

章海鑫,王 生,付辉云,等. 赣江吻鲃胚胎发育及胚后发育观察[J]. 江苏农业科学,2021,49(3):147-151.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.03.026

赣江吻鲃胚胎发育及胚后发育观察

章海鑫,王 生,付辉云,饶 毅,徐先栋,张燕萍,傅义龙

(江西省水产科学研究所,江西南昌 330039)

摘要:通过人工授精方式获得吻鲃受精卵,观察吻鲃胚胎和胚后发育情况并分析其发育特征。结果显示,在水温为 22.5 ℃ 条件下,吻鲃受精卵经 30 h 孵化出膜,总积温为 724.02 ℃ · h;成熟吻鲃卵卵径为 1.26 mm,吸水膨胀后最大卵膜径为 6.86 mm,出膜仔鱼全长 5.32 mm;胚胎发育过程分为受精卵、卵裂、囊胚、原肠、神经胚、器官发生和出膜 7 个阶段 26 个时期;胚后仔鱼经 96 h 发育(全长 8.00 mm)后眼、鳍、消化道、鳃和鳔等器官形成,开口摄食,下沉水底。吻鲃胚胎发育和胚后发育较稳定,对于缓流水体适应性强,有利于开展吻鲃人工繁殖。

关键词:吻鲃(*Rhinogobio typus* Bleeker);胚胎发育;胚后发育

中图分类号:S965.116;S917 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)03-0147-05

吻鲃(*Rhinogobio typus* Bleeker)别称麻杆,属于鲤形目鲤科鲃亚科吻鲃属,是我国的特有种^[1]。吻鲃是栖息于长江上游和长江中游的支流上游底部的特有小型鱼类,是“长江上游珍稀特有鱼类自然保护区”保护名录 66 种特有鱼类之一^[2],喜欢栖息于透明度高、沙泥和碎石底质的缓流河口、沱湾内的底栖鱼类。吻鲃历来是长江上游和赣江的渔获对象之一^[3],但由于水电项目开建、挖沙、过度捕捞以及污染等原因导致吻鲃自然资源受到巨大挑战。熊飞等调查发现长江江津江段吻鲃的资源开发率(0.66)超过了其最大资源开发率(0.62)^[2]。比较

汉江中游吻鲃产卵情况可以发现,吻鲃自然水体产卵数在水电项目影响下持续下降^[4-5]。表明吻鲃野生资源已被过度开发,资源量持续下降,亟待保护和恢复^[6]。开展吻鲃人工繁殖和增殖放流是保护吻鲃资源,恢复其种群资源量的手段之一。目前,对于吻鲃的研究主要集中在生物学^[1]、繁殖力^[7]等方面,对于其人工繁殖与养殖方面的研究较少。研究鱼类的早期生活史对鱼类人工繁殖体系的建立具有重要的作用^[8]。因此,本研究利用人工催产技术获得 1 086 颗吻鲃受精卵,观察吻鲃胚胎发育的全过程和胚后发育,获得吻鲃胚胎发育规律,旨在丰富吻鲃早期生活史资料,为吻鲃人工繁育提供基础理论。

1 材料与方法

1.1 研究材料

2018 年 4 月在江西省水产科学研究所开始试验,吻鲃受精卵利用江西省水产科学研究所培育的亲鱼通过人工催产、人工授精获得,并放入孵化环道中孵化。孵化水温为(22.5 ± 0.6) ℃,溶氧浓度

收稿日期:2020-05-24

基金项目:江西省重点研发计划(编号:20171BBF60056);江西现代农业科研协同创新项目(编号:JXXTCX201602-04);江西省重大科技项目(编号:20161ACF60020)。

作者简介:章海鑫(1985—),男,江西宜春人,硕士,助理研究员,主要从事水产病害防治、水产养殖研究。E-mail:zhang73860@126.com。

通信作者:傅义龙,研究员,高级工程师,研究方向为水产养殖。E-mail:123456@qq.com。

[13] 海洋监测规范 第 4 部分:海水分析:GB 17378.4—2007[S].

[14] 胡海燕,卢继武,周 毅,等. 龙须菜在鱼藻混养系统中的生态功能[J]. 海洋科学集刊,2003,46(0):169-175.

[15] 郑 辉. 贝藻混养协同净化水产养殖废水技术研究[D]. 石家庄:河北科技大学,2014.

[16] 张忠山,王晓梅,刘 峰,等. 石莼属绿藻应答环境胁迫的生理特征与机制研究进展[J]. 海洋环境科学,2020,39(3):473-479.

[17] 谭颖仪,杨志业. 中药石莼的生药学研究[J]. 今日药学,2020,

30(4):246-248,251.

[18] 朱文涛,秦传新,马鸿梅,等. 大亚湾珊瑚礁生态系统简化食物网的稳定同位素[J]. 水产学报,2020,44(7):1112-1123.

[19] 孙颖颖,李 灿,张 静,等. 浒苔对 4 种赤潮微藻生长的影响[J]. 淮海工学院学报(自然科学版),2010,19(3):75-78.

[20] 聂司宇,孟 昊,李婷婷,等. 水生植物对富营养化水体中氮磷去除的研究进展[J]. 环境保护与循环经济,2020,40(4):47-51.

(DO) 为 8 mg/L, pH 值为 6.8 ~ 8.0, 水流速度为 0.1 ~ 0.2 m/s。

1.2 研究方法

从精液和卵混合后开始计时, 每隔 5 min 捞取 30 粒受精卵使用 Olympus 显微镜观察 1 次, 照相并记录时序和水温。到囊胚中期后每隔 1 h 捞取 30 粒受精卵使用 Olympus 显微镜观察 1 次, 照相并记录时序和水温, 直到出膜。胚胎发育分期参照吴兴兵等的方法^[9-10], 按照观察到 50% 受精卵达到某一发育时期的时间计算胚胎发育时间^[11]。在显微镜下测量成熟卵和受精卵吸水膨胀到最大时的卵膜径(精确到 0.01 mm)。用 Photoshop 软件编排胚胎发育照片。计算胚胎发育积温, 方法如下:

胚胎发育各阶段的积温($^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$) = 此阶段胚胎发育时间(h) × 水温($^{\circ}\text{C}$)。

出膜后每天捞取 20 尾鱼苗使用 Olympus 解剖镜观察仔鱼发育生长情况并拍照记录, 测量鱼体长。

2 结果与分析

2.1 吻鲟胚胎发育时序

吻鲟受精卵在水温为(22.5 ± 0.6) $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 经过 30 h 出膜, 总积温为 724.02 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ 。整个胚胎发育过程分为 7 个阶段 26 个时期。即受精卵阶段、卵裂阶段、囊胚阶段、原肠阶段、神经胚阶段、器官形成阶段和出膜阶段。胚胎发育各个时期特征描述见表 1 和图 1。

2.2 吻鲟胚胎发育及分期

2.2.1 受精卵阶段 成熟吻鲟卵呈圆球形, 淡黄色, 卵膜紧贴在卵表面, 漂流性卵, 为端黄卵, 卵径(1.26 ± 0.08) mm。受精后 10 min, 卵膜吸水开始膨胀(图 1-1), 25 min 后, 原生质逐渐向动物极移动隆起形成胚盘(图 1-2)。

2.2.2 卵裂阶段 受精后 30 min, 受精卵进入卵裂阶段。首先是胚胎分裂成 2 个大小相似的细胞(图 1-3); 然后接着分裂成大小相似的 4 个细胞(图 1-4); 3 次卵裂后, 动物极形成排列整齐的 2 排 8 个细胞(图 1-5); 接着分裂成 16 个大小相似的细胞(图 1-6)、32 个大小相似的细胞(图 1-7)。随后卵裂越来越快, 在受精后 2 h, 动物极形成一个隆起的多细胞团(图 1-8)。之后随着胚胎发育进程, 细胞分裂加快, 细胞越来越小, 细胞数目越来越多。

2.2.3 囊胚阶段 受精后 2 h 30 min, 细胞隆起到

最高, 呈桑葚形, 胚胎发育进入囊胚早期(图 1-9)。此时吸水后的膜径达到(6.86 ± 0.64) mm, 之后随着胚胎发育进程, 隆起的细胞开始降低, 变矮变平, 在受精后 3 h 40 min 胚胎进入囊胚中期(图 1-10), 此后囊胚层向下发育变薄。受精后 5 h 30 min, 囊胚层像一个帽子包住胚胎 1/3, 即进入囊胚晚期(图 1-11)。

2.2.4 原肠阶段 受精后 7 h 30 min, 胚层下包至 1/2 位置, 赤道位置出现 1 个环状结构, 即胚环, 胚胎发育进入原肠早期(图 1-12)。胚层细胞继续下包并向内卷入, 受精后 9 h 40 min, 囊胚层细胞下包至 2/3, 出现胚盾, 胚胎发育进入原肠中期(图 1-13)。然后, 胚盾膨大, 背唇出现, 胚胎被包 3/4 即到原肠晚期(图 1-14)。

2.2.5 神经胚阶段 受精后 13 h 20 min 胚胎大部分被包, 卵黄栓明显, 出现神经板锥形, 即到神经胚期(图 1-15); 然后胚孔封闭, 神经管形成(图 1-16)。

2.2.6 器官形成阶段 受精后 17 h, 开始出现肌节(图 1-17), 19 h 30 min 后头部两侧出现椭圆形眼囊(图 1-18), 20 h 40 min 时在脑后、体节前部出现 1 个椭圆形的耳囊, 肌节 22 对(图 1-19)。受精后 20 h 40 min, 尾芽逐渐游离(图 1-20), 到肌肉效应期为受精后 22 h 50 min, 肌肉收缩约 12 次/min, 此时肌节约 38 对(图 1-21)。受精后 24 h 50 min, 出现耳石和心脏原基(图 1-22), 27 h 时心脏开始搏动(图 1-23)。

2.2.7 出膜阶段 随着胚胎进一步发育, 头尾开始摆动并在膜内转动(20 ~ 30 次/min), 约在受精后 29 h 进入出膜前期。随后胚胎开始出膜, 头部先出膜, 在受精后 30 h 时进入出膜高峰期。初孵仔鱼全长(4.32 ± 0.31) mm, 心跳平均 40 ~ 50 次/min, 眼内有少量色素沉淀(图 1-24)。

2.3 吻鲟胚后发育观察

吻鲟经过胚胎发育后出膜, 初孵仔鱼长度为(5.32 ± 0.31) mm, 无油球, 除眼球腹面内侧出现 1 对黑色斑点外, 身体无色透明, 鳍条未分化(背鳍与尾鳍相连), 随水流漂浮(图 1-24)。出膜后 24 h 卵黄囊明显, 头部骨骼开始形成, 眼球明显色素增多(图 2-A)。出膜后 48 h 仔鱼头部出现色素, 头部出现嗅囊, 眼睛色素加深, 腹部开始出现色素, 口下位、背鳍和尾鳍分离, 卵黄囊吸收成狭长形(图 2-B)。72 h 仔鱼[全长(6.80 ± 0.52) mm]身体色

表 1 吻鲟胚胎发育特征

发育时期	受精后时间	积温 (℃·h)	主要特征	图序
受精卵	0	3.57		
卵周隙形成期	10 min	8.75	受精卵膨胀	1
胎盘隆起期	25 min	1.67	胎盘隆起	2
2 细胞期	30 min	3.50	2 细胞	3
4 细胞期	40 min	5.25	4 细胞	4
8 细胞期	55 min	5.25	8 细胞	5
16 细胞期	1 h 10 min	10.50	16 细胞	6
32 细胞期	1 h 40 min	7.00	32 细胞	7
多细胞期	2 h	10.50	多细胞	8
囊胚早期	2 h 30 min	23.34	动物极细胞已经分不清界限,胚盘隆起至最高处	9
囊胚中期	3 h 40 min	37.58	囊胚层变矮变平	10
囊胚晚期	5 h 30 min	42.40	囊胚层下包至 1/3	11
原肠早期	7 h 30 min	47.66	囊胚层细胞下包接近 1/2,胚环出现	12
原肠中期	9 h 40 min	48.10	囊胚层细胞下包至 2/3,胚盾出现	13
原肠晚期	11 h 50 min	33.75	囊胚层细胞下包至 3/4,胚盾扩大	14
神经胚期	13 h 20 min	30.66	囊胚层细胞下包至 4/5,卵黄栓明显,胚体基本形成	15
胚孔闭合期	14 h 40 min	54.84	胚孔闭合,卵黄囊出现	16
肌节出现期	17 h	58.75	肌节开始形成	17
眼囊形成期	19 h 30 min	27.42	肌节 18 对,眼囊出现	18
耳囊形成期	20 h 40 min	25.90	肌节 22 对,耳囊形成,尾泡出现	19
尾芽期	21 h 50 min	22.80	尾芽游离	20
肌肉效应期	22 h 50 min	45.00	肌节 38 对,肌肉收缩约 12 次/min	21
耳石形成期	24 h 50 min	71.57	耳石出现,心原基形成	22
心跳期	27 h	45.00	胚胎心脏开始搏动	23
出膜前期	29 h	21.60	胚胎可在卵膜内转动	—
出膜期	30 h	31.50	胚胎出膜	24

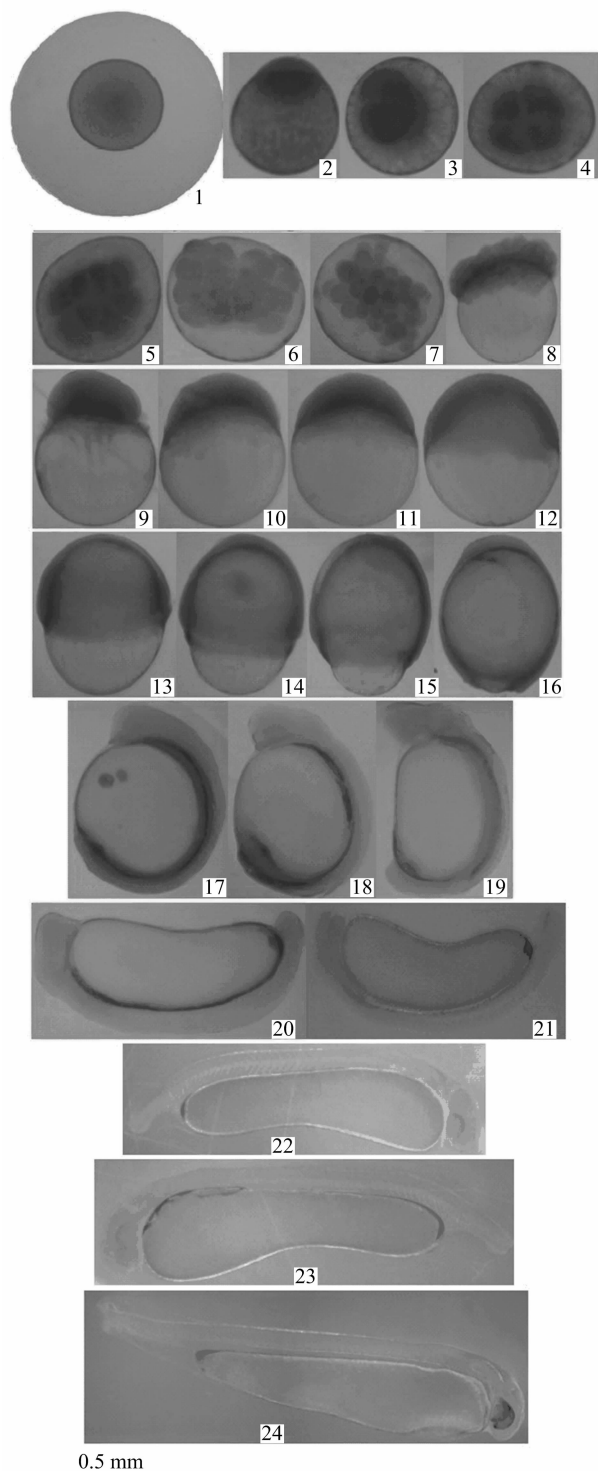
素加深(腹部色素较背部深),眼球形成,头部三角区形成,鳔出现,颌部开始前突成吻,消化道发育完整,卵黄囊残留少,可见鳃丝运动,开始平游(图 2 - C)。96 h 仔鱼[全长(8.00 ± 0.65) mm]卵黄囊消失,背部色素增多,尾鳍出现色素,仔鱼开始下沉,并能观察到鳃部运动,鳃盖骨开始出现但不能覆盖整个鳃部,开始摄食(图 2 - D)。

3 讨论

3.1 吻鲟胚胎发育特点

部分产漂流性卵鱼类胚胎发育比较见表 2。吻鲟受精卵为漂流性卵,圆形,淡黄色,无黏性,卵膜透明且薄。因为同科的不同种类,早期发育中主要形态特征的发育存在基本一致的变化规律^[13]。吻鲟与长鳍吻鲟(*Rhinogobio ventralis*)均属于吻鲟属^[15],

其胚胎发育过程与长鳍吻鲟类似,也可以分为 7 个阶段 26 个时期。与长鳍吻鲟不同的发育特点有:(1)吻鲟出膜时间(30 h)、总积温(724.02℃·h)低于长鳍吻鲟出膜时间(73.5 h)和总积温(1 275.44℃·h)^[9],但与长江鳊(*Elopichthys bambusa*)相差不大(663.00℃·h 和 27 h 45 min)^[14]。这主要与孵化水温有关,因为鱼苗的出膜时间在相当程度上是受外界环境条件所影响的(如水温、溶氧水平、水流的机械作用等)^[13],长鳍吻鲟孵化水温(17.35℃)低于吻鲟,所以出膜时间和积温高于吻鲟。胚胎发育时间短相类似的鱼类^[16]均为漂流性非黏性卵,其生境不稳定(水流条件等)且复杂,胚胎发育时间短则缩短了受精卵漂流的时间,提高了鱼卵成活率。这也可以解释为什么长鳍吻鲟只能生活在长江上游急流水域,而吻鲟



1—卵周隙形成期；2—胚盘隆起期；3—2 细胞期；4—4 细胞期；5—8 细胞期；6—16 细胞期；7—32 细胞期；8—多细胞期；9—囊胚早期；10—囊胚中期；11—囊胚晚期；12—原肠早期；13—原肠中期；14—原肠晚期；15—神经胚期；16—胚孔闭合期；17—肌节出现期；18—眼囊形成期；19—耳囊形成期；20—尾芽期；21—肌肉效应期；22—耳石形成期；23—心跳期；24—出膜期

图1 吻鲈的胚胎发育

在中下游和一些支流中同样存在。(2)吻鲈受精卵卵径小于长鳍吻鲈,但吸收膨胀后的卵膜大于长鳍

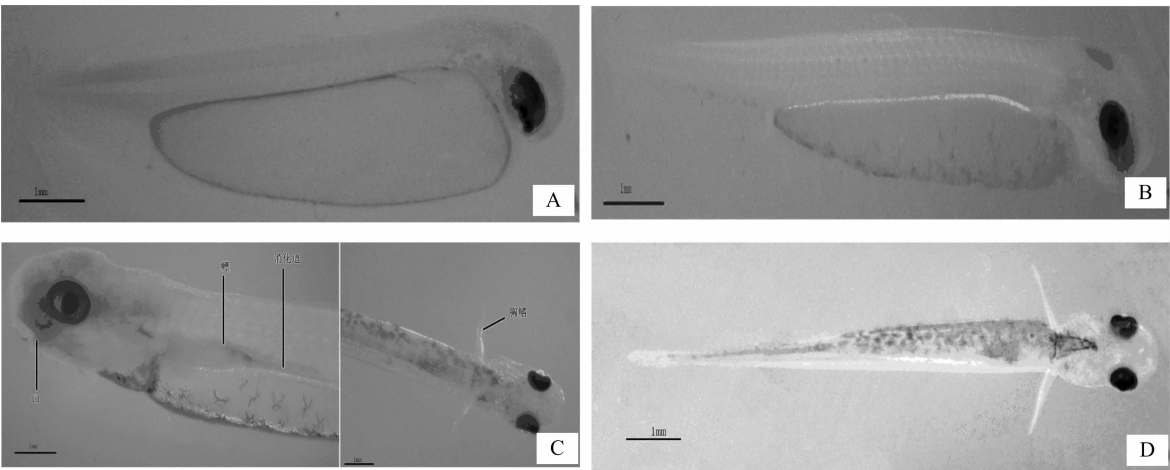
吻鲈(表 2),出膜前胚体和出膜后仔鱼 $[(5.32 \pm 0.31) \text{ mm}]$ 均小于卵膜径。这也与四大家鱼胚胎发育不同^[13],草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)出膜前胚体远长于卵膜径,尾部蜷曲很多;鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)胚体稍长于卵膜径,尾部稍蜷曲;青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)胚体与卵膜径大小基本一致。岳兴建等认为漂流性卵吸水膨胀后大小与孵化生境水流急缓有一定的关系,膜径大更适应缓流水体^[17],这也说明吻鲈比长鳍吻鲈更适应缓流水体繁殖。此外,吴兴兵等认为长鳍吻鲈胚体小于卵膜径可以作为长鳍吻鲈早期发育阶段的鉴定^[9],本研究同样发现吻鲈早期发育阶段具有类似的特点。这一特征可以作为吻鲈和长鳍吻鲈早期发育阶段的鉴定依据,但是不是整个吻鲈属均具有此特征还有待进一步研究。

3.2 吻鲈胚后发育特点

与其他鲤科鱼类相比,吻鲈初孵仔鱼全长 $(5.32 \pm 0.31 \text{ mm})$ 略短于长鳍吻鲈^[9]与四大家鱼^[13],稍长于蒙古鲌^[18]、黑尾近红鲌^[19]和银鲌(*Squalidus argentatus*)^[12],说明吻鲈初孵仔鱼全长处于中等水平。吻鲈仔鱼胚后发育的主要特点有:(1)与团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)^[20]初孵仔鱼头部有颗粒状孵化腺细胞和三角鲂(*Megalobrama terminalis*)^[21]初孵仔鱼胸鳍原基发生期出现黑色素眼点不一样,初孵吻鲈仔鱼体表除了头部两侧的眼球外,其余部分无色素但不透明。出膜后 48 h 头部出现嗅囊并在头部出现了斑状黄色色素,腹部色素出现早于背部,尾鳍色素出现早于胸鳍和腹鳍等。(2)吻鲈仔鱼口在出膜后 48 h 出现雏形,72 h 成形,之后吻部开始前突成吻。鳃丝也开始运动,96 h 鳃盖骨出现并开始覆盖鳃部。(3)吻鲈初孵仔鱼生长较快,从初孵的全长 $(5.32 \pm 0.31) \text{ mm}$,到全长 $(8.00 \pm 0.65) \text{ mm}$ 只经历了 96 h,此时开始摄食并下沉至水体底部。说明仔鱼发育速度较快,对环境具有较强的适应性。

参考文献:

- [1]施白南. 吻鲈的生物学资料[J]. 西南师范学院学报(自然科学版),1980,2(12):111-115.
- [2]熊飞,刘红艳,段辛斌,等. 长江上游江津江段吻鲈的种群参数[J]. 淡水渔业,2018,48(6):27-32.
- [3]熊飞,刘红艳,段辛斌,等. 长江上游江津江段鱼类群落结构及资源利用[J]. 安徽大学学报(自然科学版),2014,38(3):94-102.



A. 出膜后 24 h; B. 出膜后 48 h; C. 出膜后 72 h, 左边可见口、鳃和消化道, 右边胸鳍; D. 出膜后 96 h
图2 吻鲃胚后发育

表 2 部分产漂流性卵鱼类胚胎发育比较

种类	温度 (℃)	发育时间 (h)	积温 (℃·h)	卵径 (mm)	吸水后膜径 (mm)	文献来源
吻鲃	22.50 ± 0.60	30.00	724.02	1.26 ± 0.08	6.86 ± 0.64	本研究
长鳍吻鲃	17.35 ± 0.24	73.50	1275.44	1.52 ± 0.07	6.25 ± 0.11	[9]
银鲃	24.60 ~ 25.50	40.00	/	1.72 ± 0.18 *	3.35 ± 0.41	[12]
赤眼鲮	28.00 ~ 28.50	16.17	453.00	1.30 ~ 1.50	3.00 ~ 4.500	[13]
草鱼	22.00 ~ 26.00	24.00	/	1.50 ~ 1.70	4.00 ~ 6.00	[13]
鲮鱼	22.00 ~ 25.00	27.75	663.00	3.50 ~ 4.00	12.50 ~ 14.50	[14]

注: * 表示测定的是银鲃的内膜径; / 表示该文献未给具体数据。

[4]周春生,梁秩燊,黄鹤年. 兴修水利枢纽后汉江产漂流性卵鱼类的繁殖生态[J]. 水生生物学集刊,1980,7(2):175-188.

[5]万 力,蔡玉鹏,唐会元,等. 汉江中下游产漂流性卵鱼类早期资源现状的初步研究[J]. 水生态学杂志,2011,32(4):53-57.

[6]曹文宣. 长江上游特有鱼类自然保护区的建设及相关问题的思考[J]. 长江流域资源与环境,2000,9(2):131-132.

[7]常剑波,孙建勋. 嘉陵江吻鲃生长和繁殖力研究[J]. 资源开发与保护,1991,7(3):146-150.

[8]王 波,张朝晖,谭 萌,等. 大西洋牙鲆胚胎发育的形态观察[J]. 海洋科学进展,2007,25(2):191-199.

[9]吴兴兵,郭 威,朱永久,等. 长鳍吻鲃胚胎发育特征观察[J]. 四川动物,2015,34(6):889-894.

[10]易伯鲁,余志堂,梁秩燊,等. 长江草、青、鲢、鳙及其他产漂流性鱼卵鱼类胚胎发育的比较研究[G]//易伯鲁. 易伯鲁文集. 北京:科学出版社,2011:119-130.

[11]张燕萍. 黄尾鲴的胚胎发育[C]. 中国水产学会. 2017 年中国水产学会学术年会论文摘要集. 北京:中国水产学会,2017.

[12]王芊芊,吴金明,张富铁,等. 赤水河银(鲃)的早期发育与仔鱼的耐饥饿能力[J]. 动物学杂志,2010,45(3):11-20.

[13]乔 晔. 长江鱼类早期形态发育与种类鉴别[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所,2005:60-62.

[14]任丽珍,程利民,韩晓磊,等. 长江鲢胚胎及仔鱼发育研究[J]. 大连海洋大学学报,2011,26(3):215-222.

[15]孙玉苗. 吻鲃属(*Rhinogobio*)鱼类物种分化的研究[D]. 济南:山东大学,2008:1-2.

[16]谢文星,唐会元,黄道明,等. 湘江祁阳-衡南江段产漂流性卵鱼类产卵场现状的初步研究[J]. 水产科学,2014,33(2):103-107.

[17]岳兴建,王 芳,谢碧文,等. 沱江流域宽体沙鳅的胚胎发育[J]. 四川动物,2011,30(3):390-393,397.

[18]姜海峰,耿龙武,佟广香,等. 池养镜泊湖蒙古鲌的人工繁殖及胚胎发育和胚后发育观察[J]. 水产科学,2016,35(2):130-135.

[19]Xiong M, Qiao Y, Rosenthal H, et al. Early ontogeny of *Ancherythroculter nigrocauda* and effects of delayed first feeding on larvae[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2006, 22(6):502-509.

[20]李 军,张海明. 团头鲂胚胎及仔稚鱼发育观察[J]. 水产科技情报,1993,3(4):158-163.

[21]万成炎,林永泰,黄道明. 鲂胚后发育[J]. 湖泊科学,1999,11(4):357-362.