

◆ 残留与环境 ◆

3种农药对不同虫态赤眼蜂羽化率的影响研究

肖山,柴伟纲,孙梅梅,姚红燕,谌江华*

(宁波市农业科学研究院,宁波市特色农产品质量安全检测与控制重点实验室,浙江宁波 315040)

摘要:为明确田间常用药剂对害虫天敌赤眼蜂羽化率的影响,在室内采用卵卡浸渍法测定了阿维菌素、吡虫啉、吡蚜酮3种农药在田间推荐浓度下对未发育成熟阶段不同虫态稻螟赤眼蜂和螟黄赤眼蜂的羽化率的影响。结果表明,阿维菌素处理卵、幼虫、预蛹及蛹4种虫态赤眼蜂后,其羽化率均显著下降。其中,稻螟赤眼蜂羽化率为24.77%~43.99%,螟黄赤眼蜂羽化率为35.00%~39.15%,对赤眼蜂的安全性风险较高;而吡虫啉和吡蚜酮2种农药处理对2种赤眼蜂的羽化率均无明显影响,羽化率均在93%以上,对赤眼蜂非成蜂期的安全性风险较低。因此,在赤眼蜂释放后应禁止使用阿维菌素,成蜂寄生后可使用吡虫啉和吡蚜酮。

关键词:稻螟赤眼蜂;螟黄赤眼蜂;虫态;羽化率;安全性

中图分类号:TQ 450.2+6 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2024.05.014

Study on the effects of three pesticides on the emergence rates of *Trichogramma* at different development stages

XIAO Shan, CHAI Weigang, SUN Meimei, YAO Hongyan, SHEN Jianghua*

(Ningbo Academy of Agricultural Sciences, Ningbo Key Laboratory of Testing and Control for Characteristic Agro-Product Quality and Safety, Zhejiang Ningbo 315040, China)

Abstract: In order to clarify the effects of commonly used pesticides on parasitoid wasps *Trichogramma*, the emergence rates of *T. japonicum* and *T. chilonis* after treated with avermectin, imidacloprid and pymetrozine at different development stages, were determined indoors by egg card impregnation method. The results showed that after treatment with avermectin at egg, larva, prepupa and pupa stages, the emergence rates of parasitoid wasps were significantly decreased. The emergence rates of avermectin on *T. japonicum* and *T. chilonis* were 24.77%-43.99% and 35.00%-39.15%, respectively. Avermectin had high safety risks to *Trichogramma* at immature stages. Imidacloprid and pymetrozin had low risks to *Trichogramma*, with the emergence rates above 93.82%. Therefore, the application of avermectin should be prohibited after releasing *Trichogramma*, while imidacloprid and pymetrozine could be used.

Key words: *Trichogramma japonicum*; *Trichogramma chilonis*; development stage; emergence rate; safety

赤眼蜂(*Trichogramma* spp.)属膜翅目小蜂总科赤眼蜂科,是一种重要的卵寄生蜂,可寄生鳞翅目、鞘翅目等重要农林害虫。其具有种类丰富、寄主范围广、可工厂化繁育等优势,已成为目前国内外应用最为广泛的一类害虫天敌^[1]。与化学防治相比,使用害虫天敌等方式的生物防治更加绿色、安全,可持续发展。然而在实际的农业生产中,赤眼蜂释放

前后常常会使用化学农药进行其他有害生物靶标的防治,且往往会因为药剂选择不当或使用不当而导致赤眼蜂释放的应用效果受到显著影响。因此,评价不同农药对赤眼蜂的影响有助于提高和完善赤眼蜂的释放技术,为科学合理地选择赤眼蜂、农药组合提供依据。目前已有较多报道分析测定了不同种类农药对赤眼蜂成蜂的急性毒性,李钊等^[2]评

收稿日期:2024-02-02

基金项目:宁波市“科技创新2025”重大专项(2019B10003);宁波市农业科技攻关项目(2014C10025)

作者简介:肖山(1994—)男,江西萍乡人,博士,主要从事农业昆虫与害虫防治技术研究。E-mail: xiaoshan9401@126.com

通信作者:谌江华(1981—)男,江西安福人,高级农艺师,硕士,主要从事农业植保技术与推广工作。E-mail: jhchen20@163.com

价了23种农药对松毛虫赤眼蜂的安全性,其中,噻啉膦、噻虫胺等对松毛虫赤眼蜂成蜂具有极高的毒性,而测试的杀菌剂和除草剂对松毛虫赤眼蜂的风险普遍低于杀虫剂。王彦华等^[3]分析了9种新烟碱类和大环内酯类杀虫剂对4种赤眼蜂成蜂的安全性,其中,烯啶虫胺、噻虫嗪和阿维菌素等药剂对赤眼蜂成蜂表现出较高的毒性。此外,也有研究表明农药对赤眼蜂存在亚致死效应,如井冈霉素会削弱稻螟赤眼蜂成蜂的寄主搜索能力以及寄生能力^[4]。与成蜂期相比,农药对未发育成熟阶段赤眼蜂的影响报道相对较少。笔者在实验室条件下测定了稻螟赤眼蜂(*T. japonicum*)和螟黄赤眼蜂(*T. chilonis*)成蜂前的卵、幼虫、预蛹、蛹4个不同虫态期暴露在不同农药下的羽化率,以明确农药对未发育成熟阶段赤眼蜂的影响,为今后合理选配赤眼蜂及放蜂

后的农药使用品种提供参考依据,以减少化学农药对赤眼蜂的不利影响。

1 材料与方法

1.1 供试赤眼蜂

稻螟赤眼蜂采自宁波市奉化区水稻二化螟寄生卵,螟黄赤眼蜂从广东省农业科学院植物保护研究所引进。2个品种赤眼蜂均采用米蛾卵于温度26℃、相对湿度(75±5)%、完全黑暗条件的人工气候箱中饲养。米蛾在室内饲养,收集当日新鲜米蛾卵平铺于双面胶后经30 W的紫外灯照射30 min灭活后用于寄生。

1.2 供试药剂

所用药剂均为市售商品药剂,药剂具体信息及药剂测试有效成分质量浓度如表1所示。

表 1 供试药剂及测试有效成分质量浓度

| 药剂 | 生产厂家 | 田间推荐剂量/(g/hm ²) | 测试质量浓度/(mg/L) |
|------------|--------------|-----------------------------|---------------|
| 1.8%阿维菌素EC | 河北威远生化股份有限公司 | 900 | 24.0 |
| 10%吡虫啉WP | 浙江海正化工有限公司 | 300 | 44.4 |
| 50%吡蚜酮WG | 河北冠农农化有限公司 | 300 | 222.2 |

1.3 测定方法

参照孙超等^[5]的方法,采用卵卡浸渍法测定3种农药在赤眼蜂不同虫态期处理对其羽化率的影响。试验时,将2 cm×20 cm的米蛾卵卡按蜂卵比1:10的比例接入赤眼蜂24 h,接蜂后的卵卡去掉赤眼蜂成蜂后放入温度26℃、相对湿度(75±5)%、完全黑暗条件下的人工气候箱中。发育1 d(卵期)、2 d(幼虫期)、4 d(预蛹期)、6 d(蛹期)后,将卵卡剪成小块(1 cm×0.5 cm),分别在供试药液中浸5 s,取出晾干装入干净的指型管中,封口后置于培养箱中继续培养至成蜂羽化。成蜂羽化完毕后在解剖镜下检查羽化数,剖开有羽化孔的变黑米蛾卵,若其内无遗留赤眼蜂,记为羽化成功,计算羽化率(%)。试验以清水处理作为对照,每处理重复4次。

$$\text{羽化率}/\% = \frac{\text{成蜂羽化数}}{\text{黑卵数}} \times 100$$

1.4 数据分析及处理

采用DPS统计软件对不同处理间的羽化率进行均值及标准差的计算,均值差异显著性通过单因素方差分析中的Duncan's新复极差法进行多重分析比较^[6]。

2 结果与分析

2.1 3种农药处理不同虫态稻螟赤眼蜂对其羽化率的影响

由表2可知,阿维菌素处理卵、幼虫、预蛹以及蛹等4个未发育成熟阶段虫态的稻螟赤眼蜂后,其羽化率显著下降。其中,卵期处理影响最大,羽化率只有24.77%;幼虫期次之,羽化率为27.15%;预蛹期和蛹期影响相对较小,羽化率分别为41.83%和43.99%。与之相比,吡虫啉、吡蚜酮处理对不同虫态稻螟赤眼蜂的羽化率无明显影响,羽化率均在94%以上,与清水对照处理无显著性差异。

表 2 3种农药处理对稻螟赤眼蜂羽化率的影响

| 药剂 | 卵 | 幼虫 | 预蛹 | 蛹 |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| 1.8%阿维菌素EC | 24.77±3.53Bb | 27.15±4.70Bb | 41.83±8.41Bb | 43.99±12.09Bb |
| 10%吡虫啉WP | 94.34±8.00Aa | 95.36±4.10Aa | 95.04±4.26Aa | 100.00±0Aa |
| 50%吡蚜酮WG | 96.57±5.94Aa | 97.30±2.44Aa | 98.33±3.34Aa | 100.00±0Aa |
| 清水对照 | 98.96±1.80Aa | 98.89±1.92Aa | 98.09±2.22Aa | 98.78±2.44Aa |

注:表中数据为平均值±标准差,同列数据后不同大、小写字母分别表示差异极显著($P<0.01$)和差异显著($P<0.05$);下同。

2.2 3种农药处理不同虫态螟黄赤眼蜂对其羽化率的影响

由表3可知,阿维菌素处理4个不同虫态的螟黄赤眼蜂,其羽化率显著下降,羽化率为35.00%~

39.15%。而吡虫啉和吡蚜酮处理对螟黄赤眼蜂羽化率基本无影响,吡虫啉处理的羽化率为93.82%~94.91%,吡蚜酮处理的羽化率为98.29%~100.00%,羽化率均与对照接近,且无显著性差异。

表3 3种农药处理对螟黄赤眼蜂羽化率的影响

| 药剂 | 卵 | 幼虫 | 预蛹 | 蛹 |
|------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1.8阿维菌素 EC | 36.48 ± 8.95Bb | 36.83 ± 3.14Bb | 35.00 ± 5.67Bb | 39.15 ± 11.62Bb |
| 10%吡虫啉 WP | 93.82 ± 7.83Aa | 94.91 ± 6.32Aa | 94.74 ± 6.70Aa | 94.32 ± 8.51Aa |
| 50%吡蚜酮 WG | 98.29 ± 1.98Aa | 100.00 ± 0Aa | 100.00 ± 0Aa | 99.63 ± 0.74Aa |
| 清水对照 | 96.29 ± 4.38Aa | 99.30 ± 0.81Aa | 99.30 ± 0.81Aa | 99.62 ± 0.77Aa |

3 小结与讨论

本研究测试了1.8%阿维菌素EC、10%吡虫啉WP和50%吡蚜酮WG 3种常用农药在田间推荐浓度下处理未发育成熟阶段4个不同虫态稻螟赤眼蜂、螟黄赤眼蜂后,对羽化率的影响。结果表明,阿维菌素药剂对供试赤眼蜂未发育成熟阶段4个虫态进行处理,其正常生长羽化均受到严重的影响,羽化率下降45%以上。阿维菌素是由阿维链霉菌(*Streptomyces avermitilis*)发酵产生的一组十六元环内酯类物质,通过与谷氨酸门控氯离子通道结合导致节肢动物麻痹、死亡,是一种广谱高效的杀虫、杀螨剂^[7]。已有研究表明,阿维菌素对松毛虫赤眼蜂、玉米螟赤眼蜂、拟澳洲赤眼蜂成蜂显示出较高的毒力^[8]。使用阿维菌素处理拟澳洲赤眼蜂幼虫、预蛹会使其羽化率下降12%左右,而对卵和蛹则无影响^[9]。这与本研究结果存在一定差异,可能是因为药剂浓度不同引起,也可能是不同种类赤眼蜂对阿维菌素的敏感性存在差异造成。此外,阿维菌素对2种供试赤眼蜂羽化率影响也存在一定差异,其中,阿维菌素对稻螟赤眼蜂卵、幼虫羽化率的影响高于预蛹以及蛹,而对螟黄赤眼蜂4个虫态的羽化率比较接近。

与阿维菌素不同,吡虫啉和吡蚜酮处理对不同虫态赤眼蜂的羽化率无影响。2种药剂在农业生产中主要用于防治飞虱、蚜虫、粉虱等刺吸式口器害虫。吡虫啉作为新烟碱类杀虫剂,具有触杀、胃毒和内吸多重作用,通过作用于昆虫烟碱型乙酰胆碱受体,干扰神经信号传递而使昆虫过度兴奋、痉挛、麻痹,甚至死亡,是一种广谱、高效的杀虫剂^[10]。已有研究显示,吡虫啉对稻螟赤眼蜂、螟黄赤眼蜂、玉米螟赤眼蜂成蜂分别表现出中风险、低风险以及高风险,可见吡虫啉对不同赤眼蜂的毒性存在一定差异^[11-12]。而本研究结果表明,吡虫啉对稻螟赤眼蜂、

螟黄赤眼蜂2种赤眼蜂4个虫态的羽化率均无影响,相比于成蜂更具耐药性。这可能是由于非成蜂期赤眼蜂均处在寄主卵内,寄主卵壳对赤眼蜂具有一定的保护作用^[13]。王子辰等^[14]研究表明,吡蚜酮对稻螟赤眼蜂成蜂为低风险。本研究结果也表明,吡蚜酮对2种赤眼蜂不同虫态的羽化率无影响。因此,吡蚜酮对赤眼蜂全虫态的风险都较低。

赤眼蜂作为应用最为广泛的一类害虫天敌,在农业生产中与化学防治手段科学合理地协同使用尤为重要。综合已有报道及本研究结果,阿维菌素对多种赤眼蜂不同虫态均显示出较高的毒力,在生产中与赤眼蜂混合使用的风险较高,建议在释放赤眼蜂时应尽量避免阿维菌素的使用或避开阿维菌素的施药期。吡虫啉对非成蜂虫态赤眼蜂的存活和羽化无影响,但对部分种类赤眼蜂成蜂具有一定的毒性,在赤眼蜂释放期间应谨慎使用。而吡蚜酮对全虫态赤眼蜂的风险都较低,在农业生产中与赤眼蜂混合使用的风险较低。

参考文献

- [1] ZANG L S, WANG S, ZHANG F, et al. Biological control with *Trichogramma* in China: history, present status and perspectives[J]. *Annu Rev Entomol*, 2021, 66: 463-484.
- [2] 李钊, 张杰, 武玉国, 等. 23种农药对松毛虫赤眼蜂的急性毒性和安全性评价[J]. *环境昆虫学报*, 2018, 40(1): 224-230.
- [3] 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.
- [4] 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): 1004-1010.
- [5] 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.
- [6] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其DPS数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 43-62.

(下转第90页)

- of resveratrol against *Botrytis cinerea* is improved using 2-furyl derivatives[J]. PloS One, 2011, 6(10): e25421.
- [4] ADRIAN M, JEANDET P, VENEAU J M, et al., Biological activity of resveratrol, a stilbenic compound from grapevines, against *Botrytis cinerea*, the causal agent for gray mold[J]. Journal of Chemical Ecology, 1997, 23(7): 1689-1702.
- [5] 祝杲阳, 刘士畅, 王晓明, 等. 白藜芦醇对几种杨树病原真菌的抑制活性[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(36): 18224-18226; 18246.
- [6] 关兆英, 闫哲, 黄体冉, 等. 白藜芦醇及虎杖提取剩余物对3种草莓病原真菌的抑制作用及根腐病害的田间防效 [J]. 北京农学院学报, 2022, 37(3): 67-72.
- [7] 吴翠霞. 白藜芦醇及其衍生物的抑菌活性及对番茄早疫病菌的作用机理研究[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2012.
- [8] NOVAK A, KAJI V, MASTEN M T. Distribution of tomato leaf mold (*Passalora fulva* (Cooke) U. Braun and Crous, Syn. *Cladosporium fulvum*) in Croatia[J]. Acta Horticult, 2011, 914: 117-119.
- [9] 吴翠霞, 王金信, 侯珍, 等. 白藜芦醇及其衍生物对植物病原真菌的抑菌活性[J]. 农药学报, 2012, 14(3): 283-290.
- (编辑: 顾林玲)

(上接第 85 页)

- [7] 缙仲轩, 和凤, 李紫萱, 等. 阿维菌素研究进展与产业综述[J]. 中国抗生素杂志, 2022, 47(11): 1139-1148.
- [8] 张俊杰, 杜文梅, 金雪菲, 等. 松毛虫赤眼蜂对三种农田常用杀虫剂的敏感性[J]. 植物保护学报, 2014, 41(5): 555-561.
- [9] 王德森, 何余容, 郭祥令, 等. 杀虫剂对不同发育阶段拟澳洲赤眼蜂的安全性评估[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(3): 314-319.
- [10] PERRY T, HECKEL D G, KENZIE J A, et al. Mutations in D α 1 or D β 2 nicotinic acetylcholine receptor subunits can confer resistance to neonicotinoids in *Drosophila melanogaster*[J]. Insect Biochem Mol Biol, 2008, 38(5): 520-528.
- [11] 谢连城, 田俊策, 鲁艳辉, 等. 稻飞虱靶标杀虫剂亚致死剂量多代处理对两种赤眼蜂的影响[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(5): 920-926.
- [12] 徐华强, 薛明, 赵海朋, 等. 三类生物源农药及其混配制剂对赤眼蜂的毒性及安全性评价[J]. 世界农药, 2013, 35(6): 53-55; 58.
- [13] FUOG D, FERGUSSON S J, FLUCKIGER C. Pymetrozine: A novel insecticide affecting aphids and whiteflies[M]//ISHAAYA I, DEGHEELE D. Insecticides with novel modes of action: mechanisms and application. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1998: 40-49.
- [14] 王子辰, 田俊策, 王国荣, 等. 稻田非鳞翅目害虫靶标农药对稻螟赤眼蜂的安全性评价[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(1): 19-24.
- (编辑: 顾林玲)

《现代农药》投稿简则

《现代农药》(双月刊)是由国家新闻出版总署批准在国内外公开发行的中国农药行业技术类期刊,并入选“中国科技核心期刊”。本刊主要报道未曾发表过的、具有新颖性的农药研究成果,分综述、研究论文和试验总结三个类型。投稿方式分为邮箱(agrochem@263.net)或系统(<http://xdnyqk.com/>)投稿。现将有关稿件要求禀告如下:

题名 文章应主题鲜明,内容新颖,条理清晰,文字简洁,数据可靠。题名应简明、具体、确切,概括文章的要旨。中文题名一般不超过20个汉字,英文题名一般不超过10个实词。

摘要与关键词 正文前有300~400字的摘要及5~6个关键词,中英文摘要均采用第三人称书写,应包括目的、方法、结果和结论,突出创新性。

作者与单位 按排名先后顺序,用中英文写出全部作者及工作单位全称、所在城市和邮政编码,以*标明通信作者。第一作者简介包括:姓名、出生年份、性别、籍贯(某省某市/县人)、职称或学位、从事专业或研究方向、联系方式。

字体及格式 正文用5号宋体,每段首行缩进2字,标题一律左顶格排,层次划分不超过4级。正确使用简化汉字和标点符号。采用国家规定的统一计量单位与符号。

图表 文中图表力求精简,内容不应重复。图、表题、注释和图、表中文字均用中文,图题和表题用小5号黑体、居中,图、表中文字用6号宋体。表格采用国际通用的3线表。插图要绘制清晰,色谱图要附原图。表、图内数据须标明计量单位。

农药名称 应使用农药通用名称,制剂需注明含量和剂型,可在正文中首次出现时用括号标注英文通用名、商品名(注册商标)及生产厂家。

参考文献 参考文献只列作者阅读过、与文章内容密切相关、正式发表的主要文献资料,一般在20篇以内为宜。按正文中引用先后顺序编号,采用6号宋体,并在正文中引用处用方括号作上标加以标注,即……^[1],……^[2-4],……^[3,5]。参考文献作者仅列前3名,3名后加“等”。作者姓名一律姓在前,名在后,外国人名可缩写为首字母(大写),但不加缩写点(.)。

电话 025-86581148

邮编 210046

地址 南京经济技术开发区恒竞路31-1号