

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2015.03.013

9 种农药对家蚕和蚯蚓的急性毒性

林 涛^{*}, 游 泳^{*}, 傅建炜^{*}, 李建宇, 史梦竹, 魏 辉
福建省农业科学院植物保护研究所, 福建 福州 350013

摘要:【背景】当前农药品种及其使用量日益增多,测试农药对环境生物的急性毒性成为农药环境安全监测的重要途径。【方法】采用食下毒叶法和药土法分别测定了甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、阿维菌素、氰氟虫腙、螺螨酯、螺虫乙脂、啉菌酯、苯醚甲环唑、戊唑醇、2,4-D 二甲胺盐等 9 种农药对家蚕和蚯蚓的急性毒性,并根据其毒性等级划分标准进行分级,评价其对环境的安全性。【结果】甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、阿维菌素、氰氟虫腙、螺螨酯、螺虫乙脂、啉菌酯、苯醚甲环唑、戊唑醇和 2,4-D 二甲胺盐对家蚕的 LC_{50} (96 h) 分别为 2.05×10^{-3} 、 8.59×10^{-4} 、2.79、250.48、11.52、272.18、2.50、 1.93×10^{-2} 和 534.47 a.i.mg · L⁻¹,对蚯蚓的 LC_{50} (14 d) 分别为 11.05、6.29、>100、>100、>100、>100、99.13、115.31 和 >100 a.i.mg · kg⁻¹干土。其中,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、阿维菌素和戊唑醇对家蚕“剧毒”,氰氟虫腙、螺虫乙脂和苯醚甲环唑对家蚕“高毒”,其余农药对家蚕均为“低毒”;阿维菌素对蚯蚓为“中毒”,其余农药对蚯蚓均为“低毒”。【结论与意义】9 种农药对家蚕和蚯蚓的急性毒性存在差异,为农药的合理使用和环境保护提供了依据。

关键词: 农药; 家蚕; 蚯蚓; 急性毒性

Acute toxicity of nine pesticides to the silkworm, *Bombyx mori* and the earthworm *Eisenia foetida*

Tao LIN⁺, Yong YOU⁺, Jian-wei FU^{*}, Jian-yu LI, Meng-zhu SHI, Hui WEI
Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China

Abstract: 【Background】As pesticide formulations and dosages increase, acute toxicity tests are important to find out their effects on non-target organisms for developing environmentally safe application methods. 【Method】The acute toxicity of emamectin benzoate, abamectin, metaflumizone, spirotetramat, azoxystrobin, difenoconazole, tebuconazole and 2,4-D dimethylamine salt to *Bombyx mori* and *Eisenia foetida* were tested, and the toxicity grades were evaluated according to the accepted standard protocol. 【Result】The median lethal concentration after exposure for 96 h of emamectin benzoate, abamectin, metaflumizone, spirotetramat, azoxystrobin, difenoconazole, tebuconazole and 2,4-D dimethylamine salt to *B. mori* were 2.05×10^{-3} a.i.mg · L⁻¹, 8.59×10^{-4} a.i.mg · L⁻¹, 2.79 a.i.mg · L⁻¹, 250.48 a.i.mg · L⁻¹, 11.52 a.i.mg · L⁻¹, 272.18 a.i.mg · L⁻¹, 2.50 a.i.mg · L⁻¹, 1.93×10^{-2} a.i.mg · L⁻¹ and 534.47 a.i.mg · L⁻¹ respectively. The 14 days median lethal concentration to *E. foetida* were 11.05 a.i.mg · kg⁻¹dw, 6.29 a.i.mg · kg⁻¹dw, >100 a.i.mg · kg⁻¹dw, >100 a.i.mg · kg⁻¹dw, >100 a.i.mg · kg⁻¹dw, >100 a.i.mg · kg⁻¹dw, 99.13 a.i.mg · kg⁻¹dw, 115.31 a.i.mg · kg⁻¹dw, >100 a.i.mg · kg⁻¹dw. Emamectin benzoate, abamectin and tebuconazole were severely toxic to *B. mori*, and metaflumizone, spirotetramat and difenoconazole had high toxicity, only azoxystrobin toxicity was low. Abamectin was moderately toxic to *E. foetida*, all other tested pesticides had low toxicity. 【Conclusion and significance】Significant differences between toxicity of pesticides to *B. mori* and *E. foetida* were found, which can serve as reference for the regulation and environmental protection.

Key words: pesticide; *Bombyx mori*; *Eisenia foetida*; acute toxicity

家蚕 *Bombyx mori* L.是我国重要的经济昆虫, 长期品种选育使家蚕经济性状得到充分表现的同时, 由其带动的桑蚕业发展前景十分广阔。然而, 由于 时, 其对不良环境和食料的耐受性明显减弱 (马惠

收稿日期 (Received): 2015-03-06 接受日期 (Accepted): 2015-06-01
基金项目: 福建省省属公益类科研院所专项 (2014R1024-6); 福建省农科院风险评估基金 (2013)
作者简介: 林涛, 男, 研究实习员。研究方向: 农药环境毒理。E-mail: maludongzuo@163.com。游泳, 男, 副研究员。研究方向: 农药环境毒理。E-mail: youyong81@gmail.com
⁺ 同等贡献作者 (The two authors contributed equally to this work)
^{*} 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: fjw9238@163.com

等,2005)。桑叶是家蚕的主要饲料,桑树园及其周边农田施用化学农药,易污染桑叶导致家蚕中毒,甚至引起死亡造成巨大经济损失(鲁兴萌,2008)。同时,农药可能通过直接或间接途径进入土壤环境,不但恶化土壤的结构和功能,而且破坏土壤生态系统的平衡,严重影响土栖动物的生存和繁衍(Garcia *et al.*,2011)。蚯蚓作为土壤环境中不可或缺的一类生物,其在改善土壤的物理、化学、生物属性等方面具有重要作用(孔志明等,1999)。此外,蚯蚓处于陆生食物链的底层,极易富集土壤中的污染物,土壤农药在危害蚯蚓的同时也会危害以其为食物来源的两栖类、爬行类和鸟类等动物。因此,针对家蚕和蚯蚓的急性毒性研究不仅可以反映化学农药的毒性效应,而且可以反映化学农药对农作物和土壤环境的污染状况。本研究通过测试9种农田常用农药对家蚕和蚯蚓的急性毒性,为评价9种农药对生态环境的安全性和农药的合理使用以及环境保护提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

家蚕,品种为“两广二号”,购自广西蚕业技术推广总站。饲养条件为温度(25±1)℃、相对湿度(75±5)%、光周期L:D=16h:8h。在人工气候箱内孵化后,饲喂桑树嫩叶至2龄起蚕供试。

试验用桑叶品种为“红果二号”,桑树种植于福建省农业科学院植物保护研究所南通中试基地,定植后未施用农药。试验选用老熟叶片,洗净晾干备用。

蚯蚓,选用赤子爱胜蚓 *Eisenia fetida* (Savigny),蚓种购自厦门市兴贤昆虫养殖基地。实验室内饲养条件为土温(23±3)℃、土壤相对湿度(80±10)%、光照条件L:D=24h:0h,驯养时间达1个月以上。选择出现生殖带且体重为0.3~0.6g的成蚓供试。

试验所用人工土壤组成成分及配比参照蔡道基等(1989)和OECD(1984)的方法调制。

1.2 供试药剂

供试药剂为5种杀虫杀螨剂、3种杀菌剂和1种除草剂,具体为2.3%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油(Emamectin benzoate,河北威远化工股份有限公司)、1.8%阿维菌素乳油(Abamectin,江苏龙灯化学有限公司)、240g·L⁻¹氰氟虫腈悬浮剂(Metaflu-

mizone,巴斯夫欧洲公司)、200g·L⁻¹螺螨酯悬浮剂(Spirodiclofen,拜耳作物科学公司)、22.4%螺虫乙脂悬浮剂(Spirotetramat,拜耳作物科学公司)、250g·L⁻¹啮菌酯悬浮剂(Azoxystrobin,英国先正达有限公司)、10%苯醚甲环唑水分散粒剂(Difenoconazole,山东潍坊双星农药有限公司)、430g·L⁻¹戊唑醇悬浮剂(Tebuconazole,安徽华星化工股份有限公司)、860g·L⁻¹2,4-D二甲胺盐水剂(2,4-D dimethyl amine salt,常州永泰丰化工有限公司)。

1.3 试验设计

1.3.1 农药对家蚕急性毒性测定 采用食下毒叶法(蔡道基等,1989)进行测定。每种药剂按等比稀释法设置5个浓度和1个蒸馏水空白对照,每个浓度或对照处理30头家蚕,重复3次。将洗净晾干备用的桑叶完全浸入药液或蒸馏水10s,取出后置于室内晾干,放入带盖的培养皿(直径为9cm),挑入预培养的2龄起蚕30头。置于人工气候箱内饲养,在试验开始后的24、48、72和96h观察并记录家蚕的中毒症状和死亡情况,饲养过程中不更换叶片。

1.3.2 农药对蚯蚓急性毒性测定 采用药土法(蔡道基等,1989;OECD,1984)进行测定。每种药剂按等比稀释法设置5个浓度和1个蒸馏水空白对照,每个浓度或对照处理10头蚯蚓,重复3次。在1L的烧杯中放入500g(干重)人工土壤(厚度不低于8cm),加入药液或蒸馏水100mL后充分拌匀,再加入适量蒸馏水调节土壤水分含量达30%,放入蚯蚓,用湿润的纱布扎好瓶口,置于温度为(20±1)℃、湿度为80%~85%的人工气候箱中,连续光照(800lx)。于试验处理后第7天和第14天倒出烧杯内土壤,检查并记录蚯蚓的中毒症状和死亡数,及时清除死亡蚯蚓。试验过程中不更换土壤,每天喷水以保持封口纱布湿润。

1.4 数据统计

采用SPSS 19.0统计软件中的Probit回归计算不同农药对家蚕和蚯蚓的半致死浓度(LC₅₀)及其95%置信区间。

农药毒性评价标准参照蔡道基等(1989)和OECD(1984),具体的毒性分级标准见表1。当农药对家蚕和蚯蚓的LC₅₀分别大于2000a.i.mg·L⁻¹和100a.i.mg·kg⁻¹干土时,则测试停止,认定该农药对家蚕和蚯蚓为“低毒”。

表 1 农药对家蚕和蚯蚓的毒性等级划分标准
Table 1 Criterion of pesticide toxicity rate to *B. mori* and *E. fetida*

毒性等级 Toxicity grade	家蚕 96 h LC_{50} <i>B. mori</i> 96 h LC_{50} (a.i. mg · L ⁻¹)	蚯蚓 14 d LC_{50} <i>E. fetida</i> 14 d LC_{50} (a.i. mg · kg ⁻¹ 干土)
剧毒 Extreme toxicity	$LC_{50} \leq 0.5$	$LC_{50} \leq 0.1$
高毒 High toxicity	$0.5 < LC_{50} \leq 20$	$0.1 < LC_{50} \leq 1.0$
中毒 Moderate toxicity	$20 < LC_{50} \leq 200$	$1.0 < LC_{50} \leq 10$
低毒 Low toxicity	$LC_{50} > 200$	$LC_{50} > 10$

2 结果与分析

2.1 农药对家蚕的急性毒性

由表 2 可知,不同农药对家蚕的毒性等级不同。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、阿维菌素和戊唑醇对家蚕的 96 h LC_{50} 分别为 2.05×10^{-3} 、 8.59×10^{-4} 和 1.93×10^{-2} a.i.mg · L⁻¹,均表现为“剧毒”;氰氟虫腈、螺螨乙脂和苯醚甲环唑对家蚕的 96 h LC_{50} 分别为 2.79、11.52 和 2.50 a.i.mg · L⁻¹,均表现为“高毒”;螺螨酯、啞菌酯和 2,4-D 二甲胺盐对家蚕的 96 h LC_{50}

分别为 250.48、272.18 和 534.47 a.i.mg · L⁻¹,均表现为“低毒”。剧毒和高毒的杀虫杀螨剂对家蚕造成的中毒症状相似,均表现为取食量减少、反应迟钝,随后出现虫体扭曲、口吐黄液等症状;而杀菌剂引起家蚕的中毒症状与杀虫杀螨剂相比较为轻微,但家蚕取食经戊唑醇和苯醚甲环唑处理的桑叶后仍出现取食量减少、反应迟钝等中毒症状。

2.2 农药对蚯蚓的急性毒性

由表 3 可知,不同农药对蚯蚓的毒性差异较小。9 种农药中,阿维菌素对蚯蚓的 14 d LC_{50} 为 6.29 a.i.mg · kg⁻¹干土,表现为“中毒”,其余 8 种农药对蚯蚓均表现为“低毒”。其中,经阿维菌素、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、苯醚甲环唑和戊唑醇等药剂处理 7 d 后,蚯蚓出现身体变软、向杯壁爬行等中毒症状;处理 14 d 后,蚯蚓出现萎缩、断裂和糜烂等症状。

表 2 农药对家蚕的急性毒性(96 h)
Table 2 Acute toxicities of the nine tested pesticides to *B. mori* (96 h)

药剂 Pesticide	回归方程 Regression equation ($y = a + bx$)	相关系数 Correlation coefficient (r^2)	LC_{50} (a.i. mg · L ⁻¹)	95%置信区间 95% confidence limits	毒性等级 Toxicity grade
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate	$y = 12.29 + 4.57x$	0.989	2.05×10^{-3}	$1.87 \times 10^{-3} \sim 2.25 \times 10^{-3}$	剧毒 Extreme toxicity
阿维菌素 Abamectin	$y = 7.65 + 2.49x$	0.958	8.59×10^{-4}	$4.90 \times 10^{-4} \sim 1.23 \times 10^{-3}$	剧毒 Extreme toxicity
氰氟虫腈 Metaflumizone	$y = -1.22 + 2.73x$	0.996	2.79	1.80~4.55	高毒 High toxicity
螺螨酯 Spirodiclofen	$y = -10.33 + 4.31x$	0.955	250.48	225.77~277.37	低毒 Low toxicity
螺虫乙脂 Spirotetramat	$y = -3.70 + 3.47x$	0.983	11.52	10.42~12.88	高毒 High toxicity
啞菌酯 Azoxystrobin	$y = -7.07 + 2.90x$	0.951	272.18	159.45~462.45	低毒 Low toxicity
苯醚甲环唑 Difenconazole	$y = -1.13 + 2.85x$	0.994	2.50	2.16~2.89	高毒 High toxicity
戊唑醇 Tebuconazole	$y = 3.14 + 1.83x$	0.948	1.93×10^{-2}	$7.16 \times 10^{-3} \sim 3.09 \times 10^{-2}$	剧毒 Extreme toxicity
2,4-D 二甲胺盐 2,4-D dimethyl amine salt	$y = -9.99 + 3.66x$	0.985	534.47	472.65~596.70	低毒 Low toxicity

表 3 农药对赤子爱胜蚓的急性毒性(14 d)
Table 3 Acute toxicities of the nine tested pesticides to *E. fetida* (14 d)

药剂 Pesticide	回归方程 Regression equation ($y = a + bx$)	相关系数 Correlation coefficient (r^2)	LC_{50} (a.i. mg · kg ⁻¹ 干土)	95%置信区间 95% confidence limits	毒性等级 Toxicity grade
甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 Emamectin benzoate	$y = -4.47 + 4.28x$	0.995	11.05	9.56~12.71	低毒 Low toxicity
阿维菌素 Abamectin	$y = -2.10 + 2.63x$	0.963	6.29	4.35~13.61	中毒 Moderate toxicity
氰氟虫腈 Metaflumizone	—	—	>100	—	低毒 Low toxicity
螺螨酯 Spirodiclofen	—	—	>100	—	低毒 Low toxicity
螺虫乙脂 Spirotetramat	—	—	>100	—	低毒 Low toxicity
啞菌酯 Azoxystrobin	—	—	>100	—	低毒 Low toxicity
苯醚甲环唑 Difenconazole	$y = -12.57 + 6.30x$	0.994	99.13	89.10~110.27	低毒 Low toxicity
戊唑醇 Tebuconazole	$y = -10.72 + 5.20x$	0.998	115.31	102.51~129.95	低毒 Low toxicity
2,4-D 二甲胺盐 2,4-D dimethyl amine salt	—	—	>100	—	低毒 Low toxicity

3 结论与讨论

前人的试验结果表明,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、阿维菌素、氰氟虫腙、螺虫乙脂、苯醚甲环唑5种农药对家蚕的急性毒性很高,危险性较大(陈伟国等,2012;王静等,2010;俞瑞鲜等,2011),与本研究结果基本一致。因此,在桑园或临近桑园的农田防治病虫害时,应避免使用甲氨基阿维菌素苯甲酸盐、阿维菌素、氰氟虫腙、螺虫乙脂、苯醚甲环唑等农药,或在使用这些农药时应避开桑叶采集期。在防治经济作物早疫病、炭疽病和霜霉病等病害时,可以选用嘧菌酯,其不仅防病效果好(康立娟等,2004;张晓等,2008),而且对家蚕危害性小,具有较高的环境安全性。

王彦华等(2010)和游泳等(2014)认为,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对蚯蚓低毒,这与本研究结果一致;但有关阿维菌素对蚯蚓的毒性结果(王彦华等,2010)却存在差异,这可能是由于2个毒性研究所用阿维菌素制剂不同。同时,本研究中氰氟虫腙、螺螨酯、嘧菌酯、苯醚甲环唑、戊唑醇、2,4-D二甲胺盐等农药对蚯蚓的急性毒性均很低,但并不意味着这些农药在农田环境中就安全,其在土壤中的吸附、渗透行为以及可能带来的慢性毒性仍然不容忽视(Desneux *et al.*,2007; Stark & Banks,2003)。

本试验仅测试了9种农田常用农药对家蚕和蚯蚓的急性毒性,对于其慢性毒性尚不明确。因此,在今后的工作中,要进一步加强化学农药对不同环境生物的长期毒性的研究。

参考文献

蔡道基, 杨佩芝, 龚瑞忠. 1989. 化学农药环境安全评价试验准则. 北京: 国家环境保护局.

陈伟国, 孙海燕, 董瑞华. 2012. 氰氟虫腙对家蚕的毒性. 蚕桑通报, 43(1): 20-21.

康立娟, 韩秀英, 马志强. 2004. 嘧菌酯对三种蔬菜病害的毒力, 防效及安全性研究. 农药学学报, 6(1): 85-88.

孔志明, 臧宇, 崔玉霞, 张迅, 章敏, 钟远. 1999. 两种新型杀虫剂在不同暴露系统对蚯蚓的急性毒性. 生态学杂志, 18(6): 20-23.

鲁兴萌. 2008. 养蚕中毒的原因分析和防范. 蚕桑通报, 39(1): 1-5.

马惠, 王开运, 刘亮, 陶传江, 瞿唯钢. 2005. 农药对家蚕的毒性及安全性评价研究进展. 农药科学与管理, 26(5): 15-17, 10.

王静, 朱九生, 高海燕, 余清军, 乔雄梧. 2010. 7种农药对家蚕的毒性评价及中毒症状学观察. 生态毒理学报, 5(1): 57-62.

王彦华, 陈丽萍, 赵学平, 吴长兴, 苍涛, 俞瑞鲜, 吴声敢, 王强. 2010. 新烟碱类和阿维菌素类药剂对蚯蚓的急性毒性效应. 农业环境科学学报, 29(12): 2299-2304.

游泳, 林涛, 李建宇, 史梦竹, 郑丽祯, 傅建炜, 魏辉. 2014. 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对6种环境生物的急性毒性. 生物安全学报, 23(1): 40-45.

俞瑞鲜, 王彦华, 吴声敢, 吴长兴, 陈丽萍, 苍涛, 赵学平. 2011. 21种杀菌剂对家蚕的急性毒性与风险评价. 生态毒理学报, 6(6): 643-648.

张晓, 张艳军, 陈雨, 周明国. 2008. 嘧菌酯对番茄早疫病菌的抑制作用. 农药学学报, 10(1): 41-46.

Desneux N, Decourtye A and Delpuech J M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106.

Garcia M, Scheffczyk A, Garcia T and Römbke J. 2011. The effects of the insecticide lambda-cyhalothrin on the earthworm *Eisenia fetida* under experimental conditions of tropical and temperate regions. *Environmental Pollution*, 159: 398-400.

OECD. 1984. Test No. 207: *Earthworm, Acute Toxicity Tests*, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Sect. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development.

Stark J D and Banks J E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48: 505-519.

(责任编辑:杨郁霞)

征订启事

《生物安全学报》是由中国植物保护学会与福建省昆虫学会共同主办的面向生物安全科学国际前沿的中英文学术刊物。本刊为季刊, 每年 2、5、8、11 月 15 日出版。国内统一连续出版物号(刊号) CN 35-1307/Q, 国际标准刊号 ISSN 2095-1787。每期定价 28 元, 全年 112 元(不含邮资)。

读者对象: 国内外农业科研院(所)、农业院校、综合性大学的农业科研与管理人员。

订阅方式: 在线订阅或向编辑部订阅。

在线(<http://www.jbscn.org>) 订阅:

在本刊网站首页左侧“读者登录”专区, 进行注册、登录后, 点击左侧“期刊订阅”菜单中的“期刊征订”子菜单, 填写相关信息。按照以下汇款方式汇款后, 进入读者操作后台, 点击左侧“期刊订阅”菜单中的“订费登记”子菜单, 进入相关界面, 单击“汇款信息登记”链接, 在弹出的页面中完成登记。编辑部收款后, 将按订阅要求进行寄送。

向编辑部订阅:

请您认真填写以下表单, 将其与汇款凭据一并邮寄、传真或 E-mail 至本刊编辑部, 以便我部查收汇款及邮寄刊物。

订单明细 (请在所需刊期下打√)	年份 2016 年	第 1 期	第 2 期	第 3 期	第 4 期	累计期数 共__期	合计金额 共__元
姓名:	单位: (请详细至院系或部门一级)						
地址: _____ 省 _____ 市(县) _____ 区(镇) _____						邮编: _____	
电话: _____				邮箱: _____			
备注							

汇款方式(邮局汇款):

地址: 福州 金山 福建农林大学《生物安全学报》编辑部, 350002

收款人: 郭莹

联系方式: 电话/传真: 0591-88191360; E-mail: jbscn99@126.com