

# 温度和盐度对三倍体葡萄牙牡蛎(*Crassostrea angulata*)稚贝生长和存活的影响\*

展建强<sup>1</sup> 蔡廷柱<sup>1</sup> 郭希瑞<sup>2</sup> 张柯馨<sup>1</sup> 卢怡凝<sup>1</sup> 刘志刚<sup>1,3</sup>

(1. 广东海洋大学水产学院 广东湛江 524088; 2. 青岛前沿海洋种业有限公司 山东青岛 266105;  
3. 广东省海产无脊椎动物科技创新中心 广东湛江 524088)

**摘要** 为确定三倍体葡萄牙牡蛎(*Crassostrea angulata*)稚贝最适环境条件,研究了温度、盐度对其生长和存活的影响。结果表明:三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜生存温度为 11.05~33.81 °C,最适宜生存温度为 22.00~28.00 °C;适宜生长温度为 12.00~33.35 °C,最适宜生长温度为 26.00~28.00 °C;温度胁迫条件下,该贝在 48 h 和 96 h 的半致死温度在低温端分别为(4.71±0.04) °C 和(7.83±0.45) °C;高温端分别为(37.08±0.02) °C 和(36.31±0.11) °C;存活率在高温端下降更迅速,表明稚贝对高温更敏感。在盐度耐受性方面:三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜生存盐度为 15.06~44.13,最适宜生存盐度为 23.4~33.8;适宜生长盐度为 11.76~45.39,最适生长盐度为 23.40~26.00;该贝在 48 h 和 96 h 半致死盐度,低盐端分别为(4.68±0.97)和(9.35±0.35),高盐分别为(55.96±0.76)和(53.46±0.67)。综上,当水温为 26.00~28.00 °C,盐度为 23.40~26.00 时,更有利于三倍体葡萄牙牡蛎稚贝的存活和生长。研究结果可为三倍体葡萄牙牡蛎规模化养殖提供参考依据。

**关键词** 葡萄牙牡蛎;三倍体;温度;盐度;生长;存活;稚贝

中图分类号 S968.3 doi: 10.11693/hyh20221100284

葡萄牙牡蛎(*Crassostrea angulata*)又称福建牡蛎,属于软体动物门(Mollusca),双壳纲(Bivalvia),珍珠贝目(Pterioidea),牡蛎科(Ostreidae),巨蛎属(*Crassostrea*),喜好高温环境,其广泛分布在福建、浙江、广东等南方沿海(张跃环等,2014)。由于牡蛎食物链短、生长快、产量高,且经济效益好(巫旗生等,2015;杜俊鹏等,2018)。近年来,随着养殖规模的扩大和产量不断提高,葡萄牙牡蛎呈现养殖个体小型化、生长慢、死亡率升高、出肉率低等性状衰退现象(巫旗生等,2013),严重影响其产量和经济效益。因此,获得经济性状好、品质高的优良品种成为解决葡萄牙牡蛎养殖产业可持续发展的关键。

三倍体具有生长速率快、个体大、糖原含量高优点(贾圆圆,2021),其育种技术首次应用在贝类是

在 1981 年利用细胞松弛素 B (Cytochalasin B, CB)成功诱导出的美洲牡蛎(*Crassostrea virginica*)三倍体(Stanley *et al*, 1981),之后,在海湾扇贝(*Argopecten irradians*) (Tabarini, 1984)、栉孔扇贝(*Chlamys farreri*) (张晨晨等,2010)、长牡蛎(*Crassostrea gigas*) (Wang *et al*, 2002)、近江牡蛎(*Crassostrea ariakensis*) (王康,2014)等在许多贝类中都开展过三倍体的诱导的研究,但成功应用的仅在牡蛎中。三倍体由于性腺发育较低,因此用于性腺发育的能量可用于生长,其在繁殖时期肥满度高,生长速度加快。同时,在繁育期间可避免因产卵导致软体部消瘦影响口感和出肉率等问题。近年来,三倍体牡蛎为养殖产业的热点之一。国内外关于三倍体葡萄牙牡蛎的研究多集中在育种(贾圆圆,2021)、介质诱导(崔玉婷等,2020)、生长(Zhang *et al*,

\* 南海经济动物物种创新与利用创新团队,2021KCXTD026 号;广东省海产无脊椎动物科技创新中心,粤科函社农字(2017)179 号。展建强,硕士研究生, E-mail: zhanjq0926@163.com

通信作者: 刘志刚,教授,硕士生导师, E-mail: Liuzg919@126.com

收稿日期: 2022-11-01, 收修改稿日期: 2023-02-28

2022)等, 而关于环境因子如温度、盐度对三倍体葡萄牙牡蛎生长和存活的影响研究尚未见报道。本文通过研究不同温度和盐度对三倍体葡萄牙牡蛎稚贝生长和存活的影响, 旨在探究稚贝的存活和生长的适宜温度和盐度范围, 提高稚贝存活率, 为三倍体葡萄牙牡蛎人工养殖提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验所用三倍体葡萄牙牡蛎稚贝取自福建莆田, 2022年4月2日运回广东海洋大学广东省南海经济无脊椎动物健康养殖工程研究中心实验室暂养7 d。暂养期间, 水温 26~28 °C, 盐度 31~33, pH 8.0~8.3, 持续微充气, 饵料为微拟球藻(*Nannochloropsis* sp.)。从运回的稚贝中随机抽取 60 个健康、壳型完整的稚贝, 测得稚贝平均壳长为(2.26±0.11) mm, 平均壳高为(2.10±0.17) mm。

### 1.2 方法

根据预实验结果, 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝温度耐受性实验, 以 2 °C 为梯度设置 6 个低温组(4~14 °C)、以 1 °C 为梯度设置 6 个高温组(34~39 °C)和 1 个常温对照组(26.5 °C); 生长和存活温度实验, 均以 2 °C 为梯度在 8~34 °C 范围设置 14 组。盐度耐受性实验, 以 2.6 为梯度设置 11 个低盐组(5.2~31.2)、以 2.4 为梯度设置 11 个高盐组(36.0~60.0)以及 1 个自然海水对照组(32.5); 生长和存活盐度实验, 均以 2.6 为梯度在 10.4~46.8 范围设置 15 组。各组实验均在装有 800 mL 过滤海水的烧杯(容积 1 000 mL)中进行, 每组设置 3 个重复, 每个烧杯放稚贝 30 个, 温度实验采用将烧杯置于恒温槽中控温, 控温精度±0.1 °C, 盐度实验通过向实验海水中添加海水晶溶液或经曝气淡水, 盐度测量使用光学盐度计(型号 LH-Y100)测定, 温度计和盐度计在使用前均经过严格校正。每隔 8 h 升高或降低温度 1~2 °C 和盐度 2.4~2.6, 达到各组预设温度和盐度后开始实验。

### 1.3 日常管理

温度和盐度耐受性实验周期均为 4 d, 温度和盐度生长存活实验均进行 15 d。各实验均在室内自然光照下进行, 实验期间各组均持续微充气, 每天投喂微拟球藻(*Nannochloropsis* sp.)液 3 次, 温度和盐度各组饵料投喂前分别进行等温和等盐处理, 各组每天需等温或等盐换水 1/2, 隔天进行一次全换水。在实验过程中将死贝及时移出, 记录其死亡时间及数量, 吸除污物以防止污染水质, 实验结束时用游标卡尺(精确度:

0.01 mm)测量所有存活稚贝壳长、壳高, 并计算成活率。

## 1.4 指标测定

### 1.4.1 存活率和增长率的测定

实际存活率和相对存活率的计算:

$$\text{实际存活率}(R_S) = (\text{实验结束时存活数} / \text{实验开始总数}) \times 100\%, \quad (1)$$

$$\text{相对存活率}(P) = (\text{实际存活率} / \text{对照组存活率}) \times 100\%, \quad (2)$$

增长率计算:

$$R_L = (L_1 - L_0) / t, \quad (3)$$

$$R_H = (H_1 - H_0) / t, \quad (4)$$

式中,  $R_L$  为壳长增长率(mm/d),  $L_1$  和  $L_0$  分别为实验结束和实验开始时稚贝的平均壳长(mm);  $R_H$  为壳高增长率(mm/d),  $H_1$  和  $H_0$  分别为实验结束和实验开始时稚贝的平均壳高(mm);  $t$  为实验时间(d)。稚贝死亡的界定以贝壳完全张开, 针刺刺激无反应为标准。

1.4.2 半致死温(盐)度的测定 实验结束时, 可计算三倍体葡萄牙牡蛎稚贝在 48 h 和 96 h 两个时间节点的半致死温(盐)度。在实验周期内稚贝 50%死亡的温度(LT<sub>50</sub>)和盐度(LS<sub>50</sub>), 采用二点法(刘志刚等, 2007b)计算, 公式为

$$LT_{50} = T_1 + [(P_1 - 50\%) / (P_1 - P_2)] \times (T_2 - T_1), \quad (5)$$

$$LS_{50} = S_1 + [(P_1 - 50\%) / (P_1 - P_2)] \times (S_2 - S_1), \quad (6)$$

式中,  $T_1$ 、 $T_2$  分别为稚贝存活率接近 50%的高、低端温度,  $S_1$ 、 $S_2$  分别为稚贝存活率接近 50%的高、低端盐度,  $P_1$ 、 $P_2$  为对应的相对存活率。

1.4.3 稚贝适宜、较适宜以及最适宜生存温(盐)度的界定 在实验周期 15 d 内, 以稚贝 50%死亡的温度作为生存临界温度, 上下限之间的温度作为稚贝适宜生存温度范围, 临界温度采用上述公式(1)计算; 较适宜生存温度为以稚贝 30%死亡的温度为临界温度, 上下限之间的温度作为较适宜生存温度范围; 最适宜生存温度为经多重比较无显著差异且存活率最高的几组对应的温度范围(刘志刚等, 2006)。

稚贝适宜、较适宜以及最适宜生存盐度求法同上。

1.4.4 稚贝适宜、较适宜以及最适宜生长温(盐)度的测定 将实验期间稚贝壳长、壳高增长率为最优组增长率的 30%所对应的温度作为壳长和壳高增长临界温度(求法采用二点法), 上下限之间的温度作为稚贝壳长、壳高适宜生长温度范围, 将上述 2 个指标范围的重叠部分作为稚贝适宜生长温度; 将实验期间稚贝壳长、壳高增长率为最优组增长率的 70%所对应的温度作为壳长和壳高增长临界温度, 上下限之间的温度则为壳长、壳高较适宜生长温度范围, 把上述

2 个指标温度范围的重叠部分作为稚贝较适宜生长温度; 最适生长温度为经多重比较无明显差异且存活率最高的几组所对应的温度范围(刘志刚等, 2007a)。

稚贝适宜、较适宜以及最适宜生长盐度求法同上。

### 1.5 数据处理

实验数据采用平均值±标准差( $\bar{x} \pm SD$ )表示, 利用 Excel 2016 统计软件整理数据, SPSS 23.0 分析软件对数据进行单因素方差分析(ANOVA), 并结合 Duncan 法进行多重比较。

## 2 结果

### 2.1 温度对三倍体葡萄牙牡蛎稚贝生存和生长的影响

**2.1.1 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝半致死温度** 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝在不同温度 48 h 和 96 h 下相对存活率如表 1, 由方差分析结果得出, 温度对三倍体葡萄牙牡蛎稚贝存活率影响显著( $P < 0.05$ )。以 48 h 和 96 h 为时间节点, 采用二点法计算, 得出 48 h 稚贝半致死低、高温分别为( $4.71 \pm 0.04$ ) °C 和( $37.08 \pm 0.02$ ) °C; 96 h 稚贝半致死低、高温分别为( $7.83 \pm 0.45$ ) °C 和( $36.31 \pm 0.11$ ) °C。

表 1 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝在不同温度 48 h 和 96 h 下的相对存活率

Tab.1 Relative survival rate of triploid *C. angulata* juveniles at different temperatures in 48 h and 96 h

温度/°C	相对存活率/%	
	48 h	96 h
4	47.19±1.01 <sup>e</sup>	16.83±3.06 <sup>f</sup>
6	55.06±2.02 <sup>d</sup>	31.46±4.08 <sup>e</sup>
8	59.55±3.03 <sup>cd</sup>	51.69±3.06 <sup>d</sup>
10	61.80±1.01 <sup>c</sup>	53.93±3.06 <sup>cd</sup>
12	66.29±2.02 <sup>c</sup>	58.43±2.04 <sup>c</sup>
14	74.16±1.01 <sup>b</sup>	67.42±1.02 <sup>b</sup>
26(对照)	100.00±0.00 <sup>a</sup>	100.00±0.00 <sup>a</sup>
34	79.78±1.01 <sup>b</sup>	66.29±3.06 <sup>b</sup>
35	75.28±2.02 <sup>b</sup>	61.80±3.06 <sup>b</sup>
36	66.29±1.01 <sup>c</sup>	58.43±3.06 <sup>c</sup>
37	51.69±3.03 <sup>d</sup>	31.46±5.10 <sup>d</sup>
38	31.46±1.01 <sup>e</sup>	16.85±2.04 <sup>e</sup>
39	28.09±1.01 <sup>f</sup>	8.99±1.01 <sup>f</sup>

注: 上标不同字母表示各组之间差异显著( $P < 0.05$ )

**2.1.2 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜、较适宜和最适宜生存温度** 实验周期 15 d 内, 各温度组三倍体葡萄牙牡蛎稚贝的存活率见图 1。当水温为 22~28 °C 时, 稚贝存活率均在 90% 以上, 且随着温度向两极的变

化, 相对存活率逐渐降低。

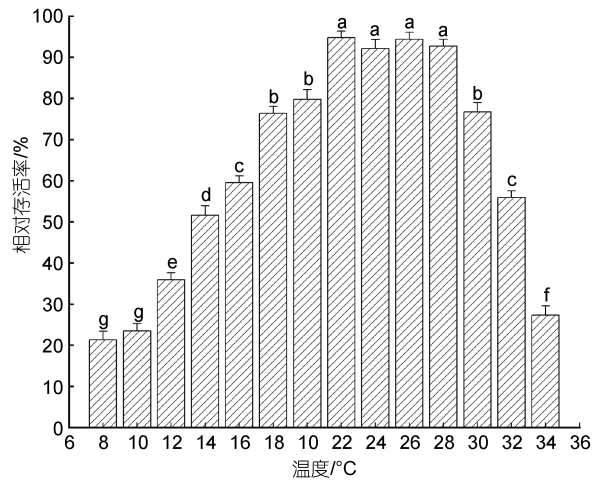


图 1 不同温度下三倍体葡萄牙牡蛎稚贝相对存活率  
Fig.1 relative survival rates of triploid *C. angulata* juveniles at different temperatures  
注: 不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

由适宜、较适宜和最适宜生存温度的界定, 通过二点法计算得稚贝适宜生存温度为 11.05~33.81 °C, 较适宜生存温度为 17.24~30.65 °C, Duncan 法比较表明, 温度为 22.00~28.00 °C 时, 存活率最高且均在 90% 以上, 各组间差异不显著( $P > 0.05$ ), 因而三倍体葡萄牙牡蛎稚贝最适宜生存温度为 22.00~28.00 °C。

**2.1.3 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜、较适宜和最适宜生长温度** 温度对葡萄牙牡蛎稚贝壳长和壳高生长影响如图 2, 由图 2 可知, 随温度升高, 壳长和壳

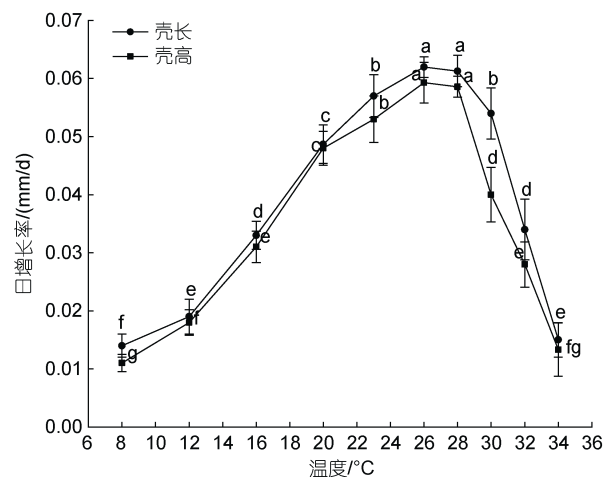


图 2 不同温度下三倍体葡萄牙牡蛎稚贝的壳长和壳高日增长率

Fig.2 Daily growth rates of shell length and shell height of triploid *C. angulata* juveniles at different temperatures  
注: 不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

高日增长率趋势基本一致, 先增大后减小, 且二者增长率分别在 26~28 °C 均无明显差异( $P>0.05$ ), 水温 26 °C 时日增长率均达到最大, 分别为 0.062 mm/d 和 0.0593 mm/d。二点法计算结果, 壳长增长的适宜温度为 11.68~33.63 °C, 较适宜温度为 18.65~31.05 °C; 壳高增长的适宜温度为 12.00~33.35 °C, 较适宜温度为 18.46~29.83 °C。由适宜、较适宜和最适宜生长温度的界定, 稚贝适宜生长温度为 12.00~33.35 °C, 较适宜生长温度为 18.46~29.83 °C, 最适宜生长温度为 26.00~28.00 °C。

## 2.2 盐度对三倍体葡萄牙牡蛎稚贝生存和生长的影响

### 2.2.1 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝半致死盐度

葡萄牙牡蛎稚贝在不同盐度 48 h 和 96 h 下实际存活率和相对存活率如表 2, 由方差分析结果得出, 盐度对葡萄牙牡蛎稚贝存活率影响显著( $P<0.05$ )。以 48 h 和 96 h 为时间节点, 采用二点法计算, 得出 48 h 稚贝半致死盐度中, 低盐端和高盐端分别为(7.28±0.97)和(56.31±0.76); 96 h 稚贝半致死盐度中, 低盐端和高盐端分别为(11.09±0.35)和(53.16±0.67)。

### 2.2.2 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜、较适宜和最适宜生存盐度

实验周期 15 d 内, 各盐度组三倍体太平洋牡蛎稚贝的存活率见图 3。由适宜、较适宜和最适宜生存盐度的界定, 通过二点法计算稚贝低端存活临界盐度为 15.06, 高端存活盐度为 44.13, 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜生存盐度为 15.06~44.13, 较适宜盐度为 18.27~41.57, Duncan 法比较表明, 盐度为 23.4、26.0、28.6、31.2 和 33.8 四组存活率均在 90% 以上, 且各组间差异不显著( $P>0.05$ ), 因而可认为三倍体葡萄牙牡蛎稚贝最适宜生存盐度为 23.4~33.8。

### 2.2.3 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜、较适宜和最适宜生长盐度

随盐度增加, 稚贝壳长、壳高均先增大后减小, 且不同盐度对三倍体葡萄牙牡蛎稚贝壳长和壳高日增长率差异显著( $P<0.05$ ) (图 4)。盐度为 23.4 时, 稚贝壳长、壳高日增长率最大, 分别为 0.062 mm/d 和 0.0593 mm/d, 经二点法及多重比较得稚贝壳长适宜增长盐度为 11.61~45.63, 较适宜盐度 18.20~28.60, 最适盐度为 23.40~26.00; 葡萄牙牡蛎稚贝的壳高增长的适宜盐度为 11.76~45.39, 较适盐度为 20.80~28.60, 最适盐度为 23.40~26.00。即葡萄牙牡蛎稚贝适宜生长盐度为 11.76~45.39, 较适宜生长盐度为 20.80~28.60, 最适生长盐度为 23.40~26.00。

表 2 三倍体葡萄牙牡蛎稚贝在不同盐度 48 h 和 96 h 下的相对存活率

盐度	相对存活率/%	
	48 h	96 h
5.2	9.57±1.02 <sup>c</sup>	2.25±1.02 <sup>c</sup>
7.8	58.42±6.06 <sup>d</sup>	12.35±1.02 <sup>c</sup>
10.4	74.15±4.04 <sup>c</sup>	46.07±8.16 <sup>d</sup>
13.0	83.14±2.02 <sup>b</sup>	58.42±5.10 <sup>e</sup>
15.6	85.39±1.01 <sup>b</sup>	76.53±5.10 <sup>b</sup>
18.2	85.39±2.02 <sup>b</sup>	82.65±4.08 <sup>b</sup>
20.8	97.75±1.01 <sup>a</sup>	97.75±3.06 <sup>a</sup>
23.4	97.75±0.00 <sup>a</sup>	97.75±1.02 <sup>a</sup>
26.0	97.75±1.01 <sup>a</sup>	97.75±1.02 <sup>a</sup>
28.6	98.88±1.01 <sup>a</sup>	97.75±1.02 <sup>a</sup>
31.2	98.88±1.01 <sup>a</sup>	98.88±1.02 <sup>a</sup>
32.5(对照)	100.00±1.01 <sup>a</sup>	100.00±0.00 <sup>a</sup>
36.0	98.99±1.01 <sup>a</sup>	98.99±1.02 <sup>a</sup>
38.4	98.99±1.01 <sup>a</sup>	97.96±1.02 <sup>a</sup>
40.8	98.99±1.01 <sup>a</sup>	97.96±1.02 <sup>a</sup>
43.2	98.99±1.01 <sup>a</sup>	94.38±2.04 <sup>a</sup>
45.6	97.98±2.02 <sup>a</sup>	92.86±2.04 <sup>ab</sup>
48.0	97.98±1.01 <sup>a</sup>	78.57±4.08 <sup>b</sup>
50.4	75.76±3.03 <sup>b</sup>	75.51±4.08 <sup>b</sup>
52.8	61.80±2.02 <sup>c</sup>	52.81±3.06 <sup>c</sup>
55.2	57.30±6.06 <sup>c</sup>	27.66±5.10 <sup>d</sup>
57.6	39.32±4.04 <sup>d</sup>	17.98±7.14 <sup>d</sup>
60.0	12.35±2.02 <sup>c</sup>	0.00±0.00 <sup>c</sup>

注: 上标不同字母表示各组之间差异显著( $P<0.05$ )

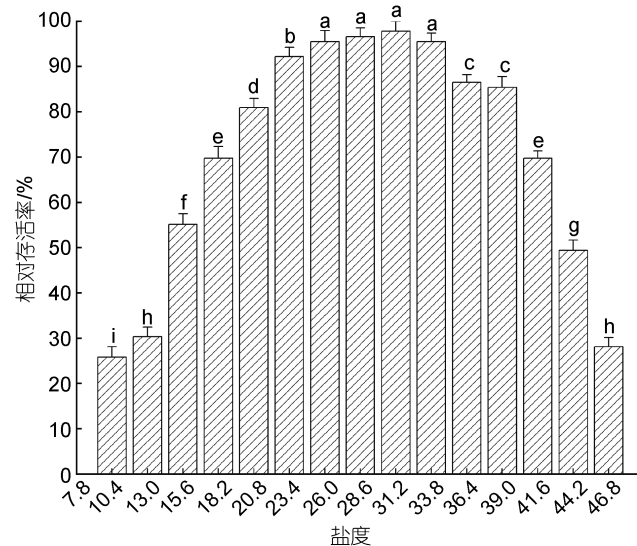


图 3 不同盐度下三倍体葡萄牙牡蛎稚贝相对存活率  
Fig.3 Relative survival rates of triploid *C. angulata* juveniles at different salinities

注: 不同字母表示差异显著( $P<0.05$ )

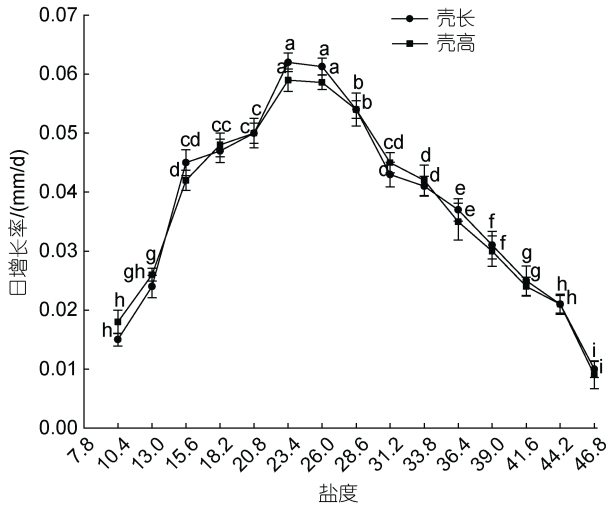


图4 不同盐度下三倍体葡萄牙牡蛎稚贝的壳长、壳高日增长率

Fig.4 Daily growth rates of shell length and shell height of triploid *C. angulata* juveniles at different salinities  
注: 不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

### 3 讨论

温度和盐度是影响海水贝类动物存活和生长的重要环境因子,对海洋生物的行为、生长和生命周期具有显著影响(包永波等, 2004; 阎希柱等, 2009; Kim *et al.*, 2009; Brucet *et al.*, 2012)。有关学者对这两个因素的相互作用加以研究,结果表明,只有当其中一个因子接近极限范围,另一个处于安全范围时,二者才能表现出明显的相互作用(Tettelbach *et al.*, 1981)。因此通过单因素实验亦能反映温度和盐度分别对稚贝生长和存活的影响。

#### 3.1 温度对三倍体葡萄牙牡蛎稚贝存活和生长的影响

外界温度的不适或剧烈变化会影响双壳贝类的血细胞和酶活性,导致贝类体内免疫防御能力降低,从而对生长发育产生消极影响(Gagnaire *et al.*, 2006)。温度过低导致致岩扇贝(*Crassadoma gigantea*)免疫酶活力下降,影响扇贝的正常生长发育(王潇, 2018)。在适宜温度范围内,升高温度,其纤毛活动加强,摄食活动增强,因此升温更有利于稚贝的生长(王丹丽等, 2005; 包永波等, 2006; 王冲等, 2018)。熊本牡蛎(*C. sikamea*) (王涛等, 2017)稚贝适宜生长温度和适宜存活温度分别为 24~28 °C 和 20~28 °C,表明在适宜温度范围内高温对其生长和存活更有利,皱肋文蛤(*Meretrix lyrata*) (栗志民等, 2010)、泥蚶(*Tegillarca granosa*) (尤仲杰等, 2001)等研究中有相似变化规律。本研究三倍体葡萄牙牡蛎稚贝最适生存温度为

22~28 °C,最适生长温度为 26~28 °C,在最适宜温度范围内高温更有利于稚贝生长存活,与上述研究报道一致。这可能与它是南方养殖品种有关。

在实验温度范围内,随温度的升高稚贝存活率和壳长、壳高日增长率均表现为先升高后降低的趋势。壳金长牡蛎(徐成勋等, 2017)幼虫培育适宜水温为 25 °C,栉江珧(*Atrina pectinata*) (李浩浩等, 2017)早期幼虫生长适宜温度和最适温度分别为 22~30 °C 和 26 °C,皱肋文蛤(栗志民等, 2010)最适生存温度和最适生长温度分别为 24~30 °C 和 27~30 °C,大珠母贝(*Pinctada maxima*) (谭杰等, 2016)最适存活温度为 25.01 °C。以上双壳贝类各生长指标均为先升高后降低趋势。与本实验中壳长、壳高日增长率和存活率趋势基本一致,在对壳黑长牡蛎温度耐受性研究中,从水温 20 °C 升高到 33 °C,黑长牡蛎幼虫生长速率增加,而存活率却不断减少(许岚等, 2017),与本研究结果不一致,可能的原因是长牡蛎温度耐受性较高,实验所设温度梯度在其所承受范围之内,因而在实验中生长速率未曾下降。

#### 3.2 盐度对三倍体葡萄牙牡蛎稚贝存活和生长的影响

三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜生存盐度为 15.06~44.13,较适宜生长盐度为 18.27~41.57,表明该贝属于广盐性贝类,其适宜生存盐度低盐端比文蛤(*Meretrix meretrix* Linnaeus) (6.5~39.5) (曹伏君等, 2010)、皱肋文蛤(4.3~40.5) (栗志民等, 2010)、缢蛏(*Sinonovacula constricta*) (8.4~32.4) (林笔水等, 1990)适宜生存盐度分别高 8.56、10.76 和 6.66,可能的原因是后者为滩涂性贝类,受突变盐度变化机会多,从而更适应大范围的变化。三倍体葡萄牙牡蛎稚贝在盐度为 26.0~33.8 范围存活率均在 90%以上,随盐度增加,壳长、壳高生长却明显受到抑制,可能的原因在高盐或低盐度环境下,渗透压的改变超过贝类本身可调控范围,正常生理平衡被打破,会对贝类摄食率产生影响,导致用于生长的能量减少,最终稚贝生长速度变慢,长期处于此环境中甚至会因摄食不足导致死亡,影响存活率(Pechenik *et al.*, 2000)。本研究表明,三倍体葡萄牙牡蛎稚贝最适宜生存盐度为 23.4~33.8,最适宜生长盐度为 23.40~26.00,在最适宜盐度范围内低盐更有利于葡萄牙牡蛎的生长和存活。这与葡萄牙牡蛎自然分布在沿海或潮间带等低盐地区有关。稳定且适宜的盐度更有利于三倍体葡萄牙牡蛎稚贝的生长和存活,因此,为提高三倍体葡萄牙牡蛎稚贝存活率和生长速率,盐度应控制在 23.40~26.00。



## 4 结论

本实验研究了不同温度和盐度对三倍体葡萄牙牡蛎稚贝生长和存活的影响。结果发现,三倍体葡萄牙牡蛎稚贝适宜生存温度为 11.05~33.81 °C, 最适宜生存温度为 22~28 °C, 适宜生长温度为 12.00~33.35 °C, 最适宜生长温度为 26~28 °C; 最适宜生存盐度为 23.4~33.8, 最适宜生长盐度为 23.40~26.00。因此三倍体葡萄牙牡蛎在温度为 26~28 °C, 盐度为 23.40~626.00 的海区更有利于稚贝的存活和生长。

## 参 考 文 献

- 王丹丽, 徐善良, 尤仲杰, 等, 2005. 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, 29(5): 495-501.
- 王冲, 孙同秋, 曾海祥, 等, 2018. 温度、盐度和规格对毛蚶滤水率的影响[J]. 水产学杂志, 31(6): 30-35.
- 王涛, 李琪, 2017. 不同盐度和温度对熊本牡蛎(*Crassostrea sikamea*)稚贝生长与存活的影响[J]. 海洋与湖沼, 48(2): 297-302.
- 王康, 2014. 盐度诱导太平洋牡蛎和近江牡蛎三倍体的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学: 38-44.
- 王潇, 2018. 温度对岩扇贝免疫酶、无水保活的影响及通径分析[D]. 大连: 大连海洋大学: 15-20.
- 尤仲杰, 徐善良, 边平江, 等, 2001. 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, 23(6): 108-113.
- 包永波, 尤仲杰, 2004. 几种环境因子对海洋贝类幼虫生长的影响[J]. 水产科学, 23(12): 39-41.
- 包永波, 尤仲杰, 2006. 海洋滤食性贝类摄食率影响因子研究现状[J]. 海洋水产研究, 27(1): 76-80.
- 刘志刚, 王辉, 栗志民, 等, 2007a. 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, 26(5): 47-52.
- 刘志刚, 王辉, 栗志民, 等, 2007b. 墨西哥湾扇贝高起始致死温度的研究[J]. 中国水产科学, 14(5): 778-785.
- 刘志刚, 刘建勇, 王辉, 等, 2006. 墨西哥湾扇贝稚贝盐度适应性的研究[J]. 湛江海洋大学学报, 26(6): 12-16.
- 许岚, 李琪, 孔令锋, 等, 2017. 温度和盐度对壳黑长牡蛎幼虫生长和存活的影响[J]. 中国海洋大学学报, 47(8): 44-50.
- 杜俊鹏, 王昭萍, 于瑞海, 等, 2018. 盐度对香港巨牡蛎♀×葡萄牙牡蛎♂杂交子代早期杂种优势的影响[J]. 中国海洋大学学报, 48(1): 31-39.
- 巫旗生, 宁岳, 曾志南, 等, 2013. 福建沿海葡萄牙牡蛎养殖群体遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 上海海洋大学学报, 22(3): 328-333.
- 巫旗生, 曾志南, 宁岳, 等, 2015. 葡萄牙牡蛎工厂化人工育苗技术[J]. 福建水产, 37(5): 399-405.
- 李浩浩, 于瑞海, 杨智鹏, 等, 2017. 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, 47(4): 22-27.
- 张晨晨, 王昭萍, 于瑞海, 等, 2010. 低渗透诱导栉孔扇贝三倍体及与其它方法的比较[J]. 中国海洋大学学报, 40(S1): 71-75.
- 张跃环, 王昭萍, 喻子牛, 等, 2014. 养殖牡蛎种间杂交的研究概况与最新进展[J]. 水产学报, 38(4): 613-624.
- 林笔水, 吴天明, 1990. 温度与盐度和缢蛏幼体生存、生长及发育的关系[J]. 水产学报, 14(3): 171-178.
- 栗志民, 刘志刚, 姚茹, 等, 2010. 温度和盐度对皱肋文蛤幼贝存活与生长的影响[J]. 生态学报, 30(13): 3406-3413.
- 贾圆圆, 2021. 牡蛎三倍体育种技术研究进展[J]. 渔业研究, 43(3): 330-338.
- 徐成勋, 李琪, 2017. 温度与盐度对壳金长牡蛎面盘幼虫生长和存活的影响[J]. 中国海洋大学学报, 47(S1): 42-47.
- 曹伏君, 刘志刚, 罗正杰, 2010. 文蛤稚贝盐度适应性的研究[J]. 海洋通报, 29(2): 156-160.
- 崔玉婷, 王昭萍, 李阳春, 等, 2020. 不同介质对低渗透诱导葡萄牙牡蛎三倍体的影响[J]. 中国海洋大学学报, 50(S1): 56-63.
- 阎希柱, 王桂忠, 李少菁, 2009. 盐度对九孔鲍能量收支的影响[J]. 生态学杂志, 28(8): 1520-1524.
- 谭杰, 陈振江, 刘付少梅, 等, 2016. 温度和盐度对大珠母贝稚贝存活和生长的互作效应[J]. 广东海洋大学学报, 36(6): 44-51.
- BRUCET S, BOIX D, NATHANSEN L W, *et al*, 2012. Effects of temperature, salinity and fish in structuring the macroinvertebrate community in shallow lakes: implications for effects of climate change [J]. PLoS One, 7(2): e30877.
- GAGNAIRE B, FROUIN H, MOREAU K, *et al*, 2006. Effects of temperature and salinity on haemocyte activities of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) [J]. Fish & Shellfish Immunology, 20(4): 536-547.
- KIM M, AHN I Y, CHEON J, *et al*, 2009. Molecular cloning and thermal stress-induced expression of a pi-class glutathione S-transferase (GST) in the Antarctic bivalve *Laternula elliptica* [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 152(2): 207-213.
- PECHENIK J A, BERARD R, KERR L, 2000. Effects of reduced salinity on survival, growth, reproductive success, and energetics of the euryhaline polychaete *Capitella* sp. I [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 254(1): 19-35.
- STANLEY J G, ALLEN JR S K, HIDU H, 1981. Polyploidy induced in the American oyster, *Crassostrea virginica*, with cytochalasin B [J]. Aquaculture, 23(1/2/3/4): 1-10.
- TABARINI C L, 1984. Induced triploidy in the bay scallop, *Argopecten irradians*, and its effects on growth and gametogenesis [J]. Aquaculture, 42(2): 151-160.
- TETTELBAACH S T, RHODES E W, 1981. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northern bay scallop *Argopecten irradians irradians* [J]. Marine Biology, 63(3): 249-256.
- WANG Z P, GUO X M, ALLEN S K, *et al*, 2002. Heterozygosity and body size in triploid Pacific Oysters, *Crassostrea gigas* Thunberg, produced from meiosis II inhibition and tetraploids [J]. Aquaculture, 204(3/4): 337-348.
- ZHANG Y H, QIN Y P, YU Z N, 2022. Comparative study of tetraploid-based reciprocal triploid Portuguese oysters, *Crassostrea angulata*, from seed to market size [J]. Aquaculture, 547: 737523.

## EFFECTS OF TEMPERATURE AND SALINITY ON GROWTH AND SURVIVAL OF TRIPLOID *CRASSOSTREA ANGULATA* JUVENILES

ZHAN Jian-Qiang<sup>1</sup>, CAI Ting-Zhu<sup>1</sup>, GUO Xi-Rui<sup>2</sup>, ZHANG Ke-Xin<sup>1</sup>, LU Yi-Ning<sup>1</sup>, LIU Zhi-Gang<sup>1,3</sup>

(1. College of Fisheries, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China; 2. Qingdao Frontier Marine Seed Co. Ltd., Qingdao 266105, China; 3. Guangdong Marine Invertebrate Science and Technology Innovation Center, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract** The effects of temperature and salinity on the growth and survival of triploid *Crassostrea angulata* juveniles were studied to determine the best temperature-salinity condition for growth. Results show that the suitable sea water temperature for its survival ranged 11.05~33.81°C, and best in 22.00~28.00°C; and the suitable temperature range for the growth was 12.00~33.35°C and best in 26.00~28.00°C. Under a temperature stress, the semi-lethal temperature at low end in 48 h and 96 h was (4.71±0.04) °C and (7.83±0.45) °C, and at high end was (37.08±0.02) °C and (36.31±0.11) °C, respectively. The survival rate decreased rapidly at high temperature, indicating that the juveniles were more vulnerable to a high temperature. In salinity aspect, the suitable and optimum salinities for the survival were 15.06~44.13 and 23.4~33.8, and for the growth were 11.76~45.39 and 23.40~26.00, respectively. Under a salinity stress, the semi-lethal salinity at low end in 48 h and 96 h was (4.68±0.97) and (9.35±0.35), and in high end was (55.96±0.76) and (53.46±0.67), respectively. Therefore, sea water temperature of 26.00~28.00 °C and salinity of 23.40~26.00 shall suit the best for survival and growth of triploid *C. angulata* juveniles.

**Key words** *Crassostrea angulata*; triploid; temperature; salinity; growth; survival; juveniles