

四种杀虫剂对七星瓢虫和松毛虫赤眼蜂的负效应

郭志芯, 蒋红云, 张 兰, 毛连纲, 张燕宁*

(中国农业科学院植物保护研究所/农业农村部农产品质量安全生物性危害因子(植物源)控制重点实验室, 北京 100193)

摘要: 七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus 和松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 作为多种害虫的天敌昆虫, 广泛应用于生物防治中。本研究按标准采用药膜法分别测定了 37%联苯·噻虫胺悬浮剂、24%溴虫腈·甲维盐悬浮剂、45%吡虫·虫螨腈悬浮剂和 20%甲维盐·茚虫威悬浮剂四种杀虫剂对七星瓢虫 2 龄幼虫和松毛虫赤眼蜂成蜂的急性接触毒性, 并进行了安全性评价。结果表明: 37%联苯·噻虫胺悬浮剂、24%溴虫腈·甲维盐悬浮剂、45%吡虫·虫螨腈悬浮剂和 20%甲维盐·茚虫威悬浮剂对七星瓢虫的 LR_{50} 分别为 0.0327、6.90、5.00 和 1.25 g a.i./hm², 其中 24%溴虫腈·甲维盐悬浮剂对七星瓢虫为高风险性, 其余药剂为极高风险; 对赤眼蜂的 LR_{50} 分别为 2.35×10^{-3} 、0.0129、 6.46×10^{-3} 和 0.127 g a.i./hm², 均属极高风险。本研究为杀虫剂对七星瓢虫和松毛虫赤眼蜂的负效应影响研究提供一定数据支持。

关 键 词: 生物防治; 化学防治; 急性毒性; 安全性评价

中图分类号: S476 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2019)04-0542-06

Negative Effects of the Four Insecticides on *Coccinella septempunctata* Linnaeus and *Trichogramma dendrolimi* Matsumura

GUO Zhixin, JIANG Hongyun, ZHANG Lan, MAO Liangang, ZHANG Yanning*

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Laboratory of Control of Biological Hazard Factors (Plant Origin) for Agri-products Quality and Safety, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100193, China)

Abstract: *Coccinella septempunctata* Linnaeus and *Trichogramma dendrolimi* Matsumura are important natural enemies used in biological control of many pests. The safety and acute toxicity of four insecticides on the 2rd instar larvae of *C. septempunctata* and adults of *T. dendrolimi* were evaluated using the contact film method in the laboratory. Results indicated that the tested pesticides differed in their toxicities against the 2rd instar larvae of *C. septempunctata*. The formulation of 37% bifenthrin and clothianidin (EC), 45% imidacloprid and chlorfenapyr (EC), and 20% emamectin benzoate and indoxacarb showed LR_{50} of 0.0327, 5.0 and 1.25 g a.i./hm² against *C. septempunctata* larvae respectively. The 24% chlorfenapyr and emamectin benzoate (EC) showed a high risk with LR_{50} of 6.90 g a.i./hm², while the other three insecticides showed extremely high risks. As for *T. dendrolimi*, 37% bifenthrin and clothianidin (EC), 24% chlorfenapyr and emamectin benzoate (EC), 45% imidacloprid and chlorfenapyr (EC), 20% emamectin benzoate and indoxacarb, and exhibited LR_{50} of 2.35×10^{-3} , 0.0129, 6.46×10^{-3} and 0.127 g a.i./hm², respectively, all of extremely high risks. This study provides insight into the risk of the tested pesticides to *C. septempunctata* and *T. dendrolimi*.

Key words: biological control; chemical control; acute toxicity; safety assessment

收稿日期: 2019-03-29

基金项目: 国家重点研发计划 (2016YFD0200500)

作者简介: 郭志芯, 硕士研究生, E-mail: 18801406930@163.com; *通信作者, 副研究员, E-mail: zhangyanning@caas.cn。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2019.04.009

化学杀虫剂在农业害虫防治中的广泛应用,使害虫在发生过程中得到有效控制,在给农业生产带来巨大收益的同时也带来一些负效应。据统计局最新数据显示,我国 2018 年第三季度化学农药原药销售量累计值达 151.6 万吨。农药对环境中的非靶标天敌昆虫的毒害是农药对环境污染的主要表现形式之一,长期、大量不合理使用农药使环境中有益生物种群特征改变,破坏自然生态的相对平衡,并造成一定经济损失^[1]。绿色发展、农药减量是新形势下国家对我国农药产业提出的新要求,如何在化学防治与生物防治协同作用中,使生物防治发挥其优良控害优势,已成为我国乃至全世界亟待解决的重大课题。

七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* Linnaeus 在我国各地广泛分布,是一种捕食性天敌昆虫^[4]。具有食谱范围广、生存能力强、繁殖效率高且种群易于扩张等优势,成虫可捕食粉虱、麦蚜、豆蚜、棉蚜、槐蚜、桃蚜、松干蚧、粉蚧、叶螨、壁虱等害虫及多种鳞翅目昆虫的幼虫和卵^[5,6],是小麦、棉花、油料和蔬菜等主要作物上蚜虫的重要捕食性天敌^[7]。应用七星瓢虫作为优秀的生物防治天敌已成为我国现代绿色植物保护体系中的重要内容之一。

松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 因具有相对较大的体型和较强的寄生适应能力而成为当今国内外研究多、应用较广的一类卵寄生蜂^[9],其寄主数量多达 64 种,常用来防治鳞翅目害虫^[10]。然而,在防治害虫的同时赤眼蜂种群也受到化学药剂的影响^[11]。

杀虫剂的使用对天敌昆虫负效应的评价已成为近年来的研究热点,合理安全使用杀虫剂既要有效控制虫害,又要保证天敌昆虫以最大限度地发挥对害虫的控制作用^[12]。七星瓢虫因对药剂较敏感且为我国本地物种等特点,在农业农村部 2017 年 6 月颁布的农业行业标准“化学农药天敌昆虫(瓢虫)急性接触毒性试验准则”^[13]中,将其作为捕食性天敌昆虫代表物种。而赤眼蜂由于是寄生性天敌昆虫的重要代表,环境安全生态的重要指标,2014 年 10 月颁布的国家标准“化学农药环境安全评价试验准则”^[14]将其列入。本文参照以上标准测试 4 种化学农药悬浮剂对七星瓢虫和松毛虫赤眼蜂的急性毒性水平,并评价风险等级,以期保护环境中及人工释放的天敌昆虫种群,并为生产上科学合理用药及释放应用天敌昆虫的 IPM 方案中杀虫剂的选择提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

七星瓢虫:从北京市农林科学院植物保护环境保护研究所引种,将健康成虫放入养虫笼(35 cm×40 cm×40 cm)中,在人工气候培养箱内以豆蚜 *Aphis craccivora* Koch 饲养,用塑料花盆培育豌豆苗,待豆苗出土 1~2 cm 时接入豆蚜,让其自行迁入繁殖生长^[6]。收集的七星瓢虫卵置于光照培养箱中,温度为(25±2)℃,光周期 16L:8D,相对湿度 60%~90%。幼虫孵化后继续饲以豆蚜,饲养期间为降低幼虫自残行为的发生,每天更换豆苗以提供充足的蚜虫。该种群对参比药剂乐果 0.20 g/hm² 剂量下的死亡率为 40%~80%,可以用于试验。试验使用孵化 3~4 d 的 2 龄幼虫。

松毛虫赤眼蜂:供试寄主生物为柞蚕 *Antheraea pernyi* 卵,由北京市密云县植保站提供。将被寄生的寄主卵置于温度(25±2)℃,相对湿度 50%~80%,避光条件下培养,羽化出的成蜂用于急性毒性试验。试验成蜂来源于同一时间、同一批次的寄生卵。试验使用羽化 48 h 内的成蜂。

1.2 供试药剂

供试试剂信息见表 1,均由本实验室提供。

1.3 瓢虫 2 龄幼虫的急性毒性试验方法

参照《化学农药天敌(瓢虫)急性接触毒性试验准则》^[13],采用指形管药膜法,取适量的上述农药分别溶于丙酮,并在 100 mL 容量瓶中进行定容,使农药充分溶解,以上 4 种农药溶解良好。将配制的母液按比例用丙酮稀释成一系列浓度梯度。

将以上待测药剂用丙酮配置成 7 个系列浓度,取适量药液于指形管中,平放于滚管机上并滚动,直到丙酮挥发,使药剂均匀分布指形管壁形成药膜。每管接入 1 头 2 龄幼虫,供以足量豆蚜,纱布封口横向摆放于温度(25±2)℃、光照 16L:8D、湿度 60%~90%的恒温光照培养箱中培养。每 24 h 更换管内豆蚜,取出残叶以免影响试虫接触药膜,检查并记录每管幼虫的死亡情况,持续观察直至羽化为止。以丙酮做

对照，每处理 10 头，重复 3 次。对照死亡率不超过 20%。

1.4 赤眼蜂成蜂的急性毒性试验方法

参照《化学农药环境安全评价试验准则第 17 部分：天敌赤眼蜂急性毒性试验》^[14]，采用指形管药膜法，设置不同的浓度梯度，药剂配制和药膜管制作方法同 1.3。将供试赤眼蜂放入药膜管中爬行 1 h 后转入无药指形管中，饲喂 10%蜂蜜水，并用黑布封紧管口于人工气候箱中培养，24 h 后检查并记录管中死亡和存活蜂数。以丙酮做对照，每处理组重复 3 次，每个重复 90~110 头赤眼蜂。敲试管不动者视为死亡，对照组死亡率不超过 10%。

1.5 数据统计与分析

试验数据用 DPS v13.01 版数据处理系统进行处理，采用生物测定-计数型数据机值分析，计算 LR₅₀、回归方程、95%置信限及相关系数。

安全系数=药物对被试生物的 LR₅₀ (g a.i./ hm²) /该药物的田间推荐施用浓度 (g a.i./hm²)，参照标准中关于化学农药对赤眼蜂风险分级的规定，依次分为 4 级：安全系数大于 5，低风险；安全系数大于 0.5 且小于等于 5，中等风险；安全系数大于 0.05 且小于等于 0.5，高风险；安全系数小于等于 0.05，极高风险^[14]。

瓢虫的风险等级划分参考使用赤眼蜂的分级标准。

表 1 被试杀虫剂信息
Table 1 Information of selected insecticides

药剂名称 Name of pesticide	剂型 Preparation formulation	有效成分浓度 Active ingredient concentration (%)	田间推荐使用剂量 Field recommended concentration (g a.i./hm ²)	防治对象 The object of control
37%联苯·噻虫胺 bifenthrin and clothianidin	SC	37 (24.7 : 12.3)	28~55	蚜虫、黄条跳甲、蔗龟
24%溴虫腈·甲维盐 24% chlorfenapyr and emamectin benzoate	SC	24 (20 : 4)	18~27	小菜蛾、甜菜夜蛾、斜纹 夜蛾茶、小绿叶蝉
45%吡虫·虫螨腈 imidacloprid and chlorfenapyr	SC	45 (30 : 15)	67.5~135	蓟马
20%甲维盐·茚虫威 emamectin benzoate and indoxacarb	SC	20 (4 : 16)	24~36	稻纵卷叶螟、甜菜夜蛾

2 结果与分析

2.1 急性毒性试验结果

2.1.1 四种杀虫剂对七星瓢虫 2 龄幼虫的急性毒性 4 种杀虫剂对七星瓢虫 2 龄幼虫均有较高毒性，随浓度升高死亡率增高。药后七星瓢虫 2 龄幼虫的急性中毒症状基本相同，主要表现为：幼虫期行动迟缓，抽搐，身体变黑，体液外渗，蜷缩干瘪；羽化期出现身体发黑，不能完全羽化及体液外渗等（表 2，3）。

表 2 四种杀虫剂对七星瓢虫幼虫的急性毒性死亡率
Table 2 Acute toxicity the four insecticides to 2nd instar larvae of *C. septempunctata*

处理 Treatment	总数 Sum	37%联苯·噻虫胺 bifenthrin and clothianidin				24%溴虫腈·甲维盐 chlorfenapyr and emamectin benzoate (%)				45%吡虫·虫螨腈 imidacloprid and chlorfenapyr				20%甲维盐·茚虫威 emamectin benzoate and indoxacarb (%)			
		剂 量 (%)				剂 量				剂 量				剂 量			
		1 d	5 d	10 d	15 d	1 d	5 d	10 d	15 d	1 d	5 d	10 d	15 d	1 d	5 d	10 d	15 d
CK	30	—	10.0	10.0	10.0	10.0	—	10.0	10.0	10.0	10.0	—	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
1	30	2.34×10 ⁻³	0	10.0	10.0	13.3	0.375	3.3	10.0	10.0	20.0	2.11	0	6.7	6.7	13.3	0.563
2	30	4.69×10 ⁻³	0	16.7	20.0	20.0	0.75	23.3	30.0	33.3	40.0	4.22	13.3	36.7	43.3	46.7	1.13
3	30	9.38×10 ⁻³	6.7	23.3	23.3	23.3	1.50	3.3	10.0	20.0	26.7	8.44	36.7	90.0	90.0	90.0	2.25
4	30	0.0188	30.0	36.7	50.0	50.0	3.00	6.7	26.7	30.0	33.3	16.9	66.7	96.7	96.7	96.7	4.50
5	30	0.0375	30.0	60.0	63.3	63.3	6.00	10.0	23.3	26.7	40.0	33.8	76.7	100.0	100.0	100.0	9.00
6	30	0.075	40.0	66.7	70.0	70.0	12.0	10.0	60.0	63.3	80.0	67.5	73.3	100.0	100.0	100.0	18.0
7	30	0.15	50.0	80.0	80.0	80.0	24.0	86.7	100.0	100.0	100.0	135	96.7	100.0	100.0	100.0	36.0

注：表中剂量单位为 g a.i./hm²。Note: Unit of dose is g a.i./hm².

表 3 四种杀虫剂对七星瓢虫 2 龄幼虫的急性毒性数据分析
Table 3 Acute toxicity of the four insecticides to 2nd instar larvae of *C. septempunctata*

杀虫剂 Name of pesticide	羽化天数 Emergence days	羽化时 LR ₅₀ Median lethal application rate (g a.i./hm ²)	95%置信限 95% fiducial limit (g a.i./hm ²)	回归方程 Regression function	相关系数 <i>r</i> Correlation coefficiention
37%联苯·噻虫胺 37% bifenthrin and clothianidin	17	0.0327	0.02~0.05	$Y=7.03+1.37X$	0.979
24%溴虫腈·甲维盐 24% chlorfenapyr and emamectin benzoate	16	6.90	3.80~28.50	$Y=4.06+1.13X$	0.823
45%吡虫·虫螨腈 45% imidacloprid and chlorfenapyr	15	5.00	3.85~6.11	$Y=2.05+4.21X$	0.916
20%甲维盐·茚虫威 20% emamectin benzoate and indoxacarb	16	1.25	0.67~1.85	$Y=4.83+1.76X$	0.767

注：羽化时 LR₅₀ 指处理组试虫羽化时的累积致死中浓度，瓢虫羽化天数是对照组活虫全部羽化的时间。
Note: LR₅₀ refers to the cumulative lethal concentration when ladybugs in one treatment are hatched. The Emergence days of ladybugs is the total time of emergence of live beetles in the control group.

2.1.2 四种杀虫剂对松毛虫赤眼蜂成蜂的急性毒性 4 种杀虫剂对松毛虫赤眼蜂 24 h 急性毒性试验结果表明，4 种杀虫剂对松毛虫赤眼蜂成蜂均有较高毒性，随药剂浓度增大死亡率增高（表 4，5）。

2.2 安全性比较

4 种杀虫剂对七星瓢虫 2 龄幼虫的安全系数分别为 5.95×10^{-4} 、0.256、0.0370 和 0.0347。安全系数最高的是 24%溴虫腈·甲维盐悬浮剂，属高风险药剂，其他 3 种药剂对瓢虫为极高风险性。

4 种药剂对天敌赤眼蜂的安全系数分别为 4.27×10^{-5} 、 4.77×10^{-4} 、 4.79×10^{-5} 和 3.53×10^{-3} ，均属极高风险药剂（表 6）。

表 4 四种杀虫剂对赤眼蜂成蜂 24 h 急性毒性试验结果
Table 4 Acute toxicity of the four insecticides to *T. dendrolimi*

处理 Treatment	37%联苯·噻虫胺 bifenthrin and clothianidin			24%溴虫腈·甲维盐 chlorfenapyr and emamectin			45%吡虫·虫螨腈 imidacloprid and chlorfenapyr			20%甲维盐·茚虫威 emamectin benzoate and indoxacarb		
	剂量 (g a.i./hm ²)	总数 (头)	死亡率 (%)	剂量 (g a.i./hm ²)	总数 (头)	死亡率 (%)	剂量 (g a.i./hm ²)	总数 (头)	死亡率 (%)	剂量 (g a.i./hm ²)	总数 (头)	死亡率 (%)
CK	—	304	4.9	—	304	5.9	—	297	6.4	—	304	4.9
1	6.62×10^{-4}	303	34.0	3.36×10^{-3}	302	37.1	1.66×10^{-3}	292	39.7	0.0377	302	30.1
2	1.32×10^{-3}	299	41.5	6.73×10^{-3}	301	41.5	3.33×10^{-3}	298	49.0	0.0753	303	41.9
3	2.65×10^{-3}	301	46.5	0.0135	300	46.7	6.67×10^{-3}	295	51.2	0.151	298	50.0
4	5.30×10^{-3}	295	67.1	0.0269	300	65.3	0.0133	302	59.3	0.301	301	67.8
5	0.0106	300	78.0	0.0538	304	69.7	0.0267	294	79.9	0.603	299	88.3
6	0.0212	299	92.6	0.108	303	87.8	0.0543	302	85.1	1.20	299	91.5
7	0.0424	298	98.3	0.215	302	99.0	0.107	295	97.6	2.41	297	92.0

表 5 四种杀虫剂对赤眼蜂成蜂 24 h 急性毒性数据分析
Table 5 Acute toxicity of the four insecticides to adult of *T. dendrolimi* at 24 h

杀虫剂 Name of pesticide	LR ₅₀ Median lethal application rate (g a.i./hm ²)	95%置信限 95% fiducial limit (g a.i./hm ²)	回归方程 Regression function	相关系数 <i>r</i> Correlation coefficiention
37%联苯·噻虫胺 37% bifenthrin and cloth-ianidin	2.35×10^{-3}	$1.64\times10^{-3}\sim3.14\times10^{-3}$	$Y=8.48+1.32X$	0.974
24%溴虫腈·甲维盐 24% chlorfenapyr and emamectin benzoate	0.0129	$7.64\times10^{-3}\sim0.0190$	$Y=7.22+1.18X$	0.932
45%吡虫·虫螨腈 45% imidacloprid and ch-lorfenapyr	6.46×10^{-3}	$2.41\times10^{-3}\sim0.0117$	$Y=7.02+0.924X$	0.897
20%甲维盐·茚虫威 20% emamectin benzoate and indoxacarb	0.127	$0.111\sim0.144$	$Y=6.28+1.43X$	0.990

表 6 四种杀虫剂对七星瓢虫及松毛虫赤眼蜂的安全性比较

Table 6 Safety evaluation of the pesticides to 2nd instar larvae of *C. septempunctata* and *T. dendrolimi*

杀虫剂 Name of pesticide	安全系数 Safety factor		风险性等级 Risk level	
	瓢虫	赤眼蜂	瓢虫	赤眼蜂
37%联苯·噻虫胺 37% bifenthrin and clothianidin	5.95×10^{-4}	4.27×10^{-5}	极高	极高
24%溴虫腈·甲维盐 24% chlorfenapyr and emamectin benzoate	0.256	4.77×10^{-4}	高	极高
45%吡虫·虫螨腈 45% imidacloprid and chlorfenapyr	0.0370	4.79×10^{-5}	极高	极高
20%甲维盐·茚虫威 20% emamectin benzoate and indoxacarb	0.0347	3.53×10^{-3}	极高	极高

3 讨论

科学评价化学药剂对非靶标天敌昆虫七星瓢虫和赤眼蜂的毒性和风险性，可为有害生物综合防治提供科学指导^[15]。本研究结果表明四种复配制剂均表现出对瓢虫 2 龄幼虫较高的毒性。45%吡虫·虫螨腈悬浮剂、20%甲维盐·茚虫威悬浮剂和 37%联苯·噻虫胺悬浮剂对瓢虫表现为极高风险，24%溴虫腈·甲维盐悬浮剂对瓢虫为高风险。本试验中由于被试瓢虫与豆蚜同时暴露于药剂中，分析瓢虫死亡原因有两种：一是由于杀虫剂的触杀作用，二是由于取食接触药剂的蚜虫，通过胃毒、内吸或拒食作用致死。在田间人为释放天敌昆虫进行生物防治时，应避免使用上述高风险性化学药剂，合理协调生物防治与化学防治的时间。同时结合田间野生种群的生长动态进行释放，以达到害虫综合治理的最佳效果^[16]。

4 种杀虫剂对赤眼蜂也表现出较高的毒性，均为极高风险性。其单剂吡虫啉、虫螨腈、噻虫胺、虫螨腈对松毛虫赤眼蜂成蜂表现为极高风险性，甲维盐表现为高风险性^[16,17]。研究表明这些杀虫剂的单剂对其他天敌昆虫也产生不同程度的负效应，吡虫啉对寄生性天敌成蜂，如丽蚜小蜂和中红测沟茧蜂的毒性较大，对捕食性天敌澳洲瓢虫成虫、隐翅虫、异色瓢虫、智利小植绥螨和东亚小花蝽也具有一定杀伤作用^[17-20]。甲维盐和联苯菊酯对玉米螟赤眼蜂表现出一定危害水平^[21]。虫螨腈和茚虫威对拟澳洲赤眼蜂和半闭弯尾姬蜂成蜂存在毒性而且虫螨腈能够降低蜂的羽化率^[22,23]。

化学药剂对天敌的风险评估对于保持环境生态安全发挥着重要的作用，2016 年农业部农药检定所制定了关于化学农药对非靶标节肢动物的环境风险评估指南（NY/T2882.7-2016），农药在室内对瓢虫及赤眼蜂的急性毒性试验数据仅为农药对其风险评估提供参考，不能代表该药剂在田间使用对非靶标生物的实际危害水平，实际危害情况取决于毒性和暴露量，而暴露量取决于田间实际用量、施药方法、气候条件等诸多环境因素^[15]。评估农药施用是否对天敌存在影响，不仅要考虑到天敌昆虫在农药中的暴露情况，还要考虑天敌昆虫对农药的耐受度，施用农药时，生态环境中的天敌昆虫种群与人为释放的天敌昆虫种群表现出的抗性水平不同，耐药性也存在差异。协调化学防治与生物防治的关系是农药减量使用、保护生态平衡的关键^[24]，为充分发挥天敌昆虫生物防治的控害潜能，应在天敌繁育期避免使用此类高风险农药，同时改善施用技术防止药剂迁移，人为规避与物理因素结合以最大限度降低农药对天敌昆虫的负效应。

参 考 文 献

[1] 单正军, 陈祖义. 农药对陆生环境生物的污染影响及污染控制技术[J]. 农药科学与管理, 2007(11): 18-26.

[2] 程英, 李忠英, 李凤良. 七星瓢虫的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2006(5): 117-119, 116.

[3] 马野萍, 孙洪波, 王瑞霞, 等. 七星瓢虫生物学特性及人工饲养初步研究[J]. 新疆农业科学, 2000(S1): 154.

[4] 常剑. 七星瓢虫实验种群的生物学特性研究[C]//云南省昆虫学会. 云南省昆虫学会 2011 年学术年会论文集. 2011, 5.

[5] 周宇航, 程英, 金剑雪, 等. 七星瓢虫规模化生产与释放的应用效果[J]. 西南农业学报, 2017, 30(3): 602-605.

[6] 武海斌. 果园害虫天敌(四)——瓢虫[J]. 落叶果树, 2018, 50(1): 65.

[7] 荆英, 黄建. 七星瓢虫的研究概况[J]. 武夷科学, 2002, 18: 218-221.

[8] Zhang J J, Zhang X, Zang L S, et al. Advantages of diapause in *Trichogramma dendrolimimass* production via eggs of the Chinese silkworm,

- Antheraea pernyi[J]. Pest Management Science, 2018, 74(4): 959-965.
- [9] 包建中, 古德祥. 中国生物防治[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 1998, 67-123.
- [10] 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.
- [11] 冀禄禄, 董宇奎, 李照会. 四种杀虫剂对七星瓢虫成虫的室内毒力测定[J]. 山东农业科学, 2011(5): 74-75.
- [12] 中华人民共和国农业农村部 GB/T31270-2014. 农业行业标准化学农药天敌昆虫(瓢虫)急性接触毒性试验准则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [13] 中华人民共和国农业部. NY/T3008-2017. 化学农药环境安全评价试验准则第17部分: 天敌赤眼蜂急性毒性试验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [14] 孙新友, 袁善奎, 林荣华, 等. 91种农药制剂对家蚕的急性毒性研究[J]. 农药科学与管理, 2011, 32(8): 21-25.
- [15] 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.
- [16] 徐华强, 薛明, 赵海朋. 林业常用16种杀虫剂对赤眼蜂的急性毒性和安全性评价[J]. 林业科技, 2014, 39(2): 10-13.
- [17] Jacob C R O, Zanardi O Z, José B M, et al. The impact of four widely used neonicotinoid insecticides on *Tetragonisca angustula* (Latreille) (Hymenoptera: Apidae)[J]. Chemosphere, 2019, 224: 65-70.
- [18] Grafton-Cardwell E E, Gu P. Conserving vedalia beetle, *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), in Citrus: a continuing challenge as new insecticides gain registration[J]. Journal of Economic Entomology, 2003, 96(5): 1388-1398.
- [19] Cloyd R A, Timmons N R, Goebel J M, et al. Effect of pesticides on adult rove beetle *Atheta coriaria* (Coleoptera: Staphylinidae) survival in growing medium[J]. Journal of Economic Entomology, 2009, 102(5): 1750-1758.
- [20] 肖达, 郭晓军, 王甦, 等. 三种杀虫剂对几种昆虫天敌的毒力测定[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 951-958.
- [21] Cheng S, Lin R, Wang L, et al. Comparative susceptibility of thirteen selected pesticides to three different insect egg parasitoid *Trichogramma* species[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2018, 166: 86-91.
- [22] 尹艳琼, 李向永, 陈宗麒, 等. 常用杀虫剂对半闭弯尾姬蜂成虫和蛹的安全性[J]. 植物保护, 2010, 36(3): 169-171.
- [23] 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.
- [24] Gardner J, Hoffmann M P, Pitcher S A, et al. Integrating insecticides and *Trichogramma ostriniae* to control European corn borer in sweet corn: economic analysis[J]. Biological Control, 2011, 56(1): 9-16.

封面说明:

柑橘木虱既是柑橘上的重要害虫, 又是柑橘黄龙病的传播虫媒, 对我国柑橘产业存在潜在威胁。进一步调查柑橘木虱的寄生性天敌资源, 明确其种类和鉴别特征, 对筛选优势天敌种类并开展生物防治应用具有重要意义。王竹红等发现了柑橘木虱初寄生蜂2种, 重寄生蜂4种, 其中小斑塔姬小蜂为新纪录种, 并描述了新种小斑塔姬小蜂, 提供了寄生性天敌的形态特征照片。新种模式标本及其他研究标本保存于福建农林大学植物保护学院(正文见504~516页)。