

文章编号:1000 - 0615(2002)03 - 0226 - 05

## 环境因子对缢蛏滤水率的影响

潘鲁青, 范德朋, 马 牲, 董双林

(青岛海洋大学海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003)

**摘要:** 采用实验生态学方法研究环境因子对缢蛏 (*Sinonovacula constricta*) 滤水率的影响规律。结果表明: 温度、盐度和 pH 对缢蛏的滤水率有极显著影响 ( $F > F_{0.01}$ )。当温度、pH 值分别在 15~30 和 6~9 时, 缢蛏的滤水率呈一个峰值变化, 当温度为 20、pH 值为 8 时, 其滤水率分别达到最大值; 当盐度在 6~30 时, 随着盐度的增大缢蛏的滤水率亦逐渐增高。

**关键词:** 缢蛏; 温度; 盐度; pH 值; 滤水率

**中图分类号:** S917.4      **文献标识码:** A

### Influence of environmental factors on the filtration rate of *Sinonovacula constricta*

PAN Lu-qing, FAN De-peng, MA Shen, DONG Shuang-lin

(The Key Laboratory of Mariculture Certificated by the Ministry of Education,  
Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003, China)

**Abstract:** The effects of environmental factors on the filtration rate of the constricted tagelus (*Sinonovacula constricta*) were studied in laboratory. The results showed that the water temperature, salinity and pH had distinct effects on the filtration rate of the constricted tagelus. The maximum filtration rate appeared at temperature 20. The filtration rate increased with the increase of salinity in the range of 6~30. It increased with the increase of pH value in the range of 6~8, and decreased at 9. The maximum appeared at pH 8.

**Key words:** *Sinonovacula constricta*; temperature; salinity; pH value; filtration rate

缢蛏 (*Sinonovacula constricta*) 是我国重要的经济贝类, 营滤食性埋栖生活, 主要通过滤水作用摄食水中的浮游生物和有机碎屑, 目前缢蛏与对虾混养已成为沿海池塘较为理想的综合养殖模式。国外关于贝类滤水率的研究很多, 如 Schulte<sup>[1]</sup>和 Bougrier 等<sup>[2]</sup>分别研究了温度对贻贝 (*Mytilus edulis*) 及长牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 滤水率的影响规律, Jørgensen<sup>[3,4]</sup>对多种贝类滤水率及其摄食机制的研究, 而国内在这方面的研究较少<sup>[5-7]</sup>, 而有关缢蛏滤水率的研究尚未见报道。本文主要研究温度、盐度和 pH 值对缢蛏滤水率的影响, 探讨缢蛏的摄食机制和规律, 为缢蛏的养殖生产提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

实验所用缢蛏于 2000 年 9 月购于青岛市南山水产品市场。选取活泼无损伤个体, 用刷子小心地洗

收稿日期: 2001-12-13

资助项目: 国家重点基础研究项目资助 (G1999012011)

作者简介: 潘鲁青 (1966-), 男, 山东青岛人, 博士研究生, 副教授, 主要从事水产动物养殖学的研究。Tel: 0532 - 2032963, E-mail: panlq@ouqd.edu.cn

去其表面的污物,在水槽中暂养 1 周,连续充气,每日投喂单细胞藻类及换水 1 次,海水温度为 20 左右,盐度为 30,pH 为 8.1,实验前 3d 移入经脱脂棉过滤的海水中,停止投饵,暂养备用。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 温度、盐度和 pH 梯度的设定

温度设置 4 个梯度:15、20、25、30,以 WMZK-01 型温度指示控制仪及冰块控制水浴的温度,温度的日升降幅度不超过 2,实验所用海水盐度为 30,pH 为 8.1。

盐度设为 4 个梯度:6、14、22、30,采用向盐度为 30 的海水中添加淡水来调节盐度,日调节盐度值为 5;实验所用海水温度为 20 左右,pH 为 8.4。

pH 设为 4 个梯度:6、7、8、9,采用  $1\text{mol L}^{-1}$  的 NaOH 和  $1\text{mol L}^{-1}$  的 HCl 调节海水的 pH 值,并用酸度计测定 pH 值,实验期间调控各梯度 pH 值的变化幅度为  $\pm 0.2$ 。实验所用海水温度为 20 左右,盐度为 30。

当温度、盐度和 pH 调至各实验梯度时,驯化养殖 3d,期间选用湛江等鞭藻 (*Isochrysis zhanjiangensis*) 与淤泥(取自海区滩涂表面 5mm 以上部分,在实验室经烘干研磨后,用  $30\ \mu\text{m}$  筛网过滤,添加量为  $0.05\text{g L}^{-1}$ ) 组成混合饵料,投喂缢蛏,对应缢蛏的小、中、大规格,藻类密度 ( $10^7$  个  $\text{L}^{-1}$ ) 分别为 3.2、5.0、6.4,日投喂 2 次,换水量为 1/3,并加入相应各梯度的海水。实验在  $22\text{cm} \times 15\text{cm} \times 28\text{cm}$  的玻璃水槽内进行(温度实验将水槽置于水浴中),所用海水经  $0.45\ \mu\text{m}$  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、盐度和 pH 各梯度实验分别按缢蛏的规格(壳长)分为 3 组,每个处理设 3 个重复,每个水槽中缢蛏个数分别为小规格组 6 个,中规格组 4 个,大规格组 2 个,外加一空白对照组。实验开始时,向各试验组投喂混合饵料,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  $1.2\ \mu\text{m}$ ) 经过  $450^\circ\text{C}$  灼烧 6h,并标记。取一定体积的水样,用经上述 GF/c 玻璃纤维滤纸抽滤,所滤物用  $0.5\text{mol L}^{-1}$  的甲酸铵(约 10mL)漂洗掉盐分,然后在  $110^\circ\text{C}$  烘干至恒重 ( $W_{110}$ ),再在  $450^\circ\text{C}$  灼烧 6h 后,以 SARTORIUS-BS 110S 电子天平称重 ( $W_{450}$ )。悬浮颗粒有机物(POM)的计算方法为:

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

所测滤水率 ( $F$ ) 是指单位时间的平均滤水率,其计算公式为:

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

$V$  为水族箱的体积 ( $L$ ),  $N$  为实验缢蛏个数,  $C_0$  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,取样、固定、定量。将缢蛏取出,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  $65^\circ\text{C}$  下烘干至恒重,称重。

## 2 实验结果

### 2.1 温度对缢蛏滤水率的影响

#### 2.1.1 缢蛏的生物学数据

由图 1 可知,当温度在 15~30 之间时,缢蛏的滤水率呈一个峰值变化,在温度为 20 时滤水率达到最大值。方差分析(ANOVA)表明温度对缢蛏的滤水率有明显的影响, $F$  检验的结果显示影响是极显著的 ( $F > F_{0.01}$ )。

表 1 缢蛏生物学数据

Tab.1 The biology data of *S. constricta*

实验组 groups	壳长(cm) shell length	干肉重(g) dry weight	壳重(g) shell weight	肥满度 <i>F</i>
A	3.916 7 ±0.265 8	0.211 8 ±0.062 6	0.972 3 ±0.145 8	0.217 8
B	5.382 8 ±0.237 4	0.463 7 ±0.044 8	2.236 8 ±0.288 0	0.207 3
C	6.249 2 ±0.475 3	2.026 5 ±0.268 4	3.986 9 ±0.723 8	0.508 3

2.2 盐度对缢蛏滤水率的影响

2.2.1 缢蛏的生物学数据

表 2 缢蛏的生物学数据

Tab.2 The biology data of *S. constricta*

实验组 groups	壳长(cm) shell length	干肉重(g) dry weight	壳重(g) shell weight	肥满度 <i>F</i>
D	3.776 6 ±0.216 2	0.216 3 ±0.055 2	0.954 2 ±0.097 9	0.226 7
E	5.238 5 ±0.144 7	0.469 1 ±0.040 4	2.334 0 ±0.212 7	0.201 0
F	6.227 2 ±0.451 7	1.952 1 ±0.140 2	3.871 0 ±0.499 8	0.504 2

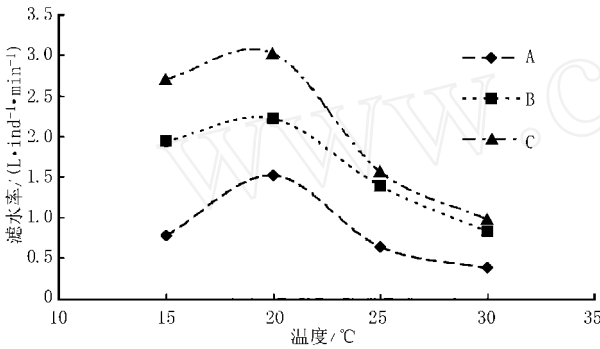


图 1 温度对缢蛏滤水率的影响

Fig.1 The effect of temperature on the filtration rate of *S. constricta*

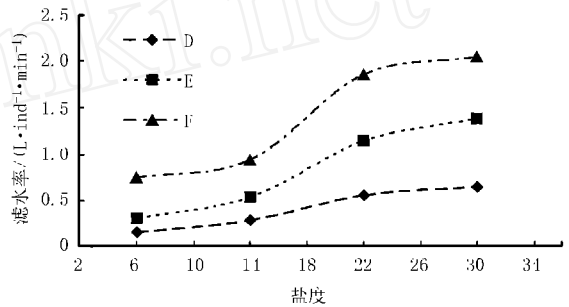


图 2 盐度对缢蛏滤水率的影响

Fig.2 The effect of salinity on the filtration rate of *S. constricta*

由图 2 可知:当盐度在 6~30 范围内,盐度的增加使缢蛏的滤水率逐渐升高,而且在 14~22 之间时,其滤水率变化趋势较大。变量分析(ANOVA)表明:盐度对缢蛏的滤水率有明显影响,*F* 检验结果显示,影响是极显著的( $F > F_{0.01}$ )。

2.2 pH 对缢蛏滤水率的影响

2.2.1 缢蛏的生物学数据

由图 3 可知:当 pH 值在 6~9 之间时,缢蛏的滤水率呈一个峰值变化,在 pH 值为 8 时达到最大值。变量分析(ANOVA)表明:pH 值对缢蛏的滤水率影响明显,*F* 检验的结果显示,影响是极显著的( $F > F_{0.01}$ )。

表 3 缢蛏生物学数据

Tab.3 The biology data of *S. constricta*

实验组 groups	壳长(cm) shell length	干肉重(g) dry weight	壳重(g) shell weight	肥满度 <i>F</i>
G	3.776 6 ±0.216 2	0.216 3 ±0.055 2	0.954 2 ±0.097 9	0.226 7
H	5.238 5 ±0.144 7	0.469 1 ±0.040 4	2.334 0 ±0.212 7	0.201 0
I	6.227 2 ±0.451 7	1.952 1 ±0.140 2	3.871 0 ±0.499 8	0.504 2

### 3 讨论

#### 3.1 温度对缢蛏滤水率的影响

温度是影响贝类生理活动变化的重要环境因子。本研究中缢蛏的滤水率在一定温度范围呈一个峰值变化,这与其他学者<sup>[1,4,7,8]</sup>对滤食性贝类的研究结果类似。许多研究结果表明滤食性贝类的滤水率存在一个温度区间,在此区间内贝类的滤水率随水温变化幅度很小,并且最大滤水率亦出现在此区间的某一温度上,如 Schulte<sup>[1]</sup>研究贻贝 (*Mytilus edulis*) 滤水率的温度区间是 15 ~ 25 ,David 等<sup>[9]</sup>研究 *Dreissena polymorpha* 的为 20 ~ 24 。本研究在温度 18 ~ 22 区间内缢蛏的滤水率变化不大,其最大滤水率出现的温度为 20 。

Jørgensen 等<sup>[10]</sup>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海水的粘滞性,从而增加滤水率。作者认为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,就会降低摄食器官的活力,从而导致滤水率的下降。

#### 3.2 盐度对缢蛏滤水率的影响

盐度是决定海洋贝类分布和影响其生理代谢的重要环境因子之一。本研究中盐度在 22 ~ 30 之间时,缢蛏的滤水率变化不大,盐度低于 22,其滤水率明显下降,这一结果与 Navarro<sup>[11]</sup>对 *Choromytilus chorus*、Palmer<sup>[12]</sup>等对 *Argopecten irradians concentricus* 和美洲牡蛎 (*Crassostrea virginica*) 以及袁有宪等<sup>[13]</sup>对栉孔扇贝 (*Chlamys ferrerii*) 的研究结果一致,这表明低盐度能明显降低贝类的滤水率,进而导致其摄食能力的下降。Navarro<sup>[11]</sup>研究表明当盐度在 15 ~ 18 之间变动时, *Choromytilus chorus* 会部分或全部关闭贝壳;据 Shumway<sup>[14]</sup>报道,当外界盐度达到 20.1 时, *Modiolus demissus* 出现贝壳关闭现象;Davenport<sup>[15]</sup>发现在低盐环境中贻贝 (*Mytilus edulis*) 的进、出水管全部关闭。本实验中盐度为 6 时,部分缢蛏的进出水管亦出现关闭现象。作者认为低盐环境使贝类体内的渗透压发生改变,进而导致贝类关闭进、出水管或贝壳,使机体与低盐环境相隔离,从而保护机体免受低盐的伤害,这是贝类长期适应自然生活环境而产生的一种生理性保护反应,而进、出水管或贝壳的关闭则降低了贝类与外界的水流交换能力,引起贝类摄食活力的下降。Widows<sup>[16]</sup>在研究贻贝和 Navarro<sup>[11]</sup>研究 *Choromytilus chorus* 的结果均表明在低盐环境中不仅降低了贝类摄食活力,同时还加大了贝类的新陈代谢水平,最终导致贝类生长率的明显下降。

Navarro 等<sup>[17]</sup>在研究盐度对 *Argopecten purpuratus* 的影响规律,并结合 Shumway<sup>[14]</sup>对 *Chlamys opercularis* 的研究结果后认为,扇贝 (*Pecten* sp.) 与其它贝类如牡蛎 (*Ostrea* sp.)、贻贝 (*Mytilus* sp.)、蛤仔 (*Ruditapes* sp.) 等相比较,由于其不能紧密关闭贝壳,无法有效的将机体与低盐环境相隔离,其在低盐环境中受到的伤害程度较大,这说明贝类对低盐的耐受能力不仅取决于其生理调节机制,而且还与贝壳的关闭结构有关。本文研究的缢蛏亦属于不能紧密关闭贝壳的种类,但在实验盐度范围内滤水率的变化幅度相对较小,这说明缢蛏是一种广盐,且偏低盐环境的贝类。

#### 3.3 pH 对缢蛏滤水率的影响

在养殖池塘中,pH 是一个波动较大的环境因素。Bamber<sup>[18,19]</sup>通过对食用牡蛎 (*Ostrea edulis*)、长牡蛎、贻贝和 *Venerupis decussata* 的研究发现,pH 在 7 以下时,贝类的贝壳无力而松弛的保持张开状态,进、

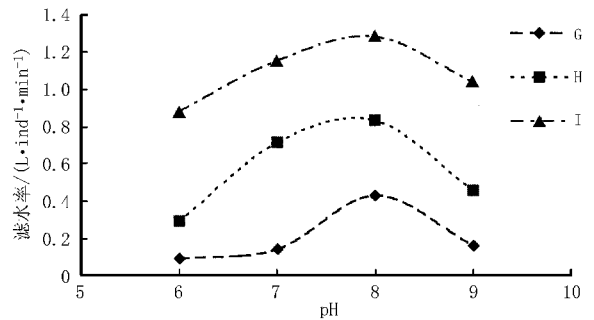


图3 pH 值对缢蛏滤水率的影响

Fig. 3 The effect of pH on the filtration rate of *S. constricta*

出水管最大限度的扩张,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利影响。据 Harris<sup>[20]</sup>报道绿唇鲍 (*Haliotis laevigata*) 在 pH 为 7.39 时、黑唇鲍 (*Haliotis rubra*) 在 pH 为 7.37 和 pH 为 9.02 时,它们的生长率均下降 50%。本试验中当 pH 为 8 时,缢蛏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,在过高或过低的 pH 下,缢蛏均表现出不适应性,作者认为缢蛏的最适 pH 值在 8 左右。同时从本实验还可以看出,小规格缢蛏对海水 pH 的敏感性高于中规格和大规格,这与 Bamber<sup>[18,19]</sup>、袁有宪等<sup>[13]</sup>对其它贝类的研究结果一致。

### 参考文献:

- [ 1 ] Schulte E H. Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis*[J]. Mar Bio, 1975, 30: 331 - 341.
- [ 2 ] Bougrier S, Geairon P, Deslous-Paoli J M, et al. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg) [J]. Aquac, 1995, 134:143 - 154.
- [ 3 ] Jørgensen C B, Famme P, Kristensen H S, et al. The bivalve pump[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1986, 34: 69 - 77.
- [ 4 ] Jørgensen C B, Larsen P S, Møhlenberg F, et al. The mussel pump: properties and modeling[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1988, 45: 205 - 216.
- [ 5 ] Sun H L, Fang J G, Kuang S H, et al. Filtration rate of scallop (*Chlamys farrieri*) cultured in simulated natural environment[J]. J Fish Sci China, 1995, 2 (4): 16 - 21. [孙慧玲,方建光,匡世焕,等. 栉孔扇贝 (*Chlamys farrieri*) 在模拟自然水环境中滤水率的测定[J]. 中国水产科学, 1995, 2(4): 16 - 21.]
- [ 6 ] Kuang S H, Fang J G, Sun H L, et al. Seasonal variation of filtration rate and assimilation efficiency of scallop *Chlamys farrieri* in Sanggou Bay [J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1996, 27 (2): 194 - 199. [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.]
- [ 7 ] Yang X X, Lin X T, Ji X L, et al. The effects of light intensity, temperature and salinity on the filtration rate *Perna viridis*[J]. Marine science, 2000, 24 (6): 36 - 39. [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(6): 36 - 39.]
- [ 8 ] Yuan Y X, Qu K M, Chen J F, et al. Adaptability of *Chlamys farrieri* to environment-effects of temperature on survival, respiration ingestion and digestion[J]. J Fish Sci China, 2000, 7(3): 24 - 27. [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[J]. 中国水产科学, 2000, 7(3): 24 - 27.]
- [ 9 ] David W, Aldridge, Barry S, et al. Oxygen consumption, nitrogenous excretion, and filtration rates of *Dreissena polymorpha* at acclimation temperatures between 20 and 32 [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1995, 52: 1 761 - 1 767.
- [ 10 ] Jørgensen C B, Larsen P S, Riisgard H U. Effects of temperature on the mussel pump[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1990, 64: 89 - 97.
- [ 11 ] Navarro J M. The effects of salinity on the physiological ecology of *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia: Mytilidae) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1988, 122: 19 - 33.
- [ 12 ] Palmer M E. Behavioral and rhythmic aspects of filtration, *Asgopecten irradians concentricus* (Say), and the oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1980, 45, 273 - 295.
- [ 13 ] Yuan Y X, Qu K M, Chen J F, et al. Study on adaptability of scallop *Chlamys farrieri* to environment-effects of salinity and pH on survival, respiration, ingestion and digestion[J]. J Fish Sci China, 2001, 7 (4): 73 - 77. [袁有宪,曲克明,陈聚法,等. 栉孔扇贝对环境变化适应性研究—盐度、pH 对存活、呼吸、摄食及消化的影响[J]. 中国水产科学, 2001, 7(4): 73 - 77.]
- [ 14 ] Shumway S E. Oxygen consumption in oysters: an overview[J]. Mar Biol Lett, 1982, 3:1 - 23.
- [ 15 ] Davenport J, Fletcher J S. The effects of simulated estuarine mantle cavity conditions upon the activity of the frontal gill of *Mytilus edulis*[J]. J Mar Biol Ass U. K, 1978, 58: 671 - 681.
- [ 16 ] Widows J. The effects of fluctuating and abrupt changes in salinity on the performance of *Mytilus edulis* [A]. In: Marine Biology of Polar Regions and Effects of Stress on Marines Organism[M] (edited by Gray J S, Christiansen M E). Wiley-Interscience, 1985, 555 - 566.
- [ 17 ] Navarro J M, Gonzalez C M. Physiological responses of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities[J]. Aquac, 1998, 167: 315 - 327.
- [ 18 ] Bamber R N. The effects of acidic seawater on young carpet - shell clams *Venerupis decussata* (L.) (Mollusca: Veneracea) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1987, 108: 241 - 260.
- [ 19 ] Bamber R N. The effects of acidic seawater on three species of lamellibranch mollusk[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1990, 143: 181 - 191.
- [ 20 ] Harris J O. Effect of pH on growth rate, oxygen consumption rate, and histopathology of gill and kidney tissue for juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevigata* Donovan and blacklip abalone, *Haliotis rubra* Leach[J]. J Shellfish Res, 1999, 18(2): 611 - 619.