

长蛸胚胎发育生物学零度和有效积温的研究

宋 坚, 肖登兵, 郝振林, 常亚青*

(大连海洋大学 农业部北方海水增养殖重点实验室, 大连 116023)

摘 要: 在室内恒温条件下, 通过观察和记录受精卵在 6 个温度梯度下的孵化情况, 并运用公式计算和直线回归的方法, 研究了长蛸 (*Octopus variabilis*) 受精卵发育的生物学零度、有效积温及胚胎发育的温度系数 (Q_{10})。结果表明, 长蛸胚胎发育的生物学零度和有效积温分别为 9.17°C 和 1239.94°C·d; 长蛸胚胎发育的最适温度范围为 20~26°C。

关键词: 长蛸; 胚胎发育; 生物学零度; 有效积温

中图分类号: S917

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)04-0605-04

Biological zero temperature and effective accumulated temperature for embryonic development of *Octopus variabilis*

SONG Jian, XIAO Dengbin, HAO Zhenlin, CHANG Yaqing

(Key Laboratory of Mariculture & Stock Enhancement in North China's Sea, Ministry of Agriculture, Dalian Ocean University, Dalian 116023)

Abstract: In the study, the hatching of the fertilized egg of *Octopus variabilis* at six constant indoor temperatures was observed. Biological zero temperature, effective accumulated temperature and temperature coefficient (Q_{10}) for the development of zygotes of *O. variabilis* were calculated using formula and linear regression. The results showed that the biology zero temperature and the effective accumulated temperature for the development of zygotes of *O. variabilis* were 9.17°C and 1239.94°C·d, respectively. The optimum hatching temperature range for the embryonic development was 20-26°C.

Key words: *Octopus variabilis*; embryonic development; biological zero temperature; effective accumulated temperature

长蛸(*Octopus variabilis*), 隶属于软体动物门, 头足纲, 八腕目, 蛸科(Octopodidae), 俗称长八带鱼、鲛须。该种在我国南北海域均有分布, 其中北部海域较多^[1]。近年来随着生活水平的提高, 人们对长蛸的消费量逐渐增大。为了解决资源减少和消费量增大的矛盾, 蛸类的增养殖已经变得越来越重要^[2]。近年来国内学者开展了长蛸的繁殖生物学、人工繁育及养殖技术研究工作: 李来国等^[3]等研究了长蛸生殖系统组织学和精卵发生的细胞学, 谢淑瑾等^[4]对长蛸的繁殖行为和胚胎发育的过程进行了初步的观察, 郑志坚^[5]、郑伟^[6]和刘瑞义^[7]等发现利用网箱和养殖瓶养殖长蛸具有生长快、养殖周期短、

产量高等优点; 郑伟等^[6]和李士虎^[8]等对长蛸的人工繁育技术进行了研究。

有效积温和生物学零度的研究在头足类中只有短蛸(*Octopus ocellatus*)和曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)有相关报道^[9-10], 但关于长蛸的研究未见报道。本研究主要是通过试验以及数理统计的方法, 得出长蛸胚胎发育的有效积温和生物学零度, 为今后长蛸的规模化育苗积累资料。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用的长蛸受精卵是 2012 年 8 月 10 号由

收稿日期: 2013-12-19

基金项目: 辽宁省教育厅高等学校创新团队项目“章鱼的人工育苗及养殖技术研究”(No.2008T020)资助。

作者简介: 宋 坚, 副研究员。E-mail: dlmel@163.com

* 通信作者: 常亚青, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: yqchang@dlou.edu.cn

实验室暂养的长蛸产卵后所得,受精卵为当日产出,产卵的水温为 22.6℃。

1.2 方法

试验在 70 L 的塑料水槽中进行,以空调和加热棒控制温度,并每天早、中、晚测量水温。试验所用海水取自大连黑石礁海域,经过双层砂滤罐沉淀处理,盐度 28~32, pH 为 8 左右。每天换水 50%,以 500 目纱绢过滤,并保持水温不变。

试验以等温间距设置 18℃、20℃、22℃、24℃、26℃和 28℃ 6 个梯度。将采集的长蛸受精卵分别放于设定好温度的水槽中,每组 30 粒受精卵,统计孵化率。其中,孵化时间以 50%幼体孵化出膜并用气泵微充气,将气石放置于孵化装置底部中央。在长蛸孵化过程中记录孵化时间、出膜时差、累计的时间;出膜时差为第一只长蛸孵化出膜到最后一只孵化出膜的时间间隔。每个温度梯度设 2 个平行。

1.3 试验数据的处理

1.3.1 胚胎发育的生物学零度和有效积温 运用有效积温法则: $K = N(TC)$, 及直线回归方法^[11], 以 50%的受精卵孵化出幼体所用的时间为标准, 计算长蛸胚胎发育的生物学零度和受精卵发育成出膜的幼体的有效积温 (°C·d)。式中, K 表示有效积温, N 表示发育所需的时间, T 为发育期间的平均水温, C 为生物学零度。计算公式为:

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

其中 V 为发育速度, $V=1/N$; n 为数据组数, 本试验温度梯度数 $n=6$ 。

试验数据用 Excel2007 和 spss17.0 处理, 相关数据采用 Duncan 多重比较检验组间差异, 运用直线回归法和公式计算法进行计算, 试验相关数据以“平均数±标准差”表示。

1.3.2 胚胎发育的温度系数 (Q_{10}) 胚胎发育的温度系数的计算公式为:

$$Q_{10} = (H_0 / H_a)^{10/(T_a - T_0)}$$

式中 Q_{10} 值代表温度每升高 10℃ 时胚胎发育速度加快的倍数, H_0 和 H_a 分别表示温度 T_0 和 T_a 时的孵化时间^[9]。

2 结果与分析

2.1 温度对长蛸受精卵孵化的影响

在本实验设定的温度范围内长蛸的受精卵均能够进行孵化, 孵化的时间随着孵化温度的升高逐渐缩短, 从 121.31 d±4.24 d 缩短到 65.50 d±6.36 d; 出膜时间差和孵化的时间有一致的变化规律, 也是随着孵化温度的升高而逐渐缩短, 从 26.5 d±2.12 d 缩短到 6.00 d±1.41 d。随着孵化温度的升高, 各个温度下长蛸受精卵的孵化率有较大的差异, 随着温度的升高, 孵化率先升高后降低, 24.0℃ 时的孵化率显著高于其他各个温度水平 ($P<0.05$)。

表 1 不同温度下长蛸受精卵的孵化

Table 1 Incubation of zygote at different temperatures

温度/°C Temperature	孵化时间/d Incubation time	孵化率/% Hatching rate	出膜时间差/d Hatching lag
18.0	126.35±4.31 ^a	46.67±4.72 ^a	26.50±2.12 ^a
20.0	114.85±3.88 ^a	47.67±0.70 ^a	22.00±1.41 ^b
22.0	103.10±7.49 ^b	50.00±9.43 ^a	17.50±0.71 ^c
24.0	85.55±1.48 ^c	86.67±4.72 ^b	13.50±2.12 ^d
26.0	73.45±1.76 ^d	58.33±21.21 ^a	9.00±1.41 ^f
28.0	65.90±6.22 ^d	38.34±1.79 ^a	6.00±1.41 ^f

注: 表中的数据为 $X \pm SD$, 同一列中具有不同字母的表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: The data in the table are listed as $X \pm SD$, and different letters in the same column mean significant difference at the 0.05 level.

2.2 长蛸受精卵孵化的生物学零度和有效积温

根据胚胎发育生物学零度和有效积温计算公式以及试验数据计算出长蛸胚胎发育的生物学零度和有效积温分别为 9.17℃ 和 1239.94℃·d。根据 $K=N \cdot (T-C)$ 的变换式 $T=K/N+C$ 和 $T=KV+C$, 将长蛸胚胎发育所需的时间与培养温度以及发育速率和培养温度进行回归分析, 得到胚胎发育所需时间以及

胚胎发育速率和培养温度之间的回归方程为 $T = 1239.9/N + 9.173$ ($R^2 = 0.9442$) 和 $T = 1239.9V + 9.173$ ($R^2 = 0.9442$) (图 1 和图 2), 并由以上的 2 个回归方程可以得出长蛸胚胎发育的生物学零度和有效积温分别为 9.17℃ 和 1239.9℃·d, 和生物学零度和有效积温计算公式所得的结果完全一致。

2.3 长蛸胚胎发育的 Q_{10}

试验所设温度范围内长蛸胚胎发育的 Q_{10} 值见表 2。如表 2 所示, 长蛸胚胎发育的 Q_{10} 在温度为

20~26℃ 范围内为 2.001, 最接近于 2, 因此可以认为此温度范围是长蛸胚胎发育的最适温度。

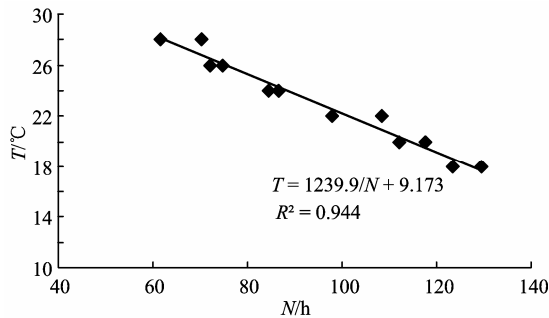


图 1 长蛸胚胎发育时间(N)与培养水温(T)的关系

Figure 1 Relationship between time (N) and water temperature (T) for embryonic development of *O. variabilis*

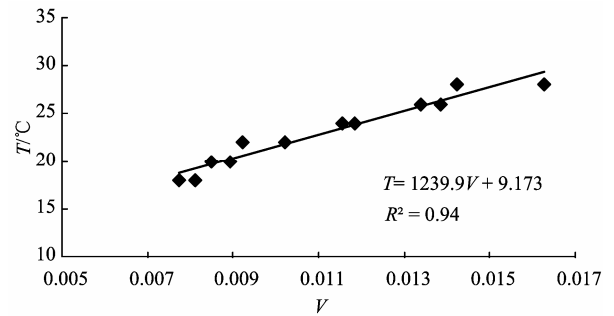


图 2 长蛸胚胎发育速率(V)与培养水温(T)的关系

Figure 2 Relationship between rate (V) and water temperature (T) for embryonic development of *O. variabilis*

表 2 长蛸胚胎发育各温度范围的 Q_{10}

Table 2 Temperature coefficient (Q_{10}) of embryonic development at different temperatures

$T/^\circ\text{C}$	18	20	22	24	26	28
18	-	1.611	1.663	1.915	1.970	1.917
20	1.611	-	1.715	2.088	2.001	2.004
22	1.663	1.715	-	2.542	2.334	2.108
24	1.915	2.088	2.542	-	2.144	1.920
26	1.970	2.001	2.334	2.144	-	1.720
28	1.917	2.004	2.108	1.920	1.720	-

3 讨论

3.1 温度对长蛸受精卵孵化时间的影响

头足类受精卵的孵化时间一般比较长, 金乌贼 (*Sepia esculenta*) 在 25℃ 水温下经过 26 d 的孵化后幼体会陆续孵出^[12]; 嘉庚蛸 (*Octopus tankahkeei*) 受精卵在水温为 26~29℃ 时经过 40~45 d 能孵化出幼苗^[13]; 短蛸在 16~21℃ 条件下幼体孵化出膜共需要 41 d^[14]。孵化的环境水温是影响胚胎发育和孵化的主要因子之一, 孵化的时间以及孵化率随水温的变化而变化, 在 26~27.6℃ (平均 27℃) 时, 真蛸受精卵孵化时间为 15~42 d, 在 22~23℃ 时为 29~49 d, 在 20~22.5℃ (平均 21℃) 时为 57~65 d, 在 14~23℃ (平均 18.8℃) 时为 65~74 d, 而在 14~19℃ (平均 17℃ 下) 时为 80~87 d^[15], 这和本试验的结果一致。此外, 试验还发现, 在试验的所设定的温度范围内, 长蛸受精卵的孵化时间随着温度的增加而减少, 在 18~28℃ 下, 其孵化的时间为 65.50~121.31 d, 这也和钱耀森等报道的结果基本一致^[16]。

以上的结果表明生物的发育过程需要温度和时

间的结合, 即需要一定的总热量才能完成某一阶段的发育, 这就是有效积温 (sum of effective temperature) 法则^[17-18], 而生物的发育一般开始于某一个温度值, 低于这个温度时生物并不会开始发育, 这个温度值就是生物学零度 (biological zero)^[18]。而由于物种的不同, 各个生物的有效积温和生物学零度也不相同, 在头足类中, 张建设等报道的曼氏无针乌贼的生物学零度和有效积温分别是 (6.48±0.44)℃ 和 (396.91±2.81)℃·d^[10], Sakaguchi 等报道的真蛸的生物学零度和有效积温分别为 11.9℃ 和 299.4 d·℃^[19]。本试验发现, 长蛸的生物学零度和有效积温分别为 9.17℃ 和 1239.9℃·d, 其生物学零度低于真蛸, 这可能和其生活的环境有关, 不同种类海洋动物胚胎发育生物学零度和有效积温也不同, 而且受到亲体所处的环境温度及其生理状态的影响^[20], 真蛸一般分布在热带和温带海域^[21], 而本试验所用的长蛸是分布于大连海域; 而且有效积温可能和发育的程度有一定的关系, 刚孵化的长蛸和成体没有区别, 而刚孵化的真蛸还需要经历一段时间的浮游幼体期^[22]。

3.2 温度对长蛸受精卵孵化率的影响

作为评价某一温度区间水温变化对胚胎发育速度影响的指标, Q_{10} 在 2 左右表明培育的温度比较适宜, 而当 Q_{10} 过高或者过低时, 表明温度偏离了适宜温度范围, 而将会导致发育速度异常。本实验发现, 温度为 20~26℃时 Q_{10} 为 2.001, 这表明长蛸胚胎发育的适宜温度为 20~26℃, 与自然环境中长蛸的孵化水温一致, 也与谢淑瑾等^[4]、郑伟等^[6]的报道基本一致。对应于其温度值的受精卵孵化率, 在 20℃、22℃、24℃和 26℃时长蛸受精卵的孵化率分别为 48.67%、50.00%、86.67% 和 58.33%, 低于张建设^[23]报道的曼氏无针乌贼的孵化率, 表明不同的物种在相同的温度条件下孵化率有所不同, 这可能是由于长蛸和曼氏无针乌贼受精卵的孵化时间不同导致的, 在相同的温度条件下长蛸的孵化时间要远远长于曼氏无针乌贼。

目前对长蛸人工繁育的研究还不是很多, 孵化过程中还存在许多的未知因素均有可能影响了人工条件下受精卵的孵化率, 需要进行进一步的探索, 进一步提高其孵化率, 为长蛸的工厂化繁育奠定基础。

参考文献:

- [1] 张玺, 齐钟彦, 李洁民. 中国经济动物志——海产软体动物[M]. 北京: 科学出版社, 1962: 213-217.
- [2] 廖永岩, 高凤英, 张聚杰. 中国产章鱼的研究和增养殖[J]. 水产养殖, 2006, 9(5): 11-15.
- [3] 李来国. 长蛸生殖系统组织学和精卵发生的细胞学研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2010.
- [4] 谢淑瑾, 周一兵, 杨大佐, 等. 长蛸繁殖行为与胚胎发育的初步观察[J]. 大连海洋大学学报, 2011, 26(2): 102-107.
- [5] 郑志坚. 长蛸网箱养殖技术[J]. 中国水产, 2006(6): 49-50.
- [6] 郑伟, 阎斌伦, 李士虎. 长蛸人工育苗及养殖技术研究[J]. 水产科学, 2009, 28(3): 1761-1778.
- [7] 刘瑞义. 长蛸装瓶养殖试验[J]. 齐鲁渔业, 2006, 23(6): 14.
- [8] 李士虎, 郑伟, 许星鸿, 等. 长蛸人工育苗技术[J]. 水产养殖, 2008(5): 15-16.
- [9] 董根, 杨建敏, 王卫军, 等. 短蛸胚胎发育生物学零度和有效积温的研究[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(2): 476-481.
- [10] 张建设, 迟长凤, 吴常文. 曼氏无针乌贼胚胎发育生物学零度和有效积温的研究[J]. 南方水产科学, 2011, 7(3): 45-49.
- [11] 郭祥光. 昆虫生态学的常用数学分析方法[M]. 北京: 农业出版社, 1963: 232-233.
- [12] 陈四清, 刘长琳, 庄志猛, 等. 金乌贼胚胎发育的研究[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(5): 1-7.
- [13] 焦海峰, 尤仲杰, 包永波. 人工养殖条件下嘉庚蛸的生物学特性及繁育技术初探[J]. 动物学杂志, 2005, 40(3): 67-71.
- [14] 王卫军, 杨建敏, 周全利, 等. 短蛸繁殖行为及胚胎发育过程[J]. 中国水产科学, 2010, 17(6): 1157-1162.
- [15] Caveriviere A, Domain F, Diallo A. Observations on the influence of temperature on the length of embryonic development in *Octopus vulgaris*(Senegal)[J]. Aquatic Living Resources, 1999, 12(2): 151-154.
- [16] 钱耀森, 郑小东, 刘畅, 等. 人工条件下长蛸(*Octopus minor*)繁殖习性及其胚胎发育研究[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(1): 165-170.
- [17] 尚玉昌. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 36-37.
- [18] 李庆芬. 基础生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 25.
- [19] Sakaguchi H, Hamano T, Nakazono A. Relationship between incubation days and rearing temperature of *Octopus vulgaris* eggs[J]. Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Oceanography, 1999, 63(4): 188-191.
- [20] 刘德经, 陈杰明. 西施舌早期胚胎发育温度效应的研究[J]. 动物学杂志, 1998, 33(2): 1-3.
- [21] 陈新军, 刘必林, 王尧耕. 世界头足类[M]. 北京: 海洋出版社, 2009: 671-679.
- [22] Nixon M, Mangold K. The early life of *Sepia officinalis*, and the contrast with that of *Octopus vulgaris* (Cephalopoda)[J]. Journal of Zoology, 1998, 245: 407-421.
- [23] 张建设, 夏灵敏, 迟长凤, 等. 人工养殖曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)繁殖生物学特性研究[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(1): 55-59.