

# 翘嘴鲌(♀)和黑尾近红鲌(♂) 杂交 F<sub>1</sub> 的胚胎发育和胚后发育观察

胡文彪<sup>1</sup> 李 清<sup>2</sup> 杨瑞斌<sup>1</sup> 王贵英<sup>2</sup>

1. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070; 2. 武汉市水产科学研究所, 武汉 430207

**摘要** 以丹江口翘嘴鲌(*Culter alburnus*) (♀) 和池养第 4 代的黑尾近红鲌(*Ancherythroculter nigrocauda*) (♂) 为亲本进行远缘杂交, 经人工催产、人工授精得到受精卵并能正常发育获得杂交鲌子一代个体。对杂交鲌胚胎及胚后发育过程及各个发育时期外部形态特征进行观察。结果发现: 受精卵近圆形, 淡黄色, 直径 0.86~0.95 mm, 受精后 1 h 40 min, 吸水膨胀, 卵径可达 1.0~1.3 mm; 发育过程可分为 7 个阶段: 受精卵胚盘形成阶段、卵裂阶段、囊胚阶段、原肠胚阶段、神经胚阶段、器官形成阶段和出膜阶段, 并进一步分为 29 个发育分期; 水温在 24~25 °C 范围内, 受精 40 min 后开始第 1 次卵裂, 受精后 26 h 大部分仔鱼发育完毕, 刚出膜的仔鱼全长为 4.50~5.05 mm, 发育总积温为 647.7 °C·h; 胚后发育过程分为仔鱼和稚鱼 2 个阶段: 仔鱼阶段为从出膜至腹鳍形成阶段, 历时 288 h, 稚鱼阶段为从腹鳍形成至鳞片长齐的阶段, 历时 240 h。刚出膜的仔鱼无游泳能力, 鱼体透明, 出膜后 104 h 仔鱼能平游, 且仔鱼口裂明显, 具备摄食能力并开始摄食。

**关键词** 黑尾近红鲌; 翘嘴鲌; 杂交子一代; 胚胎发育; 仔稚鱼发育

**中图分类号** Q 959.46+8 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)01-0103-07

黑尾近红鲌(*Ancherythroculter nigrocauda*) 隶属鲤科(Cyprinidae)、鲌亚科(Cultrinae)、近红鲌属(*Ancherythroculter*), 是分布于我国长江上游干流及支流中的一种特有鱼类。翘嘴鲌(*Culter alburnus* Basilewsky) 隶属于鲤科(Cyprinidae)、鲌亚科(Cultrinae)、鲌属(*Culter*), 广泛分布在中国各大水系。在规模化生产实践中发现翘嘴鲌摄食凶猛, 体型较好, 生长较快但性情急躁, 不易活体运输, 且人工养殖成本高; 而黑尾近红鲌性情温顺、更易驯化养殖和捕捞, 易活鱼上市, 且食性杂、养殖成本低, 因此结合两种鱼的生产优势, 选育适于规模化养殖的鲌新品种将进一步促进我国鲌鱼养殖业发展。远缘杂交是鱼类育种的基本手段之一<sup>[1]</sup>, 目前已有鲤科鱼类不同亚科间和同一亚科不同属间杂交获得后代的报道, 多数杂交种生长优势明显<sup>[2]</sup>。笔者以黑尾近红鲌和翘嘴鲌为亲本的人工杂交 F<sub>1</sub> 代为研究对象, 观察其受精卵和仔稚鱼的发育过程, 目的在于积累杂交鲌生物学基础资料, 为杂交鲌苗种的培育及

其新品种选育提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 受精卵

亲鱼是丹江口翘嘴鲌(♀) 和池塘选育第 4 代黑尾近红鲌(♂)。于 2010 年 7 月取自武汉市水产科学研究所、武汉先锋水产科技有限公司郑店基地, 通过人工注射催产素进行人工受精。人工受精完成后立刻从一孵化槽中随机取受精卵 2 000 粒, 运回华中农业大学水产学院实验室, 放入提前加氧曝气 24 h 的水箱内进行孵化, 在室温条件下保持 24 h 光照, 水温 24~25 °C, 溶氧为 5~8 mg/L。

### 1.2 取样与观测

在受精卵受精后 0~2 h, 每隔 10 min 取样 30 粒卵, 中性福尔马林固定; 受精后 2~12 h, 每 30 min 取样 1 次, 受精后 12~24 h 每小时取样 1 次, 样品不固定, 直接活体观察; 之后的取样视发育情况而定。将各时期样品于 Motic 解剖镜下进行观察,

收稿日期: 2012-06-19

基金项目: 农业部“武汉鲌鱼良种场”项目(2007403)

胡文彪, 硕士研究生。研究方向: 渔业资源。E-mail: huwenbiao13579@163.com

通讯作者: 李 清, 高级工程师。研究方向: 鱼类繁养技术。E-mail: xfsckj@163.com

杨瑞斌, 博士, 副教授。研究方向: 仔稚鱼发育。E-mail: rbyang@mail.hzau.edu.cn

测量卵径及仔鱼全长,拍照,记录水温和发育时间。仔鱼孵化后第4天投喂卤虫(开口饵料),并在5日龄时下塘,水温25~30℃。下塘后分别对5~40日龄仔鱼进行逐日取样,每次取样在08:00~09:00进行,各个时期的池塘鱼样用中性福尔马林固定,解剖镜下进行观察并拍照,用游标卡尺测量全长。根据受精卵胚胎及胚后发育阶段的特征进行分期判断<sup>[3-4]</sup>,以所观察样品中50%表现出一致的发育特征为准。图片均由Leica MZ7.5体视解剖镜成像系统拍摄而成,并经Photoshop 8.0处理进而作图。

### 1.3 有效积温的计算

以有效积温描述整个发育过程<sup>[5]</sup>。表达式: $K=T \cdot N$ 。式中 $T$ 为某发育期平均水温,℃; $N$ 为此发育期所用时间,h; $K$ 为完成此阶段所需的有效积温,℃·h。

## 2 结果与分析

### 2.1 杂交鮡受精卵的特征

翘嘴鮡成熟卵无黏性,卵径为0.86~0.95 mm,受精后的受精卵呈圆球形、淡黄色半透明,无油滴,静水时沉于底部。卵膜透明,弹性较好,遇水膨胀,吸水9 h后卵膜直径可达3.51 mm,卵径为1.0~1.3 mm,在流水中易飘动,为半浮性卵。

### 2.2 胚胎发育的时期

杂交鮡发育阶段的时间及水温见表1,整个过程可分为29个时期,胚盘期发生在受精后的30 min;细胞从受精后40 min开始第1次分裂,有效积温为16.61℃·h;原肠期发生在受精后6 h,心跳期在受精后21 h 30 min;在受精后的24 h仔鱼开始出膜,大部分仔鱼在受精后26 h出膜,此时所经积温为647.7℃·h。

### 2.3 胚胎发育过程的形态特征

1)胚盘期。受精后30 min受精卵经历有效积温12.46℃·h,开始吸水膨胀,此时卵径0.86~0.95 mm,均匀分布的原生质集中在动物极,形成帽状隆起,形成胚盘(图1-1)。

2)卵裂期。受精后40 min,胚胎经历有效积温为16.61℃·h时,动物极的胚盘径裂为相等大小的2个细胞,分裂沟明显,此为2细胞期(图1-2)。第1次分裂沟与第2次分裂沟垂直交叉,形成4个分裂球,进入4细胞期(图1-3)。每个分裂球继续分裂形成2行4列,此为8细胞期(图1-4)。分裂球呈4行4列,进入16细胞期(图1-5)。分裂球再继续

分裂形成32个细胞,此为32细胞期(图1-6)。细胞分裂成64个细胞时,为64细胞期(图1-7),卵膜开始吸水膨胀。最后进入多细胞期(图1-8),此时卵膜直径为3.5~4.0 mm,卵径1.0~1.3 mm,分裂速度加快,分裂细胞越来越多,较难分辨,排列复杂,重叠程度大,整个细胞团隆起呈桑葚状。卵裂仅发生在胚盘部分,卵黄不分裂,是典型的盘状卵裂。此为桑葚期,此时胚胎经历有效积温为53.98℃·h(图1-9)。

3)胚囊期。胚囊期分为早、中、晚3个期。胚囊早期:受精后3 h胚囊腔形成,胚囊层的高度逐渐下降。分裂细胞之间的界限开始模糊,胚囊表面变得平滑(图1-10)。胚囊中期:受精后3 h 50 min,细胞进一步分裂,细胞界限消失,胚层高度下降,胚囊层高度继续下降(图1-11)。胚囊晚期:受精后4 h 30 min胚囊细胞继续扩散,胚盘成弓形,胚层向植物极下降至整个胚胎的1/3,将部分卵黄包围起来,此时胚胎所经历积温为112.14℃·h(图1-12)。

4)原肠期。此期分为早、中、晚3个时期。原肠早期时动物极出现胚环,胚层下包约整个卵的1/2,背唇成新月状(图1-13)。原肠中期时,最主要的特征是胚层下包约2/3,开始出现胚盾(图1-14)。当胚层下包整个卵的3/4时,进入原肠晚期,此时背唇明显,胚胎所经历积温为186.86℃·h(图1-15)。

5)神经胚期。卵径1.01 mm,卵膜直径3.32 mm,胚囊层细胞下包至卵黄囊底部,约占胚体的4/5,植物极部分卵黄囊露出胚环之外,此为神经胚期,此时胚胎所经积温为195.17℃·h(图1-16)。

6)胚孔闭合期。受精后8 h 30 min,胚胎所经历有效积温为211.78℃·h时,胚孔收缩直至合拢,进入胚孔闭合期(图1-17)。

7)肌节出现期。受精后9 h 30 min,胚胎所经历有效积温236.69℃·h时,胚体开始出现模糊的3~4对肌节,进入肌节出现期(图1-18)。

8)眼基期。受精后10 h 20 min,胚胎所经历有效积温257.46℃·h时,体节5~6对,头部前端出现1对隆起,进入眼基期(图1-19)。

9)眼囊期。受精后11 h,胚胎所经历有效积温274.07℃·h时,体节7~9对,头部前端出现椭圆形眼囊,进入眼囊期(图1-20)。

10)尾芽期。受精后12 h,胚胎所经历有效积温298.98℃·h时,体节12~13对,尾部开始出现分离,并呈圆锥状,此为尾芽期(图1-21)。在此时

期内出现尾泡(图 1-22)。

11)听囊期。受精后 13 h 20 min,有效积温为 332.20 °C · h 时,体节 14~15 对,在第一、二个体节前方出现致密细胞团形成椭圆状的听囊,此时尾部后端增厚,但未与卵黄囊分离,此为听囊期(图 1-23)。

12)尾鳍出现期。受精后 14 h,有效积温为 348.81 °C · h 时,体节 22~23 对,尾部与卵黄囊分离,并出现鳍皱。此为尾鳍出现期(图 1-24)。

13)晶体出现期。受精后 15 h 40 min,有效积温为 390.34 °C · h 时,体节 22~24 对,眼晶体形成,此为晶体出现期(图 1-25)。

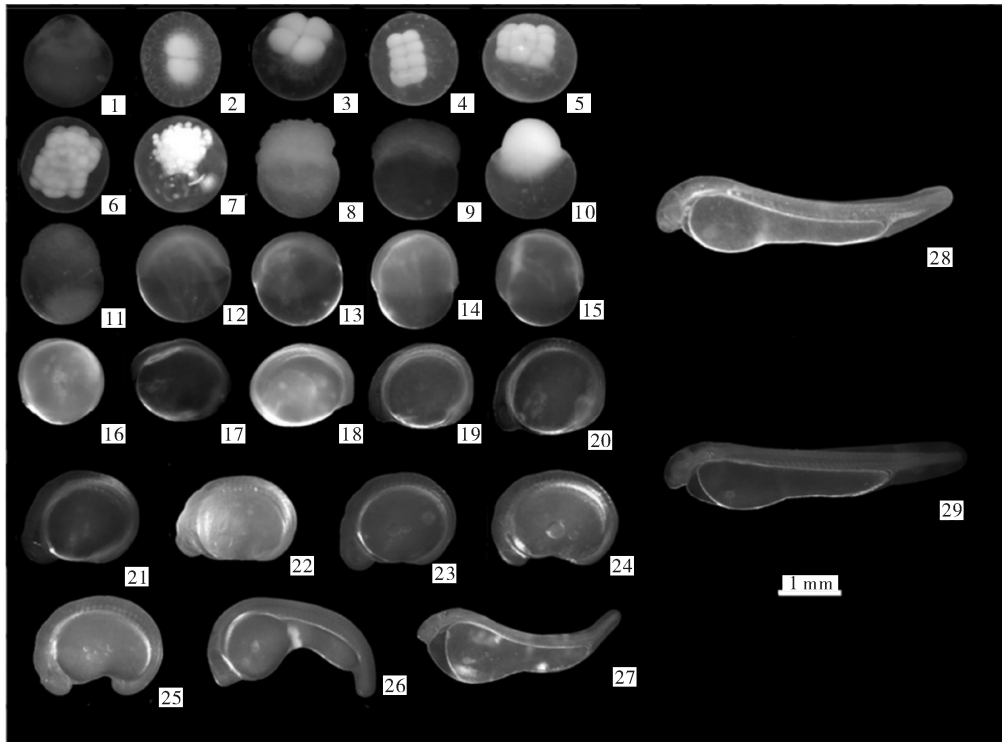
14)肌肉效应期。受精后 16 h,有效积温为

395.20 °C · h 时,体节 24~25 对,此时胚体开始出现微弱的肌肉收缩,尾部微微开始颤动,进一步伸张。此为肌肉效应期(图 1-26)。

15)耳石期。受精后 20 h,有效积温为 498.30 °C · h 时,体节 28~29 对,胚体尾部开始摆动,耳石开始出现在听囊内,此为耳石期(图 1-27)。

16)心跳期。受精后 21 h 30 min,有效积温为 535.67 °C · h 时,体节已经分布于整个尾部,心脏开始慢慢地搏动,此为心跳期(图 1-28)。

17)出膜期。受精后 26 h,胚体尾部摆动幅度加大,将卵膜顶破,完成出膜,仔鱼全长 4.50~4.82 mm,无口裂,鱼体未见色素。此为出膜期,此时胚胎所经有效积温为 647.70 °C · h(图 1-29)。



1:胚盘期; 2:2 细胞期; 3:4 细胞期; 4:8 细胞期; 5:16 细胞期; 6:32 细胞; 7:64 细胞期; 8:多细胞期; 9:桑椹期; 10:囊胚早期; 11:囊胚中期; 12:囊胚晚期; 13:原肠早期; 14:原肠中期; 15:原肠晚期; 16:神经胚期; 17:胚孔封闭期; 18:肌节出现期; 19:眼基期; 20:眼囊期; 21:尾芽期; 22:尾泡期; 23:听囊期; 24:尾鳍出现期; 25:晶体出现期; 26:肌肉效应期; 27:耳石期; 28:心跳期; 29:出膜期。

1:Blastodisc stage; 2:2-cell stage; 3:4-cell stage; 4:8-cell stage; 5:16-cell stage; 6:32-cell stage; 7:64-cell stage; 8:Multi-cells stage; 9:Morula stage; 10:Early blastula stage; 11:Mid blastula stage; 12:Late blastula stage; 13:Early gastrula stage; 14:Mid gastrula stage; 15:Late gastrula stage; 16:Neumla stage; 17:Closure of blastopore stage; 18:Myotome formation stage; 19:Optic rudiment stage; 20:Optic vesicle stage; 21:Tail bud stage; 22:Tail vesicle stage; 23:Otic capsule stage; 24:Caudal fin formation stage; 25:Lens formation stage; 26:Muscular contraction; 27:Otolithes formation stage; 28:Heart pulsation stage; 29:Hatching-out stage.

图 1 翘嘴鲌(♀)和黑尾近红鲌(♂)杂交 F<sub>1</sub> 代的胚胎发育过程

Fig. 1 Research on embryonic development of hybrid F<sub>1</sub> between *A. nigrocauda* (♂) and *C. alburnus* (♀)

## 2.4 胚后发育过程的时期及外部形态

翘嘴鲌(♀)和黑尾近红鲌(♂)杂交 F<sub>1</sub> 代的胚后发育过程分为仔鱼和稚鱼 2 个阶段。其中从出膜期到腹鳍形成期为仔鱼阶段,历时 288 h,仔鱼期又由卵黄囊仔鱼期和晚期仔鱼期组成,其中胸鳍原基期至卵黄耗尽期为卵黄囊仔鱼期,背鳍分化期至腹鳍形成期为晚期仔鱼期;从腹鳍形成至鳞片长满体表为稚鱼阶段,在温度 25~30 °C 条件下,历时 240 h。

1) 胸鳍原基期。孵化后 11 h 20 min,全长 4.50~5.05 mm,肛前长 3.02 mm,眼径 0.19~0.23 mm,体节约 46 对。头部与卵黄囊分开,卵黄囊呈前宽后窄的棒状,卵黄囊长×宽:1.51 mm×0.25 mm。体表其他部位未发现色素的分布。在体节基部下方出现了半月形的胸腺原基,眼眶下侧出现一对黑色眼点。可见体内主动脉和尾静脉,血液透明无色(图 2-1)。

2) 眼黄色素期。孵化后 30 h 30 min,全长 5.05~5.40 mm,头部进一步伸展,但未与脊椎平行,眼晶体内分布有黄色素,呈淡黄色,在位于眼眶下方的黑色素点较明显,眼径 0.25 mm,卵黄囊呈前后两端窄、中间部位宽的棒状,卵黄囊长×宽:3 mm×0.40 mm;心脏分化明显并开始跳动,分化出心室、心耳和静脉窦,血液无色。鳃丝基部开始发育。靠近肛门处的鳍带开始出现凹陷,肛前长 3.70 mm。鱼体未出现黑色素(图 2-2)。

3) 眼黑色素期。孵化后 50 h 30 min,全长 5.65~6.10 mm,最主要特征是眼眶下部的黑点消失,黑色素布满眼球,眼晶体变黑色,眼径 0.22~0.26 mm,口裂清晰明显,全身各处开始广泛出现黑色素。卵黄囊呈细棒状,两端较窄,卵黄囊长×宽:3.20×0.30 mm。鱼机体仍为无色透明,肠道开始发育。靠近肛门的鳍带凹陷明显,肛前长 4.05 mm。鳃丝分化明显,鱼沉在水底,偶尔依靠尾部摆动窜到中上水层,然后又自然沉落至水底(图 2-3)。

4) 胸鳍形成期。孵化后 55 h 30 min,全长 6.30~6.82 mm,眼径 0.26 mm,肛前长 4.16 mm。卵黄囊继续萎缩,两端窄,中间宽,卵黄囊长×宽:2.52 mm×0.31 mm。可见上下颌吞水,下颌 0.23 mm,并可见鳃盖张闭呼吸,4 对鳃丝清晰可见。肠道隐约可见,分化不明显。2 对耳石前大后小,分化明显。鱼体开始有黑色素分布,黑色素主要出现在腹部。胸鳍发育完成(图 2-4),此时鱼群能在水上层持续游动。

5) 鳔皱型期。孵化后 96 h 30 min,全长 6.48~6.84 mm,肛前长 4.25 mm,眼径 0.28 mm,卵黄囊进一步消耗,残留较少一部分,卵黄囊长×宽:2.25 mm×0.20 mm。下颌长:0.24 mm,鳃弓清晰可见,肠道可见,腹腔内有较多黑色素分布,鳔开始发育,并呈现鳔皱型(图 2-5)。此时大部分仔鱼贴缸壁在水体中上层游动。

6) 鳔一室期。孵化后 104 h,全长 6.48~6.91 mm,肛前长 4.26 mm,眼径 0.30 mm。3~5 个体节下方出现一鳔室,鳔室附近分布有黑色素,肠道进一步发育,卵黄囊显著萎缩,卵黄囊长×宽:1.60 mm×0.18 mm(图 2-6)。

7) 卵黄囊吸尽期。孵化后 120 h,全长 6.50~6.95 mm,眼径 0.30 mm,肛前长 4.29 mm,肠道长 0.31 mm。鳔继续膨大并将肠道挤压弯曲,大小为:0.30 mm×0.52 mm,此时期卵黄囊几乎被耗尽。黑色素主要分布于鳔一室、肠道和心脏。下颌长 0.24 mm。鱼肠道内有食物,仔鱼的营养方式由混合营养发育为外源性营养(图 2-7)。卵黄囊消失标志着卵黄囊仔鱼阶段结束,晚期仔鱼阶段开始。

8) 背鳍分化期。进入晚期仔鱼阶段后,背鳍最先出现分化。孵化后 168 h,全长 7.15~7.92 mm,眼径 0.31 mm,肛前长 4.50 mm,体节 47 个,眼眶和眼球均变黑,背鳍开始分化,背鳍褶呈隆起状,此时出现背鳍原基,尾末端由圆形变为竖切割型,尾椎略微上翘,尾叶下半部分约 8 根鳍条清晰可见(图 2-8)。

9) 尾椎上翘。孵化后 216 h,全长 8.05~9.10 mm,眼径 0.32 mm,肛前长 4.61 mm。鳔继续膨胀,大小为 0.55 mm×0.35 mm,此时下颌长 0.46 mm。体节 48 个,尾椎上翘,尾叶下半部的鳍条增多至 12~18 根,背鳍继续分化,臀鳍开始分化为凸起型,黑色素分布在头部、鳔、尾等部位,形成黑色素带(图 2-9)。

10) 背鳍和臀鳍形成期。孵化后 240 h,全长 9.52~10.66 mm,眼径 0.33 mm,肛前长 5.33 mm,背鳍和臀鳍分化明显,背鳍鳍条 7~9 根,臀鳍鳍条 10~16 根;尾鳍开始分叉(图 2-10)。

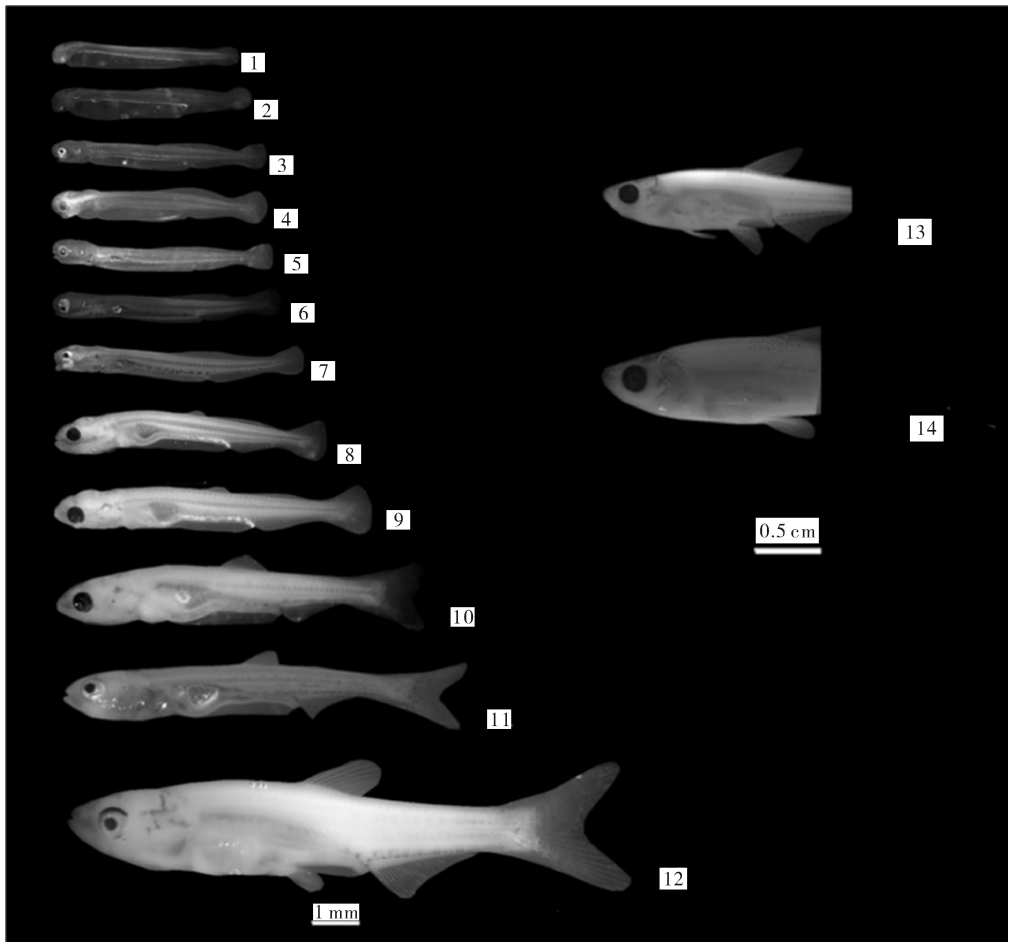
11) 鳔二室期。孵化后 264 h,全长 11.10~12.41 mm,眼径 0.35 mm,肛前长 6.51 mm。体节 49~54 个。鳔形成前鳔室和后鳔室,黑色素团分布于听囊、鳔、臀鳍根部、尾椎。尾鳍继续分叉,分布在尾叶的鳍条数目为 25~30 根,尾柄与尾鳍相连



处有鳍褶相连(图 2-11)。

12)腹鳍形成期。孵化后 288 h,全长 15.23~17.30 mm,眼径 4.20 mm,肛前长 9.10 mm。鱼体透明,吻端形成上位口并有黑色素分布,尾鳍与尾柄

连接处的鳍褶退化,臀鳍前方的鳍褶还未退化,腹鳍形成,鳍条可见,此时鳍系统发育基本完全,运动能力大大增强;鱼体呈淡黄色(图 2-12),仔鱼晚期结束,进入稚鱼期。



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

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

图 2 翘嘴鲌(♀)和黑尾近红鲌(♂)杂交 F<sub>1</sub> 代的仔稚鱼发育

Fig. 2 Research on postembryonic development of hybrid F<sub>1</sub> between *A. nigrocauda* (♂) and *C. alburnus* (♀)

## 2.5 稚鱼期鳞片形成过程的描述

进入稚鱼期后,杂交鲌 F<sub>1</sub> 代稚鱼在孵化后 480 h,鱼体全长 25~30 mm 时,体表开始出现鳞片:鱼体的侧线下方靠胸鳍附近最先开始长鳞;孵化后 600 h,鱼体背部开始长鳞,腹部基本长满,侧线未出现,腹背分界处的鳞是按从前向后的顺序出现的。孵化后 720 h,全长 40~50 mm,鱼体表长满

鳞片,侧线出现,稚鱼期结束。

## 3 讨论

### 3.1 受精卵的形态特征

杂交鲌 F<sub>1</sub> 代受精卵呈圆形,淡黄色,无黏性,呈沉性特征,卵膜透明,不用剥膜即可在解剖镜下直接观察,吸水后,卵膜膨胀直径可达 3.51 mm,卵径可

达1.0~1.3 mm,并在流水中呈半漂浮特征。以上受精卵特征与兴凯湖翘嘴鲌较为相似<sup>[6-7]</sup>。但是与父本黑尾近红鲌受精卵呈黏性的特征<sup>[8]</sup>相异,受精卵特征更接近于母本翘嘴鲌。

### 3.2 胚胎发育阶段

鱼类胚胎发育的速度与环境温度关系密切,整个发育历程可以用有效积温理论作解释。在一定温度范围之内,胚胎发育的速度随着温度的增加而加速,整个过程的总积温不变<sup>[9]</sup>。本研究发现在平均水温24.7℃条件下,杂交鲌F<sub>1</sub>代受精卵历时26 h而发育成初孵仔鱼,所需总积温647.70℃·h,其父本黑尾近红鲌的发育总积温为1 146.23℃·h<sup>[7]</sup>,其母本翘嘴鲌的发育总积温为619.82

℃·h<sup>[10]</sup>。另外,杂交鲌胚胎发育积温较狗鱼(2 641.37℃·h)<sup>[11]</sup>、倒刺鲃(1 093.75℃·h)<sup>[12]</sup>、黄鳍(4 368.00℃·h)<sup>[13]</sup>等显著偏低。此差异可能是由鱼的种类<sup>[14]</sup>、受精卵孵化环境的不同<sup>[15]</sup>而引起。

杂交鲌F<sub>1</sub>代胚胎发育的各个发育阶段与其亲本黑尾近红鲌和翘嘴鲌基本相同,经历了胚盘期、细胞分裂期、囊胚期、原肠期、神经胚期、器官发生期和出膜期7个主要发育期,未发现明显特异性。但是经历各发育阶段所需要的积温有一定的差异,杂交鲌在各重要的发育阶段所需积温均介于其亲本之间(表1)。且在杂交鲌胚后发育中的晶体出现期,其胚胎的卵黄囊出现明显凹陷,此特点与其母本翘嘴鲌的发育特点相似<sup>[6]</sup>。

表1 杂交鲌在胚胎及胚后发育中各时期的有效积温比较<sup>1)</sup>

Table 1 Comparison of accumulated temperature among hybrid F<sub>1</sub> and its parents in development

℃·h

发育期 Development stage	翘嘴鲌 <sup>[10]</sup> <i>C. alburnus</i>	杂交鲌 <i>A. nigrocauda</i> ♂ × <i>C. alburnus</i> ♀	黑尾近红鲌 <sup>[8]</sup> <i>A. nigrocauda</i>
胚盘期 Blastodisc stage	8.33	12.46	19.88
桑葚期 Morula stage	54.17	53.98	77.29
囊胚晚期 Late blastula stage	99.66	112.14	117.04
原肠晚期 Late gastrula stage	167.66	186.86	247.33
出膜期 Hatching-out stage	619.82	647.70	1 146.23
卵黄吸尽期 Exhaustion of yolk stage	2 565.00	3 300.00	2 929.17
腹鳍形成期 Formation of ventral fin stage	7 581.00	7 920.00	16 200.00
鳞片出现期 Emergence of scales stage	12 169.50	13 200.00	18 000.00

1)表中有关翘嘴鲌和黑尾近红鲌发育过程的有效积温是根据参考文献中数据计算而获得。The accumulated temperature of developmental stage about *C. alburnus* and *A. nigrocauda* was calculated according to the references.

### 3.3 胚后发育阶段

仔鱼在胸鳍原基开始出现黑色眼点,此特征与其母本翘嘴鲌相似。另外,腹鳍的形成标志着鳍系统发育完善,摄食能力增强,是晚期仔鱼发育的一个主要的特征变化。杂交鲌仔鱼在形成了鳔二室和腹鳍时,所需积温为7 920℃·h,鱼体全长范围为15.23~17.30 mm。其母本翘嘴鲌在孵化后266 h形成腹鳍,所需积温为7 581℃·h,鱼体全长为12.50~15.35 mm<sup>[10]</sup>。而黑尾近红鲌在孵化后648 h,腹鳍形成,经历积温为15 422.4℃·h,鱼体全长为(25.88±3.77) mm<sup>[8]</sup>。在胚后发育过程中,杂交鲌在卵黄囊期所需积温大于其亲本,该误差可能是由于固定的取样时间所导致,有待进一步研究。除此之外,各重要发育时期所需的有效积温均介于其两亲本之间(表1)。

总之,杂交鲌F<sub>1</sub>胚胎发育和胚后发育各阶段特征大多介于父母亲本之间且更偏似于其母本翘嘴

鲌,此现象被解释为“偏母遗传”现象<sup>[16]</sup>,即杂交种的胚胎发育受细胞质因子调控。

### 参 考 文 献

- [1] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 40-93.
- [2] 楼允东, 李小勤. 中国鱼类远缘杂交研究及其在水产养殖上的应用[J]. 中国水产科学, 2006, 13(1): 151-158.
- [3] 曹文宣, 常剑波, 乔华, 等. 长江鱼类早期资源[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 36-40.
- [4] KENDALL A W J, AHLSTROM E H, MOSER H G. Early life history stages of fishes and their characters[M]//MOSER H G, RICHARD W J, COHEN D M, et al. Ontogeny and systematics of fishes. California: Am Soc Ichthyol Herpetol, Spec Publ, 1984: 11-22.
- [5] APSTEIN C. Die Bestimmung des Alters pelagisch leben der Fischeier. Mitt[J]. Dtsch Seefisch Ver, 1909, 25: 364-373.
- [6] 李池陶, 徐伟, 王进, 等. 池塘养殖兴凯湖翘嘴鲌的人工繁殖和胚胎发育观察[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(2): 87-91.
- [7] 张晓光, 陈惠, 孙书清, 等. 兴凯湖翘嘴鲌人工受精胚胎发育初

- 步观察[J]. 水产学杂志, 1998, 11(5): 29-33.
- [8] XIONG M, QIAO Y, ROSENTHAL H, et al. Early ontogeny of *Ancherythroculter nigrocauda* and effects of delayed first feeding on larvae[J]. Appl Ichthyol, 2006, 22: 502-509.
- [9] LIN Q, LU J Y, GAO Y L, et al. The effect of temperature on gonad, embryonic development and survival rate of juvenile seahorses, *Hippocampus kuda* Bleeker [J]. Aquaculture, 2006, 254: 701-713.
- [10] 顾志敏, 朱俊杰, 贾永义, 等. 太湖翘嘴红鲌的胚胎发育及胚后发育观察[J]. 中国水产科学, 2008, 15(2): 204-211.
- [11] 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.
- [12] 易祖盛, 陈湘舜, 王春, 等. 倒刺鲃胚胎发育的研究[J]. 中国水产科学, 2004, 11(1): 65-68.
- [13] 周秋白, 吴华东, 吴红翔, 等. 黄鳝的胚胎及胚后发育[J]. 水产学报, 2003, 27(1): 505-512.
- [14] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 132-145.
- [15] 谢刚, 陈焜慈, 胡隐昌, 等. 倒刺鲃胚胎发育与水温 and 盐度的关系[J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(2): 95-98.
- [16] 夏仕玲, 余来宁, 吴作文. 鱼类卵细胞质对胚胎发育速度的调控[J]. 珠江水产, 1990(3): 65-68.

## Embryonic and postembryonic development of hybrid between *Ancherythroculter nigrocauda* (♂) and *Culter alburnus* (♀)

HU Wen-biao<sup>1</sup> LI Qing<sup>2</sup> YANG Rui-bin<sup>1</sup> WANG Gui-ying<sup>2</sup>

1. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Fisheries Research Institute of Wuhan, Wuhan 430207, China

**Abstract** The hybridizations between *Ancherythroculter nigrocauda* (♂) and *Culter alburnus* (♀) were carried out in July, 2010, and the embryonic and postembryonic development of the hybrid were observed and described. The results showed that: the fertilized eggs had a light yellow surface, a sphere-like form and a diameter of 0.86-0.95 mm. The progress of embryonic development is composed of 7 stages: one cell stage, cleavage stage, blastula stage, neumla stage, gastrula stage, apparatus-forming stage and Hatching-out stage, and each of them can be divided further into 29 periods. At water temperature of 24-25 °C, the first cleavage occurred at 40 min after fertilization (af); most of larvae hatched out at 26 h af, when the total length of the new-hatched larvae ranged from 4.50 to 5.05 mm and the accumulative temperature reached 647.7 °C · h. Postembryonic development of hybrid is consisted of larvae phase and juvenile phase. The larvae developed into juveniles at 288 h after hatching with ventral fin differentiated. Juvenile phase sustained 240 h during which scales emerged and covered the fish surface. The new-hatched larvae can not swim until a one-chambered gas bladder appeared at 104 h after hatching, meanwhile larvae began to feed exogenously.

**Key words** *Ancherythroculter nigrocauda*; *Culter alburnus*; hybrid F<sub>1</sub>; embryonic development; development of larvae and juveniles

(责任编辑:边书京)