

温度对泥蚶胚胎发育、幼体生长发育及变态的影响

Effect of Temperature upon Embryonic and Larval Development and Metamorphosis of Mud Clam (*Tegillarca granosa*)

兰国宝 聂振平 赖彬

Lan Guobao Nie Zhenping Lai Bin

(广西海洋研究所 北海市长青东路 92号 536000)

(Guangxi Institute of Oceanography, 92 East Changqinglu, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要 用广西防城港海区 2~ 3龄平均体重 10克/只~ 12克/只的泥蚶作为亲贝,对泥蚶胚胎发育、幼体生长发育及变态与温度的关系进行试验研究;试验温度为 19℃、21℃、23℃、25℃、27℃、29℃、31℃、33℃。试验用水为沙滤海水,比重 1.014~ 1.020, pH值 8.0~ 8.2。结果表明,胚胎发育最适温度为 25℃~ 31℃,由此温度带求得的胚胎发育温度系数 Q_{10} 为 2.05。在高低极端温度下,胚胎发育畸形而死亡。幼体生长发育与温度的关系呈 Logistic 曲线关系,即 25℃~ 31℃ 时,幼体生长速率随温度升高而加快;在极端温度下,生长速率下降。在 23℃~ 31℃,即使没有附着基质,幼体也能正常变态,而 18℃ 以下时,幼体不能变态而逐渐死亡。温度高于 31℃ 时,幼体虽然能变态,但死亡率高 (80%~ 90%)。

关键词 温度 泥蚶 胚胎发育 幼体生长 变态

中图法分类号 S 968.314

Abstract Experiments on the effect of temperature upon the embryonic and larval developments and larval metamorphosis of mud clam (*Tegillarca granosa*) were conducted with a test set of temperature being 19℃, 21℃, 23℃, 25℃, 27℃, 29℃, 31℃ and 33℃, in which the fertilized eggs were obtained through inducing the parent clams collected from the sea area along Fangcheng Harbour in the coast of Guangxi, aged 2~ 3 years with average individual weight of 10 g~ 12g, and the sea water used in the nursing was percolated through fine sand, the specific gravity being 1.014~ 1.020, pH 8.0~ 8.2. The results showed that the optimum temperature for embryonic development ranged from 25℃ to 31℃ by which the temperature coefficient Q_{10} was calculated to be 2.05, and in extreme high and low temperature upon the larval growth followed Logistic distribution, i. e., in the range of 25℃ to 31℃ the larval growth increased with increasing temperature, and in extreme temperature the larval growth was curved down in an obvious extent. Besides, the settling larvae could normally metamorphose within 23℃ to 31℃ even if no substrate was provided with, but did not metamorphose below 18℃ and died with time on. Although the settling larvae could metamorphose above 31℃, their mortality was high from 80% to 90%.

Key words Temperature, mud clam (*Tegillarca granosa*), embryonic development, larval growth, metamorphosis

泥蚶 (*Tegillarca granosa*) 属广温性双壳贝类,广布于印度洋及太平洋区域^[1],我国北起山东、南至广西沿海各省均有分布。

为了发展泥蚶人工养殖,近十几年来,我国对泥蚶性腺成熟期的控制方法^[2]、泥蚶的性腺发育和生殖周期^[3]及泥蚶人工育苗技术的研究做了不少工

作^[4~ 7]。近年来,张晓燕等^[8]开展了泥蚶人工育苗立体附苗技术的研究,田传远等^[9]开展了泥蚶无底质采苗技术的研究,使人工育苗技术得到不断地改进和提高,但对泥蚶幼体生态学研究较少。为了发展广西泥蚶人工养殖,解决北苗南运的问题,我们于 1997年开展了泥蚶人工育苗试验工作,同时结合育苗过程出现的问题进行研究,于当年育出 0.5 mm~ 1.0 mm 蚶苗 5 000 万粒。本文研究了温度对泥蚶胚胎发育、

浮游幼体生长发育及匍匐幼体变态的影响,目的是为今后人工育苗提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 亲贝来源及催产方法

亲贝采自广西防城港海区,贝龄 2~3 年,平均体重 10 克~12 克/只。第 1 次催产于 9 月 6 日进行,用阴干加流水刺激排放,水温 30.0℃~32.0℃,比重 1.014, pH 值 8.2;第 2 次催产于 10 月 13 日进行,用降温与充气刺激排放精卵,水温 25.0~25.5℃,比重 1.015, pH 值 8.2

1.014, pH 值 8.2;第 2 次催产于 10 月 13 日进行,用降温与充气刺激排放精卵,水温 25.0~25.5℃,比重 1.015, pH 值 8.2

1.1.2 饵料及用量

湛江叉鞭金藻 (*Dicrateria zhanjiangensis* var. sp) 10 000 cells/mL~20 000 cells/mL;扁藻 (*Platymonas* sp) 1 000 cells/mL~2 000 cells/mL;角毛藻 (*Chaetoceros* sp) 2 000 cells/mL~3 000 cells/mL

1.1.3 实验用水

沙滤海水,比重 1.014~1.020, pH 值 8.0~8.2

1.2 方法

参考林君卓等^[10]的方法,实验温度为 19℃、21℃、23℃、25℃、27℃、29℃、31℃、33℃ 共 8 组,每组 2 个重复。实验在 500 mL~1 000 mL 烧杯中进行。胚胎发育实验,从受精卵开始,至 D 型幼体时结束。幼体生长实验,从初期面盘 (D) 幼体开始,至眼点幼虫时结束。变态实验,从眼点幼体开始,至变态幼体时结束。幼体培育密度 5 只/毫升。每天换水 1 次,并加投饵。

幼体生长速率的测定分为壳顶形成前 D 型幼体阶段和壳顶形成后至附着变态前阶段。幼体完全变态的标准为面盘消失,足、鳃已形成,贝壳上有放射肋出现。实验期间,每日测定 1 次,每次取样 30 只。

1.3 数据处理

采用数理统计和数学模型的方法^[11~13]进行分析处理实验数据。

2 结果与讨论

2.1 温度对泥蚶胚胎发育的影响

泥蚶胚胎发育在 21℃~33℃,且随着温度的升高发育加快。从图 1 可看出,当水温在 21℃ 时,从受精卵发育到 D 型幼体需要近 60 h,而当水温在 31℃~33℃ 时,胚胎发育达 D 型幼体仅需要 12 h~13 h。另外,胚胎发育的畸形率也随着温度的上升而升高。在 23℃~25℃ 下, D 型幼体的畸形率仅为 9%~11%;而在 31℃ 以上时,畸形率上升到 30%,温度上升到 33℃ 时,畸形率达到 60% 以上。

从形态上看,当泥蚶胚胎在 31℃~33℃ 下发育时,畸形不但表现在铰合部扭曲和不平滑,而且贝壳的高度与长度之间的比例变异较大。我们以系数 $r = H(\text{壳高})/L(\text{壳长})$ 对大量的 D 型幼体作统计,得到的结果是:当 $0.86 \geq r \geq 0.78$ 时,幼体发育属正常范围,且今后培育成活率高;当 $r < 0.68$ 时,为幼体严重畸形,且今后培育成活率极低。我们认为 r 值可作为衡量泥蚶胚胎相关发育和异度发育^[14] 正常与否的一个数字指标。

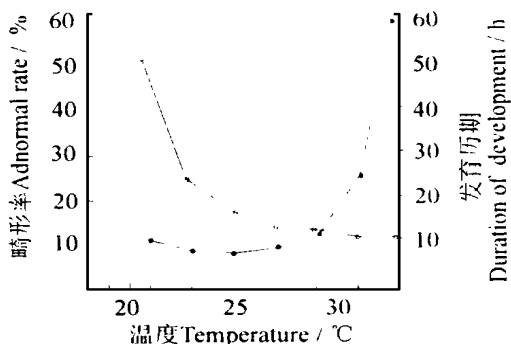


图 1 温度与泥蚶胚胎发育历期及畸形率关系

Fig. 1 Relationship of temperature to the duration of embryonic development and the abnormal rate

○从受精卵至 D 型幼体发育历期曲线 Relationship of temperature to the duration of mud clam embryonic development from fertilized egg to D-shaped larva; ● 温度与畸形率关系曲线 Relationship of temperature to abnormal rate of larval development.

为了确定泥蚶胚胎发育的最适温度,我们以实验数据求温度系数 Q_{10} ,它表示某一温度带内温度的变化对胚胎发育的影响,当 Q_{10} 值为 2 时,其温度带是胚胎发育的最适温度范围^[11]。从表 1 可看到,泥蚶胚胎发育的最适温度为 25℃~31℃,在这个温度范围内孵化率高,畸形率低。23℃ 以下为胚胎发育低温区,发育历期长,幼体可能未孵出,而卵黄等供胚发育的物质和能量已耗尽,这样孵出后幼体虚弱而死亡率高。31℃~33℃ 为高温临界区,虽然胚胎发育快,但相关发育与异度发育严重失去平衡,导致畸形率上升,因此死亡率最高。

表 1 泥蚶胚胎发育各温度带的 Q_{10} 值

Table 1 Q_{10} value for mud clam embryonic development at different ranges of temperature

| t_a (°C) | t_o (°C) | $t_a - t_o$ (°C) | 平均温度 Mean temperature (°C) | T_a (h) | T_o (h) | $Q_{10} = \left(\frac{T_o}{T_a} \right)^{\frac{10}{t_a - t_o}}$ |
|---------------|---------------|---------------------|-------------------------------------|--------------|--------------|--|
| 33 | 29 | 4 | 31 | 12 | 14 | 1.47 |
| 31 | 27 | 4 | 29 | 13 | 17 | 1.96 |
| 29 | 25 | 4 | 27 | 15 | 20 | 2.05 |
| 27 | 23 | 4 | 25 | 17 | 32 | 4.86 |
| 33 | 27 | 6 | 30 | 12 | 17 | 1.79 |
| 31 | 25 | 6 | 28 | 13 | 20 | 2.05 |
| 29 | 23 | 6 | 26 | 14 | 32 | 3.97 |
| 33 | 25 | 8 | 29 | 12 | 20 | 1.89 |
| 31 | 23 | 8 | 27 | 13 | 32 | 3.08 |

表 2 泥蚶幼体在不同温度下的生长速率

Table 2 The growth speed of mud clam larvae at various temperature level

| 温度 Temperature (°C) | 实验开始时幼体大小 Size of D-shaped larvae at beginning of experiment (μ) | | | 平均日生长 Mean daily growth (μ /d) | | | | | | 到达眼点幼体的发育历期 Duration of development from D-shaped larvae to eyed larvae (d) | 成活率 Survival rate (%) |
|---------------------------|---|-------|---------------|--|-------|---------------|-------------------------------|-------|---------------|--|--------------------------|
| | | | | D型期幼体 Larvae at D-shaped stage | | | 壳顶期幼体 Larvae at umbo stage | | | | |
| | \bar{x} | S^2 | $S_{\bar{x}}$ | \bar{x} | S^2 | $S_{\bar{x}}$ | \bar{x} | S^2 | $S_{\bar{x}}$ | | |
| 19 | 80.7 | 10.37 | 3.22 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 21 | 81.2 | 14.98 | 3.87 | 1.3 | 1.04 | 1.02 | 2.3 | 1.23 | 1.11 | - | - |
| 23 | 80.5 | 9.61 | 3.10 | 2.3 | 1.12 | 1.06 | 3.7 | 1.17 | 1.08 | 25 | 75~ 85 |
| 25 | 80.1 | 11.56 | 3.40 | 4.7 | 1.10 | 1.05 | 5.3 | 1.06 | 1.03 | 14.5 | 85~ 90 |
| 27 | 81.3 | 10.11 | 3.18 | 5.8 | 1.31 | 1.14 | 7.2 | 1.10 | 1.05 | 13 | 80~ 90 |
| 29 | 82.4 | 12.67 | 3.56 | 6.9 | 1.87 | 1.36 | 9.2 | 1.21 | 1.10 | 12 | 80~ 90 |
| 31 | 82.7 | 10.76 | 3.26 | 8.1 | 1.67 | 1.29 | 10.3 | 1.36 | 1.17 | 10 | 75~ 80 |
| 33 | 81.8 | 9.42 | 3.07 | 8.6 | 1.54 | 1.24 | 10.8 | 1.27 | 1.13 | 9.5 | 10~ 20 |

2.2 温度对泥蚶幼体生长发育的影响

表 2反映了温度对幼体生长影响情况 表 2数据是用方差分析法对壳顶期前和壳顶期后幼体在各种温度下的生长情况分段进行统计处理的结果,它反映泥蚶幼体在不同的温度下不同发育期的平均日生长率。由表 2可知,泥蚶幼体的生长速率随温度升高而加快 实验证明,当水温在 25°C~ 31°C之间时,幼体不但生长发育快,而且畸形率低,成活率高 在 33°C下虽然生长最快,但严重畸形,而且能发育成眼点幼体的个体只有 10%~ 20%。在 23°C低温下,幼体发育已相当缓慢,尽管此温度下成活率较高,但由于发育历期时间长,眼点幼体后附着变态率也比适温范围的幼体低 而在 21°C的 D型幼体几乎停止生长发育。

为了找到生长率 (Y)与温度 (X)之间的相关程度,我们对表 2中壳顶期前 (D)与壳顶期后 (U)的两组数据分别进行回归分析得到:

$$Y_1 = 0.638X - 21.61(\text{壳顶期前}),$$

$$Y_2 = 0.761X - 13.58(\text{壳顶期后}).$$

两个回归方程,通过 X^2 值作吻合度显著性检验, $X_1^2 = 11.98, X_2^2 = 9.52, DF = 7 - 2, P_1 < 0.05, P_2 = 0.10$ 由此可见,线性回归不恰当,因此,我们用 Logistic分布曲线对生长率与温度的关系进行拟合,以 V_t 表示生长速率, t 表示温度,代入 Logistic方程:

$$V_t = \frac{K}{1 + e^{(a + bt)}}.$$

然后对方程进行线性变换,用三点法求出 K值,用最小二乘法求 a b的值,结果:

$$V_{t1} = 8.81 / [1 + e^{(11.025 - 0.437t)}],$$

$$V_{t2} = 12.46 / [1 + e^{(7.533 - 0.290t)}].$$

用 X^2 检验, $X_1^2 = 0.605, X_2^2 = 0.219, DF = 5,$

P_1, P_2 均大于 0.98 说明泥蚶幼体生长率与温度的关系符合 Logistic曲线关系(图 2) 即,泥蚶的生长发育速率虽然随温度的升高而加快,但在适温带以外的极端温度下,生长速率反而随温度的升高而下降。

2.3 温度对泥蚶幼体附着变态的影响

泥蚶幼体变态受温度的影响是极为明显的(图 3)。实验结果证明:温度在 25°C~ 31°C时,幼体变态率明显高于其他温度(见表 3)。在适温范围内,随着温度的升高而变态时间缩短。温度低于 18时,带眼点的匍匐幼体会长时间不能变态而逐渐死去。而在 33°C的高温下,部分幼体虽然能通过变态关,但死亡率很高,达 80%~ 90%以上。此外,为探讨温度与附着基质的联合影响,我们把温度实验分成两组,一组不投泥,另一组投泥,而其他条件完全平行,实验结果见表 3 我们这一实验结果与田传远等^[9]的结果是一致的,即有无基质(泥)的存在,对泥蚶幼体的变态没有影响,温度才是使其变态的主要因素,在 17°C~ 19°C低温下,即使有泥作为附着基质的辅助作用,

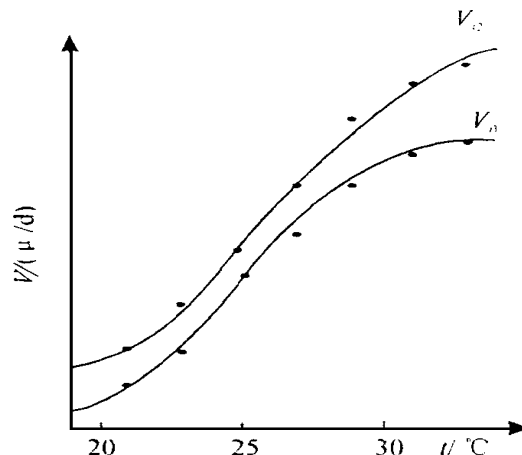


图 2 泥蚶幼体生长与温度关系的 Logistic曲线模型

Fig. 2 Logistic model for the relationship of temperature to the growth of mud clam larvae

表 3 温度、基质与泥蚶幼体变态的关系

Table 3 The relationships of temperature and substrate to the metamorphosis of mud clam larvae

| 温度 Temperature (°C) | 变态历期 Duration of metamorphosis (d) | 变态率 Metamorphic rate (%) | |
|---------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|
| | | 无基质组 Group without subst rate | 有基质组 Group with substrate |
| | | | |
| 17 | 16 | 死亡 Dead | 死亡 Dead |
| 19 | 15 | 无变态 No metamorphosis | 无变态 No metamorphosis |
| 21 | 13 | 15 | 13 |
| 23 | 10 | 21 | 17 |
| 25 | 8 | 27 | 22 |
| 27 | 6 | 30 | 28 |
| 29 | 5 | 32 | 34 |
| 31 | 4 | 32 | 31 |
| 33 | 3.5 | 28 | 30 |

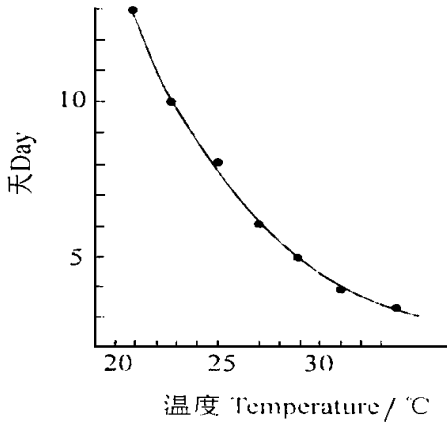


图 3 泥蚶幼体变态历期与温度的关系

Fig. 3 The relationship of temperature to the duration of metamorphosis of larval mud clam

但仍不能使幼体变态。相反，当基质的选择不当时，例如黑泥成分太多，投泥前消毒灭菌不彻底等，投泥不但不能促使幼体变态，反而污染水体，加速幼体的死亡。这一实验结果与我们 1997 年培育第 2 批苗时

遇到的情况非常一致。当时寒潮持续 15 d，水温降到 17°C ~ 19°C。幼体迟迟不变态而逐渐死亡，当温度升到 21°C ~ 23°C 时，3 d 后就有 15% ~ 20% 的幼体变态。另外，我们在第一批苗的培育中投泥后幼体大量死亡，经过进一步的实验对比，证明幼体死亡的原因是由于所用的泥曾受雨淋变质造成的，去掉基质后幼体能正常变态而死亡率明显下降。

参考文献

- 1 大连水产学院. 贝类养殖学. 北京: 农业出版社, 26~ 54, 327~ 345.
- 2 周茂德. 泥蚶亲贝培养及其性腺成熟期控制方法的探讨. 浙江水产科技, 1980, 2 (1): 17~ 19.
- 3 郑家声. 泥蚶的性腺发育和生殖周期. 青岛海洋大学学报, 1995, 25 (4): 503~ 509.
- 4 林志强等. 泥蚶人工育苗试验报告. 浙江水产科技, 1980, 2 (1): 1~ 11.
- 5 陈朝晖等. 泥蚶工厂化育苗技术的研究. 海洋科学, 1995, (6): 10~ 12.
- 6 王凤岗. 泥蚶人工育苗技术研究. 齐鲁渔业, 1991, (2): 8~ 12.
- 7 许万竹等. 泥蚶人工育苗技术的研究. 福建水产, 1993, (3): 5~ 10.
- 8 张晓燕等. 泥蚶人工育苗立体附苗技术的研究. 海水养殖论文与报告, 1996, (51): 38~ 43.
- 9 田传远等. 泥蚶人工育苗高产技术的研究. 青岛海洋大学学报, 1996, 26 (1): 25~ 30.
- 10 林君卓等. 温度和盐度对文蛤幼体生长发育影响. 福建水产, 1997, (1): 27~ 32.
- 11 王永新等. 温度和盐度对花鲈对胚胎及前期仔鱼发育影响的初步报告. 水产科技情报, 1995, 22 (2): 54~ 57.
- 12 王如松等. 昆虫发育速率与温度关系的数学模型研究. 生态学报, 1982, 2 (1): 47~ 56.
- 13 杨纪珂等. 应用生物统计. 北京: 科学出版社, 1983. 347~ 345.
- 14 庄孝惠等. 发育生物学. 北京: 中国大百科全书出版社, 1988. 191~ 250.

(责任编辑: 蒋汉明)