

## 不同投喂模式对奥利亚罗非鱼血液生化指标与生长性能的影响

骆作勇<sup>1,2</sup>, 王雷<sup>1</sup>, 王宝杰<sup>1</sup>, 刘梅<sup>1</sup>, 蒋克勇<sup>1</sup>, 张明<sup>3</sup>, 朱延雄<sup>4</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 青岛出入境检验检疫局, 山东 青岛 266002; 4. 青岛市科学技术信息研究所, 山东 青岛 266003)

**摘要:**以奥利亚罗非鱼 (*Oreochromis aureus*) 为实验对象, 设计了 3 种不同的投喂模式, 分别是鲜活饵料组、饥饿 3 周后饱食投喂组和人工饲料组。鲜活饵料组投喂冰冻赤子爱胜蚓; 饥饿后饱食组是指饥饿 3 周后, 以人工饲料饱食投喂 2 周; 人工饲料组作为对照组。淡水养殖, 水温  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。研究奥利亚罗非鱼在 3 种投喂模式下某些血液生理生化指标变化的情况, 并将指标变化情况与增重率做相关性分析, 试图找出能够反映奥利亚罗非鱼生长性能的血液生理生化指标。研究表明, 奥利亚罗非鱼在饥饿 3 周后出现补偿生长, 补偿生长时的增重率和特定生长率显著高于人工饲料组 ( $P < 0.05$ ), 高于鲜活饵料组, 但差别不显著; 相关性分析研究表明血清总蛋白、胆固醇与增重率极显著相关 ( $P < 0.01$ ), 血红蛋白与增重率显著相关 ( $P < 0.05$ ), 其他指标与增重率的相关性无统计学意义, 因此, 建议将血清总蛋白、胆固醇和血红蛋白作为反映生长性能的新指标。[中国水产科学, 2007, 14 (5): 743–748]

**关键词:** 奥利亚罗非鱼; 补偿生长; 生长性能; 血液生化指标

**中图分类号:** S963      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005–8737–(2007)05–0743–06

传统上对水产动物生长性能的评价主要以增重率、体长增长率及特定生长率等为指标, 这些指标都是以水产动物外部形态为依据的, 不能对其健康状况和营养状况进行全面评价。目前在饲料添加剂广泛使用的情况下, 单纯以生长性能作为评价标准, 虽然实现了水产动物的快速增重和增长, 却造成了水产动物健康状况低下和某些有害物质的残留, 因此, 寻找全面反映水产动物健康和营养状况的生化指标十分必要。

在新指标的研究方面, 国外已经取得了一些进展。一些酶的活性被认为能够反映鱼类生长速率<sup>[1]</sup>, 如幽门盲肠的胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶, 这些酶是一类关键的蛋白水解酶。对大西洋鳕 (*Gadus morhua*)<sup>[2]</sup> 和大西洋大马哈鱼<sup>[3]</sup> 的研究证实, 胰蛋白酶对生长速率和食物转化效率有重要影响。但是酶活性能否反映生长速率尚有不同结论<sup>[4]</sup>。Emmanuel 等<sup>[5]</sup> 克隆表达了尼罗罗非鱼胰岛素样生长因子 (Insulin-like growth factor-I, IGF-I) 基因, 并认为其可作为潜在的生长速率指标 (Growth rate indicator)。国内关于新指标的研究较少, 主要是对 RNA/DNA 比值的

研究, 认为对于鲤等<sup>[6]</sup> 能够反映生长状况。相比较而言, 国内对新指标的相关研究较少而且单一, 对水产动物血液学的研究则多侧重于血液常规及流变学指标等, 尚未见到和生长相关联的报道。动物的血液与机体的代谢、营养状况及疾病有着密切的关系, 当动物处于不同的生长状态时, 血液的理化指标可能也会相应地变化。

补偿生长是指动物经历一段时间的饥饿胁迫后再次摄食而表现出快速迸发式生长的现象<sup>[7–8]</sup>。对罗非鱼补偿生长的研究较少, 王岩等<sup>[9]</sup> 研究了罗非鱼补偿生长的生物能量学机制, 李程琮等<sup>[10]</sup> 研究了奥尼罗非鱼多重周期饥饿后的补偿生长。有关罗非鱼在补偿生长时血液生理生化变化情况的研究未见报道。本研究通过研究补偿生长时罗非鱼血液生理生化的变化, 以期筛选出能够全面反映水产动物生长性能的生理生化指标。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

奥利亚罗非鱼 (*Oreochromis aureus*) 购自青岛

收稿日期: 2006–11–08; 修订日期: 2007–04–17。

基金项目: 青岛市科技人才专项研究—无公害水产饲料及添加剂产业化 (05–2–JC–95)。

作者简介: 骆作勇 (1979–), 男, 硕士研究生, 主要从事水产动物营养免疫学研究。E-mail: luozuoyong@yahoo.com.cn

通讯作者: 王雷。Tel: 0532–82898722; E-mail: wanglei@ms.qdio.ac.cn

胶州罗非鱼良种场,为同一品种同龄的罗非鱼,体长约12 cm,体质量约为90 g。实验前暂养20 d,以人工饲料投喂。鲜活饵料为冰冻赤子爱胜蚓,购自天津蚯蚓养殖场,使用时用水冲解冻后投喂。人工饲料由胶州罗非鱼良种场提供,配方主要营养成分(质量百分数)为粗蛋白30%,脂肪含量7%,灰分11%,粗纤维8%。

### 1.2 实验设计

实验设3组:A组为鲜活饵料组、B组为饥饿后饱食投喂组、C组为人工饲料组。每组设3个平行,每个平行组18尾鱼放养在200 L的圆桶内,养殖用水为新鲜晾晒自来水。A组用赤子爱胜蚓饱食投喂,B组先饥饿3周后人工饲料饱食投喂2周,日投喂量为体质量的5%,C组每天按体质量3%投喂。每天08:00、14:00、19:00按时投喂,投喂后1 h换水1/3并清除残饵。

水温控制在 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,pH值为 $8.0 \pm 0.5$ ,连续充气,溶解氧为 $(8.34 \pm 0.78) \text{ mg/L}$ ,氨氮含量小于 $0.07 \text{ mg/L}$ ,亚硝氮含量小于 $0.01 \text{ mg/L}$ ,化学耗氧量(COD)小于 $1.34 \text{ mg/L}$ 。

### 1.3 样品制备

实验开始当天对实验用鱼进行称重,第3周末时称重1次,实验结束时称重1次,体质量用于计算增重率和特定生长率。血液生理生化指标于实验开始当天测定1次,之后每周测定1次,实验时每组每次取鱼6条,用2 mL无菌注射器从尾静脉抽血,每条鱼的血液作为一个样本,将所得血液分为2部分:一部分加入肝素( $100 \text{ U/mL}$ )抗凝,制取全血,用于血液生理指标的测定;另一部分放入 $4^\circ\text{C}$ 冰箱过夜,

$3000 \text{ r/min}$ 离心 $10 \text{ min}$ 制取血清,用于血液生化指标的测定。

### 1.4 生理生化指标测定

所测定的生理生化指标有:红细胞计数、白细胞计数、血红蛋白、血清总蛋白、甘油三脂、血清胆固醇、钙离子、磷离子,使用青岛医学院附属医院自动生化测定仪测定。

血清碱性磷酸酶用南京建成生物公司试剂盒测定。

### 1.5 数据处理

所得数据用SPSS10.0软件统计处理,数据用平均值 $\pm$ 标准差( $\bar{X} \pm \text{SD}$ )表示。Excel作图,得到各指标值随时间变化的折线图。将各指标不同时间的数值,与不同阶段的增重率进行相关性分析差异显著度为0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 生长指标

由表1可见,前3周增重率和特定生长率A组和C组显著高于B组( $P < 0.05$ ),A组增重率和特定生长率高于C组,但差异不显著( $P > 0.05$ ),B组为负增长。B组后2周增重率为 $(9.57 \pm 2.51)\%$ ,C组增重率为 $(6.51 \pm 1.79)\%$ ,两组间差异显著( $P < 0.05$ ),B组增重率非显著高于A组;B组后2周特定生长率为 $(0.66 \pm 0.03)\%$ ,C组特定生长率为 $(0.45 \pm 0.02)\%$ ,B、C两组间差异显著( $P < 0.05$ ),B组特定生长率非显著高于A组,体现了补偿生长时生长加快的特征。成活率3组之间差别不显著。

### 2.2 相关血液生理生化指标变化

各组每周测得的指标变化值如图1所示。A组

表1 不同处理组奥利亚罗非鱼的生长状况

| 项目 Item                             | A组 Group A           | B组 Group B          | C组 Group C           |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| 初体质量/g Initial body weight          | $93.08 \pm 10.23$    | $95.25 \pm 8.56$    | $94.90 \pm 9.87$     |
| 第3周体质量/g Third week body weight     | $105.02 \pm 8.45^a$  | $91.03 \pm 9.64^b$  | $102.79 \pm 10.01^a$ |
| 末体质量/g Final body weight            | $114.32 \pm 10.12^a$ | $99.75 \pm 10.29^b$ | $109.48 \pm 9.66^a$  |
| 前3周增重率/% WGR in first three weeks   | $12.80 \pm 3.58^a$   | $-4.38 \pm 1.14^b$  | $8.16 \pm 2.31^a$    |
| 后2周增重率/% WGR in last two weeks      | $8.86 \pm 1.02^a$    | $9.57 \pm 2.51^a$   | $6.51 \pm 1.79^b$    |
| 前3周特定生长率/% SGR in first three weeks | $0.58 \pm 0.021^a$   | $-0.21 \pm 0.06^b$  | $0.39 \pm 0.032^a$   |
| 后2周特定生长率/% SGR in last two weeks    | $0.61 \pm 0.019^a$   | $0.66 \pm 0.032^a$  | $0.45 \pm 0.024^b$   |
| 总增重率/% Total WGR                    | $22.82 \pm 3.02^a$   | $4.72 \pm 0.11^b$   | $15.36 \pm 5.61^a$   |
| 总特定生长率/% Total SGR                  | $0.59 \pm 0.017^a$   | $0.13 \pm 0.0094^b$ | $0.41 \pm 0.013^a$   |
| 成活率/% Survival rate                 | $95 \pm 2$           | $90 \pm 3$          | $93 \pm 3$           |

注:同一行中不同上标表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Values with different letters in the same line show significant differences ( $P < 0.05$ ).

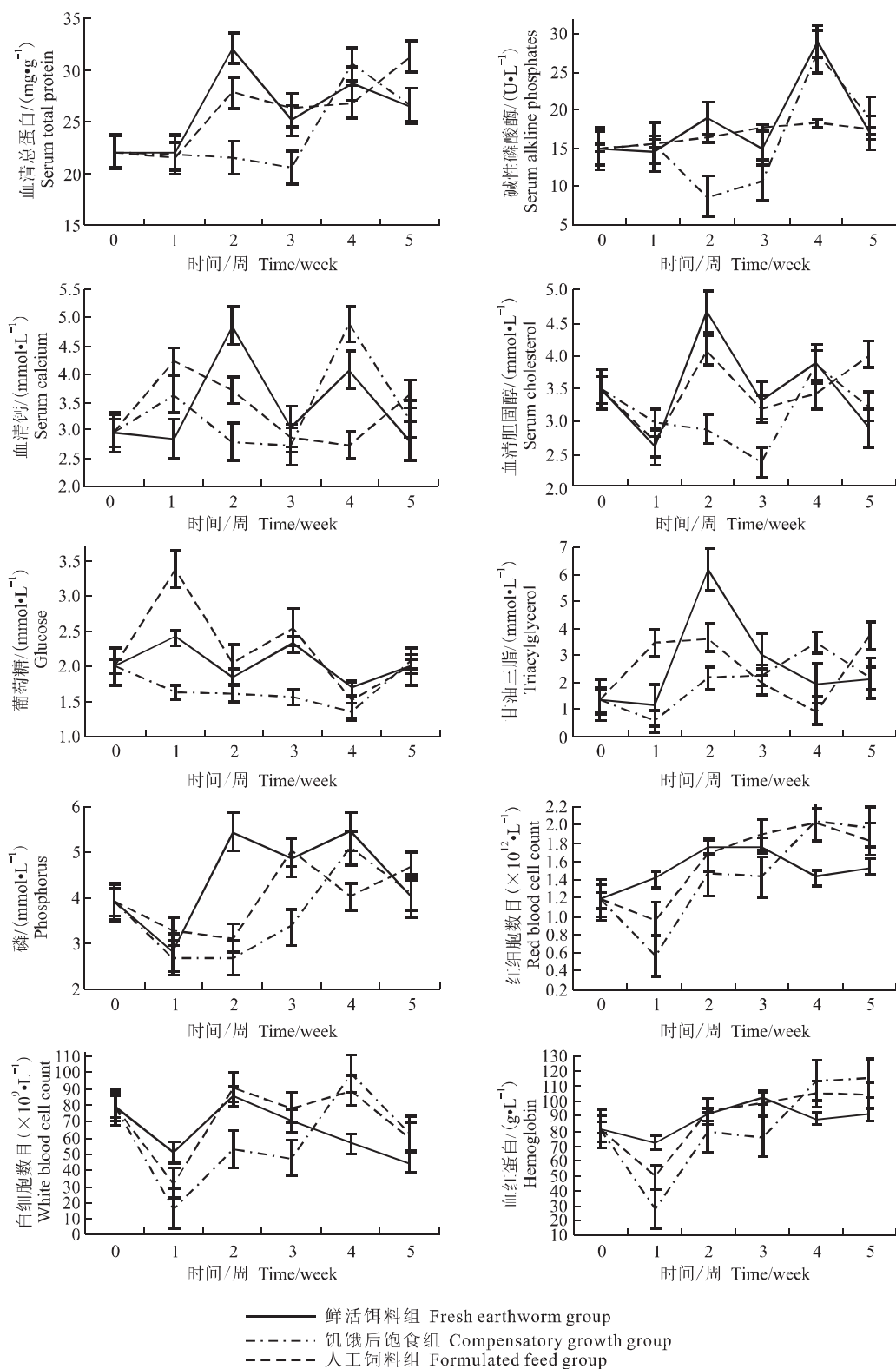


图1 不同投喂模式奥利亚罗非鱼的血液指标随时间的变化

Fig.1 Change of tilapia blood indices under different feeding strategies

前3周血清总蛋白、红细胞数量、血红蛋白含量都要高于B组和C组,显示了良好的生长状态。C组前3周葡萄糖浓度显著高于B组( $P<0.05$ ),高于A组;C组前3周红细胞数量、血红蛋白高于B组。B组葡萄糖、甘油三脂、红细胞数量、血红蛋白第1周下降显著;磷、甘油三脂、白细胞、血红蛋白在第2、3周有所上升,碱性磷酸酶在第3周回升;血清钙、胆固醇、葡萄糖第2、3周持续下降;血清总蛋白在饥饿第1周下降不明显,第2、3周持续下降,并在第3周降至浓度最低;B组第4周时血清总蛋白、碱性磷酸酶、钙、胆固醇、甘油三脂、血细胞、血红蛋白数值与第3周相比显著升高( $P<0.05$ ),高于A组和C组。

### 2.3 血液生理生化指标与增重率相关性分析

对血液指标的变化趋势与增重的变化趋势进行相关性分析,并得出相关系数。如表2所示,血清总蛋白、胆固醇与增重率的相关系数分别为0.872和0.803,相关性极显著( $P<0.01$ );血红蛋白与增重率相关系数为0.615,相关性显著( $P<0.05$ );血清碱性磷酸酶、红细胞、白细胞与增重率呈非显著相关( $P>0.05$ );甘油三脂、葡萄糖、磷与增重率以及钙离子与增重率均无显著相关性( $P>0.05$ )。

表2 血液指标与增重率的相关性分析

Tab.2 Correlation coefficient between blood indices and weight gain ratio

| 指标<br>Index                       | 相关系数<br>Correlation coefficient |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 血清总蛋白 Serum total protein         | 0.872*                          |
| 血清碱性磷酸酶 Serum alkaline phosphates | 0.557                           |
| 血清钙 Serum calcium                 | -0.121                          |
| 葡萄糖 Glucose                       | 0.207                           |
| 甘油三脂 Triacylglycerol              | 0.366                           |
| 白细胞数 White blood cell count       | 0.551                           |
| 血红蛋白 Hemoglobin                   | 0.615*                          |
| 红细胞数 Red blood cell count         | 0.580                           |
| 磷 Phosphorus                      | 0.231                           |
| 胆固醇 Cholesterol                   | 0.803**                         |

注: \* 表示相关性显著( $P<0.05$ ); \*\* 表示相关性极显著( $P<0.01$ )。

Note: \* Correlation is significant at level 0.05; \*\* Correlation is significant at level 0.01.

## 3 讨论

### 3.1 不同投喂模式下血液理化指标

B组先饥饿3周后,开始饱食投喂后出现补偿生长。楼宝等<sup>[11]</sup>认为关于补偿生长机制,目前多从代谢水平、食物转化率和摄食水平来分析。而有关水产动物补偿生长时的血液理化指标变化情况尚未见报道,国内仅有高峰等<sup>[12]</sup>研究了羔羊补偿生长时血液激素指标的变化情况。本研究探讨了奥利亚罗非鱼补偿生长时血液理化指标的变化情况,尝试解释补偿生长时快速生长的内在机制。B组在第3周饥饿结束后开始饱食投喂,第4、5周所测各指标值均出现了明显的变化,血清总蛋白、碱性磷酸酶、钙、胆固醇、甘油三脂、红细胞、血红蛋白等都有显著上升。血清总蛋白含量迅速升高可能是体内补充了大量的营养成分后,代谢加快,蛋白质合成旺盛,分泌到血液中的蛋白质增多而造成的。红细胞、血红蛋白显著增加可能因为生命活动旺盛,各组织耗氧量增加,从而红细胞和血红蛋白增多以适应运输氧的需求。甘油三脂的增加表明体内能量的增加,生长加速,细胞分裂也加速,甘油三脂的增加可以为新的细胞膜和细胞器提供脂类。这些内在的变化可能是对外在的食物转化率和摄食水平提高的一种适应,表现为补偿生长时的快速生长。

### 3.2 不同投喂模式的生长性能

B组前3周处于饥饿状态,体质量下降,增重率为-4.38%,特定生长率为-0.21%;同期的A组增重率是12.80%,特定生长率是0.58%;C组增重率是6.51%,特定生长率是0.39%,从第4周开始,B组进行饱食投喂,到第5周实验结束时增重率是9.57%,比A组高8.01%,显著高于C组( $P<0.05$ ),特定生长率比A组提高7.5%,显著高于C组,体现了补偿生长时动物加速生长<sup>[7-8]</sup>的特征。

在生产中,可以利用水产动物补偿生长来改变饲喂间隔时间,充分发挥水产动物自身的生长潜力,从而达到提高经济效益的目的。补偿生长的具体影响机制还需要进一步深入的研究,以适应生产的需要。

### 3.3 血液理化指标和生长性能的关系

本实验中,通过饥饿后恢复摄食与生长良好和生长情况一般的实验组相互比较,试图在这些变化的指标中,找出哪些是与生长密切相关的。

血清总蛋白与增重率二者极显著相关( $P<0.01$ )。总蛋白在饥饿第1周时,与鲜活饵料组和正

常饲喂组相比,变化并不明显,第2周开始下降,第3周下降显著。与本研究类似,对养殖鲈鱼的饥饿研究认为,第1周血清总蛋白有所增加,第2周回落,第3周低于正常组,第4周继续显著下降<sup>[13]</sup>。而对鳊鱼的研究却得到不同的结论,饥饿第3天至90天血清总蛋白几乎不变<sup>[14]</sup>。作者认为,饥饿时动物首先动用的是血糖,然后是脂类,最后是蛋白,所以饥饿开始时,血清总蛋白下降并不显著。当恢复生长时,蛋白合成加速,细胞分泌到血液中的蛋白量增加,代谢旺盛,致使血清总蛋白含量也增加,相应生长加快。

胆固醇和增重率为极显著相关( $P<0.01$ )。胆固醇是皮质类激素和性激素的前体<sup>[15]</sup>,皮质激素包括2类:一类是盐皮质激素,如醛甾酮;另一类为糖皮质激素,如皮质醇。性激素如睾酮,雌二醇等这些激素对水盐代谢、糖代谢、蛋白质代谢、脂肪代谢有着至关重要的作用。饥饿开始时,糖、蛋白质、脂肪等物质得不到供应,代谢速率自然降低,这些激素类合成分泌减少,用于合成它们的胆固醇相应减少;当有充足的食物供应时,用于合成激素的胆固醇含量升高,促使代谢和生长加快。此外,胆固醇还能用于合成新的细胞膜或细胞内细胞器膜等。

血红蛋白与增重率显著相关( $P<0.05$ )。血红蛋白在饥饿实验开始后就迅速下降,反映了血液输氧能力的下降,进而使代谢速率降低,这是鱼类在饥饿时降低对贮存能量的利用以维持基本生命活动的一种生理反应<sup>[16]</sup>。其他研究<sup>[17-18]</sup>也有类似的报道。生长良好的情况下,生命活动增强,各组织耗氧量急剧增加,对运输氧的需求增加,刺激合成更多的血红蛋白,导致血红蛋白含量增加。

血清碱性磷酸酶和营养免疫相关。在正常情况下,血清碱性磷酸酶活性很低,当罗非鱼患有肝脏疾病或骨病时,血清碱性磷酸酶活性会显著升高<sup>[19]</sup>,因此可以将其作为鱼类健康状况的重要标志。当机体衰弱时,身体的能量被用于合成基础生命活动的物质,和免疫相关的酶类合成减少,在实验测定中,碱性磷酸酶与增重率的相关系数为0.557,与生长表现出非显著相关性。

本研究初步筛选出了能够反映生长性能的血液生理生化指标,但是生长是一个综合的过程,这些指标的具体影响机制还需要进一步的研究,同时指标的稳定性及可应用性还需要实践来检验。

#### 参考文献:

- [1] Blier P U, Pelletier D. Does aerobic capacity set a limit on fish growth rate? [J]. *Rev Fish Sci*, 1997, 5: 323-340.
- [2] Lemieux H, Blier P U, Dutil J D. Do digestive enzymes set a physiological limit on growth rate and food conversion efficiency in the Atlantic cod (*Gadus morhua*)? [J]. *Fish Physiol Biochem*, 1999, 20: 293-303.
- [3] Torrissen K R, Shearer K D. Protein digestion, growth and food conversion in Atlantic salmon and Arctic charr with different trypsin-like isozyme patterns [J]. *J Fish Biol*, 1992, 41: 409-415.
- [4] Blier P U. Is the growth rate of fish set by digestive enzymes or metabolic capacity of the tissues? Insight from transgenic coho salmon [J]. *Aquaculture*, 2002, 209: 379-384.
- [5] Emmanuel M, Vera Cruz, Christopher L Brown, et al. Insulin-like growth factor- I cDNA cloning, gene expression and potential use as a growth rate indicator in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* [J]. *Aquaculture*, 2006, 251: 585-595.
- [6] 赵振山, 林可淑. 用 RNA/DNA 比率评定鲤的生长及配合饲料的营养价值 [J]. *水产学报*, 1994, 18 (4): 257-264.
- [7] Weatherley A H, Gill H S. The Biology of Fish growth [M]. London Academic Press, 1987, 25: 649-656.
- [8] Miglavs L, Jobling M. Effects of 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 (6): 947-957.
- [9] 王岩. 海水养殖罗非鱼补偿生长的生物能量学机制 [J]. *海洋与湖沼*, 2001, 32 (3): 233-239.
- [10] 李程琼. 奥尼罗非鱼多重周期饥饿后的补偿生长 [J]. *中山大学学报*, 2005, 44 (4): 99-102.
- [11] 楼宝, 毛国民, 陈雪昌. 浅谈鱼类的补偿生长 [J]. *现代渔业信息*, 2006, 21 (3): 11-14.
- [12] 高峰, 侯先志, 敖长金, 等. 妊娠后期不同营养水平限制饲养母羊对其羔羊补偿生长期血中胰岛素、T3、T4 浓度的影响 [J]. *畜牧兽医学报*, 2004, 35 (3): 270-275.
- [13] 钱云霞, 陈惠群, 孙江飞. 饥饿对养殖鲈鱼血液生理生化指标的影响 [J]. *中国水产科学*, 2002, 9 (2): 133-137.
- [14] 尾崎久雄. 鱼类血液循环生理 [M]. 上海科学技术出版社, 1982.
- [15] 沈同, 王镜岩. 生物化学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1996, 200.
- [16] 陈晓耘. 饥饿对南方鲶幼鱼血液的影响 [J]. *西南农业大学学报*, 2002 (2): 167-169.
- [17] 李懋, 万松良, 黄二春, 等. 不同状态下大口鲶血液学研究 [J]. *水产科学*, 1997, 16 (6): 3-7.
- [18] Gills T E, Ballantyne J S. The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon [J]. *J Fish Biol*, 1996, 49 (6): 1306-1316.
- [19] 沈斌, 张勤. 石油污染对莫桑比克罗非鱼血清酶活性的影响 [J]. *海洋学报*, 1998, 20 (4): 60-65.

## Relationships between growth performance and blood biochemical indices in tilapia *Oreochromis aureus*

LUO Zuo-yong<sup>1,2</sup>, WANG Lei<sup>1</sup>, WANG Bao-jie<sup>1</sup>, LIU Mei<sup>1</sup>, JIANG Ke-yong<sup>1</sup>, ZHANG Ming<sup>3</sup>, ZHU Yan-xiong<sup>4</sup>

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Qingdao Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Qingdao 266002, China; 4. Institute of Science & Technology Information, Qingdao 266002, China)

**Abstract:** Tilapia (*Oreochromis aureus*) was fed under three different feeding regimes: fresh earthworm, re-feeding after starvation for 3 weeks with formulated feed, and control (formulated feed). The fresh earthworm group was fed with ice earthworm. Earthworm is rich in nutrition, and the tilapia were expected to grow fast and well. The tilapia in compensatory group were starved for 3 weeks then fed with formulated feed for two weeks, and were used to study the change of blood biochemical indices during the period of starving and re-feeding. The formulated feed was bought from Qingdao aquaculture feed company. The tilapia with body weight at about 90 g were divided into three feeding groups, each with triplicate and 18 tilapia for each, raised in 200 L tanks. The tilapia were raised in fresh tap water, and the temperature of water was  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ , pH value  $8.0 \pm 0.5$ . Fish were fed at 08:00, 14:00 and 19:00 each day, and the left-over feed was removed 1 h after feeding, and 1/3 of tank water was exchanged. Fish blood was collected through tail vein puncture by a sterile syringe, and each fish for the blood was used as a sample. The results showed that the tilapia acquired a compensatory growth during the period of compensatory growth that the weight gain ratio and specific growth rate was significantly higher than that in formulated group ( $P < 0.05$ ), and higher than that in fresh earthworm group, but not significantly ( $P > 0.05$ ). The fresh earthworm group was higher than that of the formulated group in total weight gain and specific growth rate, but not significantly ( $P > 0.05$ ). The survival rates between the three groups were not significantly different. Glucose, triacylglycerol, red blood cell count and hemoglobin dropped significantly after starving for one week, but then was stable in the following starving weeks; total serum protein concentration did not drop significantly. After one week's re-feeding the biochemical indices went up obviously. The serum total protein concentration and cholesterol was significantly correlated to the growth performance ( $P < 0.01$ ); the correlation coefficient was 0.872 and 0.803, respectively; the correlation coefficient of hemoglobin to weight gain rate was 0.615, and was significantly correlated to the growth performance ( $P < 0.05$ ); the red blood cell count, white blood cell count and AKP was highly correlated to the growth performance, and the correlation coefficient was 0.580, 0.551 and 0.557, respectively. Triacylglycerol and phosphorus and the serum calcium was not correlated to the growth performance significantly. From the results, it was suggested that the serum total protein, cholesterol and hemoglobin could be used as indices reflecting growth performance.

[Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14 (5): 743 – 748]

**Key words:** *Oreochromis aureus*; compensatory growth; growth performance; blood biochemical indices

**Corresponding author:** WANG Lei. E-mail: wanglei@ms.qdio.ac.cn