

技术报告

温度和盐度对栉江珧受精卵孵化及早期幼虫生长与存活的影响*

李浩浩, 于瑞海, 杨智鹏, 李琪**

(中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003)

摘要: 室内条件下,通过单因素实验设计方法,研究了温度(18、22、26、30、34℃)和盐度(15、20、25、30、35)对栉江珧(*Atrina pectinata*)受精卵孵化及早期幼虫生长与存活的影响。研究表明:栉江珧受精卵的适宜孵化温度为22~30℃,最适温度为26℃(孵化率为73%);适宜孵化盐度为25~30,最适盐度为30(孵化率为70%)。栉江珧早期幼虫生长的适宜温度为22~30℃,最适温度为26℃(壳长日生长率为4.7 μm/d,存活率为50%(7 d));适宜盐度为20~30,最适盐度为25(壳长日生长率为4.5 μm/d,存活率为55%(7 d))。研究结果表明:栉江珧受精卵孵化的适宜温、盐条件为温度22~30℃,盐度25~30;早期幼虫生长发育的适宜温、盐条件为温度22~30℃,盐度20~30。本研究为栉江珧人工育苗提供了重要的基础资料。

关键词: 栉江珧;温度;盐度;受精卵;幼虫;生长发育

中图分类号: S968.3

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2017)04-022-06

DOI: 10.16441/j.cnki.hdx.20150351

引用格式: 李浩浩, 于瑞海, 杨智鹏, 等. 温度和盐度对栉江珧受精卵孵化及早期幼虫生长与存活的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2017, 47(4): 22-27.

LI Hao-Hao, YU Rui-Hai, YANG Zhi-Peng, et al. Effects of temperature and salinity on hatching, early larval growth and survival of pen shell *Atrina pectinata*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2017, 47(4): 22-27.

栉江珧(*Atrina pectinata*)俗称“大海红”,属于软体动物门(Mollusca)瓣鳃纲(Lamellibranchia)^[1],在中国、日本和朝鲜半岛沿海均有分布。栉江珧闭壳肌肉质细嫩鲜美,深受国内外消费者的喜爱^[1]。近年来,随着环境污染的加重和捕捞强度的加大,栉江珧野生资源总量急剧减少,产量难以满足市场消费需求^[2-3],因此,开展栉江珧的苗种繁育研究对其种质资源保护和满足市场需求具有重要意义。

温度和盐度环境因子是影响贝类胚胎发育及幼虫生长存活的重要因素^[4-6]。在海洋生态系统中,这两个环境因子决定了生物的分布和生存,且贝类的生活习性和地理分布也直接影响其对温度和盐度的耐受力^[4]。温度与贝类胚胎发育及早期幼虫的生长、发育、摄食等生命过程密切相关,例如:18℃时薄片镜蛤(*Dosinia laminata*)受精卵不能发育成D型幼虫,幼虫在34℃条件下,活力低下,摄食减少,死亡率^[7]。当外界环境盐度不适宜时,会影响贝类胚胎发育及早期

幼虫的摄食和代谢,最终导致生长率和存活率的下降^[8],例如:盐度为10、40时,翡翠贻贝(*Perna viridis*)受精卵不能发育至D形幼虫,其幼虫在盐度25时,生长速度最快、存活率最高^[9]。在贝类育苗过程中,浮游幼虫对温度和盐度环境因子比较敏感^[4,8]。掌握浮游幼虫发育生长的适宜温度和盐度,对于提高贝类苗种产量有重要意义。

国内外学者已开展了栉江珧的人工育苗和养殖技术生态学等方面的研究^[10-12]。郭世茂等培育出一定数量的苗种,但存在一定的偶然性,人工育苗还不能稳定得到栉江珧的苗种^[13]。至今,尚未有关于环境因子对栉江珧幼虫生长发育影响方面的研究报道。因此,本研究不同温度和盐度对栉江珧受精卵孵化及早期幼虫生长与存活的影响,获得栉江珧受精卵孵化及早期幼虫生长的适宜温度和盐度,将为栉江珧的人工育苗提供重要的基础资料。

* 基金项目: 国家十二五科技支撑计划项目(2011BAD13B01); 国家海洋公益性行业科研专项项目(201305005); 山东省科技发展计划项目(2014GHY115002)资助

Supported by This work was supported by Scientific and Technical Supporting Program (2011BAD13B01), National Marine Public Welfare Research Program(201305005), Science and Technology Development Program of Shandong Province (2014GHY115002)

收稿日期: 2015-10-14; 修订日期: 2016-03-15

作者简介: 李浩浩(1991-), 男, 硕士生, 主要从事贝类遗传育种研究。E-mail: haohaoli1110@126.com

** 通讯作者: E-mail: qili66@ouc.edu.cn

1 材料与方法

1.1 实验动物

实验用栉江珧亲贝为 2015 年 4 月采自日照海区的 2~4 龄贝。

1.2 受精卵的孵化

亲贝在室内暂养促熟,待其成熟后,挑选发育良好的亲贝,镜检选择精卵成熟度高的个体解剖获得精卵。将卵液用 200 目筛绢滤去较大组织块后,再用 400 目筛绢去除组织液和微小杂质,用浓度为 0.008%~0.014%氨海水泡卵 40~60 min;精液用 300 目筛绢过滤,收集。检查精卵状态,人工授精,受精后计算受精率(受精率=卵裂的细胞/总细胞数 \times 100%)。取部分受精卵作为孵化期的试验材料;余下的受精卵在 70L 水桶里孵化,孵化后选取活力较好的 D 形幼虫,用于早期幼虫的温度和盐度实验。

1.3 温度实验

温度实验梯度设置为 18、22、26、30 和 34 $^{\circ}$ C。试验在 2 L 塑料烧杯中进行,采用加热管及冰袋进行控温,温度精度控制在 $\pm 0.5^{\circ}$ C,各温度组均设 3 个重复。栉江珧受精卵孵化的海水盐度为 30(预试验结果显示,受精卵的孵化盐度为 30 较好),孵化密度为 30~50 个/mL,测定各组孵化率和孵化时间。培育浮游幼虫的海水盐度为 25(预试验结果显示,幼虫的生长发育盐度 25 较好),幼虫培育密度为 5~10 个/mL,每天半量换等温海水,投饵量为 1 万~3 万个/mL,用金藻(*Chrysophyta*)和小球藻(*Chlorella*)(体积比为 1:1)混合投喂,分 3 次投喂。每 2 天取样 1 次,测定并计算各组幼虫的生长和存活率。

1.4 盐度实验

盐度实验梯度设置为 15、20、25、30 和 35。试验在 2 L 塑料烧杯中进行,通过向海水中加淡水和添加人工海水控制各组盐度,用手持盐度折射仪(日本 ATAGO 公司)测定盐度,各盐度组均设 3 个重复。栉江珧受精卵孵化的海水温度为 26 $^{\circ}$ C(预试验结果显示,受精卵的孵化温度为 26 $^{\circ}$ C 较好),孵化密度为 30~50 个/mL,测定各组孵化率和孵化时间。培育浮游幼虫的海水温度为 26 $^{\circ}$ C(预试验结果显示,幼虫的生长发育温度为 26 $^{\circ}$ C 较好),幼虫培育密度为 5~10 个/mL,每天半量换等盐度海水,投饵量为 1 万~3 万个/mL,用金藻和小球藻(体积比为 1:1)混合投喂,分 3 次投喂。每 2 d 取样 1 次,测定并计算各组幼虫的生长和存活率。

1.5 数据处理

幼虫的壳长、壳高在目显微镜下测量,每次每组随机测量 30 个个体。所有的统计分析均使用软件 SPSS19.0 进行,用单因素方差分析(ANOVA, Duncan)进行显著性 t

检验,以 $P < 0.05$ 作为差异显著水平。

孵化率 = D 形幼虫数 / 受精卵数 $\times 100\%$;

孵化时间 = 90% 幼虫到达 D 形幼虫所用的时间;

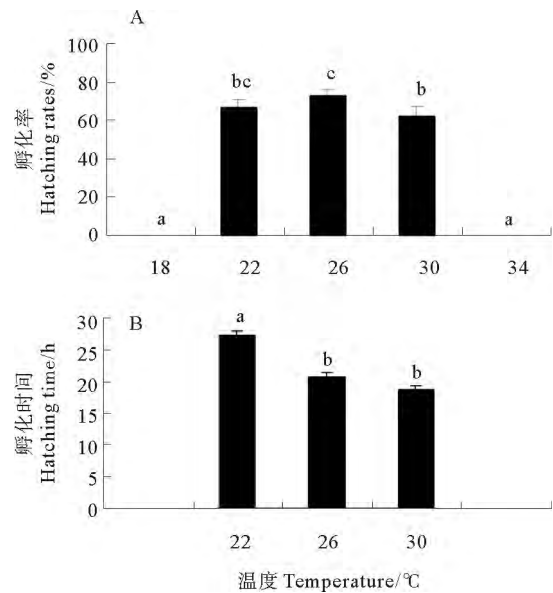
幼虫存活率 = 浮游幼虫数 / 试验开始时幼虫总数 $\times 100\%$;

壳顶幼虫率 = 壳顶幼虫数 / 幼虫总数 $\times 100\%$ 。

2 结果

2.1 温度对栉江珧受精卵孵化的影响

在 18~34 $^{\circ}$ C 温度范围内,栉江珧受精卵的孵化率随着温度的升高先升高后降低。26 $^{\circ}$ C 组的孵化率最高(73%),略高于 22 $^{\circ}$ C(67%)组,显著高于 18(0)、30(62%)和 34 $^{\circ}$ C(0)组($P < 0.05$)(见图 1A);18 和 34 $^{\circ}$ C 组的畸形胚胎较多,受精卵无法发育至 D 形幼虫,温度为 22、26、30 $^{\circ}$ C 组可以得到 D 形幼虫,栉江珧受精卵的孵化时间在 22~30 $^{\circ}$ C 温度范围内,随着温度的升高而降低,30 $^{\circ}$ C 组孵化时间最短(19 h),略低于 26 $^{\circ}$ C 组,显著低于 22 $^{\circ}$ C 组($P < 0.05$)(见图 1B)。故栉江珧受精卵的适宜孵化温度为 22~30 $^{\circ}$ C,最适温度为 26 $^{\circ}$ C(见图 1)。



(A: 温度对孵化率的影响; B: 温度对孵化时间的影响。标有相同小写字母者表示组间无显著性差异($P > 0.05$)。A: The hatching rates at different temperature; B: The hatching time at different temperature. Means with the same symbol are not significantly different ($P > 0.05$).

图 1 温度对栉江珧受精卵孵化的影响

Fig. 1 Effects of temperature on the hatching of

A. pectinata zygotes

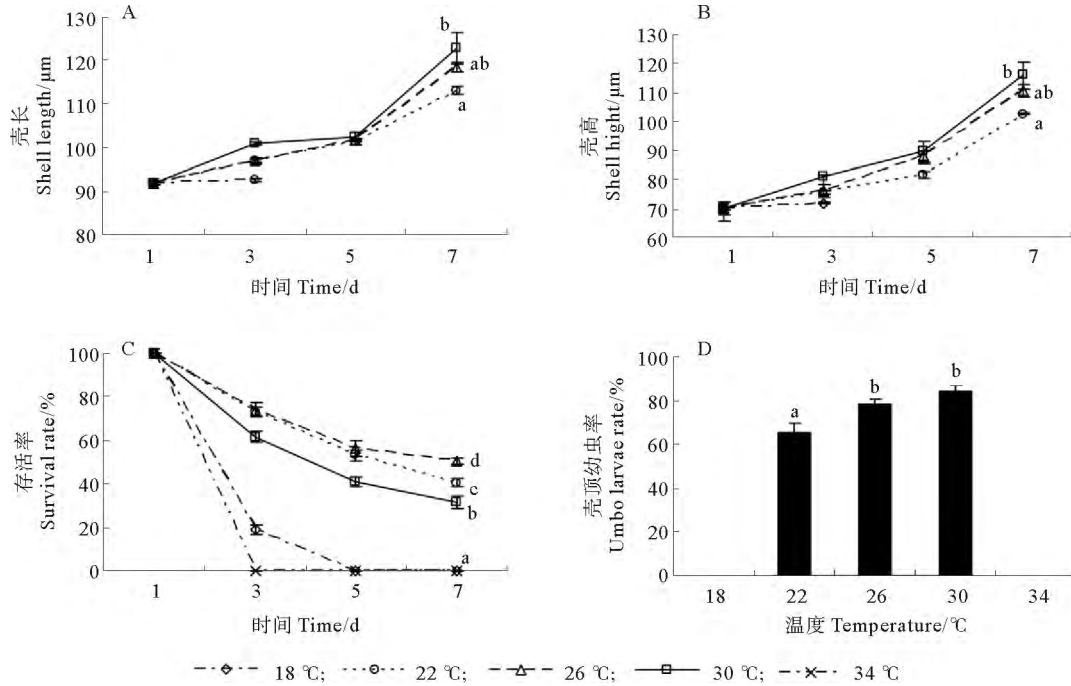
2.2 温度对栉江珧早期幼虫生长和存活的影响

温度对栉江珧浮游幼虫壳长、壳高生长的影响趋势基本相同。18 和 34 $^{\circ}$ C 组幼虫无法发育至壳顶幼虫时期,壳长、壳高基本无生长(见图 2, A、B 和 D); 22、26、30 $^{\circ}$ C 条件下幼虫的生长较好,幼虫发育至第 7 天时,壳长 \times 壳高分别为 113 $\mu\text{m} \times 102 \mu\text{m}$ 、118 $\mu\text{m} \times 110 \mu\text{m}$ 、123 $\mu\text{m} \times 116 \mu\text{m}$, 30 $^{\circ}$ C 组幼虫的壳长和壳高均为各组最

大,略高于 26 °C 组,显著大于 22 °C 组($P < 0.05$),且壳长和壳高日增长速度也最大,为 5.2 和 7.6 $\mu\text{m}/\text{d}$ (见图 2, A 和 B);第 7 天时,30 °C 组壳顶幼虫率为 84%,高于 26 °C 组,显著大于 22 °C 组($P < 0.05$)(见图 2D)。

温度对栉江珧早期幼虫的存活有显著影响。18 和 34 °C 组出现幼虫活力下降、下沉等现象,存活率大幅度

降低,幼虫在第 5 天已全部死亡,显著低于其他各组($P < 0.05$)(见图 2C);幼虫发育至第 7 天时,22~30 °C 各组均有较高的存活率,26 °C 组存活率最高(50%),显著高于 22(40%)和 30 °C(31%)($P < 0.05$)组(见图 2C)。实验结果表明,栉江珧早期幼虫生长的适宜温度为 22~30 °C,最适温度为 26 °C。



(A: 温度对幼虫壳长的影响; B: 温度对幼虫壳高的影响; C: 温度对幼虫存活的影响; D: 温度对幼虫壳顶率的影响(7 d)。标有相同小写字母表示组间无显著性差异($P > 0.05$)。A: The mean shell length at different temperature; B: The mean shell height at different temperature; C: The survival rate at different temperature; D: The umbo larvae rate at different temperature(7 d). Means with the same symbol are not significantly different ($P > 0.05$.)

图 2 温度对栉江珧早期幼虫生长与存活的影响

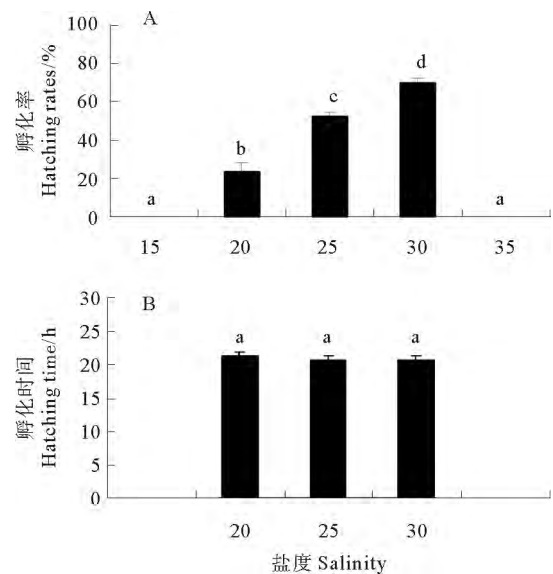
Fig. 2 Effects of temperature on the growth and survival of the early larvae of *A. pectinata*

2.3 盐度对栉江珧受精卵孵化的影响

在温度 26 °C 的条件下,在 15~35 盐度范围内,栉江珧受精卵的孵化率随着盐度的升高先升高后降低,30 盐度组的孵化率最高(70%),显著高于 15(0)、20(23%)、25(52%)和 35(0)盐度组($P < 0.05$)(见图 3A);15 和 35 盐度组的畸形胚胎较多,受精卵无法发育至 D 形幼虫,盐度为 20、25、30 盐度组可以得到 D 形幼虫,栉江珧受精卵的孵化时间在 20、25、30 盐度组之间没有差异(见图 3B)。故栉江珧受精卵的适宜孵化盐度为 25~30,最适盐度为 30(见图 3)。

2.4 盐度对栉江珧早期幼虫生长与存活的影响

盐度对栉江珧早期幼虫的生长影响显著,低盐、高盐都会抑制幼虫的生长和发育。15 和 35 盐度组幼虫无法发育至壳顶幼虫时期,壳长、壳高基本无生长(见图 4, A、B 和 D);20、25、30 盐度条件下幼虫的生长较好,幼虫发育至第 7 天时,壳长×壳高分别为 109 μm ×99 μm ,117 μm ×112 μm ,102 μm ×84 μm ,25 盐度组幼虫的壳长和壳高均为各组最大,显著大于 20 和 30 盐度组($P < 0.05$),且壳长和壳高日增长速度也最大,为



(A: 盐度对孵化率的影响; B: 盐度对孵化时间的影响,标有相同小写字母表示组间无显著性差异($P > 0.05$)。A: The hatching rates at different salinities; B: The hatching time at different salinities. Means with the same symbol are not significantly different ($P > 0.05$.)

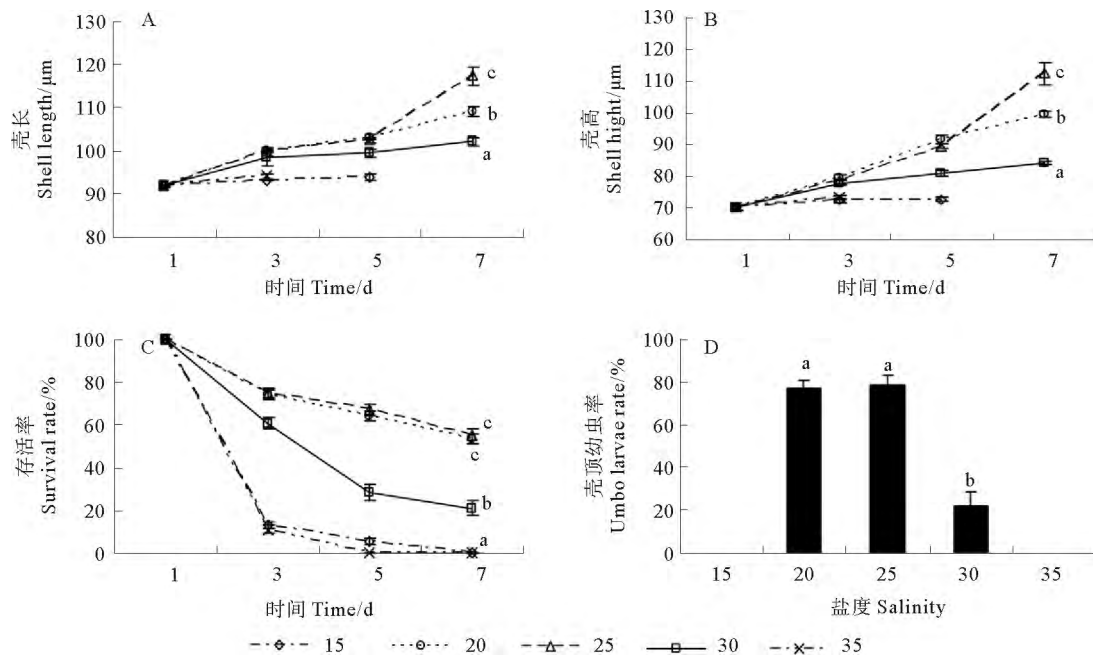
图 3 盐度对栉江珧受精卵孵化的影响

Fig. 3 Effects of salinity on the hatching of *A. pectinata* zygotes

4.5 和 7.1 $\mu\text{m}/\text{d}$ (见图 2A 和 B); 第 7 天时, 25 盐度组壳顶幼虫率为 78%, 高于 20 盐度组, 显著大于 30 盐度组($P < 0.05$)(见图 4D)。

盐度对栉江珧早期幼虫的生长有显著性影响。15 和 35 盐度组出现幼虫活力下降、下沉等现象, 存活率大幅度降低, 幼虫在第 7 天已全部死亡, 显著低于其

他各组($P < 0.05$)(见图 2C); 幼虫发育至第 7 天时, 20~30 盐度组均有较高的存活率, 25 盐度组存活率最高(55%), 略高于 20(54%) 盐度组, 显著大于 30(21%) 盐度组($P < 0.05$)(见图 2C)。实验结果表明, 栉江珧早期幼虫生长的适宜盐度为 20~30, 最适盐度为 25。



(A: 盐度对幼虫壳长的影响; B: 盐度对幼虫壳高的影响; C: 盐度对幼虫存活的影响; D: 盐度对幼虫壳顶率的影响(7d), 标有相同小写字母表示组间无显著性差异($P > 0.05$)。A: The mean shell length at different salinities; B: The mean shell height at different salinities; C: The survival rate at different salinities; D: The umbo larvae rate at different salinities(7 d). Means with the same symbol are not significantly different ($P > 0.05$).

图 4 盐度对栉江珧早期幼虫生长与存活的影响

Fig. 4 Effects of salinity on the growth and survival of the early larvae of *A. pectinata*

3 讨论

温度对贝类受精卵的孵化有显著影响, 低温和高温均会影响受精卵的孵化及幼虫生长发育^[14]。例如, 温度为 15 $^{\circ}\text{C}$ 时, 毛蚶(*Scapharca subcrenata*) 受精卵不能发育至 D 形幼虫, 温度为 35 $^{\circ}\text{C}$ 时, 毛蚶受精卵孵化率显著减少^[15]。本试验中, 18 和 34 $^{\circ}\text{C}$ 组的畸形胚胎较多, 受精卵无法发育至 D 形幼虫, 温度为 22、26、30 $^{\circ}\text{C}$ 组可以得到 D 形幼虫, 符合上述规律, 且栉江珧受精卵的孵化时间在 22~30 $^{\circ}\text{C}$ 范围内随着温度的升高而减少, 与青蛤(*Cyclina sinensis*)^[16]、脉红螺(*Rapana venosa*)^[17] 等贝类一致, 这可能是由于在高温条件下酶的活动力更高, 从而使幼虫发育速度得到加快^[4]。因此, 栉江珧的适宜孵化温度为 22~30 $^{\circ}\text{C}$, 最适温度为 26 $^{\circ}\text{C}$, 孵化的适温范围与毛蚶^[15] 相似, 高于海湾扇贝(*Argopecten irradians*)^[18], 说明栉江珧胚胎对高温的适应性较强, 这和栉江珧夏季(6~7 月)繁殖的习性相一致。

贝类幼虫的生长与存活和温度关系密切, 生物体一般有其自身的温度耐受范围, 温度过低或过高时都

会造成贝类幼虫生长缓慢, 存活率低^[4,19]。例如, 青蛤幼虫 10 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 游动缓慢, 生长发育停止; 在 34 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 幼虫畸形, 死亡率高^[16]。本实验中, 18 和 34 $^{\circ}\text{C}$ 组幼虫死亡率高, 无法发育至壳顶幼虫时期, 且壳长、壳高基本无生长, 是由于摄食减少, 生长发育畸形造成的, 也说明了栉江珧幼虫在温度小于 18 $^{\circ}\text{C}$ 或大于 34 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 是无法生存的。在贝类苗种繁育过程中, 在一定温度范围内, 提高幼虫培育水温可以促进幼虫的生长和发育, 但当水温升高到一定程度时, 幼虫的存活率会显著降低^[4]。例如, 青蛤幼虫在 22~30 $^{\circ}\text{C}$ 范围内, 随着水温升高, 其幼虫生长发育加快, 但温度为 34 $^{\circ}\text{C}$ 时, 其存活率显著降低^[16]。本实验中, 栉江珧幼虫在 22~30 $^{\circ}\text{C}$ 范围内, 30 $^{\circ}\text{C}$ 组的第 7 日的壳长、壳高及壳顶幼虫率均大于 22 和 26 $^{\circ}\text{C}$ 组, 而其存活率低于其他区 2 组。因此, 栉江珧早期幼虫生长与存活的适宜温度为 22~30 $^{\circ}\text{C}$, 最适温度为 26 $^{\circ}\text{C}$, 适宜温度范围与薄片镜蛤^[7] 和毛蚶^[15] 相近, 但高于栉孔扇贝(*Chlamys farre-ri*)^[20], 说明栉江珧幼虫对高温的适应性较强, 这和栉江珧的繁殖习性有关。

近年来,盐度对贝类受精卵孵化的影响已有较多报道,国内外学者研究了盐度对薄片镜蛤^[7]、青蛤^[17]、栉孔扇贝^[20]和牡蛎(*Crassostrea gigas*)^[21-22]等受精卵孵化的影响,发现盐度对贝类受精卵孵化影响显著,海水渗透压的改变超出受精卵的调节能力,胚胎发育终止。例如:盐度为 5、45 时,青蛤受精卵不能发育至 D 形幼虫^[16]。本试验中,15 和 35 盐度组的畸形胚胎较多,栉江珧受精卵无法发育至 D 形幼虫,盐度为 20、25、30 盐度组可以得到 D 形幼虫,受精卵的孵化时间在 20、25、30 盐度组之间没有差异,与牡蛎、翡翠贻贝等贝类一致^[9,21]。故栉江珧的适宜孵化盐度为 25~30,最适盐度为 30。这比毛蚶的胚胎发育适宜盐度范围要窄^[15],和大獭蛤胚胎发育适宜盐度范围相近^[23],说明栉江珧胚胎对低盐的适应性较强,这可能与栉江珧夏季(6—7月)(多雨)繁殖的习性有关。

盐度对贝类幼虫生长和发育的研究已广泛开展^[4]。研究发现不适宜的盐度会降低海洋贝类幼虫对不良环境的抵抗能力和对食物的消化吸收效率,盐度过高或过低都会造成贝类幼虫生长缓慢、存活率降低^[4,24]。例如,翡翠贻贝幼虫盐度为 10 的条件下,幼虫有明显的低渗反应,游动异常,不久沉底死亡;盐度为 40 的条件下,幼虫生长存活率较低。本试验中,15 和 35 盐度组幼虫无法发育至壳顶幼虫时期,壳长、壳高基本无生长,可能是因为海水渗透压的改变超出了其自身的调节能力,导致幼虫死亡^[7]。栉江珧幼虫在盐度 20~30 范围内,25 盐度组的第 7 日的壳长、壳高及壳顶幼虫率均大于 20 和 30 盐度组,且其存活率高于其他 2 组。因此,栉江珧幼虫生长的适宜盐度为 20~30,最适盐度为 25,与青蛤幼虫生长的适宜盐度范围相比要窄^[17],和薄片镜蛤的适盐范围相近^[7],且幼虫对低盐的适应能力强于高盐条件,这与栉江珧的繁殖习性有关,夏季雨水较多,也是栉江珧在长期进化过程中对生活环境的一种适应。

综上所述,在贝类育苗过程中,浮游幼虫对温度和盐度环境因子比较敏感,掌握浮游幼虫生存适宜的温度和盐度十分必要^[4]。本实验研究了温度和盐度对栉江珧受精卵孵化及早期幼虫生长发育的影响,得出了栉江珧受精卵孵化及早期幼虫生长的适宜温度和盐度,为栉江珧幼虫生活习性的研究及人工育苗方面提供了重要的基础资料。

参考文献:

- [1] 任建峰,杨爱国. 栉江珧研究现状及开发利用前景 [J]. 海洋水产研究, 2005, 26(4): 84-88.
Ren J F, Yang A G. Current status of study on pen shell *Atrina pectinata* and its prospects of application and exploitation [J]. Marine Fisheries Research, 2005, 26(4): 84-88.
- [2] Munguia P, Miller T E. Habitat destruction and metacommunity size in pen shell communities [J]. J Anim Ecol, 2008, 77(6): 1175-1182.
- [3] Tabata T, Hiramatsub K, Haradab M. Numerical analysis of convective dispersion of pen shell *Atrina pectinata* larvae to support seabed restoration and resource recovery in the Ariake Sea, Japan [J]. Ecological Engineering, 2013, 57: 154-161.
- [4] 包永波,尤仲杰. 几种环境因子对海洋贝类幼虫生长的影响 [J]. 水产科学, 2004, 12: 9-41.
Bao Y B, You Z J. Influences of several environmental factors on growth in marine shellfish larvae [J]. Fisheries Science, 2004, 12: 39-41.
- [5] Zhang H, Cheung S G, Shin P K S. The larvae of congeneric gastropods showed differential responses to the combined effects of ocean acidification, temperature and salinity [J]. Marine Pollution bulletin, 2014, 79(1): 39-46.
- [6] O'Connor W A, Lawler N F. Salinity and temperature tolerance of embryos and juveniles of the pearl oyster, *Pinctada imbricata* Röding [J]. Aquaculture, 2004, 229(1): 493-506.
- [7] 王成东,聂鸿涛,闫喜武. 温度和盐度对薄片镜蛤孵化及幼虫生长与存活的影响 [J]. 大连海洋大学学报, 2014(4): 364-368.
Wang C D, Nie H T, Yan X W. Effects of temperature and salinity on hatching larval, growth and survival in clam *Dosinia laminita* [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2014(4): 364-368.
- [8] Bashevkin S M, Pechenik J A. The interactive influence of temperature and salinity on larval and juvenile growth in the gastropod *Crepidula fornicata* (L.) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2015, 470: 78-91.
- [9] 杨鹏,闫喜武,张国范,等. 盐度对翡翠贻贝受精卵孵化及幼虫和稚贝生长和存活的影响 [J]. 大连海洋大学学报, 2013(6): 549-552.
Yang P, Yan X W, Zhang G F, et al. The influences of salinity on hatching, growth and survival of larvae and juveniles in green mussel *Perna viridis* [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2013(6): 549-552.
- [10] Satoshi O, Akihiko F, Hiroshi O, et al. The rearing of the pen shell *Atrina pectinata* larvae and juveniles (Preliminary note) [J]. Aquaculture Sci, 2008, 56(2): 181-191.
- [11] Yukio M, Kengo S, Tatsuya Y, et al. Maturation process of broodstock of the pen shell *Atrina pectinata* (Linnaeus, 1767) in suspension culture [J]. Journal of Shellfish Research, 2009, 28(3): 561-568.
- [12] 张红云,严正凛,张静. 栉江珧生物学及人工育苗研究进展 [J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(5): 623-628.
Zhang H Y, Yan Z L, Zhang J. Advances in studies on biology and artificial breeding of *Atrina pectinata* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2009, 18(5): 623-628.
- [13] 郭世茂,陈成枞,王清河,等. 栉江珧人工育苗初步研究 [J]. 海洋科学, 1987(1): 34-39.
Guo S M, Chen C C, Wang Q H, et al. A preliminary study on the artificial rearing of larval pen shell *Pinna pectinata* linne [J]. Marine Sciences, 1987(1): 34-39.
- [14] Wright D A, Kennedy V S, Roosenburg W H, et al. Temperature tolerance of embryos and larvae of five bivalve species under simulated power plant entrainment conditions: A synthesis [J].

- Marine biology, 1983, 77(3): 271-278.
- [15] 沈伟良, 尤仲杰, 施祥元. 温度与盐度对毛蚶受精卵孵化及幼虫生长的影响 [J]. 海洋科学, 2009(10): 5-8.
Shen W L, You Z J, Shi X Y. The influence of temperature and salinity on zygote's hatching rate and larval growth of *Scapharca subcrenata* [J]. Marine Sciences, 2009(10): 5-8.
- [16] 王丹丽, 徐善良, 尤仲杰, 等. 温度和盐度对青蛤孵化及幼虫、稚贝存活与生长变态的影响 [J]. 水生生物学报, 2005(5): 495-501.
Wang L D, Xu S L, You Z J, et al. The effects of temperature and salinity on the incubation of *Cyclina sinensis* and survival, growth and metamorphosis of *C. sinensis* larvae and juveniles [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2005(5): 495-501.
- [17] Ban S, Zhang T, Pan H, et al. Effects of temperature and salinity on the development of embryos and larvae of the veined rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2014, 32: 773-782.
- [18] Tettelbach S T, Rhodes E W. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the Northern Bay scallop *Argopecten irradians irradians* [J]. Mar Biol, 1981, 63: 249-256.
- [19] Lazo C S, Pita I M. Effect of temperature on survival, growth and development of *Mytilus galloprovincialis* larvae [J]. Aquaculture Research, 2012, 43(8): 1127-1133.
- [20] 梁玉波, 张福绥. 温度、盐度对栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 胚胎和幼虫的影响 [J]. 海洋与湖沼, 2008(4): 334-340.
Liang Y B, Zhang F S. Effect of temperature/salinity on development of embryos and larvae of scallop *Chlamys farreri* [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2008(4): 334-340.
- [21] 刘海涛, 董占武, 徐志明. 盐度对大连湾牡蛎胚胎发育及幼虫生长的影响 [J]. 水产学报, 1992(1): 32-39.
Liu H T, Dong Z W, Xu Z M. The effects of salinity on embryonic development and growth of veliger of oyster *Ostrea talienwhanensis* [J]. Journal of Fisheries of China, 1992(1): 32-39.
- [22] Huo Z, Wang Z, Liang J, et al. Effects of salinity on embryonic development, survival, and growth of *Crassostrea hongkongensis* [J]. Journal of Ocean University of China, 2014, 13(4): 666-670.
- [23] 李琼珍, 陈瑞芳, 童万平, 等. 盐度对大獭蛤胚胎发育的影响 [J]. 广西科学院学报, 2004, 20(1): 33-34.
Li Q Z, Chen R F, Tong W P, et al. Influence of salinity upon the embryogenesis of *Lutraria maxima* Janas [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2004, 20(1): 33-34.
- [24] Berger V J, Kharazova A D. Mechanisms of salinity adaptations in marine mollusks [J]. Hydrobiologia, 1997, 355(1): 115-126.

Effects of Temperature and Salinity on Hatching, Early Larval Growth and Survival of Pen Shell *Atrina pectinata*

LI Hao-Hao, YU Rui-Hai, YANG Zhi-Peng, LI Qi

(The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: In order to find the suitable conditions of hatching fertilized egg and early larval growth of *Atrina pectinata*, the effects of temperature (18, 22, 26, 30 and 34 °C) and salinity (15, 20, 25, 30 and 35) on hatching rate, early larval growth and survival of pen shell *Atrina pectinata* were investigated through single factor experiments. The results of temperature treatments showed that temperatures between 22 and 30 °C were suitable for the development of *A. pectinata* zygotes, and the optimum was 26 °C. Such temperature range was also suitable for the growth of planktonic larvae of *A. pectinata*, and the optimal was 26 °C. The results of temperature treatments indicated that the embryo and early larvae of *A. Pectinata* inclined to the environment of high temperature, which was consistent with the summer (high temperature) reproductive life habits of *A. Pectinata*. The results of salinity treatments demonstrated that salinity range from 25 to 30 was suitable for the development of *A. pectinata* zygotes, and the optimum was 30. The salinities varying between 20 and 30 are suitable for the growth of planktonic larvae of *A. pectinata*, and the optimal was 25. The results of salinity treatments suggested that the embryo and early larvae of *A. Pectinata* favored low salinity, which was consistent with the summer (rainy) reproductive life habits of *A. Pectinata*. This study obtained the suitable conditions of hatching the fertilized eggs (temperature 22~30 °C, salinity 25~30) and early larval growth (temperature 22~30 °C, salinity 20~30), which will provide useful information for the artificial breeding of *A. pectinata*.

Key words: *Atrina pectinata*; temperature; salinity; zygote; larvae; growth and development

责任编辑 朱宝象