

光唇鱼(*Acrossocheilus fasciatus*)胚胎及仔、稚鱼的发育*

姜建湖¹ 张德明² 竺俊全¹ 雷世勇¹ 张玉明³

(1. 宁波大学 教育部应用海洋生物技术重点实验室 宁波 315211; 2. 浙江省临安市水利水电局 临安 311300; 3. 浙江省新昌县水利局 新昌 312500)

提要 采用干法授精方法获得受精卵,在人工培育条件下观察了光唇鱼胚胎及仔、稚鱼发育过程。结果表明,光唇鱼受精卵呈圆球形,沉性、弱粘性。在水温 23—25℃下,胚胎发育历时 46h 45min,经历了胚盘形成、卵裂、囊胚、原肠胚、神经胚、器官形成和孵化等阶段。在水温 24—27℃下,仔、稚鱼发育历时 22d,初孵仔鱼具有较大的卵黄囊,胸鳍原基及肛门原基形成;4日龄仔鱼开口摄食,进入混合营养期;7日龄仔鱼卵黄囊消失,营外源性营养,体侧8条横斑形成,各鳍均已出现,进入晚期仔鱼阶段;14日龄仔鱼各鳍鳍条发育基本完成;16日龄仔鱼鳞片开始出现,进入稚鱼期;22日龄稚鱼全身被鳞,进入幼鱼期。

关键词 光唇鱼,胚胎,仔鱼,稚鱼,发育

中图分类号 S917

鱼类胚胎及仔、稚鱼发育的形态学是繁育生物学重要研究内容之一,对鱼类胚胎及仔、稚鱼发育特征与发育时序的了解,有助于育苗生产上受精卵孵化及鱼苗培育技术环节的把握,提高孵化率与育苗成活率(陆丽君等,2011)。目前,对淡水鲃亚科经济鱼类胚胎及仔、稚鱼发育的研究较多,已见在光唇鱼属的宽口光唇鱼(*Acrossocheilus monticola*)(严太明等,1999)及云南光唇鱼(*Acrossocheilus yunnanensis*)(唐安华等,1982),突吻鱼属的泰山赤鳞鱼(*Varicorhinus macrolepis*)(陈红菊等,2008)及白甲鱼(*Varicorhinus simus*)(李勇等,2006),倒刺鲃属的中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)(黄洪贵,2009a)、黑脊倒刺鲃(*Spinibarbus caldwelli*)(苏敏等,2002;唐良华等,2006)及倒刺鲃(*Spinibarbus denticulatus*)(易祖盛等,2004;黄洪贵,2009b),鲃属的大鳞鲃(*Barbus capito*)(徐伟等,2011),结鱼属的瓣结鱼(*Tor brevifilis*)(谢恩义等,2002)等种类中研究报道。同为鲃亚科的鱼类,因种间遗传性的不同,胚胎及仔、稚鱼发育特征上存在

差异。

光唇鱼(*Acrossocheilus fasciatus*)系鲃亚科、光唇鱼属的一种,俗称淡水石斑,在浙江、江苏及台湾等地均有分布,生活于山涧溪流或江河中上游的急流环境中;幼鱼体色两性相同,体侧有6条黑色横斑(毛节荣等,1989),具有观赏价值,且肉质细嫩、DHA和EPA含量高,颇受消费者青睐(冀德伟等,2009)。光唇鱼自然条件下喜食底栖藻类及昆虫,养殖条件下喂食配合饲料生长良好,是一种适合在库叉、溪流及河道放养,也适合设施养殖及游钓业开发的经济鱼类。近年来,为了增养殖开发光唇鱼,苗种繁育及其相关生物学研究引起重视,已见人工繁殖(张玉明等,2010)、精子活力(张玉明等,2009)、染色体核型(蒋进等,2009)及营养成分(冀德伟等,2009)等方面的研究报道,但其胚胎及胚后发育尚未见详细报道。本研究在人工培育条件下观察了光唇鱼的胚胎及仔、稚鱼发育过程,旨在了解光唇鱼胚胎及仔、稚鱼发育特征及规律,为人工育苗提供指导。

* 国家星火计划项目,2011GA701001号;宁波市海洋与渔业局项目,20104-10号。姜建湖, E-mail: realjiangjianhu@126.com

通讯作者: 竺俊全, 教授, E-mail: zhujunquan@nbu.edu.cn

收稿日期: 2011-10-12, 收修改稿日期: 2012-01-06

1 材料与方 法

1.1 实验用鱼

实验用鱼为浙江宁波盛龙特种水产养殖场培育的人工繁殖用光唇鱼亲鱼, 雌鱼个体重 100—200g, 雄鱼个体重 100—150g。

1.2 实验方法

1.2.1 采卵、孵化及鱼苗培育 2011 年 7 月, 挑选发情的亲鱼, 用人工干法授精的方法获得受精卵 20000 余粒; 将受精卵均匀撒布于孵化框(大小 60cm×50cm×5cm, 共 5 个)底的筛网(40 目)上, 置于孵化池(大小 2m×2m×0.6m 的水泥池)水体表层, 在水温 23—25℃, 微流水加微充气, 暗光(500 lx 以下)条件下孵育。

仔鱼孵化出膜后, 在水温 24—27℃, 流水加充气, 避直射光(遮光)条件下培育; 仔鱼孵出后第 4 天开始投喂活体枝角类和桡足类; 发育到稚鱼期后, 由投喂枝角类和桡足类逐步过渡到投喂天邦牌甲鱼粉饲料; 仔、稚鱼培育过程中, 随着长大逐渐加大流量及充气量; 经常进行池底吸污, 确保池水环境正常。

受精卵孵化及仔、稚鱼培育用水为洁净的地下水, 符合淡水养殖水质标准(NY 5051)。

1.2.2 胚胎发育观察 从孵化框中定期随机取样 30—50 个/次, 在 Leica 显微镜下对胚胎发育过程进行活体观察, 并用 Canon ixus110 数码相机进行显微拍照。发育期的划分以每次观察胚胎数的 50% 以上表现出某发育期的特征为准。每一发育阶段的部分材料用 5% 甲醛固定, 24h 后用水冲洗, 保存在 70% 酒精中供核查。

1.2.3 仔、稚鱼发育观察及生长测量 从培育池中定期随机取样 30—35 尾/次, 在 Leica 显微镜或 Novel 解剖镜下活体观察仔、稚鱼发育特征, 并进行拍照; 用目微尺测量各发育阶段鱼苗的全长、肛前距、头长、眼径、体高和卵黄囊尺寸, 并记录。

1.2.4 数据处理 仔、稚鱼生长测量数据用 Office Excel 和 SPSS 13.0 软件进行处理, 结果以平均值 ± 标准差($X \pm SD$)表示。仔、稚鱼全长绝对生长率及特殊生长率分别按公式 $AGR_{TL} = (L_{t_2} - L_{t_1}) / (t_2 - t_1)$ 及 $SGR_{TL} = [(\ln L_{t_2} - \ln L_{t_1}) / (t_2 - t_1)] \times 100\%$ 计算, 式中, L_{t_2} 和 L_{t_1} 分别为发育到时间 t_2 和 t_1 时的全长(Hachero *et al.*, 2009)。

2 结果

2.1 胚胎发育

光唇鱼成熟卵及受精卵均呈圆球形、金黄色, 比

重略大于水、沉性。成熟卵卵径(2.45±0.09)mm; 受精卵卵周隙扩大, 卵径达(2.96±0.10)mm, 具弱粘性(图 1: 1)。受精卵在水温 23—25℃ 条件下孵育, 经 46h 45min 孵化出仔鱼。其发育过程经历了以下几个时期。

2.1.1 胚盘形成期 卵子受精后 25min, 细胞质开始向动物极一端流动, 逐渐隆起形成胚盘; 受精后 1h 5min, 胚盘隆起达最高, 高度约为卵径的 1/4(图 1: 2)。

2.1.2 卵裂期 受精后 1h 10min, 胚盘经裂为 2 个等大的分裂球(图 1: 3)。25min 后, 再次经裂, 形成 4 个等大的分裂球(图 1: 4), 此次分裂面与第一次垂直。受精后 2h 05min, 第 3 次分裂, 沿两个经裂面, 形成两排、每排 4 个共 8 个分裂球(图 1: 5)。20min 后第 4 次分裂, 也有两个经裂面, 形成 4 排、每排 4 个共 16 个分裂球(图 1: 6)。受精后 2h 52min, 第 5 次分裂, 有四个经裂面, 形成 4 排、每排 8 个共 32 个分裂球, 排列成长方形(图 1: 7, 8)。13min 后, 继续经裂, 各分裂球分裂速度不甚一致、大小变得不均一(图 1: 9)。受精后 3h 50min, 分裂球越分越小, 界限变得不清楚, 在胚盘处隆起形成多层排列的细胞团, 卵黄囊上出现小圆形凹陷, 此时已进入多细胞期(图 1: 10)。

2.1.3 囊胚期 分裂继续进行, 分裂球变得很小、数目不断增加。受精后 5h 05min, 由许多分裂球组成的囊胚层在卵黄囊上高高隆起, 似高帽状, 高度约为卵黄囊高度的 1/3, 此阶段称为囊胚早期(图 1: 11)。随着发育, 囊胚层逐渐降低, 动植物极连接处较平滑, 卵黄囊上出现较大的圆形凹陷。受精后 6h 50min, 囊胚层高度明显降低, 称为囊胚中期(图 1: 12)。55min 后, 囊胚层变低、变扁, 称为囊胚晚期(图 1: 13)。

2.1.4 原肠期 囊胚层细胞向卵黄囊部分下包、扩展。受精后 10h 30min, 囊胚层细胞下包约 1/3, 胚环形成, 卵黄囊上的圆形凹陷消失, 此为原肠早期(图 1: 14)。囊胚层细胞继续下包, 3h 10min 后下包约 2/3, 在胚环一端明显增厚、隆起, 形成胚盾, 此阶段为原肠中期(图 1: 15)。受精后 16h 15min, 囊胚层细胞下包约 3/4, 胚盾伸长变细, 胚孔形成, 此为原肠晚期(图 1: 16)。

2.1.5 神经胚期 受精后 17h 05min, 胚胎神经板锥形出现, 胚盾延长, 囊胚层细胞几乎完全下包, 仅外露微小的卵黄栓(图 1: 17)。1h 25min 后, 胚孔封闭, 略成弧形的胚体位于背面, 卵黄囊位于腹面(图 1: 18)。

2.1.6 器官发生形成期 受精后 19h 30min, 胚体

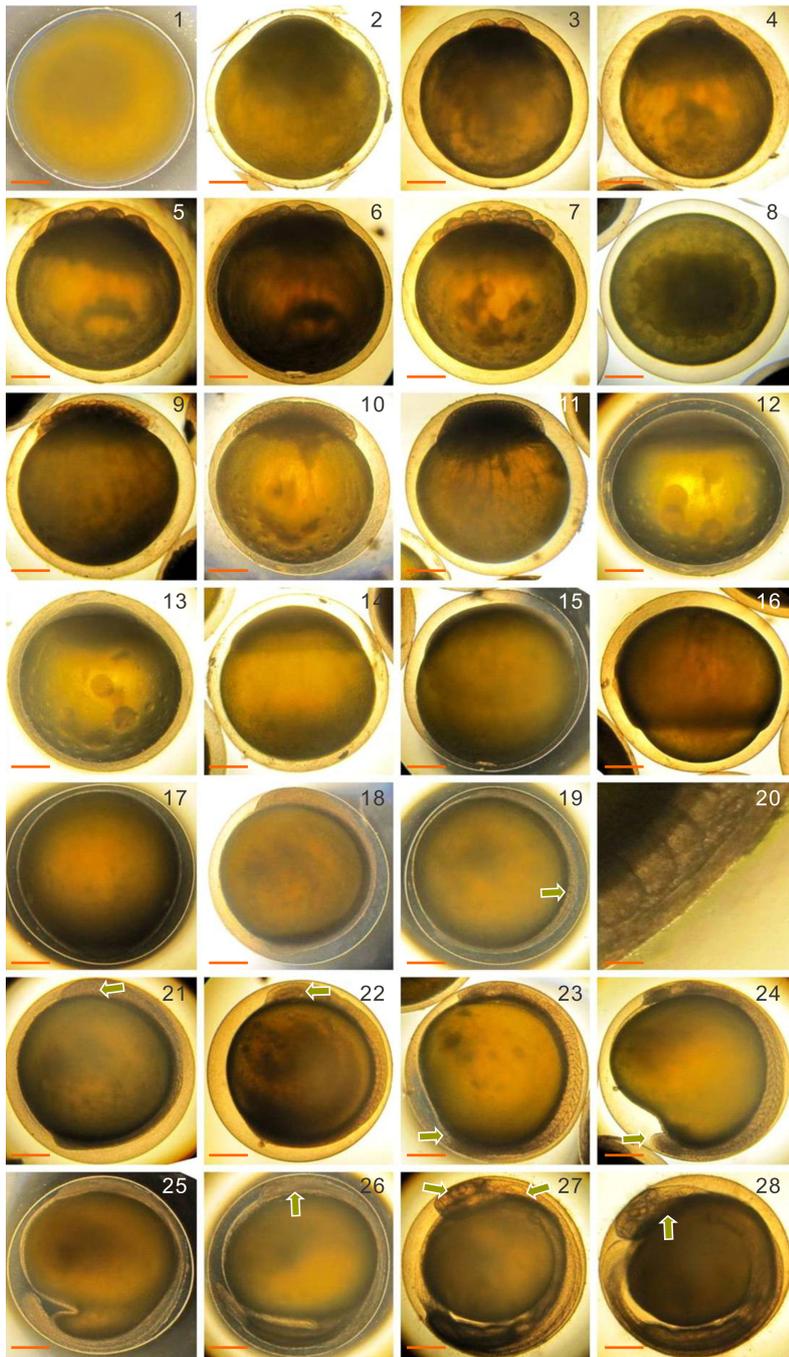


图 1 光唇鱼胚胎发育

Fig.1 Embryonic development of *A. fasciatus*

1. 受精卵, 顶面观。2. 胚盘期。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, 侧面观。8. 32 细胞期, 顶面观。9. 64 细胞期。10. 多细胞期。11. 囊胚早期。12. 囊胚中期。13. 囊胚晚期。14. 原肠早期。15. 原肠中期。16. 原肠晚期。17. 神经胚期。18. 胚孔封闭期。19. 肌节出现期, 箭头示肌节。20. 图 19 肌节放大。21. 眼基期, 箭头示眼原基。22. 眼囊期, 箭头示眼囊。23. 尾芽期, 箭头示尾芽。24. 尾鳍褶出现期, 箭头示尾鳍褶。25. 肌肉效应期。26. 心脏原基期, 箭头示心脏原基。27. 眼晶体形成与耳石出现期, 左箭头示眼晶体, 右箭头示耳石。28. 心跳期, 箭头示心脏。标尺长度: 图 20 为 120 μ m, 其余各小图为 600 μ m

包绕卵黄囊约 3/4, 中部出现 4—6 对“(”形肌节(图 1: 19, 20)。1h 05min 后, 在头部两侧出现长椭圆形的眼原基(图 1: 21)。之后眼基中部下凹, 形成眼囊(图 1: 22)。受精后 24h 40min, 胚体尾部出现芽状突起, 即为尾芽, 且肌节数量增加, 其形状由“(”形变为“<”形(图 1: 23); 在脑后部两侧, 出现耳囊。随着尾芽伸长, 其边缘外突形成尾鳍褶(图 1: 24)。卵黄囊后端出现凹陷, 随着胚胎发育, 凹陷逐渐加深。受精后 29h 05min, 胚体开始微弱的肌肉收缩, 无节律性, 此阶段为肌肉效应期(图 1: 25)。约 4h 后, 在眼囊与耳囊之间的下方, 紧贴卵黄囊背面处出现心脏原基, 胚胎不时转动(图 1: 26)。受精后 38h 50min, 眼囊变为圆形, 内部出现晶体, 耳囊中可见两粒耳石, 胚体扭动频繁, 卵黄前半部分呈圆球形, 后半部分呈棒状, 此阶段称为眼晶体形成与耳石出现期(图 1: 27)。3h 45min 后, 心脏开始搏动, 达 25—33 次/min。胚体包绕于卵黄囊上, 前端略突出(图 1: 28)。

2.1.7 孵化期 受精后 46h 45min 进入孵化期, 胚胎在膜内剧烈翻滚扭动, 多数个体以尾部先出膜, 少数个体以头部先出膜。共获初孵仔鱼数 16000 余尾, 孵化率约为 80%。

2.2 仔、稚鱼发育

在水温 24—27 $^{\circ}$ C 下, 光唇鱼仔、稚鱼发育历时约 22d。仔鱼期分为卵黄囊期仔鱼及晚期仔鱼, 卵黄囊期仔鱼是从初孵化到卵黄囊被完全吸收, 历时约 7d; 晚期仔鱼从卵黄囊完全吸收至各鳍鳍条发育完整, 历时约 9d; 稚鱼期则从鳞片开始形成至全身被鳞, 历时约 6d。

2.2.1 卵黄囊期仔鱼 初孵仔鱼, 全长(7.61 \pm 0.26)mm, 肌节 34 对, 头部前端及尾部与卵黄囊分离, 其余部分紧贴在卵黄囊上; 卵黄囊前半部分呈椭圆形, 大小(2.69 \pm 0.24) \times (1.92 \pm 0.18)mm, 后半部分呈两端渐小的棒状, 大小(2.32 \pm 0.23) \times (0.94 \pm 0.11)mm; 胸鳍原基及肛门原基形成, 尾椎骨上翘; 背腹缘鳍褶发

达; 心脏位于卵黄囊前方, 由心房、心室和静脉窦组成, 内部血液流动明显, 心跳约 180 次/min(图 2: 1, 1a, 1b); 仔鱼活动能力较弱, 静卧于孵化框底部, 偶尔短暂窜动。

孵后 8h 的仔鱼, 卵黄囊体积减小, 前部为椭圆形, 后部呈棒状; 耳囊中耳石上方出现 3 对透明圆环, 为形成半规管的基础; 眼后下方可见 5 对鳃弧, 其内血液流动明显(图 2: 2, 2a, 2b)。

孵后 16h 的仔鱼, 眼内黑色素开始沉积, 耳囊中 3 对半规管明显可见; 鳃盖形成, 透过鳃盖可见 5 对鳃弧两侧的短突状鳃片及鳃耙; 口裂形成, 口与鳃盖有节律地闭合(图 2: 3, 3a, 3b)。

孵后 36h 的仔鱼, 卵黄囊缩小, 前后部粗细趋于均匀; 胸鳍呈扇型, 可见鳍条; 口裂加深; 眼内布满黑色素, 卵黄囊上方近肌节处两侧出现枝状黑色素(图 2: 4, 4a, 4b)。仔鱼仍静卧于孵化框底部, 偶尔游动, 对直射光有回避行为, 表现为负趋光性。

孵后 48h 仔鱼, 全长达 (10.08 ± 0.32) mm, 卵黄囊呈棒状, 前后粗细几近相同, 其上的枝状黑色素增多, 排列更为密集; 耳囊中两粒耳石前小后大; 肠道开始形成(图 2: 5, 5a, 5b)。

孵后 60h 的仔鱼, 卵黄囊从前向后渐变细, 其上的枝状黑色素增多; 在眼上方、鳃盖后缘及尾椎骨稍前处体侧出现零星黑色素, 以后黑色素进一步增多形成第 1、第 2、第 8 横斑雏形; 背鳍褶前部稍隆起, 尾鳍褶开始分化, 其下叶开始出现放射状鳍条(图 2: 6, 6a, 6b)。

孵后 84h 的仔鱼, 卵黄囊上黑色素继续增多, 肌节 37 对, 在第 10—12、24—26 对肌节处的体侧, 由黑色素聚集形成第 4、第 6 横斑雏形; 背鳍褶前部高高隆起, 形成背鳍原基; 尾鳍放射状鳍条增多, 达 15—17 根(图 2: 7, 7a, 7b)。

孵后 96h 的仔鱼, 卵黄囊体积进一

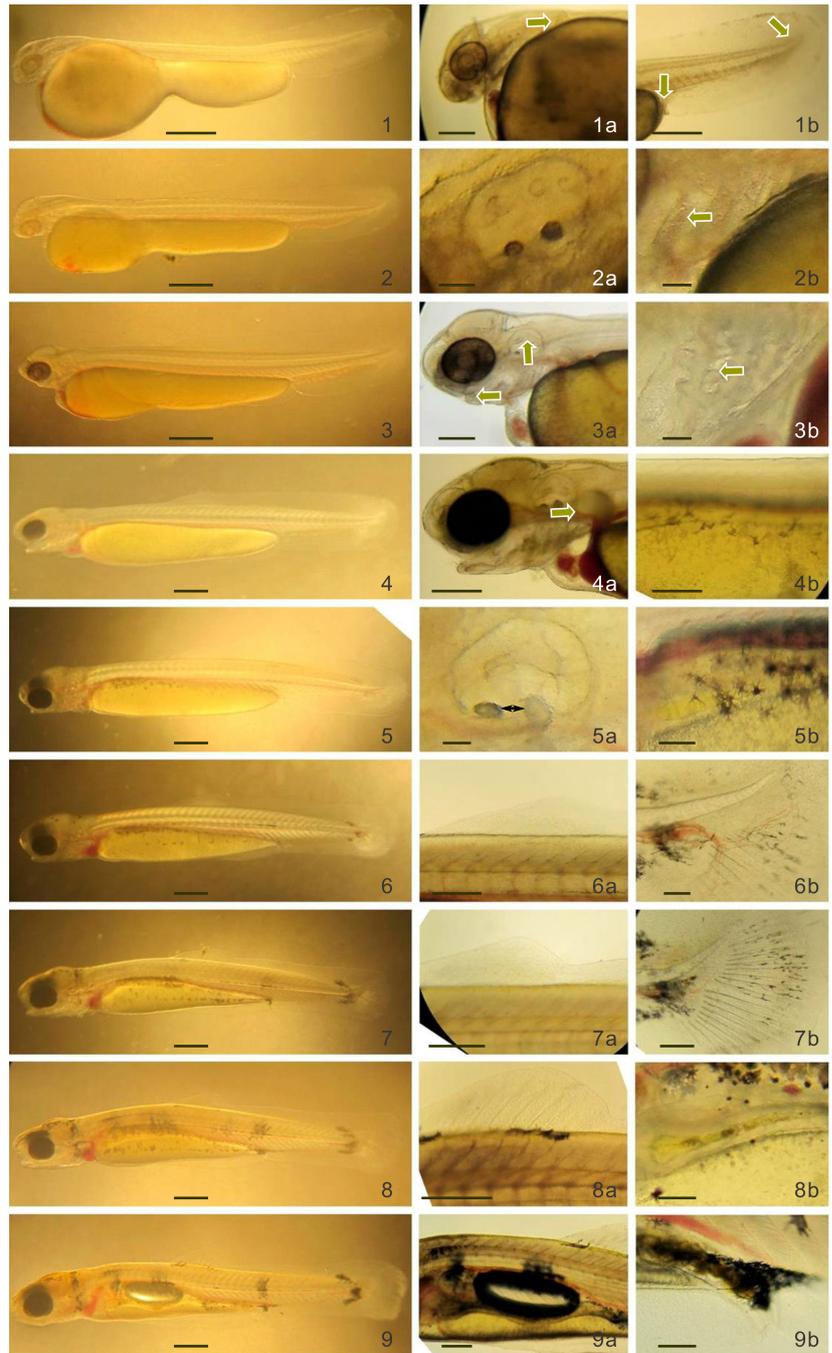


图 2 光唇鱼仔鱼发育

Fig.2 Larval development of *A. fasciatus*

1. 初孵仔鱼, 1a. 箭头示胸鳍原基, 1b. 左箭头示肛门原基, 右箭头示尾椎骨。
2. 孵后 8h 仔鱼, 2a. 示耳囊, 2b. 箭头示鳃弧。
3. 孵后 16h 仔鱼, 3a. 左箭头示口裂, 右箭头示半规管, 3b. 箭头示鳃弧。
4. 孵后 36h 仔鱼, 4a. 箭头示胸鳍, 4b. 示枝状黑色素。
5. 孵后 48h 仔鱼, 5a. 箭头示耳石, 5b. 示肠道。
6. 孵后 60h 仔鱼, 6a. 示隆起的背鳍褶, 6b. 示尾鳍鳍条。
7. 孵后 84h 仔鱼, 7a. 示背鳍原基, 7b. 示尾鳍鳍条。
8. 孵后 96h 仔鱼, 8a. 示背鳍鳍条, 8b. 示肠道。
9. 孵后 108h 仔鱼, 9a. 示鳃 1 室, 9b. 示肠道中的食物。标尺长度: 1—9 为 1mm; 1a、1b、3a、4a、4b、6a、7a、8a、9a 为 500 μ m; 5b、6b、7b、8b、9b 为 200 μ m; 2a、2b、3b、5a 为 100 μ m

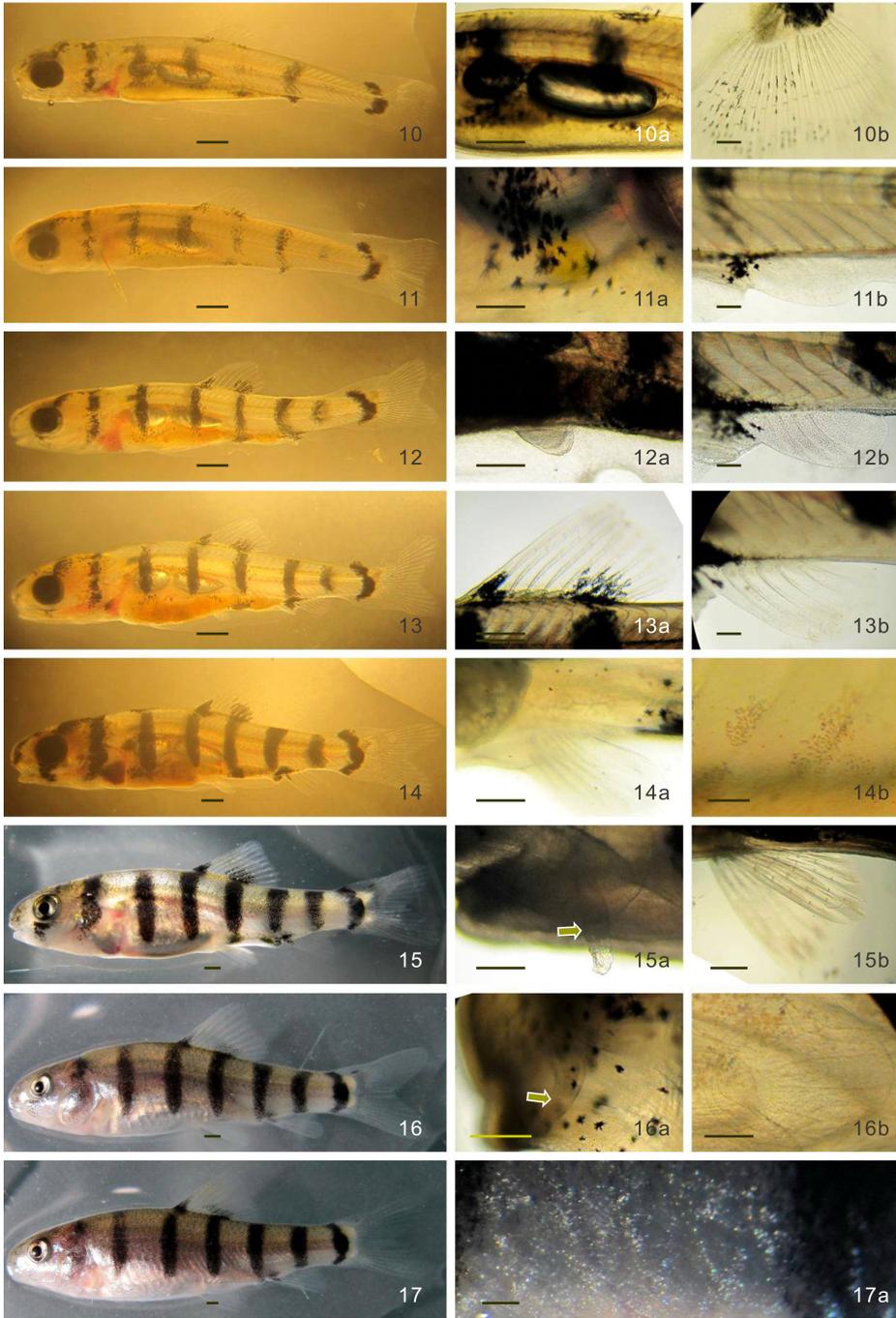


图3 光唇鱼仔、稚鱼发育

Fig.3 Larval and juvenile development of *A. fasciatus*

10. 5日龄仔鱼, 10a. 示鳔2室, 10b. 示尾鳍鳍条。11. 6日龄仔鱼, 11a. 箭头示胆囊, 11b. 示臀鳍原基。12. 7日龄仔鱼, 12a. 示腹鳍鳍条, 12b. 示臀鳍鳍条。13. 8日龄仔鱼, 13a. 示背鳍鳍条, 13b. 示臀鳍鳍条。14. 10日龄仔鱼, 14a. 示腹鳍鳍条, 14b. 示点状色素。15. 14日龄仔鱼, 15a. 箭头示颌须, 15b. 示腹鳍鳍条。16. 16日龄仔鱼, 16a. 箭头示吻须, 16b. 示鳞片。17. 22日龄稚鱼, 17a. 示鳞片。标尺长度: 10—17为1mm; 10a、13a、15b为500 μ m; 12a、17a为300 μ m; 10b、11a、11b、12b、13b、14a、15a、16a为200 μ m; 14b、16b为100 μ m

步缩小, 在第4—5对肌节处的体侧, 出现第3横斑雏形; 背鳍开始出现鳍条, 消化道前端膨大, 形成食道;

口、肠道、肛门已连通(图2: 8, 8a, 8b); 多数仔鱼能平游、出孵化框, 开始摄食饵料, 进入混合营养期。

孵后108h的仔鱼, 卵黄囊已变得较小; 鳔已经形成, 仅1室, 椭圆形; 肠道内可见食物(图2: 9, 9a, 9b)。

5日龄仔鱼, 卵黄囊呈两端稍尖的细棒状, 在第17—19对肌节处的体侧出现第5横斑雏形; 鳔分离成前后2室, 前室小、后室大; 尾鳍鳍条数增至19根(图3: 10, 10a, 10b)。

6日龄仔鱼仅残留少许卵黄囊, 在第29—31对肌节处的体侧, 第7横斑雏形出现; 在鳔前室下方可见黄绿色胆囊已经形成; 仔鱼背鳍鳍条数增至7—8根, 肛门后方腹鳍褶隆起形成臀鳍原基, 尾鳍开始分叉(图3: 11, 11a, 11b)。

2.2.2 晚期仔鱼 7日龄仔鱼, 卵黄囊消失, 营外源性营养, 肠道内充满食物; 背鳍基部及肠道处均有枝状黑色素分布, 8条横斑基本形成, 分别位于: 眼上下方、鳃盖后缘、4—5、10—12、17—19、24—26、29—31及33—37对肌节处; 背鳍至尾鳍及臀鳍至尾鳍间的鳍褶消失, 臀鳍前端的鳍褶尚存; 腹鳍原基形成, 臀鳍鳍条出现(图3: 12, 12a, 12b)。仔鱼大多在水体中下层活动, 池壁四周分布较多。

8日龄仔鱼, 全长达(14.19 \pm 0.40)mm; 背鳍鳍条数增至10根, 分节明显; 臀鳍鳍条数增至6根, 尚未见分节(图3: 13, 13a, 13b)。

10日龄仔鱼,在体中部两侧出现1条枝状黑色素组成的纵带锥形;在鱼体尾柄处,出现许多浅黄色的点状色素细胞,密集分布于肌节附近;腹鳍6根鳍条形成(图3:14,14a,14b)。

14日龄仔鱼,鱼体开始渐不透明,颌须1对形成,长(0.49±0.05)mm;腹鳍鳍条分节分枝,所有鳍褶完全消失(图3:15,15a,15b),至此各鳍发育基本完成。

2.2.3 稚鱼 16日龄仔鱼,全长达(25.25±1.72)mm,鱼体不透明,腹部银白色,吻须1对形成,长(0.30±0.04)mm;在体中线下、腹鳍之后的体侧开始出现鳞片,各鳍鳍条完全形成(图3:16,16a,16b),进入稚鱼期。从初孵仔鱼发育到稚鱼,共约死亡780

尾,成活率约为95.1%。

22日龄稚鱼,全长达(29.75±1.82)mm,全身被鳞,解剖镜下观察呈银白色,外形特征与成鱼基本相似(图3:17,17a)。此后,进入幼鱼发育阶段。

2.3 仔、稚鱼生长

光唇鱼仔、稚鱼各发育阶段的生长指标测量结果见表1。统计分析表明,全长和日龄呈极显著线性相关(图4),其方程为 $TL = 0.9945D + 7.4714$ ($R^2 = 0.9866$)。整个仔、稚鱼发育阶段的 AGR_{TL} 为1.01mm/d,与统计分析的理论值基本一致, SGR_{TL} 为6.20%/d。其中, AGR_{TL} 在晚期仔鱼阶段最高,达1.31mm/d; SGR_{TL} 在卵黄囊期仔鱼阶段最大,达8.14%/d(表2)。

表1 光唇鱼仔稚鱼发育过程的形态测量

Tab.1 Morphological measure of larval and juvenile development of *A. fasciatus*

发育阶段	孵出时间	全长(mm)	肛前距(mm)	头长(mm)	眼径(mm)	体高(mm)	图号
卵黄囊期仔鱼	0h	7.61±0.26	5.60±0.31	—	0.44±0.03	—	2-1, 1a, 1b
	8h	8.48±0.48	6.07±0.31	—	0.53±0.06	—	2-2, 2a, 2b
	16h	9.06±0.41	6.57±0.14	1.17±0.02	0.55±0.02	—	2-3, 3a, 3b
	36h	9.71±0.07	6.78±0.17	1.65±0.05	0.62±0.04	—	2-4, 4a, 4b
	48h	10.08±0.32	6.97±0.43	1.70±0.03	0.65±0.04	—	2-5, 5a, 5b
	60h	10.41±0.01	7.09±0.16	1.75±0.14	0.71±0.05	—	2-6, 6a, 6b
	84h	10.96±0.28	7.32±0.28	2.06±0.20	0.79±0.01	—	2-7, 7a, 7b
	96h	11.19±0.06	7.43±0.17	2.10±0.14	0.82±0.03	1.66±0.05	2-8, 8a, 8b
	108h	11.43±0.22	7.61±0.21	2.16±0.08	0.84±0.03	1.74±0.16	2-9, 9a, 9b
	5d	11.72±0.41	7.84±0.28	2.37±0.12	0.87±0.01	1.81±0.13	3-10, 10a, 10b
晚期仔鱼	6d	12.44±0.40	8.42±0.31	2.52±0.22	0.90±0.03	1.92±0.04	3-11, 11a, 11b
	7d	13.45±0.14	9.10±0.28	3.08±0.11	0.99±0.01	2.23±0.17	3-12, 12a, 12b
	8d	14.19±0.40	9.47±0.04	3.37±0.03	1.04±0.04	2.49±0.19	3-13, 13a, 13b
	10d	16.80±0.08	10.50±0.19	3.96±0.21	1.20±0.13	3.03±0.24	3-14, 14a, 14b
稚鱼	14d	20.89±0.25	12.65±0.19	5.39±0.09	1.40±0.03	4.15±0.19	3-15, 15a, 15b
	16d	25.25±1.72	15.42±0.74	5.62±0.18	1.60±0.02	5.03±0.25	3-16, 16a, 16b
	22d	29.75±1.82	17.97±1.02	6.58±0.19	1.93±0.02	6.99±0.09	3-17, 17a, 17b

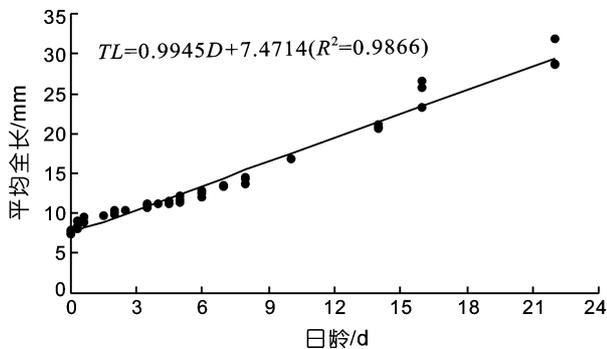


图4 光唇鱼仔、稚鱼的生长

Fig.4 Growth of larva and juvenile of *A. fasciatus*

表2 光唇鱼仔、稚鱼各发育阶段的生长率

Tab.2 Growth rate of different stages of larva and juvenile of *A. fasciatus*

发育阶段	经历天数(d)	全长绝对生长率(mm/d)	全长特殊生长率(%/d)
卵黄囊期仔鱼	7	0.83	8.14
晚期仔鱼	9	1.31	7.00
稚鱼	6	0.75	2.73
仔、稚鱼期	22	1.01	6.20

3 讨论

3.1 卵的特性

卵径是影响鱼类早期发育的主要内在因素之一,

仔鱼建立初次摄食和卵黄囊耗尽的时间与卵径大小呈正相关(Knutsen *et al.*, 1985)。光唇鱼成熟卵卵径达(2.45±0.09)mm, 较同亚科的宽口光唇鱼(严太明等, 1999)、云南光唇鱼(唐安华等, 1982)、泰山赤鳞鱼(陈红菊等, 2008)、白甲鱼(李勇等, 2006)、中华倒刺鲃(黄洪贵, 2009a)、黑脊倒刺鲃(苏敏等, 2002)、大鳞鲃(徐伟等, 2011)及瓣结鱼(谢恩义等, 2002)的卵径要大。卵大能延长仔鱼发育从内源转向外源营养的时间, 从而有利于仔鱼建立初次摄食, 提高存活率(叶富良等, 2002)。本研究的光唇鱼仔鱼期成活率较高, 可能与其卵较大相关。

光唇鱼一般在石砾底质的溪流中产卵, 卵及受精卵沉性、具弱粘性, 说明是属石砾产卵类型的鱼类。本研究采用仿生态-孵化框、微流水方法孵育受精卵, 在框底(筛网)铺薄层砂砾, 然后将受精卵撒布其上, 使其均匀分散, 取得了较高孵化率。

光唇鱼卵受精后卵周隙增大, 卵膜富有弹性与通透性, 能保护受精卵免受机械性损伤; 受精卵卵径较大, 扩大了与水环境接触的表面积, 有利于从水中吸收氧气, 确保胚胎发育的氧气供给。

3.2 胚胎发育特点

观察表明, 光唇鱼胚胎发育过程与同亚科的其它鱼类基本相似, 但也存在一些差异: (1) 光唇鱼在多细胞期开始出现卵黄波动, 在卵黄表面形成大小不一、分布不均的圆形凹陷, 这种现象的出现时期与泰山赤鳞鱼(陈红菊等, 2008)相同, 较白甲鱼(李勇等, 2006)及瓣结鱼(谢恩义等, 2002)早; (2) 在器官分化阶段, 光唇鱼与倒刺鲃(易祖盛等, 2004)及瓣结鱼(谢恩义等, 2002)相似, 未出现克氏囊(尾泡), 而在宽口光唇鱼(严太明等, 1999)及云南光唇鱼(唐安华等, 1982)中有该器官的形成; (3) 眼晶体的出现, 宽口光唇鱼(严太明等, 1999)、云南光唇鱼(唐安华等, 1982)、白甲鱼(李勇等, 2006)、中华倒刺鲃(黄洪贵, 2009a)、大鳞鲃(徐伟等, 2011)、倒刺鲃(易祖盛等, 2004)及瓣结鱼(谢恩义等, 2002)等鱼类均位于肌肉效应期之前, 而光唇鱼则相对较迟, 出现在心脏原基期之后, 眼晶体形成时耳囊中已见两粒耳石, 这与泰山赤鳞鱼(陈红菊等, 2008)和黑脊倒刺鲃(苏敏等, 2002)相似。因眼晶体与耳石出现很难区分先后, 故认为将其定为眼晶体形成与耳石出现期为宜。

3.3 仔、稚鱼发育特点

在鱼类早期生活阶段, 被捕食和饥饿是影响其死亡和资源补充的主要因素(Iguchi *et al.*, 1999; Para-

dis *et al.*, 1996), 仔、稚鱼能否成功逃离、躲避捕食者及获得足够的食物是提高其存活率的决定因素。光唇鱼产卵于水流湍急、水质清澈、石砾底质的环境中, 捕食者相对较少, 且石砾缝隙等可为其提供避难之所。因而, 食物可能是决定其仔、稚鱼存活率的关键因素。为此, 在长期进化中, 光唇鱼仔鱼形成了相应的生活策略来适应生存环境。其一, 充足的内源性营养储备。光唇鱼初孵仔鱼的卵黄囊较厚颌鲂(*Megalobrama pellegrini*)(李文静等, 2005)及太湖翘嘴红鲌(*Erythroculter ilishaeformis*)(顾志敏等, 2008)等鲤科鱼类要大, 比同亚科的倒刺鲃(黄洪贵, 2009b)也大一些; 卵黄囊期仔鱼历时 7d, 约占仔、稚鱼发育期的 1/3 时间, 这对光唇鱼仔鱼建立初次摄食是极为有利的。其二, 快速的器官建成。与鲃亚科的其它鱼类相似, 在卵黄囊消失时, 光唇鱼的视觉、呼吸、摄食及消化器官已基本形成, 但运动器官的发育(鳍的形成)则要快于同亚科的云南光唇鱼(唐安华等, 1982)、中华倒刺鲃(黄洪贵, 2009a)、黑脊倒刺鲃(唐良华等, 2006)、倒刺鲃(黄洪贵, 2009b)及瓣结鱼(谢恩义等, 2002)。正因这些功能器官的快速发育, 使仔鱼在短时间内具备了摄食能力, 生存能力大大提高。在人工育苗中, 应投喂优质的开口饵料, 以保证各功能器官的均衡发育。

光唇鱼仔、稚鱼发育另一个重要特征为体表两侧出现 8 条由黑色素组成的条状色素带、即横斑。观察发现, 光唇鱼第 1、第 2 及第 8 横斑率先形成, 之后第 4 和第 6 横斑才开始出现, 最后逐一形成第 3、第 5 和第 7 横斑, 基本遵循“先两边后中间”的形成规律。据研究, 石鲷科的条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*)(柳学周等, 2008)体侧 7 条色素带的形成基本遵循“先中间后两边”的规律, 与光唇鱼色素带形成顺序不同。光唇鱼幼鱼发育阶段前两条横斑逐渐退化, 仅剩 6 条(毛节荣等, 1989)。

参 考 文 献

- 毛节荣, 徐寿山, 郑国生等, 2002. 浙江动物志(淡水鱼类). 杭州: 浙江科学技术出版社, 98—107
- 叶富良, 张健东, 2002. 鱼类生态学. 广州: 广东高等教育出版社, 95—97
- 严太明, 何学福, 贺吉胜, 1999. 宽口光唇鱼胚胎发育的研究. 水生生物学报, 23(6): 636—640
- 苏敏, 林丹军, 尤永隆, 2002. 黑脊倒刺鲃胚胎发育的观察. 福建师范大学学报, 18(2): 80—84
- 李勇, 张耀光, 谢碧文等, 2006. 白甲鱼胚胎和胚后发育的初步观察. 西南师范大学学报: 自然科学版, 31(5): 142—147
- 李文静, 王剑伟, 谭德清等, 2005. 厚颌鲂胚后发育观察. 水

- 产学报, 29(6): 729—736
- 张玉明, 闫家强, 姜建湖, 2009. 光唇鱼精子的活力观察. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 28(4): 393—397
- 张玉明, 姜建湖, 2010. 光唇鱼人工繁殖研究. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 29(3): 211—214
- 陆丽君, 陈超, 马爱军等, 2011. 云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)早期发育阶段的摄食与生长特性. 海洋与湖沼, 42(6): 822—829
- 陈红菊, 姜运良, 宋憬愚等, 2008. 泰山赤鳞鱼胚胎发育的研究. 水生生物学报, 32(6): 926—933
- 易祖盛, 陈湘霖, 王春等, 2004. 倒刺鲃胚胎发育的研究. 中国水产科学, 11(1): 65—69
- 柳学周, 徐永江, 王妍妍等, 2008. 条石鲷的早期生长发育特征. 动物学报, 54(2): 332—341
- 顾志敏, 朱俊杰, 贾永义等, 2008. 太湖翘嘴红鲌胚胎发育及胚后发育观察. 中国水产科学, 15(2): 204—214
- 徐伟, 耿龙武, 李池陶等, 2011. 大鳞鲃的人工繁殖、胚胎发育和耐盐碱测定. 水产学报, 35(2): 255—260
- 唐安华, 何学福, 1982. 云南光唇鱼的胚胎和胚后发育的初步观察. 西南师范学院学报, (1): 90—99
- 唐良华, 苏敏, 尤永隆等, 2006. 黑脊倒刺鲃仔、稚、幼鱼的生长发育研究. 淡水渔业, 36(1): 46—49
- 黄洪贵, 2009a. 中华倒刺鲃胚胎与仔鱼发育的观察. 江西农业大学学报, 31(6): 1087—1092
- 黄洪贵, 2009b. 倒刺鲃仔稚鱼发育的观察. 上海海洋大学学报, 18(5): 565—560
- 蒋进, 李明云, 吴尔苗, 2009. 光唇鱼染色体核型分析. 淡水渔业, 39(3): 77—79
- 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
- 冀德伟, 李明云, 史雨红等, 2009. 光唇鱼的肌肉营养组成与评价. 营养学报, 31(3): 298—303
- Hachero C I, Ortiz D J B, Borrega B *et al*, 2009. Larval organogenesis of flatfish brill *Scophthalmus rhombus* L: Histological and histochemical aspects. Aquaculture, 286(1—2): 138—149
- Iguchi K, Mizuno N, 1999. Early starvation limits survival in amphidromous fishes. Journal of Fish Biology, 54(4): 705—712
- Knutsen G M, Tilseth S, 1985. Growth, development, and feeding success of Atlantic cod larvae *gadus morhua* related to egg size. Transactions of the American Fisheries Society, 114(4): 507—511
- Paradis A R, Pepin P, Brown J A, 1996. Vulnerability of fish eggs and larvae to predation: review of the influence of the relative size of prey and predator. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53(6): 1226—1235

THE DEVELOPMENT OF EMBRYO, LARVA AND JUVENILE OF *ACROSSOCHEILUS FASCIATUS*

JIANG Jian-Hu¹, ZHANG De-Ming², ZHU Jun-Quan¹, LEI Shi-Yong¹, ZHANG Yu-Ming³

(1. Key Laboratory of Applied Marine Biotechnology, Ministry of Education, Ningbo University, Ningbo, 315211; 2. Linan Bureau of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Linan, 311300; 3. Xinchang Bureau of Water Conservancy, Xinchang, 312500)

Abstract The potential economic fish *Acrossocheilus fasciatus* has obvious advances for studies on the development of embryo, larva and juvenile. As far as we know, the development of this species remains unknown. In our current work, we aim to reveal how the embryonic, larval and juvenile development via artificial insemination in *A. fasciatus*. The results show that the fertilized egg of *A. fasciatus* is in shape of spherical, featured by sinking and slight-adhesive. When the temperature is 23—25°C, the duration of hatching lasts 46h 45min. The process of embryonic development undergoes the following 7 stages: blastoderm, cleavage, blastula, gastrula, neurula, organogenesis and hatching. When the temperature is 24—27°C, the duration of larval and juvenile development lasts 22 days. The newly hatched larvae have big yolk sac and the rudiment of pectoral fin and anus are formed at this stage. With the decreasing of yolk sac, the larvae begin to ingestion and transform to mixed feeding stage at 4 DAH (day after hatching). 3 days later, the yolk sac of larvae exhaust absolutely and enter into the exogenous feeding stage, meanwhile eight pigment strips and fins are all formed. Since then the larval development steps to the late larvae stage. As the larvae grow to the 14 DAH, most fin rays are formed integrity. The formation of scales starts from the 16 DAH and entirely complete at the 22 DAH. From now on, the ontogeny of *A. fasciatus* gets to the fingerling stage.

Key words *Acrossocheilus fasciatus*, Embryo, Larva, Juvenile, Development