

文章编号: 1674-5566(2015)01-0028-08

橘色双冠丽鱼胚后色素细胞发育与体色变化

韦敏侠^{1,2}, 宋红梅¹, 祁宝伦¹, 刘超¹, 罗建仁¹, 胡隐昌¹

(1. 中国水产科学研究院珠江水产研究所 农业部热带亚热带水产资源利用与养殖重点实验室, 广东 广州 510380;
2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 采用生物显微镜和体式显微镜等对橘色双冠丽鱼 (*Amphilophus citrinellus* Günther 1864) 早期发育过程中体色和色素细胞的分布及形态变化进行连续观察。结果显示, 在水温为 (27 ± 1) °C, pH 8.3 条件下, 仔鱼期: 初孵仔鱼体表已具有黑色素, 2 dph (day post hatching, dph) 黑色素增加, 眼窝变黑, 未有视觉功能; 3 dph 卵黄囊尚未吸收完毕, 黑色素细胞分支, 形态多样; 4 dph 仔鱼有视觉功能, 能自行游动; 5 dph 仔鱼开口, 卵黄囊明显变小; 7 dph 仔鱼出现虹彩细胞; 10 dph 仔鱼体表出现黄色素细胞; 12 dph 各鳍被成鱼鳍膜所取代, 黑色素细胞、黄色素细胞继续增多, 视觉看到鱼体变黑。稚鱼期: 19 dph 有鳞片产生, 各鳍条发育完全, 30 dph 发现红色素细胞; 幼鱼期: 35 dph 幼鱼体表为黑色, 初步形成 7 条色素带, 全身布满鳞片; 65 dph 鱼体部分黑色素开始褪去; 85 dph 黑色素细胞全部褪去, 鱼体变为亮黄色。研究结果为培育褪黑完全而且遗传稳定的橘色双冠丽鱼奠定了理论基础。

研究亮点: 橘色双冠丽鱼是经济观赏鱼血鹦鹉的亲本之一, 具有早期体色褪黑的生物学现象。本文系统阐述了橘色双冠丽鱼胚后仔、稚、幼鱼各发育期的色素细胞形态特征和体色变化动态等生物学特性, 从而为观赏鱼类数量发育遗传学研究积累了基础资料, 为橘色双冠丽鱼体色相关选育研究与生产提供了参考。

关键词: 橘色双冠丽鱼; 体色变化; 早期生活史; 形态观察

中图分类号: S 917

文献标志码: A

橘色双冠丽鱼 (*Amphilophus citrinellus*) 俗称红魔鬼鱼、凹头鲷, 属鲈形目 (Perciformes), 慈鲷科 (Cichlidae), 双冠丽鱼属 (*Amphilophus*), 原产于中美洲的尼加拉瓜、哥斯达尼加等地, 是集食用和观赏于一体的热带鱼类^[1-2]。目前, 国内常利用其作为亲本与红头丽体鱼 (*Vieja synspila*) 杂交产生血鹦鹉鱼, 血鹦鹉鱼比其双亲更具观赏价值。橘色双冠丽鱼体色与子代血鹦鹉鱼在胚后发育过程中都有重要的增黑和褪黑过程, 而红头丽体鱼不存在这一生物学现象, 因此橘色双冠丽鱼的选择直接影响子代血鹦鹉鱼扬色前的淘汰率。一般选取褪黑完全的血鹦鹉鱼进行扬色以提高市场价值。但是目前橘色双冠丽鱼普遍存在褪黑程度与生产需求不符的问题 (调查发现, 一批 10 cm 大小的鱼, 开始选鱼时仅约 30% 褪黑

完全), 褪黑不完全现象严重, 其与红头丽体鱼配对的成功率也很低, 致使橘色双冠丽鱼优良亲鱼更难得。鱼类早期体色褪黑是一个复杂的生物学过程, 相关的基础研究非常匮乏, 因此对橘色双冠丽鱼胚后早期发育进行观察, 了解其早期发育过程中形态发育特点, 掌握体色变化规律, 可用于指导养殖生产, 为培育出体色褪黑完全且遗传稳定的橘色双冠丽鱼品系以生产优质的血鹦鹉鱼奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验对象为橘色双冠丽鱼初孵仔鱼, 取自中国水产科学研究院珠江水产研究所观赏渔业基地, 卵受精后, 亲本移走, 受精卵在水温为 (27 ±

收稿日期: 2014-04-30 修回日期: 2014-11-06

基金项目: 国家科技基础条件平台项目 (2014DKA30470); 广东省科技计划 (2011B060400023)

作者简介: 韦敏侠 (1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为观赏鱼着色。E-mail: weiminxia8945@163.com

通信作者: 胡隐昌, E-mail: huy22@163.com

1)℃,pH 为 8.3 条件下,经过 2.5 d 孵出仔鱼。初孵仔鱼放入玻璃缸中(30 cm × 30 cm × 30 cm)养殖,随着鱼体成长,不断分缸饲养,使鱼体密度适中。不间断充气,育苗条件与受精卵的孵化条件相同。苗种培育过程中使用的饵料为:鳗鱼粉→卤虫无节幼体→人工微颗粒配合饲料(广东泰峰膨化饲料有限公司)→稚鱼 0 号配合饲料(广东泰峰膨化饲料有限公司),根据实验鱼的发育和生长情况适时转换饵料种类、调整投喂量。

1.2 观察方法

每天取 20 尾仔鱼,用 MS-222 麻醉剂麻醉后,使用 Olympus 生物显微镜和 XTZ-ES 数码连续变倍体式显微镜观察个体发育情况,记录发育各时期的形态特征、体表色素的形态及其分布变化,并进行显微摄影,然后用 MT1056A 游标卡尺(上海菲克苏工具有限公司生产,精度 0.02 mm)测量样本全长。进入幼鱼期后,取鳞片,皮肤和尾鳍置于显微镜下观察色素细胞;样本体积变大,用显微镜无法全身拍照,故改用 Nikon COOLPIX P500 数码相机进行拍照。

2 结果

2.1 仔鱼期

2.1.1 早期仔鱼

初孵仔鱼:全长(5.08 ± 0.05) mm,身体呈直线状,尾部颤动,大多聚集在一起,卵黄囊着底,侧躺,沉于缸底,只能做间断性颤动。卵黄囊呈卵圆形,表面布满毛细血管,约占全长的五分之一。刚孵出仔鱼眼睛透明,未见黑色(图版 I-1),但是很快变黑,心脏位于眼睛下方,血液流动清晰可见。初孵仔鱼卵黄囊上分布有许多黑色素细胞,呈点状、星状或者树枝状;头部有极少分枝状的黑色素细胞,且较淡;背上脊椎附近有许多黑色素细胞(图版 I-2)。

2 dph 仔鱼:全长(5.76 ± 0.09) mm,头后眼前黑色素细胞增多,卵黄囊缩小不明显,仔鱼未开口(图版 I-3)。仔鱼头部、背部黑色素细胞增多,肌节清晰可见,身体透明。眼窝黑色素增加明显,视囊局部变黑,无视觉功能。

3 dph 仔鱼:全长(6.29 ± 0.10) mm,卵黄囊呈浅黄色,尚未吸收完毕。黑色素细胞的分枝变粗变大,尾部色素细胞增多,尾鳍膜透明,血管

清晰可见(图版 I-4)。

4 dph 仔鱼:全长(6.65 ± 0.07) mm,部分仔鱼能脱离群体自行游动,但不能抵御充气石带动的水流,大部分仔鱼仍然聚集成堆、尾部颤动,卵黄囊尚未吸收完全。头部黑色素细胞继续增加,尾部和背部黑色素细胞密度加大。眼睛继续变黑,有视觉功能,口裂增大(图版 I-5)。

5 dph 仔鱼:全长(6.94 ± 0.11) mm,仔鱼全部分散开来,自行游动。额头、躯干部黑色素细胞密集,相互交织,呈网状覆盖头顶(图版 I-6)。尾部黑色素细胞继续增多。肠道发育完全,投喂鳗鱼粉后仔鱼能开口摄食,但此时卵黄囊仍未消失完全。

2.1.2 晚期仔鱼

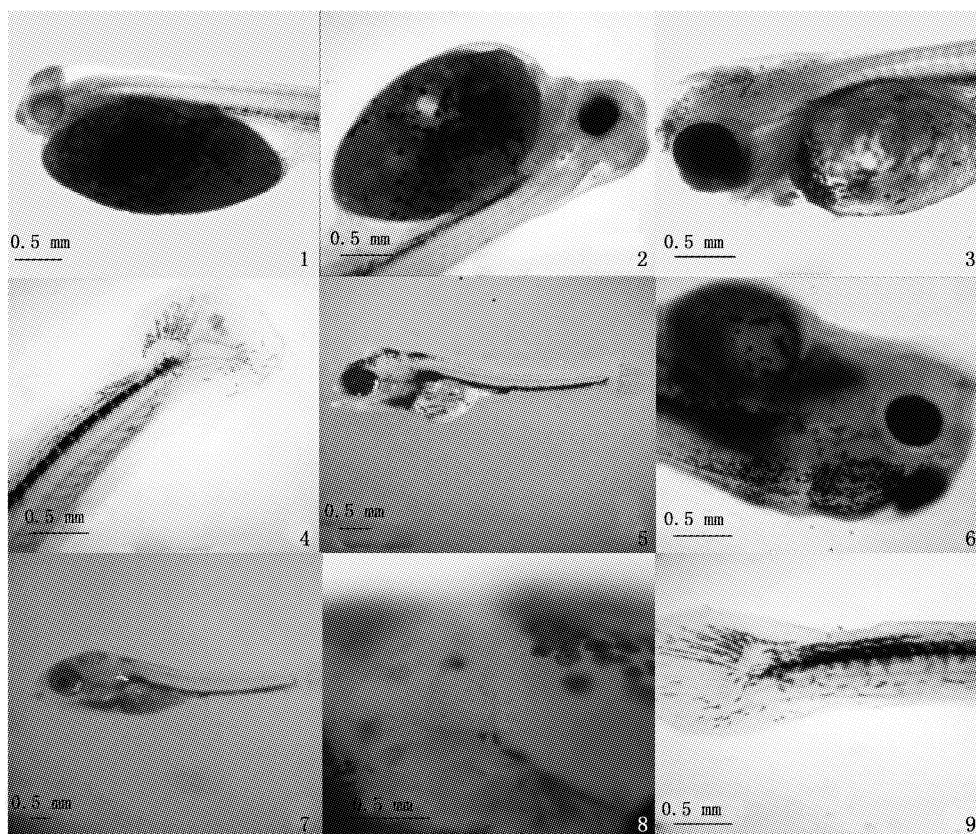
7 dph 仔鱼:全长(7.87 ± 0.09) mm,卵黄囊消失完全,仔鱼下颌部位黑色素细胞密集,形成一颗明显黑斑,此时仔鱼眼球发育完善,眼球上端出现虹彩细胞,但是图中不明显。尾部黑色素细胞呈扇状、点状分布,鳃盖初步形成。仔鱼觅食能力增强,肠道内充满食物(图版 I-7)。

10 dph 仔鱼:全长(10.24 ± 0.14) mm,头后雪花状的黑色素细胞之间,开始出现小点状的黄色素细胞,黄色素细胞颗粒较小,分布于黑色素细胞之间(图版 I-8)。

12 dph 仔鱼:全长(13.34 ± 0.11) mm,头后部和躯干部黄色素细胞增多,黄色素细胞明显小于黑色素细胞。胸鳍、臀鳍和背鳍逐渐形成,鳍条明显,幼鳍鳍膜开始消失或者被成鱼鳍膜替代,但是尚未发育完全(图版 I-9)。身体黑色素细胞增多,掩盖了黄色素细胞,视觉可见鱼整体变黑。鱼觅食能力增强,有抢食行为。

2.2 稚鱼期

19 dph 稚鱼:全长(18.45 ± 0.17) mm,鱼体开始长出鳞片(图版 II-1),表明进入稚鱼期。稚鱼各鳍鳍条已经发育完全,各个鳍条的形态与成鱼类似,其中背鳍 XVII-12、胸鳍 14、腹鳍 I-5、臀鳍 VII-9、尾鳍 16(图版 II-2)。橘色双冠丽鱼眼球虹彩色素大大增加,因为黑色素细胞分布不均,眼球周围反射出深浅不一的黑蓝色,并具有荧光性(图版 II-3)。黄色素细胞遍布全身,主要集中于背鳍和臀鳍基部,在头部和嘴部也有分布。

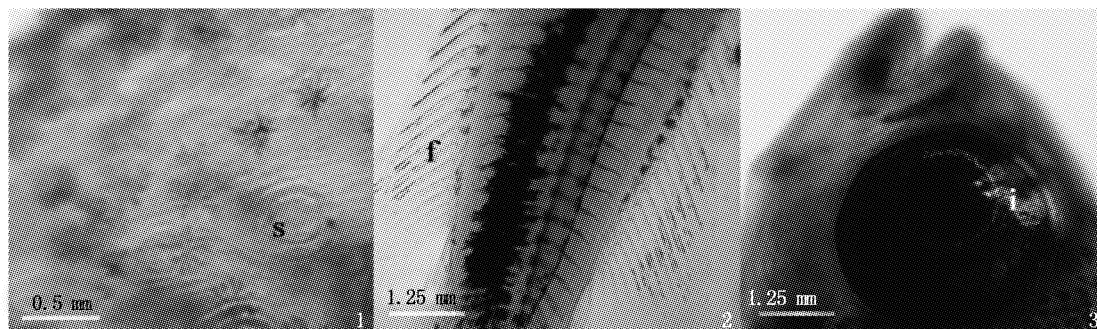


图版 I 橘色双冠丽鱼仔鱼期形态发育

Plate I Morphological development of *A. citrinellus* observed at alevin stage

1. 0 d; 2. 1 d; 3. 2 d; 4. 3 d; 5. 4 d; 6. 5 d; 7. 7 d; 8. 10 d; 9. 12 d。

1. Newly hatched larva; 2. 1st day after hatching; 3. 2nd day after hatching; 4. 3rd day after hatching; 5. 4th day after hatching; 6. 5th day after hatching; 7. 7th day after hatching; 8. 10th day after hatching; 9. 12th day after hatching.



图版 II 19 dph 稚鱼形态发育

Plate II Morphological development of *A. citrinellus* juvenile at 19 dph

1. 鳞片; 2. 鳍条; 3. 眼睛; s. 鳞片; f. 鳍条; i. 虹彩细胞。

1. Scales; 2. Fins; 3. eye; s. represents scales; f. represents fin; i. represents irridophores.

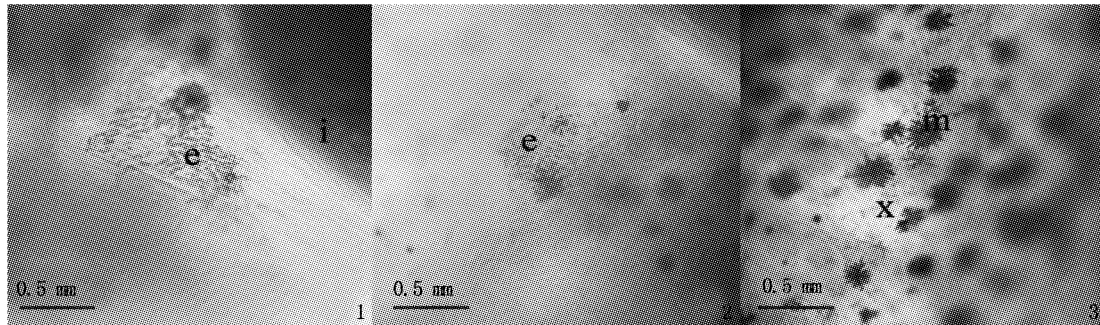
30 dph 稚鱼: (23.4 ± 0.37) mm, 头部眼后和背部鱼肚上方发现少量红色素细胞集中分布(图版 III - 1, 2), 身体的其他部位只是零星分布, 不易被观察到。皮肤可见黄色素细胞增多, 与黑色素细胞相间(图版 III - 3)。

2.3 幼鱼期

35 dph 幼鱼: 全长 (26.30 ± 0.24) mm, 橘色双冠丽鱼幼鱼的外部形态已接近成鱼, 身体由细长形(图版 IV - 1)变为长椭圆形, 侧扁, 头部至背鳍起始处隆起, 吻扁长, 可以并拢, 且伸缩性好,

有较强的摄食能力,上下颌齿细密,分布规则。鳞片覆盖全身,整体视觉效果偏黑,色素带初步形成(图版IV-2)。幼鱼除体色尚未褪黑、生殖

腺尚未发育成熟外,其他外部形态特征均类似于成鱼。



图版 III 30 d 色素细胞

Plate III Chromatophores at 30 days

1. 背部; 2. 眼后; 3. 鳍条; m. 黑色素细胞; x. 黄色素细胞; e. 红色素细胞; i. 虹彩细胞。

1. The back of fish; 2. The section behind eyes; 3. Fins; m. represents melanophores; x. represents xanthophores; e. represents erythrocytes; i. represents iridophores.

40 dph 幼鱼:全长(34.98 ± 0.34)mm,起源于鳃盖后缘到尾部已经形成7条贯穿背腹的黑色色素带,第4条色素带和尾部第7条色素带中间分别形成一个清晰的斑点(图版IV-3)。此阶段,红色素细胞和黄色素细胞持续增多,但相对黄色素细胞,红色素细胞仍是零星分布,除7条色素带之外,鱼体显出淡淡的黄色。

50 dph 幼鱼:全长(56.44 ± 0.49)mm,中间条带和尾部条带的黑色斑点消失,形成清晰明显的黑色素带条纹,腹侧黄色更加明显,各鳍均为黑色(图版IV-4)。

65 dph 幼鱼:全长(73.74 ± 0.83)mm,身体开始褪黑,尾部褪黑不明显,但尾鳍尖已出现黄色,背鳍和臀鳍除了靠近尾端部分仍未褪黑,其余部分均已褪黑,变为黄色,胸鳍完全褪黑。鱼体两侧均部分褪黑,主要集中于腹侧周围,而背鳍两侧仍未褪黑(图版IV-5)。

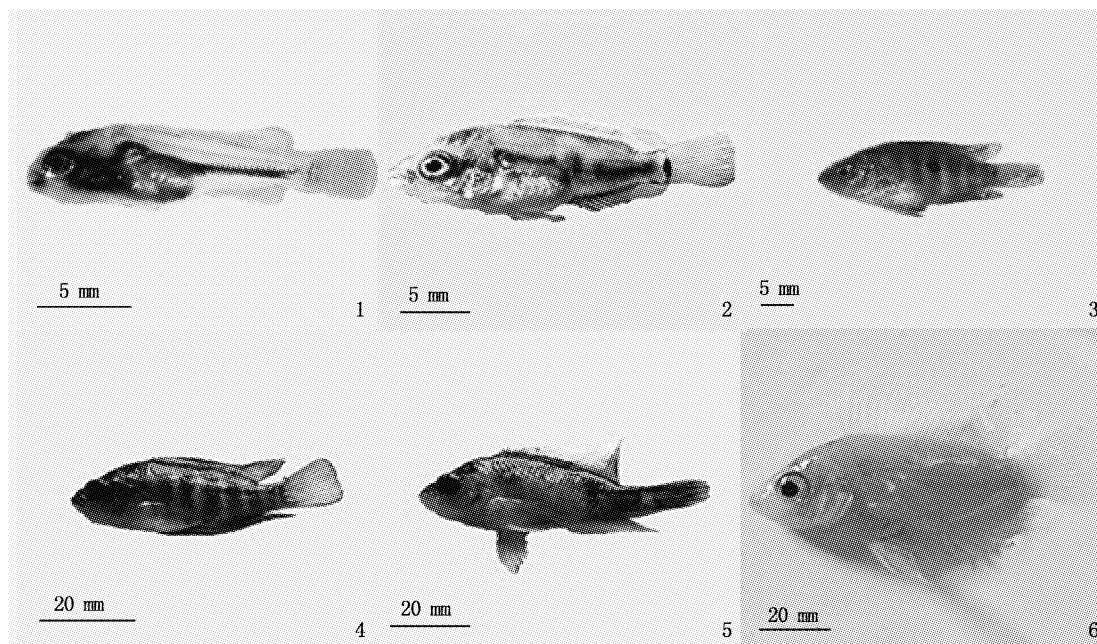
85 dph 幼鱼:全长(96.80 ± 1.79)mm,幼鱼大多褪黑,变为透亮的黄色,多数鱼背鳍起始处至鳃后仍留有未褪的黑纱。只有少数鱼体褪黑完全,全身轻黄,无杂色(图版IV-6)。随着生长发育,幼鱼的体型和体色在这一阶段都与成鱼非常接近,幼鱼骨骼矿化完善,各鳍鳍条进一步生

长,此时的幼鱼反应迅速,游动极为敏捷,抢食能力大大增强。此时,显微镜下,鳞片仅有黑色的纹理,但是未见到色素细胞,鳍条和皮肤上主要分布有红色素细胞和黄色素细胞,且黄色素细胞相对较大,数量也多于红色素细胞。此外,皮肤上可见黑色素细胞,但因黑色素含量较少,颜色很淡,所以此时肉眼观察鱼体仅为淡黄色(图版V)。

3 讨论

3.1 胚后发育过程中的体色变化

硬骨鱼的体色有很多作用,如集群行为、繁殖、躲避敌害等^[3]。目前知道的鱼类色素细胞共有6种,即黑色素细胞、黄色素细胞、红色素细胞、虹彩细胞、白色素细胞和蓝色素细胞^[4-5]。但并不是所有的鱼都有这6种色素细胞,如七彩神仙鱼(*Symphysodon* spp.)^[6]有其中4种,即黑色素细胞、黄色素细胞、虹彩细胞和红色素细胞;而黑棘鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)^[7]仅有黑色素细胞、黄色素细胞和虹彩细胞等3种。本研究发现橘色双冠丽鱼胚后发育过程中出现的色素细胞与七彩神仙鱼色素细胞的数目和种类相同。

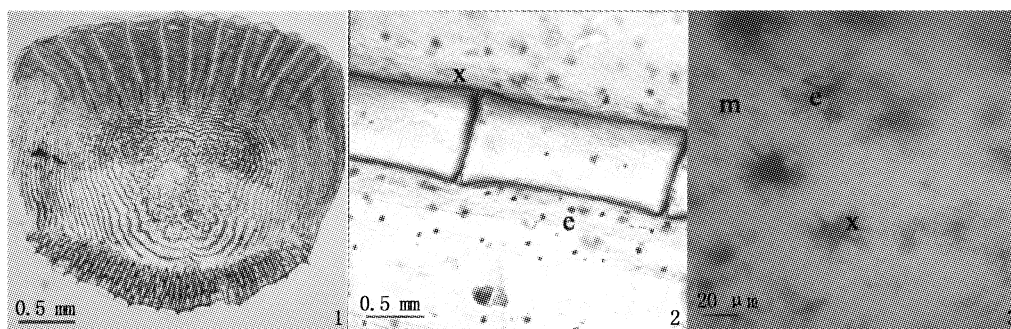


图版IV 橘色双冠丽鱼胚后形态变化

Plate IV Morphological changes of *A. citrinellus* at post-embryonic stage

1. 稚鱼期(19 d); 2. 35 d; 3. 40 d; 4. 50 d; 5. 65 d; 6. 85 d。

1. Juveniles stage (19th day after hatching); 2. 35th day after hatching; 4. 50th day after hatching; 5. 65th day after hatching; 6. 85th day after hatching.



图版V 橘色双冠丽鱼褪色后各部位色素细胞

Plate V Chromatophores of *A. citrinellus* at 85 dph

1. 鳞片; 2. 鳍条; 3. 皮肤; e. 红色素细胞; x. 黄色素细胞; m. 黑色素细胞。

1. Scales; 2. Fin; 3. Skin; e. represents erythrohores; x. represents xanthophores; m. represents melanophores.

与哺乳类和鸟类不同,鱼类的色素体只在色素细胞内发生形态变化^[8],因此,早期发育过程中所看到的色素形态基本上就代表了鱼体色素细胞的形态。在橘色双冠丽鱼胚后发育连续观察的过程中,本实验只发现了黑色素细胞、黄色素细胞、红色素细胞以及虹彩色素细胞。黑色素细胞发育较早,形态变化多样。初孵仔鱼已经有黑色素细胞,为小点状,随后变为雪花状,分支呈枝条状等(幼体黑色素细胞)。进入幼鱼期后,黑

色素细胞又变为点状(成体黑色素细胞)。橘色双冠丽鱼黑色素细胞形态发育的变化过程与黑棘鲷^[7]类似。虹彩色素细胞 7 dph 出现,形状不规则,与其他色素一起表现出不同的颜色,它对鱼类体色的形成有重要作用^[9]。黄色素细胞出现较晚(10 dph),相比黑色素细胞小很多,形态为点状,随着发育过程变为不规则的分支。黄色素细胞内含有黄色素体,化学本质为类胡萝卜素或者嘌呤类物质,是构成鱼类体色的主要色素细

胞之一。本研究中的虹彩细胞和黄色素细胞相对于黑色素细胞出现较晚,这与黑棘鲷^[7]、牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)^[10]等真骨鱼类一致。到第30天在鱼体的头部眼后,及背部发现一簇红色素细胞(图版Ⅲ-1,2),其他部位只是零星出现,到85d黑色素完全褪去后,显微镜下可见红色素细胞分布于黄色素细胞之间(图版V),但是肉眼无法辨别出红色素细胞,仅看到淡淡的黄色。色素细胞的细胞膜薄且富有弹性,细胞内微管伸缩可引起色素颗粒在细胞内定向聚集或扩散^[11],因此环境变化或者压力会导致体色发生变化^[12]。本研究在观察同期样本不同鱼体色素细胞大小、形状及体色等有所不同,这可能与环境、色素细胞形态变化及个体差异有关系。

橘色双冠丽鱼初孵仔鱼已具备黑色素细胞,身体透明,色素较少。随着眼窝黑色素增加,眼睛逐渐具有视觉功能,可以自行游动,寻找食物。这说明眼睛黑色素的形成和增加,对于鱼体整个胚后发育有着至关重要的作用,为其以后的摄食,躲避敌害等一系列的生命活动奠定基础。7dph仔鱼的卵黄囊基本消耗完毕,由混合性营养期转变为外源性营养期,仔鱼身体的黑色素细胞继续增加。在10dph仔鱼眼后头部出现黄色素细胞,由于黑色素细胞较多,视觉看不到黄色,鱼体整体变黑。30dph发现头部眼后和背部有一簇红色素细胞,其他部位只是零星可见。进入幼鱼期后,40dph鱼体两侧面显现7道清晰的黑色条纹,中间条纹和尾部条纹的黑色斑点明显。50dph体两侧条纹更加清晰,两个斑点褪去。至于条纹如何随着鱼体生长而生长,可能与干细胞不断分化的新色素细胞代替凋亡的细胞,从而保持鱼体条纹的动态平衡有关^[13]。65dph身体部分开始褪黑,直到85dph鱼体黑色素才全部褪去,被掩盖的黄色显现出来,生产上称为褪黑纱。褪黑完全的橘色双冠丽鱼只占同批次的1/3左右,其余均有不同程度的黑纱存在,甚至完全不褪黑。橘色双冠丽鱼早期体色变化的内在机理尚不清楚,其褪黑机制仍需要进一步探究。

3.2 形态发育时期划分

目前,一般鱼类早期生活史的划分为卵(胚胎)、仔鱼和稚鱼3个基本发育期,有时也会包括当年幼鱼,但是最重要的是仔鱼^[14]。胚后发育分期主要根据前人的报道^[15-16],并结合橘色双冠

丽鱼的卵黄囊、鳍、鳞片及体色的变化等特征将其分为仔鱼期、稚鱼期、幼鱼期。橘色双冠丽鱼早期发育阶段的变态速度较快,从初孵仔鱼开始,5d开口,7d卵黄囊消失,12d进入稚鱼期,35d进入幼鱼期。仔鱼期的鱼包括前期仔鱼和后期仔鱼。从仔鱼出膜到卵黄囊消失为前期仔鱼,持续时间较短,一般只有5~6d,这一时期的识别标志是卵黄囊。一般认为,后期仔鱼结束的标志为各鳍条初步形成,尤其是鳞片形成过程开始之前^[17]。李艳华等^[18]将各鳍条初步形成、腹中线不再透明、肛门鳍褶完全消失、颌齿消失作为达氏鳢(*Huso dauricus*)仔鱼期到稚鱼期的划分依据。本研究结合前面的划分方式,从卵黄囊消失,到各鳍条发育,随着黑色素细胞继续增多,到鳞片开始形成之前为后期仔鱼。稚鱼期是由仔鱼到幼鱼的过渡时期,主要完成仔鱼到幼鱼的变态过程。这期间,橘色双冠丽鱼的鳍褶消失,鳍条分化完全,开始长出鳞片,鱼体的觅食能力加强。幼鱼期的鱼苗全身覆盖鳞片,由于黑色素细胞、黄色素细胞、红色素细胞及虹彩细胞的增多,鱼体体侧上方有清晰的条纹,腹侧略显黄色,眼睛出现蓝黑的荧光色。随着鱼体生长,黑色素细胞又逐渐减少,黄色素细胞继续增加,鱼体黑色条纹慢慢褪去,全身显现浅黄色,光滑透明,活动敏捷。

本研究通过对橘色双冠丽鱼胚后仔稚幼鱼体色变化及形态发育的连续观察,了解并掌握了其身体褪黑过程和变化规律。由于子代血鸚鵡鱼遗传了亲本橘色双冠丽鱼的褪黑特征,开展橘色双冠丽鱼的体色相关基础研究,可为培育出褪黑完全且遗传稳定的橘色双冠丽鱼品系以生产高品质血鸚鵡鱼提供理论依据。

参考文献:

- [1] BARLUENGA M, MEYER A. Phylogeography, colonization and population history of the Midas cichlid species complex (*Amphilophus* spp.) in the Nicaraguan crater lakes [J]. BMC Evolutionary Biology, 2010, 10: 326.
- [2] KAUTT A F, ELMER K R, MEYER A. Genomic signatures of divergent selection and speciation patterns in a 'natural experiment', the young parallel radiations of Nicaraguan crater lake cichlid fishes [J]. Molecular Ecology, 2012, 21 (19): 4770-4786.
- [3] RANDALL J E. A review of mimicry in marine fishes [J]. Zoological Studies, 2005, 44(3): 299-328.

- [4] BAGNARA J T. Comparative anatomy and physiology of pigment cells in nonmammalian tissues[M]//The Pigmentary system: Physiology and Pathophysiology. New York, Oxford: Oxford University Press, 1998: 9-40.
- [5] FUJII R. Cytophysiology of fish chromatophores [J]. International Review of Cytology, 1993, 143: 191-255.
- [6] 刘晓东, 陈再忠. 七彩神仙鱼皮肤色素细胞观察及类胡萝卜素组分分析[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(3): 339-343.
- LIU X D, CHEN Z Z. Study on the chromatophores and the carotenoid components in the skin of discus fish (*Symphysodon* spp.) [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008, 17(3): 339-343.
- [7] 于道德, 刘洪军, 关键, 等. 黑棘鲷早期色素细胞发育与体色变化[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(5): 1-7.
- YU D D, LIU H J, GUAN J, et al. Early ontogeny of chromatophores and body color changes of *Acanthopagrus schlegelii*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2012, 33(5): 1-7.
- [8] MILLS M G, PATTERSON L B. Not just black and white: pigment pattern development and evolution in vertebrates [C]. Seminars in Cell & Developmental Biology, Academic Press, 2009, 20(1): 72-81.
- [9] DOUCET S M, MEADOWS M G. Iridescence: a functional perspective [J]. Journal of the Royal Society Interface, 2009, 6(s2): 115-132.
- [10] BOLKER J A, HILL C R. Pigmentation development in hatchery-reared flatfishes [J]. Journal of Fish Biology, 2000, 56(5): 1029-1052.
- [11] 刘晓东, 陈再忠. 鱼类色素细胞及体色调控[J]. 水产科技情报, 2008, 35(1): 13-18.
- LIU X D, CHEN Z Z. Chromatophores and body color regulation in fish [J]. Fisheries Science and Technology Information, 2008, 35(1): 13-18.
- [12] 杨纪明. 未见记载的真鲷变色[J]. 海洋科学, 2000, 24(6): 51.
- YANG J M. Unrecorded colour change of *Pagrosomus major* [J]. Marine Sciences, 2000, 24(6): 51.
- [13] RAWLS J F, MELLGREN E M, JOHNSON S L. How the zebrafish gets its stripes[J]. Developmental Biology, 2001, 240(2): 301-314.
- [14] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展[J]. 水产学报, 1991, 15(4): 348-358.
- YIN M C. Advances and studies on early life history of fish [J]. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(4): 348-358.
- [15] 张海发, 刘晓春, 刘付永忠, 等. 斜带石斑鱼胚胎及仔稚幼鱼形态发育[J]. 中国水产科学, 2006, 13(5): 689-699.
- ZHANG H F, LIU X C, LIU F Y Z, et al. Embryonic development, morphological development of larva, juvenile and young fish of *Epinephelus coioides*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(5): 689-699.
- [16] 区又君, 何永亮, 李加儿, 等. 卵形鲳鲹胚后发育阶段的体色变化和鳍的分化[J]. 热带海洋学报, 2012, 31(1): 62-66.
- QU Y J, HE Y L, LI J E, et al. Color variation and fins development during postembryonic development stage of *Trachinotus ovatus* [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2012, 31(1): 62-66.
- [17] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- YIN M C. Fish ecology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995.
- [18] 李艳华, 危起伟, 王成友, 等. 达氏鳢胚后发育的形态观察[J]. 中国水产科学, 2013, 20(3): 585-591.
- LI Y H, WEI Q W, WANG C Y, et al. Morphological observation of postembryonic development in Kaluga, *Huso dauricus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(3): 585-591.

Pigment cells development and body color variation of postembryonic development in *Amphilophus citrinellus* (Günther 1864)

WEI Minxia^{1,2}, SONG Hongmei¹, QI Baolun¹, LIU Chao¹, LUO Jianren¹, HU Yinchang¹

(1. Key Laboratory of Tropical & Subtropical Fishery Resource Application & Cultivation, Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510380, Guangdong, China; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The changing process of body color and distribution of chromatophores, as well as morphological characteristics during early life history of *Amphilophus citrinellus* (Günther, 1864) were observed and photographed by microscope and anatomical lens at water temperature of (27 ± 1) °C and pH 8.3. Melanin existed on the body surface of hatchling, and increased at 2 days post hatching (dph). By this time the eye socket of the fish larvae turned black, whereas visual sense undeveloped. The fish larva still had yolk sac, while its melanophores branched and diversified morphological characters at 3 dph. At 4 dph, larvae had optic function and swam. Mouth opened at 5 dph, while yolk sac decreased significantly. Irridophores appeared at 7 dph and xanthophores appeared at 10 dph. Young fin membrane were replaced by adult fin at 12 dph. As the number of melanophores and xanthophores continued to increase, their body color became black. Scales occurred and fin fully developed at 19 dph, hence the larvae turned into juveniles. The erythrophores were found at 30 dph. 7 black stripes were formed across the body which became totally black, and the scales spread over the whole body at 35 dph. Melanin started to fade at 65 dph, and disappeared at 85 dph, then body color turned bright yellow. These results provide a theoretical basis for cultivating *Amphilophus citrinellus* with stable gene and pure color.

Key words: *Amphilophus citrinellus* (Günther, 1864); body color variation; early life history; morphology observation