

恒温与变温对白茨一条萤叶甲(*Diorhabda rybakowi* Weise)发育的影响

贺答汉 田 畴 李 华

(宁夏农学院)

张文军 汪世泽

(西北农业大学植保系)

摘 要

在梯度差为4℃的7个恒温箱中饲养白茨一条萤叶甲。采取在各温箱间来回移动培养管或不移动的方法实现不同的变温处理和恒温处理。以王如松温度发育模型为依据,比较了恒温与变温的不同影响。在适生温区内的变温处理可促进发育,超越适生区的过高或过低的变温对发育不利。成虫的生态寿命率 $\left(\frac{K-Y}{Y}\right)$ 与温度之间的关系,可用Logistic模型拟合。温度对成虫产卵量之影响为抛物线型关系,最适温为27℃。用实验种群数据计算了不同温度处理的平均世代(T)和增长率(r)。最佳温度在27℃左右。

关键词: 牧草害虫; 萤叶甲; 恒温; 变温; 发育速率

恒温和变温对昆虫生命活动的影响因虫而异。Beck, 伊藤认为恒温与变温的影响具有质的差别^[1,2]。有些种类在变温下发育较快^[1,3,4]。有些种类对变温、恒温的反应无明显差别^[5]。少数种类在变温下的发育速度减慢^[6]。变温方式或变温幅度不同,也有不同的影响。

白茨一条萤叶甲(*Diorhabda rybakowi* Weise)属叶甲科,棒萤甲属。单食性,抗高温耐低温,对严酷多变的荒漠气候有较强的适应力。研究温度对此虫的影响,对于了解荒漠草原昆虫的种群消长有重要意义。

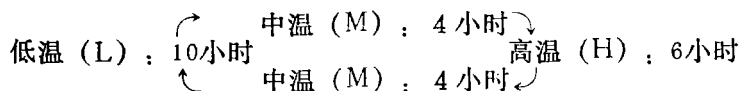
1 材料与方方法

设备:恒温培养箱,设置了17, 19, 23, 27, 31, 35, 37(℃)七种恒温。各箱内的湿度用NaOH水溶液控制在50%~70%范围内。

温度处理方法:恒温培养群体全生活期均在同一恒温箱培养。变温培养群体则是在三种

本文于1988年2月29日收到。

恒温箱之间来回移动, 以24小时为一个变温周期。利用六个恒温箱, 设计了4种变温处理。每组变温均包括: 低温(L), 中温(M), 高温(H)。培养虫群在各温箱间移动顺序及停留时间为:



以上过程简记为: $L \rightleftharpoons M \rightleftharpoons H$, L, M, H, 代表恒温箱温度, 以 $^{\circ}\text{C}$ 表示, 有下述4种处理:

- (1) $19 \rightleftharpoons 27 \rightleftharpoons 39 (^{\circ}\text{C})$ 平均温 26.67°C 温度变幅 20°C ;
- (2) $19 \rightleftharpoons 27 \rightleftharpoons 35 (^{\circ}\text{C})$ 平均温 25.67°C 温度变幅 16°C ;
- (3) $23 \rightleftharpoons 27 \rightleftharpoons 35 (^{\circ}\text{C})$ 平均温 27.33°C 温度变幅 12°C ;
- (4) $23 \rightleftharpoons 27 \rightleftharpoons 31 (^{\circ}\text{C})$ 平均温 26.33°C 温度变幅 8°C 。

除上述4种变温外, 另设一组室温试验作对照, 平均温度 $25 \pm 2.5 (^{\circ}\text{C})$ 。

饲养与观察记录: 1987年4月下旬在宁夏灵武县磁窑堡的白茨草场采集未交尾越冬成虫, 经配对后, 放入 $2 \times 5 \text{ cm}$ 玻管内, 各种温度处理为20对成虫, 每日更换白茨叶片。卵期处理为收集各该处理成虫所产的卵块10个。于孵化期内每日记录2次。幼虫孵后, 各处理均饲养50~100头。每日更换食料。成虫羽化后, 再配对, 交配成功者继续饲养。

引用公式: 温度发育式采用王如松^[9]公式。

$$V(t) = \frac{K}{1 + \exp[-r(T - T_0)]} \left[1 - \exp\left(-\frac{T - TL}{\sigma}\right) \right] \left[1 - \exp\left(-\frac{TH - T}{\sigma}\right) \right]$$

式中: K ——高温下潜在的饱和发育速率; r ——发育速度的增长率;

TL, TH ——最低及最高临界温度; σ ——边界层宽度; T_0 ——最适温度;

T ——培养试验平均温度; $V(t)$ ——在 $T^{\circ}\text{C}$ 的发育速度。

上述方程的6个参数用非线性函数的直接求解法解出。

种群的实际增长率 r , 净增长率 R_0 , 及平均世代时间 T 的计算采用如下公式

$$T = \frac{\sum LxMx \cdot X}{\sum LxMx}$$

$$r = \frac{\ln R_0}{T}$$

$$R_0 = \sum LxMx$$

式中: Lx ——存活率; Mx ——每雌产卵数; X ——时间(天)。

2 结果与分析

2.1 温度—速度模型

根据7种恒温试验的全生长期发育天数, 拟合王如松的温度发育式求得模型参数为

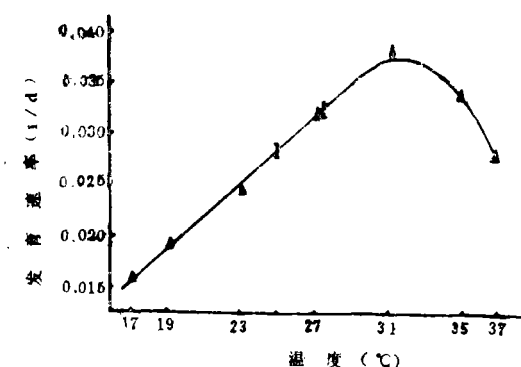
$K: 0.07876$ $r: 0.103$ $T_0: 30.0119$

$TL: 5.2532$ $TH: 39.8465$ $\sigma: 4.0084$

离差平方和为 2.77×10^{-8} , 达到柯尔模哥洛夫检验标准, 说明此模型具有很好的适用性。对此模型求导, 可算得 $\hat{V}(t)$ 最大值位于 32.4°C 点。结合参数 TL , TH 值综合分析, 可以看出一条萤叶甲耐受的上下温度限较宽。这正是其适应沙地生活之特点。其理论最适温度与实测最适温度(31°C)十分接近(附图)。

2.2 变温处理与恒温处理的比较

计算数据列入表1。其理论发育速度 $\hat{V}(t)$ 均以平均温 T 代入模型计算。从中



附图 白茨一条萤叶甲的发育速度~温度曲线

可以看出, 在变温处理中, 实测发育速度 V , 与理论速度 $\hat{V}(t)$ 之差, 一般均大于恒温处理之差。若采用一般统计方法作差异显著性检验, 则变温1, 变温4与相同平均温的恒温速度有明显差异。其中:

$$\text{变温1: } V=0.02889 < \hat{V}(t)=0.0311$$

$$\text{变温4: } V=0.03356 > \hat{V}(t)=0.03069$$

表1 不同温度处理的全生活期发育速度比较

处理项	平均温 (℃)	变温幅度 (℃)	实测速度 V	理论速度 $\hat{V}(t)$	$V - \hat{V}(t)$	
变 温	1	26.67	20	0.02889	0.03110	-0.00221 •
	2	25.67	16	0.03060	0.02987	+0.00073
	3	27.30	12	0.03166	0.03229	-0.00063
	4	26.33	8	0.03356	0.03069	+0.00287 •
室 温	25±2.5	4	0.03096	0.02850	+0.00246	
恒 温	17	0	0.0159	0.0154	+0.0005	
	19	0	0.0186	0.0184	+0.0002	
	23	0	0.0242	0.0251	-0.0009	
	27	0	0.0317	0.0318	-0.0001	
	31	0	0.0378	0.0368	+0.001	
	35	0	0.0337	0.0345	-0.0008	
	37	0	0.0272	0.0269	+0.0003	

变温1之实测值低于理论值的原因乃由于本组变温幅度过大($H=39, L=19, H-L=20$), 且高温温度太高而引起, 但其平均温为 26.67°C , 与变温4之平均温 26.33°C 差异不大。变温4的特点是实测值高于理论值, 表明昆虫在这种处理中会加快发育。本处理的温度变化特点是温度变幅仅 8°C ($H=31, L=23, H-L=8$), 室温变幅为 4°C 且高温区正是在发育速度最大

的适温区。变温2与变温3的实测值理论值无差异, 它们的变温幅度分别为16℃和12℃, 平均温分别为25.67℃, 27.33℃, 这二组温度既有变温促进发育的特点, 又有高温(35℃)抑制发育之特点, 因而表现为实测值与理论值差异不大。

2.3 恒温与变温处理对幼期存活的影响

在17~35℃的恒温范围内以 x 表示温度, 以 Y 表示幼期存活率, 呈现抛物线规律, 可用抛物线方程拟合:

$$Y = -270.523 + 23.4258x - 0.4369x^2$$

$\Sigma x^2 = 38877$, 小于临界卡方值, 证明拟合效果好。对上述抛物线方程求导, 可以求得存活率最高的温度值为 $x = 26.81^\circ\text{C}$ 。与实测值一致。由实验数据得知, 在37℃下, 各个发育阶段的死亡率都很高, 预蛹期和蛹期尤甚。在35℃条件下, 虽然也有较高的卵孵化率, 但在进入幼期后, 死亡率升高。在17~19℃条件下, 主要是影响卵的孵化和一龄幼虫存活, 同样表现为幼期存活率下降。只有在27~31℃的范围内, 各发育期的死亡均较低。

在变温条件下, 幼期存活率(Y), 随温度变幅(x)的增大而下降。可用直线方程表示

$$Y = 0.4954 - 0.02153x$$

由变温1(变幅20℃)和变温2(变幅16℃)的实际数据看, 死亡多发生在卵孵化和蛹期。

2.4 温度对成虫寿命和产卵量的影响

通过各温度试验发现, 雌、雄成虫之寿命受温度影响甚为明显。一般而论, 当温度升高时, 寿命随之而减少, 但不成线性关系。若以理论最大寿命“ K ”, 与各温度实际寿命“ Y ”作比较可得“生态寿命率” P_k 。

$$P_k = \frac{K - Y}{K}$$

$$0 < P_k < 1, K \geq Y$$

P_k 与温度 X 的关系可用Logistic模型拟合

$$P_k = \frac{K - y}{K} = \frac{1}{1 + \exp(a - bx)}$$

将一条蛱叶甲雌、雄成虫在各培养温度下的寿命值, 拟合上述模型, 求得:

$$\text{雌成虫: } K(f) = 22.26 \quad a = 5.6753 \quad b = 0.15024$$

$$\text{卡方值 } \chi^2 = 0.2259$$

$$\text{雄成虫: } K(m) = 19.95 \quad a = 6.2158 \quad b = 0.1733$$

$$\text{卡方值 } \chi^2 = 0.7203$$

从理论最大寿命比较, $K(f) - K(m) = 2.31$ (天)。据实测平均寿命比较, 雌虫平均寿命较雄虫平均寿命长2.75天, 与理论值接近一致。

变温对成虫寿命的影响亦有一定规律, 变温1(平均26.67℃, 变幅20℃)和变温2(平均25.67℃, 变幅16℃)成虫寿命与相同恒温下的成虫寿命接近一致, 但变温3, 变温4的成虫寿命较恒温为长。说明在变幅不大的条件下, 有延长寿命的作用。

成虫产卵量(以卵块计)与温度的关系可用抛物线方程描述

$$Y = -16.8974 + 1.3873x - 0.0242X^2 \quad (\Sigma X^2 = 0.9654)$$

对上述方程求导, 产卵最多的温度应为28.7℃。实际产卵最多的温区是在27~31℃之间。经实际观察表明, 成虫在此温区内能多次交尾, 不断取食。产卵间歇期缩短, 故使产卵量增多。当温度高于31℃或低于27℃, 产卵量均下降。在17℃条件下, 成虫无交尾行为, 活动能力差, 不产卵。在37℃环境中, 成虫产卵量急剧下降, 卵块很小, 形状不规, 色泽黑褐。

变温下成虫产卵量与同等恒温(27℃)产卵量比较均有不同的促进作用。说明变温环境对成虫有利。

(5) 温度对实验种群增长率及世代周期的影响: 依据实验数据, 将计算结果列入表2, 从中看出, 在恒温条件下, $r(\max) = 0.1505$; $T(\min) = 26.49$, 均在31℃。说明最适温度在此温度值左右。 $R_0(\max)$ 虽然以27℃为最大, 但因 $T = 31.57$, 不是最小, 故种群增长并非最大。

表2 在恒温与变温下, 一条萤叶甲的 R_0 , T , r 值比较

℃

处理 平均温	恒 温					变 温				室 温
	19	23	27	31	35	26.67	26.67	27.33	26.33	25
R_0	6.44	42.93	67.45	53.87	14.77	7.32	21.65	47.43	61.81	89.80
T	53.71	41.4	31.57	26.49	29.63	34.61	32.10	31.49	30.57	33.64
r	0.0338	0.0908	0.1334	0.1505	0.0815	0.0575	0.0958	0.1225	0.1349	0.1309

在变温处理中, 以变温3最优, $r = 0.1349$, 最大; $T = 30.57$, 最小; $R_0 = 61.81$, 最大。变温3的平均温为27.33℃, 可与恒温27℃互比。它们的 r , T , 及 R_0 值差别不大。从生物种群的主要参数来看, r 值的大小, 综合反应了该种生物对环境的适应。仅由于这里的 r 值是种群的增长率, 而不是内秉增长率 rm , 所以 r 值的互比, 还不能明确地表明恒温与变温何者更优。

参 考 文 献

- 1 Beck S D. Ann Rev Entomol 1983, 28: 91-108
- 2 Rock C G. Environ Entomol. 1985, 14: 637-640
- 3 Mack T D, Backman C B. Environ Entomol 1986, 15: 715-718
- 4 赵鼎新, 王忠文. 昆虫学报, 1987, 30(1): 47-54
- 5 Beck S D. J Insect Physiol 1983, 29: 107-112
- 6 王如松, 兰仲雄, 丁岩钦. 生态学报, 1982, 2(1): 47~56

CONSTANT TEMPERATURE AND FLUCTUATING TEMPERATURE EFFECTS ON THE DEVELOPMENT OF DIORHABDA RYBAKOWI WEISE

Diorhabda rybakowi

He Dahan Tian Chou Li Hua

(*Ningxia Agricultural College*)

Zhang Wenjun Wang Shize

(*Northwestern Agricultural University*)

Abstract

Diorhabda rybakowi Weise were reared in 7 thermostats in thermal gradient difference of 4°C. The moving or unmoving culture tubes in each thermostat are adopted to achieve the different thermal and thermoperiodic treatments. Based on the temperature model of the development of *Diorhabda rybakowi*, the thermal and thermoperiodic effects were compared. The thermoperiodic treatment can stimulate the development of *Diorhabda rybakowi* in the optimum temperature range, while overhigh or overlow thermoperiodic treatments are unfavourable for *Diorhabda rybakowi* development beyond the optimum temperature range. The relation between the longevity rate of the adults and temperature can be fitted by logistic model. The effect of temperature upon the adult egg-laying is parabolic relation. The optimum temperature is 27°C. The average generation (T) treated at different temperature and the growth rate (r) are calculated with the data of experiment populations. The optimum temperature is 27°C or so.

Key words: forage pests; *Diorhabda rybakowi* weise; constant temperature; fluctuating temperature; development rate