

温度、体重和摄食水平对花尾胡椒鲷幼鱼 粪便比能值及吸收率的影响

王 瑁¹, 丘书院²

(1. 厦门大学 生命科学院, 福建 厦门 361005; 2. 厦门大学 海洋学系, 福建 厦门 361005)

关键词: 花尾胡椒鲷; 幼鱼; 粪便比能值; 吸收率

中图分类号: Q959.483

文献标识码: A

文章编号: 0253- 4193(2002) 03- 0142- 06

1 引言

鱼类没有消化的食物通过粪便而排出体外。没有消化的食物、黏液、消化道脱落细胞、代谢酶以及细菌等就组成了鱼类的粪便。排粪后所保留的食物能可以通过吸收率来估算, 其计算式为: $A = \frac{C-F}{C} \times 100\%$, 式中 A (吸收率) 以百分数表示; C (摄食量) 等于摄入的食物质量乘以食物比能值; F (粪便排出量) 等于排出的粪便质量乘以粪便比能值。吸收率在营养学上又称为消化率。粪便比能值的测定在计算吸收率时是非常必要的, 但在以往对鱼类吸收率的研究^[1~6]中, 由于粪便收集的困难及粪便的样品量通常很少, 均没有对不同条件下鱼类所排出粪便的比能值进行单独的测定。本文对不同温度、体重和摄食水平条件下海水经济鱼类——花尾胡椒鲷幼鱼粪便的比能值及吸收率进行了测定。

2 材料和方法

2.1 实验鱼来源和驯化

1998 年 6~ 10 月分 4 次自厦门集美取得当年生幼鱼, 幼鱼的体重范围为 0.3~ 92.0 g。取回后先放于实验室的水族箱内驯养 3~ 7 d, 然后将驯养后的鱼以 1~ 2 °C/d 的速率将水温调至实验设计温度, 调至实验设计的水温后在这一温度下饲养 3~ 5 d 后用于实验。实验期间每天以白炽灯照明, 光暗周期的时间比为 10: 14(h)。实验所用的食物为添加了配合饲料和 α -淀粉的蓝圆鲹肌肉肉糜, 实验期间随机取 4 份饲料样品测定比能值, 其平均值为 4 384.8 J/g。每日定时投喂, 上午 08: 30 和下午 16: 00 各投饵 1 次, 投饵后各换水 1 次。实验用水为经沉

收稿日期: 1999- 09- 22; 修订日期: 2000- 01- 08.

作者简介: 王 瑁(1972-), 女, 山东省济宁市人, 博士, 从事海洋生物生殖生物学和生物能量学研究.

淀、砂滤、曝气后再经双层 250 目筛绢过滤的海水, 盐度为 27.07 ± 3.41 。

驯化后从每一温度组中选取健康活泼的个体用于实验。

2.2 实验方法

实验温度、摄食水平的设计及实验鱼体重的分组情况见表 1。在 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下设定了 4 个日粮水平 (C_1, C_2, C_3, C_{\max}), 日粮水平以占初始体重的百分比表示。对不同体重组的鱼, 所设计的日粮水平也不同(表 2)。

表 1 各温度、体重及日粮水平组的实验鱼尾数

温度/ $^{\circ}\text{C}$	摄食水平(%)	初始体重/g			
		0.716 ± 0.130	8.665 ± 2.815	36.957 ± 7.100	68.247 ± 11.891
22	C_{\max}	15	8	3	3
25	C_{\max}	15	8	3	3
28	C_1	15	6	3	1
	C_2	15	6	3	1
	C_3	15	4	3	1
	C_{\max}	15	5	2	4
31.5	C_{\max}	15	8	3	3

每天上午和下午投饵前用虹吸法吸取沉淀在水族箱底部的粪便, 吸取前先停止充气 5 min, 以使悬浮在水中的粪便沉淀下来。吸出的水用 250 目筛绢过滤, 将粪便滤于筛绢上。每组鱼的粪便均收集于同一称量瓶中, 置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存。每组鱼的实验期为 18~20 d。结束后将粪便在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘干, 称干重, 得到实验其间每组鱼粪便的总干重。粪便比能值以 GR-3500 型氧弹式热量计测定。在第 1 体重组, 不同温度、摄食水平下各组鱼的粪便作为一个样品进行测定, 其他体重组下, 不同温度和摄食水平各组鱼的粪便单独进行测定:

表 2 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下不同体重组鱼的设计日粮水平

初始体重/g	日粮水平(%)			
	C_1	C_2	C_3	C_{\max}
0.722 ± 0.125	20	40	60	80
8.592 ± 2.499	5	10	20	24
37.509 ± 7.155	4	8	12	19
68.277 ± 11.775	3	6	9	13

$$\text{每尾鱼的日排粪量} = \frac{\text{粪便的总干重} \times \text{粪便的比能值}}{\text{实验天数} \times \text{每组鱼的尾数}}$$

3 结果

3.1 温度、体重和摄食水平对粪便比能值的影响

第 1 体重组和第 2, 3, 4 体重组鱼在各温度和摄食水平下粪便干样的比能值列于表 3。可以看出, 随温度、摄食水平和体重的不同, 粪便比能值有很大的差异, 最大值可达 $19\,371.90\text{ J/g}$, 而最小值仅 $3\,938.35\text{ J/g}$, 二者间相差达 4.92 倍。

表3 各温度、体重和摄食水平下花尾胡椒鲷幼鱼粪便干样比能值(J/g)

温度/℃	摄食水平(%)	初始体重/g			
		0.716±0.130	8.665±2.815	36.957±7.100	68.247±11.891
22	C_{max}		11 617.60	10 759.10	19 371.90
25	C_{max}		11 016.70	9 268.79	13 266.60
28	C_1	12 426.10	4 407.42	3 938.35	8 515.82
	C_2		4 832.42	4 624.99	9 575.83
	C_3		8 069.53	7 074.38	9 621.61
	C_{max}		8 381.68	8 799.01	10 005.56
	C_{max}		6 926.69	9 323.70	11 848.40

对不同体重的鱼而言,第2,3体重组鱼粪便的比能值低于第1,4体重组的,即在8.598~36.193 g的体重范围内,鱼粪便的比能值较低,高于和低于这一体重范围粪便的比能值均有所上升。

随温度的上升,第2,3,4体重组饱食鱼粪便的比能值总体上均呈现下降的趋势。在实验的温度范围内,第2,3,4体重组饱食鱼粪便比能值的最大与最小值之间分别相差1.67,1.15和1.63倍,平均为1.48倍,可见不同温度条件下,饱食鱼的粪便比能值存在较大的差异。

粪便比能值随摄食量的增加而升高,且二者间呈线性相关(图1)。第2,3,4体重组鱼在最小摄食水平和饱食时粪便的比能值相差分别达1.90,2.23和1.17倍,平均1.77倍,所以摄食水平对粪便比能值亦有较大影响。

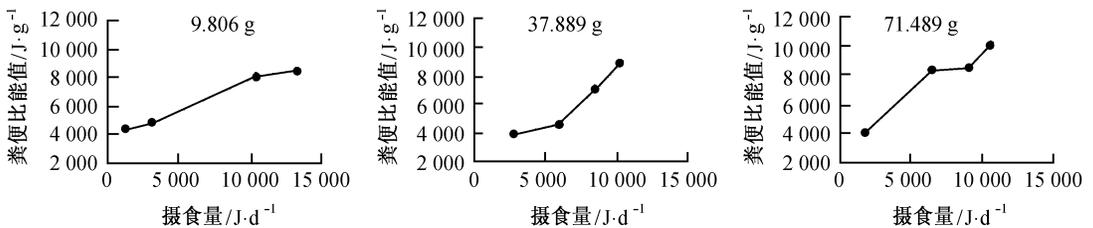


图1 28℃下不同体重组鱼的粪便比能值与摄食量的关系

表4 28℃下不同体重组鱼的粪便比能值(J/g)和摄食量(J/d)的回归方程

初始体重/g	$Y = a + bX$		r	n	p
	a	b			
9.806±3.258	3 868.6	0.3617	0.989	4	< 0.05
35.796±6.118	1 528.1	0.3305	0.960	4	< 0.05
71.489±17.617	8 295.6	0.0402	0.968	4	< 0.05

3.2 温度、体重和摄食水平对吸收率的影响

根据各实验条件下每组鱼的摄食量和排粪量计算了每尾鱼的平均吸收率(表5)。

表5 各温度、体重下最大摄食组花尾胡椒鲷幼鱼每尾平均吸收率(%)

温度/℃	摄食水平(%)	初始体重/g			
		0.716±0.130	8.665±2.815	36.957±7.100	68.247±11.891
22	C_{max}	94.95	96.65	94.89	91.99
25	C_{max}	96.58	96.62	96.69	95.82
28	C_1	99.14	95.21	97.81	94.66
	C_2	98.50	97.36	98.21	96.82
	C_3	97.32	98.12	98.04	97.64
	C_{max}	97.27	98.27	97.94	98.02
31.5	C_{max}	98.63	98.98	97.81	98.61

由上表可看出, 体重对最大摄食组鱼的吸收率没有明显的影响, 在4个实验温度下, 吸收率随体重的变化幅度分别为4.66%, 0.87%, 1.00%和1.17%, 平均为1.93%。对最大摄食组的鱼而言, 随水温的升高, 吸收率总体上呈现上升的趋势, 温度对吸收率虽有影响, 但影响并不显著。当温度由22℃上升到31.5℃时, 4个体重组的鱼在最大摄食量时的吸收率分别上升了3.68%, 2.33%, 2.92%和6.62%, 平均为3.89%。在28℃条件下, 摄食水平对各体重组鱼吸收率的影响也不明显, 从第1个体重组的摄食水平到饱食水平, 4个体重组鱼的吸收率变化幅度分别为1.82%, 3.06%, 0.40%和3.36%, 平均仅为2.16%。

4 讨论

4.1 粪便收集中的误差

由于大部分鱼类的粪便均是半固体的, 外面没有一层“围食膜”包裹, 当粪便被排出体外后, 可溶物迅速溶解, 而且粪便还会发生分解, 所以很难收集所有的粪便, 从而造成对排粪量的低估^[7]。我们每天收集两次粪便, 以减少粪便收集中的误差。张硕等^[8]认为粪便中的物质在水中溶失是造成水生动物吸收率测定误差的主要原因。我们所测的吸收率在91.99%~99.14%之间, 而肉食性鱼类的吸收率通常为65%~99%^[3], 所以花尾胡椒鲷幼鱼的吸收率呈明显偏大的趋势, 这其中可能就有粪便收集方面的原因。但Elliott^[9]认为褐鲟的粪便在水中24h后, 能量仅损失1%~4%, 所以粪便收集方面的误差虽然会对吸收率的测定产生一定的误差, 但误差不会太大。

4.2 粪便比能值

粪便比能值反映的是粪便中有机物的含量, 因为提供能量的是粪便中的有机物。粪便比能值随温度、鱼体重和摄食水平的变化情况与吸收率的并不相同, 可见两者之间没有必然的联系。由于比能值与粪便中的有机物和无机物(灰分)的比例有关, 所以粪便的比能值受到食物中有机物和无机物的百分组成及鱼体对食物中有机物和无机物吸收比例的影响。在此还无法对粪便比能值与温度、鱼体重和摄食水平的关系作出分析。

在鱼类粪便比能值的测定方面, 由于粪便样品的量一般较少, 所以很少研究单独测定各实

验条件下鱼的粪便比能值,尤其是各摄食水平条件下鱼粪便的比能值.我们的研究表明:不同实验条件下粪便的比能值有较大的差异,最大值与最小值之间相差达近5倍.相同体重的鱼同样是在饱食状态下,不同实验温度时的粪便比能值相差近1倍,不同食量时相差达1倍以上.如果不单独测定其比能值,而将各实验条件下鱼的粪便均集中在一起进行测定,用一个值来表示,则必定会产生误差.

4.3 温度对吸收率的影响

花尾胡椒鲷幼鱼的吸收率随温度的变化情况与大多数鱼类的^[1, 3, 10]变化情况类似,即吸收率随温度的升高而增大.4个体重组的花尾胡椒鲷幼鱼在最大摄食水平时当温度由22℃升高到31.5℃,上升了9.5℃时,其吸收率平均上升了3.89%.吸收率随温度的升高而增大的原因可能是在达到温度上限前,最大摄食量增加而排粪量却逐渐下降,达到摄食量的温度上限后,最大摄食量虽有所下降,但相对而言排粪量下降的程度大于摄食量的,从而使吸收率仍保持上升的趋势.

4.4 体重对吸收率的影响

不同鱼类的吸收率与体重间的关系不同,总的说来存在4种现象:正效应^[2];负效应^[11];吸收率随体重的变化趋势不呈一定的方向^[11];体重对吸收率无明显影响^[3, 4].花尾胡椒鲷幼鱼的吸收率与体重间的关系符合第4种观点,即体重对吸收率没有明显的影响.4个体重组鱼在饱食情况下的平均吸收率相差仅不超过0.8%.虽然体重对吸收率的影响效应还不能一概而论,但有一点是可以肯定的,即仔、幼鱼阶段摄食和消化器官发育不完全,对食物的消化能力较差,随着消化器官的逐渐发育完善,消化吸收能力增强,但同时成鱼捕食饵料的能力也增强,摄食量增大,导致食物通过肠的速度加快,吸收率下降.吸收率是这两方面因素协同作用的结果.

4.5 摄食量对吸收率的影响

摄食量对吸收率的作用存在正效应^[4]、负效应^[11, 12]、无明显影响^[5, 6]等现象.由于鱼类对食物的需求量受鱼体内在机制(激素)的调控^[5],当食物不能满足其需求时,鱼类会尽量地从食物中吸取营养物质,当食物增加但还无法满足鱼类的需求时,鱼类仍尽量从食物中吸取营养物,此时就表现为随食量的增加,吸收率增大或无明显变化.只有当摄取的食物超过其需求时,才有多余的未消化食物从粪便中排出,此时就表现为吸收率随食量的增加而增大.所以我们认为,摄食量对吸收率的影响效应受鱼类的营养需求及食物供给状况的影响.以上关系可以用下图来表示.

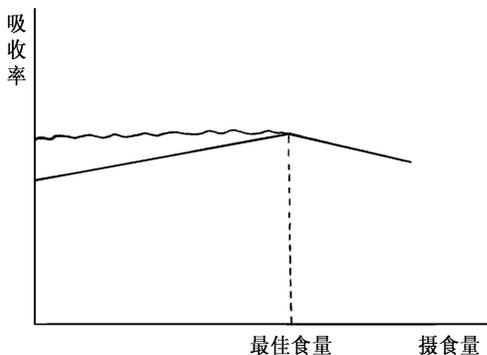


图2 吸收率受摄食量影响的模型

我们注意到,在摄食量对吸收率作用的3种效应中,呈负效应的多是肉食性鱼类,摄食量对吸收率无明显影响的种类多是草食性或杂食性鱼类.这种现象可以用上面的观点作出解释,即动物性饵料的能值较高,比较容易满足鱼类的生理需求,随摄食量的增加,超出需求量的能量便以粪便形式排出体外,吸收的能量占食物能的比例逐渐下降.而草、杂食性鱼类的食物能值低,少量的食物无法满足鱼类的需求,随摄食率的增加,有更多

的能量被肠吸收进体内, 故吸收率没有大的改变. 草食性鱼类较难达到最适日粮水平, 而肉食性鱼类则较容易. Jobling^[13]曾证明能值高、颗粒小的配合饲料的吸收率比甲壳类、昆虫、蠕虫或鱼类天然饲料的低, 这也从一个方面证明了上述假设.

花尾胡椒鲷也是一种肉食性鱼类, 但我们的结果是摄食水平对吸收率没有明显的影响. 这是因为我们实验所用的是体重不足 100 g 的幼鱼, 这个时期的鱼正处于快速生长的时期, 对营养物的需求较旺盛, 而其肠胃能容纳的食物又很有限, 所以其最大摄食水平仍未达到使其吸收率下降的程度.

参考文献:

- [1] 谢小军, 孙儒泳. 南方鲇的排粪量及消化率同日粮水平、体重和温度的关系[J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(6): 627—632.
- [2] 陈少莲, 刘肖芳, 苏泽古. 我国淡水优质草食性鱼类的营养和能学研究 II. 草鱼、团头鲂对种水生高等植物的最大摄食量和消化率的测定[J]. 水生生物学报, 1993, 17(1): 1—12.
- [3] DU PREEZ H H, COCKROFT A C. Nonfaecal and faecal losses of *Pomadasys commersonni* (Teleostei: Pomadasyidae) feeding on the surf clam, *Donax serra*[J]. Comp Biochem Physiol, 1988, 90A: 63—70.
- [4] CUI Y, WOOTTON R J. Bioenergetics of growth of a cyprinid, *Phoxinus phoxinus*: the effect of ration, temperature and body size on food consumption, faecal production and nitrogenous excretion[J]. J Fish Biol, 1988, 33: 431—443.
- [5] CUI Y, LIU J. Comparison of energy budget among six teleosts—I. Food composition, faecal production and nitrogenous excretion[J]. Comp Biochem Physiol, 1990, 96A: 163—171.
- [6] CUI Y, CHEN S WANG S. Effect of ration size on the growth and energy budget of the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val[J]. Aquaculture, 1994, 123: 95—107.
- [7] PANDIAN T J, MARIAN M P. Nitrogen content of food as an index of absorption efficiency in fishes[J]. Mar Biol, 1985, 85: 301—311.
- [8] 张 硕, 董双林, 王 芳. 中国对虾(*Penaeus chinensis*)氮收支的初步研究[J]. 海洋学报, 1999, 21(6): 81—86.
- [9] ELLIOTT J M. Energy losses in waste products of brown trout (*Salmo trutta* L.)[J]. J Anim Ecol, 1976, 45: 561—580.
- [10] ELLIOTT J M. The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonids in captivity[J]. Comp Biochem Physiol, 1982, 73B: 81—91.
- [11] SOLOMON D J, BRAFIELD A E. The energetics of feeding, metabolism and growth of perch (*Perca fluviatilis* L.)[J]. J Anim Ecol, 1972, 41: 699—718.
- [12] HENKEN A M, KLEINGELD D M, TIJSSSEN P A T. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)[J]. Aquaculture, 1985, 51: 1—11.
- [13] JOBLING M. Gastrointestinal overload—a problem with formulated feeds? [J]. Aquaculture, 1986, 51: 257—263.

Effect of temperature, body weight and ration level on calorific values of feces and absorption efficiency of juvenile *Plectorhynchus cinctus*

WANG Mao¹, QIU Shuyuan²

(1. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Key words: *Plectorhynchus cinctus*; juvenile fish; calorific values of feces; absorption efficiency