

研究简报

Research Notes

苜蓿盲蝽属三种害虫对环氧虫啉的敏感性

刘永强¹, 潘洪生^{1,2}, 陆宴辉^{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. 新疆农业科学院植物保护研究所, 乌鲁木齐 830091)

摘要 环氧虫啉是我国自主研发的一种新型的新烟碱杀虫剂, 主要用于防治刺吸式口器害虫。本文采用点滴法测定了环氧虫啉对中黑盲蝽、苜蓿盲蝽、三点盲蝽的毒力, 结果表明, 三种盲蝽对环氧虫啉均具有较高的敏感性, 其中中黑盲蝽的敏感性最高, LD₅₀ 值为 2.03 ng/头, 其次为苜蓿盲蝽和三点盲蝽, LD₅₀ 分别为 3.12 和 3.34 ng/头。多功能氧化酶抑制剂 PBO 能明显增加环氧虫啉对三种盲蝽的毒力, 谷胱甘肽 S 转移酶抑制剂 DEM 只在中黑盲蝽上对环氧虫啉表现出增效作用, 而羧酸酯酶抑制剂 TPP 未显示增效作用。这说明, 环氧虫啉具有防治苜蓿盲蝽属三种害虫的应用潜力, 细胞色素 P450-单加氧酶可能在环氧虫啉代谢中起重要作用。

关键词 新烟碱杀虫剂; 苜蓿盲蝽属; 毒力; 酶抑制剂

中图分类号: S 435.622 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.06.024

The susceptibility of three *Adelphocoris* species to cycloxypridLiu Yongqiang¹, Pan Hongsheng^{1,2}, Lu Yanhui¹

(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. Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract Cycloxyprid is a novel self-developed neonicotinoid insecticide for the control of sucking insect pests. Three *Adelphocoris* species (Hemiptera: Miridae), *A. suturalis*, *A. lineolatus*, and *A. fasciaticollis*, are important insect pests in cotton, alfalfa and other crops in China. Bioassays of cycloxyprid showed that *A. suturalis* (LD₅₀: 2.03 ng/adult) was more susceptible to cycloxyprid than *A. lineolatus* and *A. fasciaticollis* with LD₅₀ values of 3.12 and 3.34 ng/adult, respectively. The toxicity of cycloxyprid to three *Adelphocoris* species could be synergized by piperonyl butoxide (PBO), but generally not by TPP. Inhibitor of glutathione S-transferase (GST), the DEM, showed synergism only to cycloxyprid against *A. suturalis*. The results suggest that cycloxyprid is a candidate for controlling *Adelphocoris* species. Cytochrome P450-dependent monooxygenase might play an important role in the metabolism of cycloxyprid in these three mirid bugs.

Key words neonicotinoid; *Adelphocoris*; insecticide toxicity; enzyme inhibitor

半翅目盲蝽科苜蓿盲蝽属的苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* (Goeze)、中黑盲蝽 *A. suturalis* Jakovlev 和三点盲蝽 *A. fasciaticollis* Reuter 是我国棉花、苜蓿等作物的重要害虫^[1-3]。中黑盲蝽主要分布在长江流域以及黄河流域南部, 三点盲蝽主要分布在黄河流域的北部和中部地区, 苜蓿盲蝽除在黄河流域北部和中部地区有分布外, 还广泛分布在西北地区^[1]。三种盲蝽成虫和若虫以刺吸方式为害寄主植物的营养和生殖器官, 引起叶片、花和果实的

脱落或畸形, 导致作物减产。同时, 三种盲蝽成虫具有较强的飞行能力^[4], 常在不同作物之间转移、交叉为害, 导致区域性、多作物上暴发成灾。

环氧虫啉(cycloxyprid)是一种顺式氧桥杂环结构新烟碱杀虫剂^[5-7], 对靶标具有独特的抑制作用。它对半翅目害虫稻飞虱^[8]、麦长管蚜^[7]、烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius)^[9]、叶蝉^[10] 以及绿盲蝽 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür)^[11] 具有较高活性。本研究评价了苜蓿盲蝽属三种害虫对环氧虫啉的敏

收稿日期: 2017-03-17 修订日期: 2017-05-14

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201900); 国家现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-18-12)

* 通信作者 E-mail: yhlu@ippcaas.cn

感性,同时通过比较解毒酶抑制剂对环氧虫啉的增效作用,初步探索其在三种盲蝽中代谢的可能机制。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

中黑盲蝽、苜蓿盲蝽和三点盲蝽成虫和若虫采自中国农业科学院廊坊科研中试基地棉田,随后转入塑料盒(20 cm×10 cm×6 cm)中,利用新鲜四季豆 *Phaseolus vulgaris* Linn. 豆荚进行继代饲养^[12]。饲养环境条件为(26±1)℃,RH(60±5)%,光周期 L//D=14 h//10 h。虫源饲养至第 4 代,用于下列试验研究。

1.2 药剂及试剂

97%环氧虫啉原药,由华东理工大学钱旭红教授实验室提供;磷酸三苯酯(TPP,化学纯),由上海化学试剂厂生产;增效醚(PBO,90%原油)、顺丁烯二酸二乙酯(DEM,97%原油),由 Sigma-Aldrich 化学有限公司生产。

1.3 生物测定

毒力测定采用点滴法^[13],具体参照 Scott 和 Georghiou 的方法并略有修改^[14]。将原药用丙酮溶解配成系列浓度,用二氧化碳麻醉试虫后,用毛细管微量点滴器将 0.5 μL 药液点滴于 4 日龄成虫前胸背板^[12],点滴处理后,将试虫转入养虫管(高 9 cm,

直径 2 cm),喂以 3 cm 长的新鲜四季豆,放入(26±1)℃,光周期 L//D=14 h//10 h,湿度(60±5)%的条件下饲养。每处理 15 头成虫,重复 3 次,以丙酮代替药剂作对照,24 h 后检查试验结果^[12],用镊子轻触后无反应者视为死亡。

分别将 PBO、DEM、TPP 等 3 种酶抑制剂用丙酮溶解,测定时将其点滴于 4 日龄试虫前胸背板上,点滴量为 0.5 μL,用量为 20 μg/头,1 h 后用系列浓度杀虫剂处理,方法同室内毒力测定。对照处理酶抑制剂用量为 20 μg/头。

1.4 统计分析

数据处理采用 SPSS 13.0 软件,计算 LD₅₀ 等相关数据。

2 结果与分析

2.1 室内毒力效果

毒力测定中,对照处理试虫死亡率均低于 5%。环氧虫啉对中黑盲蝽毒力最高,LD₅₀ 为 2.03 ng/头,对苜蓿盲蝽和三点盲蝽的 LD₅₀ 分别为 3.12 和 3.34 ng/头。环氧虫啉对苜蓿盲蝽和三点盲蝽致死中量分别为中黑盲蝽的 1.54 和 1.65 倍,而苜蓿盲蝽和三点盲蝽对环氧虫啉的敏感性没有差异(LD₅₀ 置信区间重叠视为同一水平)。

表 1 点滴法测定苜蓿盲蝽属三种害虫对环氧虫啉的敏感性

Table 1 Susceptibility of three *Adelphocoris* species to cyclozaprid in laboratory determined by topical application

试虫 Species	斜率±SE Slope±SE	LD ₅₀ /ng·头 ⁻¹	95%置信区间/ng·头 ⁻¹ 95% Confidence interval	χ ² (df)	P 值 P value
中黑盲蝽 <i>A. suturalis</i>	3.15±0.38	2.03	1.65~2.48	7.16(13)	0.8937
苜蓿盲蝽 <i>A. lineolatus</i>	3.20±0.38	3.12	2.56~3.84	13.27(13)	0.4271
三点盲蝽 <i>A. fasciaticollis</i>	3.25±0.39	3.34	2.75~4.11	8.24(13)	0.8277

2.2 酶抑制剂的增效作用

PBO 能增加环氧虫啉对三种盲蝽的毒力,在中黑盲蝽、苜蓿盲蝽和三点盲蝽上的增效比分别为 5.80、1.45 和 3.28。TPP 和 DEM 在环氧虫啉对苜蓿盲蝽

和三点盲蝽的毒力测定中均未显示增效作用,仅 DEM 在中黑盲蝽对环氧虫啉的敏感性测定中显示出了增效作用,增效比为 1.52。

表 2 酶抑制剂对环氧虫啉的增效作用

Table 2 Synergism of enzyme inhibitors to cyclozaprid against three *Adelphocoris* species

试虫 Species	药剂 Compound	斜率±SE Slope±SE	LD ₅₀ /ng·头 ⁻¹	95%置信区间/ng·头 ⁻¹ 95% Confidence interval	χ ² (df)	P 值 P value	增效比 SR
中黑盲蝽 <i>A. suturalis</i>	cyclozaprid+PBO	2.02±0.27	0.35	0.24~0.46	5.37(16)	0.993 6	5.80
	cyclozaprid+DEM	3.07±0.37	1.34	1.09~1.65	1.53(13)	1.000 0	1.52
	cyclozaprid+TPP	2.22±0.32	2.08	1.56~2.70	2.68(13)	0.998 9	0.98
苜蓿盲蝽 <i>A. lineolatus</i>	cyclozaprid+PBO	2.73±0.35	2.15	1.71~2.69	6.04(13)	0.944 7	1.45
	cyclozaprid+DEM	3.37±0.39	2.71	2.24~3.29	7.52(13)	0.873 6	1.15
	cyclozaprid+TPP	3.37±0.39	3.02	2.50~3.68	5.53(13)	0.961 6	1.03
三点盲蝽 <i>A. fasciaticollis</i>	cyclozaprid+PBO	3.20±0.38	1.02	0.83~1.24	7.64(13)	0.866 5	3.28
	cyclozaprid+DEM	2.06±0.32	3.76	2.74~4.97	3.73(13)	0.993 7	0.89
	cyclozaprid+TPP	3.26±0.39	3.57	2.94~4.42	6.18(13)	0.939 3	0.94

3 讨论

本试验结果表明,环氧虫啉对中黑盲蝽、苜蓿盲蝽和三点盲蝽均具有较高的触杀毒力,这与 Pan 等发现的环氧虫啉对绿盲蝽毒力较高的结论一致,环氧虫啉对绿盲蝽的毒力高于传统新烟碱杀虫剂啉虫脒、噻虫胺、呋虫胺、烯啉虫胺、吡虫啉和噻虫嗪^[12]。上述研究初步表明,环氧虫啉具有防治盲蝽类害虫的应用潜力,有待进一步开展田间试验,确定环氧虫啉对三种盲蝽的最佳使用浓度。

新烟碱类杀虫剂是国内外防治半翅目(蚜虫、烟粉虱和稻飞虱)和鞘翅目(甲虫类)害虫的重要杀虫剂^[15],然而,靶标害虫蚜虫[桃蚜 *Myzus persicae* (Sulzer)、忽布疣蚜 *Phorodon humuli* (Schrank) 和棉蚜 *Aphis gossypii* Glover],粉虱(烟粉虱)和马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata* Say 等已对新烟碱杀虫剂产生了一定程度的抗药性^[18-19]。细胞色素 P450-单加氧酶活性升高是害虫对传统新烟碱杀虫剂(啉虫脒、吡虫啉和噻虫嗪)产生抗性的重要机制^[16-18],已有研究表明细胞色素 P450-单加氧酶活性与棉蚜的吡虫啉抗性有关^[19],但 Cui 等发现环氧虫啉对棉蚜吡虫啉抗性种群和敏感种群的毒力没有差异,这表明环氧虫啉和吡虫啉可能有不同的毒理学机制,可用于吡虫啉抗性棉蚜种群的治理^[20]。同时,环氧虫啉对其他吡虫啉抗性害虫也具有较高活性,其对具有吡虫啉抗性的褐飞虱上活性高于吡虫啉 50 倍^[5]。因此,环氧虫啉具有防治包括苜蓿盲蝽属害虫在内的传统新烟碱抗性害虫的应用前景。

中肠和脂肪体中的解毒酶通常与杀虫剂代谢有关^[21],酶活升高可降低昆虫对杀虫剂的敏感性^[22]。如,细胞色素 P450-单加氧酶活性的升高增加了烟粉虱对吡虫啉的抗性^[16],羧酸酯酶在西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* Pergande 对噻虫嗪的抗性中起一定作用^[23];谷胱甘肽 S-转移酶活性的升高与有机磷杀虫剂抗性的产生有关^[24]。增效测定表明,PBO 能明显增加环氧虫啉对三种盲蝽的毒力,而 TPP 均未表现出增效作用;DEM 在测定环氧虫啉对苜蓿盲蝽和三点盲蝽的毒力中也未显示增效作用。因此,细胞色素 P450-单加氧酶可能在上述三种盲蝽环氧虫啉代谢中起主要作用。

参考文献

[1] 姜玉英,陆宴辉,曾娟. 盲蝽分区监测与治理[M]. 北京:中

国农业出版社,2015.

- [2] Lu Yanhui, Qiu Feng, Feng Hongqiang, et al. Species composition and seasonal abundance of pestiferous plant bugs (Hemiptera: Miridae) on Bt cotton in China [J]. Crop Protection, 2008, 27: 465 - 472.
- [3] 陆宴辉,吴孔明. 棉花盲蝽象及其防治[M]. 北京:金盾出版社,2008.
- [4] Lu Yanhui, Wu Kongming, Wyckhuys K A G, et al. Comparative flight performance of three important pest *Adelphocoris* species of Bt cotton in China [J]. Bulletin of Entomological Research, 2009, 99(6): 543 - 550.
- [5] Shao Xusheng, Fu Hua, Xu Xiaoyong, et al. Divalent and oxabridged neonicotinoids constructed by dialdehydes and nitroethylene analogues of imidacloprid: design, synthesis, crystal structure, and insecticidal activities [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(5): 2696 - 2702.
- [6] Shao Xusheng, Lee P W, Liu Zewen, et al. *Cis*-configuration: A new tactic/rationale for neonicotinoid molecular design [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(7): 2943 - 2949.
- [7] Cui Li, Sun Lina, Yang Daibin, et al. Effects of cycloxaprid, a novel *cis*-nitromethylene neonicotinoid insecticide, on the feeding behavior of *Sitobion avenae* [J]. Pest Management Science, 2012, 68(11): 1484 - 1491.
- [8] 刘宝生,张志春,谢霖,等. 新药剂环氧虫啉对稻飞虱的杀虫活性和田间效果[J]. 西南农业学报,2013,26(1): 155 - 158.
- [9] Wang Ran, Zheng Huixin, Qu Cheng, et al. Lethal and sublethal effects of a novel *cis*-nitromethylene neonicotinoid insecticide, cycloxaprid, on *Bemisia tabaci* [J]. Crop Protection, 2016, 83: 15 - 19.
- [10] Shao Xusheng, Liu Zewen, Xu Xiaoyong, et al. Overall status of neonicotinoid insecticides in China: Production application and innovation [J]. Journal of Pesticide Science, 2013, 38(1): 1 - 9.
- [11] Pan Hongsheng, Liu Yongqiang, Liu Bing, et al. Lethal and sublethal effects of cycloxaprid, a novel *cis*-nitromethylene neonicotinoid insecticide, on the mirid bug *Apolygus lucorum* [J]. Journal of Pest Science, 2014, 87(4): 731 - 738.
- [12] 陆宴辉,吴孔明,蔡晓明,等. 利用四季豆饲养盲蝽的方法[J]. 植物保护学报,2008,35(3): 215 - 219.
- [13] Desneux N, Denoyelle R, Kaiser L. A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi* [J]. Chemosphere,2006,65(10):1697 - 1706.
- [14] Scott J G, Georghiou G P. Mechanisms responsible for high levels of permethrin resistance in housefly [J]. Pesticide Science, 1986, 17(3): 195 - 206.
- [15] Nauen R, Denholm I. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects [J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 2005, 58(4): 200 - 215.

(下转 172 页)

3 结论与讨论

研究表明,盘锦稻区蜘蛛种类较丰富,调查期共采集到 11 科 37 种蜘蛛,优势种为横纹金蛛、粽管巢蛛和草间钻头蛛,斜纹猫蛛、三突花蛛、黄褐新园蛛等近 10 种蜘蛛也是稻田常见种类,这与王井士等^[11]的调查结果一致。蜘蛛迁入稻田即开始群落重建,当种类数或密度达到最大时,群落重建结束,在北方单季稻区,重建持续时间较长,从插秧起,2 个月后种类数达到最大,这可能由于前期稻田水层较深,稻苗相对稀疏矮小,不适宜蜘蛛结网或在稻株间游猎,而 8 月份稻田内水层较浅或处于晒田模式,湿润的土壤裸露,且稻飞虱等蜘蛛猎物的数量激增,使得更多的农田蜘蛛迁入稻田生境,优势种蜘蛛的突出地位随之下降。毛润乾等^[12]研究认为,稻田中害虫种类和数量、种库距稻田的远近也影响群落的重建和维持。如果能利用生态调控技术^[13],在天敌重建期间,充分保护和利用稻田周围生境中的天敌,使天敌进田时间提早,重建速度加快,重建完成时间缩短,那么,天敌的自然控制作用便会进一步加强。

蜘蛛群落多样性研究表明,8 月下旬多样性指数最高,香农-威纳指数、均匀度指数、丰富度指数及优势度指数依次为 3.069 7、0.850 1、4.417 2、0.195 3,多样性水平随时间呈不规律的变化,6 月初,水稻插秧不久,需要经历一段时间缓苗,多样性水平最低。而由于盘锦稻区特有的盐碱地特性,水质 pH 较其他地区偏高,尤其在后期晒田阶段,这对田间杂草种类及害虫种类的分布有一定影响,从而

在一定程度上间接影响蜘蛛群落的结构组成、多样性及动态变化。

参考文献

- [1] Liss W J, Gut L J, Westigard P H. Perspectives on arthropod community structure, organization and development in agricultural crops [J]. *Annual Review Entomology*, 1986, 31: 455 - 478.
- [2] 马晓慧, 桑海旭, 刘郁. 辽宁盘锦稻区杂草地与稻田中蜘蛛动态[J]. *植物保护*, 2015, 41(3): 165 - 168.
- [3] 庞雄飞, 尤民生. 昆虫群落生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 147.
- [4] 陈孝恩, 高君川. 四川农田蜘蛛彩色图册[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1990: 41 - 195.
- [5] 李永禧, 周玉宏, 王助引, 等. 广西经济昆虫图册(捕食性昆虫)[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1990: 1 - 95.
- [6] 彭贤锦, 谢莉萍, 肖小芹, 等. 中国跳蛛(蛛形纲: 蜘蛛目)[M]. 长沙: 湖南师范大学出版社, 1993: 21 - 250.
- [7] 尹长民, 彭贤锦, 谢莉萍, 等. 中国狼蛛(蛛形纲: 蜘蛛目)[M]. 长沙: 湖南师范大学出版社, 1997: 23 - 289.
- [8] 宋大祥, 朱明生. 中国动物志无脊椎动物第八卷(蛛形纲: 蜘蛛目: 蟹蛛科, 逍遥蛛科)[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 136 - 149.
- [9] 朱明生. 中国动物志无脊椎动物 第十三卷(蛛形纲: 蜘蛛目: 球蛛科)[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 69 - 73.
- [10] 毛润乾, 张文庆, 张古忍, 等. 稻田稻飞虱卵寄生蜂群落的重建和维持[J]. *昆虫学报*, 2002, 45(1): 96 - 101.
- [11] 王井士, 马晓慧, 桑海旭. 辽河三角洲稻区优势天敌种类调查分析[J]. *植物保护*, 2015, 41(1): 163 - 165.
- [12] 毛润乾, 张文庆, 张古忍, 等. 非稻田生境飞虱卵寄生蜂群落的结构和动态[J]. *中山大学学报*, 1999, 38(5): 72 - 76.
- [13] 俞晓平, 胡萃, Heong K L. 非作物生境对农田害虫及天敌的影响[J]. *中国生物防治*, 1996, 12(3): 130 - 133.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 146 页)

- [16] Roditakis E, Grispou M, Morou E, et al. Current status of insecticide resistance in Q biotype *Bemisia tabaci* populations from crete [J]. *Pest Management Science*, 2009, 65(3): 313 - 322.
- [17] 姚明德. B 型烟粉虱抗吡虫啉品系的交互抗性谱及抗性生化机理[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
- [18] 封云涛. B 型烟粉虱入侵种群对噻虫嗪抗性机理的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [19] 郭天凤, 史雪岩, 高希武, 等. 棉蚜吡虫啉、啉虫脒不同品系解毒酶活性测定和增效作用的研究[J]. *环境昆虫学报*, 2014, 36(3): 388 - 394.
- [20] Cui Li, Qi Haoliang, Yang Daibin, et al. Cycloxaprid: a novel cis-nitromethylene neonicotinoid insecticide to control imidacloprid-resistant cotton aphid (*Aphis gossypii*) [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2016, 132: 96 - 101.
- [21] Valles S M, Yu S J. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the German cockroach (Diptera: Blattellidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1996, 89(1): 21 - 26.
- [22] 刘喃喃, 朱芳, 徐强, 等. 昆虫抗药性机理: 行为和生理改变及解毒代谢增强[J]. *昆虫学报*, 2006, 49(4): 671 - 679.
- [23] Gao Congfen, Ma Shaozhi, Shan Caihui, et al. Thiamethoxam resistance selected in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): Cross-resistance patterns, possible biochemical mechanisms and fitness costs analysis [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2014, 114(5): 90 - 96.
- [24] Zhu Yucheng, Blanco C A, Portilla M, et al. Evidence of multiple/cross resistance to Bt and organophosphate insecticides in Puerto Rico population of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2015, 122: 15 - 21.

(责任编辑: 杨明丽)