

短期饥饿胁迫对鳊幼鱼的生长、生化组成及其消化酶活力的影响

柳敏海¹, 施兆鸿², 罗海忠, 陈波¹, 傅荣兵¹, 彭志兰¹

(1. 浙江省舟山市水产研究所, 浙江 舟山 316000; 2. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090)

摘要:以鳊 (*Miichthys miui*) 幼鱼为实验动物, 研究短期饥饿对其生长、生化组成及消化酶活力的影响实验。结果表明, 随着饥饿时间的延长, 鳊幼鱼全长、体质量、粗蛋白、粗脂肪、糖类的含量和能值均逐渐减少。实验期间粗蛋白、粗脂肪、糖类的质量分数和能值的变化与饥饿时间呈负相关关系 ($P < 0.01$); 粗蛋白、粗脂肪和糖类的质量分数变化与能值呈正相关关系 ($P < 0.01$); 分析认为, 蛋白质是影响饥饿期间鳊幼鱼肌肉能值变化的主要含能物质。粗蛋白、粗脂肪和糖类的相对损失率从大到小依次为粗脂肪、糖类、粗蛋白, 且粗脂肪降幅高峰的出现时段早于糖类。实验期间蛋白酶呈现出先降低后升高的趋势; 脂肪酶和淀粉酶随着饥饿时间的延长而逐渐降低。[中国水产科学, 2007, 14 (7): 24-29]

关键词: 鳊; 短期饥饿; 生长; 生化组成; 消化酶

中图分类号: S965.324

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2007)07-024-06

鳊 (*Miichthys miui* Basilewsky) 属鲈形目、石首鱼科、鳊属, 在中国沿海均有分布, 但以东、黄海较多^[1]。其肉味鲜美, 营养丰富, 深受国内外消费者的喜爱, 其鳃俗称“鱼肚”, 为高级滋补品, 具有较高的食用和药用价值。由于其生长快、病害少、自然抗逆性强、市场潜力大等优点, 近年来其人工繁殖与养殖在中国南方沿海正蓬勃地发展, 有望成为深水网箱养殖的优良品种^[2]。

短期饥饿既是鱼类在自然水域生态系统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意义^[3]。国内外学者就鱼类在饥饿状态下的能量利用模式, 以及身体化学组成的变化等方面探讨了鱼类对饥饿胁迫的适应性特征^[4-5]。目前有关鳊的研究报道主要集中在亲鱼培育、胚胎及仔稚鱼发育、人工育苗和养殖、毒性毒理实验等方面^[6-8]。迄今尚未见有关鳊饥饿生理生态学方面的研究报道。为此, 作者于2006年10月~2006年11月在浙江华兴海水苗种

有限公司, 以早繁鳊为实验动物, 开展短期饥饿对其生长、生化组成和消化酶活力的影响实验, 以期为鳊饥饿生理生态学研究及其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

取自舟山市水产研究所在浙江华兴海水苗种有限公司早繁幼鱼, 挑选体色正常, 健康活泼, 全长 9.3~9.5 cm, 体质量 6.4~6.7 g 幼鱼用于实验, 实验前暂养于室内水泥池中, 每天投喂 2 次, 达饱足。驯化 15 d 后开始正式实验。

1.2 实验条件和方法

实验在 6 m×6 m×1.6 m 室内水泥池中进行, 实验鱼养在 80 cm×60 cm×60 cm, 用 80 目网布做成浮于水面的网箱中, 上罩 20 目的聚乙烯网片以防实验鱼跳跃逃逸。实验用水为经暗沉淀处理、二级砂滤海水, 盐度 27。每日换水 1 次, 换水量为 60%。光照为自然光照。实验水温为 (22±2)℃。

实验共 6 组, 分别为饥饿 0 d (S0)、饥饿 3 d (S3)、饥饿 6 d (S6)、饥饿 9 d (S9)、饥饿 12 d (S12) 和饥饿 15 d (S15), 每组实验鱼 30 尾, 每组设 3 个水平组。在实验开始和结束后测定每组鱼湿质量、干质

收稿日期: 2007-04-05; 修订日期: 2007-06-01.

基金项目: 浙江省重大农业科技攻关项目 (2004C12028).

作者简介: 柳敏海 (1979-), 男, 硕士, 研究方向为水产动物繁育及病害防治. E-mail: okso1125@yahoo.com.cn

通讯作者: 罗海忠. E-mail: haizhongluo@163.com

量、体长和全长。其中 20 尾做全鱼生化组成测定,测定指标为: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,碳水化合物采取减量法^[9],能值采用蛋白质:23.604 kJ/g、脂肪:39.539 kJ/g、糖类:17.154 kJ/g 推算^[10]。剩下的 10 尾做内脏蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶活力分析。首先取一定量的内脏,在低温下研磨后,加 10 倍于其质量的重蒸水,匀浆。匀浆液以 10 000 r/min 的速率离心 30 min,取上清液,置于 4 ℃ 冰箱中保存,进行酶活力检测,12 h 内分析完毕。蛋白酶测定采用福林-酚试剂法^[11];淀粉酶测定:采用淀粉-碘显色法^[12];脂肪酶测定参照中山大学生物系的方法^[11]。

1.3 数据处理

每一样品重复测定 3 次,取平均值并求标准差。不同处理组数据间的采用单因素方差分析。对检测达到显著的平均值用 Duncan 检验。方差分析、多重比较和回归分析用 SPSS11.5 进行。各参数观测指标值的变化特征采用以下公式来表示:

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

$$\text{相对损失率: } P_C = (C_n - C_{n+1}) / C_n$$

$$\text{代谢供能} = (P_n \times W_n - P_{n+1} \times W_{n+1}) \times \text{能值}$$

其中 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。 P 为能源物质占鱼体湿质量的比值。

2 结果与分析

2.1 饥饿胁迫对 μ 幼鱼生长的影响

μ 幼鱼在受饥饿胁迫下生长参数和变化特征见表 1 和表 2。由表 1 可见,随着饥饿时间的延长, μ 幼鱼各生长参数均出现不同程度的减少,呈现出负增长趋势,但重量性状与长度性状的变化存在不平衡性。随着饥饿时间的延长湿重的变化最明显,各组间差异显著 ($P < 0.05$)。全长和体长的变化趋势相同,从 S9 开始各组才存在显著差异 ($P < 0.05$)。

从表 2 可见,湿重的相对损失量和相对损失率的高峰出现在 S3→S6,降幅达 10.95%;其次是 S0→S3,降幅达 8.36%。饥饿 6 d 后变化的相对减弱。干重的相对损失量高峰出现在 S0→S3,相对损失量

为 0.16 g;其次为 S3→S6 和 S12→S15,相对损失量均为 0.12 g。而干重的相对损失率高峰出现在 S12→S15,降幅达 15.12%;其次为 S0→S3,降幅为 12.40%。

从长度性状的变化来看,全长相对损失量和相对损失率的高峰出现在 S6→S9;其次是 S12→S15。而体长的损失量的高峰出现在 S6→S9 和 S12→S15,相对损失率的高峰出现在 S12→S15;其次是 S6→S9。

2.2 饥饿胁迫对 μ 幼鱼生化组成的影响

饥饿胁迫对 μ 幼鱼生化组成的影响见表 3 和表 4。鱼体内的粗蛋白、粗脂肪、糖类和能值随着饥饿时间的延长而逐渐降低,而水分和灰份随着饥饿时间的延长而逐渐升高。不同饥饿组的粗蛋白含量和能值差异显著 ($P < 0.05$);粗脂肪含量从饥饿 9 d 后差异不显著 ($P > 0.05$);除 S12 和 S15 的水分和灰份差异不显著 ($P > 0.05$),其他各组间均差异显著 ($P < 0.05$)。

实验期间粗蛋白、粗脂肪和糖类的相对损失率从大到小依次为粗脂肪、糖类、粗蛋白,且粗脂肪降幅高峰的出现时段早于糖类。粗脂肪相对损失量和损失率的高峰为 S0→S3,其次为 S3→S6;糖类相对损失量的高峰为 S0→S3,其次为 S9→S12,而损失率高峰为 S9→S12,其次为 S0→S3;粗蛋白相对损失量和损失率的高峰为 S3→S6,其次为 S6→S9;能值相对损失量和损失率的高峰为 S6→S9,其次为 S9→S12。水分的增幅高峰出现在 S3→S6,低谷出现在 S0→S3;灰份增幅高峰出现在 S3→S6,低谷出现在 S12→S15。

分别以灰份、粗蛋白、粗脂肪、糖类的质量分数和能值为因变量 (Y),以饥饿时间为自变量 (T) 进行线性回归分析,结果如表 5 所示。粗蛋白、粗脂肪、糖类的质量分数和能值的变化与饥饿时间呈负相关关系 ($P < 0.01$),回归方程斜率 (b 的绝对值) 从高到低依次为粗蛋白、糖类、粗脂肪。以同一组不同饥饿时间的灰份、粗蛋白、粗脂肪、糖类等质量分数为自变量 (X),以能值为自变量 (E) 进行线性回归分析,结果如表 6 所示。粗蛋白、粗脂肪和糖类的质量分数均与能值呈显著的正相关关系 ($P < 0.01$),回归方程斜率 (b) 从高到低依次为粗蛋白、糖类、粗脂肪。故在饥饿过程中蛋白质是影响 μ 幼鱼肌肉能值变化的主要的含能物质。

表1 幼鱼在不同饥饿时间处理下的生长参数变化

Tab.1 Variation of growth parameters of juvenile *Miichthys miiuy* during starvation

组别 Group	湿质量/g Wet weight	干质量/g Dry weight	全长/cm Total length	体长/cm Body length
S0	6.58±0.12 ^a	1.29±0.04 ^a	9.42±0.03 ^a	7.65±0.02 ^a
S3	6.03±0.08 ^b	1.13±0.04 ^{ab}	9.41±0.05 ^a	7.65±0.01 ^a
S6	5.37±0.10 ^c	1.01±0.06 ^{bc}	9.37±0.07 ^a	7.63±0.02 ^a
S9	5.04±0.13 ^d	0.90±0.05 ^{cd}	9.11±0.06 ^b	7.52±0.03 ^b
S12	4.80±0.11 ^e	0.79±0.03 ^{de}	9.02±0.03 ^b	7.47±0.02 ^b
S15	4.51±0.21 ^f	0.67±0.02 ^e	8.84±0.03 ^c	7.36±0.04 ^c

注:同一列数据上标字母不同表示差异显著 ($P<0.05$).Note: Different superscript letters in the same column mean significant difference between items ($P<0.05$).

表2 幼鱼在受饥饿胁迫下生长特征变化

Tab.2 Development of juvenile *Miichthys miiuy* during starvation

组别 Group	湿质量 Wet weight		干质量 Dry weight		全长 Total length		体长 Body length	
	$\Delta W/g$	$P_w/\%$	$\Delta G/g$	$P_G/\%$	$\Delta L/cm$	$P_l/\%$	$\Delta L'/cm$	$P_{L'}/\%$
S0→S3	0.55	8.36	0.16	12.40	0.01	0.11	0.00	0.00
S3→S6	0.66	10.95	0.12	10.62	0.04	0.43	0.02	0.26
S6→S9	0.33	6.15	0.11	10.89	0.26	2.75	0.11	1.44
S9→S12	0.24	4.76	0.11	12.22	0.09	0.99	0.05	0.66
S12→S15	0.29	6.04	0.12	15.12	0.18	2.00	0.11	1.47

表3 幼鱼在不同饥饿时间处理下的生化组成

Tab.3 Bio-composition of juvenile *Miichthys miiuy* during starvation

组别 Group	水分/% Moisture	灰分/% Ash	粗蛋白/% Protein	粗脂肪/% Lipid	糖类/% Carbohydrate	能值/(kJ·g ⁻¹) Energy value
S0	79.09±0.18 ^a	0.80±0.03 ^a	15.48±0.06 ^a	1.80±0.07 ^a	2.83±0.08 ^a	4.85±0.02 ^a
S3	79.60±0.16 ^a	0.93±0.03 ^b	15.43±0.04 ^a	1.49±0.20 ^{ab}	2.55±0.09 ^{ab}	4.67±0.02 ^b
S6	80.49±0.25 ^c	1.18±0.03 ^c	14.66±0.06 ^b	1.24±0.10 ^{bc}	2.43±0.10 ^b	4.37±0.01 ^c
S9	81.24±0.20 ^d	1.37±0.02 ^d	13.99±0.10 ^c	1.16±0.10 ^c	2.24±0.08 ^{bc}	4.15±0.03 ^d
S12	81.79±0.15 ^{de}	1.46±0.06 ^{de}	13.75±0.05 ^d	1.02±0.06 ^c	1.98±0.06 ^{cd}	3.99±0.02 ^e
S15	82.32±0.23 ^e	1.53±0.05 ^e	13.34±0.10 ^e	0.96±0.07 ^c	1.85±0.05 ^d	3.85±0.01 ^f

注:同一列数据上标字母相同表示差异不显著 ($P>0.05$), 字母不同表示差异显著 ($P<0.05$).Note: Same superscript letters in the same column mean significant difference between items ($P<0.05$).

表4 幼鱼在不同饥饿时间处理下的生化组成变化

Tab.4 Change of bio-composition of juvenile *Miichthys miiuy* during starvation

组别 Group	水分/% Moisture		灰分/% Ash		粗蛋白/% Protein		粗脂肪/% Lipid		糖类/% Carbohydrate		能值/(kJ·g ⁻¹) Energy value	
	ΔM	P_M	ΔA	P_A	ΔP	P_P	ΔL	P_L	ΔC	P_C	$\Delta EV/(kJ \cdot g^{-1})$	$P_{EV}/\%$
S0→S3	-0.51	-0.64	-0.13	-16.25	0.05	0.32	0.31	17.22	0.28	9.89	0.18	3.71
S3→S6	-0.89	-1.12	-0.25	-26.88	0.77	4.99	0.25	16.78	0.12	4.71	0.30	6.42
S6→S9	-0.75	-0.93	-0.19	-16.10	0.67	4.57	0.08	6.45	0.19	7.82	0.22	5.03
S9→S12	-0.55	-0.67	-0.09	-6.57	0.24	1.72	0.14	12.07	0.26	11.61	0.16	3.86
S12→S15	-0.53	-0.65	-0.07	-4.79	0.41	2.98	0.06	5.88	0.13	6.57	0.14	3.51

表 5 生化组成、能值 (Y) 与饥饿时间 (X) 回归关系 ($Y = a + bX$) 的系数Tab.5 Regression coefficient ($Y = a + bX$) between bio-composition, energy value and starvation time X

Y	a	b	n	R ²	P
灰分 Ash	0.824	0.052	18	0.962	<0.01
粗蛋白 Protein	15.614	-0.156	18	0.962	<0.01
粗脂肪 Lipid	1.685	-0.054	18	0.924	<0.01
糖类 Carbohydrate	2.799	-0.065	18	0.989	<0.01
能值 Energy value	4.832	-0.069	18	0.985	<0.01

表 6 生化组成与能值回归关系 ($E = a + bX$) 的系数Tab.6 Regression coefficient ($E = a + bX$) between bio-composition (X) and energy value (E)

X	a	b	n	R ²	P
灰分 Ash	4.467	-0.755	18	0.994	<0.01
粗蛋白 Protein	4.679	2.263	18	0.979	<0.01
粗脂肪 Lipid	-2.128	0.790	18	0.953	<0.01
糖类 Carbohydrate	-1.652	0.919	18	0.968	<0.01

2.3 饥饿胁迫对 *M. 幼鱼* 消化酶活力的影响

从表 7 可以看出,随着饥饿时间的延长,各消化酶均表现出明显的变化特征。蛋白酶呈现出先降低后升高的趋势;脂肪酶和淀粉酶随着饥饿时间的延

长而逐渐降低。蛋白酶在饥饿 3 d 后相对损失率达 48.65%,从饥饿 3 d 到 15 d 蛋白酶活力增加,但增幅呈下降趋势。在饥饿 9 d 内,淀粉酶损失率比脂肪酶的损失率要高。

表 7 *M. 幼鱼* 在不同饥饿时间处理下的消化酶活力Tab.7 Digestive enzyme activity of juvenile *Müchthys müuy* during starvation

组别 Group	蛋白酶 Protease			脂肪酶 Lipase			淀粉酶 Amylase		
	酶活力 / (U·g ⁻¹) Activity	ΔP / (U·g ⁻¹)	P _P /%	酶活力 / (U·g ⁻¹) Activity	ΔL / (U·g ⁻¹)	P _L /%	酶活力 / (U·g ⁻¹) Activity	ΔA / (U·g ⁻¹)	P _A /%
S0	462.86 ± 21.06 ^a	—	—	167.21 ± 1.37 ^a	—	—	2604.49 ± 70.57 ^a	—	—
S3	237.67 ± 31.25 ^b	225.19	48.65	135.25 ± 9.54 ^b	31.96	19.11	1815.87 ± 79.24 ^b	788.62	30.28
S6	382.81 ± 35.08 ^c	-145.14	-61.07	110.21 ± 13.22 ^c	25.04	18.51	1454.15 ± 24.10 ^c	361.72	19.92
S9	519.87 ± 19.15 ^d	-137.06	-35.80	103.58 ± 9.25 ^d	6.63	6.01	1079.45 ± 74.42 ^d	374.70	25.77
S12	663.34 ± 10.25 ^e	-143.47	-27.60	92.35 ± 5.62 ^e	11.23	10.84	967.05 ± 18.27 ^e	112.40	10.41
S15	734.16 ± 47.53 ^f	-70.82	-10.68	86.74 ± 8.24 ^f	5.61	6.07	947.57 ± 59.72 ^e	19.48	2.01

注:同一列数据上标字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different superscript letters in the same column mean insignificant difference ($P < 0.05$).

2.4 饥饿胁迫对 *M. 幼鱼* 行为的影响

M. 幼鱼 放入网箱后呈现较强的活动能力和明显的集群性,在傍晚和清晨有跳跃现象。随着饥饿胁迫时间的延长,这些现象逐渐下降。饥饿 6 d 后,跳跃现象有所缓和,但是集群现象仍然明显。饥饿 9 d 后,跳跃能力明显下降。饥饿 12 d 后,个体开始分散分布在网箱里。饥饿 15 d 后,集群现象消失,所有个体均匀分布于网箱中。

3 讨论

3.1 饥饿胁迫对 *M. 幼鱼* 生长与行为的影响

M. 幼鱼 在饥饿的胁迫下,内源性营养成为代谢唯一的主体能源,蓄积于鱼体内的生物储能分子按一定比例和秩序被分解利用,以维持正常的生理活动。其特征表现为明显的负增长趋势。实验观察到随着饥饿时间的延长湿质量的变化最明显,各组间差异显著 ($P < 0.05$);但全长和体长从 S9 开始各组

才存在显著差异 ($P < 0.05$)。说明体质量性状与长度性状的变化存在一定的不均衡性。同时发现湿重的损失率比干重的损失率要低,主要原因是湿重变化时有一定量的水做补充。

饥饿是影响鱼类生活习性的一个重要的生理生态因子。随着饥饿时间的延长,鱼类的正常生活习性将逐渐丧失,因饥饿致使鱼类丧失其固有生活习性的时刻或时段称为“饥饿特征表露点或饥饿特征表露时段”。较强的活动能力和明显的集群性是鳊幼鱼固有的生活习性。随着饥饿时间的延长,其固有的生活习性表露水平逐渐下降。饥饿 9 d 后,跳跃能力明显下降。饥饿 12 d 后,个体开始分散分布在网箱里。饥饿 15 d 后,集群现象消失,所有个体均匀分布于网箱中。所以饥饿 9~15 d 是鳊幼鱼“饥饿特征表露时段”,这与饥饿对麦瑞加拉鲮 (*Cirrhina mrigala*) [3] 和三刺鱼 (*Gasterosteus aculeatus*) [13] 的研究结果相似。

3.2 饥饿胁迫对鳊幼鱼生化组成与消化酶的影响

体内的粗蛋白、粗脂肪、糖类和能值随着饥饿时间的延长而逐渐降低,而水分和灰份随着饥饿时间的延长而逐渐升高,这可能与代谢产物的堆积有关 [3, 9, 14-15]。实验期间粗蛋白、粗脂肪和糖类的相对损失率从高到低依次为粗脂肪、糖类、粗蛋白,且粗脂肪降幅高峰的出现时段早于糖类,说明饥饿过程中首先利用粗脂肪和糖类提供能量,然后才是粗蛋白。饥饿过程蛋白酶呈现先降低后升高的趋势;脂肪酶和淀粉酶随着饥饿时间的延长而逐渐降低。这也说明蛋白质是饥饿中最后的供能物质。受饥饿胁迫下各消化酶的减少,是由于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 [16]。而蛋白酶呈现出先降低后升高的趋势,这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 [17-18]。

粗蛋白、粗脂肪、糖类的质量分数和能值的变化与饥饿时间呈负相关关系 ($P < 0.01$), 回归方程斜率 (b 的绝对值) 从高到低依次为粗蛋白、糖类、粗脂肪。粗蛋白、粗脂肪和糖类的质量分数均与能值呈显著的正相关关系 ($P < 0.01$), 回归方程斜率 (b) 从高到低依次为粗蛋白、糖类、粗脂肪。说明在饥饿过程中蛋白质是影响鳊幼鱼肌肉能值变化的主要的含能物质。对鳊幼鱼在不同饥饿时间处理下各能源物

质提供的能值分析发现, S12→S15 中,粗蛋白提供的能值是粗脂肪和糖类的 6~7 倍。这一点也可以反映出蛋白质是影响饥饿期间鳊幼鱼肌肉能值变化的重要的含能物质。

参考文献:

- [1] 朱元鼎,张春霖,成庆泰,等.东海鱼类志[M].北京:科学出版社,1963:308.
- [2] 孙庆海,陈诗凯.鳊鱼规模化繁育技术研究[J].浙江海洋学院学报:自然科学版,2003,22(3):273-276.
- [3] 王志铮,施建军,吕敢堂,等.受短期饥饿胁迫下麦瑞加拉鲮鱼幼鱼的生长、肌体组分及其内脏消化酶活力的变化特征[J].海洋与湖沼,2006,37(3):218-224.
- [4] Zamal H, Ollevier F. Effect of feeding and lack of food on the growth, gross biochemical and fatty acid composition of juvenile catfish[J]. J Fish Biol, 1995, 46:404-414.
- [5] Machado C R, Garofalo M A R, Migliorini R H. Effects of starvation, re-feeding and insulin on energy-linked metabolic process in catfish (*Rhamdio hiltarii*) adapted to acarbohydrate-rich diet[J]. Gen Comp Endocrinol, 1988, 71: 429-437.
- [6] 罗海忠,傅荣兵,陈波,等.舟山近海鳊鱼胚胎和早期仔鱼的发生及与盐度的关系[J].浙江海洋学院学报:自然科学版,2006,25(1):15-22.
- [7] 李明月,郑忠明,竺俊全,等.鳊鱼亲鱼培育及其人工繁殖的研究[J].水产科学,2005,24(1):32-34.
- [8] 柳敏海,陈波,施兆鸿,等.五种重金属离子对鳊鱼胚胎发育和仔鱼存活的影响[J].海洋渔业,2007,29(1):57-62.
- [9] 林小涛,周小壮,于赫男,等.饥饿对南美白对虾生化组成及补偿生长的影响[J].水产学报,2004,28(1):47-52.
- [10] 李爱杰.水产动物营养与饲料学[M].北京:中国农业出版社,1992:66-67.
- [11] 中山大学生物系.生化技术导论[M].北京:科学出版社,1979:53-60.
- [12] 上海医学化验所.临床生化检验:上册[M].上海:上海科技出版社,1979:336-368.
- [13] Bernard W I, Alan T. The effect of starvation and force-feeding on the metabolism of the northern pike, *Esox lucius* L. [J]. J Fish Biol, 1976, 8:79-88.
- [14] 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):181-187.
- [15] Jobling M. Effects of starvation on proximate chemical composition and energy utilization of plaice, *Pleuronectes platessa* L [J]. J Fish Biol, 1980, 17:325-334.
- [16] 高露姣,陈立桥,赵晓勤,等.施氏鲟幼鱼的饥饿和补偿生长研究一对消化器官结构和酶活性的影响[J].中国水产科学,2004,11(5):413-418.
- [17] 王燕妮,张志蓉,郑曙明.鲤鱼补偿生长及饥饿对淀粉酶的影响[J].水利渔业,2001,21(5):6-7.
- [18] 郑曙明,王燕妮,摄迎霞,等.虎鲨饥饿后的补偿生长及淀粉酶活性研究[J].华中农业大学学报,2003,22(10):483-487.

Growth, biochemical composition and digestive enzyme activity of juvenile *Miichthys miiuy* under short-time starvation

LIU Min-hai¹, SHI Zhao-hong², LUO Hai-zhong¹, CHEN Bo¹, FU Rong-bing¹, PENG Zhi-lan¹

(1. Fisheries Institute of Zhoushan, Zhoushan 316000, China; 2. East China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: The effects of short-time starvation on development, biochemical composition and digestive enzyme activity in juvenile of *Miichthys miiuy* were researched at $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$. The samples were 9.3–9.5 cm in body length, body weight at 6.4–6.7 g. The results showed that the growth, energy value, the contents of the crude fat, crude protein and carbohydrate decreased with the starvation time. There were significant negative relation between starvation time and crude protein, crude fat, carbohydrate or energy value ($P < 0.01$), and there were significant correlation between energy value and crude protein, crude fat or carbohydrate. The results suggested that protein in the muscle of *Miichthys miiuy* was the most important factors to affect the energy stored in muscles. In term 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. During the experiment, the activity of amylase and lipase was decrease, but the activity of protease increased significantly during day 3 to day 15. [Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14 (7): 24–29]

Key words: *Miichthys miiuy*; short-time starvation; growth; biochemical composition; digestive enzyme

Correspondence author: LUO Hai-zhong. E-mail: haizhongluo@163.com