

长江口纹缟虾虎鱼胚胎发育及早期仔鱼生长与盐度的关系

冯广朋^{1,2} 庄平^{1,2,3} 章龙珍^{1,2,3} 刘鉴毅¹ 赵优^{1,3} 陈丽慧^{1,3} 屈亮^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所,农业部海洋与河口渔业重点开放实验室,上海 200090;

2. 上海海洋大学水产与生命学院,上海 201316; 3. 大连水产学院生命科学与技术学院,大连 116023)

摘要:研究了长江口纹缟虾虎鱼 (*Tridentiger trigonocephalus*) 胚胎发育及早期仔鱼生长与盐度的相关性。纹缟虾虎鱼胚胎发育时,盐度 4 与 6 试验组效果较好,受精率分别达 (76.28 ± 2.73)% 与 (74.63 ± 5.49)%,孵化率分别达 (66.95 ± 2.99)% 与 (62.15 ± 2.18)%,出膜时间分别为 (228.8 ± 5.9) h 与 (221.5 ± 5.2) h,器官发育特征较明显,畸形率较低。纹缟虾虎鱼仔鱼发育时,初孵仔鱼全长 (2.534 ± 0.078) mm,卵黄囊长径 (0.421 ± 0.047) mm,短径 (0.369 ± 0.038) mm,5 日龄时卵黄囊基本消失,初步形成消化器官、循环器官和运动器官等。盐度 8 与 10 水体孵育的仔鱼畸形率达 5%—20%,其他试验组略低。盐度 4 与 6 试验组仔鱼的器官发育速度快于其他 3 个试验组。盐度 0—6 试验组纹缟虾虎鱼仔鱼生存活力指数 (SAI) 为 41.83—46.83,仔鱼活力较好,而盐度 8—10 试验组 SAI 值为 23.43—29.13,活力较差。综合各项指标表明,在盐度 0—10 范围内,长江口纹缟虾虎鱼胚胎发育的适宜盐度为 4—6,早期仔鱼生长的适宜盐度为 2—4。

关键词:纹缟虾虎鱼;早期发育;生态因子;生存活力指数

中图分类号: S917 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207 (2009) 02-0170-07

虾虎鱼科 (Gobiidae) 鱼类种数多,分布广,多数种类个体小,寿命短,经济价值低。但其资源量较大,是许多水生动物饵料基础的重要组成部分^[1],亦是长江口中华鲟幼鱼主要饵料生物之一,质量百分比达到 50.54%^[2],因此在长江口生态系统的物质传递与能量流动中具有重要作用。纹缟虾虎鱼 (*Tridentiger trigonocephalus*) 喜穴居,以小鱼、小虾等为食,每年 5—7 月繁殖,怀卵量 5000—17000 粒^[1]。纹缟虾虎鱼主要分布于亚洲东北部的太平洋沿岸,在我国主要见于黄渤海、东海、南海等水域,亦是长江口低盐度水域常见小型鱼类,为沿岸广盐性底栖鱼类^[1]。本研究纹缟虾虎鱼亲鱼样本采集的水域盐度多数在 5 以下。

目前对虾虎鱼科繁殖生物学及早期发育的深入研究仍相对较少^[3-6],还未见有关纹缟虾虎鱼胚胎发育与仔鱼生长的报道。盐度是影响鱼类胚胎发育和仔鱼生长的主要生态因子之一,鱼类早期发

育阶段对盐度适应范围要求较高。若水体中的盐度超出胚胎发育和仔鱼生长的适宜盐度范围,常导致鱼类繁殖时受精率、出膜率与成活率下降,鱼类胚胎发育异常,鱼苗畸形率升高而生存活力下降^[7-9],从而会导致鱼类补充群体减少及其资源量下降。河口是淡水和海水交汇的水域,三峡工程的截流蓄水将导致长江口的上游来水减缓,长江口盐度等水文条件将发生一定程度的改变,围绕三峡工程及其蓄水对长江口淡水资源、径流来沙、鱼类浮游生物等影响已有一些研究报道^[10-12]。

本文研究纹缟虾虎鱼胚胎发育及早期仔鱼生长与盐度的关系,旨在掌握长江口纹缟虾虎鱼早期发育特征,为该鱼繁殖生物学与早期生活史积累基础数据,探讨长江口纹缟虾虎鱼早期发育对盐度因子的需求,进而评价三峡工程等大型水利工程对长江口鱼类资源补充机制的影响,亦为三峡工程等大型水利工程对长江口中华鲟幼鱼的影响评估以及长江

收稿日期: 2008-01-21; 修订日期: 2008-12-23

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金 (中国水产科学研究院东海水产研究所) 项目 (2008M01); 国家自然科学基金重大项目 (30490234); 国家“863”计划项目 (2008AA10Z227); 教育部重大培育资金项目 (704023); 上海市长江口中华鲟自然保护区科研专项 (沪鲟保研 200708311001) 资助

作者简介: 冯广朋 (1977—), 男, 浙江乐清人; 助理研究员, 博士研究生; 主要从事鱼类生理生态学和河口保护生物学研究。E-mail: coolwindfgp@163.com

通讯作者: 庄平, 研究员; E-mail: pzhuang@online.sh.cn

口中华鲟自然保护区的规划建设提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 亲鱼与受精卵 纹缟虾虎鱼亲鱼捕自长江口崇明岛近岸水域,选取性成熟已达 1 期的雌鱼和雄鱼进行繁殖。共选取亲鱼 80 组 160 尾,雌鱼体长 (61.86 ± 6.03) mm,体重 (5.89 ± 1.40) g;雄鱼体长 (76.47 ± 7.12) mm,体重 (9.04 ± 3.48) g。人工繁殖时首先轻挤雌鱼腹部,挤出游离卵粒,随后快速解剖雄鱼,取出精巢碾碎,然后将精卵在培养皿内迅速混合,加水激活受精。最后将受精卵放入孵化箱培养皿中充氧孵化,进行胚胎与仔鱼发育观察。

1.2 早期发育试验方法 设置盐度 0、2、4、6、8、10 等 6 个梯度试验组,每个盐度梯度设 3 个平行组。试验在直径 15 cm 的培养皿中进行,共放置 18 个培养皿。每个培养皿放置 100 粒受精卵或 10 尾初孵仔鱼,每对亲鱼繁殖的受精卵均匀分到 6 个试验组。培养皿悬浮在孵化箱中,充氧并水浴控温,每天更换培养皿中水体,保持温度 (18.0 ± 0.5) °C, pH 7.2—7.8, DO 6.6—8.2 mg/L。

胚胎发育试验时,每隔 4 h 观察发育状况,每次观察所有 18 个培养皿,每个培养皿随机观察卵数不少于 50 粒,以其中 50% 以上达到某一时期记为该时期起始时间,采用 Olympus 体视显微镜观察胚胎发育过程并拍照。记录每个试验组受精卵孵化数量与胚胎发育时间。

仔鱼发育试验时,每天随机选取 10 尾仔鱼并测量仔鱼形态学指标。仔鱼生存活力试验时,选取体质正常的出膜仔鱼,每个培养皿中随机放入 10 尾初孵仔鱼。在不投饵条件下每隔 24 h 观察记录每个培养皿中仔鱼死亡数量,直至仔鱼全部死亡,计算仔鱼生存活力指数。

1.3 数据分析与统计 受精率计算方法是胚胎发育进入原肠中期时,在每个培养皿中随机选取 50 个胚胎,统计每个培养皿中存活胚胎数占总卵数百分比。孵化率计算方法是统计每个培养皿中出膜仔鱼数量占总受精卵数百分比。发育历期采用半数孵化时间来表示,即人工受精至 50% 受精卵孵化出膜所经历的时间^[13]。

仔鱼生存活力指数计算公式为:

$$SAI = \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i / N$$

式中:SAI 为生存活力指数 (Survival Activity Index); N 为试验开始时的仔鱼数; h_i 为第 i 天仔鱼死

亡累计数; k 为生存尾数为 0 时的天数^[8]。

试验数据值为平均值 ± 标准误,采用统计软件 Statistica 6.0 和 Excel 2003 分析处理试验数据。利用方差分析检验显著性,如方差检验显著,再利用邓肯氏法进行多重比较。

2 结果

2.1 纹缟虾虎鱼受精率、孵化率及出膜时间与盐度的关系

盐度对纹缟虾虎鱼受精率、孵化率和出膜时间有一定影响 (表 1)。平均受精率为 70.75%—76.28%,方差分析表明不同盐度间受精率差异不显著 ($df=5$, $F=0.85$, $p>0.05$)。盐度 4 试验组受精率最高,达 $(76.28 \pm 2.73)\%$,盐度 0 试验组最低,为 $(70.75 \pm 3.56)\%$ 。盐度对孵化率有显著影响 ($df=5$, $F=3.17$, $p<0.05$)。多重比较表明,盐度 4 试验组孵化率 $(66.95 \pm 2.99)\%$ 显著高于盐度 8 和 10 试验组 (分别为 $(54.66 \pm 8.29)\%$ 和 $(55.43 \pm 10.15)\%$) ($p<0.05$),而其他盐度水平之间孵化率差异不显著 ($p>0.05$)。

盐度 0—10 时纹缟虾虎鱼出膜时间为 221.5—239.1 h。盐度 6 试验组孵化最快,其次是盐度 4 试验组,而盐度 2 和盐度 8 试验组孵化较慢。方差分析表明,盐度对出膜时间有显著影响 ($df=5$, $F=5.04$, $p<0.05$)。多重比较表明,盐度 0、2、4 试验组间无显著性差异;盐度 6 试验组与盐度 0、2、8、10 试验组间有显著性差异,与盐度 4 试验组间无显著性差异;盐度 8 和盐度 10 试验组间无显著性差异。

2.2 纹缟虾虎鱼的胚胎发育进程及其与盐度的关系

长江口纹缟虾虎鱼胚胎发育过程按其胚胎发育特征及先后顺序,可划分为受精卵、胚盘形成期、2 细胞期、4 细胞期、8 细胞期、16 细胞期、32 细胞期、多细胞期、囊胚早期、囊胚中期、囊胚晚期、原肠早期、原肠中期、原肠晚期、神经胚期、胚孔封闭期、肌节出现期、眼囊形成期、耳囊形成期、晶状体形成期、肌肉效应期、心跳期、眼点出现期、出膜前期、出膜期等 25 个时期。长江口纹缟虾虎鱼胚胎发育从心跳期至出膜期所需时间较长,约占整个胚胎发育时间 56%,心脏刚形成时心跳微弱,每分钟心跳 58—66 次,随后心跳强度逐渐加大,至出膜前期心跳可达每分钟 180 次,心脏搏动幅度亦越来越强。在出膜前眼睛开始沉积黑色素并初步形成胸鳍、鳃、肾脏和膀

胱等器官。

盐度对纹缟虾虎鱼胚胎发育有一定影响,高盐度组比低盐度组发育快(表2)。在68h时,盐度4与6试验组最先进入耳囊形成期;在96h时,盐度4试验组中最先发现有些胚胎进入肌肉效应期;在140h时,盐度4与6试验组胚胎卵黄已被吸收近1/3,其余试验组刚开始被吸收或还未被吸收;在

232h检查时,发现盐度4与6试验组已出膜仔鱼数量较多。胚胎发育进程表明盐度6试验组发育最快,其次是盐度4试验组,盐度0试验组的胚胎发育最慢。试验中发现盐度6、8、10试验组受精卵的外膜收缩,将正在发育的胚胎紧紧包住,有些膜因收缩幅度较大,导致外膜上形成沟状纹路,因此镜检时高盐度组受精卵的体积要比低盐度组略小。

表1 不同盐度中纹缟虾虎鱼的受精率、孵化率和孵化时间

Tab. 1 Fecundation rate, hatching rate and hatching time of *T. trigonocephalus* under different salinity conditions

盐度 Salinity	受精率 Fecundation rate (%)	孵化率 Hatching rate (%)	出膜时间 Hatching time (h)
0	70.75 ±3.56 ^a	57.61 ±3.01 ^{ab}	230.6 ±5.5 ^{ad}
2	72.57 ±4.40 ^a	61.34 ±2.55 ^{ab}	236.6 ±4.5 ^{ad}
4	76.28 ±2.73 ^a	66.95 ±2.99 ^a	228.8 ±5.9 ^{ac}
6	74.63 ±5.49 ^a	62.15 ±2.18 ^{ab}	221.5 ±5.2 ^{bc}
8	70.97 ±4.16 ^a	54.66 ±8.29 ^b	239.1 ±3.7 ^d
10	71.78 ±3.97 ^a	55.43 ±10.15 ^b	232.8 ±3.6 ^{ad}

注:同一列中参数上方字母相同代表无显著性差异($p>0.05$),反之则有显著性差异($p<0.05$)
Note: Values in the same column with the same superscripts are not significantly different ($p>0.05$), otherwise, with the different superscripts are significantly different ($p<0.05$)

表2 不同盐度对纹缟虾虎鱼胚胎发育进程的影响

Tab. 2 Effects of different salinities on embryonic development of *T. trigonocephalus*

盐度 Salinity	胚胎发育进程 Embryonic development				
	68h	96h	140h	188h	232h
0	肌节出现期	眼囊形成期	肌肉效应期,卵黄未被吸收	出膜前期,卵黄被吸收 1/3	正常胚胎出膜率:51%
2	眼囊形成期	耳囊形成期	心跳期,卵黄刚开始被吸收	出膜前期,卵黄被吸收 1/3	正常胚胎出膜率:55%
4	耳囊形成期	肌肉效应期	心跳期,卵黄被吸收近 1/3	出膜期,10%胚胎出膜	正常胚胎出膜率:68%
6	耳囊形成期	耳囊形成期	心跳期,卵黄被吸收 1/3	出膜前期,卵黄被吸收 1/2	正常胚胎出膜率:65%
8	眼囊形成期	耳囊形成期	心跳期,卵黄刚开始被吸收	出膜前期,卵黄被吸收 1/2	正常胚胎出膜率:64%
10	眼囊形成期	耳囊形成期	心跳期,卵黄刚开始被吸收	出膜前期,卵黄被吸收 1/2	正常胚胎出膜率:56%

2.3 纹缟虾虎鱼早期仔鱼的生长发育特征

纹缟虾虎鱼早期仔鱼的个体较小,卵黄囊至第4天已基本消失(图1)。盐度4水体中繁育的纹缟虾虎鱼仔鱼的形态发育特征如下:0日龄时心脏膨大呈管状,心跳170—188次/min,尾柄处出现放射状黑色素,早期消化道末端可见透明椭圆形膀胱;1日龄时尾柄前方黑色素团变大,并出现新的黑色素团,消化道增长,从前向后不断蠕动,膀胱也随之伸缩,口已张开;2日龄时尾柄前方和消化道上方脊椎腹面黑色素团进一步变大,消化道分化后出现早期的胃和食道,下颌可张合;3日龄时胸鳍基部以及仔鱼腹面分别出现2团黑色素,膀胱与肾脏连通;4日龄时上下颌张合频繁,幅度增大,游泳速度加快;5日龄时尾柄前方、肾脏上方和胸鳍基部的色素团延

伸至背部,覆盖躯干2/3,消化道已有前肠、中肠与后肠的分化。

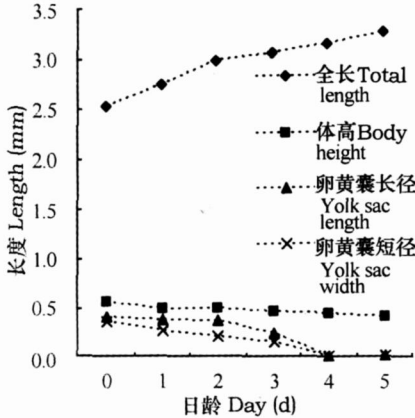


图1 纹缟虾虎鱼早期仔鱼形态发育特征
Fig. 1 Morphology of pre-larvae of *T. trigonocephalus*

2.4 盐度对纹缟虾虎鱼早期仔鱼发育的影响

盐度对长江口纹缟虾虎鱼早期仔鱼发育速度有一定影响。盐度 8 与 10 试验组中仔鱼卵黄囊消耗速度较快,出膜后第 4 天这 2 个试验组大部分仔鱼的卵黄囊即已消失,而盐度 0—6 试验组中仔鱼卵黄囊在第 4 天时仅消耗 80% 左右。盐度 4 与 6 试验组中仔鱼器官发育速度亦比其他试验组快,发育特征更加明显。眼黑色素形成期时,盐度 4 与 6 试验组纹缟虾虎鱼出现黑色素沉积比其他组多,眼睛更加乌黑透亮,眼囊呈深黑色;心跳期时,盐度 4 与 6 试验组仔鱼的血液颜色更红,心脏跳动更加有力。

盐度 8 与 10 试验组畸形苗的比例为 5%—20%,其他试验组则略低。主要畸形特征包括眼睛

发育不完全,有些仔鱼的眼睛完全未发育;脊椎弯曲,在尾椎处尤其明显,导致一些鱼苗在水中不能维持平衡;肝脏、消化道等器官发育缓慢甚至停止,卵黄囊还未吸收完毕就已死亡。

2.5 盐度对纹缟虾虎鱼早期仔鱼生存活力 (SAI) 的影响

盐度 0、2、4、6 试验组纹缟虾虎鱼仔鱼的 SAI 值为 41.83—46.83,仔鱼活力强,在第 9 天时仍有 46.7% 以上的存活率,第 14 天时全部死亡。盐度 8 与 10 试验组的 SAI 值为 23.43—29.13,仔鱼活力较差,游动较少,仅偶而在水中向上垂直游动,在第 9 天时仔鱼存活率分别为 33.3% 与 20.0%,第 12 天时全部死亡。

表 3 不投饵时不同盐度中纹缟虾虎鱼仔鱼的成活率和生存活力指数 SAI
Tab. 3 Survival rate and SAI of larval *T. trignocephalus* under starvation and different salinity

盐度 Salinity	仔鱼在不同天数中的存活率 Survival rate under starvation and different saline (%)														SAI
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	100.0	86.7	86.7	86.7	83.3	83.3	76.7	70.0	56.7	50.0	40.0	20.0	3.3	0.0	46.27
2	100.0	86.7	83.3	83.3	80.0	80.0	76.7	70.0	60.0	43.3	33.3	16.7	10.0	0.0	45.03
4	100.0	90.0	90.0	90.0	86.7	86.7	76.7	70.0	56.7	43.3	33.3	20.0	13.3	0.0	46.83
6	100.0	86.7	86.7	86.7	83.3	83.3	73.3	60.0	46.7	40.0	30.0	16.7	3.3	0.0	41.83
8	100.0	80.0	80.0	76.7	70.0	70.0	56.7	50.0	33.3	16.7	6.7	0.0	0.0	0.0	29.13
10	100.0	76.7	73.3	73.3	63.3	56.7	43.3	33.3	20.0	13.3	3.3	0.0	0.0	0.0	23.43

3 讨 论

3.1 纹缟虾虎鱼胚胎发育与盐度的关系

盐度影响鱼类的渗透压平衡,鱼卵渗透压调节作用主要由卵黄周围的薄层原生质外层进行^[14],通常在适盐范围内受精卵渗透压可通过自身调节保持在相对稳定水平,若水体盐度超出其耐受范围,则会导致卵黄囊失水收缩变小以及受精卵停止发育^[15]。纹缟虾虎鱼胚胎具有较好的盐度适应能力,在盐度 0—10 范围内均可受精与孵化;在盐度 2—6 范围内胚胎发育速度快,受精率与孵化率最高,为其适宜孵化盐度范围。而当盐度高于 6 或低于 2 时,孵化率降低,畸形率升高,这可能是由于盐度过高或过低时,卵膜由于难以调节细胞与周围介质之间的物质平衡,导致卵细胞受到损伤或破裂,致使孵化率下降^[16]。

鱼类受精卵孵化实质上是受精卵本身发生的一系列生理、生化反应的连续过程^[16]。鱼类胚胎孵化出膜主要依靠孵化酶作用和胚体运动,大多数鱼类的胚胎都具有起源于外胚层的单细胞孵化腺分泌孵

化酶,可使卵膜变薄^[17]。盐度对纹缟虾虎鱼胚胎发育进程有一定的影响,盐度 0、2、8 和 10 条件下孵化时间均延长,胚胎发育速率有所减慢,这可能与盐度影响孵化酶的作用有关,只有在适宜的盐度 4 与 6 试验组中,孵化酶才会大量分泌并促进胚胎发育。研究表明环境因子影响鱼类胚胎孵化酶的合成与分泌,如缺氧会影响孵化酶,既可以终止胚胎的滞育状态,同时又能启动其孵化^[18];温度、光照等亦能影响孵化酶的分泌^[19]。

3.2 纹缟虾虎鱼早期仔鱼生长与盐度的关系

盐度对早期仔鱼生长有一定影响^[20],当水体盐度较低时,仔鱼用于维持体内渗透压平衡而消耗的能量减少,从而有利于仔鱼的生存^[21]。盐度 8 与 10 试验组纹缟虾虎鱼仔鱼卵黄囊被吸收较快,而盐度 0—6 试验组仔鱼的卵黄囊被吸收较慢。这可能是高盐度胁迫下仔鱼渗透压不平衡,处于应激状态,故需消耗更多能量维持平衡;而低盐度则对于卵黄囊的吸收速度和消化酶有一定的抑制作用^[22],并且在低盐度时水体的渗透压往往与鱼类体液的渗透压相一致^[23]。雷霖霖等观察盐度对黑鲷仔鱼卵黄囊消

失速度影响时发现,高盐度条件卵黄囊消失较快,认为盐度增高会加快仔鱼代谢速度^[24]。

纹缟虾虎鱼初孵仔鱼依靠吸收卵黄营养来维持其生命活动,在营养模式上处于完全卵黄营养阶段。在不投饵条件下,仔鱼依靠卵黄囊营养存活时间的长短,与受精卵质量、卵黄囊营养物质数量和质量以及仔鱼生活环境等因素有关,盐度因子对仔鱼 *SAI* 值影响较大^[25,26]。盐度 0—6 时纹缟虾虎鱼仔鱼 *SAI* 值较高,活力较好;而盐度 8—10 时仔鱼 *SAI* 值大幅减小,表明盐度偏高不利于仔鱼的生存,这与其他一些学者的研究结论相一致^[16,24],这可能与仔鱼在低盐条件下的能耗较小有关。Blaxter和 Hempel 最早提出“不可逆点 (PNR)”^[27],毛涵生等认为不投饵时仔鱼的半致死时间即为仔鱼进入 PNR 期的标志之一^[25]。纹缟虾虎鱼仔鱼在适宜生存盐度 0—6 范围内不投饵的半致死时间为 9—10 d,此值可初步确定为纹缟虾虎鱼仔鱼进入 PNR 期的时间,比赤点石斑鱼的 3—4 d 长^[25],这有助于纹缟虾虎鱼仔鱼更好的适应环境,提高成活率。

3.3 盐度对纹缟虾虎鱼早期生活史的影响

纹缟虾虎鱼早期发育对盐度具有一定适应性,仔鱼出膜时已形成肾脏和膀胱,心跳节律性较强,至出膜前期心跳每分钟 180 次左右,而且从心跳出现到出膜经历时间较长,这一发育特点有助于提高胚

胎的代谢强度,可为出膜前渗透压调节相关器官的完善提供充足的发育时间和能量供给^[28]。然而相对成鱼而言,鱼类胚胎与早期仔鱼对渗透压的调节能力仍然较弱,受水体盐度影响较大。随着三峡工程等大型水利工程建成,长江口盐度发生了一定程度改变^[10—12],将影响纹缟虾虎鱼繁殖生长环境,若超出其早期发育的最适盐度范围,将使纹缟虾虎鱼的受精率、出膜率与成活率下降,仔鱼的畸形率升高而生存活力下降,从而导致其补充群体资源量的减少。已有研究表明长江上游水域生物资源数量随着水体环境因子的改变正处于变动中^[29,30]。

不同鱼类的胚胎与仔鱼对盐度的适应性差别较大 (表 4),这与其各自的生态习性有一定关系。如黄鲷、赤点石斑鱼、平鲷等为海水鱼类,早期发育都需要较高盐度,与天然海水盐度相近^[8,25,31];纹缟虾虎鱼在长江口主要生活在低盐度水域,早期发育的适宜盐度与其成鱼生活环境盐度亦相近。花鲈与鲮早期发育时盐度适应范围较广^[32,33],而其成鱼都与纹缟虾虎鱼成鱼一样,亦在长江口沿岸低盐度区生长^[34]。本研究采样时,纹缟虾虎鱼亲鱼繁殖水域盐度多数在 5 以下,故试验盐度设置 0—10 的低盐度范围,长江口纹缟虾虎鱼早期发育是否能适应高盐度以及高盐度对长江口纹缟虾虎鱼补充群体资源量的影响可进一步深入研究。

表 4 不同鱼类胚胎与仔鱼发育的适宜盐度范围

Tab. 4 Salinity adaptability for fertilized eggs and larvae of different fish species

种类 Species	胚胎发育对盐度的适应范围 Salinity adaptability range		仔鱼发育的最适盐度范围 Optimal salinity for larval survival	文献 Reference
	适宜范围 Suitable salinity	最适范围 Optimal salinity		
黄鲷 <i>Dentex tumifrons</i>	27—39	33—36	30—35	[8]
赤点石斑鱼 <i>Epinephelus akaara</i>	24—39	27—35	—	[25]
平鲷 <i>Sparus sarba</i>	12—52	28—32	31	[31]
花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	13—31	22—25	19—28	[32]
鲮 <i>Mugil cephalus</i>	10—58	35	—	[33]
纹缟虾虎鱼 <i>T. trionocephalus</i>	0—10	4—6	2—4	本文

参考文献:

[1] Zhuang P, Wang Y H, Ling S F, et al Fishes of the Yangtze estuary [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers 2006: 207—223 [庄平,王幼槐,李圣法,等.长江口鱼类.上海:上海科学技术出版社.2006:207—223]

[2] Luo G, Zhuang P, Zhang L Z, et al Diet composition and feeding habits of juvenile *Acipenser sinensis* in Yangtze River estuary [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(1): 144—150 [罗刚,庄平,章龙珍,等.长江口中华鲟幼鱼的食物组成及摄食习性.应用生态学报,2008,19(1):144—150]

[3] Chen Y L, Guo Y S Embryonic and larval development of *Mugil-ogobius myxodermus* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2007, 42 (2): 124—128 [陈玉龙,郭延蜀.黏皮鲮虾虎鱼胚胎及仔鱼的发育.动物学杂志,2007,42(2):124—128]

[4] Mazzoldi C Reproductive apparatus and mating system in two tropical goby species [J]. *Journal of Fish Biology*, 2001, 59(6): 1686—1691

[5] Ike O I, Alessio Z, Arianna R, et al Breeding, rearing and feeding studies in the cleaner goby *Gobiosoma evelynae* [J]. *Aquaculture*, 2005, 250: 175—182

[6] Wittenrich M L, Turingan R G, Creswell R L. Spawning, early de-

- velopment and first feeding in the gobiid fish *Prionlepis nocturna* [J]. *Aquaculture*, 2007, **270**: 132—141
- [7] Shi Z H, Xia L J, Wang J G, et al Effect of salinity on embryonic development and larval growth of *Dentex tumifrons* Temminck et Schlegel [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, **28** (5): 599—602 [施兆鸿, 夏连军, 王建钢, 等. 盐度对黄鲷胚胎发育及早期仔鱼生长的影响. 水产学报, 2004, **28** (5): 599—602]
- [8] Xu Y J, Liu X Z, Ma A J, et al Effects of salinity on embryonic development and growth of early life stages of *Cynoglossus semilaevis* Günther [J]. *Marine Sciences*, 2005, **29** (11): 39—43 [徐永江, 柳学周, 马爱军, 等. 半滑舌鲷胚胎发育及仔鱼生长与盐度的关系. 海洋科学, 2005, **29** (11): 39—43]
- [9] Kawahara S, Shams A J, Bosta A A, et al Effects of incubation and spawning water temperature, and salinity on egg development of the spotted grouper (*Epinephelus coioides*, Serranidae) [J]. *Asian Fisheries Science*, 1997, **9** (4): 239—251
- [10] Shan X J, Xian W W, Wu Y F. Dynamic changes in the ichthyoplankton community structure after the sluice of the Three Gorges Dam [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2005, **35** (6): 936—940 [单秀娟, 线薇薇, 武云飞. 三峡工程蓄水前后秋季长江口鱼类浮游生物群落结构的动态变化初探. 中国海洋大学学报, 2005, **35** (6): 936—940]
- [11] Zhang H J, Zhai S K, Fan D J, et al Distribution of suspended matter concentration in the Changjiang estuary and adjacent area after the first-stage storage of the Three Gorges Project [J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2007, **28** (8): 1655—1661 [张怀静, 翟世奎, 范德江, 等. 三峡工程一期蓄水后长江口及其邻近海域悬浮物浓度分布特征. 环境科学, 2007, **28** (8): 1655—1661]
- [12] Cao Y, Chen J Y, Zhang E F, et al Influence of Three Gorge reservoir filled with water on freshwater resource in the Yangtze River estuary [J]. *Advances in Water Science*, 2006, **17** (4): 554—558 [曹勇, 陈吉余, 张二凤, 等. 三峡水库初期蓄水对长江口淡水资源的影响. 水科学进展, 2006, **17** (4): 554—558]
- [13] Yang Z, Hua J, Chen X. The relationship between embryonic development of *Takifugu obscurus* (Abe) and incubation temperature [J]. *Freshwater Fisheries*, 2004, **34** (2): 6—8 [杨州, 华洁, 陈晰. 暗纹东方鲀胚胎发育历期与温度的关系. 淡水渔业, 2004, **34** (2): 6—8]
- [14] Wu G M, Chen C, Luo J R, et al The effects of salinity on embryonic development of *Clarias fuscus*, *Clarias lazera* and their hybrid F₁ [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1998, **5** (3): 43—46 [邬国民, 陈慈, 罗建仁, 等. 盐度对胡子鲶、革胡子鲶及其杂交子一代胚胎发育的影响. 中国水产科学, 1998, **5** (3): 43—46]
- [15] Shen H D, Chen H C, Chen X L, et al Influence of water salinity on embryonic development of sea slug *Onchidium* sp. [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2006, **15** (3): 297—302 [沈和定, 陈汉春, 陈贤龙, 等. 盐度对石磺胚胎发育的影响. 上海水产大学学报, 2006, **15** (3): 297—302]
- [16] Wang H T, Zhang P J. Effects of environmental conditions on fertilized eggs and early larva of marine fishes [J]. *Marine Sciences*, 1998, (4): 50—52 [王宏田, 张培军. 环境因子对海产鱼类受精卵及早期仔鱼发育的影响. 海洋科学, 1998, (4): 50—52]
- [17] Lou Y D. Fish Hatching enzyme research [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1965, **7** (3): 97—101 [楼允东. 鱼类的孵化酶. 动物学杂志, 1965, **7** (3): 97—101]
- [18] Dinichele L, Taylor M H. The mechanism of hatching in *Fundulus heteroclitus* development and physiology [J]. *J Exp Zool*, 1981, **217**: 73—79
- [19] Fan Y J, Shi Z P. Advances and prospect in fish hatching enzyme research [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2002, **1**: 48—56 [樊廷俊, 史振平. 鱼类孵化酶的研究进展及其应用前景. 海洋湖沼通报, 2002, **1**: 48—56]
- [20] Desilva S S, Perera M K. Digestibility in *Sartherodon niloticus* fry effect of dietary protein level and salinity with other observations on variability in daily digestibility [J]. *Aquaculture*, 1984, **38**: 293—306
- [21] Tyler M, Blaxter J H S. The Effects of external salinity on the drinking rates of larvae of herring, plaice and cod [J]. *Journal of Experiment Biology*, 1988, **138**: 1—15
- [22] Chen P J, Wang Z G, Zheng S L. Effects of salinity on digestive enzyme activity of *Pagrosomus Major* young fish [J]. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 1998, **37** (5): 754—756 [陈品健, 王重刚, 郑森林. 盐度影响真鲷幼鱼消化酶活力的研究. 厦门大学学报 (自然科学版), 1998, **37** (5): 754—756]
- [23] Holliday F G T. The effect of salinity on the eggs and larvae of teleosts [C]. *Fish Physiology* [M]. New York: Academic Press 1969, 293—310
- [24] Lei Q L, Sun L N, Chen X H. Effects of salinity on embryonic and larval development of *Spanus macrocephalus* [J]. *Marine Fisheries Research*, 1986, (7): 143—147 [雷霖霖, 孙鲁宁, 陈学豪. 盐度对黑鲷胚胎发育和早期仔鱼发育影响的初步观察. 海洋水产研究, 1986, (7): 143—147]
- [25] Mao H S, Fang Q S, Zheng L Y. Effects of salinity on hatching rates and survival activity index of the larvae of *Epinephelus akaara* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2002, **26** (4): 344—350 [毛涵生, 方琼珊, 郑乐云. 盐度对赤点石斑鱼受精卵发育的影响及仔鱼活力的判断. 水产学报, 2002, **26** (4): 344—350]
- [26] Yasuhisa M, Tsuzumi M. Effects of salinity on the embryonic development and larval survival activity index of red spotted grouper *Epinephelus akaara* [J]. *Saibai Giken*, 1993, **22** (1): 35—38
- [27] Blaxter J H S, Hempel G. The influence of egg size on herring larvae [J]. *J Cons Pem Int Expl Mer*, 1963, **28**: 211—240
- [28] Lin H R. Fish physiology [M]. Guangzhou: Guangdong High Education Publish. 1999, 82—86 [林浩然. 鱼类生理学. 广州: 广东高等教育出版社. 1999, 82—86]
- [29] Hu Z Y, Cai Q H. Preliminary report on aquatic ecosystem dynamics of the Three Gorges Reservoir before and after impoundment [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30** (1): 1—6 [胡征宇, 蔡庆华. 三峡水库蓄水前后水生生态系统动态的初步研究. 水生生物学报, 2006, **30** (1): 1—6]
- [30] Xue J Z, Ye L, Cai Q H. Variation of copepod from Maoping to Guizhou in the Three Gorges Reservoir before and after impound-

- ment[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, **30** (1): 113—115
[薛俊增, 叶麟, 蔡庆华. 三峡水库坝前段蓄水前后鲢足类种类组成的变化. 水生生物学报, 2006, **30** (1): 113—115]
- [31] Mihelakakia A, Kitajima C. Effects of salinity and temperature on incubation period, hatching rate, and morphogenesis of the silver sea bream, *Spanus sarba* (Forsk., 1775) [J]. *Aquaculture*, 1994, **126** (3—4): 361—371
- [32] Wang Y X, Chen J G, Sun G Y. Effects of water temperature and salinity on *Lateolabrax* sp embryo and larvae development [J]. *Fisheries Science and Technology Information*, 1995, **22** (2): 54—57 [王永新, 陈建国, 孙帼英. 温度和盐度对花鲈胚胎及前期仔鱼发育影响的初步报告. 水产科技情报, 1995, **22** (2): 54—57]
- [33] Lee C S, Menu B. Effects of salinity on egg development and hatching in Grey Mullet *Mugil cephalus* L. [J]. *J Fish Biol*, 1981, **19**: 179—188
- [34] Feng G P, Zhuang P, Liu J, et al. Community diversity and growth characteristic of fish in Tuanjiesha along the eastern beach of Chongming Island [J]. *Marine Fisheries*, 2007, **29** (1): 38—43 [冯广朋, 庄平, 刘健, 等. 崇明东滩团结沙鱼类群落多样性与生长特性. 海洋渔业, 2007, **29** (1): 38—43]

EMBRYONIC AND PRE-LARVAL DEVELOPMENT OF TRIDENTIGER TRIGONOCEPHALUS AND ADAPTABILITY TO SALINITY

FENG Guang-Peng^{1,2}, ZHUANG Ping^{1,2,3}, ZHANG Long-Zhen^{1,2,3}, LIU Jian-Yi¹,
ZHAO You^{1,3}, CHEN Li-Hui^{1,3} and Qu Liang^{1,2}

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201316; 3. College of Aqua-life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023)

Abstract: *Tridentiger trigrinocephalus* widely exists in coast of the Pacific Ocean. There are very few reports about the character of their early life. Fish was sensitive to the change of environmental factors in the early life. So embryo and larva can indicate the environmental change. Salinity is one of the most important ecological factors in the embryonic and pre-larval development of *T. trigrinocephalus*. The construction of the Three Gorges Project on the mainstream may act on the environment not only in the reservoir, the middle and low reaches of the river, but also in the estuary. It is necessary to study the relationship between salinity and fish early life. By observing the morphological character of embryonic and pre-larval development of *T. trigrinocephalus* with Nikon microscope, the total development time of every development stage was noted and calculated. The characteristic images were taken by Nikon camera. The characters of early life stages and effects of salinity on the early development of *T. trigrinocephalus* were studied. The experimentation groups included salinities of 0, 2, 4, 6, 8 and 10, respectively. Every group was put into 100 oospem or 10 pre-larva under the water of temperature (18.0 ± 0.5), deliquescent oxygen 6.6—8.2 mg/L, pH 7.2—7.8. The results showed fecundation rate and hatching rate were the highest at salinities of 4 and 6. Fecundation rate was $(76.28 \pm 2.73)\%$ and $(74.63 \pm 5.49)\%$, and hatching rate was $(66.95 \pm 2.99)\%$ and $(62.15 \pm 2.18)\%$, respectively. Hatching time was the shortest and embryonic development was the most quickly at salinities of 4 and 6. Hatching time was 228.8 ± 5.9 h and 221.5 ± 5.2 h, respectively. It spent longer time from heart beating stage to hatching stage, 56 percent of the total time. Meanwhile, pectoral fin, swim-bladder, kidney and bladder came into being before pre-stage of hatching stage. The deformity rates were from 5% to 20% at salinities of 8 and 10 and the other salinities were lower. The larva was (2.534 ± 0.078) mm in body length. The long and short diameter of yolk sac were (0.421 ± 0.047) mm and (0.369 ± 0.038) mm, respectively. The yolk sac disappeared and organs begin to form after five days. The organ development of larval *T. trigrinocephalus* was more quickly at salinities of 4 and 6 than the others. The range of survival activity index was from 41.83 to 46.83 and pre-larva vigor was high with water salinity from 0 to 6. The range of survival activity index was from 23.43 to 29.13 and pre-larva vigor was low at salinity of 8 and 10. At low salinity range, the suitable salinity for hatching was from salinity 4 to 6 and for pre-larvae survival and growth was from salinity of 2 to 4, respectively.

Key words: *Tridentiger trigrinocephalus*; Early life stages; Ecological factor; Survival activity index