

# 饵料浓度、体重和温度对马氏珠母贝滤水率的影响

## Effects on the Filtration Rate of *Pinctada martensii* with the Algae Concentration, Weight and Temperature

吴黎黎<sup>1</sup>, 陈元松<sup>1</sup>, 李树华<sup>2</sup>

WU Li-li<sup>1</sup>, CHEN Yuan-song<sup>1</sup>, LI Shu-hua<sup>2</sup>

(1. 广西大学林学院, 广西南宁 530005; 2. 北海市海洋资源环境研究所, 广西北海 536000)

(1. Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Beihai Institute of Marine Resources and Environment, Beihai, Guangxi, 536000, China)

**摘要:** 2008年10月~2009年1月,以扁藻(*Platymonas subcordiformis*)为饵料,在实验室条件下采用静水法研究不同饵料浓度、不同体重和不同温度对马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)滤水率的影响。结果表明:在适宜的饵料浓度范围内,小贝、中贝和育珠贝的滤水率随着饵料浓度的增加而增大,饵料浓度和滤水率之间均呈正相关的幂函数关系;体重对滤水率的影响呈幂函数关系:  $FR = 2.6725W^{0.1388}$  ( $R^2 = 0.8754$ ),滤水率随着体重增加而增大;在一定温度范围内,滤水率随温度升高而增加,25℃时滤水率达到最大值,随后随着温度升高滤水率呈下降趋势。

**关键词:** 马氏珠母贝 滤水率 饵料浓度 体重 温度

**中图分类号:** S968.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2010)03-0267-04

**Abstract:** With *Platymonas subcordiformis* as food, the effects on the filtration rate of *Pinctada martensii* under different algae concentrations, weight and temperatures were studied in a laboratory static system by the stagnant water method from October 2008 to January 2009. The results indicated that within a certain range of algae concentrations, the filtration rate of *P. martensii* increased as the algae concentration increased that can be described by functional relation. The filtration rate of *P. martensii* was related to dry weight described by power function relation ( $FR = 2.6725W^{0.1388}$ ), and the filtration rate of *P. martensii* increased with higher temperature but decreased if the temperature was over 25℃.

**Key words:** *Pinctada martensii*, filtration rate, algae concentration, dry weight, temperature

马氏珠母贝(*Pinctada martensii*),又称合浦珠母贝,是生产著名“南珠”的母贝,属软体动物门(Mollusca),瓣鳃纲(Lamellibranchia),翼形亚纲(Pterimorphia)珍珠贝目(Pterioida),珍珠贝科(Pteriidae)。马氏珠母贝在我国主要分布于广西、广东、海南等地沿海,广西主要分布于北海营盘近海区及防城珍珠港,尤以营盘的白龙至西村长约30公里的海区盛产的珠母贝最为著名<sup>[1,2]</sup>。

滤水率是指单位时间内滤掉悬浮颗粒所占用的水体积,是反映滤食性动物生理生态学状况的动态指标,滤水率的测定对于估测海区养殖容量,指导养殖生产有着重要的意义<sup>[3]</sup>。国内外关于贝类滤水率的研

究很多<sup>[4~11]</sup>,但是有关马氏珠母贝的滤水率研究很少,仅见于幼虫、幼苗的摄食率和摄食节律的报道<sup>[12]</sup>。本实验以扁藻(*Platymonas subcordiformis*)为饵料,从饵料浓度、体重和温度3种因素对马氏珠母贝滤水率的影响进行研究,以为马氏珠母贝生理生态学研究及合理评估养殖水域的生态容纳量提供理论参考。

### 1 实验材料与方法

#### 1.1 实验材料

实验用马氏珠母贝于2008年10月~2009年1月取自北海营盘近海区南珠养殖场,挑选完整、壳开闭有力、各种规格大小均匀的个体,剔除附着生物。马氏珠母贝取回后,在实验室驯养,每天充氧,定时投喂广西海洋研究所培养的扁藻,定时换水。

#### 1.2 实验设计

饵料浓度设置为5μg/L、15μg/L、25μg/L、35

收稿日期:2009-11-20

修回日期:2010-01-12

作者简介:吴黎黎(1985-),女,硕士研究生,主要从事海洋生态学

研究。

$\mu\text{g/L}$ , 实验水温为  $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 。

体重取 3 种规格的马氏珠母贝, 分小贝 ( $0.31 \pm 0.11\text{g}$ )、中贝 ( $0.66 \pm 0.20\text{g}$ )、育珠贝 ( $1.59 \pm 0.40\text{g}$ ) 3 组。实验结束后测定软体干重, 以软体干重表征其体重。实验水温  $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ , 投喂扁藻的初始浓度为  $25\mu\text{g/L}$ 。

温度设置为  $15^\circ\text{C}$ 、 $20^\circ\text{C}$ 、 $25^\circ\text{C}$ 、 $30^\circ\text{C}$ 。随着室温的升高在到达各温度梯度时进行实验, 并使用控温仪控制温度, 用温度计测定, 实际温度不超过设定条件的  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。投喂扁藻的初始浓度为  $25\mu\text{g/L}$ 。

实验用海水的盐度为 28, pH 值为 8.2; 所有的实际饵料浓度与所设定的饵料浓度之差不超过设定值的  $\pm 10\%$ 。

### 1.3 实验装置

实验玻璃缸规格为  $20\text{cm} \times 30\text{cm} \times 25\text{cm}$ , 实验时, 每个缸根据贝体大小放入不同数目的马氏珠母贝, 其中小贝 8 只/缸, 中贝 6 只/缸, 育珠贝 3 只/缸。每次实验设定 3 个重复, 1 个空白对照 (以校正饵料的生长或沉降), 并采用充气机充氧, 保证珠母贝的正常需氧量以及防止饵料下沉。

### 1.4 实验方法

选取暂养一周后的马氏珠母贝健康个体, 在实验前一天取出, 用过滤海水暂养。实验时每个容器放 12 L 过滤海水, 根据饵料浓度、温度和贝体大小的不同, 每隔 1 h 取样一次, 实验持续 1~2 h, 以摄食的马氏珠母贝的数量为实验贝数。实验前后用 UV-1801 紫外分光光度计法测定藻类浓度变化。实验结束后用游标卡尺测量壳长、壳厚、壳宽、绞合线长等生物学特性, 用解剖刀将软体部与壳分开, 并称其壳湿重和软体湿重, 在  $60^\circ\text{C}$  烘干直至重量不变, 称壳干重和软体干重, 计算马氏珠母贝的肥满度。

### 1.5 滤水率的测定

采用 Coughlan<sup>[13]</sup> 提出的公式对马氏珠母贝滤水率进行测定, 该公式考虑了实验过程中饵料的自身浓度变化以及饵料繁殖与沉降的因素,

$$FR = \frac{V}{n \times t} \times \ln\left(\frac{C_0 - C_0 \times S_d}{C_t}\right),$$

$$S_d = \frac{C_{0d} - C_{td}}{C_{0d}},$$

式中,  $FR$  为滤水率 ( $\text{L}/(\text{ind} \cdot \text{h})$ );  $C_0$ 、 $C_t$  分别为实验起始和  $t$  时间的饵料浓度 ( $\mu\text{g/L}$ );  $V$  为实验水体积 ( $\text{L}$ );  $n$  为实验珠贝的数目 (只);  $t$  为实验持续时间 ( $\text{h}$ );  $S_d$  为对照组饵料的变化系数;  $C_{0d}$  和  $C_{td}$  分别为对照组实验开始和  $t$  时间后的饵料浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )。

单位体重滤水率:  $FR' = \frac{FR}{W}$ ,  $FR'$  为单位体重滤

水率 ( $\text{L}/(\text{g} \cdot \text{h})$ ),  $W$  为软体干重 ( $\text{g}$ )。

### 1.6 数据分析

实验所有的数据均用 Excel 和 SPSS11.5 统计软件进行统计分析。实验结果以 (平均值  $\pm$  标准差) 表示。数据使用 ANOVA 进行分析, 当  $P < 0.05$  时, 差异显著; 当  $P < 0.01$  时, 差异极显著。

## 2 实验结果与分析

马氏珠母贝生物学数据 (均值  $\pm$  标准差) 如下, 小贝 (24 只): 壳长 ( $35.22 \pm 3.15\text{cm}$ ), 壳厚 ( $12.57 \pm 1.05\text{cm}$ ), 软体干重 ( $0.31 \pm 0.11\text{g}$ ), 壳干重 ( $3.61 \pm 0.54\text{g}$ ), 肥满度 ( $43.48 \pm 6.97\%$ ); 中贝 (18 只): 壳长 ( $49.89 \pm 4.68\text{cm}$ ), 壳厚 ( $18.84 \pm 1.72\text{cm}$ ), 软体干重 ( $0.66 \pm 0.20\text{g}$ ), 壳干重 ( $8.59 \pm 1.59\text{g}$ ), 肥满度 ( $15.42 \pm 4.38\%$ ); 育珠贝 (9 只): 壳长 ( $58.67 \pm 3.96\text{cm}$ ), 壳厚 ( $21.19 \pm 1.51\text{cm}$ ), 软体干重 ( $1.59 \pm 0.40\text{g}$ ), 壳干重 ( $12.76 \pm 2.17\text{g}$ ), 肥满度 ( $18.86 \pm 3.04\%$ )。

### 2.1 饵料浓度对马氏珠母贝滤水率的影响

由表 1 可知, 在实验水温为  $25^\circ\text{C}$  的条件下, 小贝、中贝和育珠贝的滤水率均随着饵料浓度的增加而逐渐增加, 在设定的浓度最大值  $35\mu\text{g/L}$  时其滤水率达到最大。单因子方差分析表明, 饵料浓度对小贝、中贝和育珠贝的滤水率影响极显著 ( $P < 0.01$ )。经 LSD 检验, 在实验设定的饵料浓度下, 小贝、中贝的滤水率之间均存在极显著的差异性 ( $P_{\text{小贝}} < 0.01$ ,  $P_{\text{中贝}} < 0.01$ ); 育珠贝在浓度为  $5\mu\text{g/L}$  时, 滤水率明显低于其他浓度梯度 ( $P < 0.01$ ), 但是  $15\mu\text{g/L}$ 、 $25\mu\text{g/L}$  和  $35\mu\text{g/L}$  之间无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

表 1 不同饵料浓度下马氏珠母贝的滤水率 ( $n=3$ )

Table 1 Filtration rate of *P. martensii* at different algae concentrations ( $n=3$ )

饵料浓度 Algae concentrations ( $\mu\text{g/L}$ )	滤水率 Filtration rate ( $\text{L}/(\text{ind} \cdot \text{h})$ )		
	小贝 Little oyster	中贝 Middle oyster	育珠贝 Pearled oyster
5	$1.3021 \pm 0.1240$	$1.9059 \pm 0.1333$	$2.2405 \pm 0.1645$
15	$1.9665 \pm 0.1871$	$2.2561 \pm 0.0218$	$2.7755 \pm 0.1375$
25	$2.3332 \pm 0.0393$	$2.4024 \pm 0.0765$	$2.9173 \pm 0.1370$
35	$2.5494 \pm 0.0099$	$2.5493 \pm 0.0619$	$2.9978 \pm 0.0448$

在实验设定的饵料浓度范围内, 饵料浓度和滤水率之间呈正相关的幂函数关系, 拟合的方程及参数检验见表 2。描述饵料浓度与滤水率关系的方程  $FR = aC^b$  中系数  $a$  的变化范围为  $0.7486 \sim 1.7772$ , 系数  $b$  的变化范围为  $0.1529 \sim 0.3499$ , 检验结果  $R^2$  均大于 0.96, 接近于 1。

表 2 滤水率随饵料浓度变化的拟合方程

Table 2 Relationship between algae concentrations and filtration rate

实验组 Group	回归方程 Regression equation	参数 Parameters		R <sup>2</sup>
		a	b	
小贝 Little oyster	FR = 0.7486C <sup>0.3499</sup>	0.7486±0.0306	0.3499±0.0143	0.9967
中贝 Middle oyster	FR = 1.5050C <sup>0.1475</sup>	1.5050±0.0195	0.1475±0.0045	0.9981
育珠贝 Pearled oyster	FR = 1.7772C <sup>0.1529</sup>	1.7772±0.0997	0.1529±0.0196	0.9683

### 2.2 体重对马氏珠母贝滤水率的影响

实验测定结果为:小贝、中贝、育珠贝在实验水温为 25℃、饵料初始浓度为 25μg/L 条件下的滤水率分别为 (2.3332 ± 0.0393) L/(ind · h)、(2.4024 ± 0.0765) L/(ind · h)、(2.9173 ± 0.1370) L/(ind · h)。

单因子方差分析表明,马氏珠母贝滤水率受自身体重的影响达到极显著水平 (P < 0.01), 经 LSD 检验, 育珠贝的滤水率显著高于小贝和中贝 (P < 0.01), 小贝和中贝之间的滤水率无显著性差异 (P > 0.05)。

在实验水温 25℃, 初始浓度为 25μg/L 的条件下, 马氏珠母贝的滤水率与体重呈幂函数的关系:  $FR = aW^b$  (见图 1), 其中系数 a 为 2.6725, 系数 b 为 0.1388, 即  $FR = 2.6725W^{0.1388}$ 。由此可见, 马氏珠母贝的滤水率随着体重增加而增大, 但是随着单位体重的增加而增幅减小。

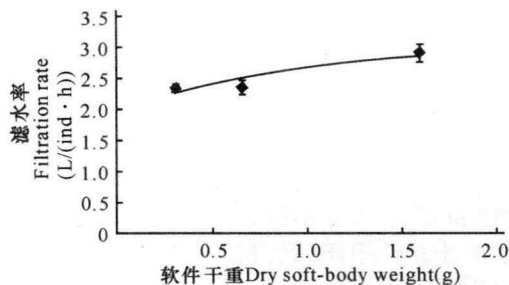


图 1 软体干重对马氏珠母贝滤水率的影响

Fig. 1 Effect of dry soft-body weight on the filtration rate of *P. martensii*

### 2.3 温度对马氏珠母贝滤水率的影响

由表 3 可见, 在饵料初始浓度为 25μg/L 时, 小贝、中贝和育珠贝的滤水率均随着温度的升高而增大, 在 25℃ 时都达到最大值, 之后随温度上升其滤水率呈下降趋势。

单因子方差分析表明, 温度对小贝、中贝和育珠贝的影响均达到极显著水平 (P < 0.01)。经 LSD 检验, 小贝在 4 个温度梯度下的滤水率之间存在极显著的差异性 (P < 0.01); 中贝在 15℃ 和 20℃ 条件下测

定的滤水率极显著低于 25℃ 和 30℃ 条件下的滤水率, 15℃ 和 20℃ 之间的滤水率、25℃ 和 30℃ 之间的滤水率均没有显著性差异 (P > 0.05); 育珠贝在温度为 15℃ 时的滤水率显著低于其他温度梯度 (P < 0.05), 但是 20℃ 和 30℃ 之间无显著差异 (P > 0.05)。

表 3 不同温度下马氏珠母贝的滤水率 (n=3)

Table 3 Filtration rate of *P. martensii* at different temperature (n=3)

温度 Temperature (°C)	滤水率 Filtration rate(L/(ind · h))		
	小贝 Little oyster	中贝 Middle oyster	育珠贝 Pearled oyster
15	1.1210±0.0427	1.3863±0.0702	2.2269±0.0577
20	1.2556±0.0600	1.5739±0.1885	2.7780±0.2951
25	2.3332±0.0393	2.4024±0.0765	2.9173±0.1370
30	1.9503±0.0072	2.2412±0.1592	2.8217±0.1432

### 3 讨论

饵料是影响贝类摄食率的一个重要因子。大多数贝类在一定的饵料浓度范围内, 滤水率随着浓度的增加而增大, 呈幂函数关系。当饵料浓度达到一定值后, 滤水率迅速下降<sup>[14]</sup>, 且随着饵料浓度的增加, 贝类会排出一定量的假粪。本实验所设的扁藻浓度下, 并没有观察到马氏珠母贝有假粪的排出, 初步分析认为, 本实验所设的饵料浓度量不足, 没有达到马氏珠母贝所能利用的饵料浓度上限。

对于滤食性贝类, 滤水率与体重之间存在一定的关系, 用公式表述为  $FR = aW^b$ , b 值为体重系数, 反映摄食率和体重的关系, 其值的大小和被滤食饵料种类及实验温度有关。在双壳类的许多报道中 b 值介于 0.3 ~ 0.8 之间<sup>[14]</sup>。本实验得出关系式中 b 值为 0.1388, 小于 0.3, 初步分析认为这种差距可能与实验所用珠母贝的生理状况及实验所处的环境有关。

根据单位体重滤水率的计算式  $FR' = \frac{FR}{W}$  可以计算出, 在同一饵料浓度下, 马氏珠母贝的滤水率随着软体干重的增加而增大, 但是随着贝体规格的增大, 其单位体重滤水率反而减小。这与本文结果马氏珠母贝滤水率随其体重增加, 但增幅减小是一致的。

温度是影响贝类生理活动变化的重要环境因子, 通常温度的变化可引起一系列其它环境因子的变化。马氏珠母贝在南海北部的生存温度为 10~35℃<sup>[15]</sup>, 以 15~30℃ 范围较适宜。本实验研究表明, 实验室条件下, 在一定温度范围内随着温度升高, 马氏珠母贝滤水率增加, 25℃ 时小贝、中贝和育珠贝的滤水率均达到最大值, 当实验水温为 30℃ 时滤水率呈下降趋

势。有研究表明,当温度超出适宜范围时,贝类则要通过改变代谢状况,消耗更多的能量来适应外界环境的变化,因此降低摄食器官的活力,从而导致滤水率的下降<sup>[16]</sup>。这与本实验结果一致。

#### 参考文献:

- [1] 蔡英亚. 贝类学概论[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1979:161-169.
- [2] 廖国一. 环北部湾沿岸珍珠养殖的历史与现状[J]. 广西民族研究, 2001(4):101-108.
- [3] 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.
- [4] Navarro J M. The effects of salinity on the physiological ecology of *Chromylilus chorus* (Molina, 1780) (Bivalvia: Mytilidae)[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1988, 122:19-33.
- [5] Barille L, Prou J, Heral M, et al. No influence of food quality, but ration dependent, retention efficiencies in the Japanese oyster *Crassostrea gigas* [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1993, 171:91-106.
- [6] Mac Donald B A, Ward J E. Variation in food quality and particle selectivity in the sea scallop *Placopecten magellanicus* Mollusca[J]. Bivalvia Mar Ecol Prog Ser, 1994, 108:251-264.
- [7] Bacon G S, MacDonald B A, Ward J E. Physiological responses of infaunal *Mya arenaria* and epifaunal *Placopecten magellanicus* bivalves to variations in the concentration and quality of suspended particles I: Feeding activity and selection[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1998, 219:105-125.
- [8] Newell C R, Wildish D J, McDonald B A. The effects of velocity and seston concentration on the exhalant siphon area, valve gape and filtration rate of the mussel (*Mytilus edulis*) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2001, 262: 91-111.
- [9] 王芳, 董双林, 张硕, 等. 海湾扇贝和太平洋牡蛎的食物选择性及滤除率的实验研究[J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(2):139-144.
- [10] 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.
- [11] 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(5): 36-38.
- [12] 黎辉, 金启增, 郭澄联, 等. 合浦珠母贝幼虫、幼苗的摄食率和摄食节律研究[J]. 热带海洋, 1997, 16(3): 41-47.
- [13] Coughlan J. The estimation of filtering rate from the clearing of suspension[J]. Mar Biol, 1969, 2(4): 356-358.
- [14] 包永波, 尤仲杰. 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, 2006, 27(1): 76-80.
- [15] 谢玉坎. 珍珠科学[M]. 北京:海洋出版社, 1995.
- [16] 潘鲁青, 范德朋. 环境因子对缢蛏滤水率的影响[J]. 水产学报, 2002, 26(3): 226-230.

(责任编辑:韦廷宗)

(上接第 266 页 Continue from page 266)

疏苗放养或调整中间培育密度,促进苗种的生长。

#### 参考文献:

- [1] 潘英, 秦小明, 潘红平. 大獭蛤软体部营养成分的分析与评价[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(3): 78-81.
- [2] 李琼珍, 童万平, 苏琼. 大獭蛤的胚胎、幼虫及稚贝的形态发育[J]. 广西科学, 2003, 10(4): 296-299.
- [3] 李琼珍, 陈瑞芳, 童万平. 盐度对大獭蛤胚胎发育的影响[J]. 广西科学院学报, 2004, 20(1): 33-34.
- [4] 周浩郎, 李琼珍, 蒋艳. 涌流式培育的大獭蛤稚贝生长的初步研究[J]. 海洋科学, 2007, 31(8): 53-58.
- [5] 苏琼, 童万平, 李琼珍. 大獭蛤工厂化育苗技术研究[J]. 广西科学, 2009, 16(3): 342-345.
- [6] 苏琼, 童万平, 李琼珍. 大獭蛤苗种池塘中间培育试验[J]. 广西科学院学报, 2009, 25(3): 173-175.

(责任编辑:邓大玉)