

彭新亮, 伦 峰, 郭旭升, 等. 黄尾鲮胚胎及仔鱼的发育[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(22): 164–167.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.038

# 黄尾鲮胚胎及仔鱼的发育

彭新亮<sup>1</sup>, 伦 峰<sup>1</sup>, 郭旭升<sup>1,2</sup>, 赵良杰<sup>1,2</sup>

(1. 信阳农林学院, 河南信阳 464000; 2. 河南省渔业生物工程技术研究中心, 河南信阳 464000)

**摘要:**黄尾鲮成熟卵呈圆球形, 属黏性卵, 卵径 1.1 mm 左右, 在水温 (23 ± 1) °C 条件下, 受精后 20 min 形成胚盘, 50 min 开始卵裂, 从受精到出膜时间为 41 h。胚胎发育可分为胚盘形成期、卵裂期、桑葚胚期、囊胚期、原肠胚期、神经胚期、眼囊期、晶体出现期、尾牙期、肌肉效应期、心跳期、出膜前期、出膜期等 13 个发育时期。受精卵到胚胎出膜所需有效积温为 902 ~ 984 °C · h, 仔鱼从胚胎出膜到卵黄囊完全吸收所需有效积温为 2 640 ~ 2 880 °C · h。出膜仔鱼第 4 天开始摄食, 由内源型营养向混合型营养转换, 第 5 天卵黄囊消失, 由混合型营养转换为外源型营养, 可以下塘培育。

**关键词:**黄尾鲮; 胚胎; 仔鱼; 发育; 人工繁殖

**中图分类号:** S965.124 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0164-04

黄尾鲮 (*Xenocypris davidi* Bleeker) 别称黄尾密鲮、黄尾、黄片、黄姑子、黄瓜鱼等, 隶属鲤科鲮亚科鲮属, 是一种中小型淡水鱼类, 在我国长江、珠江、黄河等水系均有分布。该鱼具有食性杂、生长快、肉质细嫩、营养价值高、适应能力强、易捕捞等特点, 且可以自然繁殖, 能形成自然种群, 有较高的群体生产力, 是水库、湖泊、池塘养殖的理想经济鱼类。黄尾鲮通常生活在水体的中下层, 主要以附生藻类、腐殖质和有机碎屑为食, 有水中“清道夫”之称, 具有净化水质、减缓水体富营养化、改善水生态环境的功能, 故又称生态鱼。因黄尾鲮的生存空间和食性与其他养殖鱼类无竞争关系, 养殖成本较低, 具有较好的经济效益和生态效益, 已成为当前水产养殖品种结构

调整中首选的优良品种之一, 也是天然水域增殖放流的优良品种。2010 年黄尾鲮被列为适宜在全国增殖放流的广布性经济物种, 功能定位为生物净水和渔民增收。近年来, 黄尾鲮野生资源锐减, 因其人工养殖发展迅速, 苗种需求量较大。但该鱼性情急躁, 应激反应剧烈, 人工繁殖难度较大, 难以形成批量的苗种生产。为探索黄尾鲮人工繁殖特性, 本研究对其胚胎和仔鱼发育进行了观察, 旨在为黄尾鲮大批量人工繁殖提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 亲鱼的选择

亲鱼为河南省信阳市罗山县小龙山鱼类良种繁育场培育的黄尾鲮, 年龄为 3 龄, 平均体质量为 500 g。雄鱼头部、鳃盖、胸鳍等处“追星”较多, 体表抚摸粗糙, 轻压腹部能挤出乳白色的精液; 雌鱼则腹部膨大, 卵巢轮廓明显, 压感松软, 在催产之前, 用挖卵器取卵检查, 卵粒大小均匀、饱满、容易分开, 可以进行人工催产。

收稿日期: 2017-08-21

基金项目: 河南省科技攻关项目 (编号: 162102110053); 信阳农林学院青年基金 (编号: 201601012)。

作者简介: 彭新亮 (1979—), 男, 河南项城人, 硕士, 讲师, 主要从事水产养殖教学与研究工作。E-mail: pengxinliang01@126.com。

通信作者: 郭旭升, 硕士, 教授, 主要从事水产种质资源育种与保护研究。E-mail: gxs1968@163.com。

[10] Hoyle S D, Leroy B M, Nicol S J, et al. Covariates of release mortality and tag loss in large-scale tuna tagging experiments[J]. Fisheries Research, 2015, 163 (SI): 106–118.

[11] Jørgensen M G, van Deurs M, Butts I A, et al. PIT-tagging method for small fishes; a case study using sandeel (*Ammodytes tobianus*) [J]. Fisheries Research, 2017, 193: 95–103.

[12] 潘绪伟, 杨林林, 纪炜炜, 等. 增殖放流技术研究进展[J]. 江苏农业科学, 2010(4): 236–240.

[13] 周辉霞, 甘维熊. 鱼类标记技术研究进展及在人工增殖放流中的应用[J]. 湖北农业科学, 2017, 57(7): 1206–1210.

[14] 危起伟, 杜 浩. 长江珍稀鱼类增殖放流技术手册[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 80–88.

[15] Nielsen L A. Methods of marking fish and shellfish[M]. New York: Special Publication, 1992: 23.

[16] Phinney D E, Matthew S B. Field test of fluorescent pigment marking and finclipping of Coho salmon[J]. Journal of the Fisheries

Research Board of Canada, 2011, 26(6): 1619–1624.

[17] Doupe R G, Partridge G J, Lymbery A J. Visible implant fluorescent elastomer tags as pedigree markers for applied aquaculture: an evaluation using black bream *Acanthopagrus butcheri* [J]. Aquaculture Research, 2003, 34(8): 681–683.

[18] Brennan N P, Leber K M, Blackburn B R, et al. Use of coded-wire and visible implant elastomer tags for marine stock enhancement with juvenile red snapper *Lutjanus campechanus* [J]. Fisheries Research, 2007, 83(1): 90–97.

[19] Richard A, O'Rourke J, Caudron A, et al. Effects of passive integrated transponder tagging methods on survival, tag retention and growth of age-0 brown trout [J]. Fisheries Research, 2013, 145: 37–42.

[20] 黄国光, 梁伟峰, 王云新, 等. 穿体标志对黄鳍鲷幼鱼的生长、存活及脱标的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(1): 31–35.

## 1.2 催产与人工授精

催产剂为鱼用促黄体素释放激素类似物(LRH-A2)和地欧酮(DOM),均购自浙江省宁波第二激素厂。催产剂量为雌鱼 10  $\mu\text{g}$  LRH-A2 + 6 mg/kg DOM,雄鱼减半,于胸鳍基部一次性注射,注射后按雌雄 1:1 的比例放入产卵池,微流水刺激,促进亲鱼性腺进一步成熟,效应时间 9 h 左右。待黄尾鲮鱼发情时,将亲鱼捞出采用半干法授精技术进行人工授精。

## 1.3 胚胎及仔鱼发育观察

取受精卵放置于培养皿中进行孵化观察,每 2 h 换水 1 次,水温控制在  $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。参照刘筠等对硬骨鱼类的胚胎发育阶段划分方法<sup>[1-2]</sup>,在尼康体式显微镜下进行连续观察,每次观察卵数在 30 粒以上,当其中 50% 以上出现某时期特征,则记为该发育阶段的起始时间,从前一发育阶段到下一发育阶段的起始时间则为间隔时间。仔鱼以 24 h 为间隔时间记录其发育特征。用数码摄像机拍摄各期的典型特征图片,并记录发育所需时间。

## 2 结果与分析

### 2.1 胚胎发育

**2.1.1 受精卵** 黄尾鲮发育成熟的卵呈圆球形,略带黄绿色,属黏性卵,卵径 1.1 mm 左右。受精后吸水膨胀,出现卵周隙,受精卵径扩大到 1.3 ~ 1.4 mm(图 1-1),同时细胞质逐渐向动物极流动集中,并渐渐隆起形成胚盘,受精卵逐渐从圆球型变成椭圆型,从受精卵到形成胚盘约需 20 min(图 1-2)。

**2.1.2 卵裂期** 受精后 39 min,胚盘顶端中央凹陷形成分裂沟,受精后 50 min,分裂沟逐渐加深、清晰(图 1-3),随后出现第 1 次卵裂,在胚盘上形成 2 个大小相等的分裂球,进入 2 细胞期(图 1-4)。受精后 1 h 4 min 开始第 2 次卵裂,方向与第 1 次卵裂方向垂直,形成 4 个大小形态相似的分裂球,进入 4 细胞期(图 1-5)。1 h 14 min 后,进入 8 细胞期,每 4 个细胞排成 1 排,细胞的大小、形态略有差异(图 1-6)。随着受精时间的延长,受精卵以 2 的倍数进行分裂增长,1 h 31 min 后进入 16 细胞期,1 h 44 min 后进入 32 细胞期,2 h 6 min 后进入 64 细胞期(图 1-7),2 h 30 min 后进入多细胞期(图 1-8)。

**2.1.3 桑葚胚期** 多细胞期后细胞分裂的间隔时间越来越短,随着细胞的不断分裂,细胞越来越多而体积越来越小,因细胞分裂速度出现差异,细胞大小不一致开始进行分层排列,但界限仍清晰可见,受精后 3 h,分裂的细胞分层排列在卵黄囊上形成隆起的细胞团,类似桑葚,即进入桑葚胚期(图 1-9)。

**2.1.4 囊胚期** 随着胚盘细胞的继续分裂,细胞数量越来越多,层次也逐渐增多,形成胚层,受精后 3 h 20 min,在原胚盘处形成高耸的囊胚,其高度与桑葚胚期近似,进入高囊胚期(图 1-10),此时因细胞的分裂其体积变得更小,细胞间的界限变得模糊,形成平滑的曲面。受精后 4 h 10 min,囊胚的高度逐渐下降,囊胚开始变薄并趋于扁平,囊胚下缘有下包趋势,进入囊胚中期(图 1-11),此时已完全分不出细胞间界线。受精后 6 h,囊胚变得更为扁平,下缘细胞开始向卵黄部

分下包,下包约 1/3,囊胚腔清晰可见,进入囊胚末期(图 1-12)。

**2.1.5 原肠胚期** 受精后 6 h 40 min,随着囊胚细胞下包,囊胚腔逐渐消失,下包边缘区细胞逐渐增厚隆起一条环带,即胚环出现,此时胚层下包至 1/2,进入原肠早期(图 1-13)。受精后 8 h 30 min,在动物极稍偏部位细胞层增厚隆起形成胚盾,胚层下包至 2/3,进入原肠中期(图 1-14),受精后 9 h,胚层下包至 3/4,胚盾逐渐延伸,进入原肠晚期(图 1-15)。

**2.1.6 神经胚期** 受精后 11 h 20 min,胚层下包 4/5,植物极的卵黄绝大部分被胚层下包,胚环大大缩小,胚孔末端的较少卵黄外露形成卵黄栓,胚盾表层细胞分化出神经板,其前端增厚膨大,形成脑原基,进入神经胚期(图 1-16)。受精后 12 h 40 min,胚层下包过程完成,卵黄体已全部被下包胚层包裹,并形成胚孔(图 1-17)。受精后 15 h,神经板中间下陷,2 侧加厚隆起形成神经沟和神经管,胚层逐渐合拢,胚孔渐渐缩小直至完全封闭,进入胚孔封闭期(图 1-18)。

**2.1.7 眼囊期** 受精后 17 h 40 min,脑部开始分化为前、中、后脑 3 个部分,胚体中部开始出现肌节,胚体头部 2 侧眼囊形成,进入眼囊期(图 1-19)。

**2.1.8 晶体出现期** 受精后 20 h 10 min,肌节增加至 5 ~ 9 对,眼囊开始内陷成眼杯,随着眼杯的不断扩大,眼杯口出现圆形的晶体,进入晶体出现期(图 1-20)。受精后 21 h 30 min,眼前方出现一灰暗色斑块,嗅囊形成。

**2.1.9 尾芽期** 受精后 22 h 40 min,随着肌节进一步增多,胚体后端渐渐形成圆锥形的尾芽,进入尾芽期(图 1-21)。受精后 23 h 30 min,后脑 2 侧出现耳囊。

**2.1.10 肌肉效应期** 受精后 24 h 10 min,胚体开始做间断性的抽动,尾部进行扭转动作,进入肌肉效应期(图 1-22)。

**2.1.11 心跳期** 受精后 26 h,尾芽不断延伸与卵黄完全脱离并最终超出头部,尾部的扭转更加明显,耳石出现。受精后 27 h 30 min,头部下后方的围心腔内心脏产生节律性跳动,进入心跳期(图 1-23),此时胚体转动幅度加大并出现血液流动。

**2.1.12 出膜前期** 受精后 34 h 40 min,胚体胸鳍出现鳍芽,尾部摆动幅度大,胚体在膜内转动加剧,视网膜出现色素,进入出膜前期(图 1-24)。

**2.1.13 出膜期** 受精后 41 h,胚体较前转动剧烈,尾部摆动幅度增大,不断将卵膜顶起并拍击,随着尾部的剧烈摆动,尾部的卵膜破裂,仔鱼尾部先伸展出膜,头部及大部分卵黄囊仍在卵膜内,随后在胚体转动和尾部摆动共同作用下,头部及卵黄囊部分整个身体破膜而出,进入出膜期(图 1-25)。出膜时大部分仔鱼先从尾部出,也有部分从头部先出。从开始出膜到大量孵化出膜约需 4 h 30 min,完全出膜约需 13 h。

上述黄尾鲮胚胎发育观察结果于水温  $(23 \pm 1)^\circ\text{C}$  条件下进行,具体每期时间和间隔时间见表 1,图形见图 1。

### 2.2 仔鱼发育

**2.2.1 初孵仔鱼** 刚出膜的仔鱼身体呈弯曲状,头部弯曲靠近卵黄囊前端,背部脊柱弯曲呈弓形,经 10 ~ 20 min 躯体才充分伸展,伸直的仔鱼全长  $(4.86 \pm 0.13)$  mm,全身透明,只在眼睛下边缘有少量色素,卵黄囊较大,呈椭圆形,背鳍褶已分化。出膜后的仔鱼不定时进行垂直向上运动,随即头朝下

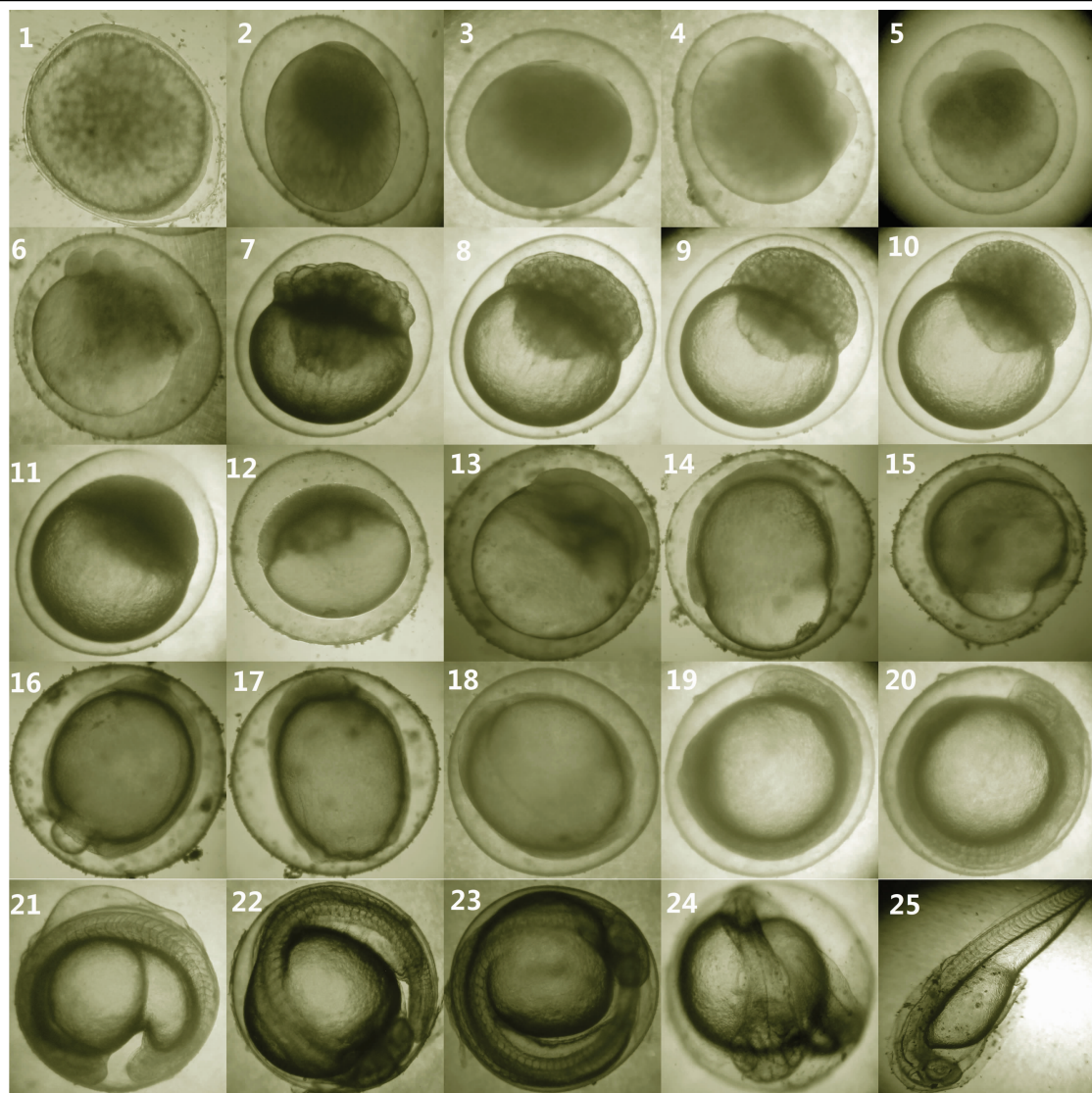


图1 黄尾鲷胚胎发育

垂直沉入水底静卧。

2.2.2 孵化后 1 d 1 日龄仔鱼全长( $5.13 \pm 0.11$ ) mm, 头部已伸直, 不再弯曲靠近卵黄囊, 靠近头部端卵黄囊为椭圆形, 另一端向后延伸逐渐由粗变细, 卵黄囊毛细血管血液流动明显, 除眼睛上下边缘出现色素外, 其他部位无色透明。仔鱼很少活动, 多静卧于容器边缘水底休息。

2.2.3 孵化后 2 d 2 日龄仔鱼全长( $6.62 \pm 0.14$ ) mm, 靠近头部端卵黄囊椭圆形不再明显, 向后延伸变细变长, 眼睛部位色素加深, 出现鳃基、鳃盖和鳃弓。仔鱼活动能力渐渐增强, 不定时做短暂水平游动。

2.2.4 孵化后 3 d 3 日龄仔鱼全长( $7.08 \pm 0.16$ ) mm, 卵黄囊前后延伸更长更细, 表面出现少量色素, 口能闭合, 肠道和鳔形成。仔鱼活动能力增强, 可短暂水平游动, 受到外界刺激能游动躲避, 对光线开始敏感, 夜晚用手电照射有趋光现象。

2.2.5 孵化后 4 d 4 日龄仔鱼全长( $7.51 \pm 0.14$ ) mm, 卵黄囊前后延伸为细线状, 表面出现较多色素, 出现腰点(鳔充气), 能够平稳平游, 有顶水现象。肠道开始蠕动, 肠管与咽部、口腔接通, 并主动开口摄食, 解剖肠道发现有少量小球藻、

轮虫出现, 进入内源型营养向混合型营养转换阶段。

2.2.6 孵化后 5 d 5 日龄仔鱼全长( $7.72 \pm 0.19$ ) mm, 卵黄囊完全消失, 躯干部色素更加密集, 体色加深, 肠道进一步发育, 前端膨大成囊状, 解剖肠道发现内部有较多轮虫残肢, 由混合型营养完全转换为外源型营养。

### 2.3 胚胎和仔鱼发育所需积温

积温计算参考文献[3-4], 在水温( $23 \pm 1$ ) °C 条件下, 黄尾鲷从受精卵到胚胎出膜所需有效积温(发育时间 × 水温)为 902 ~ 984 °C · h; 仔鱼从胚胎出膜到卵黄囊完全吸收所需有效积温为 2 640 ~ 2 880 °C · h。

## 3 讨论与结论

黄尾鲷的卵黏性不强, 自然产卵会发生相互粘结成块但因黏附性差沉于水底现象, 导致受精卵缺氧死亡, 并易感染水霉, 从而整体影响受精卵的孵化效果。因此, 在人工繁殖黄尾鲷时, 为提高孵化率, 受精卵常进行脱黏处理, 并用防治水霉病药物处理<sup>[5]</sup>。与四大家鱼、河鲈<sup>[6]</sup>、兰州鲇<sup>[7]</sup>、松潘裸鲤<sup>[8]</sup>相比, 黄尾鲷的卵较小, 卵径仅 1.1 mm 左右, 受精吸水膨胀

表 1 黄尾鲮胚胎和卵黄囊期仔鱼发育时间表

发育时期	受精后时间	间隔时间	图例
胚盘形成期: 受精卵	0 min	0 min	图 1-1
胚盘形成	20 min	20 min	图 1-2
2 细胞期	50 min	30 min	图 1-3、图 1-4
卵裂期: 4 细胞期	1 h 4 min	34 min	图 1-5
8 细胞期	1 h 14 min	10 min	图 1-6
16 细胞期	1 h 31 min	17 min	
32 细胞期	1 h 44 min	13 min	
64 细胞期	2 h 6 min	22 min	图 1-7
多细胞期	2 h 30 min	24 min	图 1-8
桑葚胚期	3 h	30 min	图 1-9
囊胚期: 高囊胚期	3 h 20 min	20 min	图 1-10
中囊胚期	4 h 10 min	50 min	图 1-11
囊胚末期	6 h	1 h 50 min	图 1-12
原肠胚期: 原肠早期	6 h 40 min	40 min	图 1-13
原肠中期	8 h 30 min	1 h 50 min	图 1-14
原肠晚期	9 h	30 min	图 1-15
神经胚期: 神经胚形成	11 h 20 min	2 h 20 min	图 1-16
胚孔形成期	12 h 40 min	1 h 20 min	图 1-17
胚孔封闭期	15 h	2 h 20 min	图 1-18
眼囊期	17 h 40 min	2 h 40 min	图 1-19
晶体出现期	20 h 10 min	2 h 30 min	图 1-20
尾芽期	22 h 40 min	2 h 30 min	图 1-21
肌肉效应期	24 h 10 min	1 h 30 min	图 1-22
心跳期	27 h 30 min	3 h 20 min	图 1-23
出膜前期	34 h 40 min	7 h 10 min	图 1-24
出膜期	41 h	6 h 20 min	图 1-25

后增加不大(1.3~1.4 mm),不含有像加州鲈<sup>[9]</sup>、银鲈<sup>[10]</sup>、蓝太阳鱼<sup>[11]</sup>等淡水鱼类那样用于增加浮力的油球,加之人工脱黏常使其表面附有泥沙,因而比重较大,为保证胚胎发育能够正常进行,孵化时要求水流速度必须足够大,以受精卵能充分上下翻动为宜。

相关研究表明,黄尾鲮胚胎发育适宜水温在 20~27℃,最适水温为 22~25℃<sup>[12-13]</sup>。当水温低于 15℃时,胚胎发育至原肠期便停止;水温高于 29℃时,出膜时间只需 28~34 h,但仔鱼多畸形,死亡率较高;水温高于 31℃时,胚胎发育过快,大批死亡。本研究在水温(23±1)℃条件下,受精卵经 41 h 开始脱膜出苗,约 13 h 后完全脱膜,与黄邦星的研究结果<sup>[12]</sup>相一致,李生武则认为脱膜的持续时间较长,需 2~3 d 才能完全脱膜<sup>[13]</sup>,差异原因还有待研究。

在胚胎发育中,黄尾鲮先出现肌肉效应期后出现心跳期,与泥鳅<sup>[14]</sup>、中华沙鳅<sup>[15]</sup>、神仙鱼<sup>[16]</sup>、松潘裸鲤<sup>[8]</sup>、圆斑星鲈<sup>[17]</sup>、兰州鲇<sup>[7]</sup>、唐鱼<sup>[18]</sup>顺序一致,与银鲈<sup>[10]</sup>和白斑狗鱼<sup>[19]</sup>顺序相反;出膜时以尾部先出为主,与泥鳅<sup>[14]</sup>、中华沙鳅<sup>[15]</sup>、神仙鱼<sup>[16]</sup>、圆斑星鲈<sup>[17]</sup>、蓝太阳鱼<sup>[11]</sup>、兰州鲇<sup>[7]</sup>、唐鱼<sup>[18]</sup>类似,与银鲈<sup>[10]</sup>、河鲈<sup>[6]</sup>、白斑狗鱼<sup>[19]</sup>、黏皮鲮鰕虎鱼<sup>[20]</sup>则不同。孵化所需积温为 902~984℃·h,比唐鱼(494℃·h)<sup>[18]</sup>、革胡子鲇(783.22℃)<sup>[21]</sup>等偏暖水性鱼的值大;比白斑狗鱼(2 641.37℃·h)<sup>[19]</sup>、施氏鲟(1 710~1 872℃·h)<sup>[22]</sup>、河鲈(2 540~2 880℃·h)<sup>[6]</sup>等偏冷水性鱼的值小。

出膜后的黄尾鲮仔鱼不定时进行垂直上下运动,与泥鳅

仔鱼的垂直运动期非常相似,但不存在倒挂期<sup>[23]</sup>。仔鱼出膜第 4 天出现腰点,能够平稳平游,开始有顶水现象,孵化时须降低水的流速,以减少仔鱼体能的消耗。出膜第 4~5 天,仔鱼主动开口摄食,肠道开始出现小球藻、轮虫等开口饵料,表明黄尾鲮仔鱼开口饵料和大多数淡水鱼类相似;此时是内源型营养向外源型营养转换阶段,可以下塘培育。

#### 参考文献:

- [1]刘 筠. 中国养殖鱼类繁殖生理学[M]. 北京:农业出版社,1993:81-93.
- [2]楼允东. 组织胚胎学[M]. 2 版. 北京:中国农业出版社,1996:299-300.
- [3]殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1995:89-104,131-151.
- [4]孙儒泳,李 博,诸葛阳,等. 普通生态学[M]. 北京:高等教育出版社,1993:36-39.
- [5]郭旭升,伦 峰,赵良杰,等. 黄尾鲮自然受精与人工授精孵化效果比较研究[J]. 河南水产,2017(1):18-20.
- [6]乔德亮,凌去非,殷建国,等. 河鲈胚胎及卵黄囊期仔鱼发育[J]. 生物学杂志,2006,23(1):34-38.
- [7]吴旭东,李 力,张 锋,等. 兰州鲇胚胎发育初步研究[J]. 当代水产,2011,36(1):65-67.
- [8]吴 青,王 强,蔡礼明,等. 松潘裸鲤的胚胎发育和胚后仔鱼发育[J]. 西南大学学报(自然科学版),2001,23(3):276-279.
- [9]刘文生,林焯坤,彭锐民. 加州鲈鱼胚胎及幼鱼发育的研究[J]. 华南农业大学学报,1995(2):5-11.
- [10]李恒颂,邹国民,范 阳,等. 银鲈胚胎和仔鱼的发育[J]. 中国水产科学,2000,7(2):5-9.
- [11]文红波,曹运长,虞 佳. 蓝太阳鱼胚胎和仔鱼发育的观察[J]. 水生态学杂志,2005,25(2):25-27.
- [12]黄邦星. 黄尾密鲮生物学特性及养殖技术[J]. 水产养殖,2006,27(3):32-34.
- [13]李生武. 黄尾密鲮生物学特性及其养殖[J]. 科学养鱼,2001(5):15-16.
- [14]张玉明,田秀娥,王永军. 安康地区泥鳅胚胎发育研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(23):12434-12436.
- [15]何 斌,陈先均,温 涛,等. 中华沙鳅的胚胎发育[J]. 西南农业学报,2014,27(3):1332-1336.
- [16]周 玉,杨振国,张俊辉. 神仙鱼胚胎和仔鱼发育的初步观察[J]. 上海海洋大学学报,2001,10(4):370-373.
- [17]王开顺,张志峰,康庆浩,等. 圆斑星鲈胚胎及仔鱼发育的观察[J]. 中国水产科学,2003,10(6):451-456.
- [18]陈国柱,方展强,马广智. 唐鱼胚胎发育观察[J]. 中国水产科学,2004,11(6):489-496.
- [19]杜劲松,海 萨,苏德学,等. 白斑狗鱼胚胎和仔鱼发育的研究[J]. 水生生物学报,2004,28(6):629-634.
- [20]陈玉龙,郭延蜀. 黏皮鲮鰕虎鱼胚胎及仔鱼的发育[J]. 动物学杂志,2007,42(2):124-128.
- [21]林光华,林 琼. 革胡子鲇(*Claris fereza*)早期胚胎发育的研究[J]. 南昌大学学报(理科版),1999,23(4):333-338.
- [22]刘洪柏,宋苏祥,孙大江,等. 施氏鲟的胚胎及胚后发育研究[J]. 中国水产科学,2000,7(3):5-10.
- [23]翟旭亮. 泥鳅繁殖生物学和人工繁殖技术研究[D]. 重庆:西南大学,2011:36-37.