

中华原钩虾的胚胎发育及其与水温的关系

薛素燕^{1,2}, 毛玉泽^{1,2*}, 方建光¹, 赵法箴¹

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室,

山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 山东 青岛 266071;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室, 山东 青岛 266071)

摘要: 采用发育生物学和生态学方法, 观察描述了中华原钩虾的胚胎发育过程, 研究了胚胎发育与水温的关系。结果显示, 中华原钩虾的抱卵量与雌体体长呈正相关, 抱卵雌虾通过抱卵板附着胚胎, 在育卵袋内孵化幼体。水温15~27 °C范围内, 随着温度的升高, 胚胎发育历期缩短, 发育速率加快; 21 °C恒温条件下, 中华原钩虾胚胎发育全程大约需要220 h, 离体培养受精卵和亲体抱卵孵化基本同步。根据有效积温法则公式计算出胚胎的发育温度阈为6.02 °C, 有效积温为137.30 °C·d。研究表明, 中华原钩虾的前几次卵裂为全裂, 后转为表面卵裂, 初孵幼体与成体形态相似; 温度对其胚胎发育历期和发育速率的影响差异极显著。

关键词: 中华原钩虾; 胚胎发育; 水温

中图分类号: S 968.2

文献标志码: A

钩虾等端足类在食物链的能量传递和生态调控中发挥着重要作用^[1], 是生态养殖系统的重要组成部分^[2-3]。近年来, 钩虾作为鱼虾等经济水产养殖动物的生物饵料越来越受到广泛关注, 但关于其繁殖发育等基础生物学研究较少。中华原钩虾(*Eogammarus possjeticus*)隶属于节肢动物门(Arthropoda), 甲壳动物纲(Crustacea), 是山东半岛潮间带及养殖池塘等水体端足类的优势种之一^[4]。目前, 涵盖完整胚胎发育过程的详细描述在所有端足目动物中十分欠缺, 关于中华原钩虾的胚胎发育研究尚处于空白。中华原钩虾雌体达到性成熟后, 平均每两周就能产卵一次, 胚胎发育历期相对较短, 其发育受温度影响较大^[5-6]。本实验详细描述了中华原钩虾的胚胎发育过程, 探讨了胚胎发育与水温的关系, 各个阶段胚胎发育的图片和数据将有助于中华原钩虾的繁殖和发育等生物学研究, 为其规模化培育提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

2010年4—5月在黄海水产研究所遗传育种中心进行中华原钩虾室内暂养, 暂养水温为9~13 °C, 盐度为28~33, pH 7.74~8.03。实验用中华原钩虾采于烟台海阳浅海附近的养殖池塘。

1.2 抱卵量与体长关系测定

随机取抱卵雌钩虾30尾, 解剖镜下用解剖针取出雌钩虾育卵袋内的受精卵, 记录受精卵个数, 同时用游标卡尺测量雌体体长。抱卵量与体长的相关性通过Excel回归方程获得。

1.3 胚胎发育观察及其与水温关系实验

选择个体大、体质健壮的钩虾作亲体, 并按雌雄2:1在恒温培养箱培养, 选取时间相近抱合的钩虾若干对备用。设置15、18、21、24、27 °C 5个水温组, 每个温度处理组设置4个平行, 每个

收稿日期: 2015-11-12 修回日期: 2016-05-12

资助项目: 国家自然科学基金委员会-山东省人民政府联合资助海洋科学研究中心项目(U1406403); 公益性行业(农业)科研专项(201203017)

通信作者: 毛玉泽, E-mail: maoyz@ysfri.ac.cn

平行移入6对抱合钩虾。将每对抱合钩虾分别置于直径8 cm的500 mL水体的烧杯培养,之后将烧杯置于预先设定温度的恒温箱中。实验期间,每天换水1/3,充气,每2天更换新鲜海藻。实验开始时为避免剧烈温差对钩虾造成伤害,以驯养水温为基础,以每2 h改变3 °C的速率渐次升至实验所需温度。观察雌雄钩虾抱合情况(图1),待雌钩虾抱卵后移除雄钩虾(图2),将雌钩虾单独培养,记录各组幼体孵出时间,计算胚胎发育历期与发育速率。中华原钩虾发育历期及发育速率与培养水温的关系运用SPSS 18.0统计软件进行统计,并作回归分析。



图 1 抱合的中华原钩虾雌雄体

Fig. 1 The mating pair of *E. possjeticus*

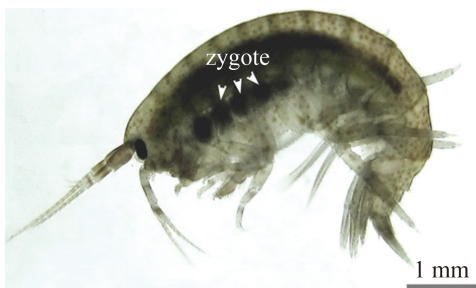


图 2 中华原钩虾抱卵雌体

Fig. 2 The egg-bearing female of *E. possjeticus*

观察21 °C培养箱中的胚胎发育。雌钩虾抱卵后,取受精卵若干镜检后放入培养瓶(放有充气装置)中培养。同一培养箱中放入抱卵亲体作为对照。雌钩虾抱卵开始的24 h内每隔1~2 h取样,24 h以后每6~12 h取样,在Olympus BX-51显微镜和双筒解剖镜下观察记录胚胎的发育过程。

1.4 有效积温的计算

根据有效积温法则公式^[7] $K=N \cdot (T-C)$ 或者 $T=KV+C$,计算胚胎的发育温度阈和有效积温。其中, K 为生物完成某阶段的发育所需要的有效

积温($h \cdot ^\circ C$), N 为完成某阶段的发育所需要的时间(h), T 为发育期间的平均水温($^\circ C$), C 为该生物的发育温度阈($^\circ C$), V 为发育速率。

2 结果

2.1 雌钩虾抱卵量与体长关系

中华原钩虾雌钩虾抱卵量与体长成正比(图3),回归方程式:

$$y=0.6638x^2-6.8265x+29.364, R^2=0.873。$$

式中, y 为雌钩虾抱卵量, x 为雌钩虾体长(mm), R^2 为相关系数。

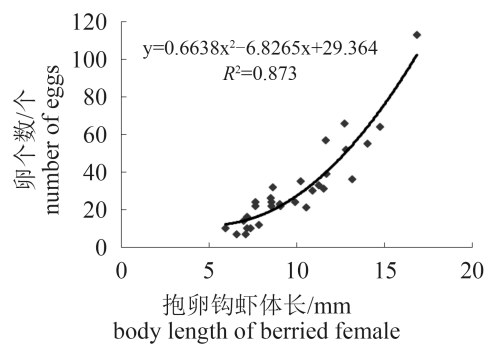


图 3 雌钩虾体长与抱卵量关系

Fig. 3 Relationship between the length of berried female and the number of eggs

2.2 胚胎发育过程

实验温度21 °C、盐度28~33和pH 7.74~8.03条件下,中华原钩虾胚胎发育全程大约需要220 h(表1)。

受精卵 椭圆形或圆形(图版-1),卵径约300~400 μm ,深褐色,卵表光滑,随着胚胎的发育,受精卵颜色逐渐由深变浅,由深褐色变为浅黄色。

卵裂期 受精后约3 h,开始第1次卵裂,沿卵长轴方向出现纵向卵裂沟,卵裂沟偏向于卵的一端,受精卵被分裂为2个大小不等的子细胞(图版-2)。受精后约5 h,开始第2次卵裂,同样沿长轴方向纵裂,分裂为4个细胞(图版-3)。第3次卵裂于受精后约7 h开始,不同于前两次的是,垂直于长轴分裂,即横裂为8个细胞(图版-4)。受精后约10 h,第4次卵裂完成,为16细胞期(图版-5),之后进入第5次卵裂,即32细胞期。前5次分裂均为完全卵裂。此后,细胞核逐渐移到

表 1 中华原钩虾胚胎发育

Tab. 1 Embryonic development of *E. possjeticus*

受精后时间/h time after fertilization	发育阶段 developmental stages	图版 plate
0	受精卵 Fertilized egg	I-1
3	2细胞期 2-cell stage	I-2
5	4细胞期 4-cell stage	I-3
7	8细胞期 8-cell stage	I-4
10	16细胞期 16-cell stage	I-5
16	桑椹期 morula stage	I-6
20	囊胚期 blastula stage	I-7
80	原肠期 gastrula stage	I-8~11
96	附肢及中肠形成 appendage and midgut formation	I-12
120	尾节和后肠发育 telson and hindgut development	I-13
160	头部形成 head formation	I-14
180	心脏跳动及复眼形成 heart pulsation and compound eye formation	I-15~16
220	钩虾幼体 Larva	I-17~18

分裂球表面, 卵表面呈足球状, 受精卵的分裂方式由完全卵裂转为表面不等卵裂。细胞分裂加快, 分裂球多而小, 光镜下难以计数, 为多细胞期, 形似桑椹状, 又称桑椹期(图版-6)。

囊胚期 受精后约20 h, 进入囊胚期。分裂球愈来愈小, 细胞数目越来越多, 包围在卵黄表面形成边围囊胚(或表裂囊胚)(图版-7)。

受精后约60 h, 卵腹侧的细胞分裂加速, 数目高度增加, 形成细胞群, 即为胚带。

原肠期 受精后约80 h, 显微镜下可观察到卵的一端出现透明区域, 此处细胞分裂速度加快, 逐渐向内凹陷, 即进入原肠早期(图版-8)。胚区后缘的细胞逐渐向卵黄囊内移入, 形成原肠, 胚胎发育进入原肠中期(图版-9)、末期(图版-10、11)。

附肢原基及中肠发育 随着发育的进行, 在受精后86 h, 胚胎腹面尾端逐渐向内弯曲。受精卵发育至约96 h, 头胸部及腹部已分化, 可见透明卵圆形的附肢原基, 腹部尾端向后延伸, 呈浆状, 中肠原基呈卵圆形规模地增加(图版-12)。

尾节可见 受精后116 h, 腹部附肢肢芽可见, 中肠向后延伸, 后浆明显缩小, 胚胎后端可见发育的尾节(图版-13)。

后肠可见 发育至120 h, 整个腹部肢芽明显, 后肠肛道发育(图版-13)。

随着尾节、后肠出现, 在受精卵发育至约140 h, 1对盲肠开口通向中肠前端, 并向后延伸, 消化肠道发育基本完成, 中华原钩虾的体壁背甲在卵膜内也逐渐形成。

头部发育及体壁形成 受精卵发育至160 h, 头部逐渐发育成圆形, 侧面和背面体壁清晰可见(图版-14)。

心脏跳动及复眼成形 发育至约180 h, 可见心脏明显的跳动, 从背部第二胸节延伸至第七胸节, 出现白色复眼, 两侧对称(图版-15)。

随着胚胎进一步发育至220 h, 可清楚看到附肢及身体肌肉在卵膜内颤搐, 复眼由白变为红色(图版-16), 体表变厚, 中华原钩虾胚胎发育基本完成(图版-17)。

初孵幼体 刚发育完成的幼体留在抱卵囊内, 待第一次脱壳后离开母体, 一般需要1~2 d。初孵幼体与成体形态相似(图版-18), 体长为(1.41±0.05) mm。

2.3 胚胎发育与水温的关系

温度对中华原钩虾胚胎发育历期和发育速率的影响 实验水温15~27 °C范围内, 随着温度升高, 中华原钩虾的胚胎发育历期缩短, 发育速率加快(表2)。其中, 水温27 °C胚胎发育历期最短, 平均为6.80 d, 发育速率最快, 平均为0.15/d; 反之, 15 °C胚胎发育历期最长, 平均为15.23 d, 发育速率最慢, 平均为0.07/d。经ANOVA显著性分析, 温度对中华原钩虾胚胎发育历期和发育速率的影响差异极显著($P<0.01$)。

胚胎的发育温度阈和有效积温 根据有效

表 2 不同温度中华原钩虾胚胎发育历期和发育速率

Tab. 2 Effects of temperature on embryonic development duration and development rate of *E. possjeticus*

水温/°C temperature	发育历期/d development duration	发育速率/(/d) development rate
15	15.23±0.44 ^a	0.07±0.002 ^a
18	11.46±0.37 ^b	0.09±0.003 ^b
21	8.93±0.23 ^c	0.11±0.003 ^c
24	7.57±0.19 ^d	0.13±0.003 ^d
27	6.80±0.20 ^e	0.15±0.004 ^e

注: 不同字母表示差异显著($P<0.05$)

Notes: different letters mean significant difference

表3 中华原钩虾卵径、发育温度阈及有效积温

Tab. 3 The egg diameter, developmental threshold temperature, development duration and accumulative temperature of *E. possjeticus*

发育阶段 developmental stage	卵径/mm egg diameter	发育温度阈/°C developmental threshold temperature	有效积温/(°C·d) accumulative temperature
受精卵-幼体 fertilized egg to larva	0.30-0.49	6.02	137.30

积温公式, 计算中华原钩虾胚胎的发育温度阈和有效积温。结果表明(表3), 中华原钩虾胚胎发育的温度阈为6.02 °C, 有效积温值为137.30 °C·d。

3 讨论

3.1 生殖量与个体大小关系

中华原钩虾雌体的抱卵量与体长呈正相关, 随着雌钩虾体长的增加, 抱卵量也相应增加。研究表明, 生殖量(抱卵量)和个体大小关系十分密切。大多数低等动物的生殖量和个体大小呈正相关, 即个体越大, 生殖量越高。而个体大小也代表着年龄, 生殖量随着年龄的增长而增加, 但当超过一定年龄(一定体长或体质量)时, 生殖量则会呈下降趋势^[8]。郑重^[9]曾研究钝海洋钩虾、海洋钩虾和杜氏钩虾, 发现它们的生殖量都随着个体的增大而增加; 而杜氏钩虾, 当体质量超过20 g时, 生殖量开始下降。研究者认为生殖量的降低是动物衰老的一个标志, 是低等动物的一个普遍生理现象^[9]。

3.2 胚胎发育过程

中华原钩虾通过抱卵板附着胚胎, 在育卵袋内孵化幼体。21 °C水温条件下, 中华原钩虾完成胚胎发育大约需要10 d。在实验中发现, 相同温度的水环境条件中, 离体受精卵的发育和母体抱卵孵化基本同步, 说明母体育卵袋没有额外为胚胎发育分泌营养物质, 其主要作用可能是保护受精卵^[10-11], 同时, 雌钩虾抱卵孵化时, 借其附肢摆动激起水流, 为胚胎发育提供良好的气体环境, 可以提高幼体成活率, 可能也是这种发育方式的优势之一。至于离体培养胚胎发育成活率和影响成活率的因子有待进一步研究。

Anderson^[12-13]提出, 全裂是甲壳动物卵裂的最基本方式, 含卵黄的卵裂也是从这种卵裂开始进化来的。后来又进一步修正, 螺旋型卵裂为甲壳动物卵裂的最基本方式^[14-15]。甲壳动物中

表面卵裂是螺旋卵裂的次生演化形式^[14]。中华原钩虾的前几次卵裂为全裂, 后表现为表面卵裂。相似的卵裂在其他种类钩虾的研究中也有报道^[16-17]。Wolff等^[18]认为, 早期完全卵裂是端足目动物胚胎发育的一般性特征。此种卵裂方式与等足目也有相似, 最初卵裂在受精卵中央进行, 随后卵核就移到卵的四周表面, 与周围表面的细胞质共同形成星状大细胞, 覆盖在卵黄的表面, 成为原始胚层。在植物半球的是消黄细胞, 消黄细胞周围有将来形成中胚层和内胚层的细胞; 在动物半球的是将来形成外胚层的细胞^[19]。

随着发育的进行, 在初级卵膜内胚胎一端出现透明区域, 这是胚胎进入原肠期的标志。中华原钩虾的原肠以内陷的方式形成。在十足目某些种类中, 原肠形成也是以内陷为主, 且还包含集中、外包的方式^[20]。原肠期原口处左右两侧形成两个瘤球状的细胞团, 为胸腹部发生的组织基础, 由此团细胞发育成一个类圆和一个月牙状构造, 即为胸腹部的开始。类圆构造逐渐发育成头胸部, 月牙构造逐渐发育成腹部和尾部, 与强壮藻钩虾(*Ampithoe valida*)的胚胎发育相似^[11]。

中华原钩虾的胚后发育为全节变态, 即孵出的幼体与成体无多大区别, 只是触角节鞭与其他附肢的节数都较少, 体表的刺、刚毛等突出物较不发达, 这与矛蚨科(Lanceolidae)的增节变态不同^[19]。

3.3 胚胎发育与水温的关系

水温是端足类生存环境中一个十分重要的生态因子, 直接地影响动物的生长发育等生理活动。当其他环境因子适宜时, 适温范围内, 温度升高可缩短端足类生活史各阶段的持续时间, 加快端足类的发育速率。Neuparth等^[21]认为温度是影响钩虾(*Gammarus locusta*)生活史的最显著因子, 在适宜温度条件下, 高温缩短了世代时间、提高了个体生长率、提早性成熟和增加

种群密度。Morritt等^[22]研究表明, 在适宜的繁殖温度内, 低温能够延长端足类*Orchestia gammarellus*胚胎在母体内的发育历期。与上述结论相似, 中华原钩虾的胚胎发育历期随水温的升高而缩短, 发育速率则加快, 反之, 发育历期随水温的降低而延长, 发育速率则降低。

众所周知, 有机体必须在温度达到一定界限或生物学零度以上才能繁殖和发育。Morritt等^[22]认为温度高于10℃, 端足类*O. gammarellus*才进行繁殖活动。本研究表明, 中华原钩虾胚胎发育的有效积温值为137.30℃·d, 受精卵在水温6.02℃以上开始发育。然而, 中华原钩虾的胚胎发育除了与水温关系密切外, 其他环境条件如盐度、pH值、光照等生态因子对其胚胎发育也可能会有影响。有效积温法则的局限性在于仅考虑到温度这一单项的主要影响因子, 忽略其他生态因子的共同作用^[23]。因此, 可以根据该法则预测不同温度中华原钩虾胚胎发育历期, 而不能将胚胎发育的温度阈当成绝对的唯一指标。

参考文献:

- [1] Valentine J F, Duffy J E. The central role of grazing in seagrass ecology[M]//Larkum A W D, Orth R J, Duarte C M. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Netherlands: Springer, 2006: 463-501.
- [2] Kaiser M J, Gibson R N, Hughes R N. The effect of prey type on the predatory behaviour of the fifteen-spined stickleback, *Spinachia spinachia* (L.)[J]. Animal Behaviour, 1992, 43(1): 147-156.
- [3] Duffy J E, Hay M E. Strong impacts of grazing amphipods on the organization of a benthic community[J]. Ecological Monographs, 2000, 70(2): 237-263.
- [4] 任先秋. 中国动物志[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 252. Ren X Q. Fauna Sinica[M]. Beijing: Science Press, 2002: 252 (in Chinese).
- [5] 薛素燕, 赵法箴, 方建光, 等. 温度和盐度对中华原钩虾幼体孵化、存活及生长的影响[J]. 水产学报, 2012, 36(7): 1094-1101. Xue S Y, Zhao F Z, Fang J G, et al. Effects of temperature and salinity on hatching, survival and growth of amphipod crustacean (*Eogammarus sinensis*)[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(7): 1094-1101 (in Chinese).
- [6] Xue S Y, Fang J G, Zhang J H, et al. Effects of temperature and salinity on the development of the amphipod crustacean *Eogammarus sinensis*[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2013, 31(5): 1010-1017.
- [7] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994. Ding Y Q. Insects Mathematical Ecology[M]. Beijing: Science Press, 1994 (in Chinese).
- [8] 郑重. 甲壳动物生殖量和环境关系III. 其他甲壳类[J]. 生态学杂志, 1991, 10(3): 41-47. Zheng Z. Reproductive capacity of crustacean in relation to environment III. Other crustacea[J]. Chinese Journal of Ecology, 1991, 10(3): 41-47 (in Chinese).
- [9] 郑重. 英国几种钩虾类的生殖量[M]. 北京: 海洋出版社, 1987: 162-169. Zheng Z. On the Fecundity of some Gammarids in British Waters[M]. Beijing: China Ocean Press, 1987: 162-169 (in Chinese).
- [10] 钟源. 端足目钩虾亚目种类养殖生态学的初步研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2001. Zhong Y. Preliminary study on the ecological features of the species *Eogammarus sinensis* Ren and others from genus gammarus and corophium of the family Amphipoda Gammaridea[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2001 (in Chinese).
- [11] 韩永望, 李健, 陈萍, 等. 强壮藻钩虾的繁殖及胚胎发育的形态学观察[J]. 水生生物学报, 2012, 36(6): 1193-1199. Han Y W, Li J, Chen P, et al. The reproduction of the *Ampithoe valida* and observing the development of *Ampithoe valida* embryonic development from morphology[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2012, 36(6): 1193-1199 (in Chinese).
- [12] Anderson D T. On the embryology of the cirripede crustaceans *Tetraclita rosea* (Krauss), *Tetraclita purpurascens* (Wood), *Chthamalus antennatus* (Darwin) and *Chamaesipho columna* (Spengler) and some considerations of crustacean phylogenetic relationships [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 1969, 256(806): 183-235.
- [13] Anderson D T. Embryology and Phylogeny in Annelids and Arthropods[M]. Oxford: Pergamon Press, 1973: 1-

- 495.
- [14] Anderson D T. Embryology[M]//Abele L G. The Biology of Crustacea Vol. 2. Embriology, Morphology, and Genetics. New York: Academic Press, 1982: 1-41.
- [15] Schram F R. Crustacea[M]. Oxford: Oxford University Press, 1986.
- [16] Magniette F, Ginsburger-Vogel T. Établissement d'une table chronologique du développement embryonnaire, A différentes températures, chez *Orchestia gammarellus* (Pallas) (Crustacé, Amphipode)[J]. Bulletin de la Societe Zoologique de France, 1982, 107: 101-110.
- [17] Browne W E, Price A L, Gerberding M, *et al.* Stages of embryonic development in the amphipod crustacean, *Parhyale hawaiensis*[J]. Genesis, 2005, 42(3): 124-149.
- [18] Wolff C, Scholtz G. Cell lineage, axis formation, and the origin of germ layers in the amphipod crustacean *Orchestia cavimana*[J]. Development Biology, 2002, 250(1): 44-58.
- [19] 堵南山. 甲壳动物学(下册)[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- Du N S. Carcinology (II)[M]. Beijing: Science Press, 1993 (in Chinese).
- [20] 赵云龙, 王群, 堵南山, 等. 罗氏沼虾胚胎发育的研究: I. 胚胎外部结构形态发生[J]. 动物学报, 1998, 44(3): 249-256.
- Zhao Y L, Wang Q, Du N S, *et al.* Embryonic development of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Decapoda): I. Morphogenesis of external structures of embryo[J]. Acta Zoologica Sinica, 1998, 44(3): 249-256 (in Chinese).
- [21] Neuparth T, Costa F O, Costa M H. Effects of temperature and salinity on life history of the marine amphipod *Gammarus locusta*. Implications for Ecotoxicological testing[J]. Ecotoxicology, 2002, 11(1): 61-73.
- [22] Morrirt D, Stevenson T D I. Factors influencing breeding initiation in the beachflea *Orchestia gammarellus* (Pallas) (Crustacea: Amphipoda)[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1993, 165(2): 191-208.
- [23] 尚玉昌. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993: 36-37.
- Shang Y C. General Ecology[M]. Beijing: Higher Education Press, 1993: 36-37 (in Chinese).

The embryonic development of *Eogammarus possjeticus* and its relationship with variation in incubation temperature

XUE Suyan^{1,2}, MAO Yuze^{1,2*}, FANG Jianguang¹, ZHAO Fazhen¹

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture; Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Eco-environment, Qingdao 266071, China;

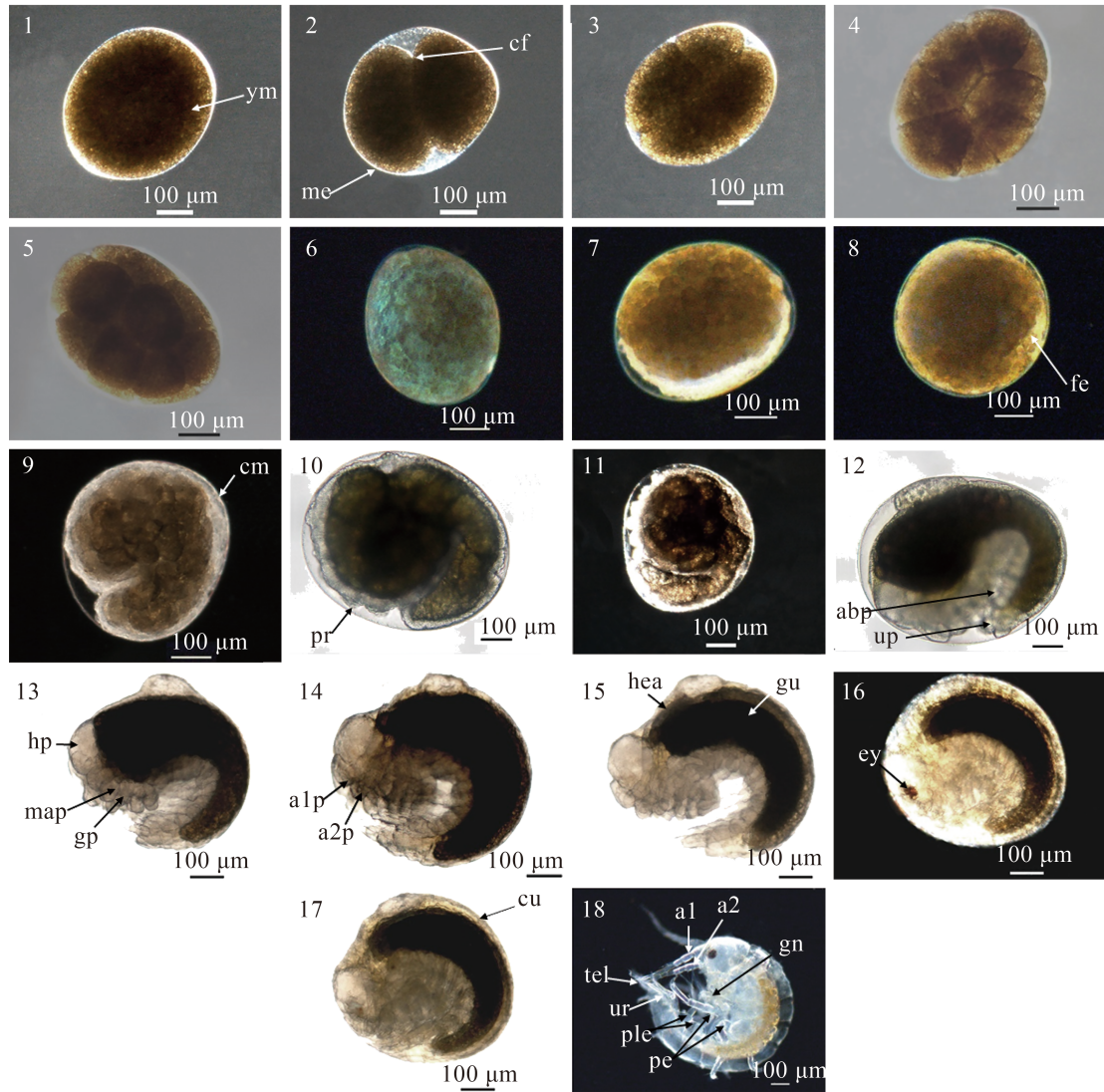
2. Laboratory of Marine Ecology and Environmental Science, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China)

Abstract: Detailed observations of the embryonic developmental stages of *E. possjeticus* were obtained by using vivo light microscopy. The embryonic development and its relationship with incubation temperature were studied. The results indicated that there was a positive linear relation between the fecundity and female body length. *E. possjeticus* displays a direct development, with the eggs developing inside a ventral brood pouch, where they hatch as larvae. The duration of embryonic development was about 220 hours at the constant temperature 21 °C. There were two types of observations for embryonic development. One was isolated culture and the other was the fertilized egg carried by the female. The result showed that the fertilized egg of the isolated culture and the fertilized egg carried by the female developed almost simultaneously in the same conditions. In a word, eggs undergo total cleavage for the first few times, and then turn to the superficial cleavage. Early total cleavage appears to be a general feature of amphipod embryogenesis. The hatched larvae had similar morphological characters to those of adults. Temperature showed significant influence on the embryonic development time. Within range of water temperature 15–27 °C, the duration of embryonic development decreased with the increase of temperature, while the developmental rate increased. Based on the developmental time at the different temperature, the developmental threshold temperature was calculated to be 6.02 °C, and sum of effective temperature was 137.30 °C·d.

Key words: *Eogammarus possjeticus*; embryonic development; temperature

Corresponding author: MAO Yuze. E-mail: maoyz@ysfri.ac.cn

Funding projects: National Natural Science Foundation of China (NSFC)-Shandong Joint Fund for Marine Science Research Centers (U1406403); Special Fund for Agro-scientific Research in the Public Interest (201203017)



图版 中华原钩虾的胚胎发育

1.受精卵；2.2细胞期；3.4细胞期；4.8细胞期；5.16细胞期；6.桑椹期；7.囊胚期；8.原肠早期；9.原肠中期；10.原肠末期1；11.原肠末期2；12.附肢及中肠形成期；13.尾节和后肠发育；14.圆形头部形成；15.心脏跳动；16.红色复眼形成；17.孵化前期；18.初孵幼体

ym. 卵黄物质；cf. 分裂沟；me. 卵膜；fe. 表面凹陷；cm. 细胞团；pr. 原基；abp. 腹部原基；up. 尾肢原基；gp. 腮足原基；hp. 头部原基；a1p. 第一触角原基；a2p. 第二触角原基；map. 颚足原基；hea. 心跳处；ey. 复眼；cu. 表皮；a1. 第一触角；a2. 第二触角；gn. 鳃足；pe. 胸足；ple. 腹足；gu. 肠；ur. 尾肢；tel. 尾节

Plate Embryonic development of *E. possjeticus*

1. egg; 2. 2-cell stage; 3. 4-cell stage; 4. 8-cell stage; 5. 16-cell stage; 6. morula stage; 7. blastula stage; 8. early gastrula stage; 9. middle gastrula stage; 10. late gastrula stage 1; 11. late gastrula stage 2; 12. appendage and midgut formation stage; 13. telson and hindgut development; 14. round head formation; 15. heart pulsation; 16. compound eye formation; 17. pre-larval stage; 18. newly hatched larva

ym. yolk mass; cf. cleavage furrow; me. membrane; fe. furrow of the entoblast; cm. cell mass; pr. primordium; abp. abdomen primordium; up. uropod primordium; gp. gnathopod primordium; hp. head primordium; a1p. the first antenna primordium; a2p. the second antenna primordium; map. mandible primordium; hea. heat; ey. compound eye; cu. cuticle; a1. the first antenna; a2. the second antenna; gn. gnathopods; pe. pereopods; ple. pleopods; gu. gut; ur. uropod; tel. telson