

# 盐度和 pH 对合浦珠母贝(*Pinctada fucata*) 耗氧率和排氨率的影响\*

刘建业<sup>1,2</sup> 喻达辉<sup>1</sup> 李金碧<sup>1</sup>

(1. 农业部海水养殖生态与质量控制重点开放实验室 中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300;

2. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306)

**摘要** 采用实验生态学方法,对 3 种规格的合浦珠母贝在不同盐度和 pH 下的耗氧率和排氨率进行了研究。结果表明,盐度对合浦珠母贝的耗氧率和排氨率有极显著影响( $P < 0.01$ )。在盐度 21—36 的范围内,耗氧率和排氨率均随盐度的升高而降低,且单位体重耗氧率、排氨率随其个体的增大而变小;pH 对合浦珠母贝的耗氧率有极显著影响( $P < 0.01$ ),对排氨率有显著影响( $P < 0.05$ )。单位体重耗氧率、排氨率也随其个体的增大而变小。在 pH 为 5—9 时,3 种规格贝耗氧率、排氨率均先升后降,当 pH 为 8 时达到最大值,分别为 2.467、4.268、7.461mg/(g·h)和 0.406、1.356、2.255mg/(g·h)。随着合浦珠母贝个体的变小,其 O:N 值有逐渐变小的趋势。在试验盐度 16—36 范围内,O:N 值随着盐度的升高有逐渐变大的趋势。而 pH 的变化对 O:N 的影响不明显。在本实验条件下,总体上 O:N 值较低,表明在盐度和 pH 的胁迫下合浦珠母贝以蛋白质代谢为主。

**关键词** 合浦珠母贝,盐度,pH,耗氧率,排氨率

**中图分类号** S968.3

合浦珠母贝(*Pinctada fucata*)又称马氏珠母贝,是生产海水珍珠的重要育珠贝,著名的“南珠”即为该贝所产(蒙钊美等,1996)。关于合浦珠母贝的研究报道多集中在育苗、养殖、育种和育珠方面(邓远球等,2002;汤娇雯等,2009;王小玉等,2007;王爱民等,2010)。对于其生理方面的研究还较少。耗氧率指动物在单位时间内消耗氧气的量,是动物有氧代谢强度的重要指标之一。排氨率指动物在单位时间内的氨氮排泄量。呼吸与排泄是动物进行能量代谢的基本生理活动,它不仅反映了动物的生理状态,也反映了环境条件的影响。有关贝类耗氧率和排氨率的研究国内外已有不少报道(Hanburger *et al.*, 1983; Joan *et al.*, 1980; 李金碧等, 2009; 朱爱意等, 2007; 王芳等, 1998)。

近年来,尤其 2007 年和 2008 年,台风带来的大

量淡水造成海区养殖的合浦珠母贝大量死亡。因此本文对盐度和 pH 对合浦珠母贝耗氧率、排氨率的影响进行初步研究,旨在了解合浦珠母贝在不利环境条件下的代谢状况,为合浦珠母贝养殖生产管理提供科学依据,并为其生理生态学研究积累基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

合浦珠母贝(*Pinctada fucata*)于 2008 年 9 月购自海南省三亚市黎安港,选取活泼无损伤个体,壳长分别为 2.0、3.0 和 5.0cm 左右,分 3 组。用刷子洗去壳表面污物,在水泥池中暂养 1 周,连续充气,每日投喂单胞藻及换水 1 次,温度为 29—30℃,盐度 31—33, pH 8.0—8.3。试验期间所用海水均为经过沉淀、砂滤、筛绢网过滤后海水。

\* 国家科技支撑计划项目,2006BAD01A13 号;广东省科技计划项目,2006B20201063 号。刘建业, E-mail: liujie-anye505@163.com

通讯作者: 喻达辉, 博士, 研究员, 博士生导师, E-mail: pearlydh@163.com

收稿日期: 2010-03-28, 收修改稿日期: 2010-05-29

## 1.2 盐度和 pH 梯度的设定

**1.2.1 盐度梯度** 设置 16、21、26、31、36 共 5 个盐度梯度, 用自然海水(盐度为 31)与经充分曝气后的自来水或粗盐配置不同盐度海水, 经脱脂棉过滤后用于实验。每天升降盐度不超过 1.5, 达到设定盐度后稳定 4 天开始实验。实验其它条件与暂养时相同。

**1.2.2 pH 梯度** 设 5 个 pH 水平: 5、6、7、8、9, 采用 1mol/L 的 NaOH 和 1mol/L 的 HCl 调节海水 pH。实验期间各梯度 pH 变化幅度为  $\pm 0.2$ 。达到设定 pH 后稳定 4 天开始实验。实验其它条件与暂养期间相同。

## 1.3 实验方法

不同大小的合浦珠母贝个体(壳长)每个处理设 3 个平行和 1 个空白对照。按贝规格大小分为 A、B、C 三个组, 每桶中放置合浦珠母贝个数分别为 A 组 3 个、B 组 5 个、C 组 8 个; pH 实验也分为 A、B、C 3 个组, 分别放贝 3 个、5 个、8 个。实验在 4L 密封的塑料方桶中进行 4h。测定实验前后方桶中溶氧(DO)和氨氮浓度, 测定前轻轻搅拌水体。

## 1.4 数据测量与处理

采用 HQ40d18 精密仪器测量溶解氧, 根据实验前后方桶内水中的溶解氧的浓度的变化计算其单位干重耗氧量:

$$OR = [(DO_0 - DO_t) \times V] / (W \times t)$$

式中,  $OR$  为单位干重耗氧率 [ $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ],  $DO_0$  和  $DO_t$  分别为实验开始和实验结束时实验水中  $DO$  含量( $\text{mg}/\text{L}$ ),  $V$  为方桶中水的体积( $\text{L}$ ),  $W$  为实验贝软组织干重( $\text{g}$ ),  $t$  为实验持续时间( $\text{h}$ )。

靛酚蓝分光光度法测定氨氮, 根据实验前后方桶中水体的氨氮浓度变化计算其单位干重排氮率:

$$NR = [(N_t - N_0) \times V] / (W \times t)$$

式中,  $NR$  为单位干重排氮率 [ $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ ],  $N_0$  和  $N_t$  为实验开始和实验结束时水中氨氮的浓度( $\text{mg}/\text{L}$ ),  $V$  为方桶内水的体积( $\text{L}$ ),  $W$  为实验贝软组织干重( $\text{g}$ ),  $t$  为实验持续时间( $\text{h}$ )。

O : N 比值表示生物体内蛋

白质与脂肪和碳水化合物分解代谢的比率, 其受外界环境因子的影响较大, 因此可以用 O : N 比值来判定某一生物体对外界环境压力的适应程度。

实验结束后测量实验贝的壳长( $\text{cm}$ )、壳高( $\text{cm}$ ), 取内脏团于  $65^\circ\text{C}$  干燥箱中烘干至恒重, 用 FA1004N 精密天平称重。3 种规格合浦珠母贝的生物学数据见表 1。

实验数据采用 SPSS 统计软件和 Excel 进行处理。

表 1 试验贝的规格

Tab.1 The different sizes of pearl oysters for the study

实验组	壳长( $\text{cm}$ )	壳高( $\text{cm}$ )	软体干重( $\text{g}$ )
A	$5.51 \pm 0.31$	$6.06 \pm 0.32$	$1.36 \pm 0.17$
B	$3.47 \pm 0.32$	$3.51 \pm 0.37$	$0.20 \pm 0.06$
C	$2.68 \pm 0.24$	$2.59 \pm 0.22$	$0.08 \pm 0.05$

## 2 结果

### 2.1 盐度和 pH 对耗氧率的影响

在盐度 21—36 时, 耗氧率随着盐度的升高总体呈下降趋势(图 1A)。在盐度 21 时取得最大值, 其值分别为 2.287、3.960、6.617 $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ 。但在盐度 16 时数值较小, 分别为 0.560、0.608、2.008 $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})$ 。方差分析(ANOVA)表明, 盐度对合浦珠母贝耗氧率有极显著影响( $P < 0.01$ ), 单位体重耗氧率随其个体的增

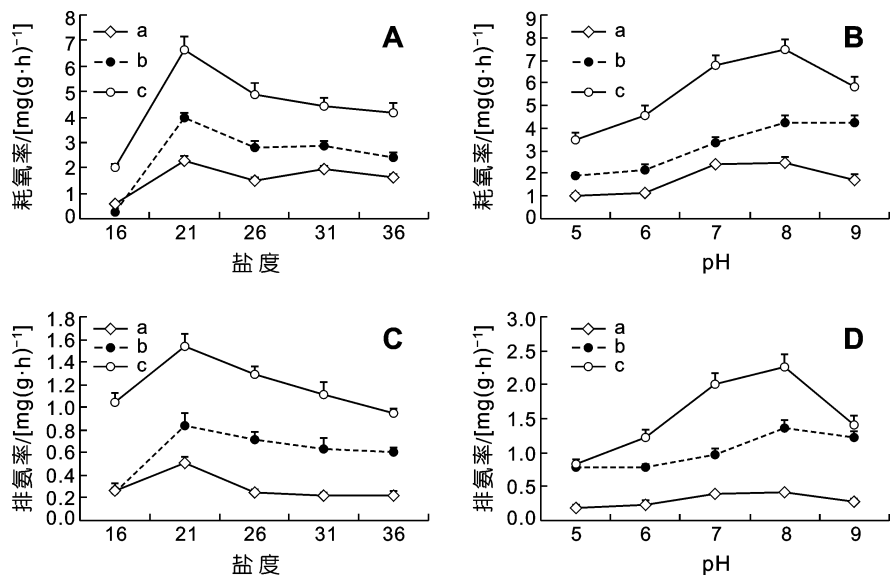


图 1 盐度、pH 对合浦珠母贝耗氧率和排氮率的影响

Fig.1 The effect of salinity and pH on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate in *P. fucata*

注: A. 盐度对耗氧率的影响; B. pH 对耗氧率的影响; C. 盐度对排氮率的影响; D. pH 对排氮率的影响。各小图中 a、b、c 表示 A、B、C 实验组

大而变小(图 1A)。方差分析表明, 体重对合浦珠母贝耗氧率有极显著影响( $P<0.01$ )。双因子方差分析(TWO-WAY ANOVA)表明, 盐度、体重均对合浦珠母贝耗氧率有极显著影响( $P<0.01$ )。且体重的影响大于盐度的影响。且二者的交互作用对其影响也是极显著的( $P<0.01$ )。

在 pH 为 5—9 时, 其耗氧率呈现先升高后降低的趋势, 在 pH = 8 时达到最大(图 1B), 其值分别为 2.467、4.268、7.461mg/(g·h)。方差分析表明, pH 对合浦珠母贝耗氧率的影响极显著( $P<0.01$ )。单位体重耗氧率随其规格的增大而变小(图 1B)。方差分析表明, 体重对合浦珠母贝耗氧率的影响极显著( $P<0.01$ )。双因子方差分析显示, pH 和体重对耗氧率的影响均极显著( $P<0.01$ ), 且体重的影响大于盐度的影响。同时二者的交互作用对其影响也为极显著( $P<0.01$ )。

## 2.2 盐度和 pH 对排氨率的影响

在试验盐度范围内, 排氨率与耗氧率变化趋势相似(图 1C)。最大值在 21 时取得, 其值分别为 0.515、0.835、1.533mg/(g·h)方差分析表明, 盐度对合浦珠母贝耗氧率有极显著影响( $P<0.01$ )。单位体重排氨率也随其个体的增大而变小(图 1C)。方差分析表明, 体重对合浦珠母贝耗氧率有极显著影响( $P<0.01$ )。双因子方差分析表明, 盐度、体重均对合浦珠母贝排氨率有显著影响( $P<0.01$ ), 且体重影响大于盐度的影响。而二者的交互作用对其排氨率影响不显著( $P>0.05$ )。

随 pH 的变化, 其排氨率也呈现先升高后降低的趋势, 在 pH=8 时达到最大, 其值分别为 0.406、1.356、2.255mg/(g·h)。方差分析表明, pH 对合浦珠母贝排氨率的影响极显著( $P<0.01$ )。单位体重排氨率随个体的增大而变小(图 1D)。方差分析表明, 体重对合浦珠母贝排氨率的影响极显著( $P<0.01$ )。双因子方差分析表明, pH 对合浦珠母贝排氨率的影响显著( $P<0.05$ ), 体重对合浦珠母贝排氨率的影响极显著( $P<0.01$ )。二者的交互作用对其影响显著( $P<0.05$ )。

## 2.3 盐度和 pH 对耗氧率/排氨率比值的影响

随着盐度的升高, 其比值总体上呈现出变大的趋势(表 2), 但是在盐度为 26—36 时其值变化不明显。随着合浦珠母贝个体变小, 其 O : N 比值总体上有所下降的趋势。

随 pH 的变化, 总体上其 O : N 值变化不明显。在 pH 为 5 和 9 时相对较大, 最小值基本均出现在 pH 为 8 时(表 3)。3 种规格的合浦珠母贝中, 大规格个体的 O : N 比值较大, 但总体上 3 种规格贝的 O : N 值差别不明显。

表 2 不同规格合浦珠母贝在不同盐度下的 O : N 比值  
Tab.2 O : N ratios of different sizes of *P. fucata* at different salinity

盐度	O : N		
	A 组	B 组	C 组
16	2.939	2.307	1.927
21	4.441	4.743	4.316
26	6.683	5.615	4.396
31	7.364	3.374	3.408
36	7.792	4.563	4.386

表 3 不同规格合浦珠母贝在不同 pH 下的 O : N 比值  
Tab.3 O : N ratios of different sizes of *P. fucata* at different pH

pH	O : N		
	A 组	B 组	C 组
5	5.449	2.394	4.185
6	4.842	2.694	3.709
7	6.159	3.446	3.381
8	3.060	3.148	2.669
9	6.322	3.425	4.126

## 3 讨论

### 3.1 盐度和 pH 对耗氧率与排氨率的影响

盐度是海水养殖中重要的环境因子, 盐度的改变对贝类的生理代谢具有明显的影响, 其影响主要表现在耗氧率和排氨率等代谢指标方面。Farmer 等(1978)报道, 汤氏纺锤水蚤(*Acartia tonsa*)的耗氧率和排氨率在其生活地盐度时最低, 当盐度降低或升高时耗氧率和排氨率均升高。张媛等(2007)在对橄榄蚶(*Estellarca olivacea*)的研究中也发现, 在一定的盐度范围内, 处在低盐度时, 机体为调节渗透压而消耗一定的能量, 导致耗氧率和排氨率的上升, 而处在生活地盐度时可能因为正处于等渗点, 只需消耗较少的能量就可以维持正常的生理活动。本研究中在盐度从 21—36 时耗氧率和排氨率逐渐减小, 且在 36 时取得最小值, 表明合浦珠母贝对高盐度适应性较好。本实验中, 在盐度 16 时耗氧率和排氨率数值较小。在试验中观察到, 在盐度为 16 时合浦珠母贝外套膜有收缩和贝壳关闭现象, 排泄减少, 这可能是造成在此盐度下耗氧率和排氨率较低的原因。许多研究表明, 在低盐度的情况下, 贝类会部分或全部关闭贝壳, 避免环境因子的影响。这是贝类长期适应自然环境而产生的一种生理性保护反应(Navarro, 1988; Shumway, 1982; Djangmah *et al*, 1979)。另外在本实验中排氨率数据相对于别的贝类有些偏大, 这可能是由于试验

时温度比较高(30℃左右),导致贝的代谢加快;其次与不同物种的差异和对环境条件的适应性不同有关。耗氧率和排氮率是指贝类单位体重在单位时间内消耗的氧气量和排出的氮量。本实验结果表明,体重对合浦珠母贝耗氧率和排氮率有显著影响,且单位体重耗氧率和排氮率随个体的增大而减小,与其它贝类的呼吸研究结果相一致(姜祖辉等,1999)。

Harris等(1999)研究发现,当pH为6.08—6.72时,鲍 *Haliotis rubra* 的耗氧率明显低于pH为8.45时的耗氧率;且在pH偏低或偏高时,它们的生长率均下降50%。Buckingham等(1976)的研究也发现,在pH为7.1和8.9时, *Viviparus contectoides* 的耗氧率会出现2个峰值,在这2个峰值附近,不论pH升高或降低,其耗氧率均变小。在本实验中,耗氧率和排氮率的峰值均出现在pH为8时,而在峰值附近,不论pH升高或降低,其耗氧率和排氮率均变小,与上述研究结果一致。Bamber(1987,1990)研究发现,当pH<7时,贝类的死亡率增加,壳长、增长率等均下降,有机体的摄食活力亦明显下降,因此认为低pH对贝类的生理代谢有明显的不良影响。唐贤明等(2006)在研究环境因子突变对鱼类代谢率影响时指出,pH对鱼的刺激直接导致鱼代谢的失调,而耗氧率、排氮率的增加正是鱼产生应激反应、对不良环境进行积极对抗的结果。当pH超过鱼类所能承受的范围时,将会发生代谢上的紊乱,甚至引起鱼的死亡。合浦珠母贝同为水生生物亦如此,在适宜的pH条件下代谢最正常。

### 3.2 盐度和pH对耗氧率/排氮率比值的影响

O:N比值表示生物体内蛋白质与脂肪和碳水化合物分解代谢的比率,是动物代谢的一个重要生理指标。Widdows(1978)认为,尽管尚未证明O:N差异对有机体的生长速率及生长结束时所能达到的个体大小有直接的影响,但已有很多迹象表明O:N变化与有机体所受到的环境压力是紧密相关的,因此可将其作为生物体对环境压力适应程度的一项指标。Mayzaud(1973)认为,机体以蛋白质代谢为主导地位时,O:N比值较低(7.0—9.3);当脂肪和碳水化合物代谢占主导地位时,O:N比值通常大于24。

本实验中O:N比值总体上较低,变化范围在1.927—7.792之间。表明在本实验条件下合浦珠母贝主要以蛋白质代谢为主,且3种规格贝在盐度21—36间,结果未出现明显差异。这与王俊等(2002)对栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)的研究结果相一致。实验结果还表明,在一定的范围内,随着盐度的降低或合浦珠母

贝个体的变小,其O:N比值也逐步减小。说明较小个体的合浦珠母贝,更是以蛋白质代谢为主。同时也说明在盐度低时,合浦珠母贝将会加大体内蛋白质代谢水平。这与范德朋等(2002)对缢蛏的研究结果相似。本实验中,在pH为5时观察到贝体活动能力减弱,附着性差。pH为9时虽不如pH为5时那么明显,但也观察到其活力不是很好。在pH5—9范围内,O:N比变化不明显,不同规格合浦珠母贝的变化趋势与盐度的相似。总体来看O:N比值较低,比3龄长牡蛎(*Crassostrea gigas*)的8.7—64.0要低(毛玉泽等,2005),其原因有待进一步研究。

本研究表明,盐度与pH是影响合浦珠母贝呼吸和排泄的重要环境因子,因此在养殖过程中,尤其是在池塘养殖过程中,要根据养殖环境pH和盐度的变化采取合理措施,避免造成不必要的死亡和损失。

### 参 考 文 献

- 王芳,董双林,张硕等,1998.海湾扇贝和太平洋牡蛎呼吸和排泄的研究.青岛海洋大学学报,28(2):233—238
- 王俊,姜祖辉,唐启升,2002.栉孔扇贝耗氧率和排氮率的研究.应用生态学报,13(9):1157—1160
- 王小玉,喻达辉,黄桂菊等,2007.合浦珠母贝3个家系的AFLP标记分离与遗传多样性研究.南方水产,3(5):54—60
- 王爱民,王嫣,顾志峰等,2010.马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)2个地理群体杂交子代的杂种优势和遗传变异.海洋与湖沼,41(1):140—147
- 毛玉泽,周毅,杨红生等,2005.长牡蛎(*Crassostrea gigas*)代谢率的季节变化及其与夏季死亡关系的探讨.海洋与湖沼,36(5):445—451
- 邓远球,邓陈茂,黄海立,2002.马氏珠母贝人工育苗稳产、高产技术.水产养殖,(2):28—29
- 朱爱意,谢佳彦,陈金海,2007.温度和个体大小对单齿螺耗氧率和排氮率的影响.生态科学,26(3):232—236
- 汤娇雯,张富,陈兆波,2009.中国海水养殖种类遗传育种进展与发展趋势.南方水产,5(4):77—84
- 李金碧,龚世园,喻达辉,2009.温度和盐度对栉江珧耗氧率和排氮率的影响.安徽农业科学,37(5):2016—2018
- 张媛,方建光,毛玉泽等,2007.温度和盐度对橄榄蚶耗氧率和排氮率的影响.中国水产,14(4):690—694
- 范德朋,潘鲁青,马牲等,2002.盐度和pH对缢蛏耗氧率和排氮率的影响.中国水产科学,9(3):234—238
- 姜祖辉,王俊,唐启升,1999.菲律宾蛤仔生理生态学研究.海洋水产研究,20(1):40—44
- 唐贤明,隋墨,田景波等,2006.盐度对大菱鲆幼鱼耗氧率和排氮率的影响.南方水产,2(4):54—58
- 蒙钊美,李有宁,邢孔武等,1996.珍珠养殖理论技术.北京:科学技术出版社,34—35

- Bamber R N, 1987. The effects of acidic seawater on young carpet shell clams *Venerupis decussata* (L.) (Mollusca: Veneracea). *J Exp Mar Biol Ecol*, 108(3): 241—260
- Bamber R N, 1990. The effects of acidic seawater on three species of lamellibranch mollusk. *J Exp Mar Biol Ecol*, 143(3): 181—191
- Buckingham M J, Freed D J, 1976. Effects of temperature and pH on the oxygen consumption in the prosobranch snail *Viviparus contectoides* (Mollusea: Gastropoda) - . *Comp Biochem Physiol*, 53A(3): 249—252
- Djangmah J S, Shumway S E, Davenport J, 1979. Effects of fluctuating salinity on the behaviour of the west African blood clam *Anadara senilis* and on the osmotic pressure and ionic concentrations of the haemolymph. *Mar Biol*, 50(3): 209—213
- Farmer L, Reeve M R, 1978. Role of the amino acid pool of the copepod *Acartia tonsa* in adjustment to salinity change. *Mar Biol*, 48(4): 311—316
- Hanburger K, Mohlenberg F, Randlov A *et al*, 1983. Size, oxygen consumption and growth in the mussel *Mythlus edulis*. *Mar Biol*, 75(2—3): 303—306
- Harris J O, Maguire G B, Edwards S J *et al*, 1999. 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. *J Shellfish Res*, 18(2): 611—619
- Joan M, Sandra E S, 1980. Factors affecting oxygen consumption in the scallop *Chlamy delicatula* chutton. *Ophelia*, 19(1): 19—26
- Mayzaud P, 1973. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton: II. Studies of the metabolic characteristics of starved animals. *Mar Biol*, 21(1): 19—28
- Navarro J M, 1988. The effects of salinity on the physiological ecology of *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia: Mytilidae). *J Exp Mar Biol Ecol*, 122(1): 19—33
- Shumway S E, 1982. Oxygen consumption in oysters: an overview. *Mar Biol Lett*, 3(1): 1—23
- Widdows J, 1978. Combined effect of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytillus edulis*. *J Mar Biol Assoc UK*, 58(2): 109—124

## EFFECTS OF SALINITY AND pH ON OXYGEN CONSUMPTION AND AMMONIA EXCRETION RATES IN *PINCTADA FUCATA*

LIU Jian-Ye<sup>1,2</sup>, YU Da-Hui<sup>1</sup>, LI Jin-Bi<sup>1</sup>

(1. Key Lab. of Mariculture, Ecology and Quality Control, Ministry of Agriculture; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou, 510300; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306)

**Abstract** The effects of salinity and pH on oxygen consumption and ammonia excretion rates in different sizes of *Pinctada fucata* were studied. The results indicated that the effects of salinity on oxygen consumption rate (Roc) and ammonia excretion rate (Ram) were extremely significant ( $P < 0.01$ ). When salinity changed from 21 to 36, both Roc and Ram decreased. Oxygen consumption rate and ammonia excretion rate decreased with the increase of body sizes. The effect of pH on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate were also highly significant,  $P < 0.01$  and  $P < 0.05$ , respectively. In the range of pH 5—9, both oxygen consumption rate and ammonia excretion rate increased at first and reached the highest at pH 8. And then both oxygen consumption rate and ammonia excretion rate decreased with the rise of pH value ranging from 1.041 to 7.461mg/(g·h) and from 1.191 to 2.255mg/(g·h), respectively. At the same time, the O : N ratio decreased with the decrease of body sizes. When salinity changed from 16 to 36, the O : N ratio increased with the increase of body sizes. In the range of pH 5—9, the O : N ratio was not significantly affected. The ratio of O : N was small in total. It indicated that *P. fucata* increases protein metabolism for surviving under abnormal salinities or pH stresses.

**Key words** *Pinctada fucata*, Salinity, pH, Oxygen consumption rate, Ammonia excretion rate