

盐度和光照对泥蚶耗氧率和排氨率的影响

熊安安,袁 星,汪先进,林彦彦,黄建荣,黎祖福

(中山大学生命科学学院,广东 广州 510275)

摘要: 为了解盐度对泥蚶(*Tegillarca granosa*)生理活动的影响,探究其昼夜活动节律,在室内实验条件下,控制水温 25℃,采用静水养殖法,以耗氧率和排氨率分别作为呼吸和排泄的生理指标,研究了 20、24、28、30、32 共计 5 个盐度梯度下泥蚶的呼吸和排泄强度,同时对泥蚶在光照条件和暗处理下的呼吸与排泄强度进行了测定。结果表明,泥蚶耗氧率和排氨率随着盐度的升高均先上升、后下降,耗氧率为 0.33 ~ 0.48 mg/(g · h),排氨率为 0.044 ~ 0.067 mg/(g · h);泥蚶在盐度 28 的环境下呼吸和排泄强度最高,且不同盐度下耗氧率之间、排氨率之间差异显著($P < 0.05$)。暗处理下泥蚶的耗氧率在 0.42 ~ 0.53 mg/(g · h),排氨率在 0.049 ~ 0.057 mg/(g · h);光照条件下泥蚶的耗氧率在 0.40 ~ 0.44 mg/(g · h),排氨率为 0.042 ~ 0.051 mg/(g · h);暗处理条件下呼吸与排泄强度比光照条件下的更高,但 2 种状态下耗氧率和排氨率差异均不显著($P > 0.05$);表明实验条件下泥蚶对光照和暗处理反应不明显,即泥蚶不存在明显的昼夜节律现象。

关键词: 泥蚶;盐度;光照;耗氧率;排氨率

中图分类号: Q142 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2015)05-0096-05

泥蚶(*Tegillarca granosa*)又称血蚶,属软体动物门(Mollusca)、双壳纲(Bivalvia)、蚶目(Arcoida)、蚶科(Arcidae),通常栖息在有淡水注入的内湾及河口附近的软泥滩涂;泥蚶营养丰富、经济价值较高,是我国重要的传统养殖贝类之一(曹华等,2006)。呼吸和排泄是贝类重要的生理活动,呼吸率和排泄率通常被用作表征其生理活动强度的重要指标(刘勇等,2007)。文海翔等(2004)研究了温度对硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)呼吸排泄的影响;徐东等(2010)研究了温度变化对虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)耗氧率和排氨率的影响;栗志民等(2009)研究了体重和温度对马氏珠母贝(*Pinctada martensi*)和华贵栉孔扇贝(*Mimachlamys nobilis*)耗氧率及排氨率的影响;而不同环境因子对泥蚶生理代谢强度的影响较少见报道。本文通过研究盐度和光照对泥蚶呼吸和排泄的影响,旨在了解其在不同环境因子下的代谢强度及其昼夜节律,以期为其科学养殖管理提供理论依据。

收稿日期:2015-03-13

基金项目: 海域使用金项目-广东海岸带生态修复及保护示范及建设(201305021);国家海洋公益性行业科研专项-典型滨海湿地修复效果评估与功能保育(2013418021-5)。

作者简介: 熊安安,1989年生,男,硕士研究生,主要从事水生生物学研究。E-mail: kungfubear@126.com

通信作者: 黎祖福,男,教授,主要从事水生生物学研究。E-mail: lsszlzf@mail.sysu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料

实验用水为水产专用海水晶和曝气自来水调制,提前充分打氧使其溶氧达到饱和。实验用泥蚶于2014年8月分批取自广东阳江的中山大学科研示范基地养殖塘。挑选鲜活健壮、大小均匀的泥蚶带回实验室,洗净表面污物,按实验需要随机分组,每组若干只置于水族箱中养殖。实验用泥蚶样本体征数据如表1和表2所示。

1.2 实验方法

1.2.1 盐度设置 本实验设置20、24、28、30、32共计5个盐度梯度。将泥蚶随机分组,逐步改变各组海水盐度使其分别达到所需要盐度,盐度变化每天不超过2度,淘汰死亡个体。待各组泥蚶达到所需盐度值后,继续驯养3d使其适应当前盐度。适当投喂小球藻,定期充氧。第4天取出泥蚶将其置于2.5L装满水的玻璃呼吸瓶中,待每组泥蚶壳张开后密封呼吸瓶并开始计时。用CM-07型水质分析仪在实验前和2h后分别测定水中溶解氧和氨氮浓度。

1.2.2 光照实验 实验设置暗处理组和光照组,每个处理设置3个平行实验组和1个空白对照组。实验泥蚶于盐度28的水中驯化后,分别置于6个装满水的呼吸瓶中,每个瓶中放置5只。测定瓶中溶氧

(O_0)和氨氮(N_0)浓度,然后密闭呼吸瓶,待各组泥蚶开壳后,立即用遮光罩完全遮盖其中的 3 个呼吸瓶并开始计时。空白对照组为同等水质条件但不放入贝类。2 h 后再次测定瓶中溶解氧(O_t)和氨氮(N_t)浓度。

1.2.3 呼吸率和耗氧率 2 h 呼吸测试后取出实验泥蚶,将软组织与壳分离,在 65℃ 下烘干至恒重后测定每组泥蚶软组织干重,计算每组泥蚶平均耗氧率(OR)和排氨率(NR):

$$OR = (O_0 - O_t) \times V / (t \times W_d)$$

式中:OR 表示实验泥蚶平均耗氧率(单位质量

干重软组织耗氧率)[mg/(g·h)]; O_t 表示时间 t 后水中的溶解氧浓度(mg/L); O_0 表示实验开始时水中初始溶解氧浓度(mg/L); V 表示呼吸瓶中所装水的总体积(L); W_d 表示各组实验泥蚶软组织总干重(g)。

$$NR = (N_t - N_0) \times V / (t \times W_d)$$

式中:NR 表示实验泥蚶平均排氨率[mg/(g·h)]; N_t 表示时间 t 后水中的溶解氧浓度(mg/L); N_0 表示实验开始时水中初始溶解氧浓度(mg/L); V 表示呼吸瓶中所装水的总体积(L); W_d 表示各组实验泥蚶软组织总干重(g)。

表 1 盐度实验泥蚶的生物学数据统计

Tab. 1 Biological statistics of *Tegillarca granosa* in the salinity experiments

盐度	组别	样品数	总重/g	壳长/mm	壳高/mm	壳重/g	软组织干重/g
20	a1	5	8.63 ± 0.59	27.16 ± 0.65	20.53 ± 0.56	5.88 ± 0.44	0.24 ± 0.01
	a2	5	8.91 ± 0.88	27.29 ± 0.94	21.13 ± 1.03	5.93 ± 0.71	0.27 ± 0.04
24	b1	5	8.58 ± 1.67	28.06 ± 1.50	20.62 ± 1.44	5.83 ± 0.95	0.25 ± 0.06
	b2	5	9.13 ± 1.11	27.11 ± 0.70	21.15 ± 1.04	6.30 ± 0.54	0.27 ± 0.03
28	c1	5	9.00 ± 1.44	27.92 ± 0.54	20.95 ± 0.94	6.02 ± 0.87	0.26 ± 0.05
	c2	5	8.86 ± 0.74	28.42 ± 1.11	21.30 ± 1.33	6.27 ± 0.93	0.25 ± 0.04
30	d1	5	5.78 ± 0.72	27.12 ± 1.01	15.90 ± 0.72	3.45 ± 0.41	0.24 ± 0.06
	d2	6	5.44 ± 1.09	26.64 ± 2.01	15.30 ± 1.23	3.34 ± 0.51	0.22 ± 0.06
32	e1	5	8.72 ± 0.73	27.47 ± 0.84	20.32 ± 0.72	5.82 ± 0.55	0.20 ± 0.03
	e2	5	8.90 ± 0.14	27.11 ± 3.40	20.53 ± 0.64	5.67 ± 0.24	0.22 ± 0.03

表 2 光照实验泥蚶的生物学数据统计

Tab. 2 Biological statistics of *Tegillarca granosa* in the light experiments

处理	组别	样品数	总重/g	壳长/mm	壳高/mm	壳重/g	软组织干重/g
黑暗	D1	5	8.80 ± 0.64	28.31 ± 0.99	21.30 ± 0.54	6.19 ± 0.35	0.29 ± 0.03
	D2	5	9.22 ± 1.32	28.78 ± 0.95	21.13 ± 1.04	6.15 ± 1.10	0.27 ± 0.05
	D3	4	9.73 ± 0.68	28.94 ± 1.16	21.44 ± 0.36	6.56 ± 0.38	0.27 ± 0.06
光照	L1	5	9.00 ± 1.44	27.92 ± 0.54	20.95 ± 0.94	6.02 ± 0.87	0.26 ± 0.05
	L2	5	9.38 ± 0.68	28.70 ± 0.74	21.02 ± 0.81	5.94 ± 0.62	0.28 ± 0.02
	L3	5	8.86 ± 0.74	28.42 ± 1.11	21.30 ± 1.33	6.27 ± 0.93	0.25 ± 0.04

1.3 数据分析

实验以 3 个(或 4)个平行组所取得数据的平均值计,以平均值 ± 标准差表示;通过 Excel 2007 和 SPSS 17.0 进行数据分析和处理。

2 结果

2.1 不同盐度下的耗氧率和排氨率

如图 1 所示,泥蚶在盐度 20~32 范围内的耗氧率呈现出先上升、后下降的变化趋势。泥蚶耗氧率在 20~28 范围内随盐度增加而逐渐增大,在盐度 28 时达到最大,超过 28 时,盐度再上升,而耗氧率逐渐减小。在实验盐度范围内,泥蚶耗氧率为 0.33~0.48 mg/(g·h)。

如图 2 所示,泥蚶在 20~32 盐度范围内的排氨

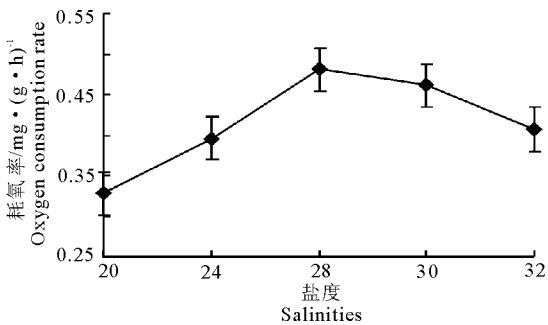


图 1 不同盐度下泥蚶耗氧率

Fig. 1 Variation in the oxygen consumption rate of *Tegillarca granosa* with salinity

率变化规律在一定程度上与耗氧率类似。在 20~28 范围内随盐度增加排氨率逐渐增大,在 28~32 范围内,随着盐度增加,排氨率开始减少;在盐度 28 时排氨率达到最大。实验盐度范围内泥蚶排氨率变

化范围在 0.044 ~ 0.067 mg/(g · h)。

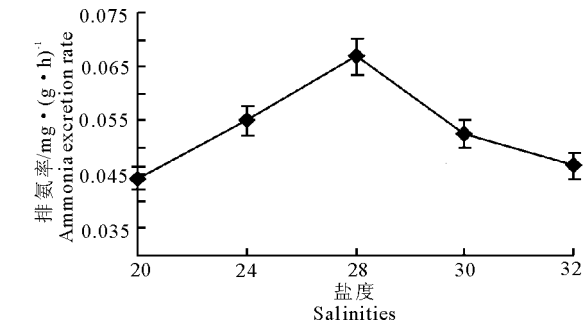


图2 不同盐度下泥蚶排氨率

Fig.2 Variation in the ammonia excretion rate of *Tegillarca granosa* with salinity

SPSS17.0 分析表明,不同盐度下的泥蚶耗氧率差异显著 ($P < 0.05$),而各盐度组的排氨率差异极显著 ($P < 0.01$)。

2.2 光暗对比实验

2 种不同处理(各 3 个平行组)的泥蚶耗氧率和排氨率见图 3 和图 4。结果显示,暗处理下泥蚶耗氧率在 0.42 ~ 0.53 mg/(g · h),排氨率在 0.049 ~ 0.057 mg/(g · h);光照条件下泥蚶的耗氧率在 0.40 ~ 0.44 mg/(g · h),排氨率为 0.042 ~ 0.051 mg/(g · h)。

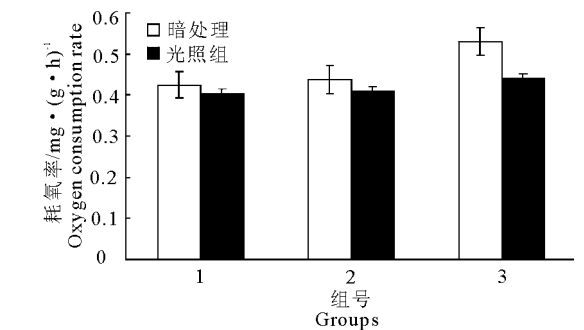


图3 光照和暗处理下泥蚶耗氧率

Fig.3 Oxygen consumption rate of *Tegillarca granosa* under light and dark conditions

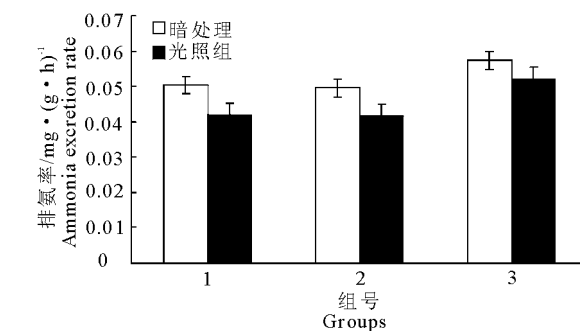


图4 光照和暗处理下泥蚶排氨率

Fig.4 Ammonia excretion rate of *Tegillarca granosa* under light and dark conditions

单因素方差分析结果显示,光照和暗处理下泥蚶耗氧率之间没有显著差异 ($P > 0.05$),二者排氨率之间也没有显著差异 ($P > 0.05$)。表明在实验条件下,泥蚶的活动不存在明显的光照节律。

3 讨论

3.1 盐度对泥蚶耗氧率和排氨率的影响

作为海洋底栖动物,贝类生理活动受海水盐度的影响很大。大量研究表明,贝类对盐度的适应性具有一定范围,超过此范围,其生理活动受到影响甚至死亡(栗志民等,2011,杨晓新等,2000)。

在本研究中,泥蚶耗氧率在盐度 20 ~ 28 的范围内随着盐度增加而有所加强,直至盐度 28 时达到最大,盐度超过 28,泥蚶虽然可以存活,但其生理活动强度开始逐渐减小,表现出贝类对于高盐环境有一定的适应性,而排氨行为也呈现出同样的变化规律;与 Fletcher & Davenport (1978) 以及 Widdows 等 (1979) 对贻贝的研究结论相似。泥蚶在不同盐度梯度影响下的表现与其他贝类具有极大的相似性,而最高盐度值及适应范围的不同则体现出泥蚶与其他贝类的物种间差异,这是由于不同贝类酶的最适温度不同所致。尤仲杰等 (2001) 研究了盐度 7.20 ~ 42.70 范围内泥蚶幼虫和稚贝的存活率和生长率,得出其幼虫最适生长盐度为 16.54 ~ 23.38,稚贝最适生长盐度为 10.01 ~ 23.38;表明在不同的生长阶段,泥蚶对盐度的适应范围逐渐增大,这可能是由于泥蚶幼虫期主要浸没在海水中,盐度相对稳定,变化范围较窄;而稚贝和成贝则逐渐向潮间带和滩涂区域转移,环境的盐度变化相对较大,长期的反复过程使得泥蚶幼贝对盐度适应范围较窄,而成贝对盐度适应范围较广。

泥蚶是一种变渗压动物。实验中观察以及实验结果显示在高盐度和低盐度下,泥蚶耗氧和排氨均出现急剧下降,这是因为当环境盐度过低或过高时,贝类往往会选择降低滤水活动甚至关闭贝壳,而关闭贝壳只能在较短时间内提供保护(Davenport & 汪心沅,1987)。当贝壳关闭时,摄食与呼吸行为均会受到一定程度的影响,因此贝类必须通过内部调节生理代谢强度以使有限的能量能维持更长的时间。

3.2 光照对泥蚶耗氧率和排氨率的影响

昼夜节律现象是生物在进化过程中将自身生理活动与周期性变化环境相适应的结果,使得生物能够提前感知环境如潮汐、光照、温度等因子的变化,从而通过自身的调节功能使生理状态与环节变化相

适应,以利于其生存。

本研究结果显示,黑暗和光照2种因素对贝类耗氧率和排氨率间均没有显著差异($P > 0.05$),表明在本实验条件下,泥蚶没有明显的昼夜节律。吴桂汉等(2002)通过流水养殖系统以摄食率为指标,研究了盐度和昼夜节律对菲律宾蛤仔的影响,结果显示,昼夜节律对菲律宾蛤仔的摄食率影响很明显;范嗣刚等(2015)在对大珠母贝(*Pinctada maxima*)及合浦珠母贝(*Pinctada martensii*)稚贝摄食率及摄食节律的比较研究中发现,2种贝类摄食规律较为相似,各自在不同的时间点摄食量有差异,但2种贝均是全天摄食,没有明显的昼夜节律,2种稚贝在白天与夜晚的摄食率没有显著性差异;黎辉等(1997)在研究合浦珠母贝幼虫、幼苗摄食率和摄食节律中也指出,该贝幼虫摄食率的平均值在白天与夜晚无明显差别;杨晓新等(2000)研究了光照条件对翡翠贻贝滤水率的影响,方差分析发现不同的照度条件下其滤水率也没有显著差异($P > 0.05$)。

不同学者对于不同贝类光照节律的研究得出不同的结论,一方面可能是由于不同贝类的种间差异所致,不同物种之间是否都存在昼夜节律以及存在昼夜节律的不同物种其节律性是否相同,目前尚不明确。生活习性的不同可能导致不同贝类对于光照变化的感知能力存在差异,如漂浮生长的稚贝、幼虫以及固着生活的贝类能够轻易感知光照变化,而营埋栖生活的贝类则对于光照变化感知不明显,这可能是导致其光照节律不同的一个原因;另一方面可能是由于不同学者的研究方式差异所致。目前尚不清楚海洋动物的昼夜节律究竟是由光照、潮汐还是由温度、盐度等某种因素影响或者几种因素交互影响所致,因此控制单个不同因素得出关于昼夜节律的论断可能不够准确。有关泥蚶昼夜节律的研究结果同样还有待更加深入。

参考文献

曹华,蒋建斌,曹红军. 2006. 泥蚶人工育苗及滩涂养成技

- 术研究[J]. 齐鲁渔业,23(4):4-7.
- 范嗣刚,姜松,黄桂菊,等. 2015. 合浦珠母贝和大珠母贝稚贝摄食率及摄食节律的比较研究[J]. 水产科技情报,(1):6-10.
- 黎辉,金启增,郭澄联,等. 1997. 合浦珠母贝幼虫、幼苗的摄食率和摄食节律研究[J]. 热带海洋,16(3):41-48.
- 栗志民,刘志刚,谢丽,等. 2009. 体重和温度对马氏珠母贝耗氧率和排氨率的影响[J]. 广东海洋大学学报,29(6):23-27.
- 栗志民,刘志刚,徐法军,等. 2011. 体重、温度和盐度对皱纹文蛤耗氧率和排氨率的影响[J]. 海洋科学进展,30(4):512-520.
- 刘勇,施坤涛,张少华,等. 2007. 双壳贝类呼吸代谢的研究进展[J]. 南方水产,3(4):65-69.
- 文海翔,张涛,杨红生,等. 2004. 温度对硬壳蛤 *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758)呼吸排泄的影响[J]. 海洋与湖沼,35(6):549-554.
- 吴桂汉,陈品健,江瑞胜,等. 2002. 盐度和昼夜节律对菲律宾蛤仔摄食率的影响[J]. 台湾海峡,21(1):72-77.
- 徐东,张继红,王文琪,等. 2010. 温度变化对虾夷扇贝耗氧率和排氨率的影响[J]. 中国水产科学,17(5):1101-1106.
- 杨晓新,林小涛,计新丽,等. 2000. 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,24(6):36-39.
- 尤仲杰,徐善良,边平江,等. 2001. 海水温度和盐度对泥蚶幼虫和稚贝生长及存活的影响[J]. 海洋学报,23(6):108-113.
- Davenport J, 汪心沅. 1987. 泥蚶对盐度、低氧和空气暴露的反应[J]. 国外水产,28(3):23-27.
- Fletcher JS, Davenport J. 1978. The effects of simulated estuarine and lacustrine conditions upon the activity of the frontal gill of *Mytilus edulis*[J]. The Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom, 58(3):671-681.
- Widdows J, Livingston DR, Fieth P. 1979. Aspects of nitrogen metabolism of the common mussel *Mytilus edulis*: adaptation to abrupt and fluctuating changes in salinity[J]. Marine Biology, 53(1):41-55.

(责任编辑 万月华)

Effects of Salinity and Light on Oxygen Consumption Rate and Ammonia Excretion Rate of *Tegillarca granosa*

XIONG An-an, YUAN Xing, WANG Xian-jin, LIN Yan-yan, HUANG Jian-rong, LI Zu-fu

(School of Life Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, P. R. China)

Abstract: *Tegillarca granosa*, also called the blood clam, is an important species in traditional shellfish farming, high in nutrient content and economic value. Respiration and excretion rates are typically used to indicate their level of physiological activity. To better understand the metabolic intensity and circadian rhythms of *T. granosa* under different environmental conditions, we investigated the effects of salinity and light on the physiological activity of *T. granosa* and the results provide a theoretical basis for scientific culture. Physiological indices of respiration and excretion were expressed by oxygen consumption rate and ammonia excretion rate. In August, 2014, healthy blood clams were randomly assigned to five groups, acclimated to and then tested in duplicate at five salinities (20, 24, 28, 30 and 32 g/kg) and a temperature of 25°C with static cultivation. After acclimation, five clams were placed in 2.5 L bottle respirators with water of the salinity being tested and the bottle respirators were sealed when the blood clams opened their shells. Dissolved oxygen and ammonia nitrogen were measured with a CM-07 aquaculture water quality analyzer before the test began and again after 2 h and the initial and final concentrations were used to calculate the rate of oxygen consumption and rate of ammonia excretion. Results show that the oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *T. granosa* both increased initially and then decreased as salinity increased. The oxygen consumption rate was in the range of 0.33 – 0.48 mg/(g · h), and the ammonia excretion rate was in the range of 0.044 – 0.067 mg/(g · h). The low and high values of both rates were significantly different ($P < 0.05$) and both rates were highest at a salinity of 28 g/kg group. While *T. granosa* tolerated all five of the salinities tested, the optimal salinity for *T. granosa* is 28 g/kg. The respiration and excretion rate of *T. granosa* was also studied under light and dark conditions. Blood clams acclimated to a salinity of 28 g/kg were used and five clams were again placed in each respirator and light and dark treatments were run in triplicate. Otherwise, the test method was the same as the salinity test. Under dark conditions, the oxygen consumption rate ranged from 0.42 mg/(g · h) to 0.53 mg/(g · h) and the ammonia excretion rate ranged from 0.049 mg/(g · h) to 0.057 mg/(g · h). Under light conditions, the oxygen consumption rate ranged from 0.40 mg/(g · h) to 0.44 mg/(g · h) and the ammonia excretion rate ranged from 0.042 mg/(g · h) to 0.051 mg/(g · h). *T. granosa* displayed higher rates of respiration and excretion in the dark but the difference was not significant ($P > 0.05$). Therefore, we can conclude that the growth of *T. granosa* has no obvious circadian rhythm.

Key words: *Tegillarca granosa*; salinity; light; oxygen consumption rate; ammonia excretion rate