

# 杀虫剂对二化螟卵寄生性天敌稻螟赤眼蜂室内安全性评价

孙超 苏建亚 沈晋良\* 张玺

(南京农业大学 植物保护学院 农药科学系, 农业部病虫害监测与治理重点开放实验室, 江苏 南京 210095; \* 通讯联系人, E-mail: jlshe@njau.edu.cn)

## Laboratory Safety Evaluation of Insecticides to *Trichogramma japonicum*

SUN Chao, SU Jian ya, SHEN Jin liang\*, ZHANG Xi

(Key Laboratory of Monitoring and Management of Plant Disease and Insects, Ministry of Agriculture, P. R. China; Pesticide Science Department, Plant Protection College, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; \* Corresponding author, E-mail: jlshe@njau.edu.cn)

Abstract: The direct and indirect effects of 13 insecticides of six groups against *Trichogramma japonicum* Ashmead, an egg parasitoid of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker, were evaluated under the laboratory conditions. Buprofezin, tebufenozide, Furan Tebufenozide and hexaflumuron had no effect on survival and parasitism capacity of adults of *T. japonicum* when they were exposed to the leaves with insecticide residues at various intervals after spraying. Fipronil, thiamethoxam, chlorpyrifos and triazophos had the most significant effects on the adult survival of *T. japonicum*, and the mortalities of adults were 100% and 80.0% to 98.9% when they were subjected to the leaves with insecticide residues at 2 and 7 days after spraying (2 day-old and 7 day old residues), respectively. Seven day old residues of fipronil and triazophos had no significant effects on parasitism capacity, but thiamethoxam did. The results of host egg exposure showed that imidacloprid, triazophos, fipronil and chlorpyrifos were all badly detrimental to adult survival, parasitism capacity ( $F_0$ ) and adult emergence ( $F_1$ ). When dipping parasitized host eggs, in which the *T. japonicum* was at different developmental stages (egg, larva, prepupa and pupa) into insecticidal solutions, buprofezin, tebufenozide and Furan Tebufenozide were found to have little effect on adult emergence, with the emergence rates of 81.4% - 91.8%; hexaflumuron, emamectin benzoate and thiamethoxam were selective, i.e. hexaflumuron was harmless to pupae, emamectin benzoate was harmless to eggs and pupae, and thiamethoxam was harmless to eggs. Side effects of methamidophos, imidacloprid, triazophos, fipronil, chlorpyrifos, dichlorvos and isoprocard on adult emergence were extremely significant when tested against any immature stage. Based on the results, the insect growth regulators buprofezin, tebufenozide and Furan Tebufenozide were not directly or indirectly harmful to *T. japonicum*, suggesting that these insecticides are compatible to this parasitoid when being used for control of rice pests.

Key words: insecticide; *Trichogramma japonicum*; safety evaluation

摘要: 在实验室条件下测定了6类13种杀虫剂对二化螟卵寄生性天敌稻螟赤眼蜂的直接和间接影响。喷雾法处理稻株不同时间后,噻嗪酮、虫酰肼、呋喃虫酰肼、氟铃脲对稻螟赤眼蜂成蜂存活和雌蜂产卵寄生基本没有不利影响,氟虫腈、噻虫嗪、毒死蜱、三唑磷对稻螟赤眼蜂成蜂存活有极明显不利影响,成蜂接触用药处理2d和7d稻叶的死亡率分别为100%和80.0%~98.9%。用氟虫腈、三唑磷处理7d的稻叶对稻螟赤眼蜂成蜂寄生能力无不利影响,而噻虫嗪处理有显著影响。采用卵卡浸渍法测定药剂对稻螟赤眼蜂成蜂影响的结果表明,吡虫啉、三唑磷、氟虫腈、毒死蜱能显著影响 $F_0$ 代成蜂存活、寄生及 $F_1$ 代成蜂羽化。采用浸渍法处理内含卵期、幼虫期、预蛹期、蛹期稻螟赤眼蜂的寄生卵时,噻嗪酮、虫酰肼、呋喃虫酰肼对成蜂羽化没有不利影响,羽化率达81.4%~91.8%;氟铃脲对蛹、甲维盐对卵和蛹、噻虫嗪对卵也基本没有不利影响,这些药剂对其他虫态有不同程度的影响;甲胺磷、吡虫啉、三唑磷、氟虫腈、毒死蜱、异丙威、敌敌畏等对稻螟赤眼蜂成蜂羽化有极明显不利影响。说明昆虫生长调节剂噻嗪酮、虫酰肼、呋喃虫酰肼对稻螟赤眼蜂没有直接和间接的不利影响,因而使用这些药剂防治水稻害虫时,它们对起自然控制作用的稻螟赤眼蜂是友好的。

关键词: 杀虫剂; 稻螟赤眼蜂; 安全性评价

中图分类号: S476+3; S482.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2008)01-0093-06

杀虫剂的不合理使用在杀死害虫的同时也可能杀伤天敌,降低天敌的自然控害作用。杀虫剂对天敌的安全性关系到它对生态系统的综合作用<sup>[1]</sup>,因而研究各类杀虫剂对天敌的安全性,合理选择药剂,避免或减轻药剂对天敌的杀伤以充分发挥天敌的自然控害作用,是害虫综合治理体系的一个重要组成部分<sup>[2]</sup>。

稻螟赤眼蜂 (*Trichogramma japonicum*) (膜翅目 赤眼蜂属)属于卵寄生蜂,是稻田害虫的一种主要天敌,对控制二化螟、三化螟、稻纵卷叶螟等害虫的发生起着重要的作用<sup>[3]</sup>。国内外已对稻螟赤

眼蜂的生物学特性、饲养及释放进行了大量研究,关于化学农药对其影响的研究也曾有报道,但所涉及的药剂主要为20世纪80年代常用品种<sup>[4-8]</sup>,至于近年来稻田使用的新型药剂对其安全性的研究则较少<sup>[9-10]</sup>。本研究从我国高毒农药替代试验研究品种中选择了昆虫生长调节剂类、新烟碱类、抗生素

收稿日期: 2007-04-06; 修改稿收到日期: 2007-06-26。

基金项目: 农业部高毒农药替代试验示范资助项目[2005 种植业(植保)函7号]。

第一作者简介: 孙超(1983-),男,硕士研究生。

类、苯基吡唑类、有机磷类及氨基甲酸酯类等 6 类共 13 种杀虫剂,比较系统地评价了这些药剂对稻螟赤眼蜂各虫态的安全性,以期在水稻害虫综合防治中合理使用化学农药、协调化学防治和天敌的自然控害作用提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

2005 年 6 月从江苏省东海县水稻田采集被寄生的二化螟卵块,室内羽化出蜂后经镜检去除少量拟澳洲赤眼蜂,将稻螟赤眼蜂以米蛾 *Corcyra cephalonica* (Stainton) 卵为寄主进行连续繁殖。饲养条件为温度 27℃,相对湿度 70%~90%,光周期 16 h 光照 8 h 黑暗。成蜂羽化 4~6 h 后供测定用,寄生时间均为 24 h。

米蛾卵由广东省昆虫研究所提供,幼虫用市售玉米粉在塑料周转箱 (20 cm × 15 cm × 6 cm) 内饲养。饲养条件为温度 27℃,相对湿度 60%~80%,光周期 14 h 光照 10 h 黑暗。供试卵卡大小为 5.0 cm × 2.5 cm,均匀粘有约 900 粒新鲜卵。

供试水稻品种为武育粳 3 号。2006 年 7 月从南京六合水稻试验田拔取分蘖期水稻,回室内栽入 350 mL 塑料杯中,每杯 2~3 株。置于温室 (温度:22~32℃,相对湿度:50%~70%,自然光照) 内生长 8 d 后供试验用。水稻生长期的肥水等均为常规管理。

表 1 药剂来源及供试浓度

Table 1. Insecticides and concentrations used in this study.

供试药剂 Insecticide	来源 Manufacturer	自制乳油 Emulsifiable concentrate/%	供试浓度 <sup>1)</sup> Concentration <sup>1)</sup> /(mg · L <sup>-1</sup> )
98.1% 噻嗪酮原药 Buprofezin 98.1% TC	江苏常隆化工有限公司	5	250
20% 虫酰肼胶悬剂 Tebufenozide 20% F	美国罗门·哈斯公司	-	200 <sup>2)</sup>
97% 呋喃虫酰肼原药 Furan Tebufenozide 97% TC	江苏农药研究所有限公司	1	160 <sup>2)</sup>
97.1% 氟铃脲原药 Hexaflumuron 97.1% TC	江苏扬农化工股份有限公司	5	50 <sup>2)</sup>
89% 甲维盐原药 Emamectin benzoate 89% TC	河北威远生物化工股份有限公司	1	5 <sup>2)</sup>
95.87% 噻虫嗪原药 Thiamethoxam 95.87% TC	先正达公司	1	20
70% 甲胺磷原药 Methamidophos 70% TC	山东华阳科技股份有限公司	50	500
95.3% 吡虫啉原药 Imidacloprid 95.3% TC	江苏常隆化工有限公司	0.5	100 <sup>3)</sup>
88% 三唑磷原药 Triazophos 88% TC	江苏宝灵化工股份有限公司	20	250
87% 氟虫腈原药 Fipronil 87% TC	拜耳杭州作物科学有限公司	5	50
95% 毒死蜱原药 Chlorpyrifos 95% TC	江苏南通江山化工股份有限公司	5	400
99% 异丙威原药 Isoprocard 99% TC	江苏常隆化工有限公司	20	400
95% 敌敌畏原药 Dichlorvos 95% TC	江苏南通江山化工股份有限公司	20	1000 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 药剂在水稻上登记的推荐浓度 [农业部农药检定所主编《农药登记公告汇编 (2001)》及农药电子手册 (数据截至 2007 年 3 月)]; <sup>2)</sup> 尚未在水稻上登记使用的药剂,采用登记在蔬菜上使用的推荐浓度; <sup>3)</sup> 室内已检测到褐飞虱对吡虫啉产生较高抗性,田间用量也在增加,故将供试浓度提高 2.5 倍。

<sup>1)</sup> Recommended concentrations for application on rice, referring to *Collection of Pesticides Register Bulletin 2001* and *Electronic Manual of Pesticides* (dates to March 2007); <sup>2)</sup> Recommended concentrations for application on vegetables; <sup>3)</sup> Resistance monitoring showed that the brown planthopper had developed a high level resistance to imidacloprid, field use rate were therefore increased to 2.5 fold of the recommended concentration.

### 1.2 供试药剂

除虫酰肼为制剂外其余均为技术级原药。试验前先将原药自制成乳油,方法如下:称取一定量原药于 10 mL 容量瓶中,用适量丙酮溶解,加入 1 g 乳化剂曲拉通 X-100,用丙酮定容至 10 mL,充分摇匀并静置,观察稳定性合格。试验时将上述制剂用蒸馏水稀释成供试浓度,随配随用。药剂供试浓度依据田间推荐剂量确定。各药剂有效成分含量、来源、供试浓度见表 1。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 杀虫剂对稻螟赤眼蜂成蜂的直接影响

##### 1.3.1.1 水稻喷雾法

参照 Hewa Kapuge 等报道的喷雾法<sup>[11]</sup>。用手动喷雾器喷雾拔节期水稻植株至叶面始有药液滴下。以喷蒸馏水作对照,每处理重复 4 次。喷雾处理后置于室内 (温度:20~30℃,相对湿度:50%~70%,自然光照),适时浇水。喷药当天 (0 d)、药后 2、4、7 d 分别从各处理植株上剪下长约 5 cm 稻叶 3 片,插入装有 1 cm 厚 4% 琼脂的指形管中,接入约 30 头稻螟赤眼蜂成蜂,用白布封口并放回培养箱 (饲养条件同上,下同) 中。处理 8 h 后检查各管成蜂数和死亡数,计算死亡率。

按上述方法另取各处理植株叶片插入指形管中,接入约 20 头稻螟赤眼蜂雌蜂 (经镜检),用白布封口并放至培养箱中,1 h 后去除管中死蜂并提供卵卡供活蜂寄生,24 h 后去除成蜂及叶片,120 h 后

检查每卡被寄生的卵粒数,计算每雌平均寄生卵粒数。

1.3.1.2 卵卡浸渍法

参照 Consoli 等<sup>[12]</sup>、Bastos 等<sup>[13]</sup> 和 Moura 等<sup>[14]</sup> 报道的卵卡浸渍法。将卵卡浸入药液中 5 s,取出晾干后装入指形管中,接入约 20 头稻螟赤眼蜂雌蜂(F<sub>0</sub>代),用黑布封口后放至培养箱中。以蒸馏水作对照,每处理重复 4 次。8 h 后检查每管中成蜂总数及死亡数,24 h 后去除活蜂,120 h 后检查被寄生的卵粒数。188 h 后始羽化出蜂(F<sub>1</sub>代),检查羽化数。计算 F<sub>0</sub> 代成蜂死亡率、F<sub>0</sub> 代每雌平均寄生卵粒数及 F<sub>1</sub> 代成蜂羽化率。

1.3.2 杀虫剂对稻螟赤眼蜂其他发育阶段的间接影响

每个指形管引入羽化 4~6 h 稻螟赤眼蜂成蜂约 120 头,放入卵卡供它们寄生 24 h 后去除成蜂。寄生 24、48、92、144 h(相应的发育阶段为卵、幼虫、预蛹、蛹)后,将卵卡剪成小块(1.5 cm × 2.5 cm),分别在供试药液中浸 5 s,取出晾干装入指形管中,用黑布封口后放入培养箱中至成蜂羽化完毕,检查成蜂羽化数。以蒸馏水作对照,每处理重复 4 次。

1.4 数据处理

试验数据采用 DPS 数据处理系统软件进行统计,计算均值及标准差,均值差异显著性通过 Duncan 新复极差法进行多重分析比较。为了将各类药剂对天敌的影响进行归类,本研究将药剂对稻螟赤眼蜂的安全性级别标准划分如下:级(基本没有不利影响),成蜂死亡率或羽化降低率或每头雌峰平均

寄生卵粒数降低率(下同) < 20%; 级(有一定程度的不利影响),成蜂死亡率或降低率为 21%~50%; 级(比较明显的不利影响),死亡率或降低率为 51%~80%; 级(极明显的不利影响),死亡率或降低率为 81%~100%。

2 结果与分析

2.1 杀虫剂对稻螟赤眼蜂成蜂的直接影响

2.1.1 水稻喷雾法

采用喷雾法测定了 11 种杀虫剂对稻螟赤眼蜂成蜂存活的直接影响。结果表明,噻嗪酮、虫酰肼、呋喃虫酰肼及氟铃脲对稻螟赤眼蜂成蜂存活基本没有不利影响(级),喷药当天、药后 2、4、7 d 稻叶接蜂 8 h 后的死亡率与对照差异不显著(表 2)。甲胺磷与甲维盐相似,喷药当天成蜂死亡率显著升高(级),8 h 死亡率分别为 81.3% 和 100%;药后 2 d 的影响较小,死亡率分别降为 19.1% 和 16.9%;药后 4 d 已与对照无显著差异。药后 0、2 d,吡虫啉对稻螟赤眼蜂成蜂存活有极明显不利影响(级),药后 4 d 比较明显(级),至药后 7 d 才基本没有不利影响。药后 0、2 d,氟虫腈、噻虫嗪、毒死蜱及三唑磷处理组稻螟赤眼蜂成蜂死亡率显著增加(级),几乎均为 100%;药后 7 d 三唑磷处理死亡率为 80.0%,其余药剂为 95.7%~98.9%(表 2)。

上述杀虫剂对稻螟赤眼蜂成蜂寄生能力的影响的测定结果表明,噻嗪酮、虫酰肼、呋喃虫酰肼及氟铃脲对寄生能力基本没有不利影响,每雌平均寄生卵粒数与对照差异不显著,喷药当天甲胺磷(级)、

表 2 杀虫剂喷雾对稻螟赤眼蜂成蜂存活的影响  
Table 2. Adult survival of *T. japonicum* by insecticide spraying.

处理 Treatment	8 h 累计死亡率			
	8 h accumulative mortality rate/%			
	喷药当天 0 d after insecticide application	喷药后 2 d 2 d after insecticide application	喷药后 4 d 4 d after insecticide application	喷药后 7 d 7 d after insecticide application
对照 Control	9.6 ± 3.0 c	6.3 ± 5.4 d	9.1 ± 4.3 c	5.3 ± 3.5 cd
噻嗪酮 Buprofezin	9.2 ± 4.4 c	7.7 ± 3.3 d	5.8 ± 4.1 c	2.9 ± 2.7 d
虫酰肼 Tebufenozide	8.6 ± 3.2 c	6.1 ± 1.9 d	10.0 ± 6.8 c	3.1 ± 3.9 d
呋喃虫酰肼 Furan Tebufenozide	8.1 ± 0.8 c	2.8 ± 2.2 d	8.6 ± 6.2 c	4.1 ± 0.8 d
氟铃脲 Hexaflumuron	7.7 ± 5.7 c	8.0 ± 5.1 d	7.9 ± 6.6 c	8.7 ± 5.3 cd
甲胺磷 Methamidophos	81.3 ± 14.5 b	19.1 ± 2.4 c	5.8 ± 2.6 c	9.0 ± 8.0 cd
甲维盐 Emamectin benzoate	100.0 ± 0.0 a	16.9 ± 4.6 c	7.5 ± 2.9 c	5.5 ± 1.4 cd
吡虫啉 Imidacloprid	95.4 ± 3.0 a	85.2 ± 5.1 b	63.2 ± 12.4 b	12.3 ± 4.6 c
三唑磷 Triazophos	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	92.6 ± 5.1 a	80.0 ± 12.4 b
毒死蜱 Chlorpyrifos	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	95.7 ± 3.1 a
噻虫嗪 Thiamethoxam	100.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a	99.7 ± 0.7 a	97.8 ± 1.0 a
氟虫腈 Fipronil	98.7 ± 2.7 a	100.0 ± 0.0 a	99.1 ± 1.9 a	98.9 ± 1.3 a

同列数值后跟有相同小写字母者表示 5% 水平上差异不显著。下同。

Data within a column followed by the same letters are not significantly different at 5% level. The same as in the tables below.

甲维盐(Ⅱ级)、吡虫啉(Ⅱ级)对雌蜂寄生有一定程度到比较明显的不利影响,药后 2、4、7 d 几乎均没有不利影响,毒死蜱和三唑磷分别到药后 4、7 d 才基本没有不利影响;氟虫腈在药后 0、2、4 d 有一定程度到明显的不利影响(Ⅲ~Ⅳ级),噻虫嗪对雌蜂寄生能力的影响最大(Ⅲ~Ⅳ级)(表 3、表 6)。

2.1.2 卵卡浸渍法

采用卵卡浸渍法测定各药剂对稻螟赤眼蜂成蜂存活和寄生能力影响的结果表明,噻嗪酮、虫酰肼、呋喃虫酰肼、氟铃脲等对 F<sub>0</sub> 代成蜂存活、寄生及 F<sub>1</sub> 代成蜂羽化基本没有不利影响(Ⅰ级)。毒死蜱、氟虫腈、三唑磷对 F<sub>0</sub> 代成蜂存活有明显的不良影响(Ⅲ级),死亡率均为 100%;对 F<sub>0</sub> 代成蜂的寄生能力及 F<sub>1</sub> 代成蜂羽化率也有明显的不良影响(Ⅲ~Ⅳ级)。甲胺磷处理后, F<sub>0</sub> 代成蜂的死亡率为

100%;每雌平均寄生卵粒数显著降低, F<sub>1</sub> 代成蜂羽化率也有一定程度的下降。甲维盐、噻虫嗪、吡虫啉对 F<sub>0</sub> 代成蜂存活、寄生及 F<sub>1</sub> 代成蜂羽化有不同程度的影响(表 4、表 6)。

2.2 杀虫剂对稻螟赤眼蜂其他虫态的间接影响

采用浸渍法处理被寄生的米蛾卵,测定了 13 种杀虫剂对稻螟赤眼蜂卵、幼虫、预蛹、蛹 4 个虫态生长发育的间接影响。结果表明,噻嗪酮、虫酰肼、呋喃虫酰肼对稻螟赤眼蜂 4 个发育阶段基本没有不利影响(Ⅰ级),成蜂羽化率达 81.4%~91.8%,与对照相比差异不显著;而氟铃脲对蛹基本没有不利影响,但对其他 3 个虫态的影响都很大,羽化率均小于 20%。卵期和蛹期稻螟赤眼蜂用甲维盐处理时,其羽化率与对照差异不显著,预蛹期处理时对羽化率稍有不利影响,幼虫期处理时对羽化率有一定程度

表 3 杀虫剂喷雾对稻螟赤眼蜂成蜂寄生能力的影响

Table 3. Effects of insecticides on parasitism capacity of *T. japonicum* by insecticide spraying.

处理 Treatment	每雌平均寄生卵粒数 Number of eggs parasitized by per female of <i>T. japonicum</i>			
	喷药当天 0 d after insecticide application	喷药后 2 d 2 d after insecticide application	喷药后 4 d 4 d after insecticide application	喷药后 7 d 7 d after insecticide application
	对照 Control	22.3 ± 3.8 a	24.3 ± 7.3 a	25.9 ± 6.4 ab
噻嗪酮 Buprofezin	21.5 ± 2.5 a	25.0 ± 1.5 a	28.7 ± 5.6 a	27.9 ± 3.4 a
虫酰肼 Tebufenozide	23.8 ± 5.0 a	23.8 ± 2.3 a	22.3 ± 2.5 abc	27.8 ± 5.8 a
呋喃虫酰肼 Furan Tebufenozide	23.2 ± 4.6 a	25.0 ± 7.2 a	24.9 ± 5.0 ab	27.7 ± 2.2 a
氟铃脲 Hexaflumuron	24.1 ± 2.5 a	23.1 ± 3.2 a	26.9 ± 7.2 ab	25.3 ± 7.7 a
甲维盐 Emamectin benzoate	9.6 ± 5.2 b	17.1 ± 3.5 ab	20.3 ± 4.8 abc	21.0 ± 7.0 a
噻虫嗪 Thiamethoxam	*	2.8 ± 4.2 d	11.1 ± 0.8 d	11.1 ± 4.4 b
甲胺磷 Methamidophos	13.3 ± 9.9 b	22.9 ± 4.2 a	26.7 ± 1.7 ab	28.8 ± 3.3 a
吡虫啉 Imidacloprid	9.2 ± 6.8 b	23.1 ± 5.2 a	27.4 ± 2.8 ab	28.5 ± 4.2 a
三唑磷 Triazophos	8.0 ± 6.5 bc	12.8 ± 5.6 bc	19.7 ± 3.0 bc	24.4 ± 6.5 a
氟虫腈 Fipronil	1.7 ± 2.1 c	7.0 ± 6.7 cd	16.0 ± 9.5 cd	25.3 ± 2.5 a
毒死蜱 Chlorpyrifos	*	6.9 ± 4.1 cd	20.8 ± 3.4 abc	25.7 ± 4.5 a

“\*”供试蜂全部死亡,未能进一步试验。

“\*”, No wasps alive for further observation.

表 4 寄主卵的杀虫剂浸渍法对稻螟赤眼蜂成蜂存活和寄生能力的影响

Table 4. Adult survival and parasitism capacity of *T. japonicum* as it was exposed to insecticide treated host eggs.

处理 Treatment	供试蜂数 Number of adults tested	8 h 累计死亡率 Accumulative mortality rate in 8 h/%	每雌平均寄生卵粒数 Number of parasitized eggs per female	F <sub>1</sub> 羽化率 F <sub>1</sub> emergence rate/%
对照 Control	73	6.9 ± 4.9 de	29.5 ± 4.3 a	93.3 ± 1.8 ab
噻嗪酮 Buprofezin	66	9.4 ± 3.8 de	29.5 ± 4.4 a	93.4 ± 0.1 ab
虫酰肼 Tebufenozide	66	5.5 ± 11.1 e	26.3 ± 8.3 ab	95.5 ± 1.2 a
呋喃虫酰肼 Furan Tebufenozide	73	4.1 ± 2.9 e	27.8 ± 3.4 a	90.9 ± 1.7 ab
氟铃脲 Hexaflumuron	79	4.4 ± 3.7 e	20.8 ± 3.2 b	91.6 ± 1.2 ab
甲维盐 Emamectin benzoate	72	15.7 ± 6.3 d	28.8 ± 2.4 a	83.7 ± 2.2 c
噻虫嗪 Thiamethoxam	58	51.4 ± 15.3 c	21.4 ± 2.4 b	86.6 ± 2.2 bc
甲胺磷 Methamidophos	98	100.0 ± 0.0 a	13.4 ± 2.6 c	80.4 ± 10.0 c
吡虫啉 Imidacloprid	89	60.4 ± 11.4 b	13.6 ± 5.6 c	26.9 ± 6.9 d
三唑磷 Triazophos	102	100.0 ± 0.0 a	7.8 ± 2.7 c	6.8 ± 9.4 e
氟虫腈 Fipronil	79	100.0 ± 0.0 a	11.3 ± 2.3 c	0.4 ± 0.5 f
毒死蜱 Chlorpyrifos	86	100.0 ± 0.0 a	0.2 ± 0.2 d	0.0 ± 0.0 f

表5 杀虫剂对稻螟赤眼蜂其他虫态的间接影响

Table 5 . Indirect effect of insecticides on *T. japonicum* at different developmental stages .

%

处理 Treatment	成蜂羽化率			
	Emergence rate (Mean ± SE)			
	卵 Egg	幼虫 Larva	预蛹 Prepupa	蛹 Pupa
对照 Control	88.9 ± 3.9 a	86.3 ± 4.2 b	88.1 ± 2.4 a	86.3 ± 4.4 ab
噻嗪酮 Buprofezin	86.2 ± 2.1 ab	84.7 ± 4.6 a	85.2 ± 7.2 a	81.4 ± 8.3 b
虫酰肼 Tebufenozide	82.6 ± 7.7 ab	80.5 ± 3.7 c	85.9 ± 3.2 a	84.6 ± 4.7 ab
呋喃虫酰肼 Furan Tebufenozide	88.2 ± 2.8 ab	91.8 ± 2.5 a	88.8 ± 2.0 a	90.3 ± 1.7 a
甲维盐 Emamectin benzoate	84.9 ± 3.2 ab	51.7 ± 6.5 d	75.2 ± 2.5 b	89.5 ± 2.2 a
噻虫嗪 Thiamethoxam	79.9 ± 5.5 b	17.7 ± 6.0 f	45.5 ± 1.9 c	51.7 ± 3.1 b
甲胺磷 Methamidophos	39.6 ± 6.9 c	26.0 ± 4.5 e	18.5 ± 15.6 d	25.0 ± 5.8 d
氟铃脲 Hexaflumuron	4.6 ± 4.4 de	0.7 ± 1.0 g	17.0 ± 2.4 d	86.4 ± 3.2 ab
吡虫啉 Imidacloprid	9.6 ± 3.2 d	1.3 ± 1.6 g	0.0 ± 0.0 e	2.3 ± 2.8 e
氟虫腓 Fipronil	0.4 ± 0.5 de	0.0 ± 0.0 g	0.0 ± 0.0 e	4.9 ± 4.7 e
三唑磷 Triazophos	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g	0.0 ± 0.0 e	0.7 ± 1.2 e
毒死蜱 Chlorpyrifos	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 e
异丙威 Isoprocard	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 e
敌敌畏 Dichlorvos	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 e

表6 杀虫剂对稻螟赤眼蜂各虫态的室内安全性评估分级

Table 6 . Laboratory safety classification of insecticides to *T. japonicum* at different developmental stages .

处理 Treatment	成蜂(水稻喷雾法) Adult (by spraying)				成蜂(卵卡浸渍法) Adult (host egg exposure)			卵 Egg	幼虫 Larva	预蛹 Prepupa	蛹 Pupa	
	存活 Survival				寄生能力 Parasitism capacity			成蜂羽化 Emergence				
	0 d	2 d	4 d	7 d	0 d	2 d	4 d					7 d
	F <sub>0</sub> 存活 survival	F <sub>0</sub> 寄生 parasitism	F <sub>1</sub> 羽化 emergence									
噻嗪酮 Buprofezin												
虫酰肼 Tebufenozide												
呋喃虫酰肼 Furan Tebufenozide												
氟铃脲 Hexaflumuron												
甲维盐 Emamectin benzoate												
噻虫嗪 Thiamethoxam			*									
甲胺磷 Methamidophos												
吡虫啉 Imidacloprid												
三唑磷 Triazophos												
氟虫腓 Fipronil												
毒死蜱 Chlorpyrifos			*									
敌敌畏 Dichlorvos												
异丙威 Isoprocard												

- 基本没有不利影响； - 有一定程度的不利影响； - 比较明显的不利影响； - 极明显的不利影响。“\*”供试蜂全部死亡,未能进一步试验；“ ”没有进行试验。

, Harmless ; , Slightly harmful ; , Moderately harmful ; , Harmful . “ \* ” , No wasps alive for further observation ; “ ” , Not running the experiments .

的不利影响( 级)。噻虫嗪对卵基本没有不利影响,而对其他3个虫态有一定程度到明显的不利影响( ~ 级)。甲胺磷对这4个虫态的不利影响比较明显,成蜂羽化率均较低,为18.5% ~ 39.6%。吡虫啉、三唑磷、氟虫腓、毒死蜱、异丙威、敌敌畏等6种药剂处理卵、幼虫、预蛹、蛹时,各处理羽化率小于10%,羽化率显著降低( 级)(表5 表6)。

### 3 讨论

根据本研究结果以及前人报道<sup>[9,15]</sup>,昆虫生长调节剂噻嗪酮、虫酰肼和呋喃虫酰肼对稻螟赤眼蜂是安全的,它们对成蜂存活、寄生及其他虫态均没有直接或间接的不利影响,所以使用这几种药剂防治

水稻害虫时,不会影响这种天敌对害虫自然控制作用的有效发挥。另一种昆虫生长调节剂氟铃脲对稻螟赤眼蜂成蜂和蛹没有不利影响,但对卵、幼虫、预蛹等寄生阶段影响较大。氟铃脲与上述3种同类药剂对天敌的安全性存在差异,原因尚不清楚,有待进一步研究。

综合13种药剂对稻螟赤眼蜂各虫态的影响,甲维盐、噻虫嗪、甲胺磷对其安全性属中等。噻虫嗪喷雾处理稻株后持续显著影响成蜂存活和寄生能力,推测与残留降解速率较慢有关。不同的用药方式对成蜂存活的影响程度不同,用甲维盐、噻虫嗪、甲胺磷处理当天的水稻叶片接虫后8h成蜂死亡率分别为100%、100%、81.3%,而当采用寄主卵卡浸渍法

时,8 h 后成蜂死亡率分别为 15.7%、51.4%、100%。这种差异可能与水稻和卵卡表面附着的药量、天敌接触药剂方式及接触的量不同有关。

吡虫啉、三唑磷、氟虫腈、毒死蜱等药剂对稻螟赤眼蜂各虫态的安全性均较差。虽然这几种药剂近年来已成为防治水稻害虫的主要品种,但是从保护天敌的角度出发,必须减少它们单独使用次数,选择与昆虫生长调节剂类药剂交替使用,同时还应尽量避免在水稻前期或中期稻螟赤眼蜂种群数量上升阶段使用,以避免造成对赤眼蜂的大量杀伤。

张桂芬等<sup>[9]</sup>曾在室内(25℃,光周期 14 h 光照 10 h 黑暗)用 100 mg/L 吡虫啉浸渍以甘蓝夜蛾为寄主的 4 个发育阶段的稻螟赤眼蜂 5 s,结果测得校正死亡率分别为 5.49%、11.11%、6.94% 和 1.97%。郭慧芳等<sup>[10]</sup>从田间采集被稻螟赤眼蜂寄生的三化螟卵卡,回室内(条件未知)浸入 50 mg/L 氟虫腈药液中 2 s,结果表明其杀伤力仅为 34.7%。虽然药剂供试浓度一样,但结果与本研究存在差异。除试验方法及试验条件不同外,寄主不同可能也是这种差异产生的原因,寄主卵壳结构、厚度有差异因而造成药剂渗透寄主卵壳的能力存在差别;卵内营养物质不同也会造成赤眼蜂种群间存在差异。Hewa Kapuge 等<sup>[11]</sup>在室内(25℃,光周期 16 h 光照 8 h 黑暗)将赤眼蜂 *Trichogramma nr. brassicae* 的卵和蛹浸入 52.5 mg/L 吡虫啉药液中 1~2 s,成虫羽化率均与对照无显著差异。这与本研究结果不一致。试验方法、试验条件、寄主、处理剂量及供试蜂种方面的差异是结果产生不一致的可能原因。Bull 和 Coleman<sup>[16]</sup>认为不同种赤眼蜂对药剂的敏感性存在差异,而且这种差异也随繁蜂用寄主的改变而有所改变。

吡虫啉、三唑磷、氟虫腈、毒死蜱、异丙威、敌敌畏处理内含稻螟赤眼蜂卵、幼虫、预蛹、蛹等虫态的寄主卵后,成蜂羽化率均极低,这可能与这些药剂渗透卵壳能力较强进而显著影响生长发育有关;也可能与成蜂羽化前咬破卵壳形成羽化孔时,接触药剂残留致死有关。本研究仅在室内测定了各种药剂对稻螟赤眼蜂的直接和间接影响。由于它在田间接触药剂的量及方式与室内不完全一致,寄主不同,环境条件也有差异,因此,从理论上讲还应进行相关的田间试验,以便更准确地评价杀虫剂对稻螟赤眼蜂的安全性。但田间试验在实际操作时要解决一系列问题,如:要明确这种天敌在当地的消长规律;要保证试验种群达到一定数量且发育进度尽可能一致;要

注意做好试验区域的隔离工作;同时还要全面调查药剂对天敌的直接和间接影响。因此,通过田间试验全面、客观地评价杀虫剂对稻螟赤眼蜂的影响仍有一定的难度。

谢辞:江苏省东海县植物保护站、吉林农业大学生物防治研究所张俊杰老师、广东省昆虫研究所韩诗畴教授先后提供试验材料,南京农业大学杨莲芳教授、孙长海副教授帮助鉴定赤眼蜂种,在此深表谢意!

#### 参考文献:

- [1] 贾海民,高占林,潘文亮,等. 20 种杀虫剂对七星瓢虫不同虫态的毒力测定. 昆虫天敌, 1999, 4(21): 160-163.
- [2] 周琳,张耀武,卢绍辉,等. 五种常用农药对黑色软蚧蚜小蜂的毒力测定. 河南林业科技, 2003, 23(3): 1-2.
- [3] 廖定喜,李学骝,庞雄飞,等. 中国经济昆虫志:第三十四册. 北京:科学出版社, 1987: 206.
- [4] 广东农林学院昆虫、植物化学保护教研组. 杀虫剂对害虫天敌的影响——害虫综合防治的一个重要问题. 昆虫知识, 1975 (4): 13-15.
- [5] 张纯胃,金莉芬,姜王森. 几种常用农药对稻田害虫主要寄生性天敌的毒效试验. 浙江农业科学, 1982(3): 142-146.
- [6] 吴亚,金翠霞,尹庆. 农药等环境因素影响稻田天敌寄生率的初步研究. 昆虫知识, 1984(5): 224-227.
- [7] 李开煌,许雄,李砚芬,等. 二十九种农药对稻螟赤眼蜂不同发育阶段的毒力测定. 昆虫天敌, 1986(3): 150-154.
- [8] 祝增荣,商晗武,程家安,等. 甲胺磷对稻纵卷叶螟及其天敌的影响. 植物保护, 2000, 26(4): 7-9.
- [9] 张桂芬,竹内傅昭,平井一男. 三种杀虫剂对稻螟赤眼蜂种群增长的影响. 植物保护学报, 1997, 24(2): 164-168.
- [10] 郭慧芳,方继朝,束兆林,等. 氟虫腈对水稻害虫的作用特点及应用. 植物保护学报, 2001, 28(3): 259-264.
- [11] Hewa Kapuge S, McDougall S, Hoffmann A A. Effects of methoxyfenozide, indoxacarb, and other insecticides on the beneficial egg parasitoid *Trichogramma nr. brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and field conditions. *J Econ Entomol*, 2003, 96(4): 1083-1090.
- [12] C õnsoli F L, Botelho P S M, Parra J R P. Selectivity of insecticides to the egg parasitoid *Trichogramma galli* Zucchi, 1988, (Hym., Trichogrammatidae). *J Appl Entomol*, 2001, 125: 37-43.
- [13] Bastos C S, de Almeida R P, Suinaga F A. Selectivity of pesticides used on cotton (*Gossypium hirsutum*) to *Trichogramma pretiosum* reared on two laboratory reared hosts. *Pest Manag Sci*, 2006, 62(1): 91-98.
- [14] Moura A P, Carvalho G A, Pereira A E, et al. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum*. *BioControl*, 2006, 51: 769-778.
- [15] 郭慧芳,方继朝,刘成社,等. 虫酰肼对水稻二化螟的拒食致死作用及田间效果. 农药学学报, 2001, 3(4): 41-47.
- [16] Bull D L, Coleman R J. Effects of pesticides on *Trichogramma* spp. *Southwest Entomol*, 1985, 8(suppl): 156-168.