

卵形鲳鲹胚后发育阶段的体色变化和鳍的分化

区又君¹, 何永亮^{1,2}, 李加儿¹, 吉磊^{1,2}

1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300; 2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306

摘要: 采集在池塘进行育苗的31天前的卵形鲳鲹 *Trachinotus ovatus* 仔稚幼鱼, 对其早期发育阶段的体色变化和鳍的发生、发育进行了连续观察。在水温 $24.73 \pm 2.11^\circ\text{C}$ 、盐度 20‰—24‰、pH 8.0—8.2 条件下, 初孵仔鱼体表已具有黑色素, 第2天眼点的褐色素增加, 此时仔鱼未开口、眼点未有视物功能; 第3天开口时, 眼大而突出、布满黑色素, 变为黑色的眼睛, 具有视觉功能; 第17天当仔鱼变态为稚鱼时, 鱼体变得不透明; 在第22天变态为幼鱼时, 鱼体体表为褐色; 30天的幼鱼体表为银白色, 与成鱼的体色一致。各鳍开始分化和发育的顺序依次为胸鳍→尾鳍→背鳍→臀鳍→腹鳍。1天仔鱼胸鳍原基出现; 2—3天仔鱼开始摄食, 胸鳍为扇形; 第17天各鳍发育基本完成, 标志着稚鱼期的开始。体色的变化和鳍的形成和发育对仔稚鱼的摄食、行为、生长、变态和存活等生命活动有着至关重要的作用, 也是仔稚鱼变态发育的重要特征之一, 与人育苗生产技术尤其是投饵、分池等密切相关。

关键词: 卵形鲳鲹; 早期发育; 体色变化; 鳍的分化

中图分类号: P735.2 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2012)01-0062-05

Color variation and fins development during postembryonic development stage of *Trachinotus ovatus*

OU You-jun¹, HE Yong-liang^{1,2}, LI Jia-er¹, JI Lei^{1,2}

1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;
2. College of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: The body color variation and fins development at early life stages of *Trachinotus ovatus* were continuously observed by collecting samples of larvae, juveniles and young fish reared in pond from newly hatching to 31 days after hatching (DAH) under water temperature of 24.73 ± 2.11 , salinity of 20‰–24‰ and pH of 8.0–8.2. The newly hatched larvae were covered by melanin. Brown pigment in eye-spot increased at 2 DAH, while the mouth was not found opening and visual sense undeveloped. Mouth opened at 3 DAH, eye became black, big and protruding, covered by melanin, with optic function. Metamorphosis occurred at 17 DAH, when the larvae were turned into juveniles and the body became opaque. The body color changed into brown at 22 DAH while the metamorphosis was finished from juvenile to young fish. It was argent at 30 DAH with the body color in accord with adult stage. The fin development was in order of pectoral fin, caudal fin, dorsal fin, anal fin and ventral fin. Primordial pectoral fin appeared in 1-day-old larvae, first feeding was observed at 2–3 DAH, with the fan-like pectoral fin. Fins were developed completely at 17 DAH, symbolizing the start of juvenile stage. Results of this research indicated that body color variation and fins development in *T. ovatus* played a very important role to life activities of larvae and juveniles such as feeding, behavior, movement, growth, metamorphosis and survivorship, being one of the important characters in metamorphosis development of larvae and juveniles, it correlated closely with artificial seedling production especially in feeding and grading.

Key words: *Trachinotus ovatus*; early development; body colors variation; fins development

收稿日期: 2010-10-11; 修订日期: 2011-03-01。卢冰编辑

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2008YD02)

作者简介: 区又君(1964—), 女, 研究员, 从事鱼类生物学、发育生物学与水产增殖技术研究。E-mail: ouyoujun@126.com

卵形鲳鲹 *Trachinotus ovatus* 俗称金鲳、黄腊鲳, 隶属于鲈形目鲳科鲳鲹属, 为暖水性鱼类, 广泛分布于大西洋、太平洋、印度洋, 在中国东海、南海均有分布^[1]。卵形鲳鲹具有肉质鲜美、生长快、食性简单、抗逆性强等特点, 为华南地区主要养殖品种之一, 已有报道包括胚胎发育、饥饿、盐度对胚胎发育的影响、同工酶等较多研究^[2-5]。体色和鳍的变化发育是鱼类早期发育阶段的重要特征, 对仔稚鱼的摄食、变态、生长和存活等生命活动有着至关重要的作用, 同时也是仔稚鱼变态发育的重要特征之一, 目前仅有少量这方面的研究^[6-10]。本文研究卵形鲳鲹 31 天前仔稚幼鱼体表色素的变化和鳍的形成、分化和发育, 以期对卵形鲳鲹早期发育过程的生物学研究和苗种繁育生产提供参考资料。

1 材料与方法

实验对象为初孵仔鱼至 31 天的卵形鲳鲹鱼苗, 取自南海水产研究所深圳试验基地, 受精卵在水温 $24.73 \pm 2.11^\circ\text{C}$ 、盐度 20‰—24‰、pH 8.0—8.2 孵化, 经过 36—48h 孵出仔鱼。初孵仔鱼放置在土池中的孵化箱内, 培养至开口后放入土池中培育, 育苗条件与受精卵孵化条件相同。

每天取 20—30 尾仔鱼, 在显微镜(Leica DM LB2)和体视显微镜(卡尔蔡司 Stemi2000C)下对体表色素和鳍进行观察和拍照。

2 结果

2.1 卵形鲳鲹早期发育阶段色素的变化

初孵仔鱼: 全长 $2.025 \pm 0.367\text{mm}$, 身体呈直线状, 只能做间断性的转动, 静止时卵黄囊朝上平躺于水面, 或者身体倾斜悬浮于水中。卵黄囊呈卵圆形, 约占全长的三分之二, 油球位于卵黄囊的中部下方。眼窝透明无黑色素, 具脉络纹。心脏位于眼窝后下方。胸鳍位于卵黄囊中央的上方, 只是一小的突起。

初孵仔鱼躯干部色素密集, 头部、油球均具有黑色素和黄色素, 呈点状、星状或小且分支少而短的树枝状色素; 卵黄囊上黑色素较淡, 只有一些树枝状黄色素的分布; 尾部后方色素少(图 1a)。

2 天仔鱼: 眼点的褐色色素增加, 未有视物功能, 仔鱼未开口。

3 天仔鱼: 全长 $3.010 \pm 0.412\text{mm}$, 仔鱼已开口摄食, 卵黄囊几乎消耗完毕, 只剩下油球附近的一小部分; 肠道发育较好, 肛门开通; 眼睛布满黑色素, 完全变为黑色。鱼体除尾部后方外, 全身布满黑褐

色色素, 菊花状色素变粗变大(图 1b)。

5 天仔鱼: 全长 $3.600 \pm 0.614\text{mm}$, 头顶、躯干部色素密集, 交织在一起, 呈网状覆盖整个头顶; 残余的卵黄囊前后两侧以点状、星状黑色素为主, 底部以树枝状淡黄色素为主; 躯干部交界处出现树枝状黄色素, 树枝状色素上下延伸、相互连接; 肛门附近也布满网状的棕色色素, 尾部色素带面积大, 成网状, 覆盖整个尾部, 色素分支延伸到尾部鳍膜上。冠状胸鳍透明, 头顶部色素逐渐向冠状鳍条延伸(图 1c)。

7 天仔鱼: 全长 $4.450 \pm 0.598\text{mm}$, 鱼体全身布满大量黄褐色色素, 背部和鳃盖上具有的星状色素较大、较多, 侧线附近黑色素呈点状, 较少, 尾部的黑色素呈星点状分布(图 1d)。

11 天仔鱼: 全长 $6.850 \pm 0.412\text{mm}$, 仔鱼全身披大量菊花状黑色素细胞。鳃盖、头顶、体干背腹边沿的黑色素细胞十分浓密。全身黄色素进一步加深, 黑色素细胞的密度继续减少, 胞体体积继续扩大, 有大量树突, 数级分支(图 1e)。背鳍、臀鳍具黑色素, 胸鳍和尾鳍透明无色。

15 天仔鱼: 全长 $10.500 \pm 1.106\text{mm}$, 体表小型黑色素细胞很小, 逐渐消失, 大量的黑色素细胞已分布在头部和躯干部, 沿胞体的树突充分扩散, 仔鱼的体色仍较深(图 1f)。背鳍、臀鳍的鳍棘具黄色素, 鳍膜密布黑色素。

17 天稚鱼: 全长 $10.700 \pm 0.632\text{mm}$, 鱼体色大部分为黑色, 在饱食时, 稚鱼头部和背部呈现白色或金黄色。在躯干部、尾部夹杂着黄色素, 腹部呈现白色(图 1g), 腹鳍透明无色。

18 天稚鱼: 背、臀鳍上具有黑色素, 观察到在尾鳍的基部长出少量鳞片。

22 天幼鱼: 全长 $19.850 \pm 1.415\text{mm}$, 全身布满鳞片, 鳃盖部为黑色, 背部具有大量褐色色素, 腹部为黑色(图 1h)。

30 天幼鱼: 全长 $31.75 \pm 1.989\text{mm}$, 全身体色呈鳞片的银色, 背部的上缘和臀部具有带状的黑色素, 色素均匀(图 1i)。

2.2 卵形鲳鲹鳍的分化和发育

初孵仔鱼: 鳍褶从头部后缘开始向后延伸, 绕过尾部, 终止于肛门。鳍褶透明, 很薄, 没有色素(图 1a)。

1 天仔鱼: 鳍褶增高, 胸鳍芽出现, 位于第 2—3 肌节之间, 呈“耳”状。体长进一步增加(图 2a)。

3 天仔鱼: 胸鳍呈扇形, 尾鳍鳍褶开始下凹(图 2b)。

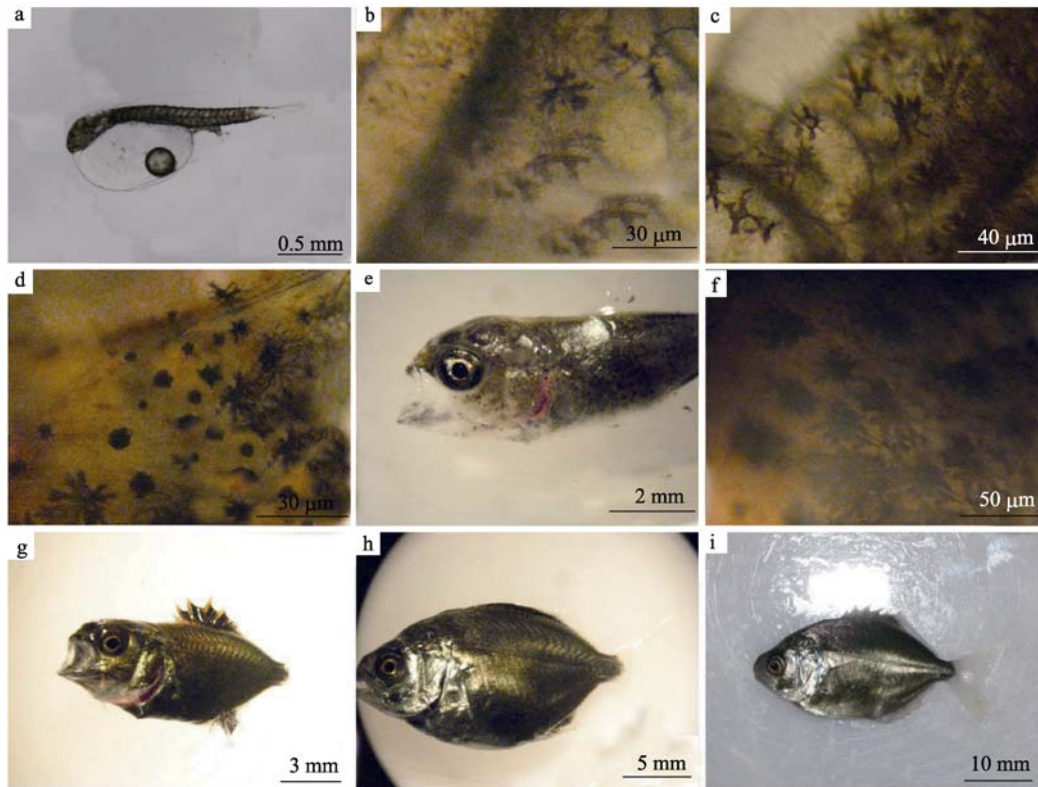


图1 卵形鲳鲹仔、稚、幼鱼体表色素

a. 初孵仔鱼; b. 3天; c. 5天; d. 7天; e. 11天; f. 15天; g. 17天; h. 22天; i. 30天

Fig.1 Variation of body color of *T. ovatus*. a. Newly hatched larva; b. 3th day after hatching; c. 5th day after hatching; d. 7th day after hatching; e. 11th day after hatching; f. 15th day after hatching; g. 17th day after hatching; h. 22th day after hatching; i. 30th day after hatching

6 天仔鱼:尾椎骨开始向上翘,尾鳍开始分化,在尾部开始出现放射状鳍基。背部鳍褶开始分化,出现缺口(图 2c)。

7 天仔鱼:在肛门的后缘已有臀鳍原基的形成(图 2d)。

10 天仔鱼:尾鳍分化完成,鳍条明显(图 2e)。

12 天仔鱼:背鳍具有 5—6 根硬棘,鳍条 15—16 根,具有黑色素。臀鳍进一步发育,也具有黑色素(图 2f)。

13 天仔鱼:臀鳍鳍条基本长成,具有鳍棘 3 根,臀鳍条 17—18,黑色素遍布整个臀鳍(图 2g)。

14 天仔鱼:在头部的下后部出现腹鳍芽(图 2h),背鳍、臀鳍鳍条变宽变粗。

15 天仔鱼:尾鳍开始凹入,腹鳍黑色素加深。

17 天稚鱼:腹鳍鳍条 5 根,形状很小,无色。尾鳍叉形。各鳍发育齐全,棘间膜尚未退化,鳍式分别为: D. VI, I-19—20; A. II, I-17—18; P. 18—20; V. I-5; C. 17(图 2i)。

22 天幼鱼:背鳍的基底约等于臀鳍基底,均长于腹部,胸鳍短圆形,尾柄短细,无隆起棘,侧线呈

直线或微呈波状。

30 天幼鱼:背鳍和臀鳍的棘间膜已退化,各鳍的形态和颜色与成鱼一致(图 1i)。

3 讨论

鱼类体色的变化、鳞片和鳍的形成和发育是鱼类早期发育阶段的重要特征,对仔稚鱼的摄食、行为、生长、变态和存活等生命活动有着至关重要的作用,同时也是仔稚鱼变态发育的重要特征之一,与人工育苗生产技术尤其是投饵、分池等密切相关。

体色变化特征:卵形鲳鲹早期发育阶段的变态速度较快,在水温 $24.73 \pm 2.11^\circ\text{C}$ 、盐度 20‰—24‰的条件下,从初孵仔鱼开始,3 天开口,17 天变态为稚鱼,22 天变态为幼鱼,其体色的变化从胚胎发育开始,随着整个早期发育过程而不断变化,并呈现出与幼体的变态发育明显的相关性特征。

初孵仔鱼已具有黑色素和黄色素,由于在体表具有黑色素,因此肌节很明显。

眼的发育,初孵仔鱼为透明、色素较少的眼窝,第 2 天褐色色素增加,为褐色的眼点,此时仔鱼未开

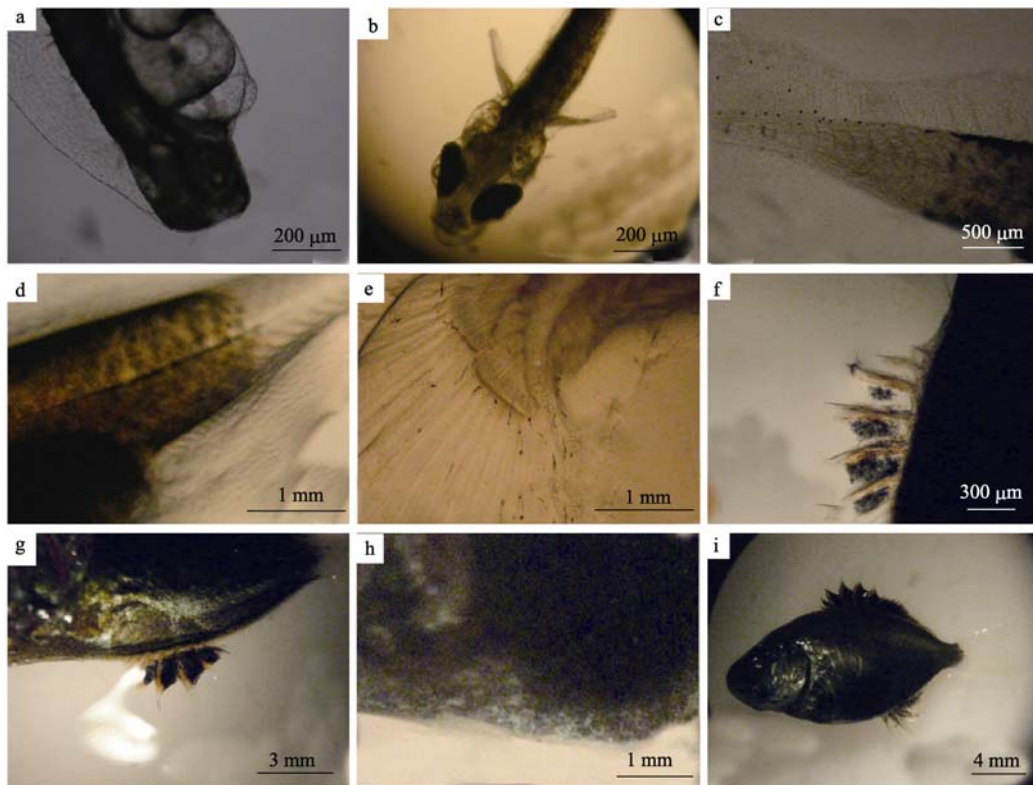


图 2 卵形鲳鲹仔、稚、幼鱼鳍的发育

a. 1 天; b. 3 天; c. 6 天; d. 7 天臀鳍原基; e. 10 天尾鳍; f. 12 天背鳍; g. 13 天臀鳍; h. 14 天腹鳍; i. 17 天

Fig. 2 Development of fins of *T. ovatus*. a. 1th day after hatching; b. 3th day after hatching; c. 6th day after hatching; d. Primordial anal fin of 7th day after hatching; e. Caudal fin of 10th day after hatching; f. Dorsal fin of 12th day after hatching; g. Anal fin of 13th day after hatching; h. Ventral fin of 14th day after hatching; i. 17th day after hatching

口、眼点不能视物, 第 3 天开口时, 眼大而突出、布满黑色素, 变为黑色的眼睛, 具有视觉功能, 此时仔鱼开始摄食、巡游和寻找食物, 生产上称为“开眼”, 池塘育苗时应及时将仔鱼入塘、投喂开口饵料。从初孵仔鱼的眼窝, 发育至具有褐色素的眼点, 直至开口时黑色的眼睛, 说明眼睛色素的形成对于仔稚幼鱼的整个发育过程以及苗种培育极为重要, 其将直接影响眼视觉功能的发育, 并使鱼体在其后的生活史过程中具有了寻找食物、摄食、巡游、躲避敌害、迁徙等一切生命活动。

7 天仔鱼的卵黄囊和油球均已消耗完, 由混合性营养期转为外源性营养期, 仔鱼体色很深, 仔鱼膜已很少, 鱼体粗壮。第 17 天, 当仔鱼变态为稚鱼时, 鱼体变得不透明, 体色可随环境的变化和饱食状态而变化, 稚鱼头部和背部呈现出与幼鱼相似的银白色或金黄色, 鱼体头部呈褐色, 稚鱼的体形发生了一定变化、与成鱼相似, 可开始驯食鳗鱼粉。稚鱼在第 22 天变态为幼鱼时, 鱼体体表为褐色, 幼鱼形态基本与成鱼一致, 称为“花生米”, 可投喂颗粒较小的人工配合饲料。30 天的幼鱼体表为银白色, 与成鱼的体色一致, 成活率较稳定。因此, 卵形鲳鲹

早期发育阶段的体色变化规律与仔鱼开口以及仔稚幼鱼期的变态是一致的, 是幼体发育的重要变态特征, 并且是人工繁育生产过程的投饵、适口饵料规格和种类转换、分筛等关键性技术的重要标志。

鳍的形成、分化和发育特征: 鳍的形成则是幼体发育到一定阶段时, 按照一定次序, 通过鳍褶和鳍基的分化, 逐渐发育而成的。卵形鲳鲹各鳍开始分化和发育的顺序依次为胸鳍→尾鳍→背鳍→臀鳍→腹鳍。初孵仔鱼几乎不具有运动能力, 由于卵黄囊体积较大、身体的大部分重量集中于体前半部分, 使仔鱼朝下倒悬于水中; 1 天仔鱼胸鳍原基出现, 2—3 天仔鱼开始摄食, 此时胸鳍为扇形, 仔鱼开始正卧平游, 并能短时间停留在某一水层。据资料报道, 从鳍的进化观点上看, 一般认为先有奇鳍后有偶鳍^[11], 但据笔者多年的研究发现, 包括真鲷 *Chrysophrys major*^[9]、黑鲷 *Sparus macrocephalus*、黄鳍鲷 *Sparus latus* 和平鲷 *Rhabdosargus sarba* 等鲷科鱼类, 斜带髯鲷 *Hapalogenys nitens*、花尾胡椒鲷 *Plectorhinchus cinctus* 等石鲷科鱼类, 赤点石斑鱼 *Epinephelus akaara*、斜带石斑鱼 *E. coioides*、鞍带石斑鱼 *E. lanceolatus* 等石斑鱼类, 以及鲮鱼 *Mugil*

cephalus^[10]等多种海水鱼类都是胸鳍先出现,且发育速度较快,一般在仔鱼孵出后 24h 至第 3 天就能见到活跃摆动的胸鳍,即仔鱼前期已完成了胸鳍和其他器官的初步发育,而后是奇鳍和腹鳍的发育。福原修^[12]、许波涛等^[13]也观察到真鲷仔鱼的胸鳍在孵化后第 1 天出现,奇鳍在仔鱼后期开始分化,赤点石斑鱼孵化后 24h 出现胸鳍。目前已有的报道中,也多数是胸鳍先出现或发育速度快于奇鳍,例如中华多椎鰕虎鱼 *Polyspondylogobius sinensis* 仔鱼的胸鳍最早出现^[14],美洲鲈 *Alosa sapidissima* 初孵仔鱼已见呈扇状的胸鳍基柄^[15],线纹尖塘鳢 *Oxyeleotris lineolatus* 孵化后第 2 天胸鳍基柄出现^[16],黄鲷 *Dentex tumifrons* 第 3 天仔鱼的胸鳍已初步形成^[17]。然而,乌鳢各鳍的发育速度明显表现出尾鳍>胸鳍>背鳍、臀鳍>腹鳍这样的时间顺序^[18]。胸鳍的作用主要是运动、转向和维持身体平衡^[11],卵形鲳鲹胸鳍的快速出现和发育有助于仔鱼迅速摆脱初孵出时几乎不具有运动能力、只能倒悬于水中的状态,得以向前跃动、平游、推进、上下游泳、转向和维持身体平衡,使仔鱼在第 3 天开口时即可以寻找和捕捉食物、避免饥饿和躲避外界敌害生物的捕食,保证了仔鱼从内源性营养向混合性营养和外源性营养的转换。可见,鱼类鳍的出现、形成和发育顺序也是随着鱼类的进化和环境的变迁而逐渐变化,以适

应生存。

卵形鲳鲹 6 天仔鱼已进入外源性营养期,此时仔鱼尾椎骨开始上翘,随后尾鳍开始分化,借助于尾鳍的推进和转向作用,仔鱼的摄食能力得到明显提高,游泳迅速,捕食能力加强;第 17 天,各鳍发育基本完成,标志着稚鱼期的开始,能够持续、疾速向前冲、游,可以迅速捕食和躲避敌害,育苗成活率变得相对稳定;稚鱼期完成了各鳍的发育,进入幼鱼期。真鲷 20 天的仔鱼各鳍已经分离和基本定型,进入稚鱼期,鱼的体色微红呈半透明,对光反应和外界刺激敏感,能迅速躲避敌害,由仔鱼期的波状式平游变为推进式疾游,喜欢在底层活动^[9];鲷鱼在第 24 天变态为稚鱼时,各鳍发育基本定型,开始分枝,鳞被基本形成,出现植物食性特征,第 41 天变态为幼鱼期时,完成了鳞被和鳍的发育,转为植物食性^[10]。因此,鳍的发育与鱼类早期的形态发育和行为是相适应的,鳍的出现和形成阶段是仔稚鱼变态的重要特征之一,直接影响着仔稚幼鱼的行为、游泳、对外界的反应敏捷程度、摄食和逃避等等,一旦到达这个特征,仔、稚、幼鱼的形态、生理和生活习性即发生剧烈的变化,跃升到新的发育阶段,生产上应及时进行食性转化、转换适口饵料的规格和种类,按照每一阶段鱼苗的习性特点采用不同的育苗操作方式,避免刺激,适时分池,以提高育苗成活率。

参考文献

- [1] 孟庆闻, 苏锦祥, 缪学祖, 等. 鱼类分类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 673-675.
- [2] 区又君, 李加儿. 卵形鲳鲹的早期胚胎发育[J]. 中国水产科学, 2005, 12(6): 786-789.
- [3] 齐旭东, 区又君. 卵形鲳鲹不同组织同工酶表达的差异[J]. 南方水产, 2008, 4(3): 38-42.
- [4] 许晓娟, 区又君, 李加儿. 延迟投饵对卵形鲳鲹早期仔鱼阶段摄食、成活及生长的影响[J]. 南方水产, 2010, 6(1): 37-41.
- [5] 许晓娟, 李加儿, 区又君. 盐度对卵形鲳鲹胚胎发育和早期仔鱼的影响[J]. 南方水产, 2009, 5(6): 31-35.
- [6] 丁彦文, 李加儿, 区又君. 黑鲷早期鳞被的形成[J]. 热带海洋, 1991, 10(3): 16-20.
- [7] 马学坤, 柳学周, 温海深, 等. 半滑舌鳎早期发育过程中体表皮素变化的研究[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(2): 62-68.
- [8] 朱杰, 张秀梅, 高天翔, 等. 大菱鲆早期变态发育和体表黑色素细胞形态学观察[J]. 水产学报, 2002, 26(3): 193-200.
- [9] 区又君, 李加儿, 丁彦文. 人工培育条件下真鲷仔稚鱼的生物学特性[C]//全国首届青年水产学术研讨会论文集. 上海: 同济大学出版社, 1995: 315-324.
- [10] 区又君, 李加儿. 人工培育条件下鲷鱼早期发育的生理生态研究[J]. 热带海洋, 1998, 17(4): 29-39.
- [11] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖 [M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2005: 17-23.
- [12] 福原修. 真鲷仔稚鱼形态学的研究-鳍的形成[J]. 国外水产, 1993, (1): 17-21.
- [13] 许波涛, 李加儿, 周宏团. 赤点石斑鱼的胚胎和仔鱼形态发育[J]. 水产学报, 1985, 9(4): 369-374.
- [14] 林昭进, 梁沛文. 中华多椎鰕虎鱼仔稚鱼的形态特征[J]. 动物学报, 2006, 52(3): 585-590.
- [15] 张呈祥, 徐钢春, 徐跑, 等. 美洲鲈仔、稚、幼鱼的形态发育与生长特征[J]. 中国水产科学, 2010, 17(6): 1227-1233.
- [16] 张邦杰, 李本旺, 莫介化, 等. 线纹尖塘鳢仔、稚鱼的形态发育[J]. 动物学杂, 2007, 42(1): 128-133.
- [17] 夏连军, 施兆鸿, 王建钢, 等. 黄鲷胚胎及卵黄囊仔鱼的形态发育[J]. 中国水产科学, 2005, 12(5): 533-538.
- [18] 谢从新, 周洁, 熊传喜, 等. 乌鳢鳍的发育[J]. 华中农业大学学报, 1997, 16(4): 386-390.