

温度、pH 对剑状矛蚌滤水率的影响

李雨奎

淮北师范大学 安徽 淮北 235000

摘要: 测定了剑状矛蚌 (*Lanceolaria gladiola*) 在不同温度和不同 pH 条件下的滤水率。结果表明, 在不同温度 (10 ~ 28°C) 条件下, 剑状矛蚌的滤水率均随温度升高而上升, 达到最大值后呈下降趋势, 其中滤水率最大值出现在 24°C 时, 大、中、小个体组剑状矛蚌滤水率最大值分别为 0.826 L/h、0.768 L/h 和 0.653 L/h。在同一温度下, 个体滤水率随软体部干重的增大而增加。温度、软体部干重、温度与软体部干重的交互作用对剑状矛蚌的滤水率有显著影响 ($P < 0.01$)。在不同 pH 梯度上, 剑状矛蚌的滤水率呈一个明显的峰值变化, 其峰值出现在 pH = 8, 大、中、小个体组的滤水率分别为 0.832 L/h、0.604 L/h、0.421 L/h。在 pH 6 ~ 7 之间, 中个体组、小个体组个体滤水率呈平缓变化。pH、软体部干重及其交互作用对剑状矛蚌的滤水率均有极显著影响 ($P < 0.01$)。

关键词: 剑状矛蚌; 温度; pH; 滤水率

中图分类号: Q494 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2011)03-104-05

Effects of Temperature and pH on the Filtration Rate of *Lanceolaria gladiola*

LI Yu-Kui

Huabei Normal University, Anhui Huabei 235000, China

Abstract: The study determined the filtration rate of *Lanceolaria gladiola* at different temperatures and pH. The results showed that under the range of 10 to 28°C, the filtration rate of *L. gladiola* gradually increased with the increasing of temperature, which reached the maximum at 24°C, and then began to decrease. The maximal filtration rate of large, medium and small-sized *L. gladiola* was 0.826 L/h, 0.768 L/h and 0.653 L/h respectively. At the same temperature, the filtration rates increased with the increasing of the weight of soft part. Temperature, weight of soft part and the interaction between temperature and weight of soft part have significant effect on the filtration rate of *L. gladiola* ($P < 0.01$). Under different pH grades, the peak value of filtration rate of *L. gladiola* showed an apparent change. At the pH of 8, the value reached the maximum. The filtration rates for large, medium and small-sized *L. gladiola* were 0.832 L/h, 0.604 L/h, 0.421 L/h respectively. When pH was between 6 and 7, the filtration rates for medium and small-sized *L. gladiola* changed smoothly. Weight of soft part and the interaction between pH and weight of soft part have significant effect on the filtration rate of *L. gladiola* ($P < 0.01$).

Key words: *Lanceolaria gladiola*; Temperature; pH; Filtration rate

基金项目 淡水生态与生物技术国家重点实验室课题项目 (No. 2007PB02), 安徽高校省级自然科学基金项目 (No. KJ2011Z333);

第一作者介绍 李雨奎, 男, 讲师; 研究方向: 水生生物学; E-mail: 15956706868@139.com。

收稿日期: 2010-12-24, 修回日期: 2011-03-03

剑状矛蚌 (*Lanceolaria gladiola*) 为蚌科矛蚌属的动物,是我国淡水水域中分布广泛且经济价值较高的滤食性贝类之一,常见于水深 2~3 m 的湖泊、河流以及池塘内,主要分布于河北、山东、安徽等地。通过滤水作用摄食水中的浮游生物和有机碎屑。

滤水率是反映贝类生理状态的动态指标,受环境因素和生物因素的影响较大,国内外关于贝类滤水率影响因素的研究较多,例如水温、盐度、pH、海水流速、饵料浓度和质量以及贝类的规格等^[1-11],但关于剑状矛蚌滤水率的研究未见报道。近年来,利用滤食性贝类的滤食压力,控制浮游植物的生物量,净化水质,是赤潮生物防控的研究热点之一。研究者利用蚌类的滤水、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^[12-14]。研究温度、pH 对剑状矛蚌滤水率的影响,可为开展剑状矛蚌的人工增殖和水质富营养化控制、水体污染监控及生态修复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验用贝 实验用剑状矛蚌于 2006 年 7 月采于淮河支流淝河段。选取健康喷水有力的剑状矛蚌,去除其表面的污物,在滤水实验装置中暂养 15 d,用充气泵连续充气,每日投喂人工培育的小球藻 (*Chlorella* sp.),水温为 20℃ 左右,pH 7.5,实验前 3 d 移入经脱脂棉过滤已充分曝气的自来水中,停止投饵,暂养备用。

1.1.2 使用饵料 使用实验室培养的小球藻为饵料,小球藻培养液为煮沸过滤后的池塘水,实验开始时各水槽小球藻密度均为 4×10^6 cells/ml。本研究所用的藻种从淝河支流水体获得,经鉴定为小球藻,培养温度为 28℃,光强为 2 500 lx,每天摇动 3 次。培养基成分如下: $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ 300 mg/L、 KH_2PO_4 50 mg/L、 MgSO_4 300 mg/L、 FeSO_4 8 mg/L、 NaCl 1 000 mg/L、 NH_4HCO_3 500 mg/L。

1.2 实验方法

1.2.1 温度和 pH 梯度的设定 温度设置 10、

14、16、20、24、28℃ 6 个梯度。以 AQUAREX 型控温水族箱(深圳飞鼎科技有限公司)调节实验温度,日升降幅度控制在 1℃ 以内,实验所用水为煮沸过滤后的池塘水,pH 调至 7.5。pH 设 5 个梯度:5、6、7、8、9。采用 1 mol/L 的 NaOH 和 1 mol/L 的 HCl 调节水的 pH,并用 pH3310 型 WTW pH 酸度计(上海谷雨电子有限公司)测定 pH,实验过程中各梯度 pH 的变化幅度为 ± 0.1 ,实验所用水温为 20℃。当温度、pH 调至各实验梯度时放入剑状矛蚌并驯养 3 d,期间选用小球藻作为饵料投喂,日投喂 2 次,换水 1/3。实验在 60 cm × 40 cm × 25 cm 的玻璃水槽内进行(温度实验将水槽置于自动循环控温水族箱中),所用水经 0.45 μm 微孔滤膜过滤,实验期间连续充气(保证溶氧充足和饵料在水中悬浮均匀)。

温度和 pH 梯度实验均按剑状矛蚌的个体大小(壳长)分为大(11~12 cm)(A、D 组)、中(9~10 cm)(B、E 组)、小(6~7 cm)(C、F 组)3 组,每个处理设 3 个重复,每个水槽剑状矛蚌个数分别为 3 个。实验开始时,向各实验组投喂饵料,实验持续 2 h,实验结束后,取水样计算小球藻数目。

1.3 数据测定和计算方法 使用血球计数板测定实验开始和实验结束时的小球藻密度。为减小误差取样 3 次,取平均值计算。所测的滤水率是指单个个体单位时间内的平均滤水率,其计算公式为:个体滤水率 $F_{\text{ind}} = V \ln(C_0/C_t) / (nt)$,单位软体部干重滤水率 $F = F_{\text{ind}} / M_{\text{dt}}$,式中, F_{ind} 为个体滤水率, V 为实验水体积(L), n 为每组实验贝的个数, t 为实验时间(h), C_0 和 C_t 分别为实验开始和 t 时间实验水体中小球藻的密度, F 为单位软体部干重滤水率, M_{dt} 为软体部干重。

实验全部结束后,用游标卡尺测量实验所用剑状矛蚌的壳长(cm)、壳高(cm)。用解剖刀打开贝壳,将软体部取出置于烘箱中 65℃ 烘干至恒重,用电子天平称量壳重(g)和软体部干重(g)。剑状矛蚌形态学数据见表 1。

数据采用 SPSS 13.0 混合模型进行双因素

表 1 剑状矛蚌形态学数据(平均值 ± 标准误)
Table 1 The morphological data of *Lanceolaria gladiola* (Mean ± SE, n = 3)

实验组 Groups	壳长 (cm) Shell length	壳宽 (cm) Shell width	壳重 (g) Shell weight	软体部干重 (g) Dry weight of soft part
A	11.320 1 ± 0.316 2	2.242 0 ± 0.310 7	14.176 3 ± 2.432 6	2.897 4 ± 0.325 6
B	9.521 6 ± 0.134 7	1.673 2 ± 0.175 8	10.083 8 ± 0.879 3	1.015 7 ± 0.147 9
C	6.869 3 ± 0.234 9	1.268 0 ± 0.158 2	4.723 9 ± 0.532 7	0.397 1 ± 0.110 9
D	12.198 6 ± 0.287 4	2.354 0 ± 0.307 9	16.250 8 ± 4.842 7	3.051 4 ± 0.619 4
E	9.711 2 ± 0.268 1	1.622 8 ± 0.254 8	10.114 7 ± 1.133 7	2.114 6 ± 0.143 9
F	6.723 7 ± 0.478 2	1.199 3 ± 0.200 3	4.923 5 ± 0.432 8	0.602 4 ± 0.173 8

重复实验方差分析。

2 结果

2.1 温度对剑状矛蚌滤水率的影响 不同温度梯度条件下,随温度升高剑状矛蚌的个体滤水率呈逐步上升趋势(图 1),剑状矛蚌个体越大,其个体滤水率越高,其单位重量干组织的滤水率越低。水温 10 ~ 14℃,滤水率增长较缓慢,水温 14 ~ 24℃,增加明显,在温度为 24℃ 时,个体滤水率和单位重量软体部干组织的滤水率均达到最大值,大个体组为 0.826 L/h 和 0.028 L/(g·h);中个体组为 0.768 L/h 和 0.051 L/(g·h);小个体组为 0.653 L/h 和 0.099 L/(g·h)。在同一温度下,随着剑状矛蚌软体部干重的增大,其单位个体的滤水率逐渐升高。方差分析表明(表 2),温度和软体部干重对剑状矛蚌的滤水率均有极显著影响,温度与软体部干重的交互作用则有极显著影响。

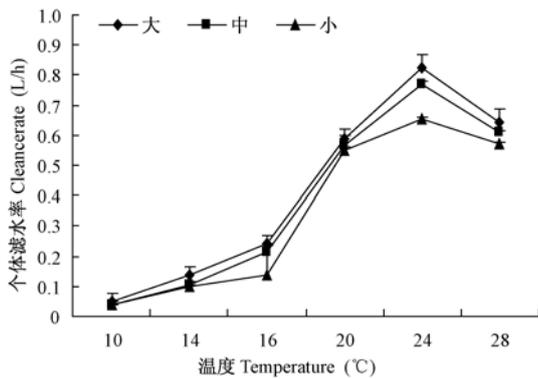


图 1 温度对剑状矛蚌滤水率的影响
Fig. 1 The effect of temperature on the filtration rate of *Lanceolaria gladiola*

2.2 pH 对剑状矛蚌滤水率的影响 在不同 pH 梯度上,剑状矛蚌的滤水率呈一个明显的峰值变化(图 2),其峰值出现在 pH = 8,大、中、小个体组的滤水率分别为 0.832 L/h、0.604 L/h、0.421 L/h。pH 6 ~ 7,中个体组、小个体组个体滤水率呈平缓变化。方差分析表明(表 2),pH、软体部干重及二者的交互作用对剑状矛蚌的滤水率均有极显著影响。

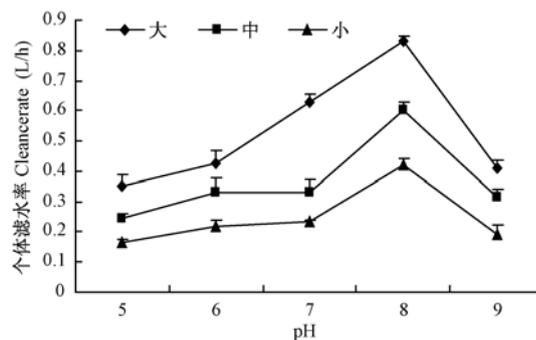


图 2 pH 对剑状矛蚌滤水率的影响
Fig. 2 The effect of pH on the filtration rate of *Lanceolaria gladiola*

3 讨论

3.1 温度对剑状矛蚌滤水率的影响 有学者发现,温度变化对贝类滤水率的影响主要有两种:一是贝类滤水率在一定温度范围内随温度升高呈上升趋势,如偏顶蛤 (*Modiolus modiolus*)^[15]、牡蛎 (*Crassostrea*)^[16]、翡翠贻贝 (*Perna vindex*)^[4];二是贝类滤水率在一定适温范围内达到最大值后呈下降趋势,如贻贝 (*Mytilus edulis*)^[1]滤水率的适宜温度区间是 15 ~ 25℃;斑马纹贻贝 (*Dreissena polymorpha*)^[3]

表 2 双因素的方差分析

Table 2 The analysis of variance between the two experimental factors

变异来源 Variation source	平方和 Ss	自由度 df	均方 Ms	F	P
温度 Temperature	2.684 14	5	0.536 80	2 064.62	0.000
干重 1 Dry weight 1	0.103 78	2	0.051 89	199.58	0.000
交互作用 Interaction (温度和干重 Temp. and dry weight)	0.487 30	10	0.048 73	187.42	0.000
误差 1 Errors	0.009 36	36	0.000 26		
总变异 1 Total variation	3.284 58	53			
pH	2.168 24	4	0.542 06	1 389.90	0.000
干重 2 Dry weight 2	0.108 64	2	0.054 32	139.28	0.000
交互作用 Interaction (pH 和干重 pH and dry weight)	0.415 30	8	0.051 91	133.10	0.000
误差 2 Errors	0.011 70	30	0.000 39		
总变异 2 Total variation	2.703 88	44			

的区间为 20 ~ 24℃; 缢蛭 (*Sinonoracula constricta*)^[7] 的适宜温度区间为 18 ~ 22℃, 其最大滤水率出现的温度为 20℃; 橄榄蛭蚌 (*Solenia oleivora*)^[8] 温度区间为 15 ~ 30℃, 其最大滤水率出现的温度为 20℃。Jorgensen 等^[15] 在研究偏顶蛤发现, 高温可以减小水的黏滞性, 滤水率增加。本实验发现, 温度对剑状矛蚌的滤水率影响显著, 在 10 ~ 24℃ 范围内滤水率随温度升高而上升, 达到最大值后呈下降的趋势, 最大滤水率出现的温度为 24℃, 符合第二种变化趋势。经观察还发现, 在 10 ~ 24℃ 温度范围内, 随温度的升高剑状矛蚌鳃上侧纤毛的摆动幅度加大, 摆动频率加快, 剑状矛蚌呼吸频率加快。

有研究表明贝类体重越大个体滤水率越高^[4,6,8]; 而对于单位干组织重量而言, 体重越大单位干组织重量的滤水率越小。本研究发现在各温度梯度上剑状矛蚌的个体滤水率与其体重呈正相关, 且单位体重的滤水率均是小组个体最大、中个体组大于大个体组, 这与其他学者研究结论一致^[6,17]。

3.2 pH 对剑状矛蚌滤水率的影响 酸碱度是影响贝类滤水率大小的重要环境因子, pH 过高或过低均不利于贝类的生长代谢^[18-20], pH 过高会导致贝类死亡率增加^[21-22]。潘鲁青等^[7] 研究缢蛭滤水率时发现, pH 7 ~ 9 缢蛭的

滤水率呈一个明显峰值变化, 且在 pH 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 为 8 时, 剑状矛蚌的滤水率达到峰值; pH 为 5、9 时滤水率为各组最小。本实验表明, 剑状矛蚌在过酸或过碱水体中, 滤水率较小, 这说明贝类在过酸或过碱的水体中生长会受到很大影响, 不能起到控制水质的作用。徐在宽^[23] 在三角帆蚌 (*Hyriopsis cumingii*) 鳃瓣活力实验中发现, pH 过高或过低均会损坏鳃纤毛的组织细胞, 抑制鳃纤毛的活力。本研究认为 pH 过高或过低会导致剑状矛蚌的生理状态发生较大改变, 发现其鳃纤毛摆动频率减少, 滤水率降低。

贝类的个体大小在不同的 pH 条件下, 代谢状态差异明显, Bamber^[20]、潘鲁青等^[7] 研究发现, 个体小的贝类对 pH 变化更加敏感。小个体的三角帆蚌的鳃瓣活力在 pH 变化时比大个体的脆弱, 更易受到损坏^[23]。本研究发现, 小组个体剑状矛蚌在等同酸碱度条件下对 pH 的敏感强度高于中、大个体组, 表现为纤毛摆动频繁, 进、出水管扩张幅度高于中大个体组, 具体原因还有待于进一步深入研究。

研究发现, 剑状矛蚌与其他滤食性双壳贝类一样, 对水体中的藻类及颗粒物具有过滤作用, 同时能产生生物沉降, 将悬浮物从水体中搬运到底层, 对水体中浮游生物颗粒有机物质

及生态系统的结构和功能产生影响^[24-26],因此在淮河支流适度人工养殖剑状矛蚌,可以滤食淮河水域中藻类,净化水质,对控制淮河藻类大量繁殖起到一定抑制作用。同时剑状矛蚌的滤水率受水体酸碱度影响显著,建议将其作为监测淮河支流水体污染的生物物种。

参 考 文 献

- [1] Schulte E H. Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis*. Mar Bio, 1975, 30: 331-341.
- [2] Hildreth D J. The influence of water flow rate on pumping activity in *Mytilus edulis* using a refined direct measurement apparatus. J Mar Biol Assoc UK, 1976, 56: 311-319.
- [3] Aldridge D W, Payne B S, Miller A C. Oxygen consumption, nitrogenous excretion, and filtration rates of *Dreissena polymorpha* at acclimation temperature between 20 to 32°C. Can J Fish Aquat Sci, 1995, 52: 1761-1767.
- [4] 杨晓新,林小涛,计新丽. 温度、盐度和光照条件对翡翠贻贝滤水率的影响. 海洋科学, 2000, 24(6): 36-39.
- [5] 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. 海洋水产研究, 2000, 21(1): 37-42.
- [6] 王俊,姜祖辉,唐启升. 栉孔扇贝的滤食率与同化率. 中国水产科学, 2001, 8(4): 27-31.
- [7] 潘鲁青,范德朋,董双林. 环境因子对缢蛭滤水率的影响. 水产学报, 2002, 26(3): 226-230.
- [8] 许巧情,刘俊,冯抗抗. 温度对橄榄蛭蚌滤水率的影响. 中国水产科学, 2005, 12(2): 207-210.
- [9] 柴雪良,方军,林志华,等. 温度对美国硬壳蛤滤食率、耗氧率和排氨率的影响. 海洋科学, 2005, 29(8): 33-36.
- [10] 徐钢春,顾若波,闻海波,等. 温度、体重和饵料密度对河蚬滤食率与同化率的影响. 上海水产大学学报, 2007, 16(2): 151-156.
- [11] Powell E N. Modeling oyster populations I: A commentary on filtration rate is faster always better. Journal of Shellfish Research, 1992, (11): 387-398.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Jorgensen C B, Larsen P S, Risgaard H U. Effects of temperature on the mussel pump. Mar Ecol Prog Ser, 1990, 64: 89-97.
- [16] Doering P H, Oviatt C A. Application of filtration rate models to field population of bivalves: an assessment using experimental mesocosms. Mar Ecol Prog Ser, 1986, 31: 265-275.
- [17] 刘建业,曾关琼,喻达辉,等. 大珠母贝人工苗水泥池中间培育技术研究. 安徽农业科学, 2009, 37(8): 3573-3575.
- [18] 彭建华,陈文祥,栾建国,等. 温度、pH对二种淡水贝类滤水率的影响. 动物学杂志, 2004, 39(6): 2-6.
- [19] Bamber R N. The effects of acidic seawater on young carpet-shell clams *Venerupis decussata* (L.) (Mollusca: Veneracea). J Exp Mar Biol Ecol, 1987, 108: 241-260.
- [20] Bamber R N. The effects of acidic seawater on three species of lamellibranch mollusc. J Exp Mar Biol Ecol, 1990, 143: 181-191.
- [21] Harris J O, Maguire G B, Edwards S J, et al. Effect of pH on growth rate, oxygen consumption rate and histopathology of gill and kidney tissue for juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* Donovan and black lip abalone *Haliotis rubra* Leach. J Shellfish Res, 1999, 18(2): 611-619.
- [22] 陈坚,柯爱英,范景水. 波纹巴非蛤生物学性状及生态习性的初步观察. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 2007, (3): 343-346.
- [23] 徐在宽. 三角帆蚌鳃瓣活力的研究. 水产养殖, 1998, 3: 17-18.
- [24] Hatcher A, Grant J, Schofield B. Effects of suspended mussel culture (*Mytilus* spp.) on sedimentation, benthic respiration and sediment nutrient dynamics in a coastal bay. Mar Ecol Prog Ser, 1994, 115: 219-235.
- [25] Kautsky N, Evans S. Role of biodeposition by *Mytilus edulis* in the circulation of matter and nutrients in a Baltic coastal ecosystem. Mar Biol Pro Ser, 1987, 38: 201-212.
- [26] Grant J, Dowd M, Thompson K, et al. Perspectives on field studies and related biological models of bivalve growth and carrying capacity//Dome R F. Bivalve Filter Feeders and Marine Ecosystem Processes. Berlin: Springer-verlag, 1993: 33, 371-420.