

七带石斑鱼胚胎及仔稚鱼形态观察

陈 超¹ 赵 明^{1,2} 柳学周¹ 王 鲁 杨 志³ 郭嘉琪⁴

(¹农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室

中国水产科学研究院黄海水产研究所, 266071)

(²中国海洋大学水产学院, 青岛 266003)

(³烟台开发区天源水产有限公司, 264000)

(⁴青岛市水族馆 266003)

摘 要 对七带石斑鱼胚胎和仔稚鱼发育过程进行了观察,描述了从受精卵到仔稚鱼各发育时期的形态特征;在水温 22 ± 0.5 °C、盐度 30 条件下进行七带石斑鱼仔鱼的饥饿耐受力实验,记录了饥饿条件下初孵仔鱼的存活与生长、卵黄囊与油球的利用情况。结果表明,胚胎发育可划分为卵裂期、囊胚期、原肠胚期、神经胚期和器官形成期。在水温 20.5 ± 0.5 °C、盐度 30.0 条件下,受精卵历时 38 h 45 min 孵化出膜。初孵仔鱼全长 1.059 ± 0.071 mm,至 4 日龄全长 2.27~2.36 mm 时,卵黄囊完全消失;16 日龄,全长 4.99 mm 时,鳔形成;至 25~30 日龄,尾鳍鳍条发育完整。在饥饿条件下,初孵仔鱼的死亡高峰出现在孵化后 4~6 d,半数死亡时间出现在 5 d,至 7 d 饥饿仔鱼全部死亡。卵黄囊期仔鱼的生长可分为 3 个阶段:仔鱼初孵时的快速生长期,卵黄囊消失前后的慢速生长期,以及在不能建立外源性摄食后的负生长期。随着生长发育时间的延长,饥饿仔鱼与正常条件下仔鱼的生长差异显著($P < 0.05$)。饥饿仔鱼体长较短,头大且体瘦,长期饥饿后脑后部下陷。

关键词 七带石斑鱼 胚胎发育 胚后发育 饥饿

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2011)05-0024-08

Development and growth of embryos and early larvae of *Epinephelus septemfasciatus*

CHEN Chao¹ ZHAO Ming^{1,2} WANG Lu¹ LIU Xue-zhou¹
YANG Zhi³ GUO Jia-zhen⁴

(¹Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, 266071)

(²Fishery College, Ocean University of China, Qingdao 266003)

(³Tianyuan Aquaculture Limited Company of Yantai Development Area, 264000)

(⁴Qingdao Aquarium, 266003)

ABSTRACT Embryonic and early larval development and growth of *Epinephelus septemfasciatus*, including morphological features and developmental period, were observed and studied. Starvation tolerance test was also conducted and other index such as larvae survival and growth, yolk sac, and oil globule utilization rate were recorded under the condition of water

国家 863 计划项目(2006AA10A414)、国际合作项目 S2012Z10303、农业部 948 项目(2008-Z8)和青岛市国际科技合作计划项目(08-2-3-6-hz)共同资助

收稿日期:2010-05-13;接受日期:2010-07-16

作者简介:陈 超(1959-),男,研究员,主要从事海水鱼类繁育生物学研究。E-mail:ysfrichenchao@126.com, Tel:(0532)85844459

temperature $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and salinity 30. Based on the obtained data, the embryonic development of *E. septemfasciatus* was divided into five stages, namely cleavage stage, blastula stage, gastrula stage, neurula stage, as well as organogenesis stage. The embryos hatched at 38h45min after fertilization in seawater at $20.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and salinity of 30.0. The whole length of newly-hatched larva was 1.059 ± 0.07 mm. The yolk sac of larvae disappeared 4d post hatching at a whole length of 2.27~2.36 mm, and air bladder of larvae formed during 8~15d post hatching. Then the soft rays of caudal fin developed finally at 30d post hatching. Newly-hatched larvae showed 100% mortality after 7 days of starvation, and the half mortality time was 5d and the mortality peaked at 4~6d post hatching. The growth of yolk sac larvae can be divided into three periods: rapid growth period of newly hatched larvae, slow growth period before and after the disappearance of yolk sac, and negative growth period afterwards due to the lack of exogenous feeding. Starvation magnified the difference of growth between starved and normal larvae ($P < 0.05$). Larvae had shorter soma length, bigger head and thinner body after a period of food deprivation. The rear part of head sunk after long-time starvation.

KEY WORDS *Epinephelus septemfasciatus* Development of embryo
Post-embryonic development Starvation

七带石斑鱼 *Epinephelus septemfasciatus*, 属鲈形目、鲷科、石斑鱼亚科、石斑鱼属, 主要分布在渤海、黄海、东海沿岸, 为石斑鱼在黄海唯一分布的品种(谢菁等 2009; 王新安等 2008)。七带石斑鱼肉味鲜美, 经济价值高, 因其具有独特的耐低温的特性(成鱼可耐受到 9.2°C), 是一种适宜于北方沿海人工养殖和资源增殖的优良鱼种。通过开展其人工繁育和养殖技术的研究, 有望成为我国海水网箱养殖和增殖放流的优良品种。

石斑鱼的人工繁殖尝试始于 20 世纪 60 年代, 自鹤川正雄等(1966)对赤点石斑鱼 *E. akaara* 的产卵习性及其初期生活史进行研究以后, 日本各地便纷纷开展该种及其他石斑鱼的人工繁殖研究。20 世纪 70 年代后, 东南亚国家和科威特及我国也相继开展石斑鱼人工繁殖的研究。但是, 对于七带石斑鱼的早期发育方面的研究较少。日本学者 Tsuchihashi(2005)对亲鱼培育和苗种培育技术进行过研究报道; Tanaka 等(2003、2004)、Iwamoto 等(2004)在七带石斑鱼神经坏死病毒等方面进行了研究; Wakabayashi(1996)对养殖技术作了报道; 谢菁等(2009)观察了七带石斑鱼的胚体期后的胚胎发育和卵黄囊仔鱼的形态特征, 但未能完成整个胚胎发育过程和仔稚鱼期的观察描述。作者 2009 年在七带石斑鱼繁殖和育苗过程中, 详细观察了其胚胎和仔稚鱼发育过程中的形态特征, 并对初孵仔鱼进行了饥饿耐受力实验, 以期对七带石斑鱼胚胎孵化和初孵仔鱼质量评价及饵料投喂策略提供技术参考。

1 材料和方法

1.1 受精卵的获得方法

实验于 2009 年在烟台开发区天源水产有限公司进行。实验用七带石斑亲鱼为中国水产科学研究院黄海水产研究所暂养于烟台市开发区天源水产有限公司的亲鱼。在亲鱼产卵季节, 采用激素诱导的方法促使其性腺成熟, 经采集精、卵进行干法授精获得受精卵。具体步骤为: 催产激素选择 HCG 剂量为 $500 \sim 1\,000$ IU/kg, 注射时用帆布鱼夹将亲鱼小心捞起, 使其背部浮离水面, 在背部肌肉一次性注射, 雄鱼注射剂量为雌鱼的 1/2。时效 40 h 后取鱼轻压腹部获其精、卵, 将精液滴入盛有卵子的搪瓷盆中, 用经过消毒处理的羽毛轻柔搅拌, 同时缓慢加入砂滤海水至满盆, 静置 10~15 min 后用砂滤海水冲洗, 再用 80 目筛绢滤去多余精液(即洗卵)。将洗净的受精卵盛入 2 L 量筒中, 静置分离 20~30 min 后取上浮受精卵放入事先准备好的孵化箱中静水孵化。

1.2 胚胎发育观察

用筛绢网捞取适量受精卵, 倒入实验水槽中, 在水温 $20.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、盐度 30、微充气、静水的条件下, 以不同时

间间隔多次取样,在 Olympus 解剖镜(SZX7)下进行连续观测、生物学测量、普通数码相机拍照,并作详细描述。

1.3 仔稚鱼的培育及观察

仔鱼孵出后,在容积 25 m³室内方形抹角水泥池内培育。培育水温 20~24 ℃,前期培育水温 20~22 ℃,后期培育水温 22~24 ℃。其他培育条件:盐度 27~33,DO≥5 mg/L,pH 7.6~8.4。仔鱼前 3 d 采用静水培育,水位为池深的 1/2;从第 4 天开始向培育池内补加新鲜海水,水位增高 10 cm;从第 8 天开始换水,换水率逐渐增加到 100%。仔鱼 3~5 日龄投喂牡蛎 *Ostrea talienwhanensis* Crosse 卵,4~8 日龄投喂 S 型褶皱臂尾轮虫 *Brachionus plicatilis*,投喂密度为 5~10 ind./ml;7 日龄开始投喂 L 型褶皱臂尾轮虫,日投喂两次,投喂密度为 8~15 ind./ml;褶皱臂尾轮虫投喂前用小球藻 *Chlorella* sp. 强化,投喂轮虫时培养水体中添加小球藻,添加密度保持在 5×10⁵~10×10⁵ cell/ml,13 日龄开始,增加投喂卤虫 *Artemia salina* 无节幼体,投喂密度 1~2 ind./ml,日投喂两次;18 日龄时停止投喂小球藻和轮虫;25 日龄开始进行配合饲料诱导;30 日龄后停止投喂卤虫。自仔鱼布池日起,每天从培育池中随机取样 30~40 尾,在 NIKON 解剖镜下观察仔稚鱼不同发育时期的形态特征、器官发育,测量全长、卵黄囊和油球长、短径,计算卵黄囊和油球的体积。用 NIKON Coolpix 4500 相机拍照,以 5% 甲醛固定液固定各日龄标本 30~40 尾,以备实验室补充观察用。

数据以平均值±SD 表示。卵黄囊体积: $V=4/3 \times \pi \times (r/2)^2 \times R/2$ (R :长径; r :短径),油球体积: $V=4/3 \times \pi \times (D/2)^3$ (D :直径),并计算存活率。

1.4 初孵仔鱼的饥饿实验

分饥饿组和对照组,各设置 3 个平行,其中两个平行用于生长和内源性营养消耗测定,一个平行用于存活率计算,每个平行取 100 尾健康仔鱼分别置于 2 L 烧杯内进行饥饿试验。饥饿组不投饵;对照组每天正常投饵,仔鱼在开口前 1d 投喂牡蛎卵和幼体,密度为 10~15 ind./ml。实验期间,盐度保持 30±1,水温 22±0.5℃,微充气静水培育。自孵化开始,每 12 h 饥饿组与对照组各取 15 尾进行形态观察和数量性状的测定。

2 结果与分析

2.1 受精卵和胚胎发育

七带石斑鱼受精卵呈正圆球形,无色、透明,彼此分离,卵径为 0.834±0.022 mm($n=38$),中央有一油球,油球径为 0.125 4±0.008 mm($n=38$)。受精卵为端黄卵,胚盘形成于动物极,在相对静止的状态下,盐度 30 时上浮,动物极朝下,植物极朝上。在水温 20.5±0.5 ℃、盐度 30.0 的海水中培育,历时 38h 45min(50% 以上仔鱼孵出)完成胚胎发育孵化出仔鱼。胚胎发育过程及特征见表 1。

2.1.1 卵裂期

七带石斑鱼的卵裂方式属于盘状卵裂。受精后 20 min,卵裂开始发生,卵裂仅局限在动物极所在的半球;第 1 次卵裂为径裂,受精后 45min 开始,将胚盘分成大小相等的两个分裂球(图 1-2);受精后 1 h 10 min,在与第 1 次卵裂面的垂直线上出现纵沟,使每个分裂球等分,完成第 2 次卵裂,进入 4 细胞期(图 1-3);受精后 1 h 30 min 开始第 3 次卵裂,卵裂时出现与第 1 次分裂面平行的两个分裂面,形成 8 个细胞,靠内排列的 4 个细胞受挤压变小(图 1-4);受精后 1 h 40min,发生第 4 次卵裂,分裂面与第 2 次分裂面平行,形成均匀排列的 4 排共 16 个细胞(图 1-5);第 5 次卵裂发生距受精 12h 25min,此时分裂面开始失去规则,分裂后细胞排列不规则,发育到 32 细胞期,细胞之间的界限开始变得模糊(图 1-6);受精后 3h 15min,继续分裂产生 64 个细胞,细胞排列不规则,且细胞形状和大小也不尽相同,在胚盘层面开始出现细胞重叠现象(图 1-7);在受精后 3h 55min,细胞明显变小,进入多细胞期(图 1-8);在受精后 5h 35min,细胞变得更小,不可数,细胞团轮廓已渐趋圆形,状如桑葚,进入桑葚期(图 1-9)。

2.1.2 囊胚期

7h 15min 左右,细胞数目与细胞层次不断增加,胚盘与卵黄之间形成囊胚腔,囊胚中部向上隆起,此时进入高囊胚期(图 1-10);7h 30min~9h 45min 期间囊胚边缘变薄,细胞开始下包,进入低囊胚期。

表1 七带石斑鱼胚胎发育过程
Table 1 Embryonic development of *E. septemfasciatus*

受精后时间 Time after fertilization	胚胎发育时期 Stage of embryonic development	主要发育特征 Developmental characteristic
0 min	受精卵 Fertilized egg(图 1-1)	
20 min	胚盘形成 Blastodisc formation	胚盘形成,侧面观可见胚盘如帽状
45 min	2 细胞期 2-cell stage(图 1-2)	第 1 次卵裂,形成两个对等细胞
1 h 10 min	4 细胞期 4-cell stage(图 1-3)	第 2 次卵裂,形成 4 细胞
1 h 30 min	8 细胞期 8-cell stage(图 1-4)	第 3 次卵裂,形成 8 细胞
1 h 40 min	16 细胞期 16-cell stage(图 1-5)	第 4 次卵裂,形成 16 细胞
2 h 25 min	32 细胞期 32-cell stage(图 1-6)	第 5 次卵裂,形成 32 细胞
3 h 15 min	64 细胞期 64-cell stage(图 1-7)	受精卵已分裂为 64 细胞
3 h 55 min	多细胞期 Multi-cell stage(图 1-8)	细胞变小并开始重叠
5 h 35 min	桑椹期 Morula(图 1-9)	细胞变得更小,细胞团类似桑椹球
7 h 15 min	高囊胚期 High blastula(图 1-10)	囊胚呈高帽状
8 h 30 min	低囊胚期 Blastula	囊胚边缘变薄,细胞下包,进入低囊胚
10 h 0 min	原肠早期 Early gastrula(图 1-11)	背面观可见胚环,侧面可见胚盾已形成
13 h 30 min	原肠中期 Middle gastrula(图 1-12)	胚层下包卵黄 2/3
14 h 35 min	原肠末期 Late gastrula(图 1-13)	胚层下包卵黄 3/4,胚盾变得细长
15 h 55 min	胚体形成期 Embryo body stage(图 1-14)	胚体轮廓清晰
16 h 45 min	胚孔形成期 Blastopore stage	胚孔形成期
17 h 55 min	视囊形成期 Optic capsule stage(图 1-15)	胚体头部出现 1 对视囊
18 h 35 min	肌节出现期 Muscle burl stage(图 1-16)	胚体中部出现肌节
19 h 50 min	听囊形成期 Otocyst stage(图 1-17)	视囊靠后位置出现 1 对听囊
21 h 45 min	脑泡形成期 Brain vesicle stage(图 1-18)	头部两视囊中间位置出现脑泡
25 h 55 min	尾芽期 Tail-bud stage(图 1-19)	尾芽开始与卵黄囊分离
28 h 0 min	晶体形成期 Crystal stage(图 1-20)	晶体轮廓清晰,胚体开始无规则颤动
31 h 25 min	心脏跳动期 Heart-beating stage(图 1-21)	心脏跳动
37 h 10 min	孵化期 Pre-hatching stage(图 1-22)	胚体的抽动频繁有力
38 h 45 min	初孵仔鱼 Newly hatched larvae(图 1-23)	

2.1.3 原肠胚期

囊胚层细胞下包形成原肠胚为 10h 0min(图 1-11);受精后 13h 30min,胚层下包卵黄 2/3,进入原肠中期(图 1-12);胚盾逐渐延伸,变得细长,前端稍大,发育至原肠末期(图 1-13)。

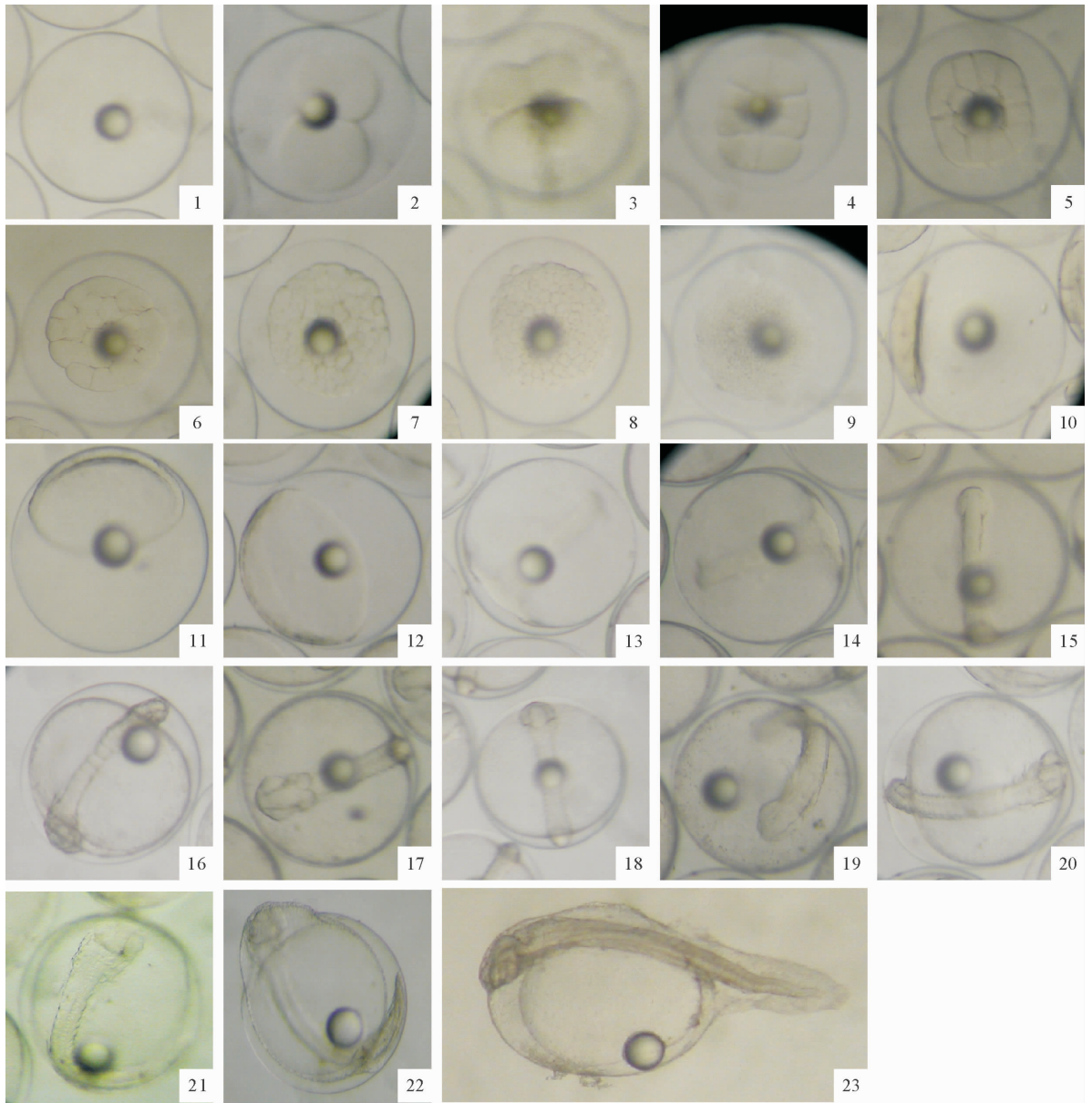
2.1.4 神经胚期

受精后 15h 55min 形成神经板,在显微镜下,神经板折光性较强,明显看到中央线内有 1 条圆柱状脊索,胚体雏形已现,进入胚体形成期(图 1-14)。

2.1.5 器官形成期

17h 55min 进入视囊期,在胚体前端两侧出现 1 对视囊(图 1-15);受精后 18h 35min 肌节出现期,胚体中部出现 3 对肌节,视囊轮廓变得更加清晰(图 1-16);受精后 19h 50min 听囊期,胚体头部视囊靠后的位置出现 1 对听囊(图 1-17);受精后 21h 45min 脑泡形成期,胚体头部背面出现椭圆形板状脑泡,两个视囊中间脑泡还未分室,肌节增加(图 1-18);受精后 25h 55min 尾芽期,胚体背腹两处逐渐形成鳍褶,尾部逐渐与卵黄囊分离,这时尾鳍褶可见(图 1-19);受精后 28h 00min 晶体形成期,胚体开始间歇抽动(即“肌肉效应”),视囊内可见折光性强的晶体(图 1-20),同时,听囊内已形成折光性强的透明状耳石;受精后 31h 25min 心脏跳动期,心脏可见跳动(图 1-21);受精后 37h 10min 孵化期,此时胚体的扭动更频繁有力(图 1-22);受精后 38h 45min,部分仔

鱼即将孵出,孵化时胚体头部先顶破卵膜,然后尾部用力摆动,脱去卵膜;初孵仔鱼全长 1.06 ± 0.07 mm,腹部带有1个大的椭圆形卵黄囊(长径 0.85 ± 0.08 mm、短径 0.58 ± 0.05 mm),卵黄囊后端有1个直径为 0.13 ± 0.008 mm 的油球,此时仔鱼腹部朝上,悬浮于水面,游泳能力较弱(图 1-23)。



1. 受精卵;2. 2细胞期;3. 4细胞期;4. 8细胞期;5. 16细胞期;6. 32细胞期;7. 64细胞期;8. 多细胞期;
9. 桑椹期;10. 高囊胚;11. 原肠早期(侧面);12. 原肠中期;13. 原肠末期;14. 胚体形成期;15. 视囊形成期;
16. 肌节出现期;17. 听囊形成期;18. 脑泡形成期;19. 尾芽期;20. 晶体形成期;21. 心脏跳动期;22. 将孵期;23. 初孵仔鱼
1. Fertilized egg;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-cell stage; 9. Morula; 10. High blastula; 11. Early gastrula(profile); 12. Middle gastrula; 13. Late gastrula; 14. Embryo body stage;
15. Optic capsule stage; 16. Muscle burl stage; 17. Otocyst stage; 18. Brain vesicle stage; 19. Tail-bud stage; 20. Crystal stage;
21. Heart-beating stage; 22. Pre-hatching stage; 23. Newly hatched larvae.

图 1 七带石斑鱼胚胎发育

Fig. 1 Embryonic development of *E. septemfasciatus*

2.2 仔鱼发育特征

2.2.1 仔鱼内源性营养的吸收

七带石斑鱼仔鱼内源性营养的吸收过程见表 2。初孵仔鱼全长为 1.36 ± 0.07 mm ($n=40$), 至开口前, 依靠卵黄囊和油球作营养, 无摄食能力; 刚孵出仔鱼卵黄囊体积为 151.5062×10^{-3} mm³; 随着仔鱼的生长发育, 卵黄囊迅速被吸收, 24 h 后卵黄囊体积只剩下初孵时的 14.57%, 油球径在 0~24h 内有一定变化, 而后被吸收, 相对于卵黄囊, 油球的吸收较慢。孵化后 72 h, 部分仔鱼已开口进入摄食期, 此时卵黄囊体积为 0.016178×10^{-3} mm³。孵化后第 4 天, 卵黄和油球基本耗尽。

表 2 七带石斑鱼仔鱼、卵黄囊和油球的吸收

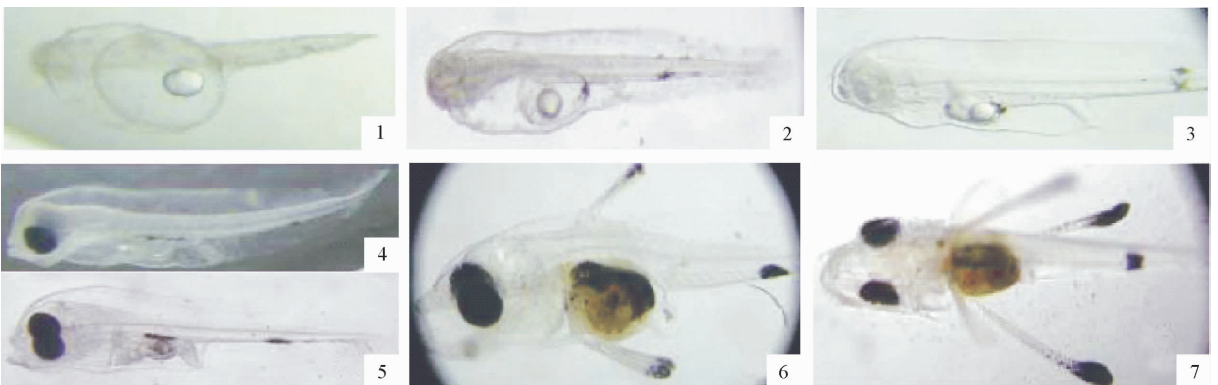
Table 2 Absorption in yolk-sac and oil globe of *E. septemfasciatus* larvae

孵出后时间 Hours after hatching(h)	全 长 Total length(mm)	卵黄囊长径 Long diameter of yolk sac (mm)	卵黄囊短径 Short diameter of yolk sac(mm)	卵黄囊体积 Yolk sac volume(10^{-3} mm ³)	油球径 Oil globule diameter(mm)	油球体积 Oil globule volume(10^{-3} mm ³)
0	1.358 97	0.853 02	0.582 42	151.506 0	0.125 44	1.033 60
12	1.807 72	0.732 81	0.462 45	82.057 70	0.152 01	1.839 14
24	2.344 32	0.565 22	0.275 48	22.460 10	0.175 69	2.839 58
36	2.140 87	0.357 5	0.203 50	7.751 81	0.138 6	1.394 08
48	2.267 38	0.290 11	0.160 55	3.915 59	0.109 90	0.695 09
60	2.398	0.179 66	0.106 33	1.063 66	0.080 23	0.270 40
72	2.355 57	0.040 85	0.027 5	0.016 17	0.068 35	0.167 24
96	2.251 85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.2.2 仔稚鱼形态特征

七带石斑鱼仔稚鱼各期的发育和形态特征如图 2 所示。

初孵仔鱼(图 1-23), 全长 1.36 ± 0.07 mm ($n=40$), 卵黄囊椭圆形, 长径 0.85 ± 0.08 mm、短径 0.58 ± 0.05 mm, 几乎占鱼体的大部分, 半透明, 油球 1 个, 圆球形, 直径 0.1254 ± 0.008 mm, 略带黄色, 位于卵黄囊后端。头部位于卵黄囊前上方, 贴在卵黄囊上, 具有少量的黑色素。脊索略弯曲、细长, 位于体上侧。活体水中观察, 仔鱼通体透明, 卵黄囊朝上, 头部斜向上悬浮于水上层。



1. 0.5d 龄仔鱼; 2. 2d 龄仔鱼; 3. 3d 龄仔鱼; 4. 4d 龄仔鱼; 5. 7d 龄仔鱼; 6. 19d 龄仔鱼; 7. 20d 龄仔鱼
1. 0.5d larval; 2. 2d larval; 3. 3d larval; 4. 4d larval; 5. 7d larval; 6. 19d larval; 7. 20d larval;

图 2 七带石斑鱼仔鱼发育

Fig. 2 Larval development of *E. septemfasciatus*

0.5d龄(图2-1),全长 1.78 ± 0.03 mm($n=40$),卵黄囊长径 $0.73 \sim 0.74$ mm、短径 0.47 mm,油球直径 0.15 mm。脊索伸直,位于鱼体中央,头部增大,脱离卵黄囊抬起。肠道开始膨大,肛门位置移至身体的中部。活体观察仍通体透明,悬浮于水上层,活动能力略加强。

2d龄(图2-2),全长 $2.12 \sim 2.25$ mm($n=38$),卵黄囊直径长径 $0.28 \sim 0.35$ mm、短径 $0.16 \sim 0.21$ mm,油球直径 $0.10 \sim 0.13$ mm。背鳍褶、腹鳍褶和尾部鳍褶连成一体,背鳍褶始于中脑上方,腹鳍褶始于卵黄囊后部。消化管直而细长,消化道为直管形状,肛门未通。

3d龄(图2-3),全长 $2.35 \sim 2.39$ mm($n=41$),卵黄囊油球缩小,出现口窝。肠道变粗,消化道褶皱增多,肠道前端开始出现生理弯曲,肛门开口于体外。眼球、消化管上方、尾椎骨下方等处出现黑色素。仔鱼游泳能力增强。

4d龄(图2-4),口部形成,全长 $2.27 \sim 2.36$ mm($n=35$),卵黄囊消失,仅可见油球残迹,吻端突出,上颌短,下颌长,消化管增厚并弯曲,尾椎骨下方黑色素增加,呈树枝状。

5d龄(图2-5),消化管变短、加粗,末端呈锥状。身体黑色素增加。仔鱼平游,游泳能力增强,并开始摄食牡蛎卵和幼体。眼囊颜色变深,晶体黑色。

8~16d龄,全长 $3.52 \sim 4.99$ mm,仔鱼鳔泡形成,脊索平直,各鳍分化,鳍条形成。

19d龄(图2-6),背鳍第2鳍棘及腹鳍棘明显伸长。棘上有黑色素细胞。在仔稚鱼期有特别伸长的背鳍棘与腹鳍,是石斑鱼属异于其他硬骨鱼类的一大特征。

20d龄(图2-7),背鳍长棘和腹鳍长棘出现,身体侧扁,背鳍位置上出现1枚长棘(将来的第2棘)。棘上有很多黑色素细胞分布,棘缘呈锯齿状,但不明显;两侧腹鳍位置上也各长出1枚长棘,亦有黑色素分布,边缘较平。

30d龄,全长 11.08 ± 0.792 mm($n=35$)。口裂增大,尾鳍鳍条发育完整,除腹鳍外,其他各鳍条数目与成体相同。脊椎弯曲完成,上下颌淡黄色素数量增多。头长占全长的 30.4% ,肛前长占全长的 44.97% ,眼径为头长的 29.08% 。由于色素密布,肉眼已无法从体表直接观察到鳔。

2.2.3 饥饿仔鱼的耐受性

饥饿仔鱼与正常投喂仔鱼的存活情况见图3。在完全饥饿条件下,仔鱼死亡集中在孵化后第4~6天,50%死亡的时间出现在第5.5天,第6天的死亡率达90%,全部死亡时间出现在第7天。

饥饿仔鱼与正常投喂仔鱼全长的增长情况见图4。两组仔鱼全长在孵化后3d内变化情况基本一致,24h内保持较快增长,24h~3d出现小幅负增长。正常投喂组仔鱼在孵化后4~7d全长缓慢增长;饥饿组仔鱼孵化后4~7d一直处于负增长,死亡时体长达到最小,为 2.017 mm。饥饿仔鱼不仅体长较短,且头大体瘦,长期饥饿后脑后部下陷。

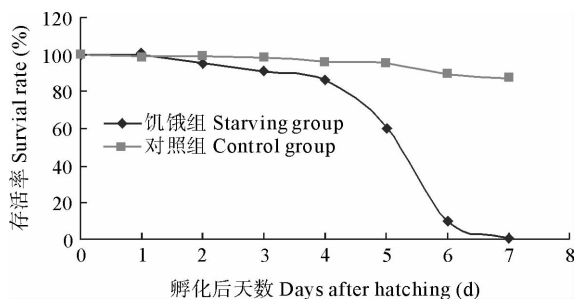


图3 饥饿对七带石斑鱼初孵仔鱼存活率影响

Fig. 3 Effects of starvation on survival rate of newly hatched larvae of *E. septemfasciatus*

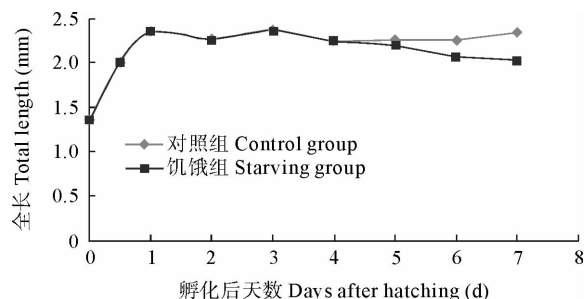


图4 饥饿对七带石斑鱼仔鱼生长的影响

Fig. 4 Effects of starvation on growth of newly hatched larvae of *E. septemfasciatus*

3 讨论

七带石斑鱼的受精卵为单油球的浮性卵,卵径为 0.834 ± 0.022 mm,比澳洲宝石斑鱼 *Scortum barcoo* 受精卵(1.5 mm)小(韩茂森等 2007),比赤点石斑鱼 *Epinephelus akaara* 受精卵(0.77 ± 0.02 mm)偏大

(许波涛等 1985),卵裂方式为典型的端黄卵的盘状卵裂,以下包的形式形成原肠胚,胚胎发育的各个发育时期的形态特征和发育时间与鞍带石斑鱼等石斑鱼基本一致(张海发等 2008;刘付永忠等 2001;陈国华等 2001;张海发等 2006;邹记兴等 2003)。七带石斑鱼仔鱼4日龄时卵黄囊和油球基本消耗完毕,从而由内源性营养期进入外源营养期,转入外源营养期的长短对苗种的营养转换和苗种培育成活具有重要意义,因此在苗种培育时应保持适宜的温度,使卵黄的吸收速度与仔鱼向外源性营养速度相适应,以提高鱼苗成活率。

七带石斑鱼仔鱼在卵黄囊消失前、进入摄食期时出现小幅负生长现象,此时暂缓生长耗能,体内贮存的营养物质和能量主要用于提高活动水平来寻找和摄食,以建立外源性营养。这是一种适应性生态反应,并且在七带石斑鱼卵黄囊仔鱼阶段得到了充分认证,仔鱼主动暂缓生长耗能导致了进入摄食期的小幅负生长现象。这是仔鱼在饥饿环境胁迫下能量上的适应性方式。长期饥饿仔鱼其体长较短,头大且体瘦,后脑后部下陷。下陷的原因推测为饥饿仔鱼后头部脂肪组织被消耗,这有待于进一步研究验证。

七带石斑鱼的饥饿半致死时间和全部死亡时间与斜带石斑鱼(柳敏海等 2006;张海发等 2009)相似,分别在5~6和7~8 d。卵黄囊期仔鱼具有摄食能力的时间一般不长,如点带石斑鱼从半致死到全致死时间仅2~3 d(柳敏海等 2006)。因此,七带石斑鱼仔鱼必须在内源性营养耗尽的同时建立外源性营养关系,否则会蒙受进展性饥饿,而且将直接面临死亡。

致谢:感谢长岛高级职业学校2008级陈伟同学的帮助!

参 考 文 献

- 马学坤,柳学周,温海深,孙中之,徐永江. 2006. 半滑舌鳎早期发育过程中体表皮素变化的研究. 海洋水产研究, 27(2): 62~68
- 万瑞景,姜言伟,庄志猛. 2004. 半滑舌鳎早期形态发育与特征. 动物学报, 50(1): 91~102
- 王新安,马爱军,陈超,杨志,曲江波. 2008. 七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)两个野生群体形态差异分析. 海洋与湖沼, 39(6): 655~660
- 刘付永忠,王云新,黄国光,刘晓春,林浩然. 2001. 自然产卵的赤点石斑鱼胚胎及仔鱼形态发育研究. 中山大学学报(自然科学版), 40(1): 81~84
- 刘筠. 1993. 中国养殖鱼类繁殖生物学. 北京: 农业出版社, 81~89
- 许波涛,李加儿,周宏团. 1985. 赤点石斑鱼的胚胎和仔鱼形态发育. 水产学报, 9(4): 369~374
- 李恒颂,鄂国民,范阳,陈焜慈,胡隐昌,邓国成. 2000. 银鲈胚胎和仔鱼的发育. 中国水产科学, 7(2): 5~9
- 张海发,王云新,刘付永忠,黄国光,欧冲辉,黄培卫,梁伟峰. 2008. 鞍带石斑鱼人工繁殖及胚胎发育研究. 广东海洋大学学报, 28(4): 36~40
- 张海发,刘晓春,刘付永忠,王云新,林鑫,黄国光,舒琥,罗国武,林浩然. 2006. 斜带石斑鱼胚胎及仔稚鱼形态发育. 中国水产科学, 13(5): 689~699
- 张海发,刘晓春,刘付永忠,王云新,黄国光,欧冲辉,易诗白,张勇,林浩然. 2009. 饥饿对斜带石斑鱼卵黄囊期仔鱼摄食、存活及生长的影响. 中山大学学报(自然科学版), 48(1): 51~55
- 张开翔. 1984. 太湖产乔氏短吻银鱼的胚胎发育. 水产学报, 8(2): 161~170
- 邹记兴,常林,向文洲,胡起群,林坚士. 2003. 点带石斑鱼的亲鱼培育、产卵受精和胚胎发育. 水生生物学报, 27(4): 378~384
- 易祖盛,王春,陈湘舜. 2002. 尖鳍鲤的早期发育. 中国水产科学, 9(2): 120~124
- 陈国华,张本. 2001. 点带石斑鱼亲鱼培育、产卵和孵化的试验研究. 海洋与湖沼, 32(4): 428~435
- 柳敏海,施兆鸿,陈波,罗海忠,傅荣兵,罗海军. 2006. 饥饿对点带石斑鱼饵料转换期仔鱼生长和发育的影响. 海洋渔业, 28(4): 292~298
- 常抗美,毛建平,吴剑锋,张科杰. 2005. 条石鲷胚胎及仔稚鱼的发育. 上海水产大学学报, 14(4): 401~405
- 谢恩义,阳清发,何学福. 2002. 瓣结鱼的胚胎及幼鱼发育. 水产学报, 26(2): 115~121
- 谢菁,区又君,李加儿,何永亮,陈超. 2009. 七带石斑鱼胚体和卵黄囊期仔鱼的发育. 海洋通报, 28(2): 41~49
- 韩茂森,陆锦宜,刘红梅,张伟康,俞显堂. 2007. 澳洲宝石斑鱼的胚胎发育. 烟台大学学报, 20(3): 222~226
- 十桥靖史(Tsuehishashi). 2005. マハタの种苗生产技术开发に関する研究. 三重县水产研究所研究报告(第12号)
- 鵜川正雄,樋口正毅,水戸敏. 1966. キジハタの产卵习性と初期生活史. 鱼类学杂志, 1(4/6): 156~161
- Iwamoto T., Okinaka, Y., Mise, K., et al. 2004. Identification of host-specificity determinants in betanodaviruses by using reassortants between striped jack nervous necrosis virus and sevenband grouper nervous necrosis virus. Journal of Virology, 78(3): 1256~1262
- Tanaka, S., Kuriyama, I., Nakai, T., and Miyazaki, T. 2003. Susceptibility of cultured juveniles of several marine fish to the sevenband grouper nervous necrosis virus. Journal of Fish Diseases, 26(2): 109~115
- Tanaka, S., Takagi, M., and Miyazaki, T. 2004. Histopathological studies on viral nervous necrosis of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* Thunberg, at the grow-out stage. Journal of Fish Diseases, 27(7): 385~399
- Wakabayashi, H. 1996. Importation doeufs et de larves destinesa Taquaculture au Japon. Rev. Sic. Tech off Int. Epiz, 15(2): 409~422