

# 驼背鲈(*Chromileptes altivelis*)的胚胎发育 及仔、稚、幼鱼形态观察\*

张梦淇<sup>1,2</sup> 陈超<sup>2</sup> 李炎璐<sup>2</sup> 贾瑞锦<sup>1,2</sup>  
于宏<sup>2</sup> 梁友<sup>2</sup> 蔡春有<sup>4</sup> 庞尊方<sup>3</sup>

(1. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 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 烟台 261400; 4. 海南晨海水产有限公司 三亚 572000)

**摘要** 对驼背鲈(*Chromileptes altivelis*)的胚胎发育及仔、稚、幼鱼的形态特征进行了详细的观察与研究,描述了从受精卵到仔、稚、幼鱼各发育期的时间和形态特征变化。结果表明,在水温 25–26℃、盐度 30 的海水中,受精卵历时 27 h 25 min 完成整个胚胎发育过程,经历从卵裂、囊胚、原肠、神经胚到肌节形成、各器官的逐渐形成、变化、完善等一系列的胚胎发育和变化过程;根据其卵黄囊消长情况、鳞片的覆盖状态、体色发生的不同变化以及第二背鳍和腹鳍的消长,将胚后发育分为仔、稚、幼鱼 3 个阶段。在水温 22–26℃、盐度 29–31、DO 5 mg/L 的条件下,2–3 d 仔鱼卵黄囊消失,开口摄食;生长发育至 31 d,仔鱼已变态进入稚鱼期;培育至 57 d,稚鱼完成变态,成为幼鱼。第二背鳍棘和腹鳍棘的生长与收缩等石斑鱼类早期发育的共性生长特征及其体表特性体色变化特征为驼背鲈胚后发育过程中最明显的特征。

**关键词** 驼背鲈;胚胎发育;仔稚幼鱼;形态观察

中图分类号 S917 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2014)05-0145-09

驼背鲈(*Chromileptes altivelis*)隶属于硬骨鱼纲(Osteichthyes)、鲈形目(Perciformes)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Epinephelinae)、驼背鲈属(*Chromileptes*),俗名老鼠斑、锐首拟石斑。目前已知的驼背鲈属仅此一种鱼,主要分布于印度太平洋的炎热海域,西至非洲,东至菲律宾,北至日本,南至澳大利亚海域。南海可见驼背鲈(区又君等,1999),西沙、中沙、南沙均有分布。由于资源稀少,捕获量有限,平时在市场上难觅踪影,价格颇为昂贵(颉晓勇等,2011)。

驼背鲈源于南海的珊瑚礁区水域,人工获取苗种进行养殖的难度较大。国内外关于驼背鲈的研究报道很少,Tang等(1979)报道了该鱼的人工繁殖实验,国

内对驼背鲈的研究始于胚胎发育的初步观察(区又君,2006),此外还对驼背鲈的年龄与生长特征(区又君等,2007b)、染色体核型(区又君等,2007a)、病害(王昀等,2004)等进行了研究,而苗种繁育技术的研究鲜见报道。作者对驼背鲈胚胎发育和仔、稚、幼鱼各阶段的形态变化特征进行了观察研究,旨在为其人工繁殖、苗种培育以及石斑鱼类形态学特征鉴别等研究工作提供基础资料。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 受精卵来源

2012年在驼背鲈的繁殖季节,挑选性腺发育良

\* 科技部国际合作项目(2012DFA30360)和国家“863”项目(2012AA10A414)共同资助。张梦淇, E-mail: 502883675@qq.com

通讯作者:陈超,研究员, E-mail: ysfrienchao@126.com

收稿日期:2014-05-23, 收修改稿日期:2014-07-14

好的亲鱼进行催产。亲鱼为养殖场收购的野生苗种经3-4年海上网箱养殖后,发育成熟选留的种鱼。在亲鱼成熟期,大多数雄性亲鱼轻压其腹部就可挤出乳白色成熟精液,雌鱼则进行(HCG)和(LHRH-A<sub>2</sub>)混合注射,以获得成熟怀卵雌鱼。注射时用抄网将亲鱼小心捞起,用湿毛巾包裹置于采卵平台上,在其胸鳍基部一次性注射,效应时间为44-52 h,观察雌亲鱼腹部,突出明显后捞出,同时捞取数尾雄鱼备用。用MS-222麻醉后,取雌鱼先行将采集的成熟卵挤入已消毒的塑料盆中,再将雄鱼精液挤出,直接加入盛有卵的盆中,轻轻搅拌均匀,静置10 min后加入新鲜海水,用筛绢过滤,洗净多余精液和黏液,用2000 ml量筒分离出上浮卵,除去下沉卵。

## 1.2 受精卵孵化

将上浮受精卵分离出来,倒入1 m<sup>3</sup>孵化桶中,水温25-26℃、盐度30、微充气条件下进行孵化。现场留样,以备随时取样进行其胚胎发育各期变化的观察。现场受精卵观察比对样品和备用新鲜海水,保留在临时租用的房间中,室内采用空调控制室温26℃,自备显微镜连续观察,获得胚胎发育资料。其他受精卵发育至原肠胚后,采用运苗袋装运,袋中装入新鲜海水,收集受精卵,充氧、打包、稍做降温后,在受精卵包装袋外层与泡沫箱内层加入降温冰瓶,打包空运回莱州明波水产有限公司育苗基地,开展苗种培育。

## 1.3 仔、稚、幼鱼培育

受精卵经空运、车运到达基地后,胚内各器官已经发育形成,将发育良好的受精卵计数、捞入苗种培育池中开始培育,池中受精卵密度为2.5 g/m<sup>3</sup>。仔、稚、幼鱼培育池皆使用6.85 m×6.85 m×1 m的方形水泥池。培育水温在22-26℃之间,盐度29-31,溶解氧5 mg/L。仔鱼采用微充气静水培育,从仔鱼孵化第3天开始向池中添加小球藻(*Chlorella*)。育苗前6 d不换水,根据水色变化每天适量补充小球藻并添加少量经过处理的新鲜海水。6 d后开始换水,换水量和充气量逐渐增大。水位达0.8 m后开始流水培育。仔鱼的开口饵料采用S型褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis*),投喂2 d后过渡到经小球藻强化的L型褶皱臂尾轮虫,随着仔鱼的生长,交叉投喂卤虫(*Artemia* sp.)无节幼体、成体及配合饲料。

## 1.4 取样和观察

用筛绢捞网捞取适量受精卵进行胚胎发育的观

察,前期每隔10 min取样观察一次,后期每隔20-30 min取样观察一次。利用Nikon E100显微镜对驼背鲈胚胎发育过程在采卵受精现场进行连续观察,详细记录各个发育时期的形态特征和发育时间,并进行显微拍摄。

每天直接从培育池中取样,进行仔、稚、幼鱼的形态学观察,前期用吸管或烧杯,后期用捞网。由于驼背鲈在仔、稚、幼鱼培育过程中个体生长差异较大,故多选择发育较快的个体进行取样观察,详细记录其不同发育时期的形态特征和器官发育情况。1-15 d的仔鱼在Nikon E200显微镜下观察和拍摄,16-44 d的仔、稚鱼在Olympus解剖镜下观察和拍摄,45 d以后的稚、幼鱼直接用数码相机微距拍摄。每次取样15尾,前期仔鱼测量的数据包括全长、肛前距、卵黄囊长径、卵黄囊短径和油球直径;后期仔鱼及稚、幼鱼测量的数据包括全长、肛前距、第二背鳍棘长和腹鳍棘长。本研究中仔、稚、幼鱼的划分参照张海发等(2006)对斜带石斑鱼的划分标准。

## 2 结果

### 2.1 胚胎发育

成熟的驼背鲈受精卵为无色、透明、分离的浮性卵,圆球形(图1-1)。受精卵因吸水而膨胀,且弹性较好。卵粒大小均匀,卵径平均为(0.914±0.019) mm;有1个油球,油球直径平均为(0.201±0.012) mm。受精卵在水温25-26℃、盐度30的海水中,历时27 h 25 min完成胚胎发育过程,胚胎发育过程及各时期的主要特征见表1。

**2.1.1 卵裂** 驼背鲈的卵裂方式属于盘状卵裂。受精后25 min,受精卵内原生质集中于动物极形成胚盘,胚盘呈隆起状(图1-2);受精后46 min第1次卵裂,逐渐形成大小相同的两个细胞,进入2细胞期(图1-3);受精后1 h 0 min出现第2次卵裂,两个细胞同时发生分裂,形成4个对等细胞(图1-4);受精后1 h 35 min开始第3次卵裂,细胞规则地对称排列成两行,共8个细胞,进入8细胞期(图1-5);受精后2 h 8 min第4次卵裂,均匀地分裂成4排共16个细胞(图1-6);受精后2 h 35 min发生第5次卵裂,形成不规则排列的32个细胞,进入32细胞期;受精后3 h 18 min发生第6次卵裂,形成64个细胞,细胞的大小和形状不尽相同、排列无规则(图1-7);受精后3 h 45 min,胚胎发育进入多细胞期,细胞明显变小变多,细胞界限不清且开始重叠(图1-8);受精后4 h 21 min细胞持续分裂,细胞由于数量剧增无法计数,大量重叠。整个细胞团外观形似桑椹,进入桑椹期(图1-9)。

表 1 驼背鲈的胚胎发育  
Tab.1 The embryonic development of *Chromileptes altivelis*

受精时序 Time after fertilization	胚胎发育时期 Stage of embryonic development	主要发育特征 Developmental characteristics	图示 Image
0	受精卵 Fertilized egg	圆球形, 具油球 1 个	(图 1-1)
25 min	胚盘形成 Blastodisc formation	原生质集中于动物极, 侧面观可见胚盘隆起	(图 1-2)
46 min	2 细胞期 2-cell stage	第 1 次分裂, 形成 2 个大小、形状相同的细胞	(图 1-3)
1 h 0 min	4 细胞期 4-cell stage	第 2 次分裂, 形成 4 个大小、形状相同的细胞	(图 1-4)
1 h 35 min	8 细胞期 8-cell stage	第 3 次分裂, 形成 8 个对等细胞	(图 1-5)
2 h 8 min	16 细胞期 16-cell stage	第 4 次分裂, 形成 16 个对等细胞	(图 1-6)
2 h 35 min	32 细胞期 32-cell stage	第 5 次分裂, 形成 32 细胞	
3 h 18 min	64 细胞期 64-cell stage	分裂面紊乱, 受精卵分裂为 64 细胞	(图 1-7)
3 h 45 min	多细胞期 Multi-cell stage	持续分裂, 细胞变小, 数量增多	(图 1-8)
4 h 21 min	桑椹期 Morula	形成更多细小细胞, 细胞团分层堆积, 外观似桑椹	(图 1-9)
5 h 35 min	高囊胚期 High blastula	细胞团高而集中, 侧面观呈高帽状	(图 1-10)
6 h 50 min	低囊胚期 Low blastula	囊胚变低, 细胞开始向植物极下包	(图 1-11)
7 h 40 min	原肠早期 Early gastrula	胚层下包至卵黄 1/4 处, 背面可见胚环, 侧面可见胚盾形成	(图 1-12)
9 h 50 min	原肠中期 Middle gastrula	胚层下包至卵黄 1/2 处	(图 1-13)
10 h 30 min	原肠末期 Late gastrula	胚层下包至卵黄 3/4 处, 胚盾变细长	(图 1-14)
11 h 20 min	胚体形成期 Embryo body stage	胚体形成, 轮廓清晰	(图 1-15)
11 h 55 min	胚孔形成期 Blastopore stage	胚体尾端可见胚孔	(图 1-16)
12 h 20 min	胚孔封闭期 Closure of blastopore	胚层下包, 胚孔完全封闭	(图 1-17)
12 h 52 min	视囊形成期 Optic capsule stage	胚体头部出现 1 对视囊	(图 1-18)
13 h 47 min	肌节出现期 Muscle burl stage	胚体中部出现肌节	(图 1-19)
15 h 50 min	听囊形成期 Otocyst stage	胚体头部视囊后方出现 1 对听囊	(图 1-20)
20 h 0 min	脑泡形成期 Brain vesicle stage	胚体头部出现脑泡	(图 1-21)
20 h 50 min	心脏形成期 Heart stage	心脏形成, 轮廓清晰	(图 1-22)
22 h 5 min	尾芽期 Tail-bud stage	胚体尾部开始与卵黄囊分离	(图 1-23)
23 h 3 min	晶体形成期 Crystal stage	晶体轮廓清晰, 胚体出现颤动	(图 1-24)
23 h 40 min	心脏跳动期 Heart-beating stage	心脏轻微跳动, 72-80 次/min	(图 1-25)
25 h 25 min	将孵期 Pre-hatching stage	胚体剧烈抖动	(图 1-26)
26 h 30 min	孵化期 Hatching stage	胚体头部破膜露出	(图 1-27)
27 h 25 min	初孵仔鱼 Newly hatched larvae	整个胚体孵化出膜	(图 1-28)

**2.1.2 囊胚期** 受精 5 h 35 min 后, 卵裂继续发展, 细胞数量、层数明显增多, 囊胚高而集中向上隆起, 胚盘慢慢覆盖在卵黄上, 形成高囊胚(图 1-10); 此后囊胚逐渐变低, 胚层细胞开始下包, 受精 6 h 50 min 后进入低囊胚期(图 1-11)。

**2.1.3 原肠胚期** 随着细胞的分裂增多, 囊胚边缘的细胞逐渐向植物极方向延伸、下包。到受精 7 h 40 min 时, 卵黄被下包的胚层包至 1/4, 侧面观胚层顶端形成胚盾, 胚胎进入原肠早期(图 1-12); 受精后 9 h 50 min, 胚层下包至卵黄 1/2 处, 胚环居中, 为原肠中期(图 1-13); 受精后 10 h 30 min, 胚层下包卵黄 3/4, 达到原肠末期(图 1-14)。

**2.1.4 神经胚期** 受精后 11 h 20 min, 胚体背部厚

度增加, 形成神经板, 受精卵中部出现 1 条圆柱形脊索, 胚体轮廓清晰, 形成胚体(图 1-15); 胚环逐渐下包, 受精后 11 h 55 min, 形成胚孔(图 1-16); 受精后 12 h 20 min, 整个胚胎被胚层下包, 胚孔完全封闭(图 1-17)。

**2.1.5 器官形成** 胚孔封闭后, 胚体头部前端两侧分化出两个突起, 为眼部原基, 受精后 12 h 52 min 后, 视囊形成(图 1-18); 受精后 13 h 47 min, 胚体中部出现多对体节, 视囊轮廓清晰, 出现肌节(图 1-19); 受精后 15 h 50 min, 胚体头部视囊后方左右两侧出现 1 对听囊, 肌节数目增多, 分界明显, 称为听囊形成期(图 1-20); 受精后 20 h, 在胚体头部视囊之间形成脑泡, 形状为椭圆形, 脑泡还未分室, 肌节数量继续增加, 胚体进入脑泡形成期(图 1-21); 受精后 20 h

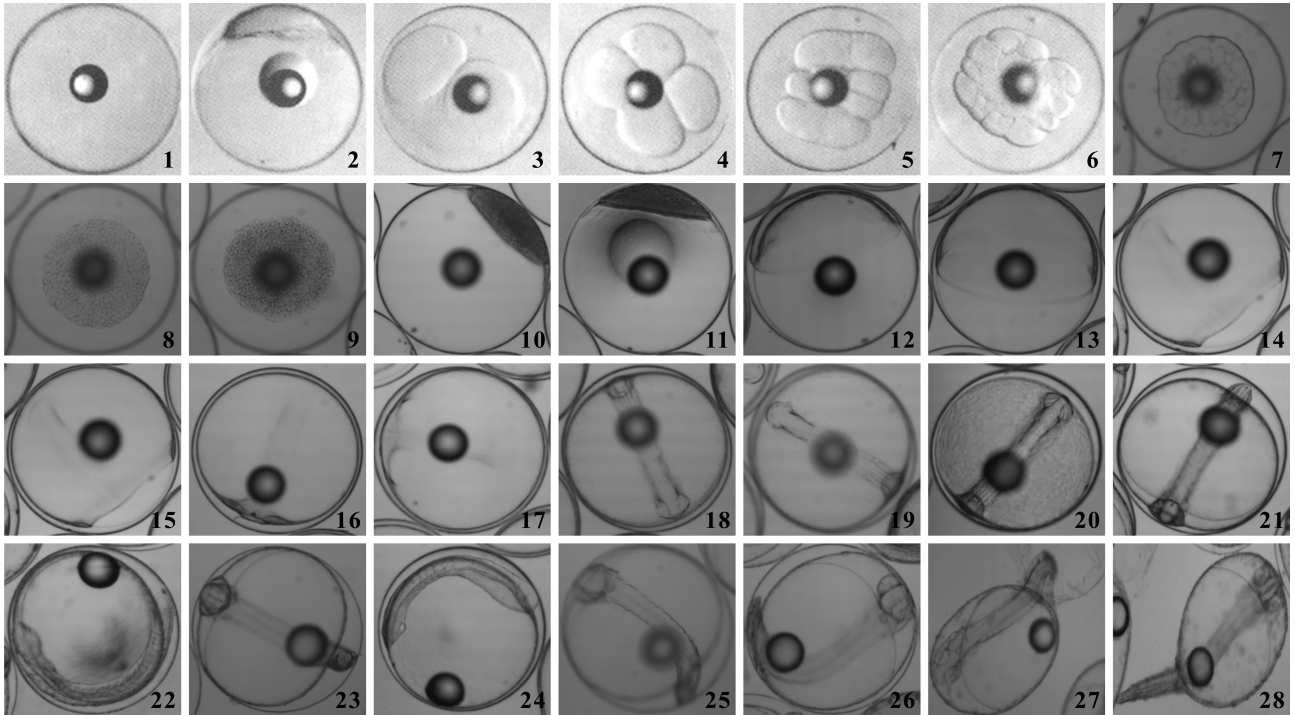


图1 驼背鲈的胚胎发育

Fig.1 The embryonic development of *C. altivelis*

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. 64细胞期；8. 多细胞期；9. 桑椹期；10. 高囊胚期；11. 低囊胚期；12. 原肠早期；13. 原肠中期；14. 原肠末期；15. 胚体形成期；16. 胚孔形成期；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. 心脏形成期；23. 尾芽期；24. 晶体形成期；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. 64-cell stage; 8. Multi-cell stage; 9. Morula; 10. High blastula; 11. Low blastula; 12. Early gastrula; 13. Middle gastrula; 14. Late gastrula; 15. Embryo body stage; 16. Blastopore stage; 17. Closure of blastopore; 18. Optic capsule stage; 19. Muscle burl stage; 20. Otocyst stage; 21. Brain vesicle stage; 22. Heart stage; 23. Tail-bud stage; 24. Crystal stage; 25. Heart stage; 26. Pre-hatching stage; 27. Hatching stage; 28. Newly hatched larvae

50 min, 心脏形成, 脊索中可清晰地观察到神经管, 进入心脏形成期(图 1-22); 受精后 22 h 5 min, 大部分胚体尾部开始与卵黄囊分离, 形成尾芽, 胚体背部和腹部逐渐形成鳍褶, 胚体发育至尾芽期(图 1-23); 受精后 23 h 3 min, 视囊内形成折光性较强的透明状晶体, 胚体出现无规则颤动, 到达晶体形成期(图 1-24); 受精后 23 h 40 min, 心脏开始间歇跳动, 逐渐稳定在 72-80 次/min, 胚体进入心脏跳动期(图 1-25); 受精后 25 h 25 min, 胚体抖动剧烈、频繁、有力, 胚体将要孵化(图 1-26); 受精后 26 h 30 min 进入孵化期, 部分胚体头部先破膜而出, 尾部仍在膜内不断摆动(图 1-27); 受精后 27 h 25 min, 超过半数的仔鱼孵出(图 1-28)。仔鱼腹部可见 1 个椭圆形卵黄囊, 油球 1 个, 位于卵黄囊后端, 胚胎发育结束。

## 2.2 仔稚幼鱼形态发育

### 2.2.1 前期仔鱼 驼背鲈仔、稚、幼鱼发育见图 2,

驼背鲈仔、稚、幼鱼的全长及肛前距的生长见图 3, 驼背鲈的第一腹鳍棘和第二背鳍棘长度的变化见图 4。刚孵化出膜的仔鱼可见一条细长、尾部略弯曲的脊索, 背部、腹部、尾部出现透明状鳍褶, 消化道形状为直管状, 肛门未与外界相通。初孵仔鱼身体透明, 体表有色斑, 全长( $1.345 \pm 0.105$ ) mm, 卵黄囊位于鱼体前端, 长径为( $0.965 \pm 0.040$ ) mm、短径为( $0.757 \pm 0.043$ ) mm, 油球 1 个, 位于卵黄囊后端, 油球直径为( $0.198 \pm 0.023$ ) mm。仔鱼无游泳能力, 悬浮于水面, 尾部可做间歇摆动。

1 d 仔鱼(图 2-1)全长( $2.267 \pm 0.152$ ) mm, 身体仍透明, 头部及躯干部黑色素稍有增加。头部增大, 脊索变粗, 消化道开始膨大、变粗, 背、腹、尾部鳍褶明显变宽, 胸鳍膜出现, 肌节明显。卵黄囊体积变小, 卵黄囊长径为( $0.724 \pm 0.027$ ) mm、短径为( $0.349 \pm 0.035$ ) mm, 油球无明显变化, 油球直径为( $0.184 \pm 0.017$ ) mm。仔鱼在池内分布均匀, 悬浮于水面, 偶尔快速旋转游动。

2 d 仔鱼(图 2-2)全长( $2.693\pm 0.134$ ) mm, 背鳍、腹鳍、尾鳍褶连为一体, 眼球黑色素增加, 消化道与外界相通, 脊索伸长至尾鳍褶处。仔鱼口裂形成, 下颌较长, 上下颌可做开闭动作。卵黄囊、油球体积缩小, 卵黄囊长径为( $1.031\pm 0.053$ ) mm、短径为( $0.873\pm 0.027$ ) mm, 油球直径为( $0.088\pm 0.012$ ) mm。仔鱼多倒挂于水体中、上层, 游动能力弱。

**2.2.2 后期仔鱼** 3 d 仔鱼(图 2-3)全长( $2.807\pm 0.093$ ) mm, 吻端向外突出, 消化道增厚, 前端出现生理弯曲, 上端可见大量分枝状黑色素。仔鱼开始摄食, 可见胃蠕动。卵黄囊完全消失, 油球仍可见, 油球直径为( $0.049\pm 0.015$ ) mm。仔鱼活力增强, 游动快速。

4 d 仔鱼(图 2-4)全长( $2.763\pm 0.187$ ) mm, 出现负增长现象。身体透明, 眼球颜色变深, 鼻孔形成。脊索下端黑色素增加, 覆盖消化道大部分。口裂增大, 油球消失, 可见主动摄食。大多仔鱼具游动能力和主动躲避行为, 常集群于池边。

6 d 仔鱼(图 2-5)全长( $3.030\pm 0.155$ ) mm, 口裂增大。黑色素覆盖至脊索中央及尾部, 脊索轮廓清晰。消化道饱满, 缩短变粗, 摄食良好。背部和腹部鳍膜变窄, 背鳍棘和腹鳍棘原基出现, 其中背鳍棘原基生长相对缓慢。上颌长出尖细牙齿, 下颌骨发达, 捕食能力增强。仔鱼集群明显, 在池中集群水面局部呈黑色。

8 d 仔鱼(图 2-6)全长( $3.200\pm 0.325$ ) mm, 第二背鳍棘和腹鳍棘长出, 背鳍棘长( $0.362\pm 0.145$ ) mm、腹鳍棘长( $0.327\pm 0.127$ ) mm。胸鳍发育呈扇形, 臀鳍还未分化, 尾鳍鳍条出现, 尾椎骨下端尾鳍处布有长短不一的线状黑色素斑。仔鱼游动速度变快, 活力强。

10 d 仔鱼(图 2-7)全长( $3.303\pm 0.678$ ) mm, 第二背鳍棘和腹鳍棘伸长, 背鳍棘长( $0.507\pm 0.257$ ) mm, 腹鳍棘长( $0.540\pm 0.290$ ) mm, 腹鳍棘长于背鳍棘, 鳍棘上密布许多细小突起。整个消化道及其上端被树枝状黑色素覆盖。仔鱼摄食后腹部膨胀、饱满, 胃蠕动有力。

12-16 d 仔鱼(图 2-8)全长( $4.372\pm 0.351$ ) mm, 第二背鳍棘增长至( $1.415\pm 0.385$ ) mm, 腹鳍棘增至( $1.316\pm 0.411$ ) mm, 第二背鳍棘的增长速度加快, 绝对长度已超过腹鳍棘。第一背鳍棘长出, 长度小于第二背鳍棘。背鳍棘和腹鳍棘末端黑色素增多, 鳍棘上开始出现倒钩形锯齿状尖刺。鱼体头部和肛门后方的鳍膜消失, 鳃盖骨明显分化, 背部出现黑色圆形斑点, 腹部的树枝状黑色素已消退大部分, 尾部中央腹面出现黑色素细胞团。尾鳍进一步发育, 尾椎骨逐渐向上弯曲。仔鱼个体大小开始出现差异。

18 d 仔鱼(图 2-9)全长( $7.145\pm 0.630$ ) mm, 生长速

度加快。第二背鳍棘和腹鳍棘明显伸长, 背鳍棘长( $4.520\pm 0.471$ ) mm, 腹鳍棘长( $3.868\pm 0.507$ ) mm。第二背鳍棘上倒钩小刺数目为 11, 腹鳍棘上倒钩小刺数目为 6。仔鱼的胃呈横置的桃形, 色泽较深。第二背鳍和臀鳍形成, 鳍膜与尾鳍明显分离。尾椎骨向上弯曲明显, 尾鳍鳍条数目为 17。尾柄腹面黑色素少量残存。

21-27 d 仔鱼(图 2-10)快速生长, 至 27 d 龄仔鱼达( $12.128\pm 1.772$ ) mm。背鳍已长出 7-8 根鳍棘, 第一背鳍与第二背鳍连接完成, 第二背鳍棘长( $6.168\pm 0.860$ ) mm, 腹鳍棘长( $4.664\pm 0.583$ ) mm。头部发育成型, 透明度下降, 眼眶上缘出现锯齿状突起, 颅骨明显发达。仔鱼已开鳃。第二背鳍和臀鳍与尾鳍分离, 臀鳍长出第一根鳍棘。鱼体前端、鳍棘末端及尾部两侧出现密集的圆斑状黑色素细胞团。

31 d 仔鱼(图 2-11)全长( $14.407\pm 1.813$ ) mm, 第二背鳍棘长( $8.184\pm 1.176$ ) mm, 腹鳍棘长( $4.948\pm 0.631$ ) mm。背鳍棘上小刺数目增长至 28, 腹鳍棘为 10。第二背鳍棘和腹鳍棘的绝对长度已达到仔稚鱼阶段的最大值, 鳍棘末端黑色素已消退, 体表颜色变暗, 黑色素细胞团增多, 脊椎骨分节明显, 胸鳍发达, 各鳍已基本形成, 进入稚鱼期。

**2.2.3 稚鱼期** 33 d 稚鱼(图 2-12)全长( $15.079\pm 1.791$ ) mm, 第二背鳍棘和腹鳍棘开始收缩, 与其他鳍棘、鳍条相对长度变小。鳍棘上的小刺数目减少, 鳍膜完全消失, 头部上方的点状黑色素增多, 背鳍、腹鳍、臀鳍、尾鳍上开始出现圆斑状黑色素细胞团, 这是驼背鲈特有的色斑。稚鱼的活动转入中下水层, 游动迅速。

35-39 d 稚鱼(图 2-13)全长( $17.612\pm 3.708$ ) mm, 第二背鳍棘和腹鳍棘持续收缩, 第二背鳍棘长( $3.766\pm 0.504$ ) mm, 腹鳍棘长( $5.472\pm 0.978$ ) mm。口裂增大, 眼球圆润、外突。整个鱼体呈梭型, 黑色素细胞团显著增加, 均匀分布于体表及各鳍上。鳍棘上小刺数目急剧减少, 背鳍棘上小刺数目为 14, 腹鳍棘为 6。鱼体背部、腹部后端及背鳍、臀鳍、尾鳍上出现大量星状黑斑。体表黑色素细胞增加, 体色形成。

45 d 稚鱼(图 2-14)全长( $21.265\pm 1.885$ ) mm, 第二背鳍棘长( $2.885\pm 0.735$ ) mm, 腹鳍棘长( $3.155\pm 0.885$ ) mm, 腹鳍棘长度超过背鳍棘, 鳍棘上小刺已不明显。第二背鳍和臀鳍都明显伸长, 鱼体背部和尾部的星状黑色素密集。鱼体背部以及背鳍、尾鳍基部的两侧开始出现鳞片, 镜检可见鳞片呈颗粒状并具有反光性。

51-57 d 稚鱼(图 2-15)全长( $28.559\pm 2.514$ ) mm。

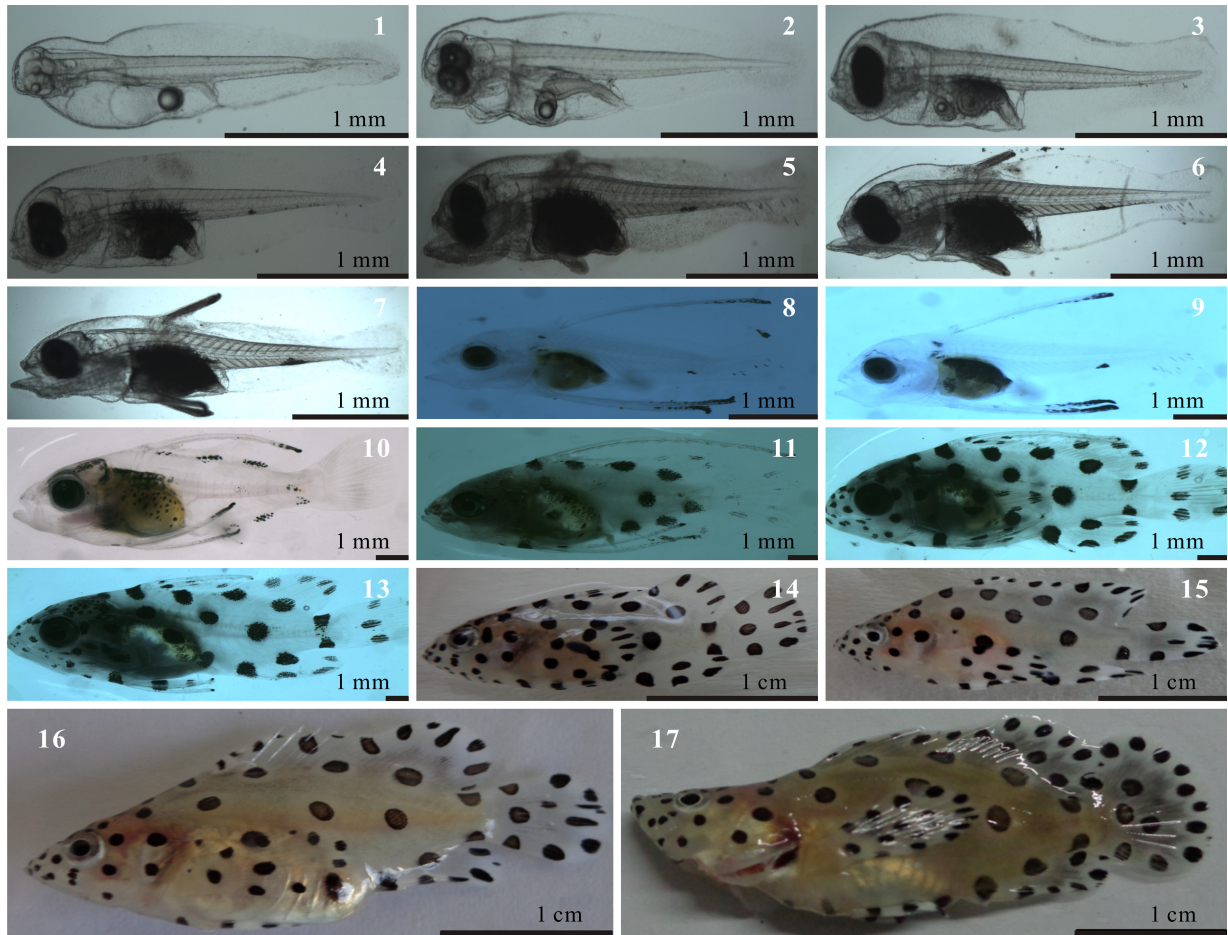


图2 驼背鲈仔、稚、幼鱼的发育

Fig.2 The development of larval, juvenile and young fish of *C. altivelis*

1. 1 d 龄仔鱼 ; 2. 2 d 龄仔鱼 ; 3. 3 d 龄仔鱼 ; 4. 4 d 龄仔鱼 ; 5. 6 d 龄仔鱼 ; 6. 8 d 龄仔鱼 ; 7. 10 d 龄仔鱼 ;  
 8. 14 d 龄仔鱼 ; 9. 18 d 龄仔鱼 ; 10. 25 d 龄仔鱼 ; 11. 31 d 龄仔鱼 ; 12. 33 d 龄稚鱼 ; 13. 39 d 龄稚鱼 ; 14. 45 d 龄稚鱼 ;  
 15. 55 d 龄稚鱼 ; 16. 61 d 龄幼鱼 ; 17. 73 d 龄幼鱼

1. 1 d larva; 2. 2 d larva; 3. 3 d larva; 4. 4 d larva; 5. 6 d larva; 6. 8 d larva; 7. 10 d larva; 8. 14 d larva; 9. 18 d larva;  
 10. 25 d larva; 11. 31 d larva; 12. 33 d juvenile; 13. 39 d juvenile; 14. 45 d juvenile; 15. 55 d juvenile; 16. 61 d young fish;  
 17. 73 d young fish

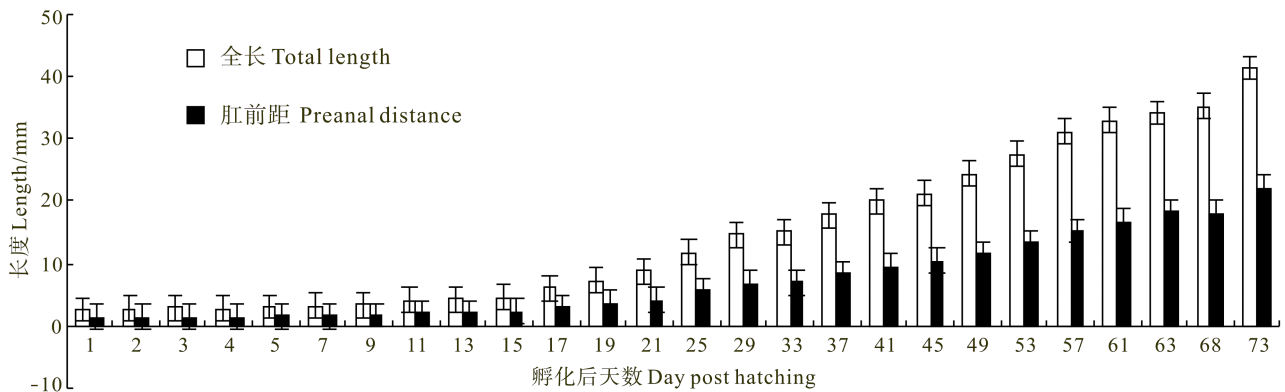


图3 驼背鲈仔、稚、幼鱼的生长

Fig.3 The growth of larval, juvenile and young fish of *C. altivelis*

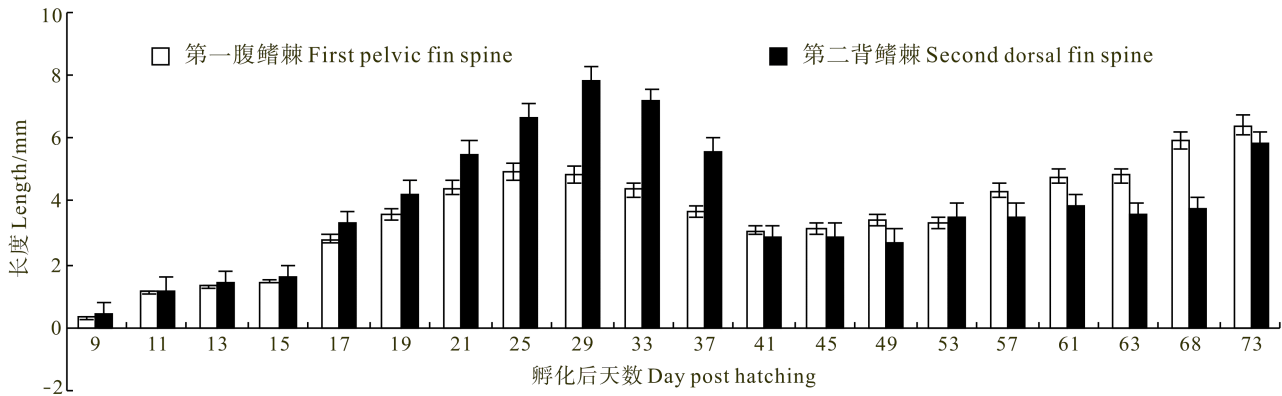


图 4 驼背鲈第一腹鳍棘和第二背鳍棘长度的变化

Fig.4 The length of the first pelvic fin spine and the second dorsal fin spine of *C. altivelis*

第二背鳍棘和腹鳍棘收缩到稚幼鱼阶段最小值,长度分别为 $(2.216\pm 0.326)$  mm和 $(3.012\pm 0.892)$  mm。鳍棘上小刺已完全消失,变得光滑。鳞片扩展至鱼体全身。此时稚鱼开始寻找遮蔽物,基本具备幼鱼的特征。

**2.2.4 幼鱼期** 61 d 幼鱼(图 2-16)全长 $(31.073\pm 1.127)$  mm,第二背鳍棘和腹鳍棘完成收缩,生长速度加快。头部变尖,眼球向两侧突出,体表黏液分泌增多。体表鳞片长齐,为密集细小栉鳞。

68-73 d 幼鱼(图 2-17)生长速度加快,全长为 $(35.200\pm 1.030)$  mm,第二背鳍棘长 $(3.737\pm 0.203)$  mm,腹鳍棘长 $(5.953\pm 0.457)$  mm。体型侧扁,头背部下凹,体色为褐色,被抓后经胁迫体色稍有加深,各器官发育已成型。全身均匀分布黑色斑点,斑点的数目和位置存在个体差异,作者经统计后取其平均值发现,胸鳍上斑点数为 14,腹鳍上斑点数为 4,背鳍上斑点数为 8,臀鳍上斑点数为 4,尾鳍上斑点数为 12,躯体斑点数为 15。幼鱼的形态特征与成鱼相似,喜躲藏于池底遮蔽物中,仅在投饵时上游集群抢食。

### 3 讨论

#### 3.1 胚胎发育

本研究在人工育苗条件下观察、描述了驼背鲈胚胎发育过程的 29 个发育时期的形态特征和发育时间,其划分方法和观察结果与多数石斑鱼基本一致,但是在器官形成阶段和胚胎发育所经历的时序有较大差别。

不同种类石斑鱼胚胎发育所需时间不同,该研究中受精卵孵化所需的时间为 27 h 25 min。而七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)在水温 $(20.5\pm 0.5)$  °C、盐度 30.0 条件下,受精卵历时 38 h 45 min 孵化出膜(陈超等,2011);云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)在水

温 $(22\pm 0.2)$  °C、盐度 30.0 条件下,历时 40 h 37 min 全部孵化出膜(宋振鑫等,2012);斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)在水温 $(25\pm 0.5)$  °C、盐度 31 条件下,历时 28 h 30 min 完成胚胎发育(张海发等,2006)。对于同种石斑鱼胚胎发育的研究结果也不尽完全相同,如驼背鲈在水温 25-27 °C、盐度 30 条件下,胚胎发育时间为 24 h 10 min(区又君,2006)。作者认为造成差异的原因与物种本身的遗传特质及温度、盐度等外界环境因子的不同有关。

#### 3.2 仔、稚、幼鱼形态变化和观察分析

参照国内外已报道的有关石斑鱼生长发育时期的划分方式,结合本研究对形态的观察和各发育时期特征的描述,依据卵黄囊的有无、鳍棘的伸长与收缩、体色的变化以及鳞片的出现将驼背鲈的胚后发育划分为仔、稚、幼鱼 3 个时期。不同种类石斑鱼卵黄囊消失时间不同,如点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)为孵化后 6 d(陈国华等,2001),斜带石斑鱼为孵化后 5 d(刘冬娥等,2008),云纹石斑鱼为孵化后 4 d(宋振鑫等,2012)。本研究的驼背鲈卵黄囊消失的时间为孵化后 2 d,前期仔鱼所需的营养由卵黄囊提供,卵黄囊的消失标志着这个时期的结束。后期仔鱼完成了内源性营养向外源性营养的转换,死亡率极高,被认为是育苗过程中的一个危险期。不同作者对后期仔鱼结束的判断也不尽相同,如张海发等(2006)认为各鳍基本形成、第二背鳍棘和腹鳍棘绝对长度达到仔稚鱼阶段最大值、鳞片出现和体色开始形成之前作为后期仔鱼结束进入稚鱼期的标志;刘冬娥等(2008)认为幼体鳍膜即将完全消失为后期仔鱼结束的标志;陈国华等(2001)认为鳍基本形成为进入稚鱼期的标志。本研究中观察到驼背鲈仔鱼鳍膜消失的时间是孵化后第 25 天,但此时各鳍发育仍不完善,如背鳍第 2-6 根

鳍棘长度还较短,说明此时各鳍还处于正常发育状态;第二背鳍棘和腹鳍棘绝对长度在 31 d 达到仔、稚鱼阶段最大值;各鳍基本形成的时间是第 31 天,此时除了 3 根长的鳍棘外,各鳍形状已基本与幼鱼相同;稚鱼发育至 37 d,体色形成;而观察到清晰鳞片的时间是第 45 天。由此,作者认为将各鳍基本形成、第二背鳍棘和腹鳍棘绝对长度达到仔稚鱼阶段最大值、鳞片出现和体色开始形成之前作为后期仔鱼结束的标志,这与张海发等(2006)对斜带石斑鱼仔、稚鱼的划分方法基本一致。稚鱼期的主要形态变化是第二背鳍棘和腹鳍棘完成收缩、体色形成及鳞片发育,其识别标志为第二背鳍棘和腹鳍棘收缩以及鳍棘上小刺数目的减少、鳞片生长、体色形成。进入幼鱼期的标识为腹鳍棘长度超过第二背鳍棘、全身背鳞及成鱼特有的体色和斑纹出现。

第二背鳍棘和腹鳍棘的伸长与收缩无疑是驼背鲈仔稚幼鱼培育过程中最显著的特征,这是石斑鱼类特有的生长现象,其他石斑鱼如云纹石斑鱼(宋振鑫等,2012)、七带石斑鱼(陈超等,2011)、斜带石斑鱼(陈国华等,2001)、鞍带石斑鱼(张海发等,2008)等的生长发育也伴随着这一现象的发生。目前,关于鳍棘的生长特点对于鱼类本身的意义尚不明确,郭仁湘等(2011)认为这是石斑鱼类在变态过程的危险期,为了放大自身驱赶、恐吓捕食者,同时在此漫长的变态期间能够保持自身平衡和流线型体型,有利于对食物的攻击和对捕食者的逃避。作者认同这一观点,17-29 d 的后期仔鱼鳍棘生长最为迅速,而后期仔鱼处于逐渐向稚鱼期变态的危险过渡期,在此期间内,鳍棘的迅速增长对于游动能力还较弱的仔鱼在流动的水体中保持身体平衡以便捕食饵料具有重要的作用。正是由于鳍棘的这一特点,所以仔鱼摄食充足,生长速度明显。当进入稚鱼期,各鳍发育完成,体型的变化使其游动能力得到了加强,随着鱼体的长大、活动范围的

增大,其已经能够靠躯、尾部以及各鳍的摆动保持平衡、迅速游动,此时鱼群喜集结于鱼池下层的遮避物中,过长的鳍棘反而不利躲藏并容易暴露,因此鳍棘会逐渐收缩。鱼体的形态特征与其对环境的适应有着密切的联系,石斑鱼鳍棘变化的生物学意义还有待进一步印证和研究。

## 参 考 文 献

- 王昀,方彰胜,郑剑辉,等. 驼背鲈刺激隐核虫病的防治试验. 水产养殖, 2004, 25(6): 21-22
- 区又君,谢菁. 驼背鲈的染色体核型分析. 南方水产, 2007a, 3(5): 49-53
- 区又君,廖锐,李加儿,等. 驼背鲈的年龄与生长特征. 水产学报, 2007b, 31(5): 624-632
- 区又君,李加儿,陈福华. 驼背鲈的形态和生物学性状. 中国水产科学, 1999, 6(1): 24-26
- 区又君. 驼背鲈的胚胎发育. 海洋科学, 2006, 30(8): 17-19
- 刘冬娥,张雅芝,方琼珊,等. 斜带石斑鱼仔、稚、幼鱼的形态发育研究. 台湾海峡, 2008, 27(2): 180-189
- 宋振鑫,陈超,翟介明,等. 云纹石斑鱼胚胎发育及仔、稚、幼鱼形态观察. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 26-34
- 张海发,王云新,刘付永忠,等. 鞍带石斑鱼人工繁殖及胚胎发育研究. 广东海洋大学学报, 2008, 28(4): 36-40
- 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. 中国水产科学, 2006, 13(5): 689-699
- 陈国华,张本. 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), 2001, 19(2): 151-156
- 陈超,赵明,柳学周,等. 七带石斑鱼胚胎及仔稚鱼形态观察. 渔业科学进展, 2011, 32(5): 24-31
- 郭仁湘,符书源,杨薇,等. 鞍带石斑鱼仔稚(幼)鱼的发育和生长研究. 水产养殖, 2011, 32(4): 8-13
- 颜晓勇,李纯厚,许忠能,等. 名贵海水鱼类工厂化养殖试验研究. 湖南农业科学, 2011(11): 141-143
- Tang HC, Twu JY, Su WC. Experiment on artificial propagation of the high-finned grouper, *Chromileptes altivelis*. China Fish, 1979, 324: 25-31

(编辑 冯小花)



## Developmental and Morphological Characteristics of Embryo, Larval, Juvenile, and Young Fish, *Chromileptes altivelis*

ZHANG Mengqi<sup>1,2</sup>, CHEN Chao<sup>2</sup>, LI Yanlu<sup>2</sup>, JIA Ruijin<sup>1,2</sup>, YU Hong<sup>2</sup>, LIANG You<sup>2</sup>,  
CAI Chunyou<sup>4</sup>, PANG Zunfang<sup>3</sup>

(1. College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 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 Co. Ltd.,  
Yantai 261400; 4. Hainan Chenhai Fisheries Co. Ltd., Sanya 572000)

**Abstract** Artificial breeding of *Chromileptes altivelis* is difficult to marine fishing, and related studies on *C. altivelis* are limited. The present study investigated the embryonic and morphological development of larval, juvenile and young fish of *C. altivelis* using microscope, anatomical lens and digital camera. The morphological features and the time of development stages were described. The results showed that the embryonic development of *C. altivelis* was divided into five stages: cleavage stage, blastula stage, gastrula stage, neurula stage, and organogenesis stage. The embryonic development requires 27 h 25 min under the following condition in the sea water at 25–26°C and salinity of 30. The post embryonic development of *C. altivelis* was divided into larval stage, juvenile stage and young fish stage based on the features of the yolk-sac, finfold, second dorsal fin spine, pelvic fin spine, scale, and body color. The larval stage was further classified into early larvae and late larvae based on the existence of the yolk-sac or not. The embryos developed into prelarvae in 2 days under water environment with temperature between 22 and 26°C, salinity between 29 and 31, *DO* 5 mg/L. The yolk-sac of larvae disappeared and the postlarvae began at day 3. The larvae started to develop to juveniles at day 31. The juveniles completed metamorphosis and became young fish at day 57. The growth and configuration of the second spine of dorsal fin and the first spine of ventral fin were the most obvious changes during early development of *C. altivelis*. This study provides information for the propagation, seed culture and morphological identification of grouper fish.

**Key words** *Chromileptes altivelis*; Embryonic development; Larvae, juvenile and young fish; Morphological observation