

文章编号: 1674-5566(2014)03-0382-06

齐氏田中鲮的早期发育研究

王明星¹, 钟俊生¹, 石锅寿宽², 間瀬浩子², 上田高嘉³, 闫欣¹

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 日本观音崎自然博物馆, 横须贺 289-0813; 3. 日本宇都宫大学教育学部, 宇都宫 321-8505)

摘要: 通过对齐氏田中鲮 (*Tanakia chii*) 人工授精和培育 (22 °C 恒温环境) 阶段早期发育的观察, 描述了其仔稚鱼发育形态特征。初孵仔鱼卵黄囊饱满, 呈淡黄色, 表皮布满微突; 3 日龄仔鱼卵黄囊两侧向上突起, 尾部鳍褶延展变大; 6 日龄仔鱼眼囊发育; 8 日龄仔鱼眼囊有黑色素, 晶状体形成; 11 日龄仔鱼口形成, 脑开始发育, 体上有黑色素出现; 15 日龄仔鱼鳃沟和肛门形成, 背鳍和臀鳍的鳍基出现, 尾鳍下叶鳍条形成; 21 日龄仔鱼头与躯干分界明显, 鳔分化为前鳔和后鳔, 背部和臀部鳍条数目分别为 8 和 10 枚, 身体黑色素连接成条带状, 虽然残存有卵黄囊, 但已经开口并摄食。31-36 日龄仔鱼胸鳍呈膜状鳍褶, 腹鳍出现鳍条, 尾鳍呈深叉形。61-66 日龄稚鱼, 鳞片出现, 体中线后半部具一条黑色素带, 稚鱼出现集群游动现象。仔鱼体长的生长呈阶段性: 1-26 日龄仔鱼生长较为平缓; 26-81 日龄生长较快。综合 21 日龄仔鱼卵黄囊残留很少并开口摄食的特征, 我们推测在孵化后 21 日为自然条件下齐氏田中鲮的出蚌时间。同时, 仔鱼的感觉、摄食、呼吸和游泳器官在早期阶段快速发育。这些器官在仔鱼的早期快速发育, 使出蚌后的仔鱼在最短的时间内获得与早期生存相关的各种能力, 提高了出蚌后仔鱼的生存能力。

研究亮点: 本研究首次对齐氏田中鲮的早期发育进行了研究, 阐述了齐氏田中鲮的早期发育特征以及蚌内发育的重要性, 同时比较了鲮亚科鱼类蚌内发育的特点, 研究结果可以为该种的增殖、保护以及分类提供科学依据。

关键词: 齐氏田中鲮; 形态学观察; 早期发育
中图分类号: Q 13; S 965.1
文献标志码: A

鲮鱼类不仅具有观赏价值, 其独特的依赖河蚌的繁殖习性对探讨鱼类的适应进化也具有重要意义。而且河蚌的活动性较弱, 易受环境中的重金属或其他有机毒性物质的影响。因此, 鲮鱼类的种群数量变动也作为监测淡水环境污染的指标之一, 在国际上受到一定重视, 并开展了鲮鱼类的增殖和保护工作。然而国内外对于鲮鱼类的研究主要集中于分类和形态发育, 如对鲮亚科鱼类的分类与生物学特性研究^[1-3]、高体鲮 (*Rhodeus ocellatus*) 的咽齿发育^[4]、地理分化和形态变异的研究^[5], 早期发育方面仅见于高体鲮、峨眉鲮 (*Acheilognathus omeiensis*)^[6-7]、斜方鲮 (*Acheilognathus rhombeus*) 和细鲮

(*Rhodeus suigensis*)^[8-9]。

齐氏田中鲮 (*Tanakia chii*) 隶属于鲤科 (Cyprinidae)、田中鲮属 (*Tanakia*), 是分布于我国江苏省^[10]和台湾省的淡水水体中的小型鱼类, 其早期生活史的研究至今仍是空白, 本研究以采自台湾省的样本为研究材料, 旨在探明该种的早期发育特征, 为该种的增殖和保护提供科学依据。

1 材料与方法

本研究于 2012 年 6-8 月在日本观音崎自然博物馆进行。亲鱼为 2006 年采自台湾省台北市郊区, 饲养在 22 °C 恒温的水域, 为第六代。

收稿日期: 2013-12-31

修回日期: 2014-03-05

基金项目: 上海市重点学科水生生物学建设项目 (S0701)

作者简介: 王明星 (1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学。E-mail: wmxshou@163.com

通信作者: 钟俊生, E-mail: jszhong@shou.edu.cn

受精卵置于 22 ℃ 恒温箱内进行孵化。孵化后,1-21 日龄仔鱼,每天定时采样一次,每次采集 3 尾仔鱼;26-81 日龄仔鱼,每 5 天定时采样一次,每次采集 1 尾。样品采集后用乙醇固定。在带有目测微尺的 Olympus SZ 解剖镜下测量各日龄仔鱼体长。在 Nikon SMZ 745T 摄影显微镜下拍照。

2 结果

2.1 生长

1-26 日龄仔鱼的生长曲线拟合为对数函数,拟合系数为 0.942。即仔鱼刚孵出后,体长增长在早期较快,随后趋于平缓。26-81 日龄生长曲线拟合为一次函数,拟合系数为 0.978。即仔鱼进入出蚌发育期后,生长较快(图 1)。

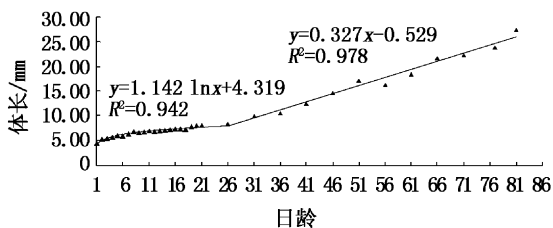


图 1 1-81 日龄仔稚鱼生长变化

Fig. 1 The growth changes from 1st to 81st day after hatching

2.2 个体发育

初孵仔鱼,平均体长为(4.58 ± 0.07) mm,肌节 21(图版-1)。卵黄囊饱满,呈淡黄色。在身体前端和大部分卵黄囊的表皮布满了微突。躯干部和尾部的鳍膜甚小,该阶段仔鱼通常静止。

3 日龄仔鱼,平均体长为(5.48 ± 0.1) mm,肌节 25(图版-2)。卵黄囊前端向前突起,两侧略向上突起。尾部变得细长,同时鳍膜延展变大。仔鱼有间歇性的蠕动现象。

6 日龄仔鱼,平均体长(5.95 ± 0.39) mm,肌节 26(图版-3)。眼囊发育呈圆形,无色素,未形成晶体。尾部鳍褶继续发育,在其上有脉络出现。

8 日龄仔鱼,平均体长(6.93 ± 0.37) mm,肌节 26(图版-4)。眼囊中出现黑色素,晶状体形成,在眼后上方出现听囊泡和耳石,在眼后下方心脏形成。卵黄囊前端突起变小,卵黄囊整体变细长,呈现淡黄色。脊索末端开始向上弯曲,尾

部鳍褶上脉络的范围变大。此时,仔鱼的运动能力增强。

11 日龄仔鱼,平均体长(7.07 ± 0.13) mm,肌节 28(图版-5)。口形成,下颌较小。脑在眼的后上方形成。卵黄囊突起的程度变得很小,身体表面仍分布有微突。在脑突附近、卵黄囊的顶部和第 8-11 肌节处的黑色素呈星芒状且分布零散。背部、臀部的鳍褶出现,尾鳍末端呈半圆形。

15 日龄仔鱼,平均体长(7.33 ± 0.17) mm,肌节 29(图版-6)。在眼后下方色素密集,鳃沟形成。鳃出现于鳃沟下部,尚未分化。身体上微突分布范围变小,仅在脑突起和卵黄囊底部出现。肛门形成,但未与外界相通。背部和臀部的鳍褶缢缩,形成鳍基,脊索末端向上弯曲大约 45°,尾鳍下叶鳍条出现,末端截形。黑色素的数量大幅增加,在脑突起、肌节、卵黄囊底部和尾鳍上均有分布。肌节上的色素主要分布在 1~22 肌节的中部及自肛门后约 9 个肌节的底部,尾鳍上色素沿鳍条的生长方向分布。

21 日龄仔鱼,平均体长(8.12 ± 0.11) mm,肌节 34(图版-7)。眼中黑色素密集,上颌略大于下颌,嗅囊形成。鳃沟被鳃盖覆住,鳃分成前鳃和后鳃。头与躯干分界明显,卵黄囊变细长。背部和臀部鳍条分别为 8 枝和 10 枝,均未分枝。腹部出现鳍褶,尾鳍中央凹陷,鳍条数目约为 16,均已分枝。肛门形成,与外界相通。黑色素数量较多,在脑部、身体的背部、卵黄囊顶部与底部以及肌节上均有分布。脑部黑色素呈圆斑状,卵黄囊底部色素呈星芒状,身体背部、肌节中部以及肛后肌节的下部黑色素连接成条带状。仔鱼能稳定地游动,但持续时间短。仔鱼的卵黄囊虽然仍存在,但仔鱼已开口进食。

31-36 日龄,仔鱼体长 10.03 ~ 10.63 mm(图版-8)。上颌和下颌的大小相近。鳃盖发育,已将鳃完全覆盖。体高与 21 日龄仔鱼相比大幅增加,脊索末端与尾下骨末端垂直。胸鳍呈膜状鳍褶,腹部鳍褶发育为有未分枝鳍条的腹鳍。背鳍和臀鳍进一步发育,由假棘与鳍条组成,分别为 ii-7 和 ii-9。尾鳍发育成为深叉形。在尾鳍、背鳍和臀鳍鳍条上均有黑色素分布。在身体背部和肌节中部之间,散布有星芒状黑色素。

61-66 日龄,平均体长 18.48 ~ 21.78 mm

(图版-9)。口下端位,体表出现鳞片,进入稚鱼期。背鳍数目:ii-9;臀鳍数目:ii-9。胸鳍发育,具9枝鳍条。身体上黑色素分布广泛,除眼后上方的黑色素呈圆斑状外,其他位置均呈星芒状。身体后半部中线具一条黑线带,尾鳍近尾柄处黑色素聚集。臀鳍上黑色素虽然较31-36日龄仔鱼多,但并未形成黑色横带。稚鱼有集群游动的现象。

3 讨论

3.1 蚌内发育的重要性

自然条件下,饥饿(或营养不良)和被捕食是影响鱼类仔稚鱼死亡和资源补充量的主要因素^[11-14]。鲚亚科鱼类特有的繁殖习性是受精卵在河蚌鳃中孵化,并度过仔鱼发育的一段时间。卵在河蚌鳃中孵化的习性,保证了胚胎在发育过程中能有充足的氧气,避免水体干涸和敌害的袭击,从而保证了仔鱼有较高成活率^[10]。但蚌鳃的空间有限,且鲚亚科鱼类在河蚌内发育期间的营养来源仅靠卵黄囊,仔鱼的早期发育中的体长增长也必定会受到限制,因此可以从体长的早期生长去推断仔鱼出蚌时间。相关研究已证实,出蚌时间因种而异,如细鳞鲚为19~20 d^[9]、朝鲜鲚(*Rhodeus uyekii*)为22~24 d^[15]。同属于田中鲚属的革条田中鲚(*Tanakia himantegus*)出蚌时间为22~24 d^[16]。从齐氏田中鲚仔鱼生长趋势图(图1)可以看出26 d前后出现拐点,因此,21~26 d可能为该种的出蚌时间。但仔鱼的早期发育也与水温有关,出蚌时间与水温的关系还有待于进一步研究。

从孵化至15日龄仔鱼,其运动模式基本上为间歇性蠕动。21日龄仔鱼开口摄食后在水体中集群游动,运动形式的变化与仔鱼的胸鳍、尾鳍、眼的发育及卵黄囊的耗尽有直接的关系,这表明了21 d可能是齐氏田中鲚的出蚌时间。宋洪建等^[17]认为该阶段运动的主要功能是保持早期仔鱼身体平衡。齐氏田中鲚卵黄囊期仔鱼的鳍褶,前连卵黄囊,后方与尾鳍相连,该结构可能与平衡身体、协调运动存在关联。

齐氏田中鲚早期发育过程中,感觉、摄食、呼吸和游泳器官按一定顺序快速发育,使出蚌后的仔鱼在最短的时间内获得与早期生存相关的各种能力,这是鲚亚科鱼类在长期进化过程中所

保留下来的发育特征。ELLIS等^[18]、KOUOUNDUROUS等^[19]和SLOMAN等^[20]也认为早期发育过程中完成以上器官的发育后,仔鱼提高了逃避敌害和主动摄食的能力,从而可以适应复杂多变的外界环境。

3.2 鲚亚科鱼类的蚌内发育特点

鲚亚科鱼类的早期发育对蚌存在着依赖性。仔鱼卵黄囊两侧的角状突起和皮肤表面存在的微突增大了早期仔鱼在河蚌鳃中运动时的阻力,可以为早期仔鱼提供一定程度的固定作用,防止仔鱼从河蚌鳃的出水口中流出。然而,早期仔鱼的这两种构造是否同时起作用虽因种而异,但发育至自由游动阶段时,这两种结构已完全消失。

高体鲚受精卵呈梨形,膜外长满丝状物,受精卵孵化后卵黄囊两侧形成角状突起,体长近7.3~7.9 mm时,角状突起变小^[6];而产自韩国的细鳞鲚的受精卵同样是近梨形,孵化后卵黄囊两侧同样形成角状突起,体长7.75~7.95 mm时仍可观察到角状突起的存在^[9]。伍献文也证实,中华鲚(*Rhodeus sinensis*)仔鱼卵黄囊同样存在角状突起^[10]。且在该3种皮肤表面还存在微突。从而可以说明鲚属鱼类仔鱼发育具有相同的特征。

峨眉鲚的受精卵则呈卵圆形,在发育过程中,仔鱼卵黄囊两侧不形成角状突起,其皮肤表面也没有微突出现^[7]。且同属的斜方鲚^[8],秋季产卵,受精卵亦呈卵圆形。虽然仔鱼卵黄囊两侧没有角状突起,但在皮肤表面却有微突存在。其原因是因为秋季产卵的鲚鱼类的受精卵要在蚌鳃内度过冬季于次年春季浮出^[8],对蚌鳃的依赖性更强。

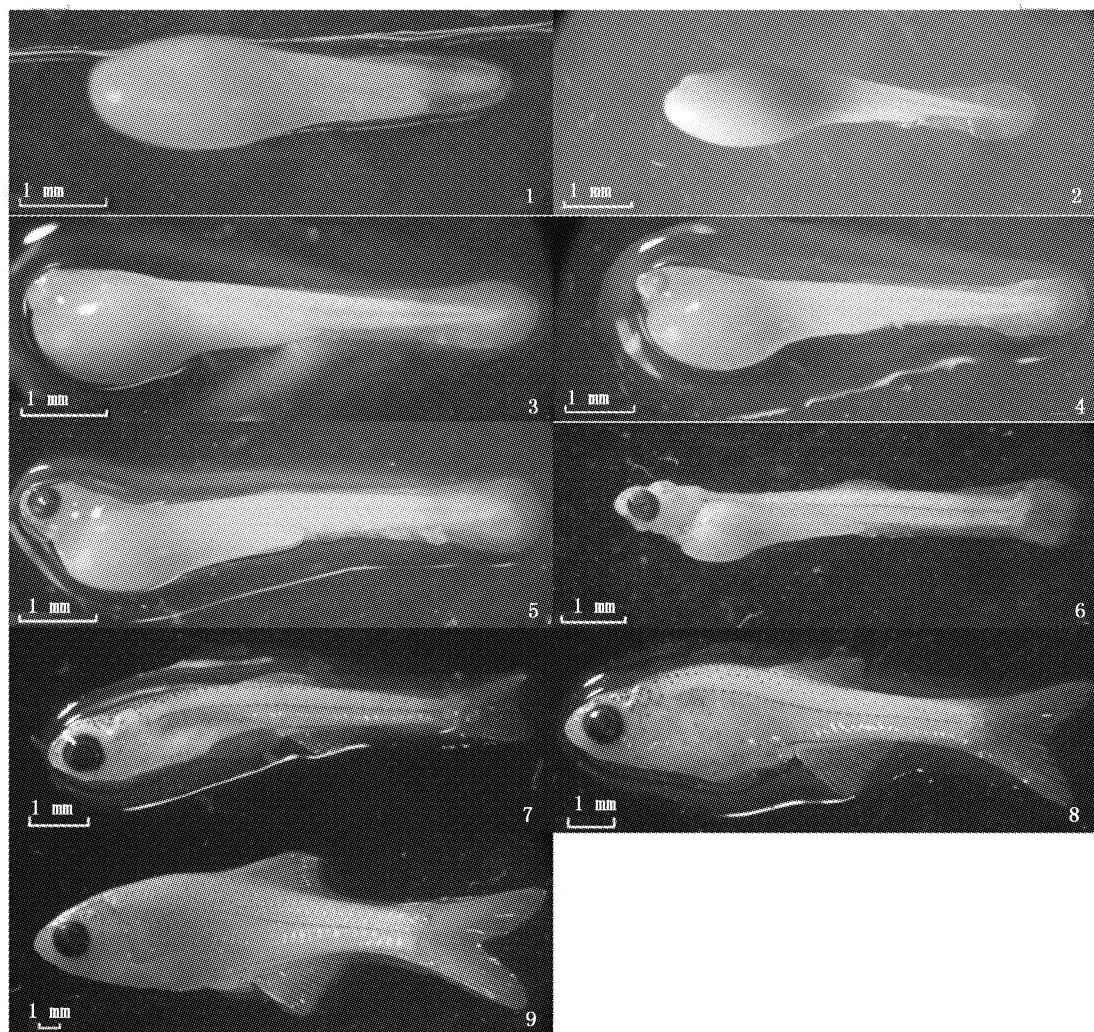
而作为田中鲚属的革条田中鲚和齐氏田中鲚,二者的早期发育特征存在着异同之处。卵黄囊两侧均形成突起,但突起程度较鲚属要小得多,在仔鱼发育期皮肤表面有微突存在。器官的发育顺序相同,背鳍和臀鳍鳍基出现,尾鳍鳍条发育完善的时间为革条田中鲚14日龄^[16-17],齐氏田中鲚15日龄。受精卵均为纺锤形。但眼中黑色素出现的时间革条田中鲚是9日龄,齐氏田中鲚是11日龄。革条田中鲚脊索末端的弯曲程度达到45°的时间是9日龄,而齐氏田中鲚是15日龄。从而说明齐氏田中鲚较革条田中鲚在感觉器官和骨骼的

发育上要略慢一些,这是否与它们生存环境的温度等变量有关还需要进一步的研究。

综上所述,鲮亚科种类在早期发育过程中,同属种类拥有共同特征,在鲮亚科的分类系统尚未完全明晰的现状下,需要意识到研究早期发育的重要性,从早期发育的特征去重新演绎该亚科的分类系统。

参考文献:

- [1] 陈校辉,倪勇,伍汉霖. 江苏省鲮属(*Rhodeus*)鱼类的研究[J]. 海洋渔业,2005,27(2):89-97.
- [2] 张慧,谢松,李丽君,等. 白洋淀中华鲮的生物学特性[J]. 河北渔业,2010,4(4):4-6.
- [3] 赵朝阳,姜彦钟,方秀珍,等. 鲮的生物学特性及观赏价值[J]. 生物学通报,2010,45(4):7-9.
- [4] 刘焕章,单乡红,陈健波. 高体鲮咽齿个体发育过程及其系统学意义[J]. 水生生物学报,2001,25(1):88-91.
- [5] 杨秀平,刘焕章,唐治军. 高体鲮(*Rhodeus ocellatus*)的形态变异及地理分化研究[J]. 湖北大学学报:自然科学版,2002,24(2):173-177.
- [6] 谢增兰,郭延蜀,胡锦涛,等. 高体鲮的生物学资料及个体发育观察[J]. 动物学杂志,2005,40(1):21-26.
- [7] 朱立辉,郭延蜀,王旭,等. 峨眉鲮的生物学资料及个体发育的观察[J]. 四川动物,2006,25(4):832-836.
- [8] SUZUKI N, JEON S. Development of the Bitterling, *Acheilognathus rhombeus* (Cyprinidae), from Korea [J]. Journal of Basic Science,1991,5(5):53-62.
- [9] SUZUKI N, JEON S. Development of egg and larvae of the Bitterling, *Rhodeus suigensis* (Cyprinidae) from Korea, with a note on minute tubercles on the skin surface [J]. Korean Journal of Limnology,1988,21(4):231-242.
- [10] 伍献文. 中国鲤科鱼类志(上卷)[M]. 上海:上海科学技术出版社,1982:199-220.
- [11] HOUDE E D. Fish early life dynamics and recruitment variability [C]. American Fisheries Society Symposium, 1987, 2:17-29.
- [12] BAILEY K M, HOUDE E D. Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem [J]. Advances in Marine Biology, 1989, 25: 1-83.
- [13] KAMLER E. Early Life History of Fish; an Energetics Approach [M]. London: Chapman and Hall, 1992:267.
- [14] IGUCHI K, MIZUNO N. Early starvation limits survival in amphidromous fishes [J]. Journal of Fish Biology, 1999, 54(4): 705-712.
- [15] SUZUKI N, AKIYAMA N, HIBIYA T. Development of the bitterling *Rhodeus uyekii* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface [J]. Japanese Journal of Ichthyology, 1985, 32(1): 28-34.
- [16] SUZUKI N, UMEZAWA K, YABE T, et al. Development of the Bitterling, *Paracheilognathus himantegus* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface [J]. Japanese Journal of Ichthyology, 1989, 36(3): 318-326.
- [17] 宋洪建,刘伟,王继隆,等. 大麻哈鱼卵黄囊期仔鱼异速生长及其生态学意义[J]. 水生生物学报,2013,37(2):329-335.
- [18] ELLIS T, HOWELL B R, HAYES J. Morphological differences between wild and hatchery-reared turbot [J]. Journal of Fish Biology, 1997, 50(5):1124-1128.
- [19] KOUMOUNDOUROS G, DIVANACH P, KENTOURI M. Ontogeny and allometric plasticity of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae) in rearing conditions [J]. Marine Biology, 1999, 135(3):561-572.
- [20] SLOMAN K A, TAYLOR A C, METCALFE N B, et al. Effects of an environmental perturbation on the social behaviour and physiological function of brown trout [J]. Animal Behaviour, 2001, 61(2): 325-333.



图版 仔稚鱼期形态图

Plate Morphological pictures of the larvae and juveniles of *Tanakia chii*

Early development of the bitterling, *Tanakia chii* (Cyprinidae)

WANG Ming-xing¹, ZHONG Jun-sheng¹, Toshihiro ISHINABE², Hiroko MASE², Takayoshi UEDA³, YAN Xin¹

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Kannonzaki Museum of Natural History, Yokosuka 289-0813, Japan; 3. Faculty of Education, Utsunomiya University, Utsunomiya 321-8505, Japan)

Abstract: The early development characteristics of *Tanakia chii* larvae and juveniles were observed on the artificially fertilized and hatched fish. Newly hatched larva contained a substantial amount of yolk, with pale yellow in color and tiny tubercles on the surface. On day 3, a pair of hilly projections of yolk expanded toward both sides of the body, and the primordial fin-fold at the caudal portion developed. Optic cups developed into circular on day 6. Lens and melanin pigments began to form on the optic cups on day 8. On day 11, the mouth formed and brain developed, and melanophores were observed on the body. On 15 days old larvae, the branchial groove and anus had developed, the base of dorsal fin and anal fin formed, and caudal fin rays formed at the lower lobe. On day 21, the boundary of the head and trunk was clear, the gas-bladder divided into anterior and posterior lobes. The numbers of the dorsal fins and anal fins were 8 and 10 respectively. Even though the larva still had partial yolk-sac left, it started to eat to replenish energy, and the larvae began free swimming since then. During day 31 to day 36, rudiments of the pectoral fin appeared as small membranes, and some rays were formed in the pelvic fin. The caudal fin changed from a truncated to a deep forked shape. In 61 - 63 days old juvenile, scales appeared on the body and a black longitudinal line appeared on the middle and latter parts of body. Since then, the fish always swam as a cohort. The growth curve of body length could divide into two stages: the growth rate was relatively slow from 1 to 21 days after hatching, and the growth rate was higher from 21 to 81 days old. We consider day 21 might be the age when *Tanakia chii* swims out of the mussels because we observed the larvae began to eat at that time. Furthermore, development of sensing organ, feeding, breathing and swimming apparatus is rapid in the early life stage of *Tanakia chii*, which may be important in providing the larvae with ability to cope with external environment and improve their survival rate after the larvae swim out the host mussel.

Key words: *Tanakia chii*; morphological observation; early development