

5种生物杀虫剂对4种天敌昆虫的安全性评价

尹园园, 吕兵, 林清彩, 陈浩, 翟一凡, 于毅, 郑礼*

山东省农业科学院植物保护研究所/山东省植物病毒学重点实验室,
天敌与授粉昆虫研究中心, 山东 济南 250100

摘要:【目的】生物杀虫剂及天敌昆虫的应用是绿色防控的发展方向,但有关生物杀虫剂对天敌昆虫的安全性尚不明确。研究生物杀虫剂对天敌昆虫的影响可以为更好地协调使用生物杀虫剂和天敌昆虫提供理论依据。【方法】在实验室条件下采用药膜法和滤纸膜片法测定了5种生物杀虫剂(苦参碱、桉油精、鱼藤酮、除虫菊素、橄榄鲨)在田间推荐使用浓度下,对4种天敌昆虫(丽蚜小蜂、东亚小花蝽、食蚜瘿蚊、巴氏新小绥螨)的致死率。【结果】除虫菊素对丽蚜小蜂、东亚小花蝽、巴氏新小绥螨的影响较大,致死率均达到100%;鱼藤酮对丽蚜小蜂、食蚜瘿蚊、巴氏新小绥螨的影响均较大,致死率在98.65%以上;橄榄鲨对丽蚜小蜂、东亚小花蝽、食蚜瘿蚊的影响较小,致死率均小于30%;苦参碱对丽蚜小蜂的影响最大,致死率达100%,对食蚜瘿蚊和巴氏新小绥螨的影响较小,致死率分别为15.56%和15.91%;桉油精对巴氏新小绥螨的影响最大,致死率达100%,对东亚小花蝽和食蚜瘿蚊的影响较小,致死率分别为15.91%和6.67%。【结论】这5种生物杀虫剂中,橄榄鲨对丽蚜小蜂、东亚小花蝽、食蚜瘿蚊安全,桉油精对东亚小花蝽、食蚜瘿蚊安全,苦参碱对食蚜瘿蚊、巴氏新小绥螨安全,鱼藤酮对东亚小花蝽安全,除虫菊素对食蚜瘿蚊安全。

关键词: 生物杀虫剂; 天敌昆虫; 安全性评价; 致死率

Safety evaluation of five biological insecticides to four arthropod natural enemies

YIN Yuanyuan, LÜ Bing, LIN Qingcai, CHEN Hao, ZHAI Yifan, YU Yi, ZHENG Li*

Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences/Shandong Provincial Key Laboratory for Plant Virology,
Beneficial Insects Research Center, Jinan, Shandong 250100, China

Abstract: 【Aim】The increased use of biological insecticides and natural enemies is the general direction of more sustainable crop management, but the safety of biological insecticides on several natural enemies is not known. Therefore, the effects of biological pesticides on natural enemies were studied to provide a basis for a better coordination of these two control methods. 【Method】The residual film method and filter paper method were adopted under laboratory conditions to determine the impacts of the recommended field concentrations of 5 biological insecticides (matrine, cineole, rotenone, pyrethrin, potassium laurate) on 4 commercially used natural enemies, the parasitoid *Encarsia formosa*, the heteropteran predator *Orius sauteri*, predatory fly *Aphidoletes aphidimyza*, and the predatory mite *Neoseiulus barkeri*. 【Result】The effects of pyrethrin on *E. formosa*, *O. sauteri*, and *N. barkeri* were severe, reaching total (100%) mortality. The effects of rotenone on *E. formosa*, *A. aphidimyza*, and *N. barkeri* were higher, with mortality of >98.65%. The potassium laurate had small effects on *E. formosa*, *O. sauteri*, and *A. aphidimyza* with <30% mortality. Matrine caused 100% mortality on *E. formosa* but effects on *A. aphidimyza* and *N. barkeri* were small with the mortality of 15.56% and 15.91% respectively. Cineole was lethal to *N. barkeri* (100% mortality); the effects on *O. sauteri*, *A. aphidimyza* were small with the mortality of 15.91% and 6.67% respectively. 【Conclusion】Potassium laurate was safe to *E. formosa*, *O. sauteri*, and *A. aphidimyza*; cineole was safe to *O. sauteri*, *A. aphidimyza*; matrine was safe to *A. aphidimyza*, *N. barkeri*; while the use of rotenone was consistent only with *O. sauteri*; and pyrethrin only with *A. aphidimyza*.

Key words: biological insecticide; natural enemy; security evaluation; mortality

收稿日期(Received): 2018-01-12 接受日期(Accepted): 2018-03-20

基金项目: 山东省农业科学院农业科技创新工程(CXGC2016B11, CXGC2017B05); 山东省农业重大应用技术创新项目“设施蔬菜生态高效安全生产技术模式建立与示范”; 山东省农业科学院学科带头人科研启动项目

作者简介: 尹园园, 女, 硕士研究生。研究方向: 丽蚜小蜂繁育与应用。E-mail: yinyuanyuan008@126.com

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: zhengli64@126.com

随着植保绿色防控技术的发展以及高端产品的要求,对生物杀虫剂和天敌昆虫的需求在增长(杨普云和任彬元,2018)。用天敌昆虫防治害虫见效慢但持效期长,生物杀虫剂见效快但持效期短。因此,使用生物杀虫剂与天敌昆虫结合的方式防治害虫,效果更好。

丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* Gahan、东亚小花蝽 *Orius sauteri* (Poppius)、食蚜瘿蚊 *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.)、巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* Hughes 均是目前应用比较广泛的天敌昆虫。丽蚜小蜂对温室粉虱有良好的防控效果,是全球传统生物防治的成功典范之一(Liu *et al.*, 2015; Thoeming *et al.*, 2003)。东亚小花蝽是一种在我国北方分布极为广泛的天敌昆虫,对蓟马类有很强的控制能力(郭建英和万方浩,2001; 孙晓会等,2009; 张安盛等,2007),在害虫综合治理中具有较大的应用价值(刘文静等,2011a, 2011b)。食蚜瘿蚊是蚜虫的重要捕食性天敌,可以捕食60余种蚜虫(Harris, 1973)。巴氏新小绥螨是害虫(螨)的捕食性天敌之一,已经被美国和欧洲许多国家用于防治叶螨、蓟马等吸汁性害虫(螨)。苦参碱(matrine)、桉油精(cineole)、鱼藤酮(rotenone)、除虫菊素(pyrethrin)、橄榄鲨(potassium laurate)为5种生物杀虫剂,用于防治蔬菜上的蚜虫、粉虱、蓟马、叶螨、斑潜蝇等害虫。

使用对害虫高效且对天敌昆虫安全的药剂是害虫综合治理的关键(Wright & Verkerk, 1995)。研究表明,0.6%烟碱·苦参碱乳油对捕食性天敌瓢虫具有一定的安全性(王彦阳,2017);除虫菊素、苦参碱适宜在烟蚜 *Mgzus persicae* (Zulzer) 防治中与异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 交替或组合使用(潘悦等,2013);但也有研究表明,生物杀虫剂会杀伤天敌昆虫(王庆森等,2014)。因此,在同时使用生物杀虫剂与天敌昆虫时,需明确生物杀虫剂对天敌昆虫的影响。苦参碱、桉油精、鱼藤酮、除虫菊素和橄榄鲨这5种生物杀虫剂对丽蚜小蜂、东亚小花蝽、食蚜瘿蚊和巴氏新小绥螨等4种天敌昆虫的安全性尚不明确,本实验对此进行研究,以期为生物杀虫剂和天敌昆虫的联合使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试天敌昆虫

丽蚜小蜂、食蚜瘿蚊、东亚小花蝽由山东鲁保

科技开发有限公司提供,巴氏新小绥螨由首伯农(北京)生物技术有限公司提供。

1.2 供试药剂

0.5%苦参碱水剂(北京三浦百草绿色植物制剂有限公司),5%桉油精可溶液剂(北京亚戈农生物药业有限公司),5%鱼藤酮可溶液剂(云南南宝科技有限责任公司),1.52%除虫菊素水溶剂(云南南宝科技有限责任公司),49%橄榄鲨软皂水剂(深圳百乐宝生物农业科技有限公司)。

1.3 方法

根据田间推荐使用浓度,确定各药剂的实验浓度: $1.8 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 0.5%苦参碱水剂, $3.3 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 5%桉油精可溶液剂, $6.7 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 5%鱼藤酮可溶液剂, $6.0 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 1.52%除虫菊素水溶剂, $1.0 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 49%橄榄鲨软皂水剂。将各药剂按实验浓度用蒸馏水进行稀释,作为备用药液。

本实验于温度 $26 \text{ }^\circ\text{C}$ 、光周期 16L:8D、相对湿度 $(60 \pm 5)\%$ 的人工气候箱内进行。

1.3.1 5种生物杀虫剂对丽蚜小蜂的影响 (1)对成蜂的影响。参照《化学农药环境安全评价试验准则》(蔡道基,1991),采用玻璃管药膜法,在指形管内(高 10.5 cm、内径 3 cm、内表面 102.3 cm^2)加入 1 mL 经稀释的药液,充分滚吸直至晾干制成药膜管。将准备好的 24 h 内羽化的供试丽蚜小蜂成蜂放入药膜管中爬行 1 h 后转入无药管中,并饲喂 10% 蜂蜜水,用黑布封紧管口。以蒸馏水处理作对照。每个处理 5 次重复,每个重复 (50 ± 10) 头丽蚜小蜂。分别于 24 和 48 h 后检查并记录死亡(用小毛笔轻触不动即为死蜂)和存活蜂数。

(2)对蛹的影响。将收集的 3 日龄丽蚜小蜂蛹制成蜂卡。将备用药液置于准备好的烧杯中,将准备好的蜂卡在药液中浸渍 10 s 后取出,空气中自然晾干,放于恒温室中自然发育。以蒸馏水浸渍蜂卡为对照,每个处理约 100 个蜂蛹,每个处理重复 5 次。10~15 d 后记录蛹的羽化数量。

1.3.2 5种生物杀虫剂对东亚小花蝽成虫的影响

采用玻璃管药膜法进行测定,玻璃管药膜的制备与 1.3.1 相同。接入 10 头东亚小花蝽成虫,1 h 后将其移入干净的试管内,每个处理重复 5 次。调查并记录 1、24 h 后各处理东亚小花蝽的死亡数量。用毛笔轻触东亚小花蝽身体,以虫体不动为死亡标

准。以蒸馏水处理为对照。

1.3.3 5 种生物杀虫剂对食蚜瘿蚊幼虫的影响
在直径 9 cm 的培养皿内放入直径 9 cm 的滤纸,取 1 mL 药液使其均匀分布于滤纸上,用勾线笔分别挑取个体大小一致、健康活泼的食蚜瘿蚊 2 龄幼虫于滤纸上,每个处理接虫 10 头,每个处理 5 次重复。分别于 24 和 48 h 后在双目解剖镜下检查、记录食蚜瘿蚊幼虫死亡数。

1.3.4 5 种生物杀虫剂对巴氏新小绥螨成螨的影响
方法同 1.3.3,取健康活泼的巴氏新小绥螨于滤纸上,每个处理接虫 10 头,每个处理 4 次重复。分别于 24 和 48 h 后在双目解剖镜下检查、记录巴氏新小绥螨成螨死亡数。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0 数据处理软件分析实验数据的差异显著性,不同药剂对几种天敌昆虫的影响均采用单因素方差分析,多重比较采用 Tukey 法,显著性水平为 0.05。当对照组死亡率大于 5% 时,对死亡率进行校正。

$$\text{校正死亡率}/\% = (\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}) / (1 - \text{对照组死亡率}) \times 100。$$

根据国际生物防治组织 (IOBC) 的评价标准,将农药对昆虫的影响分为 4 个等级:一级(无害),死亡率 < 30%;二级(轻微有害),30% ≤ 死亡率 < 79%;三级(中度有害),79% ≤ 死亡率 ≤ 99%;四级(极度有害),死亡率 > 99% (Hassan, 1992)。

2 结果与分析

2.1 5 种生物杀虫剂对丽蚜小蜂的影响

实验结果(表 1)表明,5 种生物杀虫剂在药后 24 h ($F_{5,24} = 498.21, P < 0.01$) 和 48 h ($F_{4,20} = 220.53, P < 0.01$) 对丽蚜小蜂成蜂产生显著影响。与对照相比,苦参碱、鱼藤酮、除虫菊素这 3 种药剂对丽蚜小蜂成蜂的影响较大,药后 24 h 死亡率均在 96.83% 以上,48 h 死亡率在 98.65% 以上;橄榄鲨对丽蚜小蜂成蜂的危害最小,药后 48 h 校正死亡率仅为 21.86%。根据 IOBC 的评价标准,橄榄鲨对丽蚜小蜂成虫无害,桉油精对丽蚜小蜂成虫轻微有害,鱼藤酮对丽蚜小蜂成虫中度有害,苦参碱和除虫菊素对丽蚜小蜂成虫极度有害。

表 1 5 种生物杀虫剂对丽蚜小蜂成蜂、食蚜瘿蚊幼虫和巴氏新小绥螨成螨的影响

Table 1 Effects of five biological insecticides on adults of the parasitoid *Encarsia formosa*, the larvae of the predatory midge, *Aphidoletes aphidimyza*, and the adults of the predatory mite *Neoseiulus barkeri*

生物杀虫剂 Insecticide	24 h 后的死亡率 Mortality after 24 h/%			48 h 后的死亡率 Mortality after 48 h/%		
	丽蚜小蜂 <i>E. formosa</i>	食蚜瘿蚊 <i>A. aphidimyza</i>	巴氏新小绥螨 <i>N. barkeri</i>	丽蚜小蜂 <i>E. formosa</i>	食蚜瘿蚊 <i>A. aphidimyza</i>	巴氏新小绥螨 <i>N. barkeri</i>
苦参碱 Matrine	99.10±0.59a	10.00±3.16b	14.00±4.00c	100.00±0.00a	15.56±5.67b	15.91±5.79c
桉油精 Cineole	65.94±2.59b	6.00±4.00bc	100.00±0.00a	70.72±2.64b	6.67±7.54b	100.00±0.00a
鱼藤酮 Rotenone	96.83±2.01a	100.00±0.00a	100.00±0.00a	98.65±0.98a	100.00±0.00a	100.00±0.00a
除虫菊素 Pyrethrin	100.00±0.00a	0.00±0.00c	96.00±2.45a	100.00±0.00a	4.44±5.67b	100.00±0.00a
橄榄鲨 Potassium laurate	12.24±3.66c	0.00±0.00c	56.00±11.23b	21.86±4.26c	6.67±6.09b	65.91±10.16b
CK	1.16±0.82c	0.00±0.00c	0.00±0.00c	-	-	-

同列数据(平均值±标准误)后附不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$, Tukey)。

The data (means±SE) in the same column with the different letters indicate significant differences ($P < 0.05$, Tukey-test)。

不同生物杀虫剂对丽蚜小蜂羽化率的影响显著不同 ($F_{5,24} = 207.12, P < 0.01$, 图 1)。蒸馏水处理丽蚜小蜂伪蛹的羽化率为 91.89%;鱼藤酮、除虫菊素对丽蚜小蜂伪蛹的杀伤力较强,羽化率均低于 10%;苦参碱和橄榄鲨处理后的羽化率分别为 58.69% 和 73.34%;桉油精对丽蚜小蜂伪蛹的杀伤力最小,羽化率为 85.68%。

2.2 5 种生物杀虫剂对东亚小花蝽成虫的影响

实验结果(表 2)表明,5 种生物杀虫剂在药后

1 h ($F_{5,24} = 441.16, P < 0.01$) 和 24 h ($F_{4,20} = 43.21, P < 0.01$) 对东亚小花蝽产生显著影响。除虫菊素对东亚小花蝽的影响最大,药后 1 h 的死亡率就达到 100%;苦参碱影响次之,药后 24 h 东亚小花蝽死亡率为 40.91%;桉油精、鱼藤酮、橄榄鲨对东亚小花蝽的影响较小,药后 24 h 东亚小花蝽死亡率在 2.27%~15.91% 之间。根据 IOBC 的评价标准,鱼藤酮、橄榄鲨、桉油精对东亚小花蝽无害,苦参碱对东亚小花蝽轻微有害,除虫菊素对东亚小花蝽极度有害。

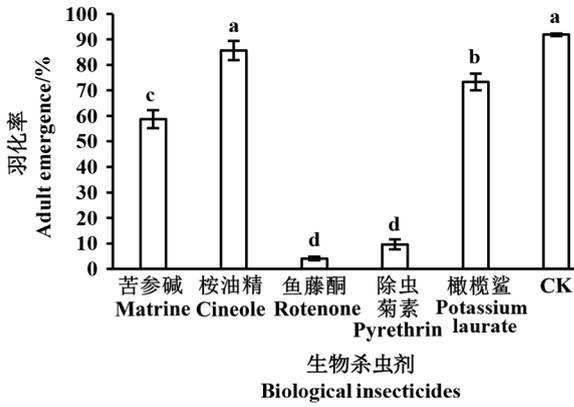


图1 5种生物杀虫剂对丽蚜小蜂羽化率的影响

Fig.1 Effects of five biological insecticides on the eclosion rate of the parasitoid *Encarsia formosa*

柱上不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$, Tukey)。

Different letters on the column indicate significant differences ($P < 0.05$, Tukey-test).

表2 5种生物杀虫剂对东亚小花蝽成虫的影响

Table 2 Effects of five biological insecticides on adults of the predatory heteropteran, *Orius sauteri*

生物杀虫剂 Insecticide	死亡率 Mortality/%	
	1 h	24 h
苦参碱 Matrine	0.00±0.00b	40.91±5.57b
桉油精 Cineole	4.00±2.45b	15.91±8.50bc
鱼藤酮 Rotenone	4.00±4.00b	2.27±5.79c
除虫菊素 Pyrethrin	100.00±0.00a	100.00±0.00a
橄榄鲨 Potassium laurate	0.00±0.00b	11.36±6.63c
CK	0.00±0.00b	-

同列数据(平均值±标准误)后附不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$, Tukey)。

The data (means±SE) in the same column with the different letters indicate significant differences ($P < 0.05$, Tukey-test).

2.3 5种生物杀虫剂对食蚜瘿蚊幼虫的影响

实验结果(表1)表明,5种生物杀虫剂在药后24 h ($F_{5,24} = 364.31, P < 0.01$)和48 h ($F_{4,20} = 66.15, P < 0.01$)对食蚜瘿蚊产生显著影响。鱼藤酮对食蚜瘿蚊幼虫的影响最大,药后24 h食蚜瘿蚊幼虫死亡率就达到100%;苦参碱、桉油精、除虫菊素、橄榄鲨对食蚜瘿蚊的影响均较小,药后48 h食蚜瘿蚊幼虫死亡率在4.44%~15.56%之间。根据IOBC的评价标准,鱼藤酮对食蚜瘿蚊幼虫极度有害,苦参碱、桉油精、除虫菊素、橄榄鲨对食蚜瘿蚊幼虫无害。

2.4 5种生物杀虫剂对巴氏新小绥螨成螨的影响

实验结果(表1)表明,5种生物杀虫剂在药后24 h ($F_{5,24} = 82.88, P < 0.01$)和48 h ($F_{4,20} = 49.68, P < 0.01$)对巴氏新小绥螨产生显著影响。桉油精、鱼

藤酮、除虫菊素对巴氏新小绥螨的影响较大,药后48 h死亡率均达到100%;苦参碱对巴氏新小绥螨的影响最小,药后48 h死亡率为15.91%。根据IOBC的评价标准,桉油精、鱼藤酮、除虫菊素对巴氏新小绥螨极度有害,橄榄鲨对巴氏新小绥螨轻微有害,苦参碱对巴氏新小绥螨无害。

3 结论

肖达等(2014)研究表明,噻嗪酮可与捕食性天敌昆虫异色瓢虫、东亚小花蝽、智利小植绥螨 *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot 和寄生性天敌松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura、丽蚜小蜂、中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator* Haliday 联合使用;甲氧虫酰肼和茚虫威可与天敌昆虫蚜茧蜂 *Aphidius colemani* Viereck、食蚜瘿蚊、胡瓜钝绥螨 *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) 联合使用 (Stara et al., 2011);生物杀虫剂印楝素可与赤眼蜂联合使用 (Lingathurai et al., 2015)。本研究结果表明,橄榄鲨可与丽蚜小蜂、东亚小花蝽、食蚜瘿蚊一起使用,桉油精可与东亚小花蝽、食蚜瘿蚊一起使用,苦参碱可与食蚜瘿蚊、巴氏新小绥螨一起使用,鱼藤酮可与东亚小花蝽一起使用,除虫菊素可与食蚜瘿蚊一起使用。

本研究在实验室条件下进行,而在田间的实际应用过程中可能会由于环境条件的不同或药剂实际用量的不同导致对天敌昆虫杀伤力的变化。因此,为了全面评价农药对天敌昆虫的安全性,应当开展相关的田间试验。

参考文献

郭建英, 万方浩, 2001. 一种适于繁殖东亚小花蝽的产卵植物——寿星花. 中国生物防治, 7(2): 53-56.
 刘文静, 张安盛, 李丽莉, 门兴元, 张思聪, 周仙红, 于毅, 徐洪富, 2011a. 二种活体饲料对东亚小花蝽生长发育和生殖的影响. 应用昆虫学报, 48(3): 566-568.
 刘文静, 张安盛, 门兴元, 周仙红, 李丽莉, 张思聪, 于毅, 徐洪富, 2011b. 两种猎物饲养对东亚小花蝽捕食作用的影响. 中国生物防治学报, 27(3): 302-307.
 潘悦, 曾凡海, 张有伟, 张晓龙, 孙永华, 邓国宾, 2013. 4种植物源杀虫剂对烟蚜的药效及其对异色瓢虫的毒力测定. 云南农业大学学报(自然科学), 28(3): 302-305.

- 孙晓会, 徐学农, 王恩东, 2009. 东亚小花蝽对西方花蓟马和二斑叶螨的捕食选择性. *生态学报*, 29(11): 6285–6291.
- 王庆森, 鞠晓蕾, 黄建, 2014. 七星瓢虫对茶蚜的捕食功能反应及生物农药的安全性评价. *江西农业大学学报*, 36(6): 1247–1252.
- 王彦阳, 2017. 0.6%烟碱·苦参碱乳油对柑橘矢尖蚧的防治效果及其对天敌的安全性评价. *农药*, 56(6): 457–458.
- 肖达, 郭晓军, 王甦, 张君明, 张帆, 2014. 三种杀虫剂对几种昆虫天敌的毒力测定. *环境昆虫学报*, 36(6): 951–958.
- 杨普云, 任彬元, 2018. 促进农作物病虫害绿色防控技术推广应用——2011至2017年全国农作物重大病虫害防控技术方案要点评述. *植物保护*, 44(1): 6–8.
- 张安盛, 于毅, 李丽莉, 张思聪, 2007. 东亚小花蝽 (*Orius sauteri*) 成虫对入侵害虫西花蓟马 (*Frankliniella occidentalis*) 成虫的捕食作用. *生态学报*, 27(5): 1903–1909.
- HARRIS K M, 1973. *Aphidophagous cecidomyiidae* (Diptera): taxonomy, biology and assessments of field populations. *Bulletin of Entomological Research*, 63(2): 305–325.
- HASSAN S A, 1992. Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms. *IOBC/WPRS Bulletin*, 15: 18–39.
- LINGATHURAI S, PUSHPALATHA M, RAVEEN R, PRIYATHARSINI P V, SATHIKUMARAN R, NARAYANAN P C S, 2015. Ecotoxicological performances and biochemical effect of selected pesticides on *Trichogramma chilonisishii* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(1): 109–114.
- LIU T X, STANSLY P A, GERLING D, 2015. Whitefly parasitoids: distribution, life history, bionomics, and utilization. *Annual Review of Entomology*, 60: 273–292.
- STARAJ, OUREDNIKOVA J, KOCOUREK F, 2011. Laboratory evaluation of the side effects of insecticides on *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae), *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae), and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Pest Science*, 84(1): 25–31.
- THOEMING G, BORGEMEISTER C, SETAMOU M, POEHLING H M, 2003. Systemic effects of neem on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 96(3): 817–825.
- WRIGHT D J, VERKERK R H J, 1995. Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. *Pesticide Science*, 44: 207–218.

(责任编辑: 杨郁霞)