2017 年 第 12 卷
第 4 期,242-248

生 态 毒 理 学 报
Asian Journal of Ecotoxicology

Vol. 12, 2017
No.4, 242-248

DOI:10.7524/AJE.1673-5897.20170529002
安颢敏, 贾变桃, 李志伟, 等. 12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂的急性毒性及安全性评价[J]. 生态毒理学报,2017, 12(4): 242-248
An H M, Jia B T, Li Z W, et al. Acute toxicity and safety evaluation of 12 fungicide formulations to *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2017, 12(4): 242-248 (in Chinese)

12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂的急性毒性及安全性评价

安颢敏, 贾变桃*, 李志伟, 王龙, 车安圣, 卢晶晶

山西农业大学农学院,太谷 030801

收稿日期:2017-05-29 **录用日期**:2017-08-08

摘要: 采用试管药膜法测定了 12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂成蜂的急性接触毒性,结合安全性系数评价了供试药剂对半闭弯尾姬蜂的安全性。急性毒性测定结果表明,氟硅唑和啶菌噁唑对半闭弯尾姬蜂成蜂的接触毒性最高,LC_{50}值分别为 220.022和 223.115 mg·L^{-1};其次为多抗霉素、丙森锌和戊唑醇,LC_{50}值分别为 436.496、472.358 和 638.638 mg·L^{-1};其余 7 种杀菌剂制剂嘧霉胺、啶酰菌胺、苯醚甲环唑、多菌灵、嘧菌酯、嘧菌环胺和异菌脲对半闭弯尾姬蜂成蜂的触杀毒性都较低,LC_{50}值均大于 1 000 mg·L^{-1}。安全性评价结果表明,丙森锌和啶菌噁唑对半闭弯尾姬蜂成蜂具有高风险性,安全系数分别为 0.16 和 0.42;嘧霉胺、多抗霉素、氟硅唑和戊唑醇为中等风险性,安全系数分别为 1.43、1.56、2.20 和 3.23;其余 6 种杀菌剂制剂啶酰菌胺、苯醚甲环唑、多菌灵、嘧菌酯、嘧菌环胺和异菌脲对半闭弯尾姬蜂表现为低风险性,安全系数均大于 5。结果显示:甾醇脱甲基抑制剂氟硅唑、戊唑醇和啶菌噁唑以及苯胺基嘧啶类杀菌剂嘧霉胺、有机硫杀菌剂丙森锌和抗菌素多抗霉素对半闭弯尾姬蜂成蜂具有急性毒性风险,在有害生物综合治理中应谨慎使用,特别是啶菌噁唑和丙森锌,以免对半闭弯尾姬蜂造成不良影响和危害。

关键词: 杀菌剂;半闭弯尾姬蜂;急性毒性;安全性评价
文章编号: 1673-5897(2017)4-242-07 **中图分类号**: X171.5 **文献标识码**: A

Acute Toxicity and Safety Evaluation of 12 Fungicide Formulations to *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae)

An Haomin, Jia Biantao*, Li Zhiwei, Wang Long, Che Ansheng, Lu Jingjing
College of Agronomy, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China

Received 29 May 2017 **accepted** 8 August 2017

Abstract: The acute contact toxicities of 12 fungicide formulations to adults of *Diadegma semiclausum* were tested with a test tube residue method. The obtained LC_{50} values were used to calculate the safety coefficients with the formula of LC_{50}/recommended field concentration, which in turn were used to assess the risks of the 12 fungicides to the wasp. Contact toxicity bioassay showed that flusilazole and SYP-Z048 had the highest contact toxicity to adults of *D. semiclausum*, with a LC_{50} of 220.022 and 223.115 mg·L^{-1}, respectively, followed by polyoxin, propineb and tebuconazole, with a LC_{50} of 436.496, 472.358 and 638.638 mg·L^{-1}, respectively. The other 7 fungicides, inclu-

基金项目:山西省自然科学基金项目(2012011035-3);山西农业大学引进人才科研启动基金项目(XB2007008)
作者简介:安颢敏(1994-),男,本科生,研究方向为农药毒理及害虫抗药性,E-mail: ahm1994@126.com
* **通讯作者**(Corresponding author), E-mail: jiabtao@foxmail.com

ding pyrimethanil, boscalid, difenoconazole, carbendazim, azoxystrobin, cyprodinil and iprodione, had a LC_{50} of > 1 000 mg·L^{-1} and were the least toxic to adults of *D. semiclausum*. Safety evaluation revealed that propineb and SYP-Z048 had a safety coefficient of 0.16 and 0.42, respectively, and thus were of high risk to the wasp. Pyrimethanil, polyoxin, flusilazole and tebuconazole were of moderate risk to the wasp since their safety coefficients were 1.43, 1.56, 2.20 and 3.23, respectively. Boscalid, difenoconazole, carbendazim, azoxystrobin, cyprodinil and iprodione had a safety coefficient of >5 and thus were of low risk to the wasp. Taken together, these results suggest that the sterol demethylation inhibitors flusilazole, tebuconazole and SYP-Z048, the aniline pyrimidine fungicide pyrimethanil, the organic sulfur fungicide propineb and the antibiotics polyoxin, especially SYP-Z048 and propineb, have an acute toxicity risk to adults of *D. semiclausum* and thus should be used with caution in integrated pest management programs in order to avoid their adverse effects on *D. semiclausum*.

Keywords: fungicides; *Diadegma semiclausum*; acute toxicity; safety assessment

半闭弯尾姬蜂(*Diadegma semiclausum* Hellen)属膜翅目姬蜂科,是小菜蛾(*Plutella xylostella*)幼虫期的一种重要的内寄生蜂,起源于欧洲,被许多国家和地区引进用于防治小菜蛾,对小菜蛾的种群数量和危害起到了很好的控制作用[1-3]。

施用到田间的药剂作为环境因子被各种生物频繁接触,对非靶标生物特别是天敌构成威胁,长期暴露在药剂选择压力下会严重降低天敌的控害潜能,并且带来诸多生态问题[4-5]。生物防治缓效、低效的缺点决定了目前化学药剂不可能被完全禁止,如何协调化学防治和生物防治是药剂对天敌安全性评价的主要目的,筛选高效低毒的化学药剂成为有害生物综合治理(IPM)研究的关键性问题[6]。

在生产中,一般考虑较多的是杀虫剂对寄生蜂等天敌的毒性,杀菌剂对天敌的风险经常被忽略[7]。有研究表明,一些杀菌剂对寄生蜂有害,如异稻·三环唑和苯甲·丙环唑对二化螟盘绒茧蜂雌成蜂具有较高毒性[7],三唑酮、苯醚甲环唑、氟环唑、嘧菌酯、百菌清等杀菌剂对某些赤眼蜂品种具有较高毒性风险[8-12]。有关杀虫剂对半闭弯尾姬蜂的毒性风险已有许多研究[13-17],但杀菌剂对半闭弯尾姬蜂的毒性研究较少。为明确杀菌剂对半闭弯尾姬蜂的毒性,本研究评价了 12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂成蜂的安全性,以期为合理用药、保护和利用天敌以及协调化学防治和生物防治提供有益参考。

1　材料与方法(Materials and methods)

1.1　供试材料

1.1.1　供试昆虫

半闭弯尾姬蜂采集于山西农业大学农作站未施药甘蓝田,在室内以多年未接触药剂饲养的小菜蛾 3 龄幼虫供其寄生。饲养条件:温度(22±1) ℃,相对湿度(RH) 70%,光周期 14 h L∶10 h D。

1.1.2　供试药剂

供试药剂相关信息见表 1。

1.2　试验方法

参考贾变桃等[17]的方法,采用试管药膜法测定药剂对半闭弯尾姬蜂成蜂的触杀毒性。在预备试验的基础上,将不同药剂分别配制 5~7 个试验浓度梯度,以清水作为对照。所有测定药液和对照均加入 0.02%(体积分数)的 Triton X-100。将配好的药液倒满 2 cm×8 cm 指形管,静置 10 s 后倒出,室温下倒置晾干形成药膜。每管接入羽化 1~2 d 的半闭弯尾姬蜂 6~8 头,管底放置 10%(质量分数)蔗糖水棉花球供成蜂取食。用双层纱布将管口蒙住,橡皮筋扎紧。每处理重复 4 次。置于温度(22±1) ℃,RH 70%,光周期 14 h L∶10 h D 的光照培养箱中。24 h 后观察成蜂死亡情况,以蜂不能正常爬行或飞行为死亡标准。

1.3　数据处理

采用 PoloPlus 1.0 软件进行统计分析,计算各药剂对半闭弯尾姬蜂成蜂的斜率(b)±标准误、LC_{50} 值及 95% 置信限。

安全系数计算公式:安全系数 = LC_{50}(mg·L^{-1})÷田间推荐使用剂量(mg·L^{-1})。参考俞瑞鲜等[18]的方法,农药对半闭弯尾姬蜂的风险性分级标准为:安全系数 > 5 为低风险性,0.5 < 安全系数 ≤ 5 为中等风险性,0.05 < 安全系数 ≤ 0.5 为高风险性,安全系数 ≤ 0.05 为极高风险性。

2　结果(Results)

2.1　12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂成蜂的触杀毒性

由表 2 可以看出,12 种杀菌剂制剂中氟硅唑和

表 1 供试杀菌剂及田间推荐浓度

Table 1 Tested fungicides and their field recommended concentrations

杀菌剂 Fungicide	有效成分 Active ingredient	生产厂家 Manufacturer	田间推荐浓度/(mg·L^{-1}) Recommended field concentration/(mg·L^{-1})
400 g·L^{-1}福星乳油 400 g·L^{-1} Nustar EC	氟硅唑 Flusilazole	美国杜邦公司 DuPont	100
10%世高水分散粒剂 10% Score WG	苯醚甲环唑 Difenoconazole	先正达作物保护有限公司 Syngenta	50
430 g·L^{-1}好克利悬浮剂 430 g·L^{-1} Haokeli SC	戊唑醇 Tebuconazole	标正作物科学有限公司 Biogen	197.8
40%恢典悬浮剂 40% Huidian SC	嘧霉胺 Pyrimethanil	标正作物科学有限公司 Biogen	720
50%瑞镇水分散粒剂 50% Ruizhen WG	嘧菌环胺 Cyprodinil	先正达作物保护有限公司 Syngenta	960
10%宝丽安可湿性粉剂 10% Baoli'an WP	多抗霉素 Polyoxin	日本科研制药株式会社 Kaken Pharmaceutical	280
25%菌思奇乳油 25% Junsiqi EC	啶菌噁唑 SYP-Z048	沈阳科创化学品有限公司 Shenyang Sciencreat Chemicals	535
250 g·L^{-1}阿米西达悬浮剂 250 g·L^{-1} Amistar SC	嘧菌酯 Azoxystrobin	先正达作物保护有限公司 Syngenta	500
70%安泰生可湿性粉剂 70% Antracol WP	丙森锌 Propineb	德国拜耳作物科学公司 Bayer	2 996
25%菌立安可湿性粉剂 25% Junli'an WP	多菌灵 Carbendazim	陕西汤普森生物科技有限公司 Shaanxi Tunpsion	1 000
50%凯泽水分散粒剂 50% Cantus WG	啶酰菌胺 Boscalid	德国巴斯夫植物保护有限公司 Basf	500
25.5%统秀可湿性粉剂 25.5% Tongxiu WP	异菌脲 Iprodione	标正作物科学有限公司 Biogen	2 000

表 2 12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂成蜂的急性毒性

Table 1 Acute toxicity of 12 fungicide preparations to adults of *D. semiclausum*

杀菌剂 Fungicide	斜率±标准误 Slope ± SE	LC_{50}(95%置信限)/(mg·L^{-1}) LC_{50}(95% fiducial limit)/(mg·L^{-1})	χ^2	自由度 Degree of freedom (Df)
氟硅唑 Flusilazole	1.762±0.406	220.022(137.200~336.287)	0.244	3
啶菌噁唑 SYP-Z048	1.222±0.173	223.115(141.001~350.961)	1.902	3
多抗霉素 Polyoxin	1.310±0.238	436.496(289.900~668.825)	1.592	4
丙森锌 Propineb	1.812±0.309	472.358(306.568~705.100)	0.733	2
戊唑醇 Tebuconazole	0.934±0.127	638.638(261.470~1 709.171)	5.1014	4
嘧霉胺 Pyrimethanil	0.969±0.154	1 031.298(310.230~5 878.122)	4.5065	3
啶酰菌胺 Boscalid	1.934±0.352	6 193.148(4 472.420~8 593.182)	0.335	3
苯醚甲环唑 Difenoconazole	-	>1 000	-	-
多菌灵 Carbendazim	-	>20 000	-	-
嘧菌酯 Azoxystrobin	-	>2 500	-	-
嘧菌环胺 Cyprodinil	-	>5 000	-	-
异菌脲 Iprodione	-	>20 400	-	-

啶菌噁唑对半闭弯尾姬蜂成蜂的接触毒性最高,LC_{50}值分别为 220.022 和 223.115 mg·L^{-1};其次为多抗霉素、丙森锌和戊唑醇,LC_{50}值分别为 436.496、472.358 和 638.638 mg·L^{-1};其余 7 种杀菌剂嘧霉胺、啶酰菌胺、苯醚甲环唑、多菌灵、嘧菌酯、嘧菌环胺和异菌脲对半闭弯尾姬蜂成蜂的触杀毒性都较低,LC_{50}值均大于 1 000 mg·L^{-1}。

2.2　12 种杀菌剂制剂的安全性等级

测定的 12 种杀菌剂制剂中,丙森锌和啶菌噁唑的安全系数最低,分别为 0.16 和 0.42,对半闭弯尾姬蜂成蜂具有高风险;嘧霉胺、多抗霉素、氟硅唑和戊唑醇安全系数分别为 1.43、1.56、2.20 和 3.23,这 4 种杀菌剂对半闭弯尾姬蜂具有中等风险;其余 6 种杀菌剂啶酰菌胺、苯醚甲环唑、多菌灵、嘧菌酯、嘧菌环胺和异菌脲安全系数均大于 5,对半闭弯尾姬蜂成蜂表现为低风险(表 3)。

3　讨论(Discussion)

半闭弯尾姬蜂是一种容性寄生蜂,其产卵到小菜蛾幼虫体内,幼虫在寄主体内发育,直到寄主做茧进入预蛹阶段才完成幼虫期发育,消耗完寄主的所有内含物,在寄主的丝茧内结茧化蛹[19-20]。由于寄生蜂卵和幼虫在寄主体内完成发育,寄主表皮对其具有保护作用,蜂蛹被茧包围,避免与外界接触,只有成虫期暴露在外,在取食花蜜或寻找寄主等活动中食入或接触药剂,因此对药剂最敏感。一般来说,应选择天敌最敏感的生育期进行药剂的安全性评价[11],因此我们选择对半闭弯尾姬蜂成蜂开展毒性测定及安全性评价研究。

表 3　12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂成蜂的安全性评价

Table 3　Safety evaluation of 12 fungicide preparations to adults of *D. semiclausum*

杀菌剂 Fungicide	安全系数 Safety coefficient	安全性等级 Safety grade
氟硅唑 Flusilazole	2.20	中等风险 Moderate risk
啶菌噁唑 SYP-Z048	0.42	高风险 High risk
多抗霉素 Polyoxin	1.56	中等风险 Moderate risk
丙森锌 Propineb	0.16	高风险 High risk
戊唑醇 Tebuconazole	3.23	中等风险 Moderate risk
嘧霉胺 Pyrimethanil	1.43	中等风险 Moderate risk
啶酰菌胺 Boscalid	12.39	低风险 Low risk
苯醚甲环唑 Difenoconazole	>10.00	低风险 Low risk
多菌灵 Carbendazim	>5.00	低风险 Low risk
嘧菌酯 Azoxystrobin	>5.56	低风险 Low risk
嘧菌环胺 Cyprodinil	>5.20	低风险 Low risk
异菌脲 Iprodione	>10.20	低风险 Low risk

在测定的 12 种杀菌剂中,氟硅唑、戊唑醇和苯醚甲环唑为三唑类脱甲基抑制剂,这一类杀菌剂某些品种对寄生性天敌毒性较高,如三唑酮对玉米螟赤眼蜂(*Trichogramma ostriniae*)具有极高风险性,对松毛虫赤眼蜂(*T. dendrolimi*)和稻螟赤眼蜂(*T. japonicum*)具有高风险性[8-9];氟环唑对稻螟赤眼蜂、拟澳洲赤眼蜂(*T. confusum*)和亚洲玉米螟赤眼蜂均具有高风险性[11]。尽管本研究中氟硅唑对半闭弯尾姬蜂成蜂为中等风险性,但这一杀菌剂对其他非靶标生物如大型溞(*Daphia magna*)为剧毒[21]、意大利蜜蜂(*Apis mellifera* L.)为高毒[22]、斑马鱼(*Brachydanio rerio*)为中毒[23]、家蚕(*Bombyx mori* L.)为中毒且具有高风险性[24],表明这一杀菌剂对非靶标生物具有一定的风险,应谨慎使用。戊唑醇对半闭弯尾姬蜂成蜂为中等风险性,但其对稻螟赤眼蜂、拟澳洲赤眼蜂和亚洲玉米螟赤眼蜂为低风险[11]。苯醚甲环唑对半闭弯尾姬蜂为低风险性,同样其对稻螟赤眼蜂和亚洲玉米螟赤眼蜂也为低风险性药剂,但对拟澳洲赤眼蜂具有中等风险性[11]。可见,同种药剂对不同种类寄生蜂的毒性与安全性不同,同一种寄生蜂对不同药剂的反应也有差异。啶菌噁唑是由沈阳化工研究院自主研发的一种新型杀菌剂[25],其作用机制与三唑类杀菌剂一样,抑制真菌麦角甾醇生物合成,作用靶标为 C^{14}-α 甾醇脱甲基酶[26-27]。本研究表明啶菌噁唑对半闭弯尾姬蜂高风险,李肇丽等[28]报道啶菌噁唑对松毛虫赤眼蜂中等风险,说明这一杀菌剂对寄生性天敌有一定的毒害作用。

多抗霉素是由金色链霉菌产生的肽嘧啶核苷类抗菌素,具有广谱杀菌活性,作用机理为干扰病菌细胞壁的生物合成,低毒低残留,对水生生物和蜜蜂低毒[29],被认为是一种安全的绿色农药,但本研究测定其对半闭弯尾姬蜂成蜂为中等风险。

丙森锌属有机硫类保护性杀菌剂,李健宇等[30]报道称其对环境生物鹌鹑(*Coturnix japonica*)、蜜蜂和蚯蚓(*Eisenia foetida*)低毒,但对家蚕剧毒,对斑马鱼和大型溞中毒。本研究也表明其对半闭弯尾姬蜂成蜂毒性较大,具有高风险性。

嘧霉胺和嘧菌环胺属苯胺基嘧啶类杀菌剂,作用机理是抑制氨基酸甲硫氨酸的合成,与其他类杀菌剂无交互抗性[31]。据报道嘧霉胺对环境生物蜜

蜂、鹌鹑、家蚕、斑马鱼、泽蛙(*Rana limnocharis*)和蚯蚓均为低毒[32],本研究表明该药对半闭弯尾姬蜂成蜂具有中等毒性风险,但嘧菌环胺为低风险。

杀菌剂对非靶标生物的作用机制尚不明确,可能与药剂影响了虫体内某些酶的活性有关。如金华超等[33]研究认为三唑酮、肟菌脂、咪鲜胺和申嗪霉素明显激活玉米螟赤眼蜂酚氧化酶的活性。

本研究结果表明,12 种杀菌剂中,啶菌噁唑和丙森锌对半闭弯尾姬蜂成虫具有高风险性,氟硅唑、戊唑醇、多抗霉素和嘧霉胺为中等风险性,其余 6 种杀菌剂为低风险性。因此,为保护半闭弯尾姬蜂,充分发挥其对小菜蛾的自然控制能力,在十字花科蔬菜田应严格禁止使用啶菌噁唑和丙森锌,谨慎使用戊唑醇、氟硅唑、多抗霉素和嘧霉胺。试管药膜法较好地模拟了施药后的蔬菜叶片,半闭弯尾姬蜂成蜂在寻找栖息场所或搜寻小菜蛾幼虫的过程中,在蔬菜叶片上爬行从而接触药剂,但并不能完全模拟药剂进入虫体的途径,如经口器吃入药剂等;此外,成蜂在田间感药后可以飞避施药区,而试管内空间相对比较封闭,因此本研究测得的毒性结果可能比田间实际结果要高。此外,本研究仅评价了 12 种杀菌剂制剂对半闭弯尾姬蜂成蜂的毒性及安全性,要全面详细评价这几种药剂对半闭弯尾姬蜂的安全性,还需测定它们对该寄生蜂其他虫态的毒性以及开展相关田间试验和生化测定等。

通讯作者简介:贾变桃(1971-),女,博士,副教授,主要研究方向为农药毒理与害虫抗药性。

参考文献(References):

[1] Talekar N S, Shelton A M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth [J]. Annual Review of Entomology, 1993, 38(1): 275-301

[2] 陈宗麒, 谌爱东, 缪森, 等. 小菜蛾寄生性天敌研究及引进利用进展[J]. 云南农业大学学报, 2001, 16(4): 308-312
Chen Z Q, Chen A D, Miao S, et al. Progress in the research of parasitoids species of *Plutella xylostella* (L.) and their introduction and utilization in China [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2001, 16(4): 308-312 (in Chinese)

[3] 陈宗麒, 缪森, 杨翠仙, 等. 小菜蛾弯尾姬蜂引进及其控害潜能评价[J]. 植物保护, 2003, 29(1): 22-24
Chen Z Q, Miao S, Yang C X, et al. Introduction of a larval parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen and evaluation of its potency of controlling *Plutella xylostella* L [J]. Plant Protection, 2003, 29(1): 22-24 (in Chinese)

[4] Galvan T L, Koch R L, Hutchison W D. Toxicity of commonly used insecticides in sweet corn and soybean to multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. Journal of Economic Entomology, 2005, 98(3): 780-789

[5] 邓玲玲, 许木启, 戴家银, 等. 农药对农田蜘蛛生态效应的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(4): 509-513
Deng L L, Xu M Q, Dai J Y, et al. Research progress on ecological effects of insecticides on spiders in croplands [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2005, 11(4): 509-513 (in Chinese)

[6] Youssef A I, Nars F N, Sefanos S S, et al. The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal [J]. Journal of Applied Entomology, 2004, 128(9-10): 593-599

[7] 吴顺凡, 姚洪渭, 卢增斌, 等. 稻田常用农药对四地区二化螟盘绒茧蜂雌成蜂的触杀毒性[J]. 植物保护学报, 2012, 39(4): 369-375
Wu S F, Yao H W, Lu Z B, et al. Contact toxicities of various pesticides commonly applied in the paddyfield to *Cotesia chilonis* female adults from four different locations [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2012, 39(4): 369-375 (in Chinese)

[8] 金啸, 尹晓辉, 朱国念, 等. 四种杀菌剂对两种赤眼蜂的毒性分析及敏感性比较[J]. 农药学学报, 2011, 13(6): 649-652
Jin X, Yin X H, Zhu G N, et al. Analysis and evaluation of four fungicides toxicity and sensitivity against two *Trichogramma* spp [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2011, 13(6): 649-652 (in Chinese)

[9] 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
Wang Z C, Tian J C, Wang G R, et al. Safety assessment of pesticides targeted at non-lepidopteran rice pests to *Trichogramma japonicum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2016, 32(1): 19-24 (in Chinese)

[10] 徐华强, 刘艳艳, 祝国栋, 等. 16 种不同类型农药对两种寄生蜂的毒性比较和安全性评价[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(6): 959-964
Xu H Q, Liu Y Y, Zhu G D, et al. Comparison of toxicity and safety evaluation of 16 kinds of pesticides on *Trichogramma ostriniae* and *Encarsia formosa* [J]. Journal of

Environmental Entomology, 2014, 36(6): 959-964 (in Chinese)

[11] 祝小祥, 苍涛, 王彦华, 等. 三唑类杀菌剂对三种赤眼蜂成蜂的急性毒性及风险评估[J]. 昆虫学报, 2014, 57(6): 688-695
Zhu X X, Cang T, Wang Y H, et al. Acute toxicity and risk assessment of triazole fungicides to adult wasps of three *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2014, 57(6): 688-695 (in Chinese)

[12] 徐华强, 薛明, 赵海朋, 等. 嘧菌酯等杀菌剂及其混配制剂对赤眼蜂的安全性评价[J]. 环境昆虫学报, 2014, 36(3): 381-387
Xu H Q, Xue M, Zhao H P, et al. Safety evaluation of azoxystrobin and its mixtures to *Trichogramma* spp. [J]. Journal of Environmental Entomology, 2014, 36(3): 381-387 (in Chinese)

[13] Furlong M J, Verkerk R H J, Wright D J. Differential effects of the acylurea insect growth regulator teflubenzuron on the adults of two endolarval parasitoids of *Plutella xylostella, Cotesia plutellae* and *Diadegma semiclausum* [J]. Pesticide Science, 1994, 41(4): 359-364

[14] Haseeb M, Amano H, Liu T X. Effects of selected insecticides on *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Insect Science, 2005, 12(3): 163-170

[15] 缪森, 陈宗麒, 罗开珺, 等. 几种农药对小菜蛾弯尾姬蜂成虫毒性的测定[J]. 植物保护, 2009, 26(5): 27-28
Miao S, Chen Z Q, Luo K J, et al. Toxicity of several pesticides to adults of *Diadegma semiclausum* [J]. Plant Protection, 2009, 26(5): 27-28 (in Chinese)

[16] 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
Yin Y Q, Li X Y, Chen Z Q, et al. Toxicity of commonly used insecticides against adults and pupae of *Diadegma semiclausum* [J]. Plant Protection, 2010, 36(3): 169-171 (in Chinese)

[17] 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): 999-1002, 1012
Jia B T, Hong S S, Zhang Y C, et al. Toxicity and safety of 12 insecticides to *Diadegma semiclausum* [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2015, 43(8): 999-1002, 1012 (in Chinese)

[18] 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
Yu R X, Yu W H, Wu C X, et al. Effects of different pesticides on adults, larvae, eggs, and pupae of *Trichogramma nubilale* [J]. Agrochemicals, 2009, 48(8): 588-590 (in Chinese)

[19] 施祖华, 李庆宝, 李欣, 等. 弯尾姬蜂与菜蛾啮小蜂种间竞争关系研究[J]. 中国生物防治, 2003, 19(3): 97-102
Shi Z H, Li Q B, Li X, et al. Interspecific competition between two parasitoids *Diadegma semiclausum* and *Oomyzus sokolowskii* in *Plutella xylostella* [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2003, 19(3): 97-102 (in Chinese)

[20] 蔡霞, 施祖华, 郭玉玲, 等. 半闭弯尾姬蜂的寄主选择性及寄生对寄主发育和取食的影响[J]. 中国生物防治, 2005, 21(3): 146-150
Cai X, Shi Z H, Guo Y L, et al. Parasitism preference of-*Diadegma semiclausum* to host age and the effect of parasitism on the development and food consumption of the host *Plutella xylostella* [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2005, 21(3): 146-150 (in Chinese)

[21] 郭晶, 宋文华, 丁峰, 等. 三唑类杀菌剂对大型溞急性毒性研究[J]. 南开大学学报: 自然科学版, 2009, 42(3): 76-80
Guo J, Song W H, Ding F, et al. Acute toxicity study of triazole fungicides exposure to *Daphnia magna* [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Nankaiensis, 2009, 42(3): 76-80 (in Chinese)

[22] 贾变桃, 邹亚飞, 董丰收, 等. 几种杀菌剂对意大利蜜蜂的安全性评价[J]. 中国蜂业, 2015, 66(4): 13-16
Jia B T, Zou Y F, Dong F S, et al. Acute toxicity and safety evaluation of several fungicides to *Apis mellifera* L. [J]. Apiculture of China, 2015, 66(4): 13-16 (in Chinese)

[23] 李鹏鹏. 6 种杀菌剂对斑马鱼急性毒性评价及中毒症状观察[J]. 世界农药, 2012, 34(3): 44-46
Li P P. The acute toxicity assessment on zerbafish of six fungicides and poisoning symptoms observation [J]. World Pesticide, 2012, 34(3): 44-46 (in Chinese)

[24] 俞瑞鲜, 王彦华, 吴声敢, 等. 21 种杀菌剂对家蚕的急性毒性与风险评价[J]. 生态毒理学报, 2011, 6(6): 643-648
Yu R X, Wang Y H, Wu S G. Acute toxicity and risk assessment of 21 fungicides to the larvae of *Bombyx mori* [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2011, 6(6): 643-648 (in Chinese)

[25] 司乃国, 张宗捡, 刘君丽, 等. 创制杀菌剂啶菌噁唑的生物活性及应用研究(Ⅱ)黄瓜灰霉病[J]. 农药, 2004, 43(2): 61-63
Si N G, Zhang Z J, Liu J L, et al. Biological activity and application of a novel fungicide, SYP-Z048 (Ⅱ) [J]. Agrochemicals, 2004, 43(2): 61-63 (in Chinese)

[26] 韩平, 刘西莉, 刘鹏飞, 等. 高效液相色谱法研究啶菌噁唑对番茄灰霉病菌麦角甾醇生物合成的影响[J]. 分析化学, 2006, 34(10): 1467-1470
Han P, Liu X L, Liu P F, et al. Effect of novel fungicide 5-(4-chlorophenyl)-2, 3-dmiethyl-3-(pyridine-3)-oxazoline on ergosterol biosynthesis in *Botrytis cinerea* by high performance liquid chromatography [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2006, 34(10): 1467-1470 (in Chinese)

[27] Chen F P, Fan J R, Zhou T, et al. Baseline sensitivity of *Monilinia fructicola* from China to the DMI fungicide SYP-Z048 and analysis of DMI-resistant mutants [J]. Plant Disease, 2012, 96(3): 416-422

[28] 李肇丽, 蔡磊明, 赵玉艳, 等. 3 种新型农药对赤眼蜂的急性毒性和安全性评价[J]. 农药, 2009, 48(6): 435-436
Li Z L, Cai L M, Zhao Y Y, et al. Evaluation of three new pesticides acute toxicity and safety on *Trichogramma* [J]. Agrochemicals, 2009, 48(6): 435-436 (in Chinese)

[29] 吴家全, 李军民. 多抗霉素研究现状与市场前景[J]. 农药科学与管理, 2010, 31(11): 21-23
Wu J Q, Li J M. Research status of polyoxin and market prospects [J]. Pesticide Science and Administration, 2010, 31(11): 21-23 (in Chinese)

[30] 李建宇, 史梦竹, 傅建炜, 等. 70% 丙森锌可湿性粉剂对环境生物的安全性评价[J]. 生物安全学报, 2014, 23(1): 46-50
Li J Y, Shi M Z, Fu J W, et al. Safety evaluation of propineb on environmental organisms [J]. Journal of Biosafety, 2014, 23(1): 46-50 (in Chinese)

[31] 徐汉虹. 植物化学保护学(第四版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 160
Xu H H. Plant Chemical Protection (the Fourth Edition) [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2007: 160 (in Chinese)

[32] 苍涛, 赵学平, 吴长兴, 等. 嘧霉胺对环境生物毒性及安全评价[J]. 江西农业学报, 2009, 21(4): 119-121
Cang T, Zhao X P, Wu C X, et al. Toxicity and safety evaluation of pyrimethanil on environmental organisms [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2009, 21(4): 119-121 (in Chinese)

[33] 金华超, 尹晓辉, 朱国念. 四种杀菌剂对玉米螟赤眼蜂酚氧化酶活性的影响[J]. 昆虫学报, 2013, 56(2): 136-144
Jin H C, Yin X H, Zhu G N. Effects of four fungicides on phenoloxidase activity in *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2013, 56(2): 136-144 (in Chinese) ◆