

温度对翡翠贻贝能量收支的影响*

林小涛¹ 钟金香¹ 颀晓勇^{1,2} 许忠能¹ 黄长江³

(¹ 暨南大学水生生物研究所 广州 510632)

(² 中国水产科学研究院南海水产研究所 广州 510300)

(³ 汕头大学海洋生物室 515063)

提要 在不同的温度下对翡翠贻贝的摄食、耗氧、排氨、同化效率及能量收支等进行实验研究。结果表明,在设定的温度范围内,翡翠贻贝的摄食率、耗氧率、排氨率随温度的增加而增大,而同化效率则没有显著变化。在低温时,摄入的能量中分配于生长的比例较小,而代谢耗能和排泄耗能所占的比例相对较大,因而翡翠贻贝的生长较慢甚至出现负生长;而在高温时,翡翠贻贝由于用于生长的能量比例增加,而损失于代谢消耗和排泄的能量比例减少,因而生长预算和生长效率提高。

关键词 翡翠贻贝, 能量收支, 温度

 滤食性贝类通过滤食水体中的浮游生物和其他悬浮颗粒有机物,可以降低水层的营养负荷。Take da 1994年, Haa men 1996年研究过利用贻贝的滤食作用来抑制和治理赤潮以及改善富营养化海

* 国家自然科学基金资助项目 39790110 号和国务院侨办重点学科科研基金资助项目 93A106 号。
第一作者:林小涛,出生于 1957 年,博士,教授,从事水生生物学研究。电话:020-85223334;E mail: tlxnt@jnu.edu.cn
收稿日期:2001-09-04; 修回日期:2001-11-02

湾的水质,但是,当贝类放养密度过大时,其排出的大量的粪便及其他排泄物将造成养殖自身污染。因此,必须确定一个适当的放养量,才能达到利用贝类养殖改善水质的目的。

翡翠贻贝 (*Perna viridis*) 是我国南部沿海生长快、产量大的重要经济种类,已开展了人工养殖。但对于其生理生态学方面的研究不多,特别是关于能量学方面以及利用其能量学特征来确定海区的养殖容量的研究还未见报道。本研究着重研究温度对翡翠贻贝能量收支的影响,以了解不同季节翡翠贻贝的能量收支状况,为确定翡翠贻贝的养殖容量提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

鲜活翡翠贻贝取自大亚湾,在室内水槽中暂养 4~5 d,每天投喂足量的亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis*),连续充气并进行温度驯化,以达到实验所需的温度。饲育水盐度为 31,光照强度 2 000 lx,光暗周期 12 h: 12 h,每天换水 1 次,选取壳长 × 壳宽约为 (90~97 mm) × (38~41 mm)、软组织干重约 1.2 g 的贝供实验用。实验前 2 d,改用 1.2 μm 滤膜抽滤过的海水饲育,让其断食后进行实验。

1.2 实验方法

1.2.1 实验温度 实验温度设 16, 21, 26, 31 °C 共 4 个梯度。各测定项目均设 3 个重复和 1 个空白对照。

1.2.2 摄食率测定方法 实验前,将一个实验贝移入装有 8 L 实验用水的圆筒塑料水槽中,投喂亚心形扁藻,使藻密度达到 1 000 个细胞/ml,以后每隔 1 h 补充饵料 1 次,3 h 后,更换全部饲育水进行正式实验。实验开始时的饵料密度设为 1 000 个细胞/ml,实验时间为 1 h。实验结束后,取水样计算藻类细胞数,并测定实验贝的壳长与壳高,称其软组织的鲜重与干重。单位体重摄食率以实验结束时对照组与实验组饵料密度之差用下式计算:

$$I = V \cdot (C_0 - C) / (t \cdot N \cdot W) \quad (1)$$

式中 I 为单位体重摄食率 ($\text{mg}/(\text{g} \cdot \text{h})$); C_0, C 分别为实验结束时对照组、实验组饲育水中藻浓度 (mg/ml) (根据已测定的藻细胞的干重 $0.0401 \times 10^{-5} \text{ mg}/\text{细胞}$,把藻密度换算成藻浓度); t 为实验时间 (h); V 为饲育水体积 (L); N 为实验贝数 (个); W 为实验贝软组织干重 (g)。

1.2.3 耗氧率和排氨率的测定方法 用体积 2 L 的三角烧瓶作为实验瓶,装满海水后,每个代谢瓶移入一个贝,用插有进水管和出水管的橡胶塞密封实

验瓶并检查气密性。打开进水阀及出水阀,流水 15~30 min,流速约 500 ml/min,待实验贝张开壳达到正常生活状态后关闭出水阀和进水阀。对照瓶不放贝,同样操作。实验期间将实验瓶放入恒温水浴槽中,实验时间根据水温的不同持续 1~1.5 h,保证实验结束时溶解氧保持在饱和含量的 70% 以上。

对照组、实验组饲育水中的溶解氧用温克勒法测定,氨氮用次溴酸盐氧化法测定。耗氧率、排氨率分别以下式计算:

$$Y = (C_0 - C) / W \quad (2)$$

式中: Y ——耗氧率 (R_0) 或 $\text{NH}_4\text{-N}$ 排泄率 (R_N); C_0 ——实验结束时对照瓶中 DO 的含量 (mg/L) 或代谢瓶中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的含量 ($\mu\text{mol}/\text{L}$); C ——实验结束时代谢瓶中 DO 含量或对照瓶中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的含量; V ——实验瓶容积 (L); W ——实验贝的软组织干重 (g); t ——实验时间 (h)。

1.2.4 同化效率的测定方法 同化效率 (R_a) 依 Conover 1966 年描述的比例法进行测定。

$$R_a (\%) = (F' - E') \times 100 / [(1 - E') \times F'] \quad (3)$$

式(3)中 F' 代表食物中有机物的比率; E' 代表排出的粪中有机物的比率。

1.2.5 能量收支平衡 能量收支平衡式为:

$$C - F = A - G + R + U \quad (4)$$

式中, C ——摄入的能量; F ——以排粪形式消耗掉的能量; A ——同化的能量; G ——可用于生长的能量; R ——代谢耗能; U ——排泄耗能。本研究没有直接测定排粪量和生长率,所以同化的能量可由 $C \times R_a$ 算出,而用于生长的能量则根据能量收支平衡式求出:

$$G = C \times R_a - R - U \quad (5)$$

摄入的饵料扁藻的热量值用 Parr 公司 1720 型全自动绝热热量计测定为 16 688.93 J/g。耗氧率与代谢耗能的换算关系为 14.24 J/mg O_2 ,排出的 $\text{NH}_4\text{-N}$ 与排泄耗能的换算关系为 0.447 35 J/ μmol $\text{NH}_4\text{-N}$ 。

2 结果

翡翠贻贝的摄食率与温度的关系曲线如图 1 所示。方差分析表明,温度对摄食率有极显著的影响 ($P < 0.01$),摄食率 I 与温度 T 之间的关系可用回归方程表示为:

$$I = 0.600 0 T^{0.381 4}$$

温度与耗氧率及排氨率之间的关系曲线如图 2 所示。从图中可以看出,在设定的温度范围内,翡翠贻贝的耗氧率随温度的升高而增大,其中在 16~21 °C 时,耗氧率随温度增加的幅度不大,当温度为 21~31

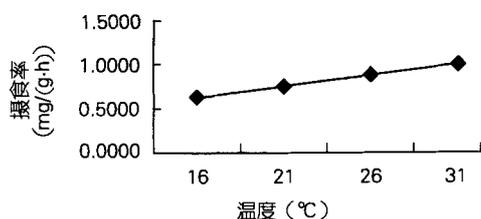


图1 不同温度下翡翠贻贝的摄食率

Fig.1 The ingestion of *Perna viridis* in different temperature

℃时则随温度的升高迅速增加。另一方面,排氨率随温度的升高而增大,但在较高温度下,这种增大的趋势变缓。方差分析结果表明,不同温度下,翡翠贻贝的耗氧率和排氨率都有显著性差异 ($P < 0.01$)。耗氧率 (R_o)、排氨率 (R_N)与温度之间的关系式分别为

$$R_o = 0.4449 T^{0.3449}$$

$$R_N = 1.1207 T^{0.4251}$$

不同温度下翡翠贻贝的同化效率变化范围为 0.7001 ~ 0.7369。方差分析结果表明,各温度下同化

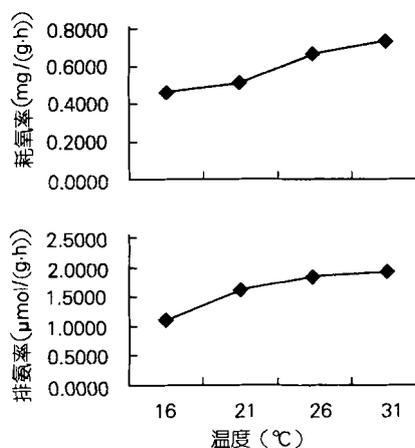


图2 不同温度下翡翠贻贝的耗氧率与排氨率

Fig.2 The respiration and excretion rate of *Perna viridis* in different temperature

较低;当温度上升到 26℃以上时,用于生长的能量比例增加,而代谢耗能和排泄耗能占摄食能的比例有所减少,因而生长预算和生长效率较高。

表1 翡翠贻贝在不同温度下的能量收支

Tab.1 The energy budget of *Perna viridis* in different temperature

温度 (°C)	摄食能 (J/(g·h))	同化能 (J/(g·h))	代谢耗能 (J/(g·h))	排泄耗能 (J/(g·h))	生长能 (J/(g·h))
16	9.8149	6.8172	6.6045	0.4825	-0.2699
21	12.3355	8.3676	7.3255	0.7187	0.3233
26	14.6554	10.7797	9.4967	0.8210	0.4620
31	16.7076	12.1656	10.4944	0.8566	0.8145

效率没有显著性的差异 ($P > 0.05$)。

不同温度下翡翠贻贝的能量收支情况见表1和表2。在最低温时(16℃),代谢耗能和排泄耗能的总和超过了同化能,因而翡翠贻贝出现了负生长;在21℃时,摄入的能量中用于生长的比例相对较小,而代谢耗能和排泄耗能所占的比例相对较大,因而生长效率

表2 不同温度下翡翠贻贝的能量收支中各项占摄食能或同化能的百分比

Tab.2 The percentage of each component of the energy budget to ingestion and absorption energy of *Perna viridis* in different temperature

温度 (°C)	A/C	R/C	U/C	G/C	G/A
16	70.35	67.29	7.17	-2.75	-3.91
21	70.01	59.39	5.68	2.62	3.74
26	73.69	64.80	5.03	3.15	4.28
31	72.56	62.81	4.34	4.88	6.72

3 讨论

温度与贝类的生理、生态有着极为密切的关系,是影响它们生长、繁殖和分布的主要因子之一^[1]。本研究表明,翡翠贻贝的摄食率有随水温的升高而增大的趋势。

Bayne 1993年对贻贝 (*Mytilus edulis*) 的实验结果表明,在适宜的温度范围内,摄食率、滤除率随着温度的升高而以幂函数的形式增加,并在最适宜温度下达到一个最大值。董波等^[2]对菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 的研究也得到类似的结果。这些都与本研究结果一致。

温度是影响变温动物生理代谢的一个重要因子。贝类属变温动物,因而温度是影响贝类呼吸率和代谢的主要因素之一。在本实验所设的温度下(16~31℃),随着温度的升高,翡翠贻贝的耗氧率和排氨率也随之升高。引起这一结果的原因是由于温度升高,贝类摄食量增大,体内的各种生化反应速度加快,致使呼吸和代谢加快,这是变温动物的一般特征。

温度是影响变温动物生理代谢的一个重要因子。贝类属变温动物,因而温度是影响贝类呼吸率和代谢的主要因素之一。在本实验所设的温度下(16~31℃),随着温度的升高,翡翠贻贝的耗氧率和排氨率也随之升高。引起这一结果的原因是由于温度升高,贝类摄食量增大,体内的各种生化反应速度加快,致使呼吸和代谢加快,这是变温动物的一般特征。

本研究表明,翡翠贻贝的同化效率不随着温度的变化而变化。匡世焕等1996年对桑沟湾扇贝的同化效率的研究表明,在自然海水提供的食物条件下,栉孔扇贝的同化效率较高,达到94.3%~98.9%,且无明显的季节变化。Griffiths 1992年的研究也证实

温度和同化效率的关系不大,这与本实验结果相似。

随着水温的上升,除同化效率不变外,翡翠贻贝的摄食率、耗氧率和排泄率都呈增大的趋势。但由于各项生理活动指标随温度上升而增大的幅度和趋势不同,所以不同温度下其能量分配特征也有差异。当温度较低时,摄入的能量中分配于生长的比例较小,而代谢和排泄所消耗的能量占摄食能的比例相对较大,因而翡翠贻贝的生长缓慢;当温度低至 16 °C 时,由于能量收支入不敷出,翡翠贻贝出现负生长。随着温度的升高,翡翠贻贝摄食量增大,由于同化效率变化不大,所以同化量相应增加,摄食能和同化能分配于生长的比例也逐渐增加,而用于代谢消耗和损失于排泄的能量比例减少,因此翡翠贻贝获得较多的生长预算。Sukhotin 1992 年对贻贝的能量收支研究结果表明,在相同的饵料水平下,贻贝夏天比在冬天时用于生长的能量增多。翡翠贻贝属于亚热带贝类,适宜于在较高的温度下生长,其生长适温为 11 ~ 31 °C,以 20 ~ 30 °C 时生长最好。

广东沿海冬季的平均水温约为 18.5 °C,因而翡翠贻贝全年都可生长,且随着水温的升高,摄入能量增多,对浮游植物的摄食压力增大,同时,其通过排粪和排泄作用损耗的能量也相应增大。如,与 16 °C 相比,水温 31 °C 时翡翠贻贝的摄食能、排粪和排泄耗能

分别增加了 1.7 倍、1.5 倍和 1.8 倍。这意味着水温高时,翡翠贻贝摄食量增大,水体的 N、P 等营养负荷一方面会因浮游植物的减少而增加,同时,也因贝类的排粪和排泄量的增加而增大。因此,在确定翡翠贻贝的养殖容量时必须考虑到季节变化和温度效应等因素。

用于生长的能量与摄入的能量的比值称为生长效率,这是反映生物体内能量转换的一个重要指标。本研究条件下,翡翠贻贝的生长效率都较低,最高仅为 31 °C 时的 4.9%,这与饵料密度较低有关。本研究设定的饵料密度为 1 000 细胞/ml,这是海水富营养化标准中有关浮游植物密度的单项指标的上限值^[3]。当饵料密度增大至 5 000 细胞/ml 时,翡翠贻贝的生长效率可达 55% 以上^①。有关饵料密度影响翡翠贻贝能量收支的结果将另文发表。

参考文献

- 1 王祯瑞编著.中国动物志(软体动物门——双壳纲,贻贝目)。北京:科学出版社,1997。1~62
- 2 董波,薛钦昭,李军.温度对菲律宾蛤仔滤食率、清滤率和吸收率的影响,海洋水产研究,2000,20(1):37~42
- 3 日本机械工业联合会著,杨祯奎译.水域的富营养化及其对策。北京:中国环境科学出版社,1987。128~129

THE EFFECT OF TEMPERATURE ON THE ENERGY BUDGET OF *Perna viridis*

LIN Xiaotao¹ ZHONG Jinxiang¹ XIE Xiaoyong^{1,2} XU Zhongneng¹ HUANG Changjiang³

(¹ Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou, 510632)

(² South China Sea Fisheries Institute, CAFS, Guangzhou, 510300)

(³ Marine Biological, Shantou University, 515063)

Received: Sept. 4, 2001

Key Words: *Perna viridis*, Energy budget, Temperature

Abstract

This paper deals with the ingestion, respiration, absorption efficiency and energy budgets of *P. viridis* under different temperatures from 16 to 31 °C. The ingestion, respiration, excretion rate increased as the temperature increased, but the absorption did not change significantly. The experiments showed that the percentage of growth energy was low at low temperatures, that of respiration and energy was high, and the energy budget was negative at 16 °C. But as the temperature increased, the percentage of the growth energy increased while that of the lost energy due to respiration and excretion decreased, and both energy budget and growth efficiency increased. (本文编辑:李本川)

① 颜晓勇等.不同饵料密度下翡翠贻贝能量收支的研究。