

几种杀虫剂对拟水狼蛛捕食功能的影响*

吴进才 徐建祥 李国生

(扬州大学农学院植保系 扬州 225009)

程週年

(南京农业大学植保系 南京 210014)

雍德本

(江苏省句容市植保站 句容 212400)

摘要 研究了稻田常用杀虫剂杀虫双、甲胺磷、扑虱灵 3 种农药对稻田主要捕食性天敌拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus* 捕食褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 功能的影响。提出用功能减退率来综合评价农药对天敌的影响。结果表明 24 h 杀虫双常用浓度 540 mg/L、810 mg/L 对狼蛛的杀伤力为 12.63%、27.57%。功能减退率分别高达 65.41% 和 81.3%；甲胺磷 100 mg/L 24 h 对狼蛛的杀伤力和功能减退率分别为 49.8% 和 68.56%。这 2 种药剂对狼蛛的作用机制不同，甲胺磷毒性大，狼蛛死亡率高，但对非致死狼蛛的捕食功能减退率比杀虫双处理略小，狼蛛的捕食功能恢复快于杀虫双处理。杀虫双处理的浓度越高，狼蛛的功能减退率越大、功能恢复越慢。扑虱灵对狼蛛的杀伤和功能减退均不大。2 种药剂处理后狼蛛功能恢复到正常水平约需 7 d 左右。田间试验表明频繁地使用甲胺磷削弱了天敌功能导致飞虱再猖獗。

关键词 杀虫双，甲胺磷，拟水狼蛛，捕食功能，褐飞虱

绝大部分农药在防治害虫的同时也杀伤天敌，已有许多文献报道杀伤天敌是导致害虫再猖獗的因素之一^[1~7]。因而保护利用天敌、增强自然控制作用是害虫综合治理的重要内容。直至目前有关农药对天敌的影响评价标准主要是杀伤率^[8~10]，几乎还没有文献报道农药对天敌功能的影响。有些农药可能对天敌杀伤较小而对天敌功能影响较大。因而仅仅测试农药对天敌的杀伤力是不全面的。另一方面，IPM 的理论基础是种群生态学，种群生态主要是研究种群数量在时间和空间上的变动规律^[11]；群落生态主要是研究干扰因子对生物多样性的影响，也没有涉及天敌种群的功能^[3,12~16]。在生态系中，种群数量与种群功能并非完全一致。因此研究农药对天敌功能的影响及其评价方法对深入认识害虫猖獗原因、科学地评价农药品种和科学使用农药具有重要的理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 杀虫剂对拟水狼蛛的杀伤力

选择稻田常用杀虫剂 18% 杀虫双（江苏省溧阳化工厂生产）、50% 甲胺磷（江苏省兴化农药厂生产）、25% 扑虱灵（江苏省常州市农药厂生产）配制成系列浓度，对拟水狼蛛进行喷雾处理，每处理至少 30 头，重复 3 次以上。拟水狼蛛采自本院实验农场。处理后

* 国家攀登计划（03-01）项目

1996-10-03 收稿，1997-02-17 收修改稿

的狼蛛在培养皿内保湿饲养, 每天记载死亡率。然后建立毒力回归方程, 计算 LC_{50} 。

1.2 杀虫剂对拟水狼蛛捕食褐飞虱功能的影响

用杀虫双 540 mg/L、810 mg/L, 甲胺磷 100 mg/L, 扑虱灵 150 mg/L 处理拟水狼蛛, 把处理后 1 d、4 d、7 d 仍然存活的狼蛛进行功能反应试验。试验在 450 mL 广口瓶内进行, 瓶中保持 1 cm 左右水层, 接入褐飞虱和狼蛛, 每瓶放新鲜稻茎供飞虱取食。重复至少 5 次。比较不同农药、不同浓度、处理后不同天数狼蛛捕食量和功能反应模型参数, 以及捕食功能恢复情况。

1.3 杀虫剂对拟水狼蛛捕食功能影响的评价方法

评价农药对天敌影响用功能减退率表示。首先设定如下假设: (1) 死亡的个体其捕食功能完全丧失; (2) 天敌接触药剂后随时间的推移捕食功能逐渐恢复; (3) 在一定时间内, 全部死亡和全部存活, 但捕食功能完全丧失在功能减退方面是等价的。

设正常狼蛛的捕食功能为 F_{ck} , 药剂处理狼蛛的捕食功能为 F_R , 则 t 时刻狼蛛的功能减退率为:

$$FD_t = \frac{F_{ck} - F_R}{F_{ck}} \times 100$$

t 时刻的死亡率为 D_t , t 时刻药剂处理后狼蛛总的功能减退率为: $FD_T = D_t + FD_t$, 设 TR 为功能恢复到正常状态所需时间 (d), 则一次用药总的平均功能减退率为:

$$FD = \left[\sum_{t=1}^{TR} (D_t + S_t \times FD_t) \right] / TR \times 100$$

S_t 为 t 时刻的存活率。功能减退率的实际含义为使用农药后除了造成天敌直接死亡外, 还会影响存活个体的捕食功能, 根据存活种群捕食功能的下降程度折算成相当于增加死亡的部分。在 FD_t 的计算中, F_{ck} 与 F_R 由功能反应时的平均捕食量表示, 由于功能反应与猎物密度有关, 也可以采用功能反应模型中的参数瞬时发现率近似地表示天敌功能大小。

1.4 田间试验

在白背飞虱和褐飞虱发生期间, 2 次喷洒 50% 甲胺磷 100 mL/667 m², 每隔 7 d 调查一次天敌、飞虱数量。

2 结果与分析

2.1 几种药剂对拟水狼蛛的毒力

甲胺磷处理浓度为 300 mg/L、200 mg/L、100 mg/L、50 mg/L 和 25 mg/L, 其对拟水狼蛛的毒力回归线 (图 1) 显示狼蛛的死亡率随甲胺磷浓度的提高而变大, 毒力回归方程为: $Y = 0.78522 + 0.98134x$, $r = 0.9484$, $LC_{50} = 73.33$ mg/L; 杀虫双处理的浓度为 1 800 mg/L、1 400 mg/L、1 080 mg/L、810 mg/L 和 540 mg/L, 24 h 和 4 d 的毒力回归线如图 2。毒力回归方程: $Y = 1.67516x - 6.76143$, $r = 0.98902$, $LC_{50} = 1 119.99$ mg/L, 杀虫双 4 d 毒力回归方程: $Y = 1.927 74x - 7.976 43$, $r = 0.965 58$, $LC_{50} = 838.34$ mg/L。

在试验中观察到，甲胺磷表现快速致死作用，杀虫双则为慢性致死作用，杀虫双低浓度对狼蛛的直接死亡率不大，但狼蛛的活力明显下降。扑虱灵对狼蛛无杀伤作用。

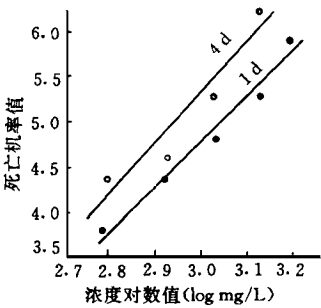
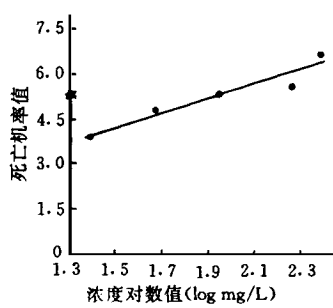


图1 甲胺磷处理 24 h 拟水狼蛛的死亡曲线

图2 杀虫双处理 24 h 和 4 d 拟水狼蛛死亡曲线

2.2 3种药剂对拟水狼蛛捕食功能的影响

杀虫双、甲胺磷、扑虱灵处理后对拟水狼蛛捕食功能的影响见表1、表2与图3。其中用150 mg/L 扑虱灵处理与对照无明显差异。甲胺磷和杀虫双均有显著影响，又以杀虫双处理对狼蛛捕食功能影响最大。影响程度与飞虱密度有关，飞虱密度越高，捕食量影响越大。由表2的功能反应模型参数可见，药剂处理后狼蛛的瞬时发现率减少，处置时间延长。杀虫双处理虽然狼蛛死亡率不大，但功能减退率高达60%以上。因此农药对天敌的影响不仅要考察天敌的死亡率，还应考察对其功能是否有影响。

表1 几种药剂对狼蛛的致死和捕食功能的影响

药剂	浓度 (mg/L)	死亡率 (%)			功能减退率 (%)		
		1 d	4 d	7 d	1 d	4 d	7 d
杀虫双	540	12.63	27.37	29.47	65.41	61.54	54.09
杀虫双	810	27.57	34.62	39.10	81.30	75.82	72.10
甲胺磷	100	49.8	64.9	67.3	68.56	68.66	68.46
扑虱灵	150	0	0	0	6.61	0	0

表2 几种药剂对拟水狼蛛功能反应模型参数的影响

药剂	浓度 (mg/L)	瞬时发现率 (a)			处置时间 (T _k)		
		1 d	4 d	7 d	1 d	4 d	7 d
杀虫双	540	0.3182	0.4684	0.7371	0.0544	0.0109	0.0169
杀虫双	810	0.2076	0.3648	0.5387	0.0369	0.0814	0.0350
甲胺磷	100	0.5035	0.6934	0.8251	0.0401	0.0327	0.0225
扑虱灵	150	0.7508			0.0257		
对照 (不用药)		0.8039					

2.3 药剂处理后狼蛛捕食功能的恢复

杀虫双和甲胺磷处理后，狼蛛捕食功能恢复过程显示见图4、图5，甲胺磷处理的狼

蛛功能恢复快于杀虫双处理,至第7 d 甲胺磷处理狼蛛捕食功能基本恢复正常,而此时杀虫双处理仍未完全恢复。

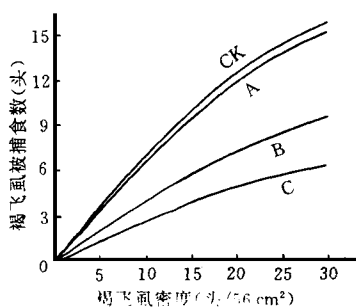


图3 几种药剂对拟水狼蛛捕食功能的影响

A: 扑虱灵 B: 甲胺磷 C: 杀虫双

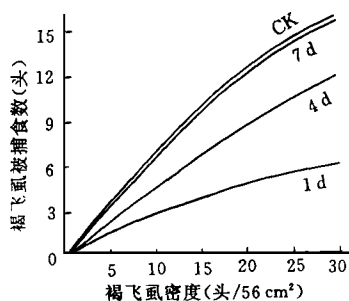


图4 杀虫双处理后拟水狼蛛捕食功能恢复情况

2.4 杀虫双不同浓度处理对拟水狼蛛捕食功能的影响

杀虫双 540 mg/L 和 810 mg/L 处理狼蛛的捕食功能有显著差异 (图 6~图 8)。处理浓度越高,狼蛛的捕食量越小,功能恢复越慢。从表 2 中也可以看出 540 mg/L 处理至第 7 d 瞬时发现率基本接近对照组,而 810 mg/L 处理至第 7 d 与对照差异仍较大。810 mg/L 处理死亡率小于 40%,而功能减退率高达 80% 左右,超过甲胺磷处理。这进一步证明农药的使用浓度不应随意提高。

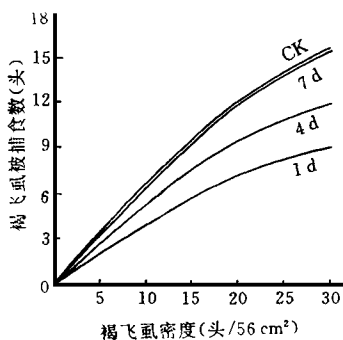


图5 甲胺磷处理后拟水狼蛛捕食功能恢复情况

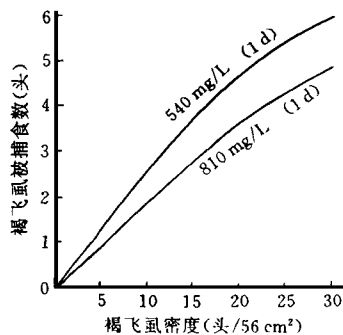


图6 杀虫双不同浓度处理 (1 d) 对拟水狼蛛捕食功能的影响

2.5 甲胺磷对天敌影响的田间试验

1991~1992 年的田间试验结果表明,在害虫 (飞虱) 发生期间 2 次使用 50% 甲胺磷 100 mL/667 m² 喷药,短期内飞虱数量下降,7 d 后开始回升 (图 9、图 10),20 d 左右飞虱再猖獗,尤其是第 2 次喷药,飞虱回升速度加快。如 1991 年 8 月 17 日第 2 次喷药,8

月 29 日飞虱比对照增加 300%，10 月 3 日比对照增加 2 857%；1992 年 8 月 20 日第 2 次喷药 9 月 12 日飞虱比对照增加 3. 96%。连续喷药使天敌数量减少，本文图 9~图 10 天敌数量仅显示狼蛛，因为狼蛛在稻田捕食性天敌中无论是数量、还是捕食功能均是优势类群。天敌数量回升在喷药后 10 d 左右，但一般难以恢复到喷药前水平，尤其是第 2 次喷药后种群回升较慢。

比较药剂处理后狼蛛功能反应恢复过程和以上田间试验结果可以看出，天敌功能恢复先于数量恢复。甲胺磷处理后飞虱再猖獗可能还有其它原因，但我们认为天敌功能的减退是主要原因。特别是频繁的喷药给天敌的数量与功能以严重的打击，使天敌功能崩溃而害虫（飞虱）得以再猖獗。

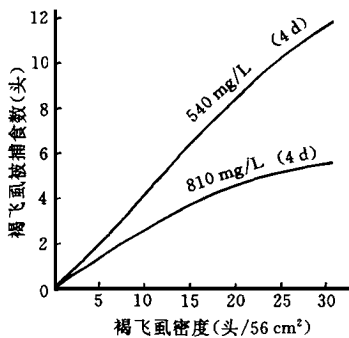


图 7 杀虫双不同浓度处理（4 d）对拟水狼蛛捕食功能的影响

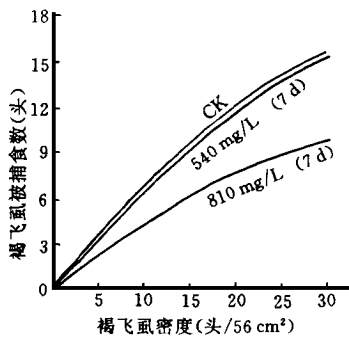


图 8 杀虫双不同浓度处理（7 d）对拟水狼蛛捕食功能的影响

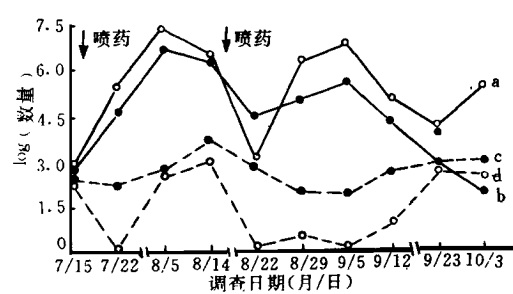


图 9 甲胺磷处理区飞虱、狼蛛数量动态
a. 处理区飞虱；b. 对照区飞虱；
c. 对照区狼蛛；d. 处理区狼蛛

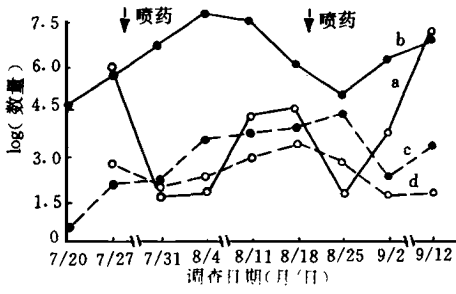


图 10 甲胺磷处理区飞虱、狼蛛数量动态(1992)
a. 处理区飞虱；b. 对照区飞虱；
c. 对照区狼蛛；d. 处理区狼蛛

3 讨论

引起害虫猖獗或再猖獗的因素有很多，其中大量使用农药杀伤天敌通常被认为是导

致害虫再猖獗因素之一。Luck *et al* (1977) 报告加洲 25 种毁灭性农业害虫中有 24 种是由于杀虫剂的使用导致再猖獗^[17]。但杀虫剂对天敌的影响只是认为杀死天敌数量引起害虫再猖獗^[7]。一次用药杀死天敌数量不同的农药品种有较大差异,除了死亡的天敌功能丧失外,存活的天敌功能仍会受影响。如果存活的天敌功能丧失或功能减退较大,这称为有量无功。对每一种常用农药品种或开发的新农药如能全面、深入地研究对天敌影响机制,禁止或少用既杀伤天敌又对天敌功能影响较大的品种,推荐使用象扑虱灵之类对天敌杀伤不大又不影响天敌功能的品种是 IPM 的重要工作。事实上,每一物种的数量大小与其功能大小并非完全一致。就捕食性天敌来说,在一定的猎物密度下,对害虫的捕食量并非随数量的增加而增加^[8],有些物种数量多、功能小,有些则相反。从本文的研究结果得到一些启迪,生态学不仅要研究数量动态,还应研究功能动态;生态毒理学不仅要研究干扰因子(农药)对各物种类群数量的影响,还应重视对功能的影响。数量只是表现,功能才是其实质。系统功能、子系统功能、物种功能与数量之间的相互关系的研究还未起步,将来有可能发展成一门新兴学科——功能生态学。

致谢 本系姚克兵、刘仁海、王建旻三位同学参加部分试验,特表谢意。

参 考 文 献

- 1 黄凤宽, 吴伟坚等. 几种药剂对褐稻虱种群数量控制的研究. 华南农业大学学报, 1989, 10 (4): 6~12
- 2 高春先, 顾秀慧等. 褐稻虱再猖獗原因的探讨. 生态学报, 1988, 8 (2): 155~163
- 3 万方浩, 陈常铭. 综防区和化防区稻田害虫——天敌群落组成及多样性研究. 生态学报, 1986, 6 (2): 159~170
- 4 Wage J. The population ecology of pest-pesticide-natural enemy interactions: Pesticides and Non-Target Invertebrates (Ed. by P. C. Jepson) Intercept, Winborne, Dorset, UK; 1989, 81~94
- 5 Theiling K M *et al.* Pesticides side-effects on arthropod natural enemies: a database analysis. Agriculture Ecosystems and Environment, 1988, 21: 191~218
- 6 Hardin M R. Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanism. Crop Protection, 1995, 14 (1): 3~18
- 7 Ferro D N. Insect pest outbreaks in agroecosystems. In: Insect Outbreaks (Ed. by P. Barbosa). Academic Press, 1987, 205~209
- 8 蒲蛰龙, 古德祥等. 水稻害虫综合防治的理论与实践. 《中国水稻病虫综合防治进展》, 杭州: 浙江科学技术出版社, 1988
- 9 林一中, 古德祥. 几种常用农药对青翅蚜虫形隐翅虫的影响. 昆虫天敌, 1988, 10 (1): 6~8
- 10 张宗炳. 农药对农田生态系统的影响. 生态学杂志, 1988, 7 (3): 25~29
- 11 孙儒泳编著. 《动物生态学原理》, 北京: 北京师范大学出版社, 1992, 113
- 12 罗志义. 上海佘山地区棉田节肢动物群落多样性及杀虫剂对多样性的影响. 生态学报, 1982, 2 (3): 255~266
- 13 Heong K L *et al.* Arthropod community structures of rice ecosystems in the Philippines. Bull. Entom. Res., 1991, 81: 407~416
- 14 Heong K L *et al.* Population dynamics of plant and leafhoppers and their natural enemies in rice ecosystems in the Philippines. Crop Protection, 1992, 11: 371~379
- 15 Wright D J *et al.* Integration of chemical and biological control systems for arthropods: Evaluation in a multi-trophic context. Pestic. Sci, 1995, 44: 207~218

- 16 Croft B A Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons, New York, 1990, 723
17 Luck R F *et al.* Chemical insect control—a troubled strategy. Bioscience, 1977, 27, 606~611
18 吴进才, 陆自强等. 稻田主要捕食性天敌的栖境生态位与捕食作用分析. 昆虫学报, 1993, 36 (3): 323~331

IMPACT OF SEVERAL INSECTICIDES ON THE PREDATION FUNCTION OF *PIRATA SUBPIRATICUS*

Wu Jincai Xu Jianxiang Li Guosheng

(Department of Plant Protection, Agricultural College, Yangzhou University Yangzhou 225009)

Cheng Xianian

(Department of Plant protection, Nanjing Agricultural University Nangjing 210014)

Yong Deben

(Plant Protection Station of Jurong City, Jiangsu Jurong 212400)

Abstract So far main evaluating method about effect of pesticides on natural enemies has been concentrated on their lethal rate resulted and rarely on their predation function. Impacts of three insecticides. shachong-shuang, methanidophos and buprofezin on the predation function of *Pirata subpiraticus* on brown planthopper were studied in this paper. Decrease rate of predation function, $FD = \left[\sum_{t=1}^{TR} (D_t + S_t \times FD_t) \right] / TR \times 100$ was proposed as comprehensive evaluation of impact of insecticides to natural enemies, where D_t =death rate of natural enemy at t time, S_t =survival rate of natural enemy at t time, FD_t =decrease rate of predation function at t time and TR =duration of predation function recovery. The experimental results showed that 540 mg/L and 810 mg/L of shachong-shuang caused low death rates to the wolf spider, which are 12.63% and 27.57%, respectively, but had a great impact on its predtion function, which decreased 65.41% and 81.3%, respectively; 100 mg/L of methanidophos treatment showed 49.8% of death rate and 68.56% in the decrease of function. These two insecticides showed different affecting machanisms, the later had higher lethal toxicity and shorter duration of predation function recovery. For the third insecticide, buprofezin, both the lethal effect and function decrease of the spider could be ignored. The function recovery of the wolf spider needed about 7 d after shachong-shuan and me-thanidophos treatments. Moreover, the result of field experiment indicated that application of methanidophos would cause resurgence of planthoppers due to the decline of the function of natural enemies.

Key words shachong-shuan, methanidophos, *Pirata subpiraticus*, predation function, *Nilaparvata lugens*