

# 南方鲇继饥饿后的恢复生长\*

邓利\*\* 张波 谢小军

(西南师范大学生物系 重庆 400715)

**摘要** 1996 年 1 月至 4 月在 27.5℃ 条件下, 对南方鲇幼鱼(初始体重:  $73.65 \pm 9.82\text{g}$ )进行了不同时间的饥饿处理后再供食的恢复生长实验。实验鱼饥饿 60d 后, 鱼体比能值、蛋白质含量及脂肪含量明显下降, 灰分含量及含水量明显上升。分别将饥饿处理 0(对照)、10、20、30、40、50 和 60d 的南方鲇再恢复喂食, 在饱足摄食水平下生长 20d。各饥饿处理组的鱼体化学组成及比能值均接近, 并恢复到对照生长组水平。饥饿处理 50d 组的干重及能量生长率, 湿重、干重及能量摄食率显著高于对照组的相应值。通过讨论认为: (1) 饥饿处理 50d 的南方鲇在恢复生长过程中产生了显著的补偿效应; (2) 该补偿现象主要因摄食水平显著升高所致。

**关键词** *Silurus meridionalis*, 鱼类能量学, 饥饿, 恢复生长

由于季节更替或环境条件变化, 动物经常会在生活周期的一定阶段面临食物的缺乏而受到饥饿胁迫。不少研究者发现畜禽类动物继营养不良或饥饿一段时间后恢复喂食, 在恢复生长中较普遍地出现了超过正常生长速度的快速生长现象<sup>[1-3]</sup>, 人们称这种现象为补偿生长(Compensatory growth), 并已在一些畜禽类动物的饲养中利用此现象通过改变饲喂制度而获得经济效益。有关饥饿对鱼类生理生态学状况影响的研究起步较晚, 一些学者探讨了鱼类在饥饿状态下的能量利用以及身体化学组成变化, 以考察鱼类对饥饿胁迫的适应性特征<sup>[4-8]</sup>。对于鱼类在饥饿一段时间后恢复喂食时的生长状况的研究也有少量报道<sup>[9-15]</sup>。

南方鲇(*Silurus meridionalis* Chen)是我国特有的重要经济鱼类。有关该种鱼的生物学研究已有较多报道<sup>[16-23]</sup>, 但未见饥饿及恢复生长方面的研究资料。本研究考察了南方鲇在饥饿过程中的身体组成变化, 以及在饥饿不同时间的处理后恢复饱足喂食条件下的摄食生长状况。

## 1 材料和方法

**1.1 实验鱼的来源及驯养** 采用本实验室当年人工繁殖的南方鲇幼鱼。实验前饲养于西南师范大学水产科学研究所实验渔场的水泥池内, 将鲜活泥鳅(*Misgurnus anguillicandatus*)切成碎块作为饵料, 每两天投喂一次, 达饱足。

\* 国家自然科学基金资助项目(编号: 39870159)

\*\* 现在单位: 广州中山大学生命科学院  
1997-05-21收到; 1998-07-18修回

**1.2 实验鱼的驯化** 将南方鲇幼鱼放入实验室可自动控温的水族箱内进行驯化。实验装置的结构参照已报道方法<sup>[22]</sup>。饲养期间向水族箱内连续充气,每天换水量为水族箱的 1/3,收取粪便 4 次。驯化期间每饲养笼喂养 3 尾鱼,将鲜活泥鳅切成碎块作为饵料,于每天 18:00 时投喂 1 次,达饱足。将水温以每天 2℃ 的速度调至实验设计温度(27.5℃)。光制为 14L:10D,瞬时开断。驯化时间为 20d。

**1.3 实验方法** 驯化结束后选出体重相近( $73.65 \pm 9.82$ ) (S.D.) 的鱼 66 尾,随机抽取 3 尾作为饥饿处理前的鱼体化学分析对照材料(单个测定),然后分为 7 组,每组 9 尾,分别饥饿处理 0(对照)、10、20、30、40、50 和 60d,饥饿期间每饲养笼养 3 尾鱼。在每组鱼饥饿结束时,从 9 尾鱼中随机取样 3 尾作为该饥饿处理组在饥饿结束时并恢复喂食前的鱼体化学分析对照材料(单个测定),其余 6 尾鱼恢复饱足喂食,每笼单尾喂养 20d。分别测定在饥饿处理开始时( $W_0$ )、饥饿处理结束时( $W_1$ )以及恢复生长结束后( $W_2$ )每尾鱼的体重值。恢复生长实验结束后,每尾实验鱼均作为身体化学组成分析的材料进行处理并保存。

以除去头尾和内脏的鲜活泥鳅的躯体作为实验饵料,并用小手术剪切切成  $1 (\pm 0.01)$  g 重的饵料块。每天 18:00 时开始投喂,第一次投喂 10 块,投喂后每隔 20min 观察一次,如发现饵料块数有减少,则继续加投,直到最后两次观察发现笼内饵料块数不再减少为止,此时认为鱼已达饱足,然后取出残饵。实验鱼达饱足的时间未发现超过 2h。每天每尾鱼的摄食量等于总投饵块数减去残饵块数再乘以块重。喂养期间每隔 10d 称取 30g 饵料作为生化分析样品材料。将所取得的鱼体及饵料样品在 70℃ 下烘至恒重,取得其干重比。然后研磨为细末,放入小瓶中,保存于 -20℃ 下待测。

采用凯氏定氮法测定样品的总氮含量,然后将测定结果乘以 6.25 取得粗蛋白含量值;采用索氏提取法,用乙醚为抽提剂测脂肪含量;将样品在电炉上炭化 1h 后,再在马福炉中焚烧(550℃) 3h,取得样品灰分含量。每份样品均重复测定两次,若相对偏差大于 2%,则增加重复次数,采用相对偏差在 2% 以下的两个测定值的平均数为测定结果。

根据鱼体的身体组成,采用公式: (脂肪  $\times 39.5$  + 蛋白质  $\times 23.6$ ) kJ/g,推算其比能值<sup>[24]</sup>。

鱼体饥饿过程中体重损失率、恢复生长后每尾鱼的生长率(SGR)、摄食率(RL)和转化率(CE)分别用以下公式计算:

$$\begin{aligned} \text{体重损失率}(\%) &= 100 \times (W_0 - W_1) / W_0 \\ \text{SGR}(\%) &= 100 \times (\text{Ln}W_2 - \text{Ln}W_1) / t \\ \text{RL}(\%) &= 100 \times C / [t \times (W_1 + W_2) / 2] \\ \text{CE}(\%) &= 100 \times (W_2 - W_1) / C \end{aligned}$$

其中  $W_0$ 、 $W_1$  和  $W_2$  分别为饥饿处理开始、恢复生长开始和恢复生长结束时实验鱼的湿重(g)、干重(g)或能值(kJ), C 为摄食饵料的湿重(g)、干重(g)或能值(kJ), t 为恢复生长时间。

2 结果

2.1 南方鲇饥饿过程体重及身体组成变化

实验鱼经过 60d 的饥饿无死亡现象。饥饿过程中鱼体重不断下降,随着饥饿时间延长,体重损失率逐渐增大,饥饿至 60d 湿体重损失率达 28.19%,干体重损失率达 41.34%(表 1)。饥饿过程中鱼体化学组成发生明显改变,饥饿 60d 鱼体含水量由初始时的 79.33% 升至

83.11%; 饥饿 30d 的鱼体脂肪含量由初始时的 3.0% (湿重) 急剧下降至 0.63%, 饥饿 40—60d 的鱼体脂肪含量基本恒定于 0.47%—0.43% 之间; 鱼体蛋白质含量在饥饿 30d 内基本恒定于 14.66%—14.55% 之间, 饥饿 40—60d 期间从 14.15% 逐渐降至 12.73%; 饥饿过程鱼体比能值不断下降, 饥饿 60d 的鱼体比能值由初始时的 4.65kJ/g 降至 3.18kJ/g; 饥饿过程鱼体灰分含量逐渐上升, 饥饿 60d 由初始时的 2.66% 升至 3.43% (表 2)。

表1 南方鲇饥饿过程中及恢复生长后的体重 (平均值±标准差) 变化  
Tab.1 The changes of weight (Mean±S.D.) in *Silurus meridionalis* during starvation and after recovery growth

饥饿处理时间 (d) <sup>1</sup>	0	10	20	30	40	50	60
饥饿处理前体重 (g) <sup>2</sup>	56.42±4.84	72.42±6.93	73.53±4.57	79.17±4.17	72.33±2.71	69.85±3.55	74.67±7.32
饥饿处理后体重 (g) <sup>3</sup>	56.42±4.84	68.31±6.32	65.25±3.38	67.83±3.09	59.18±1.16	55.23±2.90	53.62±4.90
恢复生长后体重 (g) <sup>4</sup>	142.10±43.31	149.45±23.60	128.0±11.99	145.02±25.87	111.73±13.89	128.42±16.35	109.98±21.52
饥饿期间	∖	5.66	11.22	14.32	18.18	20.86	28.19
湿体重损失率 (%) <sup>5</sup>	∖	8.40	20.20	23.11	29.66	31.61	41.34
干体重损失率 (%) <sup>6</sup>							

注: 1. Duration of starvation 2. Weight before starvation 3. Weight after starvation 4. Weight after recovery growth 5. Loss of wet weight during starvation 6. Loss of dry weight during starvation

表2 南方鲇在饥饿处理结束时及恢复生长后的身体化学组成及能值  
Tab.2 The chemical compositions and energy content in *S. meridionalis* after starvation and recovery growth

饥饿处理时间 (d) <sup>1</sup>	0	10	20	30	40	50	60
(Control)							
含水量 <sup>2</sup> (%)							
饥饿结束时 <sup>a</sup>	79.39±0.56	79.93±0.15	81.42±0.27	81.45±0.12	82.23±0.20	82.14±0.27	83.11±0.11
恢复生长后 <sup>b</sup>	77.42±0.32	78.46±0.28	78.89±0.63	77.89±0.77	78.65±0.45	78.34±0.39	78.03±0.31
蛋白质 <sup>3</sup> (%)							
饥饿结束时 <sup>a</sup>	14.66±0.13	14.92±0.32	14.43±0.12	14.55±0.24	14.15±0.36	13.77±0.17	12.73±0.36
恢复生长后 <sup>b</sup>	16.45±0.26	15.84±0.38	16.19±0.24	16.17±0.25	15.76±0.25	15.27±0.10	15.77±0.20
脂 肪 <sup>4</sup> (%)							
饥饿结束时 <sup>a</sup>	3.02±0.45	1.66±0.31	0.79±0.36	0.63±0.13	0.47±0.06	0.45±0.11	0.43±0.02
恢复生长后 <sup>b</sup>	3.05±0.21	2.69±0.15	2.09±0.30	2.77±0.13	2.58±0.38	3.08±0.30	2.76±0.20
灰 分 <sup>5</sup> (%)							
饥饿结束时 <sup>a</sup>	2.66±0.13	2.92±0.03	3.02±0.06	3.14±0.06	3.18±0.15	3.26±0.10	3.43±0.03
恢复生长后 <sup>b</sup>	3.06±0.19	2.85±0.06	2.78±0.12	2.76±0.11	2.72±0.17	2.69±0.06	2.87±0.10
能 值 <sup>6</sup> (kJ/g)							
饥饿结束时 <sup>a</sup>	4.65±0.21	4.18±0.05	3.72±0.13	3.69±0.09	3.53±0.09	3.44±0.05	3.17±0.08
恢复生长后 <sup>b</sup>	4.93±0.13	4.81±0.06	4.65±0.17	4.92±0.18	4.74±0.18	4.83±0.20	4.82±0.15

注: a. After starvation; b. After recovery growth  
1. Duration of starvation treatment (days); 2. Moisture; 3. Protein; 4. Lipid; 5. Ash; 6. Energy content

2.2 饥饿后的恢复生长

在饱足摄食水平下生长 20d 后,各饥饿处理组实验鱼的鱼体化学组成及比能值均接近,并恢复到对照生长组水平(表 2)。

对各饥饿处理组及对照组的 SGR、RL 和 CE 的相应数据分别进行方差分析,用 Duncan 法作多重比较,结果表明(表 3):各处理组之间的湿重生长率及干重和能量转化率无显著差异( $p>0.05$ ),饥饿处理 50d 组的干重生长率及能量生长率显著高于对照组及饥饿处理 10、20 和 40d 组( $p<0.05$ );饥饿处理 50、60d 组的湿重、干重及能量摄食率显著高于对照组及其余饥饿处理组( $p<0.05$ );饥饿处理 20—60d 组的湿重转化率显著低于对照组( $p<0.05$ )。

表3 南方鲇在恢复生长中的特殊生长率、摄食率及转化率(平均值(标准差))  
Tab.3 The specific growth rate, ration level and conversion efficiency in  
*S. meridionalis* during recovery growth (Mean (S.D.))

饥饿处理时间 (d) <sup>1</sup>	0 (Control)	10	20	30	40	50	60
特殊生长率 <sup>2</sup> (%)							
湿重指标 <sup>5</sup>	4.42(1.23) <sup>a</sup>	4.07(0.58) <sup>a</sup>	3.53(0.62) <sup>a</sup>	3.92(0.87) <sup>a</sup>	3.31(0.65) <sup>a</sup>	4.40(0.67) <sup>a</sup>	3.70(0.91) <sup>a</sup>
干重指标 <sup>6</sup>	4.77(1.14) <sup>b</sup>	4.44(0.48) <sup>b</sup>	4.20(0.57) <sup>b</sup>	4.84(0.83) <sup>ab</sup>	4.27(0.65) <sup>b</sup>	5.42(0.65) <sup>a</sup>	5.08(0.92) <sup>ab</sup>
能量指标 <sup>7</sup>	4.73(1.23) <sup>b</sup>	4.57(0.61) <sup>b</sup>	4.47(0.65) <sup>b</sup>	5.16(0.91) <sup>ab</sup>	4.62(0.67) <sup>b</sup>	5.98(0.69) <sup>a</sup>	5.59(0.95) <sup>ab</sup>
摄食率 <sup>3</sup> (%)							
湿重指标 <sup>5</sup>	8.22(0.82) <sup>b</sup>	8.29(0.65) <sup>b</sup>	8.12(0.78) <sup>b</sup>	8.98(0.98) <sup>b</sup>	7.60(0.76) <sup>b</sup>	9.18(1.09) <sup>a</sup>	9.16(1.20) <sup>a</sup>
干重指标 <sup>6</sup>	8.92(1.07) <sup>b</sup>	8.78(0.75) <sup>b</sup>	8.94(0.94) <sup>b</sup>	9.55(0.99) <sup>b</sup>	8.52(0.78) <sup>b</sup>	9.95(0.98) <sup>a</sup>	10.05(0.76) <sup>a</sup>
能量指标 <sup>7</sup>	9.11(1.12) <sup>b</sup>	9.34(0.77) <sup>b</sup>	9.43(1.12) <sup>b</sup>	10.05(0.78) <sup>ab</sup>	8.80(0.74) <sup>b</sup>	10.84(0.95) <sup>a</sup>	10.43(1.55) <sup>a</sup>
转化率 <sup>4</sup> (%)							
湿重指标 <sup>5</sup>	49.53(6.15) <sup>a</sup>	46.61(3.69) <sup>a</sup>	41.63(3.96) <sup>b</sup>	41.19(4.97) <sup>b</sup>	41.03(4.09) <sup>b</sup>	45.20(2.62) <sup>b</sup>	38.04(4.72) <sup>b</sup>
干重指标 <sup>6</sup>	47.85(3.03) <sup>a</sup>	47.71(1.83) <sup>a</sup>	45.48(1.52) <sup>a</sup>	47.00(2.41) <sup>a</sup>	47.24(2.64) <sup>a</sup>	49.87(2.02) <sup>a</sup>	46.45(2.49) <sup>a</sup>
能量指标 <sup>7</sup>	49.94(4.42) <sup>a</sup>	49.14(1.88) <sup>a</sup>	48.98(1.66) <sup>a</sup>	50.70(3.79) <sup>a</sup>	51.74(2.29) <sup>a</sup>	51.87(2.94) <sup>a</sup>	49.75(3.18) <sup>a</sup>

注:同一行中数据具不同上标的表示具显著差异( $p < 0.05$ ) Different upper script in the same row indicate significant difference ( $p < 0.05$ ).

1. Duration of starvation treatment (days) 2. Specific growth rate 3. Ration level 4. Conversion efficiency 5. In terms of wet weight 6. In terms of dry weight 7. In terms of energy

3 讨论

3.1 关于恢复生长实验的设计

有关鱼类继饥饿后的恢复生长的已有研究中,实验设计主要有以下三种:(1)对饥饿处理组进行“饥饿—喂食—再饥饿—再喂食—……”的重复处理,各处理组的“饥饿+喂食”总持续时间相等,对照组持续喂食<sup>[11]</sup>;(2)各组饥饿处理相同时间,恢复喂食不同时间,对照组持续喂食<sup>[25]</sup>;(3)各组饥饿处理不同时间后恢复喂食,“恢复喂食时间+饥饿处理时间”为一定值,对照组持续喂食<sup>[13,14]</sup>。

第一种实验设计的研究者考察重复性的饥饿处理对鱼类恢复生长的影响,第二种为了探讨在鱼类的恢复生长中生长率改变的时间历程,第三种设计主要为研究饥饿处理不同时间对鱼类恢复生长的影响。

本研究旨在了解饥饿处理不同时间对南方鲇恢复生长的影响, 实验方法在上述第三种方案的基础上加以了改进。已有的研究表明, 饥饿后恢复生长过程表现为生长率先上升一段时间再恢复到与对照组相同状态, 即生长的补偿效应只产生于一定的时段。因此, 如将“恢复喂食时间 + 饥饿处理时间”设计为一定值, 可能会造成饥饿处理时间较短的组因记录生长结果的时间太长, 使计算出的恢复生长的补偿效应被“冲淡”而掩盖; 同时, 饥饿时间较长的组则因恢复生长太短而使鱼生长的补偿效应不能充分发挥, 从而导致各饥饿处理组恢复生长的可比性降低。为避免该问题, 本实验方案是各饥饿处理组经不同时间的饥饿处理后恢复喂食相同时间, 从而提高了实验结果的可比性。采用当年同批受精卵孵化的幼鱼 ( $73.65 \pm 9.82\text{g}$ ), 因此不同饥饿处理组的鱼在恢复喂食的日龄差距是 10—50d。但南方鲇的幼鱼生长期较长, 体重在 60g 以上时其消化吸收及生长等生理功能均已发育完全<sup>[26]</sup>, 而性成熟年龄较晚 (3—4 龄)<sup>[19]</sup>, 所以实验鱼相差 10—50d 对本实验结果不会产生干扰。

### 3.2 南方鲇的补偿生长

动物继饥饿后的恢复生长中出现补偿现象时其生长速度均高于正常生长。但据已有研究资料发现, 从补偿量的角度看, 鱼类的补偿生长因种类不同, 饥饿时间不同而有较大差异。可将补偿生长分为两种情况: (1) 完全补偿生长 (Completely compensatory growth), 指饥饿后恢复喂食时生长速率明显加快, 鱼体重能赶上在相同时间内 (饥饿时间 + 恢复喂食时间) 持续喂食的鱼<sup>[10,14]</sup>; (2) 部分补偿生长 (Partially compensatory growth), 指饥饿后恢复喂食鱼生长速度较持续喂食鱼有所加快, 但最终体重不能赶上持续喂食的鱼<sup>[9,25]</sup>。

Miglavys 及 Jobling 发现出现补偿生长的北极红点鲑 (*Salvelinus alpinus*) 在刚进行恢复生长时生长率 (SGR) 明显加快, 但这个升高的 SGR 并非一直保持在较高水平, 而将逐渐下降, 以至经一定时间后恢复至正常水平<sup>[25]</sup>。Kim 在斑鲃 (*Ictalurus punctatus*) 中也发现了类似的现象<sup>[14]</sup>。因此可以推测, 在鱼类继饥饿后的恢复生长中出现上述不同的补偿现象是由于恢复生长时 SGR 升高的幅度不同、以及这上升的 SGR 所持续的时间不等的结果, SGR 上升得越高、持续时间越长则产生的补偿量就越大。南方鲇在 27.5℃ 下饥饿 10—60d 后恢复喂食, 各饥饿处理组生长速度都能恢复到较高水平, 身体组成也能恢复至饥饿前状况, 并在饥饿处理 50d 组发现鱼体恢复生长中的干重及能量生长率较对照组显著升高, 表明该种鱼在恢复生长中出现了补偿现象。但其余 5 个饥饿处理组的生长率并未显著升高, 而且用对照组的 SGR 推算, 若对照组经过与饥饿处理组相同时间 (饥饿时间 + 恢复喂食时间) 的持续喂食后, 其体重将超过饥饿 50d 组。可见, 南方鲇继饥饿后的恢复生长只具部分 (有限) 补偿能力。据此, 建议在南方鲇的养殖过程中应避免供食不足。

### 3.3 南方鲇产生补偿生长的机制

对产生补偿生长的生理机制的解释尚有争议。一种观点认为: 饥饿使动物代谢水平降低, 当恢复进食时, 较低的代谢水平能持续一段时间, 这种代谢支出的降低使动物用于生长的能量增多, 从而提高食物转化率, 出现补偿生长<sup>[10,12,27]</sup>。但另一种观点则认为: 饥饿后恢复喂食时, 动物体内立即进行大量的合成作用, 代谢水平将迅速升高, 不可能通过降低代谢水平改善食物转化率, 补偿生长是动物在恢复喂食时增强了食欲, 大幅度提高摄食

水平实现的<sup>[14,25]</sup>。南方鲇各饥饿处理组在恢复生长中食物的能量转化率较对照组均未明显升高(湿重转化率还有降低),而摄食率在饥饿处理 50d 组中显著升高,正是该组的恢复生长率产生了显著的补偿效应(表 3)。南方鲇的结果与后一种观点提出的机制相符,即在饥饿后的恢复生长中出现的补偿效应是通过提高摄食水平实现的。

### 参 考 文 献

- [1] Summer J D, Spratt D, Atkinson J Z. Restricted feeding and compensatory growth for broilers. *Poultry Sci.*, 1990, **69**: 1855—1861
- [2] Mersmann H J, *et al.* Compensatory growth in finishing pigs after feed restriction. *J. Anim. Sci.*, 1987, **64**: 752—764
- [3] Greeff J C. *et al.* The effect of compensatory growth on food intake, growth rate and efficiency of feed utilization in sheep. *South. Afri. J. Anim. Sci.*, 1986, **16**: 162—168
- [4] Mehner T, Wieser W. Energetic and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *J. Fish Biol.*, 1994, **45**: 325—333
- [5] Jobling M. Effects of starvation on proximate chemical composition and energy utilization of plaice, *Pleuronectes platessa* L.. *J. Fish Biol.*, 1980, **17**: 325—334
- [6] Satoh S, Takeuchi T, Watanabe T. Effect of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid composition of *Tilapia nilotica*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 1984, **50**: 79—84
- [7] Koven W M, Kissil G W, Tandler A. Lipid and n-3 requirement of sparus aurata larvae during starvation and feeding. *Aquaculture*, 1989, **79**: 185—191
- [8] Zamal H, Ollevier F. Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile catfish. *J. Fish Biol.*, 1995, **46**: 404—414
- [9] Weatherley A H, Gill H S. Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, 1981, **18**: 195—208
- [10] Dobson S H, Holmes R M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.*, 1984, **25**: 649—656
- [11] Jobling M, Jorgensen E H, Shkavupio S I. The influence of previous feeding regime on the compensatory growth response of maturing and immature Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *J. Fish Biol.*, 1993, **43**: 409—419
- [12] Reimers E, Kjørrefferd A G, Stavostrand S M. Compensatory growth and reduced maturation in second sea winter farmed Atlantic salmon following starvation in February and March. *J. Fish Biol.*, 1993, **43**: 805—810
- [13] Paul A J, Paul J M, Smith R L. Compensatory growth in Alaskan yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. *J. Fish Biol.*, 1995, **46**: 442—448
- [14] Kim M K. Ph. D. Dissertation, Auburn University, Auburn, AL., 1994. 110—120
- [15] Collins A L, Anderson T A. The regulation of endogenous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. *J. Fish Biol.*, 1995, **47**: 1004—1015
- [16] 谢小军. 嘉陵江南方大口鲇的年龄和生长的初步研究. 生态学报, 1987, **7**(4): 359—367
- [17] 谢小军, 孙濡泳. 南方鲇的日总代谢和特殊动力作用的能量消耗. 水生生物学报, 1992, **16**(3): 200—207
- [18] 谢小军, 孙濡泳. 南方鲇的排粪量及消化率同日粮、体重和温度的关系. 海洋与湖泊, 1993, **24**(6): 627—632
- [19] 谢小军, 何学福, 龙天澄. 南方鲇的繁殖生物学研究: 繁殖时间、产卵条件和产卵行为. 水生生物学报, 1996, **20**(1): 17—24
- [20] 曹振东, 谢小军. 南方鲇成鱼的静止代谢的季节变化. 海洋与湖泊, 1996, **27**(6): 619—625
- [21] Xie X J, Sun R Y. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen). I. Resting

- metabolic rate as a function of body weight and temperature. *Physiol. Zool.*, 1990, **63**(6): 1181—1195
- [22] Xie X J. Sun R Y. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): growth rate as a function of ration level, body weight, and temperature. *J. Fish Biol.*, 1992, **40**: 719—730
- [23] Xie X J. Sun R Y. Pattern of energy allocation in the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen). *J. Fish Biol.*, 1993, **42**: 197—207
- [24] Brett J R. Groves T D D. Physiological energetics in "Fish Physiology". New York: Academic Press. 1979, **8**: 279—352
- [25] 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. Fish Biol.*, 1989, **34**: 947—957
- [26] 谢小军. 南方大口鲇幼鱼发育的初步研究 水生生物学报, 1989, **13**: 124—133
- [27] Williams V J. Sheedy J W. The efficiency of growth during body weight recovery in young adult female rats. *Comp. Biochem. Physiol.*, 1987, **87A**: 547—549

## THE RECOVERY GROWTH IN THE SOUTHERN CATFISH (*SILURUS MERIDIONALIS*) FOLLOWING STARVATION

Deng Li, Zhang Bo and Xie Xiaojun

(Department of Biology, Southwest China Normal University, Chongqing 400715)

**Abstract** The recovery growth experiment in southern catfish (initial weight:  $73.65 \pm 9.82\text{g}$ ), following starvation, was carried out at  $27.5^\circ\text{C}$  from January to April, 1996. In body of the fish starvated for 60 days contents of energy, protein and lipid decreased, and contents of ash and water increased. The tested fish were divided into 7 experimental groups which were deprived food for 0(control), 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days, respectively. Then each group was refed at *ad libitum* ration level for 20 days. At the end of the recovery growth, chemical composition and energy content in each group were similar with the control group. During the recovery growth  $\text{SGR}_d$  (specific growth rate in terms of dry weight),  $\text{SGR}_e$  (in energy),  $\text{RL}_w$  (ration level in terms of wet weight),  $\text{RL}_d$  (in dry weight) and  $\text{RL}_e$  (in energy) in the group by starvation pretreatment for 50 days were higher significantly than those in the control group. This paper suggested that: (1) *Silurus meridionalis* starvation pretreatment for 50 days showed significantly compensatory effect in the recovery growth; (2) the compensatory growth resulted from significant increase of the ration level in the recovery growth.

**Key words** *Silurus meridionalis*, Fish energetics, Starvation, Recovery growth