

犬齿牙鲆胚胎及仔、稚、幼鱼形态发育观察

陈朴贤

(福建省水产研究所, 福建 厦门 361012)

摘要: 犬齿牙鲆(*Paralichthys dentatus*)卵为端黄卵, 受精卵浮性, 卵径 950~1 100 μm , 油球径 200~225 μm 。在水温 20.5~22.0 $^{\circ}\text{C}$, 盐度 33 条件下培育, 受精后 1 h 20 min 进入卵裂期, 6 h 10 min 进入囊胚期, 11 h 20 min 进入原肠胚期, 19 h 10 min 发育到胚孔封闭期, 胚体形成, 26 h 50 min 尾芽出现, 33 h 35 min 心跳开始, 48 h 10 min 开始孵化出仔鱼。初孵仔鱼平均全长 2.59 mm \pm 0.02 mm, 在培育水温为 17.0~21.0 $^{\circ}\text{C}$, 盐度 24~34 条件下, 胚后发育时序为: 1 日龄~9 日龄为仔鱼前期, 10 日龄平均全长 5.52 mm \pm 0.05 mm, 卵黄囊和油球完全吸收进入仔鱼后期; 40 日龄平均全长 20.82 mm \pm 0.67 mm, 各鳍鳍条发育形成进入稚鱼期; 65 日龄平均全长 41.13 mm \pm 0.88 mm, 全身鳞被完整进入幼鱼早期。

关键词: 犬齿牙鲆(*Paralichthys dentatus*); 胚胎发育; 仔稚幼鱼; 形态发育

中图分类号: Q954.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)06-0064-07

犬齿牙鲆(*Paralichthys dentatus*), 又称大西洋牙鲆(Atlantic flounder), 俗称夏鲆(Summer flounder)。原产于北美洲大西洋沿岸, 是世界名贵鲆鲽鱼类之一, 2002 年开始引进中国养殖^[1]。关于犬齿牙鲆早期发育的相关研究, 美国学者 Mart 等^[2]对犬齿牙鲆胚胎发育和早期仔鱼阶段做了观察。国内学者王波^[3]对大西洋牙鲆胚胎发育做了形态学的观察, 关键^[4]对褐牙鲆(♀)×犬齿牙鲆(♂)杂交子一代胚胎发育及仔稚鱼形态学做了观察, 而完整的犬齿牙鲆胚胎及仔稚幼鱼形态发育的观察资料未见到相关的研究报道。作者整理了 3 年来其在开展犬齿牙鲆人工繁殖和育苗实验中, 对犬齿牙鲆的胚胎发育、仔、稚、幼鱼形态发育的观察研究资料, 以期完善充实犬齿牙鲆基础生物学资料和为人工繁殖育苗提供参考依据。

1 材料和方法

2006 年 11 月~2007 年 4 月在长乐市东南水产科技开发有限公司海兴水产养殖场, 2007 年 11 月~2009 年 6 月在漳浦县佛沱海富水产育苗场开展犬齿牙鲆人工繁殖和苗种生产技术研究。亲鱼经注射催产激素后放入产卵池, 待性腺发育成熟即捞起亲鱼分别采集精卵, 进行干法人工授精, 沉淀分离出上浮的受精卵, 冲洗干净后置于 0.5 m³ 的玻璃钢孵化桶中孵化, 孵化水温 20.5~22.0 $^{\circ}\text{C}$, 盐度 33, 连续取样在显微镜下观察记录胚胎发育和时序, 直到仔鱼

孵出。孵化后仔鱼移入室内水泥池按常规育苗方法培育, 1 日龄~30 日龄水温 20.5~21.0 $^{\circ}\text{C}$, 盐度 33~34; 31 日龄~83 日龄水温 17.0~21.0 $^{\circ}\text{C}$, 盐度 24~33。饵料系列依次为牡蛎 D 形幼虫、褶皱臂尾轮虫、卤虫无节幼体、桡足类、牙鲆专用配合饵料。轮虫和卤虫经小球藻和乳化鱼油进行营养强化。培育过程中定期随机抽取 10 个样本进行胚后各发育期观察、测量, 记录和描述各发育期形态特征。胚胎发育和胚后发育在 Olympus 显微镜下进行观察、测量、拍照和绘图。

2 结果

2.1 胚胎发育

犬齿牙鲆卵为端黄卵, 受精卵圆形、浮性、无色透明, 卵径一般 1 000~1 050 μm , 油球 1 个, 油球径 200~225 μm , 最小卵径 950 μm , 最大卵径 1 100 μm 。受精卵在盐度 30 全部下沉, 在 32 多数上浮, 少数处于半悬浮, 34 以上全部上浮。在水温 20.5~22.0 $^{\circ}\text{C}$, 盐度 33 条件下孵化, 受精后 48 h 10 min, 开始陆续孵出仔鱼, 胚胎发育分为 27 期(表 1)。

收稿日期: 2010-10-28; 修回日期: 2010-12-24

基金项目: 福建省科技厅重点资助项目(2007N0015)

作者简介: 陈朴贤(1955-), 男, 福建龙海人, 工程师, 主要从事海水鱼类人工繁殖和育苗技术研究, 电话: 0592-5678575, E-mail: cpxnol@sina.com

表 1 犬齿牙鲆胚胎发育

Tab. 1 Embryonic development of *Paralichthys dentatus*

发育期	受精后时间	水温 ()	发育期	受精后时间	水温 ()
受精膜举起	20 min	20.5	神经胚期	17 h 20 min	21.5
胚盘形成期	1 h	20.5	胚孔封闭期	19 h 10 min	22.0
2 细胞期	1 h 20 min	20.5	视泡出现期	20 h 20 min	22.0
4 细胞期	2 h	21.0	克氏泡出现期	21 h 50 min	22.0
8 细胞期	2 h 30 min	21.0	耳囊出现期	22 h 15 min	22.0
16 细胞期	3 h	21.0	心脏出现期	26 h	22.0
32 细胞期	3 h 20 min	21.0	尾芽出现期	26 h 50 min	22.0
64 细胞期	3 h 50 min	21.0	鳍膜出现期	28 h	21.5
128 细胞期	4 h 20 min	21.5	耳石期	29 h 10 min	21.5
桑椹期	5 h 20 min	21.5	晶体出现期	30 h 50 min	21.5
高囊胚期	6 h 10 min	21.5	心跳期	33 h 35 min	21.0
低囊胚期	8 h	21.5	出膜前期	42 h	21.5
胚环出现期	11 h 20 min	21.5	孵出期	48 h 10 min	22.0
胚盾形成期	14 h 20 min	21.5			

受精后 20 min, 受精膜举起与卵质收缩形成卵周隙。受精后 1 h 0 min, 原生质流向动物极, 在动物极集中隆起形成胚盘(图 1(1-1))。受精后 1 h 20 min, 胚盘出现第一次卵裂, 形成大小相等的 2 个分裂球(图 1(1-2))。受精后 2 h 0 min, 出现第二次卵裂, 分裂面与第一次分裂面垂直, 形成大小相等的 4 个分裂球(图 1(1-3))。受精后 2 h 30 min, 出现第 3 次卵裂, 有 2 个分裂面且都与第一次分裂面平行, 形成 2 排大小均匀的 8 个分裂球(图 1(1-4))。以后每隔 25 ~ 30 min 分裂 1 次, 细胞成倍增加。从第 5 次分裂起, 分裂开始失去规则性, 垂直分裂和水平分裂交混在一起, 细胞的大小出现差别, 逐渐变得不整齐, 排列也失去规律。受精后 4 h 20 min, 细胞分裂成 128 个, 大小不等。受精后 5 h 20 min, 胚盘形成多层细胞隆起似桑椹, 发育至桑椹期(图 1(1-5))。此后细胞不断分裂, 分裂球数目越来越多, 体积越来越小。受精后 6 h 10 min, 由许多的分裂球聚集在卵黄上方, 胚层成高帽状, 进入高囊胚期(图 1(1-6))。受精后 8 h 0 min, 细胞继续分裂变小, 胚层细胞向下方四周扩张, 囊胚高度降低, 形成低囊胚(图 1(1-7))。受精后 11 h 20 min, 囊胚层细胞向下包围卵黄约 1/3, 胚环出现, 发育至原肠早期(图 1(1-8))。受精后 14 h 20 min, 囊胚层细胞下包卵黄约 1/2, 胚孔背唇处的细胞不断内卷增生, 在背唇前方堆集形成舌状的胚盾, 进入原肠中期(图 1(1-9))。受精后 17 h 20 min, 囊胚层细胞包围了绝大部分卵黄, 仅剩卵黄栓外露, 胚盾延伸绕

卵黄半周, 胚盾前端增宽增厚, 神经板中央线下陷闭合形成神经索, 发育到神经胚期(图 1(1-10))。受精后 19 h 10 min, 囊胚层细胞完全包围了卵黄, 胚孔封闭, 胚体基本形成, 肌节出现 4 对(图 1(1-11))。受精后 20 h 20 min, 胚体前端神经管膨大形成前脑泡、中脑泡和后脑泡, 并在前脑后方两侧出现一对椭圆形视泡, 脊索形成, 肌节出现 6 对(图 1(1-12))。受精后 21 h 50 min, 胚体进一步伸长, 在胚体尾部腹面中央出现一圆形克氏泡, 肌节 8 对(图 1(1-13))。受精后 22 h 15 min, 在胚体后脑后方两侧出现一对听囊原基, 肌节 11 对。受精后 26 h 0 min, 在胚体头部下方贴近卵黄囊处, 出现泡状的心脏原基, 同时视囊开始下陷成眼杯, 前中后脑开始分化。受精后 26 h 50 min, 尾芽出现, 克氏泡相应萎缩退化(图 1(1-14))。受精后 28 h 0 min, 胚体尾部开始游离于卵黄囊, 尾部边缘出现皮褶状的鳍膜, 克氏泡消失, 沿体轴纵向开始出现点状的黑色素。受精后 29 h 10 min, 耳囊明显扩大呈椭圆形, 耳囊内出现两对明亮的耳石, 心脏明显分化, 肌节 28 对, 尾芽完全游离于卵黄囊之上(图 1(1-15))。受精后 30 h 50 min, 视囊内晶状体出现, 尾部末端变尖, 进一步脱离卵黄囊, 胚体扭曲围绕在卵黄上。受精后 32 h 20 min, 胚体开始扭动, 晶状体更加明亮, 脊索从头部贯穿整个躯干至尾部并出现分节。受精后 33 h 35 min, 心脏开始搏动, 平均每分钟心跳 64 次 ± 1.05 次, 胚体也不时地扭动。受精后 36 h 35 min, 平均每分钟心跳 74 次 ± 1.41 次,

前、中、后脑分化明显,晶状体明亮圆大如珠子,耳囊扩大耳内两对耳石更加明亮,胚体进一步伸长几乎围绕整个卵黄,尾部形成完全离开卵黄,胚体表面除了依稀可见的点状黑色素外,又出现许多黄色素,胚胎已发育到即将孵化期。受精后 42 h 0 min,心跳加快,平均每分钟心跳 108 次 \pm 2.34 次,胚体进一步伸长已完全包围了卵黄,胚体头尾相接,背腹鳍膜宽大,前、中、后脑分区明显,胚体扭动频率加快,有时会在卵膜内强烈地翻转,已经到了出膜前期(图 1(1-16))。受精后 48 h 10 min,心跳搏动有力,心跳平均每分钟 203 次 \pm 5.35 次,胚体在卵膜内不停地剧烈翻转,尾尖不断撑顶卵膜,随着卵膜的越来越薄,最后尾部终于冲破卵膜伸出膜外,依靠身体的摆动躯干也退出膜外,而卵黄囊因体积巨大和头部一起仍被卡在膜内,最后随着身体的剧烈甩动和膜孔开裂扩大,卵黄囊和头部终于退出卵膜,仔鱼完全孵化出膜。



图 1 犬齿牙鲆胚胎发育

Fig. 1 Embryonic development of *Paralichthys dentatus*
 1-1. 胚盘形成期; 1-2. 细胞期; 1-3. 4 细胞期; 1-4. 8 细胞期;
 1-5. 桑椹期; 1-6. 高囊胚期; 1-7. 低囊胚期; 1-8. 胚环出现期;
 1-9. 胚盾出现期; 1-10. 神经胚期; 1-11. 胚孔封闭期; 1-12. 视泡出现期;
 1-13. 克氏泡出现期; 1-14. 尾芽期; 1-15. 耳石期; 1-16. 出膜前期
 1-1. blastoderm forming; 1-2. 2-cells stage; 1-3. 4-cells stage;
 1-4. 8-cells stage; 1-5. morula stage; 1-6. high blastula stage;
 1-7. low blastula stage; 1-8. germ ring forming; 1-9. embryonic shield forming;
 1-10. nerve embryos stage; 1-11. closure stage of blastopore; 1-12. optic vesicle forming; 1-13. Kupffer's vesicle;
 1-14. caudal bud stage; 1-15. otolith stage; 1-16. pre-hatching stage

2.2 仔、稚、幼鱼的发育形态

2.2.1 仔鱼前期(孵化出膜至卵黄囊和油球完全吸收)

初孵仔鱼(图 2(2-1))平均全长 2.59 mm \pm 0.02

mm, 刚出膜的仔鱼蜷曲成圆圈, 仍保持着胚胎在卵膜内的形状, 1、2 h 后身体才逐渐伸直。卵黄囊长椭圆形, 长径 1 045 μ m \pm 13.78 μ m, 短径 645 μ m \pm 10.49 μ m, 油球 1 个, 球径 225 μ m \pm 4.47 μ m, 靠近卵黄囊后下方。仔鱼紧贴卵黄囊, 头部稍突出于卵黄囊前端弯向腹面, 脊索稍弯曲, 肛门可见。脊索上下缘有两行点状黑色素, 背腹部散布着少许黄色素, 腹缘有数个星状黑色素。仔鱼无色透明, 静止时头部垂直朝下悬浮于水中。

孵化后 1 日龄仔鱼(图 2(2-2))平均全长 3.79 mm \pm 0.02 mm, 卵黄囊和油球均吸收缩小, 卵黄囊长径 698 μ m \pm 29.27 μ m, 短径 247 μ m \pm 12.11 μ m, 油球径 198 μ m \pm 11.69 μ m。鳍膜从头部后方的背部开始向后绕过尾部延伸到肛门后缘。消化道开始形成, 食管、前中后肠已出现腔隙且与肛门相通。体表色素分布增多, 脊索上下缘原来的两行点状黑色素变成两行星状黑色素丛, 背部有 5 个黑色素丛水平方向排成列, 腹部则有 3 个星状黑色素水平方向排成列, 腹缘有 7 个星状黑色素水平排列, 卵黄囊和油球表面散布着 10 个星状黑色素。躯干和卵黄囊的大部分表面都有黄色素沉积。仔鱼静止时头部仍垂直朝下悬浮于水中。

孵化后 2 日龄仔鱼平均全长 3.90 mm \pm 0.03 mm, 卵黄囊吸收将尽成长囊状, 长径 500 μ m \pm 14.14 μ m, 短径 100 μ m \pm 7.07 μ m, 油球径 172 μ m \pm 5.24 μ m。背腹部鳍膜加宽, 尾部鳍膜出现放射纹状的鳍条原基。消化道进一步形成, 食管、前、中后肠腔隙扩大成直线管状与肛门相通, 肛门已外通。视囊内黑色素开始沉积, 视囊前方出现嗅囊原基, 耳囊半规管开始形成, 位于卵黄囊中部上方的脊索下沿出现鳔泡原基。脊索上缘的一列星状黑色素丛消失, 脊索下沿仍有一行星状黑色素, 背部和腹部中线的星状黑色素数量增多, 并行排列成两行与脊索平行, 卵黄囊和油球表面的星状黑色素数量减少, 剩下 4 个, 头部后方至中部的背鳍膜缘有一行星状黑色素, 腹缘有一行星状黑色素分布。仔鱼静止时头部仍垂直朝下。

孵化后 3 日龄仔鱼(图 2(2-3))平均全长 4.02 \pm 0.03 mm, 仔鱼已开口, 口径 281 \pm 9.17 μ m。卵黄囊已完全吸收消失, 油球径剩下 127 \pm 5.12 μ m。鳍膜加宽, 胸鳍长而大。心脏搏动强而有力, 围心腔与腹腔之间出现一胸隔膜。消化道分化, 咽管食道开始分化形成, 胃囊分化形成成长囊状, 前宽后窄。视囊内充满了黑色素, 晶状体十分明亮。嗅囊开始凹陷, 耳囊

内两对耳石增大明亮, 鳔泡稍扩大。上下颌等长, 上颌开始出现前颌骨原基。鳃盖骨开始分化, 出现鳃弓原基 3 对。脊索下沿仍保持一行星状黑色素, 背、腹部中线上的两行星状黑色素则数量减少, 头部后方至中部的背鳍膜缘仍保持一行星状黑色素, 胃囊下方的腹缘原来的一行星状黑色素则衍生成一条致密的黑色素线。仔鱼已平游, 并能摄食小型轮虫, 但食性仍偏爱牡蛎(*Crassastrea ariakensis*)幼虫。

孵化后 5 日龄仔鱼(图 2(2-4))平均全长 4.18 mm \pm 0.04 mm, 油球径剩下 98 μ m \pm 5.27 μ m, 位于胃囊前方紧贴于胸膈膜的腹腔内。胃囊前方扩大下垂成葫芦状, 胃壁褶皱出现, 鳔泡稍萎缩, 嗅囊下凹成一明显的嗅窝, 下颌开始出现绒毛状的牙带原基。血液循环开始出现, 静脉血经主静脉进入心耳、心室、心脏, 再经心脏搏动输出主动脉。脊索下沿一行星状黑色素数量增多, 背、腹部中线上的两行黑色素都已消失, 背鳍膜缘前半部的黑色素消失, 后半部星状黑色素则衍变成一条黑色素线, 胃囊下方腹鳍膜缘的一条黑色素线也消退, 只剩下零星的黑色素斑。仔鱼无色透明。

孵化后 7 日龄仔鱼全长平均 4.48 mm \pm 0.04 mm, 油球径剩下 75 μ m \pm 4.47 μ m。血液循环清晰可见, 前鳃盖骨开始形成, 后缘出现 4 个棘刺, 鳃弓三对, 前颌骨进一步分化, 下颌出现一排牙带原基。胃囊进一步扩大, 前大后小成葫芦状更加显著。胃壁褶皱增多增厚。鳔泡消失。背部和腹部中线各又出现一行星状黑色素, 背鳍膜缘和腹鳍膜缘也各重新出现一行星状黑色素, 脊索下沿的一行星状黑色素仍存在。

2.2.2 仔鱼后期(卵黄囊和油球完全吸收至各鳍鳍条发育完整)

孵化后 10 日龄仔鱼(图 2(2-5))平均全长 5.52 mm \pm 0.05 mm, 油球完全消失, 进入仔鱼后期。鳍膜加宽, 从后脑上方的背部开始向后绕过尾部沿腹部延伸至肛门后缘。下颌骨开始分化, 胃囊进一步扩大成方形, 消化道已形成一个迴折。前鳃盖基本形成, 后缘有棘刺 6 个, 主鳃盖开始分化, 鳃盖膜出现, 鳃弓 4 个, 开始出现乳突状鳃丝原基。枕骨开始形成, 表面出现 3 个枕骨棘。耳囊扩大成梨状, 半规管形成, 耳石两个大而明亮。脊索下沿仍保持一行星状黑色素, 背鳍膜中线上有 5 个星状黑色素水平排列分布, 背鳍膜缘中部也有 4~5 个黑色素丛水平分布, 腹鳍膜中线和膜缘各有一行黑色素丛并行排列分布。仔鱼头部后缘有 3 个黑色素丛, 围心腔表面有一个黑

色素丛, 胃囊表面有 5~6 个黑色素丛分布。仔鱼仍无色透明, 仍以摄食轮虫为主。

孵化后 15 日龄仔鱼(图 2(2-6))平均全长 6.83 mm \pm 0.23 mm。背鳍膜最前端出现冠状幼鳍原基, 背鳍膜和臀鳍膜也出现放射纹状的鳍条原基。上颌骨、下颌骨、前颌骨正在进一步形成, 上颌、下颌都出现绒毛状的牙带原基。枕骨棘仍存在, 但正在萎缩变小。前鳃盖骨、主鳃盖骨已分化, 鳃盖膜已形成, 鳃弓 4 个, 外侧乳突状的鳃丝原基加长。消化道迂迴三折通向肛门。脊索上沿重新出现 6 个星状黑色素水平分布, 下沿仍保持 18 个星状黑色素与之平行排列。背鳍膜中线有 6 个较大星状黑色素水平方向排列, 背鳍膜缘中部也有 3 个较大的黑色素丛水平分布, 腹部中线有 5 个黑色素丛, 臀鳍膜缘也有 6 个黑色素丛并行水平排列分布。此外, 在仔鱼后脑上方有 3 个黑色素丛, 主鳃盖骨下缘有 5 个黑色素斑, 胃囊表面有 4 个黑色素丛分布着。仔鱼开始摄食卤虫(*Artemia nauplii*)幼体, 处于仍以摄食轮虫(*Brachionus plicatilis*)为主的混食期。

孵化后 20 日龄仔鱼(图 2(2-7))平均全长 8.95 mm \pm 0.33 mm, 体高 3.98 mm \pm 0.11 mm, 体高开始增大, 左右眼对称。冠状幼鳍增高扩大, 并分化形成 5 个冠状鳍条, 第 3~4 冠状鳍条最长, 尾鳍膜出现 11 个尾鳍条, 上、下颌骨已形成, 前颌骨形成下延至眼睛中部下方, 上颌出现尖锐犬齿 2 个, 下颌出现尖锐的犬齿 4 个, 上下颌等长, 口端位, 吻圆钝, 肌节 38。脊椎开始骨化, 髓棘原基和脉棘原基出现, 尾部棒状骨一节上翘。前鳃盖后缘棘刺 8 个, 鳃盖膜形成并出现 5~6 个鳃盖条, 鳃弓 4 个, 鳃丝加长如指状。脊索上缘有 7~8 个星状黑色素水平方向排列, 背缘有 12 个星状黑色素, 腹缘有 21 个星状黑色素均与脊索平行水平方向排列。背鳍膜缘、臀鳍膜缘各有一行黑色素分布, 背鳍膜、臀鳍膜间也有少量黑色素散布着。仔鱼多数分布在水上层, 主要摄食卤虫和桡足类幼体。

孵化后 25 日龄仔鱼(图 2(2-8))平均全长 11.95 mm \pm 0.40 mm, 体高 4.48 mm \pm 0.05 mm, 体高进一步增大, 右眼开始上升。此时仔鱼形态仍以体纵轴为中轴左右对称, 背鳍条开始形成, 冠状鳍条与后方的背鳍条连成一体, 但仍高耸出后方的背鳍条, 臀鳍条也开始形成, 尾鳍条基本形成并开始骨化分节。仔鱼躯干部和背臀鳍膜分区开始明显。上下颌内犬牙数量增多, 咽齿开始出现, 嗅窝 2 个凹陷加深, 鳃

丝加长如指状两侧开始出现乳突状的鳃小片, 鳃弓内侧开始出现鳃耙原基。脊椎开始骨化分节, 上沿已出现髓棘原基 37 枚, 下沿也出现脉棘原基 27 枚, 肌节 38。躯干部背沿和腹沿各有一行星状黑色素平行排列, 脊椎上沿有 4~5 个黑色素丛水平分布, 背鳍膜中线上有 5 个星状黑色素水平排列, 背鳍膜全部都有红棕色色素沉积。臀部中线和臀鳍膜缘各有一行黑色素水平排列。身体其他各部位色素分布增多。仔鱼头部后方有 3 个星状黑色素, 前鳃盖有 2 个黑色素斑, 胃囊后方和肠道表面有 10 多个黑色素斑分布, 上颌及吻缘有黄色素沉积, 下颌及颌部则有黑色素沉积。仔鱼常平游聚集在水表层, 主要摄食卤虫、桡足类和牙鲆配合饲料。

孵化后 30 日龄仔鱼(图 2(2-9))平均全长 14.92 mm ± 0.68 mm, 体宽 5.95 mm ± 0.10 mm, 右眼已上升至头顶。背部前端冠状鳍消失, 各鳍鳍条分化形成: 背鳍条 88 个, 臀鳍条 63 个, 腹鳍条 5 个, 尾鳍条 18 个并骨化分节 5~8 节, 胸鳍条尚未出现。上颌齿有犬牙 16 个长而尖锐, 内侧有一排绒毛状的细齿, 下颌齿有犬牙 26 个尖锐, 内侧也有一排绒毛状的细齿, 嗅窝分化外通成鼻孔。各鳃盖分化完成, 鳃盖条 7 个, 鳃丝两侧鳃小片加长如叶片, 鳃弓内侧生成上鳃耙 2~3 个, 下鳃耙 10~11 个, 成梳状排列。仔鱼头部、鳃盖部、吻缘、背腹部、背鳍条部、臀鳍条部都有密集的星状黑色素分布, 只有尾鳍条部黑色素稀少, 肉眼观无色透明。仔鱼的形态发生了巨大的变化, 由原来的身体左右对称的纺锤形, 变成扁平长椭圆形, 有少数苗开始变态伏底。主要摄食卤虫、桡足类和牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)配合饲料。

孵化后 35 日龄仔鱼(图 2(2-10))平均全长 18.03 mm ± 0.71 mm, 体宽 7.49 mm ± 0.03 mm, 右眼已完全转至体左侧。此时仔鱼双眼已位于身体同一侧。各鳍鳍条进一步分化形成: 背鳍条 88 个, 骨化分节 3~8 节; 臀鳍条 69 个, 骨化分节 3~7 节; 腹鳍条 5 个, 骨化分节 2~3 节; 尾鳍条 18 个, 骨化分节 3~9 节; 胸鳍刚出现鳍条原基。上下颌完全形成骨化, 前颌骨形成下延至眼睛中下方, 强大。上下颌都各形成一排尖锐的犬牙, 颌齿数量增多。鼻孔 2 个, 前圆小, 后大长椭圆形。前鳃盖后缘 8 个棘刺已消失, 枕骨棘也消失。鳃盖膜宽大, 鳃盖条 7 个, 鳃丝上鳃小片加长如树叶, 鳃弓内侧鳃耙加长如指状。脊椎骨化分节 41 节, 髓棘开始形成 38 枚, 脉棘开始形成 27 枚。鳞片尚未开始形成。仔鱼头部、鳃盖部、背部和腹部、

胃囊和脊椎表面都分布着大量的红棕色色素点和星状黑色素, 背鳍条部, 臀鳍条部也散布着大量的红棕色色素点和星状黑色素, 只有尾鳍部黑色素稀少仍无色透明。仔鱼外观灰黑色, 约有 50%~60%的苗已变态伏底。主要摄食桡足类和牙鲆配合饲料。

2.2.3 稚鱼期(各鳍鳍条发育形成至鳞被完整)

孵化后 40 日龄稚鱼(图 2(2-11))平均全长 20.82 mm ± 0.67 mm, 体宽 8.91 mm ± 0.19 mm。各鳍鳍条发育完整、背鳍条 88 个, 骨化分节 4~11 节; 臀鳍条 69 个, 骨化分节 4~10 节; 尾鳍条 18 个, 骨化分节 4~13 节; 腹鳍条 5 个, 骨化分节 3~5 节; 胸鳍条 14 个骨化分节 2~3 节。侧线开始形成, 从尾鳍基部开始向前延伸至第 13 椎骨处。尾柄前端侧线上开始出现同心圆纹的鳞片, 至此已完成仔鱼后期阶段的发育, 进入稚鱼期。下颌出现 4 个颌孔原基。胃囊位于第 3~13 椎骨, 肛门位于胃囊中部下方, 即胸鳍正下方稍后。稚鱼体表色素大量增加, 头部、上下颌部、脑颅表面、颊部、鳃盖部、胃囊表面和整个躯干都布满了星状黑色素点和红棕色色素点, 背鳍条部、臀鳍条部、尾鳍条部、腹鳍条部、胸鳍条部的每根鳍条上都布满了红棕色色素点和黑色素点, 稚鱼外观灰黑色。稚鱼约有 90%~95%变态伏底。摄食桡足类和牙鲆配合饲料, 以配合饲料为主。

孵化后 45 日龄稚鱼(图 2(2-12))平均全长 24.82 mm ± 0.67 mm, 体宽 10.93 mm ± 0.38 mm。侧线完全形成, 从尾鳍基部开始沿着椎骨中轴向前水平延伸, 至第十一椎骨处向上弯曲, 在第七、八椎骨处达到最高点, 然后向下弯曲至第四椎骨处, 形成一个 180°的弧线, 然后于第四椎骨处继续沿着椎骨中轴线向前水平延伸至第一椎骨处。鳞片从尾柄前端的侧线上开始形成, 沿着侧线向前衍生至第十一椎骨处的侧线上弯处, 同时向侧线两侧的背臀部衍生和向尾柄后延, 此时鳞片生成仅限于侧线两侧的狭窄区间和尾柄一部分, 身体其他各部位尚未有同心圆纹鳞片形成。各鳍鳍条已发育完整并骨化分节。稚鱼的头部、躯干部、鳃盖部、胃囊表面都覆盖着密集的黑色素丛和红棕色色素点。除尾鳍外, 其他各鳍的每一根鳍条上都有密集的红棕色色素点和稀疏的黑色素丛分布。尾鳍基部有密集的红棕色色素点, 而鳍条和鳍膜间仍无色透明。稚鱼外观灰黑色, 全部变态伏底营底栖生活。完全驯化摄食牙鲆配合饲料。

孵化后 50 日龄稚鱼平均全长 28.98 mm ± 0.70 mm, 体宽 13.05 mm ± 0.56 mm。上下颌骨强大, 上

下颌等长, 口端位, 吻圆钝, 上下颌各有二列尖锐的犬牙交错排列, 下颌部出现 4~6 个颌孔。脊椎骨完全骨化分节 41 节, 髓棘形成 40 枚, 脉棘形成 27 枚。鳞片继续沿着侧线向前衍生至第四椎骨的侧线下弯处, 同时进一步向两侧衍生和尾部后延, 鳞片已向侧线两侧扩展到背部的下半部和腹臀部的上半部, 尾部、尾柄处鳞片已布满, 但头颅部、喉部、鳃盖部、胃囊表面、背部上半部, 臀部下半部尚未有同心圆纹鳞片形成。稚鱼的头部、颊部、鳃盖部、胃囊表面都被致密星状黑色素所覆盖, 整个躯干都有密集的星状黑色素和红棕色素点分布, 各鳍的每一根鳍条上都有红棕色素点分布、鳍膜间的色素稀少。

孵化后 55 日龄稚鱼(图 2(2-13))平均全长 32.93 mm ± 0.71 mm, 体宽 14.93 mm ± 0.35 mm, 鳞片已从第四椎骨处向前衍生至第一椎骨处, 同时向侧线两侧进一步扩展, 鳞片已覆盖至背部上半部和臀部下半部, 以及腹部和胃囊的大部分, 鳃盖表面开始出现同心圆纹鳞片。稚鱼头部及躯干全部都有致密的点状和星状黑色素分布, 各鳍的每一根鳍条上都有红棕色素点和黑色素点分布, 鳍膜间的色素仍然较少。稚鱼外观灰黑色。

孵化后 60 日龄的稚鱼平均全长 36.87 mm ± 0.70mm, 体宽 16.95 mm ± 0.34 mm。鳞片向前衍生至

眼睛后沿的脑颅上方, 同时向侧线两侧继续扩展, 稚鱼躯干的大部分, 背部的大部、腹部、臀部的大部, 胃囊表面、鳃盖部的大部分、尾部和尾柄的全部已被鳞片所覆盖, 其中躯干中部的侧线两侧、尾部、尾柄上的鳞片密集而粗大, 其他部位则是刚出现的较细小的同心圆纹鳞片。稚鱼的头背部、颅腔表面、喉部、背部上沿、腹部、臀部的下沿鳞片尚未发生。稚鱼的头部、上下颌部、鳃盖部、胃囊表面和整个躯干部都被密集的星状黑色素和红棕色素散布着, 各鳍条部的每一根鳍条上都布满了星状黑色素丛和红棕色点, 各鳍鳍膜间出现较多数量的红棕色素点。稚鱼外观灰黑色。

2.2.4 幼鱼早期(全身鳞被完整以后的幼鱼早期)

孵化后 65 日龄幼鱼(图 2(2-14))平均全长 41.13 mm ± 0.88 mm, 体宽 18.84 mm ± 0.48 mm。前颌骨强大下延至眼睛中下方, 下颌开始出现无数的绒毛状细齿。鳃弓 4 条, 鳃丝上鳃小片加长如树叶, 鳃弓内侧有上鳃耙 5 个, 下鳃耙 13 个细长、基部出现簇状瘤刺, 咽腔内有许多瘤状的锐利咽齿。幼鱼的头部、喉部、背部上沿, 腹、臀部下沿已全部覆盖同心圆纹鳞片, 至此已全身鳞被完整进入幼鱼期。幼鱼的头部、鳃盖部、胃囊表面和整个躯干都覆盖着密集的星状黑色素和红棕色素点, 各鳍的每一根鳍条上都

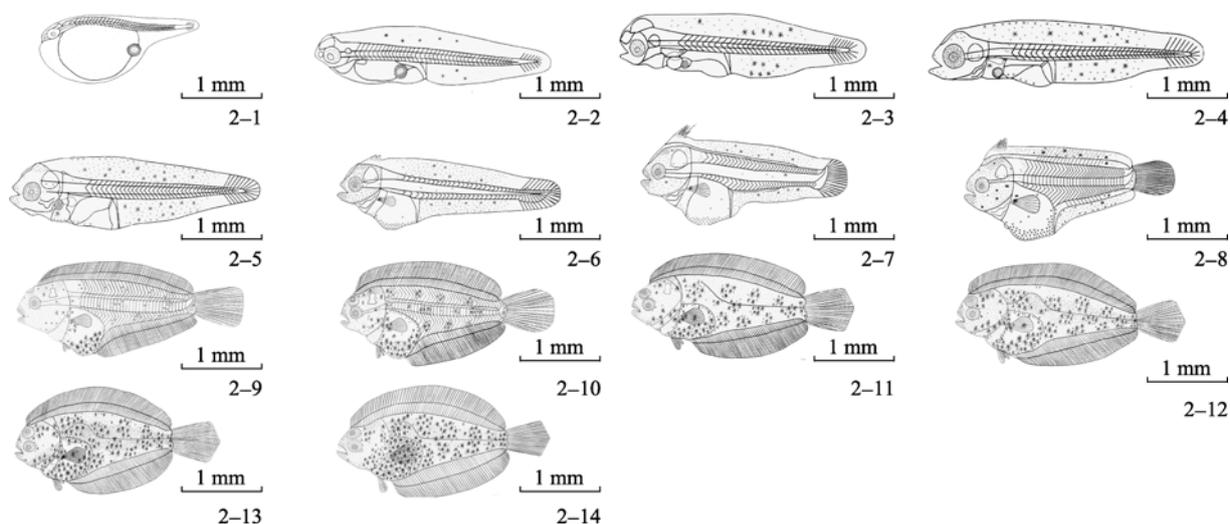


图 2 犬齿牙鲆仔、稚、幼鱼发育

Fig. 2 Embryonic and larval development of *Paralichthys dentatus*

2-1. 初孵仔鱼; 2-2. 1 日龄仔鱼; 2-3. 3 日龄开口仔鱼; 2-4. 5 日龄前期仔鱼; 2-5. 10 日龄后期仔鱼; 2-6. 15 日龄后期仔鱼; 2-7. 20 日龄后期仔鱼; 2-8. 25 日龄后期仔鱼; 2-9. 30 日龄后期仔鱼; 2-10. 35 日龄后期仔鱼; 2-11. 40 日龄稚鱼; 2-12. 45 日龄稚鱼; 2-13. 55 日龄稚鱼; 2-14. 65 日龄幼鱼

2-1. newly hatched larva; 2-2. 1-day old larver; 2-3. 3-day old mouth opening larver; 2-4. 5-day old prelarva; 2-5. 10-day old postlarva; 2-6. 15-day old postlarva; 2-7. 20-day old postlarva; 2-8. 25-day old postlarva; 2-9. 30-day old postlarva; 2-10. 35-day old postlarvae; 2-11. 40-day old larva; 2-12. 45-day old larva; 2-13. 55-day old larva; 2-14. 65-day old juveniles

有密集的星状黑色素和红棕色素点分布。各鳍鳍膜间布满了红棕色素点,只有尾鳍膜间色素仍然较少。幼鱼外形侧扁、卵圆形、双眼位于体左侧,形态已和成鱼接近。

3 讨论

初孵仔鱼在发育过程中,随着卵黄的吸收和卵黄囊体积逐渐缩小、鱼体比重增加,有鳔类的鱼类在此阶段形成鳔器官并充气,有利于仔鱼克服比重的增加和游泳的能量消耗,提高捕食能力,从而提高自身的存活率。有些鱼类在其整个个体生活史中都具有鳔,有些鱼类则只在其发育早期具有鳔,而发育后期则随着形态和生态习性的改变,鳔器官随之消失。硬骨鱼类等生活在海水中上层鱼类属于前一种类型,终生具有鳔且十分发达,鲆鲽类则属于后一种类型,这是由于鲆鲽类幼鱼变态后转入底栖生活,为克服水的浮力而调节自身比重对环境适应性的一种生理改变。半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)在孵化后第3天出现鳔泡,而在79日龄变态营底栖生活后鳔器官完全消失^[5],大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)在2日龄出现鳔原基,5日龄鳔气腺形成首次充气,8日龄鳔腔中充满气体,25日龄鳔气腺开始退化,31日龄鳔气腺完全退化,63日龄鳔完全消失,此时幼鱼已完成变态全部转入底栖生活^[6]。犬齿牙鲆仔鱼鳔器官的发生与消长则比较特殊,2日龄时出现鳔泡原基,3日龄鳔泡稍扩大,但鳔泡没有进一步发育扩大成鳔

腔和充气,5日龄鳔泡反而萎缩变小,7日龄则完全退化消失。与此类似情况的还有漠斑牙鲆,其在早期发育的10日龄出现鳔泡,13日龄鳔泡变小,16日龄鳔泡进一步缩小成一斑点,19日龄鳔泡完全消失^[7]。犬齿牙鲆早期发育没有实际的鳔器官发生,其不利的因素仍有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 王波,张朝晖,张杰东.大西洋牙鲆繁殖生物学及繁育技术研究进展[J].海洋水产研究,2004,25(1):91-96.
- [2] Mart I, Bolker J A. Embryonic and larval staging of summer flounder (*Paralichthys dentatus*) [J]. J Morph, 2003, 255: 162-176.
- [3] 王波,张朝晖,谭萌.大西洋牙鲆胚胎发育的形态观察[J].海洋科学进展,2007,25(2):191-199.
- [4] 关键,柳学周,蔡文超.褐牙鲆(♀)×犬齿牙鲆(♂)杂交子一代胚胎发育及仔稚鱼形态学观察[J].中国水产科学,2007,14(4):644-650.
- [5] 万瑞景,姜言伟,庄志猛.半滑舌鳎早期形态及发育特征[J].动物学报,2004,50(1):91-102.
- [6] 门强,雷霖霖.大菱鲆鳔器官发育的形态学与组织学特征[J].中国水产科学,2003,10(2):111-114.
- [7] 秦志清,林越超,张雅芝.漠斑牙鲆仔、稚、幼鱼的形态发育研究[J].台湾海峡,2008,27(4):472-481.

Embryonic and larval morphological development of *Paralichthys dentatus*

CHEN Pu-xian

(Fujian Fisheries Research, Xiamen 361012, China)

Received: Oct., 28, 2010

Key words: *Paralichthys dentatus*; embryonic development; larval; morphological development

Abstract: The eggs of summer flounder were telolecithal egg, and fertilized eggs were buoyant. The average diameter of eggs was 950~1 100 μm . Radius of oil globule was 200~225 μm . The egg was hatched at water temperature 20.5~22.0 and salinity 33. The embryos entered cleavage stage by 1 h 20 min after fertilization, entered the blastula stage by 6 h 10 min, entered the gastrula stage by 11h 20min, developed into the blastopore closure stage, embryo was formed. Tail bud appeared by 26h 50min, the heart beat began by 33 h 35 min, and larvae were hatched by 48 h 10 min. The average length of newly hatched larva was 2.59 mm \pm 0.2 mm. At the cultivation temperature of 17~21, salinity 24~34, the postembryonic development timing sequence was: the fish of 1 day to 9 days after hatching were prelarva. The average length of 10 days fish was 5.52 mm \pm 0.05 mm, yolk sac and oil globule were absorbed completely, and the fish entered the postlarvae stage. The average length of 40 days fish was 20.82 mm \pm 0.67 mm, fin rays form, the fish entered the larval stage. The average length of 65 days fish was 41.13 mm \pm 0.88 mm, the whole lodicules developed completely, the fish entered early juvenile stage.

(本文编辑:谭雪静)