

云纹石斑鱼胚胎发育及仔、稚、幼鱼形态观察

宋振鑫^{1,2} 陈超^{2*} 翟介明³ 李炎璐^{1,2}
马文辉³ 王鲁² 庞尊方³ 吴雷明^{1,2}

(¹ 上海海洋大学水产与生命学院, 201306)

(² 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(³ 莱州明波水产有限公司, 261400)

摘 要 对云纹石斑鱼 *Epinephelus moara* 胚胎发育及仔、稚、幼鱼形态进行了观察与研究, 详细描述了各发育期的形态特征和发育时间。结果表明: 1) 在水温 $22 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、盐度 30、溶氧 7.8mg/L、pH 8.25 的条件下, 云纹石斑鱼的受精卵历时 38h 17min 开始孵化出膜。胚胎发育可分为受精卵、卵裂、原肠、神经胚和器官形成及出膜 6 个阶段, 受精、胚盘形成、2 细胞等 28 个时期。2) 在水温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、盐度 30 ± 3 、 $\text{DO} \geq 5\text{mg/L}$ 、pH 8.0 ± 0.5 的海水中, 培育至 5d, 卵黄囊完全消失, 成为后期仔鱼; 培育至 27d, 发育最快的云纹石斑鱼结束仔鱼期, 进入稚鱼期; 培育至 65d, 发育最快的稚鱼完成变态, 成为幼鱼。胚后发育过程主要是根据卵黄囊、鳍膜、鳞片、体色及第 1 腹鳍棘与第 2 背鳍棘相对长度的变化分为仔鱼、稚鱼和幼鱼 3 个时期。其中仔鱼期又根据其卵黄囊的有无划分为前期仔鱼和后期仔鱼。

关键词 云纹石斑鱼 胚胎发育 仔鱼 稚鱼 幼鱼 形态特征

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2012)03-0026-09

Embryonic development and morphological characteristics of larval, juvenile and young Kelp bass, *Epinephelus moara*

SONG Zhen-xin^{1,2} CHEN Chao^{2*} ZHAI Jie-ming³ LI Yan-lu^{1,2}
MA Wen-hui³ WANG Lu² PANG Zun-fang³ WU Lei-ming^{1,2}

(¹ College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, 201306)

(² Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(³ Laizhou Mingbo Fisheries Limited Corporation, 261400)

ABSTRACT The embryonic and morphological development of larval, juvenile and young kelp bass *Epinephelus moara* were observed and studied. The morphological features and the developmental phases were described in great detail from fertilization to young fish. The results showed that the time period for embryonic development is 38h 17min at $22 \pm 0.2^\circ\text{C}$, salinity 30, DO 7.8mg/L, and pH 8.25. Based on the obtained data, six periods including 28 stages of E.

科技部国际合作专项(2012DFA30360)和天津市滨海新区(201004070)项目共同资助

* 通讯作者。ysfrichenchao@126.com, Tel: (0532) 85844459

收稿日期: 2011-10-26; 接受日期: 2012-04-17

作者简介: 宋振鑫(1986-), 男, 硕士研究生, 主要从事海水鱼类繁育与养殖技术研究。E-mail: songzhen_zin@126.com

moara embryo were described, which were cleavage, blastula, gastrula, neurula, organogenesis, and hatching period. After being reared for 5 days in the sea water at $23 \pm 1^\circ\text{C}$, salinity 30 ± 3 , $\text{DO} \geq 5\text{mg/L}$, $\text{pH } 8.0 \pm 0.5$, the yolk-sac of larvae disappeared and the late larval stage began; after 27 days, the faster growing larvae developed into juveniles; after 65 days, the faster growing juveniles completed metamorphosis and became young fish. The post embryonic development of *E. moara* was divided into larval stage, juvenile stage as well as young fish stage, based on the features of the yolk-sac, finfold, pelvic fin spine, second dorsal fin spine, scale and body color. Accordingly, the larval stage was further classified into early larvae and late larvae, according to the existence of the yolk-sac, respectively.

KEY WORDS Kelp bass Embryonic development Larvae Juvenile
Young fish Morphological characteristics

云纹石斑鱼 *Epinephelus moara*, 英文名 Kelp bass, 俗称草斑、真油斑, 隶属于硬骨鱼纲、鲈形目 Perciformes、鲷科 Serranidae、石斑鱼亚科 Epinephelinae、石斑鱼属 *Epinephelus*, 主要分布在日本、韩国、中国(南至香港和海南)和中国的台湾沿岸(郭明兰等 2008)。它具有生长快、适应性强、经济价值高等特点(黄进光等 2010), 适应于池塘、网箱、室内水泥池及工厂化养殖, 近年来发展迅速。通过开展其人工繁育和养殖技术的研究, 以及工厂化健康育苗技术的试验探索, 云纹石斑鱼有望成为我国沿海海水网箱养殖和增殖放流的优良品种。

石斑鱼的人工繁育技术最早开始于 20 世纪 60 年代初, 日本鹈川正雄等(1966)对赤点石斑鱼 *E. akaara* 产卵习性及其初期生活史进行研究。云纹石斑鱼是比较难繁育的石斑鱼种类之一, 苗种的规模化繁育技术最近十年才得以突破(日本三重县水产技术中心 2001)。20 世纪 70 年代后期, 我国对云纹石斑鱼开始研究, 研究主要集中在淋巴囊肿病(张永嘉 1992; 张永嘉等 1997)、染色体核型(郭丰等 2006)及形态比较(郭明兰等 2008)等方面, 在繁育方面鲜见报道。仅有 2010 年黄进光等对云纹石斑鱼的育苗技术进行了初探, 进程相对缓慢。作者在 2011 年云纹石斑鱼的繁殖和育苗过程中, 详细观察了其胚胎发育和仔、稚、幼鱼形态变化特征, 为云纹石斑鱼的孵化、初孵仔鱼质量评价及饵料投喂策略提供了技术参考。

1 材料与方 法

1.1 受精卵获得及孵化

实验于 2011 年在山东莱州明波水产有限公司进行。在繁殖季节, 将催产过的亲鱼利用 MS-222 麻醉, 置于采卵板上, 轻挤雌鱼腹部, 挤出成熟卵, 随后快速采集雄鱼精液干法授精。将受精卵放入孵化车间的圆柱形孵化桶中, 水温 $22 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、盐度 30、微充气、流水孵化。

1.2 仔、稚、幼鱼的培育

仔鱼孵出后, 放入 $6\text{m} \times 6\text{m}$ 、池深 1m 的方形抹角水泥池内进行室内培育。培育水温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 盐度 30 ± 3 , $\text{DO} \geq 5\text{mg/L}$, $\text{pH } 8.0 \pm 0.5$ 。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小球藻, 并添加适量新鲜海水; 第 7~8 天开始换水, 换水率逐渐增加到 100%。

初孵仔鱼由于口裂小, 开口饵料为牡蛎 *Ostrea talienwhanensis* Crosse 受精卵, 两天后过渡投喂 S 型褶皱臂尾轮虫 *Brachionus plicatilis*。随着仔鱼的发育, 逐渐投喂 L 型褶皱臂尾轮虫、卤虫 *Artemia* sp. 无节幼体及配合饲料。

1.3 取样和观察

胚胎发育观察用筛绢抄网捞取适量的受精卵, 以不同时间间隔多次取样, 在 Nikon-200 显微镜下进行连续

观测、生物学测量和显微拍照,并详细记录各个发育时期的时间和形态特征。

从仔鱼出膜开始,每天从育苗池中用烧杯随机取样,观察仔、稚、幼鱼不同发育时期的形态特征、器官发育。1~20dph(Day post hatching)的仔鱼使用 Nikon-200 显微镜观察和拍摄;21~78dph 的仔稚鱼使用 Olympus 解剖镜(SZX7)观察和拍摄;78dph 以后的幼鱼用数码相机直接近距离拍摄。

仔鱼前期测量全长、肛前距、卵黄囊长、短径和油球直径,仔鱼后期及稚、幼鱼期测量全长、肛前距、第一腹鳍和第二背鳍长,数据以平均值±SD 表示。

2 结果

2.1 胚胎发育

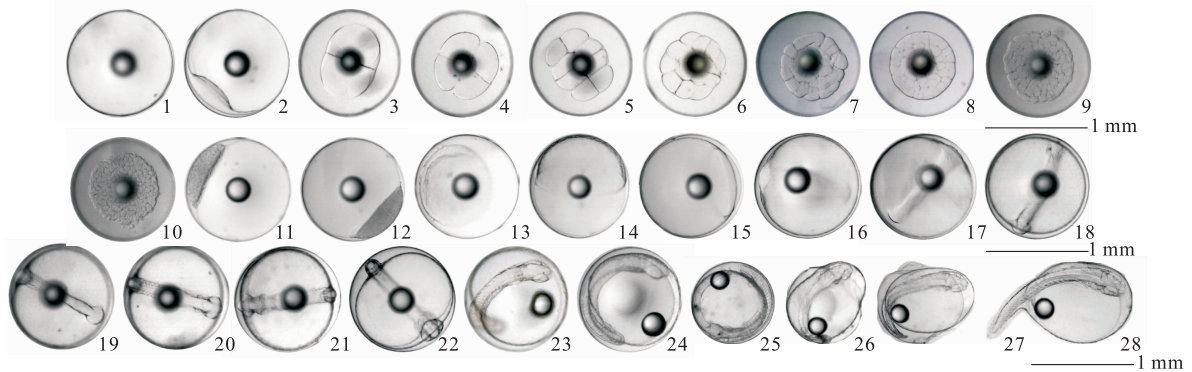
云纹石斑鱼受精卵呈正圆球形(图版 I-1),无色透明,卵径为 0.871 ± 0.013 mm,中央有一油球,油球径为 0.221 ± 0.009 mm。受精卵为端黄卵,动物极朝下,胚盘形成于动物极。在水温 $22 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 、盐度 30 ± 0.5 的海水中培育,历时 40h 37min 全部孵化出膜,完成胚胎发育。胚胎发育过程及各个阶段主要特征见表 1。

表 1 云纹石斑鱼的胚胎发育过程
Table 1 The embryonic development of *E. moara*

发育时期 Period of embryonic development	发育过程 Stage of embryonic development	受精后时间 h : min	主要特征 Developmental characteristics
受精卵阶段 Cleavage period	受精 Fertilized egg	0 : 00	(图版 I-1)
	胚盘形成 Blastodisc formation	0 : 27	胚盘形成,侧面观可见胚盘如帽状隆起(图版 I-2)
卵裂阶段 Blastula period	2 细胞 2-cell stage	1 : 10	第 1 次卵裂,形成 2 个对等细胞(图版 I-3)
	4 细胞 4-cell stage	1 : 43	第 2 次卵裂,分裂面与第 1 次垂直,形成 4 个对等细胞(图版 I-4)
	8 细胞 8-cell stage	2 : 17	第 3 次卵裂,形成 8 细胞,分裂面与第 1 次平行(图版 I-5)
	16 细胞 16-cell stage	2 : 47	第 4 次卵裂,形成 16 细胞,分裂面与第 1 次垂直(图版 I-6)
	32 细胞 32-cell stage	3 : 14	第 5 次卵裂,形成 32 细胞(图版 I-7)
	64 细胞 64-cell stage	3 : 47	受精卵已分裂为 64 细胞(图版 I-8)
	多细胞 Multi-cell stage	4 : 27	细胞变小并开始重叠(图版 I-9)
	桑椹期 Morula	5 : 03	细胞变得更小,细胞团类似桑椹球(图版 I-10)
原肠形成 Gastrula period	高囊胚期 High blastula	5 : 37	囊胚高而集中,呈高帽状(图版 I-11)
	低囊胚期 Blastula	8 : 31	囊胚边缘变薄,细胞下包,进入低囊胚。(图版 I-12)
	原肠初期 Early gastrula	10 : 44	背面观可见胚环,侧面可见胚盾已形成(图版 I-13)
	原肠中期 Middle gastrula	13 : 46	胚层下包卵黄 1/2(图版 I-14)
形成神经胚 Neurula period	原肠后期 Late gastrula	16 : 27	胚层下包卵黄 3/4,胚盾变得细长(图版 I-15)
	胚体形成期 Embryo body stage	18 : 06	胚体轮廓清晰(图版 I-16)
	胚孔封闭期 Closure of blastopore	19 : 08	胚层下包,胚孔将封闭(图版 I-17)
器官形成 Organogenesis period	视囊形成期 Optic capsule stage	20 : 11	胚体头部出现 1 对视囊(图版 I-18)
	肌节期 Muscle burl stage	21 : 24	胚体中部出现肌节(图版 I-19)
	听囊形成期 Otocyst stage	24 : 10	视囊靠后位置出现 1 对听囊(图版 I-20)
	脑泡形成期 Brain vesicle stage	25 : 48	头部两视囊中间位置出现脑泡(图版 I-21)
	尾芽期 Tail-bud stage	27 : 15	尾芽开始与卵黄囊分离(图版 I-22)
	晶体形成期 Crystal stage	29 : 50	晶体轮廓清晰,胚体开始不规则颤动(图版 I-23)
肌肉效应期 Muscular contraction	33 : 16	体节明显增多,胚体开始扭动(图版 I-24)	

续表 1

发育时期 Period of embryonic development	发育过程 Stage of embryonic development	受精后时间 h : min	主要特征 Developmental characteristics
出膜 Hatching period	心跳期 Heart-beating stage	34 : 24	心窦开始搏动,心跳加快(图版 I -25)
	将孵期 Pre-hatching stage	38 : 17	胚体扭动剧烈,头部率先破膜而出(图版 I -26)
	孵化期 Hatching stage	39 : 27	刚出膜仔鱼头向上,仰卧姿势悬浮于水中(图版 I -27)
	初孵仔鱼 Newly hatched larvae	40 : 37	全部孵出(图版 I -28)



1. 受精卵;2. 胚盘形成;3. 2 细胞期;4. 4 细胞期;5. 8 细胞期;6. 16 细胞期;7. 32 细胞期;8. 64 细胞期;9. 多细胞期;10. 桑椹期;11. 高囊胚;12. 低囊胚;13. 原肠初期;14. 原肠中期;15. 原肠末期;16. 胚体形成期;17. 胚孔封闭期;18. 视囊形成期;19. 肌节出现期;20. 听囊形成期;21. 脑泡形成期;22. 尾芽期;23. 晶体形成期;24. 肌肉效应期;25. 心脏跳动期;26. 将孵期;27. 孵化期;28. 初孵仔鱼

1. Fertilized egg; 2. Blastodisc formation; 3. 2-cell stage; 4. 4-cell stage; 5. 8-cell stage; 6. 16-cell stage; 7. 32-cell stage; 8. 64-cell stage; 9. Multi-cell stage; 10. Morula; 11. High blastula stage; 12. Low blastula stage; 13. Early gastrula; 14. Middle gastrula; 15. Late gastrula; 16. Embryo body stage; 17. Closure of blastopore; 18. Optic capsule stage; 19. Muscle burl stage; 20. Otocyst stage; 21. Brain vesicle stage; 22. Tail-bud stage; 23. Crystal stage; 24. Muscular contraction; 25. Heart-beating stage; 26. Pre-hatching stage; 27. Hatching stage; 28. Newly hatched larvae

图版 I 云纹石斑鱼胚胎发育

Plate I Embryonic development of *E. moara*

2.1.1 受精卵阶段

云纹石斑鱼为典型的盘状卵裂,在受精 27min,受精卵的动物极出现胚盘,从侧面观可见胚盘如帽状隆起((图版 I -2)。

2.1.2 卵裂阶段

受精 1h 10min 开始细胞分裂,出现第 1 次卵裂(图版 I -3);受精 1h 43min,出现第 2 次分裂,每个卵裂球均分为二,进入 4 细胞期(图版 I -4);受精 2h 17min,形成两排 8 个细胞(图版 I -5);受精 2h 47min,进入 16 细胞期(图版 I -6),细胞均匀排列成 4×4 型,;受精后 3h 14min 发生第 5 次分裂,细胞大小不等,排列不规则,进入 32 细胞期(图版 I -7);第 6 次卵裂发生距受精 3h 47min,此时 64 个细胞排列不规则,大小不等,分裂面紊乱不清(图版 I -8),胚胎发育进入 64 细胞期;受精 4h 27min,细胞明显变小变多,整个细胞团近似方形,进入多细胞期(图版 I -9);受精后 5h 03min,细胞变得更小,近似圆球形,整个细胞团呈圆形,胚胎进入桑椹期(图版 I -10);5h 37min 左右,随着卵裂细胞层次出现,胚盘与卵黄之间形成囊胚腔,囊胚中部明显向上隆起,进入高囊胚期(图版 I -11),;此后隆起的部分开始变低,受精后 8h 31min,囊胚边缘变薄,细胞开始下包,进入低囊胚期(图版 I -12)。

2.1.3 原肠期

随着囊胚边缘细胞增多,动物极的细胞逐渐向植物极方向迁移下包,受精 10h 44min,卵黄被胚层下包了约 $1/4$,胚胎进入原肠早期(图版 I -13);受精后 13h 46min,胚层下包卵黄的 $1/2$,胚环居中间位置,进入原肠中

期(图版 I-14);受精后 16h 27min,胚层下包卵黄 3/4,胚胎发育至原肠末期(图版 I-15)。

2.1.4 神经胚期

受精 18h 06min,胚体背面增厚,折光性较强的神经板形成,中央可见 1 条圆柱形脊索,进入胚体形成期(图版 I-16);接着胚环逐渐下包收缩成胚孔,受精后 19h 08min,胚层下包整个胚胎,胚孔封闭,进入胚孔封闭期(图版 I-17)。

2.1.5 器官形成期

受精后 20h 11min,在胚体的头部前两侧出现两个突起,为眼原基,视囊形成,胚体进入视囊形成期(图版 I-18);受精后 21h 24min,脊索两侧出现长方形体节,为肌节原基,胚体进入肌节出现期(图版 I-19);受精后 24h 10min,在胚体头部视囊后方两侧出现 1 对听囊,肌节增多,胚体进入听囊形成期(图版 I-20);受精后 25h 48min,胚体背面的视囊之间出现椭圆形板状脑泡,脑泡尚未分室,胚体进入脑泡形成期(图版 I-21),肌节数量仍在增加;受精后 27h 15min,胚体背腹面逐渐形成鳍褶,尾部开始与卵黄囊分离,胚体进入尾芽期(图版 I-22);受精后 29h 50min,视囊内可见折光性强的透明状晶体,听囊内已形成折光性强的透明状耳石,同时,胚体开始间歇性抽动,进入晶体形成期(图版 I-23);受精后 33h 16min,体节明显增多,胚体出现扭动(图版 I-24),进入肌肉效应期;受精后 34h 24min,心脏开始跳动,心室搏动,胚体进入心脏跳动期(图版 I-25)。

2.1.6 出膜阶段

受精后 38h 17min,胚体连续抽动,频繁有力,心脏跳动剧烈,胚体进入将孵期(图版 I-26);受精后 39h 27min,胚体头部破膜而出,尾部仍处于膜内,出膜前受精卵直径平均值为 0.906 ± 0.022 mm,油球直径平均值 0.221 ± 0.016 mm(图版 I-27);受精后 40h 37min,胚体孵出,腹部有一个大的椭圆形的卵黄囊(图版 I-28)。

2.2 仔稚幼鱼形态发育特征

2.2.1 前期仔鱼(从孵化出膜至卵黄囊、油球即将完全消失)

初孵仔鱼通体透明(图版 I-28),脊索细长略弯曲,位于体上侧,分布有少量的黑色素细胞,全长 1.739 ± 0.123 mm;卵黄囊稍突出于身体的前部,半透明呈椭圆形,长径为 0.893 ± 0.058 mm,短径为 0.673 ± 0.079 mm,占鱼体的大部分;油球 1 个,位于卵黄囊的后端,圆球形,直径 0.198 ± 0.010 mm,略带黄色;消化管细长,弯向腹部,背、腹及尾部出现鳍褶雏形;活体水中观察时,仔鱼头部斜向上悬浮于水上层。

1d 龄仔鱼(图版 II-1)全长 2.154 ± 0.181 mm,脊索加粗并逐渐伸直,鱼体变细长,脊索位于鱼体的正中央;鱼体头部开始增大抬起,逐渐脱离卵黄囊,卵黄囊已明显变小,长径为 0.743 ± 0.096 mm,短径为 0.467 ± 0.059 mm;但油球的变化不大,仍位于卵黄囊的后端;消化道开始膨大,肛门位置移至身体的中部,出现胃雏形,背、腹及尾部鳍褶增高,特别是尾鳍褶上隐约有丝状色素出现;此时仔鱼在培育池均匀分布,悬浮于海水上层,活动能力略加强。

2d 龄仔鱼(图版 II-2)全长 2.356 ± 0.109 mm,身体仍透明,眼球开始有黑色素沉积,脊索已经十分明显,伸长至尾部;卵黄囊和油球持续缩小,消化管为直管形状,背鳍褶、腹鳍褶和尾部鳍褶连成一体,背鳍褶始于中脑上方,中间明显隆起,腹鳍褶始于卵黄囊后部,尾鳍褶呈半圆形。

3d 龄仔鱼(图版 II-3)全长 2.502 ± 0.116 mm,卵黄囊和油球已消耗大部分,卵黄囊长径为 0.305 ± 0.016 mm,短径为 0.179 ± 0.012 mm,油球直径为 0.126 ± 0.041 mm;口裂形成,但不能摄食;消化道明显变粗,呈葫芦状,褶皱增多,前端开始出现生理弯曲,后端肛门开口于体外,同时胃开始间歇性蠕动;眼球、消化管上方、尾椎骨下方出现黑色素;仔鱼偶尔窜上窜下,游泳能力增强。

4d 龄仔鱼(图版 II-4)全长 2.572 ± 0.096 mm,卵黄囊基本消失,油球仍可见;口有开闭动作,吻端突出,上颌短,下颌长;消化管增厚并弯曲,可区分直肠;尾椎骨下方黑色素增加,呈树枝状;胸鳍原基变长,呈叶状,可以扇动,倒挂状悬浮时间减少,主动躲避能力增强。

2.2.2 后期仔鱼(从卵黄囊完全消失至各鳍鳍条基本形成)

5d 龄仔鱼(图版 II-5)全长达到 2.640 ± 0.076 mm,卵黄囊完全消失,油球残迹,直径仅为 0.056 ± 0.016 mm;消化管变短、加粗,末端呈锥状;眼囊颜色变深,晶体黑色,身体黑色素增加,尾鳍骨下方的黑色素呈

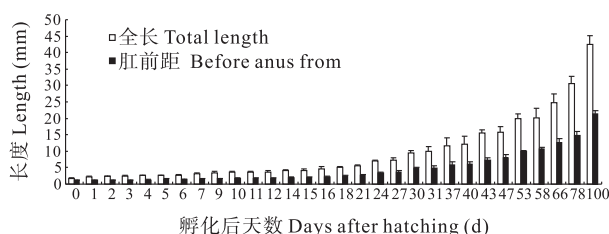


图1 云纹石斑鱼仔、稚、幼鱼的生长
Fig. 1 Growth of larvae, juvenile and young fish of *E. moara*

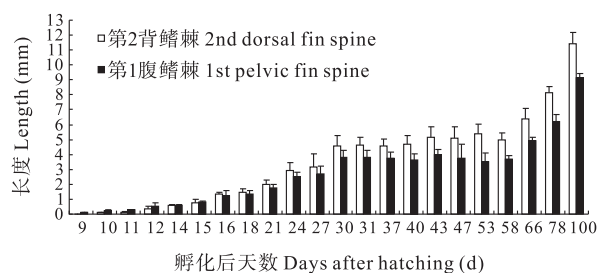


图2 第1腹鳍棘和第2背鳍棘长度的变化
Fig. 2 Changes of the length of the 1st pelvic fin spine and the 2nd dorsal fin spine

放射状;仔鱼平游,游泳能力增强,部分仔鱼开始摄食,口裂宽为 0.193 ± 0.024 mm。

6d龄仔鱼(图版II-6)卵黄囊和油球已完全消失,全长和口裂都明显增长,口裂宽增加到 0.218 ± 0.024 mm;鳃盖骨形成,背部的树枝状黑色素已覆盖消化道及其上方和尾部中央;仔鱼开始进行集群活动,逐渐向池角和池边聚集。

7d龄仔鱼(图版II-7)背、腹鳍膜变窄,胸鳍膜变宽,背棘和腹棘原基开始形成,其中背棘原基发育比较慢,还不是很明显。

9d龄仔鱼(图版II-8)腹鳍形成,长度为 0.097 ± 0.024 mm,背鳍原基开始出现;鳃盖骨明显,黑色素充满整个视囊,消化道逐渐完善;胸鳍更加发达,活力更强,仔鱼游动速度加快,集群在池边和池角活动。

10d龄仔鱼(图版II-9)腹鳍棘和背鳍第2鳍棘已长出,差异显著,背鳍第2鳍棘长出 0.093 ± 0.032 mm时,腹鳍第1鳍棘已增至 0.254 ± 0.061 mm,鳍棘后缘有少量黑色素分布,鳃泡形成;脊索平直;各鳍分化,鳍条形成,仔鱼间个体大小分化日趋显著。

16~18d龄仔鱼全长 4.867 ± 0.217 mm,背鳍第2鳍棘的增长速度很快,已长于腹鳍第1鳍长,达到 1.399 ± 0.101 mm,长棘开始有倒钩状锯齿小刺出现,并从末端开始出现黑色素;背鳍第1鳍棘末尖端刚长出体膜(图版II-10)。

21~24d龄仔鱼脑颅骨变厚,不透明,胃呈横置的梨状,颜色较深(图版II-11);尾鳍变成弯角状圆形尾,鳍条数为18条,背鳍的棘原基都已可见,前3条最为明显,其中第2棘条的长度为 2.943 ± 0.525 mm,臀鳍出现,鳍膜与尾鳍明显分离,腹鳍长出的第1棘长已增长至 2.497 ± 0.338 mm。

30d龄仔鱼第1背鳍和第2背鳍已经愈合,背鳍第2棘长 4.590 ± 0.703 mm和腹鳍第1棘长 3.818 ± 0.437 mm,相对长度达到仔、稚、幼鱼阶段的最大值;尾椎明显上弯,臀鳍第1、2鳍条明显增粗,胸鳍条可见;仔鱼体表色素扩展,逐步加深,头部发育完善,透明度降低,各鳍鳍条基本形成,进入稚鱼期。

2.2.3 稚鱼期(从各鳍鳍条形成至鳞被、条形斑带出现)

31d龄稚鱼(图版II-12)全长为 9.992 ± 1.463 mm,背鳍第2鳍棘和腹鳍第1鳍棘的相对长度开始收缩,这些鳍棘上的小刺也开始收回,数量急剧减少,这时稚鱼常静卧于池底或较暗处。

37d龄稚鱼(图版II-13)头部、鳃盖部及背鳍基部出现多处不规则的黑色素斑点。

47d龄稚鱼(图版II-14)鳞片在背鳍基部的两侧以及身体的背面开始出现,用显微镜观察,可以看见折光性很强呈颗粒状的点状突起;体表的不规则黑色素斑点开始消失。

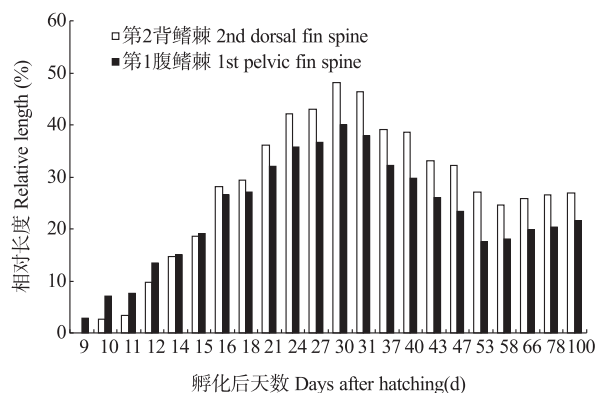
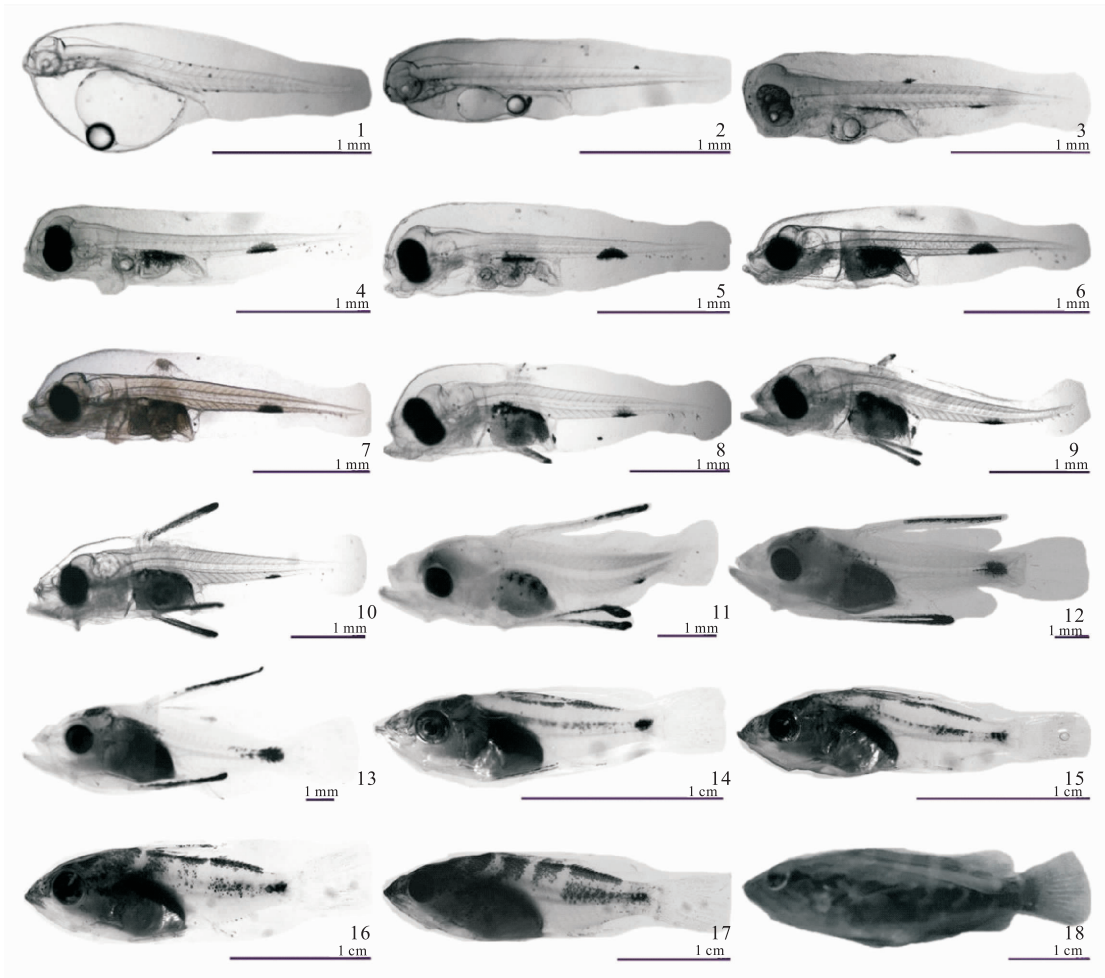


图3 第1腹鳍棘和第2背鳍棘相对长度的变化
Fig. 3 Changes of relative length of the 1st pelvic fin spine and the 2nd dorsal fin spine



1. 1d 龄仔鱼; 2. 2d 龄仔鱼; 3. 3d 龄仔鱼; 4. 4d 龄仔鱼; 5. 5d 龄仔鱼; 6. 6d 龄仔鱼; 7. 7d 龄仔鱼; 8. 9d 龄仔鱼; 9. 10d 龄仔鱼; 10. 16d 龄仔鱼; 11. 21d 龄仔鱼; 12. 31d 龄稚鱼; 13. 37d 龄稚鱼; 14. 47d 龄稚鱼; 15. 58d 龄稚鱼; 16. 66d 龄幼鱼; 17. 78d 龄幼鱼; 18. 100d 龄幼鱼

1. 1d larva; 2. 2d larva; 3. 3d larva; 4. 4d larva; 5. 5d larva; 6. 6d larva; 7. 7d larva; 8. 9d larva; 9. 10d larva; 10. 16d larva; 11. 21d larva; 12. 31d juvenile; 13. 37d juvenile; 14. 47d juvenile; 15. 58d juvenile; 16. 66d young fish; 17. 78d young fish; 18. 100d young fish

图版 II 云纹石斑鱼仔、稚、幼鱼

Plate II Larval, juvenile and young fish of *E. moara*

58~65d 龄稚鱼背鳍第 2 鳍棘和腹鳍第 1 鳍棘相对长度收缩十分明显,分别为 24.69% 和 18.11%,达到仔、稚、幼鱼阶段相对长度的最小值;背鳍基部的两侧斑点逐渐增大、增多,颜色也逐渐加深,继续向体两侧扩展并形成斑带;此时的稚鱼开始寻找遮蔽物并栖息于池底,体表大部覆鳞,特征已与幼鱼近乎相似(图版 II-15)。

2.2.3 幼鱼期(从鳞被、斑带形成之后)

66d 龄幼鱼(图版 II-16)鱼体两侧有 6 条暗棕色横带,其中第 1 条与第 2 横带斜向头部,其余 4 条从背部伸向腹部;体表多黏液,全身覆盖着鳞片;背鳍第 2 鳍棘和腹鳍第 1 鳍棘完成相对收缩,生长速度开始恢复。

78~100d 龄幼鱼平均全长由 30.626 ± 2.021 mm 增长至 42.375 ± 2.879 mm,体重也明显增加,生长速度加快,已基本具备成鱼的形态特征(图版 II-17、18),生活习性与成鱼相似,喜栖息于池底,投喂时集群抢食。

3 讨论

3.1 胚胎发育

根据实验观察结果,并参照国内外石斑鱼发育阶段的划分(张荫 1996;楼允东 1998;Sadovy *et al.* 1999),云纹石斑鱼的胚胎发育分为6个阶段、28个发育时期。与同属的其他石斑鱼类划分基本一致,但由于不同作者对鱼类胚胎发育特征的侧重点不同(刘付永忠等 2001;邹记兴等 2003;张海发等 2006),对器官形成阶段的描述略有差异。

云纹石斑鱼受精卵径 0.871 ± 0.013 mm,与同属石斑鱼的卵子大小相比,无太大差别(表2),但胚胎发育所需时间却存在着差异。如七带石斑鱼在 20.5 ± 0.5 °C 的水温中,历时 38h 45min 完成胚胎发育(陈超等 2011)。本研究中云纹石斑鱼在水温 22 ± 0.2 °C 的条件下,历时 40h 37min 全部孵化出膜,完成胚胎发育。

胚胎发育的时间长短,除了与物种本身密切相关外,同时会受到水温、盐度等外源环境的影响。其中温度是最主要的影响因子,周玲等(2010)对鞍带石斑鱼 *E. lanceolatus* 和韩茂森等(2006)对澳洲宝石斑 *Scortum barcoo* 的胚胎发育观察中,都分别强调了这一点。同样,盐度差异也会影响到胚胎发育的时间,但效果不显著(周玲等 2010;施兆鸿等 2008),受精卵的孵化率和畸形率是盐度影响的主要对象。赵明等(2011)观察了8个盐度梯度下七带石斑鱼受精卵的孵化率和畸形率,在水温 22 ± 0.5 °C 条件下,受精卵在盐度 10~45 范围内均可孵化,最适孵化盐度范围为 30~35,盐度高于 40,孵化率降低,初孵仔鱼畸形率升高;盐度低于 20 时,孵化率随盐度下降而降低,同时仔鱼的畸形率随之升高。因此,弄清该鱼种温度、盐度等外源因子最适孵化值,是进行云纹石斑鱼受精卵孵化的必要条件。

表2 云纹石斑鱼与3种石斑鱼的相关数据对比

Table 2 Relevant data of *E. moara* in comparison with those of other groupers

鱼类 Fish species	受精卵径 Diameter of fertilized egg(mm)	初孵仔鱼全长 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)	油球直径 Oil globule diameter (mm)
云纹石斑鱼 <i>E. moara</i>	0.871 ± 0.013	1.739 ± 0.123	0.893 ± 0.058	0.673 ± 0.079	0.198 ± 0.010
斜带石斑鱼 <i>E. coioides</i>	0.780 ± 0.160	1.780 ± 0.070	0.960 ± 0.090	0.830 ± 0.100	0.200 ± 0.010
七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	0.834 ± 0.022	1.360 ± 0.070	0.853 ± 0.080	0.582 ± 0.050	0.125 ± 0.008
点带石斑鱼 <i>E. malabaricus</i>	0.760 ± 0.010	1.503 ± 0.127	0.903 ± 0.032	0.831 ± 0.001	0.220 ± 0.026

关于云纹石斑鱼初孵仔鱼大小,真锅三郎等(1989)报道为 2.02mm,黄进光等(2010)报道为 1.5mm,本研究测得的初孵仔鱼的全长为 1.739 ± 0.123 mm。周玲等(2010)在对鞍带石斑鱼胚胎发育及仔鱼形态发育观察研究中认为,可能是取样的时间差异所致,也可能跟受精卵的卵粒大小和卵黄含量的差异有关;王涵生等(2001)在对赤点石斑鱼仔、稚、幼鱼研究中认为这可能是地理种群差别或取样个体、时间差异所致;作者认为产卵种鱼质量与个体大小不同,产出卵大小不同,孵化出的仔鱼长度也不尽相同,具体原因有待进一步研究。

云纹石斑鱼胚后发育过程中观察不难发现,最明显的变化是腹鳍棘及第2背鳍棘相对长度的伸长与收缩。王涵生等(2001)对赤点石斑鱼的背腹鳍棘长作了相关的统计;邹记兴等(2003)与陈国华等(2001)分别对点带石斑鱼全长与棘长的关系进行了详细的描述;同样,对斜带石斑鱼仔、稚、幼鱼鳍棘生长变化张海发等(2006)与刘冬娥等(2008)也作了相关报道。可见,这种鳍棘长的伸长与收缩已是石斑鱼属某些种类生长发育所特有的形态特征(陈国华等 2001)。

参 考 文 献

- 王涵生,方琼珊,郑乐云. 2001. 赤点石斑鱼仔稚幼鱼的形态发育和生长. 上海水产大学学报,10(4):307~312
- 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
- 刘冬娥,张雅芝,方琼珊,王涵生,关灼鹏. 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
- 张 荫. 1996. 动物胚胎学. 济南:山东科学技术出版社,143~158
- 张永嘉. 1992. 云纹石斑鱼淋巴囊肿病的光镜和电镜研究. 海洋学报,14(6):97~102,104
- 张永嘉,郭 青,吴泽阳. 1997. 云纹石斑鱼淋巴囊肿病病变过程的超微研究. 海洋与湖沼,28(4):406~410
- 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幼鱼形态发育. 中国水产科学,13(5):689~699
- 陈 超,赵 明,柳学周,王 鲁,杨 志,郭嘉琪. 2011. 七带石斑鱼胚胎及仔稚鱼形态观察. 渔业科学进展,32(5):24~31
- 陈国华,张 本. 2001. 点带石斑鱼仔、稚、幼鱼的形态观察. 海南大学学报(自然科学版),19(2):151~156
- 邹记兴,常 林,向文洲,胡超群,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
- 邹记兴,向文洲,胡超群,林坚士,章之蓉. 2003. 点带石斑鱼仔、稚、幼鱼的生长与发育. 高技术通讯,4:77~84
- 周 玲,翁文明,李金亮,赖秋明. 2010. 鞍带石斑鱼胚胎发育及仔鱼形态发育、饵料转变的观察研究. 中国农学通报,26(01):293~302
- 郭 丰,王 军,苏永全,王德祥,许丽娜. 2006. 云纹石斑鱼染色体核型研究. 海洋科学,30(8):1~3
- 郭明兰,苏永全,陈晓峰,丁少雄,王 军. 2008. 云纹石斑鱼与褐石斑鱼形态比较研究. 海洋学报,30(6):106~114
- 赵 明,陈 超,柳学周,庄志猛,徐永江,薛宝贵,杨 志,王妍妍,曲江波. 2011. 盐度对七带石斑鱼胚胎发育和卵黄囊仔鱼生长的影响. 渔业科学进展,32(2):16~21
- 施兆鸿,陈 波,彭士明,陈 超,王建钢,傅荣兵,柳敏海. 2008. 盐度胁迫下点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)胚胎及卵黄囊仔鱼的形态变化. 海洋与湖沼,39(3):222~227
- 黄进光,谢恩义. 2010. 云纹石斑鱼工厂化健康育苗技术初探. 水产养殖,4:8~9
- 韩茂森,陆锦宜,刘红梅,张伟康,余显堂. 2007. 澳洲宝石斑鱼的胚胎发育. 烟台大学学报(自然科学与工程版),20(3):222~226
- 楼允东. 1998. 组织胚胎学. 北京:中国农业出版社,349~351
- 真锅三郎,春日公. 1989. 水槽におけるクエの产卵行动と初期生活史について. 动水志,30(1):16~24
- 鵜川正雄,樋口正毅,水戸敏. 1966. キジハタの产卵习性与初期生活史. 鱼类学杂志,1(4/6):156~161
- Sadovy, Y., and Eklund, A. M. 1999. Washington: NOAA Technical Report NMFS 146, 16