

文章编号:1000-0615(2008)06-0915-07

温度和盐度对锈斑蟊卵孵育时间的影响

江新琴^{1,2}, 俞存根¹, 陈全震²

(1. 浙江海洋学院渔业学院, 浙江 舟山 316004;

2. 国家海洋局第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012)

摘要: 锈斑蟊为一种海产大型经济蟹类, 可以作为海水养殖和人工增殖放流的对象, 研究温度和盐度对锈斑蟊卵孵育时间的影响, 并建立相关模型, 所得结果可为锈斑蟊人工培育、创造其胚胎发育生长的适宜环境条件提供理论依据, 预测锈斑蟊抱卵孵育时间。在2006年10月至2007年2月期间, 取分布在东海的锈斑蟊抱卵亲蟹, 在实验室水族箱(80 cm×45 cm×55 cm)内饲养, 然后在温度14~36℃、盐度15~35之间设置梯度, 进行温度和盐度对锈斑蟊卵孵育时间的影响试验。结果表明, 温度和盐度这两个环境因子都对锈斑蟊的卵孵育时间有显著影响。锈斑蟊卵孵育适宜温度范围为21~29℃, 在此范围内, 温度越高, 胚胎发育速度越快, 孵育时间越短, 最适培育温度为27~29℃, 其生物学零度为15.68℃; 适宜盐度范围20~35, 在此范围内, 盐度越高, 胚胎发育速度越快, 孵育时间越短。最适培育盐度为30~35, 盐度与锈斑蟊卵孵育时间的关系拟合曲线方程为: $D = 0.53 + 200.24 - 0.14S + 0.24S$ ($R^2 = 0.99, P < 0.01$)。

关键词: 锈斑蟊; 温度; 盐度; 卵孵育时间; 胚胎发育

中图分类号: S968.25

文献标识码: A

锈斑蟊(*Charybdis feriatus*), 又名斑纹蟊, 属梭子蟹科(Portunidae), 蟊属(*Charybdis*), 为一种海产大型食用蟹类。在我国, 锈斑蟊主要分布在东海和南海的水深10~60 m海域。虽然锈斑蟊资源数量不大, 但具有较高的经济价值, 活蟹价格仅次于三疣梭子蟹。在海洋渔业上, 该种产值所占比重远高于其产量所占的比重。锈斑蟊属非常适合人工放流增殖, 或进行人工育苗和养殖, 可以作为一种优良的海水养殖对象, 前景广阔, 受到人们重视。对锈斑蟊的研究, 过去主要集中在形态学^[3-5]、发育学^[6-10]、营养学^[11-13]、环境毒理学^[14-15]、渔业生物学^[1,16-19]等方面, 人工育苗繁殖方面的研究较少, 例如王红勇等所做的研究^[20], 温度和盐度影响着蟹类的行为、摄食、生长和繁殖。研究也表明, 温度和盐度对许多蟹类的

胚胎发育有影响^[21-27], 特别是温度, 一般认为有机体必须在温度达到生物学零度以上才开始发育和生长^[28]。不同温度和盐度直接影响蟹类胚胎发育时间^[29]。研究温度和盐度对锈斑蟊卵孵育时间的影响, 所得到的结果可以用于人工育苗的实际生产, 创造有利于锈斑蟊胚胎发育生长的环境条件。例如, 应用相关模型, 预测锈斑蟊抱卵孵育时间, 可以指导生产实践。在实验室可控条件下, 本文研究了不同温度和盐度对锈斑蟊卵孵育时间的影响, 为今后进行锈斑蟊人工培育提供理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 实验材料

实验所用的锈斑蟊抱卵亲蟹于2006年10月至2007年2月购自舟山市沈家门活水产品市场。

收稿日期: 2008-04-05

资助项目: 国家自然科学基金项目(30770373); 浙江省自然科学基金资助项目(M303321); 浙江省科技厅项目(2006C23051; 2005C3305)

作者简介: 江新琴(1981-), 女, 浙江湖州人, 硕士研究生, 从事渔业资源与海洋生态学研究

通讯作者: 俞存根, Tel: 0580-2550085, E-mail: cgyu@zjou.net.cn

所购亲蟹体色正常、肢体健全、无外伤、健康活泼, 头胸甲甲宽为 100~134 mm、体重为 230~442 g。实验前暂养于水族箱(80 cm×45 cm×55 cm)中, 箱底铺设一层 10~15 cm 厚的天然细海砂, 并在其上设置直径为 200 mm、长为 100 mm 的氯乙烯管为亲蟹的遮蔽所, 在水族箱外用遮光布罩住以避光, 实验海水为经沉淀后沙滤的天然海水, pH 7.5~8.5, 盐度用天然粗海盐调节为(30±0.5), 水温用加热棒调节为(29±0.5)℃, 连续充气, 每日投喂菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*), 日投饵量为蟹体重的 5%至 7%, 隔天换一次水, 每次换水量约为 50%。待其流产, 再次促熟产卵后, 即更换到实验水族箱中, 观察产卵后锈斑螯卵的孵育情况。

1.2 实验温度和盐度梯度的设置

孵化温度设置为 14℃、21℃、23℃、25℃、27℃、29℃和 36℃共 7 组, 温差为±0.5℃, 实验时, 将盐度控制于(30±0.5), 温度控制与调节主要使用加热棒, 并用冰块辅助调温。

孵化盐度设置为 15、20、25、30 和 35 共 5 组, 实验时, 将温度控制于(29±0.5)℃, 盐度梯度调节主要使用经曝气的自来水和天然粗海盐。换水时分别在各水族箱里加入相对应盐度的养殖海水。

1.3 实验方法

每个实验组共投放亲蟹 14 只, 每一个水族箱放置 2 只亲蟹饲养。养殖和管理与暂养时完全相同。观察周期为 30 d。经过观察, 锈斑螯具有抱卵孵化的习性, 孵化结束与抱卵结束时间上一致。因此本研究孵化, 以结束抱卵为准。锈斑螯的卵孵育时间从产卵开始到孵化结束为止。

1.4 数据处理与分析

以温度(或盐度)为自变量, 孵育时间为因变量, 采用以下三个方程进行曲线拟合:

$$D = aT^b \quad (1)$$

$$D = a(T-\alpha)^b \quad (2)$$

$$D = a/(T-\alpha) \quad (3)$$

式中: T 为卵孵育期间的平均温度(℃)(或盐度), D 为从产卵至孵化所需的时间, a 、 b 为常数, α 为生物学零度(℃)。

方程(1)是一个幂函数公式, 其中, 参数 a 起着调节振幅的作用, 参数 b 描述曲线的曲度; 方程(2)是由 Bělehrádek 提出的, 其中 α 称为“生物学零度”^[30]; 方程(3)是由有效积温法则演变而来的积温理论方程, 也可以看成是方程(2) $b = -1$ 时

的形式, 在方程(2)和(3)中, 要满足 $T > \alpha$ 。

三个方程中的预测 D 值都符合正态分布 $N(\mu, \sigma^2)$, 标准差为 σ 。各方程中的参数采用最大可能性法来估计。最后, 获得最小 AIC(Akaike Information Criterion)值的方程, 则是用来描述温度与锈斑螯孵育时间关系的最佳模型。

所有数据分析均应用 SPSS 14.0 软件包进行统计分析, 将数据进行单因子方差分析和多重比较。以 $P < 0.05$ 作为不同处理间差异显著的标志。用 Sigmaplot 10 进行拟合曲线作图。

2 结果

2.1 温度对锈斑螯卵孵育时间的影响

不同温度下锈斑螯卵的平均孵育时间的实验结果由表 1 表明。此外, 当海水温度为 14℃时, 锈斑螯活动较少, 几乎不摄食; 当海水温度上升到 36℃时, 锈斑螯亲蟹腹部的抱卵块很快就脱落, 由图 1 显示, 温度在 21~29℃之间时, 锈斑螯均能正常发育孵化。由表 2 的方差分析可知, 温度对锈斑螯卵孵育时间的影响差异显著($P < 0.05$), 这一点由表 1 随着海水温度的逐渐上升, 锈斑螯的平均卵孵育时间逐渐下降显示, 各温度区间卵孵育时间下降幅度分别为 27.60%、21.23%、17.77%和 14.64%。其中, 当海水温度为 21℃时, 锈斑螯卵的平均孵育时间为 26.93 天, 而当海水温度为 29℃时, 其孵育时间则为 10.79 d, 总下降幅度达 59.93%。

表 1 不同温度条件下锈斑螯卵的平均孵育时间

Tab. 1 Mean egg incubation days of *Charybdis feriatus* at different temperatures

温度(℃) temperature	样品数量(ind) samples	平均孵育时间(D) mean incubation-days
21	14	27.40±0.61 ^a
23	14	19.94±0.58 ^b
25	14	15.74±0.95 ^c
27	14	13.09±0.91 ^d
29	14	11.14±0.94 ^e

注: 同列上标相邻字母表示差异显著($P < 0.05$), 相间字母表示差异极显著($P < 0.01$)

Notes: values in the same row with the adjacent superscripts are significantly different($P < 0.05$); with intervallic superscripts are extremely significantly different($P < 0.01$)

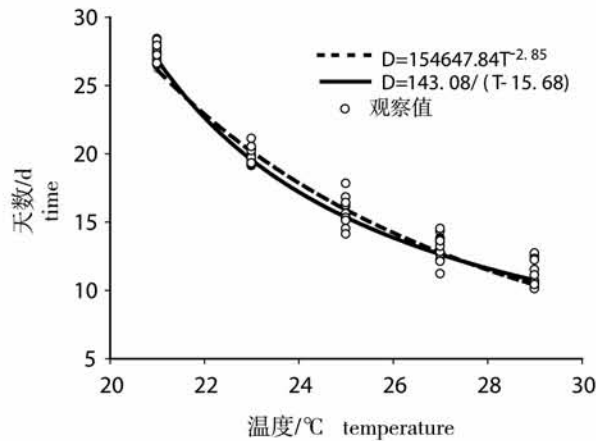


图1 温度与锈斑螭卵孵育时间的关系
Fig. 1 Relationship between temperature and the egg incubation period of *Charybdis feriatius*

表2 不同温度条件下锈斑螭卵的平均孵育时间方差分析
Tab. 2 Variance analysis to egg incubation days of *Charybdis feriatius* at different temperatures

变异来源 variance source	df	SS	S ²	F	P
组间差异间 group difference	6	5277.186	953.698	1686.08	0
组内差异间 intergroup difference	90	50.907	0.566		
总变异 total variance	96	5773.093			

根据上述实验结果,剔除胚胎不能正常发育的两个温度梯度 14 °C 和 36 °C 的数据,用方程(1)、(2)、(3)式模拟计算,得出:

$$D = 154647.84T^{-2.85},$$

$$(\sigma = 1.11, AIC = 208.41) \dots\dots\dots (4)$$

$$D = 143.08 / (T - 15.68)$$

$$(\sigma = 0.82, AIC = 187.82) \dots\dots\dots (5)$$

从以上结果可以看出,方程(5)的 AIC 值最小。可以认为,积温理论方程是描述温度与锈斑螭卵孵育时间关系的最佳模型。

图1为2个方程模型的拟合曲线图及实验所得观察值的分布情况。从图1中也可以看出,当海水温度为27 °C和29 °C时,锈斑螭的卵孵育时间较短。

2.2 盐度对锈斑螭卵孵育时间的影响

由表2可知,5组盐度梯度锈斑螭卵均能正常孵育。两两盐度组间方差分析表明,当海水盐

度分别为20、25和30时,锈斑螭卵的平均孵育时间存在显著性差异($P < 0.05$),而当海水盐度分别为30和35时,锈斑螭卵的平均孵育时间不存在显著性差异($P > 0.05$)。当海水盐度为15时,仅有2只亲蟹的卵能正常孵育。

图2为盐度与锈斑螭卵孵育时间关系的拟合曲线,为非线性拟合,其拟合方程为:

$$D = 1.76 + 190.1^{-0.14} + 0.21S \quad (R^2 = 0.99, P < 0.01) \quad (6)$$

从上述方程说对应的曲线中可以看出,当海水盐度 < 25 时,锈斑螭卵孵育时间下降趋势较明显;当海水盐度 ≥ 25 时,锈斑螭卵孵育时间变化较小,下降趋势平缓。

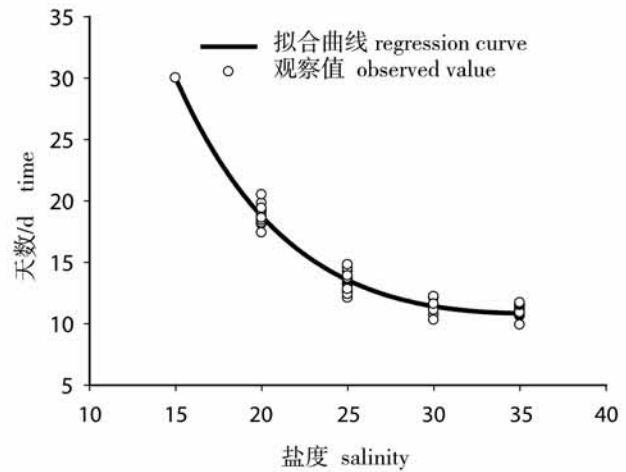


图2 盐度与锈斑螭卵孵育时间的关系
Fig. 2 Relationship between salinity and the egg incubation period of *Charybdis feriatius*

表3 不同盐度梯度下锈斑螭卵的平均孵育时间
Tab. 3 Mean egg incubation days of *Charybdis feriatius* at different salinities

盐度(‰) salinity	样品数量(ind) samples	平均孵育时间(d) mean incubation days
15	14	30.00 ± 0.00 ^a
20	14	18.83 ± 0.79 ^b
25	14	13.41 ± 0.79 ^c
30	14	11.36 ± 0.53 ^d
35	14	11.02 ± 0.48 ^d

3 讨论

3.1 温度对锈斑螭卵孵育的影响

温度实验的结果表明,温度是影响锈斑螭卵孵育时间和胚胎发育速度的重要因子之一,温度

太高(36℃)或太低(14℃)时,胚胎都不能正常发育。而在21~29℃温度范围内,随着温度的升高,锈斑蟊的卵孵育时间显著下降,即从28d下降到10d。温度为27~29℃时,锈斑蟊的卵孵育时间较短,仅为10~12d。由此可见,温度对卵孵育时间的影响主要表现在两个方面,一是随着温度的升高,胚胎发育速度加快,致使卵孵育时间缩短;二是当温度超过某一临界值时,会引起胚胎的畸变甚至死亡,从而导致胚胎不能正常孵化。从实验结果可以看出,27~29℃是斑蟊卵孵育的适宜温度。在进行锈斑蟊人工育苗时,27~29℃可以作为培育亲蟹抱卵的控制水温。

温度对锈斑蟊胚胎发育影响,还体现在锈斑蟊胚胎正常发育孵化所需的温度临界值和总积温。根据方程(5)计算的结果, α 为15.68。也就是说,15.68℃是锈斑蟊胚胎的生物学零度。当环境水温高于15.68℃时,才是锈斑蟊的胚胎发育的有效温度。本次温度实验,海水温度设置为14℃时,锈斑蟊活动很少,胚胎不能正常孵化发育印证了这一事实。根据有效积温法则:胚胎发育所必需的总热量基本上是一个常数,称为热常数(thermal constant)^[31]。方程4中a值为143.08,即锈斑蟊的胚胎完成发育并孵化总共需要积累143.08日度的总热量。在适温范围内,提高温度可以促进有机体性腺发育,加快繁殖速度^[28]。因而,在21~29℃范围内,可以通过提高培育的海水温度,来缩短锈斑蟊卵孵育时间。同时,采用方程(5),根据定期检查抱卵蟹的环境水温与胚胎发育情况,可以准确估算和预报卵孵育日期。

Hamasaki^[32]曾研究过拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)胚胎发育全过程所需时间与温度的关系,认为积温理论方程是用来描述温度与孵育时间关系最佳模型,本实验结果也证明了这一点,但是,其研究所得的青蟹的生物学零度为13.98℃,而笔者研究所得的锈斑蟊生物学零度为15.68℃。锈斑蟊的生物学零度要比拟穴青蟹的高。据黄美珍^[12]报道,锈斑蟊是海南和福建等地沿海主要经济甲壳类,渔获量较大;俞存根等^[33]对东海蟹类群落结构特征的调查研究指出,锈斑蟊一般不分布在长江口以北近海水域及黄海冷水团影响水域。结合东海海水温度垂直分布规律和锈斑蟊于10~60m水深分布特性。本实验

结果与这些报道的结果吻合,也与锈斑蟊繁殖期分布海域的水温一致。可以认为,锈斑蟊繁殖、发育与生长特征说明该种适合亚热带地区的水温条件,因而较多显示出该种较多地在亚热带近海水域分布趋向。

3.2 盐度对锈斑蟊卵孵育的影响

当水生动物体液和外界水体两者的渗透压相等时,水体的盐度即为等渗点。水生动物处于等渗点时,生长发育速度最快。动物在等渗盐度条件下,无需调节渗透压,只需要维持体内外离子平衡,因而耗能最少,生产较快。本研究结果表明,当海水盐度为30~35时,锈斑蟊卵孵育时间最短,并且随着盐度的升高,卵孵育时间不再发生显著变化。在本实验的盐度范围内,30和35接近于锈斑蟊卵胚胎的体液等渗点,因而与其它实验盐度处理相比,用于渗透调节的耗能较少,可以节约更多的能量,用于自身的个体生长,因而生长发育最快,卵孵育时间较短。在人工育苗的实际生产中,将海水盐度控制在30~35范围内是比较科学的。

本实验也反映盐度对锈斑蟊胚胎发育影响的变化规律,体现了锈斑蟊对海水盐度变化的耐受性。实验结果表明锈斑蟊的胚胎在盐度20~35的范围内均能正常生长发育并孵化,因而作者认为,锈斑蟊属广盐性种类。本次实验中还发现,在20~35盐度范围内的亲蟹并不同时产卵,这可能是海水盐度的不同导致胚胎发育速度不相同引致,即当海水盐度 ≥ 20 而 < 30 时,胚胎处于低渗环境当中,行高渗调节自身体内的渗透压,需要消耗能量以维持体内外环境的渗透压平衡,因而胚胎发育速度较慢;当海水盐度 > 30 而 ≤ 35 时,其胚胎处于等渗环境当中,不需要消耗能量维持体内外环境的渗透压平衡,因而胚胎发育速度较快;当海水盐度 > 35 时,胚胎处于高渗环境当中,需要消耗能量以维持体内外环境的渗透压平衡,因而胚胎发育速度较慢,偏离等渗盐度越远,锈斑蟊胚胎调节渗透压耗能越多,胚胎生长发育速度越慢,孵育时间越长。广盐性动物主要靠自身的渗透压调节来达到与外界环境中盐度的平衡,其渗透压调节需要消耗大量的能量,其调节能力也有一定的盐度范围。当海水盐度 ≤ 15 时,锈斑蟊胚胎不能正常发育孵化。因为胚胎并不适应非常低渗的环境,需要消耗大量能量用以体内渗透压的

维持,甚至无法进行渗透压的调节,因此难以生存,不能正常发育并孵化出幼体。此外,在低渗环境中,细胞会从周围环境吸收水分以降低自身的渗透压。由于细胞膜的通透性,可以在高渗环境中阻止离子进入,却不能在低渗环境中阻止水分进入。胚胎在盐度为 15 的低渗环境中,可能由于吸收过多水分而使受精卵涨破死亡。因而不能正常发育孵化。

在实验过程中得到了浙江海洋学院邱晶晶同学以及渔业学院陈志海、姚海富、王伟洪老师的大力协助和支持,在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] Ng P K L. Crabs[C] // Carpenter K E and Niem V H (eds) : The living marine resources of the Western Central Pacific. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 1998, 2: 1046 - 1155.
- [2] Parado-Esteva F D, Quintio E T, Rodriguez E M. Seed production of the crucifix crab *Charybdis feriatus* [J]. Agua KE Government Document, 2002, 7(3): 37.
- [3] Stephenson W, Hudson J J, Campbell B. The Australian portunids (Crustacea: Portunidae) II. The genus *Charybdis* [J]. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 1957, 8(4): 491 - 507.
- [4] 王红勇,黄勃,陈雪芬,等.锈斑螯胚胎发育的初步观察[M]//张本:虾类养殖研究.北京:海洋出版社,2002:18-120.
- [5] 应雪萍.锈斑螯精子超微结构的研究[J].河南科学,2004,22(5):641-643.
- [6] Motoh H, Villaluz D K. Larvae of Decapod Crustacea of the Philippines - I. The zoeal stages of a swimming crab, *Charybdis cruciata* (Herbst) reared in the laboratory [J]. Bull Japanese Soc Scient Fish, 1976, 42(5): 523 - 531.
- [7] Fielder D R, Greenwood J G, Campbell G. The megalopa of *Charybdis feriata* (Linnaeus) with additions to the zoeal larvae descriptions (Decapoda, Portunidae) [J]. Crustaceana, 1984, 46(20): 16 - 165.
- [8] Chan S M, Chen X G. PCR cloning and expression of the molt-inhibiting hormone gene for the crab *Charybdis feriatus* [J]. Gene, 1998, 224: 23 - 33.
- [9] Chan S M, Mak A S C, Choi C L, et al. Vitellogenesis in the Red Crab, *Charybdis feriatus*: Contributions from small vitellogenin transcripts (CfVg) and farnesoic acid Stimulation of CfVg expression [J]. Ann N Y Acad Sci, 2005, 1040(1): 74 - 79.
- [10] Mak A S C. Vitellogenesis in the red crab *Charybdis feriatus*: hepatopancreas specific expression and farnesoic acid stimulation of vitellogenin gene expression [J]. Mol Reprod Dev, 2005, 70: 288 - 300.
- [11] Wu R S S, Shin P K S. Food segregation in three species of portunid crabs [J]. Hydrobiologia, 1997, 362(1-3): 107 - 117.
- [12] 黄美珍.福建海区拥剑梭子蟹、红星梭子蟹和锈斑螯的食性与营养级研究[J].台湾海峡,2004,23(2):159-166.
- [13] Sachindra N M, Bhaskar N, Mahendrakar N S. Carotenoids in crabs from marine and fresh waters of India [J]. LWT, 2005, 38: 221 - 225.
- [14] Greenwood J G, Fielder D R. Acute toxicity of zinc and cadmium to zoeae of three species of portunid crabs (Crustacea: Brachyura) [J]. Comp Biochem Physiol C, 1983, 75(1): 141 - 144.
- [15] 戴聪杰,王桂忠,李少菁,等.斑纹螯凝集素(CFW)的初步研究 II. CFL 的分子组成及性质鉴定[J].海洋学报,2006,28(3):98-102.
- [16] Apel M, Spiridonov V A. Taxonomy and zoogeography of the portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Portunidae) of the Arabian Gulf and adjacent waters [J]. Fauna of Arabia, 1998,17: 159 - 331.
- [17] 俞存根,宋海棠,姚光展.东海中南部海域锈斑螯渔业生物学和数量分布[J].湛江海洋大学学报,2005,25(3):24-28.
- [18] Padayatti P S. Notes on population characteristics and reproductive biology of the portunid crab *Charybdis feriatus* (Linnaeus) at Cochin [J]. Indian Journal of Fisheries, 1990, 37: 155 - 158.
- [19] Pere A, Coral H. The capture of the Indo-Pacific crab *Charybdis feriata* (Linnaeus, 1758) (Brachyura: Portunidae) in the Mediterranean Sea [J]. Aquatic Invasions, 2006, 1(1): 13 - 16.
- [20] 王红勇,赖秋明,王君.锈斑螯人工育苗技术的初步研究[J].海洋渔业,2001(4):185-187.
- [21] Heasman M P, Fielder D R. Laboratory spawning and mass rearing of the mangrove crab *Scylla*

- serrata* (Forskål) from first zoea to first crab stage [J]. *Aquaculture*, 1983, 34:303-316.
- [22] Anger K, Harms J, P/Jscel C, *et al.* Physiological and biochemical changes during the larval development of a brachyuran crab reared under constant conditions in the laboratory [J]. *Helgol-inder Meeresunters*, 1989, 43:225-244.
- [23] Sulkin S D, McKeen G L. Laboratory study of survival and duration of individual zoeal stages as a function of temperature in the brachyuran crab *Cancer magister* [J]. *Mar Biol*, 1989, 103:31-37.
- [24] Werdning B, Mtiller H-G Larval. Development of *Neopisosoma neglectum* Werdning, 1986 (Decapoda; Anomura; Porcellanidae) under laboratory conditions [J]. *Helgol Inder Meeresunters*, 1990, 44:363-374.
- [25] Mene L, Alvarez-Ossorio M T, Gonzfilez-Gurriarfin E, *et al.* Effects of temperature and salinity on larval development of *Necora puber* (Brachyura; Portunidae) [J]. *Mar Biol*, 1991, 108:73-81.
- [26] Choy S C, Embryonic and larval biology of *Liocarcinus holsatus* and *Necora puber* (Crustacea; Brachyura; Portunidae) [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1991, 148:77-92.
- [27] Hamasaki K. Study on the reproduction and development of the swimming crab, *Portunus trituberculatus* [J]. Special Scientific Report of Japan Sea-Farming Association, 1996, 8:124.
- [28] 沈国英,施并章. 海洋生态学[M]. 北京:科学出版社,2002. 80.
- [29] 曾朝署,王桂忠,李少菁. 锯缘青蟹胚胎发育得观察及温度影响胚胎发育的研究[J]. 福建水产,1991(1):45-50.
- [30] Yagi S, Gamo T. Temperature and Living Matter [J]. Yokendo, Tokyo, 1942, 124.
- [31] Ito Y, Hokyo N, Fujisaki K. Animal population and community [M]. Tokyo: Tokai Univ. Press, 1980:246-248.
- [32] Hamasaki, K. Effects of temperature on the survival, spawning and egg incubation period of overwintering mud crab broodstock, *Scylla paramamosain* (Brachyura; Portunidae) [J]. *Suisanzoshoku*, 2002, 50:301-308.
- [33] 俞存根,宋海棠,姚光展. 东海蟹类群落结构特征的研究[J]. 海洋与湖沼,2005,36(3):213-220.

Effect of temperature and salinity on the egg incubation period of the *Carybdis feriatus*

JIANG Xin-qin^{1,2}, YU Cun-gen¹, CHEN Quan-zhen²

(1. Ocean University of Zhejiang, Zhoushan 316004, China;

2. Second Institution of Oceanography of State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China)

Abstract: This paper studied the effects of temperature and salinity on incubation period of the red crab (*Charybdis feriatus*) in the laboratory. Ovigerous females were reared in 100 L glass tanks at seven temperatures (14, 21, 23, 25, 27, 29, and 36 °C) and five salinities (15, 20, 25, 30, 35) levels. Results showed that the incubation period decreased exponentially from 28 to 10 days with increasing temperature in the range 21–29 °C. Relationship between temperature (T) and egg incubation period (D) was analyzed using the following three equation models: power function, $D = aT^b$; Bělehrádek's equation, $D = a(T-a)^b$; and from the Effective Accumulated Temperature, $D = a/(T-a)$. The equation of heat summation theory was the best model to characterize the relationship between temperature and the number of days required for incubation. The biological zero temperature for development was 15.68°C for the Effective Accumulated Temperature. The optimal incubation temperature was 27–29 °C while the optimal incubation salinity was 20–35. At low salinities, embryos must have developed more slowly, but later the enhanced water content of the eggs might have accelerated the hatching process. The optimal incubation salinity was 30–35. As the results express as curve regression, the best model of relationship between salinity (S) and egg incubation period (D) was $D = 0.53 + 200.24 - 0.14 S + 0.24 S$ ($R^2 = 0.99, P < 0.01$).

Key words: *Charybdis feriatus*; temperature; salinity; egg incubation period; embryonic development