

不同盐度对施氏獭蛤浮游期幼虫存活与生长的影响

刘超¹, 彭张明¹, 黄佳², 刘志刚¹

(1. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524000; 2. 湛江银浪海洋生物技术有限公司, 广东 湛江 524000)

摘要: 为提高施氏獭蛤(*Lutraria sieboldii*)育苗成活率, 作者采用单因子实验设计, 研究了不同海水盐度对北部湾海域施氏獭蛤浮游期幼虫存活与生长的影响。结果表明, 施氏獭蛤浮游期幼虫的临界存活盐度为 22.84~33.12、适宜存活盐度为 24.54~31.54、较适宜存活盐度为 25.83~30.17、最适宜存活盐度为 26.8~29.4; 临界生长盐度为~35.67、适宜生长盐度为 22.51~31.66、较适宜生长盐度为 27.51~31.37、最适宜生长盐度为 29.4; 综合盐度对存活率和生长率的影响, 施氏獭蛤浮游期幼虫最佳的培育盐度为 29.4。研究结果为施氏獭蛤育苗场的选址及人工育苗提供了参考。

关键词: 施氏獭蛤(*Lutraria sieboldii*); 浮游期幼虫; 盐度; 生长; 存活

中图分类号: S917.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2015)12-0065-05

doi: 10.11759/hyxx20140819001

施氏獭蛤(*Lutraria sieboldii*)俗称象鼻螺, 隶属瓣鳃纲(Lamellibranchia)、异齿亚纲(Heterodonta)、帘蛤目(Veneroidea)、蛤蜊总科(Mactracea)、蛤蜊科(Mactridae)、獭蛤属(*Lutraria*)。近年来, 由于市场对施氏獭蛤商品贝的需求量不断增加, 在高额利润的刺激下, 酷渔滥捕使北部湾沿海施氏獭蛤资源数量锐减。为了满足市场需求, 保护北部湾的物种资源, 开展施氏獭蛤的人工育苗已刻不容缓。盐度作为贝类存活生长重要的环境因子, 对施氏獭蛤浮游期幼体影响巨大。研究盐度对施氏獭蛤浮游幼虫的影响可为其人工育苗提供技术依据。目前, 对施氏獭蛤的研究主要集中在施氏獭蛤的生态习性^[1]、生殖系统^[2]、生长发育^[3-4]、苗种培育技术^[5]、海区养殖^[6]及分子水平的遗传多样性^[7-8]等方面。国内成功育苗的报道不多, 主要是在广东、广西两省有部分育苗场进行人工育苗试验。目前施氏獭蛤人工育苗技术已取得突破, 但由于南方沿海雨水偏多, 经常导致育苗水体盐度波动, 影响浮游幼虫成活及生长。因此, 研究浮游幼虫对盐度的适应性将有利于育苗生产对盐度变化采取相应控制措施, 从而保证浮游幼虫的成活及生长。

1 材料与方 法

1.1 材料

实验在湛江市遂溪县草潭镇湛江银浪海洋生物技术有限公司水产种苗场进行。所用施氏獭蛤海上

天然捕捞的野生群体。选择活力旺盛、发育良好、性腺成熟的个体催产受精。当受精卵发育至 D 型幼虫, 开始进行试验。

1.2 方法

1.2.1 实验设计

实验共设 21.6、24.2、26.8、29.4、32.0、34.6、37.2 等 7 个盐度组, 每组设 3 个平行。实验容器为玻璃缸, 实验水体为 10L, 实验起始 D 型幼虫密度为 1 个/mL。自然海水盐度为 28.1~29.4。各盐度海水通过向过滤海水中加入曝气淡水或添加海水精获得。整个实验从刚孵出的 D 形幼虫开始直至即将进入附着的壳顶后期幼虫止。

1.2.2 日常管理

实验在室内进行, 取室内自然光, 实验期间水温变化在 26.5~28.2℃, 保持微波充气。每天投喂湛江叉鞭金藻(*Dicrateria zhanjiangensis*)两次, 保持水中藻细胞密度为(1 000~3 000)个/mL 左右。投喂单胞藻时用滤纸滤去培养液, 以免影响水体盐度。每两天从各实验组中随机取幼虫各 30 个, 测量壳长、壳高。

收稿日期: 2014-08-19; 修回日期: 2014-12-11

基金项目: 广东海洋大学创新强校工程科研项目(GDOU2013050326); 广东省海洋与渔业局项目(A201001H01); 广东省教育厅项目(GCZX-A0909)

作者简介: 刘超(1990-), 男, 湖南常德人, 硕士生, 主要从事贝类养殖和遗传育种研究, 电话: 15622076709, E-mail: lc631096468@126.com; 刘志刚, 通信作者, 教授, E-mail: liuzg919@126.com

实验结束时统计幼虫密度, 计算各实验组浮游期幼虫存活率。

1.3 数据处理

1.3.1 存活盐度的界定

临界、适宜、较适宜存活盐度分别等于存活率为最佳一组的 10%、30%、70%时所对应的盐度; 最适生存盐度界定为经过多重比较, 存活率与其他组有显著差异的最高一组或没有显著性差异的最高几组的盐度。

1.3.2 生长盐度的界定

采用壳高、壳长指标对应盐度范围的重叠部分为相应生长盐度范围。临界、适宜、较适宜生长盐度分别等于日增长率为最佳一组的 10%、30%、70%时所对应的盐度。最适生长盐度界定为经过多重比较, 日增长率与其它组有显著差异的最高一组或没有显著性差异的最高几组的盐度。

1.3.3 数据计算公式

$$C = C_1 + [(pR_m - R_1) / (R_2 - R_1)] \times (C_2 - C_1)$$

其中 C 为临界、适宜、较适宜盐度, p 为 10%、30%、70%, R_m 为最大存活率或日增长率, R_1, R_2 为与 pR_m 相邻的存活率或日增长率, C_1, C_2 为 R_1, R_2 对应的盐度^[9]。

$$S_h = (H_t - H_0) / t; S_l = (L_t - L_0) / t$$

表 1 不同盐度下施氏獭蛤浮游期幼虫的存活率

Tab.1 The survival rates of *Lutraria sieboldii*'s floating larva under different salinity levels

盐度	各平行组存活数(个)			平均存活率±标准差 (%)	相对平均存活率±标准差 (%)
	1	2	3		
21.6	230	0	200	0.01 ^c ±0.01	0.02±0.02
24.2	1670	1230	1030	0.13 ^b ±0.03	0.20±0.05
26.8	6630	6270	7230	0.67 ^a ±0.05	1.00±0.07
29.4	6070	6030	6600	0.62 ^a ±0.03	0.93±0.05
32.0	1230	1270	800	0.11 ^b ±0.03	0.16±0.04
34.6	230	200	0	0.01 ^c ±0.01	0.02±0.02
37.2	0	0	0	0.00 ^c ±0.00	0.00±0.00

注: 不同字母代表具有显著差异性($P < 0.05$)

表 2 盐度范围

Tab.2 Salinity ranges

项目	存活临界盐度	适宜存活盐度	较适宜存活盐度	最适存活盐度
范围	22.84~33.12	24.54~31.54	25.83~30.17	26.8~29.4

2.2 不同盐度下施氏獭蛤浮游期幼体的生长

从图 1、图 2 可知, 不同盐度组的壳长与壳高增长在第 2 天即开始出现分化, 且随时间延长, 这种趋势越来越明显, 29.4 盐度组个体在最终达到最大。从

其中 S_h, S_l 分别为壳高、壳长日增长率($\mu\text{m}/\text{d}$), H_0, L_0 分别为初始壳高、壳长(μm), H_t, L_t 分别为实验结束时壳高、壳长(μm), t 为实验时间(d)。

使用 SPSS(v19.0)统计软件对数据进行处理, 统计分析方法为单因素方差分析(ANOVA), 采用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果和分析

2.1 不同盐度下施氏獭蛤浮游期幼虫存活率的差异比较

经过 10 d 培育, D 形幼虫发育到壳顶后期, 足部充分伸出即将进入附着期, 实验结束。统计各组的最终存活个体并计算存活率。从表 1 可知, 幼虫存活率随盐度升高呈现先上升后下降的趋势, 并在盐度为 26.8 时获得最高的成活率 67%。当盐度为 37.2 时, 死亡率达到 100%。单因素方差分析表明, 各个盐度水平存活个数存在极显著差异($P < 0.01$)。多重比较(Duncan)显示, 盐度为 26.8 和 29.4 的两组之间差异不显著($P > 0.05$), 其成活率高于其他五组。因此, 最适存活盐度为 26.8~29.4。利用二点法求得施氏獭蛤浮游期幼虫存活临界盐度、适宜存活盐度、较适宜存活盐度如表 2 所示。

表 3、表 4 可知, 随着盐度的不断上升, 幼虫的平均壳高、壳长与壳高日增长率、壳长日增长率呈现先增大后减小的趋势。在盐度为 29.4 时, 幼虫的平均壳高、壳长最大, 分别达到 226、243 μm ; 日增长率

分别为 15.6、15.3 $\mu\text{m}/\text{d}$ 。以 29.4 这一盐度为界，低盐度组比高盐度日增长率要高。盐度达到 37.2 时，幼虫已全部死亡。通过单因素方差分析和 Duncan 多重比较，盐度为 29.4 的一组与其他各组都存在显著差异，表明此盐度是施氏獭蛤浮游期幼虫的最适生长盐度。利用两点法求出施氏獭蛤浮游期幼虫生长临界盐度、幼虫适宜生长盐度、幼虫较适宜生长盐度如表 5 所示。

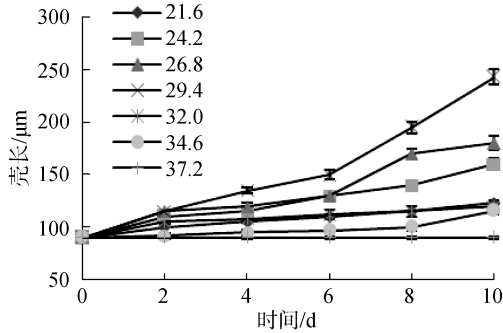


图 1 不同盐度下浮游幼虫壳长增长情况

Fig.1 The length variations of floating larva under different salinity levels

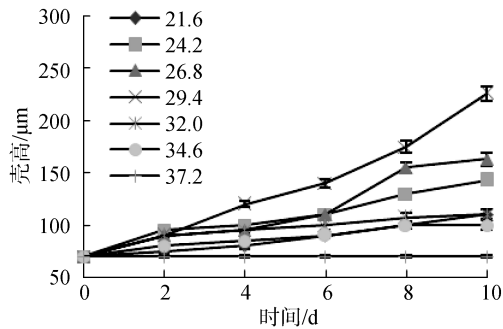


图 2 不同盐度下浮游幼虫壳高增长情况

Fig.2 The height variations of floating larva under different salinity levels

3 讨论

盐度是影响海洋贝类的重要环境因子。不同贝

表 5 盐度范围

Tab.5 Salinity ranges

性状	生长临界盐度	适宜生长盐度	较适宜生长盐度	最适生长盐度
壳高	~35.85	22.14~31.85	27.47~30.45	29.4
壳长	~35.67	22.51~31.66	27.51~30.37	29.4
综合	~35.67	22.51~31.66	27.51~30.37	29.4

浮游期是幼虫细胞分化、器官逐渐形成的关键时期，环境因子将产生重要影响。本研究中浮游期幼虫在极端低盐和高盐环境下，消耗大量能量用以维持渗透压平衡调节，能量不足及内环境紊乱导致组

表 3 幼虫在不同盐度下的壳高日增长率

Tab.3 The mean daily body height ratios of floating larva under different salinity levels

盐度	平均壳高±标准差(μm)	日增长率±标准差($\mu\text{m}/\text{d}$)	相对日增长率±标准差(%)
21.6	110±20 ^c	4±2	25.64±12.82
24.2	143±6 ^b	7.3±0.6	46.79±3.85
26.8	163±15 ^b	9.3±1.5	59.62±9.61
29.4	226±6 ^a	15.6±0.6	100±3.85
32.0	110±17 ^c	4±0.17	25.64±1.09
34.6	100±10 ^c	3±1.0	19.23±6.41
37.2	70 ^d	0±0	0±0

注：初期幼体规格均为 $70\mu\text{m}\times 90\mu\text{m}$ ，盐度为 37.2 幼虫死亡率为 100%；不同字母代表具有显著差异性($P<0.05$)

表 4 幼虫在不同盐度下的壳长日增长率

Tab.4 Mean daily body length ratios of floating larva under different salinity levels

盐度	平均壳长±标准差(μm)	日增长率±标准差($\mu\text{m}/\text{d}$)	相对日增长率±标准差(%)
21.6	123±21 ^c	3.3±2.10	21.57±13.73
24.2	160±0 ^b	7.0±0.00	45.75±0.00
26.8	180±20 ^b	9.0±2.00	58.82±13.07
29.4	243±5.7 ^a	15.3±0.60	100±3.92
32.0	120±17 ^c	3.0±1.70	19.61±11.11
34.6	116±15 ^c	2.6±1.50	16.99±9.80
37.2	90 ^d	0±0	0±0

注：初期幼体规格均为 $70\mu\text{m}\times 90\mu\text{m}$ ，盐度为 37.2 幼虫死亡率为 100%；不同字母代表具有显著差异性($P<0.05$)

类对盐度的适应范围存在较大差异^[10]，同种贝类对盐度适应能力也因生长发育状态或生存环境盐度不同而有所区别^[11-13]。当盐度骤变或超过调节极限时，贝类生理状态处于抗氧化防御阶段，活力与抗病力受到抑制，其存活与生长也将受到影响^[14-15]。

织器官分化缓慢，造成适应能力和抗逆能力低下，最终导致存活率下降，生长速度变缓甚至停滞。这与饶科等^[16]在盐度与 pH 对 3 种南方贝类呼吸率和钙化率的影响的研究中得出的结论相一致，也与青

蛤(*Cyclina sinensis*)^[11]、波部东风螺(*Babylonia formosae habei*)^[17]、泥蚶(*Tegillarca granosa*)^[18]、近江牡蛎(*Crassostrea rivularis*)^[19]等贝类幼虫盐度研究中的报道一致。研究还发现,在偏离最适生长盐度的情况下,低盐度比高盐度更有利于幼虫的生长。这可能由于施氏獭蛤生活史中大部分时间栖居于潮下带至78 m水深处^[1],受地表径流淡水影响较大,经过长年累月的进化,对近海沿岸地区的低盐环境已经具备一定的适应能力,相反地,北部湾海域常年盐度不超过32,施氏獭蛤未经受更高盐度的训练,因此,对人工造就的高盐环境难以适应,对高盐的适应能力比不上低盐。幼虫的这种适应能力也更有利于其从较高盐度海水向低盐滩涂地带营埋栖生活过渡。

在等梯度递增的7个盐度水平组中,较适宜存活(25.83~30.17)与生长(27.51~30.37)的盐度均较高且范围偏窄,这可能与浮游幼虫处于生活史较脆弱的早期阶段,对盐度变化耐受性低有关。生物体随着个体不断的生长发育,对环境因素的适应能力不断增强,适应范围也逐渐扩大。这种趋势已在课题组对施氏獭蛤稚贝盐度适应性的研究(待发表)中得到验证,该研究结果表明,施氏獭蛤稚贝适宜生存盐度(界定为最佳一组存活率的50%对应的盐度)为19.8~33.8,适宜生长盐度(界定为最快一组增长率的30%所对应的盐度)为21.9~33.7,稚贝的这些盐度范围明显比浮游幼虫的更宽。此外,幼虫较适宜盐度范围偏高盐,与亲本长期生活于稳定高盐的海域也有关,林笔水等^[13]在研究缢蛭时就指出,贝类胚胎发育对盐度的适应性与亲本的生存环境有关,这也体现了环境与生物互相选择的作用关系。对海湾扇贝(*Argopecten irradians*)^[12]、波部东风螺^[17]、泥蚶^[18]等贝类盐度适应性的研究也得到不同发育阶段贝类对海水盐度适应范围不一样的结论。相同界定规则下,浮游幼虫最适生长盐度为29.4,而最适存活盐度为26.8~29.4,一定程度上说明存活相对于生长具有更广盐度的适应性^[19],推测进一步的精细盐度实验可以找到最适生长盐度范围。

本实验在水温26.5~28.2℃范围内,研究了不同海水盐度对于施氏獭蛤浮游期幼虫存活及生长的影响。从实验结果来看,虽然温度范围较合适,但各盐度组幼虫成活率都较低,均在67%以下。其主要原因在于实验水体为封闭小水体,理化环境因素波动大,对幼虫存活及生长带来一定的影响;另一方面,进化地位较低的无脊椎贝类在生活史对策上偏向r-对

策,虽产生大量后代,但后代存活率低于进化地位高等的脊椎动物^[20-21]。浮游期幼虫作为贝类发育过程中非常脆弱的生长阶段,其对各环境因素适宜性和稳定性的要求相对其他生长阶段都较高。而育苗场常都处在近岸沿海或浅湾地区,多雨时节容易受大陆地表径流影响,海水盐度能短时间内剧烈变化,严重威胁幼虫与稚贝的存活与生长。因此,了解和掌握浮游幼虫适宜盐度范围,对提高附着变态前幼虫的存活率和贝苗增产有重要意义。

参考文献:

- [1] 蔡英亚, 劳赞, 陈东. 施氏獭蛤的生态观察[J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(1): 39-42.
- [2] 曹伏君, 刘永, 张春芳, 等. 施氏獭蛤(*Lutraria sieboldii*)性腺发育和生殖周期的研究[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(5): 976-982.
- [3] 焦宗垚, 刘永, 张春芳. 施氏獭蛤融合卵裂及其胚胎发育过程观察[J]. 动物学研究, 2010, 4: 408-414.
- [4] 刘永, 余祥勇, 梁飞龙, 等. 施氏獭蛤幼虫和稚贝发育及行为的研究[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(1): 17-21.
- [5] 刘永, 梁飞龙, 毛勇, 等. 施氏獭蛤人工育苗技术的研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2006, 26(3): 98-101.
- [6] 张春芳, 刘永. 施氏獭蛤稚贝中间培育与海区养殖试验[J]. 水产养殖, 2010, 5: 5-8.
- [7] 李斌, 何俊锋, 区小玲, 等. 广西和广东地区施氏獭蛤3个自然群体的形态差异和遗传多样性分析[J]. 大连海洋大学学报, 2011, 26(5): 414-421.
- [8] Su X J, Pan Y, Zuo Z R, et al. Isolation and characterization of microsatellite loci in the clam *Lutraria sieboldii* Reeve (Bivalvia: Veneroidea)[J]. Conservation Genetics Resources, 2012, 5(1): 223-225.
- [9] 刘志刚, 王辉, 栗志民, 等. 温度对不同大小墨西哥湾扇贝生长的影响[J]. 热带海洋学报, 2007, 26(5): 47-52.
- [10] 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, 2005, 23(12): 39-41.
- [11] 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, 2006, 29(5): 495-501.
- [12] 何义朝, 张福绥. 盐度对海湾扇贝不同发育阶段的影响[J]. 海洋与湖沼, 1990, 21(3): 197-204.
- [13] 林笔水, 吴天明. 温度和盐度对缢蛭浮游幼虫发育的影响[J]. 生态学报, 1984, 4(4): 385-392.
- [14] 尤仲杰, 陆彤霞, 马斌, 等. 几种环境因子对墨西哥湾扇贝幼虫和稚贝生长与存活的影响[J]. 热带海洋学报, 2003, 22(3): 22-29.

- [15] 马洪明, 刘晓伟, 麦康森, 等. 盐度突降对栉孔扇贝抗病力指标的影响[J]. 高技术通讯, 2006, 16(7): 746-751.
- [16] 饶科, 黄明坚, 章逃平, 等. 盐度与 pH 对 3 种南方贝类呼吸率和钙化率的影响[J]. 水生态学杂志, 2014, 35(4): 74-80.
- [17] 郑怀平, 柯才焕. 盐度对波部东风螺幼虫存活, 生长及变态的影响[J]. 台湾海峡, 2001, 20(2): 216-223.
- [18] 尤仲杰, 徐善良, 边平江, 等. 海水温度和盐度对泥蚶幼虫和稚贝生长及存活的影响[J]. 海洋学报, 2001, 23(6): 108-113.
- [19] 薛凌展, 阙华勇, 张国范, 等. 盐度对近江牡蛎幼虫生长及存活的影响[J]. 海洋科学, 2007, 31(9): 73-77.
- [20] 安晓萍, 齐景伟, 乌兰, 等. 岗更湖鲫的生长和生活史对策研究[J]. 水生态学杂志, 2009, 4: 71-74.
- [21] 李博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 70-83.

Influence of different salinity levels on the survival and growth of *Lutraria sieboldii* floating larva

LIU Chao¹, PENG Zhang-ming¹, HUANG Jia², LIU Zhi-gang¹

(1. Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524000, China; 2. Zhanjiang Silver Wave Marine Biotechnology Company Ltd., Zhanjiang 524000, China)

Received: Aug., 19, 2014

Key words: *Lutraria sieboldii*; floating larva; salinity; growth; survival

Abstract: The effects of gradient salinities of seawater on the survival and growth rates of *Lutraria sieboldii* floating larva were studied using a single-factor experiment design. D-type larvae were reared in seawater with salinity levels of 21.6, 24.2, 26.8, 29.4, 32.0, 34.6, and 37.2 ppt. The results showed that the critical survival threshold for floating larvae was 22.84–33.12 ppt. Suitable survival was observed at 24.54–31.54 ppt, more suitable survival was observed at 25.83–30.17 ppt, and optimal survival was observed at 26.8–29.4 ppt. Critical growth was observed at approximately 35.67 ppt, suitable growth was observed at 22.51–31.66 ppt, more suitable growth was observed at 27.51–31.37 ppt, and optimal growth was observed at 29.4 ppt. Considering the optimal survival and growth rates of *L. sieboldii* floating larvae, a salinity of 29.4 ppt will yield the best results in an artificial breeding facility. These data provide a reference and basis for site selection and will increase the survival rate of larvae under artificial breeding conditions.

(本文编辑: 谭雪静)