

# 不同温度条件下小菜蛾实验种群的研究\*

但建国\*\* 梁广文 庞雄飞

(华南农业大学昆虫生态室, 广州, 510642)

**摘要** 该文研究了 11 种恒温 (8~35℃) 对小菜蛾实验种群的存活、繁殖与种群增长的影响。结果表明, 小菜蛾世代存活率与温度之间呈抛物线相关, 以 25℃ 时的存活率最高。在 35℃ 及以上的高温下, 卵不能孵化, 蛹对 8℃ 及以下的低温特别敏感。雌虫产卵期随温度的升高而缩短。8~30℃ 下雌虫的繁殖动态可用类似于统计学的 Gamma 分布函数来拟合。雌虫繁殖力和种群趋势指数与温度之间均呈抛物线相关, 也均在 23℃ 时达到最大值。内禀增长率随温度的升高而增大, 至 30℃ 时达到最大, 随后则迅速下降, 35℃ 时降至零。

**关键词** 小菜蛾; 温度; 种群

**中图分类号** Q968.1; S436.341.24

小菜蛾 (*Plutella xylostella* (L.)) 是十字花科蔬菜上的重要害虫之一, 其种群数量常出现较大的波动, 高温被看成是一个重要的作用因子, 国内外已有不少报道证实了温度对小菜蛾存活与繁殖的影响 (陆自强等, 1988; 柯礼道等, 1979; Liu et al, 1985; Sivapragasan et al, 1984; Umeya et al, 1973; Yamada et al, 1983)。但是这些研究中的温度设置一般在 17~33℃ 之间, 而且有些试验的温度间距很大, 因此有必要进一步扩大试验的温度范围, 以期更全面地了解温度与小菜蛾实验种群之间的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验温度

本试验在华南农业大学中心实验室人工气候室中进行。控温设备为日本生产的 FR-SP 多单元气候箱, 误差为  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。设置 11 个温度处理, 分别为 8, 12, 14, 17, 20, 23, 25, 27, 30, 33, 35℃, 相对湿度为 80% 左右, 光照为 LD12:12。

### 1.2 供试虫源

从深圳菜场采集小菜蛾高龄幼虫和蛹, 带回室内饲养繁殖, 以刚产下的卵供试。

### 1.3 食料条件

网室盆栽甘蓝苗, 品种为“晚丰十号”, 苗龄 30~50 d。

### 1.4 试验方法

把着有新鲜卵的滤纸置于养虫皿中, 每处理 100 粒以上, 然后把养虫皿放到人工气候箱中, 观察卵的孵化进度及存活情况。幼虫孵出后, 立即用湿毛笔将其接到盆栽甘蓝苗上, 每

1994-11-01 收稿

\* 广东省科学基金资助项目

\*\* 现在广西农科院植保所工作

盆 3~10 头,并罩笼以防逃循,适时更换菜苗,每天观察幼虫的发育与死活情况。幼虫化蛹后,转移至指形管中,每管 1 头。当成虫羽化后,立即配对饲养,供以 20% 蜂蜜水为食,并放入一张渗有甘蓝叶汁的滤纸于产卵笼中,以吸引雌虫产卵,每天观察成虫的产卵情况,直至成虫死亡为止。在 8℃ 和 12℃ 下,由于小菜蛾发育历期很长,饲养时按虫期或虫龄分批进行。

2 结果与分析

2.1 温度对存活率的影响

2.1.1 孵化率 当温度介于 12~30℃ 之间时,卵的孵化温度的影响较小,其孵化率在 90% 以上。一旦超过上述温度范围,孵化率有所下降。在 35℃ 高温下,卵全部死亡(见表 1)。

2.1.2 幼虫存活率 由表 1 可见,存活率的龄间变化趋势大致为 12~33℃ 下虫龄愈高,存活率愈高;35℃ 时则刚好相反,高龄幼虫比低龄幼虫更容易死亡。

1 龄幼虫在 23~30℃ 条件下的存活率均在 80% 以上。当温度更高或低时,存活率有所下降。在 8℃ 低温和 35℃ 高温下,尚有 61.7% 和 54.55% 的 1 龄幼虫存活。

除 4 龄幼虫在 8℃ 低温下的存活率略低外,2 龄,3 龄和 4 龄幼虫在 8~33℃ 下的存活率均在 80% 以上。在 35℃ 高温下,2 龄和 3 龄幼虫的存活率分别为 54.17% 和 11.54%,而 4 龄幼虫无一幸存。

表 1 小菜蛾在不同温度条件下存活百分率

温度 / ℃	卵	幼虫				蛹	世代
		L1	L2	L3	L4		
8	88.55	61.70	81.58	80.56	75.21	35.29	9.53
12	96.33	77.50	87.88	88.89	92.10	87.50	47.00
14	93.91	60.00	80.55	94.83	100.0	96.38	41.48
17	92.90	60.91	80.59	90.75	100.0	95.91	39.70
20	96.65	70.83	88.24	90.00	98.15	94.33	50.34
23	94.15	81.25	84.62	93.93	98.39	95.09	56.89
25	94.41	84.76	88.77	89.87	98.60	98.56	62.04
27	91.35	87.76	87.20	88.01	98.49	96.92	58.73
30	96.45	84.69	84.34	88.58	93.54	93.11	53.14
33	67.82	71.67	80.23	82.61	89.47	80.40	23.17
35	0.00	54.55	54.17	11.54	0.00	——	0.00

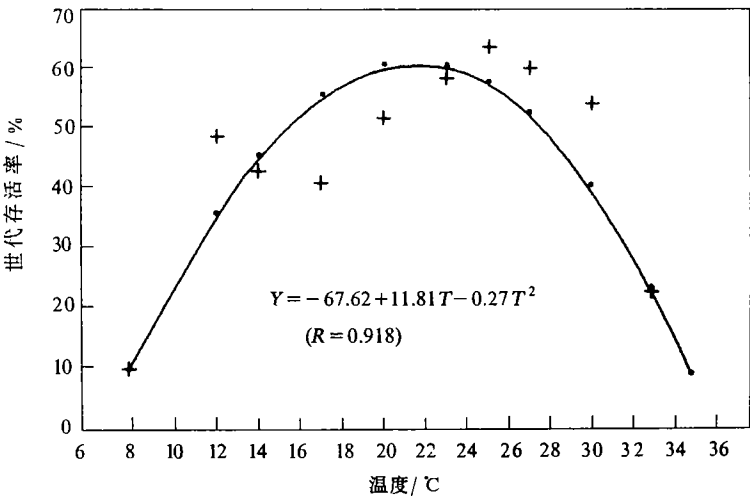


图 1 世代存活率与温度之间的关系

2.1.3 蛹羽化率 在 14 ~ 30 ℃ 下, 温度对蛹的羽化影响小, 羽化率均在 87% 以上。当温度超出该范围时, 羽化率有一定程度的下降。在 8 ℃ 低温下仅有 35.29% 的蛹能正常羽化。

2.1.4 世代存活 小菜蛾的世代存活率以 25 ℃ 时最高, 当温度偏高或偏低时, 世代存活率明显下降, 8 ℃ 时仅为 9.53%, 在 35 ℃ 下世代绝灭。世代存活率 ( $Y$ ) 与温度 ( $T$ ) 之间呈明显的抛物线性相关 (见图 1)。 $Y = -67.62 + 11.81T - 0.27T^2$  (拟合度  $R = 0.918^{**}$ )。

2.2 温度对繁殖的影响

2.2.1 繁殖动态 从雌虫最短产卵前期、平均产卵期, 以及产卵概率累计达 80% 时雌虫日龄可以直观地判断温度对小菜蛾繁殖动态的影响。各种温度下的雌虫最短产卵前期比较接近, 为 0 ~ 2 d。除 8 ℃ 的平均产卵期稍短于 12 ℃ 外, 温度愈低, 产卵期愈长。但在 35 ℃ 高温下, 成虫不产卵。雌虫平均产卵期 ( $Y$ ) 与温度 ( $T$ ) 之间呈极显著直线相关,  $Y = 77.78 - 2.28T$  ( $r = -0.947^{**}$ ), 产卵概率累计达 80% 时的雌虫日龄随温度的升高而缩短, 其中 8 ℃ 和 12 ℃ 时分别长达 38 和 43 d, 14 ℃ 和 17 ℃ 则为 21 ~ 22 d, 20 ℃ 和 23 ℃ 分别为 17 和 13 d, 25 ℃ 和 27 ℃ 时均为 8 d, 30 ~ 33 ℃ 时降至 6 d。

将不同温度下的雌虫逐日产卵概率作图后, 发现其变化趋势与统计学中的 Gamma 分布密度曲线相似。对 Gamma 分布密度函数进行简化处理后, 可得到下述模型:

$$P_{fi} = \begin{cases} \frac{(i-p)^a e^{-b(i-p)}}{r}, & i > h \\ 0, & i \leq h \end{cases}$$

式中,  $P_{fi}$ : 第  $i$  d 的雌虫产卵概率;  $i$ : 雌虫日龄;  $p$ : 最短产卵前期;  $r: \sum_{i=1}^n (i-p)^a e^{-b(i-p)}$ ;  $n$  是  $i$  的最大值;  $a, b$ : 两个待定参数。

此模型的参数可用麦夸阻尼最小二乘法迭代求得。表 2 列出了 8 ~ 30 ℃ 之间的 9 种温度条件下雌虫逐日产卵概率模型的参数及其拟合度, 但 33 ℃ 下的雌虫逐日产卵概率用上述模型拟合时效果欠佳。

表 2 九种温度下的逐日产卵概率模型参数及拟合度

温度 / ℃	模型参数		拟合度
	$a$	$b$	
8	0.126	0.062	0.721
12	-1.246	-0.036	0.947
14	0.270	0.129	0.767
17	-0.957	-0.001	0.946
20	0.497	0.175	0.790
23	0.182	0.226	0.922
25	1.823	0.693	0.898
27	2.908	1.022	0.911
30	-0.753	0.115	0.972

2.2.2 繁殖力 当温度低于 14 ℃ 或高于 27 ℃ 时, 有一定比例的雌虫不产卵, 但在很长时间内不见死亡 (见表 3)。这一部分雌虫可当作不孕雌虫; 凡能产卵的雌虫则称为正常雌虫。正常雌虫产卵量以 23 ℃ 最高, 为 272.43 粒, 但 8 ~ 25 ℃ 之间正常雌虫平均卵量皆无显著差异, 30 ℃ 和 33 ℃ 下的正常雌虫卵量较低, 均极低于其它温度下的正常雌虫卵量。

用正常雌虫概率乘以正常雌虫平均产卵量即得到实际产卵量。实际平均产卵量 ( $Y$ ) 与温度 ( $T$ ) 之间呈显著抛物线相关 (见图 2),  $Y = -146.86 + 42.03T - 1.09T^2$  (拟合度  $R = 0.983^{**}$ )。

2.3 温度对种群增长的影响

根据 Morris(1963) 和 Watt(1961; 1963) 提出的种群数学模型计算种群增长指数 ( $I$ )。小菜蛾实验种群在理想条件下呈指数增长, 即  $N_t = N_0 e^{rt}$ 。当  $t$  为世代历期时,  $N_t/N_0 = I$ , 不难求

出内禀增长率:  $r=\ln I/T$ 。

小菜蛾在 23℃ 时的种群趋势指数 ( $I$ ) 最高, 为 77.19。8℃ 和 33℃ 下的  $I$  值相当低, 分别为 6.06 和 6.55。在 35℃ 高温下种群灭亡 (见表 3)。种群趋热指数 ( $I$ ) 与温度 ( $T$ ) 之间呈抛物线相关 (见图 3),  $I=-99.33+15.95T-0.38T^2$  (拟合度  $R=0.965^{**}$ )。

内禀增长率 ( $r$ ) 随着温度的升高而增大, 直至 30℃ 达到最大, 为 0.239, 当温度继续升高时,  $r$  值明显下降, 35℃ 时,  $r$  值降至零。

表 3 小菜蛾在不同温度下的繁殖力和种群增长参数值<sup>(1)</sup>

温度 /℃	正常♀ 虫概率	正常♀虫 平均卵量 /粒	实 际 产卵量 /粒	达标卵 量概率	种群增长 指 数 ( $I$ )	世代 历期 /d	内 禀 增长率 ( $r$ )
8	0.700	196.43±63.06abc	137.50	0.491	6.55	145.79	0.013
12	0.778	218.43±72.28abc	169.90	0.546	39.93	77.26	0.048
14	1.000	232.75±38.36ab	232.75	0.582	48.27	54.87	0.071
17	1.000	243.29±46.63 ab	243.29	0.608	48.29	37.90	0.102
20	1.000	266.50±55.65 a	266.50	0.666	67.08	26.96	0.156
23	1.000	272.43±51.31 a	272.43	0.681	77.49	22.19	0.196
25	1.000	234.43±91.60 ab	234.43	0.586	72.72	19.97	0.215
27	1.000	179.67±40.61bc	179.67	0.449	52.76	17.19	0.231
30	0.800	157.88±53.49 cd	126.30	0.395	33.56	14.69	0.239
33	0.500	104.67±33.01 d	52.34	0.262	6.06	13.57	0.133

(1) 同列数值具相同字母者表示在 $\alpha=0.05$ 水平下差异下显著; $I$ 值的计算中设定性比为 1:1, 标准产卵量为 400 粒。

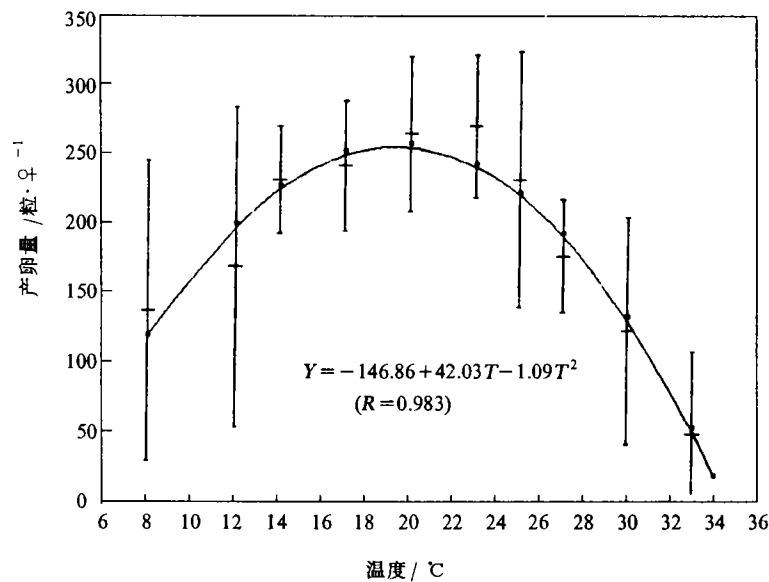


图 2 雌虫产卵量与温度之间的关系

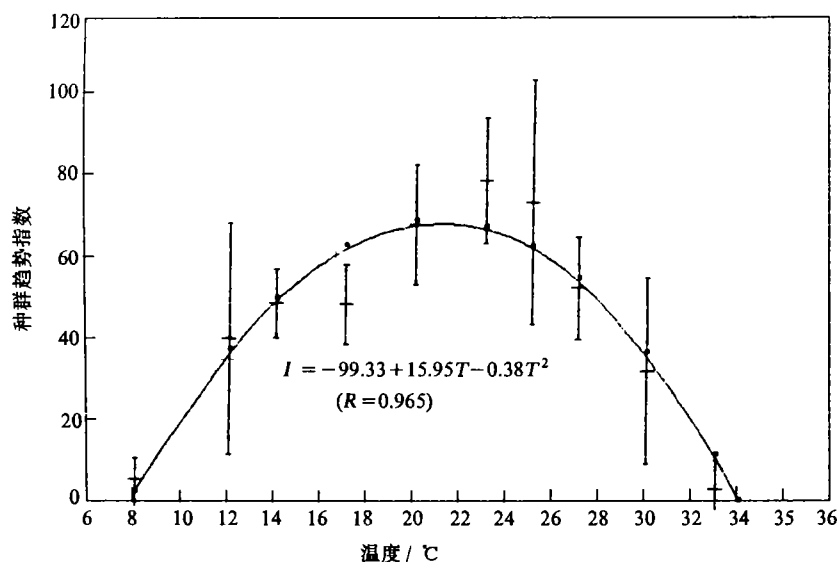


图3 种群趋势指数与温度之间的关系

### 3 结论与讨论

小菜蛾卵和幼虫在8~33℃下均有较高的存活率,卵不能适应35℃及以上的高温,而蛹对8℃及以下的低温比较敏感。从整个世代来看,小菜蛾存活率与温度之间呈抛物线相关,25℃时达到最大值,8℃低温下的存活率仅有9.53%,35℃时世代则无法完成。高温对小菜蛾的存活表现出明显的抑制作用,此结果与国内外的报道基本一致(陆自强等,1988; Umeya et al, 1973)。

温度对小菜蛾繁殖的影响主要体现在两个方面,一是影响其繁殖动态,随着温度的升高,雌虫产卵期逐渐缩短,在8~30℃之间9种温度梯度下雌虫的繁殖动态均可用统计学中的Gamma分布密度函数来拟合。二是影响雌虫繁殖力的高低,成虫繁殖力与温度之间呈抛物线相关,其中以23℃时的繁殖力最高。低温和高温对繁殖的抑制作用稍有不同,低温(小于14℃)使不孕雌虫的比例增大,从而导致种群繁殖力下降;高温(30℃及以上)既使雌虫不孕,又能压低正常雌虫的产卵量,在35℃的高温下,成虫无后代产生。

小菜蛾种群趋势指数与温度之间呈抛物线相关,23℃时达到最大值。而内禀增长率则随温度的升高而增加,至30℃时,达到最大,随后迅速下降。Sivapragasam等(1984)在马来西亚以及Liu等(1985)在台湾所得到的结果也是以30℃下的内禀增长率最高,但是来自日本的报道则有所不同,其最高内禀增长率出现在27.5℃(Yamada et al, 1983)。不同的地理种群可能对温度的适应能力有差异。

#### 参 考 文 献

- 陆自强,陈丽芳,祝树德.1988.温度对小菜蛾发育与增殖影响的研究.昆虫知识,5(3):147~149
- 柯礼道,方菊连.1979.小菜蛾生物学的研究:生活史、世代数及温度关系.昆虫学报,22(4):310~317
- Liu H H, Chi C N, Kung K S. 1985. The population parameters of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), on common kale. Plant Prot Bull (Taiwan), 27:145~153
- Sivapragasam A, Heong K L. 1984. The effects of temperature on adult survival, oviposition

- and the intrinsic rate of increase of *Plutella xylostella* (L.). MARDI Research Bulletin, 12:341 ~347
- Umeya K, Yamada H. 1973 .Threshold temperature and threshold constants for development of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L., with reference to their local differences. Jpn J Appl Entomol, 17:19 ~ 24
- Yamada H, Kawasaki T K. 1983. The effect of temperature and humidity on the development, fecundity and multiplication of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.). Jpn J Appl Entomol Zool, 27:17 ~ 21

## STUDIES ON THE LABORATORY POPULATION OF DIAMONDBACK MOTH UNDER DIFFERENT TEMPERATURES

Dan Jianguo Liang Guangwen Pang Xiongfei

(Lab. of Insect Ecology, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

### Abstract

In this paper, the survival, reproduction and dynamics of the diamondback moth (DBM), *Plutella xylostella* (L.) were studied under 11 scales of constant temperatures. The main results were followed: The survival rate of the generation of DBM, which reached the maximum at 25 °C , was parabolically related to temperature. The eggs could not hatch over 35 °C . The pupae were particularly sensitive to lower than 8 °C . The oviposition duration of the females reduced with the increase of temperature. The age-specific probabilities of the fecundities of the females at 8 ~ 30 °C could be fitted with the equations similar to the density function of Gamma distribution in statistics. The parabolical curves could well regress either the average fecundity of the female or the population trend index (I-value) of DBM laboratory population against temperature. The maximum average fecundity and the maximum I-value both appeared at 23 °C . The intrinsic rate of increase of DBM ascended as temperature became higher, and reached its maximum at 30 °C , and then reduced dramatically when temperature went up continually.

**Key words** *Plutella xylostella*; temperature; population