

4 种杀虫剂对果蝇锤角细蜂 (*Trichopria drosophilae*) 的室内安全性评价*

羊绍武[#], 陈诗涵[#], 张晓明, 李银焮, 陈国华^{**}

(云南农业大学 植物保护学院, 云南生物资源保护与利用国家重点实验室, 云南 昆明 650201)

摘要:【目的】明确不同类型杀虫剂对果蝇锤角细蜂成虫的安全性, 为斑翅果蝇的综合防治和农药的合理施用提供科学依据。【方法】采用指形管药膜法分别测定了 4 种田间用于防治果蝇的不同类型杀虫剂对果蝇锤角细蜂的室内毒力, 并进行了农药对果蝇锤角细蜂的安全性评价。【结果】高效氟氯氰菊酯对果蝇锤角细蜂雌蜂和雄蜂的 LC_{50} 最低, 分别为 19.700 和 18.176 mg/L; LC_{50} 值最高的是乙基多杀菌素, 对雌蜂与雄蜂的 LC_{50} 分别为 228.640 和 193.632 mg/L, 4 种杀虫剂对果蝇锤角细蜂雌蜂的 LC_{50} 均大于雄蜂。4 种杀虫剂中, 啉虫脒和高效氟氯氰菊酯对果蝇锤角细蜂雌蜂和雄蜂均为中等风险, 苦参碱为低风险, 乙基多杀菌素对雌蜂为低风险、对雄蜂为中等风险。【结论】苦参碱和乙基多杀菌素对果蝇锤角细蜂毒性较低, 在田间防治果蝇时可作为优先选用的杀虫剂类型; 啉虫脒和高效氟氯氰菊酯对果蝇锤角细蜂的毒性较高, 在果蝇锤角细蜂活动期应避免使用。

关键词: 果蝇锤角细蜂; 杀虫剂; 毒力测定; 安全性评价

中图分类号: S 482.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X (2019) 06-0949-05

Safety Evaluation of Four Insecticides on *Trichopria drosophilae* in Indoor Condition

YANG Shaowu, CHEN Shihan, ZHANG Xiaoming, LI Yinhu, CHEN Guohua

(College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, National Key Laboratory for Conservation and Utilization of Biological Resources in Yunnan, Kunming 650201, China)

Abstract: [Purpose] To evaluate the safety of the different insecticides to adults of *Trichopria drosophilae*, and to provide scientific basis for comprehensive control and rational application of pesticides to *Drosophila suzukii*. [Method] The indoor toxicity of four different kinds of insecticides to *T. drosophilae* was determined by finger-tube pesticide film method, and the safety of *T. drosophilae* was evaluated. [Result] The LC_{50} of lambda-cyhalothrin for adult female and male of *T. drosophilae* was the lowest, which was 19.700 mg/L for female and 18.176 mg/L for male, respectively. The highest LC_{50} value was spinetoram, which was 228.640 mg/L for females and 193.632 mg/L for males, respectively. The LC_{50} of four insecticides for females of *T. drosophilae* was higher than that

收稿日期: 2019-02-22

修回日期: 2019-08-29

网络首发时间: 2019-11-05 14:38:31

*基金项目: 欧洲果树主要病虫害的高效实用创新型综合治理技术和策略项目 (Dropsa, 613678); 云南省大学生创新创业训练计划项目 (云教发[2018]100 号)。

作者简介: [#]对本文贡献等同, 为并列第一作者。羊绍武 (1991—), 男, 四川绵阳人, 在读博士研究生, 主要从事昆虫生态与害虫综合治理研究。E-mail: yangshaowu910@126.com; 陈诗涵 (1997—), 女, 云南德宏人, 在读本科生, 主要从事植物保护研究。E-mail: 2645722569@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 陈国华 (1964—), 女, 云南昆明人, 博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事害虫综合治理研究。E-mail: chenghkm@126.com

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20191104.1145.003.html>



for males. Among which, acetamiprid and lambda-cyhalothrin have held moderate risk to female and male of *T. drosophilae*, matrine has held low risk, spinetoram has held low risk to female and moderate risk to male. [**Conclusion**] Matrine and spinetoram are less toxic to *T. drosophilae*, so they can be used as priority pesticides in controlling *Drosophila* pests. Acetamiprid and lambda-cyhalothrin are slightly more toxic to *T. drosophilae*, so it should be avoided during the active period of *T. drosophilae*.

Keywords: *Trichopria drosophilae*; insecticide; toxicity determination; safety evaluation

斑翅果蝇 (*Drosophila suzukii*) 是一种严重为害水果的检疫性害虫, 对包括中国在内的 30 多个国家和地区的水果产业造成严重经济损失^[1-3]。果蝇锤角细蜂 (*Trichopria drosophilae*) 隶属膜翅目 (Hymenoptera) 锤角细蜂科 (Diapriinae), 是一种可寄生在多种果蝇科 (Drosophilidae) 昆虫的蛹寄生蜂^[4-5]。与其他蛹寄生蜂相比, 果蝇锤角细蜂对斑翅果蝇具有更强的寄主定位能力和寄生能力^[6], 在田间可作为防治斑翅果蝇的有效手段^[7]。据报道, 70% 的果蝇锤角细蜂雌蜂在羽化后第 1 天便可交配产卵, 寄生率最高可达 20% 以上, 羽化率几乎达 100%^[5]。STACCONI 等^[8]在果蝇锤角细蜂对斑翅果蝇的寄主定位研究中指出: 果蝇锤角细蜂可显著降低斑翅果蝇的种群数量。释放天敌昆虫是一种传统的生物防治方式, 在害虫综合防治中起着不可代替的作用^[9]。

目前对斑翅果蝇的防治以化学防治为主, 苦参碱、乙基多杀菌素、高效氟氯氰菊酯和啉虫脒对斑翅果蝇的毒杀效果较好^[10-12], 但大量地、不科学地使用化学农药, 常常污染环境、产生残毒, 影响果品的质量和安全性, 同时杀伤天敌, 造成害虫再猖獗。朱九生等^[13]在 5 种杀虫剂对卵寄生性天敌广赤眼蜂 (*Trichogramma evanescens*) 室内安全性评价中指出: 啉虫脒对广赤眼蜂的杀伤力较小, 但经高效氟氯氰菊酯处理的广赤眼蜂, 死亡率可达 70%; 贾变桃等^[14]利用 12 种杀虫剂对半闭弯尾姬蜂 (*Diadegma semiclausum*) 的毒性及安全性评价中指出: 苦参碱、乙基多杀菌素和高效氟氯氰菊酯可使半闭弯尾姬蜂成虫的死亡率高于 80%; 尹园园等^[15]在杀虫剂对丽蚜小蜂 (*Encarsia formosa*) 的安全性评价结果表明: 乙基多杀菌素对丽蚜小蜂杀伤力较强。

为了明确杀虫剂对斑翅果蝇蛹寄生蜂——果蝇锤角细蜂的安全性, 本研究选择了生产上常用于防治斑翅果蝇的分别属于生物农药、烟碱类杀

虫剂、拟除虫菊酯类杀虫剂和植物源杀虫剂的乙基多杀菌素、啉虫脒、高效氟氯氰菊酯和苦参碱 4 种杀虫剂, 采用指形管药膜法分别测定不同类型杀虫剂对果蝇锤角细蜂成虫的触杀毒力, 评价不同类型杀虫剂对果蝇锤角细蜂的安全性, 为更好地协调斑翅果蝇化学防治和生物防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试昆虫

供试昆虫为果蝇锤角细蜂, 采集于云南省昆明市西山区甸尾的杨梅园, 采集后于实验室内饲养, 提供寄主昆虫为斑翅果蝇, 寄主昆虫用香蕉饲养。收集被果蝇锤角细蜂寄生的斑翅果蝇蛹于人工气候箱内饲养, 人工气候箱 (上海博讯实业有限公司, BIC-300) 设置为温度 25 ℃, 湿度 60%~70%, 光照强度 60%, 光周期为 $L:D=14:10$ 。用吸虫管收集羽化 24 h 内的果蝇锤角细蜂成虫供试验使用。

1.1.2 供试药剂

选择防治斑翅果蝇时常用的且毒杀效果较好的 4 种不同类型的杀虫剂——生物农药: 60 g/L 乙基多杀菌素悬浮剂 (美国陶氏益农公司); 氯化烟碱类杀虫剂: 70% 啉虫脒水分散粒剂 (宁波三江益农化学有限公司); 拟除虫菊酯类杀虫剂: 25 g/L 高效氟氯氰菊酯乳油 (拜耳股份公司); 植物源杀虫剂: 0.3% 苦参碱水剂 (河北阔达生物制品有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 供试药剂对果蝇锤角细蜂成蜂的毒力

采用玻璃管药膜法, 将换算后的杀虫剂加清水进行溶解稀释, 然后进行预试验, 根据结果, 将本试验所用药剂的质量浓度范围确定为 10%~90% 的矫正死亡率。在此范围内将供试药剂的母

液稀释成 5 个不同的梯度, 以清水作为试验对照, 每个质量浓度值均设置 3 个重复。将稀释好的药剂倒满指形管 (直径 3 cm, 高 6 cm), 使指形管内壁充分接触药液, 停留 10 s 后倒掉药液, 然后将指形管在室温下垂直悬挂晾干, 使之内壁形成药膜。将羽化 24 h 内的果蝇锤角细蜂成虫移入有药膜的指形管, 每个指形管分别移入雄蜂 10 头、雌蜂 10 头, 待其在有药膜的管内自由爬行 1 h 后转移至干净无药的指形管, 封住管口并饲喂 10% 的蜂蜜水。将各处理放置于人工气候箱中饲养 (温度 25 ℃, 湿度 60%~70%, 光照强度 60%, 光周期为 $L:D=14:10$), 24 h 后检查并记录各药剂、各质量浓度处理下果蝇锤角细蜂成虫存活情况, 观察时轻拍指形管管壁, 用细毛笔轻触虫体, 2 次不动则记录为死亡^[16-17]。

1.2.2 供试药剂对果蝇锤角细蜂的风险等级

安全系数等于杀虫剂对果蝇锤角细蜂的 LC_{50} 值 (mg/L) 与其田间最高推荐使用质量浓度 (mg/L) 的比值。其中, LC_{50} 为半数致死用量, 指引起果

蝇锤角细蜂 50% 死亡率的杀虫剂计量^[18-19]。根据《化学农药环境安全评价试验准则》, 农药对果蝇锤角细蜂的风险等级用安全系数来表示: 安全系数 > 5 为低风险, $5 \geq$ 安全系数 > 0.5 为中等风险, $0.5 \geq$ 安全系数 > 0.05 为高风险, 安全系数 ≤ 0.05 为极高风险。

1.3 数据处理

数据分析使用 SPSS 20.0, 计算各药剂对果蝇锤角细蜂的毒力回归方程、致死中质量浓度值 (LC_{50}) 和 95% 置信区间。

2 结果与分析

2.1 4 种药剂对果蝇锤角细蜂的毒力测定

由表 1 可知: 在所用 4 种药剂中, 高效氟氯氰菊酯对果蝇锤角细蜂雌性和雄性成虫的毒力最高, 说明果蝇锤角细蜂成虫对高效氟氯氰菊酯最为敏感, 其次为苦参碱和啉虫脒, 乙基多杀菌素对果蝇锤角细蜂成虫的毒力最低 (表 1)。

表 1 不同杀虫剂对果蝇锤角细蜂成虫的毒力测定
Tab. 1 Toxicities of different insecticides to adults of *T. drosophilae*

药剂 insecticide	性别 gender	毒力回归方程 toxicity regression equation	$LC_{50}/$ ($mg \cdot L^{-1}$)	95% 置信限/($mg \cdot L^{-1}$) confidence interval	相关系数 correlation coefficient
苦参碱 matrine	雌 female	$y=4.536x-6.158$	22.790	20.498~27.124	0.624
	雄 male	$y=4.978x-6.371$	19.048	16.606~21.004	0.747
高效氟氯氰菊酯 lambda-cyhalothrin	雌 female	$y=7.689x-9.953$	19.700	18.441~21.383	0.914
	雄 male	$y=7.469x-9.407$	18.176	16.936~19.532	0.801
啉虫脒 acetamiprid	雌 female	$y=2.019x-4.726$	219.451	171.651~299.183	0.722
	雄 male	$y=2.231x-4.862$	151.019	113.304~188.276	0.776
乙基多杀菌素 spinetoram	雌 female	$y=3.329x-7.855$	228.640	187.683~265.261	0.764
	雄 male	$y=3.395x-7.764$	193.632	143.327~224.492	0.804

2.2 4 种药剂对果蝇锤角细蜂的风险评价

由表 2 可知: 供试药剂对果蝇锤角细蜂雌成虫的安全性均高于雄成虫。其中, 苦参碱对果蝇锤角细蜂的安全系数最高, 对雌成虫与雄成虫的风险等级均为低风险, 乙基多杀菌素对果蝇锤角细蜂的安全性次之, 对雌成虫为低等风险, 对雄成虫为中等风险, 说明苦参碱和乙基多杀菌素对果蝇锤角细蜂较安全, 在田间防治果蝇时可作为优先选用的杀虫剂类型; 啉虫脒与高效氟氯氰菊酯对果蝇锤角细蜂的安全性均较低, 对雌成虫与雄成虫的风险等级均为中等风险, 在果蝇锤角细蜂活动期应避免使用。

3 讨论

本研究表明: 苦参碱对果蝇锤角细蜂的风险等级为低风险, 高效氟氯氰菊酯、啉虫脒为中等风险, 乙基多杀菌素对雌蜂为低风险, 对雄蜂为中等风险。在田间防治果蝇时应优先选用苦参碱或乙基多杀菌素, 在果蝇锤角细蜂活动期应避免使用啉虫脒和高效氟氯氰菊酯。杨崇珍等^[20]在菊酯类杀虫剂对几种赤眼蜂的毒力测定中指出: 高效氟氯氰菊酯对广赤眼蜂的毒力中等, 在田间使用较为安全; 王彦华等^[19]在新烟碱类和大环内酯类杀虫剂对 4 种赤眼蜂成蜂急性毒性和安全性评价中指出, 啉虫脒对亚洲玉米螟赤眼蜂等 4 种赤

表 2 不同杀虫剂对果蝇锤角细蜂成虫的安全系数
Tab. 2 Safety factor of different insecticides on adults of *T. drosophilae*

药剂 insecticide	最高推荐质量浓度/(mg·L ⁻¹) maximum recommended concentration	性别 gender	安全系数 safety factor	风险等级 risk level
苦参碱 matrine	0.017	雌 female	1 340.588	低 low
		雄 male	1 120.471	低 low
高效氟氯氰菊酯 lambda-cyhalothrin	16.667	雌 female	1.182	中 middle
		雄 male	1.091	中 middle
啉虫脒 acetamiprid	62.222	雌 female	3.527	中 middle
		雄 male	2.427	中 middle
乙基多杀菌素 spinetoram	40.000	雌 female	5.716	低 low
		雄 male	4.841	中 middle

注：表中最高推荐质量浓度已换算为有效成分含量。
Note: The maximum recommended concentration in the table has been converted to the active component content.

眼蜂的安全性均为中等风险。结果与本研究一致。尹园园等^[21]在 5 种生物杀虫剂对 4 种天敌昆虫的安全性评价中指出：苦参碱对丽蚜小蜂的毒性较大，致死率可达 100%；洪珊珊等^[16]在 12 种杀虫剂对小菜蛾及半闭弯尾姬蜂的选择毒力中指出：乙基多杀菌素对半闭弯尾姬蜂的毒力较大。以上研究结果的差异可能是因为杀虫剂处理时间不同或不同种类的寄生蜂对杀虫剂的抗药性不同所致。

啉虫脒对果蝇锤角细蜂雌蜂和雄蜂的 LC₅₀ 分别为 219.451 和 151.091 mg/L，苦参碱对雌蜂和雄蜂的 LC₅₀ 分别为 22.790 和 19.048 mg/L，高效氟氯氰菊酯对雌蜂和雄蜂的 LC₅₀ 分别为 19.700 和 18.176 mg/L，乙基多杀菌素对雌蜂和雄蜂的 LC₅₀ 分别为 228.640 和 193.632 mg/L，结果表明 4 种杀虫剂对果蝇锤角细蜂雌蜂的毒力均小于雄蜂，可能会导致其种群内雌蜂比例增加。李光耀^[22]在研究噻虫嗪、噻虫胺对玉米螟赤眼蜂亚致死效应中指出：随着噻虫嗪和噻虫胺亚致死剂量的增加，玉米螟赤眼蜂种群雌雄比例也显著增加，与本研究结果相似。昆虫体内的解毒酶参与了对多种杀虫剂的代谢降解，从而改变了虫体对杀虫剂的敏感程度^[23]。姚洪渭^[24]在研究白背飞虱抗药性机理中指出：白背飞虱的抗药性相关酶活性与可溶性蛋白含量的遗传均存在显著的性连锁，通过在不同性别飞虱中的遗传表现，白背飞虱雌性成虫酶活性及蛋白含量明显高于雄性成虫，导致雌性成虫对杀虫剂具有更强的抗药性。本研究中，杀虫剂对果蝇锤角细蜂雌雄虫的毒力不同是否与其雌雄虫的解毒酶含量及活性不同有

关有待进一步研究。张晓明等^[25]在吡虫啉胁迫对西花蓟马生长发育及种群性比的影响中指出：吡虫啉胁迫使西花蓟马种群中雌虫比例升高，并使其单雌平均产卵量、雌日均产卵量显著升高，激发了其种群的内在生殖能力。本研究所用杀虫剂是否能刺激果蝇锤角细蜂雌蜂产卵，激发种群生殖力，还有待进一步研究。

王坤等^[26]在高效氯氰菊酯和啉虫脒对螟黄赤眼蜂繁殖的亚致死效应中指出：亚致死浓度的啉虫脒会使螟黄赤眼蜂的寄生卵量降低，寿命显著缩短，净生殖力显著降低；陈德锟^[27]在杀虫剂对烟蚜茧蜂的毒性及对其行为的影响中指出：杀虫剂会对烟蚜茧蜂的寄生率、寿命等产生负面影响，且啉虫脒对烟蚜茧蜂的行为影响较大；田俊策等^[28]在稻螟赤眼蜂蛹期接触农药对其成蜂搜寻和寄生能力的影响中指出：部分农药会对稻螟赤眼蜂寄主搜寻及寄生能力产生不利影响。本研究所使用的几种类型杀虫剂的亚致死浓度是否会对果蝇锤角细蜂的生长发育、成虫酶活力以及寄主搜寻与寄生能力产生影响还有待进一步研究。

[参考文献]

[1] 吴浩, 方圆, 谢冬生, 等. 斑翅果蝇自然种群生命表的初步研究[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54(5): 730. DOI: 10.7679/j.issn.2095-1353.2017.089.
[2] 来守国, 高欢欢, 翟一凡, 等. 3 种杀虫剂亚致死浓度对斑翅果蝇和黑腹果蝇体内解毒酶的影响[J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(3): 676. DOI: 10.3969/j.issn.16740858.2018.03.23.
[3] 刘燕, 谢冬生, 胡纯华, 等. β -石竹烯对斑翅果蝇雌成虫行为的影响[J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(3): 684. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0858.2018.03.24.
[4] LANN C L, VISSER B, MÈRIAUX M, et al. Rising

- temperature reduces divergence in resource use strategies in coexisting parasitoid species[J]. *Oecologia*, 2014, 174(3): 967. DOI: [10.1007/s00442-013-2810-9](https://doi.org/10.1007/s00442-013-2810-9).
- [5] ZHU C J, LI J, WANG H, et al. Demographic potential of the pupal parasitoid *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae) reared on *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae)[J]. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2017, 20(3): 747. DOI: [10.1016/j.aspen.2017.04.008](https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.008).
- [6] WANG X G, KAÇAR G, BIONDI A, et al. Foraging efficiency and outcomes of interactions of two pupal parasitoids attacking the invasive spotted wing drosophila: theory and applications in pest management[J]. *Biological Control*, 2016, 96: 64. DOI: [10.1016/j.biocontrol.2016.02.004](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.02.004).
- [7] MAZZETTO F, MARCHETTI E, AMIRESMAEILI N, et al. *Drosophila* parasitoids in northern Italy and their potential to attack the exotic pest *Drosophila suzukii*[J]. *Journal of Pest Science*, 2016, 89(3): 837. DOI: [10.1007/s10340-016-0746-7](https://doi.org/10.1007/s10340-016-0746-7).
- [8] STACCONI M V R, AMIRESMAEILI N, BIONDI A, et al. Host location and dispersal ability of the cosmopolitan parasitoid *Trichopria drosophilae* released to control the invasive spotted wing *Drosophila*[J]. *Biological Control*, 2018: 117. DOI: [10.1016/j.biocontrol.2017.11.013](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.11.013).
- [9] 唐良德, 邱宝利, 任顺祥. 天敌昆虫抗药性研究进展[J]. *应用昆虫学报*, 2014, 51(1): 13. DOI: [10.7679/j.issn.2095-1353.2014.002](https://doi.org/10.7679/j.issn.2095-1353.2014.002).
- [10] 林清彩, 于毅, 尹园园, 等. 几种杀虫剂对两种常见樱桃果蝇室内毒力测定和田间药效试验[J]. *北方园艺*, 2016(17): 114. DOI: [10.11937/bfy.201617027](https://doi.org/10.11937/bfy.201617027).
- [11] 刘华, 江本霞, 潘冬, 等. 斑翅果蝇综合防治技术[J]. *湖北植保*, 2015(6): 28. DOI: [10.14051/j.cnki.xdy.2015.21.054](https://doi.org/10.14051/j.cnki.xdy.2015.21.054).
- [12] 郭洁, 张艺馨, 周锐, 等. 几种杀虫剂对斑翅果蝇室内毒力测定[J]. *植物检疫*, 2017, 31(1): 51. DOI: [10.19662/j.cnki.issn1005-2755.2017.01.015](https://doi.org/10.19662/j.cnki.issn1005-2755.2017.01.015).
- [13] 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. DOI: [10.3724/SP.J.1011.2009.00715](https://doi.org/10.3724/SP.J.1011.2009.00715).
- [14] 贾变桃, 洪珊珊, 张宇超, 等. 12种杀虫剂对半闭弯尾姬蜂的毒性及安全性[J]. *山西农业科学*, 2015, 43(8): 999. DOI: [10.3969/j.issn.1002-2481.2015.08.21](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-2481.2015.08.21).
- [15] 尹园园, 林清彩, 陈浩, 等. 几种杀虫剂对丽蚜小蜂的安全性评价[J]. *北方园艺*, 2018(9): 85. DOI: [10.11937/bfy.20172961](https://doi.org/10.11937/bfy.20172961).
- [16] 洪珊珊, 贾变桃, 张雨超, 等. 12种杀虫剂对小菜蛾及半闭弯尾姬蜂的选择毒力[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2015(5): 490. DOI: [10.13842/j.cnki.issn1671-8151.2015.05.008](https://doi.org/10.13842/j.cnki.issn1671-8151.2015.05.008).
- [17] 张晓明, 柳青, 李宜儒, 等. 六种常见杀虫剂对西花蓟马和花蓟马的毒力测定[J]. *环境昆虫学报*, 2018, 40(1): 215. DOI: [10.3969/j.issn.1674-0858.2018.01.28](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-0858.2018.01.28).
- [18] 蔡道基, 杨佩芝, 龚瑞忠. 化学农药环境安全性评价实验准则[S]. 北京: 国家环境保护局, 1989.
- [19] 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. DOI: [10.16380/j.kcxb.2012.01.005](https://doi.org/10.16380/j.kcxb.2012.01.005).
- [20] 杨崇珍, 王兴林, 张兴. 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.
- [21] 尹园园, 吕兵, 林清彩, 等. 5种生物杀虫剂对4种天敌昆虫的安全性评价[J]. *生物安全学报*, 2018, 27(2): 128. DOI: [10.3969/j.issn.2095-1787.2018.02.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-1787.2018.02.009).
- [22] 李光耀. 噻虫嗪、噻虫胺对玉米螟赤眼蜂亚致死效应研究[D]. 南宁: 广西大学, 2017.
- [23] 谭维嘉, 赵焕香. 取食不同寄主植物的棉铃虫对溴氰菊酯敏感性的变化[J]. *昆虫学报*, 1990, 33(2): 155. DOI: [10.16380/j.kcxb.1990.02.005](https://doi.org/10.16380/j.kcxb.1990.02.005).
- [24] 姚洪渭. 白背飞虱抗药性机理的研究——药剂敏感性变化的生物学与生理生化基础[D]. 杭州: 浙江大学, 2001.
- [25] 张晓明, 胡昌雄, 赵浩旭, 等. 吡虫啉胁迫对西花蓟马生长发育及种群性比的影响[J]. *环境昆虫学报*, 2017, 39(4): 870. DOI: [10.3969/j.issn.1674-0858.2017.04.18](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-0858.2017.04.18).
- [26] 王坤, 王甦, 宋丽芳, 等. 高效氯氰菊酯和啉虫脒对螟黄赤眼蜂繁殖的亚致死效应[J]. *环境昆虫学报*, 2014, 36(6): 933. DOI: [10.3969/j.issn.1674-0858.2014.06.11](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-0858.2014.06.11).
- [27] 陈德银. 杀虫剂对烟蚜茧蜂的毒性及对其行为的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [28] 田俊策, 王子辰, 王国荣, 等. 稻螟赤眼蜂蛹期接触农药对其成蜂搜寻和寄生能力的影响[J]. *植物保护学报*, 2017, 44(6): 1004. DOI: [10.13802/j.cnki.zwbhxb.2017.2017914](https://doi.org/10.13802/j.cnki.zwbhxb.2017.2017914).

责任编辑: 何馨成