

· 研究简报 ·

## 四种杀菌剂对两种赤眼蜂的毒性分析及敏感性比较

金 啸<sup>1</sup>, 尹晓辉\*<sup>1</sup>, 朱国念<sup>2</sup>, 徐志宏<sup>1</sup>

(1. 浙江农林大学 农业与食品学院 浙江 临安 311300;

2. 浙江大学 农药与环境毒理研究所 杭州 310029)

**摘 要:**采用药膜法分别测定了 95% 三唑酮、99.5% 肟菌酯、96.2% 咪鲜胺和 95% 申嗪霉素 4 种杀菌剂对玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae* 和松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* Matsumura 的急性毒性。结果表明 4 种供试杀菌剂对玉米螟赤眼蜂的直接接触毒性 LC<sub>50</sub> 值分别为 0.822 0、48.70、12.94 和 24.25 mg/L, 对松毛虫赤眼蜂的 LC<sub>50</sub> 值分别为 10.55、180.3、218.1 和 240.3 mg/L。即 4 种杀菌剂对两种赤眼蜂的风险性存在差异, 供试药剂对松毛虫赤眼蜂相对较为安全。由于玉米螟赤眼蜂比松毛虫赤眼蜂对供试杀菌剂更为敏感, 因此以玉米螟赤眼蜂作为评价农药对赤眼蜂风险的供试生物更为适宜。

**关键词:**松毛虫赤眼蜂; 玉米螟赤眼蜂; 杀菌剂; 毒性; 敏感性

DOI: 10.3969/j.issn.1008-7303.2011.06.17

中图分类号: S482.2; S481.1 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2011)06-0649-04

## Analysis and evaluation of four fungicides toxicity and sensitivity against two *Trichogramma* spp.

JIN Xiao<sup>1</sup>, YIN Xiao-hui\*<sup>1</sup>, ZHU Guo-nian<sup>2</sup>, XU Zhi-hong<sup>1</sup>

(1. School of Agricultural and Food Science,

Zhejiang A&F University Lin'an 311300 Zhejiang Province, China;

2. Institutes of Pesticides and Environmental Toxicology Zhejiang University Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** Four fungicides, triadimefon, trifloxystrobin, prochloraz and phenazino-1-carboxylic acid were tested to determine their toxicity to parasitoid *Trichogramma ostrinae* and *Trichogramma dendrolimi* by using dry film bioassay. The results showed that the toxicity of all the fungicides tested to the parasitoid were different. The toxicity of triadimefon to *T. ostrinae* and *T. dendrolimi* was the highest one (with LC<sub>50</sub> of 0.822 0 and 10.55 mg/L respectively) followed by prochloraz (12.94 and 218.1 mg/L). The LC<sub>50</sub> values of trifloxystrobin and phenazino-1-carboxylic acid were 48.70 and 24.25 mg/L to *T. ostrinae*, 180.3 and 240.3 mg/L to *T. dendrolimi*, respectively, exhibiting low toxicity when compared with others tested. The results suggested *T. ostrinae* was more sensitive to the fungicides than *T. dendrolimi*, and the risk of four fungicides exposed to the two *Trichogramma* was different. It indicated that *T. ostrinae* was more representative to assess the risk of pesticide to *Trichogramma* spp. .

收稿日期: 2011-02-12; 修回日期: 2011-10-24.

作者简介: 金啸 (1988-) 男, 浙江人, 本科生; \* 通讯作者 (Author for correspondence): 尹晓辉 (1977-) 女, 新疆人, 博士, 副教授, 主要从事农药生物测定与环境毒理、生态毒理研究, 电话: 0571-63742089 E-mail: yinxh@zafu.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金 (21007060); 浙江省自然科学基金 (Y3090435); 浙江农林大学科研发展基金 (2008FK65) .

**Key words:** *Trichogramma ostrininae*; *Trichogramma dendrolimi*; fungicides; toxicity; sensitivity

赤眼蜂 *Trichogramma* spp. 是目前研究最多、应用最广泛、影响最大的卵寄生天敌昆虫之一<sup>[1]</sup>, 已被广泛用于防治玉米螟、松毛虫和稻纵卷叶螟等农林害虫。其中应用最为广泛的是玉米螟赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂<sup>[2]</sup>。

目前关于杀虫剂对赤眼蜂安全性评价的研究报道较多<sup>[3-5]</sup>, 而有关杀菌剂对赤眼蜂安全性的研究却较少<sup>[6]</sup>。三唑酮和咪鲜胺均为生产中广泛使用的杀菌剂<sup>[7-8]</sup>, 肟菌酯是新的一类含氟的丙烯酸类杀菌剂<sup>[9]</sup>, 申嗪霉素是新登记的吩嗪类农用抗生素<sup>[10]</sup>。4种杀菌剂均是水稻、玉米、瓜果和蔬菜上病害的主要防治药剂, 但有关其对赤眼蜂的安全性目前却均未见相关报道。本研究通过测定上述4种杀菌剂对玉米螟赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂的毒性, 比较了2种赤眼蜂对药剂的敏感性, 初步评价了4种杀菌剂对赤眼蜂的安全性。结果报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试昆虫及药剂

松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* 由新疆农业科学院提供, 玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrininae* 由浙江农林大学有害生物防治实验室采集

于浙江临安官塘实验基地玉米地并经鉴定, 均以柞蚕 *Antheraea pernyi* 卵为寄主进行连续繁殖。饲养条件为: 温度 25 °C ± 1 °C 相对湿度 70% ~ 90% 光周期 L : D = 14 h : 10 h。选择 6 h 内羽化的健壮成蜂供试。

95% 三唑酮 ( triadimefon )、99.5% 肟菌酯 ( trifloxystrobin )、96.2% 咪鲜胺 ( prochloraz ) 和 95% 申嗪霉素 ( phenazino-1-carboxylic acid ) 原药均由浙江大学农药环境毒理研究所提供。

### 1.2 急性毒性测定

采用药膜法<sup>[11]</sup>进行。根据《化学农药环境安全评价试验准则》<sup>[12]</sup>及农药对赤眼蜂的风险性等级划分标准, 设置上限剂量为供试药剂田间施用量的 5 倍。共设 3 个浓度药剂处理, 1 个丙酮空白对照, 每处理 3 组重复, 每组 ( 100 ± 10 ) 头赤眼蜂。根据预试验结果, 用丙酮将供试药剂按等比关系配制成至少 5 个梯度浓度 ( 级差控制在 2.2 倍以内 ) 的药液 ( 表 1 )。分别吸取各浓度药液 1 mL, 加入指形管 ( 36.65 cm<sup>2</sup> ) 中, 于阴凉通风处滚动晾干, 形成均匀药膜。接入供试赤眼蜂, 处理 1 h 后转入无药指形管中, 喂食 10% 蜂蜜水。24 h 后记录死亡及存活蜂数 ( 日光照射下以轻触管壁不动为死亡蜂 ), 计算死亡率。实验温度为 25 °C ± 1 °C。

表 1 供试 4 种杀菌剂的处理浓度

Table 1 Doses of four fungicides used in bioassays to determine median lethal concentration

药剂 Fungicides	质量浓度 Mass conc. <i>a. i. l.</i> / ( mg/L )				
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>
95% 三唑酮 triadimefon	0.283 8	0.567 5	1.135	2.270	4.540
99.5% 肟菌酯 trifloxystrobin	12.88	25.75	51.50	103.0	206.0
96.2% 咪鲜胺 prochloraz	3.110	6.220	12.44	62.20	124.4
95% 申嗪霉素 phenazino-1-carboxylic acid	1.320	6.600	33.00	165.0	330.0

### 1.3 数据统计分析

采用 SPSS16.0 软件对死亡率进行统计学分析, 计算出 4 种杀菌剂对 2 种赤眼蜂的毒力回归方程、LC<sub>50</sub> ( 24 h ) 值及 95% 置信限。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试杀菌剂对 2 种赤眼蜂的急性毒性

试验中观察发现: 玉米螟赤眼蜂在处理 1 h 后, 随着药剂浓度的增加, 三唑酮和咪鲜胺处理组死亡率上升, 而肟菌酯和申嗪霉素高浓度处理组仅表现兴奋、挣扎的个体增多, 但均无死亡情况; 松毛虫赤

眼蜂在处理 1 h 后, 三唑酮高浓度处理组有个别死亡, 低浓度处理组部分个体表现为爬行迟钝, 需辅助完成转管, 咪鲜胺处理组无死亡个体, 但部分个体也表现为爬行迟钝, 需辅助完成转管, 其他 2 种杀菌剂处理组表现活跃, 且均无死亡个体。24 h 后, 各处理组 2 种赤眼蜂均有死亡, 其中玉米螟赤眼蜂挣扎个体在 24 h 后多数死亡, 而松毛虫赤眼蜂表现迟钝的部分个体在 24 h 后基本恢复爬行。对照组未见异常。

急性毒性测定结果见表 2。经 4 种杀菌剂处理后, 玉米螟赤眼蜂群体的同质性均大于松毛虫赤眼

蜂(即毒力回归方程中前者的斜率  $b$  值均大于后者的);相对而言,玉米螟赤眼蜂对4种杀菌剂的反应更为敏感。此外,试验中还发现,溶剂丙酮对玉米螟赤眼蜂的毒性亦高于对松毛虫赤眼蜂的。其原因可能是:1)玉米螟赤眼蜂个体比松毛虫赤眼蜂小,对

药剂的承受力较差;2)在试虫饲养过程中发现,在同样的温、湿度条件下,松毛虫赤眼蜂的自然寿命高于玉米螟赤眼蜂。由此可见,在农药登记中以玉米螟赤眼蜂作为评价农药对赤眼蜂风险时的供试生物种类更为适宜。

表2 供试4种杀菌剂对玉米螟赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂(成蜂)的毒力

Table 2 Toxicity of four fungicides against *T. ostrininae* and *T. dendrolimi* (adult)

药剂 Fungicides	玉米螟赤眼蜂 <i>T. ostrininae</i>			松毛虫赤眼蜂 <i>T. dendrolimi</i>		
	毒力回归方程 Regression equation	LC <sub>50</sub> (95%置信限, 95% CL)/(mg/L)	相关系数 (R <sup>2</sup> )	毒力回归方程 Regression equation	LC <sub>50</sub> (95%置信限, 95% CL)/(mg/L)	相关系数 (R <sup>2</sup> )
三唑酮 triadimefon	$Y=0.9780+0.0830x$	0.8220(0.5282~1.157)	0.8631	$Y=1.237-1.265x$	10.55(6.598~30.56)	0.8860
腈菌酯 trifloxystrobin	$Y=1.157-2.0455x$	48.70(40.59~58.26)	0.9413	$Y=1.953-4.405x$	180.3(155.6~217.4)	0.9524
咪鲜胺 prochloraz	$Y=1.198-1.333x$	12.94(10.41~16.21)	0.9818	$Y=2.026-4.739x$	218.1(185.2~251.5)	0.9487
申嗪霉素 phenazino-1-carboxylic acid	$Y=0.8080-1.119x$	24.25(14.72~38.32)	0.9252	$Y=0.5250-1.251x$	240.3(122.1~683.6)	0.9017

## 2.2 供试4种杀菌剂对2种赤眼蜂的风险预测

农药对赤眼蜂的风险等级可用其LC<sub>50</sub>值与其田间推荐施用浓度的比值(安全系数, Safety factor)<sup>[12]</sup>来表示:安全系数>5为低风险,  $5 \geq$ 安全

系数>0.5为中等风险,  $0.5 \geq$ 安全系数>0.05为高风险, 安全系数 $\leq$ 0.05为极高风险。供试4种杀菌剂对2种赤眼蜂的风险评价结果见表3。

表3 供试4种杀菌剂对玉米螟赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂(成蜂)的风险性

Table 3 Risk evaluation of four fungicides against *T. ostrininae* and *T. dendrolimi*(adult)

药剂 Fungicides	玉米螟赤眼蜂 <i>T. ostrininae</i>		松毛虫赤眼蜂 <i>T. dendrolimi</i>	
	安全系数 Safety factor	风险等级 Risk level	安全系数 Safety factor	风险等级 Risk level
三唑酮 triadimefon	0.018	极高风险(Level 4)	0.232	高风险(Level 4)
腈菌酯 trifloxystrobin	2.364	中等风险(Level 2)	8.752	低风险(Level 1)
咪鲜胺 prochloraz	0.208	高风险(Level 3)	3.501	中等风险(Level 3)
申嗪霉素 phenazino-1-carboxylic acid	3.674	中等风险(Level 2)	36.40	低风险(Level 1)

## 3 结论与讨论

相关研究表明,不同种类赤眼蜂对同种农药的敏感性差异显著。吴长兴等<sup>[13]</sup>报道,欧洲玉米螟赤眼蜂 *T. nubilale* 对毒死蜱和甲氰菊酯的敏感性高于玉米螟赤眼蜂;杨崇珍等<sup>[14]</sup>研究发现,广赤眼蜂 *T. evanescens*、螟黄赤眼蜂 *T. chilonis* 和松毛虫赤眼蜂对溴氰菊酯和甲氰菊酯的敏感性亦各不相同。

本研究结果表明,供试4种杀菌剂与其对2种赤眼蜂的毒性之间存在剂量-效应关系,且玉米螟赤眼蜂对4种药剂均比松毛虫赤眼蜂更敏感。根据风险等级划分标准得出:三唑酮对供试2种赤眼蜂均为高风险;咪鲜胺对玉米螟赤眼蜂为高风险,对松毛虫赤眼蜂为中等风险;腈菌酯和申嗪霉素对玉米螟赤眼蜂为中等风险,对松毛虫赤眼蜂均为低风险。

不同发育阶段赤眼蜂对杀虫剂的敏感性也不同,一般认为赤眼蜂对杀虫剂最敏感的时期是其成蜂期<sup>[6]</sup>。在成蜂羽化或放蜂期间使用农药,容易造成羽化率低,降低成蜂的寿命<sup>[15-16]</sup>。但田间也存在具有较高耐药性的赤眼蜂自然种群<sup>[17]</sup>。本试验中玉米螟赤眼蜂采集自浙江临安田间(室内繁育3~5代),与采自河北衡水的玉米螟赤眼蜂(室内繁育10代以上)对上述4种杀菌剂的毒力测定结果(另文发表)相比,敏感性较低,有可能为耐药种群。

目前鲜见关于杀菌剂对2种供试赤眼蜂毒性的研究报道,尽管大多数杀菌剂对赤眼蜂的毒性较低<sup>[6]</sup>,但有些杀菌剂对赤眼蜂的毒性可能会高于杀虫剂<sup>[18-19]</sup>。因此,在实际生产中,通过人工放蜂进行生物防治时应注意避开高毒杀菌剂的施药期,最好在施药3~7d后再放蜂。对于风险性较低的杀

菌剂,其是否会影响赤眼蜂自身的免疫力、降低产卵能力以及对发育和羽化的影响等还有待于进一步研究,因此建议在实际生产中也应慎用。

### 参考文献:

- [1] FENG Bin(冯斌),WU Jian-gong(吴建功),WANG Wen-yu(王文玉) *et al.* 赤眼蜂在我国的研究和应用现状综述[J]. *Shanxi Fores Sci Tech* (山西林业科技) 2004 (1): 26-30.
- [2] Agro-technical Popularization and Service Centers in Pest Control (农业技术推广和服务中心病虫防治处). *Trichogramma Production and Application*(赤眼蜂生产及应用) [M]. Beijing (北京): China Agriculture Press(中国农业出版社),1997: 12.
- [3] IAKADA Y ,KAWAMURA S ,IANAKA I. Effect of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) [J]. *J Econ Entomol* 2001 94(6): 1340-1343.
- [4] LI Yuan-xi(李元喜). 杀虫剂对赤眼蜂的影响[J]. *Chin J Biolo Control* (中国生物防治) 2004 20(2): 81-86.
- [5] PREETHA G ,STANLEY J ,SURESH S ,*et al.* Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis*: assessing their safety in the rice ecosystem [J]. *Phytoparasitica* ,2009 (37): 209-215.
- [6] LI Zhao-li(李肇丽),GAI Lei-ming(蔡磊明),ZHAO Yu-yan(赵玉燕) *et al.* 3种新型农药对赤眼蜂的急性毒性和安全性评价[J]. *Agrochemicals* (农药) 2009 48(6): 435-436.
- [7] LEI Jin-hai(雷进海). 咪鲜胺生产现状与市场概况[J]. *J China Agrochem* (中国农药) 2009(10): 51-54.
- [8] CHEN Qiang-hua(陈强华). 内吸性杀菌剂三唑酮[J]. *World Pestic* (世界农药) ,1982(1): 58-60.
- [9] BARTLETT D W ,CLOUGH J M ,GODWIN J R. The strobilurin fungicides [J]. *Pest Manag Sci* 2002 58: 649-662.
- [10] XU Yu-quan(许煜泉). 绿色微生物源抗菌剂申啉霉素(M18) [J]. *Fine Specialty Chemic* (精细与专用化学品) ,2004 ,12(20): 8-9 ,17.
- [11] CHEN Nian-chun(陈年春). Bioassay of Pesticide (农药生物测定技术) [M]. Beijing(北京): Beijing Agriculture University Press(北京农业大学出版社),1993: 69.
- [12] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China(中华人民共和国环保部). 化学农药环境安全评价试验准则[J]. *Pestic Sci Admin* (农药科学与管理) ,1990(4): 4-9.
- [13] WU Chang-xing(吴长兴),WANG qiang(王强),ZHAO Xue-ping(赵学平) *et al.* 毒死蜱和甲氰菊酯对赤眼蜂毒性与安全评价[J]. *Agrochemicals*(农药) 2008 47(2): 125-127.
- [14] YANG Chong-zhen(杨崇珍),WANG Xing-lin(王兴林). 菊酯类杀虫剂对几种赤眼蜂的毒力测定[J]. *J Northwest Agric Univ*(西北农业大学学报) ,1995 23(3): 108-110.
- [15] CHARLES P C S ,DAVID B O ,JOHN W V. Effect of insecticides on *Trichogramma exigum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival [J]. *J Econ Entomol* 2000 93(3): 577-583.
- [16] ZANG Yan-feng(张延峰),CAI Hao(蔡浩),ZHANG Fan(张帆) *et al.* 玉米螟卵龄对玉米螟赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂种间竞争的影响[J]. *J Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报) ,2010 33(5): 75-80.
- [17] WU Hong-bo(吴红波),ZHANG Fan(张帆),JIN Dao-chao(金道超). 不同种群螟黄赤眼蜂和松毛虫赤眼蜂的抗药性测定[J]. *Plant Protect* (植物保护) 2008 34(5): 107-110.
- [18] WU Chang-xing(吴长兴),WANG qiang(王强),ZHAO Xue-ping(赵学平) *et al.* 毒死蜱和甲氰菊酯对赤眼蜂毒性与安全评价[J]. *Agrochemicals* (农药) 2008 47(2): 125-127.
- [19] YU Rui-xian(俞瑞鲜),YU Wei-hua(俞卫华),WU Chang-xing(吴长兴) *et al.* 不同农药对欧洲玉米螟赤眼蜂的影响[J]. *Agrochemicals* (农药) 2009 48(8): 588-590.

(责任编辑:唐 静)