doi: 10.3969/j.issn.1674-0858.2014.06.14

三种杀虫剂对几种昆虫天敌的毒力测定

肖 达, 郭晓军, 王 甦, 张君明, 张 帆*

(北京市农林科学院植物保护环境保护研究所, 北京 100097)

摘要: 为了明确几种常用杀虫剂对捕食性天敌 (异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas、东亚小花蝽 *Orius sauteri* Poppius、智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis*) 和寄生性天敌 (松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura、丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* Gahan、中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* Haliday) 的影响, 在室内采用标准生物测定方法测定了阿维菌素、吡虫啉和噻嗪酮对以上昆虫天敌的毒力。结果表明: 三种杀虫剂对六种供试天敌的毒力大小表现出相似趋势, 即阿维菌素 > 吡虫啉 > 噻嗪酮; 三种药剂对寄生性天敌的毒力均显著高于捕食性天敌。因此在害虫综合治理中应尽量选用对天敌昆虫相对安全的昆虫生长调节剂类的噻嗪酮, 以起到保护天敌的作用。

关键词: 天敌昆虫; 杀虫剂; 毒力

中图分类号: Q965.9; S476

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2014) 06-0951-08

The toxicity of three insecticides to natural enemy

XIAO Da, GUO Xiao-Jun, WANG Su, ZHANG Jun-Ming, ZHANG Fan* (Institute of Plant and Environment Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: In order to clarify the effect of common insecticides to predatory enemies (*Harmonia axyridis* Pallas, *Orius sauteri* Poppius, *Phytoseiulus persimilis*) and parasitoids (*Trichogramma dendrolimi* Matsumura, *Encarsia formosa* Gahan, *Microplitis mediator* Haliday), the standard bioassay were determined the toxicity of abamectin, imidacloprid and buprofezin to these natural enemy. Our results demonstrated that the toxicity of tested insecticide to these natural enemy have the same trend that is abamectin > imidacloprid > buprofezin. In addition, the toxicities of these insecticides on parasitoids were significant higher than on the predator. Furthermore, the relative safety insecticide buprofezin was recommended to control insect in integrated pest management programme.

Key words: natural enemy; insecticide; toxicity

农业害虫的发生与为害严重影响了农产品的产量和质量, 害虫的有效控制是农业生产的关键技术环节之一。由于害虫具有发生种类多、世代周期短、繁殖速度快、防治困难等特点, 因此需要采取综合防治措施, 化学防治和生物防治是其中重要的控制技术。目前, 释放昆虫天敌是生物防治的方法之一, 赤眼蜂、丽蚜小蜂等寄生性天敌和瓢虫、捕食螨等捕食性天敌是田间保护和释放应用的主要种类。在害虫综合治理中, 使用农

药消灭害虫的同时也可能对天敌产生毒害作用, 破坏了天敌与害虫之间的自然平衡, 从而使天敌对害虫的控制作用显著降低 (Saber, 2011)。使用对害虫高效且对天敌安全的化学药剂是协调化学防治和生物防治的有效途径之一, 同时也是对害虫实施综合治理 (IPM) 的关键 (Gardner *et al.*, 2011)。因此开展农药对天敌的毒性评价, 避免或减轻农药在使用过程中对天敌的杀伤是害虫综合治理体系的重要组成部分。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2013CB127600); 北京市农林科学院科技创新能力建设专项 (KJCX20140101); 北京市科技计划项目 (D141100000914000)

作者简介: 肖达, 女, 1984年生, 博士后, E-mail: xd@cau.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: zf6131@263.net

近年来在防治农田和果园等害虫时,杀虫药剂的应用范围和用量逐渐增大。对天敌的毒性影响也逐渐显现出来。如采用 35% 赛丹乳油防治蚜虫,对瓢虫和食蚜蝇有一定的杀伤作用(董红强等, 2008)。在经常施用农药的生产茶园,几乎没有天敌的活动(冯明祥等, 2012)。大量使用有机磷和菊酯类杀虫剂的梨园,在杀灭害虫的同时也杀死了草蛉和蜘蛛等天敌并影响食虫鸟类的生存(李联地等, 2009)。研究认为,农药施用于农田生态系统后,由于导致了天敌的死亡而使靶标害虫处于较低的天敌压力下,进而引发害虫的再猖獗(余月书等, 2008)。杀虫剂除了使天敌昆虫的死亡率增加外,还能影响天敌昆虫的取食和寄生行为等(唐良德等, 2014)。例如七星瓢虫成虫和幼虫接触乐果或取食经乐果处理后的蚜虫,其捕食量会显著降低(Singh *et al.*, 2004)。

为了明确农药对天敌的影响,协调化学防治和生物防治之间的矛盾以及最大限度地发挥天敌对害虫的控制作用,研究人员做了很多相关工作。例如:针对寄生性天敌赤眼蜂进行了杀虫剂对其敏感度以及生物学特性影响的研究(孙彤等, 1996; 张帆等, 1998; 李元喜, 2004; 吴红波等, 2008; 俞瑞鲜等, 2009; 王彦华等, 2012)。对捕食性天敌瓢虫(七星瓢虫、异色瓢虫和龟纹瓢虫)也进行了多种药剂对其敏感度的测定及其安全性评价,为化学药剂的科学使用提供理论依据(宋化稳等, 2001; 张东海等, 2007; 席敦芹, 2008; 金剑雪等, 2009; 王秀梅等, 2011; 王圆圆等, 2012)。本研究针对目前农林生产中常用的捕食性天敌(异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas、东亚小花蝽 *Orius sauteri* Poppius、智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis*)和寄生性天敌(松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura、丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* Gahan、中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* Haliday),选取了大环内脂类(阿维菌素),新烟碱类(吡虫啉)和昆虫生长调节剂(噻嗪酮)杀虫剂对以上昆虫天敌进行毒力测定,以期为害虫综合治理中协调应用化学农药和天敌控制害虫提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试天敌昆虫与饲养

异色瓢虫:为北京市农林科学院植物保护环

境保护研究所室内定殖种群。提供蚕豆蚜 *Aphis curviness* Koch 为食物对异色瓢虫试验种群进行扩繁。具体流程如下:种植蚕豆苗对豆蚜进行扩繁,待豆蚜种群扩繁到适宜的密度时将其放入养虫笼(50 cm × 45 cm × 45 cm, 尼龙网: 120 目)中,随后接入异色瓢虫的初孵幼虫。放置于 25 ± 1℃, 相对湿度 70 ± 5%, 光周期 L:D 为 16:8 h 条件下饲养。选取 2 龄幼虫进行生物测定。

东亚小花蝽:为北京市农林科学院植物保护研究所室内定殖种群。以芸豆 *Phaseolus coccineus* L. 饲养的朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval 为食物对东亚小花蝽试验种群进行扩繁,将东亚小花蝽卵的芸豆芽放入大托盘中,均匀接在带有朱砂叶螨的芸豆苗上,置于养虫笼(规格同上)中,在温度 25 ± 1℃, 相对湿度 70 ± 5%、光周期 L:D 为 16:8 h 条件下饲养,大约 10-15 d 后收集成虫用于生物测定。

智利小植绥螨:为北京市农林科学院植物保护研究所室内定殖种群。同样以芸豆 *Phaseolus coccineus* L. 饲养的朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval 为食物对智利小植绥螨的试验种群进行扩繁,将智利小植绥螨均匀接在带有朱砂叶螨的芸豆苗上,置于养虫笼(规格同上)中,在温度 26 ± 1℃、湿度 80 ± 5%、光周期 L:D 为 16:8 h 条件下饲养。选取雌成螨用于生物测定。

松毛虫赤眼蜂:为北京市农林科学院植物保护研究所室内定殖种群。供试寄主为新鲜的柞蚕卵,在温度 25 ± 1℃、相对湿度为 75 ± 5%、光周期 L:D 为 16:8 h 的条件下饲养,选取 24 h 内羽化的成蜂用于生物测定。

丽蚜小蜂:为北京市农林科学院植物保护研究所室内定殖种群。先将盆栽番茄(品种:一品红)接种寄主烟粉虱,待烟粉虱若虫发育到 2-3 龄时再接入丽蚜小蜂。挑取并收集 3 日龄寄生褐蛹置于 26℃ 恒温培养箱内,取同天刚羽化的成蜂用于生物测定。

中红侧沟茧蜂:由河北省农林科学研究院植物保护研究所提供。

1.2 供试药剂

98.9% 阿维菌素(原药)由浙江省海正化工股份公司生产; 95.0% 吡虫啉(原药)由中国农业大学昆虫毒理实验室提供; 90% 噻嗪酮(原药)购自江苏省常隆化工有限公司。

1.3 仪器设备

Potter 喷雾塔, 电子天平, 容量瓶, 培养皿 (直径: 9 cm), 烧杯, 移液管或移液器, 镊子, 滤纸等。

1.4 生物学测定方法

异色瓢虫、东亚小花蝽、松毛虫赤眼蜂、丽蚜小蜂和中红侧沟茧蜂生物测定参照中华人民共和国农业行业标准 NY/T1154.8-2007 准则进行试验设计。智利小植绥螨生物测定参照中华人民共和国农业行业标准 NY/T1154.6-2006 准则进行试验设计。

药剂配制: 先将供试药剂用丙酮配置成母液, 然后根据试验设计将母液用 0.1% 的曲拉通 (Triton X-100) 溶液稀释成所需浓度进行试验。

1.4.1 异色瓢虫: 生物测定采用滤纸药膜法: 将培养皿 (直径: 9 cm) 内铺滤纸, 用 Potter 喷雾塔将药液均匀喷雾在培养皿内, 喷药量为 1 mL。将异色瓢虫 2 龄幼虫接入培养皿中, 让其自由爬行并充分接触滤纸。1 h 后再转入正常饲养盒, 接入足够的蚜虫作为食物。放置于温度 25℃, 湿度为 60% 条件下饲养。按等比序列将供试农药的母液稀释 7 个浓度, 每个浓度进行 5 次重复, 每个重复 20 头试虫, 并设 Triton-X100 溶液处理作为对照。24 h 后检查并记录死亡虫数, 以毛笔触碰 2 龄幼虫虫体, 静止不动为死亡。

1.4.2 东亚小花蝽: 生物测定方法同异色瓢虫。取直径 9 cm 培养皿, 皿内铺滤纸, 用 Potter 喷雾塔将药液均匀喷雾在培养皿内, 喷药量为 1 mL。将东亚小花蝽成虫接入培养皿中, 自由爬行并充分接触滤纸。1 h 后再转入无药的培养皿中, 接入足够的朱砂叶螨作为食物。放置于温度 25℃, 湿度为 60% 条件下饲养。按等比序列设置 7 个处理浓度, 每个处理 5 次重复, 每个重复 10 头试虫, 并设 Triton-X100 溶液处理作为对照。24 h 后观察成虫死亡情况, 以毛笔触碰小花蝽, 静止不动为死亡。

1.4.3 智利小植绥螨: 生物测定采用玻片浸渍法: 按等比序列设置 7 个浓度。每浓度设 4 个重复, 每个重复选取 30 头智利小植绥螨。将双面胶剪成 2 cm 长, 贴于载玻片的一端, 然后选取健康雌成螨将其背部粘于双面胶上 (注意不要粘着螨的足、触须和口器), 每片 30 头, 放入置于 25 ± 1℃, 相对湿度 75 ± 10% 的人工气候箱中。2 h 后镜检, 剔除死亡和受伤个体。将玻片浸于药液,

5 秒中后取出晾干, 放置于以上所述的人工气候箱中, 24 h 后在解剖镜下检查并记录死亡螨数。

1.4.4 松毛虫赤眼蜂: 生物测定采用玻璃管药膜法: 将供试药剂按等差序列配制成 7 个处理浓度, 每个浓度 4 个重复。将 3 mL 药剂加入大指形管中充分滚吸, 使指形管内壁充分接触药液后将多余药液倒出, 然后将指形管倒立于吸水纸上晾置并用冷风吹风机吹干 (2-3 h) 形成药膜。将 24 h 内新羽化的赤眼蜂转入药膜管, 每个药膜管移入赤眼蜂 150 头左右, 待赤眼蜂在药膜管中自由爬行 1 h 后转入无药指形管, 每管 100 头赤眼蜂, 封住管口并饲喂蜂蜜。24 h 后检查并记录死亡虫数。

1.4.5 丽蚜小蜂: 生物测定同样采用玻璃管药膜法: 玻璃管药膜的制备与松毛虫赤眼蜂生测时相同。将 24 h 内新羽化的丽蚜小蜂转入药膜管, 每个药膜管移入丽蚜小蜂成蜂 30 头左右, 待成蜂在药膜管中自由爬行 1 h 后转入无药指形管, 每管 20 头成蜂。24 h 后检查并记录死亡虫数。

1.4.6 中红侧沟茧蜂

玻璃管药膜法: 玻璃管药膜的制备与松毛虫赤眼蜂生测时相同。将 24 h 内新羽化的中红侧沟茧蜂转入药膜管, 每个药膜管移入中红侧沟茧蜂成蜂 30 头左右, 待成蜂在药膜管中自由爬行 1 h 后转入无药指形管, 每管 20 头成蜂。24 h 后检查并记录死亡虫数。

浸叶法: 取茄子叶片, 洗净后用滤纸吸除多余的水, 将茄子叶片在配制好的药液中浸渍 10 s, 取出后晾干, 放置于指形管中。将 24 h 内新羽化的中红侧沟茧蜂成蜂转入指形管中, 每个药膜管移入成蜂 10 头左右。24 h 后检查并记录死亡虫数。

羽化率检测: 将中红侧沟茧蜂的蜂茧粘在纸板上, 每板 20 粒, 放于直径 9 cm 培养皿。用 Potter 喷雾塔将药液均匀喷雾在培养皿内, 用吹风机 (冷风) 吹干 (2-3 h) 后, 转入温度 25℃, 湿度为 60% 的人工气候箱中。设置 5 个浓度梯度, 每个浓度设 4 个重复, 24 小时后观察并记录出蜂情况, 计算羽化率。

1.5 数据统计与分析

根据记录数据, 计算各处理的校正死亡率, 单位为百分率 (%)。按公式 (1) 和 (2) 计算, 计算结果均保留到小数点后两位:

(1) $P_1 = \frac{K}{N} \times 100$ (P_1 —死亡率; K —死亡虫数; N —处理总虫数)

(2) $P_2 = \frac{P_1 - P_0}{1 - P_0}$ (P_2 —校正死亡率; P_1 —处理死亡率; P_0 —空白对照死亡率)

若对照死亡率 < 5% , 无需校正; 对照死亡率在 5% - 20% 之间, 应按公式 (2) 进行校正; 对照死亡率 > 20% , 试验需重做。

所得数据用 POLO 软件 (LeOra Software Inc. , California , USA) 计算得出致死中浓度 (LC_{50}) 及其 95% 置信限。用 Excel 软件计算得到毒力回归方程。

2 结果与分析

2.1 三种杀虫药剂对异色瓢虫的室内毒力测定

采用滤纸药膜法测定了 3 种杀虫剂对 2 龄异色瓢虫幼虫的毒力, 测定结果如表 1 所示: 三种杀虫剂对异色瓢虫幼虫的毒力存在显著性差异: 阿维菌素、吡虫啉和噻嗪酮对异色瓢虫的致死中浓度 (LC_{50}) 值分别为 8.450、13.511 和 28.971 mg/L , 其中大环内酯类的阿维菌素对异色瓢虫 2 龄幼虫的毒力相对较高, 其次为新烟碱类的吡虫啉和昆虫生长调节剂噻嗪酮。

表 1 三种杀虫药剂对 2 龄异色瓢虫幼虫的毒力测定结果

Table 1 Toxicity of three insecticides to 2nd instar larvae of *Harmonia axyridis* Pallas

药剂名称 Insecticide	LC_{50} (95% 置信限) (mg/L) LC_{50} (95% FL)	毒力回归方程 Regression equation	标准误 (SE) Standard error	相关系数 (r) Correlation coefficient
阿维菌素 Abamectin	8.450 (7.851 - 9.095)	$Y = 3.268 + 1.868X$	0.016	0.9963
吡虫啉 Imidacloprid	13.511 (12.384 - 14.741)	$Y = 3.162 + 1.626X$	0.020	0.9979
噻嗪酮 Buprofezin	28.971 (27.175 - 30.885)	$Y = 2.230 + 1.895X$	0.014	0.9930

2.2 三种杀虫药剂对东亚小花蝽的室内毒力测定

三种杀虫剂对东亚小花蝽的室内毒力测定结果如表 2 所示: 阿维菌素、吡虫啉和噻嗪酮三种杀虫剂对东亚小花蝽的致死中浓度 (LC_{50}) 分别为 2.894、10.663 和 39.204 mg/L。三种杀虫剂对

东亚小花蝽成虫毒力大小趋势与异色瓢虫 2 龄幼虫相同, 即阿维菌素对东亚小花蝽成虫的毒力相对较高, 其次为新烟碱类的吡虫啉, 昆虫生长调节剂噻嗪酮对东亚小花蝽的毒力相对较低。

表 2 三种杀虫药剂对东亚小花蝽的毒力测定结果

Table 2 Toxicity of three insecticides to *Orius sauteri* Poppius

药剂名称 Insecticide	LC_{50} (95% 置信限) (mg/L) LC_{50} (95% FL)	毒力回归方程 Regression equation	标准误 (SE) Standard error	相关系数 (r) Correlation coefficient
阿维菌素 Abamectin	2.894 (2.664 - 3.144)	$Y = 4.074 + 2.007X$	0.018	0.9817
吡虫啉 Imidacloprid	10.663 (9.295 - 12.232)	$Y = 3.470 + 1.480X$	0.030	0.9783
噻嗪酮 Buprofezin	39.204 (35.261 - 43.597)	$Y = 2.120 + 1.807X$	0.024	0.9804

2.3 三种杀虫药剂对智利小植绥螨的室内毒力测定

采用玻片浸渍法测定三种杀虫剂对智利小植绥螨的毒力, 测定结果如表 3 所示: 三种杀虫剂对智利小植绥螨的毒力趋势与异色瓢虫 2 龄幼虫

和东亚小花蝽成虫相同。阿维菌素对智利小植绥螨的毒力相对较高, 其 LC_{50} 为 0.568 mg/L , 其次为吡虫啉 LC_{50} 为 10.683 mg/L。噻嗪酮对智利小植绥螨的毒力相对较低, 其 LC_{50} 为 17.024 mg/L。

表3 三种杀虫剂对智利小植绥螨的毒力测定结果
Table 3 Toxicity of three insecticides to *Phytoseiulus persimilis*

药剂名称 Insecticide	LC ₅₀ (95% 置信限) (mg/L) LC ₅₀ (95% FL)	毒力回归方程 Regression equation	标准误 (SE) Standard error	相关系数 (r) Correlation coefficient
阿维菌素 Abamectin	0.568 (0.520 - 0.619)	$Y = 7.353 + 1.436X$	0.019	0.9833
吡虫啉 Imidacloprid	10.683 (9.786 - 11.661)	$Y = 5.277 + 1.675X$	0.019	0.9722
噻嗪酮 Buprofezin	17.024 (15.497 - 18.701)	$Y = 4.813 + 1.777X$	0.021	0.9451

2.4 三种杀虫剂对松毛虫赤眼蜂的室内毒力测定

采用玻璃管药膜法测定三种杀虫剂对松毛虫赤眼蜂的毒力, 测定结果如表4所示: 供试的三种杀虫剂对松毛虫赤眼蜂的毒力都较高, 其LC₅₀值均小于2.00 mg/L。由于松毛虫赤眼蜂个体相对较小, 杀虫剂对其影响较大, 表现在LC₅₀较

低。三种杀虫剂对松毛虫赤眼蜂成虫的毒力趋势与以上捕食性天敌相同, 即阿维菌素对松毛虫赤眼蜂成虫的毒力相对较高, 其LC₅₀值为0.394 mg/L, 其次为吡虫啉LC₅₀值为0.443 mg/L, 毒力相对较低的为昆虫生长调节剂噻嗪酮, 其LC₅₀值为1.784 mg/L。

表4 三种杀虫剂对松毛虫赤眼蜂的毒力测定结果
Table 4 Toxicity of three insecticides to *Trichogramma dendrolimi* Matsumura

药剂名称 Insecticide	LC ₅₀ (95% 置信限) (mg/L) LC ₅₀ (95% FL)	毒力回归方程 Regression equation	标准误 (SE) Standard error	相关系数 (r) Correlation coefficient
阿维菌素 Abamectin	0.394 (0.385 - 0.404)	$Y = 5.999 + 2.469X$	0.005	0.9777
吡虫啉 Imidacloprid	0.443 (0.430 - 0.456)	$Y = 5.694 + 1.961X$	0.006	0.9934
噻嗪酮 Buprofezin	1.784 (1.723 - 1.846)	$Y = 4.514 + 1.938X$	0.008	0.9965

2.5 三种杀虫剂对丽蚜小蜂的室内毒力测定

三种杀虫剂对丽蚜小蜂的室内毒力测定结果如表5所示: 在测定的3种杀虫剂中, 阿维菌素对丽蚜小蜂的毒力最高, 其LC₅₀为1.076 mg/L, 吡虫啉对丽蚜小蜂的毒力次之, 其LC₅₀为5.698 mg/L, 噻嗪酮对丽蚜小蜂的毒力最低, 其LC₅₀值为7.692 mg/L。三种杀虫剂对丽蚜小蜂成虫的毒力趋势与以上捕食性天敌和松毛虫赤眼蜂均相同。

2.6 三种杀虫剂对中红侧沟茧蜂的毒力及羽化率的影响

2.6.1 三种杀虫剂对中红侧沟茧蜂成蜂的室内

毒力测定结果

三种杀虫剂对中红侧沟茧蜂的室内毒力测定结果如表6所示: 对中红侧沟茧蜂的毒力测定分别采用了玻璃管药膜法和浸叶法, 通过比较这两种生测方法所得出的LC₅₀值以及95%置信区间, 我们可以看出玻璃管药膜法和浸叶法测定的三种杀虫剂对中红侧沟茧蜂成虫的毒力趋势是一致的, 即阿维菌素 > 吡虫啉 > 噻嗪酮。其中浸叶法测定阿维菌素对中红侧沟茧蜂成蜂的毒力最高, 其LC₅₀值为1.683 mg/L, 其次为吡虫啉LC₅₀为2.963 mg/L。

表 5 三种杀虫药剂对丽蚜小蜂的毒力测定结果

Table 5 Toxicity of three insecticides to *Encarsia formosa* Gahan

药剂名称 Insecticide	LC ₅₀ (95% 置信限) (mg/L) LC ₅₀ (95% FL)	毒力回归方程 Regression equation	标准误 (SE) Standard error	相关系数 (r) Correlation coefficient
阿维菌素 Abamectin	1.076 (1.038 - 1.116)	$Y = 4.909 + 2.866X$	0.008	0.9818
吡虫啉 Imidacloprid	5.698 (5.230 - 6.208)	$Y = 3.567 + 1.896X$	0.019	0.9925
噻嗪酮 Buprofezin	7.692 (7.197 - 8.220)	$Y = 3.176 + 2.059X$	0.015	0.9997

表 6 三种杀虫药剂对中红测沟茧蜂的毒力测定结果

Table 6 Toxicity of three insecticides to *Microplitis mediator* (Haliday)

药剂名称 Insecticide	方法 Methods	LC ₅₀ (95% 置信限) (mg/L) LC ₅₀ (95% FL)	毒力回归方程 Regression equation	标准误 (SE) Standard error	相关系数 (r) Correlation coefficient
阿维菌素 Abamectin	玻璃管药膜法 浸叶法	2.834 (2.680 - 2.996) 1.683 (1.546 - 1.832)	$Y = 4.062 + 2.075X$ $Y = 4.520 + 2.122X$	0.012 0.019	0.9948 0.9890
吡虫啉 Imidacloprid	玻璃管药膜法 浸叶法	4.167 (3.879 - 4.477) 2.963 (2.586 - 3.395)	$Y = 3.964 + 1.671X$ $Y = 4.324 + 1.433X$	0.016 0.030	0.9947 0.9230
噻嗪酮 Buprofezin	玻璃管药膜法 浸叶法	12.584 (11.986 - 13.211) 13.457 (12.394 - 14.612)	$Y = 2.498 + 2.275X$ $Y = 2.738 + 2.004X$	0.011 0.018	0.9884 0.9916

2.6.2 三种杀虫药剂对中红测沟茧蜂羽化率的影响

三种杀虫剂对中红测沟茧蜂羽化率的影响如表 7 所示: 与对照组相比, 同一药剂不同浓度处理后, 其羽化率没有显著差异。阿维菌素处理中, 6.2 mg/L 处理组羽化率达到 88.8%, 略高于对照组 (85.0%), 其余处理组则均低于对照组; 吡虫啉处理中, 各处理组羽化率均低于对照组, 其中

11.9 mg/L 处理组的羽化率最低为 67.5%; 噻嗪酮处理中, 90.0 mg/L 处理组平均羽化率为 87.5%, 略高于对照组 (85.0%), 其余处理组均低于对照组, 但差异不显著。以上试验结果, 可能是由于蜂茧不亲水从而阻止了药液的浸入, 使得对照组和药剂处理组以及不同浓度的药剂处理组之间均无显著性差异。

表 7 三种杀虫药剂对中红测沟茧蜂羽化率的影响

Table 7 The effect of three insecticides on eclosion of *Microplitis mediator* (Haliday)

阿维菌素 Abamectin		吡虫啉 Imidacloprid		噻嗪酮 Buprofezin	
药剂浓度 (mg/L) Concentration	羽化率 (%) Eclosion rate	药剂浓度 (mg/L) Concentration	羽化率 (%) Eclosion rate	药剂浓度 (mg/L) Concentration	羽化率 (%) Eclosion rate
CK	85.0 a	CK	85.0 a	CK	85.0 a
6.2	88.8 a	6.0	81.3 a	5.7	81.3 a
12.3	77.5 a	11.9	67.5 a	11.3	77.5 a
24.6	73.8 a	23.8	78.8 a	22.5	78.8 a
49.2	62.5 a	47.5	72.5 a	45.0	68.8 a
98.9	70.0 a	95.0	76.3 a	90.0	87.5 a

3 结论与讨论

农药是影响生物防治效果重要的因素之一,不同类型的农药对天敌的影响差异很大。本试验中选取的天敌昆虫均为人工饲养多代的实验室种群,饲养期间不接触任何药剂,毒力测定结果也可作为供试昆虫天敌对药剂的敏感基线,为昆虫天敌的抗药性监测及其结果分析提供理论基线值。阿维菌素、吡虫啉和噻嗪酮三种杀虫剂对天敌的毒力不同,可能是由于各种农药的作用机制、化学结构和理化性质的不同,导致对同种天敌的不同毒力。该结果与不同药剂对赤眼蜂的毒性存在差异是一致的(孙超等,2008)。不同昆虫天敌间比较分析发现,三种杀虫剂对寄生性天敌成蜂,如赤眼蜂、丽蚜小蜂和中红测沟茧蜂的毒力较大,其中对赤眼蜂的毒力最高。而对一些个体较大的寄生蜂蜂茧,如中红测沟茧蜂,药剂处理后对其羽化率并没有显著影响,可能与这三种药剂化学成分与蜂茧具有不相容性,导致药液无法渗入蜂茧内有关。与寄生性天敌相比,供试的三种杀虫剂对捕食性天敌异色瓢虫、智利小植绥螨和东亚小花蝽的毒力相对较低,但仍具有一定的杀伤作用。

以不同类型药剂比较,阿维菌素对天敌(捕食性和寄生性)的毒力较高,其次是吡虫啉,而噻嗪酮对天敌的毒力相对较低。其中大环内酯类的阿维菌素对寄生性天敌具有较高的毒性风险,该研究结果与阿维菌素对匀鞭蚜小蜂和赤眼蜂(稻螟赤眼蜂 *Trichogramma japonicum*、亚洲玉米螟赤眼蜂 *Ostrinia fumacalis*、拟澳洲赤眼蜂 *Trichogramma confusum* 和广赤眼蜂 *Trichogramma evanescens*) 具有较高的毒性风险是相似的(Bacci *et al.*, 2011; 王彦华等, 2012)。目前为止,新烟碱类杀虫剂做为高效防治半翅目害虫的药剂已被广泛应用(Jeschke and Nauen, 2008),但本研究中,吡虫啉对供试的昆虫天敌表现出较高的毒性风险,其中对松毛虫赤眼蜂的毒性最大,该结果与吡虫啉对卷蛾赤眼蜂 *Trichogramma cacoeciae* 成蜂具有较高毒性风险是一致的(Saber, 2011)。新烟碱类和大环内酯类杀虫剂是目前发展较快的农药种类,它们对多种重要农业害虫显示出较高的杀虫活性,已成为农林生产中防治害虫的主要杀虫剂品种,但其对昆虫天敌的毒力较高,可能会导致大量天敌成

虫的死亡。这与之前的报道(王彦华等, 2012)相似,在害虫综合治理中应谨慎使用新烟碱类和大环内酯类杀虫剂以免造成对赤眼蜂的大量杀伤。噻嗪酮对昆虫天敌的毒力相对较低,对天敌比较安全。从保护天敌的角度出发,建议减少阿维菌素和吡虫啉的使用量和次数,可以选择与其它对天敌毒力较小的药剂交替使用,或者采用对天敌影响较小的使用时期及方法。噻嗪酮对天敌的影响相对较小可适当使用,但仍要合理安排,尽量错开天敌释放期或高峰期,尽可能最大限度的保护天敌,使化学防治和生物防治相互协调。

本研究的生物测定均是在可控的实验室条件下进行的。在田间生产过程中天敌昆虫所接触的农药剂量可能会随着药剂的降解与漂移而有所降低,因此药剂对天敌昆虫的杀伤力也会减小。同时由于药剂作用剂量(或浓度)的降低也会诱导出靶标害虫的亚致死效应,天敌昆虫与害虫同处在一个生态系统中,有可能也会产生亚致死效应。为了全面评价农药对天敌昆虫的安全性,应开展相关的田间试验,同时加强农药对天敌昆虫的亚致死效应研究,以便更准确地评价农药对天敌昆虫的影响。

参考文献 (References)

- Bacci L, Crespo ALB, Galvan TL, *et al.* Toxicity of insecticides to the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies [J]. *Pest Manag. Sci.*, 2007, 63 (7): 699 - 706.
- Dong HQ, Xiong RC, Nie ZX, *et al.* Comparison of control effect of the insecticides on cotton aphid (*Aphis gossypii* glover) in different occurrence period [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2008, 45 (5): 964 - 967. [董红强,熊仁次,聂宗喜,等. 棉蚜不同发生期药剂防效比较 [J]. 新疆农业科学, 2008, 45 (5): 964 - 967]
- Feng MX, Wang JQ, Zhang T, *et al.* Effect of pesticides on structure stability of arthropod community in tea plantations [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2012, 44 (2): 89 - 92. [冯明祥,王继青,张涛,等. 农药对茶园节肢动物群落结构稳定性的影响 [J]. 山东农业科学, 2012, 44 (2): 89 - 92]
- Gardner J, Hoffmann MP, Pitcher SA, *et al.* Integrating insecticides and *Trichogramma ostrinae* to control European corn borer in sweet corn: economic analysis [J]. *Biol. Control*, 2011, 56 (1): 9 - 16.
- Jeschke P, Nauen R. Neonicotinoids - from zero to hero in insecticide chemistry [J]. *Pest Manag. Sci.*, 2008, 64 (11): 1084 - 1098.
- Jin JX, Cheng Y, Li ZY, *et al.* Sensitivity determination of the larvae of *Coccinella septempunctata* L. to insecticides [J]. *Modern Agrochemicals*, 2009, 8 (5): 49 - 51. [金剑雪,程英,李忠英,等. 杀虫剂对七星瓢虫幼虫的敏感性测定 [J]. 现代农药, 2009, 8 (5): 49

-51]

- Li LD, Liang WW, Wen GX, et al. The measure of protect natural enemies in orchard base on *Janus piri* gradually increased damage [J]. *The Journal of Hebei Forestry Science and Technology*, 2009, 1: 37-38. [李联地, 梁旺伟, 温桂霞, 等. 从梨茎蜂危害逐渐加重谈果园天敌昆虫的保护措施 [J]. 河北林业科技, 2009, 1: 37-38]
- Li YX. Effects of insecticides on *Trichogramma* Wasps [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2004, 20 (2): 81-86. [李元喜. 杀虫剂对赤眼蜂的影响 [J]. 中国生物防治, 2004, 20 (2): 81-86]
- Saber M. Acute and population level toxicity of imidacloprid and fenpyroximate on an important egg parasitoid, *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *Ecotoxicology*, 2011, 20 (6): 1476-1484.
- Singh SR, Walters KFA, Port GR, et al. Consumption rates and predatory activity of adult and fourth instar larvae of the seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (L.), following contact with dimethoate residue and contaminated prey in laboratory arenas [J]. *Biol. Control*, 2004, 30 (2): 127-133.
- Song HW, Mu LY, Wang JX, Studies on the toxicity and joint-toxicity to *Propylaea japonica* and *Chrysopa septempunctata* of some insecticides [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2001, 22 (6): 17-18. [宋化稳, 慕立义, 王金信. 13 种杀虫剂对龟纹瓢虫及大草蛉的毒力研究 [J]. 农药科学与管理, 2001, 22 (6): 17-18]
- Sun C, Su JY, Shen JL, et al. Laboratory safety evaluation of insecticides to *Trichogramma japonicum* [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2008, 22 (1): 93-98. [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]
- Sun T, Zhang F, Zhao YZ, et al. Effect of some cotton field pesticides on *Trichogrammatids* of varying stage [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 1996, 18 (3): 32-35. [孙彤, 张帆, 赵玉枝, 等. 几种棉田常用农药对赤眼蜂各虫期的杀伤力 [J]. 吉林农业大学学报, 1996, 18 (3): 32-35]
- Tang LD, Qiu BL, Ren SX. A review of insecticide resistance in the natural enemies of pest insects [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2014, 51 (1): 13-25. [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): 13-25]
- Wang YH, Yu RX, Zhao XP, et al. Acute toxicity and safety evaluation of neonicotinoids and macrocyclic lactones to adult wasps of four *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2012, 55 (1): 36-45 [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]
- Wang XM, Hou ZG, Li TH, et al. Effects of avermectin on various developmental stages of *Harmonia axyridis* (Pallas) [J]. *Agrochemicals*, 2011, 50 (10): 737-739. [王秀梅, 侯志广, 李天昊, 等. 阿维菌素对异色瓢虫不同发育阶段的影响 [J]. 农药, 2011, 50 (10): 737-739]
- Wang YY, Liu TH, Li J, et al. Selective toxicity tests and field trials of 5 kinds of insecticide to *Brevicoryne brassicae* and Ladybeetles [J]. *Agrochemicals*, 2012, 51 (11): 829-831. [王圆圆, 刘廷辉, 李静, 等. 5 种杀虫剂对甘蓝蚜和瓢虫的选择性毒力及田间防效 [J]. 农药, 2012, 51 (11): 829-831]
- Wu HB, Zhang F, Jin DC, Insecticide resistance test for different geographic populations of *Trichogramma chilonis* and *T. dendrolimi* [J]. *Plant Prot.*, 2008, 34 (5): 107-110. [吴红波, 张帆, 金道超. 不同种群螟黄赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂的抗药性测定 [J]. 植物保护, 2008, 34 (5): 107-110]
- Xi DQ, Five kinds of insecticides to *Harmonia axyridis* security determination experiment [J]. *Agrochemicals*, 2008, 47 (1): 50-54. [席敦芹, 5 种药剂对异色瓢虫安全性测定试验 [J]. 农药, 2008, 47 (1): 50-54]
- Yu YS, Xue S, Wang F, et al. Pest resurgence induced by pesticides [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 45 (1): 15-20. [余月书, 薛珊, 王芳, 等. 农药诱导害虫再猖獗的研究 [J]. 昆虫知识, 2008, 45 (1): 15-20]
- Yu RX, Yu WH, Wu CX, et al. Effects of different pesticides on adults, larvae, eggs, and pupae of *Trichogramma nubilale* [J]. *Agrochemicals*, 2009, 48 (8): 588-590. [俞瑞鲜, 俞卫华, 吴长兴, 等. 不同农药对欧洲玉米螟赤眼蜂的影响 [J]. 农药, 2009, 48 (8): 588-590]
- Zhang F, Ruan CC, Sun GZ, et al. Reaction of *Trichogramma chilonis* on some pesticide used usually in the cotton field [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 1998, 20 (2): 43-45. [张帆, 阮长春, 孙光芝, 等. 螟黄赤眼蜂对几种棉田常用农药的反应 [J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20 (2): 43-45]
- Zhang DH, Wu XF, Fu L. Determination of security of the natural enemy ladybug by several pesticides [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2007, 44 (S3): 24-29. [张东海, 吴晓峰, 付磊. 几种药剂对天敌瓢虫的安全性测定 [J]. 新疆农业科学, 2007, 44 (S3): 24-29]