

{ 研究简报 }

## 银鲫能量收支同步测定方法

邹中菊 崔奕波 朱晓鸣

(中国科学院水生生物研究所 武汉 430072)

### METHOD OF SIMULTANEOUS MEASUREMENTS OF ENERGY BUDGETS IN GIBEL CARP

ZOU Zhong-ju, CUI Yi-bo and ZHU Xiao-ming

(Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences Wuhan 430072)

**关键词:** 能量收支, 同步测定, 长期呼吸仪, 方法

**Key words:** Energy budget, Simultaneous measurements, Long-term respirometry, Method

**中图分类号:** S965.117   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1000-3207(2000)02-0190-03

鱼类能量收支各组分的准确测定, 是鱼类能量学和鱼类营养学的重要研究内容。能量收支式可表示为:  $C = F + U + G + R$ , 式中 C 为食物能, F 为排粪能, U 为排泄能, G 为生长能, R 为代谢能。通常 C、F、U、G 可由生长实验直接测定, 而 R 的测定要困难得多。一种方法是采用耗氧法(呼吸试验), 由于测定上的困难, 一般实验周期较短(24h)<sup>[1]</sup>, 测定值能否代表长期生长中的代谢率, 尚有疑问。另一方法是在长期生长实验中对 C、F、U、G 同时测定, 再根据能量收支式利用差减法计算 R。这一方法虽然避免了短期呼吸实验的缺点, 但测定能量收支其它各项的误差均被计人 R<sup>[2]</sup>。对能量收支各组分的长期同步测定, Solomon & Brafield<sup>[3]</sup> 和 Carter & Brafield<sup>[4]</sup> 曾作过报道。但采用的呼吸仪较少(1—2套), 很难用作具有重复的比较性研究。本文报道同时采用 10 套呼吸仪测定银鲫全能量收支的实验方法。

#### 1 材料与方法

**1.1 材料鱼及饲料** 实验鱼为中国科学院水生所关桥实验场提供的三种品系(DA、DD、DL)银鲫 [*Carassius auratus gibelio* (Bloch)]幼鱼, 初始体重范围为 13.04—15.29g, 三品系 DA、DD、DL 的母本为 D 系银鲫, 父本依次为 A 系银鲫、D 系银鲫、兴国红鲤。实验鱼在实验室饲养 1 年后用于实验。实验饲料由鱼粉(59.6%)、淀粉(30%)、豆油(0.41%)、无机盐及维生素预混物(1.5%)、纤维素(5.49%)、羧甲基纤维素钠(2%)及三氧化二铬(1%)配制而成。经分析测定, 水分含量为 4.59%, 粗蛋白为 39.76%, 粗脂肪为 2.27%, 纤维素为 3.14%, 灰分为 13.39%。能值为 17.43J/mg(测定方法见<sup>[5]</sup>)。

**1.2 设施** 实验在恒温实验室的呼吸仪循环系统中进行。每套呼吸仪包括一个体积为 20L 的呼吸缸、一个溶氧探头(美国 YSI 公司, 型号 600R)和一个流量计(图 1)。溶氧探头的读数经转换储存可在电脑中显

收稿日期: 1998-10-18; 修订日期: 1999-03-18

基金项目: 国家自然科学基金资助(No.96-008-02-03)

作者简介: 邹中菊(1970—), 女, 湖北省襄樊市人, 硕士, 现在华中师范大学主要从事动物学教学。杨云霞老师帮助测量饲料的化学成分

示、处理与计算。根据产品说明书, YSI600R 溶氧探头的稳定性可长达 30d。养殖水经过活性炭、沸石过滤, 充气泵充气后由水泵抽回蓄水箱, 再通过各个流量计流回各呼吸缸, 出水经溶氧探头测溶氧后流入回水箱。循环水进入每个呼吸缸的流速可通过阀门控制并用流量计监测。室温可通过加热器及空调进行控制。实验期间, 水温控制在  $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$ , 溶解氧大于 5mg/L, 氨氮小于 0.05mg/L。室用一只 40W 的日光灯照明, 日光照射期为 8:00—20:00。

**1.3 步骤** 选取 72 尾鱼放入 9 个呼吸缸, 每缸 8 尾, 每品系 3 缸。第 10 缸为无鱼对照。将水温逐步 ( $1-2^\circ\text{C}/\text{d}$ ) 升至  $25^\circ\text{C}$ , 并在此温度下适应一周后开始实验。实验周期为 29d。实验开始时, 将鱼饥饿 24h 后分别称重, 每缸放入 5 尾鱼, 每品系 3 缸, 并封闭各呼吸缸。

同时每一品系取对照鱼 3 组(每组 3 尾), 作为各品系初始干物质和能值的对照。每天 9:00 和 16:00 各饱食投喂一次, 残饵于 40min 后收集并烘干; 收集粪便两次, 在  $70^\circ\text{C}$  烘干后留待分析用; 测各缸水流量 3 次, 用来校对当天的水流量(流速平均约为 36L/h); 另用 Winkler 碘量法和溶氧探头同时测各呼吸缸的进水溶氧一次, 用来校对溶氧探头的读数。通过电脑每 10min 记录一次呼吸缸出水的溶氧浓度和水温。一天结束后, 处理当天数据并计算出各缸每小时和全天的耗氧量。每隔一天补充一部分新鲜水, 每周调一次水流量, 以保证实验期间各缸出水的氧浓度大于 5mg/L。实验结束前开启呼吸缸并静水 24h, 测静水前后各缸氨氮浓度和水的体积, 用于计算排氨量。实验结束时, 实验鱼饥饿 24h 后称重, 在  $70^\circ\text{C}$  干燥混匀后测干重。实验结束后, 随机在 5 个呼吸缸中各投放一定量的饲料, 40min 后收集、烘干、称重, 计算饲料回收率, 用来校正残饵量。

**1.4 测量与计算** 分析测量对照鱼、实验鱼、饲料及粪便的能量含量, 饲料和粪便的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  含量以及饲料中蛋白质、脂肪、纤维素和灰分的含量<sup>[5]</sup>。

$$\text{代谢能} (\text{R}) = (\text{对照缸溶氧} - \text{实验缸溶氧}) \times \text{流量} \times \text{氧热系数}$$

$$\text{能量收支平衡率} = 100 \times (F + U + G + R) / C$$

氧热系数 Qox (Oxycalorific coefficient) 根据饲料中蛋白质、脂肪、碳水化合物的含量以及三种化合物的氧热系数计算, 蛋白质、脂肪、碳水化合物的 Qox 值分别为:  $13.36\text{J/mg O}_2$ 、 $13.72\text{J/mg O}_2$ 、 $14.76\text{J/mg O}_2$ <sup>[6]</sup>, 经计算氧热系数为  $14.06\text{J/mg O}_2$ 。氨的能值采用  $24.83\text{J/mg}$ <sup>[6]</sup>。

## 2 结果与讨论

结果见表 1。理论上, 能量的收入与支出相等, 能量收支平衡率应为 100%。Carter & Brafield<sup>[4]</sup>对单尾草鱼所测的能量收支平衡率为 62.3%—102.8%, Solomon & Brafield<sup>[3]</sup>对单尾鲈鱼在不同摄食水平下所测的能量收支平衡率为 84.1%—248.8%, Brafield<sup>[6]</sup>对单尾罗非鱼所测的能量收支平衡率为 73.8%—108.1%, 他们采用的呼吸仪只有 1 套或 2 套, 不能同时进行重复比较性实验。本实验采用 10 套呼吸仪对每缸 5 尾银鲫所测的能量收支平衡率为 88.8%—108.8%, 总体上接近 100%, 好于以上研究的结果。实验

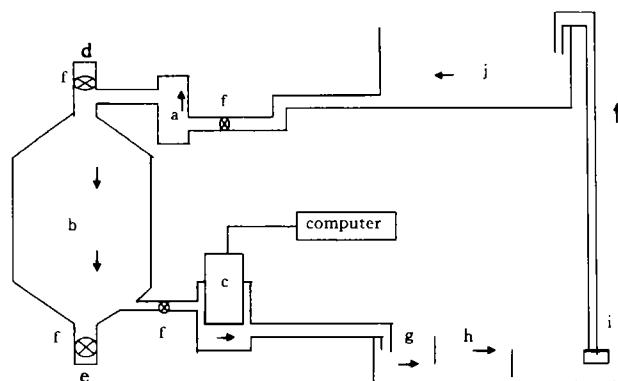


图 1 呼吸仪构成简略图

Fig. 1 Structure of the respirometry system

a: 流量计 Flowmeter b: 呼吸缸 Metabolic chamber c: 溶氧探头 Oxygen sensor d: 投喂口 Feeding hole e: 粪便及残饵收集器(可取下) Detachable faecal trap f: 球阀 Valve g: 沸石及生物过滤器 Clinoptilolite and biological filter h: 充氧池 Aeration pool i: 水泵 Pump j: 高位水箱 Reservoir

注: 箭头示水流的方向 Arrow indicates direction of water flow

表1 能量收支各组分的测定值(C: 食物能; F: 排粪能; U: 排泄能; G: 生长能; R: 代谢能)

Tab.1 Measurements of energy budget for each metabolic chamber (C: food energy; F: faecal energy; U: excretion; G: growth; R: metabolism)

品系 Strain	缸号 Tank No.	始重	末重	C (kJ/尾 /d)	% C				平衡率 Balance (%)
		Initial weight (g/尾)	Final Weight (g/尾)		F	U	G	R	
DA	9	14.4	22.4	6.1	14.1	2.1	27.0	47.4	90.6
DA	6	14.5	21.9	6.1	15.1	2.8	27.8	51.2	96.9
DA	2	14.1	22.4	6.8	14.2	3.1	36.9	47.0	101.2
DD	8	14.1	20.3	5.8	20.8	2.1	22.0	57.8	102.7
DD	5	14.0	19.7	6.4	15.8	2.2	21.4	54.2	93.7
DD	3	14.0	19.6	6.1	25.1	2.1	27.0	54.6	108.8
DL	7	14.2	20.6	6.4	13.4	2.7	24.4	49.2	88.8
DL	4	13.9	19.7	6.0	16.6	2.4	24.3	49.8	93.4
DL	0	14.1	18.4	5.2	15.8	2.2	21.9	55.2	94.9
DA		14.3	22.2	6.3	14.5	2.7	30.6	48.5	96.3
DD	平	14.1	19.9	6.1	20.6	2.1	23.5	55.5	101.7
DL	均	14.1	19.6	5.9	15.3	2.4	23.5	51.4	92.4

中,误差可能来源于多个方面,如仪器的精确度、呼吸仪的设计、每种组分的测定等都可能带来误差。本实验中摄食能的测定比较准确,因为投喂量和残饵量能较准确测定;排泄能是用一天的测定值估算整个实验期间排泄能,存在一定误差,但它只是能量支出中很小的一部分,影响可能不大;生长能的误差就在于实验前初始鱼的能量值及干重不能测定,依赖于对照鱼的取样,对于群体来说应具有较高的代表性。本实验误差可能主要来源于排粪能及呼吸能的测定,由于粪便中的物质会流失于水中,致使排粪能测定值偏低。呼吸能的测定除了要求溶氧探头的准确性外,氧热系数的确定很重要。氧热系数根据饲料三种化合物的含量及它们氧热系数计算。从总的结果看,各实验缸能量收支平衡效果好,说明用本研究设计的设备对鱼的能量收支各组分进行长期同步测定是可行的。

### 参 考 文 献

- [1] Hofer R, Krewedl G, Koch F. An energy budget for an omnivorous cyprinid: *Rutilus rutilus* (L.) [J]. *Hydrobiologia*, 1985, 122: 53—59.
- [2] Cui Y, Liu J. Comparison of energy budget among six teleosts-III. Growth rate and energy budget [J]. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1990, 97A: 381—384.
- [3] Solomon D, Brafield A. The energetics of feeding, metabolism and growth of perch (*Perca fluviatilis* L.) [J]. *J. Anim. Ecol.*, 1972, 41: 699—718.
- [4] Carter C, Brafield A. The bioenergetics of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.): Energy allocation at different planes of nutrition [J]. *J. Fish Biol.*, 1991, 39: 873—887.
- [5] 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.
- [6] Brafield A. Laboratory studies of energy budgets [A]. In: *Fish Energetics: New Perspectives* (P. Tytler & P. Calow, eds) [M]. London: Croom Helm 1985, 257—281.