

# 盐度、pH 对文蛤(*Meretrix meretrix*)滤水率和摄食率的影响

杨杰青<sup>1,2</sup> 蒋 玫<sup>1</sup> 李 磊<sup>1</sup> 董 冉<sup>1,2</sup> 许高鹏<sup>1,2</sup> 沈新强<sup>1①</sup>

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所 上海 200090; 2. 上海海洋大学海洋科学学院 上海 201306)

**摘要** 采用静态法,以文蛤(*Meretrix meretrix*)为受试生物,研究了不同盐度(16、18、20、22 和 24)和 pH(6.7、7.7、8.7、9.7 和 10.7)对文蛤滤水率和摄食率的影响。结果显示,在 16–24 盐度范围内,文蛤滤水率和摄食率随盐度增加均呈先升后降的变化趋势,盐度为 20 组(对照组)文蛤的滤水率和摄食率均为最大值,分别为 1.51 L/g·h、6.65 mgPOM/g·h,显著高于盐度为 16、18、22、24 实验组( $P<0.05$ ),推测文蛤最适生长盐度范围为 20 左右。pH 在 6.7–10.7 范围内,文蛤滤水率和摄食率均随 pH 增加呈先升后降的变化趋势,pH=8.7(对照组)文蛤的滤水率和摄食率均为最大值,分别为 1.04 L/g·h、11.91 mgPOM/g·h,显著高于 6.7、9.7、10.7 实验组( $P<0.05$ ),而与 pH=7.7 实验组差异并不显著( $P>0.05$ ),推测文蛤最适生长 pH 范围为 7.7–8.7。研究结果可为文蛤池塘健康养殖提供参考。

**关键词** 文蛤; 盐度; pH; 滤水率; 摄食率

**中图分类号** S966.9 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)06-0087-07

文蛤(*Meretrix meretrix*)广泛分布于我国沿海地带,是一种重要的经济型贝类,隶属于软体动物门(Mollusca)、双壳纲(Bivalvia)、真瓣鳃目(Eulamellibranchia)、帘蛤科(Verberidae)、文蛤属(*Meretrix*)(王如才等,2008;赵莎莎等,2014)。盐度、pH 作为生态系统中重要的环境因子,决定滤食性贝类的生存与分布(栗志民等,2011)。随着贝类养殖的不断发展,渔民一味追求高产量,向池塘大量投加饵料、抗生素、消毒剂等,且连年的养殖忽略了对池塘残饵、药物及排泄物的清理,出现了底质和水体的退化现象(谢骏等,2005;邓来福等,2013)。再加上池塘养殖过程中,进行底质消毒而投入大量漂白粉,池塘间隙性的进出水或连续暴雨灾害天气的发生,造成了池塘水体盐度偏低、pH 过高等异常现象。

滤水率(Filtration rate)作为单位时间内滤食性贝类所过滤水的总体积,是反映贝类生理状态的一项重要指标,在贝类摄食行为和能量学研究中具有十分重

要的作用,可作为评估海区养殖容量的重要参数,对指导养殖生产具有重要意义(董波等,1999)。滤水率受生物因素(贝类规格、饵料浓度等)和环境因素(温度、盐度、pH 等)影响较大,其中,温度、盐度、pH 等是影响贝类滤水率的最重要因素。目前,国内外有关温度、盐度、pH 对滤食性贝类摄食生理的研究主要集中在贻贝(*Mytilus edulis*)(Schulte, 1975; Newell et al, 2001)、栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)(王俊等,2001;杜美荣等,2009)、牡蛎(*Ostrea gigas*)(王芳等,2000; Barillé et al, 1993; Bougrier et al, 1995)等,而有关盐度和 pH 对文蛤摄食生理的研究则鲜有报道。

本实验采用静态法研究了盐度、pH 对文蛤滤水率和摄食率的影响,通过探讨文蛤摄食生理活动的变化特点,旨在探明不同盐度和 pH 条件下文蛤的代谢状况、文蛤生长的最适盐度和 pH 范围,为环境因子突变状况下文蛤池塘健康养殖提供科学参考,同时为贝类养殖容量、生态生理学和能量学积累基础数据。

\* 国家现代农业产业技术体系建设项目(CARS-48)资助。杨杰青, E-mail: 513118751@qq.com

① 通讯作者: 沈新强, 研究员, E-mail: xinjiang\_shen@hotmail.com

收稿日期: 2015-08-13, 收修改稿日期: 2015-09-14

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源及驯养

实验所用文蛤取自江苏省南通市启东某池塘,选择个体大小相近、外表完好、健康活泼的文蛤 100 只,所取文蛤的平均规格为:壳长(3.0±0.7) cm、壳宽(3.0±0.5) cm、全重(8.00±1.70) g、鲜肉重(3.50±1.00) g。实验前逐一清除文蛤表面附着的生物以及污物,然后将文蛤放养至经消毒后的水泥池(长 2 m,宽 2 m,高 1.5 m)内驯养 7 d,驯养期间,所用海水均为经沉淀、砂滤、筛绢网过滤后的池塘海水,海水 pH 为 8.7、盐度为 20、温度控制在 18–19℃ 范围内,每日喂食小球藻(*Chlorella vulgaris*)且 100%换水 1 次。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 盐度实验** 针对池塘养殖过程中可能出现的雨水天气导致盐度偏低的突发状况,依据曹伏君等(2009)、范建勋(2010)<sup>1)</sup>研究结果,盐度实验依次设置 16、18、20、22 和 24 共 5 个盐度梯度。盐度实验于 5 个 10 L 玻璃缸内分别采用经曝气的自来水和粗盐调节天然海水得到所需的盐度值,每天升降盐度不超过 1,达到设定盐度后,各玻璃缸内放入 20 只文蛤稳定 3 d 后开始实验。每一盐度实验组设置 3 个平行组,其中,对照组盐度为 20,实验容器为 2 L 的龙头瓶,每个平行组各放 2 只文蛤,盐度组实验所用海水保持原有 pH 为 8.7,海水温度保持在 18–19℃ 范围内,实验在室内自然光照条件下进行。

**1.2.2 pH 实验** 针对池塘养殖过程中,底质消毒投放大量漂白粉导致 pH 过高的突发状况,同时依据曹伏君等(2009)、谭学群等(2005)研究结果,pH 实验组设置 6.7、7.7、8.7、9.7 和 10.7 共 5 个浓度梯度。pH 实验于 5 个 10 L 玻璃缸内,分别采用 1 mol/L NaOH 和 1 mol/L HCl 调节过滤后天然海水的 pH 值,并用 pH 计(HANNA HI98127 型)进行校准。各梯度 pH 变化幅度为±0.2,每天升降 pH 不超过 1,达到设定 pH 后,各玻璃缸内放入 20 只文蛤稳定 3 d 后开始实验,每一个 pH 实验组设置 3 个平行组,其中对照组 pH 为 8.7,实验容器为 2 L 的龙头瓶,每个平行组各放 2 只文蛤,pH 实验组所用海水保持原有盐度为 20,海水温度保持在 18–19℃ 范围内,实验在室内自然光照条件下进行。

**1.2.3 测定方法** 滤水率和摄食率实验时间为 2 h,

实验开始前,各平行组分别取 1 L 海水用玻璃纤维滤膜(Whatman GF/C,孔径 0.45 μm)进行抽滤,并计算悬浮颗粒物 TPM(Total Particulate Matter)和颗粒有机物 POM(Particulate Organic Matter)浓度。实验于龙头瓶中进行,每小组实验用水为 2 L,各放置 2 只文蛤,迅速用封口膜封住瓶口与龙头嘴。实验结束后再次取 1 L 海水进行抽滤,并计算 TPM 和 POM,取出文蛤测定全重、鲜肉重,然后取其软组织部和贝壳放入 65℃ 烘箱内烘干并称其干重。称重采用梅特勒 AR2140 的电子天平进行(精确到 0.01 g)。

滤水率(CR)测定:双壳贝类的滤水率是指单位时间内贝体对水的过滤量,本实验采用静水系统法(Coughlan *et al.*, 1964)方法,计算公式为:

$$CR = [V/(W \times t)] \times \ln(C_0/C_t)$$

式中,  $V$  为实验所用水体积(L),  $W$  为实验材料的组织干重(g),  $t$  为实验持续时间(h),  $C_0$ 、 $C_t$  分别代表实验开始和实验结束时的饵料浓度  $C_{POM}$  (mol/L)。

摄食率(IR)的测定:用 Jorgensen 等(1990)提出的公式计算文蛤的摄食率:

$$IR = V \times (C_0 - C_t) / (W \times t)$$

式中,  $V$  为实验所用水体积(L),  $W$  为实验材料的组织干重(g),  $t$  为实验持续时间(h),  $C_0$ 、 $C_t$  分别代表实验开始和实验结束时的饵料浓度  $C_{POM}$  (mol/L)。

TPM 和 POM 测定(栗志民等, 2011; 唐保军, 2005<sup>2)</sup>): 首先把玻璃纤维滤膜(Whatman GF/C,孔径 0.45 μm)用蒸馏水清洗后在 450℃ 马弗炉内灼烧 6 h,称重( $W_0$ ),再用此玻璃纤维滤膜抽滤 1 L 水样,用甲酸氨溶液(0.5 mol/L)充分漂洗,去除滤膜上遗留的海水盐分,然后在 65℃ 烘箱内烘干 48 h,称重( $W_1$ )后再在 450℃ 的马弗炉内灼烧 6 h,再称重( $W_2$ )。单位水体中悬浮颗粒物浓度  $C_{TPM}$ 、有机物浓度  $C_{POM}$  分别为:

$$C_{TPM} (\text{mg/L}) = W_1 - W_0$$

$$C_{POM} (\text{mg/L}) = W_1 - W_2$$

### 1.3 数据处理

所得数据以平均值±标准差(Mean±SD)表示,采用  $t$  检验法统计分析,显著水平设为 0.05,利用 Excel 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐度对文蛤滤水率和摄食率的影响

实验结束时,文蛤生物质量数据见表 1,其中,

1) 范建勋. 文蛤能量代谢的研究. 宁波大学硕士研究生学位论文, 2010, 1–26

2) 唐保军. 环境因子和饵料对文蛤能量收支与幼虫生长发育的影响. 中国科学院研究生院(海洋研究所)硕士研究生学位论文, 2005, 29–33

表 1 盐度实验结束时文蛤生物质量数据  
Tab.1 Biological data of *M. meretrix* after salinity experiment

盐度 Salinity	组别 Groups	全重(1 只, g) Total weight	干壳重(1 只, g) Dry shell weight	干肉重(2 只, g) Dry meat weight
16	1	9.60	8.15	0.51
		8.99	7.55	
	2	8.38	5.61	0.56
		7.53	5.01	
	3	7.12	4.56	0.49
		8.58	5.85	
18	1	8.55	5.04	0.52
		8.07	4.99	
	2	7.99	5.02	0.56
		8.86	5.47	
	3	7.85	5.57	0.45
		7.44	4.91	
20	1	8.10	5.75	0.40
		7.43	5.61	
	2	7.52	5.45	0.40
		8.26	6.17	
	3	7.35	4.88	0.38
		8.26	5.94	
22	1	8.58	5.42	0.66
		9.67	5.83	
	2	8.11	5.29	0.52
		7.84	5.67	
	3	8.84	5.63	0.70
		10.45	6.82	
24	1	9.29	6.15	0.49
		7.56	5.66	
	2	8.09	5.25	0.43
		8.24	5.59	
	3	10.66	7.34	0.64
		10.09	7.26	

全重(1 只)为(8.44±2.22) g,干壳重(1 只)为(5.78±2.37) g,干肉重(2 只)为(0.51±0.19) g。

文蛤滤水率随盐度增加呈先升后降的变化趋势(图 1), 盐度为 20 的对照组滤水率显著高于盐度 16、18、22 和 24 浓度组( $P<0.05$ )。当盐度为 16 时, 滤水率具有最小值, 为 0.26 L/g·h; 盐度在 16-20 之间, 滤水率随盐度增加持续上升; 盐度 20 的对照组具有最大值, 为 1.51 L/g·h; 当盐度大于 20 时, 滤水率开始下降; 盐度为 22 时, 小幅下降。

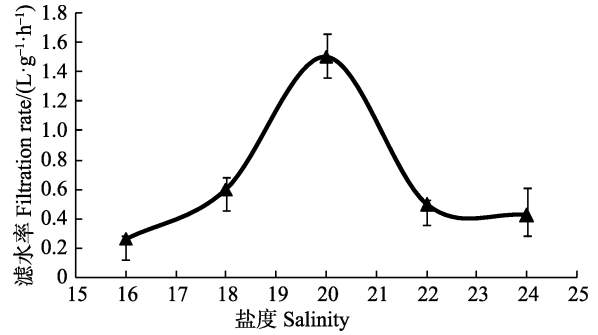


图 1 盐度对文蛤滤水率的影响  
Fig.1 Effects of salinity on the filtration rate of *M. meretrix*

文蛤摄食率随盐度增加呈先上升后下降的变化趋势(图 2), 且盐度为 20 的对照组摄食率显著高于盐度 16、18、22 和 24 浓度组( $P<0.05$ )。当盐度为 16 时, 摄食率具有最小值, 为 2.56 mgPOM/g·h; 盐度在 16-20 之间, 随盐度增加摄食率持续上升; 盐度为 20 的对照组具有最大值, 为 6.65 mgPOM/g·h; 盐度大于 20 时, 摄食率呈下降趋势。

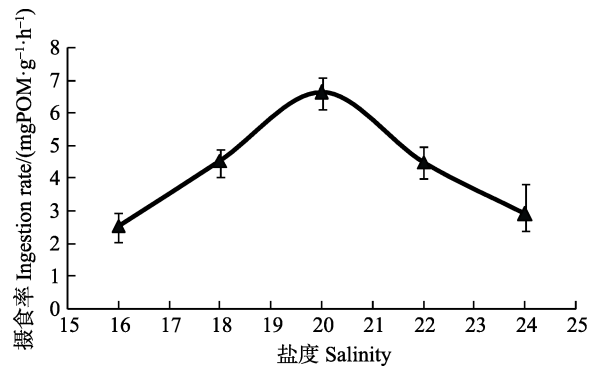


图 2 盐度对文蛤摄食率的影响  
Fig.2 Effects of salinity on the ingestion rate of *M. meretrix*

## 2.2 pH 对文蛤滤水率和摄食率的影响

pH 实验组结束时, 文蛤的生物质量数据见表 2, 其中, 全重(1 只)为(7.76±4.35) g, 干壳重(1 只)为(5.14±2.90) g, 干肉重(2 只)为(0.44±0.12) g。

实验设定 pH 范围内, 文蛤滤水率随 pH 增加呈先升后降的变化趋势(图 3), pH 为 8.7 的对照组与 7.7 浓度组差异不显著( $P>0.05$ ), 而 pH 为 8.7 的对照组与 6.7、9.7 和 10.7 浓度组差异显著( $P<0.05$ )。pH 为 6.7 时, 滤水率具有最小值, 为 0.44 L/g·h; pH 在 6.7-8.7 之间, 随着 pH 增加滤水率持续上升; pH 为 8.7 的对照度具有最大值, 为 1.0 L/g·h; pH 在 8.7-10.7 之间, 滤水率随 pH 增加呈下降趋势。

文蛤摄食率在实验 pH 范围内变化趋势如图 4 所示, 随着 pH 的增加摄食率呈先升后降的变化趋势, pH 为 8.7 的对照组与 7.7 浓度组差异不显著( $P>0.05$ ),

表 2 pH 实验结束时文蛤生物质量数据

Tab.2 Biological data of *M. meretrix* after pH experiment

pH	组别 Group	全重(1只, g) Total weight	干壳重(1只, g) Dry shell weight	干肉重(2只, g) Dry meat weight
6.7	1	8.39	5.42	0.44
		7.97	4.99	
	2	9.34	6.19	0.41
		6.42	4.50	
	3	7.49	4.71	0.38
		7.00	5.27	
7.7	1	7.57	5.11	0.47
		7.39	4.76	
	2	8.19	5.18	0.44
		6.70	4.54	
	3	7.93	5.16	0.48
		7.17	4.98	
8.7	1	8.10	5.74	0.40
		7.43	5.61	
	2	7.52	5.45	0.40
		8.26	6.17	
	3	7.35	4.87	0.38
		8.19	5.94	
9.7	1	8.27	5.09	0.46
		6.47	4.38	
	2	8.10	5.32	0.41
		7.12	4.86	
	3	7.90	5.08	0.47
		5.70	3.80	
10.7	1	12.11	8.04	0.56
		8.06	5.53	
	2	7.21	4.78	0.40
		7.25	4.78	
	3	9.09	3.24	0.49
		7.08	4.69	

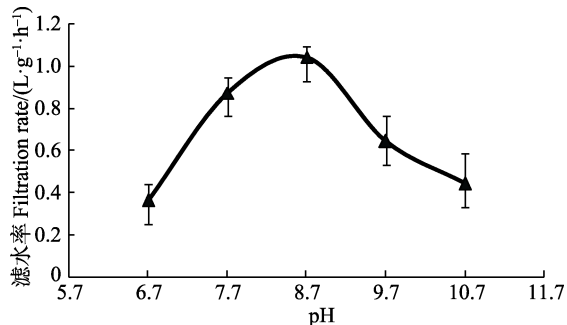


图 3 pH 对文蛤滤水率的影响

Fig.3 Effects of pH on the filtration rate of *M. meretrix*

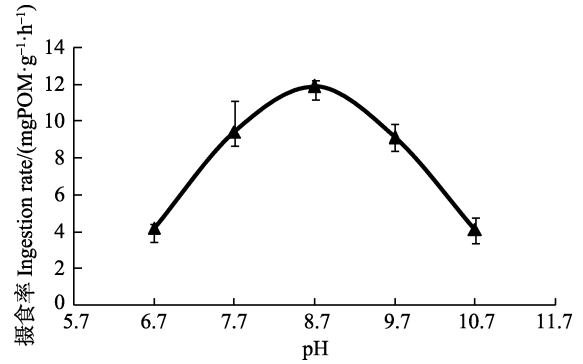


图 4 pH 对文蛤摄食率的影响

Fig.4 Effects of pH on the ingestion rate of *M. meretrix*

而 pH 为 8.7 的对照组与 6.7、9.7、10.7 浓度组差异显著( $P < 0.05$ )。pH 在 6.7-8.7 之间, 随 pH 的增加摄食率持续上升; pH 为 8.7 的对照组摄食率具有最大值, 为 11.91 mgPOM/g·h; pH 在 8.7-10.7 范围内, 随 pH 的增加摄食率持续下降。

### 3 讨论

#### 3.1 盐度对文蛤滤水率和摄食率的影响

盐度是海洋生态系统中重要的环境因子之一, 它不仅影响贝类的生存与分布、呼吸与排泄(王如才等, 2008), 而且对其摄食生理活动的影响也尤为显著。本研究结果显示, 在盐度为 16-24 范围内, 文蛤滤水率和摄食率均随盐度增加呈先升后降的变化趋势, 其中, 滤水率和摄食率随盐度增加呈先升后降的变化特点在贻贝(Schulte, 1975; Newell *et al*, 2001)、缢蛏(*Sinonovacula constricta*)(潘鲁青等, 2002)、栉孔扇贝(王俊等, 2001; 杜美荣等, 2009)、牡蛎(王芳等, 2000; Barillé *et al*, 1993; Bougrier *et al*, 1995)等研究中也取得了一致结果。盐度为 20(对照组)的滤水率和摄食率同为最大值, 且显著高于盐度 16、18、22 和 24 实验组( $P < 0.05$ )。这主要因为文蛤属于变渗透压生物, 不同盐度环境下, 其渗透压有所不同, 维持机体渗透压平衡机制需要消耗大量的能量(郭华阳等, 2013)。适宜盐度条件下, 文蛤体内外渗透压处于平衡状态, 消耗较少的能量便可维持机体稳定, 更多的能量用于摄食。有利于文蛤体内能量的积累, 若饵料充足将有助于文蛤的快速生长。研究表明, 低于或高于贝类摄食活动的最适盐度范围, 贝类通过关闭进出水管或贝壳的方式把自身与外界环境分开(杜美荣等, 2009)。这种生理性保护反应将保护机体免受伤害, 文蛤关闭进

出水管或贝壳后, 进出水管上侧纤毛摆动将停止(Jorgensen *et al*, 1986; 李金碧, 2009<sup>1)</sup>), 腔海水的体积减少, 与外界水体交换量便明显下降, 导致进入外套摄取的颗粒物也就相应降低。本实验进行中发现, 盐度为 24 和 16 两组文蛤在各自驯养浓度整个过程中, 其进出水管和贝壳 80% 以上时间处于关闭状态, 盐度为 18 和 22 两组文蛤在各自驯养浓度整个过程中其进出水管和贝壳约 50% 时间处于关闭状态, 且原地不动, 因此, 造成盐度为 16、18、22 和 24 实验组文蛤滤水率和摄食率显著低于对照组。综上所述表明, 本实验条件下, 文蛤最适生长盐度为 20 左右, 与范建勋(2010)<sup>1)</sup>研究文蛤的最适生长盐度为 21 基本一致。

此外, 高盐度 22–24 文蛤的滤水率下降幅度较盐度 20–22 段小, 在低盐度 16–18 范围内, 文蛤的滤水率上升幅度较盐度 18–20 小, 说明盐度在 18–22 时文蛤反应较为灵敏。过高或过低的盐度均不利于文蛤的健康养殖, 自身池塘间隙放水、连续暴雨极端天气会导致池塘水体盐度偏低, 在池塘养殖过程中应注意控制盐度。整体上看, 摄食率在盐度 18–22 也较盐度 16–18 和 22–24 变化幅度大, 且滤水率和摄食率在盐度 16–20 和 20–24 具有相同的变化趋势, 这表明滤水率和摄食率的变化呈正相关。

### 3.2 pH 对文蛤滤水率和摄食率的影响

多种因素可影响池塘水体 pH 的变化, 例如降雨、繁殖饵料生物、池塘底质消毒及不正确的投喂饵料和药物等。pH 是影响贝类生理代谢的重要环境因子之一, 研究表明, 在最适 pH 范围内, 贝类表现出较高的滤水率和摄食率, 超出该范围滤水率和摄食率均降低并表现出一定的不适应性(左骁等, 2009)。

本研究结果显示, pH 为 6.7、9.7 和 10.7 实验组文蛤滤水率和摄食率与 pH=8.7 的对照组差异显著( $P<0.05$ ), 而 pH=7.7 组和对照组差异并不显著( $P>0.05$ ), 且对照组滤水率和摄食率均为最大值。大量研究表明, 适宜 pH 下, 贝类机体处于标准代谢状态, 超出贝类适宜 pH 范围, 其滤水率和摄食率明显下降。本研究中, pH=8.7 的对照组滤水率和摄食率均为最大值, 与潘鲁青等(2002)、王冬梅等(2009)分别研究当 pH=8 时缢蛏、波纹巴非蛤(*Paphia undulata*)滤水率达最大值具有一定相似性。Bamber(1990)、Harris 等(1999)分别在研究食用牡蛎、长牡蛎(*Crassostrea gigas*)、贻贝和黑唇鲍(*Haliotis rubra*)摄食率时发现, 当贝类长期处于 pH 低于 7 的环境时,

贝类机体处于一种近乎麻痹状态且摄食活力明显下降。pH 过高会抑制三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)(徐在宽, 1998)、尖紫蛤(*Hiatula acuta*)(黄洋等, 2014)鳃毛活力, 生理活动降低且没有粪便产生。本实验过程中也发现, pH 为 6.7 的弱酸性实验组与 pH 为 9.7 和 10.7 碱性实验组, 文蛤贝壳紧闭、保持原地不动且无粪便产生。贝壳的紧闭导致文蛤滤水量的大大降低, 其滤水率和摄食率显著低于对照组, 因此, 文蛤长期处于此环境下将不利于机体的正常运行和体内能量的积累。而 pH 为 7.7 和 8.7 两组的文蛤相对较为活泼, 实验过程中发现有明显移动, 能清晰看到粪便颗粒, 表明这两组文蛤机体处于较为适宜状态, 摄食活力较强。因此, 过低或过高 pH 环境下(6.7、9.7 和 10.7)都不利于文蛤的摄食生理代谢, 文蛤滤水率和摄食率都相应较低, 而相对适宜 pH(7.7 和 8.7)环境下文蛤滤水率和摄食率均较大。综上所述可推测, 本实验条件下, 文蛤最适生长 pH 范围为 7.7–8.7, 与栗志民等(2011)研究文蛤最适 pH 在 8 左右基本相一致。

此外, 本研究结果显示, pH 在 6.7–7.7 范围内较 7.7–8.7 范围内滤水率和摄食率上升幅度大, pH 在 8.7–9.7 范围内较 9.7–10.7 范围内滤水率和摄食率下降幅度小, 说明高 pH 或低 pH 文蛤的反应较敏感。因此, 对受底质消毒、连续暴雨极端天气导致池塘水体 pH 过高或过低的情况, 养殖过程中应注意采取相应的补救措施, 避免文蛤大面积死亡而遭受的巨大经济损失。整体上看, 滤水率和摄食率在 pH 6.7–8.7 和 pH 8.7–10.7 具有相同的变化趋势, 表明滤水率和摄食率呈正相关。

## 4 结论

在 pH=8.7 条件下, 盐度为 20 的对照组文蛤滤水率和摄食率均显著高于盐度为 16、18、22 和 24 实验组( $P<0.5$ ), 且滤水率和摄食率均为最大值, 文蛤最适生长盐度为 20 左右。

在盐度为 20 条件下, pH=8.7 的对照组与 pH=7.7 实验组差异不显著( $P>0.05$ ), 而 pH=8.7 的对照组与 pH 为 6.7、9.7、10.7 实验组差异显著( $P<0.05$ ), 对照组滤水率和摄食率均为最大值, 文蛤最适生长 pH 范围在 7.7–8.7 之间。

致谢: 中国水产科学研究院东海水产研究所蒋玫研究员、李磊助理研究员对实验的设计及文稿修改提供诸多帮助, 谨致谢忱。

1) 范建勋. 文蛤能量代谢的研究. 宁波大学硕士研究生学位论文, 2010, 1–26

## 参 考 文 献

- 王冬梅, 李春强, 彭明, 等. 盐度、pH 对波纹巴非蛤滤水率的影响. 海洋通报, 2009, 28(2): 23–27
- 王如才, 王昭萍. 海水贝类养殖学. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2008, 410–419
- 王芳, 董双林, 张硕, 等. 海湾扇贝和太平洋牡蛎的食物选择性及滤除率的实验研究. 海洋与湖沼, 2000, 31(2): 139–144
- 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
- 邓来福, 江兴龙. 池塘养殖生物修复技术研究进展. 海洋与湖沼, 2013, 44(5): 1270–1272
- 左骁, 曹善茂, 刘鹏亮. 饵料种类、盐度、pH 和规格对曼氏皮海鞘摄食率的影响. 大连水产学院学报, 2009, 24(S1): 113–117
- 杜美荣, 方建光, 葛长宇, 等. 盐度和饵料密度对栉孔扇贝稚贝滤水率的影响. 渔业科学进展, 2009, 30(3): 74–78
- 赵莎莎, 刘晨晨, 杨最素, 等. 文蛤的研究进展. 安徽农业科学, 2014, 42(9): 2617–2618
- 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. 渔业科学进展, 2011, 32(4): 55–61
- 栗志民, 刘志刚, 邓海东. 温度和盐度对企鹅珍珠贝清滤率、滤食率、吸收率的影响. 水产学报, 2011, 35(1): 96–103
- 徐在宽. 三角帆蚌鳃瓣活力的研究. 水产养殖, 1998(3): 17–19
- 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. 海洋渔业, 2013, 35(2): 189–194
- 黄洋, 黄海立, 邓乐平, 等. 盐度、pH 和规格对尖紫蛤滤水率、摄食率、吸收率的影响. 广东海洋大学学报, 2014, 34(1): 42–47
- 曹伏君, 刘志刚, 罗正杰. 海水盐度、温度对文蛤稚贝生长及存活的影响. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2545–2550
- 董波, 薛钦昭, 李军. 海洋滤食性贝类摄食率的研究现状. 海洋科学, 1999(3): 26–29
- 谢骏, 刘军, 刘斌. 生物修复技术在水产养殖中的应用. 水利渔业, 2005, 25(1): 63–64
- 谭学群, 英乔, 张明, 等. 文蛤池塘养殖技术. 水产科学, 2005, 24(3): 22–23
- 潘鲁青, 范德朋, 马甦, 等. 环境因子对缢蛏滤水率的影响. 水产学报, 2002, 26(3): 226–230
- Bamber RN. The effects of acidic seawater on three species of lamellibranch mollusc. J Exp Mar Biol Ecol, 1990, 143(3): 181–191
- Barillé L, Proua J, Hérala M, *et al.* No influence of food quality, but ration-dependent retention efficiencies in the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. J Exp Mar Biol Ecol, 1993, 171(1): 91–106
- Bougrier S, Geairon P, Deslous-Paoli JM, *et al.* Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture, 1995, 134(1–2): 143–154
- Coughlan J, Ansell AD. A direct method for determining the pumping rate of siphonate bivalves. J Mar Sci, 1964, 29(2): 205–213
- Harris JO, Maguire GB, Edwards SJ, *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 blacklip abalone, *Haliotis rubra* leach. Aquaculture, 1999, 160(3–4): 259–272
- Jorgensen CB, Fanlnle P, Kristensen HS, *et al.* The bivalve pump. Mar Ecol Prog Ser, 1986, 34(1–2): 69–77
- Jorgensen CB, Larsen PS, Riisgard HU. Effects of temperature on the mussel pump. Mar Ecol Prog Ser, 1990, 64(1): 89–97
- Newell CR, Wildishb DJ, MacDonaldc BA. The effects of velocity and seston concentration on the exhalant siphon area, valve gape and filtration rate of the mussel *Mytilus edulis*. J Exp Mar Biol Ecol, 2001, 262(1): 91–111
- Schulte EH. Influence of algal concentration and temperature on the filtration rate of *Mytilus edulis*. Mar Biol, 1975, 30(4): 331–341

(编辑 冯小花)

## Effects of Salinity and pH on the Filtration Rate and Ingestion Rate of *Meretrix meretrix*

YANG Jieqing<sup>1,2</sup>, JIANG Mei<sup>1</sup>, LI Lei<sup>1</sup>, DONG Ran<sup>1,2</sup>, XU Gaopeng<sup>1,2</sup>, SHEN Xinqiang<sup>1①</sup>

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090;

2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

**Abstract** *Meretrix meretrix* is of high commercial value and widely distributed in the coastal area of China. Deterioration of pond environment has caused huge economic loss in pond aquaculture of *M. meretrix* in recent years. To better understand this process, here we explored the physiological metabolisms of *M. meretrix* under different salinities and pH. Effects of different salinities (16, 18, 20, 22, and 24) and pH (6.7, 7.7, 8.7, 9.7, and 10.7) on the filtration rate and ingestion rate of *M. meretrix* were tested under static conditions. Both the filtration rate and the ingestion rate rose as the salinity increased from 16 to 20, and they dropped in the range of 20 to 24. The control group with salinity 20 had the highest filtration rate (1.51 L/g·h) and ingestion rate (6.65 mgPOM/g·h), which were significantly higher than the groups with salinity 16, 18, 22, and 24 ( $P < 0.05$ ). Therefore, salinity 20 was most likely the optimum for the growth of *M. meretrix*. The filtration rate and ingestion rate increased along with the pH rising from 6.7 to 8.7, but then decreased in the range of 8.7–10.7. Both the filtration rate and the ingestion rate reached the maximum at pH 8.7, which were 1.04 L/g·h and 11.91 mgPOM/g·h respectively, and these values were significantly higher than those in the groups with pH 6.7, 9.7, and 10.7 ( $P < 0.05$ ). Noticeably, there was no difference in the two groups between pH 7.7 and pH 8.7 ( $P > 0.05$ ). So we deduced that the optimum range of pH was 7.7 to 8.7. Our study may provide important information that can help improve the pond aquaculture of *M. meretrix*.

**Key words** *Meretrix meretrix*; Salinity; pH; Filtration rate; Ingestion rate

① Corresponding author: SHEN Xinqiang, E-mail: xinqiang\_shen@hotmail.com