

奥尼罗非鱼多重周期饥饿后的补偿生长*

李程琼, 冯 健, 刘永坚, 谭丽华, 田丽霞, 梁桂英

(中山大学水生经济动物研究所, 广东 广州 510275)

摘 要: 采用多重周期饥饿后的补偿生长方式, 在室外水泥池中用含 $w = 8.9\%$ 脂肪, $w = 36.0\%$ 蛋白质的膨化日粮饲喂 240 尾初始质量约为 7.3 g 的奥尼罗非鱼 *Oreochromis aureus* $\times$ *O. niloticus* 96 d, 水温为 $(29.0 \pm 1.5)^\circ\text{C}$ 。试验共分 4 组, 分别为对照组(每日投喂)、实验 1 组(隔日投喂)、实验 2 组(隔 4 d 投喂 4 d)和实验 3 组(隔 8 d 投喂 8 d)。试验结束, 各实验组奥尼罗非鱼均获得了部分补偿生长效果, 且其部分补偿生长效果主要由摄食率提高引起, 饥饿 1~4 d 后恢复摄食可使奥尼罗非鱼内脏指数、肥满度、生化组成恢复正常, 而饥饿 8 d 后恢复摄食并不能使鱼体内脏组成和生化组成恢复至对照组水平。

关键词: 奥尼罗非鱼; 饥饿; 补偿生长; 生化组成

中图分类号: S963 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) 04-0099-04

由于气温与环境条件变化, 鱼类在自然条件下, 经常会在一定阶段面临食物匮乏而受到饥饿胁迫。当饥饿鱼恢复摄食后, 在一定时间内其生长速率会加快甚至超过未饥饿鱼, 这种现象被称为“补偿生长”^[1]。研究鱼类的补偿生长具有重要的理论和学术价值。我国是世界上淡水养殖鱼类最多地区, 但除了南方鲇、草鱼和异育银鲫等少数鱼类外, 大多数淡水养殖鱼类饥饿后补偿生长效果少有报道^[2-4]。

罗非鱼为杂食性、广盐性鱼类, 易于繁殖和杂交, 养殖成本低且肉味鲜美。奥尼罗非鱼为奥利亚罗非鱼与尼罗罗非鱼的杂交鱼, 雄性率达 90% 以上, 生长快于传统的莫尼杂交罗非鱼, 近年来已成为主要的养殖罗非鱼品种^[5]。对于奥尼罗非鱼的饥饿后补偿生长研究, 目前国内外尚无相关文献报道。本实验采用多重周期饥饿后补偿生长方法, 对淡水养殖奥尼罗非鱼饥饿后恢复生长过程中的生长性能表现和补偿生长机制进行了研究和探讨, 目的在于为我国淡水养殖奥尼罗非鱼模式提供相关的基础理论与数据。

1 材料和方法

1.1 试验鱼分组与试验日粮

试验鱼为 240 尾均质量约 7.3 g 的奥尼罗非鱼鱼苗, 由广州珠江农场提供, 试验于室外水泥池(3 m $\times$ 2 m $\times$ 1.5 m)中进行, 共分 4 组, 分别为对照组(每日投喂), 实验 1 组(隔日投喂), 实验 2

组(隔 4 d 投喂 4 d), 实验 3 组(隔 8 d 投喂 8 d)。试验日粮组成($w/\%$)和其营养标准参照 NRC1993 年版, 蛋白质为 36.0, 脂肪为 8.9, 总糖为 26.4, 消化能为 3 297 kcal $\cdot$ kg⁻¹。

1.2 日常饲养管理

试验鱼在室外水泥池中暂养 7 d 后开始正式试验。每天投喂 3 次, 分别为 9:00、13:00 和 17:00, 采取饱食投喂, 投饲量由投饲量减去残饵(饱食后 20 min 搜集烘干)计算而得。饲养期为 96 d。试验期间水温为 $(29.0 \pm 1.5)^\circ\text{C}$ 。水质条件为溶解氧 (7.62 ± 0.89) mg $\cdot$ L⁻¹, pH 为 7.5 ± 0.2 , 氨氮 (1.44 ± 0.30) mg $\cdot$ L⁻¹。

1.3 试验数据与样品采集和分析

试验第 96 d 称取各水泥池鱼质量, 计算各试验组鱼体增质量和投饲量, 每池取 2 尾鱼, 每个试验组共取 6 尾鱼, 分别称量, 测量其体长和全长, 计算肥满度, 取内脏称质量计算内脏/躯体比, 取肝脏称质量计算肝/躯体比, 剥离肠脂称质量计算肠脂/躯体比, 取肝脏和背肌(白肌)样品 -20 $^\circ\text{C}$ 急冻低温冷冻保存。分别采用 105 $^\circ\text{C}$ 常压干燥法、微量凯氏定氮法、甲醇-氯仿抽提法、550 $^\circ\text{C}$ 灼烧法和 3, 5-二硝基水杨酸法测定肌肉和肝脏的水分、蛋白、脂肪、灰分和糖原。

试验结果用平均值 $\pm$ 标准差表示, 各试验组间数据统计分析采用 SPSS 11.5 数据统计包对试验结果进行统计分析, 显著水平采用 0.05, 极显著水平采用 0.01。

* 收稿日期: 2004-10-25

作者简介: 李程琼(1978 年生), 女, 硕士研究生; 通讯联系人: 冯健; E-mail: fengjian08@163.com

2 结 果

2.1 各试验组奥尼罗非鱼的存活率 (SR)、特定生长率 (SGR)、摄食率 (FR) 和食物转化率 (FE)

试验结束时, 各组鱼均游泳迅速, 健康状态良好, 对外界刺激反应敏感, 各水泥池剩鱼 18 ~ 20 尾, 各试验组鱼存活率之间无显著性差异 ($P >$

0.05) (见表 1)。各试验组鱼初终体质量、特定生长率 (SGR)、摄食率 (FR) 和食物转化率 (FE) 数据见表 1。

表 1 表明, 各实验组鱼饥饿后恢复摄食 96 d 后, 鱼体质量仍极显著低于持续摄食的对照组 ($P < 0.01$), 恢复摄食时的特定生长率和摄食率均极显著高于对照组 ($P < 0.01$), 而食物转化率和对照组无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 1 试验各组鱼存活率 (SR)、特定生长率 (SGR)、摄食率 (FR) 和食物转化率 (FE)¹⁾

Tab.1 Survival ratio (SR)、specific growth rate (SGR)、feeding rate (FR) and feed efficiency (FE) in fish during 0–96 days %

组别	存活率	初均质量	末均质量	特定生长率	摄食率	食物转化率
对照组	96.7±5.8	7.27±0.12	213.70±7.83 ^a	3.52±0.03 ^a	3.12±0.10 ^a	62.43±1.88
实验 1 组	96.7±5.8	7.35±0.06	117.41±8.58 ^{b*}	5.77±0.15 ^{b*}	5.93±0.20 ^{b*}	61.95±2.47
实验 2 组	96.7±5.8	7.39±0.05	109.07±12.43 ^{bc*}	5.60±0.24 ^{bc*}	5.51±0.51 ^{b*}	66.44±7.03
实验 3 组	100.0±0.0	7.30±0.12	98.33±8.04 ^{c*}	5.41±0.16 ^{c*}	5.45±0.32 ^{b*}	65.95±4.21

1) 同一列数据上标含有相同小写字母则代表组间无显著性差异 ($P > 0.05$), 反之则有显著性差异 ($P < 0.05$), 含 “*” 代表和对照组有极显著差异 ($P < 0.01$)。存活率 (SR) = $n_{\text{末}} \times 100 / n_{\text{初}}$, 其中 $n_{\text{末}}$ 代表试验结束时的鱼尾数, $n_{\text{初}}$ 代表试验开始时的鱼尾数。特定生长率 (SGR) = $100 \times (\ln w_2 - \ln w_1) / t$; 摄食率 (FR) = $100 \times C / [t \times (w_1 + w_2) \times n / 2]$; 食物转化率 (FE) = $100 \times (w_2 - w_1) \times n / C$ (SGR、FR 和 FE 公式参照邓利等 (1999)^[2], 略作修改)。其中 w_1 代表各组鱼试验开始的初均质量, w_2 代表各组鱼试验结束时的末均质量, t 代表摄食时间, C 是试验期间各组鱼的总摄食量, n 代表试验结束时的鱼尾数

2.2 试验各组奥尼罗非鱼的肥满度 (CF)、脏体指数 (VSI)、肝体指数 (HSI) 和肠脂指数 (FMI)

试验各组鱼的肥满度、脏体指数、肝体指数和肠脂指数见表 2。由表 2 可知, 四项指标均以对照

组最高, 随饥饿时间延长, 均有逐渐下降趋势, 但除实验 3 组肝体比极显著低于对照组 ($P < 0.01$)、实验 2 组肠脂比显著低于对照组 ($P < 0.05$) 外, 其余均和对照组无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 2 试验各组奥尼罗非鱼的肥满度 (CF)、脏体指数 (VSI)、肝体指数 (HSI)、肠脂指数 (FMI)¹⁾

Tab.2 Condition factor、viscerasomatic index、hepatosomatic index and fat in mesentery index in fishes %

组别	肥满度	脏体指数	肝体指数	肠脂指数
对照组	4.17±0.34	10.94±1.38	2.85±0.56 ^a	5.41±0.92 ^a
实验 1 组	4.17±0.56	10.68±1.78	2.75±0.48 ^a	4.17±1.22 ^{ab}
实验 2 组	3.83±0.91	9.34±1.25	2.34±0.39 ^a	3.90±1.25 ^b
实验 3 组	3.92±0.20	9.42±0.71	1.62±0.33 ^{b*}	4.71±0.66 ^{ab}

1) 肥满度 (CF) = $100 \times \text{体质量} / (\text{体长}^3)$; 脏体指数 (VSI) = $100 \times \text{内脏质量} / \text{体质量}$; 肝体指数 (HSI) = $100 \times \text{肝脏质量} / \text{体质量}$; 肠脂指数 (FMI) = $100 \times \text{肠脂质量} / \text{体质量}$

2.3 试验各组奥尼罗非鱼肌肉和肝脏的生化组成

各组鱼肌肉生化组成见表 3, 肝脏生化组成见表 4。由表 3、表 4 可以看出: 试验结束时, 实验各组鱼肌肉水分、蛋白、脂肪、灰份和糖原含量接近对照组水平, 和对照组均无显著性差异 ($P > 0.05$); 肝脏

水分、蛋白、脂肪和糖原含量实验 1 组和实验 2 组与对照组相比无显著性差异 ($P > 0.05$), 实验 3 组蛋白含量显著高于对照 ($P < 0.01$), 而糖原含量显著低于对照 ($P < 0.01$)。

表 3 试验各组奥尼罗非鱼背肌生化组成

Tab.3 Biochemical composition of dorsal muscle in fish w/%

组别	水分	蛋白	脂肪	灰分	糖原
对照组	74.61 ± 1.55	21.90 ± 0.33	2.75 ± 0.54	1.30 ± 0.07	0.64 ± 0.07 ^{ab}
实验 1 组	75.57 ± 0.76	21.02 ± 0.30	2.33 ± 0.28	1.30 ± 0.03	0.79 ± 0.06 ^a
实验 2 组	76.10 ± 1.14	20.94 ± 0.58	2.52 ± 0.29	1.28 ± 0.02	0.53 ± 0.13 ^b
实验 3 组	72.44 ± 4.33	21.96 ± 1.49	2.93 ± 0.22	1.36 ± 0.11	0.69 ± 0.11 ^{ab}

表 4 试验各组奥尼罗非鱼肝脏生化组成

Tab.4 Liver biochemical compositions of fishes in different groups w/%

组别	水分	蛋白	脂肪	糖原
对照组	60.74 ± 5.65	10.47 ± 0.18 ^a	19.59 ± 7.50	5.64 ± 1.92 ^a
实验 1 组	62.64 ± 2.63	10.71 ± 1.09 ^a	16.88 ± 3.86	5.35 ± 1.97 ^a
实验 2 组	63.35 ± 3.99	10.79 ± 0.61 ^a	16.64 ± 4.59	4.17 ± 1.78 ^{ab}
实验 3 组	60.75 ± 4.53	12.33 ± 0.84 ^{b*}	20.50 ± 5.97	1.71 ± 1.52 ^{b*}

3 讨 论

3.1 奥尼罗非鱼补偿生长类型

本试验旨在了解不同饥饿处理时间后循环补饲对淡水养殖奥尼罗非鱼补偿生长的影响。试验对饥饿实验组鱼进行了“饥饿—喂食—再饥饿—再喂食——”的重复处理,各实验组鱼的“饥饿+喂食”总持续时间相等,对照组持续喂食,其总喂食时间为实验组的 2 倍。根据动物补偿生长定义,饥饿处理后恢复摄食的动物若最终体质量赶不上持续喂食的对照组,但恢复生长期的生长速度超过或达到了对照组水平,即发生了部分补偿生长^[6]。本试验结束时,各实验组鱼体质量均极显著小于对照组,但恢复摄食期间各实验组鱼的特定生长率均极显著高于对照组($P<0.01$),表明淡水养殖奥尼罗非鱼饥饿 1~8 d 后恢复摄食均发生了部分补偿生长现象。其结果与有关学者对饥饿 28 d 和 42 d 的黄鳍鲷、饥饿 10~60 d 的南方鲇和饥饿 2~4 周再恢复摄食至第 8 周的莫尼罗非鱼饥饿补偿生长实验结果相似^[2,7-8]。

3.2 奥尼罗非鱼补偿生长的生理机制

目前关于鱼类补偿生长生理机制主要有 3 种观点:①提高食物转化率,如虹鳟和大西洋鲑^[9-10];②增加食欲,摄食水平提高,如莫尼罗非鱼、北极红点鲑、南方鲇等^[2,8,11];③补偿生长效果是摄食率和食物转化率同时提高的结果,如异育银鲫^[4]。本试验表明,试验各组奥尼罗非鱼整个养殖阶段,其食物转化率基本一致,而实验各组鱼在饥饿后恢复喂食时,其摄食率均极显著高于对照组,因此奥尼罗非鱼部分补偿生长效果主要是由摄食率提高引起,这和莫尼罗非鱼、南方鲇补偿生长机制相一致^[2,8]。

3.3 补偿生长对鱼体内脏指数、肥满度和生化组成的影响

试验结束时,实验 1 组和实验 2 组奥尼罗非鱼肥满度、各内脏指数、肌肉与肝脏生化组成基本恢复到对照组水平,和对照组无显著性差异;而实验 3 组的肝体指数、肝脏蛋白含量、糖原含量和对照组相比仍存在极显著差异,说明饥饿 1~4 d 后的恢复生长可以使奥尼罗非鱼内脏指数、肥满度和生化组成恢复正常,而饥饿 8 d 后补偿生长并不能使奥尼罗非鱼鱼体内脏指数和肝脏生化组成恢复至对照组水平,仍存在着饥饿效应。

参考文献:

[1] 谢小军. 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展[J]. 水生生物学报,1998,22(2):181-188.
[2] 邓利,张波,谢小军. 南方鲇继饥饿后的恢复生长[J]. 水生生物学报,1999,23(2):167-173.
[3] 沈文英,林浩然,张为民. 饥饿和再投喂对草鱼鱼种生物化学组成的影响[J]. 动物学报,1999,45(4):404-412.
[4] QIAN X, CUI Y, XIONG B, et al. Compensatory growth, feed utilization and activity in gibel carp, following feed deprivation[J]. J Fish Biol,2000,56,228-232.
[5] 陈素芝,叶卫. 我国引进的罗非鱼类的初步研究[J]. 动物学杂志,1994,29(3):18-23.
[6] MERSMANN H J. Compensatory growth in finishing pigs after feed restriction[J]. J Anim Sci,1987,64:752-764.
[7] PAUL A J, PAUL J M, SMITH R L. Compensatory growth in Alaska yellow fin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation[J]. J Fish Biol,1995,46:442-448.
[8] WANG Y, CUI Y B, YANG Y X. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*,

- reared in seawater[J]. *Aquaculture*, 2000, 189: 101 – 108.
- [9] DOBSON S H, HOLMES R M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmon gairdneri* Richardson[J]. *J Fish Biol*, 1984, 25: 649 – 656.
- [10] REIMERS E, KJORREFJORD A G, STAVOSTRAND S M. Compensatory growth and reduced maturation in second sea winter formed *Atlantic salmon* following starvation in February and March[J]. *J Fish Biol*, 1993, 43: 805 – 810.
- [11] MIGLAVS I, JOBLING M. Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile *Arctic charr*, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth[J]. *J Fish Biol*, 1989, 34: 947 – 957.

Compensatory Growth on Hybrid Tilapia, *Oreochromis aureus* × *Oreochromis niloticus*

LI Cheng-qiong, FENG Jian, LIU Yong-jian, TAN Li-hua, TIAN Li-xia, LIANG Gui-ying
(Institute of Aquatic Animals, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: A multi-cycle recovery growth experiment on hybrid tilapia, *Oreochromis aureus* × *Oreochromis niloticus*, was carried out to determine the effects of compensatory growth after starvation. When the experiment finished, hybrid tilapia, *Oreochromis aureus* × *Oreochromis niloticus*, could only gain partial compensatory growth after 96-day starvation – recovery growth. The partial compensatory growth was mainly caused by increasing feeding rate. After 96 days, the viscera indexes, condition factors and biochemical compositions in fishes that were starved for 1 ~ 4 days were similar to those in control group, however, those of fishes that were starved for 8 days still had significant difference to those in control group.

Key words: *Oreochromis aureus* × *Oreochromis niloticus*; starvation; compensatory growth; biochemical composition