

DOI:10.3969/j.issn.1000-7083.2011.04.002

## 赤水河四川华吸鳅的早期发育

吴金明<sup>1,2</sup>, 王芊芊<sup>1</sup>, 刘飞<sup>1,2</sup>, 刘春池<sup>1,2</sup>, 王剑伟<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:**四川华吸鳅 *Sinogastromyzon szechuanensis* 为长江上游特有鱼类。为了积累其生物学资料, 为相关的保护措施提供参考, 于 2009 年通过人工授精获得四川华吸鳅受精卵, 对其胚胎和仔鱼的发育过程进行了观察和描述。四川华吸鳅的受精卵呈浅黄色, 卵膜径较小 ( $1.85 \text{ mm} \pm 0.23 \text{ mm}$ ), 具粘性。在水温  $26.3 \sim 27.8^\circ\text{C}$  下, 胚体经历 22 h 34 min 发育成仔鱼出膜; 初孵仔鱼全长  $4.39 \text{ mm} \pm 0.21 \text{ mm}$ , 肌节 37 对; 日龄 4 d 时, 卵黄囊吸收完毕, 进入外营养期; 日龄 65 d 时, 鳞片长齐, 进入幼鱼期。整个早期发育过程历时 65 d 22 h 34 min。

**关键词:** 四川华吸鳅; 个体发育; 赤水河

中图分类号: Q959.5; Q132.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-7083(2011)04-0527-03

### Early Development of *Sinogastromyzon szechuanensis* in the Chishui River

WU Jin-ming<sup>1,2</sup>, WANG Qian-qian<sup>1</sup>, LIU Fei<sup>1,2</sup>, LIU Chun-chi<sup>1,2</sup>, WANG Jian-wei<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** *Sinogastromyzon szechuanensis*, which belonged to the cyprinoid family Homalopteridae, is endemic to the upper of the Yangtze River. Understanding its biological information was an important consideration for conservation. From June to August 2009, we continuously observed early development process of *S. szechuanensis* with artificial fertilized eggs. A total of 45 development stages, 30 embryonic and 15 postembryonic ones, had been described and photographed. The buff-colored eggs were in oval shape with membrane-viscous. The average diameter of egg membrane was  $1.85 \text{ mm} \pm 0.23 \text{ mm}$ . Under the temperature of  $26.3 \sim 27.8^\circ\text{C}$ , the first cleavage occurred 40 min after fertilization, the gastrula and muscular contraction stages began at 5 h 23 min and 13 h 39 min, respectively, hatching stage was observed at 22 h 34 min after fertilization. Newly hatched larvae were  $4.39 \text{ mm} \pm 0.21 \text{ mm}$  in average total length with 27 pairs of myomeres. Yolk exhaustion and fins differentiation stages completed at 4 d and 16 d after hatching, respectively. 65 d after hatching, the scales emerged all over the body surface and juvenile stage started. As a whole, the early development process of *S. szechuanensis* lasted 65 d 22 h 34 min.

**Key words:** *Sinogastromyzon szechuanensis*; ontogenesis; Chishui River

四川华吸鳅 *Sinogastromyzon szechuanensis* 是长江上游的特有鱼类之一, 分布于长江上游的干、支流。赤水河为长江上游右岸一级支流, 发源于云南省, 流经滇、黔、川三省, 在四川省合江县汇入长江。四川华吸鳅为赤水河中、下游的常见种(吴金明等, 2010), 种群数量亦较多。与犁头鳅 *Lepturichthys fimbriata* 同属于平鳍鳅科 Homalopteridae (乐佩琦, 2000), 但与犁头鳅的繁殖策略不同, 其受精卵具有粘性, 一般沉于水底砾石间完成早期发育过程。王芊芊(2008)曾观察过赤水河中四川华吸鳅的自然受精卵的发育, 并报道了早期发育过程, 但缺乏完整的

分期描述。本文对其胚胎与仔鱼发育过程的分期进行初步描述, 以期能为平鳍鳅科鱼类的研究和长江上游特有鱼类的保护积累资料。

### 1 材料与方法

2009年6月15日, 从赤水河中游赤水市江段收集到23尾成熟的四川华吸鳅。其中雌性18尾, 平均体长  $78 \text{ mm} \pm 6.3 \text{ mm}$ , 平均体重  $9.1 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$ ; 雄性5尾, 平均体长  $76 \text{ mm} \pm 5.1 \text{ mm}$ , 平均体重  $8.4 \text{ g} \pm 0.7 \text{ g}$ 。采用人工干法授精, 获得受精卵约800粒。受精卵置于结晶皿中培养(50粒/个), 每天换水两

收稿日期: 2010-11-28 接受日期: 2010-12-29 基金项目: 赤水河水域生态和水生生物调查(071Z13)和保护区特有鱼类监测(084106)

作者简介: 吴金明(1984~), 男, 博士研究生, 从事鱼类生态学研究, E-mail: jinming@ihb.ac.cn

\* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wangjw@ihb.ac.cn

次并测量水温,在仔鱼开口后投喂孵化的卤虫无节幼体。每次取 10 个样本在解剖镜下观察早期发育过程并拍摄照片。发育过程的分期与记录的方法参考易伯鲁等(1988)。

## 2 结果

### 2.1 卵的特性

四川华吸鳅的卵粒小,平均卵膜径为  $1.85 \text{ mm} \pm 0.23 \text{ mm}$  ( $n=50$ ),平均卵黄囊径为  $1.03 \text{ mm} \pm 0.14 \text{ mm}$  ( $n=50$ )。卵膜浅黄色,卵黄囊黄绿色。圆形,密度

大于水,具粘性,在自然条件下常粘附于河流激流砾石滩上完成胚胎发育过程。由于粘性较弱,受水流冲击后常脱离基质顺水漂流,卵表面粘附的杂质使卵膜不透明。人工授精的卵膜透光性较好,可清晰地观察胚胎发育过程。

### 2.2 胚胎发育

将受精至孵出前划分为胚胎发育阶段,四川华吸鳅共经历 30 个发育期,历时  $1093 \text{ min} \pm 136 \text{ min}$  (培养水温  $26.3 \sim 27.8^\circ\text{C}$ ),各发育期的特征见表和图版 I (封 4)。

表 四川华吸鳅的胚胎发育  
Table Embryonic development of *Sinogastromyzon szechuanensis*

发育期 Stages	距离受精时间(时:分) Time post fertilization (h:min)	主要特征 Main characteristics	图版 Plate
胚盘期	0:40	受精卵吸水后略微膨胀,卵膜与质膜间形成卵周隙,细胞质向动物极流动,卵黄向植物极流动,胚盘形成	I-1
2 细胞期	0:53	从动物极向植物极径裂,形成 2 个细胞	I-2
4 细胞期	0:06	与第一次分裂方向垂直,形成 4 个细胞	I-3
8 细胞期	1:18	与第一次分裂相同方向的两个卵裂沟分裂形成 $2 \times 4$ 排列的 8 个细胞	I-4
16 细胞期	1:30	与第二次分裂相同方向的两个卵裂沟分裂形成 $4 \times 4$ 排列的 16 个细胞	I-5
32 细胞期	1:42	经过第五次卵裂,形成 $4 \times 8$ 排列的 32 个细胞	I-6
64 细胞期	1:53	横裂,形成两层共 64 个细胞	-
128 细胞期	2:04	经过第 7 次分裂,多层细胞形成	-
桑椹期	2:23	细胞分裂不同步,细胞层逐渐隆起	I-7
囊胚早期	3:08	细胞层在卵黄上方显著隆起	-
囊胚中期	3:53	细胞层扁平,向卵黄四周扩散,隐约可见原生质网	I-8
囊胚晚期	4:43	细胞继续分裂,细胞层与卵黄囊的界限模糊,原生质网消失	I-9
原肠早期	5:23	出现胚环,胚层开始下包约 1/3	I-10
原肠中期	5:58	胚层下包 1/2 至 2/3,胚环和背唇明显	I-11
原肠晚期	6:38	胚层下包 4/5,已经有胚体雏形	I-12
神经胚期	7:07	胚层继续下包,仅剩卵黄栓外露,胚体基本形成	I-13
胚孔封闭期	7:43	胚层完全下包,卵黄栓消失,胚体延长	I-14
肌节出现期	8:11	可辨胚体头尾。胚体中部出现纵沟,隐约可见 1~3 对肌节	I-15
眼基出现期	8:57	胚体脑部隆起,头部出现长椭圆形的眼基,肌节 5 对	I-16
眼囊期	9:32	眼基扩大,较清晰,胚体围抱卵黄 4/5,肌节 8 对	I-17
嗅板期	10:12	头部可见嗅板,脊索清晰,卵黄囊略拉长,肌节 11 对	I-18
尾芽期	10:44	胚体延长,尾端突出,呈现较明显尖芽状,卵肌节 14 对	I-19
听囊期	11:27	在眼囊后方第一对肌节前方出现略呈椭圆形的听囊。卵黄囊进一步拉长,呈豆荚形,未被胚体围抱的卵黄囊部分略下凹。胚体头尾距离增大,眼囊扩大,肌节 18 对	I-20
尾泡期	11:58	胚体尾端微游离,在尾的中央出现一个小的尾泡。卵黄囊拉长,前部稍大,后部变小,肌节 21 对	I-21
尾鳍出现期	12:45	胚体的尾完全游离出卵黄囊,肌节 22 对	I-22
眼晶体形成期	13:02	眼晶体出现,但尾泡消失,肌节 23 对	-
肌肉效应期	13:39	卵黄囊拉长,前部呈梨形,后段呈长棒形,胚体开始轻微扭动,肌节 25 对	I-23
心脏原基期	14:40	卵黄囊前端出现透明的心脏原基,管状,搏动较缓慢。胚体扭动的频率加快、幅度也加大。卵黄囊前端呈圆球形,后段呈微弯曲的圆柱形,肌节 29 对	I-24
耳石出现期	16:05	胚体的听囊内出现两对耳石,眼部变圆。卵黄囊前端变小,后段变得更细长,肌节 32 对	-
心脏搏动期	18:13	肌节 35 对,眼中晶体部分开始变黑。卵黄囊前端缩小。胚体快速扭动	I-25

### 2.3 胚后发育

受精 22 h 34 min 后,仔鱼孵出,日龄 4 d 后,仔

鱼开始摄食,日龄 16 d 后各鳍分化完成,日龄 32 d 后,鳞片开始出现,日龄 65 d 后,完成早期发育过

程,进入幼鱼期。胚后发育期的主要特征如下。

**孵出期** 全长  $4.39 \text{ mm} \pm 0.21 \text{ mm}$ , 眼径  $0.11 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$ 。肌节 37 对。背鳍褶靠近身体前部,与第 3 对肌节相对。初孵仔鱼除卵黄囊前端有少许黄褐色色素外,全身透明。仔鱼尾端略呈圆形。仔鱼脑部分化完全,脑区有一个较小的空泡。卵黄囊呈长柱形,中间微有凹陷。卵黄囊前端有一个空泡,心脏位于空泡前端,呈无色椭圆状。听囊径略大于眼径。仔鱼静卧水底几乎不活动(封 4,图版 II,1)。

**胸鳍形成期** 孵出后 4 h,全长  $4.63 \text{ mm} \pm 0.12 \text{ mm}$ 。胸鳍基部位于卵黄囊上方,长度相当于 2 对肌节长,呈叶状(图版 II,2)。

**鳃丝期** 日龄 1 d。全长  $4.91 \text{ mm} \pm 0.09 \text{ mm}$ 。仔鱼鳃丝长出,鳃盖显现。口裂形成,但口尚未张开,仔鱼不时向上冲游。

**口下位期** 日龄 2 d。全长  $5.35 \text{ mm} \pm 0.28 \text{ mm}$ 。头长  $0.68 \text{ mm} \pm 0.03 \text{ mm}$ , 眼径  $0.25 \text{ mm} \pm 0.01 \text{ mm}$ 。眼内缘变黑,但眼尚未完全变黑。听囊处有少许色素。卵黄囊前端有一块明显黑色素。口裂由亚下位转变为下位。胸鳍呈椭圆形,较小,伸向体后。

**眼黑色素期** 日龄 2.5 d。全长  $5.92 \text{ mm} \pm 0.11 \text{ mm}$ 。每个脊椎骨的连接处都有黑色素分布,以卵黄囊前端色素最为明显;头顶开始出现小黑点状色素。此时仔鱼已由侧卧变为平卧,胸鳍增大呈扇形。鳃盖大,鳃丝明显,略伸出鳃盖。头呈等腰三角形。身体后部较细,卵黄囊少,呈细长柱形(图版 II,3)。

**口须出现期** 日龄 3 d。全长  $6.17 \text{ mm} \pm 0.15 \text{ mm}$ , 吻端略突出,口角边有 3 对明显须突,其中 1 对稍长,较明显,另 2 对较短(图版 II,4)。

**卵黄吸尽期** 日龄 4 d。全长  $6.34 \text{ mm} \pm 0.17 \text{ mm}$ 。卵黄囊吸尽,仔鱼转化为外源性营养(图版 II,5)。

**尾椎上翘期** 日龄 5 d。全长  $6.75 \text{ mm} \pm 0.23 \text{ mm}$ 。胸鳍较大,平铺状。有口须 4 对,其中 1 对很长,尾椎已上翘,但背鳍分化并不明显,出现鳔的雏形(图版 II,6)。

**鳔一室期** 日龄 5.5 d。全长  $7.15 \text{ mm} \pm 0.39 \text{ mm}$ 。鳔充气,但极小,位于围心腔后端,从顶面观鳔的形状为哑铃形,分成左右两室(图版 II,7)。

**背鳍分化期** 日龄 7 d。全长  $7.36 \text{ mm} \pm 0.65 \text{ mm}$ 。背鳍褶仍然较宽,前部开始出现凹陷。臀鳍开始出现鳍条 1~2 根(图版 II,8)。

**腹鳍芽出现期** 日龄 9 d。全长  $8.33 \text{ mm} \pm 0.47 \text{ mm}$ 。除口须外,上下颌唇边开始长出流苏状须突,颌须上亦有许多锥状突。臀鳍褶出现臀鳍条 4 根。后室鳔较前室单侧鳔稍大,椭圆形。背鳍褶的中部开始出现背鳍条 1~2 根。仔鱼头顶出现点状黑色素,尾椎处有少许黑色素。

**背鳍形成期** 日龄 11 d。全长  $9.22 \text{ mm} \pm 0.67 \text{ mm}$ 。仔鱼头部嗅囊后有 6~8 个圆点状黑色素形成一小块色素斑,眼后有许多圆点状黑色素集中形成一块明显的三角形色素斑。听囊下方也有少许颜色较浅的黑色素。背鳍上出现 5~7 根背鳍条,臀鳍条 6 根,出现 3~5 根腹鳍条。背鳍已和背鳍褶分离,背鳍褶和臀鳍褶变窄(图版 II,9)。

**腹鳍形成期** 日龄 16 d。全长  $11.89 \text{ mm} \pm 1.11 \text{ mm}$ 。最长颌须未超过眼后缘。头部及身体都呈桔红色,身体开始变得不透明;头部色素点略减少,尾柄基部有一块较浅的黑色素。背鳍条 12 根,臀鳍条 8~9 根,胸鳍条 21 根。胸鳍呈圆盘状,较大,平铺。腹鳍鳍条基本长全,背鳍褶尚未完全消退。尾截形,边缘微内凹。仔鱼基本只在容器底部活动,且活动量小,除摄食外几乎不动(图版 II,10)。

**鳞片出现期** 日龄 32 d。全长  $15.32 \text{ mm} \pm 1.09 \text{ mm}$ 。仔鱼头部变得更扁平,身体依然呈桔红色,头顶色素为三角形黑色素斑,体背出现 3~4 个间隔的浅色黑色素圆斑。体侧开始长出鳞片,鳍条基本长全,腹鳍仍然分离未愈合吸盘,体型接近成鱼。

**幼鱼期** 日龄 65 d。全长  $31.40 \text{ mm} \pm 2.33 \text{ mm}$ 。体色黄褐,头背部有不规则斑纹,体背部有 5~6 个间隔的浅黑色横条斑,尾鳍上有一个黑色条带。鳞片已长全,腹鳍愈合吸盘状。头部扁平而宽,身体越往后越细,体型从整体上看较宽短。鼻孔与眼距离极近,鼻瓣较明显。胸鳍条 26 根。肛门位于腹鳍与臀鳍中部稍靠前的位置,为腹鳍所覆盖,尾鳍凹形,分叉不深。形态上与成鱼完全一样(图版 II,11)。

### 3 讨论

四川华吸鳅和犁头鳅同属平鳍鳅科,两者在早期发育过程中的趋同性主要表现在:(1)初孵仔鱼形态相似,两种仔鱼的背鳍褶均靠近头部,与第 3 对肌节相对,眼径小,眼径均在全长的 1/30 以下;(2)身

(下转第 536 页)

- Groves CP, Wang YX, Grubb P. 1995. Taxonomy of Musk-Deer, Genus *Moschus* (*Moschidae*, *Mammalia*) [J]. *Acta Theriol Sin*, 15: 181 ~ 197.
- Guha S, Goyal SP, Kashyap VK. 2007. Molecular phylogeny of musk deer: A genomic view with mitochondrial 16S rRNA and cytochrome b gene [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 42: 585 ~ 597.
- Guindon S, Gascuel O. 2003. A simple, fast, and accurate algorithm to estimate large phylogenies by maximum likelihood [J]. *Systematic Biology*, 52: 696 ~ 704.
- Hassanin A, Douzery E. 2003. Molecular and morphological phylogenies of Ruminantia and the alternative position of the Moschidae [J]. *Systematic Biol*, 52: 206 ~ 228.
- Mathee CA, Burzlaff JD, Taylor JF, et al. 2001. Mining the Mammalian Genome for Artiodactyl Systematics [J]. *Syst Biol*, 50(3): 367 ~ 390.
- O'Leary MA, Gatesy J. 2008. Impact of increased character sampling on the phylogeny of Cetartiodactyla (Mammalia): combined analysis including fossils [J]. *Cladistics*, 24: 397 ~ 442.
- Peng HY, Liu SC, ZB, et al. 2009. The complete mitochondrial genome and phylogenetic analysis of forest musk deer (*Moschus berezovskii*) [J]. *J Nat Hist*, 43(19-20): 1119 ~ 1127.
- Posada D, Crandall KA. 1998. Modeltest: testing the model of DNA substitution [J]. *Bioinformatics*, 14: 817 ~ 818.
- Ronquist F, Huelsenbeck JP. 2003. MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models [J]. *Bioinformatics*, 1: 1572 ~ 1574.
- Su B, Wang YX, Lan H, et al. 1999. Phylogenetic study of complete cytochrome b genes in musk deer (genus *Moschus*) using museum samples [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 7(12): 241 ~ 249.
- Su B, Wang YX, Wang QS. 2001. Mitochondrial DNA Sequences Imply Anhui Musk Deer a Valid Species in Genus *Moschus* [J]. *Zoological Research*, 22: 169 ~ 173.
- Swofford DL. 2002. PAUP\*: Phylogenetic analysis using parsimony (and other methods) [J/OL]. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Tamura K, Dudley J, Nei M, et al. 2007. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) Software Version 4.0 [J]. *Mol Biol Evol*, 24: 1596 ~ 1599.
- Thompson JD, Gibson TJ, Plewniak F, et al. 1997. The Clustal X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools [J]. *Nucleic Acids Res*, 25: 4876 ~ 4882.

(上接第 529 页)

体色素分布相似。初孵仔鱼的体部均无明显色素, 晚期仔鱼在头顶均呈现三角形的色素斑块; (3) 适应底栖生活的器官的形成过程与时间相似。口裂形成后均从亚下位发育为下位, 孵出后不久即出现颌须, 鳃小且均呈哑铃形, 胸鳍发育速度快, 在卵黄吸尽前均已发育成大的扇形; (4) 在发育过程中, 仔鱼运动方式相似, 两种仔鱼一般都栖息于容器底或容器壁, 游动时多扇动宽大的胸鳍并左右摆动尾部协助运动。但是四川华吸鳅的繁殖特性和早期发育过程与犁头鳅也存在一定的差异, 这些差异主要表现在: (1) 卵粒性质不同。四川华吸鳅的卵为粘性, 卵膜径平均为 1.85 mm, 而犁头鳅的卵是典型的漂流性卵, 卵吸水膨胀后, 平均卵膜径达 5.34 mm; (2) 初孵仔鱼长度不同。四川华吸鳅的初孵仔鱼体长仅 4.5 mm 左右, 而犁头鳅的初孵仔鱼体长可达 6.5 mm; (3) 初孵仔鱼肌节数量不同。四川华吸鳅为 37 对, 而犁头鳅为 39 对; (4) 幼鱼期尾柄形态差异明显。四川华吸鳅在全长约 30 mm 时尾柄长不超过尾柄高的 2 倍; 而相同长度的犁头鳅的尾柄长超过尾柄

高的 10 倍(李恒德, 1965; 熊玉宇等, 2008)。

从总体上来看, 四川华吸鳅和犁头鳅在早期发育过程中的趋同性体现了这两个物种在系统发育中的亲缘性, 而趋异性则反映了物种处于不同的生活环境时所采取的不同繁殖对策。

#### 4 参考文献

- 乐佩琦. 2000. 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷) [M]. 北京: 科学出版社: 552 ~ 554.
- 李恒德. 1965. 金沙江贡氏犁头鳅的繁殖和胚后发育的观察 [J]. *动物学杂志*, (2): 79 ~ 83.
- 王芊芊. 2008. 赤水河鱼类早期资源调查及九种鱼类早期发育的研究 [D]. 华中师范大学硕士学位论文, 武汉: 33 ~ 36.
- 吴金明, 赵海涛, 苗志国, 等. 2010. 赤水河鱼类资源的现状与保护 [J]. *生物多样性*, 18(2): 162 ~ 168.
- 熊玉宇, 乔晔, 刘焕章, 等. 2008. 犁头鳅早期发育 [J]. *水生生物学报*, 32(3): 424 ~ 433.
- 易伯鲁, 余志堂, 梁秩燊. 1988. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼 [M]. 武汉: 湖北科学技术出版社: 113 ~ 116.