

温度对云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*) 胚胎发育和仔鱼活力的影响*

张廷廷^{1,3} 陈超^{1①} 施兆鸿² 李炎璐¹
于欢欢^{1,3} 任保辉⁴ 徐万土⁵

- (1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;
2. 农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室 中国水产科学研究院东海水产研究所 上海 200090;
3. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306; 4. 莱州明波水产有限公司 烟台 261400;
5. 宁波象山港湾水产苗种有限公司 浙江 315700)

摘要 研究了不同孵化温度(16℃、18℃、20℃、22℃、24℃、26℃、28℃和 30℃)对云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)胚胎发育的影响,记录并分析不同温度处理组受精 12 h 后的胚胎发育时期、受精卵的孵化周期、孵化率和初孵仔鱼的畸形率,并对初孵仔鱼进行不同温度下的饥饿耐受性实验,测定其每天的存活率和生存活力指数(Survival activity index, SAI)。结果显示,当温度在 18–28℃范围内时,胚胎均可孵化出仔鱼,且孵化时间随温度的升高而缩短,孵化时间 y 与温度 x 呈极显著的负相关关系, $y=12139x^{-1.869}$, $R^2=0.993(P<0.01)$ 。22℃时受精卵孵化率最高,为 71.01%,该温度下对应最低畸形率(9.70%),其次为 24℃时,受精卵孵化率为 65.37%,畸形率为 13.07%;温度低于 22℃时,孵化率逐渐降低,18℃时的孵化率为 24.39%;温度高于 22℃时,孵化率亦明显降低,28℃孵化率最低,为 16.11%,而畸形率的变化趋势与孵化率相反。温度为 16℃时,受精卵发育至高囊胚期后不再继续发育;温度为 30℃时,胚胎停止于胚体形成期。仔鱼的 SAI 值随着温度的升高先升高后降低,在 20℃时,SAI 值最高(25.97),仔鱼的半数死亡时间最长为 7 d;22℃时,SAI 值有所降低(22.38),仔鱼在该温度下半数死亡时间为 6 d。分析结果可知,云纹石斑鱼受精卵培育的最适温度为 22–24℃,仔鱼孵化的最适温度为 20–22℃。

关键词 云纹石斑鱼; 温度; 胚胎发育; 仔鱼活力

中图分类号 S917 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)03-0028-06

云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)俗称草斑、真油斑,隶属于硬骨鱼纲、鲈形目(Perciformes)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Epinephelinae)、石斑鱼属。云纹石斑鱼为暖温性中下层鱼类,主要分布于韩国、日本、中国和中国台湾沿岸(郭明兰等,2008)。云纹石斑鱼体格粗壮,呈长椭圆形,侧扁,身体多为褐色或棕色,体侧有 6 条暗棕色的横带,各带下方略分叉,

与褐石斑鱼(*Epinephelus bruneus*)相似(宋振鑫等,2012)。云纹石斑鱼属于石斑鱼类中生长速度较快的鱼种,体长可达 120 cm,适应能力强,其肉味鲜美,是海水石斑鱼中的极品,具有较高的经济价值。近年来,云纹石斑鱼养殖在广东、福建、山东、江苏等地发展迅速,属于海水鱼中工厂化养殖的优良品种之一。水温是影响海水鱼类生存与生长的重要环境因

* 科技部国际合作项目(2012DFA30360)和农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室开放课题共同资助。

张廷廷, E-mail: 13256879033@163.com

① 通讯作者: 陈超, 研究员, E-mail: ysfriichenchao@126.com

收稿日期: 2015-01-21, 收修改稿日期: 2015-02-07

子之一,也是海水鱼在胚胎发育及仔鱼阶段正常生长的关键因素。当温度低于或高于其适宜范围,均会对其生长发育造成胁迫,导致较高的死亡率和畸形率。关于温度对海水鱼类早期发育阶段的影响已有报道(王涵生, 1997; 张培军, 1999)。张鑫磊等(2006)研究发现,半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)胚胎发育适宜的孵化水温为 22–23℃。张海发等(2006)对斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*)研究中得出其胚胎发育及仔鱼生长最适温度范围均为 24–26℃。云纹石斑鱼(*E. moara*) (♀)与七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*) (♂)杂交 F₁ 代胚胎发育的适宜温度范围为 17–25℃,仔鱼在 17–21℃时生长活力最好(于欢欢等, 2014)。由以上研究结果可知,不同鱼类其受精卵最适孵化水温和初孵仔鱼最佳培育温度存在种间差异。

温度和盐度对云纹石斑鱼早期幼鱼生长和存活的影响已有相关报道(刘银华等, 2014),但有关温度对云纹石斑鱼胚胎发育与苗种培育阶段的影响研究尚未见报道。本研究对云纹石斑鱼受精卵孵化和仔鱼阶段最适温度范围进行初步研究,分析其生长速率、孵化率及畸形率与温度的关系,为人工繁育过程中提高孵化率及育苗成活率提供理论依据,为石斑鱼等其他鱼种的生产 and 研究提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 材料来源

2014年5月29日–6月9日在山东莱州明波水产有限公司选取健康、生长活力旺盛且体表色泽鲜亮的云纹石斑鱼亲鱼,通过人工注射催产激素和人工授精获得受精卵。受精卵的孵化水温为 23–24℃,孵化盐度为 30, pH=7.8, 静水孵化。经显微镜镜检后,挑选正常发育的受精卵用于实验。另外取部分受精卵置于孵化桶中,微充气流水孵化,孵化条件同上。待仔鱼孵化出膜后,挑选正常的仔鱼用于饥饿耐受性实验。

1.2 不同温度条件下受精卵的孵化实验

云纹石斑鱼的适宜生长水温为 18–27℃(梁友等, 2011),故本实验设置 8 个温度梯度,即 16℃、18℃、20℃、22℃、24℃、26℃、28℃和 30℃,每组设 3 个平行。用恒温水浴槽控制水温,温控范围±0.5℃。待受精卵发育至两细胞期时,放入 1000 ml 烧杯中,每个烧杯中放入 100 粒受精卵,将其置于调好温度的恒温水浴槽中。孵化盐度为 30, pH=7.8, 静水孵化,每隔 8 h 换水 1 次,更换约 2/3 体积的海水。观察云纹石斑鱼受精卵的发育状况、不同温度下胚胎的发育

形态,记录各组的孵化周期、孵化率和初孵仔鱼的畸形率。孵化率是指成形仔鱼所占的百分比;畸形率是指尾部或脊柱弯曲、油球异位或异数个体所占初孵仔鱼的百分比。

1.3 不同培育温度下仔鱼不投饵存活系数的测定

温度梯度设置与 1.2 相同。挑选发育正常、活力好的初孵仔鱼各 100 尾放入盛有 1000 ml 海水的烧杯中,每组设 3 个平行(A、B、C),置于调控好实验温度的恒温水浴槽中,盐度为 30, pH=7.8, 静水培育,不投饵。仔鱼的活力以不投饵存活系数为衡量指标(Survival activity index, SAI)(张海发等, 2006)。每天记录死亡仔鱼数至仔鱼全部死亡,比较各组的 SAI 值。仔鱼的生存活力指数用下列公式计算。

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

式中, N 为实验起始时仔鱼的数量, h_i 为第 i 天时仔鱼的累积死亡数量, k 为仔鱼全部死亡的天数(新闻脩子ち, 1981)。

1.4 数据处理

孵化率=孵出仔鱼数/受精卵数×100%;

畸形率=孵出的畸形仔鱼/孵出仔鱼总数×100%;

存活率=(N_t/N_0)×100%;

式中, t 为实验开始时间(d), N_t 为最终存活的仔鱼数目, N_0 为实验起始时仔鱼尾数。

培育周期是指同一批受精卵中有 50%孵化出膜时所用的时间。实验数据以平均值±标准差表示,用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差(ANOVA)统计分析。并采用 Duncan's 多重比较法检验组间差异, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果

2.1 不同温度对受精卵孵化的影响

云纹石斑鱼受精卵无色透明,呈圆球状,卵径为 (0.87±0.01) mm,中央有 1 个油球,其油球径为(0.22±0.02) mm。实验过程中,除温度不同外,其他条件均保持一致。水温对云纹石斑鱼受精卵的孵化率、初孵仔鱼畸形率及胚胎孵化时间的影响见表 1。随着温度的升高,胚胎发育速度亦随之加快,18℃时的孵化时间(53.75 h)是 28℃(23.5 h)时的两倍多。在实验进行 12 h 后,分别观察不同温度下胚胎的发育情况,16℃与 18℃两组的受精卵发育最慢,均发育至高囊胚期;30℃下的受精卵超过半数已发育至胚体形成期。受精卵的

表 1 不同温度条件下云纹石斑鱼受精卵的孵化
Tab.1 Hatching of the fertilized eggs of *E. moara* at different temperature

项目 Items	温度 Temperature(°C)							
	16	18	20	22	24	26	28	30
12 h 受精卵发育 Embryonic development of fertilized egg at 12 h	高囊胚 High blastula	高囊胚 High blastula	低囊胚 Low blastula	原肠前期 Early gastrula stage	原肠中期 Middle gastrula stage	原肠末期 Late gastrula stage	原肠末期 Late gastrula stage	胚体形成期 Embryo body stage
孵化时间 Hatching time (h)	止于高囊胚 Stopped at high blastula stage	53.75±0.37 ^a	45.00±2.11 ^b	36.00±0.20 ^c	33.50±0.55 ^c	26.00±1.65 ^d	23.50±0.24 ^d	止于胚体形成期 Stopped at embryo body stage
孵化率 Hatching rate (%)	—	24.39±4.71 ^d	53.54±3.99 ^b	71.01±1.92 ^a	65.37±5.63 ^a	45.25±3.97 ^c	16.11±7.41 ^e	—
畸形率 Deformity rate (%)	—	17.32±3.31 ^c	11.33±5.37 ^d	9.70±0.96 ^d	13.07±1.36 ^{cd}	24.64±2.80 ^b	45.91±4.61 ^a	—

注：表中各项指标为平均值±标准差，同一行数值右上角不同字母表示差异显著($P < 0.05$), $n=3$

Note: The indices in the table were all denoted as $\bar{X} \pm SD$, data in the upper right with different superscripts are significantly different, $P < 0.05$, $n=3$

孵化时间随着温度的升高而缩短，孵化时间与温度呈极显著的负相关关系(图 1), $y=12139x^{-1.869}$, $R^2=0.993$ ($P < 0.01$) (y 代表孵化时间, x 代表温度)。

当温度在 18–28°C 范围内时，云纹石斑鱼受精卵均能孵化出仔鱼；当温度为 16°C 时，胚胎发育至高囊胚后便不再继续分裂；当温度为 30°C 时，受精卵发育至胚体形成期终止发育，极少数到达尾芽期。受精卵的孵化率与温度有明显相关关系，在 18–28°C 范围内，孵化率呈现先升高后降低的趋势，在 22°C 时具有最高的孵化率(71.01%)，其次是 24°C，孵化率为 65.37%，在 28°C 孵化率最低(16.11%)。对孵化率进行多项式回归分析，得到回归方程： $y=0.045x^3-5.102x^2+160.770x-1481.6$, $R^2=0.995$ (y 代表

温度) (图 2)。

初孵仔鱼的畸形率与孵化温度有着显著性关系。20–24°C 范围内，初孵仔鱼的畸形率较低，均在 10% 左右，当温度低于或高于此范围时，畸形率明显升高。22°C 畸形率最低，为 9.7%，而 28°C 畸形率高，达 45.91%。对畸形率进行多项式回归分析(图 2)，得回归方程： $y=0.841x^2-36.067x+395.110$, $R^2=0.993$ (y 代表畸形率, x 代表温度)。

2.2 不同温度条件对仔鱼饥饿耐受性的影响

不同温度下测定的云纹石斑鱼仔鱼的不投饵存活系数(SAI 值)见图 3。在温度 16–20°C 范围内，随着温度的增加，仔鱼的 SAI 值逐渐升高；到达 20°C 后，

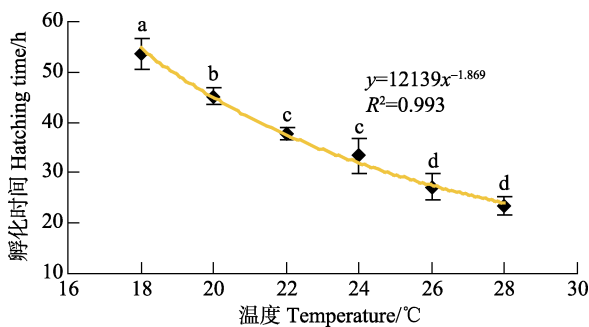


图 1 温度对云纹石斑鱼受精卵孵化时间的影响
Fig.1 Effect of temperature on the hatching time of *E. moara* embryo

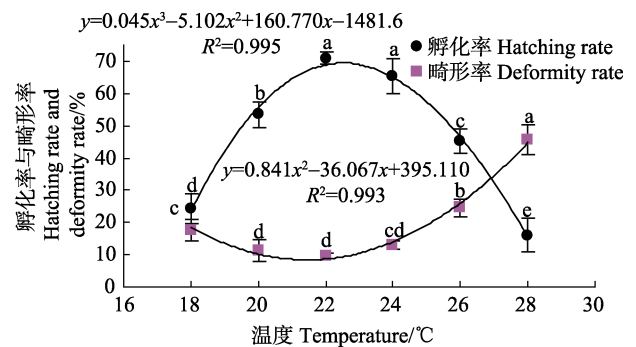


图 2 温度对云纹石斑鱼受精卵孵化率与畸形率的影响
Fig.2 Effect of temperature on the hatching rate and deformity rate of *E. moara* embryo

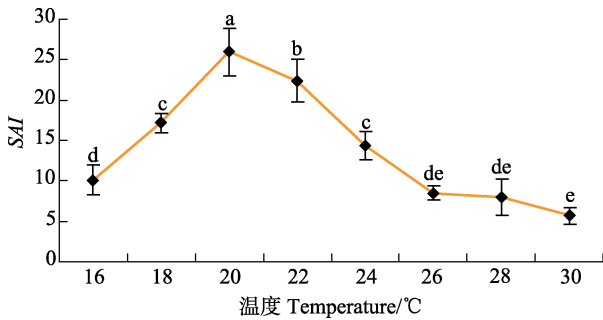


图3 不同温度下云纹石斑鱼仔鱼的SAI值
Fig.3 SAI of *E. moara* larva at different temperature

仔鱼的SAI值随着温度的升高大幅度降低。温度为20℃时,具有最大SAI值(25.97±3.19),其次是22℃时,SAI值为22.38±2.30。当温度超过26℃时,SAI值均在10以下,30℃时仔鱼的不投饵存活系数最小,为5.69±0.79。

实验中测得仔鱼的半致死时间的变化趋势(图4)与SAI的一致,均为先增加后减少。在20℃下的半致死时间最长,为7d;30℃下的半致死时间最短,为2.7d。

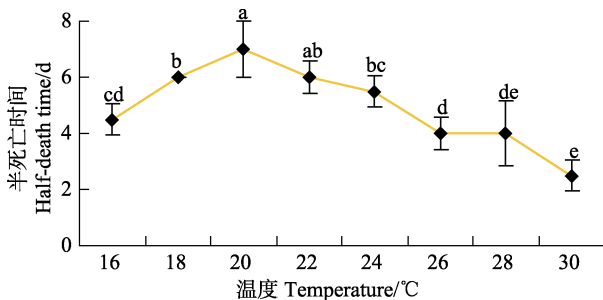


图4 不同温度下云纹石斑鱼仔鱼的半数死亡时间
Fig.4 Half-death time of *E. moara* larva at different temperature

3 讨论

3.1 温度对云纹石斑鱼胚胎发育的影响

温度是影响鱼类受精卵孵化的重要因素,不同鱼种受精卵孵化所要求的温度条件不同,并且对温度的适应范围也有明显的差异(张培军,1999)。至今,国内外多位学者已针对温度对鱼类受精卵孵化的影响开展了大量的研究,这些工作为水产养殖产业提供了理论指导和科学依据(王宏田等,1998)。尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)受精卵孵化最适的温度范围为24–30℃(强俊等,2008)。鲤(*Cyprinus carpio* L.)受精卵孵化适宜的水温范围为20–30℃(郭永军等,2004)。孵化水温对美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)胚胎的发育有

显著影响,在25–28℃的水温条件下孵化时,具有较高的孵化率,低于此温度范围时,孵化率随着温度的降低而降低,且培育时间也随之延长(阮树会等,2000)。

在不同温度对云纹石斑鱼受精卵孵化影响的实验中,选取培育周期、孵化率、畸形率以及12h后胚胎的发育状况作为指标进行衡量,来评定温度对受精卵孵化的影响。随着温度的逐渐递增,受精卵孵化率先升高再降低,而初孵仔鱼畸形率的变化趋势与之相反。该结果与温度对其他海水鱼的影响基本一致(陈舒泛等,2003)。楼允东(1965)认为,鱼类胚胎的孵化出膜主要依靠两方面的作用:胚体的运动和孵化酶的作用。温度是影响酶的催化活性的最重要的外界因素之一,酶只有在其适宜的温度范围之内拥有最大活性,当温度在其适宜范围之外时,酶活力会大大降低,且高温下酶失活后活性不可逆(袁勤生,2012)。

本研究中,受精卵的培育时间与温度呈明显的负相关关系,18℃时的培育时间是28℃时的两倍多。低温条件下,胚胎发育比较缓慢,低温抑制了胚胎孵化酶的分泌和催化活性。樊廷俊等(2002)指出,在胚胎发育过程中,温度降低不仅显著延迟孵化,而且胚胎的存活率也降低至6.5%–47%。当温度到达30℃时,受精卵发育至胚体形成期便停止分裂,长时间的高温使孵化酶分泌受到抑制或过早消耗,最终导致绝大多数的胚胎无法破膜而出。22–24℃条件下云纹石斑鱼受精卵的孵化率最高、初孵仔鱼的活力最好、畸形率最低。不同鱼类胚胎的孵化酶最适宜的温度范围不同,本实验中22–24℃条件下云纹石斑鱼受精卵的孵化率最高、初孵仔鱼的活力最好、畸形率最低,由此可推断,云纹石斑鱼胚胎中孵化酶在22–24℃条件下,具有较高的催化活性。因此,在工厂化生产中,云纹石斑鱼受精卵最适宜的孵化水温是22–24℃,水温最低不宜低于20℃,最高不宜超过26℃。

3.2 温度对仔鱼饥饿耐受性的影响

仔鱼存活时间长短与受精卵的质量、卵黄等内源性营养物质的数量和质量、亲鱼的营养状态以及仔鱼生活环境等因素相关(Blaxter *et al.*, 1963),而温度是影响仔鱼生存的重要环境因素之一,温度较高或较低均会影响仔鱼的存活与生长,仔鱼的生命活动包括细胞分化、器官形成、组织间相互作用等一系列过程,这些过程的生理生化反应都涉及到一系列的酶促反应,温度正是影响酶活力的关键因子,因此,温度过高或过低都会影响到仔鱼的存活率与生长率。

初孵仔鱼进行生命活动所需要的能量来源于卵

黄囊与油球(李兵等, 2012)。仔鱼口裂形成后, 开始由内源性营养向外源性营养逐渐过渡。柳敏海等(2006)认为, 点带石斑鱼仔鱼在不投饵条件下的存活时间与水温呈负相关, 温度越高, 仔鱼的发育越快, 卵黄囊与油球内的营养物质消耗越快, 外源性营养阶段就会提前, 仔鱼死亡速度将会加快。在本实验中, 通过测定初孵仔鱼 SAI 值与半数死亡时间可以判断仔鱼的活力。张海发等(2006)认为, 仔鱼在无外界食物供给情况下, SAI 值越大, 说明仔鱼的活力越高, 并由此可以判断受精卵的质量。SAI 值越大, 半致死时间越长, 仔鱼活力就越好, 用于苗种培育时的成活率就越高。本研究中, SAI 值呈先升高再降低的变化趋势, 温度为 20℃时具有最高 SAI 值(25.97±3.19), 半数死亡时间最长, 为 7 d, 其次是 22℃时的 SAI 值为 22.38±2.30, 半数死亡时间为 6 d。18℃时的半数死亡时间虽然也为 6 d, 但此时的 SAI 值只有 18.54±1.15, 明显低于前两者, 当温度超过 26℃时, SAI 值均在 10 以下, 30℃时, 仔鱼的不投饵存活系数最低, 为 5.69±0.79, 该温度下的半数死亡时间为 2.5 d。由此得出, 在 20–22℃时, 仔鱼具有最大的活力, 苗种的成活率较高。

综上所述, 在云纹石斑鱼苗种生产繁育的过程中, 最适宜的孵化水温为 20–24℃, 仔鱼孵化后最适宜的培育水温为 20–22℃, 可以保障获得更多的优质苗种。本研究只针对仔鱼阶段开展了相关实验, 温度对稚鱼和幼鱼生长发育的影响有待于做深入的观察和分析, 从而为云纹石斑鱼苗种的繁育提供更加完善的理论指导和科学依据。

参 考 文 献

- 于欢欢, 李炎璐, 陈超, 等. 云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*) (♀)×七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)(♂)杂交 F₁ 胚胎发育和仔鱼活力的影响. 渔业科学进展, 2014, 35(5): 109–114
- 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, 3(4): 50–64
- 王涵生. 海水盐度对牙鲆仔稚鱼的生长、存活率及白化率的影响. 海洋与湖沼, 1997, 28(4): 399–405
- 刘银华, 钟幼平, 曾庆民, 等. 温度和盐度对云纹石斑鱼早期幼鱼生长和存活的影响. 集美大学学报(自然科学版), 2014, 19(4): 241–246
- 阮树会, 原永党, 曲永琪, 等. 温度和盐度的变化对美国红鱼受精卵孵化的影响. 海洋湖沼通报, 2000(1):30–35
- 李兵, 钟英斌, 吕为群. 大黄鱼早期发育阶段对盐度的适应性. 上海海洋大学学报, 2012, 21(2): 204–211
- 宋振鑫, 陈超, 翟介明, 等. 云纹石斑鱼生物学特性及人工繁育技术研究进展. 渔业信息与战略, 2012, 27(1): 47–53
- 张海发, 刘晓春, 王云新, 等. 温度、盐度及 pH 对斜带石斑鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响. 热带海洋学报, 2006, 25(2): 31–36
- 张培军. 海水鱼类繁殖发育和养殖生物学. 济南: 山东科学技术出版社, 1999, 1–207
- 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. 渔业科学进展, 2006, 24(3): 342–348
- 陈舒泛, 周昕, 华元渝, 等. 温度对全人工繁殖暗纹东方鲀胚胎发育的影响. 水利渔业, 2003, 23(3): 5–6
- 柳敏海, 施兆鸿, 陈波, 等. 饥饿对点带石斑鱼饵料转换期仔鱼生长和发育的影响. 海洋渔业, 2006, 28(4): 292–298
- 袁勤生. 酶与酶工程. 上海: 华东理工大学出版社, 2012, 18
- 郭永军, 陈成斌, 李占军. 水温和盐度对鲤鱼(*Cyprinus carpio* L.)胚胎和前期仔鱼发育的影响. 天津农学院学报, 2004, 11(3): 6–9
- 郭明兰, 苏永全, 陈晓峰, 等. 云纹石斑鱼与褐石斑鱼形态比较研究. 海洋学报, 2008, 30(6): 106–114
- 梁友, 倪琦, 王印庚, 等. 云纹石斑鱼规模化人工繁育技术研究. 渔业现代化, 2011, 38(5): 31–34
- 强俊, 李瑞伟, 王辉. 温度对奥尼罗非鱼受精卵孵化和仔鱼活力的影响. 淡水渔业, 2008, 38(4): 25–29
- 楼允东. 鱼类的孵化酶. 动物学杂志, 1965, 7(3): 97–101
- 新闻脩子. カサゴ親魚の生化学的性状と仔魚の活力について. 養殖研報, 1981(2): 11–20
- 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
- Blaxter JHS, Hempel G. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). *Ices J Mar Sci*, 1963, 28(2): 211–240

(编辑 冯小花)

Effects of Temperature on the Embryonic Development and Larval Activity of *Epinephelus moara*

ZHANG Tingting^{1,3}, CHEN Chao^{1①}, SHI Zhaohong², LI Yanlu¹,
YU Huanhuan^{1,3}, REN Baohui⁴, XU Wantu⁵

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Key Laboratory of East China Sea & Oceanic Fishery Resources Exploitation and Utilization, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Shanghai 200090; 3. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 4. Laizhou Mingbo Fisheries Limited Company, Yantai 261400; 5. Xiangshan Gangwan Aquatic Seedlings Limited Company of Ningbo, Zhejiang 315700)

Abstract In this study we investigated the effect of incubation temperatures (16°C, 18°C, 20°C, 22°C, 24°C, 28°C, and 30°C) on the embryonic development and larval activity of the *Epinephelus moara*. The stage of embryonic development after 12 hours of hatching, the hatching rate and the deformity rate of newly-hatched larvae were also measured and analyzed. We performed the starvation test on the newly-hatched larvae and evaluated their daily survival rate and the survival activity index (SAI) at different temperatures. It showed that the embryos could be hatched at 18–28°C. The hatching time was negatively correlated to the temperature as shown in the equation $y=12139x^{-1.869}$ ($R^2=0.993$, $P<0.01$), in which y was the hatching time and x was the temperature. The highest hatching rate (71.01%) and the lowest deformity rate (9.7%) were observed at 22°C. A lower hatching rate (65.37%) and higher deformity rate (13.07%) appeared at 20°C. The hatching rate decreased gradually when the temperature was below 22°C, and reached 24.39% at 18°C. The hatching rate also decreased significantly when the temperature was above 22°C, and the lowest hatching rate (16.11%) appeared at 28°C. The effect of temperature on the deformity rate of newly-hatched larvae showed an opposite pattern. The embryonic development stopped at the stage of blastula at 16°C. At 30°C, the cell dividing ceased at the embryo body stage. The SAI first increased and then decreased along with the rise in the temperature. At 20°C, SAI of the larva was the highest (25.97) with the longest half-death time of 7 d. Therefore, the optimal hatching temperature for the fertilized eggs of *E. moara* could be 22–24°C, and the most suitable temperature for the survival of newly-hatched larvae could be 20–22°C.

Key words *Epinephelus moara*; Temperature; Embryonic development; Larval activity

① Corresponding author: CHEN Chao, E-mail: ysfrichenchao@126.com