

梭鱼早期发育阶段体色形成与鳍的分化

聂广锋^{①②} 李加儿^{①*} 区又君^① 吴水清^{①②} 王鹏飞^① 温久福^①

① 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室 广州 510300;

② 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306

摘要: 采集池塘育苗的 39 日龄之前的梭鱼 (*Liza haematocheila*) 仔、稚、幼鱼, 对其早期发育阶段体色的变化以及鳍的发生、发育进行了连续观察。初孵仔鱼体表不具黑色素, 仅卵黄囊具黑色素, 孵化后 2 日龄体表黑色素增加, 鳍膜无色透明。8 日龄仔鱼开始变得不透明, 腹侧有黑色线状斑点。在 18 ~ 19 日龄仔鱼转化为稚鱼时, 鱼体背部具大量雪花状黑色素颗粒, 在透色光下可观察到淡黄色斑点 (黄色素)。30 日龄幼鱼与成鱼相似, 体表具淡白色, 背褐腹白。梭鱼仔鱼在早期发育阶段各鳍的发育顺序是: 胸鳍→尾鳍→腹鳍→背鳍→臀鳍→第二鳍棘。初孵仔鱼, 鳍褶从头部后缘向后绕过尾部, 终止于卵黄囊后缘油球外侧。2 日龄仔鱼具胸鳍芽, 全身由鳍膜包裹, 5 日龄仔鱼胸鳍和尾鳍鳍膜已具有相当的运动能力, 能够起到推动和维持身体平衡的作用。梭鱼鳍在早期发育过程中最明显的变化是尾鳍的生长和鳍节的发育。梭鱼仔鱼在 12 日龄时出现腹鳍棘芽基, 15 日龄时第二背鳍棘出现。17 日龄, 尾椎骨向上弯曲, 尾鳍基本发育完成, 长鳍条 16 根, 具 10 节, 中间几根棘条末三节二向分叉, 短鳍条上下各 6 ~ 8 根; 背鳍有鳍条 11 根, 具 5 节, 最外侧鳍棘具刺, 基部有支鳍骨。至 30 日龄, 梭鱼幼鱼各鳍发育完全, 与成鱼相似。

关键词: 梭鱼; 体色; 鳍; 分化

中图分类号: Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2016) 03-395-09

Body Color Variation and Fins Differentiation during Early Development of Mullet (*Liza haematocheila*)

NIE Guang-Feng^{①②} LI Jia-Er^{①*} OU You-Jun^① WU Shui-Qing^{①②}
WANG Peng-Fei^① WEN Jiu-Fu^①

① *Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Guangzhou 510300;* ② *College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*

Abstract: The body color variation and fins development at early life stages of mullet (*Liza haematocheila*) were continually observed by collecting samples of larvae, juveniles and young fish reared in pond from newly

基金项目 广东省科技计划项目 (No. 2012A020602016), 广东省海洋渔业科技推广专项项目 (No. A201101D02);

* 通讯作者, E-mail: lje001@126.com;

第一作者介绍 聂广锋, 男, 硕士研究生; 研究方向: 水产养殖基础生物学与繁殖技术; E-mail: 929439283@qq.com。

收稿日期: 2015-06-05, 修回日期: 2015-11-09 DOI: 10.13859/j.cjz.201603007

hatching to 39 days after hatching (30 fish samples each day). Samples was observed under a microscope (Leica DM LB2) and stereo microscope (Carl Zeiss Stemi2000C) with Q-Capture Pro 6.0 software camera. The newly hatched larvae fish surface did not show melanin, with only yolk sac containing melanin. Two days after hatching (dph) body surface melanin appeared, with fin membrane colorless and transparent. At 8 dph the larvae became opaque, with black line ventral spots. At 18 - 19 dph, larvae transformed into juveniles, and the fish back showed numerous snow flake-like melanin granules in the shade under transparent yellowish spots. At 30 dph juveniles were similar to adult fish, showing pale white body surface, brown back, and white belly (Fig. 1). The developmental sequence of the fin in early life of mullet larval was: pectoral fin, caudal fin, ventral fin, dorsal fin, anal fin, and the second fin spines. In newly hatched larvae, the finfold distributed from edge of the head to the tail, and finally ended at lateral oil balls located at the rear edge of the yolk sac. Two dph larvae showed a pectoral fin buds, and densely fin membrane at all body; 5 dph- larvae had pectoral and caudal fins film, which had considerable moving ability and body balance maintaining function. During early development of fins the most obvious change was the growth and development of caudal fin sections. Mullet larvae developed their pelvic spines bud base at 12 dph (Fig. 2), while the second dorsal fin spines appeared at 15 dph. At 17 dph (Fig. 3), tailbone bent upward, and basically completed development (Fig. 4), with 16 long fins, each containing with 10 sections, and at the end of middle section of pins a few spines showed two to three bifurcations. Short fin root had 6 - 8 sections up and down. Dorsal fin had 11 rays, with 5 outer most spiny fin spines, the base of support fin bones. By 30 dph, young mullet's fins had fully developed, similar to the adult fish.

Key words: Mullet, *Liza haematocheila*; Body color; Fin; Differentiation

硬骨鱼类的体色具有很多重要的生态作用, 具有相应的体色, 方便它们进行正常的生命活动, 包括集群(认知同类)、繁殖(婚姻妆)、躲避敌害(拟色或保护色)等(于道德等 2012, 陈超等 2014, 区又君等 2012, 2014a, b)。鱼类体色的变化取决于色素细胞的数量、位置以及排列, 另外, 鱼类在不同发育阶段具有不同的体色, 也可能因受外界环境胁迫影响而改变(马学坤等 2006), 因而, 鱼类体色的形成和变化是对环境变化适应的结果, 包含着形态学以及生理生化学上的体色变化, 是鱼类对环境变化适应以及健康状况的重要体现。

另一方面, 鳍是鱼类主要的运动器官, 在鱼类早期发育阶段鳍的发生、分化和发育对仔、稚、幼鱼摄食、变态、生长和存活等生命活动有着至关重要的作用, 鳍的分化程度也是鱼类变态发育的重要特征之一(关键等 2012), 有学者以鳍的发生及发育作为该鱼生长特征分期

的依据(艾丽等 2010, 孙志景等 2014)。

本文研究梭鱼(*Liza haematocheila*)早期发育阶段体色形成与鳍的分化, 旨在探讨该鱼种体色与鳍的发育规律, 丰富该鱼种的发育生物学文库。同时, 也为进一步优化其种苗培育工艺流程, 提高生产效益提供科学依据。

1 材料与amp;方法

实验动物采取南海水产研究所在珠海基地培育的梭鱼初孵仔鱼到 39 日龄幼鱼, 于 2014 年 3 ~ 4 月期间取自同一池塘。受精卵在水温(20.5 ± 0.5) $^{\circ}\text{C}$ 、盐度 3.5、pH 7.0 ~ 7.2 条件下孵化, 经过 53 h 孵出仔鱼。将初孵仔鱼放置于室内水泥池中的孵化箱内, 培养至能开口摄食后放入室外土池中培育(5 日龄下塘), 育苗条件为人工培肥的含有大量天然浮游动植物的营养水体, 仔鱼的开口饵料为轮虫(*Brachionus plicatilis*)、桡足类(Copepods)卵、桡足类幼

体、卤虫 (*Artemia salina*) 无节幼体, 15 日龄后采用鳗鱼粉, 用水稀释喷洒投喂, 投喂时间为每天 9 时和 15 时前后, 出苗前后改为小颗粒饵料。

每天取 20 ~ 30 尾 39 日龄前的仔鱼、稚鱼或幼鱼, 后期较大的幼鱼用佳能相机拍照, 并用 Q-Capture Pro 6.0 软件测量梭鱼仔、稚、幼鱼的全长、体宽、尾鳍长、胸鳍长、腹鳍棘长、背鳍棘长。所有样品用中性福尔马林溶液固定 24 ~ 48 h, 保存在 70% 乙醇溶液中备查。

2 结果

2.1 梭鱼早期发育阶段体表色素的变化

初孵仔鱼全长 (2.27 ± 0.12) mm, 身体呈直线状, 仅能转动, 静止时卵黄囊向上平躺, 或悬浮。卵黄囊较大, 约为全长的一半, 椭圆形, 油球暗黑色, 位于卵黄囊后方, 头部外延具黑色素, 躯体透明无黑色素, 头部后方具溢裂褶 (图 1a)。

1 日龄, 仔鱼全长 (3.25 ± 0.23) mm, 卵黄囊呈半透明状, 油球具黑色素, 头部及卵黄囊上方黑色素明显, 躯干部出现零星点黑色素细胞, 清晰可见眼部雏形。眼睑原基形成, 具少量黑色素, 但眼球尚未形成 (图 1b)。

2 日龄, 仔鱼全长 (3.53 ± 0.24) mm, 头部倾曲, 消化道延伸至肛门, 油球黑色素较多, 靠近整个消化道具大量大颗粒状黑色素, 呈连续长条状 (图 1c)。

4 日龄, 仔鱼全长 (3.93 ± 0.28) mm, 镜检可见仔鱼头部后方躯体背部上方黑色素面积增大, 油球黑色素聚集呈黑褐色, 贴近消化道背侧有一条呈条状的黑色素带, 颜色深, 眼点色素变深, 仔鱼的口能够机械地闭合, 已能够摄食 (图 1d)。

5 ~ 8 日龄, 8 日龄仔鱼全长 (6.47 ± 0.28) mm, 头部各器官逐渐发育, 已具备与成体类似的鳃盖骨, 但此时骨化程度还不够, 眼球及口器官较大, 消化道上方黑色斑点逐渐扩大, 消化道外侧覆盖大量黑色素, 颜色深, 头

顶部眼后侧有部分黑色斑点, 头颌骨中央有少量黑色斑点。背部靠近鳍膜侧有大量黑色斑点, 呈不连续线状。腹侧有黑色线状斑点 (图 1e, f)。

9 日龄, 整体观察仔鱼躯干部分仍透明, 色素进一步分布, 体表黑色素进一步加重, 从头部后延外侧到尾部, 脊柱背侧开始出现较大的零星分布的雪花状色素, 整个脊柱躯干部下延出现条状黑色素, 腹下消化道大颗粒状树突, 有少量黄色细胞, 镜检呈黄色 (图 1g)。

10 日龄仔鱼被零星小型黑色颗粒, 以腹下颗粒最大, 颜色最深, 黑色素明显, 鳃盖后缘有少量黑色素颗粒 (图 1h)。

12 日龄, 仔鱼全身密被许多黑色素斑点, 仅腹部存在较大的黑色素斑点, 细胞体积扩大, 树枝状分支明显, 背鳍及腹鳍基部黑色素细胞较多, 颜色深, 全身黄色素细胞进一步增多, 镜检黄色明显 (图 1i)。

14 日龄, 仔鱼体表小型色素细胞已经减少, 大量黑色素细胞朝眼睛上方后延聚集, 颜色较深, 呈褐色。胸部零星的色素细胞减少, 聚集呈雪花状, 具淡黄色, 仔鱼后半部脊索有一条深色的色素带。整尾仔鱼呈半透明, 头部及背部颜色较深, 腹下色泽淡近透明, 仅臀鳍棘下具色素细胞颗粒 (图 1j, k)。

16 ~ 17 日龄: 全长 (13.57 ± 0.34) mm, 鱼体色大部分为深褐色, 以背鳍基部最深, 背部黑色素细胞有两种, 一种为雪花状, 呈辐射状, 较大颜色深, 另一种颜色淡, 较小。在头部和背部呈现棕黄色, 腹下白色, 但在镜下有大量雪花状黑色素斑点, 黄色素明显, 背鳍及腹鳍透明无色 (图 1l)。

18 日龄, 吻部上侧具黑色素颗粒, 头颌骨上方后延, 镜下有呈块状黑色素颗粒, 背鳍棘基部具黑色素, 鳍膜透明无色素, 臀鳍上具黑色素, 鳍条透明, 腹下肛门后部呈白色, 胸后腹下镜检具黑色素颗粒, 颜色比后部深, 脊索外侧背侧线黑色, 腹鳍无色 (图 1m, n)。

19 ~ 20 日龄, 稚鱼尾部具少量鳞片, 背部

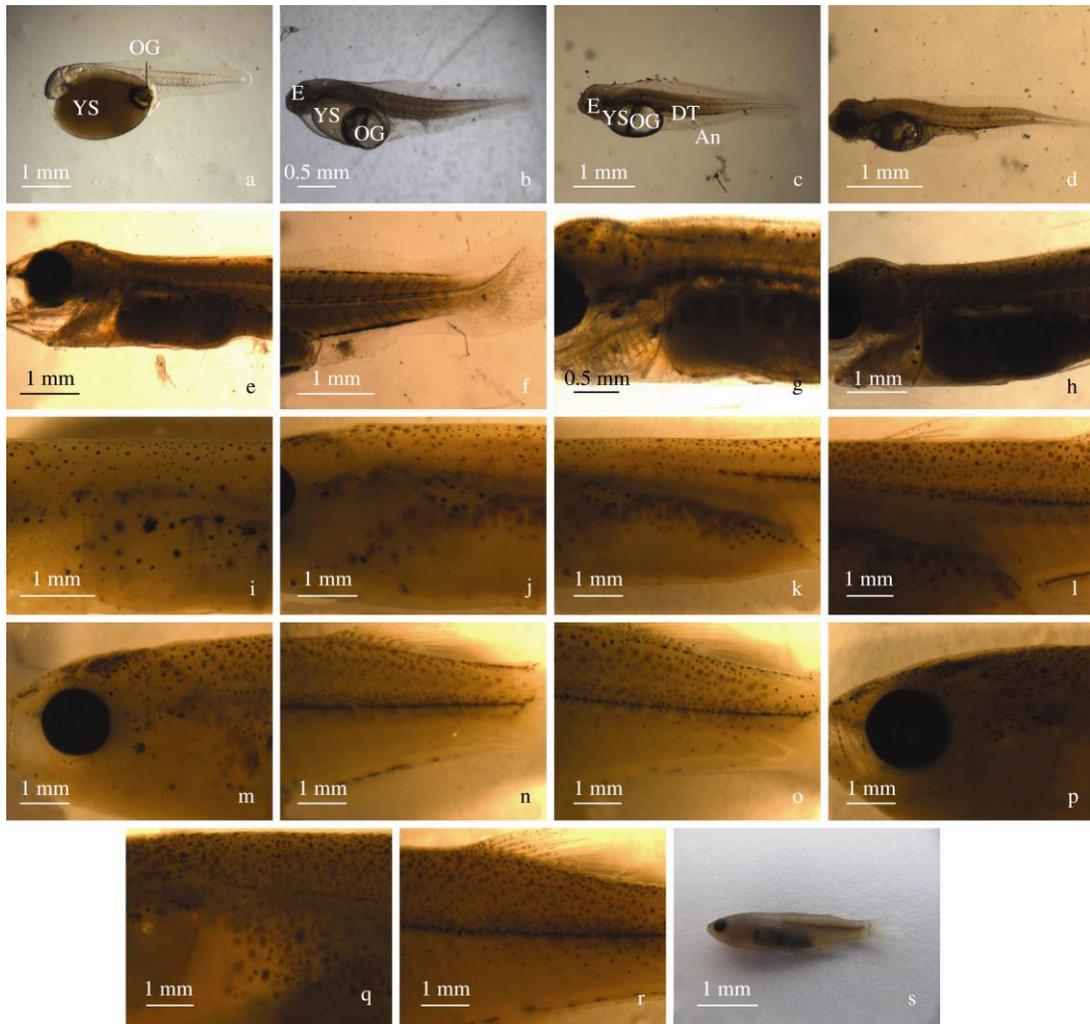


图 1 梭鱼仔、稚、幼鱼体色的变化

Fig. 1 Changes in the color of larval, juvenile and young *Liza haematocheila*

a. 初孵; b. 1 日龄; c. 2 日龄; d. 4 日龄; e. 8 日龄 (头部); f. 8 日龄 (尾部); g. 9 日龄; h. 10 日龄; i. 12 日龄; j. 14 日龄; k. 14 日龄 (腹部); l. 17 日龄; m. 18 日龄; n. 18 日龄 (臀部); o. 19 日龄; p. 22 日龄 (头部); q. 22 日龄; r. 24 日龄; s. 29 日龄。

a. Newly hatched; b. 1 dph; c. 2 dph; d. 4 dph; e. 8 dph (head); f. 8 dph (tail); g. 9 dph; h. 10 dph; i. 12 dph; j. 14 dph; k. 14 dph (abdomen); l. 17 dph; m. 18 dph; n. 18 dph (buttock); o. 19 dph; p. 22 dph (head); q. 22 dph; r. 24 dph; s. 29 dph.

An. 肛门; DT. 消化道; E. 眼睛; OG. 油球; YS. 卵黄囊. An. Anus; DT. Digestive tract; E. Eye; OG. Oil globules; YS. Yolk sac.

具大量雪花状黑色素颗粒, 在镜检透射光下呈淡黄色斑点, 另一种黑色素颗粒较小, 但颜色深, 多分布在背部外侧。臀鳍及尾鳍无色透明 (图 1o)。

22 ~ 24 日龄, 全长 (15.31 ± 0.64) mm, 稚鱼全身布满鳞片, 鳃盖部淡白色, 镜检上缘

具黑色, 体表色素变为小颗粒, 背部具大量黑色素, 腹部白色, 鳍条透明 (图 1p ~ r)。

29 ~ 30 日龄, 全身具淡白色鳞片, 体背部具较多的黑色素, 呈黑褐色, 腹部淡白色, 腹部与背部以脊索基部一条黑色带隔开, 脊索附近颜色较深, 本次实验中, 采用中性福尔马林

液固定, 胃肠颜色较深。鳃盖处布满零星色素细胞, 呈星状分布。眼球较大, 吻前部具块状色素细胞, 腹下尾部边缘具雪花状黑色斑点(图 1s)。

2.2 梭鱼鳍的分化和发育

梭鱼背鳍、腹鳍、胸鳍和尾鳍的发育过程分别见图 2、图 3 和图 4。

初孵仔鱼: 鳍褶从头部后缘, 向后绕过尾部, 终止于卵黄囊后缘, 油球外侧, 全身密闭鳍膜, 鳍膜无色透明, 脊索直线型, 仅尾部稍细(图 2a)。

2 日龄仔鱼: 仔鱼增长, 鳍褶增高, 胸鳍芽基出现(图 3a), 位于头部脊索弯曲的下方, 鳍膜增大延伸, 尾鳍膜增高, 与躯干部之间凹陷(图 2b)。

4 日龄仔鱼: 胸鳍呈半椭圆形, 鳍基部分大于边缘的鳍褶, 两者均透明(图 3b), 眼球黑色, 具完整的结构, 卵黄囊进一步减小, 油球体积相对较大, 尾鳍进一步凹陷(图 2c)。

6 日龄仔鱼: 口裂增大, 摄食能力以大大增强, 鳃盖溢裂锥形初现, 胸鳍鳍褶进一步增长, 背鳍鳍膜凸起, 尾鳍鳍膜下凸(图 2d)。

8 日龄仔鱼: 尾鳍分化完成, 尾椎上翘, 形成 13 条鳍棘, 似扇形, 鳍条具三节。在肛门后侧与尾鳍交界处凹陷, 臀鳍原基形成, 在背部与尾鳍交界处, 背鳍原基形成(图 4a)。

9 日龄仔鱼: 背鳍鳍褶比臀鳍先发生(图 4a)。胸鳍进一步增大, 发育呈长椭圆形, 透明部分大于不透明部分, 部分鳍褶出现鳍条(图 3d)。

10 日龄仔鱼: 脊节明显, 开口向尾呈 V 字型, 尾椎继续向上弯曲, 臀鳍分化完成, 形成 8~9 条硬鳍条, 尚未分支, 由鳍膜覆盖呈一整块, 背鳍具 6~7 条鳍条, 臀鳍及背鳍基处遍布黑色素, 基部可见支鳍骨。尾鳍进一步伸长, 仍由鳍膜包裹, 无分叉, 鳍条 16 根, 具 5 节(图 4b)。胸鳍具扇形, 外侧透明内侧具黑色素, 透明部分大于不透明部分, 鳍条尚未分化(图 3e)。

11 日龄仔鱼: 腹鳍膜在腹下凸起处出现(腹鳍芽)。胸鳍进一步增大伸长, 鳍条部分骨化。

12 日龄仔鱼: 第二背鳍棘在背部中央出现较小的鳍褶。

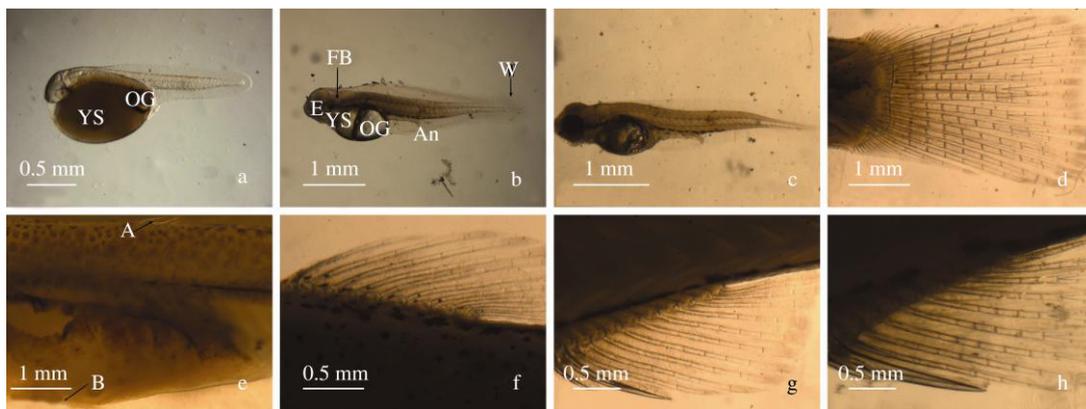


图 2 梭鱼背鳍和腹鳍的发育过程

Fig. 2 Dorsal fin and pelvic fins development process of *Liza haematocheila*

a. 初孵; b. 2 日龄; c. 4 日龄; d. 6 日龄; e. 13 日龄; f. 17 日龄(背鳍); g. 17 日龄(腹鳍); h. 24 日龄。

a. Newly hatched; b. 2 dph; c. 4 dph; d. 6 dph; e. 13 dph; f. 17 dph (dorsal fin); g. 17 dph (pelvic fin); h. 24 dph.

A. 第二鳍棘; An. 肛门; B. 腹鳍; E. 眼睛; FB. 鳍芽; OG. 油球; YS. 卵黄囊; W. 尾椎骨。

A. The second spines; An. Anus; B. Pelvic fins; E. Eye; FB. Fin buds; OG. Oil globules; YS. Yolk sac; W. Whiplash.

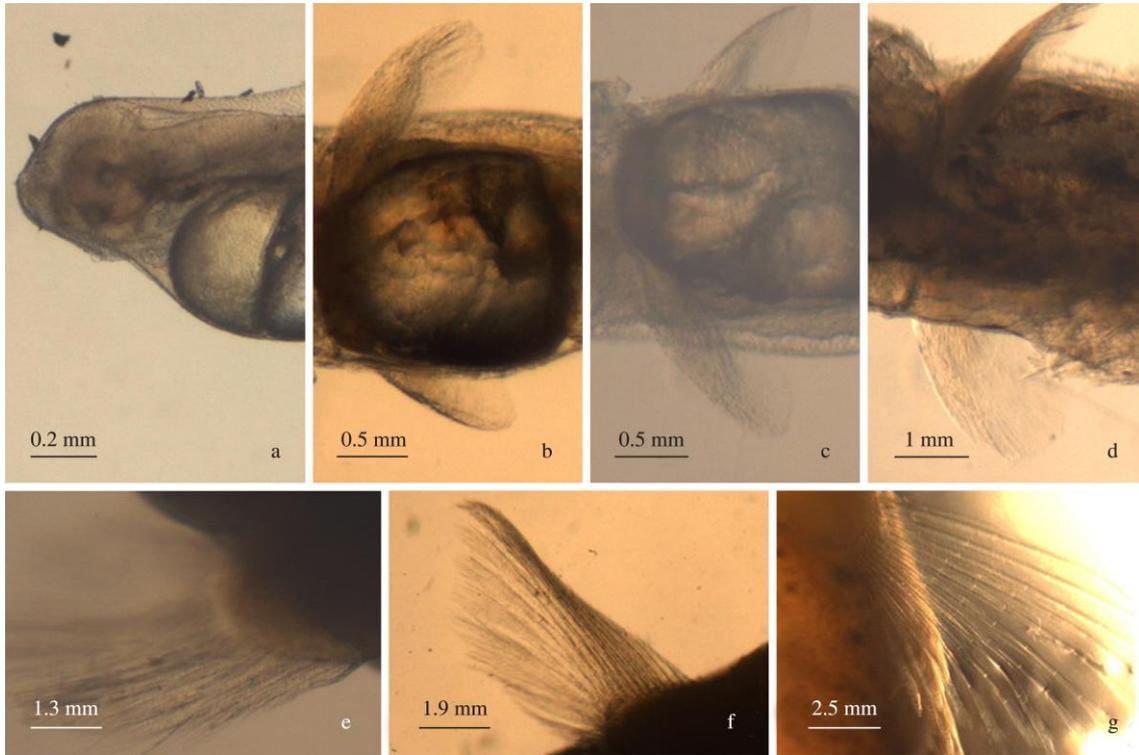


图 3 梭鱼胸鳍的发育过程

Fig. 3 Pectoral fins development process of *Liza haematocheila*

a. 2 日龄; b. 4 日龄; c. 5 日龄; d. 9 日龄; e. 11 日龄; f. 14 日龄; g. 22 日龄。

a. 2 dph; b. 4 dph; c. 5 dph; d. 9 dph; e. 11 dph; f. 14 dph; g. 22 dph.

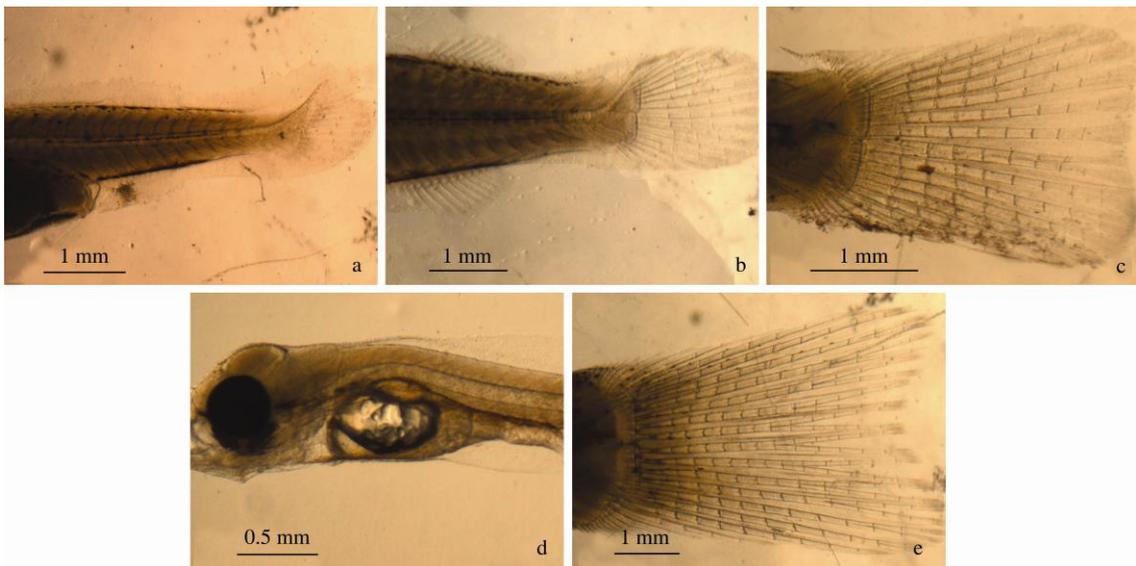


图 4 梭鱼尾鳍的发育过程

Fig. 4 Caudal fin development process of *Liza haematocheila*

a. 8 日龄; b. 10 日龄; c. 14 日龄; d. 17 日龄; e. 22 日龄。 a. 8 dph; b. 10 dph; c. 14 dph; d. 17 dph; e. 22 dph.

13 日龄仔鱼:第二背鳍棘分化形成鳍棘 3 根,鳍膜不完全覆盖,腹鳍分化成一对,较小(图 2e)。尾鳍进一步发育,中央稍凹陷,具鳍条 16~18 根,具 7 节,胸鳍外侧部分鳍条化。

14 日龄仔鱼:尾鳍中央进一步凹陷,长鳍条 16 根,具 9 节,尾节分叉,尾鳍基部具黑色素,胸鳍鳍褶部分减小,鳍棘伸长,具 10~12 根(图 4c)。背鳍黑色素加深,胸鳍鳍条进一步骨化,鳍褶相对减小,部分鳍条间具节,鳍条间由鳍膜连接(图 3f)。

17 日龄仔鱼:椎骨向上弯曲,基本发育完成,长鳍条 16 根,具 10 节,中间几根棘条末三节二向分叉,短鳍条上下各 6~8 根。背鳍有鳍条 11 根,具 5 节,最外侧鳍棘具刺,基部有支鳍骨(图 2f)。臀鳍具 12 鳍条,基部支鳍骨明显,内侧具线型黑色素,不分支,外侧有鳍膜覆盖,第一及第二根具刺。胸鳍呈扇形,开始出现鳍条,透明部分增大,不透明的基质部分较小,厚实透明,外侧呈棘条状,有鳍膜覆盖,具扇形木筏结构,鳍条具节,较大(图 2g)。第二背鳍棘三根,无鳍膜覆盖,具刺。尾鳍进一步发育,边缘多支化,鳍条进一步发育增粗,分支加深,鳍基具尾上骨、尾下骨、尾柄以及第二鳍骨等(图 4d)。

22 日龄仔鱼:上翘的尾椎骨分界处,可见尾下宽骨板以及从脊椎处分化出来的尾下骨旁骨,尾鳍进一步伸长,具 13 节,长鳍条 15 根,中间鳍条从第八节开始二分叉,鳍膜短于鳍棘,中央凹陷,呈 V 字型,钝角(图 4e)。背鳍鳍条进一步增长,具 7 根鳍条,中央 3 根长于边缘的,臀鳍较大,靠近肛门的两根鳍条具刺,较粗,第二根稍长。第二鳍棘伸长,具鳍膜,无节。胸鳍鳍条 10~12 根,2~3 节,无分支,形态结构发育完全(图 3g)。

29~30 日龄仔鱼,幼鱼各部发育完成,各部形态与成鱼相似,幼鱼体色显现,全身披被鳞片(图 1s)。

3 讨论

鱼类形态的早期发育的是一个动态的变化过程,是幼体在外界环境生长过程中的综合体现。鱼类早期发育阶段体色的变化形成是仔、稚、幼鱼对外界环境的一种适应,影响因素一般有饵料、温度、水体有机物含量以及病害等(朱杰等 2002,刘文骁等 2015)。一些生长不良的仔、稚、幼鱼会出现白化、黑化等现象,同时由于一些遗传或后天环境因素导致生长的畸形,如脊索的弯曲畸形,鳍的发育不良等,通常在外界环境中很快死亡,或生活困难,影响鱼苗产量。

鳍是鱼体运动和维持身体平衡的主要器官。梭鱼早期发育阶段各鳍的发育顺序是:胸鳍→尾鳍→腹鳍→背鳍→臀鳍→第二鳍棘。初孵仔鱼身体透明,大部分时间自然悬浮于水中,各鳍尚未发育成形,游泳能力弱,偶尔会进行蝌蚪式扭动。梭鱼胸鳍芽基出现的时间要比肉食性鱼类鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*) (1 日龄)晚(郭仁湘等 2011),与斜带石斑鱼(*E. coioides*) (2 日龄)相同(刘冬娥等 2008)。随后,胸鳍快速发育,4 日龄仔鱼胸鳍呈蝴蝶形,鳍条尚未形成,仅呈透明状鳍膜,此时仔鱼开口,胸鳍和尾鳍鳍膜是这个时期主要的运动器官,已经能够摄食轮虫幼体。在绿鳍马面鲀(*Thamnaconus modestus*) (关键等 2012)、条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*) (艾丽等 2010)、黄姑鱼(*Nibea albiflora*) (耿智等 2012)和达氏鳇(*Huso dauricus*) (李艳华等 2013)的发育研究中发现,3 日龄仔鱼胸鳍和尾鳍鳍膜具有相当的运动能力,能起到推动和维持身体平衡的作用,进行一些简单的上下及左右转动。从内源性营养转变为混合营养源时期是鱼类早期发育阶段的一个关键转折点,胸鳍的快速伸长发育为其提供了形态学的保证(叶元土等 2006,韦敏侠等 2015)。随后,尾鳍率先形成,最早分化和分节出软棘鳍条,尾鳍具有助推鱼体运动和转变方向的作用(章龙珍等 2009),它的快速发育增强了仔鱼的运动。腹鳍软鳍条发育的较晚(15 日龄),腹

鳍可以协助仔鱼运动平衡,从运动功能上来说,腹鳍的作用相对较小,发育也稍晚。臀鳍和背鳍的发生、分化在时间上和形态上都类似(刘晓东等 2008,易云海等 2014),8日龄时背鳍和臀鳍鳍膜在尾柄处出现凹陷,10日龄时均与尾鳍鳍膜分离,背鳍和臀鳍协助仔鱼在快速运动中保持平衡的作用,增强了躲避敌害,提高定向游泳速度和摄食能力(冷向军等 2010,王成辉 2012)。

3.1 梭鱼体色发育的特点

梭鱼早期发育阶段体色变化较快,在 18~23℃、盐度 3、pH 7.0~7.3 的条件下,从透明的初孵仔鱼开始到 4 日龄开口,18~19 日龄变态为稚鱼,29 日龄发育成幼鱼,其体色的变化伴随着早期发育过程而不断变化,并呈现各部明显的相关性特征。初孵仔鱼躯体不具色素,无色透明,脊索及肌节尚未形成,头顶及卵黄囊具黑色素,油球浓缩暗黑。1 日龄形成眼窝,具假眼睑,有少量褐色色素,3 日龄仔鱼褐色色素减少,假眼睑消失,出现一双较小的眼球,一半具黑色素,4 日龄黑色素增加,变为黑色的眼睛,具有视物功能,开始巡游和寻找食物。7 日龄仔鱼,卵黄囊和油球均已消耗完,由混合营养转变为外源性营养期,仔鱼体色加深,此时全身具黑色素及少量黄色素,鳍膜已很少。14 日龄仔鱼全身密被黄色素,雪花状黑色素以及斑点状褐色色素遍布其间。在 19 日龄,当仔鱼变态为稚鱼时鱼体完全不透明,背鳍部及腹下分布少量鳞片,头顶有大量黑色素。当 29~30 日龄,鱼体表现为淡白色,与成鱼体色一致,活性趋于稳定,从池塘捕获放置于室内水泥池时,颜色加深,即能根据水体环境改变自身体色。

3.2 鳍的发育分期

在鱼类早期发育阶段的划分中,多数学者都是将背、腹鳍以及软鳍鳍条的发育程度作为各个阶段划分的标准。邹记兴等(2003)认为点带石斑鱼仔鱼的腹、背鳍棘开始收缩,鳞片长出前为后期仔鱼结束的标志。区又君等

(2014c)将鲮(*Mugil cephalus*)各鳍基本形成、腹鳍棘和第二背鳍棘分节开始收缩以及鳞片开始长出作为仔、稚鱼分界点。郭仁湘等(2011)将鞍带石斑鱼各鳍基本形成作为进入稚鱼期的标志。综合以上学者的划分标准,可以将 18~19 日龄作为梭鱼仔鱼期进入稚鱼期的时间。

3.3 梭鱼与鲮发育的异同

鲮与梭鱼同属于鲮形目鲮科,具有相似的生活习性,目前在国内外南北方均有规模化养殖。梭鱼在发育过程中最明显的变化是尾鳍的分化发育以及尾鳍骨的发育。与鲮(区又君等 2014c)相比,梭鱼仔、稚、幼鱼有生长发育速度较快的优势,28 日龄体长即可增长到 18~20 cm,鲮 28 日龄体长仅为(8.23±0.71) cm,梭鱼尾鳍原基 8 日龄即初步形成,而鲮 17 日龄才初步形成,这可能与温度和培育水体不同有关,鲮的培育条件为水温 19.8~20.5℃、盐度 30、pH 8.10~8.15 及光照强度 336~4 087 lx(区又君等 2014c)。

在此次实验中,不同批孵化(即不同时间段孵化)的梭鱼鱼苗生长表现出不同的长势,表明梭鱼仔稚幼鱼在池养生产中具有生长差异。在仔稚幼鱼阶段鳍条的发育决定了鱼苗的运动能力,进而决定逃避敌害、主动摄食能力。各鳍鳍条较快的发育,使其运动表现更有力量,能够让其较好地适应外界环境。

参 考 文 献

- 艾丽,区又君,李加儿. 2010. 条石鲮早期发育阶段鳍的分化. 福建农林大学学报:自然科学版, 39(5): 517-522.
- 陈超,吴雷明,李炎璐,等. 2014. 豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)早期形态与色素变化及添加剂对其体色的影响. 渔业科学进展, 35(5): 83-90.
- 耿智,徐冬冬,史会来,等. 2012. 黄姑鱼(*Nibea albiflora* Richardson)早期生长发育研究. 海洋科学进展, 30(1): 77-86.
- 关键,刘洪军,郑永允,等. 2012. 绿鳍马面鲀外部器官的早期发育. 渔业科学进展, 33(4): 26-33.
- 郭仁湘,符书源,杨薇,等. 2011. 鞍带石斑鱼仔稚(幼)鱼的发育

- 和生长研究. 水产养殖, 32(4): 8-13.
- 冷向军, 石英, 李小勤, 等. 2010. 饲料中添加叶黄素对金鱼体色的影响. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 36(2): 168-174.
- 李艳华, 危起伟, 王成友, 等. 2013. 达氏鳇胚后发育的形态观察. 中国水产科学, 20(3): 585-591.
- 刘冬娥, 张雅芝, 方琼珊, 等. 2008. 斜带石斑鱼仔、稚、幼鱼的形态发育研究. 台湾海峡, 27(2): 180-189.
- 刘文骁, 陈宏. 2015. 彩鲫与建鲤杂交F1体色的初步研究. 水产科学, 34(2): 100-103.
- 刘晓东, 陈再忠. 2008. 鱼类色素细胞及体色调控. 水产科技情报, 35(1): 13-18.
- 马学坤, 柳学周, 温海深, 等. 2006. 半滑舌鳎早期发育过程中体表色素变化的研究. 海洋水产研究, 27(2): 62-68.
- 区又君, 何永亮, 李加儿, 等. 2012. 卵形鲳鲹胚后发育阶段的体色变化和鳍的分化. 热带海洋学报, 31(1): 62-66.
- 区又君, 李加儿, 艾丽, 等. 2014a. 广东池塘培育条石鲷仔、稚、幼鱼的早期发育和生长. 南方水产科学, 10(6): 66-70.
- 区又君, 李加儿, 艾丽, 等. 2014b. 条石鲷早期发育阶段体表色素的变化和色素带的形成. 水产学报, 38(10): 1722-1730.
- 区又君, 李加儿, 谢菁. 2014c. 鲳胚后发育过程中体表色素与鳍的变化特征. 南方农业学报, 45(11): 2058-2064.
- 孙志景, 姜巨峰, 傅志茹, 等. 2014. 红头丽体鱼 × 红魔丽体鱼杂交子一代胚胎发育及仔鱼形态学观察. 南方水产科学, 10(3): 38-46.
- 王成辉. 2012. 鱼类体色变异的遗传基础研究进展简述. 上海海洋大学学报, 21(5): 737-742.
- 韦敏侠, 宋红梅, 祁宝伦, 等. 2015. 橘色双冠丽鱼胚后色素细胞发育与体色变化. 上海海洋大学学报, 24(1): 28-35.
- 叶元土, 郭建林. 2006. 养殖武昌鱼体色与鳞片黑色素细胞初步观察. 饲料工业, 27(22): 25-27.
- 易云海, 宋一舸, 杨舟, 等. 2014. 鱼鳍和鳞片色素组成的比较观察. 激光生物学报, 23(1): 77-82.
- 于道德, 刘洪军, 关键, 等. 2012. 黑棘鲷早期色素细胞发育与体色变化. 渔业科学进展, 33(5): 1-7.
- 章龙珍, 宋超, 庄平, 等. 2009. 西伯利亚鲟(F2)胚后发育的形态观察. 水产学报, 33(5): 755-761.
- 朱杰, 张秀梅, 高天翔, 等. 2002. 大菱鲆早期变态发育和体表黑色素细胞形态学观察. 水产学报, 26(3): 193-200.
- 邹记兴, 向文洲, 胡超群, 等. 2003. 点带石斑鱼仔、稚、幼鱼的生长与发育. 高技术通讯, (4): 77-84.