

松突圆蚧(*Hemiberlesia pitysophila* *Takagi*)寄生蜂 *Aphytis* sp. 的寄生 与摄食研究

张学武 古德祥

(中山大学昆虫研究所, 广州 510275)

周之铭

(中山大学数学系)

Q968.1

摘 要 本文观察了 *Aphytis* sp. 在25种密度组合下的寄生与摄食, 表明 *Aphytis* sp. 的功能反应适合 I 型曲线, 摄食作用随寄生蜂密度的增加而加强, 随寄主密度的增加而减弱。并建立了新的二元寄生模型, 模拟效果较好。

关键词: 功能反应, 寄生, 摄食, 模型。

松突圆蚧, 寄生蜂,

Aphytis sp. 以产卵和摄食 host-feeding 两种行为方式攻击寄主。摄食就是寄生物从寄主体内吸取血液淋巴, 被摄食的地方可看到黑点, 3—5d 之后, 寄主逐渐干瘪萎缩, 变成“葡萄干”状, 寄主被杀死。当摄食和产卵同时发生时, 卵也连同寄主一起几天内死亡, 成为无效的寄生卵。

1 材料与方

寄生物种采用羽化后 24h 已交配的雌蜂。寄主采用 28℃ 下发育的茶长本圆蚧。实验容器使用 7cm×12cm 的圆柱形玻璃瓶, 内置含 80% 蜜糖水的棉花球, 瓶口封以黑棉布。整个实验在温度为 28℃、RH 为 75%、光照为 12h 的恒温箱内进行。

寄生蜂密度设为 1、3、5、7、9 等 5 个处理, 寄主密度设为 5、10、20、40、80 等 5 个处理, 将寄生蜂与寄主的各密度处理两两组合, 共 25 种组合。寄生蜂产卵 24h 后, 移出玻璃瓶。2—3d 以后, 解剖寄主。分别统计寄生数与摄食数。每种组合重复 5—10 次。

2 结果分析

2.1 *Aphytis* sp. 的功能反应

1 头雌蜂在 5 种不同寄主密度下的寄生数如表 1。用 Holling-Ⅱ 圆盘方程:

$$N_1 = \frac{aT_1N}{1+aT_1N}$$

进行拟合, 求出 $a = 1.1018$, $T_1 = 0.0786$, 均方拟合误差为 0.1994, 表明适合 Ⅱ 型功能反应曲线(图 1)。

本文于 1991 年 10 月 15 日收到, 修改稿于 1992 年 5 月 6 日收到。

2.2 *Aphytis* sp. 的摄食作用

设 u 表示摄食比, 即:

$$u = \text{摄食数} / (\text{寄生数} + \text{摄食数})$$

对于既寄生又摄食了的寄主, 统计在摄食数之内, 因为这时的蚋虫 3—5d 内将死亡, 寄生物卵也不能完成发育, 犹如没有产卵。根据实验结果, 计算出 *Aphytis* sp. 在 25 种密度组合下的摄食比 (u) (见表 2)。

可见, 摄食比 (u) 随着寄生蜂密度的增加而增加, 随着寄主密度的增加而减少。

2.3 *Aphytis* sp. 的二元寄生模型研究

25 种密度组合的实验结果如表 3。

功能反应模型只反映了寄主密度 (N) 的变化对寄生数 (N_a) 的影响, 没有考虑寄生蜂密度 (p) 的变化对寄生数的影响。一般说来, 寄生数 N_a 应是寄主密度 N 和寄生物密度 p 的函数: $N_a = f(N, p)$ 下面就来建立一个这样的模型。

假设寄生蜂攻击寄主是随机的, 随着寄生蜂密度 p 的增大, 干扰将相应增大, 寄生

表 1 *Aphytis* sp. 的寄生效应 (寄生物为 1)

Table 1 Results of parasitism for *Aphytis* sp. (one parasite)

寄主密度 Density of host	5	10	20	40	80
寄生数 No. of parasitism	3.61	6.35	8.66	9.78	10.26
寄生率 Rate of parasitism (%)	72.2	63.5	43.3	24.5	12.8

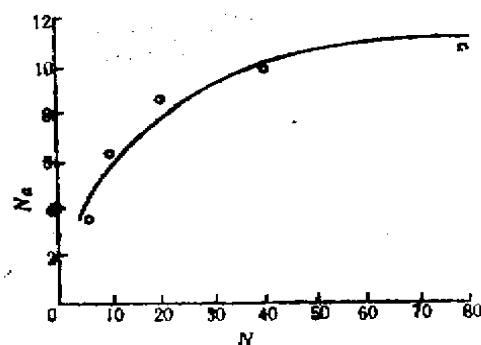


图 1 功能反应曲线

Fig. 1 The functional response of *Aphytis* sp. Each open circle is the experimental results. The curve is drawn by the value of modelling

表 2 *Aphytis* sp. 的摄食比 (u)

Table 2 Ratio of host-feeding for *Aphytis* sp.

寄生蜂密度 Density of parasite	寄主密度 Density of host				
	5	10	20	40	80
1	0.54	0.33	0.24	0.18	0.13
3	0.61	0.45	0.42	0.36	0.34
5	0.73	0.51	0.47	0.38	0.36
7	0.86	0.66	0.52	0.46	0.41
9	0.91	0.77	0.63	0.58	0.49

表 3 *Aphytis* sp. 的寄生数

Table 3 Results of parasitism for *Aphytis* sp.

寄生蜂密度 Density of parasite	寄主密度 Density of host				
	5	10	20	40	80
1	3.61	6.35	8.66	9.78	10.26
3	4.02	6.48	11.27	19.10	27.02
5	4.34	7.21	11.69	19.37	29.30
7	4.49	8.68	12.42	20.14	30.82
9	4.78	8.86	13.75	23.39	39.02

蜂的寻找效率 a 自然降低, 处理寄主的时间也会相应缩短, 一方面, 这是相互干扰的缘故, 另一方面, 这也是寄生蜂的一种适应策略。每个寄生蜂都想实现最大产卵量, 寄生尽可能多的寄主, 寄生物密度的增长, 使寄生蜂个体之间的竞争加剧, 这种竞争压力迫使寄生蜂缩短对寄主的处理时间, 争取在有限的寄主资源中, 成为优胜的寄生者。

为便于实际应用, 用线性关系来描述:

$$a(P) = a' + mP^{-1} \quad T_a(P) = T'_a + nP^{-1}$$

当 $p = 1$ 时, $a(p)$ 取最大值 $a' + m$, 此时的寄生蜂没有干扰作用, 寻找效率最高, 当寄生蜂密度 p 无限增长时 ($p \rightarrow \infty$), $a(p) \rightarrow a'$, a' 为最低寻找效率, 也就是说, 无论怎样增加密

度, 怎样相互干扰, 寄生蜂的寻找效率有一个下限。由 $m = (a' + m) - a' = \text{最大值} - \text{最小值}$, 表明 m 反映了寻找效率由于干扰作用而改变的幅度, 称为寻找效率的干扰振幅。同样, T'_k 是最少处理时间, 表明竞争压力刺激寄生蜂缩短处理时间, 但不能无限地缩短, 总要花一段时间才能把一个寄主处理完, T'_k 就是这个时间阈值。 n 也反映了处理时间由于干扰作用而改变的幅度, 称为处理时间的干扰振幅。

将这 2 个方程代入圆盘方程, 就得到了一个新的关于寄生物密度 p 、寄主密度 N 的二元寄生模型:

$$N_s = \frac{(a' + mP^{-1})TN}{1 + (a' + mP^{-1})(T'_k + nP^{-1})N}$$

总实验时间 T 仍取为一个时间单位。

利用此模型和以前的有关模型对表 3 数据进行模拟, 结果如表 4。可见新模型的拟合效果较好。

表 4 寄生模型的拟合结果

Table 4 Fitting results of models of parasitism

模 型 Model	参 数 Parameter	误差 Q Error	参考文献 Literature
Hassell-Varley 1969 $N_s = N(1 - \exp(-aP^{1-b}))$	$a = 0.4978$ $b = 0.8943$	1.8989	[3]
$N_s = aP \exp(-bP^{1-n}/N)$	$a = 1.12956$ $b = 6.3926$ $m = 0.1436$	1.6445	[1]
Watt, 1959 $N_s = PK(1 - \exp(-aNP^{1-b}))$	$k = 14.9714$ $a = 0.0352$ $b = 1.8536$	0.7907	[4]
Hassel-Rogers 1972 $N_s = \frac{aTCP^{1-m}N}{1 + aT_kN}$	$a = 0.7587$ $T_k = 0.0152$ $C = 0.6490$ $m = 0.7170$	0.5404	[2]
$N_s = \frac{(a' + mp^{-1})TN}{1 + (a' + mp^{-1})(T'_k + nP^{-1})N}$	$a' = 0.8719$ $m = 0.1963$ $T'_k = 0.0061$ $n = 0.0709$	0.2876	本文

其中 $Q = \sqrt{\sum (N_s - \hat{N}_s)^2} / n$.

参 考 文 献

- [1] 汪世泽, 夏楚贵. Holling-Ⅱ型功能反应新模型. 生态学杂志, 1988, 7(1): 1—3
- [2] Hassell M P and Rogers D J. Insect parasite responses in the development of population models. *J. Anim. Ecol.* 1972, 41: 661—676
- [3] Hassell M P and Varley G C. New inductive population model for insect parasite and its bearing on biological control. *Nature* 1969, 223: 1133—1137
- [4] Watt K E F. A mathematical model for the effect of densities attacked and attacking species on the number attacked. *Can. Ent.* 1959, 91: 175—186

STUDIES ON PARASITISM AND HOST-FEEDING OF *APHYTIS* SP., A PARASITOID OF *HEMIBERLESIA* *PITYSOPHILA* TAKAGI

Zhang Xue-Wu Gu De-Xiang

(Research Institute of Entomology, Zhongshan University, Guangzhou, 510275)

Zhou Zhi-Ming

(Department of Mathematics, Zhongshan University, Guangzhou)

This paper dealt with the effects of parasitism and host-feeding for *Aphytis* sp. in 25 combinations of density. It followed that the functional response of *Aphytis* sp. was fit for Holling-II curve. The host-feeding increased as the density of parasites increased, but decreased as the density of hosts increased. Furthermore, a new model for parasitism has been set up:

$$N_1 = \frac{(a' + mp^{-1})TN}{1 + (a' + mp^{-1})(T_1'^2 + np^{-1})N}$$

Where a' : the lowest searching rate, m : the interference oscillation of searching rate, T_1' : the shortest handling time, n : the interference oscillation of handling time. The fitting results of the model was better than that of the Holling-II model and others.

Key words: functional response, parasitism, host-feeding, modelling.