

文章编号: 1674-7054(2015)01-0025-05

不同因素对深澳湾波纹巴非蛤滤水率的影响

马庆涛¹ 林清¹ 李春晓¹ 陈加雄² 陈楷亮¹ 许晓能¹

(1. 汕头市海洋与水产研究所, 广东 汕头 515041; 2. 中国科学院 汕头海洋植物实验站, 广东 汕头 515041)

摘要: 笔者于2013年12月采用实验生态学方法, 在室内进行不同体质量不同投饵时间、不同饵料密度对波纹巴非蛤 [*Paphia undulata* (Born)] 滤水率的影响实验。结果表明: (1) 波纹巴非蛤的滤水率 (FR) 随着体质量的增大而增大, 单位体质量的滤水率 (FR') 随着其规格的增大而减小, $FR' = 0.3303W^{-0.3569}$ ($R^2 = 0.9965$)。 (2) 分别以金藻和扁藻作为饵料, 测定了8:00、14:00及20:00这3个时间点的滤水率, 滤水率在8:00最大, 14:00及20:00依次减小, 3个时间点滤水率差异显著 ($P < 0.05$)。 (3) 以金藻和扁藻作为混合藻, 滤水率随着藻密度的增加而增大, 当浓度超过 $3.06 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$, 滤水率反而下降。

关键词: 波纹巴非蛤 [*Paphia undulata* (Born)]; 滤水率; 体质量; 时间节律; 藻密度

中图分类号: S 968.31+6.9

文献标志码: A

波纹巴非蛤 [*Paphia undulata* (Born)] 俗称“琉璃蚶”、“花蛤”, 主要栖息于潮下带水深0.5~10 m深处的泥沙底质中, 在我国东海南部至南海均有分布, 其养殖具有投资小、见效快、利润高的优点, 是沿海养殖产业的主要经济贝类之一。深澳湾地处广东省汕头市南澳县深澳镇, 东经 $117^{\circ}04' \sim 117^{\circ}07'$, 北纬 $23^{\circ}29' \sim 23^{\circ}27'$, 是粤东重要的海产养殖基地之一, 其东、南、西三面为陆地包围, 呈“V”形, 湾口朝北, 与饶平县的柘林湾相对, 潮汐类型为不规则半日潮, 潮差多, 平均潮差为1.68 m, 水域面积为 13.3 km^2 , 水深1.1~6.3 m, 底质多为泥质^[1], 适合养殖波纹巴非蛤。一般来说, 贝类具有滤食和富集的生理特点, 滤食有机碎屑和浮游植物, 具有控制水体中藻类的密度和改善水质的作用^[2-4]。滤食性贝类的摄食活动与其生长发育密切相关, 是反应滤食性贝类生理状况的一项动态指标, 这项指标常用滤水率来说明。滤水率是指单位时间内滤掉悬浮颗粒所占用的水体积, 其反映的是贝类获取食物的速度。滤水率是贝类的重要生理指标之一, 是估算养殖容量、探索贝类对水质调控的重要参数。有些学者认为贝类摄食行为具有主动调节过程, 即贝类受到内在因素(如体内营养和能量需求等)和外在因素(如环境不断变化)的双重影响, 及时主动对摄食行为进行生理性调节, 最大限度地维持生命活动^[5]。所以, 贝类滤水率会随着内在因素和外在环境的变化而变化^[6]。关于贝类滤水率的研究很多^[5-11], 但对于波纹巴非蛤滤水率的研究, 国内仅见王冬梅等^[12]在盐度及pH方面影响其滤水率的报道, 尚未见有关其他环境因子对波纹巴非蛤滤水率影响的报道。为此, 笔者于2013年12月, 采用一定水体1次添加饵料的实验方法, 在室内进行不同体质量、不同投饵时间、不同饵料密度对波纹巴非蛤滤水率影响的实验, 旨在为相关研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料 2013年12月, 从广东汕头南澳羊屿海区选择体质健壮、无病害、贝壳完整的波纹巴非蛤为实验材料, 并将其带至汕头大学南澳实验站进行暂养以备实验。采用微流水方式暂养3 d, 养殖水温在 $18.4 \sim$

收稿日期: 2014-10-01

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(201003068)

作者简介: 马庆涛(1971-), 男, 高级工程师, 从事海洋生物养殖技术研究。E-mail: stmqt@21cn.com

通信作者: 林清(1986-), 男, 硕士, 从事海洋贝类增养殖技术研究。E-mail: liushuichang2007@163.com

19.0 °C ,保持微量连续充气 ,每天投扁藻、金藻混合饵料 3 次。

1.2 方法 实验在 50 L 的聚乙烯桶中进行。桶底铺 1 层含泥海沙 ,厚度为 10 cm ,模拟波纹巴非蛤的底栖环境 ,含泥海沙实验前经过 2 d 的太阳晾晒消毒。实验水体 50 L ,为通过 0.22 μm 孔径无菌滤膜的过滤海水 ,海水盐度为 31。实验前镜检实验水体中藻液初始浓度 C_0 ,2 h 后取样测定藻类浓度 C_t ,藻类个数采用显微镜单细胞计数法 ,每次取样 0.1 mL ,每次重复取样 3 次 ,取平均值。

1.2.1 体质量对波纹巴非蛤滤水率的影响 分别采用 3 个不同的体质量梯度(见表 1) ,每组放 20 只波纹巴非蛤 ,设 3 个平行组。投喂的饵料为金藻、扁藻混合饵料 ,初始浓度为 $3.06 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$,投饵 2 h 后检测藻类浓度 ,实验水温为室内自然温度 19 °C。实验结束后将蛤取出 ,用游标卡尺测量壳长 ,然后放置于 80 °C 烘箱中烘干至恒重 ,分别用电子天平称其干壳质量和干肉质量(精确到 0.001 g) 。计算波纹巴非蛤滤水率和单位体质量滤水率。

表 1 波纹巴非蛤生物学测定

Tab. 1 Biological data of *Paphia undulata* (Born)

组别 Group	平均壳长/cm Mean shell length	平均干壳质量/g Mean dry shell weight	平均干肉质量/g Mean dry meat weight	肥满度/% Relative fatness
A	2.225 ± 0.138	2.005 ± 0.075	0.310 ± 0.013	10.32
B	3.374 ± 0.224	7.653 ± 0.097	0.477 ± 0.033	7.54
C	3.851 ± 0.274	10.798 ± 0.115	0.637 ± 0.054	6.90

1.2.2 不同投饵时间对波纹巴非蛤滤水率的影响 每组放壳长为 $4.332 \pm 0.435 \text{ cm}$ 的波纹巴非蛤 20 只 ,分别采用金藻、扁藻作为饵料。实验水温为室内自然温度 18 ~ 19 °C。金藻初始浓度为 $(4.27 \pm 0.49) \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$,扁藻初始浓度为 $(2.97 \pm 0.12) \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 。每天 8:00 ,14:00 及 20:00 投饵 ,投饵 2 h 后检测藻类浓度 ,计算滤水率 ,实验进行 7 d。

1.2.3 不同饵料密度对波纹巴非蛤滤水率的影响 取壳长为 $4.332 \pm 0.435 \text{ cm}$ 的波纹巴非蛤 20 只 ,以金藻及扁藻的混合藻液作为饵料 ,设置 5 个不同的浓度梯度: $(1.02 \pm 0.03) \times 10^5$, $(1.53 \pm 0.50) \times 10^5$, $(2.04 \pm 0.07) \times 10^5$, $(3.06 \pm 0.08) \times 10^5$, $(4.01 \pm 0.10) \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 。8:00 投饵 2 h 后测滤食率。

1.3 滤水率的测定 波纹巴非蛤滤水率和单位体质量滤水率的计算公式如下:

$$FR = V \times \ln(C_0/C_t) / (N \times t)$$

$$FR' = FR/W$$

式中 FR : 滤水率($\text{L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$) , V : 试验水体体积(L) , C_0 : 试验前饵料浓度($\text{cell} \cdot \text{L}^{-1}$) , C_t : 试验后饵料浓度($\text{cell} \cdot \text{L}^{-1}$) , N : 试验波纹巴非蛤个数(ind) , t : 试验时间(h) , FR' 单位体质量滤水率($\text{L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$) , W 为软体干重(g)。

1.4 数据分析 采用 Excel 及 SPSS20 进行试验数据分析 ,用 Excel 作图。样品平均数的差异显著性用 F 检验 ,以 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同体质量对波纹巴非蛤滤水率的影响 由图 1 可见 ,在相同温度和饵料浓度的情况下 ,波纹巴非蛤的单位体质量滤水率 FR' 与其干肉质量间存在幂函数系: $FR' = 0.3303W^{-0.3569}$, $R^2 = 0.9965$ 。由图 2 可见 ,单位体质量滤水率 FR' 随体质量增加而降低。实验结果表明 ,随着波纹巴非蛤体质量的增加其滤水率增大 ,但是单位体质量滤水率反而变小。个体大小与滤水率呈正相关 ,与单位体质量滤水率呈负相关。

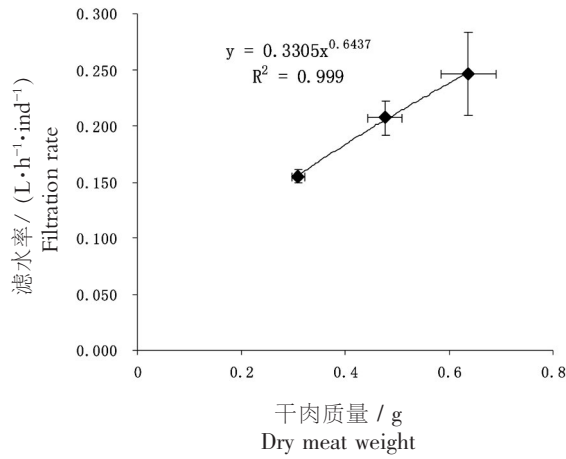


图 1 不同体质量对波纹巴非蛤滤水率的影响
(以个体数量计)

Fig.1 Filtration rate of *Paphia undulate* (Born) at different dry weigh (calculated by individual quantity)

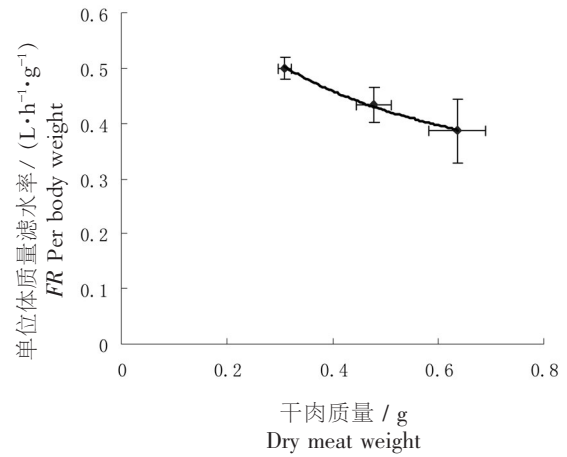


图 2 不同体质量对波纹巴非蛤滤水率的影响
(以单位体质量计)

Fig.2 Filtration rate of *Paphia undulate* (Born) at different dry weigh (calculated by per body weight)

2.2 不同投饵时间对波纹巴非蛤滤水率的影响 由图 3 可见, 分别投喂金藻和扁藻, 波纹巴非蛤都是在 8:00 时滤水率最高, 分别为 $0.326 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$ 及 $0.304 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$; 在 14:00 和 20:00 依次降低, 分别为 $0.283 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$ 及 $0.263 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$; $0.257 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$ 及 $0.221 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ind}^{-1}$ 。通过 ANOVA 的 LSD 单因素方差分析和多重比较, 这 3 个时刻的滤水率相互间差异显著。另外, 在本实验中, 投喂金藻后波纹巴非蛤的滤水率比扁藻的高, 可能跟金藻的初始密度高于扁藻的有关。

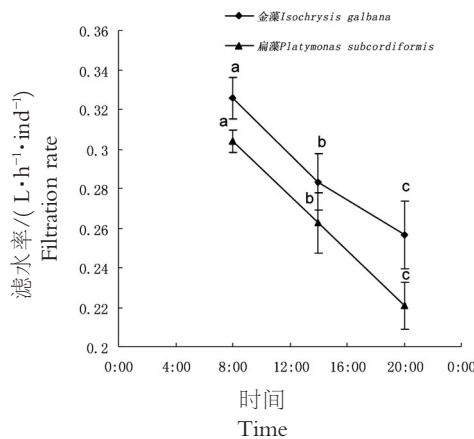


图 3 不同投饵时间对波纹巴非蛤滤水率的影响

Fig.3 Filtration rate of *Paphia undulate* (Born) at different moments

注: 上标字母不同表示有显著差异 ($P < 0.05$)

Note: Superscripts with different capital letters mean significant differences ($P < 0.05$)

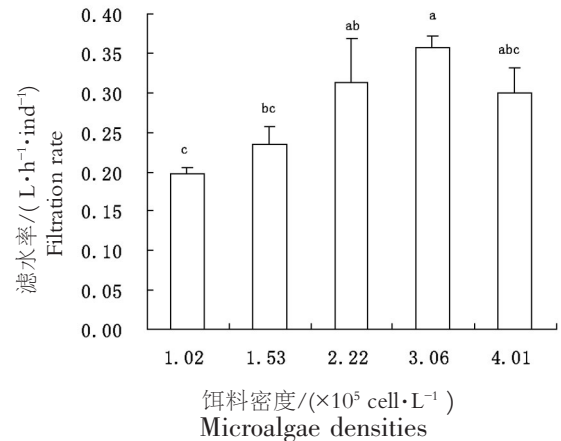


图 4 不同饵料密度对波纹巴非蛤滤水率的影响

Fig.4 Filtration rate of *Paphia undulate* (Born) at different concentrations of diet

注: 上标字母不同表示有显著差异 ($P < 0.05$)

Note: Superscripts with different capital letters mean significant differences ($P < 0.05$)

2.3 不同饵料密度对波纹巴非蛤滤水率的影响 由图 4 可见, 随着饵料密度的增加, 波纹巴非蛤的滤水率增大, 当饵料密度在 $3.06 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 时滤水率达到最大值, 随着饵料密度的继续增加, 波纹巴非蛤的滤水率反而减小。经过差异显著性分析结果表明, 藻密度 $3.06 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 实验组的滤水率与 $1.02 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$, $1.53 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 这 2 组的差异显著 ($P < 0.05$)。

3 讨 论

3.1 不同体质量对波纹巴非蛤滤水率的影响 体质量是影响贝类滤水率的重要的内在因素。对于滤食性贝类,滤水率与体质量之间的关系可用公式表述为 $FR = aW^b$ (a 值为单位干组织质量时的个体滤水率, W 为软体部干质量 b 为体质量系数)。滤水率随体质量的增大而增大,但滤水率随着单位体质量的增大而减小(即滤水率随贝类体重增加而增大,但增幅是减小) $FR' = aW^{b-1}$ 。双壳类 b 值一般小于 1,普遍认为在 0.6~0.94 之间,且每个种类的 b 值是有所不同^[7,9,13,15,17]。本实验结果 $b-1 = -0.3569$,则 b 值为 0.6431,与其他贝类的研究结果一致。 a 值大小与贝类种类及实验条件有关, b 值反映滤水率和干组织质量的关系,其值大小和饵料种类及环境因素有关。由于波纹巴非蛤鳃丝和其上着生的前纤毛、前侧纤毛、侧纤毛 3 种纤毛是滤食性贝类的主要滤食器官,靠纤毛的组合运动来摄取食物颗粒。所以,当贝类的软体部分大小不同时,纤毛的大小和纤毛之间的间距可能也会有所不同,从而影响滤食能力。随着个体的增大,纤毛组合运动活力并未相应加强,滤水率因单位体质量的增大反而减小。

3.2 不同投饵时间对波纹巴非蛤滤水率的影响 在本实验中,波纹巴非蛤在上午出现较大的滤水率,随着时间的推移,滤水率降低明显,呈现出滤水率的昼夜变化。吴桂汉等^[8]对菲律宾蛤仔的摄食率的研究结果表明,在不同时间点菲律宾蛤仔滤水率差异极显著。王吉桥等^[9]对紫贻贝(*Mytilus edulis*)、太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)以及王冬梅等^[10]对沟纹巴非蛤(*Paphia exarata* Philippi)进行了不同时间点的滤水率试验,也有类似的结论。滤食性贝类的滤水率出现昼夜变化属于节律性行为之一,可能是在长期生存和进化中为了适应环境而出现的一种表现。根据此研究结果,在自然海区收获波纹巴非蛤后,在进行人工育肥时,建议在上午投较多饵料,下午和晚上依次减少投饵量。

3.3 不同饵料密度对波纹巴非蛤滤水率的影响 在本实验中,随着饵料密度的增加,波纹巴非蛤的滤水率增大,当饵料密度在 $3.06 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ 时滤水率达到最大值,随着饵料密度的继续增加,滤水率反而减小。Iglesias 等^[11]认为滤食性贝类可以通过降低滤水率减少饵料摄入。有关研究认为,多数贝类都有一个适宜的饵料密度范围,过高和过低的饵料密度都会造成贝类滤水率的降低^[9-10,12-16]。藻类是一种悬浮颗粒物,过高的密度有可能损害鳃的正常活动。宋强^[18]等认为饵料密度过高,贝类易产生假粪,对自身的生长有害,同时过高的颗粒物浓度会损伤贝类的鳃丝,因此,饵料密度不是越高越好。笔者认为,过量的摄入饵料在波纹巴非蛤体内会抑制其滤食活性,这也是贝类在进化过程中对环境的一种自然适应过程。

参考文献:

- [1] 黄显兵,杜虹,黄洪辉,等.深澳湾表层沉积物中凯氏氮和总磷的时空分布[J].中国农学通报,2011,27(6):333-337.
- [2] 赵沐子,费志良,郝忱.不同贝类对水质净化效果的比较[J].水产科学,2006,25(3):133-135.
- [3] 潘建林,徐在宽,唐建清,等.湖泊大型贝类控藻与净化水质的研究[J].海洋湖沼通报,2007(2):69-78.
- [4] 黄通谋,李春强,于晓玲,等.麒麟菜与贝类混养体系净化富营养化海水的研究[J].中国农学通报,2010,26(18):419-424.
- [5] BAYNE B L. The physiology of suspension feeding by bivalve mollusks: An introduction to the Plymouth "TROPHEE" workshop [J]. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 1998, 219: 1-19.
- [6] 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.
- [7] 王慧,房斌,周凯,等.不同藻类及浓度对青蛤滤水率的影响[J].海洋渔业,2008,30(1):92-96.
- [8] 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.
- [9] 王吉桥,于晓明,郝冰毛,等.4种滤食性贝类滤水率的测定[J].水产科学,2006,5:217-221.
- [10] 王冬梅,李春强,周键,等.沟纹巴非蛤滤水率的研究[J].海洋科学,2008,32(9):42-45.
- [11] IGLESIAS J I P, URRUTIA M B, NAVARRO E, et al. Measuring feeding and absorption in suspension-feeding bivalves: an appraisal of the biodeposition method [J]. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 1998, 219: 71-86.

- [12] 王冬梅, 李春强, 彭明, 等. 盐度、pH 对波纹巴非蛤 (*Paphia undulata*) 滤水率的影响 [J]. 海洋通报 2009 28(2): 23 – 27.
- [13] 郭华阳, 王雨, 张殿昌, 等. 饵料密度、体重和盐度对黄边糙鸟蛤滤水率的影响 [J]. 海洋渔业 2013 35(2): 189 – 194.
- [14] 郭华阳, 王雨, 陈明强, 等. 盐度、饵料密度对长肋日月贝滤水率的影响 [J]. 广东农业科学 2012 15: 144 – 146.
- [15] 吴黎黎, 陈元松, 李树华. 饵料浓度、体重和温度对马氏珠母贝滤水率的影响 [J]. 广西科学 2010 17(3): 267 – 270.
- [16] 栗志民, 刘志刚, 徐法军, 等. 温度、盐度、pH 和饵料密度对皱肋文蛤清滤率的影响 [J]. 渔业科学进展 2011 32(4): 55 – 61.
- [17] 黄洋, 黄海立, 杨士新, 等. 体质量和温度对尖紫蛤滤水率、摄食率、吸收率的影响 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版) 2013 32(2): 109 – 114.
- [18] 宋强, 方建光, 刘慧, 等. 沉积再悬浮颗粒物对 3 种滤食性贝类摄食生理的影响 [J]. 海洋水产研究 2006 27(4): 21 – 28.

Observation of Filtration Rate of *Paphia undulata* (Born) at the Shenáo Bay, Shenzhen, China

MA Qingtao¹, LIN Qing¹, LI Chunxiao¹, CHEN Jiaxiong², CHEN Kailiang¹, XU Xiaoneng¹

(1. Shantou Ocean and Fisheries Research Institute, Shantou 515041, China;

2. Shantou Marine Plants Experiment Station, Chinese Academy of Sciences, Shantou 515041, China)

Abstract: *Paphia undulata* (Born, 1778) collected from Shenáo Bay, Shenzhen, Guangdong, China were fed thrice in the polyethylene buckets of 5 L with algal diet at different rates and different time in December 2013 to observe their filtration rates and carrying capacity by using the method for experimental ecology. *P. undulata* were observed to increase their filtration rates with their body weight, but their filtration rates per body weight were reduced with an increase in the body size of *P. undulata*: $FR' = 0.3303W^{-0.3569}$ ($R^2 = 0.9965$). *P. undulata* were fed with algae *Isochrysis galbana* and *Platymonas subcordiformis* separately to observe their filtration rates at 8 am, 14 pm and 20 pm, and the filtration rates were found maximum at 8 am, followed by at 14 pm and 20 pm, and showed significant difference among these three feeding hours ($P < 0.05$). *P. undulata* were fed with the mixture of *I. galbana* and *P. subcordiformis*, and their filtration rates were increased with the cell density of the mixed feed in the buckets, but decreased when the cell density exceeded $3.06 \times 10^5 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$.

Key words: *Paphia undulata* Born; filtration rate; body weight; cell density