

# 不同剂型的微量元素及不同水平的氨基酸螯合物 对黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)生长 及体组成的影响\*

韩庆<sup>1</sup> 李丽立<sup>2</sup> 黄春红<sup>1</sup> 张彬<sup>3</sup> 黄琳<sup>1</sup> 王冬明<sup>1</sup>

(1. 湖南文理学院生命科学系 常德 415000; 2. 中国科学院亚热带农业生态研究所 长沙 410125;  
3. 湖南农业大学动物科学技术学院 长沙 410128)

**提要** 在黄颡鱼的基础饲料中分别添加无机微量元素和不同水平的氨基酸螯合态微量元素 Cu、Fe、Zn、Mn, 投喂平均体重为 11.80g 的黄颡鱼 70 天, 研究饲料微量元素对黄颡鱼生长、饲料利用情况及肌肉组成成分的影响, 并对肌肉、骨骼组织中微量元素的残留含量进行测定分析。结果表明, 添加微量元素的各实验组的增重率、饵料系数、蛋白质效率均优于对照组。等量添加微量元素的氨基酸组明显优于无机微量元素组。氨基酸组的增重率显著高于无机组( $P < 0.05$ ), 比无机组、氨基酸组、氨基酸组比较分别提高了 16.86%、7.60%、8.03%。饵料系数、蛋白质效率在各组间有一定的差异, 但均不显著( $P > 0.05$ )。等量添加微量元素的氨基酸组各组织中微量元素的残留量高于无机组, 微量元素含量高的氨基酸组残留量最多, 但其增重效果不如氨基酸组( $P > 0.05$ )。微量元素在黄颡鱼组织中的积累顺序为: 骨骼 > 肌肉。微量元素的添加对黄颡鱼肌肉的常规营养成分、氨基酸组成及风味未产生显著的影响( $P > 0.05$ )。因此, 在本实验条件下, 每 kg 饲料添加氨基酸微量元素的适宜量为 Cu 4mg、Fe 140mg、Zn 20mg、Mn 12mg。

**关键词** 黄颡鱼, 微量元素, 生长性能, 积累, 体成分

**中图分类号** S963.73

黄颡鱼 *Pelteobagrus fulvidraco* (Richardson), 俗称黄姑鱼、黄腊丁等, 是一种隶属于鲶形目(Siluriformes)、鲿科(Bagridae)、黄颡鱼属(*Pelteobagrus*)的淡水经济鱼类(肖调义等, 2003)。由于其肉质细腻、肉味鲜美而备受消费者喜爱。近几年来, 已成为国内新兴的淡水养殖鱼类之一, 许多单位相继进行黄颡鱼的研究与开发, 并取得了一系列的成果(韩庆等 2002a, b; 宋平等, 2001; 王文辉等, 2006)。微量元素是鱼类生长发育所必需的营养要素之一, 目前, 微量元素饲料添加剂已成为配合饲料的重要组成部分。以往所添加的微量元素多为无机矿物质, 但鱼的中肠

呈碱性, 无机态的微量元素在碱性条件下溶解度降低, 从而影响消化吸收率(Chavez-Sanchez *et al*, 2000), 所以有必要开发出新型有机态微量元素并确定其合理用量。有关有机微量元素在动物中的应用已有较多报道(宋进美, 2002; 袁万安等, 2003; Mage *et al*, 2000; 罗莉等, 2006; Du *et al*, 1996; Eckert *et al*, 1999; Eogle *et al*, 1997; Dougall, 1996), 为了进一步研究氨基酸微量元素对黄颡鱼的促生长作用, 本实验通过在饲料中分别添加无机微量元素和不同水平的氨基酸微量元素螯合物投喂黄颡鱼, 并对其生长效果、饲料利用情况、残留量和鱼体组成进行比较分析, 以期黄颡

\* 国家自然科学基金项目, 39470524 号; 国家科技部农业成果转化资金资助项目, 2006GB24910468 号; 湖南省“十一五”重点建设学科(动物学)资助项目, 湘教通[2006]180 号。韩庆, 硕士, 副教授, E-mail: hanqing19712002@yahoo.com.cn

通讯作者: 张彬, 博士, 教授, 博导, E-mail: zhibin2119@hotmail.com

收稿日期: 2007-06-15, 收修改稿日期: 2007-08-30

鱼人工饲料配制时合理添加微量元素提供准确可靠的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验用鱼及微量元素

实验用黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)为课题组自行繁养的春片鱼种,选择体重在 10.83—13.77g 之间,游泳活跃的个体 300 尾,随机分成 15 组(5 个处理,每个处理设 3 个重复),每组 20 尾,组间体重差异不显著( $P>0.05$ )。

微量元素有无机态及氨基酸螯合态 2 种剂型,无机微量元素为  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,皆为饲料级(广州化学试剂厂);氨基酸微量元素均为蛋氨酸螯合物,即蛋氨酸铜、蛋氨酸铁、蛋氨酸锌、蛋氨酸锰,微量元素含量均为 15%(深圳科佳力发展有限公司)。

### 1.2 实验饲料

基础饲料配方及营养成分见表 1,按表 1 将各原料进行配合和粉碎,使其全部通过 60 目筛;微量成分采取逐级扩大法添加(杨凤,2000)。实验共分 5 组,各组添加的 Cu、Fe、Zn、Mn 四种微量元素的剂型和剂量不同,组 1 为基础饲料;组 2 为无机微量元素组,组 3、4、5 为氨基酸微量元素组,测得基础饲料中 Cu、Fe、Zn、Mn 四种微量元素的本底含量分别为:0.53、74.36、22.93、7.44mg/kg,结合本底浓度参照《水产动物饲料配制与疾病防治》(魏文志等,2000)中鱼类对各种微量元素的需要确定 Cu、Fe、Zn、Mn 四种微

表 1 基础饲料组成及营养成分(风干基础%)  
Tab.1 Composition and nutrient levels of basic diet (air-dried basis %)

原料	含量	营养水平	含量
鱼粉	40.00	总能(MJ/kg)	17.65
豆饼	35.00	粗蛋白	42.46
玉米面	7.00	粗脂肪	7.63
次粉	11.30	粗纤维	1.48
鱼油	1.00	灰分	7.71
磷酸二氢钙	1.50	Ca	3.72
多种维生素 <sup>1)</sup>	0.20	P	1.86
无机盐 <sup>2)</sup>	1.00		
腥味饵料	3.00		

注:1) 维生素的组成为 VA 10000IU、VD<sub>4</sub> 4000IU、VE 25.0mg/kg、VB<sub>1</sub> 1.0mg/kg、VB<sub>2</sub> 14.0mg/kg、VB<sub>6</sub> 6.0mg/kg、VB<sub>12</sub> 1.0mg/kg、泛酸 Ca 50mg/kg、烟酸 30.0mg/kg、生物素 1.0mg/kg、VC 300mg/kg;2) 无机盐的组成为 Mg 216mg/kg、Se 0.15mg/kg、Co 1.0mg/kg、I 1.0mg/kg,不添加 Cu、Fe、Zn、Mn

量元素的基础添加量分别为 4、140、20、12mg/kg,组 2、组 3 为基础添加量,组 4 为基础添加量的 2 倍,组 5 为基础添加量的 1/2。各组微量元素的添加量见表 2。

表 2 各组微量元素的添加量(mg/kg)  
Tab.2 Formulae design of metal elements enrichment (mg/kg)

组号	组别	Cu	Fe	Zn	Mn
1	对照组	0	0	0	0
2	无机组	4	140	20	12
3	氨基酸组	4	140	20	12
4	氨基酸组	8	280	40	24
5	氨基酸组	2	70	10	6

### 1.3 实验场地

实验在湖南文理学院东院生命科学系实验园中进行,实验用鱼桶及相关设备自行设计安装完成,采用微流水养殖系统,实验容器为聚乙烯桶,其体积为 100L。实验用水源为曝气自来水,基本无可见悬浮物和饵料生物。考虑到黄颡鱼的喜阴特性,在桶中 1/3 水面放养水葫芦作为遮光用。实验期水温 23—28℃,pH 值 6.8—7.5,DO 4—6mg/L,符合国家渔业用水标准。

### 1.4 实验方法

**1.4.1 饲养管理** 实验用鱼运到后进行消毒,暂养 3d,并进行食性驯化,驯食期为 7d,驯食后分组。每次投喂前取出粉料,称重后置于食盘内加少许水揉成弹性的团状饲料,再搓成小团,投于桶内,供黄颡鱼自由采食。投食量按黄颡鱼体重的 3%计,根据天气、水温的变化情况灵活掌握并适当增减,每天投喂两次(9:00, 17:00),上午占日粮的 40%,下午占日粮的 60%。每次投喂前,分别收集各桶的饲料残渣及粪便晒干。在白天温度过高或太阳过大时,要适当增加微流水的流量,防止黄颡鱼因缺氧发生浮头现象。每周清洗一次鱼桶,以保持桶内清洁。实验于 2006 年 5 月 18 日开始,7 月 28 日结束,为期 70 天。  
**1.4.2 指标测定与计算**(韩庆等,2002a) 黄颡鱼的体重增长率、饲料转化率、蛋白质效率分别按下列公式计算:

$$\text{体重增长率} = \frac{\text{试验终鱼平均体重} - \text{试验初鱼平均体重}}{\text{试验初鱼平均体重}} \times 100\%$$

$$\text{饵料系数} = \frac{\text{摄食量}}{\text{净增重}}$$

$$\text{蛋白质效率} = \frac{\text{净增重}}{\text{摄食量} \times \text{饲料蛋白质含量}}$$

**1.4.3 微量元素残留量测定方法** 样品采用干法灰化,用盐酸-硝酸消化法消化后,采用 WFX-110 型原子吸收分光光度计(北京瑞利分析仪器公司)测定

Cu、Zn、Fe、Mn 的含量。

**1.4.4 肌肉品质分析方法** 在实验结束时, 对各实验组肌肉营养状况进行分析。采用国标常规营养成分分析方法(全国饲料工业标准技术委员会, 1996)测定肌肉常规营养成分, 采用 HPLC 系统(DIONEX 公司)分析肌肉中氨基酸组成。

### 1.5 数据处理

采用 SPSS10.0 for Windows 软件进行统计分析, 测定结果以“平均值 ± 标准误”表示。

## 2 结果与分析

在实验期内连续投喂含有不同剂型和含量微量元素的配合饲料, 黄颡鱼的增重率、饵料系数、蛋白质效率均不同。详细结果见表 3。

### 2.1 对黄颡鱼增重率的影响

增重率是反映动物生长的一项重要指标。由表 3 看出, 添加氨基酸微量元素的 3 个组与对照组差异显著( $P < 0.05$ ), 其中氨基酸组与对照组差异极显著( $P < 0.01$ )。无机组与对照组差异不显著( $P > 0.05$ )。氨基酸组和无机组之间相差异显著( $P < 0.05$ ), 比无机组提高了 16.86%。因而, 在黄颡鱼饲料中应添加氨基酸螯合型的微量元素, 以取得更高的经济效益。实验中, 进行了 4 种微量元素不同添加量的比较, 氨基酸

组、氨基酸组、氨基酸组虽然都比对照组的增重效果好, 但氨基酸、氨基酸组之间差异不显著( $P > 0.05$ )。氨基酸组的微量元素添加量比组增加 1 倍, 增重率反而下降 7.60%, 氨基酸组的微量元素的添加量比氨基酸组减少一半, 增重率也比氨基酸组下降了 8.03%, 表明黄颡鱼对饲料中的微量元素的含量具有一个适宜的需求范围, 含量太高或太低都将抑制黄颡鱼的生长。

### 2.2 对黄颡鱼饵料系数、蛋白质效率的影响

饵料系数、蛋白质效率可以反映饲料的质量及饲料的效率。饵料系数低、蛋白质效率高, 饲料的转化率就高、质量就好、利用程度就高、效率也就高。从表 3 可看出, 氨基酸组的饵料系数最低为 2.28, 由低到高依次为氨基酸组、氨基酸组、氨基酸组、无机组、对照组, 添加氨基酸微量元素的 3 个组的饵料系数均低于无机组和对照组; 各组间差异不显著( $P > 0.05$ )。各组蛋白质效率的顺序依次为: 氨基酸组 > 氨基酸组 > 氨基酸组 > 无机组 > 对照组, 各组间没有显著性差异( $P > 0.05$ )。结果表明使用氨基酸微量元素添加剂其用量为无机微量元素的一半, 即可获得同样或略高的饲料转化效果, 在生产上将大大节约微量元素的添加量, 降低生产成本, 从而获得更高的经济效益。

表 3 黄颡鱼生长实验结果

Tab.3 Performance of *P. fulvidraco* fed with metal elements enriched feed

组号	平均初重(g/尾)	平均终末重(g/尾)	增重率(%)	饵料系数	蛋白质效率
1	11.56 ± 0.85	24.37 ± 1.28	110.94 ± 4.40 <sup>c</sup>	2.57 ± 0.32	0.92 ± 0.12
2	12.04 ± 1.04	26.15 ± 1.82	117.36 ± 3.74 <sup>bc</sup>	2.41 ± 0.26	0.97 ± 0.11
3	11.75 ± 0.92	27.84 ± 1.56	137.15 ± 5.31 <sup>a</sup>	2.28 ± 0.19	1.04 ± 0.08
4	11.97 ± 0.96	27.23 ± 1.43	127.46 ± 4.14 <sup>ab</sup>	2.34 ± 0.21	1.01 ± 0.09
5	11.68 ± 1.10	26.47 ± 1.68	126.96 ± 7.03 <sup>ab</sup>	2.36 ± 0.24	1.03 ± 0.05

注: 同列中不同的上标字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

从表 3 还可以看出, 添加等量微量元素的各组及对照组, 增重率和饲料转化率具有相关性, 增重率高的, 饵料系数低、蛋白质效率高。但是氨基酸组添加量只有氨基酸组的 1/4, 其饲料转化率却高于氨基酸组, 这表明, 微量元素的添加量不足或过量, 都不利于黄颡鱼对饲料的消化吸收, 其原因有待于进一步研究。

氨基酸螯合微量元素的增重效果以及饲料转化率比无机组高, 可能是由于螯合盐具有稳定的环状结构, 能防止金属元素在肠道变成不溶解的化合物, 因而具

有易吸收、效价高的优点, 同时提高了氨基酸和微量元素的利用率(罗莉等, 2006)。也可能是因为氨基酸螯合物避免了金属离子的游离, 一方面减少了脂肪的氧化, 防止动物出现疾病及拒食等现象(刘彬等, 2002), 另一方面防止了对饲料中维生素的破坏, 避免饲料的发霉、酸败(王群等, 2005), 从而提高了饲料报酬。

### 2.3 微量元素在黄颡鱼组织中的残留

实验结束后分别对黄颡鱼肌肉和骨骼组织中 Cu、Fe、Zn、Mn 4 种微量元素的含量进行分析测定, 结果见表 4。

表 4 黄颡鱼肌肉和骨骼组织中 Cu、Fe、Zn、Mn 的含量(mg/kg)  
Tab.4 The Cu, Fe, Zn, Mn levels in muscle and bone of *P. fulvidraco* (mg/kg)

组号	Cu		Fe		Zn		Mn	
	肌肉	骨骼	肌肉	骨骼	肌肉	骨骼	肌肉	骨骼
1	5.56 ± 0.34 <sup>c</sup>	5.79 ± 0.43 <sup>c</sup>	18.75 ± 0.15 <sup>b</sup>	17.36 ± 0.13 <sup>b</sup>	46.85 ± 0.47 <sup>b</sup>	52.91 ± 0.89	1.04 ± 0.13 <sup>c</sup>	1.18 ± 0.15 <sup>d</sup>
2	7.10 ± 0.22 <sup>b</sup>	6.99 ± 0.23 <sup>ab</sup>	19.27 ± 2.53 <sup>b</sup>	18.82 ± 1.35 <sup>ab</sup>	48.84 ± 2.54 <sup>ab</sup>	53.58 ± 2.17	1.22 ± 0.28 <sup>c</sup>	1.34 ± 0.18 <sup>c</sup>
3	7.12 ± 0.31 <sup>b</sup>	7.63 ± 0.58 <sup>ab</sup>	20.92 ± 2.41 <sup>ab</sup>	19.27 ± 1.01 <sup>ab</sup>	49.62 ± 1.88 <sup>ab</sup>	53.86 ± 0.25	10.88 ± 2.37 <sup>b</sup>	1.49 ± 0.13 <sup>ab</sup>
4	8.75 ± 0.93 <sup>a</sup>	8.57 ± 1.80 <sup>a</sup>	23.43 ± 0.77 <sup>a</sup>	20.00 ± 1.97 <sup>a</sup>	50.47 ± 1.40 <sup>a</sup>	56.23 ± 2.08	14.71 ± 1.11 <sup>a</sup>	1.71 ± 0.22 <sup>a</sup>
5	5.83 ± 1.35 <sup>c</sup>	6.86 ± 0.88 <sup>bc</sup>	19.77 ± 0.36 <sup>b</sup>	17.44 ± 2.00 <sup>b</sup>	48.72 ± 1.18 <sup>ab</sup>	53.15 ± 1.72	9.74 ± 1.97 <sup>b</sup>	1.39 ± 0.25 <sup>bc</sup>

注: 同列中不同的上标字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

比较添加等量微量元素的氨基酸组与无机组黄颡鱼组织中各微量元素的含量, 发现氨基酸组高于无机组, 这与黄颡鱼的增重率、蛋白质效率及黄颡鱼肌肉的营养水平相一致, 亦即各组肌肉骨骼中微量元素含量高的, 其增重率、饲料转化率及肌肉的营养水平均较高, 反之则较低, 说明微量元素的吸收转化与其形态密切关联。从添加剂量来看, 本实验研究中, 微量元素的残留与添加剂量成正相关, 微量元素含量最高的氨基酸组其残留量最高, 这与 Eckert 等(1999)的结论相一致, 说明这 4 种元素在体内有蓄积作用。氨基酸组的增重率、蛋白质效率不如微量元素含低的氨基酸组, 其原因可能是微量元素过量引起了毒副作用。人类如果长期食用这种微量元素含量高的鱼, 可能导致体内微量元素含量升高, 从而影响人体健康(袁万安等, 2003)。若单纯从提高黄颡鱼肌肉中的微量元素的含量需要出发, 适当增加饲料中微量元素的添加量是有利的, 但从综合效益及食品安全考虑, 过多加大氨基酸微量元素的添加量是不可取的。

#### 2.4 对黄颡鱼肌肉营养成分的影响

实验结束时, 对各组实验用鱼的肌肉营养状况进行了分析, 测定了肌肉中常规营养成分及氨基酸含量, 结果见表 5、表 6。

从表 5 可看出, 实验组与对照组的各营养成分含量都比较接近, 这说明各组在鱼生长速度和增重水平提高的情况下, 鱼体肌肉的质量没有受到不良影

响。各组中, 氨基酸组肌肉的水分含量较低, 而粗蛋白的含量高, 这表明氨基酸微量元素在促进鱼体生长的同时, 使饵料中各营养成分在其自身的物质合成过程中的利用更为合理, 因而使得鱼体营养水平得以提高。适宜的微量元素的添加水平有利于提高肌肉的营养水平, 其原因可能是微量元素作为辅酶成分促进了物质代谢(罗莉等, 2006); 过高或过低都会对营养水平产生不良的影响, 但相互之间没有显著性差异( $P > 0.05$ )。

就黄颡鱼肌肉的氨基酸总量而言, 无机组比对照组提高了 1.80%; 氨基酸、组比对照组分别提高了 6.85%、4.53%、3.82%, 比无机组分别提高 4.78%、2.73%、2.02%。氨基酸可以为机体提供营养, 调节机体机能, 有效的调节内分泌系统的平衡, 增强免疫力, 维护心血管功能, 促进激素分泌, 促进蛋白质合成(Du *et al.*, 1996)。因此就氨基酸营养而言, 添加氨基酸微量元素提高了黄颡鱼肌肉氨基酸的含量, 同时提高了黄颡鱼的营养价值。

从表 6 可以看出, 黄颡鱼肌肉中必需氨基酸的变化, 无机组比对照组提高了 3.75%; 氨基酸、组比对照组分别提高了 7.60%、6.00%、5.82%, 比无机组分别提高了 4.03%、2.43%、2.25%。必需氨基酸是人体内自身不能合成的, 必需从食物中摄取, 因此从必需氨基酸含量的高低变化可以看出黄颡鱼肌肉营养水平有所提高。

表 5 黄颡鱼肌肉常规营养成分(%)

Tab.5 Nutrient composition of muscle of *P. fulvidraco* fed with metal elements enriched diet (%)

组号	水分	粗蛋白	粗脂肪	灰分	无氮浸出物
1	81.51 ± 3.23	15.37 ± 1.32	2.49 ± 0.34	0.16 ± 0.06	0.47 ± 0.13
2	80.65 ± 2.32	16.05 ± 1.57	2.63 ± 0.27	0.21 ± 0.07	0.46 ± 0.11
3	79.45 ± 1.58	16.64 ± 2.13	3.16 ± 0.36	0.24 ± 0.10	0.51 ± 0.09
4	79.36 ± 1.65	16.24 ± 1.69	3.32 ± 0.39	0.43 ± 0.12	0.65 ± 0.14
5	79.68 ± 1.72	16.11 ± 1.88	3.37 ± 0.25	0.26 ± 0.09	0.58 ± 0.12

表 6 黄颡鱼肌肉氨基酸组成及含量(风干样%)

Tab.6 The amino acid contents of muscle of *P. fulvidraco* (air-dried %)

项目	对照组	无机组	氨基酸	氨基酸	氨基酸
天冬氨酸 Asp	9.11 ± 0.52	9.15 ± 0.12	9.35 ± 0.26	9.24 ± 0.37	9.13 ± 0.13
<sup>1</sup> 苏氨酸 Thr	3.93 ± 0.12	4.02 ± 0.13	4.20 ± 0.36	4.05 ± 0.05	3.98 ± 0.14
丝氨酸 Ser	2.80 ± 0.25	2.84 ± 0.25	2.91 ± 0.21	2.87 ± 0.42	2.86 ± 0.14
<sup>2</sup> 谷氨酸 GLU	13.78 ± 0.75	13.80 ± 0.86	14.05 ± 0.73	13.90 ± 0.65	13.85 ± 0.63
<sup>2</sup> 甘氨酸 Gly	4.50 ± 0.24	4.54 ± 0.19	4.60 ± 0.24	4.52 ± 0.19	4.56 ± 0.18
<sup>2</sup> 丙氨酸 Ala	5.12 ± 0.17	5.20 ± 0.14	5.44 ± 0.25	5.32 ± 0.13	5.25 ± 0.25
半胱氨酸 Cys	0.59 ± 0.23	0.62 ± 0.25	0.71 ± 0.32	0.63 ± 0.35	0.65 ± 0.13
<sup>1</sup> 蛋氨酸 Met	1.45 ± 0.12	1.53 ± 0.13	1.58 ± 0.11	1.56 ± 0.21	1.57 ± 0.23
<sup>1</sup> 异亮氨酸 Ile	4.30 ± 0.17	4.38 ± 0.17	4.42 ± 0.19	4.36 ± 0.22	4.35 ± 0.31
<sup>1</sup> 苯丙氨酸 Phe	3.65 ± 0.13	3.75 ± 0.23	3.85 ± 0.25	3.78 ± 0.24	3.74 ± 0.13
<sup>1</sup> 亮氨酸 Leu	7.13 ± 0.46	7.31 ± 0.21	7.45 ± 0.72	7.36 ± 0.52	7.38 ± 0.24
组氨酸 His	1.65 ± 0.13	1.74 ± 0.11	1.83 ± 0.13	1.76 ± 0.15	1.73 ± 0.22
<sup>2</sup> 精氨酸 Arg	5.13 ± 0.27	5.41 ± 0.24	5.80 ± 0.36	5.52 ± 0.35	5.62 ± 0.45
脯氨酸 Pro	2.15 ± 0.23	2.21 ± 0.42	2.38 ± 0.36	2.25 ± 0.33	2.24 ± 0.23
<sup>1</sup> 缬氨酸 Val	4.25 ± 0.23	4.43 ± 0.46	4.94 ± 0.26	4.65 ± 0.24	4.73 ± 0.13
<sup>1</sup> 赖氨酸 Lys	7.76 ± 0.19	7.8 ± 0.12	8.02 ± 0.24	7.85 ± 0.26	7.86 ± 0.33
必需氨基酸 EAA	31.85 ± 1.75 <sup>b</sup>	35.42 ± 2.55 <sup>ab</sup>	39.45 ± 2.86 <sup>a</sup>	37.85 ± 2.65 <sup>a</sup>	37.56 ± 2.34 <sup>a</sup>
总氨基酸 TAA	78.65 ± 4.89	80.45 ± 5.23	85.23 ± 5.48	83.18 ± 4.85	82.47 ± 5.12

注：表中第一列左上标<sup>1</sup>表示人体必需氨基酸(色氨酸未测)，<sup>2</sup>表示肌肉中的主要鲜味氨基酸。同行不同的上标字母表示差异显著( $P < 0.05$ )

各实验组与对照组鲜味氨基酸的变化不大，变化最大的谷氨酸在氨基酸组与对照组间也只相差0.27%，经方差分析差异不显著( $P > 0.05$ )。所以添加微量元素使黄颡鱼其他氨基酸有所增加的同时并没有改变黄颡鱼的鲜美口感。

### 3 结语

在基础日粮配方相同的情况下，氨基酸微量元素比无机微量元素更能显著地促进黄颡鱼的生长，提高黄颡鱼对饲料的利用率，降低饵料系数。通过对鱼体组织中微量元素的残留量进行分析，发现添加等量微量元素的氨基酸组中的Cu、Zn、Fe、Mn的残留量高于无机盐组。这都表明在黄颡鱼饲料中适当添加微量元素是必要的。微量元素的形态不同，其生物学效价有明显的差异，促生长效果也不尽相同，氨基酸微量元素比无机微量元素具有更高的生物学效价，能促进黄颡鱼的快速生长，提高饲料转化率，且能改善肉质，增加养鱼的经济效益，生产上容易推广应用。因此，氨基酸微量元素是很有发展前途的微量元素添加剂。在本实验条件下，每 kg 饲料添加氨基酸微量元素 Cu 4mg, Fe 140mg, Zn 20mg, Mn 12mg 是适

宜的，在此基础上加倍或减半，其效果均不理想。

### 参 考 文 献

- 王 群, 马 强, 李 恺等, 2005. 饲料中添加不同含量的微量元素锌对河蟹雄性生殖腺的影响. 水生生物学报, 29(4): 417—423
- 王文辉, 王吉桥, 程 鑫等, 2006. 不同剂型维生素 C 对黄颡鱼生长和几种免疫指标的影响. 中国水产科学, 13(6): 951—958
- 全国饲料工业标准技术委员会, 1996. 饲料工业标准汇编(上). 北京: 中国标准出版社, 2—24
- 刘 彬, 王 维, 邓南圣, 2002. 水生生物与金属离子相互作用机理研究现状. 水生生物学报, 26(6): 697—703
- 杨 凤, 2000. 动物营养学. 北京: 中国农业出版社, 54—65
- 肖调义, 章怀云, 王晓清等, 2003. 洞庭湖黄颡鱼生物学特性. 动物学杂志, 38(5): 83—88
- 宋 平, 潘云峰, 向 筑等, 2001. 黄颡鱼 RAPD 标记及其遗传多样性的初步分析. 武汉大学学报(理学版), 47(2): 233—237
- 宋进美, 2002. 不同剂型微量元素对鲤鱼生长及肌肉状况的影响. 水利渔业, 22(6): 5—7
- 罗 莉, 梁金权, 陈小川等, 2006. 氨基酸微量元素螯合物对异育银鲫生长及其品质的影响. 饲料工业, 27(10): 29—32
- 袁万安, 杨松全, 陈 建等, 2003. 蛋氨酸微量元素螯合物在大口黑鲈饲料中的应用效果. 中国水产科学, 13(5): 409—

- 414
- 韩 庆, 罗玉双, 夏维福等, 2002a. 不同饲料蛋白源对黄颡鱼生长的影响. 上海水产大学学报, 11(3): 259—263
- 韩 庆, 罗玉双, 夏维福等, 2002b. 鱼粉和豆饼的比例对黄颡鱼生长的影响. 水产科学, 21(1): 9—10
- 魏文志, 李孝东, 2000. 水产动物饲料配制与疾病防治. 南京: 南京大学出版社, 24
- Chavez-Sanchez C, Martinez-Palacios C A, MartSnez-Perez G *et al*, 2000. Phosphorous and calcium requirements in diet the American cichlid *Cichlasoma urophthalmus*. *Aqua Nutria*, 31(2): 181—187
- Dougall D S, 1996. Dietary phosphorus requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis*. *World Aqua Sci*, 27(1): 82—91
- Du Z, Hemken R W, Jackson J A *et al*, 1996. Utilization of copper in copper protein ate, copper lysine, and cupric sulfate using the rat as an experimental model. *Anim Sci*, 14: 1657—1663
- Eckert G E, Greene L W, Carstens G V *et al*, 1999. Copper status of ewes fed increasing amounts of copper from copper sulfate or copper protein ate. *J Anim Sci*, 77: 244—249
- Eugle T E, Nockels C F, Kimberling C V *et al*, 1997. Zinc repletion with organic or inorganic forms of zinc and protein turnover in marginally zinc-deficient calves. *Anim Sci*, 75: 3074—3081
- Mage A, Liger A, Elmowafi A F A, 2000. Manganese requirement of Atlantic salmon fly. *Fish Sci*, 66(1): 1—8

## PERFORMANCE OF YELLOW CATFISH *PELTEOBAGRUS FULVIDRACO* FED WITH METAL ELEMENTS ENRICHED DIET

HAN Qing<sup>1</sup>, LI Li-Li<sup>2</sup>, HUANG Chun-Hong<sup>1</sup>, ZHANG Bin<sup>3</sup>, HUANG Lin<sup>1</sup>, WANG Dong-Ming<sup>1</sup>

(1. Department of Life Science, Hunan University of Arts and Science, Changde, 415000;

2. Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha, 410125;

3. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, 410128)

**Abstract** A 70-day experiment was conducted to evaluate the optimal formula of metal-enriched diet at the best performance in weight gain and feed conversion efficiency for juvenile yellow catfish *Pelteobagrus fulvidraco*. The juveniles of average 11.80g were fed with five different diets enriched with inorganic (Group 1) or amino-acid-chelated (Group 2) metal elements in different proportions. The weight gain, feed conversion efficiency, protein efficiency, and nutrients component and metal elements content in the fish muscle were determined. The results show that the enriched diet could enhance the fish growth performance, of which Group 2 was 16.86% higher than Group 1 in weight gain and other indicators. Metal elements deposited mainly in the bones but muscles. However, adding metal elements into fish diet showed no significant effect on the nutrient composition, amino acid composition and savor of muscle. The optimal formula of the enriched diet was Cu 4mg, Fe 140mg, Zn 20mg, Mn 12mg per kilogram diet.

**Key words** *Pelteobagrus fulvidraco*, Microelement, Growth performance, Accumulation, Body composition