

温度对萝卜蚜种群参数影响的研究

赵惠燕 汪世泽

(西北农业大学, 陕西杨陵镇)

摘 要

萝卜蚜(*Lipaphis erysimi* Kalt.)发育速度、内禀增长力与温度的关系符合下述模型:

$$V(T) = K / \{1 + \exp[-r(T - T_0)]\} * \{1 - \exp[-(T - T_l)/\delta]\} * \{1 - \exp[-(T_h - T)/\delta]\}$$

其发育最适温度为18—23℃, 世代发育起点(T_l)为3.79℃, 最高临界温度(T_h)为33.81℃。内禀增长力(r_m)最合适的温度是19.64℃。

组建了五种温度下萝卜蚜的生命表。用改进的Weibull模型模拟了萝卜蚜个体存活率的变化。其下降最快的位置随温度降低而后延, 下降的速度随温度降低而减慢, 造成寿命延长。蚜虫的繁殖活动主要集中在成虫的早期阶段。因此早期最佳育龄成虫的数量对整个种群数量变动具有重要的意义。

关键词: 萝卜蚜, 存活率, 发育速度, 内禀增长力, 生命表, Weibull函数。

萝卜蚜(*Lipaphis erysimi* Kalt.)是油菜等十字花科植物的重要害虫, 常与桃蚜、甘蓝蚜同时发生, 不仅影响产量, 而且因其较甘蓝蚜、桃蚜传毒作用大, 潜育期短而影响品质。有关桃蚜、甘蓝蚜国内外开展的研究较多, 但有关温度对萝卜蚜种群参数影响的专门研究未见报道。本研究的目的在于: 研究萝卜蚜种群基本生物学特征, 为系统研究提供准确、必要的参数。

一、材料与方法

供试蚜虫采自大田油菜。用直径为6 mm的微形罩罩住隔离饲养, 待产仔后剔除母蚜, 经多代繁殖后可获得遗传上一致的同龄成蚜接于五叶龄油菜上供试验用。选12、14.5、17、22、27℃五组温度均以恒温箱控制, 用自记温度计记录实际温度。各箱均以日光灯作为光源。发育期前两种温度一天记录一次; 后三种温度一天记录三次。生殖期前两种温度两天记录一次; 后三种温度一天记录一次。各种参数均在FACOM-M340s计算机上求解。

二、结果与分析

1. 温度对萝卜蚜发育速率的影响

大量研究证明: 变温动物的发育速率与温度的关系在其整个的生存温度范围内呈现峰态偏后的曲线型。王如松等(1982)讨论了不同方法拟合的优劣, 推出了含多参数适于变温动物发育速率的模拟模型:

$$V(T) = K / \{1 + \exp[-r(T - T_0)]\} * \{1 - \exp[-(T - T_l)/\delta]\} * \{1 - \exp[-(T_h - T)/\delta]\} \quad (1)$$

本文于1999年4月17日收到。

其中 K 为高温下潜在的饱和发育速率; r 是发育速率随温度变化的指数增长率; T_l 、 T_h 各为最低、最高临界发育温度; T_o 为最适温度; δ 为边界层宽度,其相对大小反映了昆虫对极端温度的不同忍耐程度。

利用上述模型模拟萝卜蚜发育速率与温度的关系,得出世代潜在饱和发育速率 K 为0.24,发育速率随温度变化的指数增长率 r 为0.18,最适温度 T_o 落在16—23℃之间。发育起点温度 $T_l=3.79$ ℃和最高临界温度 $T_h=33.81$ ℃符合杨陵地区萝卜蚜发育情况。从蚜虫对极端温度的忍耐程度的 δ 来看:萝卜蚜随发育进程对极端环境的忍耐力明显增加。

2. 温度对萝卜蚜存活率的影响

根据Price(1975)归纳的昆虫存活曲线的两种基本类型和我们的研究结果证明:萝卜蚜属B型曲线,即种群的个体死亡主要发生在老熟个体。如果用Weibull模型:

$$P(x) = \exp[-(x/b)^c] \quad (2)$$

描述萝卜蚜个体存活率的年龄分布,那么参数 b 为存活率下降的位置,参数 c 为存活率下降的速度。但是, b 、 c 又是由温度决定的: $b=B(T)$ $c=C(T)$ 。这是因为昆虫对温度有一适应范围,超出此范围就不能存活,在此范围内又存在着确定的最适温度,因此,认为 b 、 c 与温度的关系为二次抛物线型,即:

$$\begin{aligned} b &= a_1 + a_2 T + a_3 T^2 \\ c &= a_4 + a_5 T + a_6 T^2 \end{aligned} \quad (2')$$

代入(2)式得:

$$P(x, T) = \exp\{-[x/(a_1 + a_2 T + a_3 T^2)]^{a_4 + a_5 T + a_6 T^2}\} \quad (3)$$

其中 $P(x, T)$ 为在 T 温度下, x 年龄时的存活率; $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ 为常数。

如果对(2')求导就可得知: b 是存活率下降最快的位置, c 为下降最快的速度。把不同温度条件及不同年龄的存活率代入上述模型(3)进行模拟,结果表明:五种温度下存活率曲线的参数 c 都大于1,表明存活率是年龄的减函数,并且 c 值随温度的降低而减小, b 值随温度降低而增大。这表明温度降低,存活率下降的速度减慢,下降最快的位置后延,使得寿命延长。温度升高存活率下降的速度加快,下降最快的位置提前,寿命缩短。存活率、年龄与温度的三维曲线如图1所示。

3. 温度对萝卜蚜生殖量参数的影响

不同温度不同年龄阶段的萝卜蚜成虫生殖量的分布是不均匀的,呈现峰态形式,它存在有最佳生殖年龄。我们用下列函数进行模拟:

$$F(t) = A(t - \alpha)^{\beta-1} \exp(-(t - \alpha)^{\beta}/\gamma) \quad (4)$$

其中 $F(t)$ 为繁殖量; t 为时间; A 为面积参数; α 为位置参数; β 为形状参数; γ 为速度参数。同上,考虑到温度的影响,每个参数都可表示为温度的二次函数。若对每个参数的二次函数求导,都可得到极值。将各参数的二次函数代入(4)式进行模拟,结果见表1。

由表1可知:繁殖量积分面积 A 随温度升高而增大,繁殖速率变化最快的位置 α 随温度

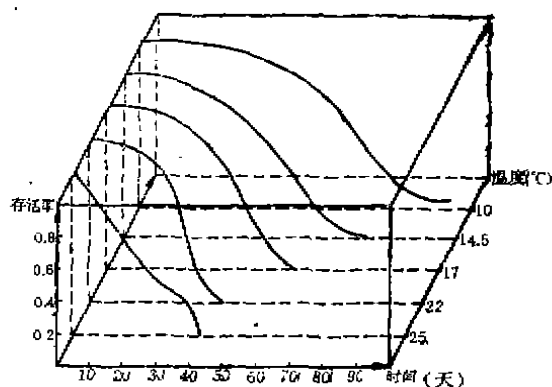


图1 萝卜蚜存活率与温度、时间关系

Fig.1 The relationship between living rate of *Lipaphis erysimi*(Kalt.) and temperature, time

升高而提前,繁殖量积分面积的形状 β 为单峰曲线函数,在 21.88°C 条件下有极值。繁殖速度变化最快的速度是在两极温度,即 10.45°C 和 24.42°C 。繁殖高峰的时间与温度呈负相关关系: $(t_{max} = 11.41 - 0.24t \quad r = -0.97)$,即繁殖高峰随温度升高而提前;而高峰期的繁殖量随温度升高而加大,呈正相关关系:

$$(A_{max} = 0.61t - 4.46 \quad r = 0.97)$$

高温下萝卜蚜的生殖活动主要集中在成虫的早期阶段。尽管高温下萝卜蚜的寿命缩短,总生殖量下降,但因其生殖活动的集中和提前,在一定程度上补偿了由于前两种因素造成的种群

表 1 温度与萝卜蚜繁殖量关系的参数

Table 1 The parameters of the relationship between temperature and number of reproduction for mustard aphid

温度	A	α	β	γ	t_{max}^*	A_{max}^{**}
10.45	1.29	-0.39	1.32	117.12	12.22	2.29
14.59	1.65	0.96	1.45	85.06	10.54	3.30
17.21	2.12	-2.93	1.59	101.23	6.83	5.66
21.88	2.02	-2.85	1.88	98.98	4.98	7.44
24.42	2.33	-7.94	1.74	116.93	1.51	7.996

* t_{max} 为繁殖量最大时的时间。

** A_{max} 为日繁殖最大量。

增长的不利影响,种群在整体上仍表现为上升的趋势。这说明萝卜蚜自然种群早期最佳育龄成虫的数量对整个种群数量的增长具有重要的意义。

4. 不同温度条件下萝卜蚜生命参数的研究

不同温度下初产若蚜大小有别。如按常规的方法组建生命表求得的 r_m 值与实际情况差异

表 2 不同温度下萝卜蚜种群生命参数

Table 2 The life parameters of population of mustard aphid under different temperature

参数	10.45	14.59	17.21	21.88	24.42
平均世代历期***(T)	43.41	31.79	23.70	17.17	15.55
产仔速率(V)	1.99 ± 0.26	2.92 ± 0.48	5.10 ± 0.78	6.13 ± 1.19	6.29 ± 1.89
净增殖率(R_0)	53.81	39.14	51.83	32.03	18.79
内禀**(r_m)	0.0928	0.1154	0.1666	0.2019	0.1687
增长力(r_m')	0.1118	0.1351	0.2032	0.2268	0.2257
周限增长力(λ)	1.0973	1.1223	1.1813	1.2237	1.2077
瞬时出生率(b)	0.2145	0.2670	0.3755	0.4133	0.4648
瞬时死亡率(d)	0.1027	0.1219	0.1723	0.1846	0.2391
(β)	0.2270	0.2752	0.4164	0.4644	0.6214
稳定年(n)	91.8481	91.6894	91.9887	90.4195	88.2888
龄组配(a)	8.1519	8.3106	8.0113	9.5806	11.7114
种群加倍时间(t)	7.4676	6.0085	4.1805	3.4333	3.6732

***(T)指从一龄蚜到繁殖中期。

** (r_m)指 $r_m = \ln R_0 / T$ 。

* (r_m')指精确计算,即: $\sum \exp(-r_m'x) \cdot l_x \cdot mx = 1$ 。

较大。如在高温下, 蚜虫日产蚜量多但个体小, 使得生命表中的 r_m 值较大。已知 r_m 主要与净生殖率 R_0 和世代时间有关, 即 $r_m \approx \ln(R_0/t)$, 但大量昆虫试验表明: 体型大小与世代时间长短变化要比净生殖率的变化更敏感。例如增加世代时间的一半将使 r_m 成倍增加, 而增加 R_0 两倍, r_m 的变化仅从1.6增加到2.3。这样 $r_m \propto 1/t \propto 1/(\text{体型大小}) \propto \text{单位重量代谢率}$ 。因此我们采用校正初产蚜量的方法组建了五种温度下的生命表。从主要的种群生命参数的比较看(表2): 各种参数与温度之间的关系是不同的。它们是(1)直线型: 包括平均世代历期(从初产一龄到繁殖中期) $T = 61.73 - 2.00t$ $r = -0.97$, 产仔速率 $V = 0.33t - 1.41$ $r = 0.96$, 净增殖率 $R_0 = 78.60 - 2.23t$ $r = -0.86$ 等。

(2)单峰曲线型: 包括产仔量、内禀增长力、周限增长率以及种群加倍时间。由于萝卜蚜的 r_m 与发育速度有良好的相关性, 并且 r_m 与温度的关系和发育速度随温度波动规律大致相似, 因此可用模型(1)模拟内禀增长力 r_m 与温度的关系。结果表明: r_m 最合适的温度是 19.64°C 。

三、结论与讨论

自1855年Candolle 提出有效积温规律以来, 人们对温度与变温动物发育速率关系及参数的研究表现出浓厚的兴趣。温度是影响变温动物种群行为的最主要的环境因子。有关二者关系的研究很多, 建立了各种模型如直线型 (Reibison 1902), 垂链线模型 (Janisch 1925), Logistic模型 (Davidson 1944), Logistic修正型模型 (Stinner 1974)等以及含六个参数的新模型 (王如松等1982)。我们采用了王氏模型模拟萝卜蚜发育速率与温度的关系, 再次证明“蚜虫随发育进程对环境不利条件忍耐力明显增加”的结论。但各种参数在生理生化机理上的解释还有待于进一步探讨。

用改进的 Weibull 模型模拟了萝卜蚜个体存活率的变化和不同时间、不同温度条件下萝卜蚜繁殖量的变化, 组建了五种温度下的生命表。这些研究并未涉及光照、湿度等其它环境因素, 因此, 自然条件下萝卜蚜种群参数的变化有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 丁岩钦, 1980, 昆虫种群数学生态学原理与应用, 第147—148页, 科学出版社。
- [2] 王如松等, 1982, 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究。生态学报 2(1): 47—56。
- [3] H. F. 范埃姆登, 1982, 蚜虫研究技术。第334—342页, 科学出版社。
- [4] Pinder J. E et al, 1978, The Weibull distribution: A new method of summarizing survivorship data. *Ecology* 59(6): 175—179。
- [5] Deloach C. J, 1974, Rate of increase of populations of cabbage, green peach and turnip aphids at constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America* 63(3): 332—340。

EFFECT OF TEMPERATURE ON THE PARAMETERS OF POPULATION OF MUSTARD APHID (*LIPAPHIS ERYSIMI* KALT)

Zhao Huiyan Wang Shize

(Plant Protection Department, Northwestern Agriculture University)

The relationship between development rate, the innate capacity of increase of mustard aphid and temperature fit to the model;

$$V(T) = K / \{1 + \exp[-r(T - T_0)]\} \{1 - \exp[-(T - T_L)/\delta]\} \{1 - \exp[-(T_h - T)/\delta]\}$$

The optimum development temperature is from 16 to 23°C, the development zero (T_L) of mustard aphid is 3.79°C. The highest threshold temperature (T_h) for development is 33.81°C. The optimum temperature for the innate capacity of increase (r_m) is 19.64°C.

The life tables of mustard aphid at 5 levels of temperature were set up. The change in survival rate of mustard aphid individuals was simulated by modified model of Weibull. The quickest fall location of survival rate is delayed and falling velocity of survival rate is decelerated with temperature fall that result in a prolonged life. The reproduction of the aphid are mainly in the early stage of adult. It was showed that the number of adult having optimum reproduction age at early stage is much important for population dynamics.

Key words: mustard aphid, survival rate, development rate, the innate capacity of increase, life table, Weibull-function.