

温度、盐度和底质对大竹蛏稚贝生长及存活的影响

陈爱华, 姚国兴, 张志伟, 吴杨平, 吴建平

(江苏省海洋水产研究所 江苏 南通 226007)

摘要: 采用单因子分析方法, 在室内模拟设置 10 个温度梯度(6—36 ℃)、10 个盐度梯度(4‰—40‰)和 4 种底质(细粉沙、细沙、粗沙、混合沙组)及 3 个厚度梯度(5、10、30mm), 研究温度、盐度和底质对大竹蛏稚贝生长及存活的影响。结果表明: 1)在盐度为 21.4‰的条件下, 大竹蛏稚贝存活及生长的适温范围为 6—30 ℃, 最适温度范围为 21—30 ℃; 15 ℃以上随温度升高日生长率逐渐增大, 30 ℃个体日生长率为 1.82%, 21 ℃组成活率最高达 88%。2)在温度为 21.6—28.6 ℃条件下, 大竹蛏稚贝存活及生长的盐度适宜范围为 20‰—32‰, 最适盐度范围为 20‰—28‰; 盐度 20‰时成活率最大为 85%, 盐度 24‰时个体日生长率最大为 1.72%。3)大竹蛏稚贝对底质环境无明显的选择性, 沙的粒径大小对稚贝成活率和日生长率均无显著影响($P>0.05$); 但稚贝在不同厚度底质中的成活率和日生长率存在显著差异, 10 和 30mm 组的成活率和日生长率均显著高于 5mm 组的成活率和日生长率($P<0.05$)。

关键词: 大竹蛏; 温度; 盐度; 底质; 成活率; 日生长率

中图分类号: S968.3 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2010)05-0094-04

Effects of temperature, salinity and sediment on the growth and survival of *Solen grandis* Dunker juveniles

CHEN Ai-hua, YAO Guo-xing, ZHANG Zhi-wei, WU Yang-ping, WU Jian-ping

(Jiangsu Institute of Marine Fisheries, Nantong 226007, China)

Abstract: We studied the growth and survival of *Solen grandis* Dunker juveniles reared at different laboratory conditions, namely 10 temperature grades from 6 to 36℃ at salinity 21.4‰, 10 salinity grades from 4‰ to 40‰ at temperatures from 21.6 to 28.6℃, and three depth grades from 5 to 30mm formed by four different kinds of sediments (fine silt, fine sand, coarse sand, and mixture of coarse sand and fine silt). The results are as follows. (1) The suitable temperature under salinity of 21.4‰ for juvenile growth and survival ranged from 6 to 30℃, and the optimal temperature ranged from 21 to 30℃. Under the suitable temperature, the growth and survival rates increased with the increase of temperature; the maximum survival rate was 88% at 21℃, and the maximum daily growth rate was 1.82% at 30℃. (2) The suitable salinity under temperature from 21.6 to 28.6℃ for juvenile growth and survival ranged from 20‰ to 32‰, and the optimal salinity ranged from 20‰ to 28‰. Under the suitable salinity, increasing salinity resulted in an increase of both growth and survival rates; the maximum survival rate was 85% under the salinity of 20‰ and the maximum daily growth rate was 1.72% under the salinity of 24‰. (3) The substrate and sandy diameter had no effects on the growth and survival rates of juveniles, but the depth of sediment had significant impact on the growth and survival rates. The growth and survival rates of the groups under 10 and 30mm were higher than those under 5mm.

Key words: *Solen grandis*; temperature; salinity; sediment; survival rate; daily growth rate

大竹蛏 *Solen grandis* 隶属瓣鳃纲, 贫齿亚目, 竹蛏科, 竹蛏属, 是生活在潮下带至负 20m 水深的浅海经济贝类, 我国沿海均有分布。大竹蛏肉嫩味

鲜, 营养丰富, 深受广大消费者青睐, 市场需求量高, 目前大竹蛏商品仅依靠自然资源。2007 年至 2009 年江苏省海洋水产研究所通过亲贝暂养、人工

收稿日期: 2010-03-22; 修订日期: 2010-04-17。蔡卓平编辑

基金项目: 江苏省水产三项工程项目(K2008-1); 南通市农业创新科技计划项目(AL2009001)

作者简介: 陈爱华(1966—), 女, 江苏省海安县人, 研究员, 主要从事海洋贝类生理生态学及增养殖技术研究。E-mail: chenah540540@yahoo.com.cn

催产、人工育苗及苗种培育等一系列技术手段培育出规格为 4—5mm 的稚贝 2 亿粒, 1.2—1.5cm 苗种约 2000 万粒, 4—6cm 大规模苗种约 100 万粒, 在国内首次实现大规模人工繁殖, 并在江苏吕四小庙洪海域和蒋家沙竹根沙海域成功放流, 取得了显著的社会、经济和生态效益。随着人工繁育技术的突破^[1], 苗种供应问题得以解决, 人工养殖已成可能。目前, 有关大竹蛏的研究主要集中在人工育苗技术^[1]和遗传多样性^[2-3]等方面, 而对于大竹蛏稚贝的研究仅见于不同底质、养殖密度、饵料密度对其生长及存活影响的报道^[4], 尚未见温度、盐度及底质厚度对其影响的相关研究。本实验着重探讨温度、盐度及底质厚度对大竹蛏稚贝生长及存活的影响, 为人工育苗稚贝培育阶段积累基础数据, 从而为大竹蛏苗种规模化培育技术的推广和普及提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验在江苏省海洋水产研究所所属江苏省文蛤良种场内进行。实验选用 2009 年 6 月同批次培育的大竹蛏子一代(F_1)稚贝。在实验分组前, 从样本中随机测取 50 粒稚贝的大小, 平均壳长(5.17 ± 0.50)mm。

1.2 方法

1.2.1 温度实验

分别设置 10 个温度梯度: 6、12、15、18、21、24、27、30、33 和 36 $^{\circ}\text{C}$ 。实验在 1000mL 烧杯中进行, 每个烧杯内放入 20 粒稚贝, 每组均设两个重复。6、12、15、18 和 21 $^{\circ}\text{C}$ 为降温组, 烧杯置于可编程光照培养箱内, 通过降低气温调节水温, 其中 15、18 和 21 $^{\circ}\text{C}$ 组以 $2^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ 的降温幅度渐变降温, 6 和 12 $^{\circ}\text{C}$ 组以 $4^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ 的降温幅度渐变降温; 27、30、33 和 36 $^{\circ}\text{C}$ 为升温组, 烧杯放入塑料方桶内, 采用加热棒水浴加热, 36 $^{\circ}\text{C}$ 组以 $4^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ 的升温幅度升温, 其他组以 $2^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}^{-1}$ 的升温幅度升温。实验期间, 室温(25 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 盐度 21.4‰, 培养时间为 30d。

1.2.2 盐度实验

分别设置 10 个盐度梯度: 4‰、8‰、12‰、16‰、20‰、24‰、28‰、32‰、36‰和 40‰。实验在 1000mL 烧杯中进行, 每个烧杯内放入 20 粒稚贝, 每组均设两个重复。以突变方式调节实验组盐度, 不同盐度梯度的海水一次性配制, 分装于 20L 玻璃瓶中待用。为防止实验期间盐度发生变化, 各玻璃瓶用塑料薄膜封口。实验水温范围为 21.6—28.6 $^{\circ}\text{C}$, 培养时间为 30d。

1.2.3 底质实验

细粉沙为 200 目筛网分筛, 细沙为 40—200 目筛网分筛, 粗沙为 6—40 目筛网分筛, 混合组为细粉沙和粗沙 1:1 混合, 分别布 5、10 和 30mm 不同厚度梯度。实验在 1000mL 烧杯中进行, 每个烧杯内放入 20 粒稚贝, 每组均设两个重复。实验水温范围为 21.6—28.6 $^{\circ}\text{C}$, 盐度为 21.4‰, 培养时间为 30d。

1.2.4 日常管理

实验过程中各烧杯不充气, 每日换水一次, 换水量为 70%。每天投饵 2 次, 投饵间隔 12h, 实验开始各组投喂量相同, 投饵量为 10×10^4 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$, 以后随着各组稚贝生长和数量的减少进行适当调整, 以保持水体藻细胞密度 2×10^4 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 以上, 从而保证各组有足量的摄食。饵料以湛江等鞭金藻 *Isochrysis zhanjiangensis* 为主。每天观察并记录死亡情况, 及时捞出死亡稚贝, 实验结束时, 统计成活率和壳长日增长率。

1.3 数据统计与处理

1.3.1 数据统计

成活率(%)=(实验结束时存活的稚贝数/实验开始时稚贝数) $\times 100$ 。稚贝死亡的界定以贝壳张开为标准。

生长率以日生长率 r 为指标, 计算公式^[5]为:

$$r(\%) = [(L_t/L_0)^{1/t} - 1] \times 100$$

式中, r 为日生长率(%); L_t 为结束时壳长(mm); L_0 为开始时壳长(mm); t 为实验天数(d)。采用游标卡尺(精度 0.02mm)测量壳长。

1.3.2 数据处理

SPSS13.0 分析软件对数据进行单因素方差分析(ANOVA), 用 Duncan 法进行多重比较, 检验处理间的差异显著性($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 温度对大竹蛏稚贝成活率和日生长率的影响

图 1 表明, 稚贝对低温比对高温具有更强的耐受性, 6 $^{\circ}\text{C}$ 组成活率为 78%, 33 $^{\circ}\text{C}$ 组成活率仅为 10%, 21 $^{\circ}\text{C}$ 组成活率最高可达 88%。大竹蛏稚贝在 15 $^{\circ}\text{C}$ 时日生长率仅为 1.06%, 低于 15 $^{\circ}\text{C}$, 生长极缓慢; 随着温度上升, 大竹蛏稚贝日生长率显著增大, 30 $^{\circ}\text{C}$ 组个体日生长率最大为 1.82%; 当实验水温超过 30 $^{\circ}\text{C}$ 时, 各实验组生长率及成活率则显著下降, 大竹蛏稚贝存活和生长的适宜温度范围为 6—30 $^{\circ}\text{C}$, 最适温度范围为 21—30 $^{\circ}\text{C}$ 。

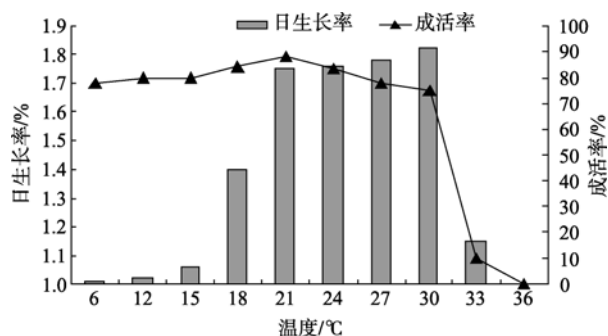


图1 温度对大竹蛏稚贝成活率和日生长率的影响

Fig. 1 Effects of temperature on the survival rate and daily growth rate of *Solen grandis* juveniles

2.2 盐度对大竹蛏稚贝成活率和日生长率的影响

研究发现, 盐度为 4‰和 40‰时, 稚贝在 1d 内死亡 100%; 盐度为 8‰时, 第 7d 死亡 100%; 盐度为 12‰时, 第 10d 出现死亡高峰, 13d 死亡 100%。盐度 16‰以上, 随着盐度升高成活率和生长率逐渐增大, 盐度 20‰时成活率最高可达 85%, 盐度 24‰时日生长率最大为 1.72%。因此, 大竹蛏稚贝盐度适宜范围为 20‰—32‰, 最适盐度范围为 20‰—28‰; 盐度过高、过低均显著降低成活率, 抑制其生长。图 2 表明, 大竹蛏稚贝对高盐的耐受力较耐低盐要强。

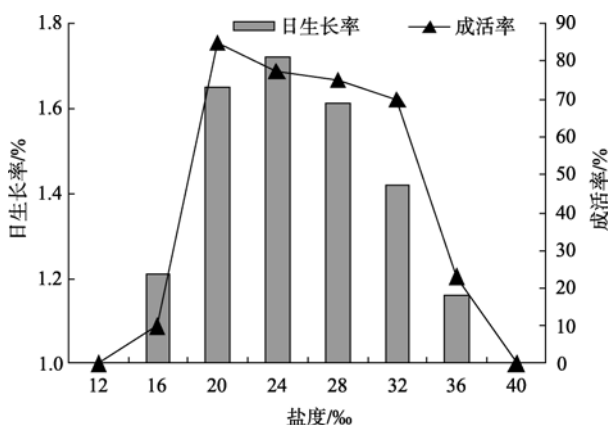


图2 盐度对大竹蛏稚贝成活率和日生长率的影响

Fig. 2 Effects of salinity on the survival rate and daily growth rate of *Solen grandis* juveniles

2.3 底质对大竹蛏稚贝成活率和日生长率的影响

从表 1 和表 2 可知, 大竹蛏稚贝对底质无明显的选择性。不同底质同一厚度组的成活率和日生长率无显著差异 ($P>0.05$), 底质粒径大小对大竹蛏稚贝成活率和日生长率无明显影响。但稚贝在不同厚度梯度组中成活率和日生长率存在显著差异, 10 和 30mm 组显著高于 5mm 组 ($P<0.05$), 说明底质厚度对稚贝成活和生长有明显影响, 底质过薄明显降低其成活率, 且抑制其生长。

表1 底质对大竹蛏稚贝成活率的影响

Tab. 1 Survival rate of *Solen grandis* juveniles in different sediment groups

底质	厚度/mm		
	5	10	30
细粉沙	40 ^a	78.35 ^b	80.00 ^b
细沙	25 ^a	81.67 ^b	83.33 ^b
粗沙	15 ^a	83.33 ^b	78.35 ^b
混合沙	20 ^a	66.67 ^b	70.00 ^b

注: 同一行数值中具不同上标字母者表示差异显著 ($P<0.05$)

表2 底质对大竹蛏稚贝日生长率的影响

Tab. 2 Growth rate of *Solen grandis* juveniles in different sediment groups

底质	厚度/mm		
	5	10	30
细粉沙	1.11 ^a	1.61 ^b	1.72 ^b
细沙	1.08 ^a	1.67 ^b	1.78 ^b
粗沙	1.05 ^a	1.54 ^b	1.69 ^b
混合沙	1.07 ^a	1.4 ^b	1.55 ^b

注: 同一行数值中具不同上标字母者表示差异显著 ($P<0.05$)

3 讨论

贝类属于变温动物, 其体温及代谢随环境温度的改变而发生变化, 同时海洋贝类还属于变渗动物, 能够根据周围环境海水盐度不同而调节其渗透压, 以利于摄食和生长。许多学者^[6-7]认为生物体对环境的适应能力受许多环境因子的共同影响, 其中温度和盐度是两个主要因子, 它们共同影响生物体的生长、成活和繁殖。Calabrese^[8]则认为只有在温度或盐度其中之一达到极限时, 两者对生物体的共同作用才较明显; 反之, 如其中之一处于适宜范围内, 则两者共同作用不明显。据此理论, 本实验在适宜盐度 21.4‰条件下, 采用温度渐变的方法研究了不同温度对大竹蛏稚贝生长及存活的影响, 确定其存活及生长的适温范围为 6—30℃, 最适温度范围为 21—30℃, 此结果符合刘志刚等^[9]提出的适应性划分标准; 这也与缢蛏适温范围 10—35℃^[10]较接近。实验发现水温升至 35℃时个体死亡率为 100%, 33℃组最终成活率仅为 15%, 较缢蛏^[8]致死温度上限 40℃低, 可能是由于温度变化幅度太大的缘故, 加上生物本身对温度耐受能力所致, 而有关大竹蛏稚贝耐受极限问题还有待进一步研究。

在适宜温度 21.6—28.6℃条件下, 采用盐度突变的方法, 确定了大竹蛏稚贝存活及生长的盐度适宜范围为 20‰—32‰, 最适盐度范围为 20‰—28‰,

这较已报道的青蛤盐度耐受范围^[11]要狭窄, 这与两者在海区的自然分布区域相一致。当盐度为 12‰时, 大竹蛏稚贝第 10d 出现死亡高峰, 13d 死亡率为 100%, 推测大竹蛏稚贝存活的盐度下限为 16‰, 而根据适应性划分标准这也正是适宜大竹蛏稚贝生长的盐度下限; 但这一结果较林笔水等^[10]确定缢蛏稚贝的适盐范围 4.50‰—28.30‰, 最适盐度 12.40‰—16.30‰均要高, 这与两者在海区的自然分布有关。缢蛏分布在离岸较近的潮上带, 平时经常有淡水注入的河口附近, 对低盐的适应性较强; 而大竹蛏分布在潮下带至负 20m 水深的浅海, 盐度较近海要高, 故其对低盐的耐受能力差。

综上所述, 大竹蛏稚贝具有耐低温适高盐的特性。大竹蛏属广温性贝类, 在北起辽东半岛, 南至海南均有分布; 但自然分布表明, 大竹蛏资源北方明显多于南方, 且北方个体较南方大, 北方个体规格为 20—30 粒·kg⁻¹, 南方个体规格为 30—40 粒·kg⁻¹, 本文研究结果也符合这一资源分布特点。

有关环境因子对贝类成活率与生长率影响的报道很多, 特别是温度和盐度, 但有关底质影响的报道相对较少。张涛等^[5]曾报道硬壳蛤对底质环境有一定的选择性, 但沙的粒径大小对稚贝成活率和日生长率无明显影响; 而本研究结果表明大竹蛏稚贝对底质环境无明显的选择性, 但同时也证明粒径大

小对大竹蛏稚贝成活率和日生长率确无明显影响, 这与陈爱华等^[4]报道不同粒径底质对大竹蛏稚贝生长速度以及成活率差异不显著的结果相一致。实验还发现大竹蛏稚贝在不同厚度底质中的成活率和日生长率存在显著差异($P<0.05$), 可见稚贝的成活和生长虽与粒径大小无关, 但与底质厚度有关, 进一步表明穴居型贝类对底质厚度有一定的要求, 这一特点在大竹蛏育苗生产中具有重要的指导意义。在育苗生产中, 随着稚贝的生长, 底质厚度要进行适时调整。另外, 在有关墨西哥湾扇贝适温适盐能力的报道^[12]中曾提出应及时将贝类的耐温耐盐特点运用到生产, 指导实践, 本文的工作值得今后大竹蛏育苗工作中加以借鉴。

4 结论

本文研究了温度、盐度和底质对大竹蛏稚贝生长及存活的影响, 取得以下结论: 1) 大竹蛏稚贝具有耐低温适高盐的特性, 在盐度 21.4‰条件下, 大竹蛏稚贝存活及生长的适温范围为 6—30℃, 最适温度范围为 21—30℃; 2) 在温度 21.6—28.6℃条件下, 大竹蛏稚贝存活及生长的盐度适宜范围为 20‰—32‰, 最适盐度范围为 20‰—28‰; 3) 大竹蛏稚贝对底质环境无明显的选择性, 但稚贝在不同厚度底质中成活与生长存在显著差异。

参考文献

- [1] 陈爱华, 姚国兴, 张志伟. 大竹蛏生产性人工繁育实验[J]. 海洋渔业, 2009, 31(1): 66—72.
- [2] 张志伟, 姚国兴, 陈爱华. 大竹蛏同工酶组织特异性与多态性初步研究[J]. 海洋科学, 2009, 33(3): 41—96.
- [3] 孙振兴, 郭胜超, 邵雁群, 等. 三种海产帘蛤目贝类的核型研究[J]. 海洋学报, 2004, 26(1): 88—94.
- [4] 陈爱华, 张志伟, 姚国兴, 等. 环境因子对大竹蛏稚贝生长及存活的影响[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(5): 559—563.
- [5] 张涛, 杨红生, 刘保忠, 等. 环境因子对硬壳蛤 (*Mercenaria mercenaria*) 稚贝成活率和生率的影响[J]. 海洋与湖沼, 2003, 34(2): 142—149.
- [6] TETTELBAACH S T, RHODES E W. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of Northern Bay scallop, *Argopecten irradians irradians* [J]. Marine Biology, 1981, 63(3): 249—256.
- [7] CASTAGNA M. Culture of the bay scallop, *Argopecten irradians* in Virginia[J]. Marine Fisheries Review, 1975(37): 19—24.
- [8] CALABRESE A. Individual and combined effects of salinity and temperature on embryos and larvae of the coot clam, *Mulinia lateris* [J]. Marine Biology, 1969, 137: 417—428.
- [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] 林笔水, 吴天明. 温度和盐度同缢蛏稚贝存活及生长的关系[J]. 水产学报, 1986, 10(1): 41—50.
- [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, 2005, 29(5): 495—501.
- [12] 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.