

温度和盐度对橄榄蚶耗氧率和排氨率的影响

张媛^{1,2}, 方建光¹, 毛玉泽¹, 张继红¹, 薛素燕³

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 上海水产大学 生命科学与技术学院, 上海 200090; 3. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003)

摘要:测定不同温度(15℃、20℃、25℃、30℃)和盐度(16、21、26、31、36)对橄榄蚶(*Estellarca olivacea*)呼吸和排泄的影响。结果表明,温度和盐度对橄榄蚶的耗氧率和排氨率都有显著影响($P<0.05$)。在15~30℃范围内,橄榄蚶单位软体干质量耗氧率(OR)、排氨率(NR)都随温度的升高而升高,变化范围分别为0.37~0.65 mg/(g·h)和1.74~3.15 μmol/(g·h);耗氧率和排氨率与温度(t)之间的相关方程分别为: $OR_T[\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})]=0.3234e^{0.1765t}$ ($R^2=0.9755$, $P<0.05$); $NR_T[\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{h})]=1.3788e^{0.1986t}$ ($R^2=0.9784$, $P<0.05$)。在16~36盐度范围内,橄榄蚶单位软体干质量耗氧率和排氨率开始时随盐度的升高而降低,在盐度26时达到最小值,然后随盐度的升高而升高,变化范围分别为0.43~0.60 mg/(g·h)和1.75~3.26 μmol/(g·h);耗氧率和排氨率与盐度(s)之间的相关方程分别为: $OR_S[\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{h})]=0.0014s^2-0.0751s+1.4312$ ($R^2=0.9455$, $P<0.05$, $n=30$); $NR_S[\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{h})]=0.0105s^2-0.5728s+9.7114$ ($R^2=0.9285$, $P<0.05$, $n=30$)。[中国水产科学, 2007, 14(4): 690-694]

关键词: 橄榄蚶; 温度; 盐度; 耗氧率; 排氨率

中图分类号: S96

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)04-0690-05

橄榄蚶(*Estellarca olivacea*)隶属于软体动物门,瓣鳃纲,列齿目,蚶科,橄榄蚶属,俗名为珠蚶,系小型经济贝类,一般成体壳长在1.5 cm左右,贝壳较硬,两壳相等,呈长卵形,较膨胀,壳面灰白色,被黑棕色或棕色表皮。栖息于潮间带中低潮区至水深20 m左右的泥沙质底,分布于菲律宾、日本和中国沿海,在中国的山东至福建沿海都有分布,尤其在中国南方沿海产量较高。其肉嫩味鲜、营养丰富,具有很高的经济价值^[1]。橄榄蚶目前尚未进行人工育苗及养殖,其在山东丁字湾自然分布的生物量较低,约15 kg/hm²。由于其对环境适应能力强,市场价格较高,是一种很有推广前景的经济贝类。目前国内对于橄榄蚶研究报道主要集中于外部形态、地理分布^[2-4],以及性腺发育和生殖周期等的研究^[5]。

有关贝类呼吸代谢的研究已有大量报道^[6-9],但尚未见到关于橄榄蚶呼吸排泄方面的报道。对于潮间带生活的贝类来说,温度和盐度是对其生理代

谢产生较大的影响的环境因子。研究这些环境因子对橄榄蚶代谢活动的影响,可以增进对该种生理生态习性以及对环境适应性的了解。本研究旨在了解不同温度和盐度条件下其耗氧和排氨情况,为进一步进行橄榄蚶的能量学研究、人工繁育和养殖生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验所用橄榄蚶采自山东半岛丁字湾,于2006年6月运回青岛红岛蛤原良种有限公司实验室,清洗壳表可见污物,放入0.30 m³亲贝暂养槽(4.10 m×0.43 m×0.17 m)中暂养2周,暂养用水为砂滤海水,连续充气。暂养期间温度为22~24℃,盐度29.6~31, pH 7.93~8.03, DO>5 mg/L,光照为1 137~4 400 lx,每日投喂足量的金藻(*Dicrateria zhanjiangensis*)。实验用橄榄蚶的生物学特征见表1。

收稿日期:2006-11-16; 修订日期:2007-03-05。

基金项目:国家973计划资助项目(2006CB400608);国家科技基础条件平台资助项目(2003DIB3J107)。

作者简介:张媛(1981-),女,硕士研究生,研究方向为水产养殖生态学。E-mail: yuanzhang0912@126.com

通讯作者:方建光。E-mail: fangjg@ysfri.ac.cn

表 1 橄榄蚶生物学数据
Tab.1 Biological characteristics of *E. olivacea* $\bar{X} \pm SD; n = 48$

壳长/mm Shell length	壳高/mm Shell height	湿体质量/g Wet body weight	软组织干质量/g Soft tissue dry weight	壳干质量/g Shell dry weight	肥满度/% Condition index
20.22±1.16	13.70±0.96	2.16±0.49	0.120±0.02	1.03±0.22	11.8±1.44

注:肥满度=(软组织干重/壳干重)×100%。
Note: Condition index=(soft tissue dry weight / shell dry weight)×100%。

1.2 实验方法

1.2.1 实验梯度的设定 设置 15℃、20℃、25℃、30℃ 4 个温度梯度,采用恒温培养箱控温,每日升降幅度不超过 1℃,达到预定温度后适应 5 天后开始实验,其他条件与暂养条件相同。

设置 5 个盐度梯度 16、21、26、31、36,自然海水(盐度为 31)加充分曝气后的淡水或粗盐配置不同盐度海水,用脱脂棉过滤后进行实验,每天升降盐度为 1,达到预定盐度后再适应 5 天后开始实验。实验温度为 23℃,其他条件与暂养条件相同。

实验用 1 L 锥形瓶为呼吸瓶,每瓶放 2 个规格相似的橄榄蚶,放入后立即用保鲜膜封口,每个处理均设 3 个重复和 1 个空白对照(无橄榄蚶),实验时间 4 h,测定实验前后呼吸瓶中的溶解氧(DO)和氨氮浓度。

1.2.2 测定方法 用 Winkler 法测定溶解氧,根据实验前后呼吸瓶内水中的溶解氧的浓度变化计算其单位干质量耗氧率:

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

式中,DO₀和 DO_t分别为实验开始和结束时实验水中 DO 含量(mg/L),V 为呼吸瓶中水的体积(L),W 为实验贝软组织干质量(g),t 为实验持续时间(h)。次溴酸钠氧化法测定氨氮,根据实验前后呼吸瓶中的氨氮浓度变化计算其单位干质量排氨率:

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

式中,NR 为单位干重排氨率[μmol/(g·h)],N₀和 N_t为实验开始和结束时水中氨氮的浓度(μmol/L),V 为呼吸瓶中水的体积(L),W 为实验贝软组织干质量(g),t 为实验持续时间(h)。

用 Q₁₀值评估温度对代谢影响的强度,计算公式为:Q₁₀=(M₂/M₁)^{10/(t₂-t₁)},式中 Q₁₀为温度对贝类代谢影响强度,M₁和 M₂分别为实验开始(t₁)和实验结束(t₂)时橄榄蚶的代谢率。实验结束后测定实验贝的壳长(mm),湿体质量(g),然后剖取其内脏团于 65℃下烘干至恒重,用电子天平(精确度

0.000 01 g)称其干质量。
1.2.3 数据处理 采用 SPSS 统计软件进行方差分析(ANOVA),P< 0.05 作为差异显著水平。

2 结果与分析

2.1 温度对橄榄蚶耗氧率与排氨率的影响

温度对橄榄蚶耗氧率的影响如图 1 所示。在水温 15~30℃ 范围内,橄榄蚶单位软体干质量耗氧率随温度的升高而增加,其变化范围为 0.37~0.65 mg/(g·h)。在设定温度范围内,温度对橄榄蚶耗氧率有显著影响(F=4.585, P<0.05),15℃组与 30℃组间差异显著(P<0.05),其余各组间差异不显著(P>0.05)。单位软体干重耗氧率(OR_T)与温度之间符合方程:OR_T=0.323 4e^{0.176 5t}(R²=0.975 5, P<0.05, n=24)。

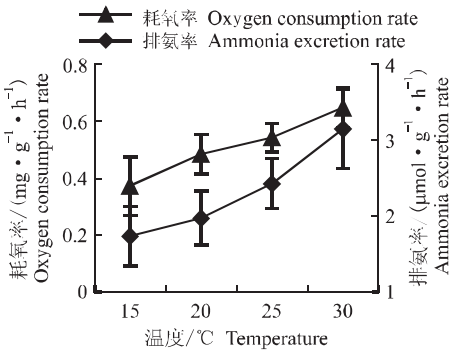


图 1 橄榄蚶耗氧率和排氨率与温度的关系
Fig.1 Relationships of temperature with oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *E. olivacea*

图 1 显示,15~30℃ 范围内,橄榄蚶单位软体干质量排氨率随温度的升高而增大,30℃ 时达到最大值,其变化范围为 1.74~3.15 μmol/(g·h)。温度对橄榄蚶排氨率有显著的影响(F=4.680, P<0.05),15℃组与 30℃组、20℃组与 30℃组间差异显著(P<0.05),其余各组间差异不显著(P>0.05)。在设定

温度范围内,温度对单位软体干重排氮率(NR_T)的影响符合指数方程: $NR_T = 1.3788 e^{0.1986t}$ ($R^2 = 0.9784$, $P < 0.05$, $n = 24$)。

橄榄蚶的O:N比(呼吸氧原子数与排出氨态氮原子数之比)如表2所示,O:N比随温度的升高而增大,在20℃时达到最大值,然后随温度的升高而下降,其比值在12.99~15.43之间。

橄榄蚶呼吸排泄的O:N比值主要在11.46~15.91之间,O:N比随盐度的升高而升高,在盐度26时达到最大值,然后随盐度的升高而降低。

表2 不同温度、盐度下橄榄蚶氧氮比

Tab.2 Ratio of O and N (atomicity O:N) of *E. olivacea* at different temperatures and salinities

温度/℃ Temperature	O:N	盐度 Salinity	O:N
15	14.40	16	11.46
20	15.43	21	13.22
25	14.12	26	15.91
30	12.99	31	14.48
		36	13.88

不同温度下的 Q_{10} 系数如表3所示,单位软体干重耗氧率 Q_{10} 在15~20℃温度变化取得最大值1.69,在20~25℃区间取得最小值1.26。单位软体干重排氮率 Q_{10} 在25~30℃区间取得最大值1.68,在15~20℃区间取得最小值1.29。

表3 不同温度下橄榄蚶耗氧率和排氮率的 Q_{10} 系数

Tab.3 Q_{10} values for oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *E. olivacea*

温度/℃ Temperature	OR_T	NR_T
15~20	1.69	1.29
15~25	1.45	1.40
15~30	1.44	1.49
20~25	1.26	1.51
20~30	1.33	1.59
25~30	1.42	1.68

注:表中 OR_T 为单位软体干重耗氧率, NR_T 为单位软体干重排氮率。

Note: OR_T and NR_T represent oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of unit soft tissue dry weight, respectively.

2.2 盐度对橄榄蚶耗氧率与排氮率的影响

从图2可知,橄榄蚶的耗氧率在盐度16和26时分别取得最大值和最小值,其变化范围为0.43~

0.60 mg/(g·h)。盐度对橄榄蚶耗氧率有显著影响($F = 4.246$, $P < 0.05$)。在设定盐度范围内,盐度16组与盐度21组和26组、盐度26组与盐度36组间差异显著,其余各组间差异不显著。盐度与单位软体耗氧率(OR_S)之间符合方程: $OR_S = 0.0014s^2 - 0.0751s + 1.4312$, $R^2 = 0.9455$, $n = 30$ 。

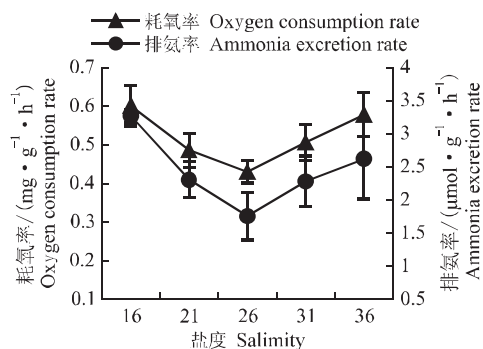


图2 橄榄蚶耗氧率排氮率与盐度的关系

Fig.2 Relationships of salinity with oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *E. olivacea*

图2显示,在设定的盐度范围内橄榄蚶的排氮率与耗氧率呈现相似的规律,盐度对橄榄蚶排氮率影响达显著水平($F = 4.251$, $P < 0.05$)。盐度16组与盐度21、26、31组间差异显著,其余各组间差异不显著。盐度与单位干重排氮率(NR_S)之间满足方程 $NR_S = 0.0105s^2 - 0.5728s + 9.7114$, $R^2 = 0.9285$, $n = 30$ 。

3 讨论

3.1 温度对橄榄蚶耗氧率和排氮率的影响

研究表明^[8-9],在一定的温度范围内,大多数贝类的耗氧率随着温度的升高而升高,当超过其最高温度耐受范围后,会引起贝类生理功能的紊乱,耗氧率下降^[8-9]。而在本实验中,在15~30℃范围内耗氧率随温度的升高而升高,并未观察到这一转折点。这与对太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)^[6]、缢蛏(*Sinonovacula constricta*)^[10]、珠母贝(*Pinctada mazatlanica*)^[11]、魁蚶(*Scapharca broughtonii*)^[12]的研究相似。这可能与物种之间的差异有关,橄榄蚶、缢蛏等滩涂贝类栖息地的水温日变化差异较海湾扇贝和墨西哥湾扇贝大,因此其适宜的温度范围也不同。水温是橄榄蚶生长发育的重要影响因子之一,可能随着温

度的升高,体内组织器官的活动性能提高,致使各种代谢加快而引起排氨率的增加。

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^[13]认为,尽管 O:N 比值的变化还未表现出对有机体的最终生长大小和生长速率有明显直接的影响,但很多迹象表明 O:N 比值是与环境对有机体的压力紧密相关的,并且可以作为生物体适应环境压力的一项指标。Mayzaud P^[14]认为,机体以蛋白质代谢为主导地位时,O:N 比值较低(7~9.3),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。本研究中,在 15~25℃ 范围内,橄榄蚶的 O:N 比值相对较高,在 20℃ 时达到最大。说明在其适宜的温度范围内机体主要以脂肪和碳水化合物作为供能物质,在不同温度下橄榄蚶分解代谢的 O:N 平均值在 14.24 左右,表明在本实验条件下橄榄蚶代谢主要以脂肪及碳水化合物为主。

Q_{10} 值反映了双壳贝类代谢率随温度变化的强度。由于生物的生理功能差异和对环境不同的适应机制,物种间 Q_{10} 值差异很大。据研究表明,双壳贝类的 Q_{10} 值一般介于 1.0~2.5,平均为 2.0^[15-16],从本研究的结果来看,15~30℃ 温度范围内橄榄蚶耗氧率和排氨率的 Q_{10} 值分别为 1.26~1.69 和 1.29~1.68,符合一般结论。与王芳等^[17]的研究结果比较,菲律宾蛤仔的 Q_{10} 值为 2.93,栉孔扇贝的 Q_{10} 值为 6.32,橄榄蚶的 Q_{10} 值相对较小,这说明橄榄蚶对温度的敏感性相对较弱,适应温度变化的能力比较强。一般虾池中日温差较大,就温度的适应性和呼吸排泄特性来说,可以考虑与对虾混养,其混养的模式还需要进一步的研究。

橄榄蚶在中国南北沿海都有分布,其温度适宜范围较广,通过本实验来看,15~30℃ 范围内均可能在其适宜范围内。橄榄蚶生活在潮间带中低潮区,栖息的环境温度变化较大,因此它对温度变化有较强的适应能力,从 Q_{10} 值上也反映了这一点。

3.2 盐度对橄榄蚶耗氧率和排氨率的影响

本实验中,盐度对橄榄蚶的耗氧率和排氨率均有显著影响($P<0.05$)。Stickle 等^[18]报道,在盐度 10~30 范围内,*Mytilus edulis* 的耗氧率随盐度的降低而增加,Farmer 等^[19]报道,贝类 *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,在本实验中

也发现了同样的规律。作者认为,贝类在其生活地盐度时耗氧率和排氨率较低可能是因为此时盐度正处于其等渗点,只需要消耗较少的能量便可维持自身的生理活动。当外界盐度变化时,体内外渗透压处于不平衡状态,机体为调节渗透压需要消耗一定的能量,从而导致耗氧率和排氨率的上升。其具体的调节机制尚不清楚,有待于进一步的研究。橄榄蚶生活在河口及有淡水注入的内湾,其生活海区盐度在 23~29 之间,年平均值在 26 左右,与本研究结论相符合。另有观点认为^[20-22],耗氧率和排氨率在一定的盐度范围内随盐度的升高而升高,达到峰值后,随盐度的继续升高而降低,不同的物种之间适宜的盐度范围不同,差异较大。

从本研究结果来看,在盐度 16~26 范围内,橄榄蚶的 O:N 比值在 11.46~15.91 之间,表明脂肪和碳水化合物的利用率较高。笔者通过另外的实验发现,在盐度 26 时其摄食率最大,而此时的代谢率却较低,因此有利于橄榄蚶最大限度地从周围环境中摄取能量,同时将大部分能量用于生长或繁殖,也说明盐度 26 对橄榄蚶的生长比较合适,因此生产和育苗工作中可以适当降低海水的盐度以促进橄榄蚶的生长和性腺的发育。

参考文献:

- [1] 齐钟彦. 中国经济软体动物 [M]. 北京: 农业出版社, 1998: 160-161.
- [2] 李凤兰. 中国近海蚶科的研究Ⅲ, 细纹蚶亚科 [J]. 海洋科学集刊, 1985, 25: 153-158.
- [3] 蔡英亚. 福建沿海的蚶 [J]. 动物学杂志, 1996, 2: 29-30.
- [4] 黄宗国. 中国海洋生物种类和分布 [M]. 北京: 海洋出版社, 1994.
- [5] 江树勋, 陈添铮, 高如承. 橄榄蚶的性腺发育和生殖周期的研究 [J]. 海洋学报, 2003, 25 (4): 143-146.
- [6] Bougrier S, Geairon P, Dealous-Paoli J M, et al. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg) [J]. Aquaculture, 1995, 134: 143-154.
- [7] Widdows J. Combined effect of body size, food concentration and season on the physiology of *Mytilus edulis* [J]. J Mar Biol Assoc UK, 1978, 58: 109-124.
- [8] 王俊, 姜祖辉, 唐启升. 栉孔扇贝耗氧率和排氨率的研究 [J]. 应用生态学报, 2002, 13 (9): 1157-1160.
- [9] 杨红生, 张涛, 王萍, 等. 温度对墨西哥湾扇贝耗氧率及排泄率的影响 [J]. 海洋学报, 1998, 20 (4): 91-95.
- [10] 范德朋, 潘鲁青, 马翊, 等. 温度对缢蛏 (*Sinonovacula constricta*) 耗氧率和排氨率的影响 [J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32

- (1): 56–62.
- [11] Saucedo E, Luc1'a Ocampo, Mario Monteforte, *et al.* Effect of temperature on oxygen consumption and ammonia excretion in the Calafia mother-of-pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) [J]. *Aquaculture*, 2004, 229: 377–387.
- [12] 常亚青, 王子臣. 魁蚶耗氧率的初步研究[J]. *水产科学*, 1992, 11(2): 1–6.
- [13] Widdows J. Physiological indices of stress in *Mytilus edulis* [J]. *J Mar Biol Ass UK*, 1978, 58: 125–142.
- [14] Mayzaud P. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton: II. Studies of the metabolic characteristics of starved animals [J]. *Mar Biol*, 1973, 21: 19–28.
- [15] Griffiths C L, Griffiths J S. *Animal Energetic* [M]. New York: Academy Press, 1987: 1–88.
- [16] Wilbur A E, Hilbish T J. Physiological energetics of the ribbed mussel *Geukensia demissa* Dillwyn in response to increased temperature [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1989, 131: 161–170.
- [17] 王芳, 董双林, 王涛, 等. 菲律宾蛤仔呼吸和排泄规律的研究 [J]. *海洋科学*, 1998, 2: 118–120.
- [18] Stickle W B, Sabourin T D. Effects of salinity on the respiration and heart rate of the common mussel, *Mytilus edulis* L, and the black chiton, *Katherina tunicata* (Wood) [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1979, 41: 257–268.
- [19] Farmer L, Reeve M R. Role of the amino acid pool of the copepod *Acartia tonsa* in adjustment to salinity change [J]. *Mar Biol*, 1978, 48: 311–316.
- [20] Brown A C, Meredith F L. The effects of salinity changes on respiration in the sandy-beach whelk *Bullia digitalis* (Dillwyn) [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1981, 69A: 599–601.
- [21] 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 Assoc UK*, 1978, 58: 671–681.
- [22] Navarro J M. The effect of salinity on the physiological ecology of *Choro mytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia: Mytilidae) [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1988, 122: 19–33.

Effects of temperature and salinity on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of clam *Estellarca olivacea*

ZHANG Yuan^{1,2} FANG Jian-guang¹ MAO Yu-ze¹ ZHANG Ji-hong¹ XUE Su-yan³

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Qingdao, 266071, China; 2. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai, 200090, China; 3. Ocean University of China, Qingdao, 266003, China)

Abstract: Clam *Estellarca olivacea* is distributed in Philippines, Japan and China. In this study, four levels of water temperatures (15 °C, 20 °C, 25 °C and 30 °C) and five levels of water salinities (16, 21, 26, 31 and 36) were designed to determine the relationship between oxygen consumption (O) and ammonia respiration (N) rate of *E. olivacea*, and the effects of temperature and salinity on the relationship under controlled laboratory conditions. The dry weight of soft tissue of *E. olivacea* was $(0.122 \pm 0.025) \text{ g}$ ($n = 48$). The experimental results were as follows: the respiration and excretion of clam *E. olivacea* were affected by temperature and salinity significantly ($P < 0.05$). Under the controlled conditions of ambient temperature 15–30 °C, both oxygen consumption rate and ammonia excretion rate increased with the increase of temperature. Oxygen consumption rate ranged from 0.37 to 0.65 mg/(g·h) with a mean value of 0.51 mg/(g·h), and ammonia excretion rate ranged from 1.74 to 3.15 μmol/(g·h) with a mean value of 2.32 μmol/(g·h). The value of atomic ratio of O to N ranged from 12.99 to 15.43 under the controlled conditions of ambient temperature 15–30 °C. Under salinity 16–36, oxygen consumption rate and ammonia excretion rate decreased with the increase of salinity from 16 to 26, then increased with salinity from 26 to 36. Oxygen consumption rate ranged from 0.43 to 0.60 mg/(g·h) with a mean value of 0.52 mg/(g·h), and ammonia excretion rate ranged from 1.75 to 3.26 μmol/(g·h) with a mean value of 2.45 μmol/(g·h). The experiment provided some fundamental information for the further study on the physiology and ecology of clam *E. olivacea*, and played an important role for its wide culture. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(4): 690–694]

Key words: *Estellarca olivacea*; temperature; salinity; oxygen consumption rate; ammonia excretion rate

Corresponding author: FANG Jian-guang. E-mail: fangjig@ysfri.ac.cn