

太湖翘嘴红鲌胚胎发育及胚后发育观察

顾志敏¹, 朱俊杰¹, 贾永义¹, 潘亚均², 黄鲜明¹, 许谷星¹, 杨元杰¹

(1. 浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313001; 2. 浙江省平湖市水产技术推广站, 浙江 平湖 314200)

摘要: 对从太湖收集的野生翘嘴红鲌 (*Erythroculter ilishaeformis* Bleeker) 经人工繁殖获得子一代, 并在池塘养殖条件下对其进行人工培育获得成熟亲鱼。于 2005 年 6 月, 经人工催产、人工授精获得受精卵, 对其胚胎及胚后发育全过程进行了系统观察。结果表明, 池塘养殖条件下人工培育能获得成熟亲鱼, 经人工催产所获得的翘嘴红鲌受精卵为圆球型, 呈墨绿色、青灰色、黄色等 3 种颜色; 平均卵径为 0.9 mm (0.72~1.18 mm), 吸水后平均卵径为 1.2 mm。翘嘴红鲌胚胎发育过程可分为 19 期, 在水温 23~25℃ 范围内, 受精 30 min 后开始第 1 次卵裂, 受精后 9 h 20 min 开始形成器官, 受精后约 26 h 仔鱼开始出膜, 刚出膜的仔鱼全长为 4.10~4.67 mm, 胚胎发育总积温为 619.82℃·h。翘嘴红鲌胚后发育过程可分为仔鱼和稚鱼 2 个阶段共 15 个发育期, 在 26~31℃ 水温下历时 670 h, 其中仔鱼阶段从鱼苗孵出到腹鳍形成期, 稚鱼阶段从鳞片出现到鳞片形成期。对各发育时期外部形态特征进行了详细的描述。[中国水产科学, 2008, 15(2): 204~214]

关键词: 翘嘴红鲌; 人工授精; 胚胎发育; 胚后发育

中图分类号: Q959.46 Q132.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2008)02-0204-11

翘嘴红鲌 (*Erythroculter ilishaeformis* Bleeker), 又名翘嘴鲌, 俗称太湖白鱼, 隶属于鲤科 (Cyprinidae)、鲌鱼亚科 (Abramidae)、红鲌属 (*Erythroculter*), 在中国各大水系中均有分布。近年来, 随着翘嘴红鲌人工繁殖、养殖技术的成熟及推广, 该鱼已成为中国特别是长江三角洲地区的主要名特养殖品种。有关翘嘴红鲌人工繁殖^[1]、养殖^[2]、营养^[3]等方面已有不少研究报道。在胚胎发育研究方面, 张晓光等^[4]对兴凯湖野生翘嘴红鲌的人工授精和胚胎发育做过初步观察, 谢刚等^[5]对池养海南红鲌 (*Erythroculter pseudobrevicauda* Nichols et pope) 的胚胎发育做了简单的描述。然而, 至今缺少有关太湖产野生或人工培育翘嘴红鲌胚胎和胚后发育的详细报道。对鱼类胚胎发育和胚后发育过程的系统观察和数据积累, 对提高人工繁殖的孵化率及苗种质量, 以及今后开展多倍体育种研究都具有重要的指导意义^[6-17]。为此, 本研究以池养条件下经人工培育所获得的太湖产翘嘴红鲌为研究对象, 对其胚胎发育、胚后发育全过程进行了系统的观察, 旨在为翘嘴红鲌高质量苗种繁育及今后开展多倍体育种研究等提供必要的基础数据。

1 材料与方法

1.1 亲鱼

于 2002 年 6 月从太湖捕捞野生翘嘴红鲌亲鱼, 在浙江省淡水水产研究所湖州试验基地经人工催产、孵化获得子一代, 对子一代鱼种在池塘养殖条件下, 投喂鲜活小鱼, 经 3 年人工培育获得成熟亲鱼。选择腹部膨大、饱满的雌性亲鱼进行人工催产, 雄性亲鱼体表粗糙并能挤出精液, 雌鱼体质量为 650~750 g; 雄鱼体质量为 400~500 g。

1.2 催产、授精与孵化

2005 年 6 月, 对成熟亲鱼进行 1 次胸腔注射, 雌鱼注射量为 (LRH-A 50 μg+HCG 1 200 IU)/kg, 雄鱼注射量减半。将注射后的亲鱼放入圆形产卵池中, 以微流水刺激。采用常规人工授精方法, 在预计效应时间内, 观察雌雄鱼的发情情况, 待有发情行为后, 将亲鱼捕起, 用毛巾揩干亲鱼体表水分, 将少许精和卵挤入干净的培养皿中, 并加入适量的经曝气后的冷开水, 用羽毛不停地搅拌 2~3 min, 然后换水冲洗 2~3 次。经清洗干净的受精卵置室内在室温水浴条件下静水孵化, 水温 23~25℃, 期间不再换水。出膜后鱼苗在池塘中培育, 水温 26~31℃, 定期取样用于胚后发育观察。

收稿日期: 2007-05-17; 修订日期: 2007-10-12.

基金项目: 浙江省重点科研项目资助 (2005C22031).

作者简介: 顾志敏 (1963-), 男, 高级工程师, 研究方向为水产种质资源及育种. E-mail: guzhimin2006@163.com

1.3 观察和取样

全部发育过程均用 Nikon SMZ 800 解剖镜观察、测量记录、照相, 记录时间以所观察样本中有 50% 表现出相应发育期特征为准, 胚胎发育观察的样本数为 50~100, 胚后发育观察的样本数为 30。对胚胎发育后期的卵将卵膜剥去后置解剖镜下观察, 每天记录水温。用 400 万像素 OLYMPUS 数码相机从目镜口拍摄照片。

2 结果与分析

2.1 太湖翘嘴红鲌的繁殖习性

在池养人工培育条件下, 一般翘嘴红鲌雌鱼性成熟年龄为 3 足龄, 个别也有 2 足龄就达性成熟的, 成熟个体质量 0.4~1.5 kg/尾, 其怀卵量与亲鱼个体大小相关, 一般为 $6 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4$ 粒, 卵具黏性。每年的 6 月上旬, 当水温达 20 °C 以上即可进行人

工繁殖, 在生产上一般采用经人工催产, 在孵化环道或产卵池自然产卵、流水孵化方式。

2.2 受精卵特点

成熟卵呈圆球状, 具墨绿色、青灰色、黄色 3 种颜色。卵径平均为 0.9 mm (0.72~1.18 mm)、沉性, 有黏性。受精后 1~2 min, 卵逐渐吸水膨胀形成卵周隙, 卵平均直径增至 1.2 mm, 卵周隙不均匀。(图版 I -1)

2.3 胚胎发育时序

太湖翘嘴红鲌胚胎发育分期、发育时间及积温情况见表 1。由表可知, 根据外部形态特征可将胚胎发育过程分为 19 期; 在水温 23~25 °C 范围内, 受精 30 min 开始第 1 次卵裂, 受精后 9 h 20 min 开始形成器官, 受精后约 26 h, 开始出膜, 刚出膜的仔鱼全长 4.0~5.8 mm; 从受精到孵化出膜总积温为 619.82 °C ·h。

表 1 太湖翘嘴红鲌的胚胎发育时序 (水温 23~25 °C)

Tab.1 The embryonic development of *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker cultured in Taihu Lake (at water temperature of 23~25 °C)

发育时期 Stage	发育时间 /(h: min) Developing time	水温 / °C Water Temperature	积温 / (°C ·h) Sum of temperature	图版号 Figure ordinal
受精卵 Fertilized egg	0: 00	25	0	I -1
胚盘期 One cell stage	0: 20	25	8.33	I -2
卵裂期 Cleavage stage				
2 细胞 2-cell stage	0: 30	25	12.50	I -3
4 细胞 4-cell stage	0: 40	25	16.67	I -4
8 细胞 8-cell stage	0: 50	25	20.83	I -5
16 细胞 16-cell stage	1: 00	25	25	I -6
32 细胞 32-cell stage	1: 10	25	29.17	
桑椹期 Morula stage	2: 10	25	54.17	I -7
囊胚期 Blastula stage				
囊胚早期 Early blastula stage	2: 40	25	66.67	I -8
囊胚中期 Mid blastula stage	3: 20	25	83.33	I -9
囊胚晚期 Late blastula stage	4: 00	24	99.66	I -10
原肠期 Gastrula stage				
原肠早期 Early gastrula stage	5: 10	24	129.66	I -11
原肠中期 Mid gastrula stage	6: 00	24	147.66	I -12
原肠晚期 Late gastrula stage	6: 50	24	167.66	I -13
神经胚期 Neurula stage	7: 20	24	179.66	I -14
胚孔封闭期 Closure of blastopore stage	8: 10	24	199.66	I -15
肌节出现期 Myotome formation stage	9: 20	24	227.66	II -1
眼基期 Optic rudiment stage	10: 20	23	251.16	II -2
眼囊期 Optic vesicle stage	11: 05	23	268.41	II -3
嗅板期 Olfactory placode stage	11: 30	23	277.99	II -4
尾芽期 Tail bud stage	12: 10	23	293.32	II -5
听囊期 Otic capsule stage	12: 40	23	304.82	II -6
尾鳍出现期 Caudal fin formation stage	13: 50	23	331.65	II -7
晶体出现期 Lens formation stage	14: 50	23	354.65	II -8
心脏出现期 Heart rudiment stage	15: 20	24	366.40	II -9
耳石期 Otolithes formation stage	17: 30	24	418.40	II -10
心跳期 Heart pulsation stage	23: 00	25	553.15	II -11
出膜期 Hatching-out stage	25: 40	25	619.82	II -12

2.4 胚胎发育过程中的外部形态特征

2.4.1 胚盘期 受精后 15 min, 受精卵吸水膨胀, 原生质逐渐向动物极集中、形成胚盘并逐渐隆起, 此为胚盘期 (图版 I-2)。

2.4.2 卵裂期 胚盘经裂成大小相等的 2 个细胞, 此为 2 细胞期 (图版 I-3)。第 2 次分裂沟与第 1 次垂直经裂成大小相等的 4 个分裂球, 此为 4 细胞期 (图版 I-4)。分裂球呈 2 行 4 列, 此为 8 细胞期 (图版 I-5)。分裂球呈 4 行 4 列, 此为 16 细胞期 (图版 I-6)。分裂球呈 4 行 8 列, 此为 32 细胞期。分裂球越来越小, 细胞团隆起呈桑椹状, 此为桑椹期 (图版 I-7)。太湖翘嘴红鲌的卵裂仅局限于胚盘部分, 卵黄不分裂, 分裂沟不到达植物极卵黄部分, 为典型的盘状卵裂。

2.4.3 囊胚期 此期又可细分为早、中、晚 3 个期。胚盘卵裂球数渐增, 卵裂球间的细胞界限渐变模糊, 胚盘高矗于卵黄上, 在解剖镜下能观察到一较“平坦”的区域即卵黄合胞体层, 此为囊胚早期 (图版 I-8)。细胞界限消失, 细胞数目逐增, 原胚盘变矮, 此为囊胚中期 (图版 I-9)。囊胚表面细胞向卵黄部分下包, 胚盘变成弓状, 卵黄合胞体层变为钟形或圆顶形, 此为囊胚晚期, 预示原肠作用即将开始 (图版 I-10)。

2.4.4 原肠胚期 此期又可细分为早、中、晚 3 个期。胚层下包约 1/2, 胚环出现, 背唇呈新月状, 此为原肠早期 (图版 I-11)。胚层下包约 2/3, 胚盾出现, 此为原肠中期 (图版 I-12)。胚层下包约 3/4, 背唇明显, 此为原肠晚期 (图版 I-13)。

2.4.5 神经胚期 胚层下包约 4/5, 胚体侧卧, 胚环变小, 出现神经板雏形, 胚体前端膨大, 出现脑泡, 此为神经胚期 (图版 I-14)。

2.4.6 胚孔封闭期 胚层完全包围卵黄囊, 胚层细胞汇合为突起状末球, 神经板中线略下凹, 但胚孔位置仍留有凹陷, 此为胚孔封闭期 (图版 I-15)。

2.4.7 肌节出现期 受精后 9 h 20 min, 胚体中部出现 2~3 对体节, 此为肌节出现期 (图版 II-1)。

2.4.8 眼基期 受精后 10 h 20 min, 体节 6 对, 头部出现 1 对肾形隆起, 此为眼基期 (图版 II-2)。

2.4.9 眼囊期 受精后 11 h 5 min, 体节 8 对, 胚体前端两侧出现长椭圆形的眼囊, 此为眼囊期 (图版 II-3)。

2.4.10 嗅板期 受精后 11 h 30 min, 体节 10~11 对, 眼囊中间出现凹线, 眼前下方出现模糊的圆块, 即

嗅板, 此为嗅板期 (图版 II-4)。

2.4.11 尾芽期 受精后 12 h 10 min, 体节 13~14 对, 眼囊变为椭圆形, 胚体后部腹面出现尾芽, 呈圆锥状, 尾泡形成, 此为尾芽期 (图版 II-5)。

2.4.12 听囊期 受精后 12 h 40 min, 体节 15~16 对, 在胚体前端约 1/4 处, 后脑两侧出现“泡状”耳囊, 此为听囊期 (图版 II-6)。

2.4.13 尾鳍出现期 受精后 13 h 50 min, 体节 17~23 对, 眼杯出现, 尾芽隆起并未端具绍榴, 此为尾鳍出现期 (图版 II-7)。

2.4.14 晶体出现期 受精后 14 h 50 min, 体节 22~24 对, 眼囊中可见圆形晶体, 此为晶体出现期 (图版 II-8)。

2.4.15 心脏出现期 受精后 15 h 20 min, 体节 24 对, 肌肉开始间歇性的微缩, 出现肌肉效应。受精后 15 h 50 min, 体节 29 对, 在脊索前, 眼下后方腹面形成心脏, 腔内有串状的细胞团, 为心脏原基, 此时脑部扩大, 分化清晰, 此为心脏出现期。受精后 16 h 20 min, 体节 31~32 对, 因心腔扩大, 嗅窝出现 (图版 II-9)。

2.4.16 耳石期 受精后 17 h 30 min, 胚体尾部开始左右摆动, 在耳囊里可看到发亮的圆形颗粒, 即耳石, 此为耳石期 (图版 II-10)。

2.4.17 心跳期 受精后 21 h, 心脏开始搏动; 21 h 20 min 心脏开始有节律性的搏动, 频率为 52~56 次/min; 受精后 23 h, 胚体尾部与卵黄囊分离约 1/2, 胚胎在卵膜内开始不停地摆动伸缩, 随着发育的继续, 胚胎在卵膜内转动次数增加, 临近出膜时, 其尾部和头部不停地顶撞卵膜, 此为心跳期 (图版 II-11)。

2.4.18 出膜期 受精后 25 h 40 min, 胚体开始出膜, 大部分为尾部先出膜, 也有部分头部先出膜; 出膜时仔鱼全长平均为 4.10~4.67 mm, 无色素, 透明, 具泄殖腔, 体节 43~44 对, 心跳约 70 次/min, 卵黄囊在鱼体下方呈前粗后细的锥体, 形如胡萝卜状, 透明无色; 此时仔鱼鳍发育不完全, 只能间歇地垂直游动, 此为出膜期。至此, 胚胎发育已完成, 进入胚后发育阶段 (图版 II-12)。

2.5 胚后发育过程中的外部形态特征

翘嘴红鲌的胚后发育过程可分为仔鱼和稚鱼 2 个阶段共 15 个发育期 (表 2), 其中, 孵出期至腹鳍形成期为仔鱼阶段, 鳞片出现期至鳞片形成期为稚鱼阶段, 在 26~31 °C 下历时 670 h。以是否完全依

赖外源性营养为界,仔鱼阶段又可划分为卵黄囊仔鱼和晚期仔鱼两个亚阶段,其中,孵出期至卵黄吸

尽期为卵黄囊仔鱼亚阶段,背鳍分化期至鳞片形成期为晚期仔鱼亚阶段。

表 2 太湖翘嘴红鲌的胚后发育时序 (水温 26~31 °C)

Tab.2 Postembryonic development of *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker in Taihu Lake (at water temperature of 26~31 °C)

发育阶段 Period		发育期 Stage	发育时间 Developing time	图版号 Plate ordinal
仔鱼 Larva	卵黄囊仔鱼 Yolk-sac larva	孵出期 Hatching stage	0 h	III -1
		胸鳍原基期 Rudiment of pectoral fin stage	16 h	III -2
		鳃弧期 Gill arch stage	22 h	III -3
		眼黄色素期 Xanthic eye stage	27 h	III -4
		眼黑色素期 Melanoid eye stage	33 h	III -5
		鳔雏形期 Emergence of air bladder stage	66 h	III -6
		鳔一室期 One chamber air bladder stage	69 h	III -7
		卵黄吸尽期 Exhaustion of yolk stage	90 h	III -8
晚期仔鱼 Late stage larva		背鳍分化期 Differentiation of dorsal fin stage	119 h	III -9
		尾椎上翘期 Caudal tip lifting stage	144 h	III -10
		鳔二室期 Two chamber air bladder stage	168 h	III -11
		背鳍和臀鳍形成期 Formation of dorsal fin and anal fin stage	200 h	III -12
		腹鳍形成期 Formation of ventral fin stage	266 h	III -13
稚鱼 Juvenile		鳞片出现期 Emergence of scales stage	427 h	III -14
		鳞片形成期 Scales-forming stage	670 h	III -15

2.5.1 孵出期 刚孵出仔鱼全长 4.10~4.67 mm, 肛前长 3.07~3.23 mm, 卵黄囊 2.56 mm×0.93 mm, 眼径 0.26~0.30 mm。仔鱼运动不活跃, 一般侧卧于水底, 偶尔做螺旋向上的冲游, 然后身体平伸, 自然下沉于水底。其主要形态特征见 2.4.8 (图版 III -1)。

2.5.2 胸鳍原基期 孵化后约 16h, 全长 4.32~5.04mm, 肛前体长 3.17~3.67 mm, 卵黄囊 2.75 mm×0.55 mm, 眼径 0.25 mm, 多数个体体节 46 对左右。头部稍离开卵黄, 其前下方出现口窝。卵黄囊呈棒状, 前半部分略粗, 末端变细。头部顶端略呈黄色, 眼眶内侧腹下方的黑色素点较前面明显, 体表其他部位未见色素沉着。在第 2~3 对体节下方, 出现呈半月形的胸腺原基。位于卵黄囊前部的居维氏管明显可见。心脏移至卵黄囊前下方, 心房、心室清晰。血液无色, 可见尾静脉和主动脉内血液流动 (图版 III -2)。

2.5.3 鳃弧期 孵化后约 22 h, 全长 4.74~5.42 mm, 肛前长为 3.35~4.01 mm, 卵黄囊 2.65 mm×0.39 mm, 眼径 0.23~0.25 mm, 听囊 0.30 mm×0.19 mm, 体节约 48 对。头部基本伸直, 远离卵黄囊, 与体纵轴接近平行。卵黄囊呈棒状, 两端尖、中间粗。鱼体淡黄色, 眼下色素点呈圆形, 稍有扩大。鳃弧出现,

在眼后上方、听囊下方, 出现约 3~4 对鳃弧。胸鳍原基扩大, 略呈扇形, 延伸至第 4 对肌节下 (图版 III -3)。

2.5.4 眼黄色素期 孵化后约 27h, 全长 5.31~5.90 mm, 肛前长 3.59~3.91 mm, 卵黄囊 2.75 mm×0.31 mm, 眼径 0.22~0.27 mm, 听囊 0.34 mm×0.16 mm。头部伸直, 卵黄呈两头尖的棒状, 靠近胸鳍芽处的卵黄略向内凹陷。胸鳍芽进一步发育呈扇形。体色淡, 眼眶出现黄色素且均匀分布于整个眼球, 其内侧下方的 1 对小黑点清晰。口裂清晰。鳃丝芽开始出现。心脏分化为心室、心耳、静脉窦。听囊椭圆形, 短径约为眼径的 2/3 左右 (图版 III -4)。

2.5.5 眼黑色素期 孵化后约 33h, 全长 5.32~5.48 mm, 肛前体长 3.45~3.60 mm, 卵黄囊 2.68 mm×0.33 mm, 眼径 0.24~0.26 mm, 听囊 0.32 mm×0.20 mm。卵黄囊仍呈棒状, 但体积变小。听囊椭圆形, 长径大于短径, 两个耳石前小后大。身体的大部位仍无色素分布, 眼下的黑点消失, 眼眶内黑色素布满整个眼球, 肉眼可见显著黑点。口位于头部腹面, 下颌形成并偶尔可动。雏形鳃弓和鳃丝出现, 鳃盖尚不能遮住第 1 对鳃弓。肠隐约可见, 前段稍微膨大 (图版 III -5)。

2.5.6 鳔雏形期 孵化后约 66 h, 全长 5.60~5.62 mm, 肛前体长 3.72~3.74 mm, 听囊 0.25 mm×0.20 mm, 眼径为 0.23 mm。卵黄囊呈长楔形, 向后逐渐变细。听囊分化明显, 耳石大小差距越来越大。眼眶、晶体全部变为黑团。肠贯通, 前端膨大, 其内部出现皱褶。雏形鳔呈梭形。体两侧出现两行颜色浅淡的黑色星形色素点, 自雏形鳔开始延伸至脊索末端。此外, 腹下方、卵黄囊前部也有几片大的黑色星形色素分布。鳃丝扩大, 鳃盖开始覆盖鳃弓。胸鳍扩大, 延伸至第 8、9 对肌节。部分个体由侧卧改为直卧状态, 并可以水平游动 (图版 III-6)。

2.5.7 鳔一室期 孵化后约 69 h, 全长 5.65~5.83 mm, 肛前体长 3.52~4.07 mm, 鳔室 0.38 mm×0.31 mm, 眼径为 0.27~0.29 mm。仔鱼头尾略向腹面弯曲, 在鳔形成处略向背方突起。卵黄囊残存少许。鳔中室形成, 近圆形, 鳔周围为黑色, 中间透明。肠管内皱褶明显, 部分个体开始摄食。胸鳍发达, 末端可达鳔室中间。鳃盖覆盖住了大部分鳃弓。嗅囊出现于吻的侧上端。体两侧黑色素显著增多, 特别是卵黄囊前部、鳔的背面, 肠管沿腹面至尾鳍分布有较多点状色素。肌节数增加不明显。大部分鱼苗可以水平游动, 并具有明显趋光性。(图版 III-7)。

2.5.8 卵黄吸尽期 孵化后约 90 h, 全长 6.11~7.05 mm, 肛前体长 3.89~4.07 mm, 眼径 0.25~0.29 mm, 鳔室为 0.46 mm×0.35 mm, 卵黄吸收殆尽, 肠内普遍有食物出现, 仔鱼开始完全依靠外源性营养。听囊后下方、心脏上方出现几颗面积较大的黑色素斑。(图版 III-8)。至此, 仔鱼阶段卵黄囊仔鱼亚阶段结束。

2.5.9 背鳍分化期 孵化后约 119 h, 全长 7.50~8.70 mm, 肛前体长 4.79~5.64 mm, 眼径 0.38~0.45 mm, 鳔室为 0.69 mm×0.39 mm。个体通体黄色。头部和胸部腹面色素增多, 并趋向“八”字型。尾鳍下叶出现黑色团状色素。背鳍褶前部隆起, 背鳍原基出现。尾鳍末端微上翘, 部分个体尾鳍下叶形成 7~9 根锥形鳍条 (图版 III-9)。

2.5.10 尾椎上翘期 孵化后 144 h, 全长 8.92~11.64 mm, 肛前体长 5.64~7.28 mm, 眼径 0.42~0.61 mm, 鳔室为 0.86 mm×0.64 mm, 体节 49 个。头顶出现黑色素点。尾椎明显上翘。体表沿听囊-鳔-尾的身体纵轴方向出现 1 行黑色素带。此外, 脊索中央也有 1 条呈直线分布的黑色点状色素线, 两行色素基本呈平行状态。背鳍原基愈发显著。脊椎形成。

尾鳍边缘波纹状, 尾鳍条数为 11~21, 下叶鳍条数较多, 且有色素点并逐渐增多。鳔前室雏形可见。臀鳍褶分化显著。血液黄色, 血液循环清晰可见 (图版 III-10)。

2.5.11 鳔二室期 孵化后 168 h, 全长 11.28~11.38 mm, 肛前体长 6.86~7.08 mm, 眼径 0.60~0.65 mm, 鳔前室 0.29 mm×0.28 mm; 鳔后室 1.10 mm×0.70 mm。体表皮素增多, 约有 3 行, 其体下缘色素分布较密。脊椎上下、鳔后及肠管外侧、尾柄、背鳍、臀鳍、尾鳍基部等位置都有成团色素, 上下颌也有零星色素分布。鳔前室从中室分离, 形成 2 个鳔室, 前室近球形, 显著小于中室。背鳍鳍条即将形成, 臀鳍鳍条正在形成中 (图版 III-11)。

2.5.12 背鳍和臀鳍形成期 孵化后 200 h, 全长 10.54~12.00 mm, 体长 10.72~11.52 mm, 肛前长 6.62~7.48 mm, 鳔前室 0.84 mm×0.57 mm, 鳔后室 1.28 mm×0.86 mm, 眼径 0.63~0.68 mm。鱼体头部深黄色, 上下颌和眼后有不规则成团的色素点, 其他部位色素分布变化较小。背鳍形成 iii-7, 臀鳍形成 ii-8。尾鳍出现分节。尾柄上下与尾鳍之间还有残存的鳍褶相连。腹鳍芽出现, 呈扇形。(图版 III-12)。

2.5.13 腹鳍形成期 孵化后 266 h, 全长 12.50~15.35 mm, 肛前体长 7.25~8.10 mm, 眼径 0.67~0.70 mm。鱼体逐渐不透明, 体表深黄色, 其两侧上下缘及中部色素点呈条带状分布, 吻端也出现点状色素分布。腹鳍形成 ii-8。尾鳍与尾柄交界处上下的鳍褶基本吸收完毕, 腹鳍和臀鳍之间的鳍褶尚未吸收完毕 (图版 III-13)。

2.5.14 鳞片出现期 孵化后 427 h, 全长 12.55~16.50 mm, 肛前体长 7.32~9.10 mm, 眼径 0.73~0.78 mm。鱼体已不透明, 腹部银白色。吻端角质层明显, 并有较多黑色素点。鳞片开始出现, 自胸鳍基附近开始, 逐渐向后上部延伸。侧线鳞尚未出现, 各鳍完全形成。腹鳍和臀鳍之间尚有残存鳍褶存在 (图版 III-14)。

2.5.15 鳞片形成期 孵化后 670 h, 全长 20.50~25.68 mm, 肛前长 12.30~15.10 mm, 眼径 1.04~1.13 mm。后鳔室出现, 鳔中室大于前室。鳞片逐渐长全, 除体高/体长比相对较小之外, 外部形态较成鱼基本无区别。至此, 早期发育已完成 (图版 III-15)。

3 讨论

3.1 太湖翘嘴红鲌卵的特性

本实验观察到的太湖翘嘴红鲌的卵为沉性黏性卵,这与周剑等^[18]观察的结果相同,但和张晓光等^[4]报道的兴凯湖翘嘴红鲌的卵为漂浮无黏性卵的结论相异。本实验曾观察到翘嘴红鲌卵的黏性比鲤、鲫鱼弱,若轻轻拨弄或水流过大,即有部分卵脱落,但无论是粘于卵巢上的还是游离的,都呈沉性卵特征。太湖翘嘴红鲌和兴凯湖翘嘴红鲌属同种的不同地理群体,成鱼外部形态的聚类分析和主成份分析证明两者亲缘关系很近^[19],但其卵子特性却有如此显著的差异,这可能是实验过程观察不够全面所致,也有可能是不同的地理环境导致各自进化的结果,对此尚有进一步探索的必要。

3.2 与兴凯湖翘嘴红鲌、海南红鲌胚胎发育时序比较

本实验观察结果表明,在整个发育顺序上,太湖翘嘴红鲌、兴凯湖翘嘴红鲌和海南红鲌三者几乎没有差异,但在有效积温方面,太湖翘嘴红鲌发育所需积温为 $619.82\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$,兴凯湖翘嘴红鲌发育所需积温为 $610\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ ^[4],两者较为相近;而海南红鲌发育所需积温在 $720\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$ 以上^[5],与前两者相比,相对差异较大,这也与它们之间的亲缘关系远近相对应。

3.3 初孵仔鱼和稚鱼的形态特征

翘嘴红鲌初孵仔鱼的全长 $4.10\sim 4.67\text{ mm}$,肌节数为 44 对,进入鳞片形成期的个体全长 $20.50\sim 25.68\text{ mm}$,与同亚科鲌属鱼类^[19-20]较为相近,详见表 2。

表 2 翘嘴红鲌与同亚科鲌属仔鱼和幼鱼的形态比较

Tab.2 Comparison of morphological characteristics among larval, juvenile *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker and *Megalobrama* fish

项目 Item	翘嘴红鲌 <i>Erythroculter ilishaeformis</i> Bleeker	鲌 ^[20] <i>Megalobrama skolkovii</i> Dybowsky	厚颌鲌 ^[21] <i>Megalobrama pellegrini</i>
初孵仔鱼全长 / mm The total length of yolk sac larva after hatching	4.10~4.67	4.3	4.75~4.90
初孵仔鱼肌节数 / 对 The myotome number of yolk sac larva after hatching	44	—	43
鳞片形成期个体全长 / mm The total length of larva at scales-forming stage	20.50~25.68	29.8	28.50~33.30

3.4 胚后发育时期的划分

关于鱼类早期生活史阶段的划分,不同的学者持有不同的观点。多数学者认为,仔鱼 (Larva) 阶段的划分应从孵出期开始一直延续到形态变异完成。仔鱼阶段又分为早期仔鱼和晚期仔鱼。早期仔鱼没有摄食能力,或者其摄食和消化能力尚处于适应和强化的阶段,外源性营养的获得和利用没有保证,卵黄营养对于仔鱼的发育和生存具有非常重要的意义,以卵黄囊的存在为其典型特征,故也称卵黄囊仔鱼 (Yolk sac larva)。卵黄吸尽期之后的仔鱼主要完成器官发育和形态变异的过程,此期被称之为晚期仔鱼 (Late stage larva)。仔鱼期之后,进入稚鱼阶段 (Juvenile),主要进行生长和性腺发育,该发育阶段没有急剧的形态变化。

在参考其他鱼类发育分期的基础上,并根据

翘嘴红鲌胚后发育的特点,本研究将翘嘴红鲌整个胚后发育划分为仔鱼及稚鱼 2 个阶段共 15 个时期: (1) 初孵仔鱼期、(2) 胸鳍原基期、(3) 鳃弧期、(4) 眼黄色素期、(5) 眼黑色素期、(6) 鳔雏形期、(7) 鳔一室期、(8) 卵黄吸尽期、(9) 背鳍分化期、(10) 尾椎上翘期、(11) 鳔二室期、(12) 背鳍和臀鳍形成期、(13) 腹鳍形成期、(14) 鳞片出现期、(15) 鳞片形成期。其中 (1)~(8) 期属早期仔鱼阶段 (即卵黄囊仔鱼阶段),同时具有胚胎和仔鱼的一些特征,历时 3~4 d; (9)~(13) 属晚期仔鱼阶段,完成了器官发育和形态变异,历时 7~8 d。(14)~(15) 期属稚鱼阶段,从鳞片出现开始,至器官发育基本完成,形体特征趋向稳定,历时 16~17 d。笔者认为,这样划分较为科学、合理。

参考文献:

- [1] 宓国强,顾志敏,黄鲜明,等.翘嘴红鲌人工繁殖技术研究[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2004,23(1):64-67.
- [2] 姚军,谈灵珍.太湖白鱼引种驯养试验[J].水产养殖,2002,2:26-27.
- [3] 王桂芹,周洪琪,董永利.翘嘴红鲌幼鱼最适蛋白需求量的研究[J].吉林农业大学学报,2004,26(5):556-560.
- [4] 张晓光,陈惠,孙书清.兴凯湖翘嘴红鲌人工授精胚胎发育初步观察[J].水产学杂志,1998,11(2):29-33.
- [5] 谢刚,庞世勋,许淑英,等.池养海南红鲌人工繁殖和胚胎发育[J].水利渔业,1998,6:22-23.
- [6] 李军林,王志坚,张耀光.白甲鱼(♀)与鳊结鱼(♂)杂交种的胚胎和胚后发育[J].西南师范大学学报(自然科学版),1998,23(4):490-453.
- [7] 罗建仁,郭国民,陈焜慈.斑点胡子鲶的胚胎和仔鱼发育观察[J].动物学杂志,1994,29(4):16-20.
- [8] 柳爱莲,曹更生.斑马鱼早期胚胎发育形态学观察[J].河南大学学报(自然科学版),2004,34(2):50-53.
- [9] 谢恩义,阳清发,何学福.鳊结鱼的胚胎及幼鱼发育[J].水产学报,2002,26(2):115-121.
- [10] 方家仲,褚茂兵,肖勤.大黄鱼早期发育的形态学研究[J].海洋科学,2003,27(6):1-6.
- [11] 雷霖霖,马爱军,刘新富.大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)胚胎及仔、稚幼鱼发育研究[J].海洋与湖沼,2003,34(1):9-19.
- [12] 易祖盛,陈湘资,王春.倒刺鲃胚胎发育的研究[J].中国水产科学,2004,11(1):65-69.
- [13] 邹记兴,常林,向文洲.点带石斑鱼的亲鱼培育、产卵受精和胚胎发育[J].水生生物学报,2003,27(4):378-383.
- [14] 魏刚,黄林,陈永,等.光泽黄颡鱼胚胎发育的研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2002,27(2):567-571.
- [15] 谢仰杰,孙帼英.河川沙塘鳢的胚胎和胚后发育以及温度对胚胎发育的影响[J].厦门水产学院学报,1996,18(1):55-62.
- [16] 胡先成,曹双俊,周忠良,等.花鲈的胚胎发育和仔鱼发育[J].水产科技情报,1995,22(5):195-198.
- [17] 胡隐昌,陈奋昌,陈永乐.尖吻鲈胚胎及仔、稚鱼发育的研究[J].珠江水产,1990,12:57-66.
- [18] 周剑,陈先均.翘嘴红鲌生物学特性及人工繁殖的初步研究[J].四川农业科技,2005,1:25-28.
- [19] 王伟,陈立侨,顾志敏,等.7个不同翘嘴红鲌群体的形态差异分析[J].淡水渔业,2007,37(3):40-44.
- [20] 万成炎,林永泰,黄道明.鲢胚后发育[J].湖泊科学,1999,11(4):357-362.
- [21] 李文静,王剑伟,谭德清,等.厚颌鲂胚后发育观察[J].水产学报,2005,29(6):729-736.

Research on embryonic and postembryonic development of *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker of Taihu Lake

GU Zhi-min¹, ZHU Jun-jie¹, JIA Yong-yi¹, PAN Ya-jun², HUANG Xian-ming¹, XU Gu-xing¹, YANG Yuan-jie¹

(1. Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou, 313001, China; 2. Fisheries techniques Extension Station of Pinghu City, Pinghu, 201900, China)

Abstract: Fry produced by artificial reproduction of Taihu Lake wild population of *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker were stocked and bred in pond for the purpose of harvesting pond cultured brood fish. Fertilized eggs from pond cultured parent fish were obtained by induced spawning and artificial fertilization, and the observation of embryonic and postembryonic development processes was systematically carried out during June of 2005 in Huzhou. The results showed that the fertilized eggs of pond-cultured parent fish had an initial average size of 0.9 mm (ranging from 0.72 mm to 1.18 mm) in diameter. They had a sphere-like form, greenish black or caesious or yellow color, and bulged to 1.2 mm in diameter after absorbing water. At water temperature of 23-25 °C, the process of embryonic development could be divided into 19 stages, which were described as follows: fertilized egg at 0 min, blastodisc forming stage at 20 min post fertilization (PF), 2-cell stage at 30 min PF; early blastula stage at 2 h and 40 min PF, early gastrula stage at 5 h 10 min PF, neurula stage at 7 h and 20 min PF, blastopore closure stage at 8 h and 10 min PF; myotome forming stage at 9 h and 20 min PF, optic rudiment stage at 10 h and 20 min PF, optic vesicle stage at 11 h and 5 min PF, olfactory placode stage at 11 h and 30 min PF; tail bud

stage at 12 h and 10 min PF, otic capsule stage at 12 h and 40 min PF, caudal fin forming stage at 13 h 50 min PF; lens forming stage at 14 h and 50 min PF; heart rudiment stage at 15 h and 20 min PF, otoliths forming stage at 17 h and 30 min PF, heart pulsating stage at 23 h PF, and hatching-out stage at 25 h and 40 min PF when the accumulative temperature reached 619.82 °C •h and the size of larvae ranged about 4.10–4.67 mm in body length. At water temperature of 26–32 °C, the postembryonic development of *E. ilishaeformis* lasted for 670 h, which experienced two periods, namely larvae (from hatching stage to ventral fin forming stage) and juvenile (from scale emerging stage to scales forming stage), or 15 stages, namely hatching stage, rudiment of pectoral fin stage, gill arch stage, xanthic eye stage, melanoid eye stage, air bladder emerging stage, one chamber air bladder stage, yolk exhausting stage, dorsal fin differentiating stage, caudal tip lifting stage, two chamber air bladder stage, dorsal fin and anal fin forming stage, ventral fin forming stage, scales emerging stage and scales forming stage. [Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (2): 204–214]

Key words: *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker; artificial fertilization; embryonic development; postembryonic development

• 书讯 •

欢迎订购《长江口鱼类》

由中国水产科学研究院东海水产研究所副所长、博士生导师庄平研究员等 13 位专家撰写的专著《长江口鱼类》,已由上海科学技术出版社出版。该书是我国第一部全面科学系统地论述长江口鱼类资源的著作。

全书共分六章。第一章:长江口的地理特征及其生态环境,阐述了长江口的气候、水资源和水文条件,长江口滩涂围垦对鱼类的影响以及长江干流水利工程与社会发展对河口生态环境的影响;第二章:长江口的鱼类资源,阐述了长江口鱼类生物与栖息地多样性,鱼类饵料资源以及长江口鱼类资源保护和研究简史;第三章:主要淡水鱼类,介绍了 46 种鱼类;第四章:主要洄游鱼类和河口定居性鱼类,介绍了 53 种鱼类;第五章:主要海洋鱼类,介绍了 48 种鱼类;第六章:长江口鱼类检索,包括长江口鱼类检索表和形态图检索。书末附有鱼类彩色原图。该书为读者提供一个全面了解长江口鱼类资源及其与之相关生态环境的窗口,是一本内容丰富、图文并茂、通俗易懂的书籍。该书可供渔业资源管理人员、科研人员 and 大专院校师生阅读与参考,也可以作为科普性的大众读物。全书共 80 多万字,彩色插图 12 页,定价 100 元。

由于数量有限,如需订购,请速与东海水产研究所《现代渔业信息》杂志编辑部联系。订书款可直接邮寄到编辑部或通过银行汇入东海水产研究所帐号,另加邮寄费 15 元。

联系人:徐吟梅 电话:021-55530500 E-mail: xuym_8@hotmail.com

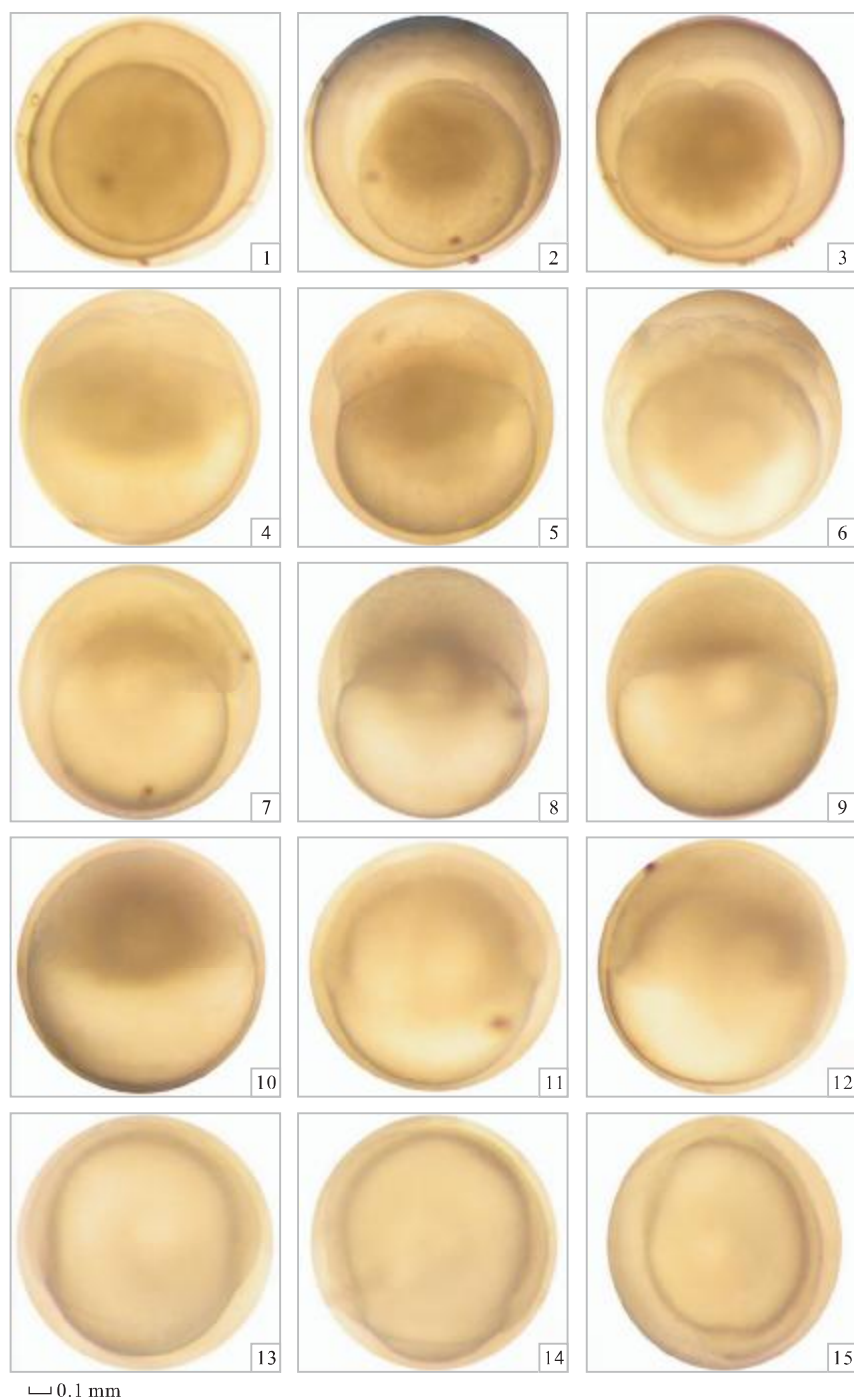
开户银行:农业银行上海市杨浦控江路支行

开户名称:中国水产科学研究院东海水产研究所

银行帐号: 03—368100040018022

顾志敏等：太湖翘嘴红鲌胚胎发育及胚后发育观察

GU Zhi-min et al: Research on embryonic and postembryonic development of *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker of Taihu Lake



图版 I

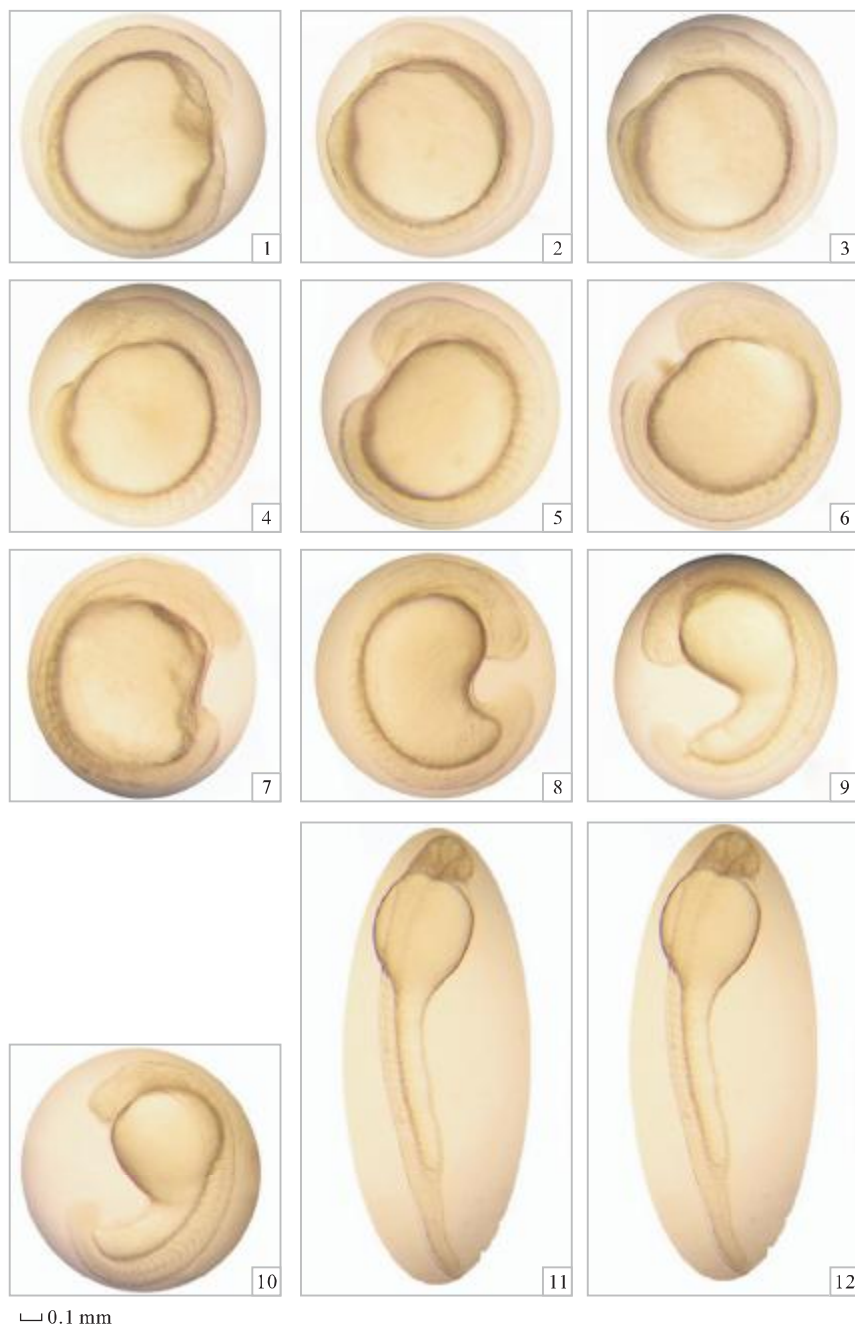
1. 受精卵 2. 胚盘期 3. 2 细胞期; 4. 4 细胞期; 5. 8 细胞期; 6. 16 细胞期; 7. 桑葚期; 8. 囊胚早期; 9. 囊胚中期; 10. 囊胚晚期; 11. 原肠初期; 12. 原肠中期; 13. 原肠晚期; 14. 神经胚期; 15. 胚孔封闭期。

Plate I

1.Fertilized egg; 2. One-cell stage; 3. 2-cell stage; 4. 4-cell stage; 5. 8-cell stage; 6.16-cell stage; 7. Morula Stage; 8. Early Blastula stage; 9. Mid Blastula stage; 10. Late Blastula stage; 11. Early gastrula stage; 12. Mid gastrula stage; 13. Late gastrula stage; 14. Neurula stage; 15.Closure of blastopore stage.

顾志敏等：太湖翘嘴红鲌胚胎发育及胚后发育观察

GU Zhi-min et al: Research on embryonic and postembryonic development of *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker of Taihu Lake



图版 II

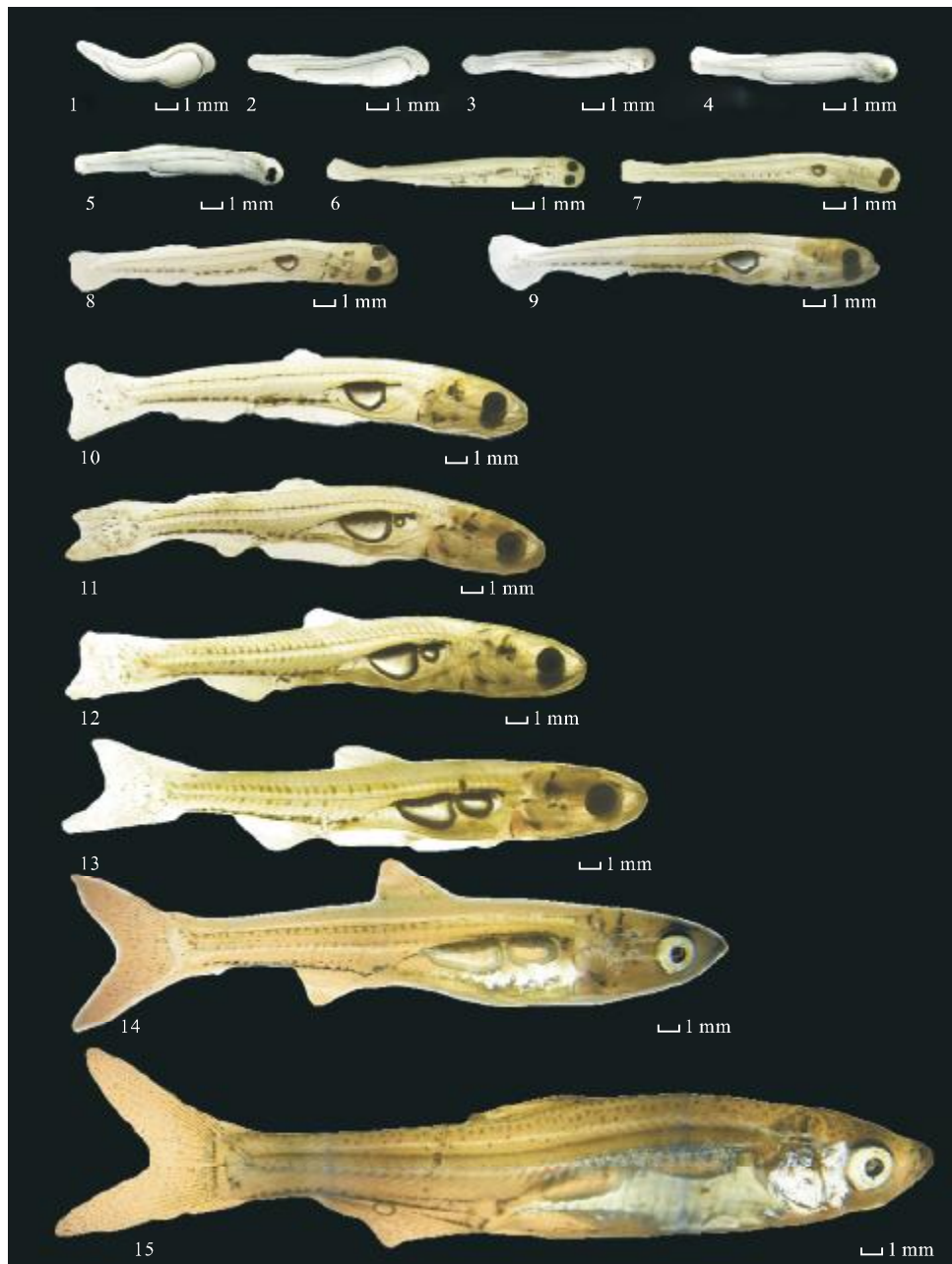
1. 肌节出现期; 2. 眼基期; 3. 眼囊期; 4. 嗅板期; 5. 尾芽期; 6. 听囊期; 7. 尾鳍出现期; 8. 晶体出现期; 9. 心脏出现期; 10. 耳石期; 11. 心跳期; 12. 孵出期.

Plate II

1. Myotome formation stage; 2. Optic rudiment stage; 3. Optic vesicle stage; 4. olfactory placode stage; 5. Tail bud stage; 6. Otic capsule stage; 7. Caudal fin formation stage; 8. Lens formation stage; 9. Heart rudiment stage; 10. Otolithes formation stage; 11. Heart pulsation stage; 12. Hatching-out stage.

顾志敏等：太湖翘嘴红鲌胚胎发育及胚后发育观察

GU Zhi-min et al: Research on embryonic and postembryonic development of *Erythroculter ilishaeformis* Bleeker of Taihu Lake



图版III

1. 孵出期; 2. 胸鳍原基期; 3. 鳃弧期; 4. 眼黄色素期; 5. 眼黑色素期; 6. 鳔雏形期; 7. 鳔一室期 8. 卵黄吸尽期; 9. 背鳍分化期; 10. 尾椎上翘期; 11. 鳔二室期; 12. 背鳍和臀鳍形成期; 13. 腹鳍形成期; 14. 鳞片出现期; 15. 鳞片形成期。

Plate III

1. Hatching stage; 2. Rudiment of pectoral fin stage; 3. Gill arch stage; 4. Xanthic eye stage; 5. Melanoid eye stage ; 6. Emergence of air bladder stage; 7. One chamber air bladder stage; 8. Exhaustion of yolk stage; 9. Differentiation of dorsal fin stage; 10. Caudal tip lifting stage; 11. Two chamber air bladder stage; 12. Formation of dorsal fin and anal fin stage; 13. Formation of ventral fin stage; 14. Emergence of scales stage; 15. Scale-forming stage.