

文章编号: 0427-7104(2011)05-0632-08

温度和盐度对背角无齿蚌 (*Anodonta woodiana*) 代谢的影响

温晓蔓, 孙陆宇, 禹 娜, 陈立侨

(华东师范大学 生命科学学院, 上海 200062)

摘 要: 研究了温度和盐度对不同规格背角无齿蚌的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率及其昼夜变化的影响。结果表明: 在 10~35 °C 条件下, 背角无齿蚌的耗氧率为 0.18~0.69 mg·g⁻¹·h⁻¹, CO₂ 排出率为 0.19~0.71 mg·g⁻¹·h⁻¹, NH₃-N 排泄率为 3.97~6.35 mg·kg⁻¹·h⁻¹; 蚌的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率都随温度的升高而增大, 到 30 °C 时达到最高值, 而后开始下降。在试验温度范围内, 与无盐度的对照组相比, 盐度处理组的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率均有显著的升高 ($P < 0.05$); 背角无齿蚌的代谢率存在着明显的昼夜变化节律, 具体表现为夜间明显高于白天 ($P < 0.05$); 此外, 背角无齿蚌的代谢率与体重呈现负相关关系, 相关方程为 $Y = aW^{-b}$ (其中 Y 为耗氧率、CO₂ 排出率或 NH₃-N 排泄率, W 为体重)。

关键词: 背角无齿蚌; 耗氧率; CO₂ 排出率; NH₃-N 排泄率; 代谢率

中图分类号: S 966.22⁺3

文献标志码: A

动物体的代谢率反映了环境条件的影响, 同时也是动物有机体生理状态的敏感指示因子。研究环境因素对动物代谢率的影响是生物能量学的一个重要内容。背角无齿蚌 (*Anodonta woodiana*) 是我国的重要经济贝类, 广泛分布于各大水系, 该物种营底栖生活, 可通过滤水作用摄食浮游生物和有机碎屑^[1]。目前国内已有利用背角无齿蚌等淡水双壳类进行控制水体富营养化和生态修复等方面的尝试^[2]。迄今为止, 国内外有关水生动物呼吸与排泄的研究颇多^[3-8], 但有关温度和盐度对背角无齿蚌代谢率影响的研究尚未见报道。本文测定了温度、盐度对不同规格背角无齿蚌耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的影响, 以期了解该物种的新陈代谢活动规律和变化特点, 研究结果可以丰富淡水双壳类呼吸代谢的基础资料, 同时, 还可以为利用背角无齿蚌进行水体富营养化的防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在华东师范大学的生物站进行。试验用的背角无齿蚌于 2010 年 3~5 月购自上海市曹安水产品市场, 运回实验室后用软刷除去表面附着物, 暂养于水族箱 (60 cm×50 cm×70 cm) 内 2 d, 使动物尽可能排空肠道内的食物残渣。用已充分曝气的自来水进行饲养和试验。

1.2 研究方法

1.2.1 试验方法

室内暂养 2 d 后根据规格将试验用蚌分成 A 和 B 两组, 每组用 5 个个体, 试验蚌的生物学参数见表 1。试验共设置 10, 15, 20, 25, 30, 35 °C 6 个温度处理, 从自然水温 10 °C 起, 每日升温 2 °C 至设定的各个温度处理值, 再适应和稳定 1 d 后才开始试验。每个温度下分别设置有盐度 (1.8‰) 组, 以无盐度 (淡水) 为对照组, 盐度的设置参考从容^[9], 盐度组 3 d 升至设定值 1.8‰。驯养完成后, 同步测定不同温度、盐度下背角无

收稿日期: 2011-04-07

基金项目: 上海市科委重大项目 (09DZ120010A, 08DZ10231010, 8DZ1203102); 浙江重大科技专项 (优先主题) 农业项目 (2008C12009) 资助

作者简介: 温晓蔓 (1987—), 女, 硕士研究生; 陈立侨, 男, 教授, 通讯联系人, E-mail: lqchen@bio.ecnu.edu.cn.

齿蚌的呼吸代谢率.

表 1 背角无齿蚌的生物学参数测定
Tab. 1 Biological parametric measurement of *Anodonta woodiana*

组别	壳长/cm	壳宽/cm	壳高/cm	干重/g	壳重/g
A 组	11.92±0.37	4.43±0.19	8.67±0.21	9.887±0.367	55.299±0.549
B 组	7.96±0.14	2.57±0.18	6.24±0.10	3.865±0.419	19.353±0.135

采用体积为 2.5 L 广口瓶为呼吸室, 每瓶放入一个背角无齿蚌, 用液体石蜡封液面, 试验持续 2 h, 以蚌能维持正常的生理活动为准^[10]. 试验前、后分别测定呼吸室内水样的溶解氧、CO₂ 和 NH₃-N 含量. 每组设 3 个重复组, 另加 1 个空白对照组以消除水体中微生物呼吸所造成的误差^[11].

1.2.2 测定方法

溶解氧采用 Hach 公司的 HQ30D 型溶氧仪进行测定(并以 Winkler 碘量法进行校正), CO₂ 的测定采用 NaOH 滴定法, NH₃-N 则采用纳氏试剂比色法^[12]. 试验结束后, 用试纸吸去蚌体表面的多余水分, 用游标卡尺测量壳长、壳宽和壳高^[13]. 取其软体部和壳置于 70 °C 的烘箱干燥 24 h 后用 FA1604A 型电子天平测软体部的干重(DW)和壳重(SW)^[13].

1.2.3 计算方法

根据试验前后呼吸瓶内的溶解氧、CO₂ 和 NH₃-N 含量, 按照下列公式计算其耗氧率、CO₂ 排出率、和 NH₃-N 排泄率^[10,14]:

$OR = [(DO_0 - DO_t)V] / (\omega t)$, 式中, OR 为单位体重耗氧率 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), DO_0 和 DO_t 为试验开始和结束时水中氧的溶解度 (mg/L), V 为呼吸瓶中水的体积 (L), ω 为试验蚌的体重 (g), t 为试验时间 (h).

$CR = [(C_0 - C_t)V] / (\omega t)$, 式中, CR 为单位体重 CO₂ 排出率 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), C_0 和 C_t 为试验开始和结束时水中 CO₂ 的溶解度 (mg/L), V 、 ω 、 t 同上.

$NR = [(N_0 - N_t)V] / (\omega t)$, 式中, NR 为单位体重 NH₃-N 排泄率 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), N_0 和 N_t 为开始和结束时水中氨氮的浓度 (mg/L), V 、 ω 、 t 同上.

$Q_{10} = (M_2/M_1)^{10 / (t_2 - t_1)}$, 式中, Q_{10} 为水温对贝类代谢的影响强度, M_1 和 M_2 为试验开始 (t_1) 和试验结束 (t_2) 时背角无齿蚌的代谢率.

1.2.4 数据分析方法

按试验的设计, 所得结果用 SPSS17.0 统计软件分别进行单因子、双因子和回归统计分析, 置信限设定为 95%.

2 结果

2.1 温度对背角无齿蚌耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的影响

图 1 表明, 温度对背角无齿蚌的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率有显著的影响 ($P < 0.05$). 在 10 ~ 30 °C 范围内, 蚌的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率随水温的升高而逐渐增大, 但升高到 30 ~ 35 °C 之间时, 各项参数则随温水的升高而下降.

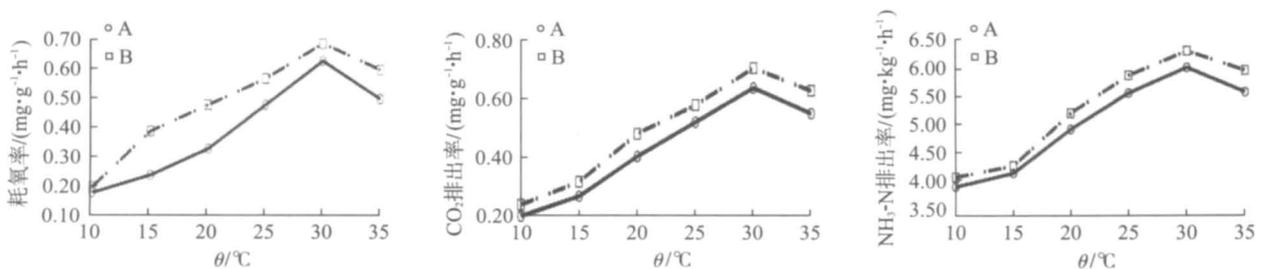


Fig. 1 Influence of temperature on the rates of oxygen consumption, CO₂ production and ammonia-N excretion of *Anodonta woodiana*

Q_{10} 值是反映生物体代谢速度与温度关系的一个指标, 温度对蚌的耗氧率、 CO_2 排出率和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率的影响强度可用 Q_{10} 来表示. 计算结果表明, 水温对背角无齿蚌的耗氧率、 CO_2 排出率和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率的 Q_{10} 分别为 1.63 和 1.79、1.54 和 1.59、1.16 和 1.18(表 2).

表 2 温度对背角无齿蚌代谢率的影响强度
Tab. 2 Influence intensity of temperature on metabolism rates of *Anodonta woodiana*

$\theta/^\circ\text{C}$	Q_{10} (耗氧率)		Q_{10} (CO_2 排出率)		Q_{10} ($\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率)	
	A	B	A	B	A	B
10~15	1.78	3.80	1.87	1.82	1.12	1.10
15~20	1.89	1.51	1.91	2.40	1.40	1.47
20~25	2.12	1.41	1.69	1.46	1.27	1.27
25~30	1.72	1.47	1.51	1.50	1.17	1.15
30~35	0.63	0.76	0.74	0.79	0.86	0.90
平均值	1.63	1.79	1.54	1.59	1.16	1.18

2.2 盐度对背角无齿蚌耗氧率、 CO_2 排出率和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率的影响

在 10~35 $^\circ\text{C}$ 范围内, 对实际盐度下背角无齿蚌代谢率的变化情况进行了单因子方差分析(ANOVA), 结果表明: 盐度对 A 组和 B 组背角无齿蚌的耗氧率及 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率的影响都达显著水平($P < 0.05$); 盐度对蚌的 CO_2 排出率的影响, 仅 30 $^\circ\text{C}$ 下对 A 组蚌的 CO_2 排出率没有显著的影响($P = 0.081 > 0.05$), 其余各组也达到显著性水平($P < 0.05$)(表 3).

表 3 盐度对背角无齿蚌耗氧率、 CO_2 排出率和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率的影响
Tab. 3 Influence of salinity on the rates of oxygen consumption, CO_2 production and ammonia-N excretion of *Anodonta woodiana*

$\theta/^\circ\text{C}$	盐度 /‰	A 组			B 组		
		耗氧率 /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	CO_2 排出率 /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	$\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率 /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	耗氧率 /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	CO_2 排出率 /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	$\text{NH}_3\text{-N}$ 排泄率 /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
10	0	0.18±0.01 ^a	0.19±0.01 ^a	3.97±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	0.23±0.01 ^a	4.14±0.01 ^a
10	1.8	0.22±0.01 ^b	0.24±0.01 ^b	4.00±0.01 ^b	0.24±0.01 ^b	0.29±0.01 ^b	4.23±0.03 ^b
		0.008	0.004	0.021	0.008	0.002	0.008
15	0	0.24±0.01 ^a	0.26±0.01 ^a	4.21±0.01 ^a	0.39±0.02 ^a	0.31±0.02 ^a	4.34±0.04 ^a
15	1.8	0.28±0.01 ^b	0.30±0.01 ^b	4.27±0.02 ^b	0.48±0.01 ^b	0.36±0.01 ^b	4.58±0.10 ^b
		0.008	0.008	0.010	0.002	0.018	0.018
20	0	0.33±0.01 ^a	0.40±0.01 ^a	4.98±0.09 ^a	0.48±0.02 ^a	0.48±0.01 ^a	5.26±0.05 ^a
20	1.8	0.43±0.04 ^b	0.44±0.01 ^b	5.15±0.04 ^b	0.61±0.01 ^b	0.52±0.01 ^b	5.47±0.09 ^b
		0.014	0.008	0.040	0.001	0.008	0.024
25	0	0.48±0.02 ^a	0.52±0.02 ^a	5.61±0.07 ^a	0.57±0.08 ^a	0.58±0.01 ^a	5.92±0.08 ^a
25	1.8	0.52±0.01 ^b	0.57±0.01 ^b	5.85±0.05 ^b	0.71±0.01 ^b	0.62±0.01 ^b	6.15±0.05 ^b
		0.036	0.018	0.008	0.040	0.008	0.013
30	0	0.63±0.01 ^a	0.64±0.02 ^a	6.06±0.01 ^a	0.69±0.01 ^a	0.71±0.01 ^a	6.35±0.01 ^a
30	1.8	0.69±0.01 ^b	0.67±0.01 ^a	6.09±0.01 ^b	0.72±0.01 ^b	0.78±0.01 ^b	6.41±0.01 ^b
		0.002	0.081	0.021	0.021	0.001	0.002
35	0	0.50±0.01 ^a	0.55±0.01 ^a	5.63±0.01 ^a	0.60±0.01 ^a	0.63±0.01 ^a	6.01±0.01 ^a
35	1.8	0.60±0.05 ^b	0.60±0.01 ^b	5.67±0.01 ^b	0.65±0.01 ^b	0.69±0.01 ^b	6.20±0.01 ^b
		0.027	0.004	0.008	0.004	0.002	0.000

注: 表中同一列数据上不同上标字母代表有显著差异($P < 0.05$), 黑体表示的数值为 P 值.

2.3 温度和盐度对背角无齿蚌耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的交互作用

在 10~35 °C 范围内, 温度和盐度对蚌的代谢率影响的双因子方差分析(ANOVA)的结果表明: 温度和盐度对 A 组和 B 组背角无齿蚌的耗氧率、NH₃-N 排泄率都有显著影响($P < 0.05$), 且温度的影响比盐度明显, 但温度和盐度对背角无齿蚌的 CO₂ 排出率影响不显著($P_1 = 0.652 > 0.05$; $P_2 = 0.159 > 0.05$) (表 4, 表 5)。

表 4 温度和盐度对 A 组背角无齿蚌代谢率影响的双因素方差

Tab. 4 ANOVA of metabolism of *Anodonta woodiana* of group A with temperature and salinity

代谢率	方差来源	平方和(SS)	自由度 <i>df</i>	修正的均方 <i>MS</i>	<i>F</i> 值	概率
耗氧率	温度	0.938	5	0.188	416.933	0.000
	盐度	0.036	1	0.036	80.222	0.000
	温度×盐度	0.006	5	0.001	2.889	0.035
	误差	0.011	24	0.000		
	总计	7.494	36			
CO ₂ 排出率	温度	0.910	5	0.182	1 213.467	0.000
	盐度	0.017	1	0.017	112.667	0.000
	温度×盐度	0.000	5	1.0×10^{-4}	0.667	0.652
	误差	0.004	24	0.000		
	总计	8.167	36			
NH ₃ -N 排泄率	温度	21.783	5	4.357	2 872.540	0.000
	盐度	0.081	1	0.081	53.333	0.000
	温度×盐度	0.059	5	0.012	7.784	0.000
	误差	0.036	24	0.002		
	总计	967.215	36			

表 5 温度和盐度对 B 组背角无齿蚌代谢率影响的双因素方差

Tab. 5 ANOVA of metabolism of *Anodonta woodiana* of group B with temperature and salinity

代谢率	方差来源	平方和(SS)	自由度 <i>df</i>	修正的均方 <i>MS</i>	<i>F</i> 值	概率
耗氧率	温度	0.943	5	0.189	279.259	0.000
	盐度	0.058	1	0.058	85.333	0.000
	温度×盐度	0.017	5	0.003	4.978	0.003
	误差	0.016	24	0.001		
	总计	11.082	36			
CO ₂ 排出率	温度	1.073	5	0.215	1 716.320	0.000
	盐度	0.026	1	0.026	204.800	0.000
	温度×盐度	0.001	5	0.000	1.760	0.159
	误差	0.003	24	0.000		
	总计	10.712	36			
NH ₃ -N 排泄率	温度	25.313	5	5.063	1 869.290	0.000
	盐度	0.260	1	0.260	96.037	0.000
	温度×盐度	0.044	5	0.009	3.212	0.023
	误差	0.065	24	0.003		
	总计	1 083.883	36			

2.4 背角无齿蚌代谢率的昼夜变化

图 2(见第 636 页)是在 30 °C 时背角无齿蚌代谢率的昼夜变化情况. 从图中可以看出, 两组背角无齿蚌的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率都呈现出相似的昼夜变化规律. 24 点时动物的代谢率最高, 18

点和 6 点次之,12 点的最低,即夜间的代谢率高于白天的代谢率.同时,对两组背角无齿蚌的代谢率进行了独立样本的 t 检验,结果表明夜间和白天的代谢率之间有极显著差异($P < 0.01$).

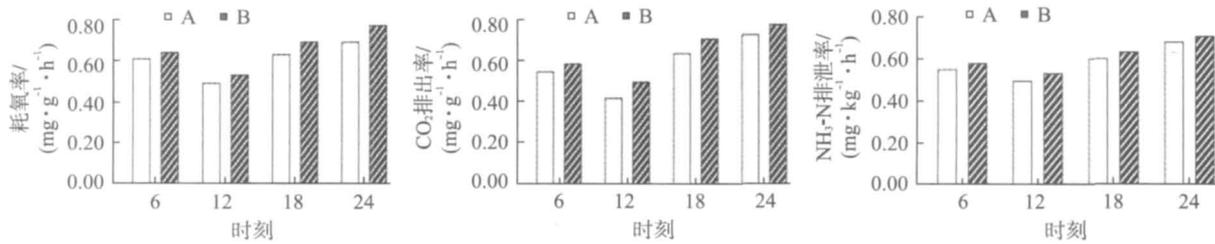


图 2 背角无齿蚌代谢率的昼夜变化

Fig. 2 Diurnal rhythm of metabolism of *Anodonta woodiana*

2.5 背角无齿蚌软体部干重对耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的影响

由图 1 和图 2 可看出,随着背角无齿蚌体重的增加,代谢率都降低,经统计分析,其呈现出负相关的幂指数关系: $Y = aW^{-b}$,其中 Y 为耗氧率、CO₂ 排出率或 NH₃-N 排泄率, W 为体重.表 6 为在 10~35 °C 范围内,代谢率与体重的回归关系的计算结果.

表 6 背角无齿蚌体重与代谢率的回归结果

Tab. 6 Regression between metabolism rates and weight of *Anodonta woodiana*

$\theta/^\circ\text{C}$	耗氧率/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)				CO ₂ 排出率/(mg·g ⁻¹ ·h ⁻¹)				NH ₃ -N 排泄率/(mg·kg ⁻¹ ·h ⁻¹)			
	a	b	R ²	N	a	b	R ²	N	a	b	R ²	N
10	0.295	0.212	0.756	6	0.452	0.381	0.801	6	4.802	0.081	0.669	6
15	0.860	0.523	0.965	6	0.427	0.207	0.955	6	4.577	0.035	0.978	6
20	0.576	0.020	0.980	6	0.532	0.011	0.990	6	5.460	0.040	0.968	6
25	0.637	0.013	0.681	6	0.616	0.008	0.945	6	6.105	0.041	0.975	6
30	0.772	0.084	0.981	6	0.808	0.097	0.932	6	6.697	0.041	0.944	6
35	0.742	0.161	0.914	6	0.740	0.121	0.925	6	6.471	0.056	0.878	6

3 讨 论

3.1 温度对背角无齿蚌耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的影响

水温的波动是引起贝类生理活动变化的重要因素之一,许多研究表明,在适宜温度范围内贝类的代谢率随温度升高而提高,超出这个范围时,动物的代谢率就会出现异常的变化^[15,16].从本研究的结果来看,30 °C 时,背角无齿蚌的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率均达到了最大值,而 25 °C 时的代谢水平与 35 °C 时相近,两者之间的差异不大.此外,在 35 °C 条件下,蚌的代谢水平虽有所下降,但并没有出现类似于肌肉收缩、蚌壳紧闭,耗氧量几乎等于零的状况,由此推测其窒息点的温度应大于 35 °C.这与文献^[17-23]等人的研究结果相似.

通常用温度系数 Q_{10} 来反应动物的代谢率对温度变化的敏感程度, Q_{10} 值越高,说明动物对温度变化的反应越敏感.双壳类的 Q_{10} 值一般介于 1.0~2.5 之间或稍高,平均值为 2.0^[16,24].在试验设计的温度范围(10~35 °C)内,温度对两组不同规格的背角无齿蚌耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率影响的 Q_{10} 平均值分别为 1.63 和 1.79、1.54 和 1.59、1.16 和 1.18,表明背角无齿蚌对温度变化的适应能力较强,这种调节能力有利于物种在非适温条件下或者食物匮乏期间能更好地生存,是生物对环境影响的一种生态适应性.

3.2 盐度对背角无齿蚌耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的影响

盐度也是影响贝类呼吸代谢的重要环境因子之一,它的变动对贝类生理代谢具有明显的影响^[25].盐度对贝类呼吸和排泄影响的报道以海产种类居多,而对淡水贝类的研究并不多.从本试验结果的来看,盐

度 1.8 条件下背角无齿蚌的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率都比淡水组有明显的升高,除了 30 °C 时盐度对 A 组的 CO₂ 排出率的影响不显著($P=0.081>0.05$)外,其他对背角无齿蚌代谢率都有显著的影响。从容^[9]研究盐度对三角帆蚌幼蚌生长的影响时发现,适宜于三角帆蚌幼蚌生长的盐度范围为 0.15~1.5,最适宜范围为 0.3~0.7;同时,从容^[9]还将盐度 1.5~2.0 列为亚适宜范围,2~3 则为其不适宜生长范围。这说明低盐可以促进蚌类的生长发育,并使呼吸代谢增强。背角无齿蚌在淡水环境下其体内渗透压处于平衡状态,水体盐度的升高,将导致机体内外的渗透压失衡,动物为了保持渗透压的平衡需要额外支出能量,从而导致耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的升高。这种随盐度的提高机体代谢率升高的现象,在其它淡水生物中也有所体现,如有关盐度对克氏螯虾^[26]、罗氏沼虾^[27]和罗非鱼^[28]代谢率的影响等。

但也有研究显示,低盐环境下一些贝类将通过关闭双壳来降低耗氧率^[25]。潘鲁青等^[29]和范德明等^[30]在研究海水贝类缢蛭时认为,在低盐度环境下,贝类体内的渗透压会发生改变,进而导致贝类关闭进、出水管或贝壳,将组织与低盐环境相隔离,从而保护机体免受低盐的伤害。林楠等^[31]认为在盐度不太高的环境中,三角帆蚌能通过增加消化率和吸收率以及降低基本代谢来维持正常的生存,从而度过和适应不良环境。因此,不同种类的贝类在盐度急性和慢性胁迫下的生理反应差异,以及持续时间和适应策略之间的关系差异如何,尚需进一步研究。

3.3 背角无齿蚌耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的昼夜变化

对淡水贝类的研究,已有的工作多侧重于环境因子对动物代谢率的影响,而对呼吸代谢昼夜变化的报道不多^[32,33]。Childress^[34]认为,海洋环境条件较为稳定,海水贝类代谢率的昼夜变化主要和水体中溶氧浓度的日变化,以及动物为消除溶氧竞争而采取的生存策略有关。背角无齿蚌栖息在湖泊、池沼和河流等相对稳定的淡水中,该物种所表现出的昼夜变化规律,可能与其为消除水中溶氧竞争的生存策略有关。Dean 和 Vernberg^[35]以及 Natarajan^[36]认为这些节律主要受盐度、温度、摄食和光周期等的影响。背角无齿蚌一般多在夜晚摄食,因而夜间的代谢率要高于白天,这与 Dean 和 Vernberg 以及 Natarajan 等所获得的结果一致。此外,背角无齿蚌为底栖淡水贝类,其弱光的生境特点可能也是该物种昼夜的代谢率产生差异的原因之一。

3.4 软体部干重对背角无齿蚌耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率的影响

从本试验的结果来看,软体部干重较小的背角无齿蚌其单位体重的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率都比软体部干重较大的高,并呈现负相关的幂指数关系: $Y=aW^{-b}$,其中所获耗氧率 b 值的平均值为 0.17;CO₂ 排出率 b 值的平均值为 0.14;NH₃-N 排泄率 b 值的平均值为 0.05。而 Bayne 和 Newell^[4]给出了 23 种海洋贝类的 b 值,变幅为 0.44~1.09,平均值为 0.75。相比之下,本试验所得的结果明显低于海洋贝类的 b 值系数,这显然与物种的差异,以及动物栖息的海、淡水环境的不同有关。

体重与代谢率呈负相关关系,结果与姜祖辉等^[7,8]、刘其根等^[22]、范德明等^[30]、林元烧等^[37]、Sukhotin^[38]等学者得到的结论一致。贝类耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率随体重增加而下降这一现象与动物在生长过程中组织、脏器的比重有关,直接维持生命活动的组织和脏器(如肾脏、肝脏等)其新陈代谢高于非直接维持生命活动的其他组织(如肌肉蛋白、脂肪等)^[37]。在动物生长过程中这两种组织的比率随之减小,即肌肉蛋白和脂肪等积累增多,从而引起个体增大,而单位重量的耗氧率、CO₂ 排出率和 NH₃-N 排泄率则相应降低。

参考文献:

- [1] 刘月英,张文珍,王跃先. 中国经济动物志—淡水软体动物[M]. 北京: 科学出版社,1979,107-108.
- [2] 杨东妹,陈宇炜,刘正文等. 背角无齿蚌滤食对营养盐和浮游藻类结构影响的模拟[J]. 湖泊科学,2008,20(2): 228-234.
- [3] Macdonald B A. Physiological energetics of Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* larvae [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*,1988,120(2): 155-170.
- [4] Bayne B L, Newell R C. Physiological energetics of marine mollusks [J]. *Mollusca*,1983,4(1): 407-515.
- [5] Ansell A D. Some effects of temperature and starvation on the bivalve *Donax vittatus* (da Costa) in experimental laboratory populations [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*,1973,13(3): 229-262.

- [6] 王 芳,董双林,李德尚. 菲律宾蛤仔和栉孔扇贝的呼吸与排泄的研究[J]. 水产学报,1997,21(3): 252-257.
- [7] 姜祖辉,王 俊,唐启升. 菲律宾蛤仔生理生态学研究[J]. 海洋水产研究,1999,20(1): 40-44.
- [8] 姜祖辉,王 俊. 温度和规格对毛蚶耗氧率和排氮率的影响[J]. 青岛大学学报,1999,12(1): 75-79.
- [9] 从 容. 盐度对三角帆蚌幼蚌生长的影响[J]. 东海海洋,1991,9(1): 46-51.
- [10] Chen L Y, Alan A H, Richard J N. Comparison of oxygen consumption in freshwater Mussels (Unionidae) from different habitats during declining dissolved oxygen concentration [J]. *Hydrobiologia*, 2001,450: 209-214.
- [11] Inoue T, Yamamuro M. Respiration and ingestion rates of the filter-feeding bivalve *Musculista senhousia*: implications for water quality control [J]. *Journal of Marine Systems*, 2000,26: 183-192.
- [12] 陈佳荣. 水化学实验指导书[M]. 北京: 中国农业出版社,1996: 120-139.
- [13] 罗 杰,刘楚吾,李 锋,等. 盐度及规格对管角螺耗氧率和排氮率的影响[J]. 海洋科学,2008,32(5): 46-50.
- [14] Zotin A A, Vladimirova I G. Respiration rate and species-specific life span in freshwater bivalves of margaritiferidae and unionidae families biology Bulletin [J]. *Izv Akad Nauk Ser Biol*, 2001,28(3): 331-338.
- [15] Griffiths C L, Griffiths J S. Animal Energetic [M]. New York: Academy Press,1987,1-88.
- [16] Wilber A E, Hilbish T J. Physiological energetic of the ribbed mussel *Geukensia Demissa* (Dillwyn) in response to increased temperature [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*,1989,131: 161-170.
- [17] 王尚洪,欧阳珊,高建华,等. 许氏帆蚌耗氧率和排氮率研究[J]. 海洋科学,2005,29(8): 37-41.
- [18] 董志国,李家乐,王美珍,等. 规格和温度对三角帆蚌耗氧率的影响[J]. 上海水产大学学报,2004,13(1): 47-51.
- [19] 冯建彬,王美珍,陈汉春,等. 温度和规格对文蛤耗氧率的影响[J]. 上海水产大学学报,2004,13(2): 126-129.
- [20] 王 俊,姜祖辉,唐启升. 栉孔扇贝耗氧率和排泄率的研究[J]. 应用生态学报,2002,13(9): 1157-1160.
- [21] 王 芳,董双林,张 硕,等. 海湾扇贝和太平洋牡蛎呼吸和排泄的研究[J]. 青岛海洋大学学报,1998,28(2): 223-238.
- [22] 刘其根,沈和定,周洪琪,等. 河蚬的耗氧率和排氮率[J]. 上海水产大学学报,1999,8(4): 298-303.
- [23] 张许峰. 四种淡水贝摄食率和耗氧率的试验研究[D]. 南昌大学: 生命科学学院生物系,2007.
- [24] Clark B C, Griffiths C L. Ecological energetic of mussels *Choromytilus meridionalis* under simulated intertidal rock pool condition [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1990,137: 63-77.
- [25] 刘 勇,施坤涛,张少华,等. 双壳贝类呼吸代谢的研究进展[J]. 南方水产,2007,3(4): 65-69.
- [26] 李庭古,马 甦. 不同盐度对克氏螯虾幼虾代谢率的影响[J]. 海洋湖沼通报,2009,3: 174-178.
- [27] 邹中菊,姜红霞,段德勇,等. 盐度对罗氏沼虾代谢率的影响[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版,2004,38(1): 82-84.
- [28] 李学军,李爱景,彭新亮,等. 不同盐度下萨罗罗非鱼、罗尼罗非鱼和以色列罗非鱼耗氧率、临界溶氧和窒息点的比较分析[J]. 河南师范大学学报: 自然科学版,2007,35(2): 137-141.
- [29] 潘鲁青,范德明,马 甦,等. 环境因子对缙蛭滤水率的影响[J]. 水产学报,2002,26(3): 226-230.
- [30] 范德明,潘鲁青,马 甦,等. 盐度和 pH 对缙蛭耗氧率和排氮率的影响[J]. 中国水产科学,2002,9(3): 234-238.
- [31] 林 楠,闵梭钧,傅文辉,等. 盐度对三角帆蚌摄食率的影响[J]. 科技创新导报,2009,11: 248.
- [32] Hornbach D J, Wissing T E, Burky A J. Seasonal variation in the metabolic rates and Q_{10} -values of the fingernail clam, *Sphaerium striatinum* Lamark [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1983,76A: 783-790.
- [33] Hornbach D J. Seasonal variation in two species of unionid clams from Manitoba, Canada, respiration [J]. *Can J Zool*, 1982,60: 560-564.
- [34] Childress J J. The effect of pressure, temperature and oxygen on the consumption rate of the midwater copepod *Graussia princeps* [J]. *Mar Biol*, 1977,39: 19-24.
- [35] Dean J M, Vernberg F J. Effects of temperature acclimation on some aspects of carbohydrate metabolism in decapods crustacean [J]. *Biol Bull*, 1965,129: 87-94.

- [36] Natarajan P. Persistent locomotor rhythmicity in the prawns *Penaeus indicus* and *P. monodon* [J]. *Mar Biol*, 1989, **101**: 339-346.
- [37] 林元烧, 沈国英, 张 华. 菲律宾蛤仔耗氧率的研究 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1996, **35**(3): 407-411.
- [38] Sukhotin A A. Respiration and energetic in mussel (*Mythlus edulis*) cultured in White Sea [J]. *Aquaculture*, 1992, **101**: 41-57.

Effect of Temperature and Salinity on Metabolism of *Anodonta woodiana*

WEN Xiao-man, SUN Lu-yu, YU Na, CHEN Li-qiao

(School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: The rates of oxygen consumption, CO₂ production and ammonia-N excretion and metabolism of diurnal rhythm for *Anodonta woodiana* under different temperatures and salinities were determined in indoor conditions. The results showed that the oxygen consumption rate was from 0.18 to 0.69 mg/(g·h), the CO₂ production rate was from 0.19 to 0.71 mg/(g·h) and the ammonia-N excretion rate was from 3.97 to 6.35 mg/(kg·h) within 10—35 °C. It also showed that the metabolism rate increased with increasing temperature and reached the maximum at 30 °C, and then it decreased. Under 10—35 °C, significant effects ($P < 0.05$) were observed on the salinity group on the rates of oxygen consumption, CO₂ production and ammonia-N excretion comparing to that of fresh water group. A distinct diurnal rhythm that the metabolism rate was higher during night time than day time ($P < 0.05$) was also found. Besides, the relationship between the metabolism rate and body weight was expressed as $Y = aW^{-b}$ (Y were the rates of oxygen consumption, CO₂ production and ammonia-N excretion; W was body weight).

Keywords: *Anodonta woodiana*; oxygen consumption rate; CO₂ production rate; ammonia-N excretion rate; metabolism rate

复旦大学主办第六届全国环境化学大会

新闻中心讯 9月22日,第六届全国环境化学大会在上海嘉定举行,来自世界各地的1600余名环境化学领域的专家参与了此次盛会.1995年诺贝尔化学奖获得者Molina教授,美国工程院院士、ES&T杂志主编Jerry Schnoor教授,中国工程院院士唐孝炎、陈君石院士、付贤智院士,加拿大皇家科学院院士Chris Le教授等就大气污染、食品安全、毒理研究等方面做了大会报告.

本次大会是中国化学会环境化学专业委员会组织的每两年一次的环境化学大会的延续.本届大会由复旦大学主办,上海交通大学和上海师范大学共同承办.

第六届全国环境化学大会为期三天,根据环境化学学科的最新进展设置了多种议题,邀请国内外著名专家做大会和分会报告,并举办了环保与分析仪器展览、学术论文报展和研究生专题报告会.本届会议主题是环境化学与可持续发展,充分体现了“创新、参与、合作、前瞻”的会议宗旨,旨在促进环境化学学科的发展,推动国内外学术研究的合作,加快环境化学的科学建设与人才培养.

联合国将2011年定为“国际化学年”,本届环境化学大会也是中国化学会组织的“国际化学年在中国”活动的一部分.近年来,我国环境化学研究发展迅速,在化学污染物的检测、环境行为、演变趋势、生态效应、毒理与健康风险和控制技术等方面都取得了新的进展,为保护生态环境、人类健康以及社会经济可持续发展做出了突出贡献.