

新奥霉素母药对 5 种非靶标生物的急性毒性

沈艳¹, 孙如意², 李蕾¹, 李沛明¹, 周凤艳¹,
高同春¹, 王梅¹, 张勇^{*1}

(1. 安徽省农业科学院 植物保护与农产品质量安全研究所, 合肥 230031;

2. 安徽科立特农药环境评价科技有限公司, 合肥 230031)

摘要: 测定了新奥霉素 (xinaomycin) 母药对 5 种非靶标生物——斑马鱼 *Brachydanio rerio*、大型溞 *Daphnia magna* Straus、羊角月芽藻 *Pseudokirchneriella subcapitata*、意大利工蜂 *Apis mellifera* L. 和家蚕 *Bombyx mori* 的急性毒性。结果显示: 新奥霉素母药对斑马鱼 96 h-LC₅₀ 值大于 100 mg/L; 对大型溞 48 h-EC₅₀ 值为 1.48 mg/L; 对羊角月芽藻 72 h-EyC₅₀ 值为 8.74 mg/L, 72 h-ErC₅₀ 值为 29.2 mg/L; 对意大利工蜂急性经口 96 h-LD₅₀ 值为 31.3 μg/蜂, 急性接触 96 h-LD₅₀ 值为 39.9 μg/蜂; 对家蚕 96 h-LC₅₀ 值大于 2.00×10³ mg/L。研究表明, 新奥霉素母药对斑马鱼、羊角月芽藻、蜜蜂、家蚕均为低毒, 对大型溞是中等毒性。

关键词: 新奥霉素; 非靶标生物; 急性毒性

中图分类号: TQ450.7

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2018)04-0535-05

Acute toxicity study of xinaomycin TK to five non-target organisms

SHEN Yan¹, SUN Ruyi², LI Lei¹, LI Peiming¹, ZHOU Fengyan¹,
GAO Tongchun¹, WANG Mei¹, ZHANG Yong^{*1}

(1. Institute of Plant Protection and Agro-Products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China;

2. Anhui Create Pesticide and Environment Evaluation Technology Co., Hefei 230031, China)

Abstract: The acute toxicities of xinaomycin TK to *Brachydanio rerio*, *Daphnia magna* Straus, *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Apis mellifera* L. and *Bombyx mori* were investigated. According to the results, the 96 h-LC₅₀ value of xinaomycin TK to *B. rerio* was higher than 100 mg/L. And the 48 h-EC₅₀ value of xinaomycin TK to *D. magna* was 1.48 mg/L. The 72 h-EyC₅₀ and the 72 h-ErC₅₀ value of xinaomycin TK to *P. subcapitata* were 8.74 mg/L and 29.2 mg/L, respectively. The 96 h-LD₅₀ value of xinaomycin TK to *A. mellifera* were 31.3 μg/bee by acute oral method and 39.9 μg/bee by acute contact method. The 96 h-LC₅₀ value of xinaomycin TK to *B. mori* was over 2.00×10³ mg/L. The acute toxicity test showed that xinaomycin TK is low risk to *B. rerio*, *D. magna*, *P. subcapitata*, *A. mellifera* and *B. mori* and it has medium toxicity to *D. magna*.

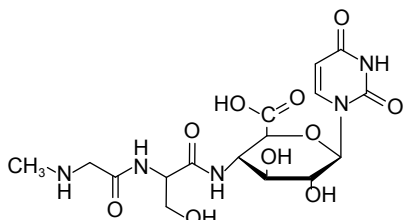
Keywords: xinaomycin; non-target organisms; acute toxicity

收稿日期: 2018-01-08; 录用日期: 2018-05-15.

基金项目: 安徽省农业科学院农药安全应用与评价科技创新团队 (15C1105).

作者简介: 沈艳, 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事农药环境毒理研究, E-mail: tianyou87@qq.com; *张勇, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 博士, 副研究员, 主要从事农药环境毒理研究, E-mail: 135419557@qq.com

新奥霉素(xinaomycin), 又称新奥昔肽, 是中国科学院成都生物研究所用遗传改良菌株“诺尔斯链霉菌 XiAo-3” (*Streptomyces noursei* XiAo-3) 发酵生产的新型尿嘧啶核苷肽类抗生素, 其分子式为 $C_{16}H_{23}N_5O_{10}$ ^[1], 结构式见图式 1。其母药呈淡褐色略粘稠状液体, 有效成分质量分数为 12.36%, 溶于水, 微溶于甲醇。



图式 1 新奥霉素的化学结构式

Scheme 1 Structural formula of xinaomycin

新奥霉素是一种新型光谱生物杀菌剂: 可诱导植物对病原菌产生免疫抗性, 对植物病害具有较好的防治效果^[2]; 对疫霉和小麦纹枯病菌等具有较强抑制作用^[3-4]。但有关其对环境中非靶标生物的毒性研究较少, 目前仅见有关其对日本鹌鹑安全性评价的研究报道^[5]。

鱼类、蜜蜂等是农田生态系统中常见的非靶标生物, 化学农药的使用可能会对此类生物造成死亡等危害^[6]。本研究参照《化学农药环境安全评价试验准则》, 开展了新奥霉素母药对斑马鱼、大型蚤、羊角月芽藻、蜜蜂和家蚕等 5 种非靶标生物的急性毒性试验, 并对其进行了初步的环境安全性评价, 以期为这种新型生物农药在农业生产中的合理使用以及发展推广提供相应的参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试药剂 12.36% 新奥霉素母药, 由安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所提供; 新奥霉素标准品, 纯度 21.5%, 由河南省济源白云实业有限公司提供。99.8% 重铬酸钾(优级纯), 由国药集团化学试剂有限公司提供。98% 乐果(dimethoate)原药, 由郑州南化化工有限公司提供。吐温-80, 由天津市福晨化学试剂厂提供。

1.1.2 供试生物 蓝色斑马鱼 *Brachydanio rerio*, 购自合肥市飞扬水族馆, 平均体重 0.3 g, 平均体长 2.0 cm, 健康无病, 在与试验相同条件下预养 10 d, 预养期间自然死亡率 0.6%, 试验前 24 h 停

止喂食。

大型蚤 *Daphnia magna* Straus, 选用实验室条件下孤雌繁殖 3 代以上、出生时间 6~24 h 的幼蚤供试。

羊角月芽藻 *Pseudokirchneriella subcapitata*, 购自中国科学院淡水藻种库, 无菌条件下转接于 BG11 培养液中, 在温度 (22 ± 2) °C、光照/黑暗时间比为 16 h/8 h, 光照度 4 000 lx 下培养, 连续转接 3 次以上, 使藻基本达到对数生长期。

蜜蜂为意大利工蜂 *Apis mellifera* L., 购于安徽先行养蜂厂, 于室外条件下人工饲养。蜜蜂收集于试验当天清晨, 试验时选择大小一致、活泼健康的成年工蜂作为试验用蜂。用于急性经口毒性试验的蜜蜂, 在试验前饥饿 2 h。

家蚕 *Bombyx mori*, 蚕卵购自山东省广通蚕种集团有限公司, 蚕卵品种为箐松 × 皓月, 购买时没有经过催青处理, 供试蚕为 2 龄起蚕。供试蚕活性良好, 身体健康, 体态大小一致, 起蚕时间一致。

1.1.3 主要仪器设备 智能人工气候箱, 宁波东南仪器有限公司; SK200Digital 光学显微镜, 麦克奥迪实业集团有限公司; MS3 涡旋振荡器, 德国 IKA 公司; 岛津 LC-20AT 高效液相色谱仪, 配二级管阵列检测器, 日本岛津公司。

1.2 试验方法

1.2.1 鱼类急性毒性试验 参照文献^[7]采用半静态法。将新奥霉素母药用曝气水溶解, 配制有效成分质量浓度为 100 mg/L 的试验药液。每缸 5 L 试验药液, 投入 10 条斑马鱼, 设置 3 个重复, 以不加药的曝气水为空白对照。每隔 24 h 更换一次药液。

1.2.2 蚤类急性活动抑制试验 参照文献^[8]并稍加调整, 采用半静态法。将新奥霉素母药用 ISO 标准稀释水溶解, 配制有效成分质量浓度分别为 0.800、1.184、1.752、2.593、3.838、5.681 和 8.407 mg/L 的药液。以不加药的 ISO 标准稀释水为空白对照。每 24 h 更换 1 次药液。

1.2.3 藻类生长抑制试验 参照文献^[9], 采用分光光度计法。分别于试验开始后第 24、48、72 小时取样, 用分光光度计测定各处理藻液在 650 nm 处的吸光度值。

1.2.4 水生物试验药液真实浓度测定 斑马鱼急性毒性试验及大型蚤急性活动抑制试验中每次更换供试药液前后分别留取药液样品; 藻类生长抑

制试验于试验开始后 0、72 h 时分别留取试验药液样品。取样后将样品避光、密封, 保存于 -20°C 冰箱, 待试验结束时检测药液浓度。

取混合均匀的水样加色谱纯甲醇溶液混匀后过 $0.22\ \mu\text{m}$ 有机相滤膜, 液相色谱检测。检测条件: Shim-pack C_{18} 色谱柱 ($4.6\ \text{mm} \times 150\ \text{mm}$, $5\ \mu\text{m}$); 流动相为 $V(0.05\% \text{ 乙酸水}) : V(0.05\% \text{ 乙酸-甲醇溶液}) = 50 : 50$; 检测波长 $260\ \text{nm}$; 柱温 40°C ; 流速 $0.8\ \text{mL/min}$; 进样量 $20\ \mu\text{L}$ 。

准确称取 $0.0465\ \text{g}$ 新奥霉素标准品, 用超纯水定容至 $10\ \text{mL}$, 得到有效成分质量浓度为 $1\ 000\ \text{mg/L}$ 的标准品溶液, 再用超纯水稀释制得 0.1 、 0.5 、 1.0 、 5.0 、 10.0 、 50.0 和 $75.0\ \text{mg/L}$ 系列标准溶液, 在上述仪器条件下进行检测, 以药液质量浓度为横坐标, 以相应的峰面积为纵坐标, 制作标准曲线。

1.2.5 蜜蜂急性毒性试验 蜜蜂急性经口毒性试验和蜜蜂急性接触毒性试验均参照文献[10]进行。

1.2.6 家蚕急性毒性试验 采用浸叶法^[11]。将新奥霉素母药用去离子水溶解, 配制成有效成分质量浓度为 $2.00 \times 10^3\ \text{mg/L}$ 的药液, 空白对照组和处理组各设置 6 个重复。

1.2.7 数据处理 用统计软件 SPSS 20.0 处理数

据, 得到新奥霉素母药对大型溞的 EC_{50} 值、对羊角月芽藻的 ErC_{50} 和 EyC_{50} 值、对意大利工蜂的 LD_{50} 值及其 95% 置信限, 并根据试验准则得出新奥霉素母药对鱼、溞、藻、蜜蜂和家蚕的毒性等级。

2 结果与分析

2.1 检测方法的可靠性分析

以新奥霉素标准溶液检测出相应的峰面积, 得到线性回归方程为 $y = 2\ 585.948x + 25.593$, $R^2 = 1$ 。在 $0.2 \sim 150.0\ \text{mg/L}$ 添加水平下, 新奥霉素的平均回收率为 $90\% \sim 102\%$, 相对标准偏差 (RSD) 为 $0.25\% \sim 6.5\%$, 最低检测浓度为 $0.2\ \text{mg/L}$, 最小检出量为 $2 \times 10^{-9}\ \text{g}$ 。新奥霉素标准品、母药和试验样品的典型色谱图见图 1 和图 2。

2.2 供试生物参比试验结果

结果表明: 重铬酸钾对斑马鱼 24 h- LC_{50} 值为 $245\ \text{mg/L}$; 对大型溞 24 h- EC_{50} 值为 $1.02\ \text{mg/L}$; 对羊角月芽藻生长抑制 72 h- EyC_{50} 值为 $8.30 \times 10^{-2}\ \text{mg/L}$, 72 h- ErC_{50} 值为 $0.241\ \text{mg/L}$ 。乐果对意大利工蜂急性经口 24 h- LD_{50} 值为 $0.127\ \mu\text{g/蜂}$, 急性接触 24 h- LD_{50} 值为 $0.159\ \mu\text{g/蜂}$; 对家蚕急性毒性 96 h- LC_{50} 值为 $2.07 \times 10^3\ \text{mg/L}$ 。所用生物试材的体质均符合试验准则的要求^[7-11]。

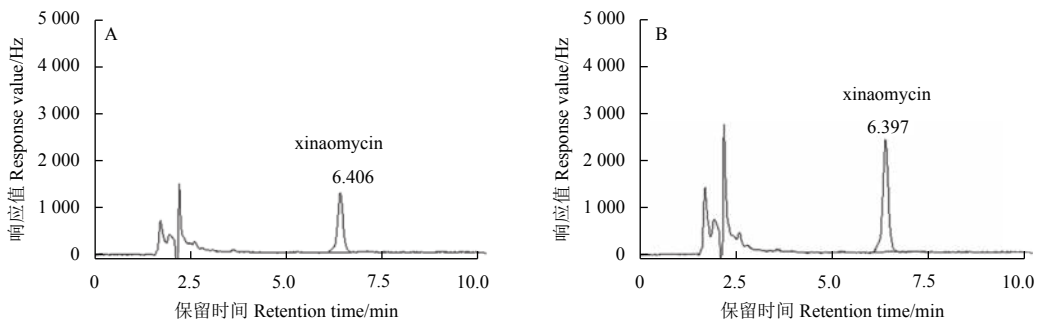


图 1 新奥霉素标准品 ($5\ \text{mg/L}$) (A) 和新奥霉素母药 ($10\ \text{mg/L}$) (B) 的典型色谱图

Fig. 1 Chromatograms of xinaomycin standard sample ($5\ \text{mg/L}$) (A) and xinaomycin TK ($10\ \text{mg/L}$) (B)

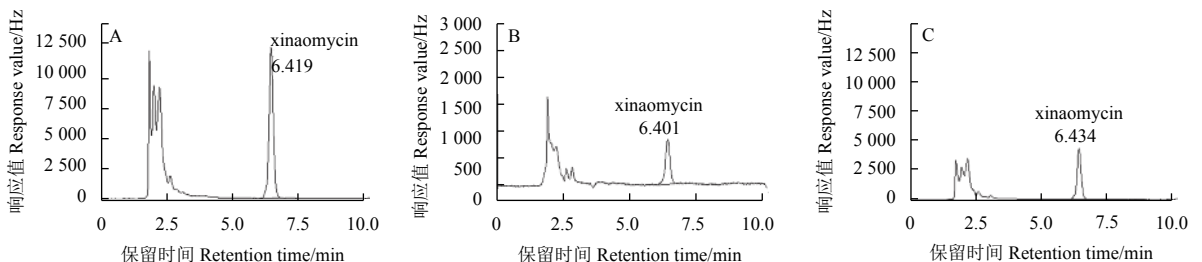


图 2 鱼急性毒性试验 (A)、溞急性活动抑制试验 (B) 和藻生长抑制试验 (C) 中新奥霉素样品的典型色谱图

Fig. 2 Chromatograms of xinaomycin in fish acute toxicity test (A), alga growth inhibition test (B) and *Daphnia* sp. acute immobilisation test (C)

2.3 新奥霉素母药对蓝色斑马鱼的急性毒性

结果表明: 96 h 后, 药剂处理组少数斑马鱼出现体色变深的中毒症状, 死亡数为 0。本研究中供试物药液 96 h 实测的质量浓度为 99.5 mg/L。根据准则^[7]农药对鱼 96 h-LC₅₀ 大于 10 mg/L 为低毒, 故可判断供试物对斑马鱼毒性为低毒。

2.4 新奥霉素母药对大型蚤急性活动的抑制作用

本研究结果表明, 试验期间对照组大型蚤没有受抑制及中毒现象。而处理组在给药 24 h 后, 各浓度组大型蚤的受抑制数呈梯度增长趋势, 并且伴有体色发白、被固于水面、游动打转等症状; 48 h 后少数大型蚤出现游动迟缓、被固于水面等主要症状。在更换供试药液前后分别留取水样测定含量, 以每次换水周期实测浓度的几何平均数作为实测浓度, 计算 EC₅₀ 值。药液的实测质量浓度分别为 0.609、0.892、1.30、1.67、2.25、2.98 和 5.84 mg/L, 计算得到新奥霉素母药对大型蚤的 48 h-EC₅₀ 值为 1.48 mg/L (表 1)。

表 1 新奥霉素母药对大型蚤急性活动抑制作用

Table 1 The acute immobilisation test results of xinaomycin TK to *D. magna*

时间 Time/h	回归方程 Regression equation	R ²	EC ₅₀ (mg/L)	95%置信限 95% Confidence limit/(mg/L)
24	$y = -0.875 + 2.06x$	0.947	2.67	2.06~3.87
48	$y = -0.455 + 2.66x$	0.925	1.48	1.19~1.82

根据农药对蚤类的毒性划分标准^[8], 新奥霉素母药对大型蚤的毒性等级为“中等毒性”。

2.5 新奥霉素对羊角月芽藻的生长抑制作用

于染毒后 72 h 用光学显微镜观察藻细胞的生长情况, 最低浓度组藻细胞颜色呈绿色, 大部分呈饱满月牙状, 少数呈细丝月牙状; 最高浓度藻细胞颜色微绿, 细胞小, 有的出现分解粘连等症状。不同时间取样测定药液的质量浓度, 发现 0 h 时其分别为 3.07、5.37、10.3、19.5、36.0、65.6、119 mg/L; 72 h 时样品中未检出新奥霉素。因此以 0 h 的实测浓度来计算 EyC₅₀ 及 ErC₅₀ 值。结果表明, 新奥霉素母药对羊角月芽藻的 72 h-EyC₅₀ 值为 8.74 mg/L; 72 h-ErC₅₀ 值为 29.2 mg/L (表 2 和表 3)。

根据农药对藻类的毒性划分标准^[9], 新奥霉素母药对羊角月芽藻的毒性等级为“低毒”。

2.6 新奥霉素母药对意大利工蜂的急性毒性

2.6.1 蜜蜂急性经口毒性 试验 4 h 后, 各浓度组

表 2 新奥霉素母药对羊角月芽藻生物量增长的抑制作用

Table 2 The inhibition test of xinaomycin TK to biomass growth of *P. subcapitata*

时间 Time/h	回归方程 Regression equation	R ²	EyC ₅₀ (mg/L)	95%置信限 95% Confidence limit/(mg/L)
24	$y = -2.52 + 2.31x$	0.986	12.3	10.9~13.9
48	$y = -1.43 + 1.42x$	0.985	10.2	8.38~12.1
72	$y = -1.42 + 1.51x$	0.999	8.74	7.23~10.4

表 3 新奥霉素母药对羊角月芽藻生长率的抑制作用

Table 3 The inhibition test of xinaomycin TK to growth rate of *P. subcapitata*

时间 Time/h	回归方程 Regression equation	R ²	ErC ₅₀ (mg/L)	95%置信限 95% Confidence limit/(mg/L)
24	$y = -2.95 + 2.24x$	0.989	20.7	18.3~23.3
48	$y = -2.01 + 1.35x$	0.980	31.1	26.1~37.7
72	$y = -2.07 + 1.41x$	0.993	29.2	24.7~35.1

药液均被食用完全。根据各处理组药液质量浓度计算出蜜蜂实际取食药量为: 21.0、26.3、32.8、41.0、51.3、64.1 和 80.1 μg/蜂。试验期间空白对照组蜜蜂没有中毒和死亡现象。供试蜜蜂经口给药 24 h 后, 各浓度组蜜蜂没有死亡; 48 h 后, 蜜蜂有少量死亡, 且死亡数不呈梯度, 但是存活蜜蜂大多有抽搐、站立不稳等中毒现象; 96 h 后, 低浓度组存活蜜蜂没有明显中毒症状, 高浓度组蜜蜂则全部死亡。根据蜜蜂实际取食药量和 96 h 的死亡率计算得到 96 h-LD₅₀ 值为 31.3 μg/蜂 (表 4)。

2.6.2 蜜蜂急性接触毒性 试验期间空白对照组和溶剂对照组均没有中毒和死亡现象。供试蜜蜂点滴接触给药 24 h 后, 各浓度组蜜蜂几乎没有死亡; 48 h 后, 各浓度组蜜蜂有不同程度死亡, 存活蜜蜂大多出现移动缓慢、静止趴着不动、站立不稳等中毒现象, 死亡数量成阶梯分布; 96 h 后, 低浓度组蜜蜂死亡数量没有变化, 高浓度组蜜蜂则全部死亡。根据 96 h 后的死亡结果计算得到 96 h-LD₅₀ 值为 39.9 μg/蜂 (表 4)。

根据农药对蜜蜂的毒性划分标准^[10], 新奥霉素母药对意大利工蜂的急性经口毒性和急性接触毒性等级均为“低毒”。

2.7 新奥霉素母药对家蚕的急性毒性

试验期间空白对照组家蚕死亡 7 头, 死亡率为 5.83%, 没有中毒现象; 处理组家蚕死亡 6 头, 死亡率为 5.00%。处理组家蚕经浸渍桑叶给药 24 h

表 4 新奥霉素母药对意大利工蜂的急性毒性试验结果

Table 4 The acute toxicity test results of xinaomycin TK to *A. mellifera*

项目 Item	时间 Time/h	回归方程 Regression equation	R^2	LD ₅₀ /(μ g/bee)	95%置信限 95% Confidence limit/(μ g/bee)
急性经口毒性试验 Acute oral toxicity test	24	/	/	/	/
	48	/	/	/	/
	72	$y = -3.15 + 1.77x$	0.946	60.3	52.4~73.8
	96	$y = -6.66 + 4.45x$	0.988	31.3	29.4~33.2
急性接触毒性试验 Acute contact toxicity test	24	/	/	/	/
	48	$y = -4.04 + 1.85x$	0.958	154	125~210
	72	$y = -5.58 + 3.07x$	0.971	65.5	60.6~71.2
	96	$y = -7.01 + 4.38x$	0.951	39.9	33.4~46.6

后, 和对照组相比没有明显变化; 48 h 后处理组家蚕略有昂头现象, 少量家蚕出现吐液和假死现象; 96 h 后, 处理组家蚕有拒食现象, 且部分家蚕还出现晃头、扭曲挣扎、假死现象。新奥霉素母药对家蚕 96 h-LC₅₀ > 2.00 × 10³ mg/L。根据试验准则^[4]中农药对家蚕的毒性划分标准, 96 h-LC₅₀ 大于 200 mg/L 为低毒, 故 12.36% 新奥霉素母药对家蚕急性毒性等级为“低毒”。

3 结论

本研究测定了新奥霉素母药对 5 种非靶标生物的急性毒性。结果显示, 新奥霉素对斑马鱼、羊角月芽藻、蜜蜂和家蚕均为低毒, 对大型溞为中毒。新奥霉素作为一种新型生物杀菌剂, 在预防和防治效果上以及病害抗药性问题上都有很大的优势, 且对非靶标生物较安全, 具有很好的应用前景。

参考文献 (Reference):

- [1] 冯振群, 卢清. 新型生物杀菌剂新奥霉素防治烟草花叶病毒病的田间药效[J]. 现代农药, 2011, 10(4): 50-52.
FENG Z Q, LU Q. Field efficacy of new bio-fungicide xinaomycin on tobacco mosaic virus[J]. Mod Agrochem, 2011, 10(4): 50-52.
- [2] 李芳功, 冯振群. 新奥苷肽对小麦赤霉病的田间防效及增产作用评价[J]. 农药科学与管理, 2015, 36(7): 58-60.
LI F G, FENG Z Q. Study on field efficacy and yield of xinaomycin against wheat scab[J]. Pestic Sci Admin, 2015, 36(7): 58-60.
- [3] 崔林开, 刘精精, 王树和, 等. 新型生物杀菌剂新奥霉素对七种蔬菜病原菌的室内毒力测定[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(22): 5596-5598.
CUI L K, LIU J J, WANG S H, et al. Toxicity test of a new bio fungicide xinaomycin to seven vegetable pathogens in laboratory[J]. Hubei Agric Sci, 2015, 54(22): 5596-5598.
- [4] 顾广杰, 崔林开, 王树和, 等. 新奥霉素对 7 种植物病原菌真菌的室

内毒力测定[J]. 农药, 2013, 52(4): 293-294.

GU G J, CUI L K, WANG S H, et al. Toxicity test of xinaomycin to seven plant pathogenic fungi in laboratory[J]. Agrochemicals, 2013, 52(4): 293-294.

- [5] 李沛明, 陈志军, 何星宇, 等. 新奥苷肽母药对日本鹌鹑的安全性评价[J]. 农药, 2017, 56(8): 590-592.
LI P M, CHEN Z J, HE X Y, et al. Safety evaluation of xinaomycin on *Coturnix japonica*[J]. Agrochemicals, 2017, 56(8): 590-592.
- [6] HANAZATO T. Pesticide effects on freshwater zooplankton: an ecological perspective[J]. Environ Pollut, 2001, 112(1): 1-10.
- [7] 化学农药环境安全评价试验准则第 12 部分: 鱼类急性毒性试验: GB/T 31270.12—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
Test guidelines on environmental safety assessment for chemical pesticides. Part 12: Fish acute toxicity test: GB/T 31270.12—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [8] 化学农药环境安全评价试验准则 第 13 部分: 溞类急性活动抑制试验: GB/T 31270.13—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
Test guidelines on environmental safety assessment for chemical pesticides. Part 13: *Daphnia* sp. acute immobilisation test: GB/T 31270.13—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [9] 化学农药环境安全评价试验准则 第 14 部分: 藻类生长抑制试验: GB/T 31270.14—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
Test guidelines on environmental safety assessment for chemical pesticides. Part 14: Alga growth inhibition test: GB/T 31270.14—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [10] 化学农药环境安全评价试验准则 第 10 部分: 蜜蜂急性毒性试验: GB/T 31270.10—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
Test guidelines on environmental safety assessment for chemical pesticides. Part 10: Honeybee acute toxicity test: GB/T 31270.10—2014 [S]. Beijing: Standard Press of China, 2015.
- [11] 化学农药环境安全评价试验准则 第 11 部分: 家蚕急性毒性试验: GB/T 31270.11—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
Test guidelines on environmental safety assessment for chemical pesticides. Part 11: Silkworm acute toxicity test: GB/T 31270.11—2014[S]. Beijing: Standard Press of China, 2015.

(责任编辑: 金淑惠)