

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2015.03.010

温度与比重互作对施獭蛤稚贝成活与生长的影响

吕晓露¹, 孙宗红¹, 刘志刚¹, 白成¹, 刘锦上²

(1. 广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025; 2. 湛江银浪海洋生物技术有限公司, 广东 湛江 524022)

摘要: 在室内条件下, 采用2因素5水平的正交试验方法研究了温度(16.0℃、20.0℃、24.0℃、28.0℃和32.0℃)与海水比重(1.0160、1.0200、1.0240、1.0280和1.0320)互作对施獭蛤(*Lutraria sieboldii*)稚贝成活与生长的影响。结果表明: 1) 在最适宜的比重范围内, 稚贝的适宜成活温度是17.0~32.7℃, 最适宜成活温度是24.0~28.0℃; 适宜生长温度是16.4~32.7℃, 最适宜生长温度是24.0~30.0℃; 2) 在最适宜温度范围内, 稚贝适宜的成活比重是1.0165~1.0318, 最适宜的成活比重是1.0240; 适宜生长比重是1.0163~1.0318, 最适宜的生长比重是1.0213~1.0286; 3) 温度与比重对稚贝成活与生长存在联合效应, 适宜和最适宜的温度、比重随着比重与温度向2个极端移动而逐渐变小。

关键词: 施獭蛤; 稚贝; 温度; 比重; 互作效应

中图分类号: S 968.31+9

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2015)03-0059-08

Combined effects of water temperature and gravity on survival and growth of juvenile *Lutraria sieboldii*

LÜ Xiaolu¹, SUN Zonghong¹, LIU Zhigang¹, BAI Cheng¹, LIU Jinshang²

(1. Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China; 2. Zhanjiang Silverwave Marine Biotechnology Co. Ltd., Zhanjiang 524022, China)

Abstract: We applied the orthogonal experiment method of two factors and five levels to study the combined effects of temperature (16.0℃, 20.0℃, 24.0℃, 28.0℃, 32.0℃) and gravity (1.0160, 1.0200, 1.0240, 1.0280, 1.0320) on survival and growth of juveniles in the laboratory. The results show that: 1) In the optimum gravity range, the suitable temperature range of juveniles' survival was 17.0~32.7℃; the optimum temperature range of survival was 24.0~28.0℃; the suitable temperature range of growth was 16.4~32.7℃; the optimum temperature range of growth was 24.0~30.0℃. 2) In the optimum temperature range, the suitable gravity range of juveniles' survival was 1.0165~1.0318; the optimum gravity of survival was 1.0240; the suitable gravity range of growth was 1.0163~1.0318; the optimum gravity range of growth was 1.0213~1.0286. 3) There were combine effects between temperature and gravity. The suitable and optimum temperature as well as gravity ranges of juveniles decreased gradually with gradient moving to the two ends.

Key words: *Lutraria sieboldii*; juvenile; salinity; temperature; interaction effect

施獭蛤(*Lutraria sieboldii*)俗称象鼻蚌, 隶属瓣鳃纲、帘蛤目、蛤蜊总科、蛤蜊科、施獭蛤属, 分

布在热带亚热带海区, 在日本、东南亚和中国广东、海南、广西、浙江等沿海地区均有分布^[1],

收稿日期: 2014-06-15; 修回日期: 2014-12-20

资助项目: 广东省科技厅产学研项目(2011B090400216); 广东省海洋与渔业局项目(A201001H01); 广东海洋大学创新强校工程项目(GDOU2013050326)

作者简介: 吕晓露(1991-), 女, 助理工程师, 从事水产养殖研究。E-mail: meiyuxl@163.com

通信作者: 刘志刚(1963-), 男, 教授, 从事水产养殖与遗传育种研究。E-mail: liuzg919@126.com

生活在潮下带至水深 78 m 的沙或者泥沙质中^[2]。施獭蛤壳比较薄,水管的肌肉十分发达,肉味鲜脆可口,深受群众的喜爱,产品供不应求,价格高昂,使施獭蛤成为海产贝类中的珍品。近年来由于滥捕导致施獭蛤的资源受到严重破坏,因此,规模化养殖势在必行。目前,已有学者对施獭蛤的生态、繁殖、育苗及养殖等方面开展了研究,李斌等^[3]对施獭蛤的自然群体做了形态和遗传上的分析;大獭蛤(*L. maxima*)胚胎的发育方面的研究也有报道^[4];蔡英亚等^[5]对施獭蛤的生态方面也做了研究;在施獭蛤的幼体发育上也已经有了不少的研究^[6],但关于环境因子如比重和温度互作对施獭蛤的影响研究却少见报道。环境因子对贝类的生存和生长有显著的影响^[7],相对于单因子来说,多因素互作更能够体现环境因子对贝类的互作效应和每一种环境因子对贝类的重要程度。该研究通过不同的温度与比重的组合来探究温度、比重互作对施獭蛤稚贝成活与生长的影响,以期对施獭蛤的人工养殖提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

施獭蛤稚贝来自湛江银浪海洋生物技术有限公司草潭种苗基地 2013 年 5 月 29 日孵化出来的种苗,其亲本来自湛江市北部湾草潭海域。稚贝整体活力强盛、贝壳完整、规格均匀、无病虫害,平均壳长为 2.89 mm,壳高为 1.77 mm。稚贝带回广东海洋大学海洋生物研究基地的实验室暂养,供试验使用。

1.2 方法

1.2.1 比重与温度互作试验设计 根据预试验结果,以海水比重 1.024 0 和温度 24 °C 为中心点,设置 1.016 0、1.020 0、1.024 0、1.028 0 和 1.032 0 等 5 个比重梯度和 16.0 °C、20.0 °C、24.0 °C、28.0 °C 和 32.0 °C 等 5 个温度梯度,以 2 因素 5 水平正交试验方案设置 25 个组合,每个组合设置 3 个平行。整个试验在广东海洋大学海洋生物研究基地的实验室中进行,全程在室内控制的条件下完成。

1.2.2 试验方法与管理 施獭蛤稚贝在与取材地同温度、同比重的条件下暂养 3 d 后,随机测量 30 个个体的初始壳长、壳高,作为所有试验组的起始值,被测个体由于可能受损而被舍弃,其余个

体随机组合,按每组 30 个放入已铺好 1 cm 细沙、盛有过滤海水 800 mL 的 1 000 mL 的烧杯中,烧杯置于泡沫箱中水浴控温。为防止盐度及温度剧变对试验生物带来应激反应,导致试验误差,盐度在正常海水盐度的基础上按每小时升 1 或降 1 的速率至各组试验盐度;水温从常温开始,按每小时上升 1 °C 或下降 1 °C 的速率至各组试验温度,然后开始试验计时。比重梯度采用人工海水精盐或加入经曝气的淡水调节;温度梯度采用加冰降温以及用控温器(± 0.5 °C)加温调节。

试验水体 24 h 不间断充气,每天早上 9 点及下午 5 点采用亚心型扁藻(*Platymonas subcordiformis*)和湛江等鞭金藻(*Isochrysis zhanjiangensis*)的浓缩藻液混合投饵,保证水体中的藻细胞密度在 1×10^4 个·mL⁻¹,防止因为食物的缺乏影响稚贝的生长以及生存。每天等比重、等温度换水 50%,观察、记录死亡情况,及时捞出死亡稚贝,防止水质污染。试验结束时统计成活率和壳长日增长、壳高日增长。该试验于 2013 年 6 月 2 日开始至 2013 年 6 月 15 日结束,试验周期 14 d。

1.3 数据采集与处理

1.3.1 指标测定 稚贝的成活率 $R_s(\%) = 100 \times (\text{试验结束成活数量} / \text{试验开始数量})$,稚贝死亡的界定以贝壳张开,放入常温常盐海水中不能恢复为标准。

$$\text{平均壳高日增长 } R_H(\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}) = (H_1 - H_0) / (t_1 - t_0)$$

$$\text{平均壳长日增长 } R_L(\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}) = (L_1 - L_0) / (t_1 - t_0)$$

公式中 L_1 及 t_1 表示试验结束的壳长和时间, L_0 及 t_0 表示试验开始的壳长和时间,死亡稚贝的壳长、壳高视为与初始的壳长、壳高相等,其增长按零列入统计。

1.3.2 适宜、最适成活温度及比重的界定 稚贝适宜的成活温度定义为稚贝在最适宜的比重下,成活率在 50% 以上的温度范围,最适成活温度定义为稚贝在最适宜的比重下,成活率为最高且多重比较无显著性差异的几个组或一个组对应的温度范围;稚贝适宜成活比重定义为稚贝在最适宜的温度下,成活率在 50% 以上的比重范围;最适成活比重定义为稚贝在最适宜的温度下,成活率为最高且多重比较无显著性差异的几个组或一个组对应的比重范围。高低两端适宜成活临界温度及比重采用二

点法计算^[8]，公式为 $168 \text{ h-LC}_{50} = C_1 + [(P_1 - 50\%)/(P_1 - P_2)] \times (C_2 - C_1)$ ，其中 P_1 、 P_2 为与 50% 相邻的 2 个相对成活率， C_1 和 C_2 分别为 P_1 和 P_2 对应的温度或比重。

1.3.3 适宜、最适生长温度及比重的界定 稚贝适宜的生长温度定义为稚贝在最适宜的比重下，壳长、壳高增长为最优组 30% 以上的温度范围；最适生长温度定义为稚贝在最适宜的比重下，壳长、壳高增长最快且多重比较无显著性差异的几个或一个组合对应的温度范围；稚贝适宜生长比重定义为稚贝在最适宜的温度下，壳长、壳高增长为最优组 30% 以上的比重范围；最适生长比重定义为稚贝在最适宜的温度下，壳长、壳高增长最快且多重比较无显著性差异的几个或一个组合对应的比重范围。

1.3.4 数据处理 采用 Design-Expert 以及 SPSS 18.0 对数据进行处理和分析，并用 Excel 2007 作出试验稚贝成活率的柱形图，采用 Duncan's 法进行多重比较，检验处理间的差异显著性 ($P < 0.05$)。

2 结果

2.1 特定温度下不同比重稚贝的成活率

特定温度下不同比重稚贝的成活率见图 1。在各特定温度内，不同比重组的成活率均随比重的上升呈现“低-高-低”的变化，比重变化对成活率产生显著性影响 ($P < 0.05$)，除 16.0 °C 组外，其他温度组的成活率均以比重为 1.024 0 时最高，不随温度的变化而变化；在各特定温度间，相同比重的成活率随温度上升也呈现“低-高-低”的变化，温度变化对同一比重的成活率产生显著性影响 ($P < 0.05$)，1.024 0 比重在 24.0 °C 和 28.0 °C 达到 100% 的最高成活率，可以认为 1.024 0 比重和 24.0 ~ 28.0 °C 是稚贝最适成活的温度、比重组合。此外，比重为 1.020 0 或 1.028 0 时最适温度为 24.0 °C ($P < 0.05$)，与比重为 1.024 0 时相比缩减了 1 个温度梯度。组合为 16.0 °C 与 1.016 0、1.020 0 或 1.032 0，或 32.0 °C 与 1.016 0 时稚贝的成活率均为零。

2.2 特定比重下不同温度稚贝的成活率

特定比重下不同温度稚贝的成活率见图 2。在各特定比重内，不同温度组的成活率均随温度的上升呈现“低-高-低”的变化，温度变化对成活

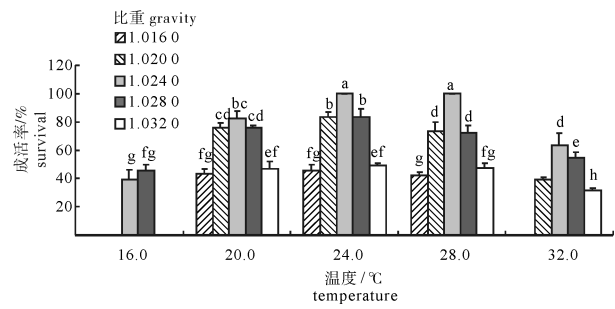


图 1 特定温度、不同比重情况下稚贝的成活率
柱上不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)，后图同此
Fig. 1 Survival rate of juvenile *L. sieboldii* at specific temperature and different gravities

Different small letters on each pillar indicate significant difference ($P < 0.05$). The same case in the following figures.

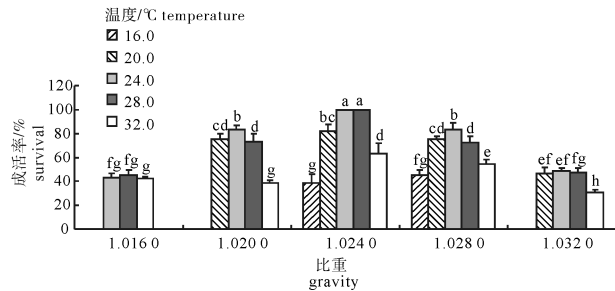


图 2 特定比重、不同温度情况下稚贝的成活率
Fig. 2 Survival of juvenile *L. sieboldii* at specific gravity and different temperatures

率产生显著性影响 ($P < 0.05$)，其峰值均出现在 1.024 0 的比重，不随温度的变化而变化。比重为 1.024 0 时成活率以 24.0 ~ 28.0 °C 时最高 (100%)；比重为 1.020 0 和 1.028 0 时成活率只在 24.0 °C 达到最高；比重为 1.016 0 或 1.032 0 时成活率在 20.0 ~ 28.0 °C 之间没有显著性差异 ($P > 0.05$)，不出现峰值；试验组合的比重 1.016 0、温度 16.0 °C 或 32.0 °C，比重 1.032 0、温度 16.0 °C 时稚贝的成活率均为零。在各特定比重间，相同温度的成活率随温度上升也呈现“低-高-低”的变化，温度变化对同一比重的成活率产生显著性影响 ($P < 0.05$)，

24.0 °C 和 28.0 °C 在 1.024 0 比重达到 100% 的最高成活率，可以认为 24.0 ~ 28.0 °C 和 1.024 0 比重是稚贝最适成活的温度、比重组合。

2.3 温度和比重的互作效应对稚贝成活的影响

通过 Design-Expert 软件进行数据处理并绘图，获得各试验组稚贝成活率的响应曲面 (图 3)，方差

分析见表1。在试验比重范围之内,施獭蛤稚贝的成活率随着温度的变化呈现抛物线型,在温度梯度的两端成活率较低,而在温度梯度的中间24.0℃,则有最大的成活率;同样,在试验温度范围内施獭蛤的稚贝成活率也随着比重的变化呈现抛物线,在比重梯度的两端成活率较低,而在比重梯度的中间1.0240时有最大的成活率。纵观整个响应曲面,可以看到比重为1.0240以及温度为24.0℃时成活率最高。受到模型优化的影响,图1、图2显示的比重1.0240及温度28.0℃下也具有最高成活率的结果在此得不到体现。方差分析表明,试验的温度和比重以及这两者的联合效应对施獭蛤成活率的影响显著($P < 0.05$)。

2.4 适宜和最适成活温度、比重求算

结合各组稚贝的成活率,求得在不同温度和不同

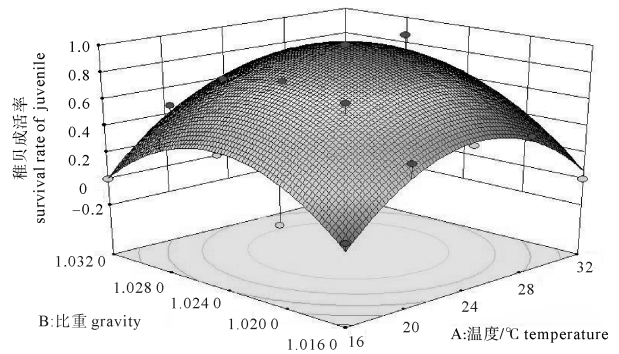


图3 各组稚贝成活率的响应曲面图

Fig. 3 Response surface plot of survival of juvenile *L. sieboldii* in different groups

同比重下施獭蛤稚贝的适宜生存比重范围以及最适宜的生存比重范围、适宜生存温度范围以及最适宜生存温度范围(表2和表3)。

表1 施獭蛤稚贝各组成活率的方差分析

Tab. 1 Variance analysis of *L. sieboldii* juvenile's survival rates in different groups

来源 source	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F	P
模型 model	1.960	5	0.380	38.69	<0.000 1
A-温度/℃ A-temperature	0.049	1	0.049	4.81	0.040 9
B-比重 B-gravity	0.036	1	0.036	3.60	0.043 0
AB-温盐联合 AB-combine	2.809E-003	1	2.809E-003	0.28	0.046 4

表2 不同比重下施獭蛤稚贝的适宜与最适成活温度

Tab. 2 Suitable and optimum temperature ranges for survival of juvenile *L. sieboldii* at different gravities

比重 gravity	适宜生存温度 suitable temperature range for survival	最适生存温度 optimum temperature range for survival
1.016 0	-	-
1.020 0	18.7 ~ 30.6	-
1.024 0	17.0 ~ 32.7	24.0 ~ 28.0
1.028 0	16.7 ~ 30.9	-
1.032 0	-	-

表3 不同温度下施獭蛤稚贝的适宜与最适成活比重

Tab. 3 Suitable and optimum gravity ranges for survival of juvenile *L. sieboldii* at different temperatures

温度/℃ temperature	适宜生存比重 suitable gravity range for survival	最适生存比重 optimum gravity range for survival
16	-	-
20	1.016 8 ~ 1.031 4	-
24	1.016 5 ~ 1.031 8	1.024 0
28	1.016 9 ~ 1.031 6	1.024 0
32	-	-

2.5 特定温度下不同比重稚贝的壳长日增长

特定温度下不同比重稚贝的壳长日增长见图4。在各温度组内，随着比重的升高，壳长日增长均呈现“低-高-低”的变化，在比重为1.0240时均出现峰值，不随温度的变化而变化；温度16.0℃、比重分别为1.0160、1.0200、1.0320的组合，壳长日增长为零；温度32.0℃、比重1.0160的组合，壳长日增长也为零；温度24.0℃及28.0℃、比重1.0240有最高的壳长日增长($P < 0.05$)。在各温度组间，随着温度的升高，相同比重的壳长日增长均呈现“低-高-低”的变化，在24.0℃时均出现峰值，不随比重的变化而变化，1.0240比重组的峰值扩展至28.0℃。

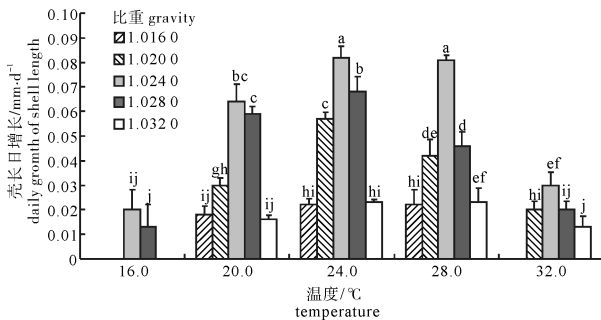


图4 特定温度、不同比重情况下稚贝的壳长日增长
Fig. 4 Daily growth of shell length of juvenile *L. sieboldii* at specific temperature and different gravities

2.6 特定比重下不同温度稚贝的壳长日增长

特定比重下不同温度稚贝的壳长日增长见图5。在各比重组内，随着温度的升高，各比重组的壳长日增长均呈现“低-高-低”的变化，峰值均出现在24.0℃，不随比重的变化而变化，1.0240比重组峰值扩展至28.0℃；在比重1.0160、温度16.0℃及32.0℃，或比重1.0320、温度16.0℃时壳长日增长均为零；比重为1.0240，温度为24.0~28.0℃时壳长日增长最高。

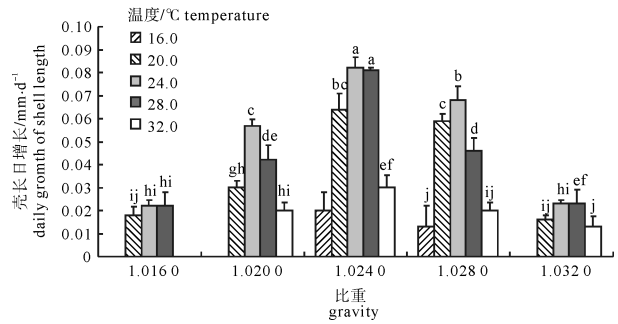


图5 特定比重、不同温度情况下稚贝的壳长日增长
Fig. 5 Growth of shell length of juvenile *L. sieboldii* at specific gravity and different temperatures

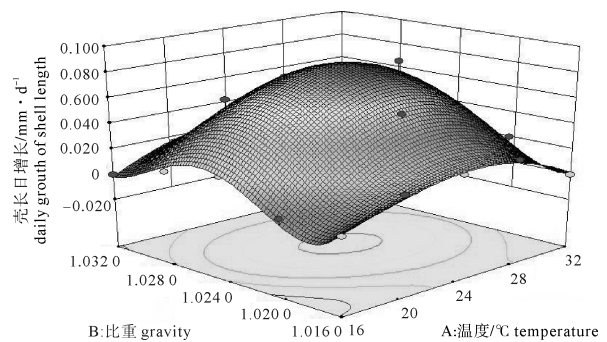


图6 各组稚贝的壳长日增长响应曲面图
Fig. 6 Response surface plot of daily growth of shell length of juvenile *L. sieboldii* in different groups

2.7 温度和比重的互作效应对稚贝生长的影响

各组合稚贝壳长日增长的响应曲面见图6，方差分析见表4。在试验比重范围之内，施獭蛤稚贝的壳长日增长随着温度的变化呈现抛物线型，在温度梯度的两端，壳长日增长较小，而在温度梯度的中间(24.0℃)则有最大值；同样，在试验温度范围内，施獭蛤的稚贝壳长日增长也随着比重的变化呈现抛物线，在比重梯度的两端，壳长日增长较小，而在比重梯度的中间(1.0240)有最大值。纵观整个响应曲面，可以看到比重为1.0240以及温度为24.0℃时壳长日增长最高。

表4 施獭蛤稚贝各个组合壳长日增长的方差分析表

Tab. 4 Variance analysis of daily growth of shell length of juvenile *L. sieboldii* in different groups

来源 source	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	F	P
模型 model	0.014	14	9.837E-004	24.55	<0.0001
A-温度/℃ A-temperature	8.443E-005	1	8.443E-005	2.11	0.0473
B-比重 B-gravity	2.830E-004	1	2.830E-004	7.06	0.0420
AB-联合 AB-combine	6.646E-005	1	6.646E-005	1.66	0.0468

表5 不同比重下施獭蛤稚贝的适宜与最适生长温度

Tab. 5 Suitable and optimum temperature ranges for growth of juvenile *L. sieboldii* at different gravities

比重 gravity	适宜生长温度 suitable temperature range for growth	最适生长温度 optimum temperature range for growth
1.016 0	-	-
1.020 0	18.28 ~ 32.48	-
1.024 0	16.41 ~ 32.72	24.00 ~ 30.00
1.028 0	16.64 ~ 31.90	-
1.032 0	-	-

表6 不同温度下施獭蛤稚贝的适宜与最适生长比重

Tab. 6 Suitable and optimum gravity ranges for growth of juvenile *L. sieboldii* at different temperatures

温度/°C temperature	适宜生存比重 suitable gravity range for survival	最适生存比重 optimum gravity range for survival
16	-	-
20	1.016 6 ~ 1.031 6	-
24	1.016 3 ~ 1.031 8	1.021 3 ~ 1.028 6
28	1.016 4 ~ 1.031 7	1.022 3 ~ 1.025 8
32	-	-

3 讨论

3.1 环境因子的多因素联合效应研究

温度和比重是贝类生长过程中最为重要的2个环境因子,其变化时刻影响着双壳贝类的成活及生长^[9-11]。相对于单独研究温度和比重的影响,两者的联合效应更能够体现出环境因子对贝类的影响。已有很多学者采用温度与盐度、温度与pH等双因子联合效应的方式对各种贝类进行了研究^[12-13]。王亚男等^[14]报道了温度、盐度对马氏珠母贝(*Pinctada martensi*)外套膜Hsp70基因表达量的联合影响;朱晓闻等^[15]研究了温度、盐度和pH对马氏珠母贝清滤率的联合效应,得出马氏珠母贝养殖的各种科学依据。各种环境因子的联合效应研究不仅运用于贝类生物,在其他生物种类上也有报道。饶小珍等^[16]以盐度和温度联合的方式研究了龟足胚胎发育和幼虫的生长进行了研究;宋协法等^[17]以温度、盐度联合的方式研究了凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)耗氧和氨氮、磷排泄情况。前人的各种研究进一步表明,对于环境的研究,多种因子的联合效应所得到的试验结果更具科学性。因此,笔者试验借鉴前人的经验,研究了温度与比重这2个环境因素对施獭蛤稚贝(平均壳长2.89 mm 平均壳高1.77 mm)成活以及生长的联合效应,

以期施獭蛤的稚贝培育以及幼贝、成体的养殖提供科学的试验依据。

3.2 施獭蛤稚贝成活与生长的适宜温度和比重范围

贝类在对环境的适应过程中,其适应能力的大小除了受到种类遗传性的影响外,还与其个体生理状态有关^[8],然而,贝类对比重及温度的适应能力与其个体大小的关系并不密切,同种贝类的所有个体都会以相同的方式对所处的温度和比重做出反应^[18-19],因此,对施獭蛤稚贝的研究结果也可以作为施獭蛤各个生长阶段所需要温度和比重的参考。

经过14 d的试验,得到的研究结果显示,温度和比重以及两者的联合效应对施獭蛤稚贝成活与生长的作用显著($P < 0.05$)。试验温度的范围内稚贝的成活率呈抛物线分布,在温度范围两端的16.0 °C与32.0 °C的成活率较低,越往中间的温度梯度成活率越高,并且在24.0 °C各组稚贝有最高的成活率。同样,试验比重范围内施獭蛤稚贝的成活率也呈抛物线分布,并且在比重为1.024 0时有最高的成活率。

在试验的比重范围内,随着比重从梯度中央向两端延伸,施獭蛤稚贝的适宜以及最适宜的成活温度范围,适宜以及最适宜的生长温度范围在逐渐缩

减, 在比重为 1.024 0 时有最大的成活率以及壳长、壳高日增长, 此时稚贝的适宜成活温度是 17.0 ~ 32.7℃, 而最适宜的成活温度是 24.0 ~ 28.0℃; 适宜的生长温度为 16.4 ~ 32.7℃, 最适的生长温度为 24.0 ~ 30.0℃。在试验的温度范围内, 随着温度从梯度中央向两端延伸, 施獭蛤稚贝的适宜以及最适宜的成活比重范围, 适宜以及最适宜的生长比重范围在逐渐减小, 在温度为 24.0℃ 时有最大的成活率以及壳长、壳高日增长; 此时稚贝的适宜成活比重是 1.016 5 ~ 1.031 8, 最适宜的成活比重是 1.024 0; 适宜的生长比重是 1.016 3 ~ 1.013 8, 最适宜的生长比重是 1.021 3 ~ 1.028 6。比重超出或者低于最适宜的范围, 施獭蛤稚贝对高比重、高温的适应能力相对于低比重、低温的适应能力要强。

3.3 温度和比重的联合效应对施獭蛤稚贝成活与生长的影响

关于海洋生物对环境响应的研究, 温度和比重两者共同协助所得到的效应远远比单个因子的要强^[20-21]。与该研究类似, 很多学者已经研究得出温度和盐度以及这 2 个因素的联合效应对双壳贝类的成活与生长有着极为显著的作用^[22-24], 例如, 刘志刚等^[8]曾经以温度和盐度以及两者的互作效应对华贵栉孔扇贝 (*Mimachlamys nobilis*) 进行过研究, 得到这两者的互作效应确实对华贵栉孔扇贝的生存及生长有显著的影响, 同时也证实了温度对华贵栉孔扇贝的成活及生长的影响受到盐度控制。同样, 盐度的影响也受到温度控制, 这与此笔者研究所得到的结果相似。笔者研究中温度和比重这 2 个因素的联合效应对施獭蛤稚贝的成活以及生长影响显著 ($P < 0.05$), 试验的温度对施獭蛤稚贝的成活率以及生长率的影响也受到该试验中比重的控制, 而比重对施獭蛤稚贝的成活率以及生长率的影响也受到该试验中温度的控制。当然, 也有很多学者的研究结论与该研究的结果不同, 有部分学者认为, 温度和比重联合使用得到明显的相互关系的大前提是温度和比重或者这两者其中有一个必须是接近极限范围^[25], 如果温度和比重都处于正常的安全范围之内两者的关系就不明显。也有学者认为, 很多情况下温度主要是在试验生物对比重的适应能力方面有影响, 而在试验生物对比重的耐受限度上并没有大的影响^[26]。

该试验主要研究了温度和比重两者的联合效应

对施獭蛤稚贝的成活以及生长的影响, 以期对施獭蛤的大规模养殖提供指导, 解决目前施獭蛤资源严重匮乏的问题。施獭蛤是中国养殖的重要经济贝类, 其肉质鲜嫩, 肌肉发达, 已经逐渐成为中国宴会上的一道美味佳肴, 虽然现在中国南方沿海地区已有不少养殖, 但养殖规模一直难以扩大, 价格也一直居高不下。究其原因, 除了因为资源匮乏外, 主要是对养殖环境条件缺乏了解, 把施獭蛤养殖在温度和比重均不适合的海区, 而施獭蛤对低温、低盐十分敏感, 再加上南方夏季降水量大, 尤其是 7 月、8 月大量雨水往往伴随着台风而来, 导致养殖海区内海水比重不断降低, 使施獭蛤经常爆发大面积的死亡, 即使成活下来, 生长速度也会变慢, 阻碍了施獭蛤的大规模养殖。因此, 在发展施獭蛤养殖时应尽量选择适合其生长的海区, 避免在周年温度及比重变化较大, 甚至是超出施獭蛤适宜成活范围的海区进行养殖; 另外, 在养殖过程中应该尽量将温度及比重控制在最适合生长的范围内, 以加快生长速度, 缩短养殖周期, 提高生产效益, 从而逐渐扩大养殖规模, 形成成熟的施獭蛤产业。

参考文献:

- [1] 刘永, 梁飞龙, 毛勇, 等. 施獭蛤人工育苗技术的研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2006, 26(3): 89-101.
- [2] 曹伏君, 刘永, 张春芳, 等. 施獭蛤 (*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] 李斌, 何俊锋, 区小玲, 等. 广西和广东地区施獭蛤 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.
- [4] 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, 2(1): 33-34.
- [5] 蔡英亚, 劳赞, 陈东. 施獭蛤的生态观察[J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 6(1): 39-42.
- [6] 李琼珍, 童万平, 苏琼, 等. 大獭蛤的胚胎、幼虫及稚贝的形态发育[J]. 广西科学院学报, 2003, 10(4): 269-299.
- [7] 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, 23(12): 39-41.
- [8] 刘志刚, 刘建勇, 杨博. 温度与盐度对华贵栉孔扇贝幼仔存活与生长的互作效应研究[J]. 海洋科学, 2011, 35(10): 75-80.
- [9] 王丹徐, 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.
- [10] 刘志刚, 王辉, 栗志民, 等. 墨西哥湾扇贝高起始致死温度的研究[J]. 中国水产科学, 2007, 14(5): 778-785.
- [11] 林笔水, 吴天明, 黄炳章. 温度和盐度对菲律宾蛤仔稚贝生

- 长及发育的影响[J]. 水产学报, 1983, 7(1): 15-23.
- [12] VERWEEN A, VINCX M, DEGRAER S. The effect of temperature and salinity on the survival of *Mytilopsis leucophaeata* larvae (Mollusca, Bivalvia): the search for environmental limits[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2007, 348 (1/2): 111-120.
- [13] DUARTE C, NAVARRO J M, ACUNA K, et al. Combined effects of temperature and ocean acidification on the juvenile individuals of the mussel *Mytilus chilensis*[J]. J Sea Res, 2014, 85: 308-314.
- [14] 王亚男, 王辉, 罗明明, 等. 温度、盐度对马氏珠母贝外套膜 *Hsp70* 基因表达量的联合影响[J]. 广东海洋大学学报, 2012, 32(3): 35-41.
- [15] 朱晓闻, 王辉, 刘进, 等. 温度、盐度和 pH 对马氏珠母贝稚贝清滤率的联合效应[J]. 生态学报, 2012, 32(12): 3729-3736.
- [16] 饶小珍, 林岗, 张殿彩, 等. 温度、盐度对龟足胚胎发育和幼虫生长的联合影响[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6530-6537.
- [17] 宋协法, 刘鹏, 葛长宇, 等. 温度、盐度交互作用对凡纳滨对虾耗氧和氨氮、磷排泄的影响[J]. 渔业现代化, 2009, 36(2): 1-6.
- [18] 何义朝, 张福绥, 王萍, 等. 墨西哥湾扇贝稚贝对盐度的耐受力[J]. 海洋学报, 1999, 21(4): 87-91.
- [19] 尤仲杰, 陆彤霞, 马斌, 等. 温度对墨西哥湾扇贝幼虫和稚贝生长与存活的影响[J]. 水产科学, 2003, 32(1): 8-10.
- [20] VERDONK N H, van den BIGGELAAR J A M, TOMPA A S. The Mollusca, Vol. 3 [M]. New York: Development Academic Press, 1983: 299-343.
- [21] KINNE O. The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. II. Salinity and temperature combinations [J]. Oceanogr Mar Biol Annu Rev, 1964, 2: 281-339.
- [22] TAMAYO D, IBARROLA I, NAVARRO E. Thermal dependency of clearance and metabolic rates in slow and fast growing spat of Manila clam *Ruditapes philippinarum*[J]. Comp Biochem Physiol, 2013, 183(7): S4-S9.
- [23] SORIA G, MERINO G, BRAND E V. Effect of increasing salinity on physiological response in juvenile scallops *Argopecten purpuratus* at two rearing temperatures[J]. Aquaculture, 2007, 270(1/2/3/4): 451-463.
- [24] 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(1/2/3/4): 493-506.
- [25] CALABRESE A. Individual and combined effects of salinity and temperature on embryos and larvae of the coot clam *Mulinia lateralis*[J]. Mar Biol Lab, 1969, 137: 417-428.