

· 研究简报 ·

松突圆蚧(*Hemiberlesia pitysophila* Takagi) 的一种寄生蜂 *Aphytis* sp. 的发育研究

张学武 古德祥

周之铭

(昆虫学研究所)

(数学系)

摘 要

本文观察了在6种温度(19℃, 22℃, 25℃, 28℃, 30℃, 32℃)下 *Aphytis* sp. 各虫态的发育。用直线回归法, 最小变易系数法, 直接最优法分别计算了发育起点温度和有效积温, 提出了新的发育起点温度计算公式, 建立了发育模型。

关键词 发育起点温度, 发育模型, 松突圆蚧, *Aphytis* sp.

1 材料与方 法

采用寄主茶长本圆蚧 (*Abgrallaspis cynophylli*)。寄生蜂羽化后喂以蜂蜜, 48h 后做实验。使用 7 × 12cm 圆柱形玻璃瓶, 每瓶内放入一个含 500 个蚧虫的土豆, 雌蜂引入后, 让其产卵 12h 再移走。每 24h 解剖 30 个寄生了的蚧虫, 检查寄生蜂的发育虫态, 并记录有关数据, 直至成虫羽化。设置 19℃, 22℃, 25℃, 28℃, 30℃, 32℃ 6 种温度, 相对湿度保持 75%, 光照为 12h, 每种温度设置 5 ~ 10 个重复。

2 结果与分析

Aphytis sp. 在 6 种温度下的发育历期和发育速率整理于表 1, 发育曲线见图 1。

表 1 各虫态发育历期与发育速率

Tab.1 Development period and rate of *Aphytis* sp.

温度 (°C)	卵		幼 虫		蛹		世 代	
	历期 (天)	速率	历期 (天)	速率	历期 (天)	速率	历期 (天)	速率
19	3.7 ± 0.8	0.270	10.8 ± 1.9	0.593	12.1 ± 1.6	0.083	26.6 ± 2.1	0.038
22	3.2 ± 0.9	0.313	10.3 ± 1.6	0.097	11.7 ± 1.3	0.085	25.2 ± 1.9	0.040
25	3.0 ± 0.6	0.333	7.3 ± 1.3	0.137	10.2 ± 1.1	0.098	20.5 ± 1.0	0.049
28	2.3 ± 0.4	0.435	6.4 ± 0.8	0.156	7.1 ± 0.9	0.141	15.8 ± 0.7	0.063
30	1.8 ± 0.4	0.556	5.6 ± 0.8	0.179	6.8 ± 0.8	0.147	14.2 ± 0.6	0.070
32	1.2 ± 0.2	0.833	5.1 ± 0.8	0.196	6.5 ± 0.7	0.154	12.8 ± 0.9	0.078

本文1990年12月19日收到

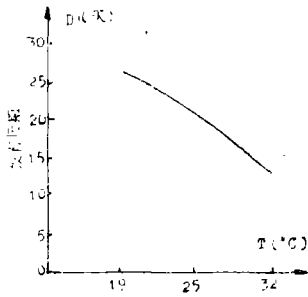


图1 不同温度与 *Aphytis* sp. 的世代发育历期之间的关系

Fig.1 Relationship between different temperature and the developmental duration of generation of *Aphytis* sp.

2.1 发育起点温度和有效积温的计算

①直接回归法。从公式: $K = D(T - C)$ 采用2种回归方法确定C和K:

$$A_i: 1/D = -C/K + T/K$$

$$B_i: T = C + K/D$$

②最小变易系数法。事先任意选定一个发育起点温度C, 按照一系列实验结果 $\{T_i, D_i\}$ 可算得: $A_i = D_i(T_i - C)$ 。其中 T_i 是实验温度, D_i 是在此温度下的发育历期, A_i 是在假设发育起点温度为C时算得的有效积温。

设 $\bar{A} = (\sum_1^n A_i)/n$, $S^2 = \sum_1^n (\bar{A} - A_i)^2/n - 1$ 则变易系数为:

$$C.V. = S/\bar{A}$$

然后找出使C.V. 最小的C即为发育起点。这个计算过程通常依赖于在计算机上做一维搜索, 才能找到最优值。本文将此法稍作修改, 取S为:

$$S^2 = \sum_1^n (\bar{A} - A_i)^2/n$$

然后找出使C.V. 最小的C即为发育起点。根据极值原理, 可解出使C.V. 最小的发育起点温度C

$$C = \frac{\sum (D_i^2 T_i) \sum (D_i T_i) - \sum D_i \sum (D_i^2 T_i)}{\sum (D_i T_i) \sum D_i^2 - \sum D_i \sum (D_i^2 T_i)}$$

如此, 最小变易系数可由实验数据直接代入以上公式一次算得, 无需在计算机上去反复叠代了。

③直接最优法(李典谟方法, 1986)。计算公式为:

$$C = \frac{\sum (D_i^2 T_i) - \bar{D} \sum (D_i T_i)}{\sum D_i^2 - n \bar{D}^2} \quad \bar{D} = \sum D_i / n$$

在求出发育起点温度后, 运用公式:

$$K = (\sum_1^n K_i) / n$$

求出完成虫态所需的平均有效积温K。

为比较计算方法的优劣, 采用比较发育历期的误差平方和 Q 进行度量:

$$Q = \sum (D_i - \bar{D}_i)^2$$

D_i 为观察值, \bar{D}_i 为计算值。

结果表明(表2,3), 无论哪种虫态, 改进的最小变易系数法都具有最小误差平方和, 而直线回归B法都具有最大误差平方和, 这可能是由于颠倒了因果关系的缘故。本来发育速率 ($1/D$) 是随温度而变化的, 而现在变成温度随发育速率而变化。

表2 *Aphytis* sp. 的发育起点温度 ($^{\circ}\text{C}$) 和有效极温 (K)

Tab.2 Developmental threshold temperature and effective accumulate temperature of *Aphytis* sp.

虫 态	直线回归A		直线回归 B		最小变易系数法		直接最优法	
	C	K	C	K	C	K	C	K
卵	13.9328	26.43	16.5415	20.71	9.8760	37.60	13.2520	28.49
幼虫	9.0670	118.47	9.5425	115.15	8.5395	122.69	9.3420	116.61
蛹	7.4167	157.51	8.9435	144.57	6.4311	167.21	8.3740	149.59
世代	9.0922	300.23	9.7383	288.76	7.9630	322.29	8.9750	302.88

表3 四种计算方法的误差平方和 (Q)

Tab.3 The square sum of error (Q)

虫态	直线回归A	直线回归B	最小变易系数法	直接最优法
卵	2.9471	23.3163	0.7461	2.1779
幼虫	2.6158	3.0578	2.3307	2.8540
蛹	4.9395	7.2964	4.3122	6.1936
世代	20.2452	26.2056	14.9193	19.5787

2.2 发育速率与温度的模拟模型 建立昆虫发育模型是研究种群动态系统不可缺少的一部分, 前人已发展了许多模型来模拟昆虫发育速率与温度的关系。经过计算, 本文采用 Arrhenius 方程:

$$R(T) = V_0 \exp\left[-\frac{u}{2} \left(1/T_0 - 1/T\right)\right]$$

的变形: $R(T) = \alpha \exp(-\beta/T)$

来描述发育速率与温度的关系比较适合。其中 α 表示高温下潜在的饱和发育速率, β 表示发育速率随温度变化的指数增长率。以 $1/T$ 为自变量, 模型有较好的收敛性。

其中均方拟合误差 δ 可由下式计算:

$$\delta = \sqrt{\sum (D_i - \bar{D}_i)^2 / n}$$

或 $\delta = \sqrt{\sum (R_i - \hat{R}_i)^2 / n}$

\hat{D}_i , \hat{R}_i 分别表示发育历期、发育速率的模拟值。从表4可看出,模型的拟合精度是相当高的。

表4 发育速率模型的各项参数值和误差 δ
Tab.4 Parameters used in development rate model

虫态	卵	幼虫	蛹	世代
α	2.6518	0.6083	0.4247	0.2297
β	46.2479	37.4393	33.0825	36.3480
历期的误差	0.1674	0.2747	0.3826	0.7221
速率的误差	0.0399	3.08×10^{-3}	3.92×10^{-3}	1.46×10^{-3}

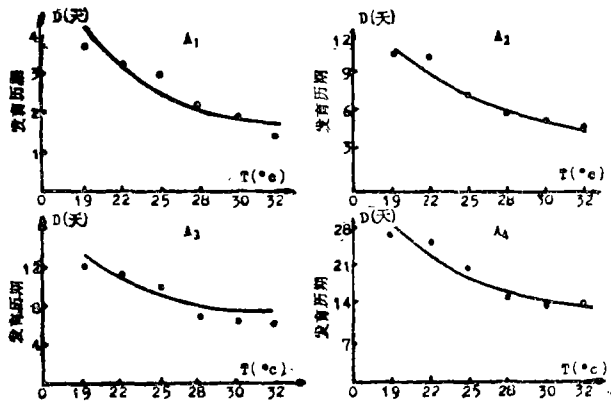


图2 发育历期模拟

Fig.2 The modelling of developmental duration.

A_1, A_2, A_3, A_4 对应于 *Aphytis* sp. 的卵、幼虫、蛹、世代。(·)观察值。(—)模拟值

3 结论与讨论

(1) 在19~32°C范围内, *Aphytis* sp.的世代发育历期范围是12.8~26.6天。本文推导的最小变易系数法求发育起点温度的公式,给计算方法带来了极大的方便,对其它昆虫是否也是最优的,有待证实。

(2) 目前建立发育模型都是以恒温实验为基础,但昆虫在野外是变温条件下进行发育的,以后建立发育模型,应体现温度随时间的变化。这种变化又是如何影响发育的,即T不再是看做一个孤立的自变量,而应是时间t的函数。

(3) 本项实验的温度范围是19~32°C,发育模型也是基于这个范围建立起来的,但在19°C以下,32°C以上的温度,寄生蜂发育情况如何以及非致死低温、非致死高温对发育的影响,还有待进一步实验,并在此基础上去建立更加全面的发育模型。

参 考 文 献

- 1 王如松等. 生态学报, 1982, 2(1): 47~57
- 2 关贞洁. 中山大学学报(自然科学版), 1989, 28(2): 84~88
- 3 李典谟等. 昆虫知识, 1986, 23(4): 184~187
- 4 张润杰, 古德祥. 中山大学学报(自然科学)论丛, 昆虫学论文集, 1989, 8(1): 15~23
- 5 Davidson J. J Anim Ecol, 1944, 13: 26~38
- 6 Stinner R E *et al.* Can Ent, 1974, 106: 519~524

Studies on the Development of *Aphytis* sp., a Parasite of *Hemiberlesia pitysohila* Takagi

Zhang Xuewu* Gu Dexiang Zhou Zhiming

Abstract

In the range of temperature 19~32°C, the developmental duration of egg, larvae, pupae for *Aphytis* sp. were 1.2~3.7, 5.1~10.8, and 6.5~12.1 days respectively. Three methods, which are Linear regression, Minimizing the coefficient of variation, Li Dianmo's method, were used in this paper to figure out the threshold temperatures of development and effective accumulative temperatures of different stages of *Aphytis* sp. By improving the method of Minimizing the coefficient of variation, we provided a new formula of developmental threshold temperature. At meantime, a model of development was established.

Keywords *Aphytis* sp., *Hemiberlesia pitysohila* Takagi, threshold temperature of development, developmental model