

斑蝥素对 11 种害虫的杀虫活性

刘瑞瑞^a, 马 燕^a, 马志卿^b, 张雅林^a

(西北农林科技大学 ^a 植保资源与病虫害治理教育部重点实验室, ^b 无公害农药服务中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】明确天然产物斑蝥素的杀虫谱和作用方式。【方法】采用不同生测方法,测定斑蝥素及 1.0% 斑蝥素乳油对 11 种害虫的室内毒力,观察了家蝇成虫的中毒症状。【结果】斑蝥素对家蝇成虫具有一定的胃毒作用,其 48,72 h 的胃毒 LC_{50} 分别为 781.90,397.23 mg/L,无触杀、熏蒸作用,其中胃毒作用较缓慢,处理约 18 h 后才表现出明显的中毒症状;对玉米象成虫的 48 h 胃毒 LC_{50} 和触杀 LD_{50} 分别为 373.17 mg/L 和 0.36 μ g/虫,无熏蒸活性;对大叶黄杨斑蛾 4 龄幼虫的 24,48 h 触杀 LD_{50} 分别为 0.084,0.049 μ g/虫;1.0%斑蝥素乳油对烟蚜、菊姬长管蚜、桃粉蚜、萝卜蚜和月季长管蚜 5 种蚜虫无翅成蚜的 12 h 触杀 LC_{50} 分别为 19.52,15.84,16.63,25.94,26.20 mg/L;1.0%斑蝥素乳油对朱砂叶螨、麦圆蜘蛛和山楂叶螨成螨的 12 h 触杀 LC_{50} 分别为 8.26,13.38,8.46 mg/L。【结论】斑蝥素对多种害虫均具有不同程度的毒杀作用,其主要作用方式为触杀和胃毒。

【关键词】 斑蝥素;杀虫活性;作用方式;杀虫谱

【中图分类号】 S482.3

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)11-0181-05

Bioactivity of cantharidin against eleven pests

LIU Rui-rui^a, MA Yan^a, MA Zhi-qing^b, ZHANG Ya-lin^a

(^a Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management, Ministry of Education, ^b Research and Development Center of Biorational Pesticide, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The study was done in order to ascertain the further insecticidal spectra and mode of action of the natural product, cantharidin. 【Method】 Bioactivity of cantharidin was tested against eleven pests by different laboratory bioassay methods, and the toxic symptom of adult housefly was observed. 【Result】 Cantharidin had certain stomach action against housefly adults, but it had no contact or fumiganting action. Its LC_{50} values of stomach toxicity to the housefly adults were 781.90 mg/L (48 h) and 397.23 mg/L (72 h), and the stomach toxicity of cantharidin on adult housefly was slow, because the housefly did not show toxic symptom until 18 h after treatment. Its LC_{50} value of stomach toxicity and LD_{50} value of contact toxicity against adult corn weevils after 48 h were 373.17 mg/L and 0.36 μ g/insect, respectively. Its LD_{50} values of contact toxicity against fourth-instar larvae of *Pryeria sinica* M were 0.084 μ g/insect (24 h) and 0.049 μ g/insect (48 h). The LC_{50} values for contact toxicity of 1.0% cantharidin EC to *Myzus persicae*, *Macrosiphoniella sanborni*, *Hyaloptera amygdali*, *Lipaphis erysimi* and *Macrosiphum rosae* after 12 h were 19.52, 15.84, 16.63, 25.94 and 26.20 mg/L, respectively. The LC_{50} values for contact toxicity of 1.0% cantharidin EC to *Tetranychus cinnabarinus*, *Pentaleus major* and *Tetranychus viennensis* after 12 h were 8.26, 13.38 and 8.46 mg/L, respectively. 【Conclusion】 It is clear from the mentioned facts above that the cantharidin has insecticidal effect on different kinds of pests to different degrees, and its main

* [收稿日期] 2010-03-19

[基金项目] 陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项(2007ZDKG-14);陕西省科学技术研究发展计划项目(农业攻关)(2007K01-17);国家公益性行业(农业)科研专项(200903052)

[作者简介] 刘瑞瑞(1983—),女,河南滑县人,在读硕士,主要从事昆虫资源利用研究。E-mail:liu830913ruirui@yahoo.cn

[通信作者] 张雅林(1959—),男,陕西商州人,教授,博士,博士生导师,主要从事系统昆虫学和植保资源利用研究。E-mail:yalinzh@yahoo.com.cn

mode of action is contact as well as stomach toxicity.

Key words: cantharidin; insecticidal activity; mode of action; insecticidal spectrum

随着可持续植物保护理念的形,从天然产物中寻找具有杀虫活性的物质,开发安全、高效、低毒、低残留的农药已成为新农药研制的热点。斑蝥素(cantharidin, $C_{10}H_{12}O_4$)是一种单萜类物质,主要存在于鞘翅目(Coleoptera)芫菁科(Meloidae)昆虫的生殖腺、血淋巴和内脏中^[1]。很久以来,斑蝥素主要作为抗癌药物被开发和利用。但 1992 年, Frenzel 等^[2]首次报道了斑蝥素对双翅目的蠓科(Ceratopogonidae)、花蝇科(Anthomyiidae)等昆虫具有诱集作用;1993 年, Carrel 等^[3]发现,斑蝥素能使蚂蚁等产生明显的拒食作用。此后,斑蝥素对害虫的生物活性逐渐引起了人们的重视。自 1998 年以来,西北农林科技大学昆虫研究所对斑蝥素的杀虫活性、作用机理及其环境毒理等进行了较为系统的研究,发现斑蝥素对小菜蛾(*Plutella xylostella*)、粘虫(*Mythimna separata*)等鳞翅目害虫具有较强的胃毒、拒食及触杀作用,可引起粘虫、小菜蛾幼虫中肠组织病变,抑制粘虫谷氨酸脱氢酶等酶系的活性^[4-6],与部分常用杀虫剂混配具有显著的增效作用^[7];另外还评价了斑蝥素和 1.0%斑蝥素乳油对部分非靶标生物的安全性,发现其对鹌鹑、瓢虫、蚯蚓及土壤微生物均为低毒^[8-9]。

作为一种新型天然产物杀虫剂,斑蝥素的作用方式和杀虫谱目前尚不太明确。为进一步评价该化合物的杀虫作用和应用范围,本研究采用多种生测方法,测定了斑蝥素对玉米象(*Sitophilus zeamais*)成虫、家蝇(*Musca domestica*)成虫、大叶黄杨斑蛾(*Pryeria sinica*)幼虫、5 种蚜虫和 3 种螨类等 11 种重要害虫的室内毒力,并观察了家蝇成虫的中毒症状,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试药剂及昆虫

斑蝥素:从大斑芫菁(*Mylabris phalerata*)中提取所得,纯度大于 98%;1.0%斑蝥素乳油:本实验室自制。

家蝇(*Musca domestica*):在温度(25 ± 2)℃、相对湿度(RH)75%~80%、L/D=14 h/10 h 条件下,室内饲养的敏感品系。选择羽化后 3~5 d 整齐一致的健康家蝇成虫供试。

玉米象(*Sitophilus zeamais*):在温度(25 ± 1)

℃、相对湿度(RH)45%~50%、照度 0 级的恒温箱中饲养的敏感品系,挑选大小一致的成虫供试。以上药剂及试虫均由西北农林科技大学昆虫博物馆提供。

大叶黄杨斑蛾(*Pryeria sinica*):采自西北农林科技大学校园内未施药的大叶黄杨,在室内饲养 1 周后挑选大小一致的 4 龄幼虫供试。

萝卜蚜(*Lipaphis erysimi*)、菊姬长管蚜(*Macrosiphoniella sanborni*):分别采自西北农林科技大学无公害农药研究服务中心养虫室的甘蓝叶和菊花叶;烟蚜(*Myzus persicae*)、月季长管蚜(*Macrosiphum rosae*):分别采自西北农林科技大学昆虫博物馆温室的烟草和月季上;桃粉蚜(*Hyaloptera amygdali*):采自西北农林科技大学校园内未施药的碧桃树。上述 5 种蚜虫均挑选大小一致的无翅成蚜供试。

朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)、麦圆蜘蛛(*Pentaleus major*)、山楂叶螨(*Tetranychus viennensis*):分别采自西北农林科技大学无公害农药研究服务中心未施药的紫色酢浆草、小麦田和苹果树。均挑选发育整齐的健康成螨供试。

1.2 试验方法

1.2.1 胃毒活性的测定 采用饲料混毒法^[10],测定斑蝥素对家蝇和玉米象的胃毒活性,并略作改进。

家蝇:将斑蝥素纯品用丙酮溶解后,再用 200 g/L 蔗糖溶液稀释成不同质量浓度(丙酮体积分数为 12.3%)的药液;将脱脂棉饼在不同质量浓度药液中浸湿后放入养虫笼中,每笼释放饥饿 8 h 的家蝇 25 头,以含体积分数 12.3%丙酮的蔗糖溶液为对照,每处理重复 3 次;分别于处理后 48,72 h 统计试虫死亡数。

玉米象:用丙酮将斑蝥素纯品配成 5 个不同质量浓度;将一定量干燥小麦粒置于各质量浓度药液中拌匀,晾干后放入带有纱网的养虫盒中,每盒接入饥饿 6 h 的玉米象 30 头,对照拌等量丙酮,每浓度重复 3 次;分别于处理后 48 h 统计试虫死亡数。

1.2.2 触杀活性的测定 采用微量点滴法^[11],测定斑蝥素对家蝇、玉米象和大叶黄杨斑蛾幼虫的触杀活性。用丙酮将斑蝥素纯品稀释成一定质量浓度,用微量点滴器点滴处理试虫,点滴家蝇时需将冰箱中将其冻晕,对照点等量丙酮。每浓度 3 个重复,

每重复 25 头试虫(家蝇以点药后能苏醒且可以正常飞行的计数)。分别于处理后 24,48 h 统计试虫死亡数。

采用浸渍法^[12],测定 1.0%斑蝥素乳油对蚜虫的触杀活性。用清水将 1.0%斑蝥素乳油配成 5 个质量浓度,将带有蚜虫的叶片在各质量浓度药液中浸 5 s 取出,晾干后放入内垫湿滤纸的培养皿中(直径 7.5 cm),对照浸清水。每质量浓度 3 个重复,每重复 45~55 头试虫。于处理后 12 h 在镜下检查总虫数和死亡虫数。

参照 FAO 推荐的玻片浸渍法^[13],测定 1.0%斑蝥素乳油对螨类的触杀活性,并稍作改进。将双面胶粘贴在载玻片一端,用毛笔挑取大小一致、颜色鲜艳的活泼成螨,将其背部粘在双面胶带上,腹部朝上,不粘螨的足、口器和须肢,保证其足和触角可以自由活动,每片粘 30 头。粘完后在双目解剖镜下检查,剔除不活动、受伤和粘贴不合格的螨。将供试螨类分别浸入 5 个不同质量浓度斑蝥素药液中,3 s 后取出,晾干,用丙酮作对照。每质量浓度 3 个重复。于处理后 12 h 在镜下检查总螨数和死亡螨数。

1.2.3 熏蒸活性的测定 采用三角瓶密闭法^[11],测定斑蝥素对家蝇成虫的熏蒸活性。用丙酮将斑蝥

素纯品分别配成 1 000,2 000,4 000 mg/L 3 个质量浓度,在 150 mL 三角瓶瓶口的橡皮塞上悬挂滴有 0.5 mL 药液的 1 cm×2 cm 滤纸条,每瓶内接入试虫。每质量浓度 3 个重复,每重复 25 头家蝇。分别于处理后 24,48,72 h 统计试虫死亡数。

1.2.4 致毒症状观察 致毒以胃毒 LC₇₅ 的剂量(1 000 mg/L 斑蝥素蔗糖药液)处理家蝇 4 日龄成虫,观察并记录试虫的中毒症状。

1.3 数据分析

试验数据用软件 SPSS 13.0 进行统计分析。以几率值分析法求毒力回归方程、LC₅₀、LD₅₀、 χ^2 及 95%置信限。

2 结果与分析

2.1 胃毒活性

采用饲料混毒法,测定了斑蝥素对家蝇成虫和玉米象成虫的胃毒毒力,结果见表 1。表 1 表明,斑蝥素对家蝇和玉米象均具有一定的胃毒作用。其对家蝇成虫的 48 和 72 h 胃毒 LC₅₀ 分别为 781.90,397.23 mg/L;对玉米象成虫的 48 h 胃毒 LC₅₀ 为 373.17 mg/L。可见,斑蝥素对玉米象的胃毒活性高于家蝇。

表 1 斑蝥素对 2 种害虫的胃毒毒力

Table 1 Stomach activity of cantharidin against three pests

供试害虫 Tested pest	处理时间/h Treated time	毒力回归方程 LC-P equation	χ^2	LC ₅₀ / (mg·L ⁻¹)	相关系数 r	95%置信限/ (mg·L ⁻¹) 95% fiducial limit
家蝇	48	Y=-1.81+2.36X	0.55	781.90	0.99	687.51~889.26
<i>Musca domestica</i>	72	Y=-0.99+2.30X	1.39	397.23	0.98	304.87~517.55
玉米象 <i>Sitophilus zeamai</i>	48	Y=1.41+1.40X	0.15	373.17	0.99	236.93~587.74

2.2 触杀活性

2.2.1 斑蝥素对 2 种害虫的触杀毒力 采用微量点滴法,测定了斑蝥素对家蝇、玉米象和大叶黄杨斑蛾幼虫的触杀毒力。以最高质量浓度(4 000 mg/L)斑蝥素点滴处理家蝇,72 h 后最高校正死亡率仅为 16%,可见斑蝥素对家蝇无明显的触杀作用。斑蝥

素对玉米象和大叶黄杨斑蛾的触杀毒力测定结果见表 2。表 2 表明,斑蝥素对玉米象和大叶黄杨斑蛾幼虫均具有一定的触杀作用,其对玉米象的 48 h 触杀 LD₅₀ 为 0.360 μ g/虫,对大叶黄杨斑蛾 4 龄幼虫的 24 和 48 h 触杀 LD₅₀ 分别为 0.084,0.049 μ g/虫。

表 2 斑蝥素对 2 种害虫的触杀毒力

Table 2 Contact activity of cantharidin against two pests

供试害虫 Tested pest	处理时间/h Treated time	毒力回归方程 LC-P equation	χ^2	LD ₅₀ / (μ g·虫 ⁻¹)	相关系数 r	95%置信限/ (μ g·虫 ⁻¹) 95% fiducial limit
大叶黄杨斑蛾	24	Y=6.30+1.21X	1.42	0.084	0.99	0.056~0.130
<i>Pryeria sinica</i>	48	Y=6.86+1.42X	1.06	0.049	0.99	0.031~0.076
玉米象 <i>Sitophilus zeamais</i>	48	Y=5.66+1.50X	3.60	0.360	0.99	0.230~0.560

2.2.2 1.0%斑蝥素乳油对 5 种蚜虫的触杀毒力 采用浸渍法,测定了 1.0%斑蝥素乳油对 5 种蚜虫的触杀毒力,结果见表 3。表 3 表明,1.0%斑蝥素

乳油对供试的 5 种蚜虫均具有明显的触杀作用,其对烟蚜、菊姬长管蚜、桃粉蚜、萝卜蚜、月季长管蚜的 12 h 触杀 LC₅₀ 分别为 19.52,15.84,16.63,25.94,

26.20 mg/L,可见菊姬长管蚜对斑蝥素最敏感。

表 3 1.0%斑蝥素乳油对 5 种蚜虫的触杀毒力(12 h)

供试蚜虫 Tested aphid	毒力回归方程 LC-P equation	χ^2	LC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	相关系数 <i>r</i>	95%置信限/ (mg · L ⁻¹) 95% fiducial limit
烟蚜 <i>Myzus persicae</i>	Y=1.81+2.47X	5.31	19.52	0.98	17.64~21.60
萝卜蚜 <i>Lipaphis erysimi</i>	Y=2.64+1.67X	5.32	25.94	0.98	22.11~30.43
桃粉蚜 <i>Hyaloptera amygdali</i>	Y=0.25+3.89X	5.14	16.63	0.98	15.43~17.91
月季长管蚜 <i>Macrosiphum rosowomm</i>	Y=2.48+1.77X	1.91	26.20	0.99	22.30~30.80
菊姬长管蚜 <i>Macrosiphoniella sanborni</i>	Y=1.86+2.61X	4.23	15.84	0.99	14.30~17.55

2.2.3 1.0%斑蝥素乳油对 3 种螨类的触杀毒力
参照 FAO 推荐的玻片浸渍法,测定了 1.0%斑蝥素乳油对 3 种螨类的触杀毒力,结果见表 4。表 4 表明,1.0%斑蝥素乳油对供试的 3 种螨类均表现出较

强的触杀作用,其对朱砂叶螨、麦圆蜘蛛和山楂叶螨的 12 h 触杀 LC₅₀ 分别为 8.26、13.38、8.46 mg/L,可见朱砂叶螨和山楂叶螨对斑蝥素相当敏感。

表 4 1.0%斑蝥素乳油对 3 种螨类的触杀毒力(12 h)

供试螨类 Tested mite	毒力回归方程 LC-P equation	χ^2	LC ₅₀ / (mg · L ⁻¹)	相关系数 <i>r</i>	95%置信限/ (mg · L ⁻¹) 95% fiducial limit
朱砂叶螨 <i>Tetranychus cinnabarinus</i>	Y=3.49+1.65X	5.79	8.26	0.97	6.76~10.10
麦圆蜘蛛 <i>Penthaleus major</i>	Y=3.43+1.39X	4.00	13.38	0.98	10.51~17.02
山楂叶螨 <i>Tetranychus viennensis</i>	Y=3.55+1.56X	6.39	8.46	0.97	6.83~10.46

2.3 熏蒸活性

斑蝥素对家蝇成虫的熏蒸毒力试验结果表明,家蝇在供试的 1 000、2 000、4 000 mg/L 斑蝥素处理 72 h 后均无死亡现象,可见斑蝥素对家蝇无熏蒸作用。

2.4 致毒症状

用 1 000 mg/L 斑蝥素蔗糖药液饲喂家蝇成虫,约 18 h 后家蝇基本停止取食,表现出明显的中毒症状,先是躁动不安、兴奋、四处快速爬动,在笼内急剧起飞降落;此症状持续约 30 min 后,试虫逐渐表现间歇性痉挛;仰卧在笼底,足不停地弹动,并不断地站立、摔倒;或急速振翅,因飞不起来而在原地打转;20 h 后逐渐趋于平静,个别试虫瘫痪,处于半昏迷状态;20~24 h 个别敏感个体死亡,试虫死亡时间多集中在 32~36 h,与对照相比,死亡试虫虫体明显变小,大量失水,腹部干缩。

3 讨论

3.1 斑蝥素的广谱性

从已有报道可知,斑蝥素对小菜蛾、粘虫、小地老虎、褐飞虱、白背飞虱、叉突竹飞虱、白足额根叶蝉等多种鳞翅目、同翅目害虫均具有良好的杀虫活性^[4,6,14]。本研究结果表明,斑蝥素对卫生害虫家蝇、仓储害虫玉米象、蔬菜害虫萝卜蚜以及危害园林植物的大叶黄杨斑蛾幼虫、菊姬长管蚜、月季长管

蚜、桃粉蚜等均表现出一定的毒杀作用,可见天然产物斑蝥素具一定广谱性,可防治多种害虫。有研究表明,防治害螨常用的优良杀螨剂哒螨灵,对朱砂叶螨和山楂叶螨的 24 h 触杀 LC₅₀ 分别为 6.39 和 5.82 mg/L,阿维菌素的 24 h 触杀 LC₅₀ 分别为 0.01 和 0.27 mg/L^[15-16],本研究中斑蝥素的 24 h 触杀 LC₅₀ 分别为 8.26 和 8.46 mg/L。由此推断,斑蝥素在将来的农药市场中,不但可开发为杀虫剂,而且还可开发为杀螨剂,具有一定的广谱性。

3.2 斑蝥素对害虫的主要作用方式

本研究结果表明,斑蝥素对玉米象、大叶黄杨斑蛾幼虫、菊姬长管蚜、月季长管蚜、桃粉蚜、烟蚜、萝卜蚜、山楂叶螨、麦圆蜘蛛和朱砂叶螨 10 种害虫均具有不同程度的触杀作用,且对家蝇、大叶黄杨斑蛾幼虫和玉米象表现出一定的胃毒活性。张志勇等^[4]在 1998 年曾报道,斑蝥素对菜蛾幼虫具有触杀、拒食和胃毒活性,无熏蒸和忌避作用;李晓飞等^[14]用斑蝥素以不同杀虫方式处理小地老虎、褐飞虱等,发现其对供试的 6 种害虫均具有触杀作用,对部分害虫具有胃毒活性,无内吸和熏蒸作用;魏列新等^[17]用 1.5%斑蝥素水剂处理粘虫,发现其对粘虫具有触杀、拒食活性,其 24 h 的触杀 LD₅₀ 值和拒食 EC₅₀ 值分别为 0.46 mg/kg 和 2.57 mg/L。可见,斑蝥素对害虫的主要作用方式为胃毒、拒食和触杀。

3.3 斑蝥素的杀虫作用

观察、分析试虫的中毒症状,对研究其作用机理具有重要意义。本试验观察到斑蝥素对家蝇的胃毒作用比较缓慢,处理家蝇约 18 h 后,其才表现出明显的兴奋、痉挛、瘫痪、昏迷、死亡等中毒症状,与对照相比,死亡试虫瘫软、大量失水、虫体变小。由此推测,斑蝥素很可能作用于家蝇的神经系统,导致神经传导受阻,继而引起肌肉系统及其他组织病变,表现出瘫软和试虫大量失水症状。但斑蝥素对蚜虫的毒杀作用相对较快,用斑蝥素处理后 6 h 左右蚜虫已逐渐开始死亡。另外,张雅林等^[6]发现,经斑蝥素处理后,粘虫和小菜蛾幼虫中肠组织发生明显病变,并推测其对试虫中肠细胞膜和内膜系统的破坏作用可能是斑蝥素的主要致毒机理之一。可见斑蝥素对昆虫的毒杀机理比较复杂,可能对昆虫的多个系统均具有明显的影响,对此尚需深入研究探讨。

[参考文献]

- [1] Dettner K, Bauer G, Volkl W. Inter and intraspecific transfer of toxic insect compound cantharidin [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 1997, 31: 203-205.
- [2] Frenzel M, Dettner K, Wirth D, et al. Cantharidin analogues and their attractancy for ceratopogonid flies (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. *Experientia*, 1992, 48(1): 106-111.
- [3] Carrel J E, Slagle A J, Cariel M H, et al. Cantharidin production in a blister beetle [J]. *Experientia*, 1993, 49(2): 171-174.
- [4] 张志勇,袁峰,张兴,等.斑蝥素对菜蛾的毒杀作用研究初报 [J]. *植物保护学报*, 1998, 25(2): 166-170.
Zhang Z Y, Yuan F, Zhang X, et al. The toxicity of cantharidin to diamondback moth (*Plutella xylostella*) [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1998, 25(2): 166-170. (in Chinese)
- [5] 张志勇,袁峰,张兴,等.斑蝥素对菜蛾消化酶及酯酶的影响 [J]. *植物保护学报*, 2000, 27(4): 355-358.
Zhang Z Y, Yuan F, Zhang X, et al. Effect of cantharidin on digestive enzymes and esterases of diamondback moth [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2000, 27(4): 355-358. (in Chinese)
- [6] 张雅林,周越,张志勇,等.斑蝥素对粘虫和小菜蛾幼虫中肠组织的影响 [J]. *昆虫学报*, 2003, 46(3): 272-276.
Zhang Y L, Zhou Y, Zhang Z Y, et al. Effect of cantharidin on the midgut of the orient armyworm (*Mythimna Separata* and diamondback moth (*Plutella xylostella*) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46(3): 272-276. (in Chinese)
- [7] 郑胜礼,张雅林,安粉霞,等.斑蝥素与几种杀虫剂混配的增效作用 [J]. *植物保护学报*, 2007, 34(1): 83-86.
Zheng S L, Zhang Y L, An F X, et al. The synergism of cantharidin mixture with some insecticides [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2007, 34(1): 83-86. (in Chinese)
- [8] 冯建雄,张雅林.1.0%斑蝥素乳油对重要非靶标生物的安全性

- 评价 [J]. *西北农业学报*, 2007, 16(5): 275-278.
Feng J X, Zhang Y L. Safety evaluation of 1.0% cantharidin EC to non-target organisms [J]. *Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica*, 2007, 16(5): 275-278. (in Chinese)
- [9] 崔丰莉,李鑫,张雅林,等.动物源农药斑蝥素对部分非靶标生物的安全性评价 [J]. *环境昆虫学报*, 2009, 31(2): 143-149.
Cui F L, Li X, Zhang Y L, et al. Safety evaluation of animal-origin pesticide cantharidin against some non-target organisms [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2009, 31(2): 143-149. (in Chinese)
 - [10] 吴文君.植物化学保护实验技术导论 [M].西安:陕西科学技术出版社,1988:72-77.
Wu W J. Experiment technology of plant chemical protection [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1988: 72-77. (in Chinese)
 - [11] 慕立义,吴文君,王开运.植物化学保护研究方法 [M].北京:中国农业出版社,1994:37-45.
Mu L Y, Wu W J, Wang K Y. Research method of plant chemical protection [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1994: 37-45. (in Chinese)
 - [12] 刘康云,丁秀丽,曹小弟,等.3种剂型吡虫啉制剂对小麦蚜虫的室内毒力测定 [J]. *农业科学与管理*, 2004, 25(10): 14-15.
Liu K Y, Ding X L, Cao X D, et al. The determination of toxicological effects of imidacloprid formulations [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2004, 25(10): 14-15. (in Chinese)
 - [13] FAO. Revised method for spider mites and their eggs (e. g. *Tetranychus* spp. and *Panonychus ulmi* koch) [J]. *FAO Plant Production and Protection*, 1980, 21: 49-54.
 - [14] 李晓飞,陈祥盛,侯晓晖,等.斑蝥素对 6 种害虫的毒杀作用 [J]. *贵州农业科学*, 2008, 36(3): 65-66.
Li X F, Chen X S, Hou X H, et al. The toxicity effect of cantharidin on six pests [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2008, 36(3): 65-66. (in Chinese)
 - [15] 谷希树,吴兵兵,徐维红,等.阿维菌素·哒螨灵 10.5%乳油对苹果树红蜘蛛的活性测定 [J]. *农药科学与管理*, 2008, 29(9): 28-30.
Gu X S, Wu B B, Xu W H, et al. Bioassay of Abamectin · Pyridaben 10.5% EC on Hawthorn spider mite [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2008, 29(9): 28-30. (in Chinese)
 - [16] 赵玉伟,周玉书,任健,等.二斑叶螨和朱砂叶螨对常用杀螨剂的敏感性比较 [J]. *农药*, 2006, 45(6): 418-419.
Zhao Y W, Zhou Y S, Ren J, et al. Comparing susceptibility of *Etranychus urticae* and *Tetranychus Cinnabarinus* to common miticides [J]. *Agrochemicals*, 2006, 45(6): 418-419. (in Chinese)
 - [17] 魏列新,梁巧兰,沈慧敏,等.1.5%斑蝥素 AS 对粘虫的生物活性 [J]. *农药*, 2007, 46(4): 272-273.
Wei L X, Liang Q L, Shen H M, et al. Bioactivity of 1.5% cantharidin aqueous solution on Armyworm [J]. *Agrochemicals*, 2007, 46(4): 272-273. (in Chinese)