

饥饿对繁殖期尼罗罗非鱼肌肉生化成分和性腺发育的影响

刘凯¹,段金荣¹,徐东坡¹,张敏莹¹,王勇²,施炜纲¹

(¹农业部长江下游渔业资源环境重点野外科学观测试验站,中国水产科学研究院内陆渔业生态环境和资源重点开放实验室,中国水产科学研究院淡水渔业研究中心,江苏无锡 214081;

²南京农业大学无锡渔业学院,江苏无锡 214081)

摘要:在养殖群体中选取规格为 202.3 ± 5.1 g(♀)和 251.7 ± 5.9 g(♂)的尼罗罗非鱼作为实验样本,研究饥饿对其肌肉生化成分和性腺发育的影响。实验期间雌雄鱼体质量均于饥饿14天后显著下降($P<0.05$),停食结束后分别下降19.72%和15.93%;饥饿早期性腺质量持续上升,21~28天期间出现拐点,至28天卵巢和精巢质量分别增加95.93%和120.31%。饥饿过程中肌肉粗脂肪和粗蛋白含量以及能量密度均呈下降趋势,雌雄鱼粗脂肪含量分别于7天和14天显著下降($P<0.05$),粗蛋白含量的显著变化均出现于14天。结果表明饥饿对尼罗罗非鱼肌肉生化成分及性腺发育具有显著影响,饥饿早期其动用储备能量供性腺发育,随着饥饿的延续,性腺发育趋缓直至停滞。此外,由于雄鱼前期能量贮存水平高于雌鱼,加之卵巢发育需要消耗更多能量,因此各阶段雌鱼主要指标的下降均早于雄鱼,且降幅也大于后者。

关键词:尼罗罗非鱼;饥饿;生化成分;能量密度;性腺发育;

中图分类号:S917.4

文献标志码:A

论文编号:2010-2321

Effects of Starvation on Biochemical Components in Muscle and Gonad Development of *Oreochromis niloticus* in Breeding Season

Liu Kai¹, Duan Jinrong¹, Xu Dongpo¹, Zhang Mingying¹, Wang Yong², Shi Weigang¹

(¹Key Field Station of Observation and Research for Fishery Resources and Environment of the lower reaches of Yangtze River, Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Ecological Environment and Resources of Inland Fisheries, Freshwater Fisheries Research Center, CAFS, Wuxi Jiangsu 214081;

²Wuxi Fisheries College, NAU, Wuxi Jiangsu 214081)

Abstract: In this experiment, based on ninety samples with body weight of 202.3 ± 5.1 g(♀) and 251.7 ± 5.9 g(♂) of *Oreochromis niloticus* selected from cultured population, studies on effects of starvation on biochemical components in muscle and gonad development were carried out. In experimental period, body weight of female and male samples decreased significantly in 14 days ($P<0.05$), and total amplitude in 28 days were 19.72% and 15.93% respectively. In early stage of starvation, gonad weight increased constantly until 21d, and total amplitude in 28 days of ovary and spermary were 95.93% and 120.31% respectively. During the same period, content of crude fat and crude protein as well as energy density in muscle decreased continuously, the

基金项目:国家科技基础条件平台项目“长江中下游水产种质资源标准化整理、整合与共享”(2007DKA30470);公益性行业(农业)科研专项“长江下游水生生物增殖放流研究及数字化平台开发”(200903048-03);中央级公益性科研院所基本科研业务专项项目“两种重要经济鱼类生化组成的周期性变化研究及能量密度模型构建”(2009JBF06)。

第一作者简介:刘凯,男,1980年出生,江苏姜堰人,助理研究员,硕士,研究方向:渔业生态学。通信地址:214081,无锡市山水东路9号中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, Tel: 0510-85559845, E-mail: liuk@ffrc.cn。

通讯作者:施炜纲,男,1953年出生,上海市人,研究员,研究方向:天然鱼类增殖技术。通信地址:214081,无锡市山水东路9号中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, Tel: 0510-85551484, E-mail: shiwg@ffrc.cn

收稿日期:2010-08-02,修回日期:2010-08-10。

remarkable change of crude fat of female and male samples showed separately in 7 days and 14d ($P<0.05$), and the similar change of crude protein both showed in 14 days. The result showed that starvation had significant effect on biochemical components in muscle and gonad development, in early stage of starvation, experimental samples of *Oreochromis niloticus* could maintain gonad development by using reserved energy, but the trend slowed gradually until stagnated with the prolonging of starvation. Furthermore, the female samples had lower level of reserved energy, and they usually needed more energy for ovary development, so it could be found that the decline trend of main indexes of female samples appeared earlier than that of male samples with more amplitude in every stage.

Key words: *Oreochromis niloticus*; starvation; biochemical components; energy density; gonad development

0 引言

饥饿是影响鱼类生长发育的常见环境因子之一, 鱼类通常都具备抵抗短期饥饿的能力, 不同种类的耐饥力往往有所差异, 同时性别、规格、发育阶段及生活状态等对鱼类的耐饥力以及适应性特征均有不同程度的影响^[1-3]。研究鱼类在饥饿条件下的生理特征和适应性调节机制一直得到学者们的关注。鱼类在缺乏外源能量补充时, 只能动用储备于机体组织中的营养物质以维持生存, 通常鱼类的代谢水平会明显下降^[4], 随着饥饿的延续, 体重及组织中的营养成分也会出现显著下降^[5-6], 长期饥饿会导致鱼类形态特征及生态习性发生变化甚至死亡^[7-8]。尼罗罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 原产于非洲, 俗称非洲鲫鱼, 隶属于鲈形目 (*Perciformes*) 丽鱼科 (*Cichlidae*) 罗非鱼属 (*Oreochromis*), 20世纪70年代引进到中国, 因其具有生长快、抗病力强、繁殖力强和产量高等优点, 已得到大面积养殖。实验以尼罗罗非鱼为研究对象, 对比研究饥饿对雌鱼和雄鱼生长及性腺发育的影响, 掌握饥饿条件下实验对象对主要能量载体的利用规律, 以期作为鱼类饥饿生理学及能量生态学研究积累基础素材。

1 材料与方法

1.1 样本来源

2009年8月于中国水产科学研究院淡水渔业研究中心南泉实验基地采集活力正常、体表无损伤的尼罗罗非鱼样本, 在实验室循环水系统中驯养(雌雄分养), 水温控制于 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 每日8时和15时各投喂1次, 投喂量以饱食为准。2周后逐尾称重, 选择体质量接近的雌雄鱼各45尾作为实验样本, 其中雌鱼均重为 $(202.3\pm 5.1)\text{g}$, 雄鱼为 $(251.7\pm 5.9)\text{g}$ 。雌雄样本均匀分养于10个体积为250 L的循环桶中, 次日开始停食, 每日换水10%。

1.2 梯度设置

从停食日开始取样, 共计设置0、3、7、14、21、28天等6个饥饿梯度, 每个采样日随机选取雌雄鱼各5尾分

别进行实验。

1.3 主要体成分测定

将实验样本吸干水分后称重, 解剖取出肝脏和性腺并分别称重, 称量工具为METTLER电子天平。将肌肉、肝脏和性腺样本分别取好待用, 参照相关标准^[9-12]分别测定水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量, 使用德国IKA-C2000型氧弹热量仪测定能量密度。

1.4 数据处理

使用SPSS 17.0进行数据录入和统计分析, 对不同饥饿处理间的数据进行方差分析及差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 饥饿对尼罗罗非鱼体质量的影响

停食结束后, 雌雄鱼体质量均出现了显著下降 ($P<0.05$), 降幅分别为19.72%和15.93%; 雌雄鱼肝脏质量分别下降23.03%和20.42%, 肝体比差异均不显著 ($P>0.05$); 卵巢和精巢质量分别增加95.93%和120.31%, 性腺体质量比例也存在显著差异 ($P<0.05$)。饥饿实验期间, 雌雄鱼体质量均持续下降, 各阶段雌鱼的降幅均大于雄鱼, 雄鱼体质量下降相对滞后, 且比较平缓, 两者均于饥饿14天出现显著下降 ($P<0.05$); 与体质量的变化趋势相近, 雌鱼的肝脏质量下降也相对快于雄鱼, 前者于14天出现显著下降 ($P<0.05$), 后者则出现于21天, 由于雌雄鱼肝脏的降幅与同期体重的降幅相近, 实验期间肝体比均没有显著差异 ($P>0.05$); 精巢和卵巢质量均持续增长, 且精巢的增长快于卵巢, 前者在3天即出现显著增长 ($P<0.05$), 后者则出现于7天, 性腺/体质量也同样反映了这一趋势。

2.2 饥饿对尼罗罗非鱼肌肉生化成分的影响

停食结束后, 雌雄鱼肌肉水分含量均显著上升 ($P<0.05$), 粗蛋白和粗脂肪含量均显著下降 ($P<0.05$), 雌鱼两指标降幅分别为6.39%和39.75%, 雄鱼为7.64%和24.52%, 同期雌雄鱼肌肉能量密度分别下降15.13%和11.25% (表2)。饥饿实验期间, 雌雄鱼肌肉水分含量和粗灰分含量均呈上升趋势, 粗蛋白、粗脂肪

表1 饥饿对尼罗罗非鱼体质量的影响

饥饿时间/d	体质量/g		肝脏/体质量/%		性腺/体质量/%	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
0	202.3±7.8 ^a	251.7±9.2 ^a	2.40±0.13	2.47±0.23	1.84±0.53 ^a	0.51±0.04 ^a
3	199.2±5.6 ^a	250.6±6.5 ^a	2.44±0.05	2.37±0.26	1.88±0.68 ^a	0.67±0.11 ^a
7	193.7±4.0 ^b	245.2±4.3 ^a	2.36±0.20	2.59±0.07	2.62±0.92 ^a	0.94±0.12 ^b
14	173.2±4.7 ^b	232.8±7.0 ^b	2.38±0.15	2.51±0.10	3.83±0.69 ^b	1.15±0.23 ^{bc}
21	166.5±3.5 ^{bc}	220.4±6.2 ^c	2.25±0.08	2.39±0.12	4.51±0.34 ^b	1.28±0.17 ^c
28	162.4±3.3 ^c	211.6±3.7 ^c	2.28±0.12	2.32±0.18	4.46±0.79 ^b	1.33±0.27 ^c

表2 饥饿对尼罗罗非鱼肌肉生化成分的影响

饥饿时间/d	水分/%		粗蛋白/%		粗脂肪/%		粗灰分/%		肌肉能值/(kJ/g)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
0	79.31±0.14 ^a	79.89±0.17 ^a	18.01±0.39 ^a	17.53±0.49 ^a	1.61±0.15 ^a	1.55±0.11 ^a	1.01±0.07	0.94±0.07 ^a	4.89±0.12 ^a	4.80±0.34
3	79.35±0.05 ^b	79.74±0.10 ^a	18.03±0.55 ^a	17.63±0.36 ^a	1.54±0.11 ^a	1.54±0.13 ^a	1.03±0.13	1.01±0.09 ^{ab}	4.87±0.32 ^a	4.84±0.28
7	79.64±0.17 ^b	80.35±0.36 ^b	17.77±0.27 ^a	17.12±0.41 ^{ab}	1.37±0.09 ^b	1.42±0.08 ^{ab}	1.08±0.10	0.99±0.12 ^{ab}	4.65±0.18 ^{ab}	4.66±0.16
14	80.39±0.23 ^b	80.93±0.09 ^c	16.99±0.31 ^b	16.71±0.28 ^{bc}	1.16±0.06 ^c	1.28±0.20 ^b	1.17±0.24	1.07±0.19 ^{ab}	4.37±0.34 ^{ab}	4.43±0.49
21	81.03±0.19 ^b	81.24±0.22 ^c	16.58±0.16 ^b	16.30±0.24 ^c	1.03±0.10 ^c	1.19±0.14 ^b	1.21±0.22	1.11±0.15 ^{ab}	4.14±0.20 ^b	4.24±0.18
28	80.75±0.08 ^b	81.11±0.24 ^c	16.86±0.23 ^b	16.19±0.18 ^c	0.97±0.14 ^c	1.17±0.06 ^b	1.20±0.09	1.32±0.26 ^b	4.15±0.51 ^b	4.26±0.27

含量和能量密度则持续下降,其中粗脂肪含量的下降先于粗蛋白,且降幅明显大于后者。同时雌雄群体各项指标的变化规律存在差异,如雌雄鱼肌肉水分含量分别在饥饿3天和7天显著上升($P<0.05$),粗脂肪含量则分别于7天和14天显著下降($P<0.05$),雌鱼肌肉能量密度于21天显著下降,雄鱼该指标在饥饿期间同样持续下降,但差异不显著($P>0.05$)。雌雄鱼肌肉粗蛋白含量均于饥饿14天显著下降($P<0.05$),该指标于饥饿各阶段变幅较小,雌雄差异不明显。

2.3 饥饿对尼罗罗非鱼肝脏和性腺能量密度的影响

饥饿实验期间,尼罗罗非鱼肝脏水分含量和能值的变化均相对平缓,停食结束后雄鱼肝脏能值下降了4.03%,雌鱼则基本持平,各阶段能值差异均不显著($P>0.05$)。卵巢水分含量于0~21天期间持续显著上

升,精巢的显著差异则出现于14天($P<0.05$),停食结束后升幅分别为11.74%和1.21%;由于水分含量明显上升,卵巢和精巢鲜样能值均持续下降,停食结束后降幅分别为11.82%和10.15%,但各阶段差异未达显著水平($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 饥饿对尼罗罗非鱼生长的影响

鱼类在其生命周期中因受到饵料丰度、发育阶段以及水环境变化等内外因素的影响,往往会面临饥饿胁迫,饥饿会导致鱼类的生理活动发生适应性调节,具体特征因种类、性别、栖息环境和饥饿程度不同而存在显著差异^[13]。蛋白质、脂肪和碳水化合物是鱼类主要的供能物质,在饥饿条件下,当无法获得外源营养时,鱼类通常会优先动用贮存于体组织中的脂肪和糖元以

表3 饥饿对尼罗罗非鱼肝脏和性腺能量密度的影响

饥饿时间/d	肝脏水分/%		肝脏能值/(kJ/g)		性腺水分/%		性腺能值/(kJ/g)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
0	73.23±0.30 ^a	74.34±0.48 ^{ab}	6.34±0.26	6.50±0.30	56.89±0.26 ^a	89.13±0.46 ^a	12.44±0.73	2.44±0.39
3	73.55±0.25 ^{ab}	73.97±0.39 ^a	6.13±0.19	6.57±0.19	58.32±0.54 ^b	89.58±0.25 ^a	12.23±1.02	2.36±0.14
7	73.48±0.27 ^{ab}	74.66±0.24 ^b	6.44±0.10	6.33±0.21	60.87±0.22 ^c	89.08±0.78 ^{acd}	11.72±0.72	2.48±0.27
14	74.09±0.16 ^c	75.03±0.34 ^b	6.16±0.40	6.26±0.12	62.25±0.35 ^d	90.07±0.57 ^{bcd}	11.26±0.34	2.24±0.21
21	74.17±0.07 ^c	74.58±0.17 ^b	6.20±0.23	6.32±0.41	63.33±0.90 ^e	88.86±0.33 ^{cd}	11.03±0.62	2.49±0.12
28	73.76±0.34 ^{bc}	74.87±0.23 ^b	6.36±0.15	6.24±0.24	63.57±0.59 ^e	90.21±0.43 ^c	10.97±0.91	2.20±0.16

维持生存和发育,随着饥饿的持续,蛋白质才会被较多地利用^[8]。实验结果显示,在饥饿期间尼罗罗非鱼体质量持续下降,14天差异达显著水平,各阶段雌鱼的降幅均大于雄鱼,与张波等^[14-15]和吕林兰等^[16]的研究报道相近。尼罗罗非鱼饥饿初期肌肉粗脂肪和粗蛋白含量虽有所下降,但差异均不显著,雌雄鱼粗脂肪的显著下降分别出现于7天和14天,粗蛋白则均于14天显著下降,说明尼罗罗非鱼在饥饿状态下应是首先利用肠系膜脂肪或糖元,随着饥饿时间的延长,肌肉中的脂肪才被大量消耗,到饥饿中后期时,脂肪含量下降趋缓,蛋白质的利用强度显著上升。实验过程中解剖观察可见雄鱼体内肠系膜脂肪含量普遍高于雌鱼,且在饥饿初期被迅速消耗,肠系膜脂肪积累量较高应该是雄鱼体质量及肌肉粗脂肪含量下降均相对滞后且降幅较小的主要原因。上述结果表明饥饿对尼罗罗非鱼的生长具有显著影响,且影响主要体现于饥饿前期,在后期各项指标的变动幅度趋缓,这与刘波等^[17]对吉富罗非鱼以及李育培等^[18]对白鲫的报道结果相近。

3.2 饥饿对尼罗罗非鱼性腺发育的影响

鱼类进入繁殖期后通常运动减缓,对获取食物的能力下降,加之部分鱼类有繁殖期停止摄食的生态习性,因此自然界中鱼类繁殖群体通常需要兼顾维持自身生存和保证子代繁殖。据赵晓勤等^[19]报道,河川沙塘鳢在受到饥饿胁迫时会启动一种性腺发育的补偿机制,使机体能通过消耗自身贮存的能量保证顺利繁殖。实验中停食开始后,尼罗罗非鱼雌雄样本体质量均呈下降趋势,但性腺质量仍持续上升,至21天后发育趋缓,这表明在饥饿状态下,尼罗罗非鱼性腺发育并未停滞,但随着饥饿期的延长,其发育速度逐渐减缓,雌鱼相对雄鱼表现得更为明显,28天时卵巢质量已开始下降。由此可见,尼罗罗非鱼可能存在类似的调节机制,在饥饿前期能量贮备水平较高,性腺可以继续发育,但随着饥饿期的延长,自身积累的营养物质逐渐被消耗,满足生长发育的能力持续下降,性腺发育受到抑制。由于卵巢发育相比精巢需要消耗更多的能量,因此在饥饿后期能量供应不足时,雌鱼性腺发育所受的影响更为明显,这与沈文英等^[20]对银鲫的研究结果一致。

参考文献

- [1] 崔正贺,王岩.不同体重异育银鲫的补偿生长[J].海洋与湖沼,2007,38(1):8-14.
- [2] 杜震宇,刘永坚,田丽霞,等.饥饿对于鲈肌肉、肝脏和血清主要生化组成的影响[J].动物学报,2003,49(4):458-465.
- [3] 胡麟,吴天星.饥饿对鱼类生理生化的影响[J].水利渔业,2007,27(1):7-9.
- [4] 张波,谢小军.南方鲇的饥饿代谢研究[J].海洋与湖沼,2000,31(5):480-484.
- [5] 龙章强,彭士明,陈立侨,等.饥饿与再投喂对黑鲟幼鱼体质量变化、生化组成及肝脏消化酶活性的影响[J].中国水产科学,2008,15(4):606-614.
- [6] 楼宝,史会来,毛国民,等.饥饿及恢复投饵过程中花鲈肌肉组成及非特异免疫水平的变化[J].水产学报,2008,32(6):929-938.
- [7] 宋昭彬,何学福.饥饿状态下南方鲇仔鱼的形态和行为变化[J].西南师范大学学报(自然科学版),1998,23(4):462-466.
- [8] 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.
- [9] GB6435,饲料水分的测定方法[S].
- [10] GB6432,饲料粗蛋白测定方法[S].
- [11] GB6433,饲料粗脂肪测定方法[S].
- [12] GB6438,饲料粗灰分测定方法[S].
- [13] 胡麟,吴天星.饥饿对鱼类生理生化的影响[J].水利渔业,2007,27(1):7-9.
- [14] 张波,谢小军.南方鲇的饥饿代谢研究[J].海洋与湖沼,2000,31(5):480-484.
- [15] 张波,孙耀,唐启升.饥饿对真鲷生长及生化组成的影响[J].水产学报,2000(3):206-210.
- [16] 吕林兰,董学兴,陶春,等.饥饿后再投喂对异育银鲫生长和体成分的影响[J].淡水渔业,2008,38(4):53-56.
- [17] 刘波,何庆国,唐永凯,等.饥饿胁迫对吉富罗非鱼生长及生理生化指标的影响[J].中国水产科学,2009,16(2):230-237.
- [18] 李育培,刁晓明,阮少云,等.饥饿对白鲫能量物质消耗的影响[J].淡水渔业,2008,38(4):57-62.
- [19] 赵晓勤,陈立侨,顾志敏,等.越冬期饥饿对河川沙塘鳢雌鱼卵巢发育的影响[J].水产学报,2009,33(1):70-77.
- [20] 沈文英,张利红,郑永萍,等.饥饿对银鲫血液组分和卵巢发育的影响[J].动物学研究,2003,24(6):441-444.