

# 黄颡鱼幼鱼的赖氨酸需要量

邱红 黄文文 侯迎梅 李弋 周歧存\*

(宁波大学海洋学院,鱼类营养研究室,宁波 315211)

**摘要:** 为评估饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼生长性能、营养成分和血液指标的影响,进而确定黄颡鱼幼鱼的赖氨酸需要量,试验设计6种等氮等脂的饲料(粗蛋白质45.00%,粗脂肪7.00%),饲料中晶体赖氨酸的添加水平分别为0、0.30%、0.60%、0.90%、1.20%和1.50%,实测各饲料中赖氨酸水平分别为1.58%、1.89%、2.15%、2.41%、2.67%和2.90%。试验选取初始体重为2.00 g左右的黄颡鱼幼鱼360尾,随机分为6组,每组3个重复,每个重复20尾,进行为期12周的养殖试验。结果表明:1.58%组黄颡鱼幼鱼的成活率显著低于其他各组( $P<0.05$ )。黄颡鱼幼鱼的增重率和特定生长率随着赖氨酸水平的增加呈先升高后降低趋势,且在赖氨酸水平为2.41%时具有最大的增重率和特定生长率。饲料效率和蛋白质效率均以1.58%组最低,显著低于除2.15%组外的其他各组( $P<0.05$ )。饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼的肥满度、肝体比和内脏比无显著影响( $P>0.05$ )。饲料中赖氨酸水平对全鱼和肌肉干物质、粗脂肪含量以及肌肉粗蛋白质含量均无显著影响( $P>0.05$ ),但显著影响全鱼和肌肉粗灰分含量以及全鱼粗蛋白质含量( $P<0.05$ ),全鱼和肌肉粗灰分含量均以2.41%组最低,全鱼粗蛋白质含量以2.41%组最高。饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼全血中红细胞数、白细胞数、血红蛋白含量、红细胞压积无显著影响( $P>0.05$ ),对血清中总胆固醇、葡萄糖含量及谷草转氨酶活性亦无显著影响( $P>0.05$ ),但对血清中谷丙转氨酶活性和甘油三酯含量有显著影响( $P<0.05$ )。以增重率为评价指标,通过线性模型分析得出黄颡鱼幼鱼对饲料中赖氨酸的需要量为2.61%(相当于饲料蛋白质的5.80%)。

**关键词:** 黄颡鱼幼鱼;赖氨酸;需要量;生长性能;血液指标

中图分类号:S963

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2015)04-0000-00

赖氨酸化学名为2,6-二氨基己酸或 $\alpha, \epsilon$ -二氨基己酸,只有L型才具有活性,L-赖氨酸是白色结晶或结晶性粉末<sup>[1]</sup>。赖氨酸是组成蛋白质的常见20种氨基酸中的一种碱性氨基酸,是动物生长和繁殖所必需的氨基酸,具有促进动物生长、发育以及神经系统机能完善等作用,其和蛋氨酸作为肉毒碱的前体参与运送长链脂肪酸进入线粒体内进行 $\beta$ 氧化。此外,赖氨酸和脯氨酸的代谢产物还是胶原蛋白的组成成分<sup>[2-3]</sup>。对于水产动物而言,赖氨酸是其必需氨基酸且在鱼类常用的蛋白

质源中常以赖氨酸为第一限制性氨基酸<sup>[4-5]</sup>。在大多数水产动物机体中,赖氨酸相对于其他氨基酸而言含量最高,且在动物体内完全不能自行合成,需要从食物中摄入<sup>[6]</sup>,有“生长性氨基酸”之称。目前关于鱼类赖氨酸需要量的研究已经有较多报道,如草鱼(*Ctenopharyodon idellus*)赖氨酸需要量为1.61%(相当于饲料蛋白质的6.44%)<sup>[7]</sup>;建鲤(*Cyprinus carpio* var. Jian)赖氨酸需要量为1.88%(相当于饲料蛋白质的5.86%)<sup>[8]</sup>;尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)赖

收稿日期:2014-11-30

基金项目:国家自然科学基金项目(31272670,41476125)

作者简介:邱红(1990—),女,黑龙江双城人,硕士研究生,从事水生动物营养与饲料研究。E-mail: qihong199002@163.com

\*通信作者:周歧存,教授,博士生导师, E-mail: zhouqicun@nbu.edu.cn

氨酸需要量为 1.59% (相当于饲料蛋白质的 4.18%)<sup>[9]</sup>; 胭脂鱼 (*Myxocyprinus asiaticus*) 赖氨酸需要量为 2.38%~2.49% (相当于饲料蛋白质的 5.41%~5.66%)<sup>[10]</sup>; 异育银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 赖氨酸需要量为 3.32% (相当于饲料蛋白质的 8.63%)<sup>[11]</sup>。同时赖氨酸的缺乏将直接引起配合饲料中氨基酸的不平衡,从而导致饲料利用效率下降,甚至会影响到水产动物的健康<sup>[12]</sup>。已有的研究表明,随着饲料中赖氨酸水平的增加,养殖鱼类生长速度有显著增加,并可以改善鱼类对饲料的利用率<sup>[13-15]</sup>。在草鱼上的研究表明,配合饲料中添加赖氨酸可促进其生长,提高饲料利用率,增加蛋白质沉积率,但赖氨酸添加过多会阻碍草鱼的生长,以外源添加 0.3% 微囊赖氨酸最为适宜<sup>[16]</sup>。在异育银鲫幼鱼上的研究表明,饲料中添加 3.27% 的赖氨酸,异育银鲫获得最佳的增重率和特定增长率<sup>[11]</sup>。在配合饲料中添加 2.25% 的赖氨酸,鲤鱼生长速度达到最大,并且其饲料系数降低,饲料中添加外源赖氨酸能促进鲤鱼对各种营养物质均衡有效的吸收<sup>[17]</sup>。配合饲料中补充赖氨酸能增强养殖水产动物疾病抵抗力以及抗低氧和抗应激的能力<sup>[18]</sup>。

黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*), 又名牙子、黄嘎牙,是我国常见的淡水经济鱼类。因其味道鲜美、含肉率高和肉质细嫩而备受欢迎。随市场需求量的增加,我国黄颡鱼养殖规模也在不断扩大<sup>[19]</sup>。黄颡鱼目前在我国具有很大的市场价值,我国黄颡鱼的人工养殖主要是集中在华南、华中和华东等地<sup>[20]</sup>。近年来,黄颡鱼的人工养殖由于育苗技术的突破而得到了较快的发展,据统计,我国黄颡鱼的产量已超过 20 万 t。国内关于黄颡鱼对蛋白质<sup>[21]</sup>、脂肪<sup>[22]</sup>、无机盐<sup>[23]</sup>等需要量的研究都有相关的报道,迄今为止,对黄颡鱼幼鱼赖氨酸需要量的研究还未见报道。本试验拟通过研究赖氨酸对黄颡鱼幼鱼生长性能、体成分和血液指标的影响,以期得出黄颡鱼幼鱼赖氨酸的最适需要量,为黄颡鱼幼鱼配合饲料的生产提供可靠的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验饲料

以红鱼粉、豆粕、小麦蛋白粉、玉米蛋白粉为蛋白质源,鱼油、豆油、卵磷脂为脂肪源,糊精为糖

源,配制 6 组等氮等脂的试验饲料(粗蛋白质 45.0%、粗脂肪 7.0%),饲料中晶体赖氨酸的添加水平分别为 0、0.30%、0.60%、0.90%、1.20%、1.50%,实测赖氨酸水平分别为 1.58%、1.89%、2.15%、2.41%、2.67% 和 2.90%。试验饲料组成及营养水平见表 1。饲料原料均粉碎后过 80 目筛,氨基酸及微量添加成分采取逐级稀释法混合均匀,添加油和卵磷脂以及 35% 左右的水混匀后,压制成粒径为 2 和 3 mm 的颗粒饲料。自然风干至含水量约 10%,分组收入封口袋,置于 -20 ℃ 冷冻保存备用。

### 1.2 饲养管理

饲养试验于宁波大学鱼类营养研究室淡水养殖基地进行,试验所用的黄颡鱼鱼苗购自浙江省湖州市某养殖场。养殖试验前黄颡鱼苗用商品饲料(宁波天邦股份有限公司,粗蛋白质 42%、粗脂肪 8%)暂养 2 周,分组前停食 24 h,挑选规格基本一致的个体 360 尾(初始体重约为 2 g),于 300 L 玻璃钢养殖桶中随机放养 20 尾。每种试验饲料随机投喂 3 个养殖桶,每天投喂 2 次,日投喂量为其体重的 4%~6%,投喂时间分别为 07:00、17:00,投喂后 1 h 观察其摄食情况,养殖初期每天换水量 50% 左右,养殖后期每天换水量 80%~100%。养殖期间每天检查充气和水温情况,若有死亡的鱼及时取出并称重记录。每 2 周称重、计数,并以此调整随后 2 周的饲料投喂量。养殖期间不间断充气以保证水体中含有足够的溶解氧(>6.0 mg/L),水温为 26~30 ℃,pH 为 7.5~8.0。养殖试验持续 12 周。

### 1.3 样品采集与分析

试验结束前 24 h 停止投喂,取样前每桶单独称重并计数。每个养殖桶随机抽取 3 尾鱼分别测出其体长、体重,并分别剥离内脏团和肝脏后称重,以计算肥满度、肝体比和脏体比;剥离肌肉置于封口袋,用于肌肉营养成分和氨基酸组成的测定。用经过抗凝剂润洗的注射器,每组随机抽取 5~8 尾鱼的血液放入抗凝管中,用于全血指标的测定。每组再用注射器随机抽取 5~8 尾鱼的血液注入 1.5 mL 离心管中,于 4 ℃ 下静置过夜后 5 000 r/min 离心 10 min,取上清液保存于 -80 ℃ 备用,用以测定血清葡萄糖 (GLU)、甘油三酯

(TG)、总胆固醇(TC)含量以及谷草转氨酶(AST)和谷丙转氨酶(ALT)活性。每组另取4尾鱼用于鱼体营养成分分析。

表 1 试验饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)

%

项目 Items	饲料赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					
	1.58	1.89	2.15	2.41	2.67	2.90
原料 Ingredients						
秘鲁鱼粉 Peru fish meal	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
豆粕 Soybean meal	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
小麦蛋白粉 Wheat gluten meal	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
鱼油 Fish oil	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
豆油 Soybean oil	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05
大豆卵磷脂 Soybean lecithin	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
必需氨基酸混合物 Essential amino acid mixture <sup>1)</sup>	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27
非必需氨基酸混合物 Non-essential amino acid mixture <sup>2)</sup>	8.24	7.85	7.45	7.06	6.66	6.27
赖氨酸 Lysine	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50
糊精 Dextrin	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
氯化胆碱 Choline chloride	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
磷酸二氢钙 Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
维生素预混料 Vitamin premix <sup>3)</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
矿物质预混料 Mineral premix <sup>4)</sup>	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
海藻酸钠 Sodium alginate	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
纤维素 Cellulose	1.09	1.18	1.28	1.37	1.47	1.56
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels						
干物质 Dry matter	90.70	90.30	89.70	89.70	89.40	90.30
粗蛋白质 Crude protein	45.10	45.20	45.00	45.20	45.10	45.20
粗脂肪 Crude lipid	7.20	7.10	7.00	7.20	7.20	6.80
粗灰分 Ash	8.50	8.60	8.50	8.50	8.70	8.60

<sup>1)</sup>必需氨基酸混合物为每千克饲料提供 The essential amino acid mixture provided the following per kg of diets: 精氨酸 Arg 10.99 g, 组氨酸 His 4.50 g, 异亮氨酸 Ile 7.37 g, 亮氨酸 Leu 13.29 g, 蛋氨酸 Met 3.04 g, 苯丙氨酸 Phe 8.93 g, 苏氨酸 Thr 7.79 g, 色氨酸 Trp 0.46 g, 缬氨酸 Val 6.33 g。

<sup>2)</sup>非必需氨基酸混合物为每千克饲料提供 The non-essential amino acid mixture provided the following per kg of diets: 天冬氨酸 Asp 41.2 g, 甘氨酸 Gly 41.2 g。

<sup>3)</sup>维生素预混料为每千克饲料提供 The vitamin premix provided the following per kg of diets: VA 1.212 g, VD<sub>3</sub> 1.200 g, VE 20.000 g, VK<sub>3</sub> 9.091 g, VB<sub>1</sub> 10.870 g, VB<sub>2</sub> 7.500 g, VC 30.000 g, VB<sub>6</sub> 12.121 g, VB<sub>12</sub> 2.000 g, 叶酸 folic acid 40.000 g, 生物素 biotin 12.500 g, 烟酸 nicotinic acid 40.40 g, 泛酸钙 calcium pantothenate 16.129 g, 肌醇 inositol 204.082 g, 纤维素 cellulose 592.892 g。

<sup>4)</sup>矿物质预混料为每千克饲料提供 The mineral premix provided the following per kg of diets: FeC<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> · 5H<sub>2</sub>O 4.57 g, ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 9.43 g, MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O (99%) 4.14 g, CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O (99%) 6.61 g, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O (99%) 238.97 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>3</sub> 233.2 g, NaH<sub>2</sub>PO<sub>3</sub> 137.03 g, (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Ca · 5H<sub>2</sub>O (98%) 34.09 g, CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O (99%) 1.36 g, KIO<sub>3</sub>(99.8%) 0.01 g。

粗蛋白质、粗脂肪、水分、粗灰分含量的分析方法参照 AOAC (1995) [24], 具体如下: 水分含量采用 105 ℃ 常压干燥法测定; 粗蛋白质含量采用

凯氏定氮法(总氮×6.25)测定; 粗脂肪含量采用索氏抽提法测定, 提取用有机试剂为乙醚; 粗灰分含量采用 550 ℃ 高温炉灼烧法测定。肌肉氨基酸组

成采用日立 L-8800 氨基酸自动分析仪测定。血清总蛋白、葡萄糖、甘油三酯、总胆固醇含量由宁波大学附属医院采用日立 7600-110 型全自动生化分析仪进行检测,谷草转氨酶和谷丙转氨酶活性采用南京建成生物工程研究所提供的试剂盒测定,试剂配制样品前处理及操作方法严格按照操作说明书执行。

#### 1.4 计算公式

增重率(WGR,%) =  $100 \times (\text{终末体重} - \text{初始体重}) / \text{初始体重}$ ;

成活率(SR,%) =  $100 \times \text{试验结束时存活鱼尾数} / \text{试验开始时放养鱼尾数}$ ;

特定生长率(SGR,%/d) =  $100 \times [\ln \text{终末均重} - \ln \text{初始均重}] / \text{饲养天数}$ ;

饲料效率(FE) =  $(\text{终末体重} + \text{死亡体重} - \text{初始体重}) / \text{饲料摄食量}$ ;

蛋白质效率(PER) =  $\text{体增重} / \text{蛋白质摄入量}$ ;

肥满度(CF, g/cm<sup>3</sup>) =  $100 \times \text{体重} / \text{体长}^3$ ;

肝体比(HSI,%) =  $100 \times \text{肝脏重} / \text{体重}$ ;

内脏比(VSI,%) =  $100 \times \text{内脏重} / \text{体重}$ 。

#### 1.5 统计分析

数据用平均值±标准差表示,采用 SPSS 19.0

软件对数据进行统计学分析,先采用单因素方差分析(one-way ANOVA),如果各组间有显著差异,再用 Duncan 氏法进行多重比较,显著性水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼生长性能、饲料利用和形态学指标的影响

由表 2 可知,饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼的肝体比、肥满度、内脏比无显著影响( $P > 0.05$ )。1.58%组黄颡鱼幼鱼的成活率显著低于其他各组( $P < 0.05$ ),而赖氨酸水平在 1.89%~2.90%时,其黄颡鱼幼鱼的成活率无显著差异( $P > 0.05$ )。黄颡鱼幼鱼的终末体重、增重率和特定生长率随着赖氨酸水平的增加呈先升高后降低趋势,且在赖氨酸水平为 2.41%时具有最大的增重率和特定生长率。饲料效率和蛋白质效率均以 1.58%组最低,显著低于除 2.15%组外的其他各组( $P < 0.05$ )。以增重率为评价指标,通过线性模型得出黄颡鱼幼鱼的对饲料赖氨酸的需要量为 2.61%(相当于饲料蛋白质 5.80%)(图 1)。

表 2 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary lysine level on growth performance of juvenile yellow catfish

项目 Items	饲料赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					
	1.58	1.89	2.15	2.41	2.67	2.90
初始体重 IBW/g	2.00±0.00	1.99±0.01	2.00±0.00	2.01±0.01	2.00±0.00	2.00±0.00
终末体重 FBW/g	19.48±1.40 <sup>a</sup>	22.03±0.11 <sup>bc</sup>	21.84±1.45 <sup>b</sup>	25.52±1.77 <sup>c</sup>	25.23±1.71 <sup>c</sup>	21.85±0.49 <sup>b</sup>
增重率 WGR/%	872.26±69.88 <sup>a</sup>	1003.96±2.87 <sup>bc</sup>	991.25±71.41 <sup>b</sup>	169.71±90.36 <sup>c</sup>	159.83±82.93 <sup>c</sup>	993.31±25.56 <sup>b</sup>
成活率 SR/%	88.33±2.89 <sup>a</sup>	95.00±0.00 <sup>b</sup>	95.00±0.00 <sup>b</sup>	98.33±2.89 <sup>b</sup>	93.33±2.89 <sup>b</sup>	100.00±0.00 <sup>b</sup>
特定生长率 SGR/(%/d)	2.84±0.09 <sup>a</sup>	3.00±0.01 <sup>b</sup>	2.99±0.08 <sup>b</sup>	3.17±0.09 <sup>c</sup>	3.17±0.08 <sup>c</sup>	2.99±0.03 <sup>b</sup>
饲料效率 FE	0.62±0.08 <sup>a</sup>	0.71±0.03 <sup>b</sup>	0.65±0.05 <sup>ab</sup>	0.74±0.05 <sup>b</sup>	0.70±0.03 <sup>b</sup>	0.76±0.05 <sup>b</sup>
蛋白质效率 PER	1.39±0.17 <sup>a</sup>	1.58±0.07 <sup>b</sup>	1.45±0.11 <sup>ab</sup>	1.61±0.11 <sup>b</sup>	1.55±0.06 <sup>b</sup>	1.70±0.10 <sup>b</sup>
肝体比 HSI/%	1.65±0.03	1.57±0.44	1.68±0.11	1.65±0.35	2.00±0.39	1.71±0.25
肥满度 CF/%	1.44±0.12	1.58±0.40	1.43±0.34	1.54±0.23	1.43±0.32	1.47±0.22
内脏比 VSI/%	6.56±0.25	7.26±1.51	7.54±0.65	6.08±0.44	6.49±0.73	6.38±0.33

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

Values in the same row with different small letter superscripts were significantly different ( $P < 0.05$ ). The same as below.

### 2.2 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼全鱼和肌肉营养成分的影响

由表 3 可知,饲料中赖氨酸水平对全鱼和肌肉干物质、粗脂肪含量以及肌肉粗蛋白质含量无显著影响( $P > 0.05$ )。以赖氨酸水平为 2.41%时全

鱼粗蛋白质含量最高,并显著高于赖氨酸水平为 1.58%时( $P < 0.05$ )。全鱼和肌肉粗灰分含量均以 2.41%组最低,并分别显著低于 2.15%和 1.89%组( $P < 0.05$ )。

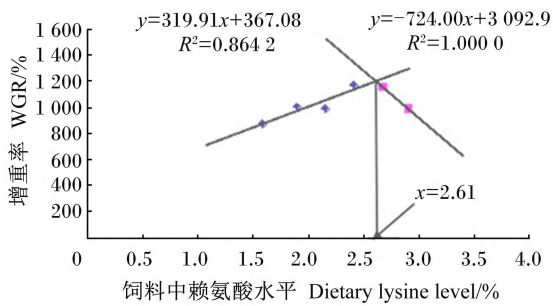


图 1 饲料中赖氨酸水平与黄颡鱼幼鱼增重率的关系

Fig.1 Relationship between dietary lysine level and WGR of juvenile yellow catfish

### 2.3 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼肌肉氨基酸组成的影响

由表 4 可知,饲料中赖氨酸水平对肌肉中脯氨酸的含量无显著影响( $P>0.05$ ),而对其他氨基

酸的含量有显著影响( $P<0.05$ )。肌肉中赖氨酸含量随着赖氨酸水平的增加而上升,当赖氨酸水平在 2.15%~2.90%时,肌肉中必需氨基酸和非必需氨基酸含量各组间差异不显著( $P>0.05$ )。

### 2.4 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼血液指标的影响

由表 5 可以看出,饲料中赖氨酸水平对全血中红细胞数、白细胞数、血红蛋白含量、红细胞压积无显著影响( $P>0.05$ ),但白细胞数随赖氨酸水平的增加有先降低后升高的趋势。

由表 6 可以看出,饲料中赖氨酸水平对血清总胆固醇、葡萄糖含量及谷草转氨酶活性无显著影响( $P>0.05$ )。当赖氨酸水平为 1.89%时,血清谷丙转氨酶活性和甘油三酯含量均为最高。

表 3 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼全鱼和肌肉营养成分的影响

Table 3 Effects of dietary lysine level on the nutritional components of whole body and muscle of juvenile yellow catfish

项目 Items	饲料赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					
	1.58	1.89	2.15	2.41	2.68	2.90
全鱼 Whole body						
干物质 Dry matter	29.17±3.07	29.67±3.49	33.52±4.34	28.41±2.23	31.94±1.71	24.89±4.19
粗蛋白质 Crude protein	12.67±0.26 <sup>a</sup>	13.29±0.85 <sup>ab</sup>	13.58±0.62 <sup>ab</sup>	13.83±0.36 <sup>b</sup>	13.76±0.66 <sup>ab</sup>	13.70±0.41 <sup>ab</sup>
粗脂肪 Crude lipid	10.18±0.56	10.29±0.74	9.89±0.44	9.42±0.44	9.66±0.66	9.63±0.92
粗灰分 Ash	4.06±0.03 <sup>ab</sup>	4.31±0.18 <sup>ab</sup>	5.05±1.09 <sup>b</sup>	3.05±1.68 <sup>a</sup>	4.27±0.18 <sup>ab</sup>	4.25±0.12 <sup>ab</sup>
肌肉 Muscle						
干物质 Dry matter	28.09±4.67	29.70±9.08	31.97±8.54	30.67±7.91	29.24±5.18	20.38±6.72
粗蛋白质 Crude protein	24.35±0.91	24.61±1.14	23.75±0.05	23.10±0.54	23.92±0.79	23.27±0.78
粗脂肪 Crude lipid	3.20±0.21	3.94±0.08	3.43±0.26	3.24±0.23	3.54±0.23	2.14±1.65
粗灰分 Ash	2.67±0.39 <sup>ab</sup>	2.79±0.13 <sup>b</sup>	2.72±0.23 <sup>ab</sup>	2.26±0.06 <sup>a</sup>	2.51±0.14 <sup>ab</sup>	2.30±0.02 <sup>ab</sup>

表 4 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼肌肉氨基酸组成的影响

Table 4 Effects of dietary lysine level on amino acid composition of muscle of juvenile yellow catfish

项目 Items	饲料赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					
	1.58	1.89	2.15	2.41	2.67	2.90
精氨酸 Arg	4.48±0.14 <sup>a</sup>	4.57±0.13 <sup>ab</sup>	4.60±0.04 <sup>abc</sup>	4.62±0.28 <sup>abc</sup>	4.83±0.11 <sup>bc</sup>	4.89±0.11 <sup>c</sup>
组氨酸 His	1.74±0.08 <sup>a</sup>	1.84±0.04 <sup>ab</sup>	1.89±0.01 <sup>b</sup>	1.90±0.11 <sup>bc</sup>	1.96±0.06 <sup>bc</sup>	2.02±0.07 <sup>c</sup>
异亮氨酸 Ile	3.54±0.14 <sup>a</sup>	3.62±0.10 <sup>ab</sup>	3.64±0.03 <sup>ab</sup>	3.66±0.22 <sup>ab</sup>	3.83±0.07 <sup>b</sup>	3.84±0.09 <sup>b</sup>
亮氨酸 Leu	6.51±0.25 <sup>b</sup>	6.68±0.20 <sup>b</sup>	6.64±0.03 <sup>a</sup>	6.54±0.22 <sup>a</sup>	6.53±0.07 <sup>a</sup>	6.46±0.07 <sup>a</sup>
赖氨酸 Lys	6.71±0.34 <sup>a</sup>	6.95±0.26 <sup>ab</sup>	7.06±0.08 <sup>abc</sup>	7.09±0.44 <sup>abc</sup>	7.44±0.18 <sup>bc</sup>	7.54±0.22 <sup>c</sup>
蛋氨酸 Met	2.11±0.05 <sup>a</sup>	2.18±0.06 <sup>ab</sup>	2.19±0.02 <sup>ab</sup>	2.21±0.14 <sup>abc</sup>	2.31±0.06 <sup>bc</sup>	2.34±0.06 <sup>c</sup>
苏氨酸 Thr	3.40±0.15 <sup>a</sup>	3.48±0.11 <sup>ab</sup>	3.51±0.03 <sup>ab</sup>	3.52±0.25 <sup>ab</sup>	3.65±0.09 <sup>ab</sup>	3.70±0.08 <sup>b</sup>
苯丙氨酸 Phe	2.87±0.11 <sup>a</sup>	2.92±0.08 <sup>ab</sup>	2.94±0.01 <sup>ab</sup>	2.98±0.14 <sup>ab</sup>	3.09±0.04 <sup>bc</sup>	3.14±0.07 <sup>c</sup>

续表 4

项目 Items	饲料赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					
	1.58	1.89	2.15	2.41	2.67	2.90
缬氨酸 Val	3.93±0.13 <sup>a</sup>	4.02±0.10 <sup>ab</sup>	4.04±0.02 <sup>ab</sup>	4.06±0.23 <sup>ab</sup>	4.23±0.08 <sup>b</sup>	4.27±0.10 <sup>b</sup>
必需氨基酸 EAA	35.29±1.36 <sup>a</sup>	36.27±1.06 <sup>ab</sup>	36.51±0.24 <sup>abc</sup>	37.21±2.26 <sup>abc</sup>	38.87±0.80 <sup>c</sup>	38.20±0.95 <sup>bc</sup>
丙氨酸 Ala	4.56±0.14 <sup>a</sup>	4.62±0.21 <sup>a</sup>	4.71±0.10 <sup>ab</sup>	4.72±0.35 <sup>ab</sup>	4.92±0.11 <sup>ab</sup>	4.99±0.07 <sup>b</sup>
天冬氨酸 Asp	7.48±0.28 <sup>a</sup>	7.67±0.26 <sup>ab</sup>	7.75±0.06 <sup>abc</sup>	7.76±0.51 <sup>abc</sup>	8.14±0.18 <sup>bc</sup>	8.26±0.20 <sup>c</sup>
胱氨酸 Cys	0.76±0.07 <sup>a</sup>	0.84±0.07 <sup>ab</sup>	0.81±0.10 <sup>ab</sup>	0.72±0.06 <sup>ab</sup>	0.74±0.07 <sup>ab</sup>	0.69±0.03 <sup>b</sup>
谷氨酸 Glu	11.33±0.40 <sup>a</sup>	11.53±0.38 <sup>ab</sup>	11.63±0.16 <sup>ab</sup>	11.69±0.93 <sup>ab</sup>	12.24±0.33 <sup>ab</sup>	12.39±0.23 <sup>b</sup>
甘氨酸 Gly	3.79±0.15 <sup>a</sup>	3.75±0.18 <sup>a</sup>	3.85±0.05 <sup>ab</sup>	3.89±0.21 <sup>ab</sup>	4.02±0.10 <sup>ab</sup>	4.11±0.11 <sup>b</sup>
脯氨酸 Pro	2.67±0.10	2.67±0.08	2.66±0.02	2.63±0.16	2.75±0.08	2.80±0.08
丝氨酸 Ser	2.76±0.10 <sup>a</sup>	2.76±0.07 <sup>a</sup>	2.80±0.03 <sup>a</sup>	2.87±0.22 <sup>ab</sup>	2.91±0.12 <sup>ab</sup>	3.05±0.05 <sup>b</sup>
酪氨酸 Tyr	2.43±0.09 <sup>a</sup>	2.54±0.06 <sup>ab</sup>	2.56±0.01 <sup>ab</sup>	2.58±0.16 <sup>abc</sup>	2.67±0.06 <sup>bc</sup>	2.73±0.06 <sup>c</sup>
非必需氨基酸 NEAA	35.78±1.18 <sup>a</sup>	36.38±1.30 <sup>ab</sup>	36.77±0.35 <sup>abc</sup>	36.87±2.48 <sup>abc</sup>	38.38±0.85 <sup>bc</sup>	39.02±0.76 <sup>c</sup>

表 5 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼全血指标的影响

Table 5 Effects of dietary lysine level on whole blood indexes of juvenile yellow catfish

项目 Items	饲料赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					
	1.58	1.89	2.15	2.41	2.67	2.90
白细胞 WBC/ $\times 10^9$ L <sup>-1</sup>	19.10±4.20	18.60±3.06	14.60±4.16	16.23±1.89	20.00±2.59	19.50±4.23
红细胞 RBC/ $\times 10^{12}$ L <sup>-1</sup>	1.76±0.20	1.77±0.19	1.88±0.18	1.96±0.22	2.01±0.14	1.89±0.17
红细胞压积 HCT	0.23±0.03	0.22±0.01	0.23±0.03	0.23±0.03	0.23±0.02	0.22±0.03
血红蛋白 HGB/(g/L)	73.67±10.12	74.00±5.00	77.00±4.36	73.67±15.50	80.33±6.51	67.00±8.54

表 6 饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼血清指标的影响

Table 6 Effects of dietary lysine level on serum indexes of juvenile yellow catfish

项目 Items	饲料赖氨酸水平 Dietary lysine level/%					
	1.58	1.89	2.15	2.41	2.67	2.90
总胆固醇 TC/(mmol/L)	5.42±0.28	4.96±0.56	5.47±0.51	4.89±0.32	5.70±0.36	5.17±0.72
葡萄糖 GLU/(mmol/L)	3.09±0.48	3.83±0.57	3.63±0.93	3.61±0.76	2.95±0.62	3.83±0.52
甘油三酯 TG/(mmol/L)	5.87±1.02 <sup>ab</sup>	8.03±1.04 <sup>b</sup>	4.54±1.21 <sup>a</sup>	6.59±1.41 <sup>ab</sup>	6.78±1.06 <sup>ab</sup>	5.68±1.61 <sup>ab</sup>
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	20.33±1.53 <sup>c</sup>	20.67±2.52 <sup>c</sup>	16.33±1.53 <sup>b</sup>	14.67±2.52 <sup>b</sup>	9.33±2.52 <sup>a</sup>	8.67±2.52 <sup>a</sup>
谷草转氨酶 AST/(U/L)	365.00±52.12	284.67±21.13	303.00±56.32	364.67±42.78	276.33±44.50	322.67±21.22

### 3 讨论

赖氨酸是碱性必需氨基酸,饲料中缺乏赖氨酸会造成负氮作用,使动物对蛋白质不能充分利用,除造成生长缓慢外,还会出现脂肪肝、骨质钙化率降低等症<sup>[18]</sup>。鱼类赖氨酸缺乏时易呈现出

死亡率高、食欲下降、生长缓慢和饲料利用率降低症状,且肉食性鱼类更为敏感<sup>[25]</sup>。本试验中,在未添加赖氨酸组(1.58%组)中观察到黄颡鱼幼鱼食欲减退、生长缓慢,且其增重率和饲料效率均显著低于其他组。

本试验结果表明,饲料赖氨酸水平可影响黄

颡鱼幼鱼的生长性能。当饲料中赖氨酸水平由 1.58% 增加到 2.41% 时,黄颡鱼幼鱼的增重率及特定生长率显著上升;然而,随着饲料中赖氨酸水平的进一步增加,黄颡鱼的增重率和特定生长率反而出现下降的趋势。以增重率为指标,根据线性模型,确定黄颡鱼获得最大增重率时的饲料赖氨酸水平为 2.61%,根据此结果确定黄颡鱼幼鱼赖氨酸的需要量为饲料蛋白质的 5.80%。目前大部分的研究结果表明鱼类赖氨酸需要量为饲料蛋白质的 4%~5%<sup>[25]</sup>。本试验结果与已报道的草鱼(1.61%,相当于饲料蛋白质的 6.44%)<sup>[7]</sup>、军曹鱼(2.33%,相当于饲料蛋白质的 5.30%)<sup>[26]</sup>、大黄鱼幼鱼(2.48%,相当于饲料蛋白质的 5.77%)<sup>[27]</sup>、大菱鲆(2.5%,相当于饲料蛋白质的 5.0%)<sup>[28]</sup>、胭脂鱼幼鱼(2.43%,相当于饲料蛋白质的 5.52%)<sup>[29]</sup>的结果相似,低于鳊幼鱼(3.4%,相当于饲料蛋白质的 7.39%)<sup>[30]</sup>,高于鲤鱼(1.45%,相当于饲料蛋白质的 4.55%)<sup>[31]</sup>、尼罗罗非鱼(1.59%,相当于饲料蛋白质的 4.18%)<sup>[9]</sup>、斑点叉尾鲷(1.5%,相当于饲料蛋白质的 5.0%)<sup>[32]</sup>。已有的研究表明水产动物赖氨酸需要量存在较大差异,其主要原因可能与以下因素有关:1) 鱼的大小和年龄;2) 饲料蛋白质来源以及其他营养成分;3) 添加赖氨酸的剂型;4) 养殖的生态条件如温度等;5) 鱼体的健康状况;6) 用于估计需求值的数学模型等<sup>[33-36]</sup>。对虹鳟鱼的研究显示精氨酸和赖氨酸之间有拮抗作用,如果饲料中精氨酸水平过高,就会使得水产动物对赖氨酸的需要量增加<sup>[37]</sup>,而对于黄颡鱼幼鱼,其体内赖氨酸和精氨酸是否有拮抗作用目前还没有相关的报道,还有待今后深入研究。对罗非鱼配合饲料中赖氨酸需要量的研究表明罗非鱼对赖氨酸需要量为 1.54% (相当于饲料蛋白质的 5.13%)<sup>[38]</sup>。本试验中,赖氨酸水平为 1.58% 时,其饲料效率显著低于其他组,表明饲料中赖氨酸的补充量的不同会影响到饲料中必需氨基酸的平衡,进而影响黄颡鱼幼鱼的蛋白质效率。

饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼成活率产生了影响,1.58% 组成活率显著低于其他各组,这可能是配合饲料中各种氨基酸没有达到平衡而使体代谢不平衡等导致的,当赖氨酸水平为 2.90% 时,其成活率最大。本试验结果同对草鱼<sup>[7]</sup>的研究结果相似,即低赖氨酸水平组草鱼的成活率显著低于高赖氨酸水平组。

本试验中,饲料中赖氨酸水平对饲料效率的影响显著,当赖氨酸水平为 2.90% 时其值最大。本试验结果证明黄颡鱼幼鱼能有效地利用晶体赖氨酸,且其在黄颡鱼幼鱼的生长中有重要的作用,当赖氨酸水平过低或者是过高时都会影响黄颡鱼幼鱼的生长。对军曹鱼的研究结果表明,赖氨酸水平对其饲料系数有显著影响,随着赖氨酸水平的增加其有先降低后升高的趋势<sup>[39]</sup>,这与本试验的结果一致。杜强等<sup>[40]</sup>对卵形鲳鲹幼鱼的研究结果也与本试验的结果相似,即随着赖氨酸水平的增加其饲料系数呈先下降后上升的趋势。对胭脂鱼的研究结果表明,饲料中赖氨酸水平对其饲料效率有显著影响,且随着赖氨酸水平的增加其蛋白质效率显著升高<sup>[10]</sup>。程成荣等<sup>[41]</sup>对异育银鲫幼鱼的研究结果表明,随着赖氨酸水平的增加,其蛋白质效率显著增高,且其饲料系数明显降低。

本试验中,黄颡鱼幼鱼全鱼粗蛋白质含量随着赖氨酸水平的增加而增加,由表 3 可看出,当赖氨酸水平在 2.41% 组时,其全鱼粗蛋白质含量最高。Cheng 等<sup>[42]</sup>对大马哈鱼的研究结果表明,投喂赖氨酸缺乏的饲料全鱼粗蛋白质含量显著降低,而随着饲料赖氨酸水平的增加,全鱼粗蛋白质含量逐渐增加。当赖氨酸水平为 2.41% 时,黄颡鱼幼鱼全鱼粗灰分含量最低,显著低于 2.15% 组,而其他组全鱼粗灰分含量相近,具体原因目前还不是很清楚。饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼全鱼干物质和粗脂肪含量无显著影响,但是,随着赖氨酸水平的增加,黄颡鱼幼鱼全鱼粗脂肪含量有降低趋势。这与 De Almeida Bicudo 等<sup>[43]</sup>对细鳞鲷和 Zhang 等<sup>[44]</sup>对黑鲷的研究结果一致。

随着赖氨酸水平增加,黄颡鱼幼鱼肌肉粗灰分含量先有升高的趋势,当赖氨酸水平高于 2.15% 后,随着赖氨酸水平的增加其粗灰分含量有降低的趋势,而饲料中赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼肌肉干物质和粗脂肪含量无显著影响,这可能与其体代谢和一些生物合成反应有关系。

饲料赖氨酸水平对黄颡鱼幼鱼全血中白细胞数、红细胞数、血红蛋白含量和红细胞积压无显著影响。赵春荣<sup>[8]</sup>对建鲤的研究表明,饲料赖氨酸水平对全血中红细胞数和白细胞数有显著影响。这本试验结果不同,可能是由于其试验对象不同、吸收代谢不同所导致的。

本试验中,血清甘油三酯含量随赖氨酸水平

的增加表现为先上升后下降的趋势,此结果与杨威<sup>[30]</sup>对鳃幼鱼的研究结果相一致。饲料中赖氨酸水平对血清中葡萄糖和总胆固醇含量无显著影响。

谷草转氨酶和谷丙转氨酶是氨基酸代谢中极为重要的2种酶<sup>[45]</sup>,二者作为评价肝功能的标志酶<sup>[46]</sup>,其活性变化与氨基酸代谢有关。普遍认为水产动物血清中谷草转氨酶活性大小是评价肝脏是否损伤的重要指标。谷草转氨酶和谷丙转氨酶主要分布在肝脏组织的肝细胞内,谷草转氨酶和谷丙转氨酶在肝细胞内的分布部位不同,谷丙转氨酶主要分布在肝细胞的胞浆中,而谷草转氨酶主要分布在肝细胞的胞浆和肝细胞的线粒体中。如果肝细胞受到破坏,则血清中谷草转氨酶和谷丙转氨酶的活性就会升高,并且随着肝细胞受损程度的增大其活性持续升高。水产动物血清生化指标受到水产动物种类、生长阶段、养殖环境、投喂方式和测定方法等很多种因素的影响,其测定值常常有很大差异,这也给试验结果也带来不确定性<sup>[33]</sup>。在本试验中,各组间血清谷草转氨酶活性无显著差异,而谷丙转氨酶活性则随着赖氨酸水平的升高而降低。肝细胞被破坏谷丙转氨酶则会释放到血液中,使血液中谷丙转氨酶的活性升高。血清中谷草转氨酶的活性不受饲料中赖氨酸水平的影响,说明此范围的赖氨酸水平不影响谷草转氨酶的活性;血清中谷丙转氨酶活性随着赖氨酸水平的升高而降低,说明赖氨酸水平过低会使肝细胞受损。

## 4 结 论

饲料中适宜的赖氨酸水平能够改善黄颡鱼幼鱼的生长性能,基于增重率的模型分析得出,黄颡鱼幼鱼对饲料中赖氨酸的需要量为2.61%(相当于饲料蛋白质的5.80%)。

## 参考文献:

- [ 1 ] 陈代文.饲料添加剂学[M].北京:中国农业出版社,2003:35-36.
- [ 2 ] WALTON M J, COWEY C B, ADRON J W. The effect of dietary lysine levels on growth and metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) [J]. British Journal of Nutrition, 1984, 52(1):115-122.
- [ 3 ] SANDELL L J, DANIEL J C. Effects of ascorbic acid on collagen mRNA levels in short term chondrocyte cultures [J]. Connect of Tissue Research, 1988, 17(1):11-22.
- [ 4 ] 李爱杰.水产动物营养与饲料[M].北京:中国农业出版社,1998:18-26.
- [ 5 ] SMALL B C, SOARES J H. Quantitative dietary lysine requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis* [J]. Aquaculture Nutrition, 2000, 6(4):207-212.
- [ 6 ] WILSON R P, POE W E. Relationship of whole body and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish, *Ictalurus punctatus* [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 1985, 80(2):385-388.
- [ 7 ] 黄更生,李贵生,周黎华.草鱼生长阶段对赖氨酸需要量的研究[J].生态科学,2003,22(2):147-149.
- [ 8 ] 赵春荣.赖氨酸对幼建鲤消化能力和免疫功能的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2005:44-51.
- [ 9 ] 杨青松.尼罗罗非鱼饲料赖氨酸和蛋氨酸需求量的探讨[J].福建水产,1992(1):67-70.
- [ 10 ] 林郁葱.胭脂鱼幼鱼对赖氨酸和蛋氨酸的最适需要量[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2012:19-27.
- [ 11 ] 周贤君,解绶启,谢从新.异育银鲫幼鱼对饲料中赖氨酸的利用及需要量研究[J].水生生物学报,2006,30(3):247-255.
- [ 12 ] 王渊源.鱼虾的蛋白质需要量和其研究方法[J].动物学杂志,1991,26(5):26-42.
- [ 13 ] CHENG Z J, HARDY R W, USRY J L. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients [J]. Aquaculture, 2003, 215(1/2/3/4):255-265.
- [ 14 ] 谭芳芳.在草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)饲料中补充微囊和晶体氨基酸的研究[D].硕士学位论文.苏州:苏州大学,2010.
- [ 15 ] 王洪涛.异育银鲫对饲料中单体赖氨酸和蛋氨酸的利用研究[D].硕士学位论文.青岛:中国海洋大学,2009:15-19.
- [ 16 ] ZHU W, MAI K S, ZHANG B G, et al. A study on the meat and bone meal and poultry by-product meal as protein substitutes of fish in practical diets for *Patalichthys olivaceus* [J]. Journal of Ocean University of China, 2006, 5(1):63-66.
- [ 17 ] 张满隆,何小慧.鲤鱼饲料中添加赖氨酸的实验[J].饲料研究,2001(6):31-32.
- [ 18 ] 尹海富,孙辉,韩英,等.单体氨基酸在水产饲料中的



- 应用[J].中国水产,2002(2):68-69.
- [19] 文远红,曹俊明,黄燕华,等.蝇蛆粉替代鱼粉对黄颡鱼幼鱼生长性能、体组成和血浆生化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(1):171-181.
- [20] 李明锋.黄颡鱼人工养殖的可行性及实用技术[J].饲料研究,2000(11):40-41.
- [21] 沈志刚.黄颡鱼蛋白质需求及饲料配方[J].齐鲁渔业,2010,27(4):38-40.
- [22] 韩庆,田宗城,夏维福,等.黄颡鱼饲料脂肪的最适含量[J].水产科学,2005,24(7):8-11.
- [23] 韩庆,夏维福,罗玉双,等.不同营养水平对黄颡鱼春片鱼种生长的影响[J].饲料工业,2002,23(7):43-44.
- [24] AOAC. Official methods of analysis of AOAC [S]. 16th ed. Arlington, VA: Association of Analytical Chemist, Inc., 1995.
- [25] 谢帝芝,许宝红,刘巧林,等.水生动物赖氨酸营养研究[J].湖南饲料,2010(2):17-19.
- [26] ZHOU Q C, WU Z H, CHI S Y, et al. Dietary lysine requirement for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) [J]. Aquaculture, 2007, 273(4):634-640.
- [27] ZHANG C X, AI Q H, MAI K S. Dietary lysine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R [J]. Aquaculture, 2008, 283(1/2/3/4):123-127.
- [28] PERES H, OLIVA-TELES A. Lysine requirement and efficiency of lysine utilization in turbot (*Scophthalmus maximus*) juvenile [J]. Aquaculture, 2008, 275(1/2/3/4):283-290.
- [29] LIN Y C, GONG Y, YUAN Y C, et al. Dietary L-lysine requirement of juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus* [J]. Aquaculture Research, 2013, 44(10):1539-1549.
- [30] 杨威.鳊幼鱼赖氨酸需求量的研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2012.
- [31] BICUDO Á J A, SADO R Y, CYRINO J E P. Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) [J]. Aquaculture, 2007, 297(1/2/3/4):151-156.
- [32] ROBINSON E H, WILSON R P, POE W E. Re-evaluation of the lysine requirement and lysine utilization by fingerling channel catfish [J]. The Journal of Nutrition, 1980, 110(11):2313-2316.
- [33] FORSTER I, OGATA H Y. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major* [J]. Aquaculture, 1998, 161(1/2/3/4):131-142.
- [34] SIMMONS L, MOCCIA R D, BUREAU D P, et al. Dietary methionine requirement of juvenile Arctic charr *Salvelinus alpinus* [J]. Aquaculture Nutrition, 1999, 5(2):93-100.
- [35] DE SILVA S S, GUNASEKERA R M, GOOLEY G. Digestibility and amino acid availability of three protein-rich ingredient-incorporated diets by murray cod *Maccullochella peelii* (Mitchell) and the Australian shortfin eel *Anguilla australis* Richardson [J]. Aquaculture, 2009, 31(2):195-205.
- [36] RODEHUTSCORD M, BECKER A, PACK M, et al. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids [J]. The Journal of Nutrition, 1997, 127(6):1166-1175.
- [37] KIM K I, KAYES T B, AMUNDSON C H. Requirements for lysine and arginine by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 1992, 106(3/4):333-344.
- [38] 朱选,曹俊明,许丰孟,等.饲料中添加赖氨酸及蛋氨酸对罗非鱼生长的影响[J].食品与生物技术学报,2009,28(4):465-473.
- [39] 周萌,吴建开,曹俊明,等.军曹鱼幼鱼对赖氨酸需要量的初步研究[J].长江大学学报:自然科学版,2005,2(2):50-52.
- [40] 杜强.卵形鲳鲙赖氨酸和蛋氨酸需求量及饲料中鱼粉替代的研究[D].硕士学位论文.上海:上海海洋大学,2012.
- [41] 程成荣,温小波,付志雄,等.异育银鲫饲料中补充晶体氨基酸对生长及体组成的影响[J].饲料工业,2010,31(16):19-22.
- [42] CHENG Z J, HARDY R W, USRY J L. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion [J]. Aquaculture, 2003, 218(1/2/3/4):553-565.
- [43] DE ALMEIDA BICUDO Á J, CYRINO J E P. Estimating amino acid requirement of Brazilian freshwater fish from muscle amino acid profile [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2009, 40(6):818-823.
- [44] ZHANG Y Z, ZHOU F, SHAO Q J, et al. Study on lysine requirement of juvenile black sea bream (*Sparus macrocephalus*) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2009, 21(1):78-87.
- [45] YAN Q, XIE S, ZHU X, et al. Dietary methionine re-

quirement for juvenile rockfish, *Sebastes schlegeli* [J].  
Aquaculture Nutrition, 2007, 13(3): 163-169.

棘鲷生长和血液指标的影响 [J]. 大连海洋大学学报, 2010, 25(4): 293-297.

[46] 宋理平, 韩勃, 王爱英, 等. 碳水化合物水平对厚唇弱

## Lysine Requirement of Juvenile Yellow Catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*)

QIU Hong HUANG Wenwen HOU Yingmei LI Yi ZHOU Qicun\*

(Laboratory of Fish Nutrition, School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** In this experiment, six isonitrogenous and isolipidic practical diets (contained 45.00% crude protein and 7.00% crude lipid) were formulated with dietary lysine supplement levels of 0, 0.30%, 0.60%, 0.90%, 1.20% and 1.50%, and the measured values of dietary lysine levels were 1.58%, 1.89%, 2.15%, 2.41%, 2.67% and 2.90%, respectively, in order to evaluate the effects of dietary lysine level on growth performance, nutritional components and blood indexes of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*), and to determine the lysine requirement of juvenile yellow catfish. A total of 360 yellow catfish with an average initial body weight about 2.00 g were randomly allocated to 6 groups with 3 replicates per group and 20 juvenile yellow catfish per replicate. The experiment lasted for 12 weeks. The results showed as follows: the survival ratio (SR) in 1.58% group was significantly lower than that in other groups ( $P < 0.05$ ). With the dietary lysine level increasing, the weight gain rate (WGR) and specific growth rate (SGR) were firstly increased and then decreased, and the highest values of WGR and SGR were found in 2.41% group. The lowest values of feed efficiency (FE) and protein efficiency rate (PER) were found in 1.58% group, and significantly lower than those in other groups except 2.15% group ( $P < 0.05$ ). The condition factor (CF), hepatosomatic index (HSI) and viscerosomatic index (VSI) were not significantly affected by dietary lysine level ( $P > 0.05$ ). There were no significant differences in the contents of whole body dry matter and crude lipid and muscle dry matter, crude lipid and crude protein among all groups ( $P > 0.05$ ), but the contents of whole body ash and crude protein and muscle ash were significantly affected by dietary lysine level ( $P < 0.05$ ), and the lowest contents of whole body and muscle ash and the highest content of whole body crude protein were all found in 2.41% group. The whole blood red blood cell count, white blood cell count, hemoglobin content and hematocrit were not significantly affected by dietary lysine level ( $P > 0.05$ ), and the serum total cholesterol and glucose contents and aspartate amino transferase (AST) activity were also not significantly affected by dietary lysine level ( $P > 0.05$ ), but the serum triglyceride content and alanine amino transferase (ALT) activity were significantly affected by dietary lysine level ( $P < 0.05$ ). Base on the linear model with the WGR as an evaluation index, the lysine requirement of juvenile yellow catfish is 2.61% of diet (5.80% of dietary protein). [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(5): - ]

**Key words:** juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*); lysine; requirement; growth performance; blood indexes