

# 受短期饥饿胁迫下麦瑞加拉鲢鱼 (*Cirrhina mrigola*) 幼鱼的生长、肌体组分及其内脏消化酶活力的变化特征<sup>\*</sup>

王志铮 施建军<sup>†</sup> 吕敢堂 申屠琰<sup>†</sup> 陈雪君

(浙江海洋学院渔业学院 舟山 316004)

<sup>†</sup>(余姚市水产技术推广中心 余姚 315400)

**提要** 以麦瑞加拉鲢鱼幼鱼为实验动物,进行短期饥饿对其生长、肌体组分及内脏消化酶活力的影响实验。结果表明,随着饥饿时间的延长,麦瑞加拉鲢鱼幼鱼各生长参数观测值,体内粗脂肪、碳水化合物和粗蛋白的含量以及能值均逐渐减小或减少;实验期间体内各组分的同期相对损失率以粗脂肪和碳水化合物为最高,且粗脂肪降幅高峰的出现时段总早于碳水化合物,而粗蛋白的消耗量和损失率则一直处于较低的水平。淀粉酶活力的损失量均高于同期其他消化酶,蛋白酶活力在 13—16 天间出现反弹现象,其第 16 天的酶活力值与实验起始值相当。

**关键词** 麦瑞加拉鲢鱼 幼鱼,肌体生长,生化组分,消化酶活力,短期饥饿

**中图分类号** S962

短期饥饿既是鱼类在自然水域生态系中经常面临的一种生理胁迫现象,也是影响鱼类正常生长、发育和生存的一个重要环境因子。因此,通过观察短期饥饿对鱼类形态结构、身体组成、行为习性、繁殖习性和存活率等的影响,分析鱼类受饥饿胁迫下的一系列生理生态反应过程与特点,进而揭示鱼类适应饥饿胁迫的能量分配机制与生理生态对策,对于指导鱼类养殖实践具有较为重要的现实意义。

麦瑞加拉鲢鱼 (*Cirrhina mrigola*) 隶属于硬骨鱼纲、鲤形目、鲤科、鲢属,系一种亚热带杂食性底层鱼类,具肉质鲜嫩、耐密养、病害少、耐寒能力强、生长快速、养殖周期短等优点,自 1982 年从孟加拉国引入我国以来,获得迅速推广,现已成为华南地区重要的淡水经济鱼类和鱼类加工附加值较高的种类之一。同时,因其具有繁殖力高、营养全面、与鳊鱼、黄颡鱼等名贵鱼类生活习

性相似等特点,现常被作为饵料鱼大量应用于这些名贵鱼类的高密度集约化养殖中。

饥饿对鱼类生理生态的影响研究现已日渐受到国内外学者的高度关注和重视,目前已报道的养殖鱼类就达 17 个科 38 种之多(邵青等, 2004),研究内容主要涉及对鱼类代谢、行为、组织结构、存活、繁殖、肌体成分、酶活和恢复生长等的影响上(谢小军等, 1998)。目前有关麦瑞加拉鲢的研究报道主要集中于生物学特性、种间差异、人工繁殖、养殖技术和生态毒理等方面(邬国民, 1989; 叶星等, 1998; Ahmad et al., 1998; Nathl et al., 2001; Sobhanal et al., 2002; Hirak et al., 2003; Dasa et al., 2004; Paulet et al., 2004),近期除对同属相近种鲢鱼 (*Cirrhina chinensis*) 开展过限食和再恢复投喂对其生化组成影响研究(殷帅文等, 2004)外,迄今尚未见有关麦瑞加拉鲢鱼饥饿生理生态学方面的研究报道。为此,作者于

<sup>\*</sup> 国家科技部“食品安全”专项“海产鱼虾全程安全操作规范与控制集成技术应用示范”(2003—2005)、宁波市科技攻关项目(2004C100060号)、浙江省高校中青年学科带头人科研基金(2003—2007)共同资助。王志铮,副研究员、副教授, E-mail wzz\_1225@163.com

收稿日期: 2005-09-20 收修改稿日期: 2005-11-18

2005年7月20日—8月21日在浙江省余姚市青港野生苗种场内,以麦瑞加拉鲢鱼幼鱼为实验动物,开展短期饥饿对其生长、肌体组分和内脏消化酶活力的影响实验,以期对麦瑞加拉鲢饥饿生理生态学研究,和鳊鱼、黄颡鱼等名贵鱼类高密度集约化养殖积累基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验鱼来源与驯化

实验用麦瑞加拉鲢鱼(*Cirrhina mrigola*)取自浙江省余姚市青港野生苗种场麦瑞加拉鲢鱼专养池塘,起捕后立即移入该塘简易网箱(3m×2m×1m)内进行为期7天的适应性驯养。驯养结束后,挑选无伤病的健壮个体作为实验对象,开始正式实验,实验鱼规格为体长(5.38±0.40)cm、体重(2.58±0.51)g。

### 1.2 实验条件和方法

在室温条件下,以40cm×50cm×60cm的泡沫箱为实验容器(实际实验容积为75L,上罩目大2cm的聚乙烯网片以防实验鱼跳跃逃逸),按等差间距法设置饥饿0天( $S_0$ )、饥饿4天( $S_4$ )、饥饿8天( $S_8$ )、饥饿12天( $S_{12}$ )、饥饿16天( $S_{16}$ )5个水平梯度,每一梯度各放实验动物40尾,组内设2个平行组。为模拟自然养殖环境、避免实验鱼跳跃耗能,采取静水培养实验法,每12h全换水1次,在室内开展短期饥饿对麦瑞加拉鲢鱼幼鱼生长状况、肌体组分和内脏消化酶活力的影响实验,连续观察受试对象的活动情况。实验培养用水为经48h自然曝气处理后的自来水,实验期间水温为(27.5±2.5)℃,pH为7.0±0.2。

待实验梯度组完成相应的饥饿处理后,即从该组内各平行组中各随机抽取10尾实验个体,分别用量鱼板和BS223S型电子天平(精度0.001g)测定其生长指标,测量指标分别为:全长 $L$ (cm)、体长 $L'$ (cm)、鲜重 $W$ (g)、干重 $G$ (g)和内脏鲜重 $W'$ (g);取剩余的其中25尾实验个体做全鱼肌体组分测定,测定指标分别为:水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪和能值,其中水分测定采用直接干燥法,灰分的测定采用灼烧法,蛋白质测定采用微量凯氏定氮法,粗脂肪的测定采用索氏抽提法,碳水化合物和能值分别采取减量法(林小涛等,2004)和(脂肪×39.5+蛋白质×23.6)kJ/g(邓利等,1999)推算;取另外剩余的5尾进行内脏蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活力(依次记为 $X_{Pa}$ 、 $X_{Fa}$ 和 $X_{fa}$ )的

测定,首先取一定量的内脏,在低温下研磨后,加10倍于其重的重蒸水,匀浆,取匀浆部分液直接测定 $X_{Fa}$ ,剩余部分以4000r/min离心30min,取上清液体用作 $X_{Pa}$ 和 $X_{fa}$ 测定。其中 $X_{Pa}$ 测定采取福林试剂法, $X_{Fa}$ 测定采取聚乙烯橄榄油乳化液水解法, $X_{fa}$ 测定采取淀粉-碘显色法。

### 1.3 数据处理

除全鱼肌体组分的测定重复2次,取其平均值外,生长指标和内脏消化酶活力的测定均重复3次,取平均值并求标准差。各参数观测指标值的变化特征采用以下公式来表示:

$$\text{相对损失量 } \Delta C = C_n - C_{n+1} \quad (1)$$

$$\text{相对损失率 } P_C = \frac{C_n - C_{n+1}}{C_n} \quad (2)$$

式中, $n$ 表示第 $n$ 饥饿处理梯度组, $C_n$ 表示第 $n$ 饥饿处理组完成饥饿处理后的各观测指标值(含各生长参数、肌体成分和消化酶活力), $C_{n+1}$ 表示第 $n+1$ 饥饿处理组完成饥饿处理后的各观测指标值。

## 2 结果与分析

### 2.1 饥饿胁迫下麦瑞加拉鲢鱼幼鱼的活动情况

放入实验容器后,麦瑞加拉鲢鱼呈现较强的跳跃能力和极为明显的集群性,跳跃现象在傍晚与凌晨时段尤为明显。随着饥饿处理时间的延长,麦瑞加拉鲢鱼跳跃能力和集群性逐步下降和消失。饥饿4—8天后,跳跃现象有所缓和,集群现象仍较为明显;饥饿12天后,跳跃能力明显下降,此时个体也开始分散,集群现象逐渐消失。至饥饿16天时,所有个体在整个水体中均匀分布。

### 2.2 饥饿胁迫下麦瑞加拉鲢鱼幼鱼生长的变化特征

由表1和表2可见,随着饥饿时间的延长,麦瑞加拉鲢鱼幼鱼各生长参数值均出现不同程度的减少,呈较为明显的负增长趋势,但重量性状与长度性状间的变化存在一定的不均衡性,同时重量性状各参数变化水平也表现出较为明显的差异。

从重量性状的变化来看,鲜重的相对损失量和相对损失率的高峰主要出现在饥饿8天内,其日均降幅达3.04%,饥饿第9天后变化相对减弱;干重的相对损失量和相对损失率的高峰主要出现在饥饿4天内和饥饿第13—16天间,期间的日均降幅达6.08%,而饥饿第5—12天间变化极

表 1 麦瑞加拉鲮鱼幼鱼在不同饥饿时间处理下生长参数值的变化

Tab 1 The variation parameters of the growth of juvenile *C. mrigala* in starvation

组别	鲜重 (g)	干重 (g)	内脏鲜重 (g)	体长 (cm)	全长 (cm)
S <sub>0</sub>	2.58 ± 0.51	0.48 ± 0.17	0.109 ± 0.006	5.38 ± 0.40	6.61 ± 0.50
S <sub>4</sub>	2.30 ± 0.34	0.37 ± 0.04	0.102 ± 0.004	5.32 ± 0.34	6.61 ± 0.35
S <sub>8</sub>	1.99 ± 0.19	0.36 ± 0.03	0.096 ± 0.006	5.05 ± 0.11	6.32 ± 0.15
S <sub>12</sub>	1.85 ± 0.17	0.35 ± 0.04	0.079 ± 0.004	5.03 ± 0.14	6.14 ± 0.22
S <sub>16</sub>	1.69 ± 0.44	0.26 ± 0.08	0.072 ± 0.002	4.92 ± 0.44	6.08 ± 0.47

表 2 麦瑞加拉鲮鱼幼鱼受饥饿胁迫下生长特征的变化

Tab 2 The development of juvenile *C. mrigala* in starvation

组别	平均鲜重		平均干重		内脏平均鲜重		平均体长		平均全长	
	相对损失量 $\Delta$ W (g)	相对损失率 P <sub>w</sub> (%)	相对损失量 $\Delta$ G (g)	相对损失率 P <sub>c</sub> (%)	相对损失量 $\Delta$ W' (g)	相对损失率 P <sub>w'</sub> (%)	相对损失量 $\Delta$ L (cm)	相对损失率 P <sub>L</sub> (%)	相对损失量 $\Delta$ L (cm)	相对损失率 P <sub>L'</sub> (%)
S <sub>4</sub>	0.28	10.85	0.11	22.92	0.007	6.42	0.06	1.12	0.00	0.00
S <sub>8</sub>	0.31	13.48	0.01	2.70	0.006	5.88	0.27	5.08	0.29	4.39
S <sub>12</sub>	0.14	7.35	0.01	2.78	0.007	7.29	0.04	0.79	0.18	2.85
S <sub>16</sub>	0.16	9.47	0.09	25.71	0.007	8.86	0.11	2.19	0.06	0.98

少仅为 0.68%; 内脏鲜重的相对损失量和相对损失率的高峰出现在第 9—12 日间, 其日均降幅达 4.43%, 而其余各饥饿时段相对损失量则基本相同。

从长度性状的变化来看, 体长相对损失量和相对损失率的高峰出现在饥饿 5—8 日间, 低谷出现在饥饿 9—12 日间; 全长在饥饿后 4 天内无变化, 在饥饿 5—8 日间与体长一起达到日均降幅的最高峰, 在饥饿 9—16 日间相对减少量和相对减少率呈明显减弱趋势。

### 2.3 饥饿对麦瑞加拉鲮鱼幼鱼身体组分的变化特征

由表 3 表 4 可见, 鱼体内粗脂肪、粗蛋白、碳水化合物含量和能值均随饥饿时间的延长而逐渐降低, 实验期间各组分的同期相对损失率以粗脂肪和碳水化合物为最高, 且粗脂肪降幅高峰的出现时段总早于碳水化合物。其中粗脂肪相对损失量和相对损失率的高峰为饥饿后 4 天内和 9—12 日间, 降幅分别达 65.62% 和 50%; 碳水化合物的相对损失量和相对损失率高峰出现饥饿

表 3 不同饥饿时间处理下麦瑞加拉鲮鱼幼鱼的肌肉组分

Tab 3 The muscle bio-composition of juvenile *C. mrigala* in different days of starvation

组别	粗脂肪 (%)	粗蛋白 (%)	碳水化合物 (%)	粗灰分 (%)	水分 (%)	能值 (kJ/g)
S <sub>0</sub>	2.12 ± 0.04	16.78 ± 0.06	3.12 ± 0.08	1.06 ± 0.07	76.92 ± 0.03	12.38 ± 0.06
S <sub>4</sub>	0.73 ± 0.02	16.63 ± 0.03	3.07 ± 0.05	1.10 ± 0.03	78.47 ± 0.07	9.69 ± 0.07
S <sub>8</sub>	0.66 ± 0.03	16.34 ± 0.05	0.95 ± 0.04	1.13 ± 0.06	80.92 ± 0.08	8.19 ± 0.04
S <sub>12</sub>	0.33 ± 0.01	16.09 ± 0.02	0.91 ± 0.03	1.15 ± 0.06	81.53 ± 0.08	7.27 ± 0.03
S <sub>16</sub>	0.26 ± 0.01	15.08 ± 0.03	0.50 ± 0.03	1.20 ± 0.08	82.96 ± 0.10	6.19 ± 0.03

表 4 麦瑞加拉鲑鱼幼鱼受饥饿胁迫下肌肉组分的变化

Tab 4 The change in muscle bio-composition of starving juvenile *C. mrigola*

组别	粗脂肪		粗蛋白		碳水化合物		粗灰分		水分		能值	
	相对损 失量 $\Delta$	相对损 失率	相对损 失量 $\Delta$	相对损 失率	相对损 失量 $\Delta$	相对损 失率	相对损 失量 $\Delta$	相对损 失率	相对损 失量 $\Delta$	相对损 失率	相对损 失量 $\Delta$	相对损 失率
	$F(\%)$	$P_F(\%)$	$P(\%)$	$P_P(\%)$	$C(\%)$	$P_C(\%)$	$A(\%)$	$P_A(\%)$	$W(\%)$	$P_W(\%)$	$EC(\text{kJ/g})$	$P_{EC}(\%)$
$S_4$	1.39	65.56	0.15	0.89	0.05	1.60	-0.04	-3.77	-1.52	-1.98	2.688	21.72
$S_8$	0.07	9.59	0.29	1.74	2.12	69.06	-0.03	-2.73	-2.45	-3.12	1.497	15.45
$S_{12}$	0.33	50	0.25	1.53	0.04	4.21	-0.02	-1.77	-0.61	-0.75	0.927	11.31
$S_{16}$	0.07	26.9	1.01	6.23	0.41	45.05	-0.05	-4.35	-1.37	-1.68	1.078	17.42

表 5 不同饥饿时间处理下麦瑞加拉鲑鱼幼鱼的内脏消化酶活力

Tab 5 The digestive enzyme activity of juvenile *C. mrigola* in different days of starvation

组别	脂肪酶活力			蛋白酶活力			淀粉酶活力		
	酶活力	相对损失量	相对损失率	酶活力	相对损失量	相对损失率	酶活力	相对损失量	相对损失率
	$X_{Fa}(U/g)$	$\Delta Fa(U/g)$	$P_{Fa}(\%)$	$X_{Pa}(U/g)$	$\Delta Pa(U/g)$	$P_{Pa}(\%)$	$X_{\bar{a}}(U/g)$	$\Delta fa(U/g)$	率 $P_{\bar{a}}(\%)$
$S_0$	480.0 $\pm$ 4.7	—	—	461.5 $\pm$ 38.9	—	—	2006.0 $\pm$ 2.5	—	—
$S_4$	53.3 $\pm$ 3.5	426.7	88.9	178.4 $\pm$ 23.3	283.1	61.4	839.8 $\pm$ 0.6	1166.2	58.1
$S_8$	33.3 $\pm$ 1.2	20.0	37.5	81.6 $\pm$ 11.7	96.8	54.2	334.7 $\pm$ 0.6	505.1	60.1
$S_{12}$	16.7 $\pm$ 0.9	16.6	49.8	29.2 $\pm$ 0.1	52.4	64.3	179.4 $\pm$ 0.3	155.3	46.4
$S_{16}$	10.0 $\pm$ 0.7	6.7	40.1	466.3 $\pm$ 19.4	-435.1	-1492.8	87.0 $\pm$ 0.1	92.4	51.5

4—8天和 13—16 日间, 两者的降幅一直处于较高水平, 分别达 69.06% 和 45.05%; 能值的相对损失量和相对损失率有一定的反复; 而粗蛋白的相对损失量和相对损失率随饥饿时间的延长而稳步增加。体内水分和灰分含量则随饥饿时间的延长而不断增加, 其中水分的增幅高峰均出现在饥饿第 5—8 日间, 低谷出现在 9—12 日间, 但总体差别不大; 而灰分的增加量则相对较为稳定, 各饥饿时段间差异不甚显著。

#### 2.4 饥饿对麦瑞加拉鲑鱼幼鱼内脏消化酶的变化特征

随着饥饿时间的延长, 各消化酶活力均表现出较为明显的变化特征(表 5)。实验期间各消化酶活力在各饥饿阶段的相对减少量均呈现出淀粉酶远高于脂肪酶和蛋白酶的特点, 而相对损失率则有随饥饿时间延长而出现更迭的现象, 表现为: 饥饿 4 天内为脂肪酶 > 淀粉酶  $\approx$  蛋白酶; 饥饿 5—8 日间为淀粉酶 > 蛋白酶 > 脂肪酶; 饥饿 9—12 日间为蛋白酶 > 脂肪酶 > 淀粉酶; 饥饿 13—16 日间为淀粉酶 > 脂肪酶 > 蛋白酶。

观测发现, 淀粉酶活力相对损失率一直处于

较为稳定的水平, 脂肪酶活力的迅速下降期为 0—4 天, 蛋白酶活力虽在 0—12 日间呈现出较为明显的梯度下降趋势, 但在第 16 天却出现了极为明显的反弹现象, 其酶活力值与实验起始值相当。

### 3 讨论

#### 3.1 短期饥饿胁迫下麦瑞加拉鲑鱼幼鱼的活动行为和生长特征

饥饿是影响生物保持固有生活习性和维持正常生长的一个重要的生理生态因子。随着饥饿时间的延长, 生物的正常生长水平将逐渐下降, 生物生理生态特征也必将随之出现由“蓄积”到“表露”的变化。据此, 本文作者将因饥饿致使生物丧失其固有生活习性的时刻或时段定义为“饥饿特征表露点或饥饿特征表露时段”。

从本研究结果来看, 较强的跳跃能力和极为明显的集群性是正常生活的麦瑞加拉鲑鱼幼鱼所固有的生活习性。随着饥饿时间的延长, 这两种固有生活特征表露的水平也随之明显下降, 表现为饥饿 12 天后跳跃能力的基本丧失和饥饿 16 天时集群性的消失, 这种集群性消失的现象与饥

饿对三刺鱼 (*Gasterosteus aculeatus*) 等的研究结果相似 (Bernard *et al* 1976), 故作者认为饥饿 12—15 天是麦瑞加拉鲮鱼幼鱼的“饥饿特征表露时段”。

当外源营养供应停止、内源性营养成为代谢唯一的主体能源时, 蓄积于鱼体内的生物储能分子就会按一定比例和秩序被分解利用, 以维持正常的生理活动。因此, 当幼鱼受到饥饿胁迫时, 各生长参数值就必将出现一个较为明显的负增长趋势, 其特征表现为重量性状指标首先出现较为明显的下降, 进而引起长度性状指标的下降, 即长度性状指标的下降滞后于重量性状指标, 说明重量性状与长度性状间的变化存在一定的不均衡性。在重量性状指标方面, 鲜重与干重的变化往往是同步的, 早期鲜重和干重的变化速率较中后期高, 这是由于早期幼鱼的生理活动还维持于原有正常水平的缘故, 而早期干重的变化速率略高于鲜重, 则是由于鲜重在变化时有定量代谢水作补充, 内脏鲜重的变化滞后于鲜重与干重是由于内脏作为代谢场所的主体所决定的, 说明重量性状各参数变化水平也表现出较为明显的差异。本研究中麦瑞加拉鲮鱼幼鱼因饥饿胁迫引起生长参数指标值变化的结果(表 1、表 2)也与上述分析相吻合, 至于后期干重变化速率骤增的现象则可能是由于蛋白质作为主体代谢能源被消耗利用所致(表 3、表 4)。

### 3.2 短期饥饿胁迫下麦瑞加拉鲮鱼幼鱼肌体组分和内脏消化酶活力的变化特征

鱼类肌体组分的变化与消化酶的分泌水平具有十分紧密的关系, 而鱼类消化酶的活性又与鱼类的食性密切相关。众所周知, 鱼类的食性与其消化器官的组织结构和消化机能是相适应的, 一般肉食性鱼类的蛋白酶活性明显高于杂食性鱼类, 而杂食性鱼类的淀粉酶活性则又明显高于肉食性鱼类。当受到饥饿胁迫时, 不同食性的鱼类必然会采取相应的生理消化对策, 同时其肌体组分变化也将作出相应的响应, 以实现外界生态环境和体内生理功能的“最经济”匹配。

从肌体组分的变化来看(表 3), 随饥饿时间的延长, 麦瑞加拉鲮鱼幼鱼体内粗脂肪、粗蛋白、碳水化合物含量和能值均逐渐降低, 实验期间粗脂肪和碳水化合物的损耗总是相互交替, 两者的总体同期相对损失率一直处于较高水平, 粗蛋白的相对损失量和相对损失率虽随饥饿时间的延长而稳步增加, 但总维持于较低水平, 能值的相

对损失量和相对损失率存有一定反复, 可能是粗脂肪与粗蛋白损耗比例和秩序的差异所引起的。至于实验期间鱼体水分和灰分含量的持续相对较为稳定的增加(谢小军等, 1998 邓利等, 1999 林小涛等, 2004), 则可能与代谢产物的堆积有关。

从内脏消化酶活力的变化来看(表 5), 麦瑞加拉鲮鱼幼鱼各消化酶活力在各饥饿阶段的相对损失量均呈现为淀粉酶远高于脂肪酶和蛋白酶, 而相对损失率则有随饥饿时间延长而发生更迭的特点, 与其作为典型杂食性鱼类的代谢特点相吻合。淀粉酶是麦瑞加拉鲮鱼幼鱼受饥饿胁迫下参与代谢活动的主体酶类, 因而淀粉酶活力相对损失率较为稳定; 而脂肪酶和蛋白酶为参与代谢活动的从属酶类, 脂肪酶活力在饥饿早期迅速下降, 蛋白酶活力在早、中期明显下降, 而在后期出现了极为明显的反弹现象, 这既说明蛋白质是其最终利用能源, 也应证了其肌体组分的变化中能值的相对损失量和相对损失率存有一定反复的原因, 当然也与后期干重变化速率骤增的现象相吻合。

至于受饥饿胁迫下各消化酶的变化原因, 笔者认为除消化道缺乏食物蠕动的机械刺激、嗅觉、视觉等感觉器官通过中枢神经系统对消化腺的影响、消化道管壁物理性状的变化和作为一种减少能量损耗的应急反映外, 还是否与鱼类本身的能量分配机制与体内的生物储能分子的利用比例和秩序有关, 尚有待进一步研究。

### 3.3 关于麦瑞加拉鲮鱼幼鱼对短期饥饿适应的生理生态对策机制

从生活习性和生长特征的变化来看, 随着饥饿时间的延长, 麦瑞加拉鲮鱼幼鱼正常生活所固有的跳跃能力和集群习性随之消失, 各生长参数指标值也随之明显下降, 这可能是由于饥饿早期幼鱼的生理活动还能维持于原有的正常水平, 对饥饿反应不甚敏感, 待消化道内食物被利用完毕, 才开始有所感应, 并出现较为激烈的索饵行为, 表现为在傍晚与凌晨主要摄食时段尤为激烈的跳跃。4天后因体能被大量消耗, 跳跃强度日渐下降, 各生长参数指标值在期间的损失量也最大, 12天后感知索饵无望保持平静状态, 进入消极抵抗阶段, 同时为增加索饵和减少被捕食的机会, 保持能量的无谓损耗而开始有个体分散现象, 至 16天时集群现象完全消失, 此阶段各生长

参数指标值损失量明显偏低。

从能量储能分子损失机制来看,脂肪的大量消耗期主要出现在饥饿处理 4天内,碳水化合物的大量消耗期主要出现在饥饿处理 5—8天之间,而蛋白质开始出现较为明显的消耗时段为饥饿处理 13天后,说明麦瑞加拉鲮鱼幼鱼体内能量储能分子的主要消耗次序依次为脂肪、碳水化合物和蛋白质。

从体内代谢特征来看,初始麦瑞加拉鲮鱼幼鱼内脏消化酶活力呈现为淀粉酶 >> 脂肪酶 ≈ 蛋白酶,随着饥饿时间的延长,饥饿处理 4天内为脂肪酶活力明显下降期,相对损失率高达 88.9%,此时内脏消化酶活力呈现为淀粉酶 >> 蛋白酶 > 脂肪酶,淀粉酶在整个实验阶段活力相对损失率较为相近,但相对损失量最大值则主要出现在饥饿处理 8天内,蛋白酶活力在饥饿处理第 13天后则出现了极为明显的反弹现象,与麦瑞加拉鲮鱼幼鱼的“饥饿特征表露时段”相符,到第 16天其酶活力值与实验起始值相当,分解蛋白质的能力也随之明显提升,此时内脏消化酶活力呈现为蛋白酶 >> 淀粉酶 > 脂肪酶。因此,能量储能分子损失机制与体内代谢特征是基本吻合的。笔者认为能量储能分子损失是对代谢活动的适应反应,鱼体通过调节身体各种酶的活性,是一种自我调节的“最经济”手段。

**致谢** 浙江省余姚市青港野生苗种场提供实验场地、实验用麦瑞加拉鲮鱼幼鱼和部分实验用具,本校 2002级和 2003级水产养殖专业赖辉、林治、曹洪雪和陈伟扬等同学参与本研究部分实验工作,谨致谢忱。

### 参 考 文 献

叶 星,刘家照,1998 麦瑞加拉鲮鱼的人工繁殖技术.淡水渔业,28(5): 13—14  
 邓 利,张 波,谢小军,1999 南方鲇继饥饿后的恢复生长.水生生物学报,23(2): 167—173

邬国民,1989 鲮鱼、麦瑞加拉鲮鱼和露斯塔野鲮的染色体制型比较.水产学报,13(3): 259—263  
 邵 青,杨 阳,王志铮等,2004 水产养殖动物补偿生长的研究进展.浙江海洋学院学报(自然科学版),23(4): 334—342  
 林小涛,周小壮,于赫男等,2004 饥饿对南美白对虾生化组成及补偿生长的影响.水产学报,28(1): 47—52  
 殷帅文,林学群,陈洁辉,2004 限食和再恢复投喂对鲮鱼生化组成的影响.水生生物学报,28(3): 253—258  
 谢小军,邓 利,张 波,1998 饥饿对鱼类生理生态学影响的研究进展.水生生物学报,22(2): 181—187  
 Ahammad M M, Bhattacharya D, Jana B B, 1998 Effect of Different concentrations of cryoprotectant and extender on the hatching of Indian major carp embryos (*Labeo rohita*, *Catla catla* and *Cirrhinus mrigala*) stored at low temperature. Cryobiology, 37: 318—324  
 Bernard W I Alan T, 1976 The effect of starvation and force-feeding on the metabolism of the northern pike, *Esox lucius* L. J Fish Biol, 8: 79—88  
 Dasa P C, Ayyappan S, Jena JK et al, 2004 A cute toxicity of ammonia and its sublethal effects on selected haematological and enzymatic parameters of mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). Aquac Res, 35: 134—143  
 H inak Kumar Baman, Ashoktanu Barai, Bharat M Yadav et al, 2003 Genetic variation between four species of Indian major carps as revealed by random amplified polymorphic DNA assay. Aquaculture, 217: 115—123  
 Nath P, Maitra S, 2001 Role of two plasma Vitellogenins from Indian major carp (*Cirrhinus mrigala*) in catfish (*Clarias batrachus*) vitellogenesis. General and Comparative Endocrinology, 124: 30—44  
 Paul B N, Sankar S, Mohanty S N, 2004 Dietary vitamin E requirement of mrigal, *Cirrhinus mrigala* fry. Aquaculture, 242: 529—536  
 Sobhanal K S, Mohan C V, Shankar K M, 2002 Effect of dietary vitamin C on the disease susceptibility and inflammatory response of mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) to experimental infection of *Aeromonas hydrophila*. Aquaculture, 207: 225—238

## DEVELOPMENT, BIOCHEMICAL COMPOSITION AND DIGESTIVE ENZYME ACTIVITY OF JUVENILE *CIRRHINA MRIGALA* UNDER SHORT-TERM STARVATION

WANG Zhi-Zheng, SHI Jian-Jun<sup>\*</sup>, LI Gan-Tang, SHEN Tu-Yan<sup>\*</sup>, CHEN Xue-Jun  
(Fishery College of Zhejiang Ocean University, Zhoushan, 316004)  
<sup>\*</sup> (Fishery Technology Extension Center of Yuyao, Yuyao, 315400)

**Abstract** Demanded from fish farming for improving culture efficiency and optimize the profit, the authors carried out a 16-day starvation experiment between July and August 2005 on juvenile *Cirrhina mrigala* collected in a seedling farm near Yuyao, Zhejiang, for determining the changes in body development, biochemical composition and digestive enzyme activity of the animal. The samples were ( $5.38 \pm 0.40$ ) cm in body length, body weight at ( $2.58 \pm 0.51$ ) g. They had been acclimated in lab for 7 days. Natural seawater was used as the experimental water after 48h-exposure to the air. The experimental fish were raised in foamed plastic boxes sized  $40 \times 50 \times 60 \text{ cm}^3$ . The experiment was conditioned at ( $27.5 \pm 2.5$ ) °C in water temperature and pH at  $7.0 \pm 0.2$ . Five data-reading stages were set in the experiment at Days 0, 4, 8, 12, and 16 respectively for observing and recording the parameters, including body length, body weights in wet and dry, and water and ash weight, the biochemical ones of crude protein, crude fat, carbohydrate and energy value, and those of digestive enzyme activity such as proteinase, lipase, and amylase. The results showed that the growth, energy value, the contents of the crude fat and crude protein decreased with the starvation time. In terms of relative total lost amount, crude fat and carbohydrate were greater than crude protein, and the peak of crude fat decrease appeared earlier than that of carbohydrate. The consumption and lost amount of crude protein were in lower level. During the experiment, the activity of amylase reduction was higher than that of other digestive enzymes, while the proteinase activity increased significantly during Day 13 to Day 16 and the activity value at Day 16 equaled to that in Day 1. The authors defined the time or period when starvation effect was most prominent for the experimental fish as significant-starvation-point or significant-starvation-period, respectively.

**Key words** Juvenile *Cirrhina mrigala*, Body development, Biochemical composition, Digestive enzyme activity, Short-term starvation