

文章编号: 1674-7054(2021)01-0083-05

# 11种杀虫剂对螟黄赤眼蜂的急性毒性和安全性评价

李增鑫, 李亮, 何月平

(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, 武汉 430070)

**摘要:** 采用管测药膜法测定了4种新型杀虫剂及7种常用杀虫剂对螟黄赤眼蜂的急性毒性, 并参考各药剂的田间推荐剂量进行了安全性评价, 旨在为农药的安全合理使用提供科学依据, 同时为协调生物与化学防治有害生物的关系提供理论指导。结果表明, 供试4种新型杀虫剂中, 仅乙基多杀菌素对螟黄赤眼蜂成蜂表现为中等风险性, 溴氰虫酰胺、三氟苯嘧啶和氟苯虫酰胺的表现相对安全; 7种常用杀虫剂中, 毒死蜱对螟黄赤眼蜂成蜂表现为高风险性, 阿维菌素、吡虫啉和烯啶虫胺表现为中等风险性, 氯虫苯甲酰胺、茚虫威和甲维盐的表现相对安全。

**关键词:** 螟黄赤眼蜂; 杀虫剂; 急性毒性; 安全性评价

**中图分类号:** S 476.3 **文献标志码:** A

**引用格式:** 李增鑫, 李亮, 何月平. 11种杀虫剂对螟黄赤眼蜂的急性毒性和安全性评价 [J]. 热带生物学报, 2021, 12(1): 83-87. DOI: 10.15886/j.cnki.rdxwb.2021.01.012

赤眼蜂属 (*Trichogramma*) 隶属膜翅目 (Hymenoptera), 细腰亚目 (Apocrita), 小蜂总科 (Chalcidoidea), 赤眼蜂科 (Trichogrammatidae)。赤眼蜂主要应用于鳞翅目害虫以及其他害虫的防控, 其可寄生害虫种类多达 400 多种, 是全球运用最广的一类天敌昆虫<sup>[1-2]</sup>。赤眼蜂的成虫可以将卵产在寄主害虫的卵内, 取食寄主卵作为营养而导致寄主的卵难以孵化, 将害虫防治于孵化前。赤眼蜂用于农业害虫的生物防治最早可追溯到 1882 年, 加拿大从美国引进微小赤眼蜂 *Trichogramma minutum* Riley 用于害虫的防治; 此后人们开始广泛地将赤眼蜂用于害虫的防治领域; 1927 年利用麦蛾卵 *Sitotroga cerealella* (Olivier) 为中间寄主成功繁殖赤眼蜂后, 赤眼蜂开始被大规模应用于田间试验<sup>[3-4]</sup>。目前, 全球人工繁殖释放的赤眼蜂种类多达 20 余种, 每年使用赤眼蜂防治农林害虫的面积高达 3 000 万  $\text{hm}^2$  以上, 主要用于防治对玉米、棉花、卷心菜、甘蔗、水稻、松树、苹果树、梨树和云杉等多种经济作物、粮食作物等造成重大危害的农林害虫<sup>[4]</sup>。而螟黄赤眼蜂 (*T. chilonis*) 是我国用于生物防治的重要优势蜂种, 在防治多种害虫上发挥了重要作用<sup>[5]</sup>。

长期以来, 化学防治都是控制害虫的主要方式, 但由于农药的频繁及不合理使用, 在杀死靶标有害生物的同时也可能杀伤天敌, 影响其对栖境内害虫的自然控制能力, 进而对生态系统产生影响<sup>[6-7]</sup>。研究表明, 常规的有机磷类和氨基甲酸酯类杀虫剂对赤眼蜂通常具有较高的急性毒性, 且不安全<sup>[8-9]</sup>, 如乙酰甲胺磷和仲丁威对螟黄赤眼蜂 *Trichogramma chilonis*<sup>[10]</sup>; 具有广谱特性的拟除虫菊酯类杀虫剂对害虫和天敌赤眼蜂表现出较高的杀虫活性<sup>[8]</sup>, 如醚菊酯对螟黄赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi*<sup>[11]</sup>。本研究旨在为农药的安全合理使用提供科学依据, 同时为协调生物与化学防治有害生物的关系提供理论指导。

## 1 材料与方法

**1.1 供试虫源** 2019年2月至6月, 多次从中科白云生物公司购买螟黄赤眼蜂的卵卡, 放置在温度为

收稿日期: 2020-12-12

修回日期: 2021-01-08

基金项目: 国家重点研发技术项目(2016YFD0300700); 中央高校基本科研业务费专项资金(2662017JC006)

第一作者: 李增鑫(1995-), 男, 华中农业大学植物科学技术学院 2018 级硕士研究生. E-mail: 1350655328@qq.com

通信作者: 何月平(1981-), 男, 副教授. 研究方向: 昆虫毒理. E-mail: heyp@mail.hzau.edu.cn

表 1 供试药剂的有效成分含量及生产厂家

Tab. 1 Active ingredient contents and manufacturers of tested insecticides

药剂名称 Insecticide name	类别 Category	作用靶标 Action target	有效成分含量 Content of A.I.	生产厂家 Manufacturer
毒死蜱 Chlorpyrifos	有机磷类 Organophosphates	乙酰胆碱酯酶	98%原药	武汉康宝泰精细化工有限公司
茚虫威 Indoxacarb	氨基甲酸酯类 Carbamates	神经细胞电压门控钠离子通道	95.5%原药	武汉康宝泰精细化工有限公司
阿维菌素 Abamectin	抗生素类 Antibiotics	$\gamma$ -氨基丁酸氯离子通道	97.75%原药	凯利化工有限公司
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	双酰胺类 Diamide	鱼尼丁受体	95%原药	武汉康宝泰精细化工有限公司
烯啶虫胺 Nitenpyram	新烟碱类 Neonicotinoids	烟碱类乙酰胆碱受体	95.8%原药	无锡瑞泽农药有限公司
吡虫啉 Imidacloprid	新烟碱类 Neonicotinoids	烟碱类乙酰胆碱受体	96.9%原药	湖北沙隆达股份有限公司
甲维盐 Emamectin benzoate	抗生素类 Antibiotics	$\gamma$ -氨基丁酸和谷氨酸	71%原药	江西正邦生物化工股份有限公司
乙基多杀菌素 Spinetoram	抗生素类 Antibiotics	烟碱类乙酰胆碱受体	60 g·L <sup>-1</sup> 悬浮剂	美国陶氏益农公司
氟苯虫酰胺 flubendiamide	双酰胺类 Diamide	鱼尼丁受体	10%悬浮剂	江苏龙灯化学公司
溴氰虫酰胺 Cyantraniliprole	双酰胺类 Diamide	鱼尼丁受体	95%原药	武汉康宝泰精细化工有限公司
三氟苯嘧啶 Triflumezopyrim	介离子类 Mesoionic	烟碱类乙酰胆碱受体	10%悬浮剂	美国杜邦公司

(25±1)℃, 相对湿度为 60%~80%, 光: 暗周期为 16 h: 8 h 的培养箱中, 待其自然孵化。试验所用试虫为羽化 12 h 内的成蜂。

1.2 供试药剂 具体信息见表 1。

1.3 测定方法 按照《化学农药环境安全评价试验准则》的要求, 采用管测药膜法<sup>[12]</sup>, 在预试验的基础上, 设置 5~6 个有效浓度。选取宽 2 cm、高 10 cm 的指形管, 加入 0.5 mL 药液, 转动指形管, 使溶剂挥发以制备药膜, 对照管以丙酮或水处理。将羽化 12 h 之内的成蜂(60±10)头引入管中, 用透气黑布封口, 置于培养箱中, 温度(25±1)℃, 湿度 60%~80%, 光暗周期 16 h: 8 h; 8 h 后检查并统计管中死亡和存活蜂数。每个指形管为 1 个重复, 每个处理重复 3 次。以毛笔轻触虫体, 幼虫不能协调运动为死亡标准, 对照死亡率小于 10% 为有效试验。杀虫剂风险系数=大田推荐剂量(g·hm<sup>-2</sup>)/LC<sub>50</sub>(mg·L<sup>-1</sup>)。风险等级分 3 级: 风险系数≤50 为相对安全; 50<风险系数≤2 500 为中等毒性; III: 风险系数>2 500 为危险<sup>[13]</sup>。

1.4 数据处理 实验数据采用 PoloPlus 软件分析, 计算 11 种杀虫剂对螟黄赤眼蜂成蜂的 LC<sub>50</sub> 值及其 95% 置信限、卡方值等。

## 2 结果与分析

2.1 11 种杀虫剂对螟黄赤眼蜂成蜂的急性毒性比较 供试的 11 种杀虫剂对螟黄赤眼蜂成蜂的急性毒性均较高(表 2), 其中乙基多杀菌素对赤眼蜂成蜂的 8 h LC<sub>50</sub> 最高, 为 0.007 5 mg·L<sup>-1</sup>, 阿维菌素、毒死蜱、吡虫啉、烯啶虫胺、氯虫苯甲酰胺、甲维盐、溴氰虫酰胺、茚虫威、三氟苯嘧啶和氟苯虫酰胺对赤眼蜂成蜂的 8 h LC<sub>50</sub> 依次为 0.020、0.042、0.103、0.396、0.949、1.233、2.440、2.923、254.2、547.9 mg·L<sup>-1</sup>。经相等性假设测验分析, 发现药剂间差异显著(P<0.05)。毒力次序为乙基多杀菌素>阿维菌素、毒死蜱、吡虫啉、烯啶虫胺、氯虫苯甲酰胺、甲维盐、溴氰虫酰胺、茚虫威>三氟苯嘧啶、氟苯虫酰胺。

2.2 11 种杀虫剂对螟黄赤眼蜂成蜂的安全性比较 11 种杀虫剂对螟黄赤眼蜂成蜂的风险系数见表 2, 结果表明, 毒死蜱对赤眼蜂成蜂的风险系数为 14 285.71, 表现为高风险; 阿维菌素对赤眼蜂成蜂的风险系

表 2 11 种杀虫剂对螟黄赤眼蜂成蜂的急性毒性及安全性

Tab. 2 Toxicity and Safety evaluation of eleven insecticides to *Trichogramma chilonis*

药剂名称 Insecticide name	斜率±标准误 Slope±SE	致死中浓度 $LC_{50}$ ( $mg \cdot L^{-1}$ )	95%置信区间 95% CL	卡平方(自由度) $\chi^2$ (df) <sup>1</sup>	田间推荐剂量/ ( $g \cdot ha^{-1}$ )	风险系数 <sup>2</sup> Risk quotient <sup>2</sup>	风险级别 <sup>3</sup> Risk level <sup>3</sup>
毒死蜱 Chlorpyrifos	2.696±0.170	0.042	0.031 ~ 0.059	6.96(3)	450 ~ 600	14 285.71	III
阿维菌素 Abamectin	0.945±0.102	0.020	0.011 ~ 0.039	5.45(3)	21.6 ~ 32.4	1 620.00	II
乙基多杀菌素 Spinetoram	1.269±0.050	0.0075	0.005 ~ 0.010	36.38(8)*	1.8 ~ 2.7	360.00	II
吡虫啉 Imidacloprid	1.333±0.089	0.103	0.026 ~ 0.277	9.195(3)*	15 ~ 30	291.30	II
烯啶虫胺 Nitenpyram	0.822±0.106	0.396	0.308 ~ 0.506	2.27(4)	15 ~ 30	75.76	II
氯虫苯甲酰胺 Chlorantraniliprole	2.044±0.176	0.949	0.645 ~ 1.308	3.55(3)	15 ~ 30	31.61	I
溴氰虫酰胺 Cyantraniliprole	0.703±0.056	2.440	1.781 ~ 3.248	1.79(3)	30 ~ 37.5	15.37	I
茚虫威 Indoxacarb	0.42±0.077	2.923	0.190 ~ 6.567	3.13(3)	27 ~ 40.5	13.86	I
甲维盐 Emamectin benzoate	0.52±0.045	1.233	0.561 ~ 4.329	8.38(4)	1.5 ~ 1.8	1.46	I
三氟苯嘧啶 Triflumezopyrim	0.508±0.045	254.2	133.7 ~ -651.3	6.47(4)	1.8 ~ 2.7	0.14	I
氟苯虫酰胺 flubendiamide	0.968±0.067	547.9	426.6 ~ 690.0	7.59(5)	15 ~ 30	0.03	I

注: 标有“\*”的毒力数据不符合机率值模型(卡方测验 $P < 0.05$ ); <sup>2</sup>风险系数=田间推荐剂量( $g \cdot hm^{-2}$ )/ $LC_{50}$  ( $mg \cdot L^{-1}$ ); <sup>3</sup>风险级别: I: 安全(风险系数 $\leq 50$ ); II: 中等毒性( $50 < \text{风险系数} \leq 2\ 500$ ); III: 危险(风险系数 $> 2\ 500$ )。

Note: <sup>1</sup>The virulence data labeled "\*" did not fit the probability model (chi-square test  $P < 0.05$ ); <sup>2</sup>risk coefficient = recommended dose ( $g \cdot hm^{-2}$ )/ $LC_{50}$  ( $mg \cdot L^{-1}$ ); <sup>3</sup>Risk level: I: safety (risk quotient  $< 50$ ); Medium toxicity II: ( $50 < \text{risk quotient} < 2\ 500$ ); III: hazards (risk quotient  $> 2\ 500$ ).

数为 1 620.00, 乙基多杀菌素风险系数为 360.00, 吡虫啉风险系数为 291.30, 烯啶虫胺风险系数为 75.76, 表现为中等风险; 氯虫苯甲酰胺、溴氰虫酰胺、茚虫威、甲维盐、三氟苯嘧啶、氟苯虫酰胺对赤眼蜂成蜂的风险系数依次是 31.61、15.37、13.86、1.46、0.14、0.03, 表现为低风险。

### 3 结 论

本研究结果表明, 7 种常规杀虫剂只有毒死蜱对螟黄赤眼蜂成蜂表现为高风险性; 阿维菌素、吡虫啉和烯啶虫胺均表现为中等风险性, 类似的相关研究结果也表明杀虫剂如毒死蜱、阿维菌素、多杀菌素、高效氯氟氰菊酯、烯啶虫胺、氟虫腈、噻虫嗪、对赤眼蜂均表现出高风险性<sup>[14-18]</sup>。有相关研究结果表明新烟碱类杀虫剂吡虫啉对一些赤眼蜂种如螟黄赤眼蜂, 短管赤眼蜂 *Trichogramma pretiosum* Riley, *Trichogramma platneri* Nagarkatti, 甘蓝夜蛾赤眼蜂 *Trichogramma brassicae* Westwood 和卷蛾赤眼蜂 *Trichogramma cacoeciae* Marchal 具有较高的毒性风险<sup>[10, 17, 19]</sup>, 本研究结果与文献 [10, 17, 19] 结果基本一致。氯虫苯甲酰胺自 2008 年在中国取得商业登记以来, 随着其在田间应用量的不断增大, 抗性报道也在不断增多, 改变其使用方法及频率是降低抗药性的关键一步。张俊杰等<sup>[20]</sup> 研究发现氯虫苯甲酰胺对螟黄赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂成蜂毒性表现为低风险性, 并且处理不同发育阶段的赤眼蜂寄生米蛾卵后, 2 种赤眼蜂的平均羽化率达到 88.2% ~ 89.3%, 本研究结果与文献 [20] 报道相符合。王彦华等<sup>[21]</sup> 研究发现, 甲维盐对 4 种赤眼蜂的毒性为低风险至中等风险, 也有研究结果表明, 该种药剂对螟黄赤眼蜂和短管赤眼蜂的毒性风险较低<sup>[22]</sup>。在本研究中甲维盐对螟黄赤眼蜂成蜂表现为低风险性, 与上述研究结果相符合。但袁伟宁等<sup>[23]</sup> 研究发现甲维盐对松毛虫赤眼蜂毒力最高,  $LC_{50}$  为  $0.078\ mg \cdot L^{-1}$ , 田间施用应避免赤眼蜂的出蜂时期。同

种药剂对不同赤眼蜂品种毒性的差异可能与不同赤眼蜂品种的形态结构、体表面积、体质量、体形大小、生理功能及生化代谢有关<sup>[24]</sup>。尽管在本研究中茚虫威对螟黄赤眼蜂表现为安全,但是由于我国田间害虫种群已对其产生抗性,如果有其他更安全的药剂,建议采用其他药剂。

4种新型杀虫剂中除了乙基多杀菌素对螟黄赤眼蜂表现为中等风险外,其他3种杀虫剂三氟苯嘧啶、溴氰虫酰胺和氟苯虫酰胺表现为相对安全。三氟苯嘧啶属于杜邦公司研发的新型嘧啶酮类化合物,对稻飞虱、叶蝉等具有高效、持效、用量低的特性,且对环境友好,但是关于对天敌昆虫影响方面的研究较少,经过本研究发现三氟苯嘧啶对螟黄赤眼蜂表现为相对安全。溴氰虫酰胺是杜邦公司成功开发的第二代与氯虫苯甲酰胺相同类型的鱼尼丁受体作用剂类杀虫剂。张唯伟等<sup>[25]</sup>研究发现溴氰虫酰胺(10%油悬浮剂)对螟黄赤眼蜂的毒性较强,接触6h后的死亡率均超过96%。但在本研究中发现溴氰虫酰胺对螟黄赤眼蜂成蜂表现为低风险性,造成这种差异的原因可能与药剂的剂型有关,具体原因需要进一步探究。

本研究明确了11种杀虫剂对螟黄赤眼蜂成蜂的急性毒性及安全性,这为今后如何更好地从保护天敌的角度合理使用农药,使其充分发挥生物防治的作用提供了科学依据。在田间应用中需要严格控制上述中、高风险性杀虫剂的施用,尽量避开螟黄赤眼蜂放蜂期及发生盛期,或者选择其他风险性较低的药剂,如三氟苯嘧啶、甲维盐和溴氰虫酰胺等,以达到害虫综合治理的最佳效果。

## 参考文献:

- [1] WAJNBERG E, HASSAN S A. Biological control with egg parasitoids[M]. Publication of citie: Wallingford, CAB International on behalf of the International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, 1994.
- [2] 林乃铨. 赤眼蜂四新种记述(膜翅目:小蜂总科)[J]. 昆虫学报, 1993, 36(2): 207-215.
- [3] 邱益三. 关于利用赤眼蜂防治害虫的问题[J]. 应用昆虫学报, 1978(3): 23-26.
- [4] 李丽英. 赤眼蜂研究应用新进展[J]. 应用昆虫学报, 1984(5): 48-52.
- [5] 董本春, 李晓光, 高德宇, 等. 螟黄赤眼蜂防治水稻二化螟的研究[J]. 植物保护, 2001, 27(4): 45-46.
- [6] 刘慧平, 韩巨才, 徐琴, 等. 杀虫剂对苹果黄蚜与七星瓢虫的毒力及选择性研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 126-129.
- [7] CLOYD R A, BETHKE J A. Impact of neonicotinoid insecticides on natural enemies in green house and interiorscape environments [J]. *Pest Management Science*, 2011, 67(1): 3-9.
- [8] CARMO E L, BUENO A F, BUENO R C O F. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus* [J]. *BioControl*, 2010, 55(4): 455-464.
- [9] BUENO A F, BATISTELA M J, BUENO R C O F, et al. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean [J]. *Crop Protection*, 2011, 30(7): 937-945.
- [10] PREETHA G, STANLEY J, SURESH S, et al. Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis*: assessing their safety in the rice ecosystem [J]. *Phytoparasitica*, 2009, 37(3): 209-215.
- [11] TAKADA Y, KAWAMURA S, TANAKA T. Effects of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2001, 94(6): 1340-1343.
- [12] 蔡道基, 杨佩芝, 龚瑞忠. 化学农药环境安全性评价试验原则[S]. 北京: 国家环保总局, 1989
- [13] PREETHA G, J STANLEY, S SURESH, et al. Risk assessment of insecticides used in rice on miridbug, *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter, the important predator of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stal.) [J]. *Chemosphere*, 2010, 80: 498-503.
- [14] 孙超, 苏建亚, 沈晋良, 等. 杀虫剂对二化螟卵寄生性天敌稻螟赤眼蜂室内安全性评价[J]. 中国水稻科学, 2008, 22(1): 93-98.
- [15] 吴长兴, 王强, 赵学平, 等. 毒死蜱和甲氰菊酯对赤眼蜂毒性与安全评价[J]. 农药, 2008, 47(2): 125-127.
- [16] 朱九生, 连梅力, 王静, 等. 五种杀虫剂对卵寄生性天敌广赤眼蜂室内安全性评价[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(4): 715-720.
- [17] WILLIAMS L, PRICE L D. A space-efficient contact toxicity bioassay for minute Hymenoptera, used to test the effects of novel and conventional insecticides on the egg parasitoids *Anaphesiole* and *Trichogramma pretiosum* [J]. *Biocontrol*, 2004, 49: 163-185.

- [18] 李钊, 张杰, 武玉国, 等. 23 种农药对松毛虫赤眼蜂的急性毒性及安全性评价[J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(1): 224 – 230.
- [19] BRUNNER J F, DUNLEY J E, DOERR M D, et al. Effect of pesticides on *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoids of leafrollers in Washington [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2001, 94(5): 1075 – 1084.
- [20] 张俊杰, 杜文梅, 臧连生, 等. 氯虫苯甲酰胺对螟黄赤眼蜂和玉米螟赤眼蜂的毒力作用及寄生能力的影响[J]. 农药, 2014, 53(8): 579 – 583.
- [21] 王彦华, 俞瑞鲜, 赵学平, 等. 新烟碱类和大环内酯类杀虫剂对四种赤眼蜂成蜂急性毒性和安全性评价[J]. 昆虫学报, 2012, 55(1): 36 – 45.
- [22] GIRADDI R S, GUNDANAVAR K P. Safety of emamectin benzoate, an avermectin derivative to the egg parasitoids, *Trichogramma spp* [J]. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 2006, 19(2): 417 – 418.
- [23] 袁伟宁, 魏玉红, 牛丽敏, 等. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对 3 种鳞翅目害虫与赤眼蜂的毒力[J]. 中国农学通报, 2018, 35(26): 148 – 152.
- [24] 杨崇珍, 王兴林. 菊酯类杀虫剂对几种赤眼蜂的毒力测定[J]. 西北农业大学学报, 1995, 23(3): 108 – 110.
- [25] 张唯伟, 董怡, 张传清, 等. 稻田常用农药对螟黄赤眼蜂的影响[J]. 热带生物学报, 2019, 10(3): 283 – 287.

## Toxicity and safety evaluation of four new insecticides on *Trichogramma chilonis*

LI Zengxin, LI Liang, HE Yueping

(Huazhong Agricultural University, College of Plant Science and Technology, Hubei Key Laboratory of  
Insect Resource Application and Sustainable Pest Control, Hubei Province, Wuhan, 430070, China)

**Abstract:** The acute toxicity of four new insecticides and seven conventional insecticides to natural enemy *Trichogramma chilonis* was measured with the method of film residue in a tube, and safety assessment was conducted according to the field recommended dosages. Results showed that among the four new insecticides, Spinetoram had exhibited a medium risk on *T. chilonis* adults while Cyantraniliprole, Triflumezopyrim and flubendiamide exhibited relative safety; Among the seven conventional insecticides, Chlorpyrifos had exhibited a high risk on *T. chilonis* adults while Abamectin, Imidacloprid and Nitenpyram was defined as a medium risk, Chlorantraniliprole, Indoxacarb, and Emamectin benzoate exhibited relative safety. Our results provided a valuable reference to the applications of chemical control and nature enemy control of insect pests.

**Keywords:** *T. chilonis*; insecticides; acute toxicity; safety assessment

(责任编辑: 钟云芳)