

温湿度和光照强度对青斑蝶卵·幼虫及蛹存活率和发育历期的影响

吕婷, 张如芳, 余丹, 汤永晶, 蒋桂莲, 黄元, 李正玲*, 陈明勇* (云南大学生态学与环境学院, 云南昆明 650500)

摘要 [目的]探讨温度、湿度及光照强度对青斑蝶卵、幼虫和蛹存活率及历期的影响。[方法]采用“人工气候箱+温湿度、光照自动记录仪+视频监控实时测定”的方法,探究不同培养条件下卵、幼虫和蛹的历期变化,设置不同梯度的温度(20~30℃)、相对湿度(50%~60%)、光照强度(500~1 000 lx)条件对不同虫态历期进行观测与记录。[结果]卵和幼虫最适宜的发育条件为温度25℃,相对湿度60%,光照强度1 000 lx,平均发育历期分别为4.08和13.03 d。温度30℃、相对湿度50%、光照强度1 000 lx的培养条件最适宜蛹的发育和羽化。在所控制的3种环境因子中温度对蛹历期的影响极显著($P<0.01$),光照强度和湿度对蛹历期的影响不显著($P>0.05$),但湿度和光照强度对蛹的羽化率有重要影响。[结论]温度是影响青斑蝶卵和蛹历期的重要环境因子。控制合适的温湿度和光照强度,有利于青斑蝶各虫态历期的缩减和提高成活率。该研究结果可为青斑蝶的人工养殖提供有价值的参考。

关键词 青斑蝶;发育历期;温度;相对湿度;光照强度

中图分类号 Q958.11 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)03-0093-02

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.03.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Temperature, Humidity and Light Intensity on the Survival Rate and Developmental Duration of *Tirumala limnace* Eggs, Larvae and Pupae

LÜ Ting, ZHANG Ru-fang, YU Dan et al (School of Ecology and Environmental Science, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650500)

Abstract [Objective] To investigate the effects of temperature, humidity and light intensity on the survival rate and duration of *Tirumala limnace* eggs, larvae and pupae. [Method] Using the method of “artificial climate box + video monitoring real-time measurement + automatic temperature, humidity and light intensity recorded instrument”, the changes of duration for the eggs, larvae and pupae under different culture conditions were explored. Different gradients of temperature (20–30℃), relative humidity (50%–60%), light intensity (500–1 000 lx) conditions were set to observe and record the duration under different states. [Result] The optimum development conditions for eggs and larvae were temperature 25℃, relative humidity 60%, light intensity 1 000 lx, and the average development duration were 4.08 and 13.03 d, respectively. The culture conditions of temperature 30℃, relative humidity 50%, light intensity 1 000 lx were the optimum conditions for pupae development and emergence. Among the three environmental factors controlled, temperature had significant influences on pupa duration ($P<0.01$), while light intensity and relative humidity had no significant influence on pupa duration ($P>0.05$). The relative humidity and light intensity had important effects on the eclosion rate of pupae. [Conclusion] Temperature was an important environmental factor affecting pupa duration. The rational temperature, relative humidity and light intensity were beneficial to the reduction of the duration of different states and improvement of survival rate. The research results provided valuable references for the cultivation of *T. limnace*.

Key words *Tirumala limnace*; Developmental duration; Temperature; Relative humidity; Light intensity

蝴蝶为完全变态昆虫,其生活史都要经历卵、幼虫、蛹和成虫4个阶段。作为自然界最常见且色彩最艳丽的一個类群,蝴蝶的资源价值众多,包括生态旅游观赏、节日喜庆放飞、医药、食用、工艺装饰和标本制作等价值^[1]。其中,具有较高观赏价值的种类大都集中在凤蝶科、粉蝶科、斑蝶科、环蝶科和蛱蝶科5大科。野外采集、捕捉蝴蝶存在种种弊端,人工饲养蝴蝶在蝴蝶产业发展中具有重要意义^[2]。

青斑蝶(*Tirumala limnace*)为斑蝶科(Danaiidae)斑蝶亚科(Danainae)青斑蝶属(*Tirumala*)昆虫,我国分布于南部各省区,国外在南亚及东南亚亦广泛分布^[3-4]。青斑蝶成虫为雌雄异型的中大型蝶类,单只雌蝶产卵量较高,繁殖力强,幼虫主要以萝藦科(Asclepiadaceae)的几种植物为食^[5]。由于观赏价值高、繁殖力强、寄主植物生物量大、易于种植,青斑蝶被作为各蝴蝶养殖场的首选蝶种之一^[6]。Li等^[7]对青斑

蝶的成虫进行了跟踪观测标记,研究成虫期的时间分配规律。但对青斑蝶的生活史中其他发育阶段最适条件等方面未见相关研究报道。笔者采用“人工气候箱+温湿度、光照强度自动记录仪+视频监控实时测定”的方法,研究了温度、湿度及光照强度对青斑蝶卵、幼虫和蛹存活率及发育历期的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为青斑蝶卵、幼虫和蛹(表1),来自于云南省昆明市东川区铜都镇老村村的蝴蝶养殖基地(地理位置为103.142°E, 26.182°N, 海拔1 296 m),属于干热河谷气候。

表1 试验材料基本情况

Table 1 Basic information of test materials

虫态 Insect state	批次 Batch number	数量 Number 只	发育阶段 Developmental stages	来源 Source
卵 Eggs	1	20	卵	养殖基地
幼虫 Larvae	1	10	一龄幼虫	实验室
幼虫 Larvae	2	60	末龄幼虫	养殖基地
蛹 Pupae	1	20	蛹	养殖基地

基金项目 生态环境部生物多样性调查、观测和评估项目(2019—2023年)。
作者简介 吕婷(1995—),女,云南宣威人,硕士研究生,研究方向:动物生态。张如芳(1996—),女,云南宣威人,从事动物生态研究。吕婷和张如芳为共同第一作者。*通信作者:李正玲,工程师,硕士,从事植物学研究;陈明勇,教授,博士,硕士生导师,从事动物生态研究。

鸣谢 昆明市东川区铜都镇老村村蝴蝶养殖基地李正春、李正富和李正龙等对试验材料的提供给予了大力支持与协助。

收稿日期 2020-06-07

试验所用的卵均产于11:00左右,送至实验室,置于人工气候箱中的时间为当天22:00左右,中间在自然环境中发育历时11 h左右,放置人工气候箱后严格按照试验条件饲

养。第 1 次试验使用来自养殖基地的蛹,后续试验为确保记录到准确的化蛹时间,收集东川养殖基地青斑蝶的末龄幼虫继续在实验室内自然条件下饲养,每批次 40 条,刚化蛹即作为试验用蛹。

1.2 试验设备与仪器 上海天呈公司生产的 MGC-350HP 的人工气候箱;大连云动力公司生产的 WS1 温度、湿度及光照强度自动记录仪;天津华来公司生产的 1S 智能摄像机。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计。采用“人工气候箱+温湿度、光照强度自动记录仪+视频监控实时测定”,是通过对温度、湿度及光照强度进行人为调控,使用温湿度、光照强度自动记录仪对人工气候箱内的温度、湿度和光照强度进行测定和记录,同时使用小米摄像头对人工气候箱内的动态进行记录和观察,实时掌握卵、幼虫和蛹的状态和活动,观察并记录不同试验条件下青斑蝶幼期(卵、幼虫及蛹)发育历期。设置 9 个组,具体试验条件如表 2 所示。

表 2 试验条件的设置

Table 2 Setting of experimental conditions

组别 Group	虫态 Insect state	发育阶段 Developmental stages	温度 Temperature ℃	相对湿度 Relative humidity %	光照强度 Light intensity lx
1	卵	卵	25	60	1 000
2	卵	卵	30	60	1 000
3	幼虫	一龄幼虫	25	60	1 000
4	蛹	蛹	25	60	1 000
5	蛹	蛹	30	60	1 000
6	蛹	蛹	25	60	500
7	蛹	蛹	25	50	1 000
8	蛹	蛹	30	50	1 000
9	蛹	蛹	20	60	1 000

1.3.2 平均发育历期的计算。参考标准差计算公式,计算标准差^[8],求取平均发育历期。具体计算公式如下:

表 3 不同条件下卵的平均发育历期、畸形及死亡率

Table 3 Average growth duration, deformity and mortality of eggs under different conditions

组别 Group	样本数 Sample number 个	培养条件 Culture conditions			平均发育历期 Average development duration//d	畸形及死亡率 Deformity and mortality//%
		温度 Temperature//℃	相对湿度 Relative humidity//%	光照强度 Light intensity//lx		
1	10	25	60	1 000	4.08±0.39	20
2	10	30	60	1 000	—	100

表 4 不同条件下蛹的平均发育历期、畸形及死亡率

Table 4 Average development duration, deformity and mortality of pupae under different conditions

组别 Group	样本数 Sample number 个	培养条件 Culture conditions			平均发育历期 Average development duration//d	畸形及死亡率 Deformity and mortality//%
		温度 Temperature//℃	相对湿度 Relative humidity//%	光照强度 Light intensity//lx		
1	10	25	60	1 000	8.71±0.71	20.0
2	10	30	60	1 000	7.07±0.37	20.0
3	15	25	60	500	9.36±0.46	6.7
4	15	25	50	1 000	9.06±0.53	6.7
5	15	30	50	1 000	6.75±0.38	0
6	15	20	60	1 000	14.16±0.74	13.3

3 结论与讨论

该研究对温度、光照强度和湿度对青斑蝶卵、幼虫和蛹

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{1}$$
$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \tag{2}$$
$$D = \bar{x} \pm \delta \tag{3}$$

式中, D 为平均发育历期, $\bar{x}$ 为样本平均数, δ 为标准差, n 为样本量, x 为样本值。

1.3.3 数据统计与分析。利用 Excel 2010 软件进行数据整理和初步统计分析。利用 SPSS 统计软件进行描述统计分析,使用方差分析不同培养条件下的蛹发育历期差异性,各处理间方差进行齐性 Levene 检验^[9]。

2 结果与分析

2.1 卵的发育历期测定结果 如表 3 所示,试验共设置 2 个组,在 1 组条件下,卵平均发育历期 4.08 d,孵化率为 80%;在 2 组条件下,卵全部未能孵化,失水干缩死亡。在控制湿度和光照强度的前提下,青斑蝶的卵发育无法承受温度到达 30 ℃,25 ℃、相对湿度 60%、光照强度 1 000 lx 为青斑蝶卵生长的适宜条件。

2.2 幼虫的发育历期测定结果 参考卵的适宜培养条件,在相同条件(温度 25 ℃、相对湿度 60%、光照强度 1 000 lx)下饲养幼虫,由于实验室单虫饲养密度较小,幼虫成活率为 100%,幼虫发育龄期为(13.03±0.88)d,无畸形。

2.3 蛹的发育历期测定结果 在人工气候箱不同培养条件下蛹的平均发育历期、畸形及死亡率见表 4。由表 4 可知,温度 30 ℃、相对湿度 50%、光照强度 1 000 lx 的培养条件最适宜蛹的发育和羽化,在羽化率最大的前提下发育历期最短(6.75 d)。

方差分析表明,不同培养条件下蛹的发育历期差异极显著($P<0.01$)。不同温度下蛹的发育历期差异极显著($P<0.01$);不同光照强度下蛹的发育历期差异不显著($P>0.05$);但是,不同相对湿度下蛹的发育历期差异不显著($P>0.05$)。

历期的影响进行了探究,探讨了青斑蝶各历期的适宜条件,
(下转第 99 页)

[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2009, 28(2): 176-182.

[8] 冯东岳, 王玉堂, 汪劲. 我国水生动物病原菌耐药性监测开展情况及有关建议[J]. 中国水产, 2017(5): 34-37.

[9] JANDA J M, ABBOTT S L. The genus *Aeromonas*: Taxonomy, pathogenicity, and infection[J]. *Clinical microbiology reviews*, 2010, 23(1): 35-73.

[10] PARKER J L, SHAW J G. *Aeromonas* spp. clinical microbiology and disease[J]. *Journal of infection*, 2011, 62(2): 109-118.

[11] SENDEROVICH Y, KEN-DROR S, VAINBLAT I, et al. A molecular study on the prevalence and virulence potential of *Aeromonas* spp. recovered from patients suffering from diarrhea in Israel[J]. *PLoS One*, 2012, 7(2): 1-6.

[12] IGBINOSA I H, IGUMBOR E U, AGHDASI F, et al. Emerging *Aeromonas* species infections and their significance in public health[J]. *Scientific world journal*, 2012, 2012: 1-13.

[13] 杨嘉龙, 周丽, 邢婧, 等. 养殖刺参溃疡病杀鲑气单胞菌的分离、致病性及胞外产物特性分析[J]. 中国水产科学, 2007, 14(6): 981-989.

[14] 李梅, 游卓霖, 陈锋, 等. 广东省南美白对虾豚鼠气单胞菌的分离鉴定[J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(4): 579-586.

[15] 李忠琴, 张坤, 林茂, 等. 大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)致病性维氏气单胞菌的分离鉴定与药敏特性研究[J]. 海洋与湖沼, 2017, 48(1): 139-147.

[16] 曹飞飞, 朱凝瑜, 郑晓叶. 2014—2016年浙江省大黄鱼养殖病害测报及防治建议[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(6): 1043-1047.

[17] 张杰, 毛芝娟. 大黄鱼内脏白点病病原原香假单胞菌及其毒力因子研究进展[J]. 浙江万里学院学报, 2015, 28(6): 69-76, 81.

[18] 胡娇, 张飞, 徐晓津, 等. 大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)内脏白点病病原分离鉴定及致病性研究[J]. 海洋与湖沼, 2014, 45(2): 409-417.

[19] 徐晓津, 徐斌, 王军, 等. 大黄鱼感染哈维氏弧菌后血液生化指标的变化及组织病理学观察[J]. 水产学报, 2010, 34(4): 618-625.

[20] 吴立婷, 廖金轩, 庞茂达, 等. 大黄鱼中哈维氏弧菌毒力及耐药特性分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(8): 2111-2119.

[21] 朱凝瑜, 曹飞飞, 郑晓叶, 等. 中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)迟缓爱德华氏菌(*Edwardsiella tarda*)的分离鉴定与药物敏感性分析[J]. 中国渔业质量与标准, 2018, 8(4): 65-71.

[22] 施礼科, 陈凡, 叶健, 等. 养殖中华鳖源气单胞菌药物敏感性测定及分析[J]. 科学养鱼, 2018(5): 62-63.

[23] 郑善坚. 弗氏柠檬酸杆菌引起鱼、蛙溃烂病的防治案例[J]. 科学养鱼, 2017(2): 68-69.

[24] 何欣. 三种药物在大口黑鲈体内代谢动力学及代谢组学研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2017.

[25] 朱凝瑜, 贝亦江, 郑晓叶, 等. 乌鳢源气单胞菌的耐药表型与耐药基因研究[J]. 水产科技情报, 2020, 47(3): 145-149.

[26] 周志洪, 吴清柱, 王秀娟, 等. 环境中抗生素污染现状及检测技术[J]. 分析仪器, 2016(6): 1-8.

[27] CABELLO F C, 张红林, 何力. 水产养殖业预防性抗生素的大量使用: 一个日益严重的人与动物健康以及环境问题[J]. 淡水渔业, 2016, 46(6): 109-112.

[28] 周志金, 胡大雁, 朱强. 浙北地区大口黑鲈“优鲈1号”苗种规模化早繁技术[J]. 科学养鱼, 2016(2): 8-9.

[29] 周凡, 冯双双, 姜剑锋, 等. 池塘循环流水“跑道”养殖3种淡水鱼效益分析[J]. 水产养殖, 2020, 41(4): 39-42.

[30] 任燕, 陈献稿, 刘鹏威, 等. 大黄鱼假单胞菌病原的分离鉴定及药物敏感试验[J]. 广东农业科学, 2012, 39(18): 151-154.

[31] 施慧, 王庚申, 谢建军, 等. 2013-2014年浙江省海水养殖常见致病菌耐药性分析[J]. 科学养鱼, 2015(4): 54-56.

[32] 乔毅, 万夕和, 沈辉. 我国水产用抗菌药物耐药性研究进展[J]. 中国抗生素杂志, 2015, 40(5): 389-395.

[33] 孔蕾, 朱凝瑜, 贝亦江, 等. 中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)摩氏摩根菌(*Morganella morganii*)的鉴定及致病性研究[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(3): 722-727.

[34] STOCK I, WIEDEMANN B. Identification and natural antibiotic susceptibility of *Morganella morganii*[J]. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 1998, 30(3): 153-165.

[35] 慕福芹. 多药耐药菌的耐药机制研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2010.

[36] LIU H, ZHU J M, HU Q W, et al. *Morganella morganii*, a non-negligent opportunistic pathogen[J]. *International journal of infectious diseases*, 2016, 50: 10-17.

(上接第94页)

为人工培育青斑蝶提供基础数据参考,同时也为其他蝴蝶种群的活动节律研究提供参考。

3.1 卵和幼虫的发育历期 温度对昆虫的发育具有重要影响,低温能延缓昆虫的发育^[10]。这与张岚等^[11]对斐豹蛱蝶的繁殖生态学研究的相关报道相一致;该研究通过人工气候箱控制温度、湿度和光照强度进行青斑蝶卵、幼虫和蛹的培养,结果显示青斑蝶卵和幼虫的适宜条件为温度 25℃,相对湿度 60%,光照强度 1 000 lx,卵和幼虫的平均发育历期分别为 4.08 和 13.03 d;相同湿度及光照强度下,温度设为 30℃,卵无法发育;相较于低温对昆虫卵的发育抑制作用,高温会终止昆虫卵的发育。

3.2 蛹的发育历期 将青斑蝶的蛹在人工气候箱不同条件下培养,结果表明温度、湿度及光照强度对蛹的生长发育各因素之间有交互作用,其中温度对蛹的发育影响极显著($P < 0.01$)。温度 30℃、相对湿度 50%、光照强度 1 000 lx 的培养条件最适宜蛹的发育和羽化,羽化率为 100%,平均发育历期为 6.75 d。温度是影响昆虫发育的最主要因素^[10];在相对湿度 60%、光照强度 1 000 lx 的条件下,与 25、30℃ 的温度条件相比,20℃ 下蛹的发育历期增加 7 d 左右。虽然从统计学上看相对湿度和光照强度对青斑蝶的影响并不显著,但在实际观察中相对湿度和光照强度对青斑蝶蛹的发育具有重要影响,相对湿度和光照强度的改变会严重影响青斑蝶的羽化

率;在温度 30℃、光照强度 1 000 lx 的条件下,相较于相对湿度 50%,在相对湿度 60% 条件下畸形及死亡率更高(20.0%);在温度 25℃、相对湿度 60% 的条件下,相较于 500 lx 的光照强度,在光照强度 1 000 lx 条件下畸形及死亡率提高了 13.3 百分点。人工养殖青斑蝶时,应注意加强对温度、相对湿度和光照强度的控制,提高青斑蝶的羽化率。

参考文献

[1] 陈明勇, 邹兴淮, 邓敏, 等. 中国蝴蝶养殖[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002: 2-11.

[2] 唐宇翀, 陈晓鸣, 周成理. 蝴蝶资源的开发与利用[C]//云南省昆虫学会 2009 年年会论文集. 北京: 科学出版社, 2009: 331-333.

[3] AMBROSE D P, RAJ D S. Butterflies of Kalakad-Mundanthurai tiger reserve, Tamil Nadu[J]. *Zoos print journal*, 2005, 20(12): 2100-2107.

[4] 唐宇翀. 青斑蝶对挥发物的取食反应[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(36): 171-173.

[5] 陈晓鸣, 周成理, 史军义. 中国观赏蝴蝶[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008: 208-210.

[6] 李承哲, 王华, 唐宇翀, 等. 青斑蝶成虫释放诱集研究[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54(2): 317-324.

[7] LI C Z, WANG F Y, CHEN X M, et al. Adult behavior of *Tirumala limniace* (Lepidoptera: Danaidae)[J]. *Journal of insect science*, 2015, 15(1): 1-7.

[8] 程士富. 标准差计算和应用中的一个问题[J]. 内蒙古统计, 2007(6): 60.

[9] 袁瑞玲, 杨珊, 冯丹, 等. 温度、湿度、光照对桔小实蝇飞行能力的影响[J]. 环境昆虫学报, 2016, 38(5): 903-911.

[10] 廖宇. 玉带凤蝶生物学特性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2009: 15-27.

[11] 张岚, 董勇, 杨世璋, 等. 斐豹蛱蝶的繁殖生物学研究[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(6): 1759-1764.