

两种杀虫剂对稻田捕食性天敌集团捕食功能的影响

徐建祥¹, 吴进才¹, 程遐年², 嵇茂盛³, 戴建群⁴

(1. 扬州大学农学院植保系, 扬州 225009; 2. 南京农业大学植保系, 南京 210095; 3. 江苏省丹徒市农业局, 丹徒 212100; 4. 江苏省宜兴市植保站, 宜兴 214200)

摘要:将稻田各类捕食性天敌作为一集团,运用功能法评价了甲胺磷和杀虫双对该集团捕食功能的影响。由于各类捕食性天敌对杀虫剂敏感性的不同,甲胺磷和杀虫双造成的各类天敌的死亡率和残存天敌个体的捕食功能减退率均不同。实验表明,隐翅虫类和狼蛛类对甲胺磷较为敏感,而对杀虫双,肖蛸类最为敏感。杀虫双对隐翅虫类的致死作用及捕食功能影响均较小。就集团的捕食功能而言,甲胺磷影响明显大于杀虫双,但在总的功能减退率组分中,甲胺磷致死作用超过对残存天敌个体捕食功能的影响,而杀虫双则相反。同时,对捕食性天敌的影响,尽管甲胺磷的影响大于杀虫双,但杀虫双作用时间更长,受其影响,天敌捕食功能恢复较慢。文中还就功能评价法的田间实施及其结果进行了讨论。

关键词:杀虫剂;捕食性天敌;捕食功能

The effects of two insecticides on predation function of predatory natural enemies

XU Jian-Xiang¹, WU Jin-Cai¹, CHENG Xia-Nian², JI Mao-Sheng³, DAI Jian-Qun⁴

(1. Department of Plant Protection, Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009; 2. Department of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095; 3. Dantu Agricultural Bureau of Jiangsu Province, Dantu 212100; 4. Yixing Station of Plant Protection, Yixing 214200)

Abstract: The effects of Methamidophos and Shachongshuang on the predation function of natural enemy group were evaluated with function method. Owing to the different susceptibilities of predatory natural enemies to insecticides, the mortalities and decreasing rates of predation function (FD) of surviving natural enemies were different. As to the whole predation function of the predatory group, Methamidophos had more serious effects than Shachongshuang in a short time. But in Methamidophos treatment, the mortalities were larger than the effects on predation function of surviving natural enemies on the contrary with the Shachongshuang treatment. Experiments also demonstrated that the effect of Shachongshuang lasted longer and the recovery of predation function of affected natural enemies were slower.

Key words: insecticide; predatory natural enemy; predation function

文章编号: 1000-0933(2000)01-0145-05

中图分类号: S 482.3, Q 968.1

文献标识码: A

协调害虫的化学防治和自然控制是农田害虫综合治理的关键^[1]。化学防治中,应尽量选用对害虫天敌作用较小的杀虫剂。因此,近年来,杀虫剂田间使用对天敌副作用的评价成为研究热点^[2~4]。而对稻田的主要害虫褐飞虱(*Nilaparvata lugens* Stal),更有大量的研究证明其猖獗很大程度上是滥用化学农药所诱导的^[5,6],特别是化学农药施用后使田间天敌自然控制作用严重崩溃,这更引起了研究人员的极大关注。农药

基金项目:国家攀登计划和国际水稻研究所(IRRI)“增强水稻生态系的自然生物控制研究”及江苏省教委自然科学基金资助项目

本院实习生孙芳数据同学参加部分工作。

收稿日期:1997-11-25;修订日期:1998-12-10

对天敌影响,直接或间接地涉及天敌的诸多方面,如导致天敌死亡^[7],影响其行为和取食^[8],减小天敌繁殖率^[7],杀伤猎物减少其食物源^[9]等。此外,也有研究者从种群动态和群落等方面来评价农药的影响^[2,10]。而天敌种群对害虫的自然控制作用取决于天敌种群的数量和质量,即田间天敌的丰盛度及个体的捕食能力,而这两方面均受杀虫剂施用的影响。综合考虑杀虫剂对天敌种群这两方面的影响,提出了杀虫剂田间副效应的功能评价法——用功能减退率(function decreasing rate,FD)来评价杀虫剂对天敌种群捕食功能的影响^[11]。根据国际生防组织(IOBC)“农药与有益生物”工作组的建议^[8],在前几年室内用功能法评价杀虫剂对捕食性天敌影响的基础上,进行本田间试验,试验以稻田捕食性天敌为目标,探讨甲胺磷和杀虫双对其捕食功能的影响。

1 材料与方法

1.1 试验概况 田间试验于扬州大学农学院实验农场进行,试验稻田共3块,每块 $10 \times 80 \text{m}^2$,水稻品种为珍稻88,常规田间管理措施。试验于水稻拔节期进行,3块田分别进行3种处理:甲胺磷(50%乳油,江苏省苏州化工农药集团公司), $1.5 \text{kg}/\text{hm}^2$;杀虫双(18%水剂,江苏省盐城农药厂), $3.75 \text{kg}/\text{hm}^2$ 及对照。杀虫剂施用后1d、4d调查田间捕食性天敌的死亡情况,调查方法参照吴进才等方法^[12]。

天敌死亡率按下式计算: $D_t = 1 - (T_2 \times C_1) / (T_1 \times C_2)$ 其中, T_1 、 T_2 为处理田块杀虫剂施用前、后的天敌种群数量, C_1 、 C_2 为对照田前后二次调查天敌的种群数量。

同时,在施药区采集存活捕食性天敌,测定其对褐飞虱3~4龄若虫的功能反应。

1.2 捕食性天敌 综合考虑天敌的捕食能力及田间丰盛度,室内功能反应试验选择拟水狼蛛(*Pirata subpiraticus* Boes. et Str.),食虫瘤胸蛛(*Oedothorax insecticeps* Boes. et str.),前齿肖蛸(*Tetragnatha paedonia* L. koch),棕管巢蛛(*Clubiona japonicola* Boes. et str.),青翅蚁形隐翅虫(*Paederus fuscipes* Curtis)作为目标天敌。拟水狼蛛代表活动于植株中下部,狩猎型的狼蛛、猫蛛;食虫瘤胸蛛代表稻丛基部,较小个体的微蛛;前齿肖蛸代表活动于植株表面,结规则网的肖蛸类;棕管巢蛛代表游猎于茎叶、行动敏捷、捕食能力强、生态位较宽的管巢蛛及跳蛛、圆蛛和蟹蛛;青翅蚁形隐翅虫代表捕食习性相似的隐翅虫、瓢虫、步甲等。

1.3 功能反应 各类捕食性天敌对褐飞虱的捕食功能反应试验方法参见吴进才等^[11]。

1.4 评价方法 采用功能法评价杀虫剂对天敌种群捕食功能的影响^[11]:

$$FD_t = D_t + (1 - D_t)(F_{ck} - F_t)/F_{ck}$$

其中, FD_t 是 t 时刻天敌种群的功能减退率, D_t 为 t 时刻天敌的死亡率, F_{ck} 为正常天敌的捕食功能, F_t 为药剂处理区存活天敌 t 时刻的捕食功能。同时,将田间各类捕食性天敌种群作为一捕食性天敌集团来考虑,则一次杀虫剂施用引起该集团的捕食功能减退率为:

$$FD = \sum_{i=1}^n a_i \cdot FD_i$$

其中, a_i 为第 i 类捕食性天敌占该集团总捕食量的份额,可按下式获得:

$$a_i = N_{a_i} \cdot B_i / (\sum_{i=1}^n N_{a_i} \cdot B_i)$$

其中, N_{a_i} 为该类天敌个体在田间的平均捕食量,本研究中,以该类天敌捕食褐飞虱功能反应的圆盘方程中 $N=10$ 时的捕食量作为其平均捕食量。 B_i 为该类天敌在集团中的相对丰盛度。

2 结果与分析

2.1 各类捕食性天敌在该集团中的捕食份额

2.1.1 各类捕食性天敌在田间的相对丰盛度 系统调查表明,江淮单季晚稻区,有一定数量规模的捕食性天敌约有19科51种,从天敌数量来看,蜘蛛占54.86%,捕食性昆虫占45.14%,其中,优势种为青翅蚁形隐翅虫,拟水狼蛛和食虫瘤胸蛛(表1)。

根据前述的归类法,将稻田捕食性天敌集团分成5类:微蛛类,占18.5%;狼蛛类,占25.42%;肖蛸类,占4.38%;前齿肖蛸类,占2.02%;隐翅虫类,占15.22%。

2.1.2 各类天敌的捕食能力 为衡量田间捕食性天敌集团对褐飞虱的捕食能力,选择各类天敌代表物种

进行功能反应试验,并以猎物密度 10 头为标准,计算各类天敌的捕食量,以比较其相对捕食能力(表 2)。

表 1 江淮单季晚稻区捕食性天敌相对丰盛度(% ,句容,1992)

Table 1 Relative abundance of predatory natural enemies in single rice cropping region of Yangtz-Huaihe River

	半翅目 Hemiptera	鞘翅目 Coleoptera	微蛛科 Erigonidae	狼蛛科 Lycosidae	肖蛸科 Tetragnathidae	管巢蛛 Clubionidae	其它蜘蛛 Other spiders
数量 ^①	105	408	210	289	50	23	51
相对丰盛度 ^②	9.23	35.88	18.5	25.42	4.38	2.02	4.48

注:①Number,②Relative abundance

表 2 各类天敌对褐飞虱的捕食能力

Table 2 Predation abilities of predatory natural enemies against brown planthopper

	微蛛科 Erigonidae	狼蛛科 Lycosidae	肖蛸科 Tetragnathidae	管巢蛛类 Clubionidae	隐翅虫类 Staphylinidae
圆盘方程 ^①	$N_a = \frac{0.07633N}{1+0.02748N}$	$N_a = \frac{0.83039N}{1+0.01712N}$	$N_a = \frac{0.29461N}{1+0.02148N}$	$N_a = \frac{0.37683N}{1+0.01918N}$	$N_a = \frac{0.37725N}{1+0.01961N}$
N 为 10 时的捕食量 ^②	0.59867	6.86407	2.42517	3.16186	3.15400
在集团中占捕食份额(%) ^③	3.112	47.253	2.985	6.645	40.004

注:①Disk equation,②Value of N_a at $N=10$,③Predation percentage in predatory group

结合各类天敌在田间的相对丰盛度,得各类天敌在田间捕食性天敌集团中所占的捕食份额(表 2)。结果表明,狼蛛类和隐翅虫类天敌的捕食作用占绝对优势,二者占总捕食份额的 87.257%。

2.2 杀虫剂对各类天敌种群捕食功能的影响

田间杀虫剂施用既能造成捕食性天敌的死亡,又能严重影响残存天敌捕食能力(表 3)。试验结果显示,甲胺磷处理造成的天敌死亡率明显大于杀虫双处理。甲胺磷施用后 1d 和 4d,田间各类天敌的平均死亡率分别为 32.723%和 37.128%,显著大于杀虫双处理(15.704%和 22.009%)。就死亡率而言,捕食性天敌中,隐翅虫类对甲胺磷最为敏感,其死亡率为狼蛛类,管巢蛛类及隐翅虫类的 2 倍以上。试验也表明,杀虫双对隐翅虫类天敌仅造成轻微的杀伤作用,进一步的室内隐翅虫虫体喷药试验也表现出相同的情况,表明隐翅虫对杀虫双不太敏感。

杀虫剂对残存天敌个体捕食功能的影响也十分明显。Holling 模型参数显示,杀虫剂处理后,天敌捕食褐飞虱的瞬时攻击率已有不同程度的减小,而处理时间 T_h 则有增加。猎物密度为 10 时的计算结果显示,甲胺磷处理组,各类天敌的个体平均捕食功能减退率均在 40% 以上。杀虫双对残存天敌个体的捕食能力总的减退率小于甲胺磷,但在总的功能减退率组分中,甲胺磷处理死亡比重较大,而杀虫双处理捕食功能下降比重较大。且各类天敌间反应差异较大。其中肖蛸在杀虫双处理 4d 后个体捕食能力减退达 49%,而隐翅虫的功能减退率仅为 10% 左右。两种农药处理对捕食者功能恢复进程不同,其中杀虫双处理区,狼蛛、肖蛸、管巢蛛的功能恢复较慢,这与室内喷药试验趋势一致。

综合考虑天敌的死亡率及存活个体捕食功能减退率, FD 基本能反映杀虫剂对各类天敌种群捕食功能的直接影响。从 FD 的平均值来看,甲胺磷 1d 和 4d 引起的天敌种群功能减退率均在 50% 以上,其值显著大于死亡率,而杀虫双处理后各类天敌的平均 FD 值更在其死亡率的 2 倍以上。因此,在研究农药施用对天敌的负效应时,仅考虑天敌死亡率是远远不够的。

2.3 杀虫剂对捕食性天敌集团捕食功能的影响

将稻田各类捕食性天敌作为一集团,根据其田间的相对丰盛度和个体捕食能力,计算杀虫剂施用后对该集团自然控制作用总的(图 1)。结果显示,就其绝对值而言,甲胺磷的影响大于杀虫双(FD 值分别为 62.64%、62.25%和 26.52%、34.63%)。但这两种农药的影响机制有所不同,甲胺磷处理后,第 1 天和第 4 天该集团捕食功能减退率基本持平,而杀虫双处理后,第 4 天的 FD 比第 1 天增大 30%,表明:对捕食性天敌的影响甲胺磷的瞬时影响强度大于杀虫双,但杀虫双影响作用的持续时间更长一些,天敌功能恢复较慢,这一点与实验室试验结果基本一致^[11]。

表 3 杀虫剂对各类天敌种群捕食功能的影响***

Table 3 Effects of insecticides on predation function of different natural enemy

	指标 Index	甲胺磷(1.5kg/hm ²) Methamidophos		杀虫双(3.75kg/hm ²) Shachongshuang		CK
		1d	4d	1d	4d	
		<i>D_t</i> (%)	35.676	40.805	20.854	
微蛛类 Erigonidae	<i>a</i>	—	—	—	—	
	<i>T_h</i>	—	—	—	—	
	<i>F</i> ₁₀ '(%)*	39.16	31.57	21.17	29.54	
	<i>FD</i> (%)	60.86	59.49	37.61	50.15	
狼蛛类 Lycosidae	<i>D_t</i> (%)	26.535	34.458	10.634	18.432	
	<i>a</i>	0.47824	0.45143	0.59339	0.69906	0.80392
	<i>T_h</i>	0.03508	0.03378	0.03463	0.02708	0.02134
	<i>F</i> ₁₀ '(%)*	48.40	42.92	28.26	14.34	
肖蛛类 Tetragnathidae	<i>FD</i> (%)	62.09	62.59	35.89	30.13	
	<i>D_t</i> (%)	35.653	32.445	28.675	8.564	
	<i>a</i>	0.18823	0.23339	0.26007	0.13571	0.28279
	<i>T_h</i>	0.05390	0.08655	0.08073	0.09001	0.06640
管巢蛛类 Clubionidae	<i>F</i> ₁₀ '(%)*	28.22	18.44	23.15	49.20	
	<i>FD</i> (%)	50.22	44.90	45.19	68.79	
	<i>D_t</i> (%)	31.386	35.685	10.524	14.468	
	<i>a</i>	0.23402	0.27708	0.26841	0.29803	0.36179
隐翅虫类 Staphylinidae	<i>T_h</i>	0.08565	0.07219	0.08682	0.11140	0.04621
	<i>F</i> ₁₀ '(%)*	37.11	25.51	29.77	27.82	
	<i>FD</i> (%)	56.84	53.09	37.16	38.26	
	<i>D_t</i> (%)	39.366	42.245	7.834	9.336	
平均 Mean	<i>a</i>	0.21443	0.22266	0.35544	0.37993	0.37725
	<i>T_h</i>	0.08884	0.07402	0.04724	0.05893	0.05197
	<i>F</i> ₁₀ '(%)*	42.89	39.39	3.51	1.58	
	<i>FD</i> (%)	65.37	64.99	11.07	10.77	
平均 Mean	<i>D_t</i> (%)	32.723	37.128	15.704	22.009	
	<i>F</i> ₁₀ '(%)*	39.16	31.57	21.17	24.496	
	<i>FD</i> (%)	59.07	57.01	33.38	39.62	

* *F*₁₀'(%)为杀虫剂处理后,存活天敌个体的捕食功能减退率。*F*₁₀ is the decreasing rate of predation function of surviving natural enemies after insecticide application. $F'_{10} = ((N_{ac} - N_{at}) / N_{ac})_{N=10} \times 100\%$ 其中, *N*_{ac}、*N*_{at}分别为对照和处理组天敌的捕食量。Where, *N*_{ac}、*N*_{at} are prey numbers consumed by natural enemies of control and insecticide treatment, respectively.

** 由于微蛛的捕食量较小,杀虫剂处理田块的微蛛没有进行功能反应试验,其 *F*₁₀'值取其它 4 类天敌的 *F*₁₀'值的平均值。*F*₁₀' of Erigonidae is the average of *F*₁₀' of other four kinds of natural enemies.

3 讨论

3.1 定量评价天敌对害虫的自然控制作用及农药对天敌的影响一直是 IPM 研究的重要内容^[13,14]。本文综合考虑农药对天敌的直接杀伤作用及对其残存个体捕食份额的影响。本方法实施于田间时,将稻田各类捕食性天敌作为一集团来处理,结合各类天敌的田间相对丰盛度和个体捕食能力,确定各类天敌在该集团中的相对捕食份额,避开对该集团在田间的实际控制能力的估计,从而对该杀虫剂的影响做出了较为符合田间实际的评估,且该法具有较强的可操作性。

3.2 研究结果表明,不同农药对同类天敌有不同的影响,同一农药对不同天敌影响也不同。这涉及到天敌对农药的敏感性。田间,天敌对农药的敏感性,除取决于天敌的生理敏感性外,天敌的活动习性、猎物谱、栖境生态位等均有一定的影响,因此将其称之为天敌对农药的生态敏感性。由于生态敏感性的复杂性,

天敌的生态敏感性不总是与其生理敏感性表现为一致。天敌对农药的生态敏感性的应包括其存活敏感性、捕食功能敏感性、繁殖敏感性等。其最终对天敌种群动态及功能的影响,均直接影响对目标害虫的自然控制作用。此外,由于甲胺磷和杀虫双对天敌的胃毒作用,天敌可通过捕食沾有药液的猎物而中毒。因此,田间害虫、中性昆虫的种群结构、种群水平及其动态均可影响天敌的功能减退状况,值得进一步研究。

3.3 吴进才等在实验室内对拟水狼蛛进行喷药处理,用功能减退率方法评价了甲胺磷,杀虫双,扑虱灵 3 种农药对天敌的影响特点^[11],与本文田间喷药处理结果所反映的甲胺磷,杀虫双对天敌影响机制基本一致,但功能减退率的绝对值室内和田间有所不同,主要是田间种群个体间受药量差异、抽样误差及其它生态因子影响所致。结合室内和田间结果,用本文提出的评价方法基本是可行的。如果进一步扩大测试农药品种,系统研究各种农药对不同类型天敌及天敌集团的影响,将有助于改进 IPM 实践,确保农业的可持续发展。

参考文献

- [1] Wright D J and Verkert R H J. Integration of chemical and biological control systems for arthropods; Evaluation in a multitrophic context. *Pestic. Sci.*, 1995, **44**: 207~218.
- [2] Sherratt T N & Jepson P C. A metapopulation approach to modelling the long-term impact of pesticides on invertebrates. *Journal of Applied ecology*, 1993, **30**: 696~705.
- [3] Hassan S A, et al. Results of the Fifth Joint Pesticides program carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Entomophaga*, 1991, **36**(1): 55~67.
- [4] Baveco J M & Deroos A M. Assessing the impact of pesticides on lumbricid populations; an individual-based modeling approach. *Journal of Applied Ecology*, 1996, **33**: 1451~1468.
- [5] 高春先, 等. 褐飞虱再猖獗原因的探讨. *生态学报*, 1988, **8**(2): 155~163.
- [6] Chelliah S & Heinrichs E A. Factors contributing to rice brown planthopper resurgence. In: *Judicious and Efficient Use of Insecticides on rice*. IRRI, 1984, Los Banos. Laguna, Philippines, 107~117.
- [7] Croft B A and Brown A W A. Response of arthropod natural enemies to insecticides. *A. Rev. Entomol.*, 1975, **20**: 285~336.
- [8] Hull L A and Starner V R. Impact of four synthetic pyrethroids on major natural enemies and pests of apple in Pennsylvania. *Journal of Economic Entomology*, 1983, **26**: 122~130.
- [9] Tabashnik B E and Croft B A. Managing pesticide resistance in crop-arthropod complexes; interactions between biological and operational factors. *Environmental Entomology*, 1982, **11**: 1137~1144.
- [10] Cohen J E, Schoenly K & Heong K L, et al. A food web approach to evaluating the effect of insecticide saying on insect pest population dynamics in a Philippine irrigated rice ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 1994, **31**: 747~763.
- [11] 吴进才, 徐建祥, 程遐年. 几种杀虫剂对拟水狼蛛捕食功能的影响. *昆虫学报(攀登计划专刊)*, 1997, 165~171.
- [12] 吴进才, 胡国文, 唐健, 等. 稻田节肢动物群落营养物种的初步研究. *农业科学集刊*, 1993, (1): 234~238.
- [13] DeBach P and Rosen D, eds. *Biological control by natural enemies*. Cambridge University Press, Cambridge, 1991. 271~273.
- [14] Franz J M, Bogenschuts H, Hassan S A, et al. Results of a joint pesticide test program by the working group: Pesticides and beneficial arthropods. *Entomophaga*, 1980, **25**: 231~236.

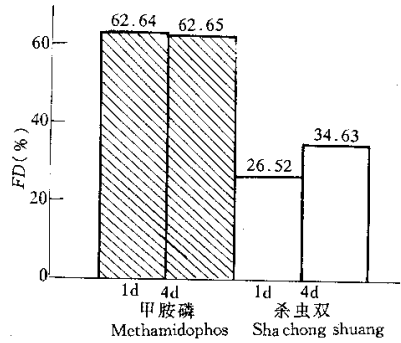


图1 杀虫剂处理后捕食性天敌集团的功能减退率(FD)
Fig. 1 The value of FD of predatory group in rice field after insecticide application