

温度和盐度对企鹅珍珠贝清滤率、滤食率、吸收率的影响

栗志民, 刘志刚*, 邓海东

(广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 采用实验生态学方法研究了温度和盐度对企鹅珍珠贝清滤率、滤食率、吸收率的影响, 结果表明, (1) 在盐度 28.3 ~ 29.1 条件下, 温度对企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率产生极显著的影响 ($P < 0.01$); 在实验温度 (14 ~ 32 °C) 范围内, 随温度的升高, 企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率增大, 29 °C 时均达峰值, 分别为 0.87 L/h、4.17 mg POM/h 和 84.01%; 温度为 32 °C 时, 企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率较 29 °C 时均下降, 但 3 个生理指标仍处于较高水平, 表明企鹅珍珠贝属典型热带和亚热带品种, 表现出对高温的较强适应性; 23 ~ 32 °C 为企鹅珍珠贝较适宜摄食温度, 29 °C 左右为该贝的最佳摄食温度。(2) 在温度 27.4 ~ 27.8 °C 条件下, 盐度对企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率影响极显著 ($P < 0.01$); 在实验盐度 (19 ~ 37) 范围内, 随盐度的升高, 企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率增大, 盐度为 31 时均达最大值, 分别为 0.36 L/h、1.87 mg POM/h 和 76.95%; 盐度为 34 和 37 时均下降; 盐度为 34 时, 3 个摄食生理指标仍呈现较高水平, 表明企鹅珍珠贝属典型的狭盐性贝类, 表现出对高盐的较强适应性; 企鹅珍珠贝较适宜的摄食盐度范围为 25 ~ 34, 最佳摄食盐度为 31 左右。

关键词: 企鹅珍珠贝; 清滤率; 滤食率; 吸收率; 温度; 盐度

中图分类号: S 917; S 968.3

文献标识码: A

企鹅珍珠贝 (*Pteria penguin* Röding) 隶属于软体动物门 (Mollusca), 瓣鳃纲 (Lamellibranchia), 翼形亚纲 (Ptermorpha), 珍珠贝目 (Pterioida), 珍珠贝科 (Pteriidae), 是热带、亚热带的海产经济贝类, 主要分布于我国广东、广西、海南、台湾地区沿海以及日本九州的南部, 琉球群岛直至菲律宾等地^[1]。该贝类具有生长速度快、成活率高、分泌珍珠质速度快等特点^[2-3], 被认为极具珍珠养殖前景, 而该贝硕大的闭壳肌也是一种美味的海珍品。近年来, 该贝养殖规模逐年增大, 在我国南方海域得到广泛推广。目前国外学者先后报道了企鹅珍珠贝毒素 A、B 和 C (PtTXs A, B, C) 的决定作用^[4], 研究了企鹅珍珠贝生殖细胞的发生^[5], 以及该品种凝集素的分离、鉴定和分子进化^[6]。国内学者对企鹅珍珠贝的研究主要集中在人工育

苗^[7-8]、母贝养成^[9-10]、附壳珍珠^[3]和游离珍珠^[11-12]的人工培育, 以及该贝的同工酶谱特征和遗传分析^[13]等方面。然而, 企鹅珍珠贝摄食生理方面的基础研究资料尚缺乏, 这不利于阐明环境与育珠贝生理活动的关系。

滤食性底栖生活贝类是浅海海洋生态系统中的一个重要的生态类群, 由于具有较强的摄食 (滤食浮游生物、有机碎屑)、排粪 (产生较大颗粒形成生物沉积) 等生理活动能力, 是浮游和底栖生态系统连接的纽带, 也是海湾生态系统能流、物流的重要环节^[14], 同时, 滤食性贝类的摄食活动和生长发育密切相关, 是反映其生理状况的一项动态指标^[15], 因此, 有关贝类的摄食生理一直为国内外研究的热点。国外在这方面的研究始于 20 世纪 60 年代, 例如, WALNE^[16]报道了牡蛎对几种微型藻的摄食研究, 结果表

收稿日期: 2010-09-02 修回日期: 2010-11-04

资助项目: 农业部公益性行业 (农业) 科研专项 (nyhyzx07-047); 广东省海洋渔业科技推广专项 (A200899C03)

通讯作者: 刘志刚, Tel: 13802828213, E-mail: lzg919@21cn.com

明,牡蛎的摄食水平随藻浓度的增加而增加,是外界因子而不是摄食能力决定摄食水平。国内在 20 世纪 90 年代也开始了这方面的研究,20 年来,有关贝类摄食生理的研究已经有了大量报道^[17-19]。但企鹅珍珠贝摄食生理研究未见报道,因此,本文研究了温度和盐度对企鹅珍珠贝清滤率、滤食率、吸收率的影响,以期为企鹅珍珠贝养殖容量的调查及育珠生理的研究提供参考,同时为海洋生态系统修复研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

企鹅珍珠贝于 2009 年 10 月 18 日采自湛江市雷州乌石镇近海珍珠贝养殖区。实验贝取回后挑选健康、无损伤个体,用毛刷洗刷去除表面污物,暂养于广东海洋大学水产经济无脊椎动物实验室,暂养 1 周,24 h 充气,每天投喂湛江等鞭金藻 (*Isochrysis zhanjiangensis*) 及换水 1 次。海水盐度 28.3 ~ 29.1,水温 27.4 ~ 27.8 °C, pH 8.05 ~ 8.12,溶解氧(DO) > 5 mg/L,氨氮(NH₄⁺-N) < 0.05 mg/L。

1.2 方法

温度实验 实验采用 40 cm × 30 cm × 25 cm 的玻璃水槽充气静水系统,实验用海水为过滤海水,每个水槽中放海水 20 L。水温设置 7 个梯度:14、17、20、23、26、29、32 °C,温度控制采用曹伏君等^[20]方法,使用电触点水银温度计、500 W 石英加热管、1 000 W 电子继电器及人工冰袋控制水浴温度,温度精度控制在 ±0.2 °C。水温按 ±1 °C 第 4 小时的升降温速率达到各个预设温度,将实验贝在各个预设温度下驯化养殖 3 d。每个温度梯度设 3 个重复,每个水槽中放企鹅珍珠贝 3 个,另设 1 个不放贝的空白对照组。实验期间,投喂金藻密度 8 × 10⁴ cell/mL,用显微镜监测饵料浓度的变化,使其变化幅度为 20% ~ 30%,这样既能产生易于测定的浓度差,又不致因浓度改变太大而影响实验贝在特定浓度下的摄食。实验期间,因每个实验贝开口开始摄食的时间有差异,所以取各个贝张开贝壳的平均时间点作为实验起始时间。依预实验结果,实验持续 2 ~ 3 h,可使饵料浓度变化幅度为 20% ~ 30%。为消除昼夜摄食差异,实验在上午 9:00 和晚上 21:00 各进行一次,取两个时间点的平均值。实验结束后,用

游标卡尺测量企鹅珍珠贝的壳长、壳高和壳宽,用解剖刀将软体部与壳分开,在 80 °C 烘干至恒重,称干壳质量和干肉质量。实验期间,海水盐度 28.3 ~ 29.1, pH 8.05 ~ 8.12。

盐度实验 盐度设置 7 个梯度,分别为 19、22、25、28、31、34、37,当时当地海水盐度为 28.5,各组盐度梯度是通过向过滤海水中加经曝气的淡水或加人工海水精配制。将实验贝在各个预设盐度下驯化养殖 3 d,实验系统、饵料浓度的监测和实验起始时间的设定同“温度实验”,实验在上午 9:00 和晚上 21:00 各进行一次,取两个时间点的平均值。实验期间,投喂金藻密度 8 × 10⁴ cell/mL,海水温度 27.4 ~ 27.8 °C, pH 8.05 ~ 8.12。

饵料浓度的计算 饵料浓度的计算采用海水中悬浮颗粒物 TPM (total particulate matter) 和颗粒有机物 POM (particulate organic matter) 来作为测定指标^[17]。TPM 和 POM 测定的方法如下:用经过蒸馏水清洗并在马福炉中灼烧(450 °C) 6 h 后称重 (W_0) 并标记好的玻璃纤维滤纸 (GF/C Whatman, 孔径 1.2 μm) 抽滤 1 000 mL 的水样,所滤物用 0.5 mmol 的甲酸铵(约 10 mL) 漂洗掉盐分后在 110 °C 下烘干至恒重,称重 W_{110} ; 再在 450 °C 马福炉中灼烧 6 h 后称重 (W_{450})。称量用 SARTORIUS-BS110 S 电子天平(精确到 0.1 mg)。按以下公式计算 POM 和 TPM 的值:

$$POM = W_{110} - W_{450}; \quad TPM = W_{110} - W_0$$

清滤率、滤食率和吸收率的计算公式

(1) 清滤率(CR)指贝类在单位时间内滤食水中悬浮颗粒物时所滤过的水体积(L/h),参考 COUGHLAN^[21]提出的公式,并采用董波等^[22]稍作修改的公式:

$$CR = V \times \ln[(C_0 - C_0 \times S_d)/C_t] / (N \times T)$$

式中, C_0 、 C_t 分别为实验开始和 T 时间的饵料浓度(mg/L); V 为实验水体积(L); T 为实验持续时间(h); N 为实验贝个体数; S_d 为对照组饵料的变化系数:

$$S_d = (C_{0d} - C_{td}) / C_{0d}$$

式中, C_{0d} 和 C_{td} 分别为对照组实验开始和 T 时间后的饵料浓度(mg/L)。

(2) 滤食率(FR)指贝类在单位时间内所滤食的颗粒物重量(mg/h)。预实验表明,实验中所用饵料浓度未能使企鹅珍珠贝产生假粪,因此,滤

食率采用 JØRGENSEN^[23] 提出的公式:

$$FR = V \times [C_0 - (C_0 \times S_d) - C_t] / (N \times T)$$

式中, V 为实验水体积(L); N 为实验贝个体数; C_0 、 C_t 分别为实验开始和 T 时间时饵料的浓度(mg/L); S_d 指对照组饵料变化系数。

(3) 吸收率(AE)指贝类通过消化系统吸收的物质占其摄食量的比例(%)。用 CONOVER^[24] 提出的公式:

$$AE = (F - E) / [(1 - E) \times F] \times 100\%$$

式中, F 为饵料中无灰分干重的比例; E 为粪便中无灰分干重的比例。

数据处理 按董波等^[22]的方法,为了消除实验中个体差异对企鹅珍珠贝生理指标的影响,将实验数据转换为 lg 标准下的数据进行比较。转换用以下公式:

$$S_s = (1/W_e)^b \times S_e$$

式中, S_s 为标准动物(lg)的生理指标; S_e 为实验情况下生理指标(清滤率、滤食率)的实测值; W_e 为实验贝软体部干重; b 为重量指数,取值 0.62^[25]。

数据统计采用 SPSS 13.0 进行单因素方差(ANOVA)分析,作图采用 EXCEL2003。

2 结果

2.1 温度对企鹅珍珠贝清滤率、滤食率和吸收率的影响

在温度对企鹅珍珠贝清滤率、滤食率和吸收率的影响实验中,每个温度梯度所用企鹅珍珠贝的生物学数据为3个重复组的平均值(表1)。实验结果表明,在实验温度(14~32℃)范围内,随温度的升高,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率增大,29℃时均达峰值,分别为0.87 L/h、4.17 mg POM/h 和 84.01%,温度为32℃时均下降。在14~20℃,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率上升平缓,温度超过20℃时,3个摄食生理指标值呈迅速上升趋势(图1、图2和图3)。在14~20℃的较低温度下,摄食生理反应表现较迟钝,而在32℃的较高温度下,企鹅珍珠贝的摄食生理活动依然很旺盛。方差分析表明,温度对企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率产生极显著的影响($P < 0.01$),多重比较结果显示,29℃与其它温度下的各生理指标值差异均达到极显著水平($P < 0.01$),进一步证实29℃左右为企鹅珍珠贝最佳摄食温度。

表1 温度实验企鹅珍珠贝生物学测定

Tab.1 Biological measures of <i>P. penguin</i> in temperature experiments						means ± SD
温度(℃) temperature	壳长(mm) shell length	壳宽(mm) shell width	壳高(mm) shell height	干壳重(g) dry shell weight	干肉重(g) dry body weight	
14	68.21 ± 2.53	32.16 ± 1.29	83.62 ± 2.83	32.35 ± 1.19	3.07 ± 0.28	
17	73.54 ± 3.41	35.23 ± 1.36	86.24 ± 3.17	36.21 ± 1.52	3.88 ± 0.51	
20	65.62 ± 2.65	30.71 ± 1.14	81.83 ± 2.26	30.32 ± 1.73	2.59 ± 0.17	
23	68.75 ± 3.15	32.94 ± 1.48	84.16 ± 3.81	32.67 ± 1.29	3.11 ± 0.32	
26	67.43 ± 2.69	31.57 ± 1.38	82.92 ± 3.94	30.96 ± 0.93	2.76 ± 0.24	
29	71.33 ± 3.57	33.82 ± 1.52	85.85 ± 4.17	35.81 ± 1.82	3.78 ± 0.63	
32	69.91 ± 3.02	33.25 ± 1.23	85.37 ± 4.35	32.72 ± 1.93	3.31 ± 0.47	

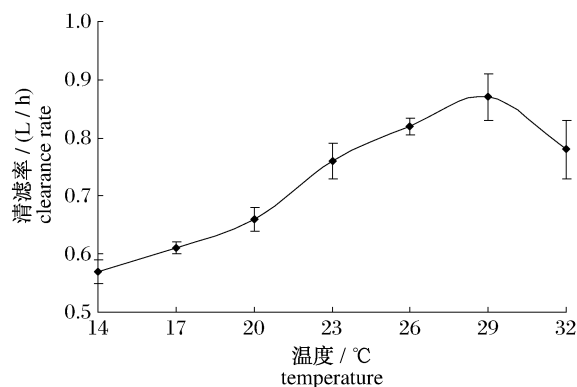


图1 不同温度下企鹅珍珠贝的清滤率
Fig.1 Clearance rate of *P. penguin* with different temperature

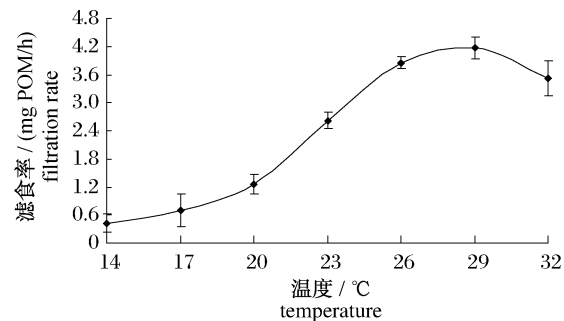


图2 不同温度下企鹅珍珠贝的滤食率
Fig.2 Filtration rate of *P. penguin* with different temperature

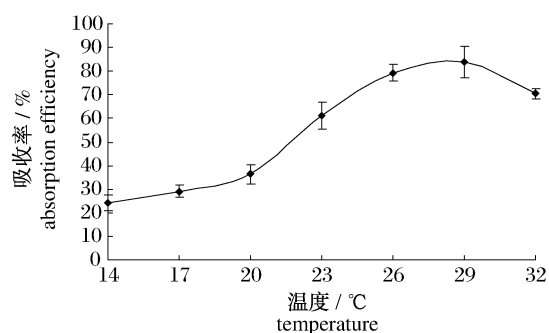


图3 不同温度下企鹅珍珠贝的吸收率

Fig. 3 Absorption efficiency of *P. penguin* with different temperature

2.2 盐度对企鹅珍珠贝清滤率、滤食率和吸收率的影响

在盐度实验中,每个盐度梯度所用企鹅珍珠贝的生物学数据为3个重复组的平均值(表2)。盐度对企鹅珍珠贝清滤率、滤食率和吸收率的影响如图4、图5和图6所示。实验结果表明,在实验盐度(19~37)范围内,随盐度的升高,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率增大,盐度为31时均达最大值,分别为0.36 L/h、1.87 mg POM/h和76.95%,而盐度为34和37时3个摄食生理指标值均下降。在盐度为19~22,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率上升平缓,3个摄食生理指标处于较低

表2 盐度实验企鹅珍珠贝生物学测定

盐度 salinity	壳长(mm) shell length	壳宽(mm) shell width	壳高(mm) shell height	干壳重(g) dry shell weight	干肉重(g) dry body weight
19	77.13 ± 5.81	37.16 ± 3.37	101.25 ± 0.89	69.22 ± 0.17	6.43 ± 0.89
22	77.82 ± 8.56	38.31 ± 7.41	101.93 ± 1.15	69.80 ± 2.19	6.60 ± 0.95
25	80.85 ± 6.32	39.25 ± 3.83	106.24 ± 0.47	74.96 ± 1.97	7.75 ± 0.42
28	76.21 ± 4.95	37.83 ± 2.34	100.47 ± 0.59	68.91 ± 1.90	6.35 ± 0.99
31	79.86 ± 4.63	40.18 ± 1.86	105.01 ± 0.36	71.86 ± 2.12	7.31 ± 0.67
34	78.89 ± 6.01	39.57 ± 5.52	104.18 ± 0.82	70.31 ± 2.89	6.92 ± 1.40
37	79.74 ± 5.32	39.12 ± 3.57	103.53 ± 0.63	71.06 ± 2.12	6.96 ± 0.37

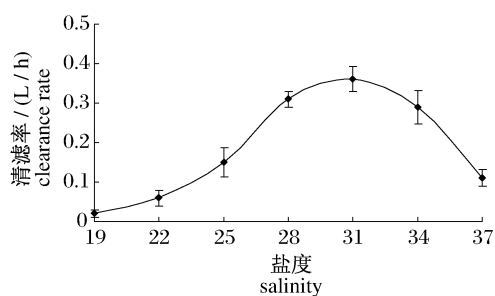


图4 不同盐度下企鹅珍珠贝的清滤率

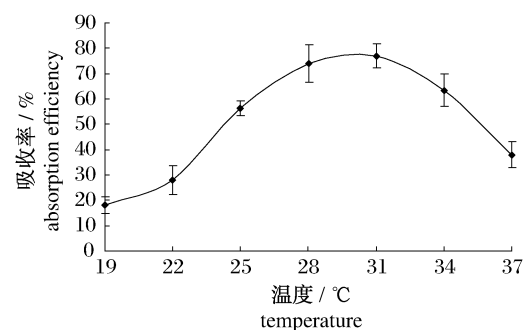
Fig. 4 Clearance rate of *P. penguin* with different salinity

图6 不同盐度下企鹅珍珠贝的吸收率

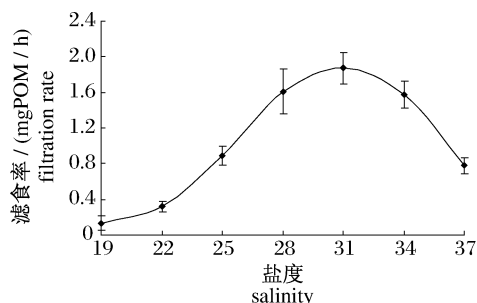
Fig. 6 Absorption efficiency of *P. penguin* with different salinity

图5 不同盐度下企鹅珍珠贝的滤食率

Fig. 5 Filtration rate of *P. penguin* with different salinity

水平,盐度超过22时,3个摄食生理指标值呈迅速上升趋势,当盐度为34时,3个摄食生理指标仍呈现较高水平,而盐度超过34时,3个摄食生理指标值呈迅速下降趋势。方差分析表明,盐度对企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率的影响极显著($P < 0.01$),多重比较结果显示,盐度为31时的各生理指标值与其它盐度时的各生理指标值差异均达到极显著水平($P < 0.01$),进一步证实盐度为31左右时,企鹅珍珠贝可获得最佳摄食活动状态。

3 讨论

滤食性贝类的摄食活动主要靠鳃丝3种纤毛(前纤毛、侧前纤毛、侧纤毛)的组合运动来完成,其中侧纤毛的摆动是产生水流的主要动力^[26],其摆动的频率和温度成正相关^[27],这是导致摄食生理变化的主要原因之一。同时,滤食性贝类本身可根据环境的变化而作出相应的反应以适应环境的变化,即对环境的变化具有生理补偿性,贝类摄食生理随环境的变化而变化是贝类为适应环境而调节自身生理性质的结果^[28]。

温度的波动是引起贝类摄食生理活动变化的重要环境因素之一。在适宜的温度范围内,清滤率、滤食率和吸收率随着温度的升高而增加,当升到一定温度时达到最大值,其后随着温度的升高,其清滤率、滤食率和吸收率不再升高反而下降^[22,29]。本研究结果呈现出与上述结论相似的规律,在实验温度14~29℃范围内,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率随温度的升高而增加,并在29℃时3个生理指标均达到最大值,温度超过29℃时,清滤率、滤食率和吸收率均降低。在14~20℃,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率上升平缓,表明在14~20℃的较低温度下,摄食生理反应表现较迟钝,在17~20℃,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率增幅分别为0.05 L/h、0.55 mg POM/h和7.21%,而20~23℃,3个生理指标值开始迅速增长,增幅分别为0.10 L/h、1.36 mg POM/h和24.93%,后者温度范围内3个生理指标值呈现明显增幅,其变化率明显大于前者,因此,该贝较适宜摄食温度起始点应为23℃左右,该温度下清滤率、滤食率和吸收率分别为0.76 L/h、2.62 mg POM/h和61.19%。29℃时,3个生理指标处于峰值,且29℃与其它温度下的各生理指标值分别进行比较,差异均达到极显著水平($P < 0.01$),进一步证实29℃为企鹅珍珠贝最佳摄食温度。温度为32℃时,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率较29℃时均下降,但3个生理指标仍处于较高水平,均高于23℃时的生理指标值,表明企鹅珍珠贝属典型热带和亚热带品种,表现出对高温的适应性。目前,企鹅珍珠贝对温度的适应性研究未见详细报道,通过研究温度对该贝摄食生理的影响,提出23~32℃为企鹅珍珠贝较适宜摄食温度,29℃左右为该贝的

最佳摄食温度。梁飞龙等^[2]研究企鹅珍珠贝人工苗生长规律时,发现该贝21~30℃时生长最快;以前的研究表明企鹅珍珠贝在23~28℃时,O/N值达较高水平^[30],本研究结果支持了上述结论。温度对贝类摄食生理的影响有大量的报道,对许多种类的研究结果表明,不同贝类最佳摄食温度存在较显著的差异,如缢蛏为20℃^[29]、栉孔扇贝为23℃^[31]、菲律宾蛤仔为22℃^[24],本文研究表明,企鹅珍珠贝最佳摄食温度与上述贝类有较大差异,造成这种差别的原因主要是与种间适应不同的环境温度有关。

在早期的研究中,许多学者研究认为温度和吸收率联系不大^[32-33],而董波等^[22]在菲律宾蛤仔的研究中发现,在9~22℃的温度范围内,菲律宾蛤仔的吸收率增加了78%,表明吸收率和温度有明显的相关性,随温度的升高而显著增加。本文研究结果支持了后者的观点,在14~23℃的范围内,企鹅珍珠贝的吸收率增加37.08%,在14~29℃的范围内,该贝的吸收率增加59.90%,与最佳摄食温度(29℃)相比较,温度达32℃时该贝的吸收率下降(降幅为13.50%)。可见,随温度的升高,企鹅珍珠贝的吸收率显著提高,并在29℃达到峰值,此后,随着温度上升,酶活性受抑制,吸收率下降。SEIDERER等^[34]研究认为,*Choromytilus meridionalis*在比较适宜的温度环境下,体内消化酶的活性增强,导致吸收率增加。

盐度不仅影响贝类的生态分布、鳃纤毛的运动、心脏的跳动、足丝的分泌、以及呼吸和排泄,而且对贝类的摄食活动的影响也尤为显著。低盐环境导致贝类关闭进、出水管或贝壳,从而保护机体免受低盐的伤害,而进、出水管或贝壳的关闭则降低了贝类与外界的水流交换能力,引起贝类摄食活动的下降;高盐环境中,海水渗透压的改变超出了贝类自身调节能力,导致正常生理反应的失调,从而引起摄食活动的下降^[35]。在适宜的盐度范围内,贝类的清滤率、滤食率和吸收率随着盐度的升高而增加,在某一盐度下3个摄食生理指标将达到最大值,其后随着盐度的继续升高,其清滤率、滤食率和吸收率不再升高反而下降^[19,36-37]。本研究中,在实验盐度(19~37)范围内,随盐度的升高,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率增大,盐度为31时均达峰值,盐度为34和37时均下降,与上述结论相似。

盐度为 19~22 时,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率上升平缓,其增长幅度分别为 0.04 L/h、0.19 mg POM/h 和 9.75%,表明在 19~22 的较低盐度下,摄食生理活动迟缓。盐度为 22~25 时,3 个生理指标值开始迅速增长,增幅分别为 0.09 L/h、0.57 mg POM/h 和 28.39%,后者盐度范围内 3 个生理指标值呈现明显增幅,其变化率明显大于前者,因此,盐度 25 是该贝较适宜摄食的下限盐度。在盐度为 31 时,3 个生理指标处于峰值,且该盐度与其它盐度下的各生理指标值分别进行比较,差异均达到极显著水平 ($P < 0.01$),进一步证实企鹅珍珠贝最佳摄食盐度为 31 左右。盐度为 34 和 37 时,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率较盐度为 31 时均下降,但盐度为 34 时 3 个生理指标仍处于较高水平,盐度为 31~34 时,企鹅珍珠贝的清滤率、滤食率和吸收率缓慢降低,其降低幅度分别为 0.07 L/h、0.30 mg POM/h 和 13.50%,而盐度为 34~37 时,3 个生理指标值开始迅速增长,降幅分别为 0.18 L/h、0.79 mg POM/h 和 25.48%,后者盐度范围内 3 个生理指标值呈现明显降幅,其变化率明显大于前者,表明盐度 34 是企鹅珍珠贝较适宜摄食的上限盐度,该贝属狭盐性种类,表现出对高盐的适应性。因此,企鹅珍珠贝较适宜的摄食盐度范围为 25~34。余祥勇等^[38]在研究低盐对企鹅珍珠贝存活的影响中,提出企鹅珍珠贝栖息于海水盐度较高且稳定的海域,最适的海水盐度范围为 26~33,本研究支持了这一结论。盐度对贝类生理活动的影响有大量的报道,对许多种类的研究结果表明,不同贝类最佳摄食盐度存在较显著的差异,如波纹巴非蛤为 32^[36]、缢蛭为 22^[29]、栉孔扇贝为 27.8^[19]和菲律宾蛤仔为 25^[39],本文研究表明,企鹅珍珠贝的最佳摄食盐度与波纹巴非蛤相似,而与上述其它贝类有较大差异。造成这种差别的原因主要是与种间长期生活于不同盐度环境有关。

另外,贝类的清滤率和滤食率除了受到温、盐度的影响,也受到贝类体重的影响。董波等^[22]在研究菲律宾蛤仔摄食生理生态时表明,蛤仔单位重量的清滤率和滤食率随体重的增加而减小。本研究中,在适宜的温度或盐度条件下,由于温度实验所用企鹅珍珠贝的体重显著低于盐度实验所用该贝的体重,因此,温度实验中该贝的清滤率和滤食率指标值显著高于盐度实验的指标值。这一结

果支持了上述结论。此外,董波等^[22]的研究表明,温度差异对贝类吸收率影响显著,而不同个体间的差异对贝类吸收率影响不显著。在本研究,盐度实验中的企鹅珍珠贝吸收率指标值低于温度实验的该指标值,可能是盐度实验中温度条件(27.4~27.8 °C)为非该贝的最佳摄食温度(29 °C)引起的,而非贝类体重差异造成的。除了上述提到的 3 个方面外,其它因子,如饵料、流速和 pH 等对企鹅珍珠贝摄食生理生态均可能产生影响,但有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 蔡英亚,张英,魏若飞. 贝类学概论[M]. 上海:上海科学技术出版社. 1995:209.
- [2] 梁飞龙,毛勇,余祥勇. 企鹅珍珠贝人工苗生长的初步观察[J]. 湛江海洋大学学报,2001,21(1):6-9.
- [3] 符韶,梁飞龙. 企鹅珍珠贝附壳珍珠培育的中间试验[J]. 海洋科学,2000,24(2):12-14.
- [4] TAKADA N, UMEMURA N, SUENAGA K *et al.* Structural determination of pteriatoxins A, B and C, extremely potent toxins from the bivalve *Pteria penguin* [J]. *Tetrahedron Letters*, 2001, 42(20): 3495-3497.
- [5] ARIJARASIRIKOON U, KRUATRACHUE M, SRETARUGSA P. Gametogenic process in the pearl oyster, *Pteria penguin* (Roeding, 1798) (Bivalvia, Mollusca) [J]. *Journal of Shellfish Research*, 2004, 23(2):403-409.
- [6] NAGANUMA T, OGAWA T, HIRABAYASHI J, *et al.* Isolation, characterization and molecular evolution of a novel pearl shell lectin from a marine bivalve, *Pteria penguin* [J]. *Molecular Diversity*, 2006, 10:607-618.
- [7] 余祥勇,王梅芳,叶富良. 企鹅珍珠贝个体发生及人工育苗的研究[J]. 海南大学学报,2000,18(3):266-269.
- [8] 梁飞龙,邓陈茂,符韶. 企鹅珍珠贝人工育苗试验[J]. 海洋科学,1999,6:9-11.
- [9] 符韶,邓陈茂,梁飞龙,等. 企鹅珍珠贝人工养殖及育珠的研究[J]. 广东海洋大学学报,2007,27(1):34-37.
- [10] 符韶,邓陈茂,谢仁政. 企鹅珍珠贝的柱形笼养成试验[J]. 海洋湖沼通报,2001,4:20-22.
- [11] 毛勇,梁飞龙,余祥勇,等. 企鹅珍珠贝游离珠插核效果的初步观察[J]. 海洋科学,2003,27(11):1-4.
- [12] 毛勇,梁飞龙,符韶,等. 企鹅珍珠贝彩虹珠的研究初报[J]. 动物学杂志,2004,39(1):100-102.

- [13] 余祥勇,王梅芳,刘永,等. 企鹅珍珠贝同工酶酶谱特征及其遗传分析[J]. 水产学报,2004,28(4):375-38.
- [14] 张继红,方建光,孙松,等. 胶州湾养殖菲律宾蛤仔的清滤率、摄食率、吸收效率的研究[J]. 海洋与湖沼,2005,36(6):548-555.
- [15] 董波,薛钦昭,李军. 海洋滤食性贝类摄食率的研究现状[J]. 海洋科学,1999(3):26-29.
- [16] WALNE P R. Observations on the influence of food supply and temperature on the feeding and growth of the larvae of *Ostrea edulis* L [J]. Fishery Invest (London) Ser(II),1965,24(1):45.
- [17] 匡世焕,方建光,孙慧玲,等. 桑沟湾栉孔扇贝不同季节滤水率和同化率的比较[J]. 海洋与湖沼,1996,27(2):194-199.
- [18] 王芳,董双林,张硕. 藻类浓度对海湾扇贝和太平洋牡蛎滤除率的影响[J]. 海洋科学,1998,4:1-3.
- [19] 杜美荣,方建光,葛长宇,等. 盐度和饵料密度对栉孔扇贝稚贝滤水率的影响[J]. 渔业科学进展,2009,30(3):74-78.
- [20] 曹伏君,刘志刚,罗正杰. 海水温度和盐度对文蛤稚贝生长及存活的影响[J]. 应用生态学报,2009,20(10):2545-2550.
- [21] COUGHLAN J. The estimation of filtering rate from the clearing of suspension [J]. Marine Biology, 1969,2(4):356-385.
- [22] 董波,薛钦昭,李军. 温度对菲律宾蛤仔滤食率、清滤率和吸收率的影响[J]. 海洋水产研究,2000,21(1):37-41.
- [23] JØRGENSEN C B. On the water transport through the gills of bivalves [J]. Acts Physiol Scand,1943,5:297-394.
- [24] CONOVER R J. Assimilation of organic matter by zooplankton [J]. Limnol Oceanogr, 1966, 11:338-345.
- [25] BAYNE B L, NEWELL R C. Physiological energetics of marine mollusks [M] // Saleuddin A S M, Wilbur K M, Eds. New York: The mollusca Vol. 4 Physiology, 1983:407-515.
- [26] 董波,薛钦昭,李军. 滤食性贝类摄食生理的研究进展[J]. 海洋科学,2000,24(7):31-34.
- [27] BERNARD F R. Nutrition of *Crassostrea gigas* (Thunber, 1795): an aspect of estuarine energetics [D]. London, Ph. D. Thesis, 1973, 488.
- [28] BAYNE B L. The physiology of suspension feeding bivalve molluscs: an introduction to the Plymouth "TROPHEE" workshop [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1998,219:1-19.
- [29] 潘鲁青,范德朋,马甦,等. 环境因子对缢蛏滤水率的影响[J]. 水产学报,2002,26(3):226-230.
- [30] 栗志民,刘志刚,谢丽,等. 企鹅珍珠贝耗氧率和排氮率的研究[J]. 海洋学报,2009,31(6):129-135.
- [31] 王俊,姜祖辉,唐启升. 栉孔扇贝的滤食率与同化率[J]. 中国水产科学,2001,8(4):27-31.
- [32] WILBUR A E, HILBISH T J. Physiological energetics of the ribbed mussel *Geukensia demissa* (Dillwyn) in response to increased temperature [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1989,131:161-170.
- [33] VAN ERKOM SCHURINK C, GRIFFITHS C L. Physiological energetics of four South African mussel species in relation to size, ration and temperature [J]. Comp Bioch Physiol, 1992,101:779-789.
- [34] SEIDERER L J, NEWELL R C. Adjustment of the activity of α -amylase extracted from the style of the black mussel *Choromytilus meridionalis* (Krauss) in response to thermal acclimation [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1979,39,79-86.
- [35] 包永波,尤仲杰. 几种因子对海洋滤食性贝类摄食率的影响[J]. 水产养殖,2004,25(6):29-33.
- [36] 王冬梅,李春强,彭明,等. 盐度、pH 对波纹巴非蛤 (*Paphia undulate*) 滤水率的影响[J]. 海洋通报,2009,28(2):23-27.
- [37] 杨晓新,林小涛,计新丽,等. 温度、盐度和光照条件对翡翠贻贝滤水率的影响[J]. 海洋科学,2000,24(6):36-39.
- [38] 余祥勇,刘永,冯奕成,等. 低盐度海水对企鹅珍珠贝存活的影响[J]. 湛江海洋大学学报,2005,25(4):22-26.
- [39] 吴桂汉,陈品健,江瑞胜,等. 盐度和昼夜节律对菲律宾蛤仔摄食率的影响[J]. 台湾海峡,2002,21(1):72-77.

Effects of temperature and salinity on clearance rate, filtration rate and absorption efficiency of *Pteria penguin*

LI Zhi-min, LIU Zhi-gang*, DENG Hai-dong

(Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: The effects of various seawater temperature and salinity on clearance rate, filtration rate and absorption efficiency of *Pteria penguin* were investigated by adopting the measures of experimental ecology, which would provide both insight into culturing capacity and physiology of cultivating pearl of *Pteria penguin* and reference for marine ecosystem restoration. The results were as follows: (1) the temperature had distinct effect on the clearance rate, filtration rate and absorption efficiency of *Pteria penguin* ($P < 0.01$). The clearance rate, filtration rate and absorption efficiency of *Pteria penguin* increased with increasing water temperature under test temperature (14 – 32 °C), which reached the peak at 29 °C and were 0.87 L/h, 4.17 mg POM/h and 84.01%, respectively. Contrasting to 29 °C, the clearance rate, filtration rate and absorption efficiency of *Pteria penguin* began to decrease at 32 °C, however, these three physiological indicators remain at higher level, suggesting that *Pteria penguin* is typical of the tropical and subtropical species and possesses good adaptability to high temperature. The more suitable sea water temperature for the feeding of *Pteria penguin* was 23 – 32 °C, and the optimum sea water temperature was about 29 °C. (2) the salinity had distinct effect on the clearance rate, filtration rate and absorption efficiency of *Pteria penguin* ($P < 0.01$). The clearance rate, filtration rate and absorption efficiency of *Pteria penguin* increased with increasing water salinity under test salinity (19 – 37), which reached the maximum value with 0.36 L/h, 1.87 mg POM/h and 76.95% at 31, respectively. The clearance rate, filtration rate and absorption efficiency of *Pteria penguin* began to decrease at 34 and 37, however, these three physiological indicators remain at higher level when salinity was at 34, suggesting that *Pteria penguin* is typical of narrow salinity shellfish and possesses good adaptability to high salinity. The more suitable sea water salinity for the feeding of *Pteria penguin* was 25 – 34, and the optimum sea water salinity was about 31.

Key words: *Pteria penguin*; clearance rates; filtration rates; absorption efficiency; temperature; salinity

Corresponding author: LIU Zhi-gang. E-mail: lzg919@21cn.com