

# 马尼拉陡胸茧蜂对斜纹夜蛾的寄生效应\*

卢文华

(植保系)

## 提 要

马尼拉陡胸茧蜂对斜纹夜蛾幼虫不同密度的功能反应属于 Holling 第 I 型, 按 Holling (1959) 圆盘方程测定了雌蜂攻击力, 其攻击(寄生)的理论上限为 171 头。陡胸茧蜂间存在相互干扰作用, 其寄生效应随自身密度的增加按 Watt (1959) 模型下降。当蜂密度不变、寄主密度变动时, 被寄生的寄主数随着寄主密度的增加而增加, 逐渐趋向其寄生数量的理论上限, 但寄生率随之而逐渐下降; 当寄主密度不变、蜂密度变动时, 被寄生的寄主数和寄生率随蜂密度的增加而呈对数函数曲线增长。

**关键词** 马尼拉陡胸茧蜂; 斜纹夜蛾; 功能反应; 相互干扰

## 引 言

天敌——害虫相互作用关系的探讨是昆虫生命系统研究的一个重要部分<sup>[1]</sup>, 同时也是害虫种群数量控制研究的一项重要内容<sup>[2]</sup>。自从 Lotka (1925) 和 Volterra (1926) 提出第一个捕食者——猎物相互作用的数学模型以来, 天敌与害虫的相互关系的模拟研究, 已经与害虫数量预测和控制的实践联系起来。

在天敌——害虫相互关系研究中, 平均每一个天敌寄生或捕食害虫的数量, 被称之为寄生(捕食)效应。寄生效应的大小关系到天敌对害虫种群控制作用的强弱, 也关系到天敌种群在自然界中的繁盛程度。现有的研究表明, 影响天敌寄生效应的因素是多种多样的, 主要包括害虫的密度、天敌的密度、气象因素、以及用以描述天敌与害虫发生物候的同步程度、害虫和天敌的分布型、害虫对天敌的敏感性等现象的所谓异质性 (Heterogeneity)。在众多因素中, 害虫密度和天敌密度被认为是最重要的, 因而研究亦较多。

Solomon (1949) 把害虫密度与每个天敌所攻击的害虫数目之间的关系称为功能反应 (functional response)。Holling (1959) 将功能反应分为三个基本类型: 被攻击的猎物数量与猎物密度成直线关系的 I 型, 成凸形曲线关系的 II 型和成 S 形曲线关系的 III 型, 并认为大多数无脊椎动物捕食(寄生)者属 II 型反应。在天敌——害虫相互作用关系的研究结果中, 还有其他描述功能反应的数学模型<sup>[3]</sup>

Hassell 和 Varley (1969) 认为在一定的空间中, 天敌数量的增加常导致相互干扰的现

\*本论文在庞雄飞教授指导下完成, 梁广文老师给予宝贵指导, 谨此深表谢意。

1988年1月27日收稿。

象, 从而降低寄生效应, 并提出了一个估计这种相互干扰作用的数学模型。Beddington (1975)、May (1978) 也分别对相互干扰作用进行了研究和提出了各自的数学模型进行估计。

随着我国害虫综合治理研究的深入发展, 一些重要的害虫天敌的功能反应和相互干扰作用的研究工作也正在开展, 陈常铭等 (1983) 对稻纵卷叶螟绒茧蜂进行了研究, 李超等 (1982、1983) 对草间小黑蛛进行了研究, 这些研究给我们提供了重要的参考。

本试验拟通过对斜纹夜蛾 *Spodotera litura* (Fabr.) 幼虫重要寄生蜂马尼拉陡胸茧蜂 *Snellenins manilae* (Ashmead) 的寄生效应的研究, 为探讨自然种群中两者的数量相互关系以及为马尼拉陡胸茧蜂的利用提供参考。

## 材料和方法

### (一) 供试虫源

陡胸茧蜂由田间采得被寄生斜纹夜蛾幼虫养至结茧, 分别装在指形管中, 羽化后经鉴定并区别雌雄, 饲以10%蜜糖水, 供各项试验之用。

斜纹夜蛾由田间采得卵块或半合成人工饲料 (卢文华等, 1986) 饲养成虫所产卵块孵化后的二龄幼虫作寄主之用。

### (二) 功能反应试验

在本校实验中心人工气候室内进行。寄主密度分别为10、20、40、60、80、120、180和320头左右, 接入置有20×12cm有机玻璃筒的盆栽番薯上, 各处理陡胸茧蜂均为一对雌雄, 筒端用白纱布蒙上。每天光照12小时 (6.00~18.00), 光照强度7000Lux, 白天温度28℃ (16小时, 6.00~22.00), 夜间温度23℃, 各处理设三重复, 试验时间为三天左右 (至雌蜂死亡)。

### (三) 相互干扰作用试验

寄主数量均为100头左右, 接入盆栽番薯上。

室外养虫笼 (50×50×65cm) 试验的茧蜂密度分别为1、2、3、5、7和11对雌雄蜂, 各处理设五重复, 试验时间同功能反应试验。

人工气候室试验为恒温28℃试验, 茧蜂密度分别为1、2、3、5、7和9对雌雄蜂, 试验时间仅12小时, 余同功能反应试验。

分别统计各试验的寄主被寄生数和寄生率, 并用方差分析检验各处理间的差异。

## 结果与分析

### (一) 陡胸茧蜂对寄主不同密度的功能反应

对于不同的斜纹夜蛾幼虫密度, 陡胸茧蜂产生不同的寄生效应, 试验结果如表1。

**表 1 马尼拉陡胸茧蜂的功能反应**

华南农大实验中心人工气候室1984.12~1985.1

寄主密度 N (头)	10	20	40	60	80	120	180	320
平均被寄生寄主数 Na (头) ± SE	9.50 ± 0.50	18.5 ± 1.37	39.7 ± 0.51	58.3 ± 2.5	62.3 ± 1.68	74.0 ± 4.98	91.0 ± 3.0	97.5 ± 15.00

由表 1 平均被寄生寄主数 Na 可见，随着寄主密度的增加，每头雌蜂寄生的数量逐步增加，但这种增加并不均衡，在 10~120 头密度范围内，被寄生寄主数迅速增加，但到某一限度时，增加的速度缓减，逐渐趋向在一稳定数量水平上波动。将表 1 中 Na 一栏的功能反应试验结果作图（图 1 实心点），其增长变化规律更为直观，可以看出属于功能反应 I 型。

在研究寄主密度与每个捕食（寄生）天敌攻击数量的关系中，Holling (1959) 提出了圆盘方程  $Na = aNT / (1 + aT_1N)$ ，描述了 I 型功能反应。其中 Na 即被寄主的寄主数量，N 为寄主密度，T 为试验时间，a 为攻击率， $T_1$  为处理时间，对寄生者而言，则为寄生者在寄主上寄生所消费的时间。将该方程线性化后，用实验所得数据代入并整理得。

$$Na = 1.09785N / (1 + 0.00642N) \tag{1}$$

经  $\chi^2$  检验其适合性，所得的理论值与实测值较吻合 ( $\chi^2 = 5.23 < \chi^2_{0.05} = 12.592$ ,  $df = 6$ )，拟合结果如图 1。

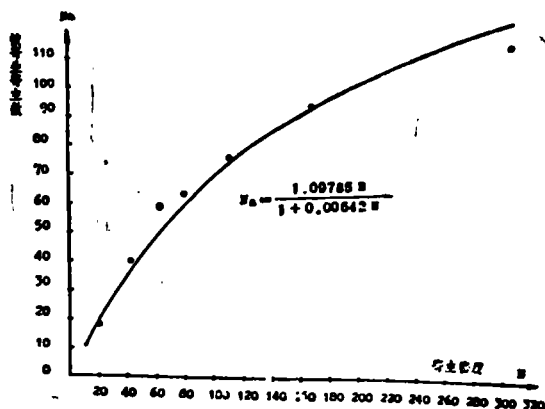


图 1 马尼拉陡胸茧蜂的功能反应

对模拟所得方程 (1) 求极限：

$$Na_{max} = \lim_{N \rightarrow \infty} 1.09785N / (1 + 0.00642N) = 171.005$$

即当寄主密度趋向无穷时，陡胸茧蜂的寄生上限为 171.005 头。从数学意义上看，方程 (1) 的渐近线为：

$$Na = 171.005$$

从生物学角度看，寄生数量上限与该蜂的怀卵和产卵能力密切相关，在寄主数量不受限制

时, 可将此理论上限看作马尼拉陡胸茧蜂的最高产卵能力的参考值。

### (二) 陡胸茧蜂和寄主的密度对寄生率的影响

在茧蜂数量不变、斜纹夜蛾幼虫密度变动的条件下, 寄生率的变化出现两种情况(表2)。在10~60头较低寄主密度的范围内, 寄生率均为90%左右, 寄主密度的变动对寄生率无显著影响。随着寄主密度的继续增加, 当 $N \geq 60$ 头时, 寄生率 $N_p$ 呈下降的趋势,

$$N_p = 1393.16N^{-0.0499} \quad (r^2 = 0.9847) \quad (2)$$

方程(2)的决定系数 $r^2$ 值是根据方程线性化后的相关系数值 $r$ 求出; 较高的决定系数表明当寄主密度 $\geq 60$ 头时寄主密度的变化可决定寄生率变化的效能达98%以上, 即寄主密度超过60头以后, 寄生率随寄主密度增强且呈幂函数下降趋势。

上述分析表明, 寄主密度变动与寄生率之间关系的表达不同于功能反应。功能反应的表达曲线是寄主被寄生数量随寄主密度的增加而增加, 逐渐趋向其理论上限; 而寄生率在低寄主密度时为一常数直线, 寄主密度达到一定数量后则随寄主密度的继续增加而下降。

表2 寄主密度变动对寄生率的影响

华南农大实验中心人工气候室1984.12~1985.1

寄主密度N (头)	10	20	40	60	80	120	180	320
平均寄生率 $N_p \pm SE$	90.45 $\pm 0.45$	92.4 $\pm 3.15$	94.47 $\pm 0.38$	92.94 $\pm 2.38$	78.43 $\pm 3.56$	66.03 $\pm 5.01$	53.57 $\pm 0.67$	31.88 $\pm 5.34$
	z	a	a	a	ab	bc	c	d

\* 平均寄生率后注有相同字母者表明差异不显著 (DMRT, 0.01显著水平)

在寄主密度不变、陡胸茧蜂密度变动的条件下, 寄生率和寄主被寄生数量均随茧蜂密度的增加而增加(表3)。

表3 陡胸茧蜂密度变动对寄生率的影响\* (广州, 石牌, 1985.6)

陡胸茧蜂密度P		1	2	3	5	7	9	11
室外养虫笼	被寄生寄主数(头) $\pm SE$	17.4 $\pm 3.97$	35.6 $\pm 6.62$	46.8 $\pm 6.5$	54.8 $\pm 5.54$	62.6 $\pm 9.75$	—	64.4 $\pm 7.80$
	寄生率% $\pm SE$	22.23 $\pm 5.67$	41.71 $\pm 6.79$	64.0 $\pm 7.40$	71.18 $\pm 5.64$	74.66 $\pm 8.04$	—	80.06 $\pm 8.33$
人工气候室	被寄生寄主数(头) $\pm SE$	47.33 $\pm 4.67$	56.33 $\pm 7.67$	82.00 $\pm 5.86$	99.00 $\pm 11.15$	81.33 $\pm 2.67$	99.67 $\pm 10.73$	—
	寄生率% $\pm SE$	44.43 $\pm 3.73$	50.27 $\pm 4.27$	70.38 $\pm 3.78$	86.50 $\pm 2.30$	77.71 $\pm 6.56$	88.09 $\pm 4.23$	—
		a	ab	bc	c	c	c	

\* 寄生率后注有相同字母者表明差异不显著 (DMRT, 0.05显著水平)

对陡胸茧蜂密度与寄生率的关系进行拟合, 室外养虫笼的寄生率为:

$$N_p = 27.085 + 56.887 \text{Log}P \quad (r^2 = 0.92688) \quad (3)$$

人工气候室的寄生率为:

$$N_p = 43.227 + 20.945 \text{Log}P \quad (r^2 = 0.87839) \quad (4)$$

方程(3)和(4)的决定系数较高,说明在一定的寄主密度基础上,茧蜂密度的增加会导致寄生率的增加,但这种增加仅随寄生蜂密度的增加而按对数函数曲线增加。茧蜂密度在较低数量时迅速增加;寄生率的增加较明显;茧蜂密度达到一定数量之后,即使继续增加其密度,寄生率的增加就不显著。尽管如此,与茧蜂密度不变、寄主密度增加的条件下降寄生率会下降的情况相反,在一定的寄主密度条件下,茧蜂密度的增加会导致对寄主种群控制作用的加强,可以肯定增加放蜂量在田间生物防治效果的提高方面的积极意义。

(三) 陡胸茧蜂的相互干扰作用

Watt<sup>[5]</sup>提出了一个关于捕食(寄生)者密度干扰和竞争作用的数学模型:  $A=ap^{-b}$ , 其中A表示寄生者寻找和寄生效应,参数a是在无竞争情况下每个寄生者的寄生率估计,参数b是种内竞争的估计,这种竞争的形式包括相互干扰活动和过寄生等。p为寄生者密度。Hassell和Varley(1969)提出捕食作用率与捕食者密度之间的关系为:  $E=QP^{-m}$ 其中m为干扰系数,Q为搜索寻找猎物常数。我们认为这两个模型是同义的。

在实验室有限空间条件下,已经观察到许多寄生者对其附近的同类的存在产生明显的反应,结果常导致寄生者寻找寄主的时间减少或扩散趋势的增加(Hassell, 1973),寄生者在察觉寄主已被寄生后也常出现扩散的现象(Rogers, 1972)。凡此种种都被看作相互干扰作用。我们在试验过程中也观察到在茧蜂密度较高的处理中,茧蜂常常在笼壁上来回爬动,有逃逸的倾向。

试验结果表明,无论是在室外养虫笼还是人工气候室的有限空间内,陡胸茧蜂之间都存在明显的相互干扰作用(表4),每头雌蜂的寄生数量随着蜂密度的增加而减少,寄生效应明显下降。在1~3头雌蜂密度范围内,室外养虫笼的相互干扰作用不显著,寄生数量的减少不显著。随着雌蜂密度的继续增加,相互干扰作用增强,使得各不同密度处理间的寄生效应差异显著。人工气候室内的干扰作用更明显,二头雌蜂与一头的相比,寄生效应就差异显著,寄生效应由无干扰时的47降到只有28。

表4 马尼拉陡胸茧蜂的相互干扰作用 (广州,石牌,1985.6)

茧蜂密度P(头)		1	2	3	5	7	9	11
平均每蜂寄生数(头) ±SE	室外养虫笼	17.4 ±3.97 a	17.8 ±3.31 a	15.6 ±2.17 ab	10.96 ±1.11 abc	8.95 ±1.39 bc	-	5.85 ±0.71 c
	人工气候室	47.33 ±4.67 b	28.17 ±3.83 b	27.33 ±1.95 b	19.8 ±2.23 bc	11.62 ±0.38 c	11.07 ±1.19 c	-

\* 平均每蜂寄生数后注有相同字母者表明差异不显著(DMRT,0.05显著水平)

用Watt模型分别对表4试验数据进行拟合,陡胸茧蜂在室外养虫笼的寄生效应为:

$$A=21.6528P^{-0.4888} \quad (r^2=0.85645) \quad (5)$$

在人工气候室的寄生效应为:

$$A=48.9969P^{-0.66336} \quad (r^2=0.94935) \quad (6)$$

方程(5)和(6)的决定系数均较高,表明陡胸茧蜂的寄生效应较很大程度上取决于雌蜂

的密度。比较方程(5)和(6)的干扰系数 $b$ 可以看到, 试验空间的大小对干扰作用的强弱有影响。人工气候室内(头/0.01m<sup>2</sup>)的活动范围比室外养虫笼(头/0.25m<sup>2</sup>)小得多, 茧蜂在搜索和寻找寄主的过程中更易于彼此相遇产生竞争和干扰。但是比较无竞争情况下寄生率参数 $a$ 时, 人工气候室内的值大于室外养虫笼的值, 试验过程中寄生率的记录也表明人工气候室内茧蜂的寄生率较高, 这说明陡胸茧蜂在较小的空间更易于寻找和发现寄主。由此可见, 空间异质性影响干扰作用, 空间小的干扰作用较空间大的强, 从而降低其寄生效应; 但空间异质性亦同样影响寄生率 $a$ , 空间小则茧蜂的寻找和搜索范围小, 寄生率会提高, 从而加强寄生效应。

## 结论和讨论

马尼拉陡胸茧蜂对寄主密度的功能反应属Holling功能反应I型, 圆盘方程对试验资料拟合程度较好。Price<sup>[4]</sup>指出寄生蜂的产卵量与所攻击的寄主阶段有关, 寄生于鳞翅目数量丰富、高度群集生活的幼龄虫的寄生蜂, 产卵量通常较高。斜纹夜蛾低龄幼虫同样具备上述生活习性, 并且根据模拟所得的圆盘方程, 求得陡胸茧蜂寄生数量的上限为171头左右, 与我们在有关该蜂生物学特性观察所得结果一致, 说明马尼拉陡胸茧蜂亦有较高的产卵寄生能力。

陡胸茧蜂的相互干扰作用是室外养虫笼和人工气候室有限空间的试验结果。关于相互干扰作用在田间的意义尚有争议, 但是寄生蜂之间存在的相互干扰还是普遍的现象。应该考虑到相互干扰行为可能具有的进化意义, 我们在试验过程中观察到由于强迫寄生而在一头寄主体内发育的多个蜂卵, 最终只会结一头蜂茧, 其余全部死亡, 并且延长了茧蜂的发育历期。由此可见, 没有相互干扰作用和由其产生的扩散行为, 对寄生蜂的种群在自然界的繁盛程度是不利的。斜纹夜蛾低龄幼虫具高度群集生活习性, 寄主种群的空间异质性使陡胸茧蜂产生群聚反应, 寻找和搜索适龄寄主; 而相互干扰又使茧蜂寄生行为受阻和出现向四周扩散的行为, 继续寻找和寄生其它未被发现的寄主。此时相互干扰作用对寄主种群数量控制的积极意义就显而易见了。

正是由于陡胸茧蜂间的相互干扰使到当寄主密度不变时, 随着蜂密度的增加, 寄生率仅呈对数函数曲线而增加。而陡胸茧蜂对不同寄主密度的功能反应亦使到当茧蜂密度不变时, 被寄生的寄主数量随寄主密度的增加而增加, 逐渐趋向其寄主的理论上限; 寄生率却随寄主密度的增加而按幂函数曲线下降, 这显然是受陡胸茧蜂自身产卵能力所制约的。

以上结果均从对实验种群的研究中获得, 同自然种群的情况必然存在着一定的差异, 在害虫种群数量控制的实践中, 还须进一步应用对自然种群研究的资料加以必要和适当的校正。

## 引用文献

- [1] 丁岩钦, 兰仲雄, 陈玉平. 生态学报, 1983, 3(2):141—147
- [2] 庞雄飞, 梁广文, 尤民生. 昆虫天敌, 1986, 8(3):116—188
- [3] Hassell, M. P. Waage, J.k. 1984. Ann. Rev. Entomol. 29:89—114
- [4] Price, P. W. 1975. pp.87—111. New York, Plenum. 224PP.
- [5] Watt, K.E.F. 1959. Can. Entomol. 91:129—144

**THE PARASITIZING EFFECT OF *SNELLENIA MANILAE* (ASHMEAD)  
ON *SPODOPTERA LITURA* (FABR.)**

Lu Wenhua

(Department of Plant Protection)

**ABSTRACT**

The parasitizing effect of *Snellenius manilae* (Ashmead), a Braconid endoparasite of *Spodoptera litura* (Fabr.), was studied in the laboratory. The functional response of the wasp to different host density belonged to Holling's type II (1959). The wasp reacted markedly to the presence of other hunting individuals nearby. The net effect of this mutual interference was that the searching and attacking efficiency became an inverse function of the wasp density on Watt's model (1959), the number of the host parasitized per female wasp decreasing with increased wasp density. When the number of parasites was constant and the host density was varied, the number of parasitized host increased with the increase in host density, gradually approaching the theoretical limit, while the percentage of parasitism decreased. When the host density was constant and the number of wasps was varied, the percentage of parasitism and the number of parasitized host both increased with the increase in parasite density tracing a curve of logarithmic function.

**Key words, *Snellenius manilae*, *Spodoptera litura*, Functional response, Mutual interference**