

研究简报

温度、pH 对圆背角无齿蚌滤水率的影响

徐钢春 顾若波 闻海波 华丹 王玉芳

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心,农业部水生动物遗传育种
和养殖生物学重点开放实验室,无锡 214081)

INFLUENCE OF WATER TEMPERATURE AND pH ON FILTRATION RATE OF ANODONTA WOODIANA PACIFICA

XU Gang-Chun, GU Ruo-Bo, WEN Hai-Bo, HUA Dan and WANG Yu-Fang

(Key Open Laboratory for Genetic Breeding of Aquatic Animals and Aquaculture Biology, Ministry of Agriculture,
Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081)

关键词:圆背角无齿蚌;温度;pH;滤水率

Key words: *Anodonta woodiana pacifica*; Temperature; pH; Filtration rate

中图分类号:Q142 文献标识码:A 文章编号:1000-3207(2007)04-0600-04

圆背角无齿蚌 (*Anodonta woodiana pacifica*) 是我国重要的经济贝类,广泛分布于各大水系;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;其肉多壳薄,是优良的动物饵料^[1];在水体生态系统的物质循环和能量流动及水质净化中起着十分重要的作用。

河蚌的用途较广,石岩等^[2]报道了河蚌通过滤食水中的浮游生物和有机碎屑能有效降低 N、P 等营养盐,抑制浮游生物的繁殖,达到治理水体营养化的目的;顾若波等^[3]将圆背角无齿蚌投放在河蟹养殖池中,既作为河蟹的饲料,又净化水质,改善了养殖环境。目前,国内外尚未见对圆背角无齿蚌滤水率的报道。本研究通过温度和 pH 对圆背角无齿蚌滤水率的影响,了解滤食性贝类的摄食机制和规律,为优化养殖结构,建立高效、高产、低成本的混养模式提供理论基础;也为利用圆背角无齿蚌控制水体中的浮游生物量,改善水质,预防水华提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料 实验所用圆背角无齿蚌于 2005 年 3 月采于太湖无锡五里湖段。选取无损伤喷水有力的圆背角无齿蚌,用刷子小心地洗去其表面的污物,在水族箱中暂养 1 周,

连续充气,每日投喂人工培育的普通小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 和四尾栅藻 (*Scenedesmus quadricauda*) 及换水 1 次,水温为 25 左右,pH 为 8.1,实验前 3 天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。

1.2 实验方法

1.2.1 温度和 pH 梯度的设定 温度设置 4 个梯度:15、20、25、30。以 AQUAREX 型控温水族箱调节实验温度,温度的日升降幅度不超过 2,实验所用水 pH 为 8.1。

pH 设 4 个梯度:6、7、8、9。采用 1mol/L 的 NaOH 和 1mol/L 的 HCl 调节水的 pH,并用 EC-pH501 型酸度计测定 pH,实验期间调控各梯度 pH 的变化幅度为 ± 0.1 ,实验所用水温为 25。

当温度、pH 调至各实验梯度时,驯养 3d,期间选用普通小球藻 (*Chlorella vulgaris*) 和四尾栅藻 (*Scenedesmus quadricauda*) 与淤泥(取自养殖池塘表层,在实验室经烘干研磨后,用 30 μ m 筛网过滤,添加量为 0.05g/L) 组成混合饵料,投喂圆背角无齿蚌。大、中、小规格对应的藻类密度 (10^6 个/L) 分别为 6.0、5.0、4.0。日投喂 2 次,换水量 1/3。实验在 60cm \times 40cm \times 25cm 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 μ m 微孔滤膜过滤,实验期间连续充气(保

收稿日期:2005-09-09;修订日期:2006-10-19

基金项目:国家科技部基础性研究(编号:2002DEB10052);江苏省科技攻关项目(编号:BE2003359)资助

作者简介:徐钢春(1979—),男,福建永定人;研究实习生;E-mail:xugc@ffrc.cn

通讯作者:华丹,E-mail:huad@ffrc.cn

证溶氧充足和饵料在水中悬浮均匀)。温度、pH 梯度实验分别按圆背角无齿蚌的规格(湿重)分为 3 组,每个处理设 3 个重复,外加 1 空白对照组,每个水槽圆背角无齿蚌个数分别为大规格 6 个,中规格 9 个,小规格 15 个。实验开始时,向各实验组投喂混合饵料,实验持续 2h,分别测定实验前后水体中悬浮颗粒有机物(POM)的含量。

1.2.2 测定方法 先将 GF/C 玻璃纤维滤纸(孔径为 1.2 μ m)经过 450 灼烧 6h,并标记。取 100mL 的水样,用上述 GF/C 玻璃纤维滤纸抽滤,所滤物在 DHG-9030(A)型鼓风干燥器中 65 先烘 2h,然后在 110 烘干至恒重(W_{110}),再在 450 灼

烧 6h 后,用 Sartorius-BS 224S 型电子天平称重(W_{450})。悬浮颗粒有机物(POM)的计算方法为:

$$POM = W_{110} - W_{450}$$

滤水率(F)是指单位时间的平均滤水率,其计算公式为:

$$F = V \times (\ln(C_0/C_t)) / NT$$

V 为水槽的体积(L),N 为实验圆背角无齿蚌个数, C_0 和 C_t 分别为实验开始和 T 时间实验水体中 POM 的含量。

实验结束后将圆背角无齿蚌取出,用游标卡尺测其壳长、壳宽,用解剖刀把贝壳打开,取软体部于 65 烘干至恒重,称重(表 1)。

表 1 圆背角无齿蚌生物学数据(平均值 \pm 标准误)

Tab. 1 The biology characteristic of *Anodonta woodiana pacifica* (Mean \pm S. E.)

实验组 Groups	壳长(cm) Shell length	壳宽(cm) Shell wide	壳重(g) Shell weight	干肉重(g) Dry weight
A	13.0200 \pm 0.3392	5.4340 \pm 0.2077	64.1648 \pm 5.8427	4.9238 \pm 0.6271
B	10.8283 \pm 0.2298	4.6517 \pm 0.0573	38.0938 \pm 1.2774	2.1243 \pm 0.1539
C	6.7854 \pm 0.2008	3.1984 \pm 0.1182	6.7395 \pm 0.6793	0.5243 \pm 0.0729
D	12.6680 \pm 0.4274	5.4275 \pm 0.1234	53.9478 \pm 1.9529	3.2570 \pm 0.2980
E	10.3013 \pm 0.1599	4.3410 \pm 0.0760	26.7874 \pm 1.5049	1.9237 \pm 0.0930
F	7.1048 \pm 0.1028	3.1788 \pm 0.0960	7.2455 \pm 0.3211	0.5932 \pm 0.0535

注:A、B、C 分别代表温度梯度实验大、中、小 3 种规格;D、E、F 分别代表 pH 梯度实验大、中、小 3 种规格

Note :A, B and C represent the large, medium and small size groups of mussels in the experiments of temperature regime, and D, E and F represent the large, medium and small size groups of mussels in the experiments of pH regime, respectively

2 结果

2.1 温度对圆背角无齿蚌滤水率的影响

由图 1 可知,在 4 个温度梯度上,圆背角无齿蚌的滤水率呈一个明显的峰值变化,在温度 25 时滤水率达到最大值,在同一温度下,随着圆背角无齿蚌软体部干肉重的增大其单位个体的滤水率逐渐升高。方差分析(ANOVA)结果表明: $F_{(温度)} = 111.982 > F_{0.01}(3, 12)$, $F_{(干肉重)} = 65.477 > F_{0.01}(2, 12)$, $F_{(温度 \times 干肉重)} = 2.921 < F_{0.05}(6, 12)$;所以,温度、干肉重对圆背角无齿蚌的滤水率均有极显著影响,而温度和干肉重的交互作用对圆背角无齿蚌滤水率的影响不显著。

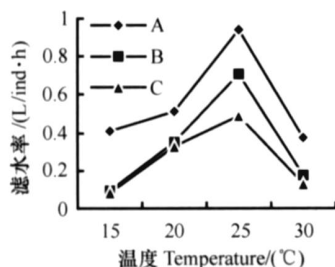


图 1 温度对圆背角无齿蚌滤水率的影响

Fig. 1 The effect of temperature on the filtration rate of

Anodonta woodiana pacifica

A, B, C 组规格分别列于表 1

Mussels size in groups D, E and F are in Tab. 1

温度对圆背角无齿蚌滤水率影响的关系可拟合为:

A 组: $FR = -2.8156 + 0.3124T - 0.0068T^2$ ($F = 13.18$, $df = 5$, $r = 0.860$)

B 组: $FR = -3.6967 + 0.3685T - 0.0079T^2$ ($F = 7.19$, $df = 5$, $r = 0.742$)

C 组: $FR = -2.7335 + 0.2764T - 0.006T^2$ ($F = 19.45$, $df = 5$, $r = 0.886$)

以上关系,经 F 检验均达到显著水平($p < 0.05$)。从拟合的曲线所作的推算来看,A、B、C 组 3 种规格的圆背角无齿蚌滤水率的极值则分别出现在 22.97、23.32、23.03。

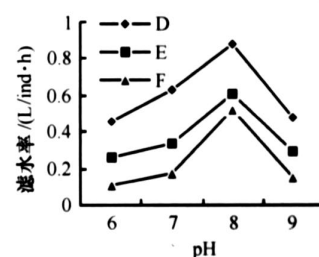


图 2 pH 对圆背角无齿蚌滤水率的影响

Fig. 2 The effect of pH on the filtration rate of

Anodonta woodiana pacifica

D、E、F 组规格分别列于表 1

Mussels size in groups D, E and F are in Tab. 1

2.2 pH对圆背角无齿蚌滤水率的影响

由图2可知,在4个pH梯度上,圆背角无齿蚌的滤水率也呈一个明显的峰值变化,其峰值出现在pH为8时。方差分析(ANOVA)结果表明: $F_{(pH)} = 1150.818 > F_{0.01}(3, 12)$, $F_{(干肉重)} = 74.425 > F_{0.01}(2, 12)$, $F_{(pH \times 干肉重)} = 18.289 > F_{0.01}(6, 12)$;所以,pH、干肉重及温度和干肉重的交互作用对圆背角无齿蚌的滤水率均有极显著影响。

就单位干肉重的滤水率而言,规格小的高于规格大的。圆背角无齿蚌的滤水率 $R(L/ind \cdot h)$ 与软体部干肉重 $W(g)$ 的回归关系可以表示为 $R = aW^b$,在不同pH梯度下拟合的回归方程分别为 $R_{(6)} = 0.1230W^{0.2781}$ ($R^2 = 0.659$)、 $R_{(7)} = 0.2080W^{0.3809}$ ($R^2 = 0.817$)、 $R_{(8)} = 0.4111W^{0.5600}$ ($R^2 = 0.913$)、 $R_{(9)} = 0.1532W^{0.4160}$ ($R^2 = 0.772$)。

2.3 圆背角无齿蚌的滤水率与温度、pH及软体部干肉重的关系

圆背角无齿蚌的滤水率(FR)和温度(T)、pH及软体部干肉重(W)的二元线性回归方程分别是: $FR = 0.230 + 0.07W + 0.008T$ 、 $FR = -0.230 + 0.088W + 0.047(pH)$ 。对两个方程的显著性进行检验,显示: $F_{(FR)} = 4.329 > F_{0.05}(2, 21)$ 、 $F_{(FR)} = 3.794 > F_{0.05}(2, 21)$,回归效果均达显著程度,同时其复相关系数分别是 $r = 0.540$ 、 $r = 0.515$ ($r > r_{0.05}$),说明滤水率分别与温度、pH及软体部干肉重之间有显著的复相关关系。

3 讨论

3.1 温度对圆背角无齿蚌的滤水率的影响

温度是影响贝类生理活动变化的重要环境因子。本研究圆背角无齿蚌的滤水率在一定温度范围呈一个峰值变化,这与其他学者^[4,5]对淡水滤食性贝类的研究结果相似,如彭建华等^[4]研究三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)滤水率的温度区间是15—30,峰值出现在25;许巧情等^[5]研究橄榄蚌(*Solenia oleivora*)的温度区间是15—30,峰值也出现20。而本实验研究圆背角无齿蚌的温度区间为15—30,峰值出现的温度为25。Jorgensen等^[6]在研究偏顶蛤(*Modiolus modiolus*)时认为,滤食性贝类的滤水率在一定温度范围内随温度的升高而加大,一方面温度和贝类鳃上侧纤毛的摆动有正的相关性,温度升高使纤毛的摆动频率加快;另一方面高温可以减小水的黏滞性,从而增加滤水率,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,这样就会降低摄食器官的活力,从而导致滤水率的下降。

与其他贝类相比,圆背角无齿蚌的滤水率孰高孰低,很难下结论。因为贝类的滤水率除种间差异外,还受贝类规格大小、发育阶段等生物学因素和水温、pH、光照、饵料的结构及浓度等环境因子的影响。鉴于本研究的最终目的在于通过养殖滤食性贝类来控制浮游植物的过度繁殖,从而改善水体环境。而对于自然条件下圆背角无齿蚌的温度和pH的适应范围尚未有报道,为此,本研究中所设的温度、pH范围都是以太湖周边养殖区水文资料为依据的。本实验结果表明,

适度放养圆背角无齿蚌,将对浮游植物构成一定的摄食压力,起到改善水质的作用。

3.2 pH对圆背角无齿蚌滤水率的影响

在养殖池塘中,pH是一个波动较大的环境因素。彭建华等^[4]研究三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)滤水率时发现,pH在5—9之间三角帆蚌的滤水率呈一个明显的峰值变化,且在7时达到最大;过高或过低,三角帆蚌均表现出明显的不适应。Bamber^[7]通过对食用牡蛎(*Ostrea edulis*)、长牡蛎(*Crassostrea gigas*)和贻贝(*Mytilus edulis*)的研究发现,pH在7以下时,贝类的贝壳无力而松弛地保持张开状态,进、出水管最大限度地扩张,机体的摄食活力亦明显下降,贝类处于一种近乎麻痹状态,极度不活泼,最终导致贝类壳长的增长率和机体的增重率均下降,死亡率增加,因此认为低的pH对贝类的生理代谢有明显的不良影响。本试验中当pH为8时,圆背角无齿蚌的滤水率达到最大值,pH在7—9范围内,其滤水率呈一个明显的峰值变化,当pH为6时,圆背角无齿蚌分泌的黏液增多,进、出水管最大限度地扩张,因此,作者认为圆背角无齿蚌的最适pH在8左右,过酸或过碱的水体中其生长会受到很大影响,更不能起控制水质的作用。

从本实验结果还可以看出,小规格圆背角无齿蚌对pH的敏感性高于中规格和大规格,这与Bamber^[7]、潘鲁青等^[8]对其他贝类的研究结果一致。徐在宽^[9]在三角帆蚌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。规格小的圆背角无齿蚌的鳃组织比规格大的脆弱在pH变化的情况下更易受损坏,这可能是小规格的圆背角无齿蚌对pH敏感性强的原因,这方面的研究有待于进一步深入。

3.3 软体部干肉重对圆背角无齿蚌滤水率的影响

大多数学者经研究发现,滤食性贝类滤水率与其软体部干肉重均为正相关,即体重越大,个体的滤水率越高^[10-13],并且Powell等^[14]对几十种贝类滤水率的研究表明,双壳类滤水率与软体部干肉重呈幂指数关系,即 $FR = aW^b$,且b一般在0.4—0.6及0.62—0.75之间,本实验的b值范围为0.2781—0.5600,平均值是0.4088,比上述值偏低,这可能与贝类的种类有关。

参考文献:

- [1] Liu Y Y, Zhang W Z, Wang Y X. Economic fauna of China. freshwater mollusk [M]. Beijing: Science Press, 1979, 107—108 [刘月英, 张文珍, 王跃先. 中国经济动物志——淡水软体动物. 北京: 科学出版社, 1979, 107—108]
- [2] Shi Y, Zhang X Q, Fu C Y, et al. A preliminary study on purification of Lake Eutrophication of Zooplankton [J]. *Northeast Water Conservancy and Hydroelectric Power*, 1998, 164(3): 31—33 [石岩, 张喜勤, 伏春艳, 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, 164(3): 31—33]
- [3] Guo R B, Xu G C, Wen H B. Effects of *Anodonta woodiana pacifica* application in healthy culture of *Eriocher sinensis* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2005, 35(2): 31—33 [顾若波, 徐钢春, 闻海波. 圆背角

- 无齿蚌在河蟹健康养殖中的应用效果研究. 淡水渔业, 2005, 35(2):31—33]
- [4] Peng J H, Chen W X, Luan J G, *et al.* The effects of temperature and pH on the filtration rates of two species of freshwater mollusks [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2004, 39(6):2—6 [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]
- [5] Xu Q Q, Liu J, Feng K K. Influence of temperature on clearance rate of *Solenia oleivora* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2005, 12(2):207—210 [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]
- [6] Jorgensen C B, Larsen P S, Rissgard H U. Effects of temperature on the mussel pump [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1990, 64:89—97
- [7] Bamber R N. The effects of acidic seawater on three species of lamelli-branch mollusk [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1990, 143:181—191
- [8] Pan L Q, Fan D P, Dong S L. Influence of environmental factors on the filtration rate of *Sinonovacula constricta* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2002, 26(3):226—230 [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]
- [9] Xu Z K. The study on vitality of gill lamella of *Hyriopsis cumingii* [J]. *J Aquaculture*, 1998, 3:17—19 [徐在宽. 三角帆蚌鳃瓣活力的研究. 水产养殖, 1998, 3:17—19]
- [10] Sun H L, Fang J G, Kuang S H, *et al.* Filtration rate of scallop (*Chmalys farreni*) cultured in simulated natural environment [J]. *Fish Sci China*, 1995, 2(4):16—21 [孙慧玲, 方建光, 匡世焕, 等. 栉孔扇贝 (*Chmalys farreni*) 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]
- [11] Schulte E H. Influence of algae concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis* [J]. *Mar Bio*, 1975, 30:331—341
- [12] 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 [J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 1995, 52:1761—1767
- [13] Doering P H, Oviatt C A. Application of filtration rate models to field population bivalves: an assessment using experimental mesocosms [J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1986, 31:265—275
- [14] Pbwell E N. Modeling oyster population I: A commentary on filtration rate is faster always better [J]. *Journal of Shellfish Research*, 1992, 2(11):387—398