

科学出版社

魁蚶耗氧率的初步研究

常亚青 王子臣

(大连水产学院养殖系 116023)

摘 要

本文测定报道了不同规格魁蚶在 11、14、20、23℃ 条件下不同活动水平的耗氧率。结果表明,在相同温度条件下,单位体重耗氧率随体重的增加而下降,随活动水平的加强而升高。另外,单位体重耗氧率亦随温度的升高而增加。11~23℃ 内耗氧率介于 0.28~1.05 ml O₂/g 干重/小时,或介于 0.033~0.126 ml O₂/g 湿重/小时之间。统计得出了 11~23℃ 内魁蚶耗氧率与壳长、体重(湿体重、干重、干重/壳长)的指数回归公式,其中体重回归公式中的指数为 0.842。计算了 11~23℃ 的 Q_{10} 值为 1.75。

关键词:耗氧率 体重 活动水平 魁蚶。

一、前 言

魁蚶 *Scapharca broughtonii* 是一种大型经济双壳贝类,主要分布在我国、朝鲜半岛及日本沿海,生活在 0~50m 水深的软泥或泥沙质海底^[1]。由于其肉味鲜美,倍受沿海居民喜爱,尤其受到日本人民的推崇。因此,对魁蚶的研究特别是对其繁殖生物学、人工育苗、增殖放流、人工养殖等方面的研究较多。日本,松吉定昭(1979),高见东洋(1981,1982)曾对其以上几个方面进行过研究探讨^[2,3,4]。在我国,王子臣等(1987)、陈觉民等(1989)、王庆成等(1990)、陈昌海(1990)、张国范等(1990)曾对温度和饵料对魁蚶性腺发育的影响^[5]、海水中某些化学因子对魁蚶幼虫、稚贝及成体的影响^[6]、魁蚶的人工育苗^[7]、黄渤海湾的魁蚶资源及合理利用^[8]、以及魁蚶对不同饵料的同化率^[9]等问题进行了研究报道,但对魁蚶的呼吸代谢方面未见完整报道。本研究测定了魁蚶在不同温度下,不同活动水平条件下的呼吸耗氧率,同时对温度、体重及活动水平等因子对魁蚶的呼吸代谢的影响进行了探讨,以求为其生

理、生态学及人工增殖、海区综合增殖提供理论基础和有益的参考数据。

二、材料和方法

1. 实验贝的来源、暂养与驯化

实验所用魁蚶系大连海水养殖二场人工养殖个体,壳长介于 1.9~4.2cm 之间。实验贝于 1991 年 3 月底从海区浮筏网笼中取回,海区水温 9℃,取回室内后放入 100 L 水族箱中暂养,每日投喂三次新月菱形藻 *Nitzschia closterium*,每次 5 万 Cells/ml。实验用水为砂滤自然海水,盐度为 30.5~31‰,每日全量换水一次。

实验贝的温度驯化由低到高进行,具体做法为:将魁蚶分成五组,分别放入水族箱中暂养,初始水温为 9℃,7 天后将各组升温,按最终温度 11、14、17、20、23℃ 用恒温控制器分别控制升温,各组每天升温 1℃,直到所需水温。实验贝在各温度下恒温培养 2~3 周后开始各项实验。

2. 实验方法

呼吸室采用 320~2400 ml (总容积) 的锥形瓶代用,每个呼吸室中放一个实验贝,分别测

定魁蚶在11、14、17、20、23℃时基础状态、食后状态和摄食状态条件下的耗氧率,各个状态条件均选取不同规格的魁蚶5~12个进行测定。基础状态是指魁蚶在饥饿2~3天后的状态条件,食后状态是指魁蚶在投入6万Cells/ml新月菱形藻2~6小时后除去饵料换上新鲜海水后的状态条件,摄食状态为投入6万Cells/ml新月菱形藻时的状态条件。

呼吸室口用橡胶塞密封,并检查气密性。各温度组基础、食后耗氧率测定均分别平行设定一个空白海水实验组,摄食耗氧率测定空白实验瓶内加入6万Cells/ml的新月菱形藻。实验时间为0.5~2小时,各呼吸室均放入所需温度的水中,置于安静黑暗处进行实验。

溶氧测定采用Winkler法^[7],根据公式:

$$R = \frac{(C_0 - C_t) \cdot V}{t}$$

计算耗氧率,其中 C_0 为实验终止时空白实验组

溶氧含量($\text{ml O}_2/\text{L}$), C_t 为实验结束后实验组溶氧含量($\text{ml O}_2/\text{L}$), V 为呼吸室容积(ml), t 为实验时间(h)。

测定结束后,将实验贝取出,用滤纸吸干表面水份,用游标卡尺测定壳长,壳宽后称取活体重,后放入65~70℃烤箱中烘干24小时,用精密电子天平称取贝体总干重(带壳),干肉重并记录。

三、结 果

实验结果表明,各温度组内的三个状态耗氧率中,最低值均出现在最小个体,最高值均出现在最大个体。如在11℃时,最小个体(2.015cm)的基础与食后耗氧率最低,分别为0.063 $\text{ml O}_2/\text{h}$ 和0.082 $\text{ml O}_2/\text{h}$,最大个体(3.890cm)的基础与食后耗氧率最高,分别为0.165 $\text{ml O}_2/\text{h}$ 和0.301 $\text{ml O}_2/\text{h}$,其它各温度组情况相同(见表1)。统计了魁蚶耗氧率与壳

表1 魁蚶在11~23℃各温度呼吸实验贝体大小与耗氧率

11℃	壳长	2.370	2.355	2.150	2.015	2.210	2.865	2.345	3.550	2.905	2.890		
	I	0.065	0.069	0.133	0.053	0.143	0.081	0.059	0.163	0.103	0.165		
	II	0.101	0.125	0.202	0.082	0.208	0.142	0.125	0.262	0.162	0.301		
	III												
14℃	壳长	3.125	2.280	3.395	2.040	2.450	3.040	3.800	2.915	2.165	3.030	3.060	2.965
	I	0.119	0.127	0.235	0.071	0.092	0.096	0.205	0.088	0.085	0.301	0.106	0.097
	II	0.218	0.261	0.348	0.090	0.157	0.169	0.351	0.143				
	III			0.350	0.113	0.173	0.201	0.394					
17℃	壳长	2.310	2.430	2.015	2.670	2.700	2.130	3.310					
	I	0.099	0.103	0.076	0.144	0.126	0.185	0.207					
	II	0.126	0.116	0.159	0.141	0.179	0.161	0.198	0.222	0.388	0.609		
	III	0.127	0.143	0.178	0.162	0.189	0.177	0.233	0.245	0.416	0.024		
20℃	壳长	1.905	1.960	2.540	2.526	2.700	3.495	3.095	4.075	2.120	3.610	4.005	
	I	0.152	0.128			0.147				0.193	0.294	0.474	
	II	0.182			0.184		0.362	0.402	0.620	0.321			
	III	0.134	0.163	0.159	0.204	0.235	0.394	0.642	0.957	0.341	0.424		
23℃	壳长	2.175	2.215	2.980	2.650	2.505	3.165	3.585	2.780	2.300	2.950		
	I	0.101	0.142	0.543		0.186	0.223	0.316		0.265	0.315	0.293	
	II			0.317	0.493					0.209	0.416	0.278	
	III			0.875	0.514								

其中, I—基础状态耗氧率, II—食后状态耗氧率, III—摄食状态耗氧率,单位为 $\text{ml O}_2/\text{h}$ 。

表 2 不同温度下翘鮠耗氧率回归公式

温度/℃	状态	回归公式	温度/℃	状态	回归公式	温度/℃	状态	回归公式
11	壳长	$Y=0.014L^{2.011} \quad n=10 \quad r=0.942$	14	壳长	$Y=0.017L^{2.002} \quad n=8 \quad r=0.956$	17	壳长	$Y=0.018L^{2.001} \quad n=7 \quad r=0.937$
	活体重	$Y=0.033X^{0.603} \quad n=10 \quad r=0.953$		活体重	$Y=0.049X^{0.601} \quad n=8 \quad r=0.937$		活体重	$Y=0.051X^{0.609} \quad n=7 \quad r=0.939$
	总干重	$Y=0.062X^{0.612} \quad n=10 \quad r=0.962$		总干重	$Y=0.075X^{0.637} \quad n=8 \quad r=0.954$		总干重	$Y=0.085X^{0.669} \quad n=7 \quad r=0.951$
	干肉重	$Y=0.230X^{0.652} \quad n=10 \quad r=0.974$		干肉重	$Y=0.602X^{0.639} \quad n=8 \quad r=0.954$		干肉重	$Y=0.436X^{0.719} \quad n=7 \quad r=0.952$
14	壳长	$Y=0.017L^{2.001} \quad n=12 \quad r=0.877$	17	壳长	$Y=0.024L^{2.001} \quad n=10 \quad r=0.950$	20	壳长	$Y=0.030L^{2.009} \quad n=8 \quad r=0.944$
	活体重	$Y=0.049X^{0.601} \quad n=12 \quad r=0.872$		活体重	$Y=0.077X^{0.641} \quad n=10 \quad r=0.952$		活体重	$Y=0.064X^{0.609} \quad n=8 \quad r=0.941$
	总干重	$Y=0.075X^{0.637} \quad n=12 \quad r=0.906$		总干重	$Y=0.122X^{0.661} \quad n=10 \quad r=0.953$		总干重	$Y=0.109X^{0.681} \quad n=8 \quad r=0.951$
	干肉重	$Y=0.343X^{0.639} \quad n=12 \quad r=0.937$		干肉重	$Y=0.634X^{0.681} \quad n=10 \quad r=0.953$		干肉重	$Y=0.563X^{0.692} \quad n=8 \quad r=0.955$
17	壳长	$Y=0.018L^{2.001} \quad n=7 \quad r=0.937$	20	壳长	$Y=0.033L^{2.009} \quad n=8 \quad r=0.941$	23	壳长	$Y=0.024L^{2.014} \quad n=7 \quad r=0.952$
	活体重	$Y=0.051X^{0.609} \quad n=7 \quad r=0.939$		活体重	$Y=0.099X^{0.608} \quad n=8 \quad r=0.970$		活体重	$Y=0.077X^{0.619} \quad n=7 \quad r=0.952$
	总干重	$Y=0.085X^{0.669} \quad n=7 \quad r=0.951$		总干重	$Y=0.184X^{0.619} \quad n=8 \quad r=0.930$		总干重	$Y=0.131X^{0.691} \quad n=7 \quad r=0.947$
	干肉重	$Y=0.436X^{0.719} \quad n=7 \quad r=0.952$		干肉重	$Y=0.774X^{0.682} \quad n=8 \quad r=0.950$		干肉重	$Y=0.659X^{0.694} \quad n=7 \quad r=0.958$
20	壳长	$Y=0.030L^{2.009} \quad n=8 \quad r=0.944$	23	壳长	$Y=0.034L^{2.003} \quad n=5 \quad r=0.919$	23	壳长	$Y=0.024L^{2.014} \quad n=7 \quad r=0.952$
	活体重	$Y=0.064X^{0.609} \quad n=8 \quad r=0.941$		活体重	$Y=0.108X^{0.613} \quad n=5 \quad r=0.913$		活体重	$Y=0.077X^{0.619} \quad n=7 \quad r=0.952$
	总干重	$Y=0.109X^{0.681} \quad n=8 \quad r=0.951$		总干重	$Y=0.190X^{0.613} \quad n=5 \quad r=0.912$		总干重	$Y=0.131X^{0.691} \quad n=7 \quad r=0.947$
	干肉重	$Y=0.563X^{0.692} \quad n=8 \quad r=0.955$		干肉重	$Y=0.939X^{0.679} \quad n=5 \quad r=0.926$		干肉重	$Y=0.659X^{0.694} \quad n=7 \quad r=0.958$
23	壳长	$Y=0.030L^{2.009} \quad n=8 \quad r=0.944$	23	壳长	$Y=0.034L^{2.003} \quad n=5 \quad r=0.919$	23	壳长	$Y=0.024L^{2.014} \quad n=7 \quad r=0.952$
	活体重	$Y=0.064X^{0.609} \quad n=8 \quad r=0.941$		活体重	$Y=0.108X^{0.613} \quad n=5 \quad r=0.913$		活体重	$Y=0.077X^{0.619} \quad n=7 \quad r=0.952$
	总干重	$Y=0.109X^{0.681} \quad n=8 \quad r=0.951$		总干重	$Y=0.190X^{0.613} \quad n=5 \quad r=0.912$		总干重	$Y=0.131X^{0.691} \quad n=7 \quad r=0.947$
	干肉重	$Y=0.563X^{0.692} \quad n=8 \quad r=0.955$		干肉重	$Y=0.939X^{0.679} \quad n=5 \quad r=0.926$		干肉重	$Y=0.659X^{0.694} \quad n=7 \quad r=0.958$

长,活体重,总干重,干肉重数据,得出耗氧率与壳长和体重均呈指数回归关系($Y=aX^b$),回归公式见表2。由表中可以看出,壳长回归式中指数均大于1;体重回归公式中指数在11、14、17、20、23℃各组平均值分别为0.642、0.617、0.663、0.637和0.653,总平均0.642。

从11、14、17、20、23℃各实验组体重回归公式的 a 值(单位体重翘鮠的耗氧率)可以看出,基础耗氧率的 a 值分别为0.280、0.343、0.436、0.563、0.669 ml O_2 /g 干肉重/小时,食后耗氧率 a 值分别为0.440、0.603、0.684、0.774和0.899 ml O_2 /g 干肉重/小时,14~23℃各组摄食耗氧率 a 值分别为0.657、0.716、0.847和1.05 ml O_2 /g 干肉重/小时,均随温度上升而增大,说明,随温度的升高,翘鮠单位体重的耗氧率增加。同时,由 $Y=aX^b$ 得特殊体重耗氧率 $P=Y/X=a^{1/b}$,计算了翘鮠在各温

度、各个状态条件下的特殊体重耗氧率平均值,并依据公式:

$$Q_{10} = (Y_2/Y_1)^{10/(T_2-T_1)}$$

计算了翘鮠的 Q_{10} 值(表3),加其三个状态

表 3 翘鮠11~23℃内的 Q_{10} 值

温度/℃	基础状态		食后状态		摄食状态	
	$\bar{Y}$	Q_{10}	$\bar{Y}$	Q_{10}	$\bar{Y}$	Q_{10}
11	0.046	2.04	0.070	2.67	0.104	1.61
14	0.057		0.064		0.120	
17	0.066		0.110		0.140	
20	0.085		0.113		0.149	
23	0.107		0.123			
总平均						1.75

其中 $\bar{Y}$ 为各特殊体重耗氧率平均值,单位: ml O_2 /g 干肉重/小时。

Q_{10} 值介于 1.23~2.15 之间, 平均 1.75, 说明温度每升高 10°C , 魁蚶的呼吸耗氧率提高 0.75 倍。

本实验测定了魁蚶在基础状态、食后状态和摄食状态下的耗氧率, 目的在于探讨魁蚶的活动水平对耗氧率的影响。结果表明, 同温度下, 从基础状态到食后和摄食状态, 随着活动水平的增加, 魁蚶单位体重耗氧率 (即 a 值) 增加 (见表 2)。

四、讨 论

1. 体重与魁蚶及贝类耗氧率的关系。

自从 Winberg(1956) 提出动物的代谢率与体重的关系 $Y=aX^b$ 模型以来, 此关系式已在许多动物发现存在。在贝类, 许多学者还证明了此点。Sprung(1984), Macdonald(1988), 中西孝(1989) 分别给出了贻贝 *Mytilus edulis*^[12], 邮夷扇贝 *Patinopecten yessoensis*^[13] 及扇贝 *Pecten albicans*^[14] 的耗氧率与体重的指数回归关系式。本文对魁蚶的研究结果也发现存在此种关系。回归式中的 a 值即单位体重贝体耗氧率, 一般变化较大, 除了种的特异性外主要是由于研究者测定耗氧率的温度等环境条件以及所用的计算体重的方式不同等因素造成的, 例如, 有些作者在计算时体重用活体重^[15] 有的用湿肉重^[16], 总干重^[16], 有的用干肉重^[16], 从而导致 a 值变化较大。本研究使用了三个体重表达方法, 即活体重, 总干重和干肉重, 建立了耗氧率的指数回归公式, 在数值上, 魁蚶的 a 值在 0.280~1.05 $\text{ml O}_2/\text{g}$ 干肉重/小时之间。

回归式中的体重指数 b 多数研究结果表明变化较小, 一般介于 0.4~1.5 之间, 且多低于 1, Bayne(1976) 报道了 15 种贝类的 b 值介于 0.00~0.93 之间, 平均为 0.72^[17]。本实验魁蚶的 b 值平均为 0.642, 基本与其它贝类相近。

2. 温度对魁蚶耗氧率的影响

魁蚶同其它贝类一样均属变温动物, 温度是公认的影响耗氧率的主要因素之一^[18-19]。温

度的突然变化常引起贝类呼吸的异常变化, 而缓慢变化则可使贝类有一个调节或驯化的过程, 故在测定魁蚶不同温度下的耗氧率以前, 必须经过一个调节、驯化的过程。一般说来驯化时间长些为好, 这样可使测定结果稳定且更接近自然条件下的情况。本研究魁蚶从 9°C 海区取回后, 先在 9°C 海水中暂养 7 天后每天升温 1°C , 至各组分别达到 11、14、17、20、23 $^{\circ}\text{C}$ 时, 恒温培养 2~3 周后再进行耗氧率测定。

温度的升高常引起耗氧率的增加, 这可以通过 Q_{10} 值来反映。自然界动物一般在温度每升高 10°C 时, 代谢率提高一倍, 贝类也不例外。对壳类的 Q_{10} 值大多在 1.0~2.5 之间或稍高^[17]。本研究结果也说明随温度升高, 魁蚶耗氧率增加, Q_{10} 值计算结果为 1.75, 说明 11~23 $^{\circ}\text{C}$ 内温度每升高 10°C , 魁蚶耗氧率增加 0.75 倍。

3. 活动水平对魁蚶耗氧率的影响。

贝类的活动对耗氧率影响较大。同其它动物相似, 一些学者也将贝类的呼吸代谢分为基础 (或标准) 代谢亦即饥饿、相对静止状态的代谢和最大活动条件下的代谢以及处于前两者之间的日常代谢^[17,20]。代谢代谢由于在实验室条件下难以测到, 故多为估测, 而日常代谢则范围较大, 同时也是测定研究最多的。通常研究的贝类耗氧率多属此类。

关于活动水平对贝类耗氧率的影响, Bayne(1976) 和 Navarro 等 (1982) 曾对两种贻贝 *M. californianus* 和 *M. chilensis* 有报道^[16,19]。Bayne 给出了加州贻贝 *M. californianus* 在 13°C 条件下的日常代谢的三个组成部分: 基础代谢率、摄食的主代谢率以及摄食和饥饿前代谢率, 分别为 0.136、0.098 和 0.510 $\text{ml O}_2/\text{g}$ 干肉重/小时, 三者所占日常代谢的比例分别为 25.1%、17.7% 和 57.2%, Navarro 等 (1982) 比较了贻贝 *M. chilensis* 在饥饿状态的基态代谢率、摄食开始时间内的 45 分钟 (基态代谢率加摄食前耗氧) 和摄食耗氧率 (摄

摄食状态=基础耗氧率+摄食的机械和生理消耗。他们指出日常耗氧率的三个组成部分中基础耗氧率,摄食的生理消耗和机械消耗所占的比例分别为88~75%,17~29%和3~8%,与 Bayne 结果相差很大,但无论是 Bayne 还是 Navarro 的结果均表明,随着贻贝活动的加强,耗氧率增加。本研究设定基础,食后,摄食状态的目的之一也是为了探讨日常耗氧率中的三个组成部分:基础耗氧率,摄食的生理消耗(食后耗氧率减基础耗氧率)和机械消耗(摄食耗氧率减食后耗氧率)之间的关系(表4),由表中结果可见,上述三部分所占比例分别为58.8~70.7%,15.0~34.9%和7.7~14.5%,结果基本与 Navarro 等相同而不同于 Bayne。

表4 贻贝在14~23℃的日常代谢耗氧率各部分的比例

温 度 (℃)	基础代谢耗氧率		摄食的机械消耗		摄食的生理消耗	
	平均值	所占比例 (%)	平均值	所占比例 (%)	平均值	所占比例 (%)
14	0.537	54.6	0.122	10.5	0.407	34.9
17	0.774	61.6	0.104	7.7	0.165	34.0
20	0.835	63.3	0.227	14.5	0.505	32.2
23	1.183	70.7	0.240	14.3	0.251	15.0

其中各部分耗氧率平均值单位为 $\text{ml O}_2/\text{g}$ 干肉重/小时。

此外,由于贝类属低等动物,耗氧率与环境空气中氧气浓度关系很大,一般认为海水中氧气浓度高于饱和值的70%时,氧气的多少对贝类耗氧率影响不大^[10]。故在本实验中,我们的测定时间一般为0.5~2h,测定后水中的溶氧值均不低于饱和值的80%。其它因素如盐度,季节变化,摄食率等均对贻贝及贝类耗氧率有某些影响,本文未作涉及,有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 大连水产学院, 1930. 贝类生理学, 农业出版社, 北京。
[2] 王守臣等, 1987. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。

- [3] 王守臣等, 1989. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1989, 18(1): 1-10。
[4] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[5] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[6] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[7] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[8] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[9] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[10] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[11] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[12] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[13] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[14] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[15] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[16] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[17] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[18] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[19] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。
[20] 王守臣等, 1990. 温度对贻贝摄食率及消化率的影响。见《水产科学》, 1990, 19(1): 1-10。