

温度、pH 对二种淡水贝类滤水率的影响*

彭建华^① 陈文祥^① 栾建国^② 刘家寿^① 程郁春^①

(^①水利部、中国科学院水库渔业研究所 武汉 430079; ^②深圳市水务局 深圳 518110)

摘要: 实验在 3 m × 5 m × 0.5 m 的控温池中进行,以小球藻作投喂饵料,利用直径 40 cm、高度 50 cm 的陶瓷桶测定了不同规格下 5 个温度梯度(15、20、25、30、35℃)和 5 个 pH 梯度(5、6、7、8、9)背角无齿蚌和三角帆蚌的滤水率,其结果显示:①5 g 左右的三角帆蚌在 pH 值为 7 时滤水率最大(0.935 ml/g·min);②平均湿重为(297.4 ± 22.5)g, (61.1 ± 7.1)g, (23.2 ± 5.4)g 的背角无齿蚌的滤水率在 20~30℃ 间较高,以 30℃ 最大,达 1.088 4 ml/g·min。随着规格的增大,背角无齿蚌的滤水率逐渐减少,这种趋势在 20、25℃ 时表现得更为明显。③平均湿重为(394.3 ± 30.7)g, (105.5 ± 14.2)g, (30.2 ± 5.8)g 的三角帆蚌在水温 20、25 和 30℃ 时的滤水率均远远大于其它 2 个温度梯度,中规格蚌的滤水率在 30℃ 最大,大规格和小规格蚌的滤水率均在 25℃ 时最大。

关键词: 温度; pH; 影响; 滤水率; 背角无齿蚌; 三角帆蚌

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2004)06-02-05

The Effects of Temperature and pH on the Filtration Rates of Two Species of Freshwater Mollusks

PENG Jian-Hua^① CHEN Wen-Xiang^① LUAN Jian-Guo^② LIU Jia-Shou^① CHENG Yu-Chun^①

(^①Institute of Reservoir Fisheries, the Chinese Ministry of Water Resources and the Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079;

^②Bureau of Water Resources of Shenzhen Municipality, Shenzhen 518110, China)

Abstract: The filtration rates of different sizes in shellfishes *Anodonta woodiana woodiana* and *Hyriopsis cumingi* were determined at 5 different temperatures (15℃, 20℃, 25℃, 30℃ and 35℃) and 5 different pH values (5, 6, 7, 8 and 9) fed with *Chlorella* sp. The shellfishes were cultured in cylinder tanks of 40 cm in diameter and 50 cm in height, and the tanks were kept in a temperature-controlled reservoir of 3 m × 5 m × 0.5 m. The results show that: ① the biggest filtration rate (0.935 ml/g·min) in *H. cumingi* of about 5 g in weight was observed at the pH value of 7; ② the filtration rates in *A. w. woodiana* of 297.4 ± 22.5 g, 61.1 ± 7.1 g and 23.2 ± 5.4 g in weight in 20–30℃ were much higher than that in 15℃ and in 35℃, peaking at 30℃ with a value of 1.088 4 ml/g·min. The filtration rates decreased with increasing weight, and this trend was more significant at 20℃ and 25℃; ③ the filtration rates in *H. cumingi* of 394.3 ± 30.7 g, 105.5 ± 14.2 g and 30.2 ± 5.8 g in weight in 20–30℃ were also much higher than that in 15℃ and in 35℃, peaking at 30℃ for the medium sized shellfish and at 25℃ for the small and large sized

* 水利部科技创新重点项目,水利部“948”项目(No. 200206),深圳市水务局项目;

第一作者简介 彭建华,男,37岁,副研究员;研究方向:水库渔业生态;E-mail: jianhuap@tom.com。

收稿日期:2004-01-10,修回日期:2004-09-13

shellfish.

Key words: Temperature; pH; Effect; Filtration rate; *Anodonta woodiana woodiana*; *Hyriopsis cumingii*

背角无齿蚌 (*Anodonta woodiana woodiana*) 和三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*) 是我国重要的经济贝类,均营底栖生活,通过滤水作用摄食水中的浮游生物和有机碎屑^[1]。近年来,有研究者^[2-4]利用蚌类的滤水、富集和吸收作用,将贝类用于湖泊富营养化和城市污水的治理。

国内外关于贝类滤水率的研究较多^[5-9],但有关淡水贝类滤水率的研究未见报道。本文测定了背角无齿蚌和三角帆蚌的滤水率,完善了我国淡水贝类学的基础生物学研究,为贝类治理污染水体提供一些基础资料。

1 材料与方 法

1.1 材料 实验于2002年10~12月进行。选用大、中、小等规格的健康背角无齿蚌、三角帆蚌和刚繁殖的三角帆蚌幼蚌,均来自湖北省阳新县。用刷子小心刷去其表面的污物后暂养待用。

1.2 河蚌的养殖管理 实验在室内3 m×5 m×0.5 m的方形水泥池进行,用彩条布铺底。池中加室外养殖池塘水,深度15 cm左右,然后均匀放置河蚌。每天换水2次,每次换水量1/10~1/6,采用虹吸法吸污,连续充气。在对角各设置一个500 W的加热器,连接在一台控温仪上,每天升温控制在0.5℃以内。

1.3 方法 分温度实验和酸碱度实验,前者设5个梯度,即15、20、25、30、35℃;后者设5个梯度,pH值分别为5、6、7、8和9。每个梯度实验各重复一次,所有实验均用小球藻投喂(*Chlorella* sp.)。小球藻用玻璃容器培养,二级培养法方式,与河蚌养殖同步加温。

温度实验以背角无齿蚌和三角帆蚌为对象,温度用控温仪调节,日变幅为±0.5℃,pH值在7~8之间。每个实验温度选取背角无齿蚌大规格个体1只,中规格2只,小规格3只,其平均湿重分别为(297.4±22.5)g,(61.1±

7.1)g,(23.2±5.4)g;或者三角帆蚌大规格个体1只,中规格2只,小规格3只,其平均湿重分别为(394.3±30.7)g,(105.5±14.2)g,(30.2±5.8)g。每次实验3种规格的蚌投入3个不同桶中。

酸碱度实验选取三角帆蚌幼蚌为对象,水温22℃,分酸性溶液组和碱性溶液组,受试蚌各24只,前者平均湿重为(5.4±0.3)g,后者平均湿重为(5.3±0.3)g。pH用1 mol/L的NaOH溶液和1 mol/L的HCl溶液调节。每次实验前让幼蚌在实验溶液中适应1 d。

实验在直径40 cm、高度50 cm的陶瓷桶中进行,水深25 cm。实验开始前,先检测小球藻的密度,再计算出应加到实验中的容量,使实验前水中小球藻密度在13 000~16 000 ind/ml之间^[10]。同时放置受试河蚌,保持充气。充气量以水面仅见气泡为宜,以使水体中小球藻充分混合均匀,不至于将粪便搅起而影响计数的准确性,同时可以保持较高的溶解氧浓度。20 min后开始第一次取样,80 min后第二次取样,140 min后取第三次样。取样用10 ml吸管在每个桶中按“梅花”形状取五点,混合后在显微镜下计数。实验结束时测量受试蚌的湿重。

滤水率的计算公式^[7-9]为:

$$FR = V/t \cdot \ln(C_0/C_t) / W$$

式中:FR为滤水率(ml/g·min);V为实验水体容量(ml);t为取样间隔时间(min);C₀为小球藻起始浓度(ind/ml);C_t为取样时小球藻浓度(ind/ml);W为湿重(g)。

不同温度间背角无齿蚌和三角帆蚌的滤水率进行统计检验。

2 结 果

2.1 不同 pH 值三角帆蚌的滤水率 实验结果(图1)表明,pH值为7时,滤水率最大,达0.935 ml/g·min;pH值为8时次之,达

0.871 ml/g·min; pH 值为 5 和 9 时最小, 分别只有 0.004 ml/g·min 和 0.009 ml/g·min。

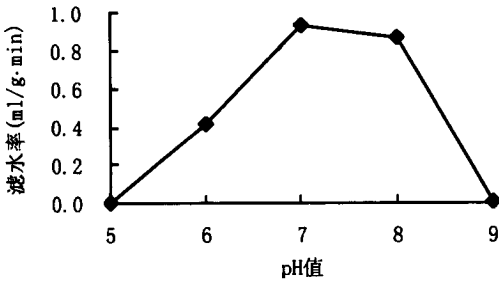


图 1 不同 pH 值三角帆蚌的滤水率

2.2 不同温度下背角无齿蚌的滤水率 实验结果见图 2。水温 20、25 和 30℃ 时, 背角无齿蚌的滤水率均远远大于其它两个温度梯度的; 水温 15℃ 时, 三种规格河蚌的滤水率均有一定大小; 水温 35℃ 时, 三种规格河蚌的滤水率很小, 最小只有 0.026 0 ml/g·min; 所有温度中, 不同规格背角无齿蚌的滤水率均以 30℃ 最大, 最大达到 1.088 4 ml/g·min。在水温 20、25 和 30℃ 时, 随着个体的增大, 滤水率逐渐减小, 这种趋势在 20、25℃ 时表现得更为明显。不同温度间背角无齿蚌滤水率的统计检验见表 1。

2.3 不同温度下三角帆蚌的滤水率 结果见图 3。同背角无齿蚌实验一样, 水温 20、25 和 30℃ 时, 三角帆蚌的滤水率均远远大于其它两个温度梯度的; 水温 15℃ 时, 只有小规格蚌有一定大小的滤水率(0.191 8 ml/g·min), 大、中规格蚌的滤水率和水温 35℃ 时三种规格蚌的滤

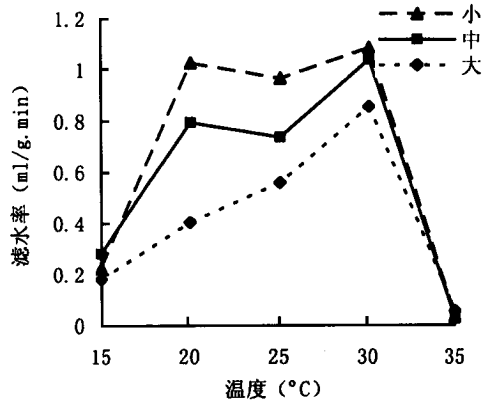


图 2 不同温度下背角无齿蚌的滤水率

水率一样, 均很小, 最小只有 0.010 4 ml/g·min。中规格蚌的滤水率在 30℃ 最大, 大规格和小规格蚌的滤水率均在 25℃ 时最大, 其中小规格蚌的滤水率达到最大 1.287 6 ml/g·min。不同温度间三角帆蚌滤水率的统计检验见表 1。

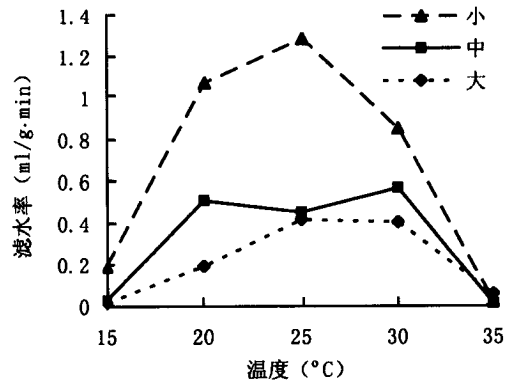


图 3 不同温度下三角帆蚌的滤水率

表 1 不同温度二种蚌滤水率 (ml/g·min) 的统计检验

	温度 (°C)				
	15	20	25	30	35
背角无齿蚌	0.23 ± 0.04 ^a	0.74 ± 0.26 ^b	0.75 ± 0.17 ^b	1.00 ± 0.10 ^b	0.04 ± 0.01 ^c
三角帆蚌	0.08 ± 0.08 ^a	0.59 ± 0.37 ^b	0.72 ± 0.40 ^b	0.61 ± 0.19 ^b	0.03 ± 0.02 ^c

字母不同表示有显著差异

3 讨论

3.1 贝类滤水率的测定方法 滤水率是一项动态指标, 要准确测定滤水率需要有严格的实验条件和先进的实验手段。国外研究者在测定贝类的滤水率过程中, 采用了饵料计数器、探针

技术和颗粒计数器或叶绿素-A 测定法^[11]。国内对贝类滤水率的测定有半现场法 (semi-in situ)^[5], 也就是在严格控制的流水系统中进行^[5,12]; 也有封闭式容器如水槽^[7]、培育缸^[6]和塑料桶^[13,14]等测定法。相对于现场测定法, 半现场法简单实用^[5], 但是实验条件比较难控制,

水的流速变化、饵料密度的瞬间变化等等对结果影响较大。封闭容器测定法是根据恒流稀释原理^[15]设计的,实验条件比较容易控制,适用范围也较广。本文采用封闭容器测定法,同时按照有关资料的要求^[10],使实验起始的饵料密度保持在 13 000 ~ 16 000 ind/ml。这样,尽量排除人为因素对实验结果的干扰,使结果能够更加准确反映自然环境中淡水贝类的滤水率。

同位素示踪法是测定滤食性浮游动物滤水率的习见方法,它具有准确、便利等特点^[16,17],从原理来看,该方法可以在测定贝类滤水率中应用,并可以在较为接近自然条件的环境下进行,使结果更准确反映天然水体中贝类的滤水率,值得借鉴。

3.2 酸碱度对三角帆蚌滤水率的影响 酸碱度是影响贝类滤水率大小的一个重要环境因子。潘鲁青等^[7]研究缢蛭滤水率时发现,pH 值在 7~9 之间缢蛭的滤水率呈一个明显峰值,且在 8 时达到最大;过高或过低,缢蛭均表现出明显的不适应。本实验结果类似,pH 值为 7、8 时,三角帆蚌幼蚌的滤水率达到高峰;为 6 时,滤水率下降;过酸或过碱,滤水率微小。很显然,不同酸碱度对三角帆蚌的代谢影响不一样,从而影响其滤水率。这种影响在 Bamber^[18]对贻贝 (*Mytilus edulis*) 的研究中和张世静等^[19]对不同 pH 环境下皱纹冠蚌的心脏搏动频率和心工作量的研究中得到了证明。徐在宽^[20]的三角帆蚌鳃瓣活力实验从另一个角度也证实了这种影响,作者观察到剪下的鳃片在 pH 值 7.4 ~ 9.4 的环境中爬行速度最快,pH 值过高或过低会损坏鳃纤毛的组织细胞,抑制鳃纤毛的活力。

本实验表明,三角帆蚌在过酸或过碱水体中,滤水率极小,这说明贝类在过酸或过碱的水体中生长会受到很大影响,更不能起控制水质的作用。因此,无论是利用贝类的滤水特点来进行湖泊富营养化和城市污水的治理,还是利用河蚌来育珠,了解水体的酸碱度是非常重要的。

3.3 温度对背角无齿蚌和三角帆蚌滤水率的影响 温度也是影响贝类滤水率大小的一个重

要环境因子。许多研究结果都表明^[5~9],贝类的滤水率存在一个适温区间,即贝类的温度最适范围,并且最大滤水率亦出现在此区间的某一温度上。如缢蛭的适温区间是 18 ~ 22℃,最大滤水率出现在 20℃^[7];贻贝的适温区间为 15 ~ 25℃^[8]。本文结果类似,背角无齿蚌和三角帆蚌的适温区间都是 20 ~ 30℃,前者最大滤水率出现在 30℃,后者最大滤水率出现在 25℃。

对这种现象的解释,潘鲁青等^[7]认为贝类生活在适温范围之外时,需要消耗更多的能量来适应环境,这样就降低了摄食器官的活力,使滤水率降低。笔者认为贝类在适温以外,其生理状态会发生较大改变,如心搏频率减缓、强度降低,致使鳃纤毛摆动频率减少,滤水率降低。对无齿蚌的研究^[21]就表明,无齿蚌的心搏频率和强度在适温内(20 ~ 25℃)正常,超出适温范围就减缓或降低。

3.4 不同规格蚌滤水率的比较 由图 2、图 3 中可以看出,除 15℃ 时中规格背角无齿蚌和中规格三角帆蚌的滤水率大于小型、35℃ 时大规格背角无齿蚌和大规格三角帆蚌的滤水率大于小规格和中规格外,2 种蚌在各温度梯度上的滤水率均是小规格最大、中规格大于大规格,尤其是背角无齿蚌在 20℃、三角帆蚌在 20 和 25℃ 时最为显著。这和实验蚌个体大小差异有关,与其他研究者^[22]的结果基本一致,即贝类的体重越大,单位体重的滤水率就越小。由于实验材料的缘故,本文没有进行相同体重下三角帆蚌和背角无齿蚌滤水率的比较实验,有待以后进行。

参 考 文 献

- [1] 刘月英,张文珍,王跃先等. 中国经济动物志——淡水软体动物. 北京: 科学出版社, 1979, 66 ~ 126.
- [2] 石岩, 张喜勤, 付春艳等. 浮游动物对净化湖泊富营养化的初步探讨. 东北水利水电, 1998, 3: 31 ~ 33.
- [3] 孙刚, 盛连喜. 湖泊富营养化治理的生态工程. 应用生态学报, 2001, 12(4): 590 ~ 593.
- [4] 吴振斌, 詹发萃, 邓家齐等. 综合生物塘处理城镇污水研究. 环境科学学报, 1994, 14(2): 223 ~ 228.
- [5] 匡世焕, 方建光, 孔慧玲等. 桑沟湾栉孔扇贝不同季节

- 滤水率和同化率的比较. 海洋与湖沼, 1996, 27(2): 194 ~ 199.
- [6] 方建光, 孔慧玲, 匡世焕等. 泥蚶幼虫滤水率和摄食率的研究. 海洋与湖沼, 1999, 30(2): 167 ~ 171.
- [7] 潘鲁青, 范德朋, 马牲等. 环境因子对缢蛏滤水率的影响. 水产学报, 2002, 26(3): 226 ~ 230.
- [8] Schulte E H. Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis*. *Mar Bio*, 1975, 30: 331 ~ 341.
- [9] Hildreth D J. The influence of eater flow rate on pumping activity in *Mytilus edulis* using a refined direct measurement apparatus. *J Mar Biol Assoc UK*, 1976, 56: 311 ~ 319.
- [10] Riisgard H U. Feeding rate in hard clam (*Mercenaria mercenaria*) veliger larvae as a function of algal (*Isochrysis galbana*) concentration. *J Shellfish Res*, 1988, 7(3): 377 ~ 380.
- [11] 楠木丰. スガキの濾过水量の測定法について. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 1977, 43(9): 1069 ~ 1076.
- [12] 孔慧玲, 方建光, 匡世焕等. 栉孔扇贝在模拟自然水环境中滤水率的测定. 中国水产科学, 1995, 2(4): 16 ~ 21.
- [13] 袁有宪, 陈聚法, 陈碧娟等. 栉孔扇贝对环境变化适应性研究——盐度对存活、呼吸、摄食及消化的影响. 中国水产科学, 2001, 7(4): 73 ~ 77.
- [14] 袁有宪, 曲克明, 陈聚法等. 栉孔扇贝对环境变化适应性研究——温度对存活、呼吸、摄食及消化的影响. 中国水产科学, 2000, 7(3): 24 ~ 27.
- [15] 李辛夫. 用于水污染生物检测的恒流稀释装置的调节及计算方法. 水生生物学报, 1990, 14(4): 345 ~ 352.
- [16] 王岩. 枝角类生物学研究中的几个问题. 动物学杂志, 1997, 32(6): 45 ~ 49.
- [17] Jarvis A C, Harris R C, Combrink S. Cladoceran filtering rate body length relation developed for a *Microcystis* dominated hypertrophic reservoir. *Journal of Plankton Res*, 1988, 10(1): 115 ~ 131.
- [18] Bamber R N. The effects of acidic seawater on three species of lamellibranch mollusk. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1990, 143: 181 ~ 191.
- [19] 张世静, 尤玉博. 化学因子对皱纹冠蚌心脏搏动的影响. 福建师范大学学报(自然科学版), 1995, 11(3): 76 ~ 81.
- [20] 徐在宽. 三角帆蚌腮瓣活力的研究. 水产养殖, 1998, 3: 17 ~ 18.
- [21] 刘雨芳. 温度对无齿蚌心搏频率、心搏强度的影响. 湘潭师范学院学报(自然科学版), 1995, 15(6): 48 ~ 50.
- [22] Powell E N. Modeling oyster population I: a commentary on filtration rate is faster always better? *Journal of Shellfish Research*, 1992, 11(2): 387 ~ 398.