

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

游 泳⁺, 林 涛⁺, 李建宇, 史梦竹, 郑丽祯, 傅建炜, 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】甲氨基阿维菌素苯甲酸盐是一种新型的抗生素类杀虫剂、杀螨剂,其大量使用可能会导致一系列的生态风险,因此有必要开展其对相关环境生物毒性的研究。【方法】测定了甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对意大利蜜蜂、日本鹌鹑、斑马鱼、家蚕、大型溞和赤子爱胜蚓 6 种非靶标生物的急性毒性。【结果】5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蜜蜂的急性经口 LC_{50} (48 h) 为 $0.555 \text{ a.i. mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 对鹌鹑的经口 LD_{50} (7 d) 为 $148.369 \text{ a.i. mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 对斑马鱼的 LC_{50} (96 h) 为 $0.368 \text{ a.i. mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 对家蚕的急性摄入毒性 LC_{50} (96 h) 为 $0.005 \text{ a.i. mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 对大型溞的运动抑制毒性 EC_{50} (48 h) 为 $0.020 \text{ a.i. mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 对蚯蚓的急性毒性 LC_{50} (14 d) 为 $18.397 \text{ a.i. mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。【结论与意义】该农药对家蚕和大型溞均为剧毒,对蜜蜂和斑马鱼均为高毒,对鹌鹑中毒,对蚯蚓低毒。总体而言,甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对环境生物危害大,在使用过程中要注意。

关键词: 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐; 环境生物; 急性毒性

Acute toxicity of 5% emamectin benzoate on six untargeted species

Yong YOU⁺, Tao LIN⁺, Jian-yu LI, Meng-zhu SHI, Li-zhen ZHENG, Jian-wei FU, Hui WEI^{*}

Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China

Abstract: 【Background】Emamectin benzoate is a novel antibiotic insecticide and acaricide. Its extensive use may lead to serious ecological risks. It is necessary to evaluate its biological toxicity in relation to untargeted species. 【Method】The acute toxicity of 5% emamectin benzoate on six representative untargeted species, i. e. honeybee (*Apis mellifera*), Japanese quail (*Coturnix japonica*), zebra fish (*Danio rerio*), silkworm (*Bombyx mori*), *Daphnia magna* and earthworm (*Eisenia fetida*), was tested in laboratory. 【Result】The results showed that the LC_{50} (48 h) for acute oral toxicity (microemulsion) on bee was $0.555 \text{ a.i. mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (highly toxic). The LD_{50} (7 d) for quail was $148.369 \text{ a.i. mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (moderately toxic); the LC_{50} (96 h) for zebra fish was $0.368 \text{ a.i. mg} \cdot \text{L}^{-1}$; the LC_{50} (96 h) for silkworm was $0.005 \text{ a.i. mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (extremely toxic), the EC_{50} (48 h) for *Daphnia magna* was $0.020 \text{ a.i. mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (extremely toxic); and the LC_{50} (14 d) for earthworm was $18.397 \text{ a.i. mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (weakly toxic). 【Conclusion and significance】In general, the emamectin benzoate can be considered of high risk to untargeted organisms and should be used with caution.

Key words: emamectin benzoate; environmental organism; acute toxicity

甲氨基阿维菌素苯甲酸盐 (emamectin benzoate), 化学名称 4'-脱氧-4-表甲氨基阿维菌素 B1 苯甲酸盐, 是 1984 年美国 Merk & C. 公司 (Demchak & Dybas, 1997) 对阿维菌素进行衍生化合成, 1994 年又经优化改进开发得到的半合成农药品种, 是一种新型的抗生素类杀虫剂、杀螨剂。甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对小菜蛾 *Plutella xylostella* (L.)、甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner、二化螟 *Chilo suppress-*

alis (Walker) 的活性高于阿维菌素 (倪珏萍等, 2003), 被广泛用于防治蔬菜、果树、水稻、棉花、茶叶等的害虫 (董利霞等, 2012; 李建新等, 2009; 李晓军等, 2009; 仇文法, 2010; 杨海珍等, 2001)。同时, 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐开发出乳油、水分散粒剂、悬浮剂、微乳剂、水乳剂等剂型用于农业生产 (高忠文等, 2006; 顾金祥和张骅, 2001; 邵彦坡等, 2012; 张林杰等, 2011; 郑彩华, 2012)。但目前该

收稿日期 (Received): 2014-01-05 接受日期 (Accepted): 2014-02-07

作者简介: 游泳, 男, 副研究员。研究方向: 农药环境毒理。E-mail: youyong81@gmail.com; 林涛, 男, 研究实习员, 硕士。研究方向: 农药环境毒理。E-mail: maludongzuo@163.com

⁺ 同等贡献作者 (The two authors contributed equally to this work)

^{*} 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: weihui318@vip.qq.com

农药的大量使用,不可避免地对环境生物带来巨大的危害,可能会导致一系列的生态风险。有关甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对环境生物影响的研究很有限(苍涛等,2007;李贤宾等,2007;魏方林等,2008;Willis & Ling,2003)。本文通过研究5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对6种环境生物的毒性,为该药剂的安全合理使用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

意大利蜜蜂 *Apis mellifera* L.,购自福州市养蜂实验总场,在室外自行繁殖饲养。在人工气候室内饲养观察24 h,选用大小一致、健康、活泼的蜜蜂用于试验,试验前饥饿2 h。

日本鹌鹑 *Coturnix japonica* Temminck & Schlege,购自福州市闽侯县南通养殖试验场。试验前在(25±2)℃、通风、透光的室内环境下驯养7 d。挑选龄期为30 d、体质量(100±10)g、健康、活泼的鹌鹑用于试验。

斑马鱼 *Danio rerio* (F. Hamilton),购自福州市花鸟市场,购回后驯养7 d再用于试验。每天喂食1次,试验前24 h停止喂食。试验时,斑马鱼体长(3.0±0.5)cm,体质量(0.3±0.1)g。驯养水温控制在(22±1)℃,驯养所用自来水经曝气去氯气处理24 h以上。

家蚕 *Bombyx mori* L.,品种为“两广二号”,蚕种由广西蚕业技术推广总站提供,保存于4℃恒温冰箱中待用。在相对湿度为(75±5)%、温度为(25±1)℃、光周期L:D=16:8的人工气候箱内孵化,饲喂桑树嫩叶至2龄供试。试验所用桑叶选用老熟叶片,洗净晾干备用。

大型蚤 *Daphnia magna* Straus,蚤种引自中国农业科学院植物保护研究所,在本实验室自行保种繁育。在良好的培养条件下,使大型蚤的繁殖处于孤雌生殖状态。试验用蚤为同一母体孤雌繁殖3代以上,出生时间6~24 h健康的幼蚤。饲养所用自来水经曝气去氯气处理24 h以上,pH 6.0~9.0,水质硬度为140~250 mg·L⁻¹(以碳酸钙计),溶解氧4.0 mg·L⁻¹以上。在自然光照下饲养,饲养温度(20±2)℃,每天喂食斜生栅藻。

蚯蚓,选用人工饲养的赤子爱胜蚓 *Eisenia fetida* (Savigny),蚓种购自厦门市兴贤昆虫养殖基地。

在土温为(23±3)℃、相对湿度(80±10)%的土壤中,且饲养室内24 h光照,驯养1个月以上供试。选择出现生殖带且体质量为0.3~0.6 g的成蚓。试验用的人工土壤组成成分及配比参照蔡道基等(1989)和OECD(1984)。

1.2 供试药剂

5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂为河北威远化工股份有限公司生产。

1.3 试验方法

1.3.1 对蜜蜂的毒性测定 采用急性经口毒性试验法测定。根据预试验结果,配制5组含不同药剂浓度的染毒蔗糖水,药剂浓度分别为0.1、1、10、100、200 mg·L⁻¹,设空白对照。每个试验蜂笼放入10只蜜蜂,设3次重复。吸取10 mL含药糖水注入装有0.3 g脱脂棉的10 mL烧杯中,杯口向下倒置于试验蜂笼纱网上,供转入蜜蜂自由摄食。分别在24和48 h观察蜜蜂中毒及死亡情况。

1.3.2 对鸟类的毒性测定 采用急性经口毒性试验法测定。每组浓度测鹌鹑10只(雌、雄各5只,放在同一鸟笼中)。根据预试验结果,设置5个浓度,分别为100、125、156、195、244 mg·kg⁻¹,并设空白对照,不设重复。试验前禁食24 h,只供清水。将不同浓度的药液按每100 g体质量灌药1.0 mL的方法进行处理,然后按正常饲养方法进行喂养。在温度(25±2)℃、湿度50%~70%、光周期L:D=16:8的饲养条件下连续7 d观察受试鹌鹑的中毒症状和死亡数量。

1.3.3 对斑马鱼的毒性测定 采用静态法测定。试验环境条件同驯养条件。在每个试验鱼缸中分别配制5 L不同浓度的供试药液,各试验鱼缸分别投入斑马鱼10尾。根据预试验结果,用曝气自来水配制5个浓度的药液,分别为0.60、0.50、0.45、0.40、0.30和0.20 mg·L⁻¹,设空白对照,每个浓度处理设3次重复。每24 h测定各缸中药液的溶解氧和pH值,观察鱼的中毒症状,及时清除死鱼,记录24、48、72、96 h的死亡数量。

1.3.4 对家蚕的毒性测定 采用浸叶试验法测定。根据预试验结果,配制5个浓度的药液,分别为0.0031、0.0049、0.0078、0.0125、0.0200 mg·L⁻¹,并设空白对照组。用不同浓度的药液完全浸渍桑叶10 s,晾干后供家蚕食用。整个试验期间饲喂处理

后的桑叶,观察并记录 24、48、72、96 h 的中毒症状和死亡数量。每个直径 9 cm 培养皿中移入 20 头家蚕,设 3 次重复。试验培养皿置于人工气候箱内,试验条件同饲养条件。

1.3.5 对大型蚤的毒性测定 采用急性活动抑制试验方法测定。根据预试验结果,用曝气水分别配制浓度为 0.01、0.1、1、10、100 mg · L⁻¹ 的药液,以曝气水为空白对照。对照组和处理组均设 4 个重复。分别量取 50 mL 曝气水或药液到 100 mL 烧杯内,每个烧杯中加入 5 头幼蚤,分别于试验开始后 24、48 h 观察大型蚤中毒症状和活动受抑制情况。轻晃烧杯,幼蚤在 15 s 内不能游动视为活动受抑制。试验前和试验过程中测定每个浓度药液的溶解氧、pH 值和温度,以确保其在试验所需范围内。

1.3.6 对蚯蚓的毒性测定 采用人工土壤法测定。将泥炭藓、高岭土、石英砂和碳酸钙按质量比 10:20:68:2 混合均匀备用。根据预试验结果,分别配制含 5 个浓度药液的土壤,浓度分别为 0.1、1、10、100 mg · kg⁻¹。在烧杯中放 500 g 上述人工土壤(标本瓶中土壤厚度不低于 8 cm),加入用蒸馏水溶解后的药剂,充分拌匀,再加入适量蒸馏水,调节土壤水分含量达 30% 左右。每个处理放入 10 条在未经农药处理的人工土壤中驯养 24 h 的蚯蚓。用湿润的纱布扎好瓶口,将烧杯置于(20 ± 1) °C、湿度 80% ~ 85% 的培养箱中,400 ~ 800 lx 光强连续光照。试验历时 2 周,于第 7 天和第 14 天倒出烧杯内土壤,

观察、记录蚯蚓的中毒症状和死亡数量(用针轻触蚯蚓尾部,蚯蚓无反应则视为死亡),及时清除死蚯蚓。

1.4 数据统计

用 Excel 2007 软件统计试验数据,并用 SPSS 19.0 分析数据,计算甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对意大利蜜蜂、日本鹌鹑、斑马鱼、家蚕、大型蚤和赤子爱胜蚓的 LC₅₀(或 LD₅₀或 EC₅₀)及其 95% 置信区间。

2 结果与分析

2.1 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蜜蜂的急性毒性

接触药液后,蜜蜂表现烦躁不安,在蜂笼内四处乱飞,严重的出现身体失去平衡、爬动乏力、伸喙等中毒症状。

由表 1 可知,供试的 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蜜蜂的 48 h LC₅₀ 为 0.555 a.i.mg · L⁻¹, 95% 置信限为 0.436 ~ 0.725 a.i.mg · L⁻¹。根据《化学农药环境安全评价准则》中农药对蜜蜂毒性的分级标准:48 h LC₅₀ ≤ 0.5 a.i.mg · L⁻¹ 为剧毒; 0.5 a.i.mg · L⁻¹ < 48 h LC₅₀ ≤ 20 a.i.mg · L⁻¹ 为高毒; 20 a.i.mg · L⁻¹ < 48 h LC₅₀ ≤ 200 a.i.mg · L⁻¹ 为中毒; 48 h LC₅₀ > 200 a.i.mg · L⁻¹ 为低毒(国家环境保护总局南京环境科学研究所,1990)。由此判定,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蜜蜂属于高毒。

表 1 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蜜蜂的急性毒性

Table 1 Toxicity of emamectin benzoate on *A. mellifera*

时间 Duration of exposure (h)	毒力方程 Toxicity regression equation	相关系数 <i>R</i> ²	<i>LC</i> ₅₀ (a.i.mg · L ⁻¹)	95% 置信限 95% confidence interval (a.i.mg · L ⁻¹)
24	<i>y</i> = -0.832 + 1.671 <i>x</i>	0.661	3.145	1.740 ~ 16.084
48	<i>y</i> = 0.581 + 2.269 <i>x</i>	0.968	0.555	0.436 ~ 0.725

2.2 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对鹌鹑的急性毒性

鹌鹑经口染毒后 7 d 内出现迅速击倒、蹬腿、抽搐、萎蔫、闭眼、发呆、羽毛蓬松、兴奋、站立不稳、抬头无力、呕吐、流涎等中毒症状。

由表 2 可知,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对鹌鹑的 7 d LD₅₀ 为 148.369 a.i.mg · kg⁻¹, 95% 置信限为 129.231 ~ 169.497 a.i.mg · kg⁻¹。根据《化学农药环境安全评价准则》中农药对鸟类急性

经口毒性等级划分标准:7 d LD₅₀ ≤ 10 a.i.mg · kg⁻¹ 为剧毒; 10 a.i.mg · kg⁻¹ < 7 d LD₅₀ ≤ 50 a.i.mg · kg⁻¹ 为高毒; 50 a.i.mg · kg⁻¹ < 7 d LD₅₀ ≤ 500 a.i.mg · kg⁻¹ 为中毒; 7 d LD₅₀ > 500 a.i.mg · kg⁻¹ 为低毒(国家环境保护总局南京环境科学研究所,1990)。由此判定,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对鹌鹑急性经口毒性属中毒。

表 2 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对鹌鹑急性经口毒性

Table 2 Toxicity of emamectin benzoate on *C. japonica*

时间 Duration of exposure (d)	毒力方程 Toxicity regression equation	相关系数 R^2	LD_{50} (a.i.mg·kg ⁻¹)	95% 置信限 95% confidence interval (a.i.mg·kg ⁻¹)
1	$y = -17.686 + 7.529x$	0.945	223.297	193.770 ~ 313.539
2	$y = -17.089 + 7.511x$	0.805	188.515	165.092 ~ 228.798
3	$y = -14.330 + 6.447x$	0.886	167.003	143.589 ~ 201.258
4	$y = -16.246 + 7.447x$	0.991	151.833	131.214 ~ 175.276
5	$y = 17.657 + 8.132x$	0.993	148.369	129.231 ~ 169.497
6	$y = 17.657 + 8.132x$	0.993	148.369	129.231 ~ 169.497
7	$y = 17.657 + 8.132x$	0.993	148.369	129.231 ~ 169.497

2.3 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对斑马鱼的急性毒性

斑马鱼放入带药液鱼缸后,出现侧游、沉底、翻白、反应缓慢、游动加速等中毒症状。

由表 3 可知,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对斑马鱼的 96 h LC_{50} 为 0.368 a.i.mg·L⁻¹,95% 置信限为 0.327 ~ 0.401 a.i.mg·L⁻¹。根据《化学农药环境安全评价准则》中农药对鱼类毒性的分级

标准:96 h $LC_{50} \leq 0.1$ a.i.mg·L⁻¹为剧毒;0.1 a.i.mg·L⁻¹ < 96 h $LC_{50} \leq 1.0$ a.i.mg·L⁻¹为高毒;1.0 a.i.mg·L⁻¹ < 96 h $LC_{50} \leq 10$ a.i.mg·L⁻¹为中毒;96 h $LC_{50} > 10$ a.i.mg·L⁻¹为低毒(国家环境保护总局南京环境科学研究所,1990)。由此判定,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对斑马鱼属于高毒。

表 3 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对斑马鱼急性经口毒性

Table 3 Toxicity of emamectin benzoate on *Danio rerio*

时间 Duration of exposure (h)	毒力方程 Toxicity regression equation	相关系数 R^2	LC_{50} (a.i.mg·L ⁻¹)	95% 置信限 95% confidence interval (a.i.mg·L ⁻¹)
24	$y = 2.371 + 7.146x$	0.346	0.466	0.410 ~ 0.554
48	$y = 4.631 + 10.983x$	0.848	0.379	0.332 ~ 0.416
72	$y = 5.897 + 13.585x$	1.000	0.368	0.327 ~ 0.401
96	$y = 5.897 + 13.585x$	1.000	0.368	0.327 ~ 0.401

2.4 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对家蚕的急性毒性

家蚕染毒 96 h 内,出现拒食、趋避、生长缓慢、乱爬、不能正常蜕皮、身体变软、蜷缩、变黑、体液外渗、腐烂、晃头、脱水、吐液等中毒症状。

由表 4 可知,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对家蚕的 96 h LC_{50} 为 0.005 a.i.mg·L⁻¹,95% 置信限为 0.005 ~ 0.006 a.i.mg·L⁻¹。根据《化学农药环境安全评价准则》中农药对家蚕毒性的分级标准:96 h $LC_{50} \leq 0.5$ a.i.mg·L⁻¹为剧毒;0.5 a.i.mg·L⁻¹ < 96 h $LC_{50} \leq 20$ a.i.mg·L⁻¹为高毒;20 a.i.mg·L⁻¹ < 96 h $LC_{50} \leq 200$ a.i.mg·L⁻¹为中毒;96 h $LC_{50} > 200$ a.i.mg·L⁻¹为低毒(国家环境保护总局南京环境科学研究所,1990)。由此判定,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对家蚕为剧毒。

2.5 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对大型溞的急性毒性

大型溞染毒后表现出沉底、打转、抽搐、兴奋、加速游动等中毒症状。

由表 5 可知,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对大型溞的 48 h EC_{50} 为 0.020 a.i.mg·L⁻¹,95% 置信限为 0.015 ~ 0.026 a.i.mg·L⁻¹。根据《化学农药环境安全评价准则》中农药对大型溞毒性的分级标准:48 h $EC_{50} \leq 0.1$ a.i.mg·L⁻¹为剧毒;0.1 a.i.mg·L⁻¹ < 48 h $EC_{50} \leq 1.0$ a.i.mg·L⁻¹为高毒;1.0 a.i.mg·L⁻¹ < 48 h $EC_{50} \leq 10$ a.i.mg·L⁻¹为中毒;48 h $EC_{50} > 10$ a.i.mg·L⁻¹为低毒(国家环境保护总局南京环境科学研究所,1990)。由此判定,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对大型溞的抑制毒性为剧毒。

表 4 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对家蚕急性摄入毒性

Table 4 Toxicity of emamectin benzoate on *B. mori*

时间 Duration of exposure (h)	毒力方程 Toxicity regression equation	相关系数 R^2	LC_{50} (a.i.mg · L ⁻¹)	95% 置信限 95% confidence interval (a.i.mg · L ⁻¹)
24	$y = 3.699 + 1.903x$	0.813	0.011	0.006 ~ 0.248
48	$y = 6.002 + 2.734x$	0.905	0.006	0.003 ~ 0.010
72	$y = 7.053 + 3.136x$	0.955	0.006	0.005 ~ 0.006
96	$y = 8.506 + 3.715x$	0.928	0.005	0.005 ~ 0.006

表 5 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对大型溞运动抑制毒性

Table 5 Toxicity of emamectin benzoate on *Daphnia magna*

时间 Duration of exposure (h)	毒力方程 Toxicity regression equation	相关系数 R^2	EC_{50} (a.i.mg · L ⁻¹)	95% 置信限 95% confidence interval (a.i.mg · L ⁻¹)
24	$y = -3.597 + 2.323x$	0.968	0.028	0.021 ~ 0.038
48	$y = 4.556 + 2.682x$	0.949	0.020	0.015 ~ 0.026

2.6 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蚯蚓的急性毒性

染毒后的蚯蚓表现出明显的身体拉长、移动缓慢、活力下降等中毒症状。

由表 6 可知,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蚯蚓的 14 d LC_{50} 为 18.397 a.i.mg · kg⁻¹,95% 置信限为 16.073 ~ 20.948 a.i.mg · kg⁻¹。根据《化学农药环境安全评价准则》中农药对蚯蚓毒性的分

级标准:14 d $LC_{50} \leq 0.1$ a.i.mg · kg⁻¹ 为剧毒;0.1 a.i.mg · kg⁻¹ < 14 d $LC_{50} \leq 1.0$ a.i.mg · kg⁻¹ 为高毒;1.0 a.i.mg · kg⁻¹ < 14 d $LC_{50} \leq 10$ a.i.mg · kg⁻¹ 为中毒;14 d $LC_{50} > 10$ a.i.mg · kg⁻¹ 为低毒(国家环境保护总局南京环境科学研究所,1990)。由此判定,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蚯蚓的急性毒性为低毒。

表 6 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蚯蚓急性毒性

Table 6 Toxicity of emamectin benzoate on *E. fetida*

时间 Duration of exposure (d)	毒力方程 Toxicity regression equation	相关系数 R^2	LC_{50} (a.i.mg · kg ⁻¹)	95% 置信限 95% confidence interval (a.i.mg · kg ⁻¹)
7	$y = -5.053 + 3.551x$	0.960	26.472	22.761 ~ 31.691
14	$y = -5.565 + 4.400x$	0.882	18.397	16.073 ~ 20.948

3 讨论

本研究表明,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对水生生物斑马鱼为高毒,对大型溞为剧毒。因此,要尽量避免使用 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂防治水稻害虫,以避免其通过稻田水进入水体,对水生生态系统造成破坏。

蜜蜂是最重要的传粉昆虫,占传粉昆虫总量的 80% 左右,由于蜜蜂对农药极为敏感,滥用或误用农药都会对其造成不利影响(Chauzat *et al.*,2004)。本研究中,以意大利蜜蜂为对象测得 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蜜蜂的急性经口毒性为高毒。因此,在田间使用 5% 甲氨基阿维菌素苯甲

酸盐微乳剂时,应避免在作物花期以及蜜蜂采粉区使用,以减少对蜜蜂的伤害。

家蚕是重要的经济昆虫之一,对化学农药非常敏感,极易发生中毒。江苏省 2006 年以来发生多次家蚕中毒事件,重要的原因就是桑叶受到农药的污染(朱红,2013)。本研究表明,5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对家蚕急性摄入毒性为剧毒,因此要避免在蚕桑区、采桑养蚕季节使用。若在桑园周边使用 5% 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂防治其他作物害虫,注意设立隔离带,避免在有风的天气施药,以减少对桑园的污染。

鸟类是生态系统中重要的生物种群。通过直接喷药在巢穴或鸟类身上,鸟类采食药剂处理过的

种子以及被农药污染的食物、水体,鸟类在使用农药不久的农田上活动等,不仅直接危害禽鸟类,而且可以通过生物链在其体内蓄积(朱忠林等,2003),间接对人类的健康造成潜在的危害。本试验通过急性经口毒性试验,明确了5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对鹌鹑为中毒。有关甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对鹌鹑产蛋量、孵化率的影响还有待进一步研究。

蚯蚓作为土壤无脊椎动物的代表,在改善土壤透气性、改善土壤结构、提高土壤肥力等方面有着重要作用(胡霞,2008)。同时,蚯蚓还是许多动物的食物来源,影响着农田生态系统中的物质循环和能量流动,在食物链中起着污染物传递的桥梁作用。因此,农药对蚯蚓的毒性,是评价农药对环境生态系统安全性的重要指标之一。本研究明确了5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂对蚯蚓的急性毒性为低毒。有关其亚致死剂量对蚯蚓的行为、生长发育和繁殖等的影响还需进一步研究。同时,由于土壤环境中往往以多种农药形式存在,有必要开展甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂与其他药剂的复合致毒研究,以更科学合理评价药剂对蚯蚓的环境安全性。

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.

苍涛,赵学平,吴长兴,吴声敢,陈丽萍,王强,张志恒. 2007. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对4种非靶生物毒性及安全性评价. 农药, 46(7): 481-483.

董利霞,芮昌辉,任龙,谭晓伟. 2012. 亚致死剂量甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对棉铃虫生长发育的影响. 植物保护学报, 38(6): 539-544.

高忠文,马洪艳,李万凯,孙景文,王亚廷. 2006. 5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水分散粒剂的研制. 农药科学与管理, 27(1): 32-34.

顾金祥,张骅. 2001. 1%甲胺基阿维菌素苯甲酸盐乳油防治棉花棉铃虫田间药效研究. 江苏农药, (2): 29-30.

国家环境保护总局南京环境科学研究所. 1990. 化学农药环境安全评价试验准则. 农药科学与管理, 11(2): 1-5.

胡霞. 2008. 敌敌畏、毒斯乐单一及复合污染对蚯蚓的急性毒性试验. 四川动物, 27(3): 399-402.

李建新,张洪波,周尚泉. 2009. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐及其复配剂防治稻纵卷叶螟田间试验. 农药研究与应用, 12(5): 29-31.

李贤宾,魏方林,李少南,朱国念. 2007. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐对鹌鹑的急性及蓄积毒性研究. 农药, 46(5): 341-344.

李晓军,王涛,亓彬,刘秀,左会旭. 2009. 2%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂防止桃树苹果小卷叶蛾和梨小食心虫危害新梢的试验. 落叶果树, (6): 29-30.

倪珏萍,侯华民,曾霞,黄春霞. 2003. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐与阿维菌素生物活性比较. 现代农药, 2(3): 38-40.

仇文法. 2010. 0.5%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂防治茶树茶尺蠖效果研究. 现代农业科技, (17): 165.

邵彦坡,陈明艳,郝丽霞,赵德,李波,李树柏. 2012. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐6%悬浮剂的配方研制. 农药科学与管理, 33(2): 16-19.

魏方林,朱金文,李少南,朱国念. 2008. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油对环境生物的急性毒性研究. 农药科学与管理, 29(3): 19-24.

杨海珍,樊荣贤,李强. 2001. 1%甲胺基阿维菌素苯甲酸盐乳油防治甘蓝菜青虫、小菜蛾药效试验. 农药, 40(8): 28.

张林杰,范福玉,荆玉谱,黄彬彬,黄珍珠,吴祖建,吴刚. 2011. 甲氨基阿维菌素苯甲酸盐水乳剂的研制. 福建农林大学学报: 自然科学版, 40(3): 252-256.

郑彩华. 2012. 1.0%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐微乳剂的研制. 安徽化工, 38(3): 49-51.

朱红. 2013. 家蚕农药中毒的预防措施及中毒后处理. 现代农业科技, (4): 180.

朱忠林,龚瑞忠,韩志华,单正军,蔡道基. 2003. 农药对鸟类的毒性及其安全性评价. 农村生态环境, 19(3): 53-57.

Chauzat M P, Faucon J P and Aubert M. 2004. Bees and pesticides: preliminary results of a multifactorial field survey of pathogens and toxicants in *Apis mellifera* colonies apiaries in France // *First European Conference of Apidologie*. Udine, Italy, Symposium organized by Anna Gloria Sabatini and Klaus Wallner, 116-117.

Demchak R and Dybas R. 1997. Photostability of abamectin/zein microspheres. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 260-262.

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

Willis K J and Ling N. 2003. The toxicity of emamectin benzoate, an aquaculture pesticide, to planktonic marine copepods. *Aquaculture*, 221: 289-297.