

文章编号: 1000-0615(2000)03-0206-05

饥饿对真鲷生长及生化组成的影响

张 波, 孙 耀, 唐启升

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:在 20℃ 条件下,对真鲷进行了不同时间的饥饿处理后再投饵的恢复生长实验。饥饿 15d 的真鲷体重下降 7.05%, 鱼体水分含量略有上升, 蛋白质含量和比能值略有下降, 脂肪含量和灰分含量没有明显改变。这表明真鲷在饥饿过程中主要消耗蛋白质作为身体的能量来源。分别给饥饿处理 0(对照)、3、6、9、12 和 15d 的真鲷投饵, 在饱足摄食的条件下生长 2 周。各饥饿处理组的鱼体生化组成及比能值均接近, 并恢复到对照组水平。饥饿 3、6d 处理组在恢复生长中的特殊增长率、摄食率显著高于对照组, 而食物转化率与对照组无显著差异; 饥饿 9、12 和 15d 处理组的特殊增长率和食物转化率均显著高于对照组, 而摄食率与对照组无显著差异。结果表明真鲷幼鱼具有超补偿生长能力, 短期饥饿的真鲷在恢复生长中通过显著提高摄食水平来达到补偿生长; 而继续延长饥饿时间则通过显著提高食物转化率来达到补偿生长。

关键词:真鲷; 饥饿; 补偿生长; 生化组成

中图分类号: S917 文献标识码: A

The effects of starvation on growth and biochemical composition in *Pagrosomus major*

ZHANG Bo, SUN Yao, TANG Qi sheng

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Qingdao 266071, China)

Abstract: The recovery growth experiment in red sea bream, *Pagrosomus major*, following different starvation time at 20°C. During starvation of 15 days, the fish lost 7.05% body weight comparing with its initial weights; the water content within the fish body increased slightly; the protein and the energy content decreased slightly too; the lipid and ash did not significantly change. The tested fish were divided into 6 experiment groups which were deprived of food for 0(control), 3, 6, 9, 12 and 15 days respectively. Then each group was sated with food for two weeks. At the end of the recovery growth, chemical composition and energy content in each group were similar with the control group. The specific growth rate and feeding rate of groups which were deprived of food for 3 and 6 days significantly higher than the control group, but food conversion efficiency was similar with the control group; the specific growth rate and food conversion efficiency of groups which were deprived of food for 9, 12 and 15 days significantly higher than the control group, but feeding rate was similar to the control group. This results suggest the compensatory growth in red sea bream which was deprived of food for 6 days resulted in significant increase of the feeding rate in the recovery growth; but the compensatory growth in red sea bream which was deprived of food 9, 12 and 15 days resulted in significant increase of the food conversion efficiency in the recovery growth.

Key words: *Pagrosomus major*; starvation; compensatory growth; biochemical composition

收稿日期: 1999-01-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(497901001)

作者简介: 张波(1971-), 女, 黄海水产研究所助理研究员, Tel: 0532-5836344

鱼类在自然生存环境中经常会面临饥饿的胁迫, 很多鱼能忍受较长时间的饥饿, 如: 裸盖鱼 (*Anaplopoma fimbria*) 能够在饥饿 162d 的情况下不表现出饥饿的压力^[1]。尽管饥饿是动物生长的不利因素之一, 但由于不少研究者在禽兽类动物中普遍发现继饥饿或营养不足一段时间后恢复喂食, 将出现超过正常生长速度的补偿生长现象, 并将此现象应用到生产中而获得了经济效益, 因此饥饿对鱼类生长的影响也引起了研究者的兴趣。不同种类的鱼对饥饿的耐受力 and 适应性特征不同, 恢复生长的程度也因鱼种类、生理状态、饥饿或限食程度不同而有较大差异。谢小军等^[2]综述了饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展, 国外在鱼类补偿生长方面已作了大量工作^[1, 3, 4], 目前国内在该领域的研究还较少^[5]。

真鲷 (*Pagrosomus major*) 是名贵的海水养殖鱼种, 是目前养殖得较为成功的海水鱼种之一, 有关该鱼的生物学、营养学以及养殖方面的研究已有较多报道^[6, 7, 8]。本研究主要考察了真鲷在饥饿过程和恢复生长后的身体组成的变化, 以及饥饿不同时间后恢复饱足喂食条件下的生长状况, 以期为真鲷养殖提供基础数据。

1 材料与方 法

1.1 材料的来源及驯化

实验用真鲷来自黄海水产研究所青岛实验基地人工孵化并养殖的鱼苗, 选取体重在 30~50g 的健康鱼苗 100 尾, 暂养于室内小型水泥池中, 每天投喂 2 次, 达饱足。待摄食和生长正常后, 选取其中的 90 尾分别随机放入 20 个实验水槽, 在实验条件下驯化 15d 后开始正式实验。

1.2 实验条件及方法

实验采用室内连续流水式饲养法(孙耀等. 真鲷的生长和生态转换效率及其主要影响因素. 1998)。实验水槽为 0.15m³ 的玻璃钢水槽。实验用海水经沉淀和沙滤处理后, 通过进水管分别流入各实验水槽, 其流速控制为 4L/min。实验采用自然光照周期, 最大光强为 250lx。由于自然海水温度在一段时间内能保持相对稳定, 实验水温控制采用自然流水。实验在 1998.10~1998.11 期间进行, 平均水温为 20℃, 水温变幅在 ±2℃ 之间。

实验开始和结束时, 将鱼饥饿 1d 使排空粪便后称重。饵料生物玉筋鱼 (*Ammodytes personatus*) 去头和内脏, 加工成实验鱼易于吞食的大小。每次投饵后至下一次投饵前收集残饵, 残饵经烘干后称重。残饵量由饵料的流失率及干湿重校正而得, 每日的耗饵量由投饵量与残饵量之差求得。驯化结束后, 随机选取 3 尾作为饥饿处理前鱼体生化成分的对照, 然后分为 6 个饥饿组, 分别饥饿处理 0(对照)、3、6、9、12 和 15d, 每组 15 尾。每个饥饿组又设 4 个重复组, 每个重复组 3 尾鱼。在每组鱼饥饿处理结束时, 从 15 尾中随机选取 3 尾, 作为该饥饿处理组在饥饿结束时或恢复喂食前的鱼体生化成分的对照材料, 其余 12 尾用于恢复生长实验。恢复生长的喂养时间均为 2 周。恢复生长实验结束后, 随机选取 3 尾作为恢复生长后鱼体生化成分的对照。将所取得的鱼体样品在 70℃ 下烘干至恒重, 得水分含量。然后研磨成细粉状, 放入样品瓶置于 -20℃ 冰箱中保存待测。采用 PE240C 元素分析仪测定样品的总氮含量, 再乘以 6.25 得粗蛋白含量; 采用索氏提取法测定脂肪含量; 将样品在马福炉中焚烧(550℃)测定灰分含量; 比能值由上海地质仪器厂生产的 XRY-1 型氧弹式热量计测定。

1.3 计算公式

$$K(\%) = 100 \times (W_0 - W_1) / W_0,$$

$$SGR(\%) = 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / t,$$

$$RL(\%) = 100 \times C / [t \times (W_2 + W_1) / 2],$$

$$CE(\%) = 100 \times (W_2 - W_1) / C$$

W₀: 饥饿处理开始时的鱼体重; W₁: 饥饿处理结束时的鱼体重(即恢复生长实验开始时的鱼体重);

W₂: 恢复生长结束时的鱼体重; C: 总摄入饵料量; K: 饥饿过程中的体重损失率; SGR: 特殊生长率; RL: 摄食率; CE: 食物转化率; t: 恢复生长时间。

2 结果

2.1 真鲷在饥饿过程中及恢复生长后体重及身体组成的变化

饥饿处理前、处理后以及恢复生长后真鲷的体重见表 1, 真鲷在饥饿过程中体重不断下降, 饥饿至 15d 体重下降 7.05%; 鱼体水分含量略有上升, 从 67.39% 升至 69.20% (图 1-a); 蛋白质含量和比能值略有下降, 蛋白质含量从 16.26% 降至 15.17% (图 1-b), 比能值从 8.06kJ/g 降至 7.23kJ/g (图 1-e); 脂肪含量 (图 1-c) 和灰分 (图 1-d) 含量没有明显改变。各饥饿处理组实验鱼在经过 2 周恢复生长后, 鱼体的生化组成及比能值均接近, 并恢复到对照组水平 (图 1-a~e)。

2.2 真鲷继饥饿后的恢复生长

恢复生长的真鲷在饱足摄食水平下生长 2 周, 对各饥饿处理组的 SGR、RL 和 CE 的数据进行单因素方差分析及 Duncan 法作多重比较。据表 2, 尽管饥饿 3d 处理组的特殊生长率、摄食率明显高于对照生长组, 但没有达到统计学差异; 饥饿 6d 处理组在恢复生长中的特殊生长率、摄食率显著高于对照生长组 ($P < 0.01$), 两组的食物转化率与对照组无显著差异; 饥饿 9、12 和 15d 处理组的特殊生长率和食物转化率均显著高于对照生长组 ($P < 0.01$), 而摄食率与对照组无显著差异。

3 讨论

3.1 鱼类补偿生长及其实验设计

所谓补偿生长 (compensatory growth) 是指经过一段时间食物缺乏或因繁殖引起的体重损失后, 动物超过正常生长速度, 以恢复到最初的体重或生长规律的能力^[9]。目前发现在许多鱼类, 产生补偿生长只需要几天的食物缺乏^[10]或一至数周相对较低的摄食^[3,11], 这表明补偿生长在自然界并不是偶然发生的, 在自然鱼群中可能比以前认为的更普遍的存在。目前关于鱼类补偿生长的实验设计主要有两类: 一类是食物缺乏 (feed-deprived) 条件下产生的补偿生长^[1,4]; 另一类是限制摄食

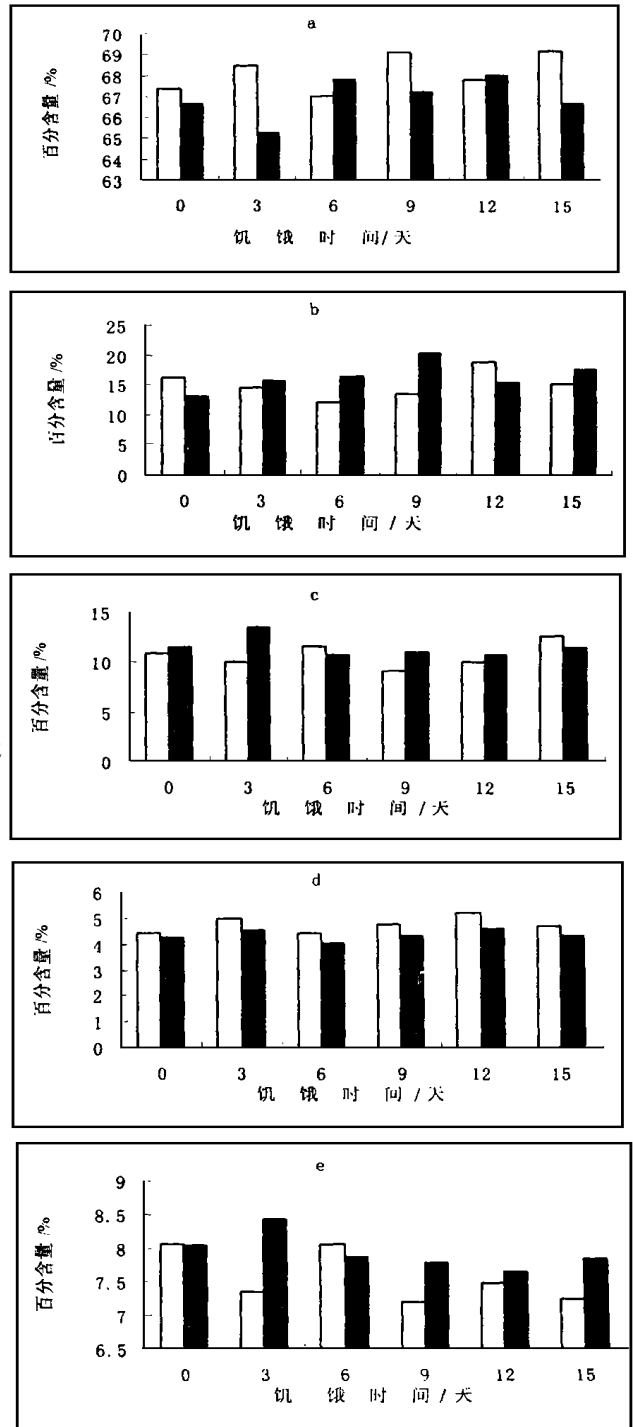


图 1 真鲷在饥饿过程中 (白色) 及恢复生长后 (黑色) 身体组成的变化

Fig. 1 The changes of biochemical compositions in red sea bream during starvation (white) and after recovery growth (black)

a: 水分; b: 蛋白质; c: 脂肪; d: 灰分; e: 比能值

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(feed-restricted) 条件下产生的补偿生长^[11,12]。本研究采用的是前一类实验设计。Jobling 和 Koskela^[12] 认为研究后一类补偿生长困难更大, 因为食物限制条件下产生的补偿生长并不在所有鱼上发生。食物提供越受限制, 对有限食物的竞争就越大, 一部分鱼能获得足够的食物来维持良好的生长, 而另一些就会因饥饿导致失重。

表 1 真鲷在饥饿过程中及恢复生长后的体重变化

Tab. 1 The change of weight in red sea bream during starvation and after recovery growth

| 饥饿处理时间 (d) | 饥饿处理前体重(g) | | 饥饿处理后体重(g) | | 恢复生长后体重(g) | | 体重损失率 (%) |
|---------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|--------------|
| | 平均值 | S. E. | 平均值 | S. E. | 平均值 | S. E. | |
| 0 | 31.31 | 2.59 | 31.31 | 2.59 | 38.10 | 3.76 | |
| 3 | 28.82 | 1.69 | 28.31 | 1.64 | 35.49 | 2.69 | 1.75 |
| 6 | 28.43 | 4.31 | 27.24 | 4.34 | 34.61 | 6.26 | 4.28 |
| 9 | 27.07 | 1.71 | 25.94 | 1.94 | 34.18 | 1.65 | 4.25 |
| 12 | 28.74 | 1.43 | 27.27 | 1.41 | 36.02 | 0.77 | 5.12 |
| 15 | 28.14 | 1.04 | 26.16 | 1.00 | 34.51 | 4.78 | 7.05 |

表 2 真鲷在恢复生长中的生长率、摄食率及转化率

Tab. 2 The specific growth rate, feeding rate and conversion efficiency in red sea bream during recovery growth

| 饥饿处理时间 (d) | SGR (%) | | RL (%) | | CE (%) | |
|---------------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | 平均值 | S. E. | 平均值 | S. E. | 平均值 | S. E. |
| 0 | 1.39 | 0.13 | 47.13 | 2.91 | 2.97 | 0.43 |
| 3 | 1.61 | 0.25 | 50.50 | 4.25 | 3.22 | 0.69 |
| 6 | 1.71 | 0.09 | 55.05 | 7.43 | 3.08 | 0.52 |
| 9 | 1.78 | 0.21 | 44.03 | 2.95 | 4.01 | 0.21 |
| 12 | 1.74 | 0.03 | 45.16 | 0.47 | 3.83 | 0.09 |
| 15 | 1.87 | 0.15 | 44.42 | 3.90 | 4.25 | 0.75 |

3.2 真鲷在饥饿过程中及恢复生长后身体组成的变化

鱼类在饥饿期间动用身体贮存的能量来维持生命活动, 脂肪和糖元是大多数鱼类主要的贮能物质, 饥饿状态下主要消耗这两种物质, 对蛋白质的利用较少, 而且一般是在脂肪被大量消耗以后; 也有少数种类在饥饿期间主要消耗蛋白质^[2]。本研究发现饥饿 15d 后, 真鲷的蛋白质含量略有下降, 从 16.26% 降至 15.17% (图 1- b), 而脂肪含量(图 1- c) 没有明显改变。这表明真鲷幼鱼在饥饿过程中主要是消耗蛋白质作为身体的能量来源的。

在其它动物的补偿生长研究中, Wilson 和 Osbourne^[13] 认为补偿生长导致身体脂肪组成增加, 而另一些研究者^[14] 则认为是增加蛋白质。本研究发现经过补偿生长后鱼体的生化组成及比能值均接近, 并恢复到对照组水平(图 1- a~ e), 这与 Robert 等^[10], Qinton 和 Blake^[4] 的研究结果一致。这表明如果在水产养殖中应用补偿生长将不会影响真鲷的营养质量。

3.3 真鲷的补偿生长及其机制

谢小军等^[2] 从量的角度将补偿生长分为 4 类: 超补偿生长、完全补偿生长、部分补偿生长和不能补偿生长, 并发现饥饿处理的南方鲷只有部分补偿能力。本研究发现真鲷除饥饿 3d 组的生长率与对照组无显著差异以外, 其余饥饿组的生长率都显著高于对照组(表 2), 说明饥饿处理的真鲷幼鱼具有超补偿生长能力。

关于补偿生长的机制尚有争议, 目前主要有两种观点, 一种观点是动物通过降低代谢消耗来适应饥饿, 当恢复供食时, 代谢还不能立即适应高水平的食物摄入, 较低的代谢水平将维持一段时间, 这种高摄入、低消耗使用于生长的能量比例增高, 即食物转化率提高, 从而达到补偿生长^[3,15]; 另一种观点是处于恢复生长的动物食欲增强, 通过大幅度提高摄食水平来达到补偿生长^[16]。本研究发现饥饿 3、6d 处理组在恢复生长中的摄食率显著高于对照生长组, 而食物转化率与对照组无显著差异, 饥饿 9、12 和 15d

处理组的食物转化率显著高于对照生长组,而摄食率与对照组无显著差异(表2)。结果表明同一种鱼在不同的饥饿处理时间下的补偿生长的机制也不完全相同,饥饿6d的真鲷通过提高摄食水平来达到补偿生长,而继续延长饥饿时间,食欲恢复到正常摄食水平,则通过提高食物转化率来达到补偿生长。结果还表明食物转化率的提高不一定完全是高摄入、低消耗的结果,有可能是鱼体自身消化酶的分泌或活性增加的结果,这一假设有待进一步的实验验证。

3.4 鱼类补偿生长在生产中的应用前景

Robert等^[10]认为在加速养殖鱼类生长的众多方法中,补偿生长将是非常有潜力的一种方法。他们认为把补偿生长应用到养殖中的尝试普遍都失败的原因是由于食物缺乏后引起的快速生长反应在接近对照组生长时就减慢了,结果使最终的生长量并没有得到提高。因此建议用禁食和不限限制摄食交替进行的这种摄食制度来使在每次补偿生长反应减弱时激活它,以增加鱼用于补偿生长的时间。他们在研究中发现交替饥饿2d和14d的杂交翻车鱼的生长比连续投饵的生长分别高2和1.4倍。本研究也发现饥饿至15d的真鲷还具有超补偿的能力,因此在养殖生产中可适当地应用此现象来提高产量。

参考文献:

- [1] Paul A J, Paul J M, Smith R L. Compensatory growth in Alaska yellowfin sole, *Platichthys asper*, following food deprivation[J]. J Fish Biol, 1995,46:442~ 448.
- [2] 谢小军, 邓利, 张波. 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.
- [3] 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.
- [4] Quinton J C, Blake R W. The effect of feed cycling on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*[J]. J Fish Biol, 1990, 37: 33~ 41.
- [5] 邓利, 张波, 谢小军. 南方鲷继饥饿后的恢复生长[J]. 水生生物学报, 1999, 23(2): 167~ 173.
- [6] 刘竹伞, 周海涛, 俞开康等. 真鲷的营养需要及配合饲料的研究初报[J]. 海洋湖沼通报, 1994, (4): 48~ 55.
- [7] 柳学周, 于东祥, 雷霖霖. 真鲷幼鱼室内越冬技术的研究[J]. 海洋科学, 1997, (3): 3~ 5.
- [8] 鲍宝龙, 苏锦祥, 龚小玲. 饥饿状态下真鲷仔鱼早期阶段的高温、低盐耐力和浮力[J]. 上海水产大学学报, 1997, 6(2): 90~ 95.
- [9] Broekhuizen N, Gurney W S C, Jones A, et al. Modelling compensatory growth[J]. Functional Ecology, 1994, 8: 770~ 782.
- [10] Robert S H, Douglas B N, Ning W. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates[J]. Trans Am Fish Soc, 1997, 126: 316~ 322.
- [11] Bull C D, Metcalfe N B. Regulation of hyperphagia in response to varying energy deficits in overwintering juvenile Atlantic salmon[J]. J Fish Biol, 1997, 50: 498~ 510.
- [12] Jobling M, Koskela J. Interindividual variation in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth[J]. J Fish Biol, 1996, 49: 658~ 667.
- [13] Wison P N, Osbourne D F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds[J]. Biol Rev Camb Phil Soc, 1960, 37: 324~ 363.
- [14] McManus W R, Reid J T, Donaldson L E. Studies of compensatory growth in sheep[J]. J Agric Sci, 1972, 79: 1~ 12.
- [15] Dobson S H, Holmes R M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson[J]. J Fish Biol, 1984, 25: 649~ 656.
- [16] Myung K K, Richard T L. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds[J]. Aquac, 1995, 135: 285~ 293.