

## 研究简报

# 饥饿状态下草鱼的代谢率和氮排泄率及其与体重的关系

崔奕波 王少梅 陈少莲

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

## RATES OF METABOLISM AND NITROGEN EXCRETION IN STARVING GRASS CARP IN RELATION TO BODY WEIGHT

Cui Yibo, Wang Shaomei and Chen Shaolian

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072)

**关键词** 饥饿代谢, 氮排泄, 体重, 草鱼

**Key words** Starvation metabolism, Nitrogen excretion, Body weight, *Ctenopharyngodon idella*

在饥饿条件下, 鱼的能量消耗主要有两方面, 一是代谢, 另一是含氮化合物的排泄<sup>[1]</sup>。这两个指标的测定, 对于预测饥饿鱼的能量收支及生长有很大意义。本项研究利用饥饿实验, 测定了30℃下饥饿草鱼的代谢率、氮排泄率与体重的关系。

### 材料与方法

**1. 材料** 实验鱼为养殖场培育的草鱼幼鱼, 体重范围为8.9—85.7g。在实验室饲养数周后, 方用于实验。

**2. 设施** 实验设施为250L可控温循环过滤水族箱, 滤料为对氨有极强吸附力的斜发沸石(直径1—5mm, 每箱配40L沸石)。采用气升泵循环(流速约1L/min)。同时引入微流水(去氯自来水), 流速约0.1L/min。水族箱四壁用布围住, 以减少外界干扰。

**3. 步骤** 将水温逐步(2—3℃/d)升至30℃, 并在此温度下适应7d后开始实验。实验开始时, 选取10尾鱼作为对照, 称重后在70℃下干燥测干重。另选取50尾实验鱼, 称重后分养于10只水族箱(每箱5尾)。采用剪鳍法对同一箱中各条鱼进行标志。饥饿35d后, 将各实验鱼称重, 在70℃下干燥测干重。用Phillipson微量热量计测定各对照鱼及实验鱼的能量含量, 用克氏法测定各条

鱼的氮含量。

**4. 计算** 根据氮收支式, 饥饿鱼的氮排泄( $N_e$ )可计算为:

$$N_e = -N_g = -(N_t - N_0) \quad (\text{单位:g})$$

式中  $N_g$  为氮生长,  $N_t$  为实验结束时鱼体氮的总含量,  $N_0$  为实验开始时鱼体氮的总含量。而  $N_t = (\text{最终体重}) \times (\text{干物质含量}) \times (\text{氮含量})$

$$N_0 = (\text{初始体重}) \times (\text{对照鱼平均干物质含量}) \\ \times (\text{对照鱼平均氮含量})$$

同理, 根据能量收支式, 饥饿鱼的代谢率( $R$ )可计算为:

$$R = -G - U = -(E_t - E_0) - U$$

(单位:KJ)

式中  $G$  为能量生长,  $U$  为排泄物中的能量损失,  $E_t$  为实验结束时鱼体的能量总量,  $E_0$  为实验开始时鱼体的能量总量。由于鱼类排泄物主要为氨, 而氨的能值为24.8KJ/g, 故  $U = 24.8N_e$ , 而

$$E_t = (\text{最终体重}) \times (\text{干物质含量}) \times (\text{能量含量})$$

$$E_0 = (\text{初始体重}) \times (\text{对照鱼平均干物质含量}) \\ \times (\text{对照鱼平均能量含量})$$

## 结果与讨论

饥饿草鱼的代谢率( $R$ : KJ/d)与体重( $W$ : g)的关系为:

$$\ln R = -2.372 + 0.753 \ln W \quad r = 0.85 \quad (1)$$

饥饿草鱼的氮排泄率( $N_e$ : gN/d)与体重的关系为:

$$\ln N_e = -7.716 + 0.710 \ln W \quad r = 0.60 \quad (2)$$

假定实验鱼的氮排泄物均为氨,由式(2)可得出氮排泄物中的能量损失率( $U$ : KJ/d)为:

$$\ln U = -4.51 + 0.710 \ln W \quad (3)$$

鱼类在饥饿、静止状态下的代谢率,称为标准代谢(Standard metabolism),它代表了在一定环境条件下,鱼类维持生命的最低代谢水平<sup>[2]</sup>。在本实验中,鱼处于长期饥饿状态,活动水平较低,但并非完全静止,故所测的代谢率只是标准代谢的近似值。我们建议将长期饥饿状态下的代谢率定义为饥饿代谢(Starvation metabolism)。

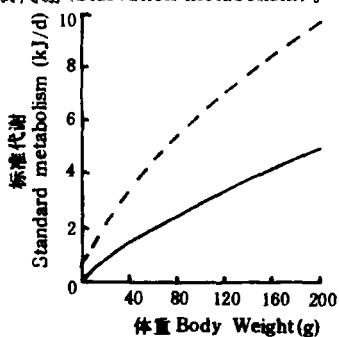


图1 本文用能量收支法测定的草鱼饥饿代谢与 Wiley & Wike 用耗氧法所测值的比较。温度为 30℃。实线为本文式(1)预测值,虚线为 Wiley & Wike 方程预测值

Fig. 1 Comparison of starvation metabolism determined in this study using the energy balance method and that determined by Wiley & Wike through measurements of oxygen consumption. Temperature was 30°C. Solid line: predictions from Eqn (1) of this paper; broken line: predictions from the equation of Wiley & Wike<sup>[6]</sup>

鱼类代谢率的测定,多采用耗氧率法。数位作者指出,耗氧率实验周期通常较短,结果易受一些短期效应(如外界刺激及实验前营养史)的影响,故建议采用实验周期较长的能量收支法间接测定代谢率<sup>[3-5]</sup>。Wiley & Wike<sup>[6]</sup>曾采用耗氧率法测定了草鱼的标准代谢( $O_2$ : mg/h)与温度( $T$ : ℃)及体重( $W$ : g)的关系:

$$O_2 = 0.026 W^{0.645} T^{1.07}$$

根据氧热系数(0.0135KJ/mgO<sub>2</sub>),上式可换算成能量单位( $R$ : KJ/d):

$$R = 0.0084 W^{0.645} T^{1.07}$$

将上式温度定为 30℃,与本文式(1)比较(图1),可发现 Wiley & Wike 所测代谢率远比本研究测定值要高。由于标准代谢定义为最低代谢水平,本文所测代谢率更接近标准代谢。

根据式(1)及式(3)计算,30g 的草鱼在 30℃ 时、饥饿状态下的代谢率及排泄物中能量损失分别为 1.21KJ/d 及 0.12KJ/d,总能量支出为 1.33KJ/d,代谢及排泄分别占总支出的 91% 和 9%。故在饥饿状态下,代谢的能量消耗要比排泄高得多。

## 参 考 文 献

- [1] 崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法. 水生生物学报, 1989, 13: 369—383.
- [2] Priede I G. Metabolic scope in fishes. In: Fish Energetics: New Perspectives (P. Tytler & P. Calow, eds), London: Croom Helm, 1985: 33—64.
- [3] Cui Y, Liu J. Comparison of energy budget among six teleosts- I. Metabolic rates. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1990, 97A, 169—174.
- [4] Cui Y, Wootton R J. The metabolic rate of the minnow, *Phoxinus phoxinus* (L.) (Pisces: Cyprinidae), in relation to ration, body size and temperature. *Funct. Ecol.*, 1988, 2: 157—161.
- [5] Elliott J M. The energetics of feeding, metabolism and growth of brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to body weight, water temperature and ration size. *J. Anim. Ecol.*, 1976, 45: 923—948.
- [6] Wiley M J, Wike L D. Energy balances of diploid, triploid and hybrid grass carp. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1986, 115: 853—861.