

温度对安婀珍蝶生长发育的影响^{*}

刘雪凌^{1, 2**} 曾 玲^{1***} 韩诗畴³

(1. 华南农业大学昆虫生态研究室 广州 510642; 2 北京化工大学北方学院 河北 065201;
3. 广东省昆虫研究所 广州 510260)

The effects of temperatures on development and survival of *Actinote anteus*. LIU Xue-Ling^{1,2**}, ZENG Ling^{1***}, HAN Shi-Chou³ (1. *Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;* 2 *North College of Beijing University of Chemical Technology, Hebei 065201, China;* 3 *Guangdong Entomological Institute, Guangzhou 510260, China*).

Abstract Under the constant temperature of 10, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32 and 35 °C, when the temperature increased, the developmental period from egg to pupae of *Actinote anteus* (Doubleday & Hewitson) became shorter, and the developing rate and the number of instar increased. The study showed that the optimal development temperature ranged from 14 °C to 26 °C. Logistic model was used to analyze the relationship between developing rate and temperature, and R² ranged from 0.8604 to 0.9972.

Key words *Actinote anteus*, temperature, development

摘 要 在 10、14、17、20、23、26、29、32 和 35 °C 恒温下, 安婀珍蝶 *Actinote anteus* (Doubleday & Hewitson) 的发育历期随温度的升高而缩短, 发育速率随温度的升高而加快, 而幼虫的龄期数则随温度升高而增多。试验结果表明, 14~26 °C 为该虫生长发育的适温区。用 Logistic 模型安婀珍蝶各虫态发育速率与温度的关系进行了模拟, 结果较好, 判定系数 R² 在 0.8604~0.9972。

关键词 安婀珍蝶, 温度, 生长发育

安婀珍蝶 *Actinote anteus* (Doubleday & Hewitson) 是害草薇甘菊 (*Mikania micrantha* HBK) 的天敌昆虫, 原产于南美洲, 于 20 世纪 70 年代, 科学家们在哥斯达黎加、多巴哥等地发现, 将其作为害草薇甘菊的生物防治因子并开展一些相关的研究, 但由于大量繁殖时该虫交尾和产卵困难无法继代繁殖而导致研究工作停顿。1996 年法国 Desmier 博士从哥斯达黎加引进安婀珍蝶到印尼, 作为飞机草 (*Chromolaena odorata* L.) 和薇甘菊的生物防治因子开展研究, 成功地大量繁殖, 并通过寄主专一性测试后野外释放, 证明对飞机草和薇甘菊的有很好的控制作用。2001 年 12 月, 经有关部门批准, 广东省昆虫研究所从印度尼西亚引进安婀珍蝶, 隔离饲养, 并对其繁殖技术、寄主专一性、对引入地的适应性等进行研究。温度是影响安婀珍蝶生长发育和繁殖的重要因子^[1~4]。研究结果将为提高此虫的繁殖技术提供科学依据。

- 1 材料与方法
- 1.1 供试虫源
- 1.2 试验方法
- 安婀珍蝶虫源引自印度尼西亚, 虫卵从广东省昆虫所室内饲养获得。
- 试验在深圳龙岗碧岭生态村实验室人工气候箱中进行, 气候箱型号是 LRH-250-GS II 微电脑控制(广东省医疗器械厂)。
- 温度试验设 10、14、17、20、23、26、29、32 和 35 °C 9 个处理(温度误差为 ±1 °C), 相对湿度(RH)为 75%~95%, 光照周期 L:D=14:10。
- 将初产于薇甘菊叶背的安婀珍蝶卵约 200 粒连同薇甘菊枝条插入塑料瓶中保湿, 分别置

* 广东省自然科学基金(020322)深圳科技局科研项目(2003-133)。

**Email: kl_761225@163.com

***通讯作者, E-mail: zengling@scau.edu.cn

收稿日期: 2006-06-28, 修回日期: 2006-11-07

于不同温度的恒温箱中。幼虫在培养皿中用薇甘菊叶饲养,叶柄用棉球保湿。幼虫将化蛹时,移到瓶插薇甘菊上饲养,尽量使它在较自然状态下化蛹。成虫羽化后置于空调室内养虫笼(长×宽×高=50 cm×50 cm×100 cm)中交尾产卵,温度调节在25~30℃,相对湿度在80%~90%。观察并记录各虫期数量和存活情况,成虫产卵量。试验设5个重复^[5]。

1.3 分析方法

分析方法参考文献[6]和[7]。

1.3.1 发育速率与温度关系的数学模型拟合:发育速率与温度间的关系采用以下几种模型进行分析^[8-11]:

(1)线性日度模型(丁岩钦,1980)

$$V_{(T)} = (1/K) \times (T - C)/K.$$

其中 $V_{(T)}$ 为温度 T 时的发育速率, K 为有效积温, C 为发育起点温度。

(2)Logistic 模型

$$V_{(T)} = K / [1 + e^{(a-b \times T)}].$$

其中 $V_{(T)}$ 为温度 T 时的发育速率, K 为最大发育速度, a 、 b 为模型参数。

(3)王氏模型(王如松等,1982)

$$V_{(T)} = K \times [1 - e^{-(T-TL)/\delta}] \times [1 - e^{-(TH-T)/\delta}] / [1 + e^{-\gamma(T-T0)}].$$

其中: $V_{(T)}$:温度 T 下的发育速率; K :常温下潜在的饱和发育速率; γ :发育速率随温度变化的指数增长率; TL 、 TH :最低最高临界温度; $T0$:最适发育温度; δ :边界层的宽度,其大小显示了昆虫对极端温度的忍耐程度。

1.3.2 数据处理:实验数据用SAS8.0程序进行统计分析。作图采用EXCEL软件。

2 结果与分析

2.1 温度对安婀珍蝶存活率的影响

2.1.1 温度对安婀珍蝶卵孵化率的影响:由表1可以看出,温度对安婀珍蝶卵的孵化率影响较大,在最低温度10℃时,虫卵不能孵化;在14~23℃之间,卵孵化率由82.46%逐渐上升至95.94%;在23~26℃时,孵化率急剧下降到

48.74%;在温度达到29℃以上时,虫卵不能孵化,并且变干而死亡。

2.1.2 温度对安婀珍蝶幼虫存活率的影响:温度对安婀珍蝶幼虫存活率的影响也很大(表1)。在10℃时,1龄幼虫不能存活,从2龄幼虫进行饲养时,70.5%的6龄幼虫能够进入7龄,但不能成活到化蛹;在14~23℃之间,各龄幼虫的存活率逐渐升高,以23℃最大;在26~29℃时,各龄幼虫的存活率逐渐降低,在29℃时只有少量幼虫可进入7龄,但不能化蛹;温度高于29℃时,各龄期的幼虫均不能存活,幼虫在32℃、35℃条件下,3~7 d即死亡。

2.1.3 温度对安婀珍蝶化蛹及羽化的影响:在10℃条件下从2龄饲养时,幼虫有部分进入7龄,但不能化蛹,而6龄中仅有6.6%的幼虫可化蛹,但不能羽化;在14~26℃之间,安婀珍蝶化蛹率及羽化率以23℃最高,高于或低于23℃时,化蛹率及羽化率均下降;29℃时,幼虫从1龄可发育到7龄,但不能化蛹。

在10~26℃之间,安婀珍蝶的平均蛹重在23℃最高,高于或低于23℃时,平均蛹重均下降;而羽化畸形率在23℃时最低,高于或低于23℃时,羽化畸形率均升高。

2.1.4 安婀珍蝶的发育历期与温度的关系:安婀珍蝶同一虫期在不同温度下的发育历期比较见表2。

总体上说,在10~35℃之间的9个梯度恒温范围内,温度越高,安婀珍蝶幼虫的龄期数越多,每个龄期的历期越短。14℃时,整个未成熟期的发育历期为169.2 d。随着温度的升高,安婀珍蝶各虫态的发育速率加快,发育历期明显缩短,到23℃时,整个未成熟期的发育历期为107.6 d。温度升高至29℃时,卵不能孵化,幼虫不能化蛹。

安婀珍蝶卵期、蛹期和世代可分别由以下方程拟合,而幼虫期由于龄期数不等,所以不能呈现一定的规律。

卵期: $d = 224.42 / (T - 8.03)$ ($R^2 = 0.9799$, $P < 0.01$, $14^\circ\text{C} \leq T \leq 26^\circ\text{C}$);

表 1 温度对安婀珍蝶存活率、蛹重及羽化的影响

温度(℃)	卵孵化率 (%)	幼虫存活率 (%)	化蛹率 (%)	蛹重 (mg)	羽化率 (%)	畸形率 (%)	未成熟期存 活率(%)
10	0	31.0	6.6	199±0.4a	0	0	0
14	82.5	69.1	78.2	210±0.5b	67.6	23.6	30.1
17	85.0	50.0	72.2	215±0.5c	73.6	14.5	25.0
20	93.3	78.6	89.8	401±0.5e	87.9	2.9	57.8
23	96.0	96.4	96.7	413±0.6f	96.6	0.4	86.4
26	48.7	79.4	62.9	301±0.5d	45.8	12.6	11.1
29	0	0.815	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0

表 2 安婀珍蝶在不同温度下的发育历期(d)

温度(℃)	卵期	幼虫期历期	蛹期	世代
10	0	162.02±0.51g	0	0
14	38.3±0.1a	106.80±1.13f	24.06±1.07a	169.15±0.74a
17	23.00±0.17b	97.37±0.20e	16.63±0.31b	131.80±5.20b
20	18.61±0.19c	76.71±0.01b	16.57±0.32b	110.47±1.43c
23	15.46±0.16d	80.99±0.34c	11.13±0.11c	107.57±0.23d
26	14.19±0.32e	83.01±0.32d	10.36±0.14c	107.56±0.15e
29	0	71.12±0.44a	0	0
32	0		0	0
35	0		0	0

注: *表示有部分幼虫到该虫期,表中同列数据后英文字母相同者在 0.05 水平上差异不显著(新复极差检验)。

蛹期: $d = 221.27 / (T - 4.70) (R^2 = 0.9397,$
 $P < 0.01, 14^{\circ}\text{C} \leq T \leq 26^{\circ}\text{C})$;
世代: $d = 2826.92 / (T + 3.39) (R^2 = 0.88,$
 $P < 0.05, 14^{\circ}\text{C} \leq T \leq 26^{\circ}\text{C})$ 。

2.2.3 发育速率与温度的关系: 根据表 2 中的
数据, 将发育历期换算成发育速率(V), $V = 1 /$
 D , 计算出安婀珍蝶各虫态在不同温度下的发
育速率, 用 Logistic 模型模拟出温度与各虫态发
育速率的关系模型, 结果见表 3、4。

从模型检验结果看, 所建模型绝大部分是
成立的, 其显著水平达到 0.05 或 0.01, 仅少数
虫期发育速率与温度的关系不符合 Logistic 模
型。

应用所建的不同虫期发育速率与温度关系
的模型对实际发育速率进行拟合, 将所得拟合
值作图进行比较(图 1)。

从各虫期模型拟合值与实际值比较结果可
以看出, 在 10~29℃实验温度范围内, 绝大部
分模型拟合的发育速率与实测值间较接近, 模

表 3 温度与安婀珍蝶各虫态发育速率
关系的 Logistic 模型

模型	显著水平(P)	R ²
$V_{(\text{egg})} = 0.0754 / (1 + e^{(4.2787 - 0.2639T)})$	$P < 0.01$	0.9949
$V_{(\text{I})} = 0.112 / (1 + e^{(3.24 - 0.17T)})$	$P < 0.01$	0.9972
$V_{(\text{II})} = 0.107 / (1 + e^{(2.371 - 0.148T)})$	$P < 0.01$	0.9428
$V_{(\text{III})} = 0.088 / (1 + e^{(3.358 - 0.251T)})$	$P < 0.01$	0.9620
$V_{(\text{IV})} = 0.0898 / (1 + e^{(3.693 - 0.314T)})$	$P < 0.01$	0.9575
$V_{(\text{V})} = 0.0938 / (1 + e^{(4.670 - 0.380T)})$	$P < 0.05$	0.9510
$V_{(\text{VI})} = 0.120 / (1 + e^{(3.104 - 0.217T)})$	$P = 0.1496$	0.8604
$V_p = 0.163 / (1 + e^{(2.735 - 0.121T)})$	$P = 0.0681$	0.9319
$V_{(e-a)} = 0.0095 / (1 + e^{(4.360 - 0.345T)})$	$P < 0.05$	0.9870

注: $V_{(\text{egg})}$, $V_{(\text{I})}$, $V_{(\text{II})}$, $V_{(\text{III})}$, $V_{(\text{IV})}$, $V_{(\text{V})}$, $V_{(\text{VI})}$, $V_{(\text{P})}$, $V_{(e-a)}$ 分
别代表卵、1 龄幼虫、2 龄幼虫、3 龄幼虫、4 龄幼虫、5 龄幼虫、6
龄幼虫、蛹及全世代的发育速率。其中, 7 龄幼虫只有在极低
温和高温下才出现。

型可以较准确反应实际的变化规律。从图 1 中
可以看出, 安婀珍蝶不同虫期的发育速率随着
温度的升高而增加; 幼虫期的发育速率也随着

龄期的增加而加快。

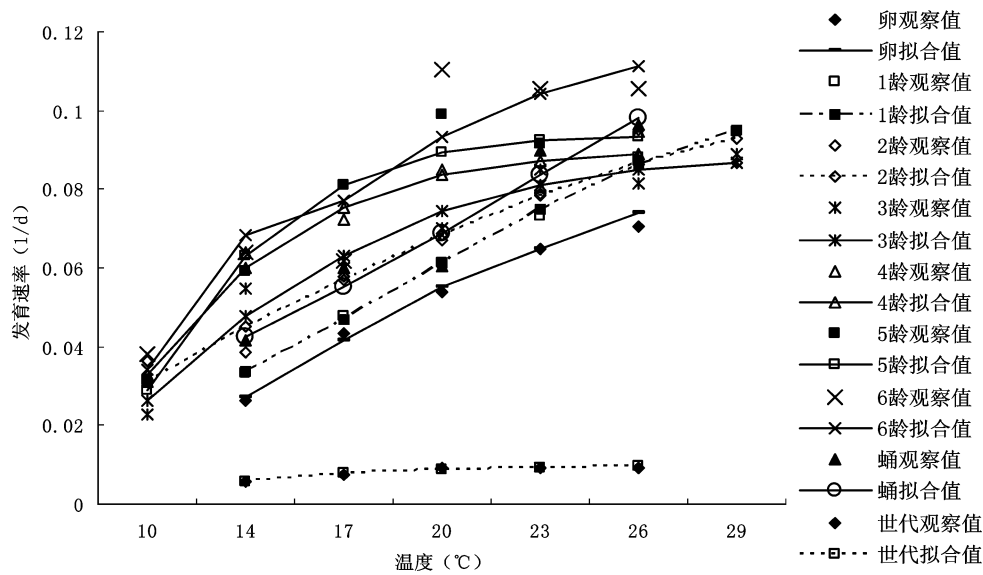


图 1 不同温度下安婀珍蝶不同虫期的发育速率

不同虫期不同模型的拟合准确性也不尽相同,如 5 龄幼虫期,实测发育速率随温度增高呈曲线变化,线性模型拟合性较差,而 Logistic 模型、王氏模型拟合性较好。因此,要根据实测值的变化规律,选择合适的模型,才能得出较准确的有效积温、最大发育速率、发育起点温度等生物学参数。

将所建模型的 R^2 值比较于下表(表 4)。

表 4 线性模型、Logistic 模型、王氏模型的判定参数 R^2 比较

虫期	线性模型	Logistic 模型	王氏模型
卵	0.9686	0.9949	0.6922
1 龄	0.9913	0.9972	0.6876
2 龄	0.9231	0.9428	0.9641
3 龄	0.8896	0.9620	0.6833
4 龄	0.8670	0.9575	0.6780
5 龄	0.7283	0.9510	0.6788
6 龄	0.8155	0.8604	—
蛹	0.9301	0.9319	0.6624
世代	0.8228	0.9870	0.6901

3 结论与讨论

观察结果表明 10℃时卵不能孵化,1 龄幼虫也不能成活,从 2 龄饲养时,6 龄中有极少数幼虫能够进入 7 龄,但不能成活到化蛹;在 14~26℃时,安婀珍蝶均可以完成世代发育,其各温度下的幼虫龄期变化是 5 龄、6 龄或 7 龄;29℃时卵不能孵化,幼虫从 1 龄可以发育到 7 龄但不能化蛹;在 32℃、35℃时,卵和幼虫均不能成活。从实验结果看,23℃最适合安婀珍蝶发育。

在 14~26℃内,安婀珍蝶各虫态的发育速率随温度的升高而加快,温度越低,各虫态的发育历期越长,分别建立了各虫期发育速率与温度的关系的线性模型、Logistic 模型、王氏模型。由模型所得到的发育起点温度、最适发育温度绝大部分低于实测值,而最高极限温度又高于实测值。从这些模型的主要参数看,安婀珍蝶的可发育温度更趋向于低温,而安婀珍蝶引入地印度尼西亚温度较高,其原因有待进一步研究。

根据广东省的气候资料显示(广东省人民政府农业办公室与广东省气象局农业气象中心

合编, 1996), 在广东省的中亚热带地段, 即该省的最北部, 冬季最低气温可降到 $3 \sim 5^{\circ}\text{C}$, 该地带每年从 10 月至次年 3 月为冷空气活跃期, 其中 1 月为最冷期, 低温霜冻最为严重。广东地区 7 月的最高气温达 34°C 以上, 极端高温曾达 42°C ; 极端最高气温不少于 35°C 的天数, 7 月份平均为 13.3 d, 8 月份平均为 12.8 d。由此可知广东省冬夏季温度变化幅度很大, 因此, 安婀珍蝶在野外能否顺利越冬越夏还需深入研究。

致谢 在论文的实验设计方面得到 庞雄飞 院士的大力帮助。论文的大部分实验在广东省昆虫所及深圳碧岭生态村进行, 导师曾玲、梁广文教授, 李丽英、韩诗畴、彭统序、刘文惠研究员, 李开煌副研究员, 沈淑平老师给予了悉心的指导和关怀, 陈巧贤老师、罗莉芬、邵婉婷、李志刚同学给予了热情关心和帮助; 本论文还得到在印度尼西亚工作的 Desmier 博士的悉心指导和热情关怀帮助, 他曾多次从印度尼西亚把艳婀珍蝶和安婀珍蝶的卵及幼虫寄到广东省昆虫

研究所, 为我们提供了有关该蝶的大量研究资料; 该蝶的中文名称由华南农业大学王敏博士命名; 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 李丽英, 彭统序, 刘文惠, 韩诗畴, 李开煌, 等. 昆虫天敌, 2002 24(2): 49~52.
- 2 李志刚, 韩诗畴, 郭明昉, 李丽英. 昆虫知识, 2003, 40(6): 561~564.
- 3 李志刚, 韩诗畴, 郭明昉, 罗莉芬, 刘文惠, 等. 中国生物防治, 2004, 20(3): 170~173.
- 4 李志刚, 韩诗畴, 郭明昉, 李丽英, 彭统序, 等. 昆虫知识, 2005 42(4): 429~430.
- 5 邵婉婷. 华南农业大学硕士学位论文. 2003.
- 6 李东风编. SAS 系统与 S 语言. 北京: 人民邮电出版社. 2006.
- 7 庞雄飞. 害虫种群的生态控制——种群生灭过程控制研究方法. 北京: 高等教育出版社. 2002.
- 7 王如松. 生态学报, 1982, 2(1): 47~57.
- 9 古德就, 余明恩, 张维球. 华南农业大学学报, 1995, 16(1): 58~63.
- 10 李典谟, 王莽莽. 昆虫知识, 1988, 23(4): 184~187.
- 11 李超. 生态学报, 1995, 5(2): 157~163.

双斑恩蚜小蜂的生殖方式及其在烟粉虱体内的发育^{*}

钱明惠^{1, 2} 任顺祥^{1**} 邱宝利¹

(1. 华南农业大学昆虫学系 广州 510642; 2. 广东省林业科学研究院 广州 510520)

The reproductive model and development of *Encarsia bimaculata* in *Bemisia tabaci*. QIAN Ming-Hui^{1, 2}, REN Shun-Xiang^{1**}, QIU Bao-Li¹ (1 Department of Entomology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642 China; 2. Department of Forestry Protection, Guangdong Forestry Research Institute, Guangzhou 510520, China)

Abstract The embryo development of *Encarsia bimaculata* was observed for the first time. Results showed that the fertilized eggs developed into primary parasitoid females, while unfertilized eggs developed into autoparasitoid males. The female, from egg to adult, took (13.1 ± 2.5) d at $(25 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ and $70\% \pm 10\%$ RH. The stage of egg was (1.98 ± 0.38) d, the first instar larva was (0.95 ± 0.33) d, the second instar was (2.48 ± 0.40) d, the third instar was (3.46 ± 0.43) d and the pre-pupa and the pupa spent (0.95 ± 0.20) d and (4.88 ± 0.80) d respectively.

Key words *Encarsia bimaculata*, reproductive model, development, *Bemisia tabaci*

^{*} 国家基金项目项目(30270901); 广东省自然科学基金项目(04020604)。

^{**}通讯作者, E-mail: qmingh@yahoo.com.cn

收稿日期: 2006-05-31, 修回日期: 2006-09-29