

氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽捕食功能的影响

王 召, 杨 洪*, 金道超

(贵州大学昆虫研究所, 贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: 为协调褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 的化学防治和生物防治提供参考, 本研究采用稻茎浸渍法研究了氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) 捕食褐飞虱功能反应的影响。结果表明: 在氯虫苯甲酰胺的推荐剂量下, 黑肩绿盲蝽功能反应模型的结构没有改变, 但影响到了模型的各项参数。在推荐剂量下, 氯虫苯甲酰胺可降低黑肩绿盲蝽的瞬时攻击率 (a'); 药剂处理后黑肩绿盲蝽若虫对褐飞虱卵、1 龄若虫和 2 龄若虫的处理时间 (Th) 比对照分别增加 163.03%, 104.21% 和 95.11%, 而黑肩绿盲蝽成虫对它们的处理时间则分别增加 81.97%, 102.45% 和 99.52%; 药剂处理后黑肩绿盲蝽日最大捕食量 (Na^*) 降低, 其寻找效应 (S) 也减弱。研究表明氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽捕食作用存在着不良影响。

关键词: 黑肩绿盲蝽; 褐飞虱; 氯虫苯甲酰胺; 捕食作用; 功能反应; 寻找效应

中图分类号: Q968.1 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2012)05-0618-07

Effects of chlorantraniliprole on predatory capacity of *Cyrtorhinus lividipennis* (Hemiptera: Miridae)

WANG Zhao, YANG Hong*, JIN Dao-Chao (Guizhou Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Institute of Entomology, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Aimed to provide a reference to the chemical and biological control of *Nilaparvata lugens* (Stål), the effects of the chlorantraniliprole on the functional response of *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) preying on *N. lugens* were studied with rice stem dipping method. The results revealed that the functional response models of *C. lividipennis* preying on *N. lugens* all conformed to Holling's type II curve after *C. lividipennis* were pretreated with the labeled dose of chlorantraniliprole (LDC). However, the parameters in the models had some changes. The instantaneous attacking rate (a') of *C. lividipennis* pretreated with the insecticide declined. The handling time (Th) on eggs, 1st instar nymphs and 2nd instar nymphs of *N. lugens* by *C. lividipennis* nymphs pretreated with LDC was extended by 163.03%, 104.21% and 95.11%, and 81.97%, 102.45% and 99.52% by *C. lividipennis* adults pretreated with LDC, respectively. The maximal predatory capacities (Na^*) of *C. lividipennis* pretreated with the insecticide reduced. The searching efficiency (S) of *C. lividipennis* pretreated with LDC reduced as compared to that of untreated predators. These results suggest that chlorantraniliprole at labeled dose has harmful influence on the predation of *C. lividipennis*.

Key words: *Cyrtorhinus lividipennis*; *Nilaparvata lugens*; chlorantraniliprole; predation; functional response; searching efficiency

氯虫苯甲酰胺 (chlorantraniliprole) 是美国杜邦公司开发的含邻甲酰胺基苯甲酰胺类化学结构的新型广谱杀虫剂, 其杀虫活性以胃毒为主, 兼具一定的触杀作用, 具有良好的内吸性和渗透性 (Lahm *et al.*, 2005; Cordova *et al.*, 2006; Nauen, 2006; Brugger *et al.*, 2010)。其作用机制主要是诱导昆虫

鱼尼丁受体 (ryanodine receptor, RyR) 的活化, 导致昆虫细胞内源钙离子无节制的释放, 致使害虫拒食、乏力、肌肉瘫痪, 最终死亡 (Lahm *et al.*, 2007)。该药剂对鳞翅目害虫具有高效的杀虫活性, 对其他害虫, 如某些鞘翅目、双翅目、半翅目和同翅目害虫也可有效防治 (Sattelle *et al.*, 2008;

基金项目: “973”计划前期研究专项(2009CB125908); 贵州省农业科技攻关项目(黔科合 NY 字[2010]3064); 贵州省教育厅自然科学研究项目(黔教 2010011); 贵州大学研究生创新基金项目(2011001)

作者简介: 王召, 男, 1984 年生, 河北永年人, 硕士研究生, 主要从事害虫综合治理研究, E-mail: hdwangzhao@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: agr. hyang@ gzu. edu. cn

收稿日期 Received: 2011-11-01; 接受日期 Accepted: 2012-04-11

Lahm et al., 2009), 且对非靶标生物如哺乳动物、鸟类、鱼类与微生物以及许多非靶标节肢动物毒性极低(Lahm et al., 2009; Barbee et al., 2010)。近两年来, 氯虫苯甲酰胺已广泛用于多种害虫的防治。

黑肩绿盲蝽 *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) 是水稻害虫褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 的重要捕食性天敌, 主要捕食褐飞虱卵, 也可捕食褐飞虱低龄若虫, 在褐飞虱种群自然控制过程中起着重要作用(陈建明等, 1992)。长期以来, 化学防治一直是防治水稻害虫的主要措施之一, 但在使用化学农药防治水稻害虫时, 也必然对同一生境中的天敌黑肩绿盲蝽产生一定的影响, 如致死效应和亚致死效应。近年来关于杀虫剂对黑肩绿盲蝽的影响有一些报道, 如孙定炜等(2008)和赵学平等(2008)分别在室内测定了不同杀虫剂对黑肩绿盲蝽的毒力, 表明氟虫腈、噻虫嗪、异丙威和吡虫啉对黑肩绿盲蝽有较高的杀伤性; 刘芳等(2009)采用稻茎浸渍法获得的测定结果表明, 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽属于安全级别; 田间施用氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽种群数量影响也不大(李清, 2010)。即使氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽是安全的, 该药剂对其活动能力、捕食量、搜索行为等是否存在不利影响, 目前尚未见有关报道。农药对捕食性天敌的捕食作用的影响是以虫治虫研究的重要内容, 是准确评价农药对天敌影响的重要因子。因此, 本试验拟研究新型杀虫剂氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽捕食功能的影响, 以评估该杀虫剂对黑肩绿盲蝽的安全程度, 为合理使用该药、协调褐飞虱的化学防治和生物防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 试虫: 褐飞虱于 2009 年 8-9 月采自贵阳市花溪区周边水稻田, 在室内不接触药剂的情况下以‘金优 431’稻苗饲养繁殖多代备用。黑肩绿盲蝽于 2010 年 9 月采自贵州省思南县塘头镇的系统调查田, 在养虫室内用褐飞虱卵饲养, 供试虫为大小一致的 3 龄若虫和成虫。饲养温度为 $28 \pm 2^\circ\text{C}$, 光周期 16L:8D, 相对湿度为 $60\% \pm 10\%$ 。

1.1.2 杀虫剂: 20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂, 美国杜邦公司生产。

1.2 试验方法

1.2.1 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽的毒力测定:

参考孙定炜等(2008)报道的稻茎浸渍法和杀虫剂安全性评价等级。连根拔出分蘖期的‘金优 431’无虫稻株, 洗净, 剪成约 15 cm 长的连根稻茎, 2 株 1 组, 于阴凉处晾至表面无水痕。用蒸馏水将供试药剂等比稀释成 5 个系列浓度, 将稻茎分别在不同浓度的药液中浸泡 30 s, 以蒸馏水为对照, 每处理重复 5 次。取出后晾干, 以浸湿的脱脂棉包住根部放入试管中(内径 3 cm, 长 20 cm), 然后再向管中吸取黑肩绿盲蝽 3 龄中期若虫(或成虫)10 头和褐飞虱 1-2 龄若虫 100 头。最后将试虫置于 $28 \pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 5\%$, 光周期 16L:8D 的人工气候箱中, 72 h 后检查试虫的死亡情况。用 LC_{50} 值范围评价杀虫剂对黑肩绿盲蝽的安全性等级, I 级: 安全, $LC_{50} > 100 \text{ mg a. i. /L}$; II 级: 比较安全, $50 < LC_{50} < 100 \text{ mg a. i. /L}$; III 级: 较不安全, $1 < LC_{50} < 50 \text{ mg a. i. /L}$; IV 级: 不安全, $LC_{50} < 1 \text{ mg a. i. /L}$ 。

1.2.2 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽捕食功能影响: 参考黑肩绿盲蝽毒力测定的结果, 以推荐剂量(40 mg/L)处理黑肩绿盲蝽 3 龄若虫和成虫, 方法同 1.2.1, 但此处理过程中不加入褐飞虱, 以使黑肩绿盲蝽处于饥饿状态, 24 h 后挑取存活的测定其捕食功能。试验在内径为 3 cm, 长 20 cm 的试管内进行。分别取褐飞虱卵、1 龄若虫和 2 龄若虫作为猎物, 猎物密度设为每管 20, 30, 40, 50, 70 和 90 粒(头)。每管接入处理过的黑肩绿盲蝽 1 头, 重复 5 次, 以清水作为对照。处理后置于 $28 \pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 5\%$, 光周期 16L:8D 的人工气候箱中, 24 h 后检查各处理被捕食猎物, 统计捕食量并用 Holling (1959) 圆盘方程进行功能反应拟合。

1.2.3 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽寻找效应的影响: 根据 Holling (1959) 方法进行估算, 计算公式为:

$$S = \frac{a'}{1 + a' \times Th \times N_0}$$

其中, S 为寻找效应, a' 为瞬时攻击率, Th 为天敌处理猎物的时间, N_0 为猎物密度。

1.3 数据统计与分析

所有数据的统计分析均采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件进行。

2 结果与分析

2.1 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽的毒力

氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽的毒力测定结果见表 1。氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽的 3 龄若虫和成

虫 72 h 的 LC_{50} 分别为 83.5238 和 64.3232 mg/L, 根据孙定炜等(2008)的判定标准, 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽是比较安全的。氯虫苯甲酰胺 LC_{10} 仍

大于其在田间推荐使用剂量(40 mg/L), 故以田间推荐剂量为标准, 研究氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽捕食功能影响。

表 1 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽的毒力测定
Table 1 The toxicity of chlorantraniliprole to *Cyrtorhinus lividipennis*

虫龄 Developmental stage	回归方程 Regression equation	相关系数 r Correlation coefficient	LC_{50} (mg/L) 95% CL	LC_{10} (mg/L) 95% CL	LC_{25} (mg/L) 95% CL
3 龄若虫 3rd instar nymph	$Y = 9.5171X - 18.2902$	0.9940	83.5238 (78.8169 - 88.1323)	61.2566 (53.6117 - 66.6771)	70.9478 (64.8006 - 75.5660)
成虫 Adult	$Y = 5.8850X - 10.6422$	0.9839	64.3232 (59.3405 - 69.5121)	38.9583 (32.6403 - 43.9318)	49.4032 (43.7847 - 54.0229)

2.2 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽捕食量的影响

在药剂处理后不同猎物密度下黑肩绿盲蝽的捕食量测定结果详见表 2 和表 3。所有处理在各猎物密度的捕食量都低于对照的捕食量, 除了在猎物密度为 20 粒或头/管的情况下处理组与对照组的捕食量差异不显著外, 其他各猎物密度下处理组与对照组的捕食量均达到差异显著水平。由捕食量与猎物密度的关系可以看出, 不论是否使用药剂处理, 黑肩绿盲蝽的捕食量均随着猎物密度增加而增加, 当猎物密度高于 70 粒或头/管时, 捕食量变化趋于平缓。

2.3 氯虫苯甲酰胺处理黑肩绿盲蝽对褐飞虱捕食功能反应模型参数的影响

实验结果(表 4 和表 5)表明。氯虫苯甲酰胺推荐剂量处理后, 黑肩绿盲蝽对褐飞虱的功能反应模

型的结构没有改变, 只是模型参数发生了变化。药剂处理后黑肩绿盲蝽对猎物的瞬时攻击率有不同程度的减小; 与对照相比, 药剂处理后黑肩绿盲蝽若虫对褐飞虱卵、1 龄和 2 龄若虫的处理时间分别增加 163.03%, 104.21% 和 95.11%, 而黑肩绿盲蝽成虫对它们的处理时间则分别增加 81.97%, 102.45% 和 99.52%; 从理论日最大捕食量($N_a^* = 1/Th$)来看, 药剂处理后其若虫对褐飞虱卵、1 龄和 2 龄若虫的日最大捕食量分别降低 62.03%, 50.95% 和 48.65%, 而其成虫对它们的日最大捕食量则分别降低 45.12%, 50.57% 和 49.90%。氯虫苯甲酰胺以推荐剂量处理后, 模型的参数有所变化, 说明黑肩绿盲蝽对褐飞虱的捕食功能受到了不同程度的影响, 且影响结果与猎物虫态有关。

表 2 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽若虫捕食量的影响

Table 2 Effects of chlorantraniliprole on the predatory capacities of *Cyrtorhinus lividipennis* nymphs

处理 Treatments	猎物虫态 Developmental stage of prey	猎物密度(粒或头/管) Prey density (number of eggs or individuals/tube)					
		20	30	40	50	70	90
LDC	卵	11.80 ± 1.07 a	14.60 ± 1.08 a	17.80 ± 1.50 a	20.40 ± 1.21 a	21.20 ± 1.66 a	22.00 ± 1.38 a
CK	Egg	15.20 ± 0.66 b	26.40 ± 0.93 b	28.40 ± 0.93 b	33.60 ± 1.36 b	36.80 ± 1.50 b	37.20 ± 0.86 b
LDC	1 龄若虫	10.80 ± 0.86 a	13.00 ± 1.14 a	16.00 ± 1.64 a	17.60 ± 1.33 a	18.40 ± 1.08 a	18.60 ± 1.63 a
CK	1st instar nymph	13.40 ± 1.08 a	23.20 ± 1.28 b	25.00 ± 1.10 b	26.40 ± 1.17 b	28.20 ± 1.28 b	29.00 ± 0.71 b
LDC	2 龄若虫	9.80 ± 0.74 a	12.40 ± 0.68 a	14.60 ± 1.08 a	15.00 ± 0.71 a	16.40 ± 1.21 a	17.20 ± 0.66 a
CK	2nd instar nymph	13.20 ± 1.16 b	19.00 ± 1.10 b	23.20 ± 1.07 b	25.00 ± 1.00 b	26.20 ± 0.97 b	26.40 ± 1.36 b

LDC: 使用氯虫苯甲酰胺推荐剂量处理 Treatment with the recommended dosages of chlorantraniliprole; CK: 清水对照 Water. 表中所列数据为平均值 ± 标准误, 同列中同一龄期数据后的不同字母表示经独立样本 t 检验 LDC 与 CK 间在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。Data in table are mean ± SE, and those of the same developmental stage of prey with different letters in the same column are significantly different between LCD and CK at $P < 0.05$ level by Independent Samples t Test. 下表同 The same for the following tables.

表 3 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽成虫捕食量的影响
Table 3 Effects of chlorantraniliprole on the predatory capacities of *Cyrtorhinus lividipennis* adults

处理 Treatments	猎物虫态 Developmental stage of prey	猎物密度(粒或头/管) Prey density (number of eggs or individuals/tube)					
		20	30	40	50	70	90
LDC	卵	13.60 ± 1.29 a	17.20 ± 1.28 a	22.80 ± 1.39 a	25.40 ± 2.21 a	26.20 ± 1.66 a	27.80 ± 1.88 a
CK	Egg	15.80 ± 0.86 a	26.40 ± 0.51 b	29.20 ± 0.86 b	34.80 ± 0.86 b	37.00 ± 0.95 b	37.80 ± 1.02 b
LDC	1 龄若虫	11.40 ± 0.81 a	16.00 ± 1.41 a	18.20 ± 1.20 a	19.60 ± 1.21 a	20.40 ± 1.33 a	20.60 ± 1.08 a
CK	1st instar nymph	14.40 ± 0.75 a	23.80 ± 1.28 b	28.80 ± 1.36 b	29.40 ± 1.08 b	30.80 ± 1.07 b	31.60 ± 1.08 b
LDC	2 龄若虫	10.20 ± 1.24 a	13.00 ± 1.14 a	14.80 ± 0.97 a	15.20 ± 1.07 a	17.80 ± 0.86 a	18.20 ± 0.97 a
CK	2nd instar nymph	13.60 ± 0.81 a	21.40 ± 0.93 b	24.40 ± 0.93 b	26.80 ± 1.07 b	27.40 ± 1.03 b	27.60 ± 1.08 b

表 4 氯虫苯甲酰胺处理黑肩绿盲蝽若虫对褐飞虱捕食功能反应参数及数学模型
Table 4 Functional response parameters and mathematical models of *Cyrtorhinus lividipennis* nymphs treated with chlorantraniliprole against *Nilaparvata lugens*

处理 Treatments	猎物虫态 Developmental stage of prey	模拟方程 Simulation equations	相关系数 Correlation coefficient <i>r</i>	日最大捕食量 Maximal daily number of preyed <i>N. lugens</i> N_a^*	处理时间 Handling time T_h	瞬时攻击率 Instantaneous attacking rate a'
LDC	卵 Egg	$N_a = \frac{0.9407 \times N_0}{1 + 0.9407 \times 0.0313N_0}$	0.9895	31.9	0.0313	0.9407
	1 龄若虫 1st instar nymph	$N_a = \frac{0.9351 \times N_0}{1 + 0.9351 \times 0.0388N_0}$	0.9848	25.8	0.0388	0.9351
	2 龄若虫 2nd instar nymph	$N_a = \frac{0.8856 \times N_0}{1 + 0.8856 \times 0.0439N_0}$	0.9922	22.8	0.0439	0.8856
CK	卵 Egg	$N_a = \frac{1.0161 \times N_0}{1 + 1.0161 \times 0.0119N_0}$	0.9569	84.0	0.0119	1.0161
	1 龄若虫 1st instar nymph	$N_a = \frac{1.0132 \times N_0}{1 + 1.0132 \times 0.0190N_0}$	0.9296	52.6	0.0190	1.0132
	2 龄若虫 2nd instar nymph	$N_a = \frac{1.0059 \times N_0}{1 + 1.0059 \times 0.0225N_0}$	0.9688	44.4	0.0225	1.0059

2.4 氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽寻找效应的影响

从表 6 和表 7 可以看出, 猎物(褐飞虱卵、1 龄和 2 龄若虫)密度越小的处理黑肩绿盲蝽的寻找效应(*S*)越高, 随着猎物密度的增加其寻找效应逐渐降低。经药剂处理后的黑肩绿盲蝽对猎物的寻找效应均低于对照, 这表明未施药的黑肩绿盲蝽对猎物的搜索活力强, 受药剂处理的试虫搜索能力下降, 以各处理寻找效应最高(当猎物密度为 20 粒或头/管)时进行比较, 黑肩绿盲蝽若虫对褐飞虱卵、1 龄和 2 龄若虫的寻找效应分别比对照降低 27.63%, 25.92% 和 28.06%, 黑肩绿盲蝽成虫对褐飞虱卵、1 龄和 2 龄若虫的寻找效应分别比对照降低

18.80%, 23.59% 和 21.42%。

3 讨论

在水稻害虫的综合治理中, 人们已经意识到化学农药带来的不利影响, 逐渐开始重视保护和利用自然天敌来防治害虫, 那么如何协调化学防治和生物防治关系非常重要。稻田施药以后, 捕食性天敌黑肩绿盲蝽因爬行于喷施药剂的叶面而接触到杀虫剂, 所以本研究中采用稻茎浸渍法的给药方式以模拟天敌所处的实际环境。

表 5 氯虫苯甲酰胺处理黑肩绿盲蝽成虫对褐飞虱捕食功能反应参数及数学模型

Table 5 Functional response parameters and mathematical models of *Cyrtorhinus lividipennis* adults treated with chlorantraniliprole against *Nilaparvata lugens*

处理 Treatments	猎物虫态 Developmental stage of prey	模拟方程 Simulation equations	相关系数 Correlation coefficient r	日最大捕食量 Maximal daily number of preyed <i>N. lugens</i> N_a^*	处理时间 Handling time T_h	瞬时攻击率 Instantaneous attacking rate a'
LDC	卵 Egg	$N_a = \frac{0.9877 \times N_0}{1 + 0.9877 \times 0.0222N_0}$	0.9830	45.0	0.0222	0.9877
	1 龄若虫 1st instar nymph	$N_a = \frac{0.9860 \times N_0}{1 + 0.9860 \times 0.0330N_0}$	0.9675	30.3	0.0330	0.9860
	2 龄若虫 2nd instar nymph	$N_a = \frac{0.9011 \times N_0}{1 + 0.9011 \times 0.0415N_0}$	0.9987	24.1	0.0415	0.9011
CK	卵 Eggs	$N_a = \frac{1.0654 \times N_0}{1 + 1.0654 \times 0.0122N_0}$	0.9621	82.0	0.0122	1.0654
	1 龄若虫 1st instar nymph	$N_a = \frac{1.0491 \times N_0}{1 + 1.0491 \times 0.0163N_0}$	0.9381	61.3	0.0163	1.0491
	2 龄若虫 2nd instar nymph	$N_a = \frac{1.0477 \times N_0}{1 + 1.0477 \times 0.0208N_0}$	0.9470	48.1	0.0208	1.0477

表 6 氯虫苯甲酰胺作用下黑肩绿盲蝽若虫寻找效应与猎物密度的关系

Table 6 Relationship between searching efficiency and prey density of *Cyrtorhinus lividipennis* nymphs under the treatment of chlorantraniliprole

处理 Treatments	猎物虫态 Developmental stage of prey	猎物密度 (粒或头/管) Prey density (number of eggs or individuals/tube)					
		20	30	40	50	70	90
LDC	卵 Egg	0.5921	0.4995	0.4320	0.3805	0.3073	0.2577
CK	Egg	0.8182	0.7456	0.6849	0.6333	0.5503	0.4866
LDC	1 龄若虫 1st instar nymph	0.5419	0.4477	0.3815	0.3323	0.2642	0.2192
CK	1st instar nymph	0.7315	0.6423	0.5724	0.516	0.4316	0.3708
LDC	2 龄若虫 2nd instar nymph	0.4982	0.4088	0.3466	0.3008	0.2380	0.1968
CK	2nd instar nymph	0.6925	0.5991	0.5279	0.4719	0.3892	0.3312

表 7 氯虫苯甲酰胺作用下黑肩绿盲蝽成虫寻找效应与猎物密度的关系

Table 7 Relationship between searching efficiency and prey density of *Cyrtorhinus lividipennis* adults under the treatment of chlorantraniliprole

处理 Treatments	猎物虫态 Developmental stage of prey	猎物密度 (粒或头/管) Prey density (number of eggs or individuals/tube)					
		20	30	40	50	70	90
LDC	卵 Egg	0.6866	0.5958	0.5262	0.4712	0.3896	0.3322
CK	Egg	0.8456	0.7665	0.7010	0.6457	0.5578	0.4910
LDC	1 龄若虫 1st instar nymph	0.5973	0.4990	0.4284	0.3753	0.3008	0.2510
CK	1st instar nymph	0.7817	0.6934	0.6230	0.5655	0.4775	0.4132
LDC	2 龄若虫 2nd instar nymph	0.5155	0.4247	0.3610	0.3140	0.2491	0.2064
CK	2nd instar nymph	0.7297	0.6335	0.5598	0.5014	0.4149	0.3538

为评估氯虫苯甲酰胺对稻田天敌的安全性, 本实验在室内测定了氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽的毒力, 结果表明氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽是比较安全的, 这与刘芳等(2009)及李清(2010)的研究结果一致。氯虫苯甲酰胺是一种高效的、选择性的昆虫鱼尼丁受体激活剂, 而不同种类的昆虫肌肉细胞中都存在大量的 RyR 位点(Lehmborg and Casida, 1994; Jefferies *et al.*, 1997; Schmitt *et al.*, 1997)。已有研究表明, 氯虫苯甲酰胺只作用于昆虫 RyR(Cordova *et al.*, 2007)。本研究结果表明氯虫苯甲酰胺对天敌黑肩绿盲蝽是比较安全的, 但是黑肩绿盲蝽同样属于昆虫, 是否它们的 RyR 之间存在结构性差异? 抑或该药快速渗透进入植物组织而少存于叶面? 为了阐明这个问题, 需要从分子水平深入研究不同类昆虫 RyR 结构和功能。另外, 本研究所采用的实验方法是稻茎浸渍法, 当在试管中放入用药剂处理的稻茎, 再接入黑肩绿盲蝽, 这样黑肩绿盲蝽也有可能受到药剂的趋避作用而停留在试管壁, 接触到药剂的机会减少, 这也可能是氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽比较安全的一个原因。

受到环境条件的影响, 捕食者的功能反应类型或参数可能发生改变。本研究结果表明, 经氯虫苯甲酰胺田间推荐剂量处理后, 黑肩绿盲蝽捕食功能反应模型的结构没有改变, 仍属于 Holling II 型, 这与王智等(2006)对拟环纹豹蛛 *Pardosa pseudoannulata* 的研究结果类似, 而与李定旭等(2007)研究毒死蜱和阿维菌素推荐剂量和半推荐剂量对塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii* Prisener 捕食功能反应的影响所得结论不同。在功能反应中, 日最大捕食量(N_a^*)、瞬时攻击率(a')和处理时间(Th)是反映捕食作用大小的重要尺度, N_a^* 和 a' 值越大, Th 值越小, 表明天敌对猎物的捕食潜能越强(Holling, 1959)。本研究结果表明, 与对照相比, 在氯虫苯甲酰胺田间推荐剂量下, 黑肩绿盲蝽日最大捕食量和瞬时攻击率均降低, 而处理时间延长, 说明氯虫苯甲酰胺可减弱黑肩绿盲蝽对褐飞虱的捕食能力。Poletti 等(2007)也发现吡虫啉可导致捕食螨 *Neoseiulus californicus* 和 *Phytoseiulus macropilis* 对猎物的瞬时攻击率减小, 处理猎物的时间延长。另外, 药剂处理后黑肩绿盲蝽行动迟缓, 加之猎物褐飞虱未用药剂处理, 逃避能力相对较强, 这可能是黑肩绿盲蝽对褐飞虱若虫捕食功能减弱的一个原因。

寻找效应是捕食者在捕食猎物过程中对猎物攻

击的一种行为效应(丁岩钦, 1994)。从研究结果可知, 经药剂处理后的黑肩绿盲蝽对猎物的寻找效应均随着猎物密度的增大而降低, 而黑肩绿盲蝽成虫的寻找效应比其若虫要强, 可见, 天敌的寻找效应跟其龄期大小也有一定的关系。王小艺和沈佐锐(2002)测定吡虫啉、鱼藤酮、氰戊菊酯和阿维菌素 4 种杀虫剂亚致死剂量对异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas) 捕食功能反应时也发现异色瓢虫的寻找效应减弱的现象。

本试验仅研究了氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽捕食功能反应的影响, 未考虑该药剂对黑肩绿盲蝽生长发育、繁殖等方面的影响。因为杀虫剂对天敌昆虫的影响是复杂的, 所以在评价某一种杀虫剂对天敌昆虫是否安全, 还需做更全面而深入的探讨, 从而为制定正确的水稻害虫综合治理(integrated pest management, IPM) 计划, 推动 IPM 的发展提供一定的借鉴。

参考文献 (References)

- Barbee GC, McClain WR, Lanka SK, Stout MJ, 2010. Acute toxicity of chlorantraniliprole to non-target crayfish (*Procambarus clarkii*) associated with rice-crayfish cropping systems. *Pest Manag. Sci.*, 66: 996 - 1001.
- Brugger KE, Cole PG, Newman IC, Parker N, Scholz B, Suvagia P, Walker G, Hammond TG, 2010. Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. *Pest Manag. Sci.*, 66: 1075 - 1081.
- Chen JM, Cheng JA, He JH, 1992. A review of *Cyrtolobus lividipennis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae) at home and abroad. *Entomology Knowledge*, 29(6): 370 - 373. [陈建明, 程家安, 何俊华, 1992. 黑肩绿盲蝽的国内外研究概况. *昆虫知识*, 29(6): 370 - 373]
- Cordova D, Benner EA, Sacher MD, Rauh JJ, Sopa JS, Lahm GP, Selby TP, Stevenson TM, Flexner L, Caspar T, Raghianti JJ, Gutteridge S, Rhoades DF, Wu L, Smith RM, Tao Y, 2007. Elucidation of the mode of action of ryanoxpyrTM, a selective ryanodine receptor activator. In: Ohkawa H, Miyagawa H, Lee PW eds. *Pesticide Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim. 121 - 126.
- Cordova D, Benner EA, Sacher MD, Rauh JJ, Sopa JS, Lahm GP, Selby TP, Stevenson TM, Flexner L, Gutteridge S, Rhoades DF, Wu L, Smith RM, Tao Y, 2006. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 84: 196 - 214.
- Ding YQ, 1994. *Mathematical Ecology of Insects*. Science Press, Beijing. 303 - 304. [丁岩钦, 1994. *昆虫数学生态学*. 北京: 科学出版社. 303 - 304]
- Holling CS, 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canada Entomologist*, 91: 385 - 398.
- Jefferies PR, Yu P, Casida JE, 1997. Structure modifications increase the insecticidal activity of ryanodine. *Pestic. Sci.*, 51: 33 - 38.

- Lahm GP, Cordova D, Barry JD, 2009. New and selective ryanodine receptor activators for insect control. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 17: 4127 – 4133.
- Lahm GP, Selby TP, Freudenberger JH, Stevenson TM, Myers BJ, Seburyamo G, Smith BK, Flexner L, Clark CE, Cordova D, 2005. Insecticidal anthranilic diamides: a new class of potent ryanodine receptor activators. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 15: 4898 – 4906.
- Lahm GP, Stevenson TM, Selby TP, Freudenberger JH, Cordova D, Flexner L, Bellin CA, Dubas CM, Smith BK, Hughes KA, Hollingshaus JG, Clark CE, Benner EA, 2007. Rynaxypyr™: a new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 17: 6274 – 6279.
- Lehmberg E, Casida JE, 1994. Similarity of insect and mammalian ryanodine binding sites. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 48: 145 – 152.
- Li DX, Tian J, Shen ZR, 2007. Influence of chlorpyrifos and anamectin on the functional response of *Scolothrips takahashii* Prisenner to hawthorn spider mite *Tetranychus viennensis* Zacher. *Acta Entomologica Sinica*, 50(5): 467 – 473. [李定旭, 田娟, 沈佐锐, 2007. 毒死蜱和阿维菌素对塔六点蓟马功能反应的影响. 昆虫学报, 50(5): 467 – 473]
- Li Q, 2010. Safety Studies of Chlorantraniliprole on Main Predatory Natural Enemies in Double-Cropping Paddy Fields. MSc Thesis, Hunan Agricultural University, Changsha. [李清, 2010. 氯虫苯甲酰胺等药剂对双季水稻主要捕食性天敌影响研究. 长沙: 湖南农业大学硕士学位论文]
- Liu F, Xi BG, Bao SW, Zhang Q, Qin JX, Shi XM, Jiang T, Zhao JL, 2009. Control effectiveness of chlorantraniliprole on *Cnaphalocrocis medinalis* and evaluation of its safety to beneficial arthropods in the rice fields. *Plant Protection*, 35(5): 139 – 143. [刘芳, 奚本贵, 包善微, 张桥, 秦吉祥, 石细敏, 江涛, 赵俊玲, 2009. 氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟的防效及对稻田有益节肢动物的安全性评价. 植物保护, 35(5): 139 – 143]
- Nauen R, 2006. Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. *Pest Manag. Sci.*, 62: 690 – 692.
- Poletti M, Maia AHN, Omoto C, 2007. Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*, 40: 30 – 36.
- Sattelle DB, Cordova D, Cheek TR, 2008. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. *Invert. Neurosci.*, 8: 107 – 119.
- Schmitt M, Turberg A, Londershausen M, 1997. Characterization of a ryanodine receptor in *Periplaneta americana*. *J. Recept. Signal Transduct. Res.*, 17(123): 185 – 197.
- Sun DW, Su JY, Shen JL, Xu JT, 2008. Safety evaluation of insecticides to *Cyrtorhinus lividipennis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae), a predator of *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Scientia Agricultura Sinica*, 41(7): 1995 – 2002. [孙定炜, 苏建亚, 沈晋良, 徐建陶, 2008. 杀虫剂对褐飞虱捕食性天敌黑肩绿盲蝽的安全性评价. 中国农业科学, 41(7): 1995 – 2002]
- Wang XY, Shen ZR, 2002. Effects of sublethal doses of insecticides on predation of multicolored Asian ladybird *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta Ecologica Sinica*, 22(12): 2278 – 2284. [王小艺, 沈佐锐, 2002. 亚致死剂量杀虫剂对异色瓢虫捕食作用的影响. 生态学报, 22(12): 2278 – 2284]
- Wang Z, Song DX, Zhu MS, 2006. Functional response and searching behavior to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* by the wolf spider, *Pardosa pseudoannulata* under low-dose chemical pesticides. *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 295 – 301. [王智, 宋大祥, 朱明生, 2006. 低剂量农药作用下拟环纹豹蛛对褐飞虱的功能反应及搜寻行为. 昆虫学报, 49(2): 295 – 301]
- Zhao XP, Yu RX, Cang T, Chen LP, Wu SG, Wu CX, Gu XH, 2008. Effect of *Nilaparvata lugens* and *Cyrtorhinus lividipennis* Reuter to insecticide. *Agrochemicals*, 47(1): 74 – 76. [赵学平, 俞瑞鲜, 苍涛, 陈丽萍, 吴声敢, 吴长兴, 顾秀慧, 2008. 不同农药对褐飞虱及其天敌黑肩绿盲蝽的影响. 农药, 47(1): 74 – 76]

(责任编辑: 武晓颖)