

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2017.01.011

不同生物药剂对稻水象甲的毒力、拒食活性及防效分析

王小武^{1,2}, 丁新华¹, 吐尔逊·阿合买提¹, 付开赞¹, 何江¹, 付文君³, 郭文超^{4*}

¹新疆农业科学院植物保护研究所/农业部西北荒漠绿洲作物有害生物综合治理重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830091; ²石河子大学农学院, 新疆石河子 832003; ³伊犁州农业技术推广总站, 新疆伊宁 835000; ⁴新疆农业科学院微生物应用研究所, 新疆乌鲁木齐 830091

摘要:【目的】防治稻水象甲的现有常规化学药剂的大量施用所引发的环境问题越发突出,而其生物药剂单一,加之天敌匮乏,故开展符合绿色生产标准的低毒、低残留、无污染生物药剂的筛选已成为稻水象甲防治工作所面临的首要任务。【方法】以越冬代稻水象甲成虫为试虫,采用室内点滴、田间喷雾等方法,对5种符合绿色生产标准药剂的毒力、拒食活性、防效及药后取食量等指标进行了测定和综合评价。【结果】室内生测方面:72 h后对处理稻水象甲成虫的室内毒力显著;此外,对试验前后的取食斑面积进行比较,发现药后各药剂拒食活性差异显著,均表现出较好的拒食作用。田间药效方面:除0.6%苦参碱 AS 外,其他药剂对稻水象甲均表现出较好的防效,100 亿个孢子·mL⁻¹白僵菌 OD、1.5%除虫菊素 AS、7.5%鱼藤酮 EC 和 6%乙基多杀菌素 SC 这4种药剂 15 d 的田间防效为 51.24%~82.55%;3 d 后各处理组田间新增取食斑数、取食长度均显著低于对照组。【结论】在绿色水稻生产中,100 亿个孢子·mL⁻¹白僵菌 OD、1.5%除虫菊素 AS、7.5%鱼藤酮 EC 和 6%乙基多杀菌素 SC 均具有较好的推广价值,可用于稻水象甲的防治。

关键词: 稻水象甲; 生物药剂; 毒力测定; 拒食活性; 田间防治

Toxicity, antifeedant activity and control effect of different biological insecticides to *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel

WANG Xiaowu^{1,2}, DING Xinhua¹, TURSUN Ahmat¹, FU Kaiyun¹,
HE Jiang¹, FU Wenjun³, GUO Wenchao^{4*}

¹Research Institute of Plant Protection, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Intergraded Management of Harmful Crop Vermin of China North-western Oasis, Ministry of Agriculture, P.R.China, Urumqi, Xinjiang 830091, China;

²College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China; ³Agricultural Technology Extension Station of Yili County, Yining, Xinjiang 835000, China; ⁴Institute of Application of Microorganisms, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China

Abstract:【Aim】The environmental problems become more serious with the large amount of conventional chemical insecticides used to control *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (RWW), that harm natural enemies. We tested various "green production standard" insecticides which had low toxicity, low residues and no pollution.【Method】We used the overwintering generation of RWW to evaluate indicators of toxicity, antifeedant activity, control effect and feeding amount of selected insecticides that meet green production standard.【Result】In indoor bioassays, there was significant difference amount toxicity of different insecticides to adults. All tested insecticides showed good antifeedant activity. Under field conditions, only 0.6% Matrine AS was ineffective. Other insecticides showed better control effect: sprays of 10 billion spores·mL⁻¹ *Beauveria bassiana* OD, 1.5% Pyrethrins AS, 7.5% Rotenone EC and 6% Spinetoram SC were caused 51.24%~82.55% feeding damage reduction after 15 d. The number of new feeding spots and feeding length were significantly lower than control after 3 d.【Conclusion】Treatments with 10 billion spores·mL⁻¹ *B. bassiana* OD,

收稿日期(Received): 2016-09-02 接受日期(Accepted): 2016-10-16

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC1202100); 新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本科研业务费专项项目(KYGY2016084); 新疆维吾尔自治区重点研发计划项目(2016B01007-2); 中国科学院院地合作项目

作者简介: 王小武, 男, 硕士研究生。研究方向: 农业昆虫与害虫防治。E-mail: wxw303528@163.com

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: gwc1966@163.com

1.5% pyrethrins AS, 7.5% rotenone EC and 6% spinetoram AS can be effective means of RWW in the green rice production.

Key words: *Lissorhoptrus oryzophilus*; biological insecticides; toxicity text; antifeedant activity; field control

稻水象甲 *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel 是水稻上最具潜在毁灭性的害虫之一(邓根生等, 2005), 其越冬场所多且越冬死亡率低, 加之该虫具适生性强、为害时间长及寄主范围广等特性(何永福等, 2013), 故防治难度大。稻水象甲造成的产量损失一般为 20%~25%, 在美国、日本则分别高达 10%~30%、41%~67% (Saito *et al.*, 2005; Shang *et al.*, 2004); 在我国已成为仅次于稻飞虱的水稻第二大害虫(孙文鹏, 2006)。目前, 各国对稻水象甲的防控仍以化学防治为主, 美国自 20 世纪 70 年代末以来, 一直以呋喃丹颗粒剂作为主要防治药剂, 该药于 1995 年被禁后, 氟虫腈 (Stout *et al.*, 2000)、噻虫嗪 (Stout & Frey, 2007)、氯虫苯甲酰胺 (Stout & Frey, 2007) 成为主要替代药剂。上述药剂的广泛使用虽对稻水象甲起到较好的控制作用, 但也对非靶标生物, 尤其是无脊椎动物产生了一定的毒杀作用, 且引发的环境污染问题也越发突出 (Lee *et al.*, 2013)。在稻水象甲的生物防治方面, 国内外主要使用白僵菌 (狄雪源等, 2015; 蒋明星和商晗武, 2002; 王鹏等, 2016; 徐进等, 2015; Kim *et al.*, 2014)、绿僵菌 (陈祝安等, 2000; 紫一秋和陈祝安, 2000) 进行防治。生物药剂因对昆虫具有拒食、胃毒等作用, 及高效、低毒、易降解等特点 (杨阿丽等, 2015), 近年来在鳞翅目 (丁吉同等, 2013; 魏辉等, 2004; 徐红星等, 2002; 张业光和徐汉虹, 2000; 邹向菲, 2004)、少部分鞘翅目 (李小艳等, 2008) 和半翅目 (丁茜等, 2012) 等虫害防治方面得到了广泛的推广应用。但对于稻水象甲, 其生物防治药剂较单一, 再者稻水象甲专性寄生和捕食性天敌匮乏 (于凤泉等, 2003)。因此, 积极开展符合绿色生产标准的低毒、低残留、无污染生物药剂的筛选已成为稻水象甲防治工作所面临的首要任务。

稻水象甲取食稻叶后留下“1”形斑, 而取食斑的数量及长度往往可用来衡量或间接反映一定时间内某区域的虫量大小 (蔡雪涛等, 2007; 王小武等, 2016), 再者取食量取决于稻水象甲成虫的取食斑数量及长度, 故取食量对于稻水象甲的监测及田间调查具有一定指导意义。此外, 建立稻水象甲取食斑数与总长度的回归方程, 可用于确定稻水象甲

的防控阈值 (蔡雪涛等, 2007); 稻水象甲感染病菌后其拒食率较对照存在显著差异 (王鹏等, 2016; 徐进等, 2015)。

本文选取 5 种生物药剂, 进行稻水象甲的室内活性测定 (以下简称“生测”) 及田间药效试验, 并比较研究不同浓度药剂处理后稻水象甲的室内及田间取食危害情况, 为稻水象甲的绿色防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试药剂 6%乙基多杀菌素 SC (美国陶氏益农公司)、0.6%苦参碱 AS (内蒙古清源宝生物科技有限公司)、7.5%鱼藤酮 EC (内蒙古清源宝生物科技有限公司)、1.5%除虫菊素 AS (内蒙古清源宝生物科技有限公司)、100 亿个孢子·mL⁻¹球孢白僵菌可分散油悬浮剂 OD (山西省科谷生物农药有限公司)。

1.1.2 供试虫源 室内毒力测定供试虫源均于 2016 年 4 月 30 日—5 月 1 日采自新疆伊犁州察布查尔县良繁场一连有机水稻种植区 (E 80°9'42"—91°01'45", N 40°14'16"—49°10'45")。于 19:00—21:00 在有机水稻苗床以网捕法采集活跃的稻水象甲成虫, 装入 50 mL 大离心管中, 并采集若干秧苗 (确保采集前未施任何药剂), 带回实验室饲养 (温度 26 °C ± 1 °C、光周期 L : D = 14 : 10、相对湿度 75% ± 1%) 备用。

2012—2013 年, 每年 3—4 月和 10—11 月, 在葡萄园及其周围林带、杂草上扫网, 结合悬挂黄板监测, 并剪取葡萄枝条带回实验室镜检。

1.2 试验方法

1.2.1 室内毒力测定 基于预试验的初步结果, 采用点滴法对各生物药剂进行生测。将各供试药剂分别用蒸馏水配制成 5 个系列浓度 (6%乙基多杀菌素悬浮剂: 1200、600、300、150、75 mg·L⁻¹; 0.6%苦参碱水剂: 120、60、30、15、7.5 mg·L⁻¹; 7.5%鱼藤酮乳油: 400、200、100、50、25 mg·L⁻¹; 1.5%除虫菊素水乳剂: 20、10、5、2.5、1.25 mg·L⁻¹; 100 亿个孢子·mL⁻¹球孢白僵菌可分散油悬浮剂: 1×10⁷、1×10⁶、1×10⁵、1×10⁴、1×10³ 个孢子·mL⁻¹), 以蒸馏水作为空白对照。每个浓度处理成虫 20 头·皿⁻¹, 各处理重复 3 次, 共 60 头。

用微量进样器(0.5 μL)将药液点滴在虫体前胸背板,然后用镊子小心地将其放入内置保湿滤纸的培养皿(9 cm)中,皿内饲以4~5片长度4~6 cm的鲜嫩水稻秧苗叶片,将其置于人工物候箱(温度 $26\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、光周期L:D=14:10、相对湿度 $75\%\pm 1\%$),72 h后观察统计各处理死亡率,用毛笔尖轻触虫体,不动视为死亡。

1.2.2 稻水象甲拒食活性测定 将长度4~6 cm新鲜水稻叶片在上述稀释好的药液中浸渍1 s,以蒸馏水作对照。自然挥发30 min后,将其置于内置保湿滤纸的培养皿(9 cm)中,4~5片 \cdot 皿 $^{-1}$,皿内接入已饥饿6 h的稻水象甲成虫20头,将其置于人工物候箱(温度 $26\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、光周期L:D=14:10、相对湿度 $75\%\pm 1\%$)。各处理重复3次。72 h后用A2 35 cm \times 50 cm透明坐标纸测量稻水象甲取食斑面积,求出稻水象甲的拒食率。

1.2.3 田间药效试验 试验苗床选于察布查尔县水稻种植基地(E 80 $^{\circ}$ 9'42"-91 $^{\circ}$ 01'45",N 40 $^{\circ}$ 14'16"-49 $^{\circ}$ 10'45"),水稻品种:农林315,种植密度25~30穴 \cdot m $^{-2}$ 。本试验共设6个处理(含清水对照),每个小区面积50 m 2 ,重复3次,各小区随机区组排列,于2016年5月2日秧苗移栽前20 d对苗床进行一次性施药(电动喷雾器:永佳3Wbd-16B型;兑水量:15 kg \cdot 667m $^{-2}$)。各处理于药前1 d、药后1、3、7、15 d采用五点取样法统计单位面积内的稻水象甲虫口数、秧苗叶片的取食斑数及长度。具体调

查方法:各小区随机选取3个样点,每个样点1 m 2 ,在此基础上再采用五点取样法挖取5穴水稻植株,编号并分装入保鲜盒,带回实验室统计每穴水稻植株叶片上取食斑数量及长度(王小武等,2016)。

1.3 数据分析

为方便比较各药剂的致死中浓度 LC_{50} 、防效,本文统一各药剂量纲均为百分比浓度(100亿个孢子 \cdot mL $^{-1}$ 球孢白僵菌除外),关于球孢白僵菌对稻水象甲毒力,以徐进等(2013b)作参考,田间防效以王鹏等(2016)作参考。采用Microsoft office Excel 2010计算毒力回归方程、毒杀中浓度 LC_{50} (张志祥等,2002)、拒食回归方程、拒食中浓度 AFC_{50} (徐红星等,2002)及95%置信区间、相关系数等。用SPSS 20.0进行Tukey差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同药剂室内生测结果

2.1.1 5种药剂对稻水象甲成虫的毒力 5种药剂对稻水象甲的室内毒力存在显著性差异($p<0.01$):其中,1.5%除虫菊素AS对稻水象甲毒力最高,72 h LC_{50} 仅为5.122 mg \cdot L $^{-1}$;0.6%苦参碱AS对稻水象甲毒力次之, LC_{50} 为25.034 mg \cdot L $^{-1}$;6%乙基多杀菌素SC和7.5%鱼藤酮EC对稻水象甲毒力相对最低, LC_{50} 分别为194.107和112.394 mg \cdot L $^{-1}$;此外,100亿个孢子 \cdot mL $^{-1}$ 白僵菌对稻水象甲毒力较高, LC_{50} 为84381.520个孢子 \cdot mL $^{-1}$ (表1)。

表1 不同药剂对稻水象甲成虫的毒力(新疆伊犁,察布查尔县,2016年)

Table 1 Toxicity of different insecticides to adult of *L. oryzaophilus* in Qapqal County, Yili, Xinjiang, 2016

药剂 Insecticides	毒力回归方程 Toxic regression equation	LC_{50}	相关系数 Correlation index	95%置信区间 95% Ceconfidence level
6%乙基多杀菌素悬浮剂 6% Spinetoram SC	$y = -0.56847 + 2.43373x$	194.107 mg \cdot L $^{-1}$	0.98914	167.4309~225.0334 mg \cdot L $^{-1}$
0.6%苦参碱水剂 0.6% Matrine AS	$y = 2.53075 + 1.76561x$	25.034 mg \cdot L $^{-1}$	0.99507	22.4979~27.8548 mg \cdot L $^{-1}$
7.5%鱼藤酮乳油 7.5% Rotenone EC	$y = 0.54022 + 2.17471x$	112.394 mg \cdot L $^{-1}$	0.97408	100.1275~126.1638 mg \cdot L $^{-1}$
1.5%除虫菊素水乳剂 1.5% Pyrethrins AS	$y = 3.45771 + 2.17402x$	5.122 mg \cdot L $^{-1}$	0.98636	4.5915~5.7133 mg \cdot L $^{-1}$
100亿个孢子 \cdot mL $^{-1}$ 球孢白僵菌可分散油悬浮剂 10 billion spores <i>Beauveria bassiana</i> OD	$y = 0.85488 + 0.84144x$	84381.520个孢子 \cdot mL $^{-1}$	0.99668	55576.5400~128115.9000个孢子 \cdot mL $^{-1}$

2.1.2 不同药剂对稻水象甲的拒食作用 药后72 h各处理对稻水象甲成虫拒食作用显著($p<0.01$):其中,1.5%除虫菊素对稻水象甲拒食作用最强,72 h

AFC_{50} 仅为1.940 mg \cdot L $^{-1}$;0.6%苦参碱对稻水象甲拒食作用次之, AFC_{50} 为17.286 mg \cdot L $^{-1}$;7.5%鱼藤酮和6%乙基多杀菌素悬浮剂对稻水象甲拒食作用

相对较弱, AFC_{50} 分别为 37.961 和 146.296 $mg \cdot L^{-1}$; 用显著 ($p < 0.05$), AFC_{50} 为 11733.114 个孢子 $\cdot mL^{-1}$ 而 100 亿个孢子 $\cdot mL^{-1}$ 白僵菌对稻水象甲拒食作 (表 2)。

表 2 不同药剂对稻水象甲成虫拒食回归方程 (新疆伊犁, 察布查尔县, 2016 年)

Table 2 Antifeedant regression equation of different insecticides to adult of *L. oryzaophilus* in tests performed in Qapqal County, Yili, Xinjiang, 2016

药剂 Insecticides	拒食回归方程 Antifeedant regression equation	AFC_{50}	相关系数 Correlation index	95% 置信区间 95% Ceonfidence level
6% 乙基多杀菌素悬浮剂 6% Spinetoram SC	$y = 2.36136x - 0.11289$	146.296 $mg \cdot L^{-1}$	0.93277	136.9750 ~ 156.2522 $mg \cdot L^{-1}$
0.6% 苦参碱水剂 0.6% Matrine AS	$y = 1.39551x + 3.27277$	17.286 $mg \cdot L^{-1}$	0.97766	15.8984 ~ 18.7955 $mg \cdot L^{-1}$
7.5% 鱼藤酮乳油 7.5% Rotenone EC	$y = 2.49490x + 1.05972$	37.961 $mg \cdot L^{-1}$	0.99856	34.8464 ~ 41.3536 $mg \cdot L^{-1}$
1.5% 除虫菊素水乳剂 1.5% Pyrethrins AS	$y = 2.20822x + 4.36426$	1.940 $mg \cdot L^{-1}$	0.97156	1.7922 ~ 2.1009 $mg \cdot L^{-1}$
100 亿个孢子 $\cdot mL^{-1}$ 球孢白僵菌可分散油悬浮剂 10 billion spores <i>Beauveria bassiana</i> OD	$y = 0.46662x + 3.10112$	11733.114 个孢子 $\cdot mL^{-1}$	0.97195	9468.9804 ~ 14538.6271 个孢子 $\cdot mL^{-1}$

2.2 5 种药剂对稻水象甲的田间防效

田间公顷施药量基于室内毒力结果及药剂公顷建议用药量, 试验表明, 1.5% 除虫菊素对稻水象甲具有较好的防控作用, 6% 乙基多杀菌素和 7.5% 的鱼藤酮次之, 0.6% 苦参碱最差。施药后 1 d, 6% 乙基多杀菌素和 1.5% 除虫菊素防效均高于 50%, 0.6% 苦参碱防效最低, 为 9.62%。0.6% 苦参碱、

7.5% 鱼藤酮在施药后 3、7 d 的防效较药后 1 d 有一定程度的提高, 表明其田间持效期较好; 而 0.6% 苦参碱防效依然较低, 较其他药剂差异显著 ($p < 0.05$)。施药后 15 d, 1.5% 除虫菊素防效高于 50%, 显著优于其他药剂。100 亿个孢子 $\cdot mL^{-1}$ 白僵菌 1 ~ 15 d 防效为 48.26% ~ 82.55%, 对稻水象甲的控效作用显著 (表 3)。

表 3 不同药剂对稻水象甲田间防治效果 (新疆伊犁, 察布查尔县, 2016 年)

Table 3 Control effect of different pesticides against *L. oryzaophilus* in rice fields in Qapqal County, Yili, Xinjiang, 2016

药剂 Insecticides	施药量 Application dosage ($mL \cdot 667 m^{-2}$)	药前虫口基数 No. of <i>L. oryzaophilus</i> pre-dose (头 $\cdot m^{-2}$)	防效 Effect/%			
			1 d	3 d	7 d	15 d
6% 乙基多杀菌素悬浮剂 6% Spinetoram SC	30	103	53.98a	53.35a	52.31a	60.29ab
0.6% 苦参碱水剂 0.6% Matrine AS	70	98	9.62b	16.46b	25.96b	30.81bc
7.5% 鱼藤酮乳油 7.5% Rotenone EC	60	100	34.48ab	39.35a	42.58a	51.24ab
1.5% 除虫菊素水乳剂 1.5% Pyrethrins AS	120	89	64.53a	57.15a	54.24a	64.05a
100 亿个孢子 $\cdot mL^{-1}$ 球孢白僵菌可分散油悬浮剂 10 billion spores <i>Beauveria bassiana</i> OD	175	112	48.26a	55.98a	57.48a	82.55a
CK	-	96	-	-	-	-

同列不同小写字母表示差异显著。

Different lowercase stands for significant differences.

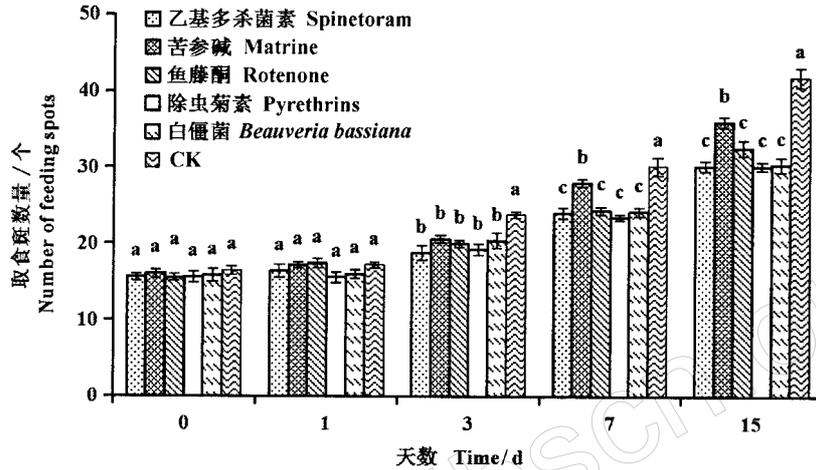
2.3 不同药剂对稻水象甲取食量的影响

各药剂处理后, 前 3 d 稻水象甲的田间新增取食斑数、取食长度差异不显著 ($p > 0.05$); 3 d 后新增

取食斑数、长度则均显著低于对照组 ($p < 0.05$)。苦参碱处理后, 稻水象甲的田间新增取食斑数与对照组差异不显著 ($p > 0.05$), 其新增取食斑数、日均新

增量最高,分别为 15.4 个、1.18 个 · d⁻¹; 鱼藤酮、乙基多杀菌素、除虫菊素次之,分别为 12.6 个、0.97 个 · d⁻¹, 11.4 个、0.88 个 · d⁻¹, 11 个、0.85 个 · d⁻¹; 100 个孢子 · mL⁻¹ 球孢白僵菌较王鹏等(2016)无显著差异,仅为 10 个、0.77 个 · d⁻¹(图 1)。6% 乙基多杀菌素新增取食斑长度最低,3~15 d 累计新增取食

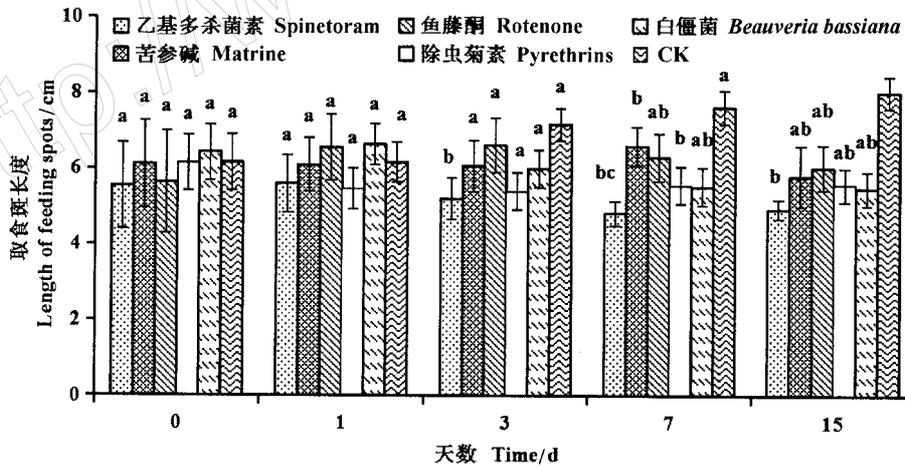
斑长度及日均新增量分别为 14.95 cm、1.15 cm · d⁻¹; 1.5% 除虫菊素和 0.6% 苦参碱次之,依次为 16.52 cm、1.27 cm · d⁻¹ 和 18.46 cm、1.42 cm · d⁻¹; 7.5% 鱼藤酮最高,为 18.94 cm、1.46 cm · d⁻¹, 但均低于对照,差异显著($p < 0.05$)(图 2)。



图中数据为均值±标准误。不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著(Tukey)。

Values are means±SE. Values followed by different lower letters are significantly different at $p < 0.05$ according to Tukey tests.

图 1 药后不同浓度下稻田稻水象甲取食斑数比较(新疆伊犁,察布查尔县,2016 年)
Fig.1 Comparison of the number feeding scars on rice by *L. oryzaephilus* in treated rice fields in Qapqal County, Yili, Xinjiang, 2016



图中数据为均值±标准误。不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著(Tukey)。

Values are means±SE. Values followed by different lower letters are significantly different at $p < 0.05$ according to Tukey tests.

图 2 药后不同浓度下稻田稻水象甲取食斑长度比较(新疆伊犁,察布查尔县,2016 年)
Fig.2 Comparison of feeding scars length on treated rice fields by *L. oryzaephilus* in Qapqal County, Yili, Xinjiang, 2016

3 讨论

稻水象甲是最具威胁的百种外来入侵生物之一(邹钦,1989),2010 年于伊犁河谷地区首次发现该虫(郭文超等,2011)。目前,稻水象甲各疫区仍以常规药剂进行化学防治(顾文琴等,2002;郑俊,

2006)。虽在短期内能较好地控制虫口数量,但长期、大量持续的施用会引起一系列的生态问题,对人、畜的安全造成严重威胁(万方浩等,2000)。随着 IPM 理念的提出,杀死害虫并非是实现控害的唯一手段,通过驱避、拒食等方式也可有效控制其为

害(韩招久等,2014)。常规化学杀虫剂对天敌的杀伤作用显著,并能降低天敌的生长发育速率及捕食量(陈彦等,2011;姜勇等,2002;莫利锋等,2013;杨洪等,2012);而植物源/微生物等绿色杀虫剂对天敌的影响较小。故绿色、低毒、低残留、无污染药剂的筛选已成为防治稻水象甲需首要解决的问题。

在室内生测方面,乙基多杀菌素对锈赤扁谷盗 *Cryptolestes ferrugineus* Stephens 具有很强的抑制作用,但较玉米象 *Sitophilus zeamais* 种群的抑制效果差(吴树会等,2012);鱼藤酮对害虫具有强烈的触杀、拒食和致畸等作用(张庭英等,2005),鱼藤酮与印楝素及氰戊菊酯依次按 3:5 和 4:1 混配,对菜粉蝶 *Pieris rapae* L. 幼虫和斜纹夜蛾 *Prodenia litura* (Fabricius) 的拒食活性最显著(莫美华和黄彰欣,1994;朱家颖等,2006);苦参碱对柳蓝叶甲 *Plagioderia versicolora* (Laicharting) 具有较强的拒食作用(杨振德等,2006);除虫菊素对害虫行为的影响主要表现在拒食作用和趋避作用(张夏亭等,2003);球孢白僵菌-YS03 等菌株对稻水象甲成虫具有显著的拒食作用(徐进等,2013a)。本研究中,各供试药剂对稻水象甲成虫的毒力及拒食作用均显著,但不同药剂间存在差异,1.5% 除虫菊素对稻水象甲的毒力、拒食作用均最强,0.6% 苦参碱次之,7.5% 鱼藤酮和 6% 乙基多杀菌素相对较弱。本研究结果与前人研究存在差异,主要是由于各药剂生物活性受虫体、环境、拒食及触杀作用机理各异影响(杨振德等,2006)。

在田间防效方面,1.5% 除虫菊素、6% 乙基多杀菌素和 7.5% 鱼藤酮对稻水象甲成虫具有较好的防效,0.6% 苦参碱防效最差,这与于凤泉等(2003) 研究结果类似:部分植物源杀虫剂(印楝素、烟碱、苦参碱)对稻水象甲有一定防效,但防效较低,而菊酯类药剂对稻水象甲成虫的防效较高。不同球孢白僵菌菌株间的杀虫特异性也有差异(蒋明星和商晗武,2002;王鹏等,2016)。本研究中,100 亿个孢子·mL⁻¹ 白僵菌大田防效最佳,15 d 高达 82.55%,与王鹏等(2016)、徐进等(2015) 等研究结果接近。各药剂处理 3 d 后,稻水象甲新增取食斑数、取食斑长度均存在差异且均低于对照,差异显著,这一现象与徐进等(2015)、王鹏等(2016) 的研究一致。本研究建议,在绿色/有机水稻生产中,100 亿个孢子·mL⁻¹ 球孢白僵菌、1.5% 除虫菊素、7.5% 鱼藤酮

和 6% 乙基多杀菌素均可作为防治稻水象甲成虫的首选药剂。此外,本研究发现,100 亿个孢子·mL⁻¹ 球孢白僵菌的见效期在 1~2 d,表现出一定的速效性,而其他研究表明(狄雪塬等,2015;蒋明星和商晗武,2002;王鹏等,2016),白僵菌的见效期一般是 4 d 以后,可能与该产品含有其他成份有关;再者,因气候因素,稻水象甲出土较晚,造成其田间发生量较其他年份低,使统计到的试验数据不能更准确地反映试验结果,需进一步深入研究。

参考文献

- 陈彦,王兴亚,徐蕾,赵彤华,许国庆,2011. 几种杀虫剂防治大豆蚜效果及对天敌的影响. 农药, 50(12): 929-931.
- 陈祝安,冯惠英,施立聪,刘又高,潘玲聪,王根镗,方勇军,2000. 田间施放绿僵菌防治稻水象甲效果评价. 中国生物防治, 16(2): 52-55.
- 蔡雪涛,郑永敏,商晗武,杨琼,唐启义,郑雪浩,程家安,祝增荣,2007. 寄主植物对田间稻水象甲一代成虫取食斑数量与长度关系的影响. 中国水稻科学, 21(3): 309-315.
- 邓根生,张先平,孙敏,王晓娥,2005. 国内外稻水象甲研究现状. 陕西农业科学(2): 55-56.
- 狄雪塬,杨茂发,邹晓,2015. 防治稻水象甲优效球孢白僵菌 YS03 菌株产孢培养基优化. 环境昆虫学报, 37(4): 800-806.
- 丁吉同,唐桦,阿地力·沙塔尔,王玉珠,2013. 4 种植物源杀虫剂对亚洲型舞毒蛾幼虫的毒性与拒食作用. 南京林业大学学报(自然科学版), 37(4): 80-84.
- 丁茜,廖永林,吴伟坚,符悦冠,2012. 螺旋粉虱产卵蜡泌物对香蕉网蝽的拒食活性. 生态学杂志, 31(5): 1221-1224.
- 顾云琴,林云彪,余继华,2002. 稻水象甲防治扑灭技术的应用与防治效果. 植物保护, 28(5): 57-58.
- 郭文超,李晶,魏振兴,吐尔逊,吴静,阿利亚,王俊,2011. 新疆首次发现水稻重大外来有害生物稻水象甲. 新疆农业科学, 48(1): 70-74.
- 韩招久,肖旭,姜志宽,王宗德,曹勇平,谭伟龙,史东海,邢翠香,2014. 植物源昆虫拒食剂研究进展. 中华卫生杀虫药械(6): 511-515.
- 何永福,廖国会,金剑雪,程英,张忠民,袁洁,陈小均,江兆春,胡吉锋,2013. 稻水象甲幼虫在水稻根部的空间分布型研究. 西南农业学报, 26(3): 1006-1008.
- 蒋明星,商晗武,2002. 球孢白僵菌对稻水象甲成虫的毒力测定. 植物保护学报, 29(3): 287-288.
- 姜勇,张钟宁,牛长缨,邓建华,雷朝亮,2002. 阿维菌素对

- 南方小花蝽抑制烟蚜的影响. 昆虫学报, 45(2): 215-220.
- 李小艳, 亓东明, 孙成仁, 2008. 半夏乙醇提取物对茄二十八星瓢虫的拒食活性研究初报. 西华师范大学学报(自然科学版), 29(1): 59-62.
- 莫利锋, 鄧军锐, 张骏, 2013. 苦参碱及吡虫啉对南方小花蝽的影响. 植物保护学报, 40(2): 160-164.
- 莫美华, 黄彰欣, 1994. 鱼藤酮及其混剂对蔬菜害虫的毒效研究. 华南农业大学学报, 15(4): 58-62.
- 孙文鹏, 2006. 稻水象甲 (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel) 的生物防治. 硕士学位论文. 沈阳: 沈阳农业大学.
- 万方浩, 叶正楚, 郭建英, 谢明, 2000. 我国生物防治研究的进展及展望. 应用昆虫学报, 37(2): 65-74.
- 王鹏, 司怀军, 吴家和, 2016. 不同球孢白僵菌株毒杀稻水象甲成虫的效果分析. 生物学杂志, 33(1): 17-20.
- 王小武, 丁新华, 吐尔逊, 关志坚, 何江, 郭文超, 2016. 伊犁河谷地区越冬后稻水象甲种群田间扩散规律的研究. 新疆农业科学, 53(3): 488-495.
- 魏辉, 侯有明, 杨广, 尤民生, 2004. 非嗜食植物次生物质对小菜蛾产卵驱避和拒食作用的研究. 应用生态学报, 15(3): 473-476.
- 吴树会, 邓树华, 周剑宇, 2012. 生物药剂乙基多杀菌素对锈赤扁谷盗成虫的毒杀作用. 粮食科技与经济, 37(4): 27-29.
- 徐红星, 俞晓平, 吕仲贤, 陈建明, 郑许松, 2002. 银杏叶粗提物对小菜蛾的拒避和生长发育抑制作用. 生物安全学报, 11(1): 77-80.
- 徐进, 杨茂发, 狄雪婷, 师沛琼, 邹晓, 2015. 球孢白僵菌 YS03 菌株对稻水象甲的田间防治效果. 西南农业学报, 28(4): 1630-1633.
- 徐进, 杨茂发, 师沛琼, 杨大星, 尚小丽, 邹晓, 2013a. 球孢白僵菌 YS03 菌株对稻水象甲成虫取食的影响. 广东农业科学, 40(20): 73-76.
- 徐进, 杨茂发, 杨大星, 师沛琼, 邹晓, 2013b. 不同球孢白僵菌对稻水象甲成虫的致病力测定. 贵州农业科学, 41(3): 69-72.
- 杨阿丽, 陈佰鸿, 毛娟, 张彪, 任静, 2015. 生物药剂和化学药剂对苹果树腐烂病菌的抑制效应. 中国农学通报, 31(16): 173-181.
- 杨洪, 王召, 金道超, 2012. 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽实验种群的影响. 生态学报, 32(16): 5184-5190.
- 杨振德, 朱麟, 赵博光, 方杰, 2006. 苦豆草生物碱对柳蓝叶甲的拒食作用. 林业科学, 42(7): 52-55.
- 于凤泉, 李志强, 刘培斌, 孙富余, 田春晖, 2003. 稻水象甲生物防治研究进展. 辽宁农业科学 (6): 19-20.
- 张夏亭, 聂秋林, 高欣, 2003. 除虫菊素的杀虫特性与作用机理. 农药科学与管理, 24(2): 22-23.
- 张业光, 徐汉虹, 2000. 非洲山毛豆对几种鳞翅目害虫的拒食作用. 华南农业大学学报, 21(4): 26-29.
- 张庭英, 徐汉虹, 王长宏, 2005. 鱼藤酮的应用现状及存在问题. 农药, 44(8): 352-355.
- 郑俊, 2006. 稻水象甲防治技术研究进展. 北方水稻 (5): 51-52.
- 朱家颖, 肖春, 柯贤江, 叶敏, 袁盛勇, 李正跃, 杨丽, 陆进, 朱文禄, 2006. 印楝素与鱼藤酮及其复配混剂对斜纹夜蛾的毒效研究. 云南农业大学学报, 21(3): 315-319.
- 紫一秋, 陈祝安, 2000. 金龟子绿僵菌对稻水象甲的致病性. 中国生物防治, 16(1): 22-25.
- 邹钦, 1989. 稻象甲和稻水象甲. 植物保护, 15(1): 50-51.
- 邹向菲, 2004. 桔皮提取物对十字花科蔬菜几种主要害虫的活性研究. 硕士学位论文. 杭州: 浙江大学.
- LEE J H, SHIN K S, SUH S C and PARKER B L, 2013. CryI-IIA toxin gene expression in transgenic rice confers resistance to rice water weevil. *Plant Cell Tissue & Organ Culture*, 115(2): 243-252.
- KIM J S, LEE S J, SKINNER M and PARKER B L, 2014. A novel approach: *Beauveria bassiana*, granules applied to nursery soil for management of rice water weevils in paddy fields. *Pest Management Science*, 70(8): 1186-1191.
- SAITO T, HIRAI K and WAY M O, 2005. The rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel (Coleoptera: Curculionidae). *Applied Entomology & Zoology*, 40(1): 31-39.
- SHANG H, STOUT M J, ZHANG Z and CHENG J, 2004. Rice water weevil (Coleoptera: Curculionidae) population dynamics in Louisiana. *Journal of Entomological Science*, 39(4): 623-642.
- STOUT M J and FREY M J, 2007. Evaluation of thiamethoxam as a seed treatment against the rice water weevil. *Annals Research Report of Rice Research Station LSU Agricultural Centre*, 99: 299-300.
- STOUT M J, RICE W C, RIGGIO R M and RING D R, 2000. The effects of four insecticides on the population dynamics of the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel. *Journal of Entomological Science*, 35(1): 48-61.

(责任编辑:郭莹)