生物杀虫剂商品信息
Table 1 Commercial information of tested bioinsecticides

药剂 Bioinsecticide	类别 Type	生产厂家 Manufacturer
100 亿孢子/mL 短稳杆菌悬浮剂 <i>Empedobacter brevis</i> 10 billion spores/mL SC	微生物农药	镇江市润宇生物科技有限公司
0.3%印楝素乳油 Azadirachtin 0.3% EC	植物源农药	成都绿金生物科技有限责任公司
30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒悬浮剂 <i>Mamestra brassicae</i> nuclear polyhedrosis virus 3 billion PIB/mL SC	微生物农药	江西新龙生物科技股份有限公司
80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌油悬浮剂 <i>Metarhizium anisopliae</i> 8 billion spores/mL OD	微生物农药	重庆聚力信生物工程有限公司
10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂 <i>Autographa californica</i> nucleopolyhedrovirus 1 billion PIB/mL SC	微生物农药	武汉楚强生物科技有限公司
32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂 <i>Bacillus thuringiensis</i> 32 000 IU/mg WP	微生物农药	武汉科诺生物科技股份有限公司
1×10 ⁷ PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+ 2 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂 <i>Autographa californica</i> nucleopolyhedrovirus 10 million PIB/mL+ <i>Bacillus thuringiensis</i> 2 000 IU/μL SC	微生物农药	武汉楚强生物科技有限公司

1.4 数据处理与统计 使用 POLO Plus 2.0 软件计算毒力回归方程的斜率、卡方值(χ^2)、致死中浓度(LC₅₀)及 95%置信区间等。

死亡率为 91.67%,处理 7 d 的校正死亡率为 94.47%;80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌悬浮剂稀释 100 倍,处理 7 d 的校正死亡率为 72.23%,稀释 10 倍,处理 5 d 的校正死亡率为 91.70%,处理 7 d 的校正死亡率达 100%;10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂稀释 25 倍,处理 5 d 的校正死亡率为 58.33%,处理 7 d 的校正死亡率为 66.67%,稀释 10 倍处理 7 d 的校正死亡率为 97.23%;1×10⁷ PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+2 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂稀释 50 倍处理 7 d 的校正死亡率为 70.02%,稀释 12.5 倍处理 7 d 的校正死亡率为 96.25%。

2.2 7 种生物源杀虫剂对草地贪夜蛾的室内毒力比较 为了评价生物源杀虫剂对草地贪夜蛾的室内毒杀活性,在室内测定了 7 种生物源杀虫剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒力,生物测定结果见表 3。从表 3 可以看出,0.3%印楝素乳油、30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒悬浮剂和 32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒力较好,LC₅₀ 分别为 4.22 mg/L、959.65 PIB/mL 和 2 901.63 IU/mL。100 亿孢子/mL 短稳杆菌悬浮剂、80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌油悬浮剂、10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂和 1 千万 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+2 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒力较弱,LC₅₀ 分别为 8.82×10⁷ 孢子/mL、3.55×10⁷ 孢子/mL、2.32×10⁷ PIB/mL 和 1.49×10⁵ PIB/mL+29.81 IU/μL。毒力测定过程中,发现不同生物源杀虫剂引起的草地贪夜蛾致死症状明显不同,较清水对照

2 结果与分析

2.1 7 种生物源杀虫剂对草地贪夜蛾的室内毒力测定结果 30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒悬浮剂对草地贪夜蛾具有较好的室内毒力,稀释 1 000 倍,处理 1 d 的校正死亡率达 100%,稀释 50 000 倍,处理 3 d 的校正死亡率同样达 100%,稀释 100 000 倍,处理 5 d 的校正死亡率仍高达 100%。0.3%印楝素乳油和 32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂对草地贪夜蛾的毒杀效果较为缓慢,0.3%印楝素乳油稀释 120 倍,处理 5 d 的校正死亡率达 52.77%,处理 7 d,校正死亡率达 97.23%;32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂稀释 9 600 倍,处理 7 d 的校正死亡率达 69.43%,稀释 4 800 倍,处理 7 d 的校正死亡率达 100%(表 2)。

100 亿孢子/mL 短稳杆菌悬浮剂、80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌油悬浮剂、10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂和 1×10⁷ PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+2 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂对草地贪夜蛾的室内毒力相对较弱。100 亿孢子/mL 短稳杆菌悬浮剂稀释 100 倍,处理 7 d 的校正死亡率为 66.67%,稀释 10 倍,处理 5 d 的校正

组幼虫形态均发生了明显变化(图 1)。

表 2 7 种生物源农药不同浓度处理后草地贪夜蛾 3 龄幼虫死亡率

Table 2 Mortality of 3rd instar larvae of <i>Spodoptera frugiperda</i> treated with seven bioinsecticides at different concentrations					
药剂 Bioinsecticide	稀释倍数 Dilution times	校正死亡率 Corrected mortality//%			
		1 d	3 d	5 d	7 d
30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒	100 000	16. 70±0. 00 c	72. 23±5. 53 b	100. 00±0. 00	100. 00±0. 00
Mamestra brassicae nuclear polyhedrosis virus 3 billion PIB/mL SC	50 000	19. 47±2. 77 c	100. 00±0. 00 a	100. 00±0. 00	100. 00±0. 00
	10 000	91. 70±0. 00 b	100. 00±0. 00 a	100. 00±0. 00	100. 00±0. 00
	5 000	100. 00±0. 00 a	100. 00±0. 00 a	100. 00±0. 00	100. 00±0. 00
	1 000	100. 00±0. 00 a	100. 00±0. 00 a	100. 00±0. 00	100. 00±0. 00
0. 3%印楝素 Azadirachtin 0. 3% EC	480	0. 00±0. 00	2. 77±2. 77 b	8. 30±0. 00 c	22. 23±2. 77 c
	240	0. 00±0. 00	8. 30±0. 00 b	22. 23±2. 77 c	55. 57±5. 57 b
	120	0. 00±0. 00	11. 10±2. 80 b	52. 77±10. 03 b	97. 23±2. 77 a
	60	0. 00±0. 00	27. 77±5. 53 a	75. 00±12. 73 ab	97. 23±2. 77 a
	30	0. 00±0. 00	33. 33±4. 82 a	80. 57±7. 35 a	97. 23±2. 77a
100 亿孢子/mL 短稳杆菌 <i>Empedobacter brevis</i>	5 000	0. 00±0. 00 b	0. 00±0. 00 c	0. 00±0. 00 c	0. 00±0. 00 c
10 billion spores/mL SC	1 000	0. 00±0. 00 b	0. 00±0. 00 c	0. 00±0. 00 c	0. 00±0. 00 c
	500	0. 00±0. 00 b	0. 00±0. 00 c	0. 00±0. 00 c	8. 30±0. 00 c
	100	0. 00±0. 00 b	13. 90±7. 35 b	47. 20±13. 90 b	66. 67±17. 37 b
	10	22. 23±2. 77 a	88. 90±2. 80 a	91. 67±4. 82 a	94. 47±2. 77 a
80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌油悬浮剂	500	0. 00±0. 00 c	0. 00±0. 00 c	0. 00±0. 00 c	27. 77±12. 12 c
<i>Metarhizium anisopliae</i> 8 billion spores/mL OD	100	0. 00±0. 00 c	0. 00±0. 00 c	16. 63±8. 33 c	72. 23±12. 12 b
	50	8. 30±0. 00 bc	47. 23±16. 89 b	66. 67±9. 61 b	91. 70±0. 00 ab
	10	11. 10±2. 80 b	66. 67±9. 61 b	91. 70±0. 00 a	100. 00±0. 00 a
	5	47. 23±5. 53 a	100. 00±0. 00 a	100. 00±0. 00 a	100. 00±0. 00 a
10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒 <i>Autogra-pha californica</i> nucleopolyhedrovirus 1 billion PIB/mL SC	200	0. 00±0. 00 b	0. 00±0. 00 c	2. 77±2. 77 c	13. 90±2. 80 d
	100	0. 00±0. 00 b	5. 57±5. 57 c	19. 47±2. 77 c	25. 50±4. 79 cd
	50	0. 00±0. 00 b	5. 57±5. 57 c	19. 43±11. 13 c	30. 57±5. 57 c
	25	0. 00±0. 00 b	36. 10±7. 35 b	58. 33±8. 33 b	66. 67±4. 82 b
	12. 5	33. 33±9. 61 a	86. 10±2. 80 a	88. 90±2. 80 a	88. 90±2. 80 a
	10	38. 90±7. 35 a	97. 23±2. 77 a	97. 23±2. 77 a	97. 23±2. 77 a
32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂	16 000	0. 00±0. 00 a	0. 00±0. 00 d	0. 00±0. 00 c	8. 33±4. 82 c
<i>Bacillus thuringiensis</i> 32 000 IU/mg WP	9 600	2. 77±2. 77 a	11. 10±2. 80 c	52. 77±2. 77 b	69. 43±7. 35 b
	4 800	0. 00±0. 00 a	11. 10±2. 80 c	63. 90±7. 35 b	100. 00±0. 00 a
	2 400	2. 77±2. 77 a	22. 23±2. 77 b	80. 51±7. 35 a	100. 00±0. 00 a
	1 200	0. 00±0. 00 a	38. 90±2. 80 a	91. 67±4. 82 a	100. 00±0. 00 a
1×10 ⁷ PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+ 2 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂	200	0. 00±0. 00	10. 82±2. 46 a	10. 82±2. 46 bc	13. 03±4. 42 d
<i>Autographa californica</i> nucleopolyhedrovirus	100	0. 00±0. 00	7. 67±8. 04 a	11. 7±10. 00 bc	47. 22±1. 59 c
10 million PIB/mL+ <i>Bacillus thuringiensis</i> 2 000 IU/μL SC	50	0. 00±0. 00	4. 15±11. 75 a	29. 73±6. 22 ab	70. 02±4. 76 bc
	25	0. 00±0. 00	17. 29±7. 83 a	35. 54±6. 59 ab	78. 21±3. 71 b
	12. 5	0. 00±0. 00	7. 22±8. 68 a	44. 34±4. 26 a	96. 25±5. 58 a

注: 同列不同小写字母表示同一药剂不同稀释倍数间差异显著 ($P<0.05$)
Notes: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different dilution ratios of the same insecticide at 0.05 level

3 讨论

草地贪夜蛾的入侵对我国玉米、小麦等主要粮食作物的安全生产造成了严重威胁^[18], 对其进行科学防控十分关键。生物源杀虫剂作为重要的防控药剂, 在草地贪夜蛾高效低风险防控中起重要作用。该研究通过室内毒力测定明确了 7 种农业农村部推荐的生物源杀虫剂对草地贪夜蛾的毒力水平。结果表明 30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒悬浮剂、0.3%印楝素乳油和 32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂对草地贪夜蛾 3 龄幼虫具有较好的活性。而 100 亿孢子/mL 短稳杆菌悬浮剂、80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌悬浮剂、10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂和 1×

10⁷ PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+2 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂对草地贪夜蛾的室内毒力相对较弱。这与张海波等^[19]发现甘蓝夜蛾核型多角体病毒对草地贪夜蛾既有较好防控效果, 而苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒效果一般的结果类似。

美国、巴西、非洲等国家一直把苏云金杆菌作为防治草地贪夜蛾的主要生物农药^{〔20-21〕}, 苏云金杆菌在我国也已经获准登记用于草地贪夜蛾的防治。该研究所选用的 32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂室内生测表明草地贪夜蛾对苏云金杆菌仍具有较高的敏感性, 这与人研究结果基本一致^{〔22〕}, 苏云金杆菌可作为草地贪夜蛾防控的推荐药

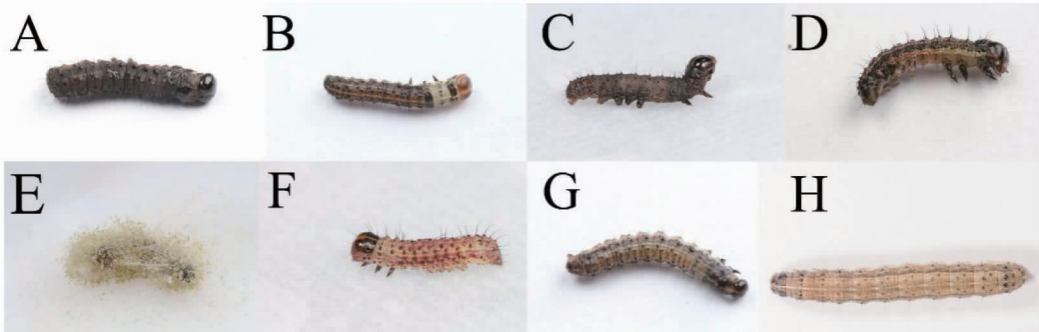
剂。毒力测定结果表明,细菌性杀虫剂短稳杆菌对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的毒力较低,但 100 亿孢子/mL 短稳杆菌对草地贪夜蛾具有较好的杀卵活性^[23],因此不建议单独用于草地

贪夜蛾的幼虫防治,但可以与其他不同作用类型的杀虫剂复配使用提高田间防效。

表 3 7 种生物源农药对草地贪夜蛾 3 龄幼虫的室内毒力

Table 3 Toxicities of seven bioinsecticides to 3rd instar larvae of *Spodoptera frugiperda*

药剂 Bioinsecticide	时间 Time//d	斜率±标准误差 Slope±SE	LC ₅₀ (95% CL)	卡方值 χ ²	自由度 df
100 亿孢子/mL 短稳杆菌悬浮剂 <i>Empedobacter brevis</i> 10 billion spores/mL SC	7	1.99±0.27	8.82×10 ⁷ 孢子/mL (5.64×10 ⁷ ~1.75×10 ⁸)	6.38	4
0.3%印楝素乳油 Azadirachtin 0.3% EC	7	1.49±0.14	4.22 mg/L (2.95~5.97)	9.91	5
30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾 核型多角体病毒悬浮剂 MbNPV 3 billion PIB/mL SC	7	3.89±0.61	959.65 PIB/mL (688.10~1 185.27)	3.89	3
80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌油悬浮剂 <i>Metarhizium anisopliae</i> 8 billion spores/mL OD	7	2.02±0.24	3.55×10 ⁷ 孢子/mL (2.21×10 ⁷ ~4.99×10 ⁷)	0.79	4
10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹 夜蛾核型多角体病毒悬浮剂 <i>Autographa californica</i> nucleopoly- hedrovirus 1 billion PIB/mL SC	7	1.44±0.20	2.32×10 ⁷ PIB/mL (1.69×10 ⁷ ~3.55×10 ⁷)	12.09	4
32 000 IU/mg 苏云金杆菌可湿性粉剂 <i>Bacillus thuringiensis</i> 32 000 IU/mg WP	7	8.62±1.57	2 901.63 IU/mL (2 637.87~3 219.64)	0.13	5
1×10 ⁷ PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+ 2 000 IU/μL 苏云金杆菌悬浮剂 <i>Autographa californica</i> nucleopolyhedrovirus 10 million PIB/mL+ <i>Bacillus thuringiensis</i> 2 000 IU/μL SC	7	2.34±0.27	1.49×10 ⁵ PIB/mL + 29.81 IU/μL [(1.21×10 ⁵ +24.26) ~ (1.821×10 ⁵ +36.48)]	6.64	4



注:A. 甘蓝夜蛾核型多角体病毒;B. 印楝素;C. 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒;D. 苏云金杆菌;E. 金龟子绿僵菌;F. 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒+苏云金杆菌;G. 短稳杆菌;H. 对照

Note: A. MbNPV; B. Azadirachtin; C. *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus; D. *Bacillus thuringiensis*; E. *Metarhizium anisopliae*; F. *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus + *Bacillus thuringiensis*; G. *Empedobacter brevis*; H. Control

图 1 不同生物源杀虫剂处理草地贪夜蛾 3 龄幼虫 7 d 后的死亡症状

Fig. 1 The death symptoms of third instar larvae of *Spodoptera frugiperda* treated with different bioinsecticides

昆虫病原真菌是最早被鉴定的昆虫病原微生物,由于其流行病学和致病性的特点被用来作为一类生防菌^[24]。其中,白僵菌是研究最多的一种昆虫生防真菌,它可以感染多种重要农业害虫。研究表明,白僵菌对草地贪夜蛾的防治效果差异较大,Carneiro 等^[25]对 24 个白僵菌 *Bassiana* spp 株系进行分子鉴定,并将其与对草地贪夜蛾的致病性进行关联分析,结果发现株系与致病性显著相关。该研究所选用 80 亿孢子/mL 金龟子绿僵菌与其他药剂对比,对草地贪夜蛾的室内毒力较差,猜测原因可能是与所用菌株的致病性有关,因此在未来的研究中应加强筛选分离对草地贪夜蛾有效的菌株。

该研究结果表明 0.3%印楝素乳油对草地贪夜蛾 3 龄初

幼虫具有较好的杀虫活性,这可能与 3 龄幼虫取食量较多有关。林素坤等^[26]研究发现草地贪夜蛾 2 龄幼虫取食时吃不穿叶片,2 龄幼虫的取食量比 3 龄幼虫低 50%,导致取食药量也低 50%,从而致使印楝素对 3 龄幼虫的毒力作用要强于 2 龄幼虫。因此选择印楝素作为防治草地贪夜蛾的田间用药时,需要注意使用时期以提高防效。

除真菌、细菌、植物源杀虫剂外,病毒杀虫剂也被广泛用于草地贪夜蛾的防治。该研究结果表明,不同病毒杀虫剂对草地贪夜蛾的效果有差异,30 亿 PIB/mL 甘蓝夜蛾核型多角体病毒对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的 LC₅₀ 为 959.65 PIB/mL,而 10 亿 PIB/mL 苜蓿银纹夜蛾核型多角体病毒悬浮剂对草

地贪夜蛾 3 龄初幼虫的 LC_{50} 为 2.32×10^7 PIB/mL。研究表明,草地贪夜蛾对核型多角体病毒的敏感性在很大程度上也取决于幼虫的龄期,草地贪夜蛾幼虫对核型多角体病毒的 LC_{50} 从 2 龄至 5 龄增加了 10 倍,6 龄期的 LC_{50} 增幅更大^[27]。因此,在草地贪夜蛾田间防治过程中应选用合适的防治药剂,并适期用药。

生物源农药可在草地贪夜蛾幼虫初发期替代化学杀虫剂进行绿色防治,也可在盛发期与其他类型杀虫药剂进行复配使用,增加杀虫效果。该研究选用 7 种常见的生物源杀虫剂,测定了其对草地贪夜蛾 3 龄初幼虫的室内毒力,其中 3 种对草地贪夜蛾具有较高的生物活性,可考虑作为草地贪夜蛾田间防治的推荐药剂。

参考文献

[1] FAO. Fall armyworm keeps spreading and becomes more destructive[EB/OL]. [2018-06-28]. <https://reliefweb.int/report/world/fall-armyworm-keeps-spreading-and-becomes-more-destructive>.

[2] 金涛,林玉英,马光昌,等. 草地贪夜蛾的产卵节律及其对不同介质的产卵选择性[J]. 植物保护,2020,46(3):99-103.

[3] 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.

[4] 农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告第 333 号[EB/OL]. (2020-11-30)[2021-05-25]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2020/202010/202011/t20201130_6357326.htm.

[5] PITRE H N. Chemical control of the fall armyworm (Lepidoptera:Noctuidae): An update[J]. Florida entomologist,1986,69(3):570-578.

[6] MCCORD E Jr,YU S J. The mechanisms of carbaryl resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)[J]. Pesticide biochemistry and physiology,1987,27(1):114-122.

[7] YU S J. Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)[J]. Pesticide biochemistry and physiology,1991,39(1):84-91.

[8] YU S J,MCCORD E Jr. Lack of cross-resistance to indoxacarb in insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Yponomeutidae)[J]. Pest management science,2007,63(1):63-67.

[9] 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 entomology,2012,95(2):476-478.

[10] GUTIÉRREZ-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] 郭志敏,邓晓倩,李静,等. 湖北四个地区草地贪夜蛾田间种群的杀虫

剂敏感性及其靶标突变检测[J]. 昆虫学报,2020,63(5):582-589.

[12] ZHAO Y X,HUANG J M,NI H, et al. Susceptibility of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), to eight insecticides in China, with special reference to lambda-cyhalothrin[J/OL]. Pesticide biochemistry and physiology,2020,168[2021-04-25]. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104623>.

[13] LV S L,SHI Y,ZHANG J C, et al. Detection of ryanodine receptor target-site mutations in diamide insecticide-resistant *Spodoptera frugiperda* in China[J]. Insect science,2021,28(3):639-648.

[14] 柯云玲,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.

[15] 邵仁志,刘小安,孙兰,等. 中国植物源农药的研究进展[J]. 湖北农业科学,2017,56(8):1401-1405.

[16] The U. S. Environmental Protection Agency. Biopesticide active ingredients[DB/OL]. (2018-07-25)[2020-07-01]. <https://www.epa.gov/ingredientsused-pesticide-products/biopesticide-active-ingredients>.

[17] 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[EB/OL]. (2020-04-16)[2021-05-25]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2020/202003/202004/t20200416_6341680.htm.

[18] 徐丽娜,胡本进,苏卫华,等. 安徽发现草地贪夜蛾为害早播小麦[J]. 植物保护,2019,45(6):87-89.

[19] 张海波,王凤良,陈永明,等. 核型多角体病毒对玉米草地贪夜蛾的控制作用研究[J]. 植物保护,2020,46(2):254-260.

[20] ANDRADE R,RODRÍGUEZ C,OEHLSCHLAGER A C. Optimization of a pheromone lure for *Spodoptera frugiperda* (Smith) in Central America[J]. Journal of the Brazilian chemical society,2000,11(6):609-613.

[21] SANAHUJA G,BANAKAR R,TWYMAN R M, et al. *Bacillus thuringiensis*: A century of research, development and commercial applications[J]. Plant biotechnology journal,2011,9(3):283-300.

[22] 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.

[23] 陈利民,黄俊,吴全聪,等. 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.

[24] DEVI K U,PADMAVATHI J,SHARMA H C, et al. Laboratory evaluation of the virulence of *Beauveria bassiana* isolates to the sorghum shoot borer *Chilo partellus* Swinhoe (Lepidoptera:Pyralidae) and their characterization by RAPD-PCR[J]. World journal of microbiology and biotechnology,2001,17(2):131-137.

[25] CARNEIRO, A A, GOMES E A, GUIMARÃES C T, et al. Molecular characterization and pathogenicity of isolates of *Beauveria* spp. to fall armyworm[J]. Pesquisa agropecuária brasileira,2008,43(4):513-520.

[26] 林素坤,刘凯鸿,王瑞飞,等. 印楝素对草地贪夜蛾的毒力测定及田间防效[J]. 华南农业大学学报,2020,41(1):22-27.

[27] ESCRIBANO A, WILLIAMS T, GOULSON D, et al. Selection of a nucleopolyhedrovirus for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae): Structural, genetic, and biological comparison of four isolates from the Americas[J]. Journal of economic entomology,1999,92(5):1079-1085.

(上接第 138 页)

参考文献

[1] 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.

[2] 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.

[3] 郭海鹏,范东晨,冯小军,等. 陕西省 2019 年草地贪夜蛾防控实践及对策[J]. 陕西农业科学,2020,66(11):44-45,74.

[4] 张小飞,李菁,徐进,等. 西安地区夏玉米草地贪夜蛾发生及防控对策[J]. 陕西农业科学,2021,67(6):89-92.

[5] 本刊讯. 农业农村部紧急推荐 25 种草地贪夜蛾应急防治用药[J]. 中国植保导刊,2019,39(6):91.

[6] 潘兴鲁,董丰收,芮昌辉,等. 我国草地贪夜蛾应急化学防控风险评估及对策[J]. 植物保护,2020,46(6):117-123.

[7] 韩海亮,包斐,赵福成,等. 草地贪夜蛾药剂防控效果初报[J]. 浙江农

业科学,2019,60(9):1511-1513.

[8] 韦呈武,韦政民,黄莉,等. 9 种草地贪夜蛾应急防治药剂的田间防效评价[J]. 广西植保,2021,34(4):9-13,24.

[9] 关秀敏,赵猛,杨建国,等. 草地贪夜蛾防治药剂田间试验示范效果[J]. 植物保护,2021,47(5):320-324.

[10] 杨普云,朱晓明,郭井非,等. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议[J]. 植物保护,2019,45(4):1-6.

[11] 范建,杜红莲,汉瑞林,等. 3 种生物药剂对玉米草地贪夜蛾的防治效果[J]. 云南农业科技,2021(5):34-35.

[12] 郭瑞光,刘昌敏,胡道君,等. 不同生物农药防治草地贪夜蛾幼虫田间药效试验[J]. 长江蔬菜,2022(4):70-72.

[13] 田俊策,鲁艳辉,王国荣,等. 5 种赤眼蜂对草地贪夜蛾卵的寄生能力研究[J]. 中国生物防治学报,2020,36(4):485-490.

[14] 杨建国,赵猛,朱萍,等. 螟黄赤眼蜂防治草地贪夜蛾田间试验研究[J]. 中国植保导刊,2019,39(11):59-61.