

文章编号: 1000- 0615(2009) 04- 0604- 06

# 三角帆蚌稚蚌形态发育与生长特性

刘士力<sup>1</sup>, 李家乐<sup>1</sup>, 张根芳<sup>2</sup>, 汪桂玲<sup>1</sup>, 白志毅<sup>1</sup>, 潘彬斌<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学省部共建水产种质资源挖掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306

2. 浙江金华职业技术学院, 浙江 金华 321000)

**摘要:** 在人工繁育现场, 水温为 26.5~32.0℃的条件下, 对三角帆蚌钩介幼虫寄生期结束至发育到呈三角形的稚蚌阶段的形态变化过程进行了连续观察。结果发现三角帆蚌稚蚌形态发育过程根据其变化特点可分为 4 个阶段。刚脱落的稚蚌平均壳长 221.88 μm, 此时帆没有形成, 全高等于壳高; 前 4 d 里稚蚌增厚显著, 为贝壳增厚期。5 d 后到第 23 天, 壳顶开始突起, 为壳顶突出期; 此期出现了一个显著的变化, 到 15 d 时, 壳顶后端生长速度超过了前端。23 d 后到第 34 天, 翼开始出现, 为两翼形成期。34 d 后到第 60 天, 帆开始形成, 为帆生长期; 此期全高和壳高的比例加大, 壳顶不再是稚蚌的最高点。从第 60 天开始, 外型与成体相似, 稚蚌发育阶段完成。三角帆蚌稚蚌发育过程中最明显的变化是壳顶位置的变化。对三角帆蚌稚蚌生长特性的研究表明: 壳长与日龄的关系式为  $L = 329.39e^{0.059t}$  ( $r = 0.968$ ), 全高与壳长的关系式为  $H = 0.77L - 103.36$  ( $r = 0.997$ )。

**关键词:** 三角帆蚌; 稚蚌; 形态发育; 生长

**中图分类号:** Q 959.215<sup>+</sup>.4 S 968.3

**文献标识码:** A

双壳类 (Bivalve) 软体动物中有很多种类具有重要经济价值。它们大多具有独特的个体发育过程。国内外对海水双壳贝类的幼体形态发育研究较多<sup>[1-11]</sup>, 但有关淡水贝类幼体变化的观察研究则较少<sup>[12-15]</sup>。

三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*) 隶属于蚌科 (Unionidae)、帆蚌属 (*Hyriopsis*)<sup>[16]</sup>, 是我国特有种, 它形成的珍珠具有珠质光滑细腻、色泽鲜艳等优点, 是淡水蚌中育珠质量最佳者, 已成为最主要的淡水养殖珍珠蚌。目前对三角帆蚌胚胎在外鳃育儿囊内的发育和三角帆蚌钩介幼虫寄宿阶段形态变化有了一些研究<sup>[17-18]</sup>, 但对于钩介幼虫脱落后稚蚌阶段的形态变化, 至今未见正式报道。

本实验现场观察了人工繁育的三角帆蚌稚蚌阶段形态变化, 并测量了其生长情况, 旨在进一步了解三角帆蚌脱落早期发育阶段的形态变化和生长特性, 为提高珍珠蚌人工育苗技术提供科学依

据, 为淡水蚌类发育生物学研究增加基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验于 2008 年 5 月 24 日 - 7 月 24 日在浙江省威旺公司生产基地进行。将附有三角帆蚌钩介幼虫的黄颡鱼饲养于网箱内, 投喂蚌肉以保持黄颡鱼的体质。测算钩介幼虫从黄颡鱼身上脱落的开始时间<sup>[19]</sup>, 在观察到稚蚌脱落高峰时, 将鱼转移到用水泥砌成的、规格为 1.5 m × 1.0 m × 0.15 m 的育苗池内, 过 1 h 后将鱼取出, 以确保脱落稚蚌发育的同步性。将稚蚌继续留在水泥池内, 用放流富含浮游生物的池塘水培育, 以保证稚蚌发育所需的饵料生物, 在稚蚌培育后期适当加大水流, 定期加入适量过滤后的塘泥。试验期间育苗池水温为 26.5~32.0℃。

收稿日期: 2008-09-27      修回日期: 2009-01-12

资助项目: 国家科技支撑计划课题 (2006BAD01A13); 农业部农业结构调整重大技术研究专项项目 (06-05-05B); 上海市科委基础重大项目 (06DJ14003); 上海市水产养殖重点学科建设项目 (Y1101)

通讯作者: 李家乐, E-mail: jll@shou.edu.cn

## 1.2 方法

**形态发育** 实验三角帆蚌稚蚌从黄颡鱼体上脱落到完全变成幼蚌, 共 60 d。在此期间, 每天取育苗池内的稚蚌, 在临池实验室内进行活体观察和拍摄, 详细记录观察时间和各个发育时期的主要形态特征。在 1~30 d 期间, 稚蚌形态在 Olympus 生物显微镜下进行观察, 同时进行显微摄影。在 30~50 d 期间, 稚蚌形态在 Olympus 解剖镜下观察和拍摄。在 50 d 以后, 稚蚌形态在解剖镜下观察, 并直接用数码相机近距离拍摄。

**生长特性** 每隔 1 d 或 2 d 取样观察稚蚌的生长情况。直接从育苗池采集稚蚌拍照, 运用 Image-Pro Express 测量它们的壳长、全高和壳高及壳顶到前后端的距离, 每次测量 30 个。

## 1.3 数据统计方法

运用统计软件 SPSS15.0 作散点图, 分析壳长与日龄及全高与壳长的相关性, 并确定回归曲线。

$$\text{全长日增长率}(\%) = (\ln L_2 - \ln L_1) / (t_2 - t_1)$$

式中,  $t_1$  和  $t_2$  代表相邻的日龄,  $L_1$  和  $L_2$  分别代表日龄为  $t_1$  和  $t_2$  时的壳长。

## 2 结果

### 2.1 稚蚌形态发育

三角帆蚌稚蚌从半椭圆形到三角形的发育过程中, 形态变化显著。不同时间贝壳各部位的生长速度明显不同, 可以通过生长线的疏密程度呈现出来。笔者根据观察到的贝壳变化, 将稚蚌的发育划分为贝壳增厚期、壳顶突出期、两翼形成期和帆生长期等 4 个时期。

**贝壳增厚期** 脱落后 0~4 d 贝壳主要向内侧面生长, 使稚蚌增厚, 内部容量加大。

刚从鱼体脱落的稚蚌: 呈半椭圆形, 壳长  $(221.88 \pm 1.74) \mu\text{m}$ , 壳高  $(249.45 \pm 1.49) \mu\text{m}$ , 铰合部长  $(155.73 \pm 1.17) \mu\text{m}$  (图版-1a)。其形态与钩介幼虫相似。但肉足已发育形成, 伸出时呈舌状, 表面密布纤毛, 不停的摆动。稚蚌借助足的收缩可牵动身体自由爬行 (图版-1a)。在爬行时, 伸出的足可达壳长的 2 倍。双壳一方面由于壳自身的加厚, 另一方面由于内部器官的发育, 两壳外凸, 呈弧形。通过张开的壳, 可看到在脏囊的两侧, 有两个圆管状突起, 即鳃原基。稚蚌在整

个外套膜边缘密布有纤毛, 长度约  $4 \mu\text{m}$ , 不停地摆动 (图版-1b)。

1 d 稚蚌: 已开始摄食, 胃里有食物泡转动。贝壳沿两壳边缘几乎垂直向里生长使原钩介幼虫上的两片壳 (原壳) 张开角度加大, 稚蚌增厚显著。稚蚌活动能力更进一步加强。

2 d 稚蚌: 在前面俯视稚蚌, 原来两片壳的角度加大到约  $90^\circ$ 。稚蚌可以轻松的立起来。呈不对称生长, 前端生长速度明显快于后端。

3 d 稚蚌: 平均壳长  $332.34 \mu\text{m}$ 。观察到心脏跳动, 搏动频率每分钟约 78 次。稚蚌的厚度和高度差不多, 观察到鳃原基有 4 个弯曲。

4 d 稚蚌: 平均壳长  $382.21 \mu\text{m}$ 。观察到晶杆体转动, 稚蚌正面观察呈椭圆形 (图版-2a), 俯视呈圆锥形 (图版-2b)。

**壳顶突出期** 脱落后 5~22 d 贝壳前后端显著加长, 呈椭圆形。铰合部由于稚蚌的生长, 不再呈直线, 逐步形成壳顶。

5 d 稚蚌: 平均壳长  $514.36 \mu\text{m}$ 。壳厚  $418 \mu\text{m}$ , 前后缘长度进一步加大, 前端至铰合线中心的距离约为壳长的  $3/4$  处。原壳略微向上突起 (图版-3)。

10 d 稚蚌: 平均壳长  $783.10 \mu\text{m}$ 。鳃丝上有纤毛, 纤毛呈有规律的波浪状摆动。原壳约占蚌壳表面积的  $1/5$ 。后端比较圆滑 (图版-4)。

15 d 稚蚌: 平均壳长  $891.49 \mu\text{m}$ 。观察到新生成壳上有前后闭壳肌。心脏在围心腔中, 由心室和心耳组成。直肠通过围心腔穿过心室, 伴随心室有节律地搏动而上下移动, 肛门开口在闭壳肌后。鳃丝 12~14 对。后端生长速度大于前端 (图版-5)。

20 d 稚蚌: 平均壳长  $1253.92 \mu\text{m}$ 。贝壳后缘与原壳相交的地方有大约  $3 \mu\text{m}$  的突起。

22 d 稚蚌: 平均壳长  $1298.30 \mu\text{m}$ , 观察到进水管和出水管, 出水管附近纤毛较长, 约  $6 \mu\text{m}$ 。心跳频率每分钟 65 次。鳃丝 29~32 根。壳顶前后端的比例接近 1:1 (图版-6)。

**两翼形成期** 脱落后 23~33 d 靠近背缘两端的生长线末端开始向上突起, 逐步形成翼。后端生长速度快于前端。

23 d 稚蚌: 平均壳长  $1425.97 \mu\text{m}$ 。前背缘稍向上翘, 有一定弧度, 不再呈斜面。

27 d 稚蚌: 平均壳长  $1535.06 \mu\text{m}$ 。前背缘

末端与下部的结合处比较圆滑,后背缘与下端结合处约呈 120°(图版-7)。

33 d稚蚌: 平均壳长 1 989 55 μm。鳃丝 100~120根。

帆生长期 脱落后 34~60 d, 后端下方的生长比前方快, 生长线更为稀疏。从而使后端原来的壳开始抬高, 使全高显著增加, 从另一方面导致帆的形成。

34 d稚蚌: 平均壳长 2 001 19 μm。壳顶位于距前端壳长的 1/3 处。后端底部生长速度加快, 后背缘上升迅速, 开始形成帆(图版-8)。消化系统发育更加完全(图版-9)。

45 d稚蚌: 平均壳长 5 422 67 μm, 观察到背部有从壳顶射出的 3 条肋脉(图版-10)。

60 d稚蚌: 平均壳长 8 871 43 μm, 壳长/全高为 1.25, 壳顶位于距前端壳长的 1/5 处, 与成体蚌相似(图版-11)。

2.2 稚蚌的生长

壳长的生长 稚蚌随日龄增长, 个体间的差异也逐渐增大(图 1)。

稚蚌全长的总平均日增长率为 6.15%, 贝壳增厚期的日增长率最高, 为 13.6%。两翼形成期的日增长率最低, 为 3.33%。在帆生长期日增长率有所提高。

全长与日龄的关系式(图 1):  $L = 329.39e^{0.059t}$ ,  $r = 0.968$

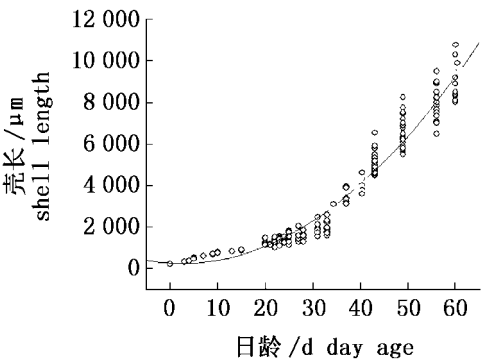


图 1 三角帆蚌壳长(L)与日龄(t)的关系  
Fig 1 Relationship between shell length and day age of *Hyriopsis cumingii*

体高与壳长的关系式(图 2):  $H = 0.776L - 103.36$ ,  $r = 0.997$

帆的生长 在刚脱落的稚蚌上并无帆的踪影, 全高等同于壳高。大约在 23 d 后两翼开始形

成。壳顶不再是稚蚌的最高点, 随着帆的生长, 全高和壳高的比例加大(图 3)。在 60 d 时, 全高/壳高为 1.4。由于帆的生长主要是壳顶后端的生长造成的, 壳顶位置在发育过程中逐步前移(图版-7, 8, 10 和 11)。

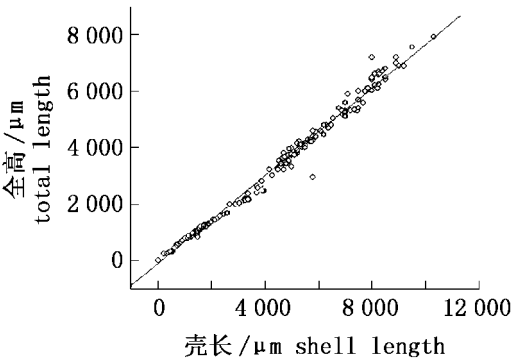


图 2 三角帆蚌全高与壳长的关系  
Fig 2 Relationship between total length and shell length of *Hyriopsis cumingii*

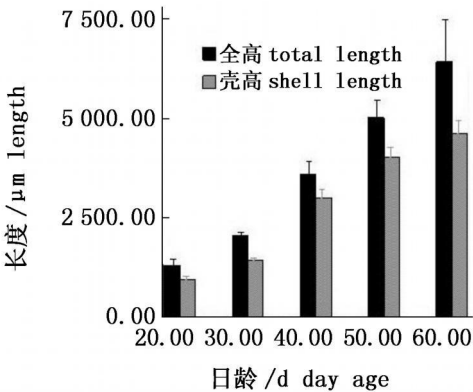


图 3 壳高和全高的变化  
Fig 3 Changes of the shell length and total length

3 讨论

国内外对海水双壳类幼体形态发育曾进行过大量研究<sup>[1-11]</sup>, 并将幼体发育作为解决分类、系统发育和进化问题的方法<sup>[7]</sup>。但目前针对淡水蚌类幼体的发育过程研究较少<sup>[13-15, 17-19]</sup>, 而对淡水蚌类稚蚌阶段的形态发育仅有简单描述<sup>[12-14]</sup>。本次研究我们根据发育过程中蚌壳的形态变化首次将三角帆蚌稚蚌发育分为贝壳增厚期、壳顶突出期、两翼形成期和帆生长期这 4 个阶段, 这个分类对今后研究淡水蚌类稚蚌的形态发育具有借鉴作用。

本次研究发现三角帆蚌从鱼体上的钩介幼虫脱落下来后便直接营底栖生活, 没有浮游生活这一阶段。此时足已形成, 而且没有大多数海洋贝类与浮游生活相关器官退化的变态过程, 故认为三角帆蚌从鱼上脱落就进入稚蚌期。刚营底栖生活的稚蚌在外形上与钩介幼虫相似, 铰合部呈直线, 但比海洋双壳类的 D 形幼虫要扁。此时的稚蚌主要向内侧生长, 壳内容积加大显著。在接下来的时间里由于稚蚌的生长, 壳顶显著突起, 这点与菲律宾蛤仔等相似<sup>[8]</sup>。三角帆蚌稚蚌同双带蛤科的 *Paphies subtriangulata* 壳顶期幼体一样, 壳顶前端的生长比后端快, 而且前端比后端要圆滑些<sup>[4]</sup>。但三角帆蚌前后端差异较大, 使壳顶与后端的距离更近。三角帆蚌稚蚌发育过程中与海洋贝类另一个明显的不同是翼的形成。在本试验中, 在 23 d 左右时间, 背缘末端的生长开始超出原来的高度, 形成翼。而到后期, 后端下方的生长比前方快, 从而形成帆。

刚脱落的稚蚌鳃原基只有 2~3 个弯曲, 而且鳃上纤毛也没有形成, 呼吸和摄食系统没有发育完善。在 0~26 d 没有形成进水孔和出水孔。这可以从一方面说明为什么稚蚌对环境更为敏感。特别是在早期, 对水质和饵料质量要求更高。在帆生长期, 肝脏呈许多条状包裹于胃的周围。肠道变粗, 可以透过外壳清楚地看到, 成为辨别稚蚌活力的重要标志之一。同时三角帆蚌的生长速度加快, 这一方面可能是后期水温有所升高, 另一方面可能是摄食消化系统发育更加完善的缘故。此阶段稚蚌对环境的适应能力变强, 存活率较高, 但个体生长发育的差异明显增大。在达到出苗规格时应及早转移到大塘, 以减少育苗成本和改善稚蚌生长环境。密度对稚蚌生长具有明显影响。不少研究发现, 过高的饲养密度会对贝类的个体生长产生抑制作用<sup>[14]</sup>, 因此控制适当的育苗密度对三角帆蚌早期阶段的生长发育非常重要。

参考文献:

[1] Gribben P E, Hay B E. Larval development of the New Zealand geoduck *Panopea zelandica* (Bivalvia Hiatellidae) [J]. New Zeal J Mar Fresh, 2003, (37): 231–239.

[2] Hooker S H. Larval and postlarval development of the New Zealand Pipi *Paphies australis* (Bivalvia Mesodesmatidae) [J]. Biol Mar Sci, 1997, 61

(2): 225–240

[3] Redfeam P. Larval shell development of the toheroa *Paphies ventricosa* (Gray, 1843) (Mactacea Mesodesmatidae) [J]. New Zeal J Mar Fresh, 1982 (16): 241–252.

[4] Redfeam P. Larval shell development of the northern tuatua *Paphies subtriangulata* (Bivalvia Mesodesmatidae) [J]. New Zeal J Mar Fresh, 1987 (21): 65–70.

[5] 齐秋贞. 菲律宾蛤仔的生活史 [J]. 水产学报, 1987 11(2): 111–119.

[6] 齐秋贞, 杨明月. 缢蛏浮游幼虫、稚贝和幼贝的生长发育 [J]. 台湾海峡, 1984 3(1): 90–99

[7] George A E, Semenkina O Y, Natalya K K. Early stage morphogenesis: an approach to problems of taxonomy, phylogeny and evolution in the Mytilidae (Mollusca: Bivalvia) [J]. Acta Zool Sinica, 2005, 51 (6): 1130–1140

[8] 闫喜武, 张国范, 杨 凤, 等. 菲律宾蛤仔莆田群体两个壳色品系生长发育的比较 [J]. 大连水产学院学报, 2005, (4): 320

[9] 吴进锋, 陈素文, 梁超愉. 西施舌人工育苗及幼虫、稚贝生长研究 [J]. 湛江海洋大学学报, 2003 23(4): 14–19

[10] 李琼珍, 童万平, 苏 琼, 等. 大懒蛤的胚胎、幼虫及稚贝的形态发育 [J]. 广西科学, 2003 10 (4): 296–299.

[11] 宋志乐, 薛永兴, 孙振兴, 等. 砂海螂 (*Mya arenaria* Linnaeus) 幼体与稚贝发育的初步研究 [J]. 烟台大学学报 (自然科学与工程版), 1993 (2): 26–34.

[12] Kovitvadhi S, Kovitvadhi U, Sawangwong P, et al. A laboratory scale recirculating aquaculture system for juveniles of freshwater pearl mussel *Hyriopsis (Limnoscapha) myersiana* (Lea, 1856) [J]. Aquaculture, 2008, (275): 169–177.

[13] 杨学芬, 龚世园, 张训蒲, 等. 绢丝丽蚌寄生变态发育的研究 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 131–134.

[14] 闻海波, 徐钢春, 华 丹. 圆背角无齿蚌寄生变态发育的初步观察 [J]. 上海水产大学学报, 2006 15(2): 252–255.

[15] 张根芳, 方爱萍, 李家乐. 淡水蚌类繁殖生物学研究进展 [J]. 水产学报, 2005, 29(4): 560–564

[16] 刘月英, 张文珍, 王耀先, 等. 中国经济动物志淡水软体动物 [M]. 北京: 科学出版社, 1979 83–85.

[17] 王 宏, 李家乐, 汪桂玲, 等. 三角帆蚌钩介幼虫

- 寄宿阶段形态变化的初步研究 [J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(4): 394–398
- [18] 王 宏, 白志毅, 李家乐, 等. 三角帆蚌胚胎在外鳃育儿囊内形态变化初步研究 [J]. 上海水产大

- 学学报, 2007, 16(3): 219–223
- [19] 白志毅, 李家乐, 杨 光. 三角帆蚌钩介幼虫发育的生物学零度和有效积温初步研究 [J]. 特产研究, 2008, 30(1): 12–14

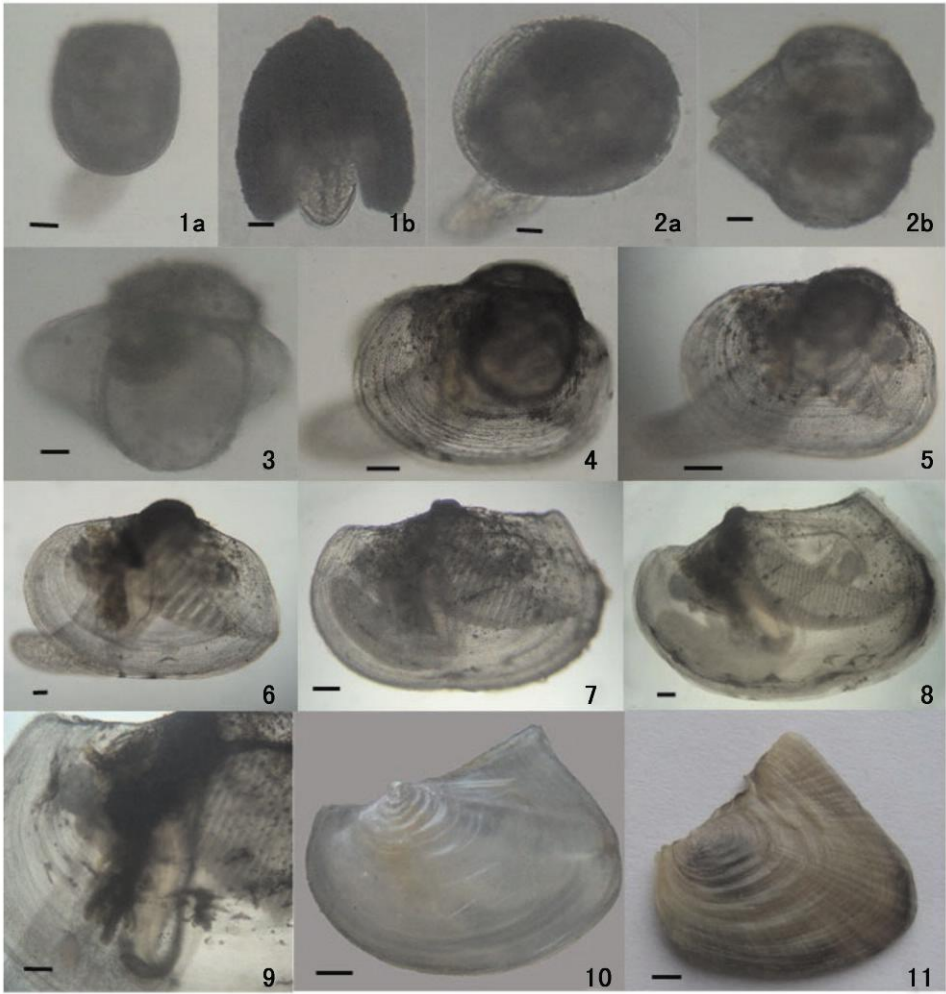
## Morphological development and growth characteristics of the juvenile of *Hyriopsis cumingii*

LIU Shi-li<sup>1</sup>, LI Jia-le<sup>1</sup>, ZHANG Gen-fang<sup>2</sup>,  
WANG Gu-rong<sup>1</sup>, BAI Zhi-yi<sup>1</sup>, PAN Bin-bin<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;  
2. Jinhua College of Profession and Technology, Jinhua 321007, China)

**Abstract** The morphological development of the juvenile of *Hyriopsis cumingii* was observed and described from the glochidia that fell off the host fish to the triangle in a hatchery at the water temperature of 26.5–32.0 °C. According to the morphological characteristics the juvenile development of *Hyriopsis cumingii* could be divided into four stages. The average shell length of newly fallen juvenile was 221.88 μm, and the sail had not been formed, so its total height was equal to shell height. The width of the shell was expanding quickly in the first four days after falling off, named as width expanding stage. From fifth to twenty-third days, the juvenile developed into umbo extruding stage, because the umbo began to extrude. There are apparent changes during this stage that the posterior shell was much longer than the anterior shell after fifteen days. On twenty-third day, the wing appeared, so the juvenile began to develop into wing forming stage. From thirty-fourth to sixtieth day, the sail gradually grew and the ratio of total height to shell height increased. The umbo was no longer the top of the juvenile and it developed into sail growth stage. On sixtieth day, the development of the juvenile stage of *Hyriopsis cumingii* had completed and entered the young stage, with similar morphological characters to those of adult. The position of the umbo represented the most apparent changes during the juvenile development of *Hyriopsis cumingii*. The relationship between total length and day age could be expressed as  $L = 329.39e^{0.059t}$  ( $r = 0.968$ ), that between total height and shell length as  $H = 0.776L - 103.36$  ( $r = 0.997$ ).

**Key words** *Hyriopsis cumingii* juvenile; morphological development; growth



图版 三角帆蚌稚蚌的形态发育

1a 0日龄稚蚌, 标尺 50 μm; 1b 0日龄稚蚌, 标尺 50 μm; 2a 3日龄稚蚌, 标尺 50 μm; 2b 3日龄稚蚌, 标尺 50 μm; 3: 5日龄稚蚌, 标尺 50 μm; 4: 10日龄稚蚌, 标尺 0.1 mm; 5: 15日龄稚蚌, 标尺 0.2 mm; 6: 22日龄稚蚌, 标尺 0.1 mm; 7: 27日龄稚蚌, 标尺 0.1 mm; 8: 34日龄稚蚌, 标尺 0.1 mm; 9: 34日龄稚蚌, 标尺 0.2 mm; 10: 45日龄稚蚌, 标尺 0.5 mm; 11: 60日龄稚蚌, 标尺 1 mm

Plate Development of the juvenile of *Hyriopsis cumingii*

1a 0 day juvenile scale bar: 50 μm; 1b 0 day juvenile scale bar: 50 μm; 2a 3 day juvenile scale bar: 50 μm; 2b 3 day juvenile scale bar: 50 μm; 3 5 day juvenile scale bar: 50 μm; 4: 10 day juvenile scale bar: 0.1 mm; 5: 15 day juvenile scale bar: 0.2 mm; 6: 22 day juvenile scale bar: 0.1 mm; 7: 27 day juvenile scale bar: 0.1 mm; 8: 34 day juvenile scale bar: 0.1 mm; 9: 34 day juvenile scale bar: 0.2 mm; 10: 45 day juvenile scale bar: 0.5 mm; 11: 60 day juvenile scale bar: 1 mm