

温度对美国硬壳蛤滤食率、耗氧率和排氨率的影响

柴雪良, 方 军, 林志华, 张炯明, 单乐州

(浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005)

摘要: 在实验条件下, 采用静水方法, 测定了水温 11.5、22.5、28.0、32.0 °C 下, 硬壳蛤的滤食率、耗氧率和排泄率。结果表明, 在 11.5~22.5 °C 之间, 硬壳蛤的上述生理指标随温度的升高而增加, 差异显著。而在 22.5、28.0、32.0 °C 之间, 生理指标的差异并不十分显著, 间接说明了硬壳蛤对温度的较强适应能力, 适合在浙江省等东南沿海进行推广养殖。

关键词: 温度; 硬壳蛤 (*Mercenaria mercenaria*); 滤食率; 耗氧率; 排氨率

中图分类号: S968.3; Q493.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)08-0033-04

美国硬壳蛤 (*Mercenaria mercenaria*) 隶属于瓣鳃纲 (Lamellibranchia) 帘蛤目 (Venus clam) 帘蛤科 (Veneridae), 硬壳蛤属 (*Mercenaria*), 又称小圆蛤、北方帘蛤或美洲帘蛤。广泛分布于大西洋沿岸, 是美国消费市场最受欢迎的经济贝类之一^[1]。该贝属广温、广盐性种类, 对环境耐性强, 适应于不同底质养殖, 生长速度较快, 2 周年可达商品规格 50~60 mm 壳长以上, 现美国东海岸有较大规模的商品化养殖生产, 是美国最主要的养殖贝类^[2]。1998 年, 浙江省海洋水产养殖研究所从美国引进该贝, 并已成功繁殖了 3 代稚贝, 养殖试验生长良好, 现正开始进行养殖推广^[3]。

为了解硬壳蛤的摄食与代谢生理特征及该贝养殖对周围环境的影响, 为科学养殖提供依据, 作者开展了硬壳蛤的滤食率、耗氧率和代谢率的研究。作者总结了在实验室的静水系统、不同温度条件下, 硬壳蛤的滤食、呼吸与代谢的变化规律。

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 硬壳蛤

于 1999 年从美国引进的苗种经 20 个月培养而成, 壳长约 3.5 cm, 体表干净, 色泽鲜艳, 无破损, 实验前在玻璃钢水槽内驯养 3 d。

1.1.2 实验容器

摄食实验在 10 L 容量的玻璃圆缸 ($D=30\text{ cm}$, $H=40\text{ cm}$) 中进行; 呼吸和代谢在 3000 mL 的三角烧瓶中进行。

1.1.3 饵料

人工培养的单胞藻饵料湛江叉鞭金藻 (*Dicrateria zhanjiang* Hu. var. sp.)

1.1.4 海水

采用二次沙滤海水, 并经 GF/C 玻璃纤维滤纸过滤。

1.2 实验方法

实验采用静水方法, 于 2001 年 8 月、10 月、12 月在浙江

省海洋水产养殖研究所清江试验场, 对在温度 32.0、28.0、22.5、11.5 °C 条件下硬壳蛤的滤食率、耗氧率、排泄率进行测定。其它实验条件各组均相同。

1.2.1 滤食率

让硬壳蛤在加入单胞藻饵料的 10 L 水体中摄食, 经过一段时间 (一般为 2~4 h, 高温时间短, 低温时间长) 后, 测定水体中饵料浓度的变化。饵料浓度的计算以水体中颗粒有机物 POM 浓度来作为测定指标。 $m(\text{POM}) = W_{110} - W_{450}$, W_{110} 为用 GF/C 玻璃纤维滤纸 (预先在 450 °C 马福炉中灼烧 6 h 处理) 过滤样品在 110 °C 烘箱中烘干至恒定后的质量, W_{450} 为样品滤纸在 450 °C 马福炉中灼烧 6 h 后冷却至恒定的质量, $m(\text{POM})$ 为颗粒有机物的含量。

$$R_F (\text{滤食率}) = V[C_0 - (C_0 \times S) - C_t] / (N \times t)$$

C_0 为起始饵料浓度, C_t 为经过 t 时间后的浓度, V 是培养水体的体积, S 为对照组饵料浓度变化系数, $S = (C_{c,0} - C_{c,t}) / C_{c,0}$, $C_{c,0}$ 、 $C_{c,t}$ 分别为对照组实验开始和 t 时间后的饵料浓度, N 为实验个数。

1.2.2 呼吸率和排氨率

在硬壳蛤摄食一定量的饵料后, 迅速放入充满海水并利用保鲜薄膜密封无气泡的三角烧瓶中, 每隔 4 h 测定溶解氧浓度及氨氮浓度, 历时 24 h。计算每时段的耗氧率和排氨率, 取平均值作为硬壳蛤的呼吸率和排泄率。溶解氧采用 Winkler 碘量滴定法, 氨氮采用次溴酸钠氧化法测定。计算方法如下:

收稿日期: 2005-04-06; 修回日期: 2005-06-10

基金项目: 浙江省科技厅重点资助项目 (0111021014), 浙江省重大招标项目 (021102540)

作者简介: 柴雪良 (1969-), 男, 浙江海宁人, 高级工程师, 从事海洋生物学与海水养殖技术研究, E-mail: cxyl@hotmail.com; 林志华, 通讯联系人, 电话: 0577-88231983

R_0 (呼吸率) = $V[C_{DO} - (C_{DO} \times S_{DO}) - C_{DO,t}]/G \times t$
 C_{DO} 为起始溶解氧浓度, $C_{DO,t}$ 为经过 t 时间后的溶解氧浓度, V 是三角烧瓶总的容积, S_{DO} 为对照组溶解氧的变化系数 ($S_{DO} = (C_0 - C_t)/C_0$, C_0 、 C_t 分别为对照组实验开始和 t 时间后的溶解氧浓度), G 为实验贝的干肉质量。

R_N (排泄率) = $V[C_{N,0} - (C_{N,0} \times S_N) - C_{N,t}]/G \times t$
 $C_{N,0}$ 为起始氨氮浓度, $C_{N,t}$ 为经过 t 时间后的氨氮浓度, V 是三角烧瓶总的容积, S_N 为对照组氨氮的变化系数(计算方法与溶解氧相同), G 为实验贝的干肉质量。

1.2.3 硬壳蛤生物学测定

表 1 各实验组硬壳蛤生物学的测定

Tab. 1 Biological data of hard clam measured

温度	试验组	平均壳长 (mm)	平均壳高(mm)	平均壳宽(mm)	平均干肉质量 (g)
11.5 ± 0.5	3	35.36 ± 0.99	29.39 ± 0.63	19.25 ± 0.39	0.340 ± 0.103
22.5 ± 0.5	3	34.89 ± 0.50	29.29 ± 0.41	18.87 ± 0.24	0.243 ± 0.022
28.0 ± 0.5	3	35.70 ± 0.41	29.76 ± 0.53	19.18 ± 0.31	0.229 ± 0.036
32.0 ± 0.5	3	34.93 ± 0.37	29.05 ± 0.40	18.85 ± 0.28	0.265 ± 0.007

表 2 不同温度下硬壳蛤的滤食率

Tab. 2 The filtration of hard clam in different temperatures

温度 ()	饵料浓度 (mg/L)	滤食率[mg/(g.h)]
11.5 ± 0.5	10.8 ± 0.4	2.671 ± 0.588
22.5 ± 0.5	11.2 ± 0.8	11.119 ± 1.235
28.0 ± 0.5	10.6 ± 0.5	13.362 ± 2.620
32.0 ± 0.5	10.9 ± 0.4	9.623 ± 1.509

2.2 不同温度下硬壳蛤的滤食率

从图 1 中可以看出, 在 11.5 ~ 28.0 间, 硬壳蛤滤食率随着温度的升高而增大, 在 28.0 左右滤食率达到最大, 当温度超过 28.0 后, 摄食率不再增加反而有所下降, 具体数据见表 2。实验数据经差异显著性检验, 在 $\alpha=0.05$ 水平上, 11.5 与其它 3 个温度之间的摄食率差异性显著, 而 22.5、28.0、32.0 之间的差异并不显著。

2.3 温度对硬壳蛤耗氧率的影响

从图 2 可以看出, 在 11.5 ~ 32.0 间, 硬壳蛤的耗氧率随着温度的升高而增大, 具体数据见表 3。耗氧率数据经显著性检验, 在 $\alpha=0.05$ 水平上, 11.5、22.5、28.0 之间耗氧率差异性显著, 28.0 和 32.0 之间的耗氧率差异性不显著。

2.4 温度对硬壳蛤排氮率的影响

从图 3 可以看出, 在 11.5 ~ 22.5 之间, 硬壳蛤的排氮率随着温度的升高增加明显。超过 22.5 后排氮率的变化并不明显, 数据见表 4。通过显著性检验, 11.5 与其它 3 个温度之间

实验结束后测定试验贝的壳长、壳高、干壳质量、干肉质量, 记录实验个数, 求出单位干肉质量硬壳蛤的滤食率、呼吸率及排泄率, 并进行比较。

2 实验结果

2.1 硬壳蛤生物学测定

每实验组设平行组 3 组, 每平行组实验贝为 5 个, 实验所用硬壳蛤生物学测定结果如表 1。

的排氮率差异性显著, 而 22.5、28.0 与 32.0 之间的排氮率差异并不显著。

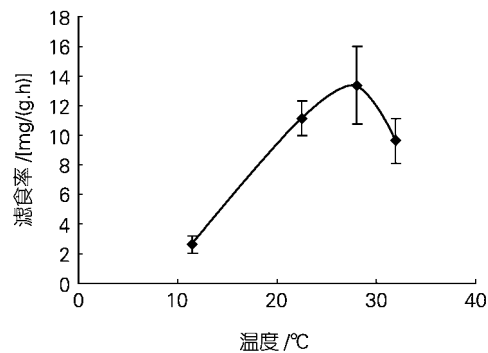


图 1 温度对滤食率的影响

Fig. 1 Effect of temperature on filtration rate of hard clam

表 3 不同温度下硬壳蛤的耗氧率

Tab. 3 The oxygen consumption of hard clam at different temperatures

温度 ()	饵料浓度 (mg/L)	耗氧率 R_0 [mg/(g.h)]
11.5 ± 0.5	10.8 ± 0.4	0.089 ± 0.021
22.5 ± 0.5	11.2 ± 0.8	0.559 ± 0.085
28.0 ± 0.5	10.6 ± 0.5	0.730 ± 0.126
32.0 ± 0.5	10.9 ± 0.4	0.782 ± 0.158

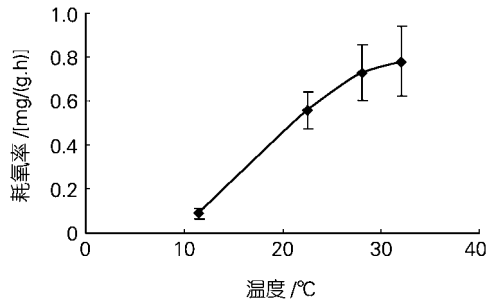


图2 温度对硬壳蛤耗氧率的影响

Fig.2 Effect of temperature on oxygen consumption by hard clam

表4 硬壳蛤在不同温度的排氨率

Tab.4 The ammonia excretion of hard clam at different temperature

温度 ()	饵料浓度 (mg/L)	排氨率 R_N [μ g/(g.h)]
11.5 ± 0.5	10.8 ± 0.4	7.234 ± 1.320
22.5 ± 0.5	11.2 ± 0.8	33.908 ± 4.686
28.0 ± 0.5	10.6 ± 0.5	33.928 ± 4.275
32.0 ± 0.5	10.9 ± 0.4	29.352 ± 3.491

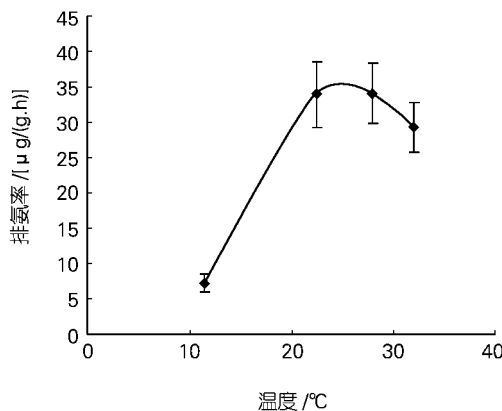


图3 温度对硬壳蛤排氨率的影响

Fig.3 Effect of temperature on ammonia excretion by hard clam

2.5 不同温度下硬壳蛤呼吸代谢氧氮比

由表5可见,在11.5~32.0之间,硬壳蛤的 $m(O):m(N)$ 比值范围是12.37~26.64,平均值为19.25,超过了10,表明硬壳蛤的脂肪和碳水化合物的代谢水平较高。

表5 不同温度下硬壳蛤呼吸代谢氧氮比

Tab.5 O/N Ratio of *M. mercenaria* at different temperatures

温度 ()	R_O [mg/g.h]	R_N [μ g/g.h]	$m(O):m(N)$
11.5 ± 0.5	0.089 ± 0.021	7.234 ± 1.320	12.37
22.5 ± 0.5	0.559 ± 0.085	33.908 ± 4.686	16.48
28.0 ± 0.5	0.730 ± 0.126	33.928 ± 4.275	21.52
32.0 ± 0.5	0.782 ± 0.158	29.352 ± 3.491	26.64

注: $m(O):m(N)$ 为氧、氮的质量比

3 讨论

温度对海水滤食性双壳贝类生理活动的影响,国内近年来有大量的文献报道^[4-9]。许多种类的研究结果表明,滤食性贝类的滤食率受温度的影响十分显著,在适宜的温度范围内,随着温度的升高而增大^[4],到一定温度时,达到最大值,其后呈下降趋势。通过研究发现,硬壳蛤的滤食率和排氨率均呈现这种变化趋势。然而,通过显著性检验,在22.5以上时,生理指标的差异并不显著。耗氧率在设定的温度中并没有出现下降的情况,这与杨红生等^[7]对墨西哥湾扇贝(*Argopecten irradians concentricus*)的研究, Hutchinson^[10]对食用牡蛎(*Ostrea edulis*)的研究结果相似,与常亚青^[9]对魁蚶(*Scapharca broughtonii*)的研究有所区别。Bougrier等^[11]认为可能与两方面因素有关,一方面是一些研究在自然条件下进行,而另一些在实验条件下对实验对象进行了驯化所致。另一方面,在研究中设定的温度范围可能不是最佳的实验设计。

滤食性贝类的摄食主要靠鳃丝上3种纤毛的运动组合来完成的,其中侧纤毛是产生水流的主要动力, Bernard^[12]研究表明其摆动的频率和温度成正比例关系,这是导致滤食率变化的主要原因。耗氧率和排氨率随温度的升高而变化主要是由于温度升高,动物的组织器官的活动性能提高,体内的各种生化反应速度的加快,致使呼吸和代谢加快,这也是变温动物的一般特征^[4]。 $m(O):m(N)$ 比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,通常认为, $m(O):m(N)$ 比低于10时,蛋白质代谢较高,反之,脂肪及碳水化合物代谢较高^[13],实验温度下硬壳蛤氧氮比的范围为12.37~26.64,表明硬壳蛤脂肪及碳水化合物代谢率较高。实验中,在22.5~32.0之间某些生理指标的变化并不显著,也说明了硬壳蛤对温度的适应能力较强,生长季节较长,而且比较适合在南方地区生长。

致谢:该实验设计曾得到中国科学院海洋研究所李军研究员的指导;莱阳农学院孙正明、王婷同学参加部分工作,在此一并表示感谢。

参考文献：

- [1] Menzel R W.The species and distribution of quahog clams *Mercenaria*[J].*Proc Natl Shellfish Assoc*,1970,50:8.
- [2] Rice M A,Pechenik J A. A review of the factors influencing the growth of the northern quahog. *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus,1758)[J].*Shellfish Res*,1992,11(2):279-287.
- [3] 林志华,柴雪良,方军,等.硬壳蛤对环境因子适应性试验[J].宁波大学学报,2002,15(1):19-22.
- [4] 董波,薛钦昭.温度对菲律宾蛤仔滤食率、清滤率和吸收率的影响[J].海洋水产研究,2000,21(1):37-42.
- [5] 姜祖辉,王俊.温度和规格对毛蚶耗氧率和排氨率的影响[J].青岛大学学报,1999,12(1):75-79.
- [6] 姜祖辉,王俊.菲律宾蛤仔生理生态学研究 .温度、体重及摄食状态对耗氧率及排氨率的影响[J].海洋水产研究,1999,20(1):40-44.
- [7] 杨红生.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):91-96.
- [8] 郝亚威,杨小龙.海湾扇贝呼吸的研究[J].黄渤海海洋,1993,11(1):37-43.
- [9] 常亚青,王子臣.魁蚶耗氧率的初步研究[J].水产科学,1992,11(12):1-6.
- [10] Hutchinson S. Quantification of the physiological responses of the European flat oyster *Ostrea edulis* L.to temperature and salinity[J].*J Moll Stud*, 1992,58:215-226.
- [11] Bougrier S. Allo metric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas*(Thunberg)[J].*Aquaculture*,1995,134:143-154.
- [12] Bernard F R. Nutrition of *Crassostrea gigas*(Thunberg, 1795):an aspect of estuarine energetics[M].*Ph.D.Thesis* , Univeisity of London, 1972.448.
- [13] Bayne B L , Newell R C , 1983 . Physiological energetics of marine mollusks[J] . *The Mollusca* , 4 : 407- 515.

Effects of temperature on filtra , oxygtionen consumption and ammonia excretion of *Mercenaria mercenaria*

CHAI Xue-liang, FANG Jun, LIN Zhi-hua, ZHANG Jiong-ming, SHAN Yue-zhou

(Zhejiang Mariculture Research Institute,Wenzhou 325005,China)

Received : Apr. , 6 , 2005

Key words: *Mercenaria mercenaria*;filtration rate;oxygen consumption rate;ammonia excretion rate;temperature

Abstract: The filtration rate, oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of *Mercenaria mercenaria* were measured at 11.5, 22.5, 28.0 and 32.0 in lab static systems. The results showed that their physiologic and ecologic values increased with increasing temperature between 11.5 and 22.5 showing significant differences. But at 22.5, 28.0 and 32.0 , no significant difference was shown. The conclusion showed that *M. mercenaria* has strong ability to adapt high temperature environment, and it is farmable in southeastern coast of China.

(本文编辑：张培新)