

DOI:10.19663/j.issn2095-9869.20190627001

http://www.yykxjz.cn/

王亚利, 刘玥, 田佳佳, 尹敏, 蔡瑞钰, 王志坚. 四川华鳊仔稚鱼生长与形态发育研究. 渔业科学进展, 2020, 41(4): 58–67
Wang YL, Liu Y, Tian JJ, Yin M, Cai RY, Wang ZJ. Growth and morphological development of larval and juvenile *Sinibrama taeniatus*. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(4): 58–67

四川华鳊仔稚鱼生长与形态发育研究

王亚利 刘玥 田佳佳 尹敏 蔡瑞钰 王志坚^①

(西南大学生命科学学院 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室

水产科学重庆市重点实验室 重庆 400715)

摘要 为积累四川华鳊(*Sinibrama taeniatus*)的发育生物学资料和完善苗种培育技术,本研究使用显微数码拍摄系统对四川华鳊仔稚鱼的外部形态与内部结构特征进行观察。结果显示,在水温为(25.0±0.5)℃条件下,四川华鳊初孵仔鱼全长为(4.54±0.04) mm,卵黄囊前部呈椭圆,后部呈棒状,体积为(0.26±0.01) mm³。卵黄囊期仔鱼从初孵到卵黄吸收完全为止,历时8 d,全长特定生长率(SGR_L)为5.99%。仔鱼出膜后3 d开始摄食,混合营养期为5 d,卵黄囊体积(V)与日龄(D)的关系: $V = -0.0049 D^3 + 0.0369 D^2 - 0.1333 D + 0.2583 (R^2 = 0.9947)$ 。晚期仔鱼从卵黄囊消失到鳞片出现,历时25 d, SGR_L为2.16%。稚鱼期从鳞片开始出现到鳞片完整,历时53 d, SGR_L为0.90%。整个仔稚鱼阶段全长(TL)和日龄(D)的相关方程为: $TL = -7 \times 10^{-7} D^3 - 0.0011 D^2 + 0.2820 D + 4.7083 (R^2 = 0.9957)$ 。

关键词 四川华鳊; 仔稚鱼; 生长; 形态发育

中图分类号 Q133 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2019)04-0058-10

四川华鳊(*Sinibrama taeniatus*), 隶属鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鲃亚科(Cultrinae)、华鳊属(*Sinibrama*), 分布于岷江、青衣江、大渡河以及嘉陵江等流域, 是长江上游特有鱼类(谢仲桂等, 2003a)。四川华鳊, 俗称墨线鱼, 主要以浮游动物为食, 为长江上游珍稀特有小型经济鱼类。近年来, 随着人类活动的加剧, 渔民过度捕捞、三峡大坝的建设等对长江上游鱼类带来了显著影响(骆辉煌等, 2014)。目前, 危起伟等(2012)调查发现, 四川华鳊栖息面积减少, 种群规模缩小, 资源状况令人堪忧。鱼类早期生活史的研究, 是鱼类自然资源繁殖保护和养殖业苗种培育的基础(殷名称, 1991)。目前, 有关四川华鳊的研究和报道较少, 仅涉及分类学(丁瑞华, 1994; 谢仲桂等, 2003b)、繁殖生物学(李斌等, 2015; 尹敏等,

2019a、b)、年龄与生长(解崇友等, 2016)、线粒体基因(Li *et al*, 2016)以及华鳊属(黄燕, 2014)相关研究, 而关于四川华鳊的仔稚鱼生长与形态发育的研究还未见报道。本文对四川华鳊的早期生长和形态发育进行研究, 旨在为四川华鳊的发育生物学和完善苗种培育技术奠定理论基础, 为实现四川华鳊野生资源恢复提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 受精卵来源

2017年5月在岷江水域采集四川华鳊亲鱼, 饲养于实验室大棚循环过滤水的网箱(长×宽×高, 3.0 m×1.0 m×1.5 m)中, 自然光照, 氧气充足, 水温

* 农业农村部财政专项: 长江渔业资源与环境调查(CJDC-2017-12)和重庆市社会事业与民生保障科技创新专项(重点研发项目)(cstc2017shms-zdyf0201)共同资助 [This work was supported by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of P. R. China (CJDC-2017-12), and Social Undertaking and People's Livelihood Guarantee Science and Technology Innovation Fund (cstc2017shms-zdyf0201)]. 王亚利, E-mail: 13647682962@163.com

① 通讯作者: 王志坚, 教授, E-mail: wangzj1969@126.com

收稿日期: 2019-06-27, 收修改稿日期: 2019-07-23

为 16℃~25℃。2018 年 6 月初选择性状良好的亲鱼(雌、雄亲鱼性成熟 1 年以上, 全长为 9.5~14.5 cm, 体重为 7.0~25.0 g)作为催产对象, 使用绒毛膜促性腺激素(HCG)16 IU/g 和促黄体素释放激素(A2)0.08 μg/g 对雌性亲鱼催产, 雄鱼剂量减半。注射结束后, 将雌鱼和雄鱼混养, 水温为 25℃左右。10 h 后, 人工授精获取受精卵。

1.2 受精卵孵化和仔稚鱼管理

受精卵在自制绢网孵化框(长×宽×高, 64 cm×36 cm×6 cm)中孵化, 及时剔除死亡胚胎。全部出膜后, 第 3 天选取正常的初孵仔鱼 180 尾, 随机平均分配到 6 个 1 L 的大烧杯中(N=30)。整个孵化及养殖过程水温用加热棒控制在(25.0±0.5)℃, 保证溶解氧(DO)>7.0 mg/L, 光暗周期 14 L: 10 D, 养殖密度随着仔鱼的生长及取材的消耗而改变。仔鱼开口后, 分别在 09:00 和 18:00 各饱食投喂 1 次丰年虫(*Artemia salina*)无节幼体, 之后根据口裂大小逐渐使用升索鱼苗专用微粒配合饲料(粒径为 13~18 mm)代替, 投喂 30 min 后, 吸去粪便和残饵并换水 1/3。

1.3 实验方法

在体视显微镜(Nikon SMZ25, 日本)下观察并用配套拍摄系统拍照、记录四川华鲃整个仔稚鱼发育过程, 主要包括卵黄囊、体色、鳍、鳃、肠道盘曲回数、鳞片等, 整个仔稚鱼发育的观察过程描述均基于活体状态, 以 50%以上的观察个体出现阶段性特征时作为该发育阶段的起始时间, 鳞片发育完整时结束实验。每次观察随机选取每个烧杯中的 2 尾, 若有新的形态特征出现, 用 Bouin 氏液固定标本 6 尾以备复查。

1.4 仔稚鱼阶段划分

初孵仔鱼后期的发育阶段划分参考殷名称(1991)对鱼类早期生活史阶段的划分标准, 仔稚鱼发育阶段划分参考有关文献(方展强等, 2006; 李文静等, 2005; 肖真明等, 2008; Gisbert, 1999), 以发育日龄为单位描述每日的形态结构变化(宋炜等, 2012; 左鹏翔等, 2015; Olaniyi *et al.*, 2014)。

1.5 数据处理

使用 Image J 图像分析软件测量相关数据, 采用 Excel 2010、SPSS 22.0 软件对数据进行统计分析, 用 Photo Shop CS6、Power Point 2010 软件对图片进行处理。所有统计值均以平均值±标准误(Mean±SE)表示。卵黄囊体积(mm³)计算公式为 $V=\pi Rr^2/6$ (R 为卵黄囊长径, r 为卵黄囊短径); 其他参数计算公式:

全长特定生长率(Specific growth rate in total length, SGR_L, %)=(ln L_{T2} -ln L_{T1})/(t_2-t_1)×100%

式中, t_1 、 t_2 为日龄; L_{T1} 、 L_{T2} 分别为 t_1 、 t_2 时的全长。

2 结果

2.1 仔稚鱼的生长与发育

根据四川华鲃仔稚鱼的外部形态变化和器官形成, 将仔稚鱼分为卵黄囊期仔鱼、晚期仔鱼和稚鱼 3 个阶段。

2.1.1 卵黄囊期仔鱼 卵黄囊期仔鱼从初孵到卵黄吸收完全为止, 共历时 8 d。

初孵仔鱼无色透明, 全长为(4.54±0.04) mm, 肌节 36~37 对。卵黄囊较大, 前部为椭圆状, 后部为棒状, 体积为(0.26±0.01) mm³。心脏跳动明显, 位于卵黄囊前方, 血液红色。眼无黑色素沉积, 耳囊清晰可见, 位于眼后方, 鳃弧清晰, 鳃出现。胸鳍原基三角形, 末端尚未游离, 背鳍褶、腹鳍褶与臀鳍褶明显, 尾柄处鳍褶凹陷, 尾呈圆形。消化管尚未贯通, 肛凹明显。初孵仔鱼喜聚集在一起, 侧卧于水底。

1 日龄仔鱼: 全长为(4.98±0.07) mm, 肛前长为(3.13±0.06) mm, 肌节 37~38 对。卵黄囊前部明显变小, 与头部之间夹角明显大于 90°, 此时, 卵黄囊前后端的大小相差不大, 整个卵黄囊呈长棒状, 体积为(0.15±0.01) mm³。心脏位于卵黄囊前下方, 心房、心室清晰可见, 心率为 143~150 次/min, 肌节间血液循环明显。口凹形成, 但上下颌未分离。晶状体开始出现黑色素, 耳囊内 2 个耳石清晰可见, 前小后大。胸鳍末端渐渐游离, 呈扇状。鳃原基中央出现一空腔。尾鳍上分化出辐射状鳍条原基, 尾索平直。少量星芒状黑色素散布在卵黄囊和腹鳍褶上, 仔鱼仍侧卧于水底, 偶尔摆动尾部在底部颤动, 尚不具备游动能力(图版 I-1)。

2 日龄仔鱼: 全长为(5.39±0.06) mm, 肛前长为(3.30±0.05) mm, 卵黄囊体积为(0.11±0.01) mm³。口凹增大, 此时为下位口, 上下颌分离, 微弱的闭合。晶状体黑色素增多, 眼囊黄色素开始沉积。鳃部出现 4 条鳃弓, 鳃弓上出现数个指状突起, 即鳃丝, 血液流经此处, 整个鳃部呈微红色。鳃开始充气, 黑色素开始沉积于此, 呈长椭圆状。胸鳍末端完全游离, 可见骨质鳍条雏形。卵黄囊上的黑色素开始增多, 卵黄囊前端可见颗粒状脂肪, 其背端开始出现一团糜状物。卵黄囊前端出现一黄色的小细胞团, 为胆囊。近头端的消化道开始膨大, 略呈淡黄色。个别仔鱼通过尾部的摆动, 往水面上窜, 大部分能在水底平游(图版 I-2)。

3 日龄仔鱼: 全长为(5.53±0.09) mm, 肛前长为(3.37±0.06) mm, 卵黄囊体积为(0.050±0.004) mm³(后部细管状体积忽略不计), 黑色素沉积较多。鳃盖开始节律性的张闭。鳃腔体积增大, 鳃表面布满黑色素细胞。仔鱼开始摄食, 此时, 进入混合营养期, 口开始自由张闭, 消化道各部分开始分化, 胃扩大弯曲, 肠道前中部呈平缓的“S”型弯曲, 后部平直, 出现低平的黏膜褶皱, 通过肠道缓慢蠕动, 辅助消化吸收, 肛门连通, 可见粪便从肛门排出(图版 I -3)。

4 日龄仔鱼: 全长为(5.49±0.11) mm, 肛前长为(3.39±0.07) mm, 肌节 38~39 对, 整个卵黄囊呈细管状, 卵黄囊体积为 0.0007 mm³(后部细管状体积忽略不计), 心率为 177~191 次/min。鳃腔明显增大, 呈椭圆状。鳃背面有一根血管清晰可见, 与头部连接环绕着鳃; 消化道前部肠道中出现锯齿状的凸起, 摄食能力增强。体侧黑色素增多, 仔鱼可平游(图版 I -4)。

5 日龄仔鱼: 全长为(5.92±0.09) mm, 肛前长为(3.66±0.06) mm。卵黄囊前端仅有少量剩余, 后端几乎被消耗完。可见肝胰脏两叶, 肠道内的指状黏膜褶皱明显, 消化管体积增大。尾椎骨微微上翘, 可见 3~4 根骨质鳍条(图版 I -5)。

7 日龄仔鱼: 全长为(7.15±0.03) mm, 肛前长为(4.38±0.02) mm。端位口, 头顶部黄色素开始沉积, 眼球突出, 心脏处可见动脉圆锥、心室、心房结构。背鳍褶剩余较少, 背鳍原基初现, 呈三角形微凸。尾椎骨上翘明显, 尾椎骨下方骨质鳍条 17~19 根。仔鱼以脊柱为中心, 左右两侧黑色素均匀分布, 其头部和尾部的黑色素比较集中。仔鱼运动能力加强, 可四处游动, 反应灵敏(图版 I -6)。

8 日龄仔鱼: 全长为(7.33±0.10) mm, 肛前长为(4.49±0.06) mm。卵黄囊完全消失。头部黄色素增多。上唇角质化为双层, 鼻孔明显, 位于眼前缘上方。臀鳍原基出现, 呈斜三角形(图版 I -7)。

2.1.2 晚期仔鱼 晚期仔鱼卵黄吸尽后, 完全依靠外源物质获取能量到鳞片开始出现, 共历时 25 d。

10 日龄仔鱼: 全长为(7.58±0.28) mm, 肛前长为(4.53±0.16) mm。鳃前室锥形出现, 脑的形态清晰可见。臀鳍骨质鳍条 7~9 根, 位于褶皱前端, 呈前长后短的斜三角状。肠道上方可见头肾, 呈一膨大的小球形。背鳍半椭圆形, 鳍条 6 根, 与背鳍褶皱分离开来。臀鳍原基出现 10 根骨质鳍条, 呈三角状, 与臀鳍褶相连, 尚未分离。尾鳍褶几乎完全消失, 出现 21 根鳍条(图版 I -8)。

13 日龄仔鱼: 全长为(8.05±0.24) mm, 肛前长为(4.78±0.12) mm。上颌角质化程度较高, 唇变厚。眼

后方与耳石交接处黄色素细胞分布较多。鳃 2 室, 均有黑色素沉积, 前室鳃已充气, 约为后室鳃体积的 1/6, 脾位于 2 鳃连接处正下方。鱼体脊柱两侧黑色素加深。尾鳍中央开始内凹(图版 I -9)。

14 日龄仔鱼: 全长为(8.30±0.23) mm, 肛前长为(4.93±0.12) mm。背鳍形成, 与背鳍褶分离。臀鳍骨质鳍条 10 根。鳃下方有一团球状的泡状物, 解剖后发现有脂肪颗粒(图版 I -10)。

16 日龄仔鱼: 全长为(8.70±0.17) mm, 肛前长为(5.07±0.08) mm。眼囊内侧偏黄, 外侧有一圈黑色堆积。臀鳍条 12~13 根, 背鳍条 9 根, 尾鳍条 23 根, 腹鳍原基出现。鳃前室为棒状, 后室为椭圆, 体积约为后室的 1/3(图版 I -11)。

19 日龄仔鱼: 全长为(9.02±0.06) mm, 肛前长为(5.20±0.04) mm。头部黑色素沉积, 呈树枝状, 鳃盖上黑色素呈块状分布。腹鳍原基出现鳍条, 肠道“S”型幅度变大(图版 I -12)。

21 日龄仔鱼: 全长为(10.36±0.12) mm, 肛前长为(5.72±0.03) mm。头顶部大量的黄色素沉积, 胸鳍鳍条 7~8 根。前室鳃体积约为后室鳃的 1/2。肌节为 30~40 对, 由“V”形变为“W”形。尾鳍内凹程度增大, 尾部呈叉形(图版 I -13)。

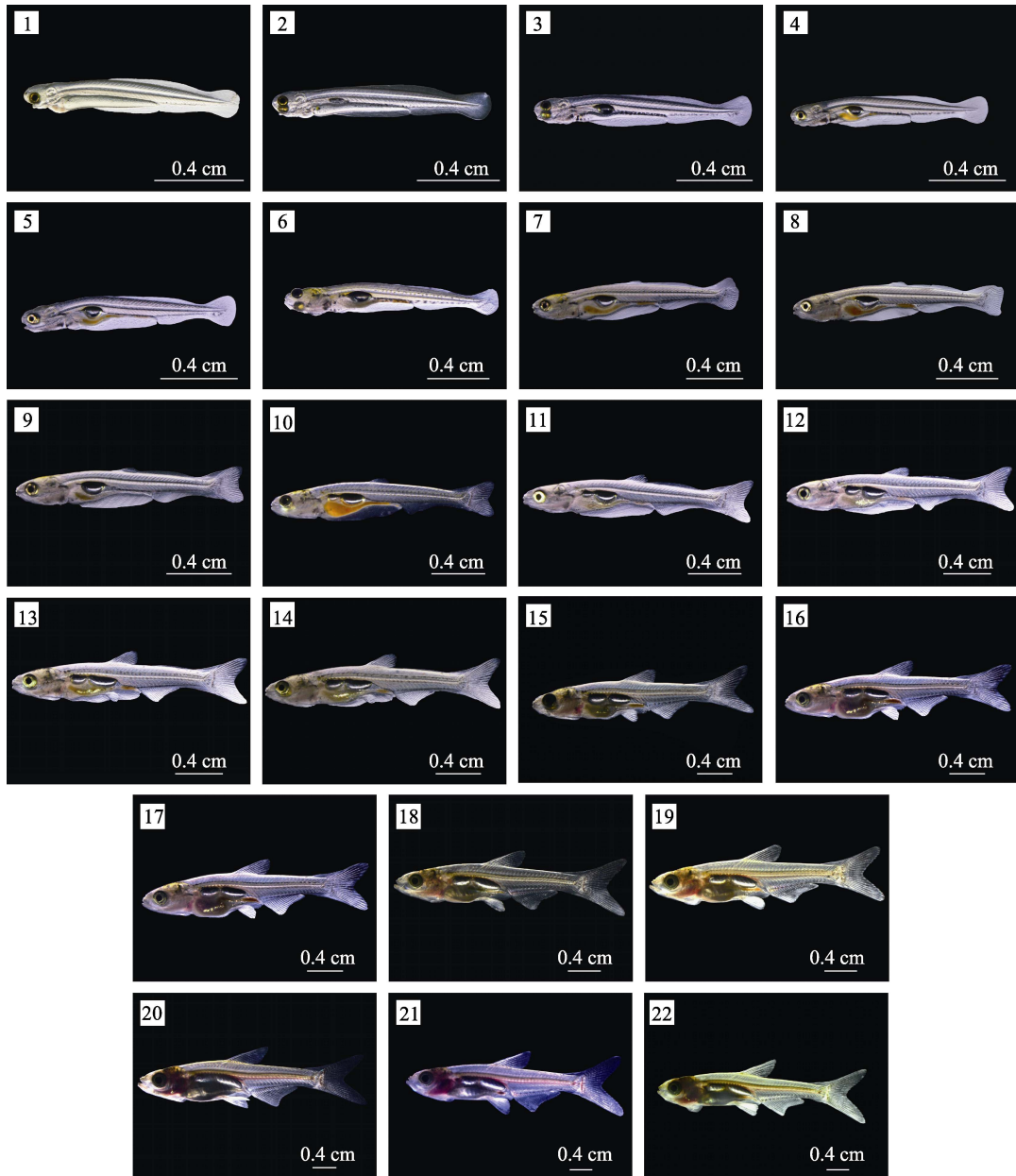
24 日龄仔鱼: 全长为(11.16±0.18) mm, 肛前长为(6.04±0.06) mm。鼻瓣清晰可见, 鳃盖边缘汇集黑色素, 心脏刚好被遮盖住。腹鳍褶宽为初始的 1/3, 背鳍褶和臀鳍褶完全消失(图版 I -14)。

28 日龄仔鱼: 全长为(11.98±0.32) mm, 肛前长为(6.24±0.11) mm。耳囊内黄色素开始沉积, 耳石结构部分被遮盖。肠道开始回折弯曲, 摄食量增大, 肠道蠕动加快。背鳍条 10 根, 腹鳍条 8 根, 臀鳍条 23 根, 尾鳍条 28 根。体黑色素主要分布在头部、体侧线、脊柱以及尾基部(图版 I -15)。

33 日龄仔鱼: 全长为(12.47±0.52) mm, 肛前长为(6.36±0.24) mm。鱼体背部开始出现鳞片, 刚形成的鳞片软而不规则, 似钝圆形。此时, 耳囊内前半规管已形成, 鳃下方脂肪团体积增大(图版 I -16)。

2.1.3 稚鱼期 稚鱼期从鳞片开始出现到鳞片长齐, 共历时 53 d。

36 日龄稚鱼: 全长为(12.81±0.17) mm, 肛前长为(6.57±0.07) mm。脑部发达, 器官逐渐完善。头肾明显, 呈淡黄色, 心脏及鳃大动脉的血液循环至此, 与背大动脉相连。肝胰脏上分布着密集的血管。背鳍、尾鳍条上开始分节, 胸鳍条 13 根, 背鳍条 10 根, 臀鳍条 22 根, 腹鳍条 10 根, 尾鳍条 29~30 根, 各鳍发育完全, 与成鱼一致(图版 I -17)。解剖可见胆囊位于肠道腹面, 圆球形, 黄绿色。



图版 I 四川华鲃仔稚鱼发育

Plate I Development of *S. taeniatus* larvae and juveniles

1: 1 日龄仔鱼; 2: 2 日龄仔鱼; 3: 3 日龄仔鱼; 4: 4 日龄仔鱼; 5: 5 日龄仔鱼; 6: 7 日龄仔鱼; 7: 8 日龄仔鱼; 8: 10 日龄仔鱼; 9: 13 日龄仔鱼; 10: 14 日龄仔鱼; 11: 16 日龄仔鱼; 12: 19 日龄仔鱼; 13: 21 日龄仔鱼; 14: 24 日龄仔鱼; 15: 28 日龄仔鱼; 16: 33 日龄仔鱼; 17: 36 日龄稚鱼; 18: 42 日龄稚鱼; 19: 59 日龄稚鱼; 20: 64 日龄稚鱼; 21: 76 日龄稚鱼; 22: 86 日龄稚鱼

1: 1st day after hatching; 2: 2nd day after hatching; 3: 3rd day after hatching; 4: 4th day after hatching; 5: 5th day after hatching; 6: 7th day after hatching; 7: 8th day after hatching; 8: 10th day after hatching; 9: 13th day after hatching; 10: 14th day after hatching; 11: 16th day after hatching; 12: 19th day after hatching; 13: 21th day after hatching; 14: 24th day after hatching; 15: 28th day after hatching; 16: 33th day after hatching; 17: 36th day after hatching; 18: 42th day after hatching; 19: 59th day after hatching; 20: 64th day after hatching; 21: 76th day after hatching; 22: 86th day after hatching

42 日龄稚鱼: 全长为(15.06±0.57) mm, 肛前长为(7.60±0.24) mm。鳃部 4 条鳃弓仍清晰可见。肠道形成 2 个回曲。腹鳍褶基本上消失, 仅残存肛门前端少

许。鳞片逐渐向背部和腹面生长(图版 I -18)。

59 日龄稚鱼: 体重为 0.07 g, 全长为(17.01±0.36) mm, 肛前长为(8.53±0.15) mm。腹部黑色素沉

积,不再透明,肉眼已无法观察到肠道的回折,解剖观察肠道仅盘曲2回。脑部和尾鳍基部点状色素堆积比较明显。侧线及其下方鳞片逐渐增多,各鳍条均出现分节(图版 I -19)。

64日龄稚鱼:全长为(18.03±0.65) mm,肛前长为(8.88±0.29) mm。体色淡黄,但色素比之前深,头部黄色素和黑色素堆积在一起。腹鳍褶完全消失,各鳍条分节明显。尾鳍分叉凹入整个尾鳍长的1/2(图版 I -20)。

76日龄稚鱼:体重为0.10 g,全长为(19.23±0.63) mm,肛前长为(9.39±0.27) mm,尾柄两侧开始出现鳞片。鳔下方的脂肪颗粒遍布整个腹部至肛门(图版 I -21)。

86日龄稚鱼:体重为0.11 g,全长为(20.07±0.42) mm,肛前长为(9.72±0.22) mm,肠长为13.50 mm。鳞被完整,头部、背部、各鳍基部及尾柄均有黑色素聚集,躯体颜色变深且透明度降低。个体发育由此进

入幼鱼阶段(图版 I -22)。

2.2 仔稚鱼的生长模型

参照 $TL=aD^3+bD^2+cD+d$ 方程式(Benoit *et al.*, 2000)(式中,TL为全长,D为日龄),统计出膜后86 d仔稚鱼的全长(表1),对鱼体的全长和日龄进行回归分析,建立仔稚鱼生长模型为: $TL=-7 \times 10^{-7} D^3-0.0011 D^2+0.2820 D+4.7083(R^2=0.9957)$ 。图1为四川华鲮的仔稚鱼全长随日龄的变化曲线。

2.3 卵黄囊的吸收

四川华鲮初孵仔鱼卵黄囊体积为(0.26±0.01) mm³,出膜后第3天开始摄食,进入混合营养阶段,此时,卵黄囊已消耗80.77%;第8天卵黄囊消失,混合营养期为5 d。经回归分析可得卵黄囊体积与日龄的关系: $V=-0.0049 D^3+0.0369 D^2-0.1333 D+0.2583(R^2=0.9947)$,如图2所示。

表1 四川华鲮仔稚鱼全长、肛前长的生长指标

Table 1 Growth of *S. taeniatus* larval and juvenile of different ages in days on the total length and pre-anal length

	日龄 Days post hatching(d)	全长 Total length(mm)	平均日增长 Average growth rate(mm/d)	全长特定增长率 Specific growth rate in total length(SGR _L) (%)	肛前长 Length before the anus(mm)
卵黄囊期仔鱼 Yolk-sac stage	初孵仔鱼 Newly hatched larvae	4.54±0.04	0		/
	1	4.98±0.07	0.44		3.13±0.06
	2	5.39±0.06	0.41	5.99	3.30±0.05
	3	5.53±0.09	0.14		3.37±0.06
	4	5.49±0.11	-0.04		3.39±0.07
	5	5.92±0.09	0.43		3.66±0.06
	7	7.15±0.03	0.62		4.38±0.02
	8	7.33±0.10	0.18		4.49±0.06
晚期仔鱼 Late larval stage	10	7.58±0.28	0.18		4.53±0.16
	13	8.05±0.24	0.16		4.78±0.12
	14	8.30±0.23	0.25		4.93±0.12
	16	8.70±0.17	0.20		5.07±0.08
	19	9.02±0.06	0.16	2.16	5.20±0.04
	21	10.36±0.12	0.67		5.72±0.03
	24	11.16±0.18	0.27		6.04±0.06
	28	11.98±0.32	0.21		6.24±0.11
	33	12.47±0.52	0.10		6.36±0.24
稚鱼期 Juvenile stage	36	12.81±0.17	0.11		6.57±0.07
	42	15.06±0.57	0.38		7.60±0.24
	59	17.01±0.36	0.12	0.90	8.53±0.15
	64	18.03±0.65	0.20		8.88±0.29
	76	19.23±0.63	0.10		9.39±0.27
	86	20.07±0.42	0.08		9.72±0.22

注:数据以平均值±标准误表示

Note: Data are Mean±SE

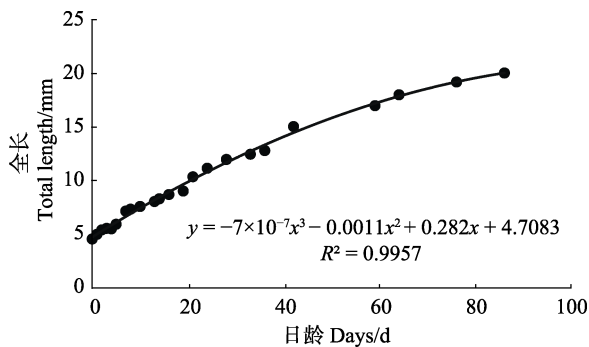


图1 四川华鲃仔稚鱼全长与日龄的关系

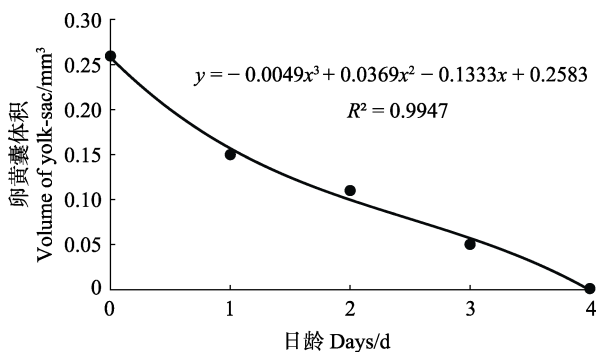
Fig.1 The relationship between total length and days of *S. taeniatus* larval and juvenile

图2 四川华鲃仔鱼卵黄囊吸收过程

Fig.2 Exhaustion of yolk sac of *S. taeniatus*

3 讨论

3.1 四川华鲃仔稚鱼发育特点

四川华鲃初孵仔鱼无色透明,卵黄囊期,仔鱼黑色素沉积较少,除眼部、鳃上黑色素沉积明显,其余仅卵黄囊和腹鳍褶上散布少许黑色素。鳞片出现时肉眼无法观察到,而岩原鲤(*Procypris rabaudi*)(虞云,2006)、高体革鲃(*Scortum barcoo*)(骆豫江等,2008)、鲈鲤(*Percocypris pingi pingi*)(赖见生等,2014)等可肉眼观察到闪光质鳞片。发育后期,身体仍较为透明,仅腹部黑色素沉积较多,可看出四川华鲃色素沉积速度较慢,而岩原鲤(虞云,2006)、中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)(黄洪贵,2009)在鳞片覆盖完毕之前身体已不再透明。四川华鲃仔稚鱼早期具有体色透明的特点,因而利于骨骼和器官发育的观察。

卵黄作为内源性营养物质,可以为尚未开口或已经开口,但消化系统仍处于适应和强化阶段的仔鱼提供能量(蔡瑞钰等,2018)。有研究表明,卵黄囊的变化方式与内脏器官的发育是相适应的(方展强等,2006)。四川华鲃初孵仔鱼卵黄囊前部为椭圆,后部为长棒状,而唐鱼(*Tanichthys albonubes*)(方展强等,

2006)卵黄囊前端近圆,后部短棒状,整体呈梨状;广东鲃(*Megalobrama hoffmanni*)(谭细畅等,2008)卵黄囊也呈棒状。四川华鲃出膜后1 d,卵黄囊前部紧靠心脏,随着心脏的发育,卵黄囊前部吸收较快。出膜后2 d,消化道前端膨大,卵黄囊前部体积明显减小。出膜后3 d,鳃体积增大,鳃下侧卵黄消耗较快,出现低凹,随着消化道逐渐完善,卵黄囊后部消耗加快,此时,卵黄囊前后部差异小。出膜后5 d,肝胰脏出现,紧靠卵黄囊前端,卵黄囊前部体积与肝胰脏相近。随着内脏器官的逐步发育完善,卵黄不断被消耗吸收,出膜后8 d卵黄囊消耗殆尽。

3.2 卵黄囊的体积与开口摄食时间的关系

在(25.0±0.5)℃下,四川华鲃初孵仔鱼卵黄囊体积为(0.26±0.01) mm³,出膜后第3天开始摄食。厚颌鲃(*Megalobrama pellegrini*)(李文静等,2005)在22.2℃~25℃条件下,初孵仔鱼卵黄囊体积为0.62 mm³,出膜后第4天开口摄食。鸭绿江唇鲃(*Hemibarbus labeo*)(杨培民等,2014)在19.6℃~25.8℃的条件下,初孵仔鱼的卵黄囊体积为0.83 mm³,出膜后第5天开始摄食。光唇裂腹鱼(*Schizothorax lissolabiatus*)(申安华等,2013)在15℃~17℃条件下,初孵仔鱼卵黄囊体积为4.23 mm³,出膜后第6天开始摄食。一般而言,卵黄囊体积越大,开口摄食时间越晚,内源性营养供应时间越长。四川华鲃由于卵黄较小,自身储备的内源性营养少,鳃弓、胸鳍、鳃等器官原基在出膜时就已出现,出膜后各摄食相关器官(如口、消化道、眼和鳍等)的快速发育为尽快进入外源性营养做准备,提高仔鱼主动搜索和捕食的能力,降低开口阶段的高自然死亡率(李忠利等,2009)。

3.3 混合营养期

卵黄囊在仔鱼开口摄食后仍存留一段时间,即存在一个混合营养期,卵黄囊为鱼体提供能量的同时,并从外界摄取饵料补充生长(殷名称,1995)。大部分鱼类都存在混合营养期,其中,大多数鱼类(易祖盛等,2002;凌去非等,2003;王剑伟等,1998;马旭洲等,2006;唐良华等,2006;任波等,2007;张磊等,2009;陈超等,2011;宁鑫等,2011;唐俊,2014;甘维熊等,2016)的混合营养期在0~4 d,部分鱼类(李勇等,2006;龚小玲等,2013;区又君等,2015)混合营养期为5~6 d,而云南盘鲃(*Discogobio yunnanensis*)(蔡瑞钰等,2018)混合营养期高达19 d。本研究中,四川华鲃的混合营养期为5 d,而进入混合营养期时卵黄囊的体积仅为0.05 mm³,可能是摄取的饵料生物

足以供应鱼体生长发育,对卵黄囊的消耗甚少。混合营养阶段是仔鱼培育的第一危险时期(邓龙君等,2016),如果不能从外界获取足够的营养,当卵黄的营养耗尽时,仔鱼将会处于饥饿状态,尽管能存活一段时间,却很难再恢复摄食能力,造成仔鱼大量死亡(邢迎春等,2011)。因此,在生产上,及时投喂开口饵料,可避免仔鱼“不可逆点”的出现,减少仔鱼早期死亡。

3.4 四川华鳊仔稚鱼的生长速率

四川华鳊初孵仔鱼全长为(4.54±0.04) mm,与同亚科的其他初孵仔鱼全长相比,处于中等水平;而当鳞被完整时全长为(20.07±0.42) mm,却低于同亚科的这些鱼类(万成炎等,1999;王剑伟等,1998;顾志敏等,2008),可看出四川华鳊生长速率较慢。

卵黄囊期仔鱼历时 8 d,全长特定生长率为 5.99%。在卵黄囊期仔鱼阶段开口摄食之前,仔鱼生长速度快,说明由卵黄作为内源性营养物质主要用于仔鱼的快速生长;开口摄食后,仔鱼生长速度减慢,在刚开始摄食的 2 d 内仔鱼可能处于适应阶段,对饵料的利用率不高,随着消化系统的完善,仔鱼可摄取大量的饵料,仔鱼全长日增长升高,在卵黄囊消失前日增长高达 0.62 mm。晚期仔鱼历时 25 d,全长特定生长率为 2.16%。稚鱼期历时 53 d,全长特定生长率为 0.90%,说明四川华鳊仔鱼期的生长要快于稚鱼期,这与花尾胡椒鲷(*Plectorhynchus cinctus*)(张雅芝等,2000)、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)(施兆鸿等,2007)、唇鲮(杨培民等,2014)的研究结果相一致。在鳞片出现前后,四川华鳊全长的日增长下降,原因可能是用于生长的部分能量用于鳞片形成造成的。

参 考 文 献

- Benoit HP, Pepin P, Brown JA. Patterns of metamorphic age and length in marine fishes, from individuals to taxa. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2000, 57(4): 856–869
- Cai RY, Zhao JR, Huang J, *et al.* A preliminary study on development of *Discogobio yunnanensis* larvae and juveniles. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(3): 120–125 [蔡瑞钰, 赵健蓉, 黄静, 等. 云南盘鮈仔稚鱼发育的初步观察. *南方水产科学*, 2018, 14(3): 120–125]
- Chen C, Zhao M, Liu XZ, *et al.* Development and growth of embryos and early larvae of *Epinephelus septemfasciatus*. *Progress in Fishery Sciences*, 2011, 32(5): 24–31 [陈超, 赵明, 柳学周, 等. 七带石斑鱼胚胎及仔稚鱼形态观察. *渔业科学进展*, 2011, 32(5): 24–31]
- Deng LJ, Gan WX, Zeng RK, *et al.* Artificial propagation, and embryonic and yolk-sac larval development in *Percocypris pingi* in Yalong River. *Fisheries Science*, 2016, 35(4): 393–397 [邓龙君, 甘维熊, 曾如奎, 等. 雅砻江鲃鲤的人工繁殖、胚胎及卵黄囊仔鱼发育. *水产科学*, 2016, 35(4): 393–397]
- Ding RH. The fishes of Sichuan. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1994, 199–200 [丁瑞华. 四川鱼类志. 成都: 四川科学技术出版社, 1994, 199–200]
- Fang ZQ, Chen GZ, Ma GZ. Post-embryonic development of *Tanichthys albonubes*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, 13(6): 869–877 [方展强, 陈国柱, 马广智. 唐鱼的胚后发育. *中国水产科学*, 2006, 13(6): 869–877]
- Gan WX, Wang HM, Deng LJ, *et al.* The morphological development of embryos and yolk-sac larvae of Yalong River Wangchiachii's Schizothoracin (*Schizothorax wangchiachii*). *Chinese Journal of Zoology*, 2016, 51(2): 253–260 [甘维熊, 王红梅, 邓龙君, 等. 雅砻江短须裂腹鱼胚胎和卵黄囊仔鱼的形态发育. *动物学杂志*, 2016, 51(2): 253–260]
- Gisbert E. Early development and allometric growth patterns in Siberian sturgeon and their ecological significance. *Journal of Fish Biology*, 1999, 5(4): 852–862
- Gong XL, Cui ZK, Wu MZ, *et al.* Study on embryonic development and larval growth of *Schizothorax biddulphi* Günther. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2013, 22(6): 827–830 [龚小玲, 崔忠凯, 吴敏芝, 等. 塔里木裂腹鱼胚胎和仔鱼的发育与生长. *上海海洋大学学报*, 2013, 22(6): 827–830]
- Gu ZM, Zhu JJ, Jia YY, *et al.* Research on embryonic and postembryonic development of *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker of Taihu Lake. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(2): 204–214 [顾志敏, 朱俊杰, 贾永义, 等. 太湖翘嘴红鲌胚胎发育及胚后发育观察. *中国水产科学*, 2008, 15(2): 204–214]
- Huang HG. Observation of embryonic and larvae development of *Spinibarbus sinensis*. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2009, 31(6): 1087–1092 [黄洪贵. 中华倒刺鲃胚胎与仔鱼发育的观察. *江西农业大学学报*, 2009, 31(6): 1087–1092]
- Huang Y. DNA barcoding of the endemic fishes from the upper Yangtze River basin. Master's Thesis of Southwest University, 2014, 12–25 [黄燕. 长江上游特有鱼类 DNA 条形码研究. 西南大学硕士研究生学位论文, 2014, 12–25]
- Lai JS, Du J, Zhao G, *et al.* Embryonic and postembryonic development of *Percocypris pingi pingi*(Tchang). *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 27(3): 1326–1331 [赖见生, 杜军, 赵刚, 等. 鲃鲤胚胎及胚后发育. *西南农业学报*, 2014, 27(3): 1326–1331]
- Li B, Xie CY, Zhang T, *et al.* The reproductive biology of *Sinibrama taeniatus* from the Minjiang River (in Meishan City). *Chinese Journal of Zoology*, 2015, 50(4): 563–570 [李斌, 解崇友, 张婷, 等. 岷江眉山段四川华鳊的繁殖生物学资料. *动物学杂志*, 2015, 50(4): 563–570]
- Li WJ, Wang JW, Tan DQ, *et al.* Observation on postembryonic

- development of *Megalobrama pellegrini*. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(6): 729–736 [李文静, 王剑伟, 谭德清, 等. 厚颌鲂胚后发育观察. 水产学报, 2005, 29(6): 729–736]
- Li WT, Shao K, Xiong MH, *et al.* The complete mitochondrial genome of *Sinibrama taeniatus* (Cyprinidae: Cultrinae). Mitochondrial DNA Part A, 2016, 27(3): 1597–1598
- Li Y, Zhang YG, Xie BW, *et al.* Observations on the embryonic and larval development of *Varicorhinus (Onychostoma) simus*. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science), 2006, 31(5): 142–147 [李勇, 张耀光, 谢碧文, 等. 白甲鱼胚胎和胚后发育的初步观察. 西南师范大学学报(自然科学版), 2006, 31(5): 142–147]
- Li ZL, Yan TM. Morphological development of *Triplophysa bleekeri* (Sauvage et dabry de thiersant, 1874) embryo and larvae. Acta Hydrobiologica Sinica, 2009, 33(4): 636–642 [李忠利, 严太明. 贝氏高原鳅胚胎和仔鱼的形态发育. 水生生物学报, 2009, 33(4): 636–642]
- Ling QF, Li SF, Qiao DL, *et al.* The study on the embryonic development and feeding of the yolk-sac larvae of *Tinca tinca*. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(1): 43–48 [凌去非, 李思发, 乔德亮, 等. 丁鲋胚胎发育和卵黄囊仔鱼摄食研究. 水产学报, 2003, 27(1): 43–48]
- Luo HH, Yang QR, Li Q, *et al.* A preliminary study on fish habitat characteristics in the National Nature Reserve for the rare and endemic fishes in the upper reaches of the Yangtze River. Freshwater Fisheries, 2014, 44(6): 44–48 [骆辉煌, 杨青瑞, 李倩, 等. 长江上游珍稀特有鱼类保护区鱼类生境特征初步研究. 淡水渔业, 2014, 44(6): 44–48]
- Luo YJ, Zhu XP, Pan DB, *et al.* Growth and development of larva, juveniles of *Scortum barcoo*. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(5): 697–702 [骆豫江, 朱新平, 潘德博, 等. 高体革鲃仔稚鱼的生长和发育. 水产学报, 2008, 32(5): 697–702]
- Ma XZ, Wang W, Gan L, *et al.* Effects of delayed feeding on survival, feeding and growth of *Pelteobagrus vachelli* larvae. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(3): 323–328 [马旭洲, 王武, 甘炼, 等. 延迟投饵对瓦氏黄颡鱼仔鱼存活、摄食和生长的影响. 水产学报, 2006, 30(3): 323–328]
- Ning X, Liu XZ, Sun ZZ, *et al.* Morphological development and growth pattern of *Verasper variegatus*, Temminck et Schlegel in early life stages. Progress in Fishery Sciences, 2011, 32(2): 7–15 [宁鑫, 柳学周, 孙中之, 等. 圆斑星鲃的早期生长发育特征. 渔业科学进展, 2011, 32(2): 7–15]
- Ou YJ, Li JE, Xie J. Characteristics of development and growth of larva and juvenile in *Mugil cephalus*. Guangdong Agricultural Sciences, 2015, 42(7): 110–115 [区又君, 李加儿, 谢菁. 鲮仔、稚鱼的发育及生长特点. 广东农业科学, 2015, 42(7): 110–115]
- Olaniyi WA, Omitogun OG. Embryonic and larval developmental stages of African giant catfish *Heterobranchus bidorsalis* (Geoffroy Saint Hilaire, 1809) (Teleostei, Clariidae). SpringerPlus, 2014, 3(1): 677
- Ren B, Ren ML, Guo Y, *et al.* Morphological observation of the development of *Aspiorhynchus laticeps* embryo and larva. Journal of Dalian Fisheries University, 2007, 22(6): 397–402 [任波, 任慕莲, 郭焱, 等. 扁吻鱼胚胎及仔鱼发育的形态学观察. 大连水产学院学报, 2007, 22(6): 397–402]
- Shen AH, Li GH, Zhao SH, *et al.* Study on embryonic and early larval development of *Schizothorax lissolabiatius*. Journal of Hydroecology, 2013, 34(6): 76–80 [申安华, 李光华, 赵树海, 等. 光唇裂腹鱼胚胎发育与仔鱼早期发育的研究. 水生态学杂志, 2013, 34(6): 76–80]
- Shi ZH, Peng SM, Luo HZ, *et al.* Feeding habits and growth performance of larvae and juvenile of *Paralichthys olivaceus* under artificial rearing conditions. Journal of Shanghai Fisheries University, 2007, 16(6): 566–572 [施兆鸿, 彭士明, 罗海忠, 等. 人工育苗条件下舟山牙鲆仔稚鱼的摄食与生长. 上海水产大学学报, 2007, 16(6): 566–572]
- Song W, Song JK. Observations on morphology of post-embryonic development and histology of sensory organs in larval and juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(5): 790–798 [宋炜, 宋佳坤. 西伯利亚鲟仔稚鱼胚后发育的形态学和组织学观察. 中国水产科学, 2012, 19(5): 790–798]
- Tan XC, Li YF, Pang SX, *et al.* Post-embryonic development of *Megalobrama hoffmanni*. Chinese Journal of Zoology, 2008, 43(2): 111–115 [谭细畅, 李跃飞, 庞世勋, 等. 广东鲂的胚后发育. 动物学杂志, 2008, 43(2): 111–115]
- Tang J. Growth and morphological development in larvae and juveniles of *Elopichthys bambusa* and the influence of starvation and different temperature. Master's Thesis of Hunan Agricultural University, 2014, 16–20 [唐俊. 鳊早期生长发育及相关研究. 湖南农业大学硕士研究生学位论文, 2014, 16–20]
- Tang LH, Su M, Long YL, *et al.* Study on the growth and development of *Spinibarbus caldwelli* larva. Freshwater Fisheries, 2006, 36(1): 46–49 [唐良华, 苏敏, 尤永隆, 等. 黑脊倒刺鲃仔、稚、幼鱼的生长发育研究. 淡水渔业, 2006, 36(1): 46–49]
- Tuo Y. Studies on the development and organ differentiation of early stages of rock carp *Procypris rabaudi* (Tchang). Master's Thesis of Southwest University, 2006, 29–32 [陶云. 岩原鲤胚胎、胚后发育与早期器官分化的研究. 西南大学硕士研究生学位论文, 2006, 29–32]
- Wan CY, Lin YT, Huang DM. Postembryonic development of *Megalobrama skolkovii*. Journal of Lake Sciences, 1999, 11(4): 357–362 [万成炎, 林永泰, 黄道明. 鲂胚后发育. 湖泊科学, 1999, 11(4): 357–362]
- Wang JW, Song TX, Cao WX. Potembryonic development and growth of cultured rare minnow, *Gobiocypris rarus*. Acta Hydrobiologica Sinica, 1998, 22(2): 128–134 [王剑伟, 宋天祥, 曹文宣. 稀有鮡鲫胚后发育和幼鱼生长的初步研究. 水生生物学报, 1998, 22(2): 128–134]
- Wei QW, *et al.* Scientific investigation report on national nature reserve for the rare and endemic fishes in the upper reaches of the Yangtze River. Beijing: Science Press, 2012, 116 [危起伟, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区科学考察报告. 北京: 科学出版社, 2012, 116]

- Xiao ZM, Guo XZ. Progress and studies on early life history of fish. *Journal of Beijing Fisheries*, 2008(1): 43–45 [肖真明, 郭小泽. 鱼类早期生活史分期研究进展. 北京水产, 2008(1): 43–45]
- Xie CY, Ni LY, Wu D, *et al.* Age and growth of *Sinibrama taeniatus* in Meishan section of Minjiang River. *Sichuan Journal of Zoology*, 2016, 35(1): 78–83 [解崇友, 倪露芸, 吴迪, 等. 岷江眉山段四川华鲮年龄与生长. 四川动物, 2016, 35(1): 78–83]
- Xie ZG. Studies on morphological variations and interspecific phylogenetic relationship of the genus *Sinibrama* and molecular evolution of it and associated Cultrinae genera. Master's Thesis of Huazhong Agricultural University, 2003a, 25–69 [谢仲桂. 华鲮属鱼类形态变异和种间系统发育关系及其与鲃亚科相关类群分子进化的研究. 华中农业大学硕士研究生学位论文, 2003a, 25–69]
- Xie ZG, Xie CX, Zhang E. Morphological variations among the Chinese species of *Sinibrama* (Pisces: Teleostei: Cyprinidae), with comments on their species validities. *Zoological Research*, 2003b, 24(5), 321–330 [谢仲桂, 谢从新, 张鄂. 我国华鲮属鱼类形态差异及其物种有效性的研究. 动物学研究, 2003b, 24(5), 321–330]
- Xing YC, Zhao YH, Li GY, *et al.* Early development of *Zacco platypus* (Cypriniformes: Cyprinidae) distributed in Beijing. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2011, 35(5): 808–816 [邢迎春, 赵亚辉, 李高岩, 等. 北京地区宽鳍鱮的早期发育. 水生生物学报, 2011, 35(5): 808–816]
- Yang PM, Luo XN, Jin GH, *et al.* Morphological development and early growth on larvae and juveniles of *Hemibarbus labeo* in Yalu River. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2014, 38(1): 1–9 [杨培民, 骆小年, 金广海, 等. 鸭绿江唇鲮仔、稚鱼形态发育与早期生长. 水生生物学报, 2014, 38(1): 1–9]
- Yi ZS, Wang C, Chen XL. Embryonic and larval development of sea carp, *Cyprinus acutidorsalis*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2002, 9(2): 120–124 [易祖盛, 王春, 陈湘舜. 尖鳍鲤的早期发育. 中国水产科学, 2002, 9(2): 120–124]
- Yin M, Xie CY, Jin L, *et al.* Microstructure and ultrastructure observation of spermatogenesis in *Sinibrama taeniatus*. *Freshwater Fisheries*, 2019a, 49(2): 27–32 [尹敏, 解崇友, 金丽, 等. 四川华鲮精子发生显微及超微结构观察. 淡水渔业, 2019a, 49(2): 27–32]
- Yin M, Xie CY, Pu DY, *et al.* Microstructure of oogenesis in *Sinibrama taeniatus*. *South China Fisheries Science*, 2019b, 15(2): 16 [尹敏, 解崇友, 蒲德永, 等. 四川华鲮卵子发生的显微结构观察. 南方水产科学, 2019b, 15(2): 127–132]
- Yin MC. Advances and studies on early life history of fish. *Journal of Fisheries of China*, 1991, 15(4): 348–356 [殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展. 水产学报, 1991, 15(4): 348–356]
- Yin MC. Feeding and growth of the larva stage of fish. *Journal of Fisheries of China*, 1995, 19(4): 335–342 [殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长. 水产学报, 1995, 19(4): 335–342]
- Zhang L, Fan QX, Fang W, *et al.* Feeding and growth of *Siniperca scherzeri* larvae reared in circular racy way. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, 33(6): 1152–1159 [张磊, 樊启学, 方巍, 等. 微流水培养条件下斑鲈仔鱼的摄食与生长. 水生生物学报, 2009, 33(6): 1152–1159]
- Zhang YZ, Xie YJ, Zhang WS. Feeding habits and growth of *Plectorhynchus cinctus* in early developmental stage. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2000, 19(1): 27–35 [张雅芝, 谢仰杰, 张文生. 花尾胡椒鲷早期发育阶段的摄食与生长特性. 台湾海峡, 2000, 19(1): 27–35]
- Zuo PX, Li GX, Leng Y, *et al.* Embryonic and early larval development of *Schizothorax wangchiachii*. *Journal of Hydroecology*, 2015, 36(3): 77–82 [左鹏翔, 李光华, 冷云, 等. 短须裂腹鱼胚胎与仔鱼早期发育特性研究. 水生态学杂志, 2015, 36(3): 77–82]

(编辑 陈 辉)

Growth and Morphological Development of Larval and Juvenile *Sinibrama taeniatus*

WANG Yali, LIU Yue, TIAN Jiajia, YIN Min, CAI Ruiyu, WANG Zhijian^①

(School of Life Sciences, Southwest University; Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development, Ministry of Education; Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing, Chongqing 400715)

Abstract *Sinibrama taeniatus*, a cyprinidae fish belonging to Cultrinae, inhabits only the upper reaches of the Yangtze River, mainly in the Sichuan Province. Due to habitat loss associated with the Three Gorges Project and overfishing, sharp decreases in *S. taeniatus* populations have been forecast. Surveys of larval and juvenile *S. taeniatus* were conducted to accumulate developmental data to perfect large-scale artificial breeding technologies and provide a theoretical basis for conservation and recovery of this endemic species. Morphological and anatomic development of larval and juvenile *S. taeniatus* were with a digital camera system. Newly hatched larvae measured (4.54 ± 0.04) mm at $(25.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$. The volume of yolk sacs was (0.26 ± 0.01) mm³, the anterior portion of which was oval and the posterior portion of which was rod-shaped. The development of yolk sac larvae from hatching to yolk absorption took approximately 8 days and the special growth rate of total length was 5.99%. During that period, larvae started feeding on the third day and the mixed nutrition stage lasted 5 days. The relationship between yolk sac volume (V) and age (D) can be expressed as $V = -0.0049 D^3 + 0.0369 D^2 - 0.1333 D + 0.2583$ ($R^2 = 0.9947$). Late larvae with disappeared yolk sacs completely relied on exogenous material to obtain energy until scales appeared. This developmental stage lasted 25 days and the special growth rate of total length was 2.16%. During the juvenile period, scale development lasted 53 days, and the special growth rate of total length was 0.90%. The relation between total length (TL) and D of larval and juvenile *S. taeniatus* can be described by $TL = -7 \times 10^{-7} D^3 - 0.0011 D^2 + 0.2820 D + 4.7083$ ($R^2 = 0.9957$).

Key words *Sinibrama taeniatus*; Larvae and juveniles; Growth; Morphological development

^① Corresponding author: WANG Zhijian, E-mail: wangzj1969@126.com