

饵料对不同规格皱纹盘鲍能量收支的影响

任黎华^{1,2} 张继红^{2*} 王文琪¹ 杜美荣² 高亚平² 张明亮²

(¹青岛农业大学动物科技学院, 266109)

(²农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘 要 对 3 种不同规格的皱纹盘鲍(41.40±2.05、54.22±2.66、63.17±2.52 mm)分别进行不同饵料搭配的投喂,并对各生理活动的能量代谢进行了测量与计算。实验结果表明,搭配投喂的实验组中皱纹盘鲍能够摄取更多的有机物作为能量代谢的基质。扣除代谢能、排泄能和排粪能后,搭配投喂能提供给皱纹盘鲍的生长能显著高于对照组($P < 0.05$),尤其是孔石莼与裙带菜搭配投喂组以及裙带菜与海带搭配投喂组,其获得的生长能的比例在 3 种规格组中均处在很高的水平,是鲍的筏式养殖中值得推广使用的投喂方法。

关键词 皱纹盘鲍 饵料 能量收支

中图分类号 S963.14

文献标识码 A

文章编号 1000-7075(2011)05-0051-07

Effects of three dietary treatments on the energy budget of different sized *Haliotis discus hannai* Ino

REN Li-hua^{1,2} ZHANG Ji-hong^{2*} WANG Wen-qi¹

DU Mei-rong² GAO Ya-ping² ZHANG Ming-liang²

(¹Qingdao Agricultural University, 266109)

(²Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266701)

ABSTRACT With the increasing price of kelp, sustainable food and suitable feeding strategy are becoming important in the abalone culture industry. In this experiment, *Haliotis discus hannai* Ino were sized into three groups, A (41.40±2.05mm), B (54.22±2.66mm) and C (63.17±2.52 mm) respectively, and fed with four dietary treatments. Energy budget of various stages were measured and calculated. The mixed-diet treatments showed more organic matter intake than groups fed on kelp alone, indicating that they could get more energy for metabolism. According to the energy budget equation, growth energy of group fed on mixed diet was significantly higher than that of the group fed on kelp alone ($P < 0.05$), especially in group 1 and group 2. Level of growth energy was high in all of the experimental groups, and the feeding methods were worthy to be used in the abalone culture industry.

KEY WORDS *Haliotis discus hannai* Ino Diet Energy budget

鲍是经济价值和营养价值很高的养殖品种之一(Oakes *et al.*, 1996)。近年来,鲍的养殖在中国得到了很大的发

国家自然科学基金(40876087)和支撑计划课题(2008BAD95B11)共同资助

* 通讯作者。E-mail: zhangjh@ysfri. ac. cn

收稿日期: 2011-01-15; 接受日期: 2011-03-01

作者简介: 任黎华(1987-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为养殖生态。E-mail: renlihua5@163. com

展,在中国北方的辽宁省和山东省,皱纹盘鲍 *Haliotis discus hamai* 的筏式养殖极为成功(Zhang *et al.* 2004)。

在自然海区喂养的皱纹盘鲍,当壳长超过 1 cm 后,通常以海带作为唯一的饵料(张汉华等 2007)。人工饲料虽然营养搭配更为合适、饲料的转化率更高、更能够促进鲍的生长,但由于价格较高及在自然海区的的不稳定性,限制了人工饲料在鲍筏式养殖中的应用。目前,人工饲料主要应用于鲍苗种繁育的最初阶段,在养殖海区中,大型藻类依然是养殖鲍的主要饵料(聂宗庆等 1985;阎希柱等 2003;Alcantara *et al.* 2006)。

在我国北方海域,海带的养殖周期通常是每年 11 月至次年的 6 月。受海带生长季节的限制,在 7~10 月期间,作为鲍主要饵料的新鲜海带极为匮乏。随着海带作为海洋健康食品逐渐被人们所接受,海带价格逐渐上涨,这将使筏式养鲍面临成本显著提高的问题(Qi *et al.* 2010)。另外,夏季是鲍出现高死亡率的季节(张明等 2005),可能与新鲜饵料不足有关。目前,筏式养鲍产业迫切需要合适的替代饵料和科学有效的投喂方法。

虽然已经有一些关于皱纹盘鲍对不同大型藻类的摄食效果的报道(Qi *et al.* 2010;常亚青等 1998),由于受鲍规格、所用藻类的种类等限制,尚不能对此有非常全面的了解。而从能量收支的角度,研究不同大型藻类对不同规格的皱纹盘鲍进行投喂的报道也很少。

据调查发现,海带的养殖筏架上通常附着很多大型藻类。其中,孔石莼 *Ulva pertusa* Kjellm 和裙带菜 *Undaria pinnatifida* (Harv.) Suringar 在春、夏季的附着量较大。在海带投喂的基础上,以附着的大型藻类孔石莼及裙带菜作为饵料补充,减少鲍对海带的依赖,可能是降低鲍养殖成本的有效方法。因此,本实验采用 3 种不同的饵料组合,以海带作为对照,研究不同规格皱纹盘鲍的能量收支情况,根据鲍生长能的大小,确定最佳的饵料组合策略,为解决夏季饵料匮乏问题提供理论支撑。

1 材料和方法

1.1 实验设施及条件

实验于 2010 年 5~6 月在山东荣成寻山海珍品有限公司育苗车间内完成。实验用鲍饲养于 25 L 养殖槽中,养殖槽中放养 6 只皱纹盘鲍,各实验组分别设 3 个平行组。实验期间水温 16~18 °C;海水盐度 30;采用自然光照。

1.2 饵料及投喂方法

实验用 3 种海藻称重后,60 °C 烘至恒重,马弗炉 450 °C 下灼烧 4 h,测定其含水量及有机物含量。对以下 4 种投喂方式下鲍的能量收支进行测定:(1)裙带菜和孔石莼,(2)裙带菜和海带,(3)孔石莼和海带,(4)海带。各种搭配投喂的海藻均过量。以海带组作为对照。

1.3 鲍

按照鲍的壳长进行分组,(1) 41.40±2.05 mm,(2) 54.22±2.66 mm,(3) 63.17±2.52 mm (A、B 和 C),平均湿重分别为 7.96±0.53、18.62±0.57、30.80±2.22 g。

1.4 实验操作

随机分组后的皱纹盘鲍,在水槽中进行 7 d 的暂养,以充分适应饵料及养殖环境。实验开始后,每 2 d 投喂 1 次,投喂前收集残饵,记录投饵量与残饵量。投喂前全换水,以 200 目的筛绢在换水时收集粪便,在 60 °C 烘干至恒重,马弗炉 450 °C 下灼烧 4 h,测定其含水量及有机物含量。

耗氧率与排氨率的同步测定:5 L 塑料桶,以保鲜膜密封,每桶放鲍两只,设 3 个平行组,两个空白组。实验持续 2 h,取水样测定实验前后水体中的溶解氧和氨氮浓度。测定方法严格按照《海洋监测规范》的要求进行,溶氧量采用碘量法测定,氨氮浓度采用次溴酸钠氧化法,所用仪器为 7530 型分光光度计。

1.5 计算方法与统计分析

各项指标通过以下公式计算:摄食率 (FIR) = $(FI_2 - FI_1) / K / (n \times t)$;耗氧率 (OR) = $[(DO_0 - DO_t) \times$

$V]/(W \times t)$;排氮率 $(NR) = [(N_i - N_0) \times V]/(W \times t)$ 。

式中, FI_2 为饵料的投喂量(g), FI_1 为饵料的剩余量(g), K 表示饵料自重变化系数(实验采用新鲜饵料, K 计为 1), n 表示实验组皱纹盘鲍的数量。 DO_0 和 DO_i 分别为实验开始和结束时实验水中 DO 含量($\mu\text{mol/L}$), N_0 和 N_i 分别为实验开始和结束时实验水中氨氮浓度($\mu\text{mol/L}$), V 为实验用容器的体积(L), W 为实验鲍湿质量(g), t 为实验持续时间(h)。

能量收支分配模式采用 Carfoot(1987)提出的基本模型: $C = F + U + R + P$ 变形 $P = C - F - U - R$ 。式中, C 为摄食能; F 为排粪能; U 为排泄能; R 为代谢能; G 为生长能。代谢能根据耗氧率计算, 消耗的氧气 $1 \mu\text{molO}_2 = 0.45 \text{ J}$ (Gnaiger 1983); 排泄能根据排氮率计算, 排出的氨氮 $1 \mu\text{molNH}_4 = 0.35 \text{ J}$ (Bayne *et al.* 1987); 摄食能与排粪能按照食物与粪便马弗炉 450°C 下灼烧 4h 测得的有机物的能量计算, $1 \text{ mg POM} = 20.78 \text{ J}$ (Crisp 1971)。

数据以平均值±标准差($X \pm SE$)表示, 采用 SPSS 17.0 统计软件进行统计学分析, ANOVA 单因子方差分析检验组间差异, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.001$ 为差异极其显著。

2 实验结果

表 1 实验用海藻的成分分析

Table 1 Component analysis of macroalgae in the experiment

	裙带菜 <i>U. pinnatifida</i> (Harv.) Suringar	海带 <i>A. japonica</i> Aresch	孔石莼 <i>U. pertusa</i> Kjellm
含水量(%) Water content	87.41±0.41	90.97±0.04	84.46±0.95
有机物含量(占干物质%) Organic matter content in dry matter	65.51±1.04	54.13±4.13	64.17±2.03

2.1 海藻的成分分析

实验所用的海藻均取自鲍养殖区域的海带苗绳, 用于投喂时海藻保持新鲜。海藻的含水量和有机物含量的测定结果见表 1。

2.2 皱纹盘鲍的摄食

各种规格的皱纹盘鲍在不同投喂条件下的摄食情况见图 1。从摄食的饵料量来看, 除 A3 组外, 皱纹盘鲍对各组搭配投喂饵料干重的摄食率均超过了摄食海带时的摄食率。

根据海藻中有机物的成分分析, 计算出各组皱纹盘鲍对有机物的摄食量(图 2)。结果显示, 搭配投喂可以促进鲍的摄食, 搭配实验组的皱纹盘鲍摄食了更多的有机物。统计学分析结果显示, A、B 两组中, A3 组皱纹盘鲍摄食的有机物与对照组差异不显著($P > 0.05$), 其余各实验组均显著高于对照组($P < 0.05$)。C 组中 C2 组显著高于其余 3 组($P < 0.05$)。

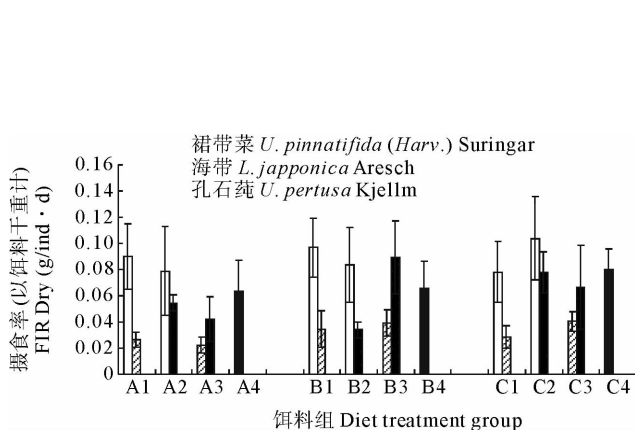
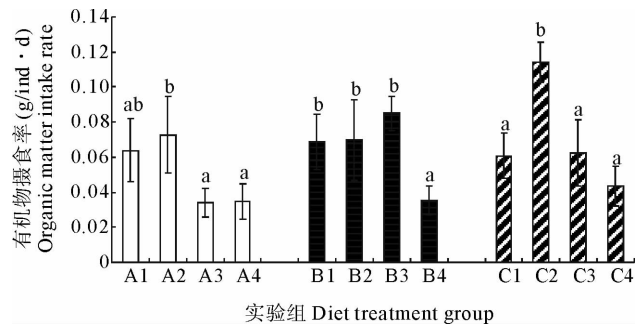


图 1 各规格的皱纹盘鲍对不同饵料的摄食率(以干重计)
Fig. 1 Dry food intake of different sized *H. discus hannai* at different diet treatments



注: 同一规格组的柱上相同英文字母的表示差异不显著($P > 0.05$)
Note: Columns in the same size with the same superscript letter indicate no significant difference ($P > 0.05$)

图 2 各规格组皱纹盘鲍对饵料中有机物的摄食率
Fig. 2 Organic intake of different sized *H. discus hannai* at different diet treatments

2.3 皱纹盘鲍的呼吸率、排氨率

各实验组皱纹盘鲍的耗氧率、排氨率和氧氮比见表 2。实验中皱纹盘鲍的耗氧率在 $2.57 \sim 1.54 \mu\text{mol/g} \cdot \text{h}$ 之间,排氨率在 $0.107 \sim 0.280 \mu\text{mol/g} \cdot \text{h}$ 之间。除 B3 的鲍排氨率与海带组没有显著差异外($P > 0.05$),海带组的排氨率均显著低于其他组($P < 0.05$)。氧氮比的范围在 $13.82 \sim 32.18$ 之间。

表 2 各实验组皱纹盘鲍的耗氧率、排氨率和氧氮比

Table 2 Oxygen consumption rate, ammonia excretion rate and ratio of O and N(atomicity O : N) of *H. discus hannai* at different size and diet treatments

规格 Size	投喂方法 Diet treatment	耗氧率 Oxygen consumption rate($\mu\text{mol/g} \cdot \text{h}$)	排氨率 Ammonia excretion rate($\mu\text{mol/g} \cdot \text{h}$)	氧氮比 Ratio of O and N
A	1	3.88 ± 0.82^a	0.280 ± 0.038^b	13.82 ± 1.57^a
	2	6.54 ± 0.52^b	0.258 ± 0.052^{ab}	25.93 ± 4.66^b
	3	5.32 ± 1.50^{ab}	0.261 ± 0.008^b	20.32 ± 5.13^{ab}
	4	4.99 ± 1.09^{ab}	0.196 ± 0.018^a	25.48 ± 5.10^b
B	1	3.36 ± 0.80^a	0.203 ± 0.017^b	16.46 ± 2.92^a
	2	3.10 ± 0.08^a	0.196 ± 0.015^b	15.86 ± 0.99^a
	3	3.53 ± 0.54^a	0.118 ± 0.025^a	30.09 ± 2.43^b
	4	3.90 ± 0.79^a	0.143 ± 0.034^a	27.58 ± 3.73^b
C	1	2.57 ± 0.35^a	0.188 ± 0.055^b	14.13 ± 2.82^a
	2	3.89 ± 0.37^b	0.268 ± 0.019^c	14.54 ± 1.43^a
	3	4.78 ± 0.38^c	0.233 ± 0.041^{bc}	21.16 ± 5.64^a
	4	3.46 ± 0.55^b	0.107 ± 0.008^a	32.18 ± 4.00^b

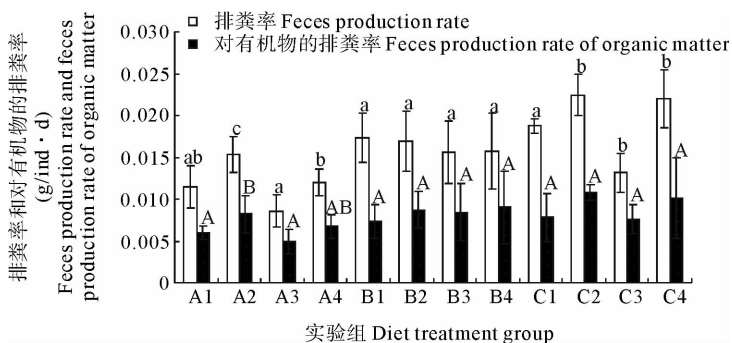
注:同一规格组内,各数据右上角英文字母相同表示差异不显著($P > 0.05$)

Note: Values in the same size with the same letter indicate no significant difference ($P > 0.05$)

2.4 皱纹盘鲍的排粪率

各实验组皱纹盘鲍在不同投喂条件下的排粪率及粪便中的有机物含量见图 3。单位个体的排粪率随着规格的增大而增大。小规格组中,不同饵料对排粪率的影响更为显著,A2 组排粪率显著高于同规格的其他 3 组($P < 0.05$),A4 组也显著高于 A3 组($P < 0.05$),A1 与 A3、A4 差异不显著($P > 0.05$)。B 组的排粪率及粪便中的有机物含量没有显著性差异($P > 0.05$)。C 组中,只有 C3 的排粪率显著低于其他组($P < 0.05$)。

粪便中颗粒有机物(POM)的含量,规格 A 组中 A2 显著高于 A1 与 A3 组($P < 0.05$),其余各组组内没有显著差异($P > 0.05$)。



注:同一规格组的柱上相同英文字母表示差异不显著($P > 0.05$)

Note: Columns in the same size with the same letter indicate no significant difference ($P > 0.05$)

图 3 各实验组皱纹盘鲍在不同投喂条件下的排粪率及对有机物的排粪率

Fig. 3 Feces production rate(FPR)and FPR of organic matter of different sized *H. discus hannai* at different diet treatments

2.5 皱纹盘鲍的能量收支

皱纹盘鲍能量收支情况见表 3。结果显示,各实验组中,单独投喂海带的皱纹盘鲍的生长能最低。A 组中 A2 的生长能显著高于 A3 和 A4;B 组中,以 B3 的生长能最高;C 组中 C2 的生长能显著高于其他 3 种饵料组合。

表 3 皱纹盘鲍能量收支情况

Table 3 Energy budget of *H. discus hannai* under different diet treatment

规格 Size	投喂方法 Diet treatment	摄食能 C Food intake energy (J/ind·d)	代谢能 R Metabolism energy (J/ind·d)	排泄能 U Excretion energy (J/ind·d)	排粪能 F Ejection energy (J/ind·d)	生长能 G Growth energy (J/ind·d)
A	1	1 326.97±370.99 ^{ab}	170.40±6.61 ^a	20.08±0.67 ^b	124.82±17.64 ^a	1 011.23±349.37 ^b
	2	1 508.82±452.36 ^b	292.75±51.24 ^b	18.33±5.32 ^a	170.49±45.28 ^b	1 036.48±429.60 ^b
	3	708.18±173.08 ^a	209.34±50.03 ^a	16.14±2.42 ^a	102.41±30.31 ^a	383.91±163.35 ^a
	4	718.80±205.33 ^a	236.42±49.48 ^{ab}	14.41±0.40 ^a	140.35±28.70 ^{ab}	366.75±199.18 ^a
B	1	1 425.90±329.93 ^b	334.27±65.86 ^a	31.56±1.56 ^b	152.47±41.91 ^a	907.61±335.72 ^b
	2	1 450.35±481.06 ^b	321.14±27.17 ^a	31.47±0.82 ^b	181.12±46.26 ^a	934.47±469.53 ^b
	3	1 765.11±205.79 ^b	358.00±51.01 ^a	18.38±2.72 ^a	175.38±70.87 ^a	1 241.50±239.99 ^c
	4	803.27±137.66 ^a	361.66±59.44 ^a	19.20±0.94 ^a	187.64±90.01 ^a	327.74±187.90 ^a
C	1	1 263.53±266.44 ^a	377.87±59.47 ^a	42.68±10.83 ^{ab}	162.38±59.30 ^a	669.38±268.15 ^c
	2	2 374.74±239.40 ^b	671.55±65.93 ^c	74.04±9.05 ^c	223.95±19.69 ^a	1 407.53±227.18 ^d
	3	1 300.39±391.73 ^a	758.74±1.85 ^d	58.18±13.56 ^b	157.48±35.83 ^a	440.44±214.76 ^b
	4	968.19±210.67 ^a	497.88±115.64 ^b	30.46±4.25 ^a	211.26±100.11 ^a	234.48±109.76 ^a

注:同一规格组内,各数据右上角英文字母相同表示差异不显著($P>0.05$)

Note: Values in the same size with the same letter indicate no significant difference ($P>0.05$)

实验中公式计算生长能的误差范围为 9.5%~32.4%。假设摄入食物的总能量为 100%,计算其他各项的分配率,建立能量收支方程(表 4)。

表 4 皱纹盘鲍能量收支方程

Table 4 Energy budget equations of *H. discus hannai* at different size and diet treatments

规格 Size	投喂方法 Diet treatment	能量收支方程 Equation of energy income and expenditure	平衡 Balance(%)
A	1	100C-12.84R-1.51U-9.41F=76.21G ^b	+0.03
	2	100C-19.40R-1.22U-11.30F=68.69G ^b	-0.61
	3	100C-29.56R-2.28U-14.46F=54.21G ^a	-0.51
	4	100C-32.89R-2.01U-19.53F=51.02G ^a	-5.44
B	1	100C-23.44R-2.21U-10.69F=63.65G ^b	0
	2	100C-22.14R-2.17U-12.49F=64.43G ^b	-1.23
	3	100C-20.28R-1.04U-9.94F=70.34G ^c	-1.59
	4	100C-48.90R-2.60U-25.37F=40.80G ^a	-11.57
C	1	100C-29.91R-3.38U-12.85F=52.98G ^c	+0.89
	2	100C-28.28R-3.12U-9.43F=59.27G ^d	-0.09
	3	100C-58.35R-4.47U-12.11F=33.87G ^b	-8.80
	4	100C-55.15R-3.37U-23.40F=24.22G ^a	-0.61

3 讨论

从摄食的有机物总量来看,两种海藻搭配作为饵料的实验组中,皱纹盘鲍可以摄入更多的有机物保证自身高的摄食能,为生长代谢提供能量基础。本实验中海带组的摄食能为 718.79~902.83 J/ind·d,略高于常亚青等(1998)的实验结果,该差异可能与实验所用皱纹盘鲍的规格有关。

在搭配投喂的实验组中,鲍对孔石莼的摄食率明显低于裙带菜与海带。虽然许多研究结果认为,几个世代以来养殖的鲍都是以海带为饵料,长期的摄食习惯使其对海带有摄食上的偏向性(张汉华等 2007;聂宗庆等 1985;Fleming 1995;Qi *et al.* 2010),但作者认为,作为饵料的海藻种类与其生物学特征是影响皱纹盘鲍摄食的主要因素。与裙带菜和海带不同,孔石莼属于绿藻,且其藻体较薄,在海水中浮动性大,在鲍进行刮食性摄食时,对它的摄食效率可能偏低。裙带菜与海带搭配投喂的实验组中,各规格组的皱纹盘鲍摄食的饵料,裙带菜均高于海带。这说明实验所用规格内的皱纹盘鲍更偏向于以裙带菜为饵料,与聂宗庆等(1985)的实验结果一致。

实验所得代谢能占摄食能的比例与阎希柱等(2005)在温度对九孔鲍的能量收支影响实验中的结果相近。耗氧率主要取决于生命活动的强度,皱纹盘鲍在 15~20℃时摄食旺盛,属于生命活动强度高的阶段(阎希柱等 2004)。由于规格小的鲍生长更为迅速,基础代谢率高,所以耗氧率也呈现出比较高的水平(王伟定等 1997;陈政强等 2001)。

皱纹盘鲍的排氮率为 0.107~0.280 $\mu\text{mol/g}\cdot\text{h}$,与 Park 等(2009)的实验结果相近。排氮率的组间差异性说明饵料对鲍的排泄有显著的影响。贝类的排泄产物中,氮占的比例为总排泄量的 70%或更多(Bayne *et al.* 1983)。因此,摄食的饵料中蛋白质的含量是影响其排泄的重要因素。

氧氮比作为动物呼吸排泄的生理指标,是揭示动物代谢规律的重要参数。Mayzaud(1973)指出蛋白质代谢为主导地位时,氧氮比约为 7.0~9.3;碳水化合物为主要的代谢底物时,氧氮比通常大于 24。实验用皱纹盘鲍从冬季的低温条件逐渐达到适宜的生长环境后,代谢活动加强,氧氮比集中在 13.82~32.18 之间,代谢底物以碳水化合物代谢作为主导。

本实验所得排粪能所占的比例范围与此前的研究一致(Fleming 1995;Park *et al.* 2009)。实验中皱纹盘鲍对有机物的排粪率在各组间没有显著差异(除 A2 外),这说明饵料对皱纹盘鲍排粪的影响主要体现在规格较小的鲍中。大规格的皱纹盘鲍表现出较均一的消化与吸收能力,在摄入有机物含量差异显著的饵料后它们排出的粪便中有机物的含量达到比较接近的水平,鲍粪便中的氮含量与摄食的海藻中蛋白质的含量没有显著的关系(Fleming 1995;Neori *et al.* 2000)。

从能量收支方程的比例来看,生长能主要受摄食能所控制,也就是摄入的能量越多,生长越快;3个规格组的生长能与摄食能的变化趋势完全一致;从能量消耗来看,呼吸消耗是第一位的,其次是排粪能。从皱纹盘鲍获得的生长能的比例来看,搭配投喂的实验组能够得到更多的生长能,特别是1组与2组中,各种规格的皱纹盘鲍获得生长能的比例,显著高于对照组。由此可见,合理的搭配投喂不仅能节省皱纹盘鲍的养殖成本,更可能在一定程度上促进鲍的生长,与此前的研究结果一致(李敏等 2007;Qi *et al.* 2010)。

本实验存在的主要误差在于:(1)实验采用的测量耗氧率与排氮率的方法是在 2h 内封闭环境完成,且实验在白天进行,并以此段时间内皱纹盘鲍的耗氧率和排氮率作为一昼夜皱纹盘鲍耗氧率与排氮率的平均值,因此,代谢能和排泄能在能量收支方程中所占的比例偏低(常亚青等 1998)。(2)腹足动物在运动和固着时都会分泌黏液,静止时也会通过分泌黏液来清除外套膜上的粪便和杂物颗粒(Denny 2000;Grenon *et al.* 1980)。黏液所含的能量为黏液能。在此前的研究结果中,鲍的黏液能在 3.94%~27.4%之间(阎希柱等 2004;Peck *et al.* 1987),实验忽略了养殖容器壁与养殖用水中的黏液量,可能导致分析结果有所偏差。

4 结论

本实验发现,同单独投喂海带相比,两种海藻搭配投喂可使皱纹盘鲍获得较高的生长能;同海带、孔石莼相比,皱纹盘鲍对裙带菜的摄食选择性较高;从生长能来看,裙带菜与海带的搭配投喂效果较好;呼吸作用是皱纹

盘鲍的主要的能量消耗方式。

孔石莼及裙带菜的野生资源丰富,在鲍养殖区内即可获得大量藻体用于投喂。采用搭配投喂的方法既可以提高养殖皱纹盘鲍的生长速度,又能够有效地减少鲍养殖的成本,应当在生产中进行养殖验证,并加以有效推广。

参 考 文 献

- 王伟定,于谨兰,许文军,姚海富. 1997. 温度和培养密度对室内养殖鲍苗生长的影响. 浙江水产学院学报,16(3):183~188
- 张汉华,李敏,朱长波,吴进锋,陈利雄. 2007. 不同饵料对黑鲍幼鲍生长及存活的影响. 中国水产科学,14(6):903~910
- 张明,王志松,高绪生. 2005. 不同生长时期皱纹盘鲍对水温适应能力的比较. 中国水产科学,12(6):720~725
- 李敏,张汉华,朱长波,吴进锋,陈利雄. 2007. 不同饵料及其组合对黑鲍幼鲍生长及存活的影响. 南方水产科学,3(6):40~46
- 陈政强,单剑宇,陈昌生,刘洪军,何烁. 2001. 九孔鲍耗氧率和窒息点的初步研究. 水产科技情报,28(1):11~14
- 聂宗庆,燕敬平. 1985. 皱纹盘鲍成体摄食习性的初步研究. 水产学报,9(1):19~27
- 阎希柱,王桂忠,李少菁,邓培益,吴永沛. 2003. 九孔鲍摄食海带的能量收支研究. 集美大学学报,8(2):106~111
- 阎希柱,王桂忠,李少菁,吕哲非. 2005. 不同温度对九孔鲍能量收支影响研究. 水产学杂志,18(2):35~42
- 阎希柱,王桂忠,李少菁,林声盼,吴成业. 2004. 九孔鲍摄食江蓠与人工配合饵料的能量收支比较. 应用与环境生物学报,10(6):757~761
- 常亚青,王子臣. 1998. 皱纹盘鲍的个体能量收支. 应用生态学报,9(5):511~516
- Alcantara, L., and Noro, T. 2006. Growth of the abalone *Haliotis diversicolor* (Reeve) fed with macroalgae in floating net cage and plastic tank. *Aquaculture Research*, 37(7):708~717
- Bayne, B. L., Hawkins, A. J. S., Navarro, E. *et al.* 1987. Feeding and digestion by the mussel *Mytilus edulis* L. (Bivalvia: Mollusca) in mixtures of silt and algal cells at low concentration. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 111(1):1~22
- Bayne, B. L., and Newell, R. C. 1983. Physiological energetic of marine mollusks. Wilbur Km, Saleuddin A SM. the biology of Mollusks: Physiology. New York: Academic Press, 407~515
- Carfoot, T. H. 1987. Animal energetics. New York: Academic Press, 407~515
- Crisp, D. J. 1971. Energy flow measurements. In *Methods for the study of marine benthos*. Oxford: Blackwell, 197~279
- Denny, M. W. 1980. The role of gastropod pedal mucus in locomotion. *Nature(London)*, 286:160~161
- Fleming, A. E. 1995. Growth, intake, feed conversion efficiency and chemosensory preference of the Australian abalone, *Haliotis rubra*. *Aquaculture*, 132(3-4):297~311
- Fleming, A. E. 1995. Digestive efficiency of the Australian abalone, *Haliotis rubra* in relation to growth and feed preference. *Aquaculture*, 134(3-4):279~293
- Gnaiger, E. 1983. Calculation of energetic and biochemical equivalents of respiratory oxygen consumption. Polarographic oxygen sensors. Berlin: Forster, Springer-verlag, Appendix C, 337~345
- Grenon, J. F., and Walker, G. 1980. Biochemical and rheological properties of the pedal mucus of three limpet, *Patella vulgata* L. *Comp. Biochem. Physiol.* 66B:451~458
- Park, J., Kim, H. B., and Kim, P. K. *et al.* 2009. Feces production and ammonia excretion of pacific abalone, *Haliotis discus hammai*, fed kelp, *Laminaria japonica*, in relation to water temperature and shell length. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(2):207~215
- Mayzaud, P. 1973. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton: II. Studies of the metabolic characteristics of starved animals. *Mar. Biol.* 21(1):19~28
- Neori, A. M., and Shpigel, D. Ben-Ezra. 2000. A sustainable integrated system for culture of fish seaweed and abalone. *Aquaculture*, 186(3-4):279~291
- Oakes, F. R., and Ponte, R. D. 1996. The abalone market: opportunities for cultured abalone. *Aquaculture*, 140(1-2):187~195
- Peck, L. S., Culley, M. B., and Helm, M. M. 1987. A laboratory energy budget for the ormer *Haliotis tuberculata*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 106(2):103~123
- Qi, Z. H., Liu, H. M., Li, B. *et al.* 2010. Suitability of two seaweeds, *Gracilaria lemaneiformis* and *Sargassum pallidum*, as feed for the abalone *Haliotis discus hammai* Ino. *Aquaculture*, 300(1-4):189~193
- Zhang, G. F., Que, H. Y., Liu, X. *et al.* 2004. Abalone mariculture in China. *Journal of Shellfish Research*, 23(4):947~950