黄姑鱼胚胎发育及其与温度和盐度的关系

黄贤克[1,2], 单乐州[1,2], 闫茂仓[1,2], 柴雪良[1,2], 胡利华[1,2], 邵鑫斌[1,2]

(1. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005; 2. 浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 浙江 温州 325005)

摘要: 为研究温度和盐度对黄姑鱼(*Nibea albiflora*)胚胎发育的影响, 作者观察了黄姑鱼受精卵的形态和胚胎发育过程。实验结果表明, 温度 18~28℃范围内, 温度对孵化时间和初孵仔鱼有显著影响, 对孵化率影响不大, 24~28℃是黄姑鱼胚胎发育的适宜温度范围; 盐度低于 24 时受精卵下沉, 26~28 内悬浮于水体中, 盐度高于 34 时受精卵浮于水面; 黄姑鱼胚胎发育的最适盐度范围 26~32, 盐度超过或低于其适宜范围时, 孵化率明显下降或者幼虫畸形率明显增大。另外, 根据其 Q_{10} 值推算的胚胎发育的适宜水温与实验结果相似。

关键词: 黄姑鱼(*Nibea albiflora*); 胚胎发育; 温度; 盐度

中图分类号: S917.4 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-3096(2017)07-0044-07

DOI: 10.11759//hykx20160920003

黄姑鱼(*Nibea albiflora*)属石首鱼科(Sciaenidae), 黄姑鱼属(*Nibea*), 为近海暖温性中下层经济鱼类, 分布于中国、朝鲜半岛和日本南部沿海, 是中国重要的经济鱼类[1]。迄今, 有关黄姑鱼的研究报道较少, 主要集中在人工育苗、仔稚鱼发育和人工养殖方面[2-6]。此外, Menezes 等[7]、韩志强等[8]对其种群遗传学进行了分析, 余方平等[9]对舟山近海黄姑鱼胚胎发育及前期仔鱼形态进行了观察报道, 邵鑫斌等[10]对黄姑鱼的药物耐受性进行了研究。至今尚未见关于温度和盐度对黄姑鱼胚胎发育影响的相关研究。本研究在进行胚胎发育观察的基础上, 分析了温度和盐度对黄姑鱼胚胎发育孵化时间、孵化率和初孵仔鱼形状的影响, 旨在寻求黄姑鱼胚胎发育的最佳生态参数, 进而为黄姑鱼规模化人工繁育提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 受精卵及培育

试验用黄姑鱼亲鱼为乐清湾养殖群体, 在浙江省海洋水产养殖研究所清江试验场促熟后获得受精卵, 所有实验受精卵均来自成熟个体自然产卵。同一批次刚刚受精的受精卵采集后, 置于 10 L 圆桶内培育, 培育用水为试验场育苗用水, 水温 23.8℃±0.15℃, 盐度 25.7, pH 8.21, 不间断微充气, 日换水 1 次(采用哄吸法), 换水量 1/4。

1.2 试验设计

盐度、温度对胚胎发育影响实验在 1 000 mL 烧杯中进行。在培养箱中, 通过放置海水预热以及使用预热水换水调控试验温度。利用暴气自来水、自然海水、高盐海水, 使用盐度计调节实验盐度。实验按照单位区组设计法, 分别设定 18、20、22、24、26、28℃ 6 个温度梯度实验组(盐度、pH 相同, 分别为 25.7 和 8.21)和 20、22、24、26、28、30、32、34、36、38、40 共 11 个盐度梯度实验组(温度、pH 相同, 分别为 23.8℃±0.15℃和 8.21), 每个实验组设 3 个平行。实验中, 每个烧杯放 100 粒受精卵, 每 15 min 随机取样观察, 记录孵化进度并统计孵化率和畸形率。

1.3 观察与拍照

胚胎发育观察在 Olympus 生物显微镜下进行, 详细记录 23.8℃±0.15℃、盐度 25.7、pH 8.21 条件下各个发育时期的时间和主要形态特征, 同时进行显微拍照; 记录不同条件下的孵化时间; 利用目微尺测定不同条件下孵化出膜的初孵仔鱼的全长、卵黄囊长径、短径和油球径, 每个处理组取样 10 个。

收稿日期: 2016-09-20; 修回日期: 2016-11-20

基金项目: 温州市科技计划项目(N20140039, N20150015)

[Foundation: Wenzhou Science and Technology Project, No.N20140039, N20150015]

作者简介: 黄贤克(1981-), 男, 浙江乐清人, 工程师, 硕士, 主要从事海水养殖研究, 电话: 13757788255, E-mail: hxkdu@163.com; 闫茂仓, 通信作者, 电话: 13587771729, E-mail: yanmaocang@163.com

1.4 温度系数的计算[11]

Q_{10} 值可定量表示某一温度段内温度变化对鱼类胚胎发育时间的影响,

$$Q_{10} = (t_0 / t_a)^{10/(T_a - T_0)}$$

式中, Q_{10} 值代表温度升高 10℃时胚胎发育速度加快的倍数; 其中, T_0 是胚胎发育的起始温度, t_0 表示在温度等于 T_0 时的孵化时间; t_a 表示在温度等于 T_a 时的孵化时间。

当 Q_{10} 值为 2 时, 其温度带是胚胎发育的最适温度范围。

1.5 数据处理

采用 EXCEL 2003 和 STATISTICA 7.0 软件进行数据处理分析, 组间差异采用 Duncan's 多重比较, 显著水平为 0.05, 极显著水平为 0.01。

2 结果

2.1 胚胎发育

黄姑鱼受精卵(图 1)为圆球形, 卵径 0.83 mm±

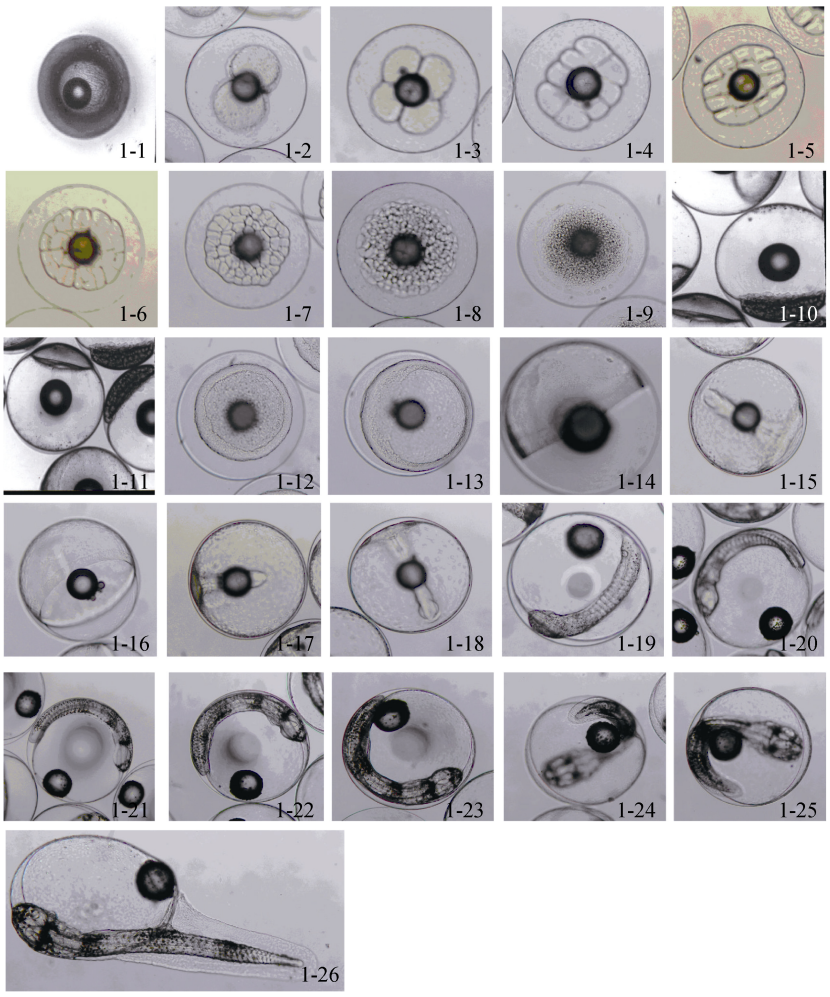


图 1 黄姑鱼胚胎发育

Fig. 1 Embryonic development of *Nibea albiflora*

1-1. 受精卵, ×40; 1-2. 2 细胞期, ×40; 1-3. 4 细胞期, ×40; 1-4. 8 细胞期, ×40; 1-5.16 细胞期, ×40; 1-6. 32 细胞期, ×40; 1-7. 64 细胞期, ×40; 1-8. 多细胞期, ×40; 1-9. 桑葚期, ×40; 1-10. 高囊胚期, ×40; 1-11. 低囊胚期, ×40; 1-12. 原肠早期, ×40; 1-13. 原肠中期, ×40; 1-14. 原肠晚期, ×32; 1-15. 胚体形成, ×40; 1-16. 胚孔封闭, ×40; 1-17. 眼泡出现期, ×40; 1-18. 肌节出现期, ×40; 1-19. 色素形成, ×40; 1-20. 晶体形成, ×40; 1-21. 尾芽期, ×40; 1-22. 心跳期, ×40; 1-23. 肌肉效应期, ×40; 1-24. 耳石形成, ×40; 1-25. 孵化前期, ×40; 1-26. 初孵仔鱼, ×40

1-1. Fertilized egg, ×40; 1-2. 2-cell stage, ×40; 1-3. 4-cell stage, ×40; 1- 4. 8-cell stage, ×40; 1-5. 16-cell stage, ×40; 1-6. 32-cell stage, ×40; 1-7. 64-cell stage, ×40; 1- 8. Multi-cell stage, ×40; 1-9. Morula stage, ×40; 1-10. High blastula stage, ×40; 1-11. Low blastula stage, ×40; 1-12. Early gastrula, ×40; 1-13. Middle gastrula, ×40; 1-14. Late gastrula, ×32; 1-15. Embryo body formation, ×40; 1-16. Closure of blastopore, ×40; 1-17. Eye vesicle stage, ×40; 1-18. Muscle burl stage, ×40; 1-19. Formation of pigment, ×40; 1-20. Formation of eye lens, ×40; 1-21. Caudal bud stage, ×40; 1-22. Heart beating stage, ×40; 1-23. Muscle contraction, ×40; 1-24. Formation of otolish, ×40; 1-25. Pre-hatching stage, ×40; 1-26. Newly hatched larvae, ×40

0.018 mm, 中央 1 个油球, 油球径 0.24 mm±0.012 mm。在 23.2℃±0.15℃、盐度 25.7、pH 8.21 条件下, 黄姑鱼胚胎发育划分为卵裂期、囊胚期、原肠期、神经胚期和器官形成期 5 个阶段, 历时 22 h59 min 完成整个胚胎发育孵化出膜, 其详细发育阶段特征和时间见表 1。

表 1　黄姑鱼的胚胎发育(温度 23.8℃±0.15℃, 盐度 25.7)

Tab. 1　Embryonic development of *Nibea albiflora* at temperature 23.8℃±0.15℃ and salinity 25.7

发育阶段		发育时间	主要发育特征	图
卵裂期	受精卵	0	圆球形, 无色透明, 油球 1 个	1-1
	2 细胞期	36 min	经裂, 胚盘顶部中央开始分裂, 将胚盘分裂为 2 个同等大小的细胞	1-2
	4 细胞期	51 min	经裂, 与第 1 次卵裂垂直, 形成 4 个大小相等的细胞	1-3
	8 细胞期	1 h 14 min	经裂, 2 个分裂面均与第 1 次卵裂平行, 8 个细胞成 2 排	1-4
	16 细胞期	1 h 27 min	经裂, 2 个分裂面均与第 2 次卵裂平行, 卵裂球排成 4 排。细胞开始大小不一	1-5
	32 细胞期	1 h 56 min	经裂, 四周卵裂球稍小, 中央卵裂球较大, 排列不整齐	1-6
	64 细胞期	2 h 15 min	卵裂不同步, 细胞大小形状不规则	1-7
	多细胞期	2 h 41 min	多次卵裂后细胞排成多层	1-8
	桑葚期	3 h 6 min	细胞数量剧增, 接线模糊	1-9
囊胚期	高囊胚期	3 h 38 min	胚盘明显突出于卵黄, 细胞数量多且体积小	1-10
	低囊胚期	4 h 20 min	细胞向卵黄铺展, 胚盘高度降低, 变得扁平	1-11
原肠期	原肠早期	5 h 15 min	胚盘开始下包, 形成胚环	1-12
	原肠中期	7 h 8 min	胚环下包卵黄 1/2。部分细胞集中加厚形成胚盾	1-13
	原肠晚期	8 h 17 min	胚层下包 4/5, 开始出现胚体雏形	1-14
神经胚期	胚体形成	9 h 25 min	胚体轮廓清晰	1-15
	胚孔封闭	10 h 03 min	胚层下包, 胚孔将封闭	1-16
器官形成期	眼泡出现期	10 h 34 min	胚体前端膨大形成头部, 两侧向外隆起, 形成眼泡	1-17
	肌节出现期	11 h 25 min	肌节出现, 开始出现零星色素	1-18
	色素形成	13 h 20 min	胚体背部出现点状色素细胞	1-19
	晶体形成	15 h 28 min	晶体形成, 嵌在视杯当中形成眼睛。色素细胞继续增多, 油球上出现色素细胞	1-20
	尾芽期	16 h 36 min	胚体后端出现圆锥状尾芽	1-21
	心跳期	18 h 28 min	心脏开始不规则博动	1-22
	肌肉效应期	19 h 46 min	尾从卵黄上分离出来, 胚体不断颤动	1-23
	耳石形成	20 h 50 min	每个听囊中各形成 2 个钙质耳石。肌肉收缩剧烈, 心跳速度加快	1-24
	孵化前期	22 h 06 min	胚体颤动更加剧烈, 卵膜显得松弛	1-25
	孵化期	22 h 48 min	尾部剧烈摆动, 仔鱼破膜而出	
	初孵仔鱼	22 h 59 min	悬浮, 大部分时间不动, 偶而作间歇性窜动	1-26

2.2　温度对孵化时间、孵化率、初孵仔鱼的影响

在实验盐度为 25.7 条件下, 实验温度对黄姑鱼的孵化时间和初孵仔鱼有显著影响(图 2)。28℃条件下, 黄姑鱼受精卵孵化最快, 历时 19 h 12min 孵化出膜, 18℃组孵化最慢, 历时 29 h15 min 才能孵化出膜。24、26 和 28℃实验组, 进入心跳期的时间相差不大, 26℃组器官形成速度比 24℃组快, 18℃组最慢。

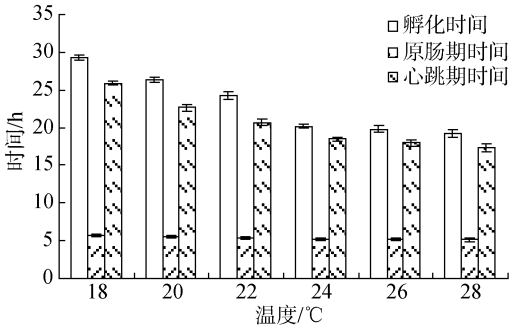


图 2　温度对黄姑鱼不同孵化阶段时间的影响

Fig. 2　The effect of temperature on the hatching time of *Nibea albiflora*

由表 2 可见，不同温度组黄姑鱼孵化率和畸形率差异不大，18~28℃范围内，黄姑鱼受精卵孵化率 98%~100%，畸形率 0%~1%。由表 3 可见，水温 18~28℃，不同温度阶段的温度系数 Q_{10} 不同；20~24℃时，黄姑鱼胚胎发育温度系数 Q_{10} 为 1.947，接近 2。

表 2　不同温度下黄姑鱼的孵化率和畸形率

Tab. 2　The hatching rate and deformity rate of *Nibea albiflora* at different temperatures

温度(℃)	平均孵化率(%)	平均畸形率(%)
18	99.0	1.00
20	98.7	0.67
22	99.0	0
24	99.3	0
26	99.7	0
28	99.0	0.33

表 3　黄姑鱼胚胎发育各温度带的 Q_{10}

Tab. 3　Values of Q_{10} at different temperature bands

T_a(℃)	T_0(℃)	t_a(h)	t_0(h)	T_a-T_0(℃)	Q_{10}
28	26	19.21	19.83	2	1.172
28	24	19.21	20.17	4	1.130
28	22	19.21	24.25	6	1.474
28	20	19.21	26.33	8	1.483
28	18	19.21	29.27	10	1.524
26	24	19.83	20.17	2	1.089
26	22	19.83	24.25	4	1.654
26	20	19.83	26.33	6	1.604
26	18	19.83	29.27	8	1.627
24	22	20.17	24.25	2	2.512
24	20	20.17	26.33	4	1.947
24	18	20.17	29.27	6	1.860
22	20	24.25	26.33	2	1.509
22	18	24.25	29.27	4	1.600
20	18	26.33	29.27	2	1.698

温度对黄姑鱼初孵仔鱼全长、卵黄囊长径、短径和油球径的影响如图 3、图 4 所示。实验温度在 18~28℃范围内，温度越高其初孵仔鱼的全长越小，26℃组和 28℃组无显著差异，18、20 和 22℃组无显著差异，其他各组间差异显著；温度越高，卵黄囊长径和短径越大。温度对黄姑鱼初孵仔鱼油球径无显著影响。

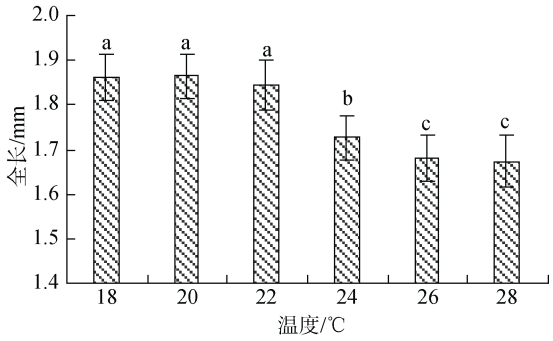


图 3　温度对黄姑鱼初孵仔鱼全长的影响

Fig. 3　The effect of temperature on the total length of newly hatched larvae

同一字母表示各温度组差异不显著(P>0.05)，不同字母表示差异显著(P<0.05)。下同

The same letters show that the difference of temperature groups are not significant (P>0.05), and the different letters show significant difference (P<0.05). The same below

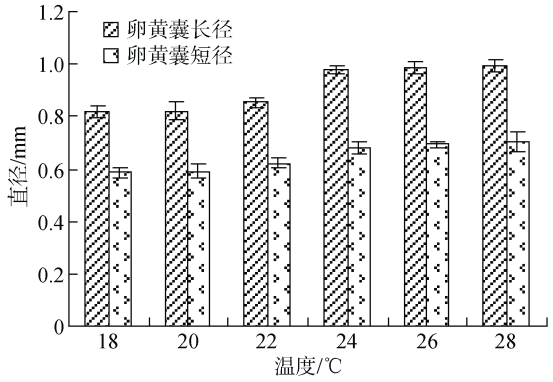


图 4　温度对黄姑鱼初孵仔鱼卵黄囊长径和短径的影响

Fig. 4　The effect of temperature on the length of major and minor axes of yolk sac of newly hatched larvae

2.3　盐度对受精卵的沉浮分布与胚胎发育的影响

试验结果表明，在胚胎发育前期，水体相对静止的状态下，受精卵在盐度 20~24 组海水中全部沉底；在盐度 34~40 组海水中受精卵全部漂浮在水表层；盐度 26 和 28 组悬浮，盐度 30 和 32 组大多数悬浮，部分漂在水表层。

盐度对黄姑鱼受精卵孵化时间无显著差异(P>0.05)，盐度在 20~40 范围内，各盐度组黄姑鱼孵化出膜的时间大致相同。如图 5 所示，不同盐度组的孵化率差异显著(P<0.05)，其中盐度 26~32 各实验组孵化率显著高于其他各组，盐度 32 组孵化率最高，达 99.67%；由图 6 可见，盐度 30 组畸形率低于其他组，盐度 24~36 各组，初孵仔鱼畸形率显著低于其他各组。本试验条件下，盐度低于 24 或高于 36，则初孵仔鱼畸形率明显增高。

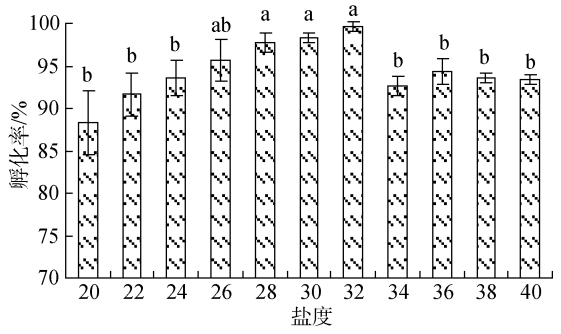


图 5　盐度对黄姑鱼孵化率的影响

Fig. 5　The effect of salinity on the hatching rate of *Nibea albiflora*

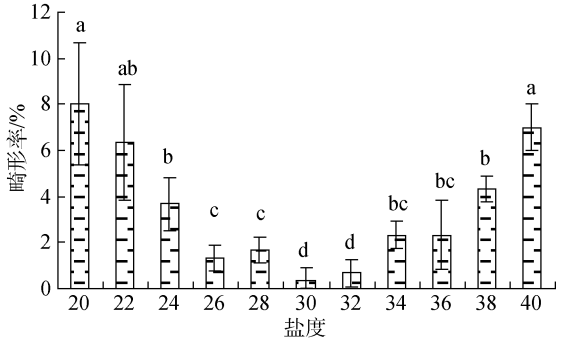


图 6　盐度对黄姑鱼畸形率的影响

Fig. 6　The effect of salinity on the deformity rate of *Nibea albiflora*

3　讨论

3.1　温度对受精卵胚胎发育的影响

水温是影响鱼类胚胎发育及其生存、生长和发育的最重要生态因子之一，不同鱼类的适温范围不同，同一种鱼类的不同生态类群，其适温范围亦可能不同。张鑫磊等[11]、陈政强等[12]和夏连军等[13]分别研究了温度与真鲷(*Pagrosomus major*)、半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)和黄鲷(*Dentex tumifrons*)胚胎发育的关系，发现胚胎发育时间与水温呈负相关。本研究中，18~28℃范围内，黄姑鱼受精卵孵化率和畸形率差异不大，说明 18~28℃在为黄姑鱼适宜的胚胎发育温度范围之内。而 18~28℃，仔鱼孵出的时间越来越短，说明黄姑鱼受精卵胚胎发育的进展随温度的升高而加快，与上述研究结果相一致。

对于胚胎发育速度的温度系数 Q_{10}，杨州等[14]和谢仰杰等[15]认为当 Q_{10} 在 2 附近时，这一温度范围就是鱼类胚胎发育的最适温度范围。表 3 显示，温度 20~24℃时，黄姑鱼胚胎发育的 Q_{10} 值为 1.947，最接近 2。在这个温度范围内，黄姑鱼的孵化率相对较高，畸形率很低。由此可认为：20~24℃是黄姑鱼胚胎发育的适宜温度范围。石首科黄姑鱼属鱼类大都在春、秋季产卵，浮性卵，其孵化和胚胎发育的适宜温度也基本一致。柴学军等[16]、黄永春等[17]和施兆鸿等[18]对黄姑鱼属的日本黄姑鱼(*Nibea japonica*)、鲵状黄姑鱼(*N. miichthioides*)和双棘黄姑鱼(*N. diacanthus*)的胚胎发育研究结果表明，上述 3 种鱼类的最适孵化水温分别为 18~20℃，20~24℃和 22~26℃，与本研究的黄姑鱼胚胎发育适宜温度 20~24℃相近。

3.2　盐度对受精卵及其胚胎发育的影响

盐度是黄姑鱼的胚胎孵化的重要的影响因子之一，本研究中，黄姑鱼受精卵在盐度 26 以下的烧杯中，沉到杯底，盐度 26~28 时悬浮于水中，盐度高于 28 时开始漂浮在水面。孵化盐度低于 26，受精卵沉底堆积成团，使正常发育的卵也沉到水底与死卵混在一起，胚胎得不到充足的氧气，而在 23~28℃的孵化水温下容易使死卵腐败分解而污染水质，影响正常受精卵的发育孵化，导致畸形率升高及孵化率降低；而盐度高于 26，受精卵悬浮于水中或漂浮在水面，这增加了受精卵与周围水体的接触面积，发育过程中排出的氨氮能够及时进行交换，从而为胚胎发育提供了良好的水环境，因此孵化率较高；自然产卵的黄姑鱼胚胎随着发育的进展，会不断地有死卵下沉，而未受精的卵子大多漂浮在水表层，盐度偏高会使正常发育的受精卵和未受精的卵子混在一起，影响受精卵发育。黄永春等[17]报道鲵状黄姑鱼(*Nibea miichthioides*)受精卵盐度 26.9 悬浮于水中，与本研究结果比较相似。在实验温度下，黄姑鱼受精卵的相对比重与盐度 26~28 的海水比重相当，大致界于 1.0185~1.0200，这与施兆鸿等[19-20]和徐永江等[21]分别对黄鲷、点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)和半滑舌鳎等大多数产浮性卵的海水鱼类的研究结果一致。同时，盐度通过改变受精卵的渗透压而影响胚胎发育。众多研究表明，鱼类的受精卵对环境的渗透压调节具有一定的限度，盐度过高或过低会造成膜与周围介质之间的物质正常交换受阻而会降低孵化率，导致胚胎发育畸形[17-23]。该试验得出了类似的结果，盐度 20~40 范围内受精卵一直保持着较高孵化率(高于 80%)，而畸形率低于 10%，这与黄姑鱼属于广盐性种类的特点相适应。盐度在 20~40 范围内时，盐度对孵化时间没有显著性影响，该结果与黄永春等[17]、林锦宗等[22]和陈昌生等[23]对鲵状黄姑鱼、

真鲷和高体鰤(*Seriola dumerili*)的研究结果相似。但受精卵的孵化率和初孵仔鱼的畸形率因孵化盐度的不同而产生显著差异(图 4、图 5), 施兆鸿等[19]对点带石斑鱼的研究也有相似的结果报道。因此, 黄姑鱼的受精卵适宜孵化盐度为 26~32。

参考文献:

[1] 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: 50-51.
Zhu Yuanding, Luo Yunlin, Wu Hanlin. Taxonomic study of sciaenoid fishes and description of a new genus and a new species from China[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1963: 50-51.

[2] 雷霁霖, 樊宁臣, 郑澄伟. 黄姑鱼(*Nibea albiflora* Richardson)胚胎发育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.
Lei Jilin, Fan Ningchen, Zheng Chengwei. Preliminery research on embryonic development and morphological characters of larva and juvenile in *Nibea albiflora* Richardson[J]. Marine Fisheries Reearch, 1981, 4(2): 77-84.

[3] 陈超, 徐延康, 雷霁霖. 黄姑鱼人工鱼苗初步研究[J]. 水产科学, 1989, 8(1): 7-11.
Chen Chao, Xu Yankang, Lei Jilin. Preliminary research on artificial breeding of *Nibea albiflora* Richardson[J]. Fisheries Science, 1989, 8(1): 7-11.

[4] 雷霁霖, 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.
Lei Jilin, Chen Chao, Xu Yankang, et al. Study on industrial breeding techniques of *Nibea albiflora* Richardson[J]. Marine Sciences, 1992, 11(6): 5-10.

[5] 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.
Sun Zhong, Yu Fangping, Cheng Guobao. Study on seed production techniques of *Nibea albiflora* from the inshore water of Zhoushan[J]. Journal of Zhejiang Ocean University, 2005, 24(1): 27-47.

[6] 蔡厚才, 林岿璇, 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, 2000, 20(1): 66-69.
Cai Houcai, Lin Kuixuan, Chen Chuanzai. Study on cage culture technology of *Nibea albiflora* (Richardson) in Nanji Sea Area[J]. Journal of Zhejiang Ocean University, 2000, 20(1): 66-69.

[7] Menezes Maria R, Taniguchi N, Scki S. Degree of intraspecific genetic divergence and variability in three sciaenid species[J]. Japanese Joural of Ichthyology, 1990, 37(1): 39-48.

[8] 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.
Han Zhiqiang, Gao Tianxiang, Wang Zhiyong, et al. Analysis of genetic diversity of *Nibea albiflora* by AFLP markers[J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(5): 640-646.

[9] 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.
Yu Fangping, Sun Zhong, Cheng Guobao. The embryonic development and pre-larva morphology of Nibea albiflora (Richardson) from the inshore waters of Zhoushan[J]. Marine Fisheries, 2005, 27(4): 265-270.

[10] 邵鑫斌, 闫茂仓, 单乐州, 等. 黄姑鱼对 2 种驱虫药物的耐受性研究[J]. 水利渔业, 2006, 26(6): 94-96.
Shao Xinbin, Yan Maocang, Shan Lezhou, et al. The tolerance of *Nibea albiflora* Richardson to two antiscolic medicines[J]. Reservoir Fisheries, 2006, 26(6): 94-96.

[11] 张鑫磊, 陈四清, 刘寿堂, 等. 温度、盐度对半滑舌鳎胚胎发育的影响[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(3): 342-348.
Zhang Xinlei, Chen Siqing, Liu Shoutang, et al. Effects of temperature and salinity on embryonic development of tongue sole, *Cynoglossus semilaevis* Gunther[J]. Advances in Marine Science, 2006, 24(3): 342-348.

[12] 陈政强, 林锦宗, 张雅芝, 等. 温度对秋冬季生殖真鲷胚胎发育及仔、稚鱼存活的影响[J]. 厦门水产学院学报, 1996, 18(1): 63-70.
Chen Zhengqiang, Lin Jinzong, Zhang Yazhi, et al. Effects of temperature on embryornic development and larval and post-larval survival in the autumn-winter spawning groups of the red bream, *Pagrus major*[J]. Journal of Xiamen Fisheries College, 1996, 18(1): 63-70.

[13] 夏连军, 施兆鸿, 王建钢, 等. 温度对黄鲷胚胎发育的影响[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(2): 163-168.
Xia Lianjun, Shi Zhaohong, Wang Jiangang, et al. The effect of temperature on embryonic development of *Dentex tumifrons* (Temminck et Schlegel)[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2006, 15(2): 163-168.

[14] 杨州, 华洁, 陈晰. 暗纹东方纯胚胎发育历期与温度的关系[J]. 淡水渔业, 2004, 34(2): 6-8.
Yang Zhou, Hua Jie, Chen Xi. Relationship between embryonic development period of *Takifugu obscures* and water temperature[J]. Freshwater Fisheries, 2004, 34(2): 6-8.

[15] 谢仰杰, 翁朝红, 管延华. 温度对花尾胡椒鲷胚胎发育的影响[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2001, 6(2): 138-143.
Xie Yangjie, Weng Zhaohong, Guan Yanhua, et al. Effect of temperature on the embryonic development of yellow spotted grunt, *Plectorhinchus cinctus*[J]. Journal

of Jimei University (Natural Science), 2001, 6(2): 138-143.
[16] 柴学军, 孙敏, 许原剑. 盐度和温度对日本黄姑鱼胚胎发育的影响[J]. 南方水产科学, 2011, 5(7): 43-49.
Chai Xuejun, Sun Min, Xu Yuanjian. Effects of temperature and salinity on embryonic development of *Nibea japonica*[J]. South China Fisheries Science, 2011, 5(7): 43-49.
[17] 黄永春, 胡石柳, 周泽斌, 等. 鲍状黄姑鱼早期发育特征及对温盐度的适应性[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2006, 36(1): 101-106.
Huang Yongchun, Hu Shiliu, Zhou Zebin, et al. Study on the early development and adaptability to temperature and salinity of *Nibea miichthioides*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(1): 101-106.
[18] 施兆鸿, 夏连军, 王建钢. 双棘黄姑鱼人工育苗技术的研究[J]. 海洋科学, 2004, 28(10): 34-37.
Shi Zhaohong, Xia Lianjun, Wang Jiangang. A study on artificial propagation technique of *Nibea diacanthus* (Lacp de)[J]. Marine Sciences, 2004, 28(10): 34-37.
[19] 施兆鸿, 复连军, 王建钢, 等. 盐度对黄鲷胚胎发育及早期仔鱼影响[J]. 水产学报, 2004, 28(4): 599-603.
Shi Zhaohong, Xia Lianjun, Wang Jiangang, 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(4): 599-603.
[20] 施兆鸿, 陈波, 彭士明, 等. 盐度胁迫下点带石斑鱼(*Epinephelus malabaricus*)胚胎及卵黄囊仔鱼的形态变化[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(3): 222-227.
Shi Zhaohong, Chen Bo, Peng Shiming, et al. The morphological change under salinity stress in development of yolk sac larvae of *Epinephelus malabaricus*[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2008, 39(3): 222-227.
[21] 徐永江, 柳学周, 马爱军, 等. 半滑舌鳎胚胎发育及仔稚鱼生长与盐度的关系[J]. 海洋科学, 2005, 29(11): 39-44.
Xu Yongjiang, Liu Xuezhou, Ma Aijun, et al. Effects of salinity on embryonic development and growth of early life stages of *Cynoglossus semilaevis* Günther[J]. Marine Sciences, 2005, 29(11): 39-44.
[22] 林锦宗, 黄厦前, 郑金宝, 等. 盐度对秋冬季生殖真鲷的胚胎发育和仔鱼成活的影响[J]. 厦门水产学院学报, 1994, 16(2): 10-15.
Lin Jinzong, Huang Xiaqian, Zheng Jinbao, et al. The effects of salinity on the embryonic development and larval survival of the autumn-winter spawning groups of red porgy, *Pagrosomus major* (T.et S)[J]. Journal of Xiamen Fisheries College, 1994, 16(2): 10-15.
[23] 陈昌生, 纪荣兴, 黄佳鸣. 高体鰤胚胎、早期仔鱼发育与盐度的关系[J]. 上海水产大学学报, 1997, 6(1): 5-10.
Chen Changsheng, Ji Rongxing, Huang Jiaming. The relationship between the salinity and the embryonic, early larval development in *Seriola dumerili*[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1997, 6(1): 5-10.

Embryonic development of *Nibea albiflora* and the effects of temperature and salinity on embryogenesis

HUANG Xian-ke[1, 2], SHAN Le-zhou[1, 2], YAN Mao-cang[1, 2], CHAI Xue-liang[1, 2], HU Li-hua[1, 2], SHAO Xin-bin[1, 2]

(1. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China; 2. Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Reservation of Coastal Bio-Resource, Wenzhou 325005, China)

Received: Sep. 20, 2016
Key words: *Nibea albiflora*; embryonic development; temperature; salinity

Abstract: This study investigated the embryology and the effects of temperature and salinity on the early development of the potted maigre *Nibea albiflora*. The results showed that temperature (18–28℃) significantly influenced the hatching time and the hatched larvae, but the impact on the hatching rate was not significant. The temperature range of 24–28℃ was appropriate for embryonic development. The optimum salinity range was 26–32 for the embryonic development, and higher or lower salinity resulted in a lower hatching rate or higher larval deformity rate. The fertilized eggs sunk in water (at salinity lower than 34), suspended in water (at salinity 26–28), and floated on water (at salinity higher than 34). In addition, according to the results of Q_{10} calculation, the appropriate water temperature for embryonic development was similar to the experimental results.

(本文编辑: 谭雪静)