

文章编号: 1674-5566(2011)05-0741-07

玉米蛋白粉部分替代鱼粉对网箱养殖异育银鲫肌肉组织氮磷保留率的影响

王 军, 华雪铭, 邢思华, 韩加凤, 于 宁, 周洪琪, 朱站英, 黄旭雄

(上海海洋大学 省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306)

摘 要: 研究玉米蛋白粉部分替代鱼粉对异育银鲫氮磷保留率影响,以3种规格的异育银鲫(小规格为26.90 g、中规格为51.70 g、大规格为97.67 g)为试验对象,每种规格分别设置鱼粉组和玉米蛋白粉组(鱼粉组的鱼粉用量为10%和9%,用8%玉米蛋白粉等量替代鱼粉),在网箱中饲养97 d,分别于30 d、61 d和97 d采样,测定3个阶段的肌肉氮保留率、磷保留率以及肌肉和肝脏谷氨酸脱氢酶(GDH)活性。结果表明:小规格异育银鲫的Ⅱ、Ⅲ阶段、中规格第Ⅰ阶段和大规格第Ⅲ阶段的肌肉组织中的氮含量存在显著差异,中、大规格的其余各阶段肌肉组织的氮含量无显著差异;肌肉组织中磷的含量在小规格的第Ⅰ、Ⅱ阶段无显著差异,第Ⅲ阶段鱼粉组磷含量显著高于玉米蛋白组($P < 0.05$),除大规格第Ⅲ阶段,中规格和大规格的总体上玉米蛋白组的肌肉磷含量显著高于鱼粉组($P < 0.05$);除中规格的第Ⅰ阶段,3种规格异育银鲫在第Ⅲ阶段内总体上呈现鱼粉组肌肉氮保留率显著高于玉米蛋白组($P < 0.05$);3种规格异育银鲫肝脏的GDH活性随饲养时间延长,两组无显著差异;异育银鲫肌肉组织的GDH活性,除中规格的第Ⅱ阶段和大规格的第Ⅰ阶段,其余表现为同种规格的鱼粉组和玉米组无显著差异;除第Ⅰ阶段,其它时间段玉米组的磷保留率显著低于鱼粉组的磷保留率($P < 0.05$)。在该试验条件下,3种规格的异育银鲫用8%的玉米蛋白粉替代等量鱼粉降低了实验鱼的肌肉氮磷保留率,谷氨酸脱氢酶活性无显著差异,对蛋白质分解代谢无显著影响。

研究亮点: 将异育银鲫对玉米蛋白粉的氮磷保留率和蛋白质分解即玉米蛋白对水环境的影响作为异育银鲫饲料中玉米蛋白粉能否替代鱼粉的重要评价指标;以氮代谢过程中的谷氨酸脱氢酶GDH活力间接估算排氮率的方法替代常规的直接排氮率测定方法来衡量蛋白质的分解代谢。

关键词: 异育银鲫;玉米蛋白粉;鱼粉;氮保留;磷保留;谷氨酸脱氢酶
中图分类号: S 963.71
文献标志码: A

氮磷作为饲料中重要的营养元素,其在养殖过程中过量排入养殖环境,造成严重的水体富营养化。因此,水产养殖过程中氮磷排放对环境的影响也越来越得到许多学者关注。网箱养殖鲤鱼(*Cyprinus carpio*),饲料中仅有31.9%氮和29.8%磷被鱼体吸收利用^[1],网箱养殖鲢鱼(*Oncorhynchus keta*)的80%摄入氮中,仅有约20%被有效利用^[2],对虾养殖中,仅有5.8%~21.7%的氮和4%~6%的磷以对虾产品形式收获^[3],其余部分都以污染物的形式排放到环境

中。因此,研究鱼虾营养时,不仅应考虑饲料对其生长、免疫和品质等方面的作用,也应该重视对鱼虾生存环境的影响。

鱼体蛋白质合成与氮保留率有密切的关系。谷氨酸脱氢酶(GDH)是通过催化体内氨基酸氧化脱氨基作用来参与蛋白质的分解^[4],GDH和转氨酶的联合脱氨基作用是肝脏氨基酸分解代谢的主要途径,是蛋白质分解代谢和非必需氨基酸合成的关键酶,其活性与蛋白质合成与分解有直接关系^[5]。研究弯曲大糠虾(*Praunus flexuosus*)

收稿日期: 2010-12-06 修回日期: 2011-05-19

基金项目: 上海市科学技术委员会重点科技攻关项目(073205111,06DZ19102);上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 王 军(1983—),男,硕士研究生,研究方向为水产动物营养与饲料科学。E-mail: wphj4776165@163.com

通讯作者: 华雪铭, E-mail: xmhua@shou.edu.cn

发现, GDH 活力与排氮量显著相关^[6], 提出以 GDH 活力间接估算排氮率方法来替代常规的直接排氮率测定方法。

用植物性蛋白部分或全部替代鱼粉是解决当前鱼粉资源紧张的重要举措之一, 但有关植物性蛋白对真骨鱼类氮排泄影响的研究相对于鱼粉比较少^[7]。本试验测定玉米蛋白粉部分替代鱼粉饲料对异育银鲫肌肉组织氮磷保留率, 旨在探讨异育银鲫对玉米蛋白粉氮磷的利用, 为玉米蛋白粉在水产饲料中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验选择大、中、小 3 种规格异育银鲫(体重分别为 26.90 g、51.70 g 和 97.67 g)作为养殖试验用鱼, 取自江苏盐城。根据异育银鲫营养需求(SC/T 1076—2004)并兼顾生产实际配制等氮等能试验饲料, 用 8% 玉米蛋白粉替代鱼粉组中的 8% 鱼粉(鱼粉的替代比例为 80%)作为玉米蛋白组饲料(表 1)。根据异育银鲫生长情况, 养殖两个月后调整配方, 将表 1 鱼粉组中鱼粉用量降低至 9%, 玉米蛋白组玉米蛋白粉的使用量仍为 8%, 鱼粉组和玉米组的粗蛋白含量分别为 28.06% 和 28.67%, 磷含量分别为 1.09% 和 0.95%, 消化能分别为 8.51 MJ/kg 和 8.46 MJ/kg。

1.2 养殖试验

养殖试验在安徽省五河县的淮洪新河中展开。选择规格整齐, 健康活泼的异育银鲫, 分别投放到 6 个不同的网箱, 小规格鱼放入 2 m × 2 m × 2 m 网箱, 中规格和大规格鱼放入 5 m × 3 m × 2 m 网箱, 分别投放 38.0 kg, 69.6 kg 和 168.5 kg。每种规格的鱼分别设置鱼粉组和玉米组, 每天等量投喂两次(9:00、16:00), 日投喂量为 3% ~ 5%。养殖试验自 2009 年 6 月 22 日至 9 月 26 日, 历时 97 d., 试验水温 > 20 °C, DO > 5 mg/L, NH₄⁺ - N < 0.5 mg/L。

1.3 样品处理

养殖试验分 3 个阶段, 分别于 2009 年 7 月 22 日、8 月 22 日和 9 月 26 日随机抽取采样。每个网箱随机采取 15 尾鱼, 其中 10 尾用 MS-222 麻醉, 解剖取肝脾脏和肌肉用于测定谷氨酸脱氢酶的活性; 另 5 尾鱼体用于测定肌肉组织的氮和

磷含量。

表 1 试验饲料的配方

Tab.1 Formulation and proximate composition of the tested diets

成分	鱼粉组	玉米蛋白组
鱼粉/%	10.00	2.00
玉米蛋白粉/%	0	8.00
棉籽粕/%	20.00	20.00
面粉/%	15.00	15.00
次粉/%	13.76	13.76
菜籽饼/%	10.00	10.00
清糠/%	8.00	8.00
大豆粕/%	8.00	8.00
酒糟/%	5.00	5.00
肉粉/%	5.00	5.00
大豆油/%	2.00	2.00
复合添加剂/%	3.24	3.24
基本营养成分(干样)		
粗蛋白/%	29.86	30.47
粗脂肪/%	6.16	5.53
粗灰分/%	9.57	9.56
总磷/%	1.14	1.12
消化能/(MJ/kg)	8.59	8.56

注: 1. 复合添加剂中包括晶体氨基酸(赖氨酸和蛋氨酸)、复合维生素、复合矿物质和次粉等; 2. 玉米蛋白粉的蛋白质含量与鱼粉相当; 3. 用复合添加剂中的次粉调节等能。

采用凯氏定氮法测定氮含量(GB/T 6432—94), 采用钒钼酸分光光度法测定磷的含量(GB/T 6437—2002), 计算氮(磷)保留率^[8] $N_R(P_R)$ 。

$$N_R(P_R) = [W_t \times D_t \times N_t(P_t) - W_0 \times D_0 \times N_0(P_0)] / F \times D_f \times N_f(P_f) \times 100 \quad (1)$$

式中: W_t 、 D_t 、 N_t 、 P_t 分别为各试验阶段结束时鱼体重量, 肌肉组织干物质含量, 以及肌肉组织氮和磷的含量; W_0 、 D_0 、 N_0 、 P_0 分别为各试验阶段开始时鱼体重量, 肌肉组织干物质含量, 以及肌肉组织氮和磷的含量; F 、 D_f 、 N_f 、 P_f 分别为各试验阶段饲料消耗量, 饲料的干物质含量以及饲料中氮和磷的含量。

采用迈瑞 BS200 生化自动分析仪和长春汇力试剂盒测定谷氨酸脱氢酶的活性和总蛋白含量。采用速率法测定谷氨酸脱氢酶活性, 测定原理如下: α -酮戊二酸、NADH 和 NH₄⁺ 在谷氨酸脱氢酶作用下生成谷氨酸、NAD⁺ 和 H₂O。在上述反应中, NADH 被氧化生成 NAD⁺ 的速率与 GDH 的活性成正比。在 340 nm 波长下测定 NADH 的下降速率, 即计算出 GDH 的活性。酶活定义: 37

℃下,在反应体系中每分钟催化 1 mmol/L 底物转化所需要的酶量。

1.4 数据分析

试验结果以平均值 ± 标准差表示,用 SPSS 17.0 对每个阶段每种规格的鱼粉组和玉米蛋白组所得数据进行 *T* 检验($P < 0.05$)。

2 结果

2.1 肌肉组织中的氮磷含量

由表 2 可知,异育银鲫肌肉组织(干重)的氮含量,小规格异育银鲫的肌肉组织中氮含量在 II、III 阶段存在显著性差异;除中规格第 I 阶段和大规格第 III 阶段玉米蛋白组肌肉组织氮含量显著性高于鱼粉组外,中、大规格的其余各阶段肌肉组织的氮含量无显著性差异。

由表 3 可知,异育银鲫肌肉组织(干重)的磷含量,小规格的第 I、II 阶段无显著性差异,第 III 阶段鱼粉组磷含量显著高于玉米蛋白组;除了大规格第 III 阶段的玉米蛋白组磷含量显著低于鱼

粉组外,中规格和大规格的总体上玉米蛋白组的磷含量显著高于鱼粉组。

2.2 肌肉中的氮保留率

由表 4 可知,异育银鲫肌肉组织的氮保留率,除中规格的第 I 阶段鱼粉组氮保留率显著低于玉米蛋白组,3 种规格异育银鲫在 3 个时间阶段内总体上呈现鱼粉组氮保留率显著性高于玉米蛋白替代组。

2.3 肝胰脏和肌肉组织中的谷氨酸脱氢酶活性

由表 5 可知,中小规格异育银鲫的肝胰脏的谷氨酸脱氢酶(GDH)活性,在第 I 阶段鱼粉组显著性差异高于玉米组,随着时间延长表现为没有显著性差异。但是,大规格异育银鲫的肝胰脏的 GDH 活性,3 个阶段都无显著性差异性。

由表 6 可知,异育银鲫的肌肉组织的 GDH 活性,除中规格的第 II 阶段和大规格的第 I 阶段玉米组 GDH 的活性显著性高于鱼粉组外,其余表现为同种规格的鱼粉组和玉米组无显著性差异。

表 2 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对不同规格不同阶段肌肉组织氮含量影响

Tab. 2 Effect of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on nitrogen content in muscle of *Carassius auratus gibelio* for different sizes and feeding phases %

阶段	小规格		中规格		大规格	
	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组
I	14.00 ± 0.07 ^a	14.00 ± 0.10 ^a	14.01 ± 0.11 ^a	14.27 ± 0.20 ^b	13.80 ± 0.02 ^a	13.79 ± 0.19 ^a
II	15.09 ± 0.59 ^b	14.68 ± 0.26 ^a	14.75 ± 0.05 ^a	14.64 ± 0.09 ^a	14.42 ± 0.03 ^a	14.83 ± 0.05 ^a
III	14.36 ± 0.06 ^a	14.76 ± 0.07 ^b	14.58 ± 0.03 ^a	14.56 ± 0.04 ^a	14.56 ± 0.01 ^a	14.66 ± 0.05 ^b

注:表中 I、II 和 III 分别表示 2009 年 7 月 22 日、8 月 22 日和 9 月 27 日;表中同行同种规格中不同的字母表示差异显著,下表同。

表 3 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对不同规格不同阶段肌肉组织磷含量影响

Tab. 3 Effect of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on phosphorus content in muscle of *Carassius auratus gibelio* for different sizes and feeding phases %

阶段	小规格		中规格		大规格	
	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组
I	1.10 ± 0.06 ^a	1.10 ± 0.03 ^a	1.02 ± 0.09 ^a	1.14 ± 0.06 ^b	0.93 ± 0.03 ^a	1.12 ± 0.03 ^b
II	1.56 ± 0.06 ^a	1.54 ± 0.05 ^a	1.45 ± 0.01 ^a	1.59 ± 0.06 ^b	1.36 ± 0.04 ^a	1.66 ± 0.05 ^b
III	1.89 ± 0.10 ^b	1.52 ± 0.12 ^a	1.58 ± 0.05 ^a	1.81 ± 0.02 ^b	1.96 ± 0.02 ^a	1.47 ± 0.08 ^b

表 4 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对不同规格不同阶段肌肉组织氮保留率影响

Tab. 4 Effect of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on nitrogen retention in muscle of *Carassius auratus gibelio* for different sizes and feeding phases %

阶段	小规格		中规格		大规格	
	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组
I	33.04 ± 1.55 ^a	29.43 ± 0.19 ^b	20.30 ± 0.13 ^a	37.56 ± 0.51 ^b	18.83 ± 0.27 ^a	12.57 ± 0.31 ^b
II	43.92 ± 0.93 ^a	29.93 ± 1.95 ^b	68.11 ± 2.29 ^a	26.84 ± 0.87 ^b	32.07 ± 0.64 ^a	21.12 ± 0.50 ^b
III	27.06 ± 0.88 ^a	20.00 ± 0.09 ^b	27.27 ± 0.39 ^a	12.97 ± 0.03 ^b	29.50 ± 0.19 ^a	18.72 ± 1.60 ^b

表 5 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对不同规格不同阶段肝胰脏组织谷氨酸脱氢酶活性影响

Tab. 5 Effect of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on glutamate dehydrogenase activity in hepatopancreas of *Carassius auratus gibelio* for different sizes in different feeding phases U/mgprot

阶段	小规格		中规格		大规格	
	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组
I	11.02 ± 1.73 ^a	8.77 ± 0.42 ^b	6.59 ± 1.13 ^a	9.47 ± 0.76 ^b	11.10 ± 0.71 ^a	9.98 ± 1.15 ^a
II	13.59 ± 3.47 ^a	14.19 ± 1.46 ^a	12.14 ± 2.11 ^a	12.10 ± 1.36 ^a	18.10 ± 2.90 ^a	14.17 ± 2.35 ^a
III	11.36 ± 3.38 ^a	11.80 ± 2.47 ^a	14.96 ± 1.53 ^a	17.67 ± 1.52 ^a	14.84 ± 2.45 ^a	17.02 ± 6.49 ^a

表 6 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对不同规格不同阶段肌肉组织谷氨酸脱氢酶活性影响

Tab. 6 Effect of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on glutamate dehydrogenase activity in muscle of *Carassius auratus gibelio* for different sizes in different feeding phases U/mgprot

阶段	小规格		中规格		大规格	
	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组
I	6.37 ± 0.45 ^a	6.99 ± 0.73 ^a	5.73 ± 0.52 ^a	5.39 ± 0.50 ^a	4.72 ± 0.72 ^a	7.75 ± 0.31 ^b
II	5.97 ± 0.49 ^a	6.53 ± 0.61 ^a	4.60 ± 0.43 ^a	6.23 ± 0.47 ^b	3.57 ± 0.34 ^a	4.75 ± 0.67 ^a
III	7.22 ± 0.54 ^a	7.49 ± 0.58 ^a	4.63 ± 0.50 ^a	6.11 ± 0.80 ^a	5.51 ± 0.51 ^a	4.47 ± 0.26 ^a

2.4 肌肉组织中的磷保留率

由表 7 可知,磷保留率除中规格第 I 个阶段玉米蛋白组 (24.32%) 显著高于鱼粉组 (11.47%) ($P < 0.05$),小规格和大规格第 I 个

阶段鱼粉组和玉米蛋白组无显著性差异 ($P > 0.05$),其它时间段玉米蛋白粉组的磷保留率显著低于鱼粉组的磷保留率 ($P < 0.05$)。

表 7 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对不同规格不同阶段肌肉组织中磷保留率影响

Tab. 7 Effect of partial replacement of fish meal by corn gluten meal on phosphorus retention in muscle of *Carassius auratus gibelio* for different sizes and feeding phases %

阶段	小规格		中规格		大规格	
	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组	鱼粉组	玉米蛋白组
I	20.10 ± 0.60 ^a	18.78 ± 0.33 ^a	11.47 ± 0.62 ^a	24.32 ± 0.88 ^b	9.83 ± 0.04 ^a	9.43 ± 1.62 ^a
II	33.55 ± 1.40 ^a	23.81 ± 1.30 ^b	51.06 ± 2.26 ^a	24.13 ± 0.48 ^b	23.74 ± 0.28 ^a	19.25 ± 0.09 ^b
III	27.17 ± 0.15 ^a	14.20 ± 0.66 ^b	22.60 ± 1.16 ^a	11.21 ± 0.02 ^b	29.96 ± 0.01 ^a	13.01 ± 0.94 ^b

3 讨论

3.1 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对肌肉氮保留率影响

异育银鲫对玉米蛋白粉组饲料肌肉氮保留率总体上显著低于鱼粉组。ROBAINA 等^[9]报道用玉米蛋白粉替代鱼粉的饲料饲喂 35 g 金头鲷 (*Sparus aurata*),可溶性氮排泄随着替代量的增加,且当替代量为 40% 时,玉米蛋白替代组可溶性氮排泄 (36.4%) 显著高于鱼粉组 (22.5%)。DIAS 等^[8]报道完全用玉米蛋白替代鱼粉饲料喂养欧洲狼鲈 (*Dicentrarchus labrax*),鱼粉组的氮保留量 [173.4 mg/(kg · d)] 明显高于玉米蛋白替

代组 [106.5 mg/(kg · d)],这与本试验的结果相似。研究表明,饲料氨基酸平衡时,蛋白质周转快,草鱼鱼体蛋白质合成速率和分解速率均提高,而合成速率的增加高于分解速率,使合成与分解差值增大,促进生长,即氮保留率增大^[10]。氨基酸不平衡时会导致肌肉组织中蛋白合成的降低^[11]。玉米蛋白粉虽然具有较高的蛋白含量,但其赖氨酸和色氨酸含量较低^[12],晶体氨基酸的添加效果又不理想,而鱼粉氨基酸组成与水生动物的需求相似,故可能导致异育银鲫对玉米蛋白粉组饲料氮保留率低于鱼粉组。有些学者认为饲料中非必需氨基酸的含量及其与必需氨基酸的比例关系也影响氮的利用^[13-16],因为在饲料

中非必需氨基酸是通过其它氨基酸转换及细胞中间代谢合成的,故即使饲料中必需氨基酸水平达到了水产动物的生理需求,但非必需氨基酸的缺少,也会影响必需氨基酸的利用,最终会影响饲料中蛋白质(氮)的利用。本试验饲料中没有考虑 EAA/NEAA 比值关系,可能也是最后导致玉米蛋白粉的氮保留率低于鱼粉组的重要原因。

3.2 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对 GDH 活性的影响

用玉米蛋白部分替代鱼粉的饲料投喂异育银鲫三个月后,其肝胰脏组织和肌肉组织 GDH 总体上表现出玉米蛋白组鱼粉组无显著性差异。肌肉和肝胰脏组织分别是蛋白质(氨基酸)沉积和代谢的主要场所。GDH 和转氨酶的联合脱氨基作用是肝胰脏氨基酸分解代谢的主要途径^[17],其主要代谢产物是氨^[11]。氨的浓度与饲料中蛋白质和氨基酸含量及其比例密切相关^[18]。GDH 活性越高,排氨量(血氨、尿氨和非粪氨)越高^[16,19],说明氨基酸分解代谢升高。本试验结束时 GDH 活性在玉米蛋白粉和鱼粉之间无显著差异,说明在本试验条件下,玉米蛋白粉部分替代鱼粉不影响异育银鲫蛋白质的分解代谢。

3.3 玉米蛋白粉部分替代鱼粉对肌肉磷保留率影响

大中小规格异育银鲫总体呈现鱼粉组肌肉磷保留率大于玉米蛋白组。有学者用玉米蛋白粉完全替代鱼粉、含 3%~5% 玉米蛋白粉的混合植物蛋白和低鱼粉饲料(玉米蛋白粉 25%)分别饲养欧洲狼鲈、鲤鱼和虹鳟,研究结果显示试验组磷保留率远远高于鱼粉组^[8,20-21]。学者认为可能是因为鱼粉的有效磷含量高于鱼生长需求,由于鱼粉中磷含量较大且大部分是以三价的形式存在^[22],鱼粉中多余的有效磷不能被利用,最终可能导致鱼粉组磷保留率的降低。本试验结果与之不尽相同,可能是因为本试验饲料中鱼粉的含量较低,大部分磷以植酸磷形式存在,很难被消化利用,导致试验饲料中有效磷含量较低^[23],同时磷也可能与其它矿物质形成化合物,使吸收率下降^[22]。

3.4 试验鱼规格对肌肉氮磷保留率的影响

研究认为肌肉氮磷保留率总体上呈现随试验鱼规格增大而降低的趋势。氮的主要表现形式是蛋白质,主要用于蛋白质的合成,磷主要

是骨骼的生长,因为鱼体早期生长速度快,蛋白质的合成和骨骼生长速度快,而成鱼期生长速度变慢,蛋白质的合成和骨骼生长速度降低,故试验中氮磷保留率呈现下降的趋势。这一结果在 HERNÁNDEZ 等研究结果中得到印证^[24]。喂养两种规格虹鳟(2 g 和 134.7 g)30 周和 15 周,磷保留率为 36.4% 和 22.2%,SHEARER^[25] 研究虹鳟认为磷需要随着鱼体的增重而下降,在鱼早期需要量明显大于成鱼期。

3.5 试验阶段对肌肉氮磷保留率的影响

肌肉氮保留率总体上呈现前两个阶段上升,第 III 阶段下降的趋势,这与肌肉组织中的 GDH 活性基本呈现相反的趋势,呈现先下降后上升的趋势;磷保留率与氮保留率基本呈现相似的规律。这可能是生长速度有关系,因为第 III 个阶段是在九月份,水温已经有所下降,导致生长相对于前两个阶段变慢,肌肉组织中氮含量的变化也验证了这点。而肝胰脏组织中的 GDH 的活性,中规格和大规格的玉米蛋白组呈现上升的趋势,小、大规格的鱼粉组呈现先上升再下降的趋势,可能与随着试验鱼对玉米蛋白粉饲料饲用时间的延长,对其适应性增强,导致对其代谢相对提高有关。

综上所述,异育银鲫饲料中的鱼粉能否部分或全部替代玉米蛋白粉需综合考虑试验对象的不同生长阶段、规格以及玉米蛋白粉的使用周期等因素。在本试验条件下,当饲料中的鱼粉用量为 9%~10% 时,用 8% 玉米蛋白粉等量替代鱼粉降低了异育银鲫的肌肉氮磷保留率,对蛋白质分解代谢无显著影响。

参考文献:

- [1] 曹立业. 水产养殖中的氮、磷污染 [J]. 水产学杂志, 1996, 9(1): 76-77.
- [2] ROSENTHAL H, BRADBURG N B. International aquaculture: trends and perspective [M]. Ghent (Belgium): European Aquaculture Society Special Publication, 1995: 1-14.
- [3] ROBERTSON A I, PHILLIPS M J. Mangroves as filters of shrimp pond effluent: predictions and biogeochemical research needs [J]. Hydrobiologia, 1995, 295 (1/3): 311-321.
- [4] 王镜岩, 朱圣庚, 徐长法. 生物化学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [5] SVERE P A. Complexes of sequential metabolic enzyme [J]. Annual Review Biochemistry, 1987, 56(1): 89-124.

- [6] BIDIGARE R R, KING F D. The measurement of glutamate dehydrogenase activity in prawns *Penaeus monodon* and its role in the regulation of ammonium excretion [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 1981, 70(3):409-413.
- [7] MÉDALE F, BOUJARD T, VALLÉE F, et al. Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorus losses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed increasing dietary levels of soy protein concentrate [J]. *Aquatic Living Resources*, 1998, 11(4):239-246.
- [8] DIAS J, ALVAREZ M J, ARZEL J, et al. Dietary protein source affects lipid metabolism in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 2005, 142(1):19-31.
- [9] ROBAINA L, MOYANO F J, IZQUIERDO M S, et al. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Nutritional and histological implications [J]. *Aquaculture*, 1997, 157(3/4):347-359.
- [10] 罗莉, 叶元土, 林仕梅, 等. 日粮必需氨基酸模式对草鱼生长及蛋白质周转的影响[J]. *水生生物学报*, 2003, 27(3):278-282.
- [11] COWEY C B, WALTON M J. *Intermediary metabolism* [M]// *Fish nutrition*. New York: Academic Press, 1989:259-329.
- [12] REGOST C, ARZEL J, KUASHIL S J, et al. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*) [J]. *Aquaculture*, 1999, 180(1/2):99-117.
- [13] 王家林, 常青, 梁萌青. 饲料中必需氨基酸与非必需氨基酸的比率对牙鲆生长、氮的沉积与排泄的影响[J]. *海洋水产研究*, 2006, 27(3):67-72.
- [14] MAMBRINI M, KAUSHIK S J. Partial replacement of dietary protein nitrogen with dispensable amino acids in diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 1994, 109(2):469-477.
- [15] GÓMEZ-REQUENI P, MINGARRO M, KIRCHNER S, et al. Effects of dietary amino acid profile on growth performance, key metabolic enzymes and somatotrophic axis responsiveness of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) [J]. *Aquaculture*, 2003, 220(1/4):749-767.
- [16] PERES H, OLIVA-TELES A. Effect of the dietary essential to non-essential amino acid ratio on growth, feed utilization and nitrogen metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. *Aquaculture*, 2006, 256(1/4):395-402.
- [17] 梁之彦. *生理化学* [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [18] 陈作洲, 申玉春, 朱春华, 等. 盐度和营养对凡纳滨对虾谷氨酸脱氢酶和丙酮酸羧激酶活性的影响[J]. *现代农业科学*, 2009, 16(7):12-14.
- [19] PERES H, OLIVA-TELES A. Effect of the dietary essential amino acid pattern on growth, feed utilization and nitrogen metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. *Aquaculture*, 2007, 267(1/4):119-128.
- [20] JAHAN P, WATEANABE T, KIRON V, et al. Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading [J]. *Fisheries Science*, 2003, 69(2):219-225.
- [21] SATOH S, HERNÁNDEZ A, TOKORO T, et al. Comparison of phosphorus retention efficiency between rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a commercial diet and a low fish meal based diet [J]. *Aquaculture*, 2003, 224(1/4):271-282.
- [22] LALL S P. *Digestibility, metabolism and excretion of dietary phosphorus in fish* [C]// *Nutritional strategies and aquaculture waste: proceedings of the first international symposium on nutritional strategies in management of aquaculture waste*. Ontario: University of Guelph, 1990:163-185.
- [23] LUZIER J M, SUMMERFELT R C, KETOLA H G. Partial replacement of fish meal with spray-dried blood powder to reduce phosphorus concentrations in diets for juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) [J]. *Aquaculture Research*, 1995, 26:577-587.
- [24] HERNÁNDEZ A, SATON S, KIRON V, et al. Phosphorus retention efficiency in rainbow trout fed diets with low fish meal and alternative protein ingredients [J]. *Fisheries Science*, 2004, 70(4):580-586.
- [25] SHEARER K D. Changes in elemental composition of hatchery-reared rainbow trout (*Salmo gairdneri*) associated with growth and reproduction [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1984, 41(11):1592-1600.

Effect of partial replacement of fish meal by corn gluten meal and nitrogen and phosphorus retention in muscle of *Carassius auratus gibelio* in fresh water cage culture

WANG Jun, HUA Xue-ming, XING Si-hua, HAN Jia-feng, YU Ning, ZHOU Hong-qi, ZHU Zhan-ying, HUANG Xu-xiong

(Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Resources Certificated by the Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The experiment was conducted to determine the effect of partial replacement of fish meal (FM) by corn gluten meal (CGM) on nitrogen and phosphorus retention of *Carassius auratus gibelio*. Two kinds of isonitrogenous, isocaloric diets were formulated to contain 0 (with 10% FM) and 8% of CGM respectively. Three sizes (initial weight of 26.90g, 51.70g, 97.67g) of *Carassius auratus gibelio* were fed for 97 days in cage culture, and sampled on 30th, 61th and 97th day. After feeding, nitrogen retention, phosphorus retention of muscle and glutamate dehydrogenase (GDH) activity of hepatopancreas and muscle were determined in different sizes of *Carassius auratus gibelio* in three feeding phases. The results showed that nitrogen contents of muscle in II and III phases of small size, I phase of medium size and III phase of large size were significantly, but the others were not significantly different between FM and CGM group; Phosphorus content of muscle in I and II phases of small size were not significantly different except that phosphorus content of FM group were significantly higher than CGM group in III phase ($P < 0.05$), phosphorus content of CGM group were overall significantly higher than FM group in medium size and large size but III phase of large size ($P < 0.05$); Muscle nitrogen retention of FM group was significantly higher than CGM group ($P < 0.05$) except for I phase of medium size; There were no significant differences on GDH activity of hepatopancreas with feeding; GDH activity of muscle of FM were not significantly different from CGM group without II phase of medium size and I phase of large size; Phosphorus retention of muscle of CGM group was significantly lower than CGM group ($P < 0.05$) without I phase. All results indicated that CGM group (replacing same amount of fish meal) reduced nitrogen and phosphorus retention in muscle of *Carassius auratus gibelio* compared with fish meal group and there was no significant effect on GDH activity of hepatopancreas and muscle. Protein catabolism was not significantly effected.

Key words: *Carassius auratus gibelio*; corn gluten meal; fish meal; nitrogen retention; phosphorus retention; glutamate dehydrogenase