

大竹蛭胚胎发生及稚贝发育基本特征

吴杨平 陈爱华 姚国兴 张志伟 张曹进 张雨

江苏省海洋水产研究所 南通 226007

摘要:在人工培育条件下,对大竹蛭(*Solen grandis*)胚胎发生及稚贝发育进行显微观察,探究大竹蛭胚胎及幼虫发育规律。结果表明,大竹蛭胚胎及幼虫发育过程为:受精卵、卵裂、囊胚期、原肠期、担轮幼虫、D形幼虫、稚贝。在日平均水温为22.4℃时,受精后20~24 h发育成D形幼虫,5~7 d变态为稚贝,38 d稚贝已具备成贝形态,壳长壳高比为2.60。从受精卵到附着所需积温为3 088.79~5 005.19℃·h。稚贝先形成出水管,后形成进水管,最终形成“一管双孔”。壳长与壳高关系式为 $y = 150.37e^{0.0027x}$, x 为壳高(μm), y 为壳长(μm), $R^2 = 0.9855, P < 0.01$;壳长与日龄关系式为 $y = 143.38e^{0.0916x}$, x 为日龄(d), y 为壳长(μm), $R^2 = 0.9795, P < 0.01$;壳高与日龄关系式为 $y = 33.979x - 15.450$, x 为日龄(d), y 为壳高(μm), $R^2 = 0.9873, P < 0.01$ 。

关键词:大竹蛭;胚胎;稚贝;发育

中图分类号:Q954 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)04-74-08

Basic Characteristics of Embryogenesis and Juvenile Development of *Solen grandis*

WU Yang-Ping CHEN Ai-Hua YAO Guo-Xing ZHANG Zhi-Wei

ZHANG Cao-Jin ZHANG Yu

Jiangsu Institute of Marine Fisheries, Nantong 226007, China

Abstract: Under the artificial breeding conditions, the embryogenesis and juvenile development of *Solen grandis* were observed by light microscopy. The results indicated that the embryonic and larval development of *S. grandis* included the following stages: zygote, embryo cleavage, blastula, gastrula, trochosphere, d-larvae, and finally juvenile. After 20–24 hours of fertilization, D-larvae appeared at the average daily water temperature of 22.4°C. It took 5–7 days to develop to juvenile, and the juvenile became the adult shellfish after 38 days when the shell length-width ratio was 2.60. The accumulated temperature from zygote to attachment was 3 088.79–5 005.19°C·h. After juvenile developed outlet pipe, its intake pipe appeared, and at last the two pipes transformed into one pipe with diplopore. The regression equation of shell length and shell height was $y = 150.37e^{0.0027x}$, x : shell height (μm), y : shell length (μm), $R^2 = 0.9855, P < 0.01$. The regression equation of shell length and day old was $y = 143.38e^{0.0916x}$, x : day old (d), y : shell length (μm), $R^2 = 0.9795, P < 0.01$. The regression equation of shell height and day old was $y = 33.979x - 15.450$, x : day old (d), y : shell height (μm), $R^2 = 0.9873, P < 0.01$.

Key words: *Solen grandis*; Embryo; Juvenile; Development

基金项目 江苏省水产三项工程项目(No. K2008-1),南通市农业创新科技计划项目(No. AL2009001);

第一作者简介 吴杨平,男,硕士,助理研究员;研究方向:贝类遗传育种及生理生态;E-mail: uyping@163.com。

收稿日期:2012-01-31,修回日期:2012-05-16

大竹蛏 (*Solen grandis*) 是软体动物门瓣鳃纲帘蛤目竹蛏科中个体最大的一类,具有很高的经济价值,广泛分布于我国各海区^[1]。江苏吕四渔场海区如东、启东一线历来具有相当的资源量,当地俗称蛏子、竹蛏。随着大竹蛏较高的营养价值和经济价值被越来越多的人所认同,大量采捕野生资源满足消费需要的行为已导致资源量锐减。2007 年江苏省海洋水产研究所成功实现了对吕四渔场海域的增殖放流,对大竹蛏资源起到了很好的保护作用^[2]。我国从 21 世纪初相继开展了大竹蛏的基础研究^[3-9],一线科技工作者对大竹蛏的生物学特征^[10]、人工育苗^[11-12]、苗种培育及其生长与存活的理化因子^[13-14]进行了深入研究;但在其养殖推广中尚存在一些需进一步研究与解决。胚胎发生及稚贝发育作为生活史的重要一环,对整个大竹蛏科研工作具有重要意义。为此,本研究对大竹蛏早期生活史阶段进行了观察、描述,以期了解其胚胎及稚贝的生长发育规律,同时为规模化苗种培育工作提供数据支撑。

1 材料与方 法

1.1 材料 实验于 2005~2011 年在江苏省海洋水产研究所文蛤良种场吕四实验中心进行。亲贝收购自潮汛期间,由渔民从吕四外海退潮滩面上人工采挖所得。挑选活力好,壳完整无损的亲贝放入水泥池中进行暂养促熟强化培育。每日换 80% 自然海水一次,换水后视水清情况而定,充足投喂叉鞭金藻 (*Dicrateria* sp.)、绿色巴夫藻 (*Pavlova viridis*) 或亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis*), 24 h 连续充气。定期取样观察性腺成熟情况,以性腺饱满呈自流状为宜,进行常规阴干流水催产。

1.2 方法 从受精卵开始,每次随机取 30 个样,在 Olympus 显微镜下进行观察拍照。之后用 10% 碘液杀死,用目测微尺测量壳长和壳高。胚胎发生时间鉴定如下:当 50% 以上发育至某个时期则作为该发育阶段的起始时间。从前一发育期到下一发育期的时间则为间隔时间,记录每个发育期的水温,胚胎发育积温 = 胚

胎发育历时 × 水温^[15]。所有数据均用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 软件处理。有关计算公式如下:日平均增长量 $L = \frac{X_{t_2} - X_{t_1}}{t_2 - t_1}$ ^[16],式中 t_1 、 t_2 表示日龄, X_{t_1} 、 X_{t_2} 分别表示 t_1 、 t_2 日龄时的参数值。

2 结果与分析

2.1 胚胎发育 大竹蛏为雌雄异体,体外受精,从外表观察难以区分雌雄。成熟时,精巢呈乳白色,卵巢呈土黄色。江苏吕四渔场海区每年 5~7 月份是其繁殖季节。大竹蛏整个胚胎发育过程分为受精卵、2 细胞、4 细胞、8 细胞、多细胞、囊胚期、原肠期、担轮幼虫、D 形幼虫 9 个阶段。经过 7~8 d 发育(水温 20.8~24.2℃)开始附着,胚胎发育时间过程见表 1。从受精卵到附着所需的积温为 3 088.79~5 005.19℃·h,其中受精卵为 3.73℃·h,占总积温的 0.07%~0.12%;卵裂阶段为 68.59℃·h,占总积温的 1.37%~2.22%;囊胚期为 41.60℃·h,占总积温的 0.83%~1.35%;原肠期为 86.40℃·h,占总积温的 1.73%~2.80%。

2.1.1 卵裂 受精卵于海水中呈球形,卵径为 70~80 μm,为沉性卵,进行不等全裂(图版 I:1)。受精后 50 min 左右,细胞质向植物极流动,使得植物极一端逐渐变大、凸出,整个受精卵呈梨形,突出部分透明,即第 1 极叶。第 1 次分割极叶出现的同时,动物极不断向两侧扩大,并出现凹陷,植物极则往上收缩,细胞纵裂为大小不等的 2 个分裂球,即 2 细胞期(图版 I:2)。75 min 后第 2 次分裂开始,分裂出现 1 大 3 小的 4 个分裂球(图版 I:3)。受精后 100 min,开始第 3 次分裂,第 3 次分裂将细胞分割成 8 个紧密相连的小细胞(图版 I:4)。以后胚体每分裂 1 次,分裂球增加 1 倍,分裂为 16 细胞、32 细胞,经过多次分裂,胚体呈多细胞(图版 I:5)。

2.1.2 囊胚期与原肠期 经过多次分裂后,可见分裂球数量和排列层增加,即为囊胚期(图版 I:6)。之后由于动物半球小细胞的下包,和植物极细胞的内陷,在植物极形成原肠胚,即进入原肠期(图版 I:7)。

表 1 大竹蛭胚胎发生及幼虫发育时间

Table 1 The development stage of embryo and larvae of *Solen grandis*

发生时间(从受精开始) Development time (from fertilization)	胚胎及幼虫各期形态 Developmental features of embryo and larvae	时间间隔(min) Interval time between two stages	温度(℃) Water temperature	积温(℃·h) Accumulated temperature
0 ~ 10 min	卵子已受精,出现受精膜	0 ~ 10	22.4	0 ~ 3.73
10 min	出现第一极体	10	22.4	3.73
50 min	2 细胞期	40	22.4	14.93
75 min	4 细胞期	25	22.6	9.42
100 min	8 细胞期	25	23.0	9.58
3 h	多细胞期	80	23.2	30.93
5 h	囊胚期	120	20.8	41.60
9 h	原肠期	240	21.6	86.40
14 h	担轮幼虫	300	22.2	111.00
20 ~ 24 h	D 形幼虫	360 ~ 600	22.4	136.40 ~ 224.00
5 ~ 7 d	变态期	5 760 ~ 8 640	21.8 ~ 23.0	2 092.80 ~ 3 312.00
7 ~ 8 d	刚附着的稚贝	1 440 ~ 2 880	23.0 ~ 24.2	552.00 ~ 1 161.60

2.1.3 担轮幼虫与 D 形幼虫 原肠胚孵化后,很快就发育到担轮幼虫期。身体略为伸长,胚体左右略变扁平,背部尖,腹部宽,顶端变平,体外顶板上形成纤毛环及细长纤毛束。由于纤毛束的导向摆动,幼虫便从浮游阶段进入自由游动的生活阶段(图版 I:8)。20 ~ 24 h 左右即进入 D 形幼虫阶段(图版 I:9),外被像英文字母“D”字形贝壳包裹,出现初期绞合线,面盘形成,已具捕食能力,体内消化道发达,胃部扩大,胃内食物明显,同时体内出现收缩肌及闭壳肌原基,幼虫游动活泼,捕食积极(图版 I:10)。

2.2 稚贝发育

2.2.1 器官形成 刚附着,即受精发育至第 8 天时,已进入稚贝发育阶段(图版 I:11)。此时内部器官分化清楚。足在涂面上爬行,非常活跃,感觉敏感;幼出水管已形成,稍能伸出壳外;平衡囊及眼点仍存在;鳃呈匝道型螺旋排布,上有纤毛,不时摆动。附着 2 ~ 5 d 时,足发育相当快,匍匐运动更加活跃;出水管刚形成,并继续生长,此时仅单水管,进水管尚未形成。附着 6 ~ 9 d 时,出水管基部形成多个指状突起,将形成进水管,腹缘外套膜逐渐愈合(图版 I:12,13)。附着 10 ~ 15 d 时,进水管开始形成,稚贝匍匐运动减弱,心跳加快(图版 I:14)。附着 16 ~ 23 d 时,进

出水管都已形成,管口有 7 ~ 8 个指状突起,排列致密,呈栉梳状(图版 I:15)。附着 24 ~ 30 d 时,进出水管已完善,内部构造接近成贝(图版 I:16,17),较稳定穴居于滩涂内。

2.2.2 壳型变化 大竹蛭刚附着时壳长/壳高为 1.23,贝壳形态近似椭圆形,壳顶突出明显。附着 4 d 以后,壳长/壳高逐渐变大,壳型日趋横向拉伸,壳顶由早期近中间位置渐前移靠近足端。水管开口端较足端生长迅速,附着 10 d 之后,壳型拉伸明显,由刚附着时的椭圆形发展为长卵圆形,腹缘线与背缘线渐趋平行。附着 24 d 时,壳长/壳高为 2.60,壳顶极度靠近足端且不突出,从外观上壳顶已相当不明显,此时已具备成贝形态(表 2)。

2.3 生长特性 大竹蛭浮游期内壳长与壳高均增长缓慢(图 1),且两条生长曲线在这一时期具有相同变化趋势,两者相近,壳长/壳高基本稳定,说明浮游期内大竹蛭壳型保持一定的形状。进入稚贝期后,壳长的增长明显提速,壳长的日平均增长量显著大于壳高的日平均增长量(图 1、表 3)。这一时期开始,大竹蛭通过壳长的快速增长来拉伸壳型,朝着成贝形态发展。因此,可认为浮游期发生个体大小的变化,稚贝期发生个体形状的变化。统计和分析发育各期

表 2 大竹蛭稚贝附着初期形态变化和器官发育比较

Table 2 The development stage of embryo and larvae of *Solen grandis*

附着天数(d) [受精天数(d)] Attachment day [fertilization day]	贝壳形态变化 Morphological change of the shell			内部器官发育 The development of internal organ
	壳长(m) × 壳高(m) Shell length × shell height	壳长/壳高 Shell length/ shell height	形态变化 Morphological change	
刚附着[8]	270 × 219	1.23	贝壳近似椭圆形	足能伸出壳外,在涂面上匍匐,将形成出水管
2~5[13]	521 × 414	1.26	贝壳椭圆形,壳顶稍突出	足发育快,匍匐运动十分活跃,出水管刚形成,并继续生长,此时仅单水管。
6~9[17]	711.76 × 538.16	1.32	贝壳向长卵圆形发展,后端生长较前段快	出水管基部形成多个指状突起,将形成进水管,腹缘外套膜逐渐愈合。
10~15[23]	1 198.67 × 772.93	1.55	贝壳长卵圆形,后端继续拉长,向成贝形态发展	进水管开始形成,稚贝匍匐运动减弱,心跳加快
16~23[31]	2 620.53 × 1 052.62	2.49	贝壳与成贝形态相似	进水管都已形成,管口有7~8个指状突起,排列致密,呈帚梳状
24~30[38]	3 423.20 × 1 207.20	2.60	贝壳已具备成贝形态	进水管已完善,内部构造接近成贝,较稳定穴居于滩涂内

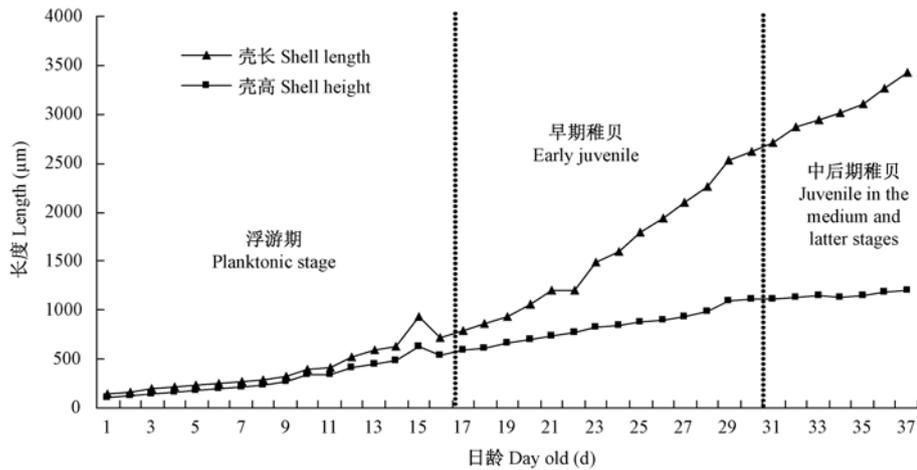


图 1 大竹蛭壳长、壳高的生长情况

Fig. 1 Shell length and shell height growth of *Solen grandis*

表 3 壳长与壳高的日平均增长量

Table 3 The average daily growth of shell length and shell height

日龄(d) Day old	壳长(μm) Shell length	壳长日平均增长量(μm) Average daily shell length increment	壳高(μm) Shell height	壳高日平均增长量(μm) Average daily shell height increment
2	140.00		102.00	
7	246.00	21.20	196.00	18.80
12	413.00	33.40	338.00	28.40
17	711.76	59.75	538.16	40.03
22	1 208.41	99.33	741.25	40.62
27	1 931.34	144.59	896.91	31.13
32	2 709.11	155.55	1 120.10	44.64
37	3 272.58	112.69	1 187.00	13.38

形态参数,对壳长、壳高与日龄进行回归分析,建立稚贝的拟合生长模型。壳长与壳高呈指数关系,关系式为 $y = 150.37e^{0.0027x}$ ($R^2 = 0.9855, P < 0.01$),其中 x 为壳高, y 为壳长,单位均为 μm (图2)。壳长与日龄呈指数关系,

关系式为 $y = 143.38e^{0.0916x}$ ($R^2 = 0.9795, P < 0.01$),其中 x 为日龄(d), y 为壳长(μm)。壳高与日龄呈线性关系,关系式为 $y = 33.979x - 15.450$ ($R^2 = 0.9873, P < 0.01$),其中 x 为日龄(d), y 为壳高(μm)(图3)。

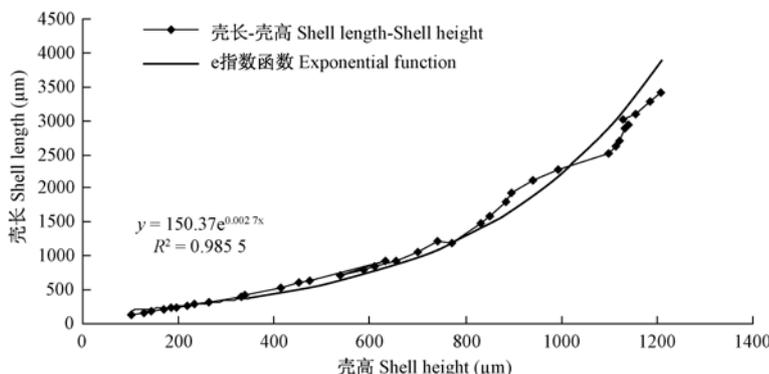


图2 壳长与壳高间相互关系

Fig. 2 Relationship between shell length and shell height

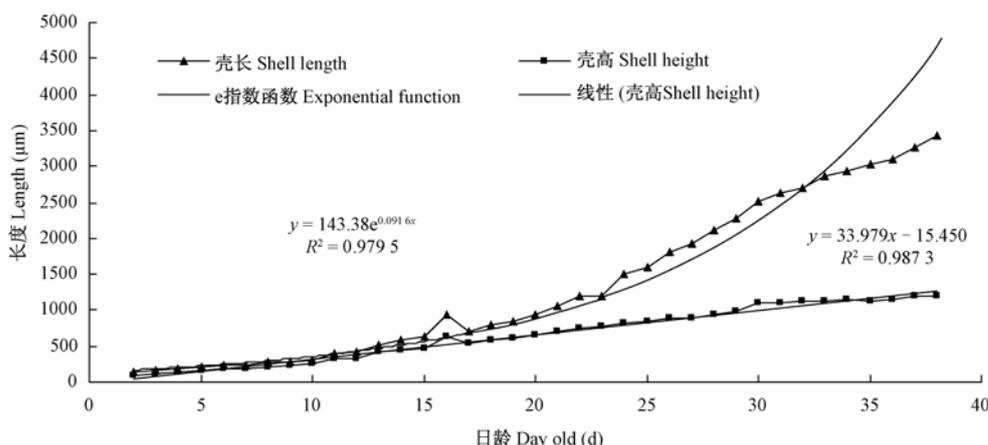


图3 大竹蛭生长发育中壳长、壳高与日龄间的回归关系

Fig. 3 Relationship among shell length, shell height and day old

3 讨论

3.1 大竹蛭的胚胎发育 据报道,山东日照大竹蛭的繁殖季节为4~5月^[12],浙南大竹蛭的繁殖期为5月上旬至中下旬^[6]。本研究发现每年5~7月是江苏吕四渔场海区大竹蛭的繁殖季节;由于温度的原因,近年来发现本区域内的大竹蛭在7月份尚有一定规模的排卵受精等繁殖活动,这比之前所了解的江苏南部沿海大

竹蛭繁殖季节为5~6月份^[11]要长。目前对大竹蛭的胚胎发育过程的认识较一致,均认为胚胎发育过程大体分为受精卵、卵裂、囊胚期、原肠期、担轮幼虫、D形幼虫、稚贝等几个阶段,与缢蛭(*Sinonovacula constricta*)^[17-18]、长竹蛭(*Solen strictus*)^[19-20]等竹蛭科贝类的胚胎发育相似。培育水温是胚胎发育的关键因素之一。已有研究分别报道了21.5℃^[11]、22.0℃^[6]、23.5℃^[11]、24.0℃^[12]下大竹蛭发育所需的时

间,本研究结果与其大体一致。在此基础上,进一步研究了胚胎发育与积温的关系,大竹蛭在日平均温度 22.4℃ 的条件下,经 20~24 h 即可发育到 D 形幼虫,所需积温为 443.99~531.59℃·h。因此,在积温一定的情况下,随着培育环境温度的升高,发育时间会缩短。陈爱华等^[11]报道大竹蛭在 24.5℃ 培育条件下比 21.0℃ 发育快了 2.5 d,即是这个原因。有关发育积温的研究目前在竹蛭科其他贝类中尚未有相关报道,而在美洲鲃 (*Alosa sapidissima*)^[15]、丁 (*Tinca tinca*)^[21] 等鱼类中已有报道。本研究结果对研究竹蛭科贝类温度与胚胎发育的关系具有一定的借鉴意义。

3.2 双水管的形成 大竹蛭成体具有双水管,即进水管和出水管,但两管已合并在一起,外观上看似只有一个,而实际上内部以横膈分成两个管,相互独立。缢蛭的进出水管相互分离,外观上看,两管可各自摆动^[17]。但在功能上,大竹蛭的水管与缢蛭的双水管相同,近背缘的管道为出水管,近腹缘的管道为进水管^[18]。本研究发现大竹蛭先形成出水管,大概在受精发育第 8 天;进水管则是在发育 23 d 左右形成。进水管形成之初首先在出水管基部形成多个指状突起,后由腹缘外套膜逐渐愈合而成。大竹蛭双水管的形成过程与缢蛭类似^[17],区别出现在形成之后。缢蛭的进出水管形成后独立生长发育,不愈合在一起^[17];大竹蛭的进出水管形成后,后形成的进水管快速发育,长度迅速赶上出水管,之后两管以相近程度发育生长,两管的接触面则逐渐愈合在一起,最终形成“一管双孔”的形态。成体大竹蛭的水管还具有自切再生功能(图版 I:18)。

3.3 生长 大竹蛭的生长表现在浮游期内壳长与壳高均增长缓慢,壳长/壳高基本稳定,这与大多数双壳类生长特点相一致^[18]。附着后,大竹蛭稚贝的壳长较壳高生长迅速,直接导致外部形态的横向拉伸,朝成体形态快速发展,壳长/壳高已达到 2.60。这种现象在背角无齿蚌 (*Anodonta woodiana*)^[22]、三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*)^[23]、西施舌 (*Coelomactra antiquata*)^[24] 等

多种贝类中均有所报道。大竹蛭通过这一阶段形态上的剧烈变化最终具有成体形态,此时,对于育苗生产而言,风险相对减弱;随着个体越来越大,只要保证充足的饵料供应及即时调节好水质能够达到丰产的目的。

参 考 文 献

- [1] 张玺,黄修明. 中国海竹蛭科的研究. 动物学报, 1964, 16(2): 193-209.
- [2] 江苏省海洋渔业指挥部. 增殖放流 反哺大海——181 万只大竹蛭苗投放省“两沙”水产种质资源保护区 [EB/OL]. [2012-1-3]. <http://www.jsmfm.gov.cn/Show.aspx?id=1088>.
- [3] 戴聪杰. 大竹蛭软体部分营养成分分析及其评价. 集美大学学报: 自然科学版, 2002, 7(4): 304-308.
- [4] 侯和要,王君霞,彭作波,等. 不同盐度对大竹蛭存活的影响. 齐鲁渔业, 2004, 21(5): 5-6.
- [5] 吴杨平,陈爱华,姚国兴,等. 大竹蛭稚贝滤水率的研究. 海洋科学, 2011, 35(1): 6-9.
- [6] 肖国强,柴雪良,邵艳卿,等. 大竹蛭的繁殖生物学. 海洋科学, 2009, 33(10): 21-25.
- [7] Shen X Z, Zhen W B, Ren S L. Structure and function of the digestive system of *Solen grandis* Dunker. Journal of Ocean University of Qingdao, 2003, 2(2): 155-159.
- [8] Yuan Y, Li Q, Kong L F, et al. Isolation and characterization of polymorphic microsatellite loci in the grand jackknife clam *Solen grandis* (Bivalvia: Veneroida). Genes and Genomics, 2010, 32(3): 191-197.
- [9] Yuan Y, Li Q, Kong L F, et al. The complete mitochondrial genome of the grand jackknife clam, *Solen grandis* (Bivalvia: Solenidae): a novel gene order and unusual non-coding region. Molecular Biology Reports, 2012, 39(2): 1287-1292.
- [10] 吴杨平,陈爱华,姚国兴,等. 大竹蛭生物学特性的初步研究. 水产科学, 2011, 30(12): 764-767.
- [11] 陈爱华,姚国兴,张志伟. 大竹蛭生产性人工繁育试验. 海洋渔业, 2009, 31(1): 66-72.
- [12] 侯和要,牟乃海,宋全山,等. 大竹蛭人工繁殖技术研究. 齐鲁渔业, 2004, 21(6): 32-35.
- [13] 陈爱华,张志伟,姚国兴,等. 环境因子对大竹蛭稚贝生长及存活的影响. 上海水产大学学报, 2008, 17(5): 259-263.
- [14] 陈爱华,姚国兴,张志伟,等. 温度、盐度和底质对大竹蛭稚贝生长及存活的影响. 热带海洋学报, 2010, 29(5): 94-97.

- [15] 洪孝友, 朱新平, 陈昆慈, 等. 美洲鲟胚胎及仔稚鱼的发育. 水生生物学报, 2011, 35(1): 153-162.
- [16] 张根芳, 许式见, 方爱萍. 背瘤丽蚌稚蚌的生长与发育. 动物学杂志, 2010, 45(5): 105-110.
- [17] 周炳元, 董松生. 缢蛏养殖技术. 北京: 金盾出版社, 2002: 11-33.
- [18] 王如才, 王昭萍. 海水贝类养殖学. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2008: 244-260.
- [19] 孙虎山, 王宜艳, 王迎春, 等. 长竹蛏的繁殖和生长. 水产学报, 1995, 19(1): 83-87.
- [20] 王云. 长竹蛏人工育苗技术的初步研究. 台湾海峡, 2001, 20(1): 27-31.
- [21] 陈福艳, 梁万文, 冯鹏霏, 等. 丁鱼胚胎及仔鱼发育的观察. 南方农业学报, 2011, 42(3): 315-319.
- [22] 刘士力, 李家乐, 张根芳, 等. 背角无齿蚌稚蚌形态发育与生长特性. 上海海洋大学学报, 2009, 18(3): 269-274.
- [23] 刘士力, 李家乐, 张根芳, 等. 三角帆蚌稚蚌形态发育与生长特性. 水产学报, 2009, 33(4): 604-609.
- [24] 吴进锋, 陈素文, 梁超愉, 等. 西施舌人工育苗及幼虫、稚贝生长研究. 湛江海洋大学学报, 2003, 23(4): 14-19.

图 版 说 明

1~10 为大竹蛏胚胎发育图; 11~18 为稚贝发育及水管形成过程。

1. 受精卵; 2. 2 细胞; 3. 4 细胞; 4. 8 细胞; 5. 多细胞; 6. 囊胚期; 7. 原肠期; 8. 担轮幼虫; 9. 受精 24 h 后 D 形幼虫; 10. D 形幼虫; 11. 受精后第 8 天稚贝, 示斧足(F)、眼点(E); 12. 附着第 6 天稚贝, 示出水管(OP)、鳃(G)、指状突起(D); 13. 附着第 9 天稚贝, 示出水管(OP)、鳃(G)、指状突起(D); 14. 附着第 10~15 天稚贝, 示出水管(OP)、指状突起(D); 15. 附着第 16~23 天稚贝, 示出水管(OP)、进水管(IP); 16. 附着第 24~30 天稚贝; 17. 稚贝; 18. 2 龄大竹蛏, 示水管(P)。

Explanation of Plate

1-10; The embryo developmental atlas of *Solen grandis*; 11-18; The pipe forming process and development stage of juvenile of *S. grandis*.

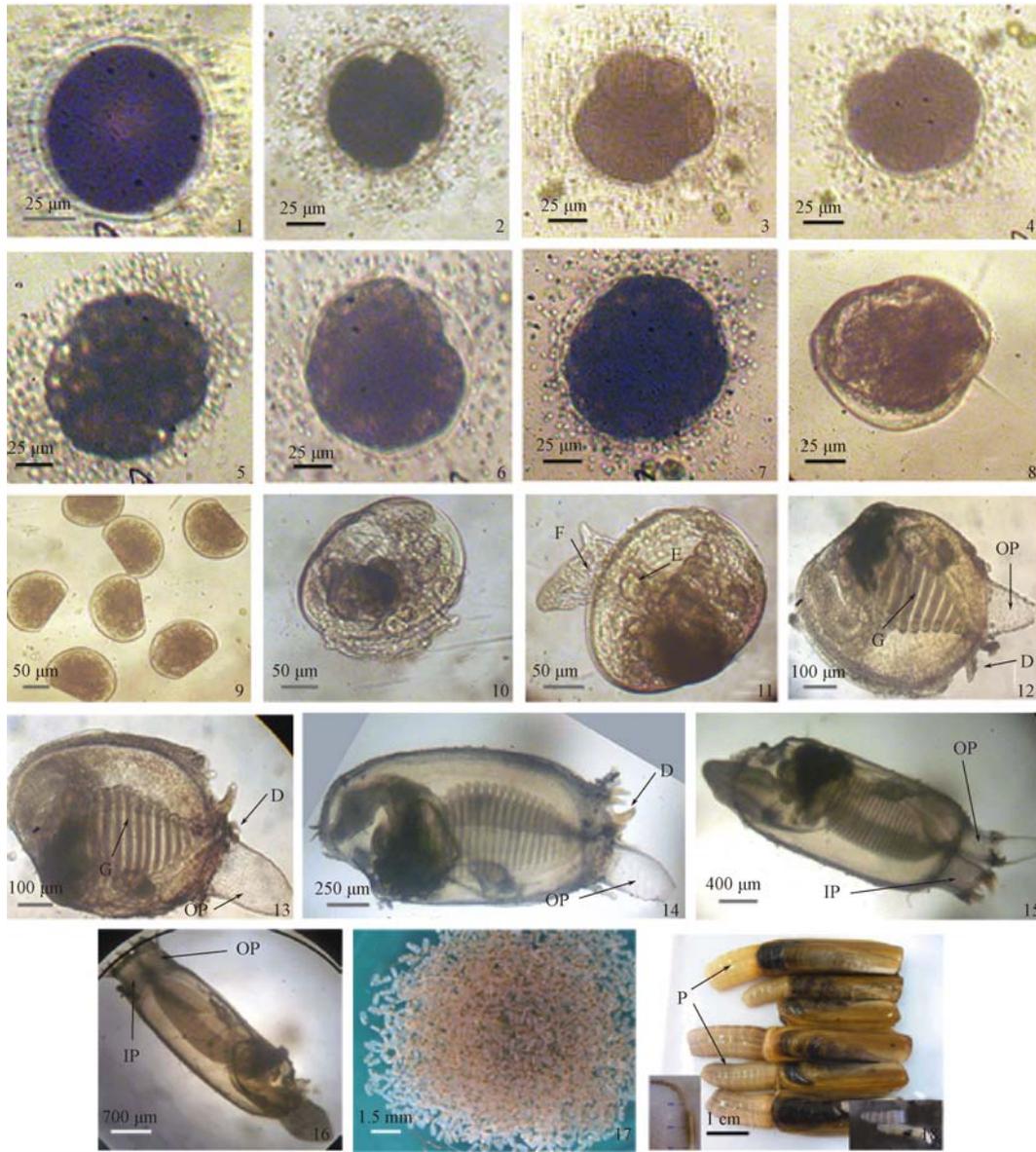
1. Fertilized egg; 2. Two cells; 3. Four cells; 4. Eight cells; 5. Multicellular; 6. Blastula; 7. Gastrula; 8. Trochosphere; 9. D-larvae after 24 hours fertilization; 10. D-larvae; 11. Juvenile in 8 days after fertilization, showing foot (F), and eyespot (E); 12. Juvenile in 6 days after attachment, showing outlet pipe (OP), gill (G), and digitations (D); 13. Juvenile in 9 days after attachment, showing outlet pipe (OP), gill (G), and digitations (D); 14. Juvenile in 10-15 days after attachment, showing outlet pipe (OP), and digitations (D); 15. Juvenile in 16-23 days after attachment, showing outlet pipe (OP), and intake pipe (IP); 16. Juvenile in 24-30 days after attachment; 17. Juvenile; 18. Two years old *S. grandis*, showing pipe (P).

吴杨平等:大竹蛏胚胎发生及稚贝发育基本特征

图版 I

WU Yang-Ping *et al.*: Basic Characteristics of Embryogenesis and Juvenile Development of *Solen grandis*

Plate I



图版说明见文后