

甲维盐·氯虫苯甲酰胺组合物对草地贪夜蛾室内毒力测定及田间防治效果

胡 飞¹, 苏贤岩¹, 胡本进¹, 周子燕¹, 徐丽娜^{1*}, 邱 坤²,
郑兆阳², 张启勇², 廖 辰³, 王振营^{4*}

(1. 安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所, 合肥 230031; 2. 安徽省植物保护总站, 合肥 230031;
3. 安徽瑞然生物药肥科技有限公司, 宁国 242300; 4. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘要 为筛选出甲维盐与氯虫苯甲酰胺复配防治草地贪夜蛾的最佳配比, 采用浸虫法测定了甲维盐、氯虫苯甲酰胺及组合物对草地贪夜蛾的室内毒力, 并基于最佳增效配比进行了田间防治效果评价试验。结果表明, 甲维盐和氯虫苯甲酰胺复配组合在二者质量比介于2:8~7:3范围内表现增效作用, 以3:7时增效作用最大, 共毒系数CTC为173。基于该比例加工获得10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺水分散粒剂, 并以此开展田间防治草地贪夜蛾效果评价, 结果表明, 施药浓度高于有效剂量37.5 g/hm²时, 药后3、14 d对草地贪夜蛾的防效分别达到88%和84%以上, 表现出良好的速效性和持效性。甲维盐和氯虫苯甲酰胺以质量比3:7混配是防治草地贪夜蛾的良好配方。

关键词 甲维盐; 氯虫苯甲酰胺; 草地贪夜蛾; 增效; 防效

中图分类号: S491, S435.132 **文献标识码:** B **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019666

Toxicities and field control efficacy of the mixtures of emamectin benzoate and chlorantraniliprole to *Spodoptera frugiperda*

HU Fei¹, SU Xianyan¹, HU Benjin¹, ZHOU Ziyang¹, XU Lina^{1*}, QIU Kun²,
ZHENG Zhaoyang², ZHANG Qiyong², LIAO Chen³, WANG Zhenying^{4*}

(1. Institute of Plant Protection and Agro-products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China;
2. Anhui Provincial Plant Protection General Station, Hefei 230031, China; 3. Anhui Rirane Pesticide and Fertilizer Biotech Co., Ltd, Ningguo 242300, China; 4. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract In order to screen out the best mixture of emamectin benzoate and chlorantraniliprole to control fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, the toxicities of the two insecticides and their mixtures at different ratios (*m/m*) to *S. frugiperda* were determined in laboratory by larvae dipping method, and the field control efficacy of the selected mixtures were tested. The results showed that the mixtures of emamectin benzoate and chlorantraniliprole showed different synergistic effect at ratios ranging from 2:8 to 7:3 (mass ratio), and the mixture of 3:7 showed the highest synergism with CTC value of 173. Based on these results, emamectin benzoate · chlorantraniliprole 10% water dispersible granule (WG) was formulated. At the effective dose of 37.5 g/hm² and above, the field control effects 3 and 14 days after application were all over 88% and 84%, respectively. Both the quick effect and persistence of the mixture against *S. frugiperda* were good. The mixture of emamectin benzoate and chlorantraniliprole in the ratio of 3:7 by mass is a good formulation for the control of *S. frugiperda*.

Key words emamectin benzoate; chlorantraniliprole; *Spodoptera frugiperda*; synergistic; field control effect

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), 俗称秋黏虫 (fall armyworm), 属于鳞翅目 Lepidop-

收稿日期: 2019-12-02 修订日期: 2019-12-13

基金项目: 安徽省科技重大专项(201903a06020027); 安徽省农业科学院生物农药研究与高效应用团队(2019YL049); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y2019YJ06)

* 通信作者 E-mail: 徐丽娜 caasxln@163.com; 王振营 zywang@ippcaas.cn

tera 夜蛾科 Noctuidae 灰翅夜蛾属 *Spodoptera*, 是一种原产于美洲热带和亚热带地区的多食性害虫, 广泛分布于美洲大陆, 可为害多种作物^[1-3], 是 2018 年联合国粮农组织向全球预警的重要害虫, 具迁飞能力强、繁殖倍数高、暴食为害重、防治难度大等特点^[4]。2019 年 1 月该虫侵入我国后快速蔓延为害, 至 10 月 8 日已在 26 省 1 538 个县区发生为害, 严重威胁着我国粮食安全^[5-7]。

安徽地处我国粮食生产南北过渡带, 全省种植结构复杂, 作物种类丰富、生长适期长, 草地贪夜蛾喜食的玉米、小麦等作物均有种植, 自 2019 年 5 月 17 日首次在黄山区发现草地贪夜蛾以来, 截至 9 月 3 日, 全省 16 市均已发现该虫。为遏制草地贪夜蛾快速蔓延为害, 确保粮食安全, 全国各发生地普遍使用化学方法进行应急防控, 并取得了良好的防治效果^[8], 但不同地区对杀虫剂的依赖程度和使用频率不同。长期单一重复使用杀虫剂会导致草地贪夜蛾产生不同程度的抗性^[9], 且草地贪夜蛾迁飞扩散的习性会将具有遗传特征的抗药性在较大区域进行扩散, 从而产生区域性杀虫剂敏感性降低^[10], 造成杀虫剂的防治效果降低。

目前, 国内尚无登记用于防治草地贪夜蛾的药剂品种, 更缺乏药剂防治的相关经验。因此, 利用现有防治药剂筛选新杀虫剂组合对于延缓抗性, 提高防治效果, 支持安徽省乃至全国草地贪夜蛾防治工作都有积极的意义。本文以农业农村部公布的《草地贪夜蛾应急防治用药推荐名单》中的甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲维盐)和氯虫苯甲酰胺为试验药剂, 测定两种药剂对草地贪夜蛾的室内毒力; 然后通过不同比例混配, 评价不同配比组合对草地贪夜蛾的增效作用, 筛选出两种药剂的最佳配比; 并以此进行田间防治效果的验证, 为甲维盐·氯虫苯甲酰胺组合物在防治草地贪夜蛾上的应用提供理论依据和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试药剂

90%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(emamectin benzoate)原药, 简称甲维盐, 南京红太阳股份有限公司;

95.3%氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole)原药, 上海杜邦农化有限公司; 田间对照药剂: 5%甲维盐(emamectin benzoate)水分散粒剂, 四川金珠生态农业科技有限公司; 35%氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole)水分散粒剂, 美国富美实公司。

1.1.2 供试昆虫

用于室内生物测定的草地贪夜蛾为安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所生物防治团队采集自安徽省黄山区的 3~4 龄幼虫经实验室饲养繁殖的室内种群。以新鲜玉米叶片为饲料, 饲养条件为(27±1)℃, 光周期 L//D=14 h//10 h, 相对湿度 65%~85%。选择个体大小和发育一致、健康、活泼的 2 龄期幼虫供试。

1.2 试验方法

1.2.1 室内毒力测定

采用浸虫法测定。90%甲维盐原药、95.3%氯虫苯甲酰胺原药用丙酮配制成母液, 并用 0.1%吐温 80 水溶液等比稀释成试验浓度。挑选大小一致的草地贪夜蛾 2 龄幼虫于各系列浓度药液中浸渍 10 s, 以 0.1%吐温 80 水溶液为对照。处理后用滤纸吸除幼虫体表多余药液, 将试虫转移至玉米叶片上饲养, 72 h 后分别调查死亡虫数。试验使用 12 孔细胞培养板, 每处理试虫 24 头, 重复 3 次。试验过程中如叶片吃完及时补充。

1.2.2 田间试验

1.2.2.1 试验设计

试验地分别设在黄山区仙源镇和长丰县岗集镇安徽省农业科学院试验基地的玉米田, 试验时玉米处于抽雄期, 草地贪夜蛾幼虫大多处于 3~5 龄期。设置 10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺水分散粒剂有效剂量(下同)37.5、45、52.5 g/hm² 处理。对照药剂为 5%甲维盐 WG 15 g/hm²、35%氯虫苯甲酰胺 WG 52.5 g/hm²。每处理 4 个重复, 小区采用随机区组排列, 每小区面积 30 m², 种有 120 株玉米, 小区间设 1 m 宽的保护行, 于 2019 年 7 月 15 日茎叶喷施药液 1 次。试验期间未喷施其他防治草地贪夜蛾类药剂, 无异常天气出现。

1.2.2.2 调查统计

采用全国农业技术推广服务中心印发的《草地贪夜蛾测报调查方法(试行)》通知中的调查办法,

采用 5 点取样法调查,每点调查 10 株,共计 50 株。由于田间草地贪夜蛾的幼虫龄期不同,玉米的受害状也明显不同,所以要根据受害状来判别幼虫的发育状态,明确重点调查部位。在施药前、药后 3、7、14 d 各调查 1 次,计算虫口减退率,根据虫口减退率计算校正防效。

虫口减退率=
$$\frac{\text{药前虫口数}-\text{药后虫口数}}{\text{药前虫口数}}\times 100\%;$$

防治效果=
$$\frac{\text{处理区虫口减退率}-\text{空白对照区虫口减退率}}{1-\text{空白对照区虫口减退率}}\times 100\%。$$

表 1 甲维盐和氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾的毒力测定

Table 1 Toxicity of emamectin benzoate and chlorantraniliprole to *Spodoptera frugiperda*

药剂 Insecticide	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95%置信区间/mg·L ⁻¹ 95% confidence interval	斜率±标准误 Slope±SE	P 值 P value
甲维盐 emamectin benzoate	0.248	0.164~0.376	1.611±0.170	0.105
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	8.143	6.766~9.801	1.655±0.173	0.363

2.2 甲维盐和氯虫苯甲酰胺不同比例混配对草地贪夜蛾的毒力

由表 2 可知,甲维盐和氯虫苯甲酰胺不同比例混配组合对草地贪夜蛾的毒力不同,总体上看,两者

1.2.3 数据处理

用 SPSS 19.0 软件对数据进行方差分析,计算 LC₅₀、b 值及 95%置信限。根据农药室内生物测定试验准则(NY/T 1154.7-2006),计算共毒系数 CTC,评价增效作用。CTC≥120 表现为增效作用,CTC≤80 表现为拮抗作用;80<CTC<120 表现为相加作用。

2 结果与分析

2.1 甲维盐和氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾的毒力

由表 1 可知,甲维盐和氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾都有较好的抑制作用。甲维盐对草地贪夜蛾的毒力较高,LC₅₀为 0.248 mg/L,而氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾的毒力偏低,LC₅₀为 8.143 mg/L。

质量比介于 2:8~7:3 的范围内都有增效作用,其中甲维盐:氯虫苯甲酰胺=3:7 时增效作用最大,共毒系数 CTC 为 173。

表 2 甲维盐·氯虫苯甲酰胺组合物对草地贪夜蛾的毒力测定

Table 2 Toxicity test of the mixtures of emamectin benzoate and chlorantraniliprole to *Spodoptera frugiperda*

甲维盐和氯虫苯甲酰胺质量比 Mass ratio of emamectin benzoate and chlorantraniliprole	LC ₅₀ /mg·L ⁻¹	95%置信区间/ mg·L ⁻¹ 95% confidence interval	斜率±标准误 Slope±SE	P 值 P value	实测毒力指数 Measured toxicity index	理论毒力指数 Theoretical toxicity index	CTC 值 CTC value
1:9	1.693	1.103~2.601	1.049±0.167	0.961	6.9	6.0	116
2:8	0.824	0.625~1.088	1.161±0.162	0.995	14.4	10.5	137
3:7	0.449	0.348~0.580	1.158±0.160	0.971	26.0	15.0	173
4:6	0.417	0.329~0.528	1.252±0.163	0.723	27.9	19.6	142
5:5	0.352	0.286~0.433	1.499±0.171	0.611	33.4	24.1	139
6:4	0.318	0.250~0.405	1.338±0.167	0.986	36.6	28.7	128
7:3	0.287	0.219~0.377	1.235±0.165	0.836	40.3	33.2	122
8:2	0.276	0.211~0.361	1.269±0.167	0.960	41.8	37.7	111
9:1	0.270	0.196~0.371	1.084±0.162	0.831	43.3	42.3	103

2.3 10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺水分散剂对草地贪夜蛾的田间防治效果

由表 3、表 4 可知,在黄山区仙源镇、长丰县岗

集镇两地玉米田,10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺 WG 对草地贪夜蛾都具有较好的防治效果,且两地防效稳定。10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺 WG 速效性和

持效性较好,当施药浓度为 37.5 g/hm² 时,药后 3 d 防效达 88%以上,药后 14 d 防效达 84%以上;施药浓度为 52.5 g/hm² 时药后 3、7、14 d 的防效均极显著高于 5%甲维盐 WG 及 35%氯虫苯甲酰胺 WG。

表 3 10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺水分散粒剂对草地贪夜蛾的田间防治效果(黄山区仙源镇)¹⁾

Table 3 Field control efficacy of emamectin benzoate · chlorantraniliprole 10% WG against <i>Spodoptera frugiperda</i> (Xianyuan town, Huangshan district)								
处理 Treatment	施药量/ g · (hm ²) ⁻¹ Concentration	虫口基 数/头 Number of larvae	药后 3 d		药后 7 d		药后 14 d	
			3 days after treatment		7 days after treatment		14 days after treatment	
			存活幼虫 数/头 Number of survival larvae	防治效 果/% Control efficacy	存活幼虫 数/头 Number of survival larvae	防治效 果/% Control efficacy	存活幼虫 数/头 Number of survival larvae	防治效 果/% Control efficacy
10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺水 WG	37.5	47.50	5.75	88.29 bBC	6.00	86.51 bB	7.75	84.41 bC
emamectin benzoate · chlorantraniliprole 10% WG	45	45.75	4.50	90.44 bB	4.75	88.71 bB	5.00	89.53 aAB
	52.5	50.75	3.50	93.26 aA	3.50	92.60 aA	5.00	90.50 aA
5%甲维盐 WG	15	50.00	7.25	85.88 cC	9.25	80.21 cC	14.00	73.27 cD
emamectin benzoate 5% WG								
35%氯虫苯甲酰胺 WG	52.5	47.75	5.50	88.65 bBC	6.25	85.95 bB	7.25	85.36 bBC
chlorantraniliprole 35% WG								
CK	—	53.25	55.00	—	49.25	—	56.25	—

1) 表中数据为平均值。同列数据后不同小写和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著(Duncan 氏新复极差法)。下同。
Data in the table are mean. Data followed by different lowercase or uppercase letters in the same column are significantly different at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively, by Duncan's multiple range test. The same applies below.

表 4 10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺水分散粒剂对草地贪夜蛾的田间防治效果(长丰县岗集镇)

Table 4 Field control efficacy of emamectin benzoate · chlorantraniliprole 10% WG against <i>Spodoptera frugiperda</i> (Gangji town, Changfeng county)								
处理 Treatment	施药量/ g · (hm ²) ⁻¹ Concentration	虫口基 数/头 Number of larvae	药后 3 d		药后 7 d		药后 14 d	
			3 days after treatment		7 days after treatment		14 days after treatment	
			存活幼虫 数/头 Number of survival larvae	防治效 果/% Control efficacy	存活幼虫 数/头 Number of survival larvae	防治效 果/% Control efficacy	存活幼虫 数/头 Number of survival larvae	防治效 果/% Control efficacy
10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺 WG	37.5	32.00	3.50	89.69 cBC	4.25	87.57 cC	4.25	86.77 bBC
emamectin benzoate · chlorantraniliprole 10% WG	45	29.75	2.25	92.86 bAB	2.50	92.12 bB	3.00	90.10 bB
	52.5	35.25	1.75	95.28 aA	1.50	96.01 aA	2.00	94.61 aA
5%甲维盐 WG	15	28.00	3.50	87.97 cC	5.50	81.67 dD	6.50	77.03 cD
emamectin benzoate 5% WG								
35%氯虫苯甲酰胺 WG	52.5	30.50	3.75	88.58 cC	4.25	86.87 cC	5.75	81.36 cCD
chlorantraniliprole 35% WG								
CK	—	33.00	36.50	—	36.25	—	33.75	—

3 讨论

喷施化学农药是目前应急防治草地贪夜蛾的主要手段,杀虫剂品种也随新农药开发而有所变化。20 世纪 80 年代以前美洲国家防治草地贪夜蛾以有

机磷类、氨基甲酸酯类杀虫剂为主^[11],随后拟除虫菊酯类杀虫剂得到了广泛使用。近年来,随着草地贪夜蛾的扩散和多种新型杀虫剂的开发应用,在该害虫发生为害比较严重的地区,一系列杀虫剂新品种发挥了突出的作用^[12],如:甲维盐、乙基多杀菌

素、除虫脲、虱螨脲、茚虫威、氯虫苯甲酰胺、氟苯虫酰胺、溴氰虫酰胺等。

对突发性害虫开展化学防治是有害生物防治中不可缺少的手段,但也是制约有害生物可持续治理的重要因子^[13]。草地贪夜蛾迁飞入侵到我国后,随着防治工作由外来入侵害虫的应急防控转为重要害虫的长期防控,各种作用方式杀虫剂的选择作用势必导致草地贪夜蛾对杀虫剂抗性的进一步发展。

甲维盐是一种半合成的高效、低毒生物源杀虫剂,已被用于蔬菜、果树及棉花等作物害虫的防治;氯虫苯甲酰胺是新一代双酰胺类杀虫剂,其高效、广谱,对鳞翅目害虫有很好的防治效果^[14]。赵胜园等^[15]的研究表明,多数传统杀虫剂对 2019 年 1 月入侵我国云南省的草地贪夜蛾 2 龄幼虫的防治效果不理想,相对而言,甲维盐、氯虫苯甲酰胺等具有非常强的杀虫活性。因此,与传统农药不存在交互抗性的甲维盐、氯虫苯甲酰胺等可以考虑作为防治草地贪夜蛾种群的优选药剂使用,以克服田间草地贪夜蛾对传统杀虫剂的抗性。

本研究进一步证实甲维盐和氯虫苯甲酰胺对草地贪夜蛾表现出较好的防治效果。通过两者混配室内毒力测定发现,当甲维盐:氯虫苯甲酰胺=3:7(质量比)时具有明显的增效作用,这为研制草地贪夜蛾防治药剂提供了数据支持。在此配比基础上加工的 10%甲维盐·氯虫苯甲酰胺水分散粒剂,当施药浓度高于 37.5 g/hm² 时,药后 3、14 d 对草地贪夜蛾的防效分别达到 88%、84%以上,速效性和持效性较佳,对草地贪夜蛾具有较好的控制作用且防效稳定。研究结果表明,甲维盐和氯虫苯甲酰胺均可有效控制草地贪夜蛾,两者作用各有特点,优势互补,通过增效复配可延缓抗性,延长持效期,提高防治效果。

针对当前国内草地贪夜蛾面临的化学防治需求,有必要借鉴国外已登记的药剂和防治经验^[16],监测不同地区草地贪夜蛾的抗性动态,分区域制定合理的杀虫剂轮换用药策略,指导科学用药,同时筛选化学增效配方,合理开展田间化学防治,做好药剂储备。不过仍然还有很多实用性技术问题需要进一

步研究解决。

参考文献

- [1] CRUZ I, TURPIN F T. Yield impact of larval infestations of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to midwhorl growth stage of corn [J]. Journal of Economic Entomology, 1983, 76(5): 1052–1054.
- [2] SPARKS A N. A review of the biology of the fall armyworm [J]. Florida Entomologist, 1979, 62(2): 82–87.
- [3] CRUZ I, DE LOURDES CORRÊA FIGUEIREDO M, DA SILVA R B, et al. Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [Smith] [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize [J]. International Journal of Pest Management, 2012, 58(1): 83–90.
- [4] 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.
- [5] 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, 2019–01–31.
- [6] 病虫害测报处. 草地贪夜蛾侵入 13 省份为害春玉米[J]. 农药市场信息, 2019(11): 58.
- [7] 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.
- [8] 王磊, 陈科伟, 钟国华, 等. 重大入侵害虫草地贪夜蛾发生危害、防控研究进展及防控策略探讨[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(3): 479–487.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] PITRE H N. Chemical control of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): an update [J]. Florida Entomologist, 1986, 69(3): 570–578.
- [12] IRAC. Integrated pest management (IPM) & insect resistance management (IRM) for fall armyworm in South Africa maize [EB/OL]. IRAC South Africa, www. irac-online. org, May 2018.
- [13] 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.
- [14] LI Yuxin, MAO Mingzhen, LI Yiming, et al. Modulations of high-voltage activated Ca²⁺ channels in the central neurons of *Spodoptera exigua* by chlorantraniliprole [J]. Physiological Entomology, 2011, 36(3): 230–234.
- [15] 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.
- [16] 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.

(责任编辑: 杨明丽)