

九孔鲍摄食江蓠与人工配合饲料的能量收支比较*

阎希柱^{1, 2}*, 王桂忠² 李少菁² 林声盼¹ 吴成业¹⁽¹⁾集美大学水产学院 福建厦门 361021⁽²⁾厦门大学海洋与环境学院 福建厦门 361005

摘要 通过投喂江蓠 (*Gracilariaceae licheniodes*) 和配合饲料对九孔鲍 (*Haliotis diversicolor aquatilis*) 的能量收支进行了比较研究. 结果表明: 两种饲料组的九孔鲍耗氧率在昼夜之间均并没有明显差异 ($P > 0.05$), 九孔鲍摄食两种饲料的吸收率也没有显著差异 ($P > 0.05$), 而饲料系数、蛋白质效率、总生长效率则有显著的差异 ($P < 0.05$). 配合饲料组的排泄能显著高于江蓠组的 ($P < 0.05$), 而代谢能和粘液能却显著低于江蓠组的 ($P < 0.05$), 两组饲料的排粪能和壳能没有显著差异 ($P > 0.05$). 因壳能很少, 在测定中可以忽略. 配合饲料组的软体部生长能显著高于江蓠组的 ($P < 0.05$). 摄食江蓠和配合饲料的九孔鲍能量收支方程分别为:

江蓠组

$$100C = (12.76 \pm 1.22)F + (76.47 \pm 5.33)R + (2.74 \pm 0.40)U + (6.75 \pm 0.46)M + (2.78 \pm 0.48)P_g + (0.03 \pm 0.01)P_{sh} - (1.53 \pm 4.19)$$

配合饲料组

$$100C = (12.15 \pm 1.69)F + (54.94 \pm 5.10)R + (4.50 \pm 0.70)U + (3.99 \pm 0.07)M + (29.79 \pm 4.77)P_g + (0.03 \pm 0.01)P_{sh} - (5.40 \pm 7.43)$$

关键词 能量收支; 九孔鲍; 人工配合饲料; 江蓠 (图1表4参21)**CLC** Q959.212.05ENERGY BUDGETS OF HALIOTIS DIVERSICOLOR AQUATILIS
FED BY GRACILARIACEAE LICHENIODES AND FORMULA FEED*YAN Xizhu^{1, 2}*, WANG Guizhong², LI Shaojing², LIN Shengpan¹ & WU Chengye¹⁽¹⁾ Fisheries College, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021, China⁽²⁾ Oceanography and Environment College, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005, China

Abstract The energy budgets of *Haliotis diversicolor aquatilis* fed by *Gracilariaceae licheniodes* and formula feed were studied in this paper. There was no significantly different diurnal oxygen consumption rate of *H. diversicolor aquatilis* between the two groups ($P > 0.05$). The absorption efficiency of the two feeds groups was not significantly different ($P > 0.05$), while the feed coefficient, protein efficiency ratio, gross growth efficiency were significantly different ($P < 0.05$). Although the excretion energy of the formula feed group was significantly higher than that of *G. licheniodes* group ($P < 0.05$), the metabolic energy and mucus energy of the formula feed were significantly lower than those of *G. licheniodes* group ($P < 0.05$). The feces energy and the shell growth energy of the two groups were not significantly different ($P > 0.05$). The shell growth energy was so low that it can be neglected. So the somatic part growth energy of the formula feed was significantly higher than that of *G. licheniodes* group ($P < 0.05$).

The energy equations of *H. diversicolor aquatilis* fed by *G. licheniodes* (the former) and formula feed (the latter) were:

$$100C = (12.76 \pm 1.22)F + (76.47 \pm 5.33)R + (2.74 \pm 0.40)U + (6.75 \pm 0.46)M + (2.78 \pm 0.48)P_g + (0.03 \pm 0.01)P_{sh} - (1.53 \pm 4.19)$$

$$100C = (12.15 \pm 1.69)F + (54.94 \pm 5.10)R + (4.50 \pm 0.70)U + (3.99 \pm 0.07)M + (29.79 \pm 4.77)P_g + (0.03 \pm 0.01)P_{sh} - (5.40 \pm 7.43)$$

Keywords energy budget; *Haliotis diversicolor aquatilis*; formula feed; *Gracilariaceae licheniodes* (Fig 1, Tab 4, Ref 21)**CLC** Q959.212.05

鲍被誉为“海八珍”之首, 是一种名贵的水产品. 近年来,

在南方主养的九孔鲍的产量已经超过在北方主养的皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hannai*) 的产量, 高居我国养殖鲍类榜首.

目前九孔鲍养殖大多投喂江蓠、海带等, 也有一些养殖场使用人工配合饲料. 随着养殖业及饲料业的进一步发展, 人工配合饲料使用也会更加广泛. 人们已对多种鲍能量学开展了研

收稿日期: 2004-03-20 修回日期: 2004-05-07

*福建省自然科学基金项目(B0110035)资助 Supported by the Fujian Natural Science Foundation of China

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: yanxizhu@163.net)

究,例如中间鲍 (*H. midae*)^[1],疣鲍 (*H. Tuberculata*)^[2]. 国内仅见对皱纹盘鲍进行研究报道^[3].

本文从能量生物学角度对江蓐和人工配合饲料投喂九孔鲍的效果进行了比较研究,对能量收支方程的各个组分进行了测定,并对该鲍能量收支方程进行了探讨,以期对养殖管理提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

江蓐组和配合饲料组分别设 3、2 个小组,每小组内 6 个平行,放置在室内的不同位置,每个平行养 3 只鲍.

配合饲料由福建大统联丰兴业饲料有限公司提供;江蓐和鲍购自福建东山养殖场(盐度 31),挑选规格相近者(5.5~6.5 cm)运回集美大学水产养殖试验场(盐度 29),分组放在 35 cm × 15 cm × 35 cm(长 × 宽 × 高)的玻璃缸中暂养 7 d 后进行实验.水温为(27 ± 3) °C,盐度为 29.23 ± 0.42, pH 值为 8.02 ± 0.26,溶解氧为(6.5 ± 1) mg L⁻¹.

1.2 测定方法

1.2.1 饲料及粪便营养组成 按常规方法^[4]测定饲料及粪便营养组成.

1.2.2 生长能(*P*)测定 取实验前后的鲍各 21 个测定其壳长(*L*)、干肉重(*W_{d,p}*)和干壳重(*W_{d,sh}*),建立 *L* 与 *W_{d,p}*、*L* 与 *W_{d,sh}* 的回归关系式,根据该关系式计算初始干肉重和干壳重.实验结束将鲍取出烘干,测量其湿体重、干肉重和干壳重,与初始值比较计算生长能(包括软体部能和贝壳能).

$P(\text{kJ ind}^{-1} \text{d}^{-1}) = \text{实验前后干肉重差} \times \text{干肉比能值} (\text{kJ g}^{-1}) + \text{实验前后干壳重差} \times \text{干壳比能值} (\text{kJ g}^{-1})$.

其中干肉比能值和干壳比能值由实验前后各 21 个的干肉和干壳分别粉碎均匀后,取 3 个以上平行样品,用 Parr1672 微量氧弹仪测定.

1.2.3 摄食能(*C*)测定 每天 17:00 过量投饵,2 投喂前将残饵捞出称重.由于配合饲料在水中会吸水 and 溶失,因此同时做一个空白对照以修正摄食量.

摄食量(g) = 投饵量(干计) × 溶失率 - 残饵量(干计)

摄食能 $C(\text{kJ ind}^{-1} \text{d}^{-1}) = \text{总摄食量} \times \text{饵料比能值} \times (\text{鲍个数}^{-1} \times \text{d}^{-1})$

1.2.4 排粪能(*F*)测定 每天及时收集粪便.粪使用 200 目(=77 μm)筛绢过滤后挑选收集,并冲洗下来鲍壳上可能粘附的粪便,之后在 65 °C 下烘干再称重.

排粪能 $F(\text{kJ ind}^{-1} \text{d}^{-1}) = \text{平均每日收集粪便干重} \times \text{粪便比能值}$

1.2.5 代谢能(*R*)能测定 实验前,密封水族箱,仅留进水口和出水口.设空白实验组 1 组,测定九孔鲍在 24 h 内耗氧率的昼夜变化.流速(80 ± 5) mL/min.溶解氧测定用碘量法.

耗氧率(μmol O₂ ind⁻¹ d⁻¹) = 进出水口溶氧差 × 流速

消耗的氧气与能量的转换系数为 20.1 J/mL O₂^[5].

1.2.6 排泄能(*U*)测定 采用密封静水法. NH₃-N 用次溴酸钠法测定.排泄能转换系数为 24.83 J/mg N.^[6]

1.2.7 粘液能(*M*)测定 粘液分为水中悬浮的粘液和水族箱壁上附着的粘液两部分.为了不影响实验鲍的生长,用同

批次的鲍来做实验,并根据它的值来估测其他实验鲍的粘液能.

鲍在水族箱中暂养,饥饿 3 d 以避免粪便影响.实验前鲍鱼不要取出来,将箱内壁洗净,然后注入用玻璃纤维滤膜(GH/C, whatman)过滤过的海水 6 L. 24 h 后将鲍小心(避免鲍分泌粘液)地取出.用玻璃纤维滤膜(GF/C whatman)过滤箱内水中鲍 24 h 排出的粘液.将鲍取出后用刀片将箱内壁上的粘液刮下,用玻璃纤维滤膜(GF/C whatman)过滤.将两部分粘液均烘干,计算出粘液总干重,测定比能值,计算出九孔鲍 24 h 排泄的粘液能.

粘液能(kJ ind⁻¹ d⁻¹) = (过滤前后的玻璃纤维滤膜重量差 + 玻璃壁上刮下的粘液) × 粘液比能值(kJ g⁻¹) × 鲍个数⁻¹

1.3 能量收支方程及其他计算

日壳长增长率 D_{sh} (Daily growth rate of shell length) = $(L_t - L_0) d^{-1}$

日湿重增重率 D_{ww} (Daily growth rate of wet weight) = $(W_t - W_0) d^{-1}$

干软体部增重 D_{s0} (total increment of dry somatic part) = $(W_{st} - W_{s0}) d^{-1}$

吸收率 AE (Absorption efficiency) = $(C - F) C^{-1} \times 100\%$

饵料系数 FC (Feed coefficient) = $F_i (W_t - W_0)^{-1}$

蛋白质效率 PER (Protein efficiency ratio) = $(W_t - W_0) P^{-1}$

总生长效率 GGE (Gross growth efficiency) = $(P_g + P_{sh}) C^{-1} \times 100\%$

贝类能量收支方程用下面公式表示: $C = P_g + P_{sh} + R + F + U + M$

其中: *L*₀ 初始壳长; *L*_t, 终止壳长; *W*₀, 初始湿重; *W*_t, 终止湿重; *d*, 饲养天数; *W*_{s0} 初始干软体部重; *W*_{st} 终止干软体部重; *F*_i, 投入饵料干重; *P*, 摄入的蛋白质; *C*, 为摄食能; *P*_g, 软体部生长能; *P*_{sh}, 贝壳生长能; *R*, 呼吸代谢能; *F*, 粪能(包括构成粪便的粘液); *U*, 排泄能; *M*, 粘液能.

1.4 数据处理

按照单因素(饲料)二水平(江蓐和配合饲料)多重重复的实验设计,采用 F 检验和邓肯氏新复极差检验法(DMRT 法)处理试验数据.

2 结果

2.1 九孔鲍摄食与生长

人工配合饲料、江蓐和九孔鲍摄食上述两种饲料所排出的粪便的营养组成见表 1.

九孔鲍摄食不同饲料的生长情况以及不同饲料的效果评价分别见表 2.

从表 2 中可见,配合饲料组的九孔鲍生长速率 GGE 明显 ($P < 0.01$) 高于江蓐组,特别是体重增长上比壳长更显著.

江蓐组的 FC 大于配合饲料组,配合饲料组的 PER 高于江蓐组,配合饲料组的 GGE 大于投喂江蓐组的.江蓐组的 AE 与配合饲料组的无显著差异 ($P > 0.05$).江蓐与配合饲料的 FC、PER、GR 差异显著 ($P < 0.05$).

2.2 九孔鲍的耗氧率

摄食不同饲料九孔鲍 48 h 耗氧率见图 1。
本研究结果表明: 九孔鲍耗氧率在 24:30 ~ 12:30 期间的耗氧率大于 12:30 ~ 24:30 期间的耗氧率, 但在昼夜之间并没

有明显差异 ($P > 0.05$), 配合饲料组九孔鲍的耗氧率明显高于江蓠组 ($P < 0.05$), 即配合饲料组九孔鲍日常代谢水平比江蓠组的九孔鲍要高。

表 1 江蓠、配合饲料和九孔鲍粪便的营养组成

Table 1 Nutrient compositions of *G. lichenoides*, formula feed and the feces of *H. diversicolor aquatilis* fed by the two diets

样品 Samples	水分 Water	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗灰分 Crude ash	粗纤维 Crude fiber	比能值 Energy content
配合饲料 Formula feed	7.27	24.42	0.72	23.3	3.8	14.64
江蓠 <i>G. lichenoides</i>	88.04	5.21	0.05	29.56	-	11.52
配饵组粪便 Feces of formula feed group	-	-	-	42.25	-	11.75
江蓠组粪便 Feces of <i>G. lichenoides</i> group	-	-	-	44.06	-	8.82

表 2 九孔鲍摄食江蓠和配合饲料的效果评价

Table 2 Evaluation of *G. lichenoides* and formula feed fed to *H. diversicolor aquatilis*

组别 Group	小组 Small group	初始壳长 Initial shell length (L_0 /cm)	终止壳长 Final shell length (L_f /cm)	终止湿重 Final wet weight (W_f /g)	干软体部	日壳长	日湿重	吸收率 Absorption efficiency (AE)	饲料系数 Feed coefficient (FC)	蛋白质效率 Protein efficiency rate (PER)	总生长效率 Gross growth rate (GGE)
					增重 Total increment of dry somatic part (D_{s0} /μg)	增重率 Daily growth rate of shell length (D_{sh} /μm d ⁻¹)	增重率 Daily growth rate of wet weight (D_{ww} /μg d ⁻¹)				
江蓠组 <i>G. lichenoides</i>	1 #	5.994	6.123	24.376	3.776	44.83	3.91	88.63	5.27	0.36	2.5
	2 #	5.957	6.081	23.649	3.905	42.76	4.03	86.27	4.49	0.43	3.3
	3 #	5.942	6.07	24.863	3.043	44.14	3.14	86.85	6.38	0.3	2.32
配合饲料组 Formula feed group	1 #	5.946	6.145	25.129	73.506	68.63	11.64	89.04	2.92	1.4	33.23
	2 #	5.89	6.058	24.149	56.904	57.93	10.82	86.63	3.05	1.34	26.46

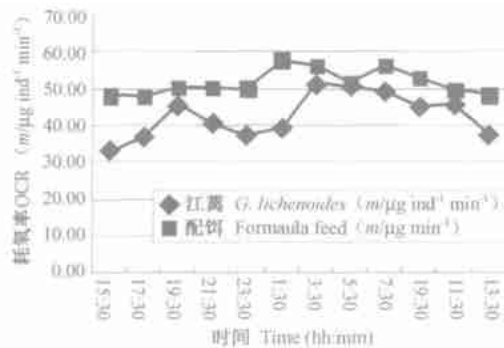


图 1 摄食江蓠和配合饲料的九孔鲍 48 h 耗氧率

Fig. 1 Oxygen consumption rates of *H. diversicolor aquatilis* fed by *G. lichenoides* and formula feed in 48 h

2.3 九孔鲍能量收支方程

九孔鲍摄食不同饲料的能量收支见表 3。

从表 3 可看出, 投喂不同种类饲料的九孔鲍对所摄入的能量分配在代谢能、排泄能和软体部生长能上差异显著 ($P < 0.05$), 而在粪能和壳能的能量分配上差异不显著 ($P > 0.05$)。

摄食两种不同饲料的能量收支方程分别为:

江蓠组

$$100C = (12.76 \pm 1.22)F + (76.47 \pm 5.33)R + (2.74 \pm 0.40)U + (6.75 \pm 0.46)M + (2.78 \pm 0.48)P_g + (0.03 \pm 0.01)P_{sh} - (1.53 \pm 4.19)$$

表 3 九孔鲍摄食江蓠和配合饲料的能量收支

Table 3 Energy budgets of *H. diversicolor aquatilis* fed by *G. lichenoides* and formula feed

Group	小组别 Small group	摄食能	粪能	代谢能	尿能	粘液能	软体部能	壳能
		C /kJ ind d ⁻¹	F /kJ ind d ⁻¹	R /kJ ind d ⁻¹	U /kJ ind d ⁻¹	M /kJ ind d ⁻¹	P_g /kJ ind d ⁻¹	P_{sh} /kJ ind d ⁻¹
江蓠组 <i>G. lichenoides</i> group	1 #	2.37E+00	2.70E-01	1.83E+00	5.46E-02	-	6.59E-02	4.21E-04
	2 #	2.09E+00	2.87E-01	1.48E+00	6.48E-02	1.52E-01	6.81E-02	8.72E-04
	3 #	2.31E+00	3.04E-01	1.88E+00	6.47E-02	-	5.31E-02	4.99E-04
配合饲料组 Formula feed group	1 #	3.86E+00	4.23E-01	2.26E+00	4.64E-01	1.52E-01	1.28E+00	1.41E-03
	2 #	3.76E+00	5.02E-01	1.93E+00	5.63E-01	-	9.93E-01	8.97E-04

配合饲料组

$$100C = (12.15 \pm 1.69)F + (54.94 \pm 5.10)R + (4.50 \pm 0.70)U + (3.99 \pm 0.07)M + (29.79 \pm 4.77)P_g + (0.03 \pm 0.01)P_{sh} - (5.40 \pm 7.43)$$

由表 4 可以看到, 虽然配合饲料组摄食能仅是江蓠组的 1.6 倍, 且饲料能量的吸收率 (AE) (表 2) 是相近的 (江蓠组平均是 87.3%, 配合饲料组平均是 87.8%), 但在体重日增长率上, 配合饲料组却是江蓠组的 2.6 ~ 3.7 倍。可见配合饲料中的蛋白质比江蓠中的更适合九孔鲍的生长, 显著地降低饲料干重系数 FC (表 2)。

本研究中, 江蓠组的 FC 显著高于配合饲料组 ($P < 0.05$),

3 讨论

3.1 九孔鲍对蛋白质的营养需求和生长

配合饵料组的 PER 高于江蓠组 ($P < 0.05$), 配合饵料组的 GGE 高于江蓠组 ($P < 0.05$). 江蓠组的吸收率与配合饵料组的无显著差异 ($P > 0.05$). 这些差异同样说明, 配合饵料的营养配比更适合九孔鲍的生长. 同时, 相近的 AE 而差异显著的 GGE ($P < 0.05$) 也说明摄食江蓠的九孔鲍能量支出更多地未用于生长.

酒井^[7]对皱纹盘鲍摄食不同海藻及组合的饵料效果表明, 当鲍同时摄食两种或两种以上海藻时, 其饵料效率不是各种饲料效率的简单叠加与平均, 总效果可能优于其中任何一种的饵料效果. 这便可能是由于摄食多种饵料使得蛋白质中氨基酸相对均衡的原因. 因此, 为了降低饵料系数, 不应以单种海藻作为饵料, 而应采用多种海藻混合或交替投喂.

3.2 代谢

鲍属于昼伏夜出动物. 据聂宗庆和王素平^[8]等报道, 鲍活动时间多开始于日落后 2~3 h, 终止于日出前 2~3 h, 期间有两个活动高峰期, 大致出现在 20:00~22:00 与凌晨 3:00~4:00. 耗氧率主要取决于的生理活动强度. 浮永久与菊地省吾^[9]对皱纹盘鲍的耗氧率研究表明, 耗氧率与水温、体重、昼夜各因子都有关. 昼夜之间耗氧率明显不同, 夜间耗氧量明显高于白天. 常亚青与王子臣^[3]对皱纹盘鲍研究也报道了类似的结果. 九孔鲍耗氧率在昼夜之间并没有明显差异 ($P > 0.05$) (图 1), 与中间鲍^[1]昼夜耗氧率没有明显差异研究结果一致. 这些结果表明, 不同的鲍有着不同的昼夜耗氧规律.

3.3 粘液能

粘液能在能量收支研究中的重要性常常被忽视^[10]. 腹足动物在运动^[11,12]和固着^[13]时都会分泌粘液, 静止时也会通过分泌粘液来清除外套膜上的粪便和杂物颗粒^[14,15]. 以前的研究表明, 粘液能占总摄入量 4%~29.1% 之间^[16,17~21]. 可见粘液能在一些腹足动物能量收支中占有重要地位. 但许多研究都把它忽略掉了^[1~3].

Kideys 和 Hartnoll^[19]的试验是在 20~30 min 内估测了波纹蛾螺 (*Buccinum undatum*) 的粘液分泌量, 结果表明, 粘液能

来自足部和外套膜的能量分别是总能量的 10.6% 和 16.9%. 由于他们未计算静止个体, 而实验个体在移入、固定和移出时都会增加粘液分泌, 并且粘液分泌量在其爬行时会高于静止时, 因此, 如此短时间的试验结果会导致高估粘液能, 尤其会高估足部粘液能.

本研究试验中把时间延长到 24 h, 粪便杂质、缸中细菌对粘液的分解也可能引起误差. 尽管采取了先将鲍饥饿 3 d, 再做试验以减少粪便引起的误差的方法.

本研究中粘液能仅占摄食能的 3.94%~7.27%, 这与其他腹足类的研究中粘液能大多数是小于摄食能的 10% 的结论是一致的^[19]. 配合饲料组粘液能占摄食能比例 (3.99 ± 0.07) 显著低于江蓠组的比例 (6.75 ± 0.46). 其原因也许是摄食江蓠组的鲍为了摄食足够的能量而运动时间更多所致.

3.4 壳能

有的学者认为贝壳有机物是动物有机体的重要组成部分^[20,21]. 用灼烧和化学萃取两种不同方法对 *Gardium edule*, 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 和 *Cardium glaucum* 3 种贝壳中的有机物进行测定表明, 贝壳有机物占动物有机物含量 5.2%~14.4%, 贝壳比能值变化在 17.00 ± 0.06 J/mg~ 24.0 ± 2.87 J/mg 之间. 不同种类和同一种类生活在不同生境的贝壳比能值不同. 贝壳有机物中 66.7%~89.0% (也随种类和地理位置变化而变化) 是蛋白质, 0.84%~2.88% 是脂肪, 另外还有 0.15%~0.29% 的糖. 可见, 贝壳比能值的大小主要决定于贝壳有机物中占主要成分的蛋白质含量的大小.

本研究中, 九孔鲍壳的比能值是 20.18 J/mg, 与 Goulet-quer & Wolowicz (1989)^[21] 所测的另外几种贝壳能值相近.

由表 3 可见, 鲍能量收支中壳能仅占摄入能量的 0.018%~0.036%, 同其它贝类生物能量学研究^[1~3] 中一样, 九孔鲍壳能可以忽略不计.

3.5 能量收支方程

现将一些鲍的能量收支研究结果列于表 4.

表 4 不同种类鲍的能量收支
Table 4 Energy budgets of different abalones

种类 Species	食物 Feed	C	P	R	F	U	M	平衡 Balance	文献 References
中间鲍 <i>H. Midæ</i> L.	海藻等 Algae et al.	100	4.5	32.5	63	0.1	\	0	Barkai (1988)
疣鲍 <i>H. turberculata</i> L.	海藻 Algae	100	27.5	27.5	20.4	\	27.4	0	Peck (1987)
皱纹盘鲍 <i>H. discus hannai</i>	海带 <i>Laminaria japonica</i>	100	5.6~25.2	24.9~31.1	38.2~42.5	\	\	0	常亚青 (1998) Chang (1998)
九孔鲍 <i>H. diversicolor aquatilis</i>	江蓠 <i>G. lichenoides</i>	100	2.32~3.30	70.81~81.39	11.37~13.75	2.30~3.10	6.41~7.27	-6.25~1.78	本文 This paper
九孔鲍 <i>H. diversicolor aquatilis</i>	配合饵料 Formula feed	100	26.50~33.27	51.33~58.55	10.97~13.38	4.01~4.99	3.94~4.05	-10.65~0.15	本文 This paper

在贝类能量学研究中, 完整地按实测方程各项的并不多, 通常忽略的有粘液能、壳能、排泄能, 许多研究都是通过差量法确定某项^[1~3].

影响能量收支的因素很多, 从表 4 中的结果来看, 不同种

鲍的能量收支方程差异很大. 同一种类在相同生态条件下摄食不同饲料的能量收支方程也会不同.

本研究方程式两边不相等, 是由于能量收支实测各组分的误差共同造成的.

4 结语

本研究表明:虽然九孔鲍对江蓐和配合饲料具有相近吸收率,但摄食不同饲料的九孔鲍能量收支仍然存在着差异,其原因在于:与配合饲料相比,江蓐是一种含水率较高,其他营养成分含量较低和比能值较低的天然饲料,鲍须花费更多时间和运动来觅食,导致支出更多的活动代谢能(代谢能包括标准代谢能、活动代谢能和特殊动力作用)和粘液能,才能摄入足够的营养与能量。本研究结果表明:壳能在九孔鲍的能量支出中,可以忽略,鲍配合饲料组排粪能与江蓐组的之间无显著差异($P > 0.05$)。虽然配合饲料组的排泄能显著高于江蓐组的($P < 0.05$),但配合饲料组的鲍代谢能和粘液能大幅降低,便有更多能量用于生长和繁殖,日壳增长率、日湿重增重率和总生长效率都更高。可见,通过选用比能值和可消化能高的人工配合饲料并优化其配方,可以减少摄食能在代谢上的支出比例从而提高饲料效率,促进生长。

References

- Barkai R, Griffiths CL. An energy budget for the south African abalone *Haliotis Midiae* Linnaeus. *J Moll Stud*, 1988, **54**: 43 ~ 51
- Peck LS, Culley MB, Helm MM. A laboratory energy budget for the ormer *Haliotis tuberculata* L. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1987, **106**: 103 ~ 121
- Chang YQ(常亚青), Wang ZC(王子臣). An energy budget for individual pacific abalone *Haliotis discus hannai* Ino. *Chin J Applied Ecol* (应用生态学报), 1998, **9**(5): 511 ~ 516
- Yang S(杨胜). Feed analysis and the determining technology of feed quality(饲料分析及饲料质量检测技术). Beijing(北京): The press of Agriculture university(北京农业大学出版社), 1994. 19 ~ 23
- Crisp KJ. Energy flow measurements. In: Holme NA, McIntyre AD ed. *Methods for the Study of Marine Benthos*. Blackwell Oxford, 1971. 1972 ~ 279
- Bayne BL, et al. *Physiological energetic of marine mollusks*. New York: Academic Press, 1987. 407 ~ 515
- 酒井诚一. エゾアワゼ生态学研究 ~ ,食性 に関する实验的研究. 日本水志, 1962, **28**(8): 766 ~ 799
- Nie ZQ(聂宗庆), Wang SP(王素平). *The Practicable Technology of Abalone Culture* (鲍养殖实用技术). Beijing(北京): Agricultural Press of China(中国农业出版社), 2000. 26
- 浮永久,菊地省吾. エゾアワゼの酸素消費量と体重および温度关系. 东北水研报, 1975(35): 73 ~ 84
- Davies MS, Hawkins SJ, Jones HD. Mucus production and physiological energetics in *Patella vulgata* L. *J Moll Stud*, 1990, **56**: 499 ~ 530
- Denny MW. The role of gastropod pedal mucus in locomotion. *Nature* (London), 1980a, **286**: 160 ~ 161
- Denny MW. Locomotion: the cost of gastropod crawling. *Science*, 1980b, **208**: 1288 ~ 1290
- Grenon JF, Walker G. Biochemical and rheological properties of the pedal mucus of three limpet, *Patella vulgata* L. *Comp Biochem Physiol*, 1980, **66B**: 451 ~ 458
- Hunt S. *Polysaccharide - protein Complexes in Invertebrates*. London: Academic Press, 1970. 329
- Calow P. Some observations on locomotors strategies and their metabolic affects in two species of freshwater gastropods, *Ancylus fluviatillis* Mü. and *Planorbis contortus* Linn. *Oecologia* (Berlin), 1974, **16**: 149 ~ 161
- Edwards SF, Welsh F. Trophic dynamics of a mud snail [*Ilyanassa obtusata*(Say)] population on a intertidal mud flat. *Estuarine Coastal Shelf Sci*, 1982, **14**: 663 ~ 668
- Kofoed LH. The feeding biology of *Hydrobia ventrosa*: allocation of the compinents of the carbon - budget and the significance of thesecretion of dissolved organic materials. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1975, **19**: 243 ~ 256
- Paine RT. Natural history, limiting factors and energetics of the opisthobranch *Navanax Inermis* Ecology. 1965, **46**: 603 ~ 619
- Kideys AE, Hartnoll RG. Energetics of mucus production in the common whelk *Buccinum undatum* L. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1991, **150**: 91 ~ 105
- Bernard FR. Annual biodeposition and gross energy budget of mature Pacific oysters, *Crassostrea gigas*. *J fish Res Ca*, 1974, **31**: 185 ~ 190
- Gouletquer P, Wolowicz M. The shell of cranium edule, *Cardium glaucum* and *Ruditapes philippinarum*: organic content, composition and energy value, as determined by different methods. *J Mar Biol Ass UK*, 1998, **69**: 563 ~ 572