

# 12 种杀虫剂对日本通草蛉不同虫态的毒力及安全性评价

王 晓, 陈 鹏, 张 硕, 李振斌, 王 凡, 刘 锦, 刘永杰\*

(山东农业大学植物保护学院, 山东省蔬菜病虫生物学重点实验室, 泰安 271018)

**摘要** 为明确常见杀虫剂对日本通草蛉各虫态的影响, 在室内分别采用浸渍法和喷雾法测定了 12 种(8 类)杀虫剂对日本通草蛉卵、幼虫、蛹和成虫的毒性, 并评价了杀虫剂对日本通草蛉的毒性风险。结果表明, 高效氯氟菊酯对日本通草蛉为极高风险, 毒死蜱、吡虫啉、烯啶虫胺和阿维菌素为高风险, 溴氰虫酰胺、啶虫脒和氯虫苯甲酰胺为中等风险, 噻嗪酮、吡蚜酮、螺虫乙酯和甲氧虫酰胺为低风险; 与其他虫态相比, 12 种杀虫剂对日本通草蛉蛹的毒性均为最低。在害虫生物防治及综合治理中应尽量选用对日本通草蛉毒性低的杀虫剂, 以起到保护天敌的作用。

**关键词** 日本通草蛉; 杀虫剂; 毒性; 致死中浓度; 毒性风险

**中图分类号:** S 476.2, S 482.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018179

## Toxicity and safety evaluation of 12 insecticides against *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto)

WANG Xiao, CHEN Peng, ZHANG Shuo, LI Zhenbin, WANG Fan, LIU Jin, LIU Yongjie

(College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Shandong Provincial Key Laboratory for Biology of Vegetable Diseases and Insect Pests, Tai'an 271018, China)

**Abstract** In order to determine the effects of several commonly used insecticides on *Chrysoperla nipponensis*, the toxicities and safety factor of twelve insecticides to eggs, the 1st instar larvae, pupae and adults were measured using dip method and spray method, respectively. The toxicity risk of these insecticides to *C. nipponensis* was also evaluated. The results indicated that beta-cypermethrin showed extremely high risk to *C. nipponensis*, chlorpyrifos, imidacloprid, nitenpyram and avermectin showed high risk, cyantraniliprole, acetamiprid and chlorantraniliprole showed moderate risk, while buprofezin, pymetrozine, spirotetramat and methoxyfenozide showed low risk. Among the four developmental stages of *C. nipponensis*, the twelve insecticides showed the lowest toxicity to the pupae. Therefore, to protect *C. nipponensis*, the insecticides of low toxicity should be used in field.

**Key words** *Chrysoperla nipponensis*; insecticide; toxicity; median lethal concentration (LC<sub>50</sub>); safety evaluation

在防治农林害虫过程中, 杀虫剂的应用发挥了重要作用, 但由于部分杀虫剂对天敌的毒害作用, 破坏了自然条件下天敌对害虫的控制, 导致生态系统失衡<sup>[1-3]</sup>。因此, 使用高效且对天敌安全的杀虫剂是对害虫实施综合治理(integrated pest management, IPM)的关键<sup>[4]</sup>。目前众多学者开展了农药对天敌的毒性评价研究。例如: 测定了杀虫剂对寄生性天敌赤眼蜂的毒性<sup>[5-8]</sup>, 以及捕食性天敌瓢虫类<sup>[9-12]</sup>和

草蛉类<sup>[13-14]</sup>对多种药剂的敏感度, 并对其安全性进行了评价, 为化学药剂的科学使用提供了理论基础。

日本通草蛉 *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) 作为农林害虫的重要捕食性天敌之一, 喜食蚜虫、螨类和鳞翅目害虫<sup>[15-16]</sup>, 具有分布范围广、繁殖力和捕食能力强、捕食量大等特点<sup>[17]</sup>, 在害虫综合治理中具有良好的应用前景<sup>[18]</sup>。一直以来, 面对农林害虫的持续危害, 杀虫剂大面积使用给日本通草蛉造成

收稿日期: 2018-04-25 修订日期: 2018-05-07

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0201113); 山东省重大科技创新工程(2017CXGC0214, 2017CXGC0207)

\* 通信作者 E-mail: lyj@sdau.edu.cn

了严重损伤,为了协调生物防治与化学防治,自 20 世纪 80 年代起,国内学者已对日本通草蛉毒理方面做了相关研究,如有机磷类杀虫剂对日本通草蛉具有较高的毒性<sup>[19]</sup>;甲基毒死蜱、氯氟氰菊酯、灭多威的亚致死剂量对日本通草蛉幼虫结茧杀伤力大,降低成虫羽化率,而氟啶脲对幼虫杀伤力小,对成虫羽化影响大<sup>[20]</sup>;20%灭幼脲悬浮剂、1.2%苦·烟乳油对日本通草蛉成虫的影响小于 40%久效磷乳油和 20%氰戊菊酯乳油<sup>[21]</sup>;同一处理浓度下,20%除虫脲胶悬剂和 25%灭幼脲胶悬剂对日本通草蛉成虫的影响显著低于 5%氟啶脲<sup>[22]</sup>。而随着新型杀虫剂的出现及使用,日本通草蛉各虫态药敏性方面的研究未见报道。为更好地保护和利用这一自然天敌,本试验测定了 12 种(8 类)杀虫剂对日本通草蛉卵、幼虫、蛹和成虫的毒力,并评价这些杀虫剂对日本通草蛉的毒性风险,以期寻找高效、低毒的杀虫剂品种,为日本通草蛉资源的保护与合理利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试虫源

日本通草蛉成虫于 2016 年 4 月下旬采自山东泰安山东农业大学南校区实验玉米田和实验麦田,在不接触任何化学农药的条件下饲养。成虫每日饲喂啤酒酵母干粉饲料(将啤酒酵母干粉和蔗糖按 10:8 的比例混合,用研钵研细后过 60 目筛)和 10%蜂蜜水;幼虫以豌豆修尾蚜 *Megoura japonica* Matsumura 饲养,豌豆修尾蚜以蚕豆 *Vicia faba* L. 为寄主植物。从产卵、孵化、化蛹到羽化,各过程均在人工气候箱培养,温度(25±1)℃,相对湿度 70%±5%,光周期 L//D=14 h//10 h。形成一定规模后,收集初产卵、1 龄幼虫、4~5 日龄蛹、羽化后 8~10 日成虫作为供试虫源。

### 1.2 供试药剂

昆虫生长调节剂类 25%噻嗪酮(buprofezin)可湿性粉剂,江苏安邦电化有限公司;240 g/L 甲氧虫酰肼(methoxyfenozide)悬浮剂,美国陶氏益农公司;双酰胺类 10%溴氰虫酰胺(cyantraniliprole)可分散油悬浮剂,美国杜邦公司;200 g/L 氯虫苯甲酰胺(chlorantraniliprole)悬浮剂,美国杜邦公司;季酰胺类 22.4%螺虫乙酯(spirotetramat)悬浮剂,拜耳作物科学(中国)有限公司;吡啶类 50%吡蚜酮(py-

metrozine)水分散粒剂,江苏安邦电化有限公司;新烟碱类 70%吡虫啉(imidacloprid)水分散粒剂,拜耳作物科学(中国)有限公司;5%啉虫脒(acetamiprid)乳油,河南省焦作华生化工有限公司;10%烯啶虫胺(nitenpyram)水剂,四川沃野农化有限公司;硫代磷酸酯类 45%毒死蜱(chlorpyrifos)乳油,山东省招远市金虹精细化工有限公司;生物源杀虫剂 1.8%阿维菌素(abamectin)乳油,河北威远生化农药有限公司;拟除虫菊酯类 4.5%高效氯氰菊酯(beta-cypermethrin)乳油,山东省青岛好利特生物农药有限公司。

### 1.3 试验方法

供试药剂均设 5 个系列浓度,每浓度处理试虫 30 头,重复 3 次,共 90 头。以清水为对照,对照组死亡率大于 10%时为无效试验。日本通草蛉 4 个发育阶段各药剂的相对毒力均以各阶段毒力最低的药剂为基准计算。

日本通草蛉卵、幼虫和蛹的测定方法参照姜兴印等<sup>[23]</sup>的浸渍法。卵测定方法:将新鲜饱满的初产卵放于纱绢封底的圆柱形塑料盒内(直径 3 cm,高 1 cm,带盖),分别在各浓度的供试药剂溶液中浸渍 5 s,浸渍后用吸水纸吸干多余的药液,室温晾干后,用细毛笔将处理过的卵分别挑置平底试管中,每管 1 粒卵,棉塞封口,试管外壁做浓度标记,置于温度(25±1)℃、相对湿度 70%±5%、光周期 L//D=14 h//10 h 的人工气候箱中培养。48 h 后开始观察卵的孵化情况并做好记录,96 h 后卵不能正常孵化则视为死亡。

幼虫测定方法:将 1 龄幼虫用细毛笔小心挑至事先准备好的盛有各浓度供试药剂溶液的 30 mL 塑料杯中,浸渍 5 s 后滤出,擦干虫体,用毛笔小心挑至带有足够蚜虫的平底试管中,塞好棉塞,置于人工气候箱中培养。每 24 h 观察 1 次结果并做好记录,96 h 后以毛笔轻触无反应者视为死亡。

蛹测定方法:将蛹分组置于 30 mL 塑料杯中,分别倒入事先准备好的各浓度供试药剂溶液,5 s 后滤出,用吸水纸吸干多余的药液,室温晾干后,将处理过的蛹分别放入罐头瓶中,以纱布封口,每天观察 1 次结果并做好记录,8 d 后蛹不能正常羽化视为死亡。

成虫的测定方法参照陈天业等<sup>[22]</sup>的喷雾法:将羽化后 8~10 d 的成虫置于底面放有一层滤纸的塑

料杯(杯口直径宽于杯底直径)中,杯口用纱布封住,手持喷雾器向成虫均匀喷洒各浓度的供试药液,至下垫滤纸刚刚全部湿润,然后将处理过的成虫移出晾干,然后放入盛有粉状饲料和蜂蜜水的罐头瓶中,以纱布封口,每 24 h 观察 1 次结果并做好记录,72 h 后成虫不能正常爬动视为死亡。

杀虫剂对日本通草蛉的毒性等级评定以《化学农药环境安全评价试验准则》为依据,参照农药对天敌赤眼蜂的风险性等级划分<sup>[24]</sup>。即,安全系数 $\leq 0.05$ :极高风险性(剧毒); $0.05 < \text{安全系数} \leq 0.5$ :高风险性(高毒); $0.5 < \text{安全系数} \leq 5$ :中等风险性(中毒);安全系数 $> 5$ :低风险性(低毒)。安全系数=农药对天敌的致死中浓度/该农药的田间推荐使用浓度。

#### 1.4 数据分析

试验中各组数据处理分析采用 SPSS Statistics

19.0 软件进行回归分析,得出各供试试剂的毒力回归方程、 $LC_{50}$  及其 95% 置信区间等。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同杀虫剂对日本通草蛉卵的毒性

室内毒性测定结果表明,12 种杀虫剂对日本通草蛉卵的毒性大小依次为:高效氯氰菊酯>吡虫啉>阿维菌素>啶虫脒>毒死蜱>烯啶虫胺>氯虫苯甲酰胺>溴氰虫酰胺>螺虫乙酯>甲氧虫酰肼>噻嗪酮>吡蚜酮。拟除虫菊酯类高效氯氰菊酯对日本通草蛉卵的毒性最高;新烟碱类吡虫啉、啶虫脒、烯啶虫胺,生物源农药阿维菌素,硫代磷酸酯类毒死蜱毒性相对较高;其次是双酰胺类的氯虫苯甲酰胺和溴氰虫酰胺;而昆虫生长调节剂类的噻嗪酮和甲氧虫酰肼,季酰胺类的螺虫乙酯,吡啶类的吡蚜酮毒性相对较低(表 1)。

表 1 浸渍法测定 12 种杀虫剂对日本通草蛉卵的毒性

Table 1 Toxicity of twelve insecticides to the eggs of *Chrysoperla nipponensis*

杀虫剂 Insecticide	处理时间/h Treatment time	处理虫数/头 Quantity of the treated insects	毒性回归方程 Toxic regression equation	致死中浓度 (95%置信区间)/mg·L <sup>-1</sup> LC <sub>50</sub> (95% confidence interval)	相对毒性 Relative toxicity
高效氯氰菊酯 <i>beta</i> -cypermethrin	96	90	—	<1	>23 597
吡虫啉 imidacloprid	96	90	$y = -7.122 + 5.838x$	16.6(6.8~25.1)	1 422
阿维菌素 abamectin	96	90	$y = -2.575 + 1.263x$	109.1(84.7~151.6)	216
啶虫脒 acetamiprid	96	90	$y = -6.481 + 2.928x$	163.4(116.0~225.4)	144
毒死蜱 chlorpyrifos	96	90	$y = -5.937 + 2.615x$	186.5(121.0~283.0)	127
烯啶虫胺 nitenpyram	96	90	$y = -2.955 + 1.263x$	218.3(169.4~303.3)	108
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	96	90	$y = -2.368 + 0.923x$	367.8(270.0~556.9)	64
溴氰虫酰胺 cyantraniliprole	96	90	$y = -2.333 + 0.893x$	409.8(294.8~648.4)	58
螺虫乙酯 spirotetramat	96	90	$y = -2.714 + 0.976x$	602.7(424.8~1 003.7)	39
甲氧虫酰肼 methoxyfenozide	96	90	$y = -8.044 + 2.224x$	4 139.7(3 347.5~5 720.5)	6
噻嗪酮 buprofezin	96	90	$y = -9.664 + 2.392x$	10 968.0(9 594.3~12 546.1)	2
吡蚜酮 pymetrozine	96	90	$y = -6.419 + 1.468x$	23 597.6(18 856.1~31 579.1)	1

### 2.2 不同杀虫剂对日本通草蛉 1 龄幼虫的毒性

室内毒性测定结果表明,12 种杀虫剂对日本通草蛉 1 龄幼虫的毒性大小依次为:高效氯氰菊酯>阿维菌素>烯啶虫胺>啶虫脒>毒死蜱>吡虫啉>噻嗪酮>溴氰虫酰胺>氯虫苯甲酰胺>吡蚜酮>甲氧虫酰肼>螺虫乙酯。拟除虫菊酯类高效氯氰菊酯对 1 龄幼虫毒性最高;生物源杀虫剂阿维菌素,新烟碱类烯啶虫胺、啶虫脒、吡虫啉,硫代磷酸酯类毒死蜱毒性次之;然后是昆虫生长调节剂类噻嗪酮(抑制蜕皮),双酰胺类溴氰虫酰胺;而双酰胺类氯虫苯甲酰胺,吡啶类吡蚜酮,昆虫生长调节剂类甲氧虫酰肼(促进蜕皮),季酰胺类螺虫乙酯毒性相对较低(表 2)。

### 2.3 不同杀虫剂对日本通草蛉蛹的毒性

室内毒性测定结果表明,12 种杀虫剂对日本通草蛉蛹的毒性大小依次为:溴氰虫酰胺>阿维菌素>高效氯氰菊酯>啶虫脒>毒死蜱>吡虫啉>烯啶虫胺>氯虫苯甲酰胺>噻嗪酮>吡蚜酮>螺虫乙酯>甲氧虫酰肼。双酰胺类溴氰虫酰胺,生物源杀虫剂阿维菌素对蛹的毒性较高;其次是拟除虫菊酯类高效氯氰菊酯、新烟碱类啶虫脒、烯啶虫胺,硫代磷酸酯类毒死蜱;而双酰胺类氯虫苯甲酰胺,昆虫生长调节剂类的噻嗪酮、甲氧虫酰肼,季酰胺类螺虫乙酯,吡啶类吡蚜酮相对安全。与其他虫态相比,12 种杀虫剂对日本通草蛉蛹的毒性最低(表 3)。

表 2 浸渍法测定 12 种杀虫剂对日本通草蛉 1 龄幼虫的毒性

Table 2 Toxicity of twelve insecticides to the 1st instar larvae of *Chrysoperla nipponensis*

杀虫剂 Insecticide	处理时间/h Treatment time	处理虫数/头 Quantity of the treated insects	毒性回归方程 Toxic regression equation	致死中浓度 (95%置信区间)/mg·L <sup>-1</sup> LC <sub>50</sub> (95% confidence interval)	相对毒性 Relative toxicity
高效氯氰菊酯 <i>beta</i> -cypermethrin	96	90	$y=1.017+1.115x$	0.1(0.1~0.2)	819 672
阿维菌素 abamectin	96	90	$y=-2.491+2.014x$	17.2(14.2~20.9)	5 798
烯啶虫胺 nitenpyram	96	90	$y=-4.151+3.257x$	18.8(15.9~22.1)	5 315
啶虫脒 acetamiprid	96	90	$y=-7.479+5.645x$	21.1(13.1~27.4)	4 733
毒死蜱 chlorpyrifos	96	90	$y=-9.489+6.264x$	32.7(19.6~38.8)	3 055
吡虫啉 imidacloprid	96	90	$y=-3.955+2.336x$	49.3(24.7~89.8)	2 027
噻嗪酮 buprofezin	96	90	$y=-8.762+3.794x$	203.9(152.4~262.8)	490
溴氰虫酰胺 cyantraniliprole	96	90	$y=-4.766+1.750x$	529.2(388.5~761.0)	189
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	96	90	$y=-11.600+2.856x$	11 532.7(6 785.2~21 293.9)	9
吡蚜酮 pymetrozine	96	90	$y=-7.357+1.711x$	19 904.6(15 770.3~24 193.0)	5
甲氧虫酰肼 methoxyfenozide	96	90	—	≈ 100 000	1
螺虫乙酯 spirotetramat	96	90	—	>100 000	1

表 3 浸渍法测定 12 种杀虫剂对日本通草蛉蛹的毒性<sup>1)</sup>

Table 3 Toxicity of twelve insecticides to the pupae of *Chrysoperla nipponensis*

杀虫剂 Insecticide	处理时间/h Treatment time	处理虫数/头 Quantity of the treated insects	毒性回归方程 Toxic regression equation	致死中浓度 (95%置信区间)/mg·L <sup>-1</sup> LC <sub>50</sub> (95% confidence interval)	相对毒性 Relative toxicity
溴氰虫酰胺 cyantraniliprole	8	90	$y=-5.420+1.506x$	3 970.7(3 002.9~6 063.4)	25
阿维菌素 abamectin	8	90	$y=-26.998+7.165x$	5 863.8(4 553.7~8 707.4)	17
高效氯氰菊酯 <i>beta</i> -cypermethrin	8	90	—	>9 000	—
啶虫脒 acetamiprid	8	90	$y=-25.719+6.181x$	14 483.6(13 313.3~15 722.8)	7
毒死蜱 chlorpyrifos	8	90	$y=-10.537+2.530x$	14 595.8(12 312.7~17 284.9)	7
烯啶虫胺 nitenpyram	8	90	—	>60 000	2
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	8	90	—	≈ 100 000	1
噻嗪酮 buprofezin	8	90	—	≈ 100 000	1
吡虫啉 imidacloprid	8	90	—	>100 000	1
吡蚜酮 pymetrozine	8	90	—	>100 000	1
螺虫乙酯 spirotetramat	8	90	—	>100 000	1
甲氧虫酰肼 methoxyfenozide	8	90	—	>100 000	1

1) 高效氯氰菊酯相对毒性一栏“—”表示未得到致死中浓度,试验中 4.5% 高效氯氰菊酯 EC 9 000 mg/L 已达到所能稀释的最高浓度,此浓度下日本通草蛉蛹仍能正常羽化。

“—”in row of *beta*-cypermethrin means LC<sub>50</sub> could not be determined, because of the pupae of *Chrysoperla nipponensis* can emerge normally under the concentration of 9 000 mg/L which is the maximum concentration of dilution.

## 2.4 不同杀虫剂对日本通草蛉成虫的毒性

室内毒性测定结果表明,12 种杀虫剂对日本通草蛉成虫的毒性大小依次为:高效氯氰菊酯>溴氰虫酰胺>烯啶虫胺>阿维菌素>吡虫啉>啶虫脒>毒死蜱>氯虫苯甲酰胺>噻嗪酮>吡蚜酮>螺虫乙酯>甲氧虫酰肼。拟除虫菊酯类高效氯氰菊酯对日本通草蛉成虫毒性最高;双酰胺类溴氰虫酰胺,新烟碱类烯啶虫胺、吡虫啉、啶虫脒,生物源杀虫剂阿维菌素,硫代磷酸酯类毒死蜱毒性相对较高;其次是双酰胺类氯虫苯甲酰胺和昆虫生长调节剂类噻嗪酮;而吡啶类吡蚜酮,昆虫生长调节剂类甲氧虫酰肼,季酰胺类螺虫乙酯毒性相对较低(表 4)。

## 2.5 不同杀虫剂对日本通草蛉的安全性评价

12 种杀虫剂对日本通草蛉蛹的 LC<sub>50</sub> 值均高于 3 970 mg/L,远超过 12 种杀虫剂田间推荐使用浓度,因此蛹期可能因其特殊的结构特点对杀虫剂敏感性极低。将 12 种杀虫剂对日本通草蛉卵、幼虫、成虫的 LC<sub>50</sub> 值与其田间推荐使用浓度进行比较,以安全系数为指标来评定各杀虫剂的毒性。结果表明,高效氯氰菊酯对日本通草蛉具有极高风险;毒死蜱和吡虫啉对日本通草蛉具有高风险;烯啶虫胺、阿维菌素对日本通草蛉幼虫和成虫具有高风险;溴氰虫酰胺对日本通草蛉具有中风险,但对成虫毒性极强;啶虫脒和氯虫苯甲酰胺对日本通草蛉具有中风险;其他 4 种杀虫剂对日本通草蛉具有低风险(表 5)。

表 4 喷雾法测定 12 种杀虫剂对日本通草蛉成虫的毒性

Table 4 Toxicity of twelve insecticides to the adults of *Chrysoperla nipponensis*

杀虫剂 Insecticide	处理时间/h Time	处理虫数/头 Quantity	毒性回归方程 Toxic regression equation	致死中浓度	相对毒性 Relative toxicity
				(95%置信区间)/mg·L <sup>-1</sup> LC <sub>50</sub> (95% confidence interval)	
高效氯氰菊酯 <i>beta</i> -cypermethrin	72	90	—	<0.1	>411 508
溴氰虫酰胺 cyantraniliprole	72	90	$y = -2.407 + 3.420x$	5.1(4.1~5.9)	8 141
烯啶虫胺 nitenpyram	72	90	$y = -6.832 + 5.737x$	15.5(9.4~21.1)	2 652
阿维菌素 abamectin	72	90	$y = -4.297 + 3.346x$	19.3(17.2~21.3)	2 137
吡虫啉 imidacloprid	72	90	$y = -6.926 + 5.215x$	21.3(7.9~30.8)	1 933
啶虫脒 acetamiprid	72	90	$y = -9.633 + 6.870x$	25.3(19.9~29.7)	1 630
毒死蜱 chlorpyrifos	72	90	$y = -3.570 + 2.272x$	37.2(32.1~44.2)	1 105
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	72	90	$y = -3.712 + 1.585x$	219.7(174.8~266.4)	187
噻嗪酮 buprofezin	72	90	$y = -4.305 + 1.311x$	1 919.1(1 530.5~2 394.2)	21
吡蚜酮 pymetrozine	72	90	$y = -6.512 + 1.498x$	22 240.8(16 485.4~36 341.4)	2
螺虫乙酯 spirotetramat	72	90	$y = -19.155 + 4.373x$	24 008.4(22 001.5~26 227.8)	2
甲氧虫酰肼 methoxyfenozide	72	90	$y = -33.797 + 7.324x$	41 150.8(39 046.4~43 050.2)	1

表 5 12 种杀虫剂对日本通草蛉的安全系数和毒性等级<sup>1)</sup>Table 5 Safety factor and toxicity grade values of twelve insecticides to *Chrysoperla nipponensis*

杀虫剂 Insecticide	田间推荐使用 浓度/mg·L <sup>-1</sup> Suggested concentration for field application	安全系数 Safety factor			毒性等级 Toxicity grade
		卵 Egg	1 龄幼虫 1st instar larvae	成虫 Adult	
高效氯氰菊酯 <i>beta</i> -cypermethrin	60~90	<0.02	0.001~0.002	<0.002	极高风险 Extreme risk
溴氰虫酰胺 cyantraniliprole	133.3~190	2.20~3.07	2.79~3.97	0.03~0.04	极高风险 Extreme risk
毒死蜱 chlorpyrifos	320~480	0.39~0.58	0.07~0.10	0.08~0.12	高风险 High risk
吡虫啉 imidacloprid	46.7~93.3	0.18~0.36	0.53~1.06	0.23~0.46	高风险 High risk
烯啶虫胺 nitenpyram	66.7~100	2.18~3.27	0.19~0.28	0.16~0.23	高风险 High risk
阿维菌素 abamectin	48~72	1.52~2.27	0.24~0.36	0.27~0.40	高风险 High risk
啶虫脒 acetamiprid	10~15	10.89~16.34	1.41~2.11	1.68~2.53	中等风险 Moderate risk
氯虫苯甲酰胺 chlorantraniliprole	100~133.3	2.76~3.68	86.52~115.33	1.65~2.20	中等风险 Moderate risk
噻嗪酮 buprofezin	150~250	43.87~73.12	0.82~1.36	7.68~12.79	中等风险 Moderate risk
吡蚜酮 pymetrozine	100~200	117.99~235.98	99.52~199.05	111.20~222.41	低风险 Low risk
螺虫乙酯 spirotetramat	44.8~56	10.76~13.45	>1 785.71	428.72~535.90	低风险 Low risk
甲氧虫酰肼 methoxyfenozide	48~80	51.75~86.24	>1 250.00	514.38~857.31	低风险 Low risk

1) 表中毒性等级根据各药剂对 3 种虫态的安全系数最低的值(即代表风险相对较高值)来判定。

The toxicity grade was determined by the lowest safety factor (i. e. the relative high risk value) of each pesticide to the three insect stage.

### 3 讨论

20 世纪 80 年代,常用农药对不同虫态日本通草蛉的毒性研究开始出现。随着部分传统高毒农药被禁止使用,新型杀虫剂不断出现,但有关这些新型杀虫剂对日本通草蛉毒性评价研究较少。不同天敌对同种杀虫剂敏感性不同,例如,吴洪波等<sup>[25]</sup>采用点滴法测定了 10%吡虫啉可湿性粉剂、1.8%阿维菌素乳油等对异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 2 龄幼虫的毒性,其 LC<sub>50</sub> 均在田间推荐使用浓度范围内,采用药膜法测定这两种药剂对异色瓢虫成虫的毒性,结果表明,其 LC<sub>50</sub> 均高于田间推荐使用浓度;朱九生等<sup>[26]</sup>采用药膜法测定了啶虫脒、阿维菌素、高效氯氰菊酯和毒死蜱对广赤眼蜂 *Trichogramma*

*evanescens* 成虫的毒性,啶虫脒表现出较低的毒性,而其他 3 种杀虫剂毒性相对较高;本试验中,吡虫啉和啶虫脒对日本通草蛉幼虫的毒性要明显高于异色瓢虫,可能与昆虫种类有关。啶虫脒、阿维菌素、高效氯氰菊酯和毒死蜱对广赤眼蜂和日本通草蛉成虫的毒性也表现出一定的差异,但毒性都较高,因此需要综合分析和评价各药剂对天敌的影响,为田间合理选择杀虫剂提供依据。邹一桥和郑炳宗<sup>[19]</sup>采用 Potter 塔喷雾法测定了 13 种药剂对日本通草蛉卵、2 龄幼虫、3 日龄蛹和 3 日龄成虫的毒性,发现在田间使用浓度下,卵和蛹的耐药性相对高于幼虫,成虫最敏感;有机磷类杀虫剂对日本通草蛉卵、幼虫和成虫具有较高毒性,拟除虫菊酯类杀虫剂对日本通草蛉卵、幼虫和蛹毒性较小,但对成虫杀伤力较大。杀

菌、杀螨剂对日本通草蛉无影响。在本试验中,从 $LC_{50}$ 来看,有机磷类杀虫剂表现出与之相似的结果,而拟除虫菊酯类则表现出一定的差异,这可能与不同拟除虫菊酯类杀虫剂内部结构不同有关。高效氯氰菊酯对日本通草蛉蛹毒性较低,但对卵、1龄幼虫、成虫毒性强,不建议田间使用。20世纪90年代,陈天业等<sup>[22]</sup>报道了3种灭幼脲类杀虫剂对日本通草蛉成虫的影响,发现5%氟啶脲EC(抑太保)毒性显著高于20%除虫脲SC(灭幼脲I号)和25%灭幼脲SC(灭幼脲III号)。灭幼脲属于昆虫生长调节剂类杀虫剂,具有触杀作用,本试验选用同属于昆虫生长调节剂类的噻嗪酮和甲氧虫酰肼进行测定,噻嗪酮和灭幼脲类杀虫剂均属于昆虫蜕皮抑制剂,甲氧虫酰肼属于促进昆虫蜕皮致死类,虽然这两种杀虫剂作用特点不同,但与20%除虫脲SC和25%灭幼脲SC相同的是,对日本通草蛉成虫的毒性均较低。同时从本试验可以看出这两种药剂对日本通草蛉卵、1龄幼虫和蛹毒性较低,但噻嗪酮对幼虫的毒性显著高于甲氧虫酰肼,这可能与杀虫剂的作用特点有关。21世纪初期,李美等<sup>[27]</sup>采用点滴法测定了13种杀虫剂对日本通草蛉幼虫的毒性,毒性由高到低为久效磷>氯氟氰菊酯>灭多威>丙溴磷>辛硫磷>氧乐果>甲基对硫磷>甲基毒死蜱>硫丙磷>氟啶脲>氰戊菊酯>阿维菌素>硫丹,大部分有机磷类和氯氟氰菊酯 $LC_{50}$ 在42 mg/L以下,毒性较高,本试验结果与之相似,但本试验高效氯氰菊酯对日本通草蛉1龄幼虫毒性更强,而生物源杀虫剂阿维菌素的测定结果与之有很大程度的差异,这可能与测定方法不同有关,具体原因有待进一步验证。汤方等<sup>[28]</sup>采用浸渍法分别测定了吡虫啉、啶虫脒和噻嗪酮对日本通草蛉卵、2龄幼虫及成虫的毒性,结果表明吡虫啉和啶虫脒对日本通草蛉毒性高,与本试验测定结果一致,但本试验结果表明,噻嗪酮相对安全。综上,日本通草蛉对大多数化学农药的敏感程度较高,同种药剂对日本通草蛉不同虫态的毒性以及不同类型药剂对日本通草蛉同一虫态的毒性存在着差异。

综合本试验测定结果与田间推荐使用浓度,12种杀虫剂对日本通草蛉蛹的影响相对较小,在此不予比较。对于日本通草蛉卵、幼虫和成虫,在田间使用浓度下,拟除虫菊酯类高效氯氰菊酯高毒;硫代磷酸酯类毒死蜱,新烟碱类吡虫啉和烯啶虫胺,生物源杀虫剂阿维菌素对日本通草蛉成虫和幼虫杀伤力较大;双酰胺类溴氰虫酰胺对成虫杀伤力极强;啶虫脒和氯虫苯甲酰胺田间使用浓度与 $LC_{50}$ 相对接近,也

具有一定的杀伤力;其他4种杀虫剂对日本通草蛉各虫态杀伤力相对较小。

在对害虫毒性评价研究中,罗兰等<sup>[29]</sup>测定了50%吡蚜酮可湿性粉剂对苜蓿蚜 *Aphis craccivora* 的防治效果,有效剂量为187.5 g/hm<sup>2</sup>时防治效果达到90%以上,并且药后7 d残留量仅为0.041 2 mg/kg,与试验中测定的吡蚜酮对日本通草蛉的毒性结合,可以得出有效防治害虫的用量对日本通草蛉安全;范胜平等<sup>[30]</sup>采用浸叶法测定了95%甲氧虫酰肼原药对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* 的毒性, $LC_{50}$ 为3.773 3 mg/L,田间施用24%甲氧虫酰肼悬浮剂54 g/hm<sup>2</sup>,药后1 d防效即达80%以上,并且此用量对日本通草蛉安全。因此,当田间需要选用杀虫剂防治某种害虫时,可以根据发生高峰期的虫态合理选择相对安全的杀虫剂。本试验卵期、幼虫期、蛹期的测定采用浸渍法,使供试虫体与药剂进行充分接触,此条件下日本通草蛉对药剂的敏感程度更强,可以筛选出对日本通草蛉更安全的杀虫剂;成虫不便于浸渍,选用与田间一致的喷雾法进行测定。本试验均在实验室条件下进行,杀虫剂对田间日本通草蛉的影响有待进一步研究。本试验属于急性毒性试验,12种杀虫剂对存活的本通草蛉生长发育的影响也有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] SABER M. Acute and population level toxicity of imidacloprid and fenpyroximate on an important egg parasitoid, *Trichogramma cacaeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *Ecotoxicology*, 2011, 20(6): 1476-1484.
- [2] 廖勇,郑炳宗. 几种药剂对苹果园山楂叶螨及其天敌中华草蛉和有益钝绥螨的影响[J]. *安徽农学院学报*, 1986(1): 69-80.
- [3] 张怀江,仇贵生,闫文涛,等. 氯虫苯甲酰胺对苹果树主要害虫的控制作用及天敌的影响[J]. *环境昆虫学报*, 2011, 33(4): 493-501.
- [4] 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.
- [5] CONSOLI F L, PARRA J R P, HASSAN S A. Side-effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2010, 122(1/5): 43-47.
- [6] BRUNNER J F, DUNLEY J E, DOERR M D, et al. Effect of pesticides on *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoids of leafrollers in Washington [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2001, 94(5): 1075-1084.

- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] YOUNG Y N, SEO M J, SHIN J G, et al. Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. Biological Control, 2003, 28(2): 164-170.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 陈天业, 牟吉元, 慕立义, 等. 草蛉对农药的敏感性[J]. 中国生物防治, 1996, 12(1): 39-42.
- [14] 严珍, 岳建军, 陈泽坦. 几种杀虫剂对丽草蛉的毒力研究[J]. 农业科技通讯, 2012(2): 64-65.
- [15] 丁岩钦, 陈玉平. 中华草蛉对棉蚜与棉铃虫的捕食作用研究[J]. 生物防治通报, 1986, 2(3): 97-102.
- [16] 肖云丽, 郭海波, 李明贵, 等. 中华通草蛉幼虫对麦蚜捕食作用的初步研究[J]. 昆虫天敌, 2006, 28(3): 109-114.
- [17] 赵敬钊. 草蛉的保护和利用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1989: 35-50.
- [18] 邵振芳, 尹文兵, 陈建华, 等. 草蛉在虫害生物防治中的应用研究进展[J]. 现代农业科技, 2016(3): 171-174.
- [19] 邹一桥, 郑炳宗. 常用农药对丽蚜小蜂和中华草蛉的毒力测定[J]. 生物防治通报, 1988, 4(3): 114-117.
- [20] 李美, 孙作文, 王金信, 等. 十一种杀虫剂的亚致死剂量对中华草蛉幼虫结茧的羽化和影响[J]. 昆虫天敌, 2003, 25(1): 20-23.
- [21] 邹伦山, 孙学明, 曹艳霞, 等. 中华通草蛉在园林植物上的消长和农药敏感性研究[J]. 山东林业科技, 2007(2): 62-63.
- [22] 陈天业, 牟吉元, 慕立义, 等. 3 种灭幼脲类杀虫剂对中华草蛉成虫的影响[J]. 山东农业大学学报, 1996, 27(1): 99-101.
- [23] 姜兴印, 王开运, 仪美芹. 不同地区小菜蛾对杀虫剂的抗性差异[J]. 农药学报, 2000, 2(4): 44-48.
- [24] 中华人民共和国国家环境保护部. GB/T31270. 17-2014 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, 2014.
- [25] 吴洪波, 张帆, 王素琴, 等. 几种常用杀虫剂对异色瓢虫的敏感性测定[J]. 中国生物防治, 2007, 23(3): 213-217.
- [26] 朱九生, 连梅力, 王静, 等. 五种杀虫剂对卵寄生性天敌广赤眼蜂室内安全性评价[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(4): 715-720.
- [27] 李美, 赵德友, 孙作文, 等. 杀虫剂对中华草蛉幼虫的毒力及其选择性研究[J]. 农药学报, 2000, 2(3): 57-61.
- [28] 汤方, 李生臣, 孔祥波, 等. 吡虫啉等杀虫剂对温室白粉虱及其两种天敌的选择毒力[J]. 农药学报, 2007, 9(1): 88-91.
- [29] 罗兰, 杨国锋, 刘兆良, 等. 啶虫脒和吡蚜酮对苜蓿蚜虫和薊马的防效及残留[J]. 中国草地学报, 2017, 39(6): 21-25.
- [30] 范胜平, 周学强, 阳爱民, 等. 甲氧虫酰肼和氯虫苯甲酰胺混配剂对甜菜夜蛾的增效作用及田间防效[J]. 湖南农业科学, 2017(2): 67-70.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 203 页)

## 参考文献

- [1] 王阿桂. 4 个红肉番石榴品种在福建漳州引种试验初报[J]. 中国南方果树, 2017, 46(3): 103-105.
- [2] 薛卫东. 珍珠番石榴在闽南地区引种表现及发展前景[J]. 东南园艺, 2014(1): 48-49.
- [3] 李圣男, 蔡大川, 郑家概, 等. HPLC 法测定番石榴中总维生素 C 的含量[J]. 广州化工, 2017, 45(11): 136-138.
- [4] 何江, 严霖, 宁琳, 等. 番石榴果实加工应用研究现状分析[J]. 农业研究与应用, 2016(5): 37-39.
- [5] PENNYCOOK S R, SAMUELS G J. *Botryosphaeria* and *Fusicoccum* species associated with ripe fruit rot of *Actinidia deliciosa* (Kiwifruit) in New Zealand [J]. Mycotaxon, 1985, 24: 445-458.
- [6] HEATH R N, ROUX J, SLIPPERS B, et al. Occurrence and pathogenicity of *Neofusicoccum parvum*, and *N. mangiferae*, on ornamental *Tibouchina* species [J]. Forest Pathology, 2011, 41(1): 48-51.
- [7] PLOETZ R C, PÉREZ-MARTINEZ J M, PALMATEER A J, et al. Influence of temperature, light intensity, and isolate on the development of *Neofusicoccum parvum*-induced dieback of eugenia, *Syzygium paniculatum* [J]. Plant Disease, 2009, 93(8): 804-808.
- [8] SHEN Y M, CHAO C H, LIU H L. First report of *Neofusicoccum parvum* associated with stem canker and dieback of Asian pear trees in Taiwan [J]. Plant Disease, 2010, 94(8): 1062.
- [9] ZEA-BONILLA T, GONZÁLEZ-SÁNCHEZ M A, MARTÍN-SÁNCHEZ P M, et al. Avocado dieback caused by *Neofusicoccum parvum* in the Andalucía region, Spain [J]. Plant Disease, 2007, 91(8): 1052.
- [10] BLODGETT J T, KRUGER E L, STANOSZ G R. *Sphaeropsis sapinea* and water stress in a red pine plantation in central Wisconsin [J]. Phytopathology, 1997, 87(4): 429-434.
- [11] SWART W J, WINGFIELD M J. Biology and control of *Sphaeropsis sapinea* on *Pinus* species in South Africa [J]. Plant Disease, 1991, 75(8): 761-766.
- [12] 孙广宇, 宗兆锋. 植物病理学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [13] 中华人民共和国农业部. NY/T1156. 1—2006 农药室内生物测定试验准则杀菌剂第 1 部分: 抑制病原真菌孢子萌发试验凹玻片法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [14] 任莉, 陈坤荣, 王成玉, 等. 咪鲜胺锰盐防治油菜菌核病的潜力研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4183-4191.

(责任编辑: 杨明丽)