

农药亚致死剂量对菜蚜茧蜂搜索 行为影响的研究*

古德就 余明恩 侯任环 李哲怀

(华南农业大学, 广州)

摘 要

本文通过研究农药抗蚜威、兴棉宝和乐果的亚致死剂量对蚜虫寄生性天敌菜蚜茧蜂搜索行为的影响, 揭示了亚致死剂量所引起的昆虫钝态反应。使寄生蜂对寄主的功能反应模型从典型的Holling I型变为S型。使寄生蜂搜索寄主的能力下降, 攻击率降低, 产卵管的伸缩能力减弱, 花费较多的时间方能发现第一头寄主。在30分钟内钝化了的寄生蜂对寄主的最大寄生个体数仅为正常寄生蜂的1/6—1/3。

关键词: 菜蚜茧蜂, 亚致死剂量, 昆虫钝态, 搜索行为, 功能反应。

一、前 言

在现代的害虫管理中, 人们重视化学防治和生物防治的协调作用^[1-3]。在农业生产上, 使用化学农药防治目标害虫的同时, 害虫天敌也遭受伤亡。以往, 关于化学农药对害虫天敌的杀伤作用注重于天敌致死剂量的研究, 用致死中量LD₅₀去评价农药对天敌副作用的大小^[1,4]。而对于低于LD₅₀的亚致死剂量对天敌昆虫的影响则研究较少^[5-8], 尤其是亚致死剂量对天敌昆虫行为影响的研究甚少。在农业生态系统中, 一旦施用农药, 害虫天敌就有可能接触到亚致死剂量。此剂量虽不足以杀死天敌, 却干扰天敌正常的生长发育和繁殖, 这种现象被称为昆虫钝态(insectistatic)^[6,9]。菜蚜茧蜂(*Diaeretiella rapae* M'Intosh)是蚜虫的重要的寄生性昆虫^[10-13]。在广州地区为害十字花科蔬菜的蚜虫主要有萝卜蚜(*Lipaphis erysimi* Kaltentbach)和桃蚜(*Myzus persicae* Sulzer)。这两种蚜虫一年四季都发生为害, 而菜蚜茧蜂对这两种蚜虫的混合种群在不同季节起着不同程度的控制作用。本研究通过应用农药抗蚜威、兴棉宝和乐果的亚致死剂量对菜蚜茧蜂的行为功能反应研究昆虫钝态, 为害虫的化学防治和生物防治的协调应用提供依据。

二、材料和方法

1. 萝卜蚜和菜蚜茧蜂的饲养

在玻璃网室中种植菜心、白菜和芥兰以饲养萝卜蚜, 然后放入菜蚜茧蜂, 让其在菜蚜上产卵、繁殖。

2. 菜蚜茧蜂的标准化

在养虫室收集僵蚜并置于透明塑料圆盆中(φ5×4cm), 上面用尼龙纱盖上, 内放一沾有

* 本研究是广东省自然科学基金资助课题; 文稿得到庞雄飞教授和张维球教授审阅, 值此致谢, 本文于1990年7月16日收到。

40% 蜜糖水的棉花球, 供羽化出来的蜂取食。每天用吸尘器把刚羽化出的蜂接入指头瓶(7.5×2.5cm), 每瓶约15头蜂。同样, 指头瓶内放入沾有蜜糖水的棉花球, 供蜂取食。这些蜂饲养24小时, 让其有充足的时间交配。因此, 试验用蜂一律处于24—48小时龄期。

3. 试验用的农药及其亚致死剂量的测定

本试验用三种农药:

抗蚜威(Pirimicarb), 氨基甲酸酯类, 50%可湿性粉剂, 英国ICI公司生产。田间使用浓度为每亩20克兑水40公斤喷雾。

兴棉宝(Cypermethrin), 菊酯类, 10%氯氰菊酯乳油, 英国ICI生产。田间使用浓度为每亩10毫升兑水40公斤喷雾。

乐果(Dimethoate), 有机磷类, 50%乳油, 广州农药厂生产。使用浓度1:5000倍药液喷雾。

以耐油性纸(grease-proof paper)模拟菜叶^[7]以实验所用的农药浓度用喷雾器在纸上喷雾。待纸自然干后, 剪成10×7cm长方形纸片, 卷成一卷紧贴在指头瓶(10×2.5cm)内壁(药面向内)。每一管接入标准化了的菜蚜茧蜂10—20头, 让其在管内爬动一小时。然后把蜂引入另一干净的指头瓶, 饲以蜜糖水, 置于20℃, 光周期L:D=14:10的条件下。24小时后调查死蜂数。每种农药设5个不同浓度, 每个浓度设5个重复, 并以清水作对照。

4. 行为功能反应的试验设置

用以上方法, 用农药亚致死剂量处理标准化了的菜蚜茧蜂, 以蜜糖饲养24小时。在培养皿(d=1cm)中放一新鲜菜叶, 叶面积为培养皿底面积的一半, 在菜叶上接上萝卜蚜2—4龄若蚜分别为10、20、50、100、200头, 每培养皿内放入一头经亚致死剂量处理后的雌蜂。每种药剂处理5个不同的蚜虫密度, 每个密度10个重复。用清水作对照。在23—25℃及2×40瓦日光灯照明下, 观察每头雌蜂对蚜虫的行为反应30分钟, 分别观察和记录寄生蜂到达搜索区(有蚜虫的菜叶)接触到第一头蚜虫所需时间、在搜索区停留时间、离开搜索区时间, 产卵管冲刺次数和被寄生的蚜虫数等六项指标。

三、结果与分析

1. 农药对菜蚜茧蜂的亚致死剂量的测定结果

表 1 农药对菜蚜茧蜂的毒力测定

Table 1 The toxicity of insecticides to *D. rapae*

农药	浓度(x)与死亡率(y)的回归方程	致死中量LD ₅₀
抗蚜威	$y = -2.85 + 9.89x (r = 0.9856^{**})$	5.34R
兴棉宝	$y = 7.05 + 2.04x (r = 0.9864^{**})$	21.05R
乐果	$y = 16.53 + 12.25x (r = 0.8825^{**})$	2.73R

注: R为田间使用的浓度。

三种农药的致死中量LD₅₀以有机磷乐果的毒性最强, 而兴棉宝较安全。田间施用的浓度处理菜蚜茧蜂24小时后的死亡率结果见表2。由表2可知, 三种农药处理的死亡率都低于30%。因此, 本研究所使用三种农药的浓度为菜蚜茧蜂的亚致死剂量, 分别为LD₁₁, LD₁₀和LD₂₀。

表 2 农药对菜蚜茧蜂亚致死剂量的测定
Table 2 The test of sublethal dose of insecticides to *D. rapae*

农药	使用浓度	供试蜂数	24小时后死亡蜂数	死亡率 (%)
抗蚜威	1:2000	66	7	10.61
兴棉宝	1:4000	66	6	9.10
乐果	1:5000	58	15	25.86

2. 农药亚致死剂量对菜蚜茧蜂搜索行为的影响

(1) 对菜蚜茧蜂到达搜索区及接触到第一头寄主所需时间的影响

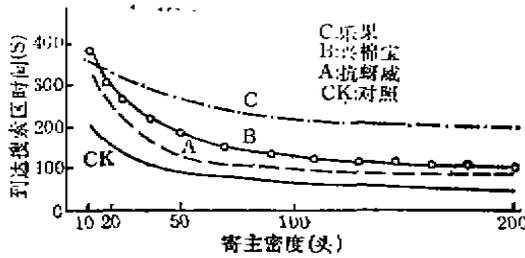


图 1 寄主密度与寄生蜂到达搜索区时间的关系
Fig.1 The relationship between host density and the time *D. rapae* spending to reach the patch

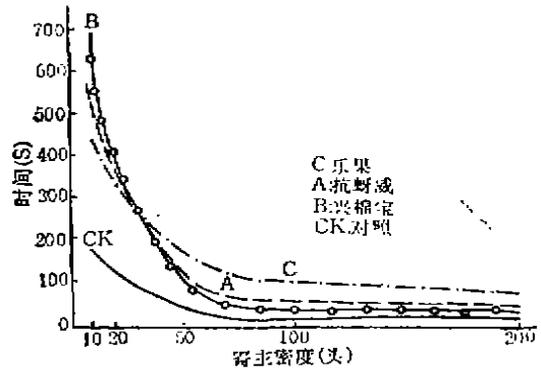


图 2 寄主密度与寄生蜂接触到第一头寄主时间的关系
Fig.2 The relationship between host density and the time *D. rapae* spending to find the host

由图 1 可看出, 虽然不同处理的菜蚜茧蜂随寄主密度的增大而呈非线性地减少, 但是当寄主密度在 20 头时, 未经农药处理的蚜茧蜂到达搜索区的时间就趋于稳定, 时间为 155.10 ± 48.74 秒, 而经抗蚜威、兴棉宝和乐果处理的菜蚜茧蜂到达搜索区的时间分别为 228.80 ± 107.50 秒、 310.22 ± 120.60 秒和 328.83 ± 76.87 秒, 只有当密度达 50 头时, 这些受农药处理的寄生蜂到达搜索区的时间才趋于稳定。这说明, 由于寄生蜂受农药的影响, 对搜索寄主的行为钝化, 所以到达搜索区所需时间延长了。

由图 2 可知, 正常的寄生蜂在不同寄主密度下, 接触到第一头寄主所需时间比经农药处理的少。这说明, 由于农药的影响, 寄生蜂的神经传递^[14]受到干扰, 使其对寄主的气味、颜色及利它素反应的敏感性降低, 搜索寄主的行为迟钝。

(2) 对寄生蜂在搜索区内停留时间的影响

菜蚜茧蜂一旦进入搜索区, 直至遇到第一头寄主, 从而引起产卵行为。由图 3 的结果可以看出, 随着寄主密度的增大, 寄生蜂在搜索区内停留的时间也增长^[15]。但经农

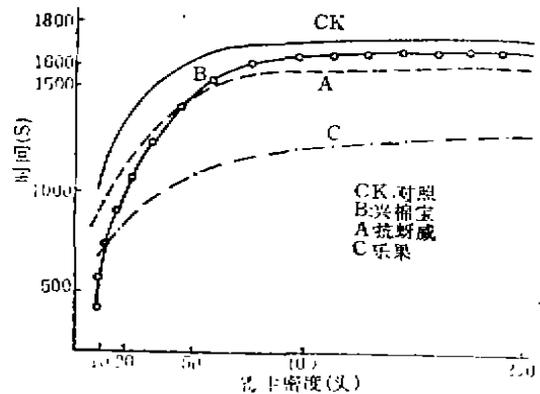


图 3 寄主密度与寄生蜂在搜索区内停留时间的关系
Fig.3 The relationship between host density and the time *D. rapae* spending in the patch

药处理的在搜索区内停留的时间都比正常的短,其中乐果的影响较显著.说明受农药干扰后,寄生蜂对寄主的搜索起排斥效应,因此放弃对搜索区的搜索。

(3)对寄生蜂产卵管冲刺次数的影响

菜蚜茧蜂在对寄主产卵时,其产卵管会伸出刺向蚜虫,正常的蜂产卵管伸出并不是一次就成功地刺入蚜体内产卵,而要伸出多次.由图4可以看出,在各密度下,正常寄生蜂产卵管冲刺次数都比农药处理的明显得多.在寄主充足的密度(100头)下,正常蜂产卵管冲刺次数是 87.53 ± 8.18 次/30分钟,而经抗蚜威、兴棉宝和乐果处理的分别为 36.80 ± 5.58 次/30分钟、 47.11 ± 11.30 次/30分钟和 30.20 ± 3.59 次/30分钟,比正常减少46.18—65.50%。这说明寄生蜂受亚致死剂量农药钝化后,其产卵管伸缩机能受到损伤,产卵能力减弱。

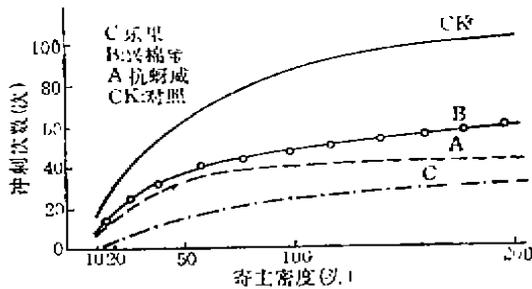


图4 寄主密度与寄生蜂产卵管冲刺次数的关系
Fig.4 The relationship between host density and the frequency of *D. rapae* prinking to host

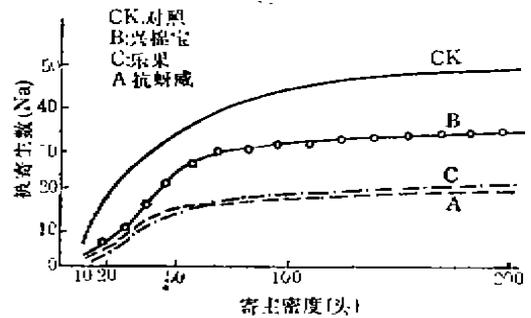


图5 寄主密度与被寄生的寄主数量的关系
Fig.5 The relationship between host density and the number of host parasitized by *D. rapae*

(4)对搜索行为功能反应的影响

经不同农药处理的菜蚜茧蜂,其不同寄主密度与寄主被寄生数的关系见图5.经用寄主密度与被寄生的蚜虫数来模拟Holling(1959)的II型功能反应模型^[16],结果表明,只有对照处理的符合。

$$y = \frac{T_1 a x}{1 + a b x} \quad (1)$$

式中 T_1 = 总的时间, a = 寄生蜂搜索效应, b = 寄生蜂处理寄主所花费的时间, x = 寄主密度(N), y = 被寄生的寄主个体数(N_s)

对式(1)作数学变换,即得

$$y/x = T_1 a - a b y \quad (2)$$

以被寄生率(y/x)与寄主的密度 y 作直线回归分析,得 $T_1 a = 0.7394$, $a b = 0.0074$,所以得Holling II型的功能反应函数为:

$$N_s = \frac{0.7394 N}{1 + 0.0074 N} \quad (x^2 = 3.3819 N S)$$

($p > 0.05$)……(对照)

而三种农药处理的功能反应模型则符合S型,其函数为:

$$N_s = \frac{17.30}{1 + e^{(1.14 - 0.021N)}} \quad (x^2 = 3.1306NS \ (p > 0.05)) \text{ (抗蚜威)}$$

$$N_s = \frac{33.38}{1 + e^{(1.64 - 0.028N)}} \quad (x^2 = 2.5984NS \ (p > 0.05)) \text{ (兴棉宝)}$$

$$N_s = \frac{20.26}{1 + e^{(2.68 - 0.03N)}} \quad (x^2 = 1.9247NS \ (p > 0.05)) \text{ (乐果)}$$

以上结果充分阐明了亚致死剂量农药影响菜蚜茧蜂的搜索行为,改变了其行为功能反应模型,由Holling II型变为S型。并由以上四个功能反应函数式,通过数学计算,取极值,即得对照和三种农药处理在单位时间(30分钟)内蚜虫被寄生的最大个体数为:

$\max N_s$ (对照) = 99.92头, $\max N_s$ (抗蚜威) = 17.30头, $\max N_s$ (兴棉宝) = 33.38头, $\max N_s$ (乐果) = 20.26头。

这些数据表明,三种农药的亚致死剂量严重地减弱了菜蚜茧蜂对寄主的攻击能力。在单位时间内,其对蚜虫的最大寄生数仅为对照处理的1/6—1/3。

讨 论

在农业生态系统中,一旦施用了化学农药,其对害虫和天敌的影响是复杂的,不但农药的致死剂量杀伤天敌,而且农药的亚致死剂量也干扰着天敌,使之钝化。这其中涉及到农药-害虫-天敌之间种群动力学的相互作用。在有寄生蜂存在的情况下施药,很可能由于寄生蜂受到农药的影响,在行为上起排斥作用,飞离施药区或改变寄生蜂在植株上的分布^[7,8]。这时寄生蜂所接触到的农药剂量可能是亚致死剂量,即使在施药时没有寄生蜂或寄生蜂尚未羽化出来,但施药后,随着时间的推移,所施用的农药会由致死剂量变为亚致死剂量。这时如果寄生蜂迁入或在施药区的寄生蜂羽化出来,同样受到亚致死剂量的影响。

由于农药亚致死剂量干扰了寄生蜂的搜索行为,改变了其对不同寄主密度的反应,由正常的Holling II型反应改变为S型反应,这是本文对农药亚致死剂量造成昆虫钝态的一种描述方法。行为生态反应的改变必然引起种群生态的变动。任何损伤寄生蜂的行为或推迟对寄主进攻的任何因素都会使寄生蜂丧失对寄主的控制作用。同时,天敌行为的改变是影响寄主与天敌种群平衡的因素之一^[6]。出现了钝态的菜蚜茧蜂在单位时间内对寄主的最大寄生个体数比正常的减少,这就是害虫天敌由于农药亚致死剂量的影响而出现的钝态对害虫种群数量影响的信息传递。

因此,要成功地实施一项生物防治计划,农药的亚致死剂量对害虫天敌的钝化问题是值得认真研究的。因为很多生物防治措施的失败原因是由于不适当地使用了化学农药。

参 考 文 献

- [1] Croft B. A. et al., 1975, Responses of arthropod natural enemies to insecticides, *Ann. Rev. Entomol.*, 20: 285—335.
- [2] Hassell, P. M., 1984, Insecticides in host-parasitoid interaction, *Theoretical Population Biology*, 26: 378—386.

- [3] Waage, K. J., et al., 1985, The dynamics of pest-parasitoid-in-secticide interaction, *J. Appl. Ecol.* 22:825—838.
- [4] 刘秀琼等, 1981, 广东稻瘿蚊寄生蜂的种类及药剂对它们的影响, *昆虫学报* 24(3):274—292.
- [5] Irving, S. N., 1979, Effects of sublethal doses of pesticides on oviposition of *Encarsia formosa*, *Ann. Appl. Biol.* 75:57—62.
- [6] Kenneth, F. H., 1988, Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behaviour, *Ann. Res. Entomol.* 33:148—168.
- [7] Gu Dejiu & J. Waage, 1990, The effect of insecticides on the distribution of foraging parasitoids, *Diaeretiella rapae* (Hym., Braconidae) on plants, *Entomophaga* 35(1):48—56.
- [8] 古德就, 1988, 田间施用抗蚜威对菜蚜茧蜂搜索行为和数量的影响, *昆虫天敌* 10(1):1—5.
- [9] Levinson, H. Z., 1976, Possibilities of using insecticides and pheromones in pest control, *Naturwissenschaften* 62:272—282.
- [10] David, P., 1961, Natural control of aphid populations on cole crops, *J. Econ. Entomol.* 54(5):385—389.
- [11] Hafez, M., 1961, Seasonal fluctuations of population density of the cabbage aphid in the Netherlands and the role of its parasite *Diaeretiella rapae*, *Tijdschr. Pl. Ziekten* 87:445—549.
- [12] 陈家祥, 1979, 蚜茧蜂研究基本知识, *昆虫知识*(6):265—269.
- [13] 赵万源等, 1980, 烟蚜茧蜂生物学特性及其应用研究, *动物学研究* 1(13):405—415.
- [14] Moriarty, F., 1968, The sublethal effects of synthetic insecticides on insects, *Biol. Res.* 44:321—367.
- [15] Pandey, K. P., et al., 1984, Functional response of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh)(Hym. Aphididae), a parasitoid of the mustard aphid *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hom. Aphidae), *Z. ang. Ent.* 98:321—327.
- [16] Holling, C. S., 1959, Some characteristics of simple types of predation and parasitism, *Can. Entomol.* (7):395—398.

THE EFFECTS OF SUBLETHAL DOSES OF INSECTICIDES ON THE FORAGING BEHAVIOUR OF PARASITOID, *DIAERETIELLA RAPAE* (HYM., BRACONIDAE)

Gu De-Jiu Yu Ming-En Hou Ren-Huan Li Zhe-Huai
(South China Agricultural University, Guangzhou)

Insectistatic effect of parasitoid *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) caused by sublethal doses of pirimicarb, cypermethrin and dimethoate was estimated by means of functional response. The experimental results showed that the sublethal doses interfered with the foraging behaviours of the wasps. The effects mainly included,

1. The wasps treated by sublethal doses spent more time to find their first host, and spent less time in the patch.
2. The behaviour response of wasps to attack their hosts was obviously weakened, and the prickings to the hosts decreased.
3. The functional response of the wasps untreated showed a Holling II

model between the number of host aphids parasitized by the wasps (Na) and the host density (N), while the functional response of the wasps treated showed a sigmoid function. These relationships are described by following functions,

$$Na = 0.7394N / (1 + 0.0074N) \dots\dots\dots (\text{untreated})$$

$$Na = 17.30 / (1 + e^{(1.14 - 0.021N)}) \dots\dots (\text{treated by pirimicarb})$$

$$Na = 33.38 / (1 + e^{(1.64 - 0.028N)}) \dots\dots (\text{treated by cypermethrin})$$

$$Na = 20.26 / (1 + e^{(2.58 - 0.03N)}) \dots\dots\dots (\text{treated by dimethoate})$$

indicating that, within 30 minutes of exposure period in the patch, the max number of host aphids parasitized by the wasps treated by pirimicarb, cypermethrin and dimethoate were 17.30, 33.38 and 20.26, respectively, while the max number of the hosts parasitized by the wasps untreated was 99.92.

It was emphasized in this paper that the sublethal effects of insecticides to the natural enemies should be considered seriously when a scheme of biological control is enforced.

Key words: *Diaeretiella rapae* (M'Intosh), sublethal dose, insectistatic, foraging behaviour, functional response.