

黄姑鱼 (*Nibea albiflora* Richardson) 早期生长发育研究*

耿智^{1,2}, 徐冬冬², 史会来², 楼宝^{2*}, 毛国民², 李三磊^{1,2}

(1. 浙江海洋学院 海洋科学学院, 浙江 舟山 316004;

2. 浙江省海洋水产研究所 浙江省海水增养殖重点实验室, 浙江 舟山 316100)

摘要:为研究黄姑鱼胚胎发育特征和胚后发育的仔、稚、幼鱼发育阶段的形态学, 2010-06-08 在实验室利用显微镜和显微镜数码摄像显示系统对黄姑鱼胚胎发育过程进行连续观察拍摄, 描述并记录其发育过程和时间。结果表明, 黄姑鱼卵为圆球形的端黄卵, 盘状分裂, 中央有一个油球, 卵径为 (0.89 ± 0.028) mm, 油球直径为 0.25 mm; 在水温为 24 °C、S 为 27 条件下经 22.5 h 完成孵化, 胚胎发育可分为 24 期。胚后发育阶段, 1~3 日龄为卵黄囊期仔鱼; 4 日龄仔鱼开口, 卵黄囊完全消失, 此时仔鱼处于混合营养阶段, 进入前弯曲期; 6 日龄仔鱼油球完全消失, 进入外源性营养阶段; 16 日龄仔鱼尾鳍担鳍骨形成, 脊椎末端上曲, 进入弯曲期; 21 日龄仔鱼尾下骨后缘与尾索垂直, 鳍条数不断增加, 同时背鳍、臀鳍和腹鳍原基出现, 进入后弯曲期; 26 日龄鱼苗全身被菊花状黑色素细胞, 尾柄处开始被鳞, 进入稚鱼期; 31 日龄以后, 鱼苗全身被鳞, 进入幼鱼期。在水温为 25~27 °C, S 为 26~28 的条件下, 仔、稚、幼鱼全长与日龄具有显著的正相关性。研究表明, 黄姑鱼进入稚鱼期之后, 其生长速率明显增大, 为减少自残, 应及时分池和投足饵料。

关键词:黄姑鱼; 胚胎; 仔稚幼鱼; 生长发育

中图分类号: S965.325

文献标识码: A

文章编号: 1671-6647(2012)01-0077-10

黄姑鱼 *Nibea albiflora* (Richardson) 隶属于鲈形目石首鱼科黄姑鱼属^[1], 主要分布在中国沿海、朝鲜近海和日本近海, 为暖温性近海中、下层鱼类, 平时在深水区栖息, 繁殖期游向近海, 有明显的季节洄游规律。黄姑鱼肉质肥厚、营养丰富, 历来是我国传统渔业的捕捞对象, 是一种具有较高经济价值的经济鱼类。

关于黄姑鱼的研究有很多报道, 早在 20 世纪 50 年代末, 中国科学院动物研究所研究人员就进行了黄姑鱼受精卵的孵化实验^[2]; 1974 年, Takita 研究了黄姑鱼早期的生活史^[3]; 雷霖霖等对黄姑鱼胚胎及仔、稚鱼形态特征进行了初步研究^[2,4]; 余方平等对舟山近海黄姑鱼胚胎发育及前期仔鱼形态进行了观察^[5]; 随后, 一些学者对黄姑鱼的人工育苗^[6-7]、工厂化育苗^[4,8]和网箱养殖^[9]方面进行了研究。近年来, 由于环境恶化、过度捕捞等原因, 黄姑鱼的自然资源受到破坏, 黄姑鱼的种质资源保护越来越受到人们重视。许多学者开展了黄姑鱼种质资源的研究, 如 Shunpei 和 Kazuo 对黄姑鱼成鱼的生长进行了研究^[10], Toru 和 Taiji 对雌、雄成年黄姑鱼的生长进行了比较^[11], 韩冰等对青岛、舟山和厦门海域的黄姑鱼群体进行了形态学的比较^[12]; 吴常文等对东海黄姑鱼成鱼的年龄与生长作了初步研究^[13]; Menezes 等对日本沿海和我国东海黄姑鱼的群体遗传结构进行了同工酶分析^[14]; 韩志强对我国近海黄姑鱼的群体遗传结构进行了 AFLP 分析和同工酶的分析^[15-16]。本研究对黄姑鱼的受精卵到仔稚幼鱼的发育过程进行了形态学观察和生长数据测量, 并参照

* 收稿日期: 2010-10-28

资助项目: 浙江省重大科技专项——黄姑鱼规模化繁育和养殖关键技术开发及产业化示范(2009C12081); 浙江省科研院所扶持专项——海水健康养殖科研创新团队建设(2010F20006); 浙江省海洋与渔业局海域海岛项目——黄姑鱼规模化繁育和养殖关键技术开发(浙海渔计【2010】205); 浙江省大学生科技创新活动计划(新苗人才计划)立项项目——黄姑鱼补偿生长类别及其机制研究(2010R411039)

作者简介: 耿智(1987-), 男, 安徽涡阳人, 硕士研究生, 主要从事鱼类繁育技术方面研究. E-mail: genglinian@126.com

* 通讯作者: 楼宝(1969-), 男, 教授级高级工程师, 主要从事海水鱼类繁育生物学方面研究. E-mail: loubao6577@163.com

(高峻 编辑)

Shiogaki 和 Doutsu 的仔鱼分期方法^[17],系统描述和记录了胚胎发育及仔稚幼鱼的生长发育特征,旨在为黄姑鱼的苗种繁育提供详实的科学数据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

2010-06-08 在浙江海洋水产研究所西闪试验场,经人工培育 24 个月的亲鱼自然排卵后,用 60 目过滤网采集受精卵后过滤数次。将受精卵放入 5 m×2 m×2 m 的水泥池中充气培养。试验期间,受精卵孵化水温为 24 °C(宁波江南仪器 RXZ 智能型人工气候箱调控),S 为 27(测量值)。仔稚幼鱼在原池中充气培养,培育水温为 25~27 °C,S 为 26~28(测量值)。

1.2 受精卵孵化率的统计

随机挑取 100 个受精卵放入烧杯中,设置 3 个平行组,孵化水温为 24 °C,S 为 27。待仔鱼全部孵出后 6 h 统计孵化率。

1.3 胚胎发育及仔稚幼鱼观察方法

利用 Nikon Eclipse 50i 摄像显微镜,拍摄胚胎及仔稚幼鱼发育照片,同时记录发育时序和形态特征的变化并测量受精卵的卵径、油球直径、仔稚幼鱼全长。前 5 d 每天采集 20 尾鱼进行生物学测量,以后每日观察鱼苗的形态特征、生长、生态习性等,并每隔 4 d 进行生物学测量。全长、体长数据用 Excel 2003 处理。

2 结 果

2.1 受精卵的形态特征及孵化率

黄姑鱼的受精卵属端黄卵,为无色透明的圆球形;卵径为(0.89±0.028) mm($n=20$);中央有 1 个油球,无色透明或淡黄色,平均油球径为 0.25 mm。在观察中发现少数卵含多个油球,其多数成死胚或发育畸形。孵化率试验表明,平均孵化率为(76±5.58) %。

2.2 胚胎发育

黄姑鱼的胚胎发育与其他硬骨鱼基本相似,卵裂类型为盘状卵裂均等分裂型,其受精卵在水温为 24 °C,S 为 27 的海水中历时 22.5 h 出膜,根据胚胎的外部特征和内部器官形成,可以将受精卵的胚胎发育划分成 24 个发育期(表 1 和图版 1)。

2.3 仔稚幼鱼发育

2.3.1 卵黄囊仔鱼(1~3 日龄)

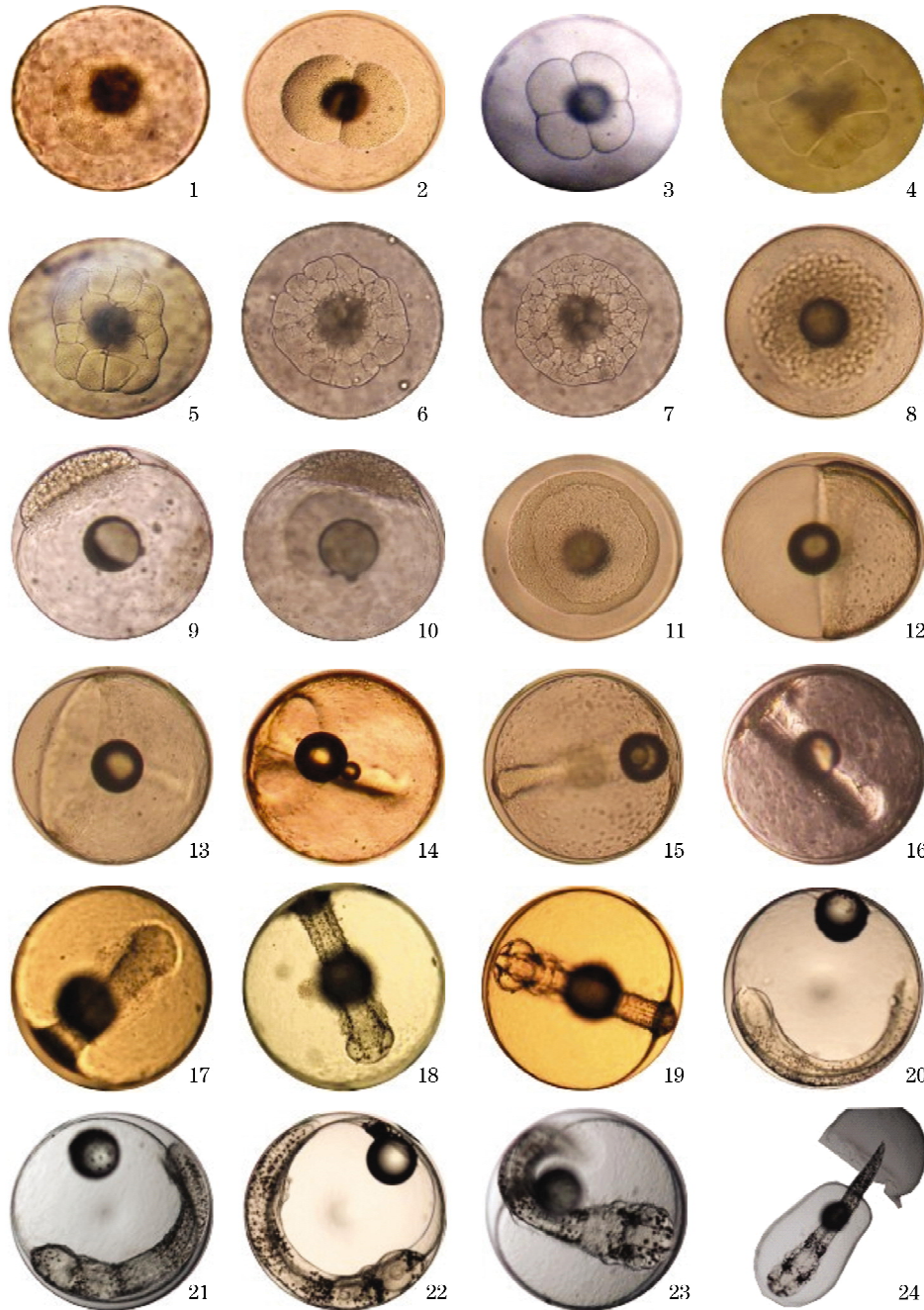
该阶段历时 3 d,从仔鱼孵化出膜至卵黄囊完全消失,但器官分化仍不完善。

初孵仔鱼:全长(1.95±0.064) mm($n=20$),有 25 对肌节。卵黄囊呈无色透明的椭圆形,油球位于卵黄囊的后下方,平均直径为 0.025 mm。卵黄囊的前端位置紧挨鱼吻,肠道细长,呈直管状,紧贴在油球后方,鱼鳔还未形成,口和肛门未开。5 处点状黑色素群分别位于吻部、视囊和听囊之间、第 1~3 肌节处、第 9~11 肌节处和第 17~21 肌节处。初孵仔鱼游动能力差,在各水层中倒垂悬浮,偶尔作间歇性窜动(图版 2-1)。

表 1 黄姑鱼的胚胎发育观察

Table 1 Observation of embryonic development of *Nibea albiglora*

发育时期	受精后时间	主要特征	图 版
胚盘形成期	30 min	受精卵动物极形成圆形盘状胚盘	1-1
2 细胞期	40 min	胚盘经 1 次经裂,形成大小相同的 2 个细胞	1-2
4 细胞期	51 min	2 细胞中央形成经裂沟,将胚盘分成 4 个大小相同的细胞	1-3
8 细胞期	1 h 7 min	4 细胞经过与第 1 次经裂平行的经裂形成 8 个细胞	1-4
16 细胞期	1 h 20 min	8 细胞经过与第 2 次经裂平行的经裂形成 16 个细胞	1-5
32 细胞期	1 h 40 min	经 5 次分裂,形成 32 个排列紧密且不规则的细胞,此时胚盘形状恢复为圆形	1-6
64 细胞期	2 h 8 min	第 6 次分裂后,形成 64 个清晰可见的细胞	1-7
桑椹期	2 h 51 min	细胞继续分裂,细胞数量不断增加,体积逐渐变小,形成细胞界限模糊的桑椹胚	1-8
高囊胚期	3 h 35 min	卵黄上形成突起的帽状胚盘,卵周隙明显扩大	1-9
低囊胚期	4 h 50 min	细胞继续分裂,囊胚层边缘开始变薄,并开始向扁平发展	1-10
胚环出现	5 h 40 min	胚盘边缘细胞从四周向植物极包囊,同时前端细胞内卷成为 1 个环状的细胞层—胚环	1-11
胚盾出现	6 h 20 min	胚盘下包卵黄至 1/2 时,细胞继续内卷形成胚盾	1-12
胚体形成	9 h 5 min	胚盘下包至 2/3 时,出现胚体雏形	1-13
卵黄栓形成	10 h 13 min	胚盘下包至 4/5 时,卵黄栓形成,胚孔即将关闭	1-14
神经胚期	10 h 50 min	神经外胚层细胞继续增殖和集中,形成清晰可见的神经板	1-15
眼泡形成	11 h 12 min	胚体头部两侧形成 2 个膨大的视泡	1-16
胚孔封闭期	12 h 8 min	胚孔完全封闭,胚体形成清晰可见的体节	1-17
色素出现	12 h 40 min	胚体同体出现点状棕色色素细胞,视泡后形成 1 对听囊	1-18
尾芽期	15 h 40 min	胚体后端出现圆锥状尾芽	1-19
尾鳍褶形成	16 h 35 min	胚体继续延长,同时尾部也不断延长并且逐渐与卵黄囊脱离	1-20
尾部游离期	19 h 20 min	尾部已经能够自由活动并不断延长,眼囊内形成清晰可见的晶体	1-21
耳石形成	20 h 45 min	耳囊内形成轮廓明显的耳石	1-22
出膜前期	21 h 50 min	出膜前期,胚体尾部剧烈摇摆	1-23
孵出期	22 h 30 min	胚体头部先破膜而出,随后整个胚体破膜	1-24

图版1 黄姑鱼胚胎发育($\times 10$)

1. 胚盘形成期, 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. 桑椹期,
9. 高囊胚期, 10. 低囊胚期, 11. 胚环出现, 12. 胚盾出现, 13. 胚体形成, 14. 卵黄栓形成, 15. 神经胚期, 16. 眼泡形成,
17. 胚孔封闭期, 18. 色素出现, 19. 尾芽期, 20. 尾鳍褶形成, 21. 尾部游离期, 22. 耳石出现期, 23. 出膜前期, 24. 孵出期

Plate 1 Embryonic development of *Nibea albi flora* ($\times 10$)

1. Formation of blastoderm, 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. Morula stage, 9. High blastula stage, 10. Low blastula stage, 11. Formation of germ ring, 12. Formation of embryonic shield,
13. Formation of embryo, 14. Formation of yolk plug, 15. Neurula stage, 16. Formation of optic capsule, 17. Blastopore closing stage,
18. Formation of pigment cell, 19. Caudal bud stage, 20. Formation of caudal fin fold, 21. Caudal dissociating stage,
22. Formation of otolith, 23. Pre-hatching stage, 24. Hatching stage

1 日龄仔鱼:全长(2.20±0.071) mm,此时,卵黄囊和油球略微缩小,卵黄囊短径明显缩小,长径变化不明显。鳍膜略微加宽,肠道开始增粗,头部仍紧贴在卵黄囊上方(图版 2-2)。

2 日龄仔鱼:全长(2.35±0.070) mm,卵黄囊明显缩小,紧紧包裹着油球;有星状黑色素出现;鳍膜明显加宽,起始于头部经背部到达尾部;脊索末端出现放射丝;在第 3~4 节肌节的上方,有一个无色透明的亮点连接于肌节,可用于黄姑鱼的鉴定;视囊开始凸出,其周围黑色素明显增多;耳石增大,清晰可见;口凹和胸鳍原基出现(图版 2-3)。

3 日龄仔鱼:全长(2.51±0.076) mm,卵黄囊完全消失,仔鱼口膜破裂但仍未摄食;仔鱼体表的色素变为树枝状,分布于脊索的背腹侧;视囊呈黑绿色(图版 2-4)。

2.3.2 前弯曲期仔鱼(4~15 日龄)

此阶段历时 12 d,经过仔鱼开口期,直至尾鳍原基形成,称为前弯曲期。

4 日龄仔鱼:全长(2.65±0.068) mm,仔鱼头部明显增大,能观察到鱼鳔,并且已充气;口膜破裂成口裂,肛门与外界相通,仔鱼开始摄食轮虫;眼球黑色素加深;胸鳍较发达,呈扇形;胃囊扩大,开始出现胃褶皱;油球体积明显缩小。(图版 2-5)。

6 日龄仔鱼:全长(2.71±0.065) mm,上下颌和鳃盖形成,上下颌出现牙齿;眼球变黑,囊内耳石清晰;由第 3 肌节伸出的无色透明的亮点消失;此阶段最大的变化是提供能量的油球完全消失,仔鱼由混合性营养阶段转为外源性营养阶段(图版 2-6)。

7 日龄仔鱼:全长(2.79±0.073) mm,仔鱼消化管膨大变粗;胸鳍呈蒲扇状,出现鳍条。体色素集中,主要分布在听囊与第 2 肌节之间、17~21 肌节处、直肠背壁和鳔四周,前 2 处呈棕黄色,后 2 处为黑色,均为树枝状;仔鱼开始作水平游动,趋光性明显,在水中集群分布,主要以轮虫为饵(图版 2-7)。

15 日龄仔鱼:全长(3.71±0.374) mm,仔鱼头部和两颞发达,牙齿呈犬牙状外突,上下颌各 3 对;棕黄色色素主要分布在听囊与第 3 肌节之间和 16~22 肌节处,呈树枝状,鳔背部和直肠四周黑色素密集分布,呈丝带状。仔鱼游动敏捷,在水中集群分布更明显(图版 2-8)。

2.3.3 弯曲期仔鱼(16~20 日龄)

该阶段历时 5 d,从脊椎末端上曲开始至尾下骨后缘与尾索垂直为止。

16 日龄仔鱼:全长(3.83±0.347) mm,该日龄的仔鱼与 15 日龄仔鱼形态基本相似,其最大的差别之处在尾的末端,由图可以看到尾下骨增大了许多,并与尾索呈一定角度(图版 2-9)。

20 日龄仔鱼:全长(4.55±0.328) mm,体色变浅,以棕黄色素为主,在腹腔和臀鳍的基部有少量黑色素;尾下骨后缘与尾索垂直;在水中集群分布于中上层,主要以轮虫为饵,后期已能摄食卤虫无节幼体(图版 2-10)。

2.3.4 后弯曲仔鱼(21~25 日龄)

该阶段历时 5 d,从尾下骨与脊索垂直至各鳍鳍条完全形成。

21 日龄仔鱼:全长(4.67±0.403) mm,该期仔鱼胸鳍鳍条已经相当发达,尾鳍鳍条也开始形成;棕黄色色素基本分布 16~22 肌节的整段,在 16 肌节处体的腹侧出现了臀鳍原基;身体前端体的背侧,出现了背鳍的原基(图版 2-11)。

25 日龄仔鱼:全长(5.16±0.617) mm,仔鱼背鳍外沿逐渐变为弧形,尾鳍呈扇形,背、尾、臀、胸、腹鳍都已出现骨质鳍条;头部被菊花状黑色素细胞;在水中逐渐向底层分布,主要以卤虫无节幼体为饵,个体大小差异明显(图版 2-12)。

2.3.5 稚鱼期(26~30 日龄)

该阶段历时 5 d,从各鳍鳍条形成至全身被鳞。

26 日龄稚鱼:全长(6.94±0.862) mm,刚进入稚鱼期的鱼苗,全身被菊花状黑色素细胞,尾部末端已开始形成鳞片,鱼体颜色较 25 日龄仔鱼更深一些;主要分布在水体的底层(图版 2-13)。

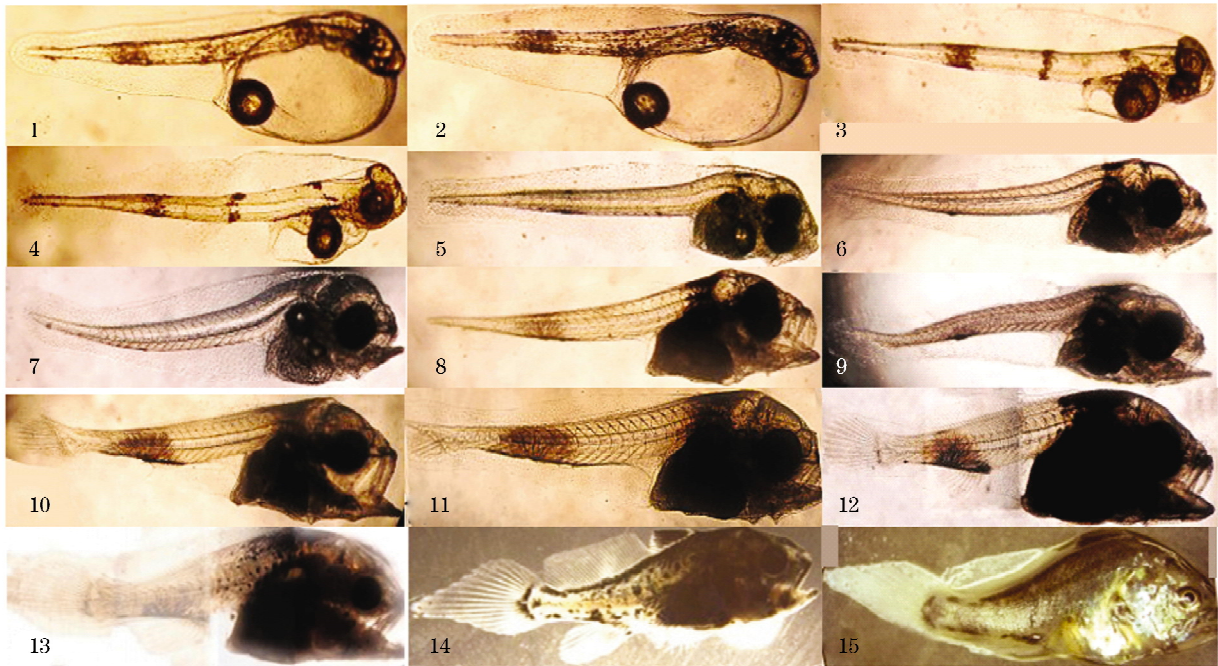
30日龄稚鱼:全长(11.66±2.290) mm,稚鱼各鳍鳍条已发育完全;体色变浅呈淡黄色;体表完全覆被鳞片,但鱼体仍有一定透明性;自相残食的现象严重(图版 2-14)。

2.3.6 幼鱼期(31~49日龄)

31日龄幼鱼:全长(12.47±2.745) mm,大小差异非常明显;体呈淡黄色,腹部桔黄色,鱼体不再透明,体高明显增大,外观上已与成鱼无异;分布在水体中下层,并开始集群活动(图版 2-15)。

33日龄幼鱼:全长(15.55±3.31) mm,个体间差异更大,外形与31日龄幼鱼基本相同。

49日龄幼鱼:全长(60.45±6.49) mm,在紧贴于鳔下可见2条呈透明细丝状的性腺,肉眼不能分辨雌雄;活动能力强,白天幼鱼集体沿着池壁作环游运动,夜晚则均匀分布在水体下层;幼鱼受到惊吓时,会发出“咕咕”的叫声。



图版 2 黄姑鱼仔稚幼鱼发育(×4)

1. 初孵仔鱼, 2. 1日龄仔鱼, 3. 2日龄仔鱼, 4. 3日龄仔鱼, 5. 4日龄仔鱼, 6. 6日龄仔鱼, 7. 7日龄仔鱼, 8. 15日龄仔鱼, 9. 16日龄仔鱼, 10. 20日龄仔鱼, 11. 21日龄仔鱼, 12. 25日龄仔鱼, 13. 26日龄稚鱼, 14. 30日龄稚鱼, 15. 33日龄幼鱼(×1)

Plate 2 Larva and juvenile development of *Nibea albiflora* (×4)

1. Newly hatched larva, 2. Larvae of 1 DAH(day after hatching), 3. Larvae of 2 DAH, 4. Larvae of 3 DAH, 5. Larvae of 4 DAH, 6. Larvae of 6 DAH, 7. Larvae of 7 DAH, 8. Larvae of 15 DAH, 9. Larvae of 16 DAH, 10. Larvae of 20 DAH, 11. Larvae of 21 DAH, 12. Larvae of 25 DAH, 13. Juvenile of 26 DAH, 14. Juvenile of 30 DAH, 15. Young fish of 31 DAH (×1)

2.3.7 仔稚幼鱼的生长变化

采用 Excell 2003 的回归分析模型,得到黄姑鱼早期生长曲线。全长与日龄符合如下模式

$$TL = 0.0008D^3 - 0.0159D^2 + 0.0738D + 2.4212 (R^2 = 0.9942, P < 0.01)$$

其中 TL 为全长(mm), D 为日龄(d)(图 3)。

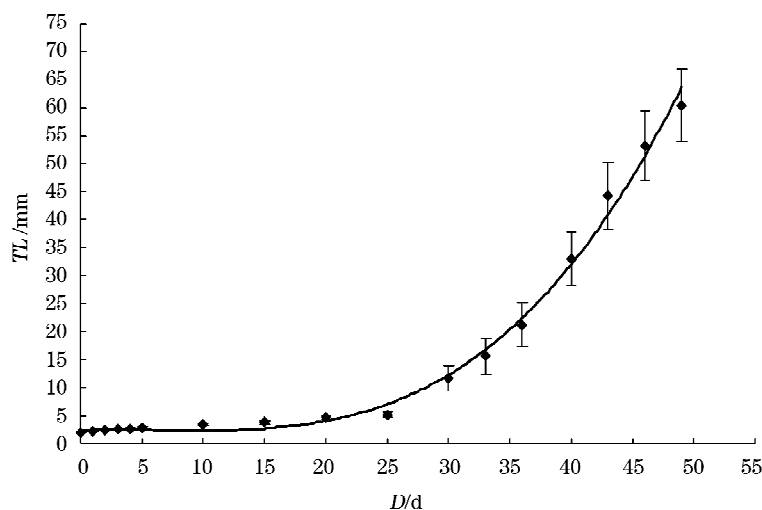


图 1 黄姑鱼早期生长曲线(0~49 日龄)

Fig. 1 The early growth curves of *Nibea albiglora* (0~49 DAH)

3 讨 论

3.1 黄姑鱼属的胚胎发育特征

本研究中,黄姑鱼卵为无色透明的圆球形浮性卵,有 1 个油球,卵径为 (0.89 ± 0.028) mm,平均油球径为 0.25 mm。不同地理分布的黄姑鱼卵径和油球径略有差异,如日本有明海区黄姑鱼的平均卵径为 0.76 mm,平均油球径为 0.17 mm^[3];我国黄海区黄姑鱼的平均卵径为 0.85 mm,平均油球径为 0.23 mm^[2],这可能与长期对生活环境的适应有关。黄姑鱼受精卵在 22 °C 的海水中,经 25 h 孵出^[3];其在 22~22.5 °C 的海水中,经 24 h 15 min 孵出^[7];本研究中,其在水温为 24 °C、S 为 27 的海水中,经 22.5 h 即可孵出,说明在温度偏高的海域,黄姑鱼受精卵的孵化时间较短。

黄姑鱼属的鮟状黄姑鱼^[18]、日本黄姑鱼^[19]、双棘黄姑鱼^[20]的胚胎发育研究均有报道,它们的受精卵均为无色透明的圆球形浮性卵,有单个油球,但卵径、油球径和初孵仔鱼大小却有差别^[21](表 2)。一般而言,同种鱼的卵子在相同温度条件下,卵子的大小对发育速率的影响不显著,而就不同种鱼类而言,所产的卵子越大其发育速率可能越慢^[22]。

表 2 黄姑鱼属 4 种鱼的孵化特征

Table 2 The hatching characteristic of 4 species of *Nibea*

	孵化水温/°C	S	卵径/mm	平均油球径/mm	孵化时间/h	初孵仔鱼全长/mm
鮟状黄姑鱼 ^[18]	20~23	26~30	0.97~1.00	0.26	24.58	2.12
日本黄姑鱼 ^[19]	22~23.5	30~33	0.94	0.28	29	1.87
双棘黄姑鱼 ^[20]	25.9~27.0	26.6	0.83	0.20	19.2	1.88
黄姑鱼(本研究)	24	27	0.89±0.028	0.25	22.5	1.95±0.064

3.2 仔稚幼鱼的分期和发育生长

目前对仔鱼的分期方法主要分为2种^[23],一种是根据卵黄囊变化、体表器官以及营养方式的变化,将胚后发育过程分为早期仔鱼、晚期仔鱼、稚鱼和幼鱼阶段。3日龄黄姑鱼,卵黄囊消失,此阶段为早期仔鱼;26日龄,各鳍条发育完全,此阶段为晚期幼鱼;30日龄,鳞片覆盖全身,此阶段为稚鱼期,随后便进入幼鱼期。另一种方法根据尾椎弯曲情况,将胚后发育过程分为前弯曲期、弯曲期、后弯曲期、稚鱼和幼鱼期。由于第1种划分方法中晚期仔鱼时间过长,为了将发育时期更加详细地分期,本研究采用第2种方法同时结合卵黄囊的吸收、各鳍条的形成、鳞片的形成等形态特征,将黄姑鱼胚后发育过程分为卵黄囊期、前弯曲期、弯曲期、后弯曲期、稚鱼和幼鱼期。

本研究中发现卵黄囊期仔鱼和前弯曲期仔鱼的营养获得方式有所不同。卵黄囊期仔鱼不能获得外源性营养,卵黄囊是1~3日龄仔鱼发育生长的唯一营养来源。4日龄黄姑鱼仔鱼,能开口摄食,但由于消化器官仍不完善,外源性营养并不能满足机体需要,部分营养仍靠油球提供,此阶段为混合营养期。混合营养期在人工育苗中占有重要地位,此阶段开口饵料是影响仔鱼成活率的重要因素。仔鱼进入外源性营养期后,机体消化机能不断完善,对外源性营养的消化吸收不断加强,全长日增长速率也相应增加。当黄姑鱼进入稚鱼期后,黄姑鱼的生长进一步加快,此时应加大投饵量。该研究基本上与厚颌鲂胚后发育的研究^[24]相吻合。

黄姑鱼仔鱼期平均生长速度为0.13 mm/d(25 d),稚鱼期平均生长速度为1.30 mm/d(5 d),幼鱼期前5 d平均生长速度为1.59 mm/d。说明随着日龄的增加,黄姑鱼生长速度加快,特别是在其消化器官基本发育成熟之后,这在其它鱼种的对比研究中也有报道^[25]。因此,为减少黄姑鱼间的自残,应及时分池和投足饵料。

参考文献(References):

- [1] ZHU Y D, LUO Y L, WU H L. A study on the classification of the scienoid fishes of China, with description of new genera and species [M]. Shanghai, Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1963. 朱元鼎, 罗云林, 伍汉霖. 中国石首鱼类分类系统的研究和新属新种的叙述[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1963.
- [2] LEI J L, FAN N C, ZIENG C W. A preliminary observation on the morphological characteristics of embryos, larvae and juveniles of *Nibea albi flora* (Richardson) [J]. Marine Fisheries Research, 1981, 4(2): 77-84. 雷霖霖, 樊宁臣, 郑澄伟. 黄姑鱼(*Nibea albi flora* Richardson) 胚胎及仔、稚鱼形态特征的初步研究[J]. 海洋水产研究, 1981, 4(2): 77-84.
- [3] TAKITA T. Studies on the early life history of *Nibea albi flora* (Richardson) in Ariake Sound [J]. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 1974, 38: 1-55.
- [4] LEI J L, CHIEN C, XU Y K, et al. Study on the technology for factory breeding of *Nibea albi flora* [J]. Marine Sciences, 1992, 11(6): 5-10. 雷霖霖, 陈超, 徐延康, 等. 黄姑鱼工厂化育苗技术研究[J]. 海洋科学, 1992, 11(6): 5-10.
- [5] YU F P, SUN Z, CHENG G B. The embryonic development and pre-larva morphology of *Nibea albi flora* (Richardson) from the inshore waters of Zhoushan [J]. Marine Fisheries, 2005, 27(4): 265-270. 余方平, 孙忠, 程国宝. 舟山近海黄姑鱼胚胎发育及前期仔鱼形态的观察[J]. 海洋渔业, 2005, 27(4): 265-270.
- [6] CHIEN C, XU Y K, LEI J L. A preliminary study on artificial cultivation of *Nibea albi flora* [J]. Fisheries Science, 1989, 8(1): 7-11. 陈超, 徐延康, 雷霖霖. 黄姑鱼人工育苗初步研究[J]. 水产科学, 1989, 8(1): 7-11.
- [7] SUN Z, YU F P, CHENG G B. Study on seed production techniques of *Nibea albi flora* from the inshore water of Zhoushan [J]. Journal of Zhejiang Ocean University, 2005, 24(1): 27-47. 孙忠, 余方平, 程国宝. 舟山近海黄姑鱼室内全人工育苗技术研究[J]. 浙江海洋学院学报, 2005, 24(1): 27-47.
- [8] CAI H C, LIN K X, CHIEN C Z. Study on cage culture technology of *Nibea albi flora* (Richardson) in Nanji Sea Area [J]. Journal of Zhejiang Ocean University, 2001, 20(1): 66-69. 蔡厚才, 林岍璇, 陈传再. 南麂海区黄姑鱼网箱养殖技术研究[J]. 浙江海洋学院学报, 2001, 20(1): 66-69.
- [9] LIU Q L. A study on holding culture technique for fingerling of *Nibea albi flora* (Richardson) in net-cage [J]. Modern Fisheries Information, 2009, 24(1): 20-22. 刘巧灵. 黄姑鱼 *Nibea albi flora* (Richardson) 苗种网箱暂养技术研究[J]. 现代渔业信息, 2009, 24(1): 20-22.
- [10] SHUNPEI K, KAZUO N. On the age and growth of *Nibea albi flora* [J]. Bulletin of the Japanese society of Scientific Fisheries, 1980, 46(2): 139-143.

- [11] TORU T, TAJI S. Age and growth of *Nibea albiflora* (Sciaenidae) distributed in Ariake Sound[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1993, 59(1): 39-44.
- [12] HAN B, WANG Y J, GAO T X. Morphological comparison of three *Nibea albiflora* and a *Miichthys* Populations in Yellow Sea and East China Sea[J]. Marine Fisheries research, 2007, 28(3): 23-30. 韩冰, 王艳君, 高天翔. 黄、东海 3 个黄姑鱼群体和 1 个鲈鱼群体的形态学比较研究[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 23-30.
- [13] WU C W, ZHANG S J, LIU C C. Age and growth of *Nibea albiflora* in the East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2005, 27(3): 193-199. 吴常文, 赵淑江, 胡春春. 东海黄姑鱼年龄与生长的初步研究[J]. 海洋渔业, 2005, 27(3): 193-199.
- [14] MENEZES M R, TANIGUCHI N, SCKI S. Degree of intraspecific genetic divergence and variability in three sciaenid species [J]. Japanese Journal of Ichthyology, 1990, 37(1): 39-48.
- [15] HAN Z Q, GAO T X, WANG Z Y. Analysis of genetic diversity of *Nibea albiflora* by AFLP markers[J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(5): 640-646. 韩志强, 高天翔, 王志勇, 等. 黄姑鱼群体遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 水产学报, 2006, 30(5): 640-646.
- [16] HAN Z Q, GAO T X, HAN B, et al. Genetic structures of *Nibea albiflora* as revealed by isozyme analysis[J]. Progress in Fishery Sciences, 2009, 30(3): 44-48. 韩志强, 高天翔, 韩冰, 等. 黄姑鱼群体遗传结构的同工酶分析[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(3): 44-48.
- [17] SHIOGAKI M, DOUTSU Y. The spawning of sea culpin *Pseudoblennius cottooides*[J]. Bull. Fish. Nagasaki Univ., 1974, 38: 71-76.
- [18] ZHANG R Z, LU H F, ZHAO C X, et al. Fish egg and larva along China Coast[M]. Shanghai, Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1985. 张仁斋, 陆穗芬, 赵传细, 等. 中国近海鱼卵与仔鱼[M]. 上海: 科学技术出版社, 1985.
- [19] WU D X, HONG W S, ZHANG Q Y. Studies on early development of *Nibea miichthioides*[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1998, 17(2): 149-155. 吴鼎勋, 洪万树, 张其永. 鮟鲇黄姑鱼的早期发育研究[J]. 台湾海峡, 1998, 17(2): 149-155.
- [20] SU Y Z, QUAN H F, LI Y P, et al. Preliminary studies on artificial propagation and fry rearing technique on *Nibea japonica*[J]. Marine Sciences, 1994, 13(6): 1-3. 苏跃中, 全汉锋, 李燕平, 等. 日本黄姑鱼人工繁殖及苗种培育技术的初步研究[J]. 海洋科学, 1994, 13(6): 1-3.
- [21] ZHANG Y Z, HU S L, XU S, et al. Study on early development of *Nibea diacanthus*[J]. Journal of Jimei University: Natural Science, 2006, 11(1): 13-17. 张雅芝, 胡石柳, 徐沈, 等. 双棘黄姑鱼的早期发育研究[J]. 集美大学学报: 自然科学版, 2006, 11(1): 13-17.
- [22] YIN M C. Advances and studies on early life history of fish[J]. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(4): 348-358. 殷名称. 鱼类早期生活史研究及其进展[J]. 水产学报, 1991, 15(4): 348-358.
- [23] KENDALL A W J, AHLSTROM E H, et al. Early life history stages of fishes and their characters[C]//Ontogeny and systematic of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1984, 1: 11-22.
- [24] LI W J, WANG J W, TAN D Q, et al. Observation on postembryonic development of *Megalobrama pellegrini*[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(6): 729-736. 李文静, 王剑伟, 谭德清, 等. 厚颌鲂胚后发育观察[J]. 水产学报, 2005, 29(6): 729-736.
- [25] ZHANG Y Z, LIU J C, XIE Y J, et al. Feeding habits and growth characteristics of *Nibea chui* in early developmental stage[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2006, 25(5): 74-79. 张雅芝, 胡家财, 谢仰杰, 等. 浅色黄姑鱼早期发育阶段的摄食习性与生长特性[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(5): 74-79.

Study on Development and Growth of Early Life Stages of *Nibea albiflora* Richardson

GENG Zhi¹, XU Dong-Dong², SHI Hui-Lai², LOU Bao², MAO Guo-Min², LI San-Lei¹

(1. Marine Science College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China; 2. Zhejiang Province

Key Lab of Mariculture and Enhancement, Marine Fishery Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China)

Abstract: In order to study the embryonic development and morphological characteristics of *Nibea albiflora*, the process of embryonic development was continuously observed, described and recorded in the laboratory using microscope and digital video system from June to August, 2010. The results showed that the embryo of *Nibea albiflora* was buoyancy, round and transparent and the diameter of the egg was (0.89 ± 0.028) mm. The oil was at the center of the egg and the diameter of the oil globule was about 0.025 mm. The egg belonged to telolecithal egg and discoidal cleavage. The embryo began to break the membrane after 22 h 30 min post-fertilization at the temperature of 24 °C and the salinity of 27. The embryonic development was divided into 24 stages. In the postembryonic development stage, yolk-sac stage was 1~3 DAH (day after hatching); Larvae of 4 DAH began feeding, and the yolk-sac disappeared, entering pre-flexion stage; Larvae of 6 DAH entered the stage of exogenous nutrients, and the oil globule disappeared; Larvae of 16 DAH formed the caudal fin bone Tam, entering into flexion stage; Larvae of 21 DAH entered post-flexion stage, meanwhile the primordial of Dorsal fin, Anal fin, Pelvic fin formed; The fry of 26 DAH entered juvenile stage, and their bodies were covered with chrysanthemum-like melanin; After 31 DAH, the fry entered young stage, and scales were all around their bodies. The young fish was the same as adult in morphology. At the temperature of 25~27 °C and the salinity of 26~28, the total length correlated significantly with the age of fry. This study indicated that the growth of total length of juvenile had obviously increased, in order to decrease the cannibal rate, we should consider the size heterogeneity and prey availability.

Key words: *Nibea albiflora*; embryonic development; larval and juvenile fish; growth

Received: October 28, 2010