

# 大豆粕替代鱼粉在吉富罗非鱼稚鱼实用饲料中的效果评价

赵海祥 冯 健\* 宁 毅 潘艳云 赵华林

(广西大学水产研究所, 南宁 530004)

**摘 要:** 本试验旨在研究大豆粕替代鱼粉在吉富罗非鱼稚鱼实用饲料中的效果。平均体重为  $(5.80 \pm 0.17)$  g 的吉富罗非鱼稚鱼 360 尾随机分为 6 组(1 个对照组和 5 个试验组), 每组 3 个重复, 每个重复 20 尾鱼。6 组饲料按照等氮(33.8%)和等能量(16.50 MJ/kg)原则配制, 其中对照组饲料添加 20% 鱼粉(不含大豆粕), 5 个试验组饲料中大豆粕替代鱼粉水平依次为 20%、40%、60%、80% 和 100%。试验期为 60 d。结果表明, 大豆粕替代 20% ~ 80% 鱼粉的试验组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效率和蛋白质效率接近对照组, 当大豆粕替代 100% 鱼粉时, 摄食量、特定生长率、饲料效率和蛋白质效率均下降 10% 左右, 但对照组与各试验组间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ); 各处理间鱼体的蛋白质和灰分含量无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 但其脂肪含量和肠脂指数随着大豆粕替代比例增加而下降, 而内脏指数逐步升高, 其中大豆粕替代 100% 鱼粉的试验组的肠脂指数和内脏指数与对照组相比有显著性差异 ( $P < 0.05$ ); 大豆粕替代 100% 鱼粉的试验组鱼的血浆总蛋白、胆固醇、甘油三酯、钙和磷含量均低于对照组 ( $P > 0.05$ ), 血清中甲状腺素含量显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )。本试验认为, 大豆粕在吉富罗非鱼稚鱼实用饲料中可以替代 80% 的鱼粉; 大豆粕的抗营养因子和较低的必需氨基酸(赖氨酸及蛋氨酸+胱氨酸)含量是影响吉富罗非鱼稚鱼生长与饲料效益的主要原因。

**关键词:** 大豆粕; 替代; 鱼粉; 生长效益; 吉富罗非鱼

**中图分类号:** S963

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)10-1840-07

不断上涨的饲料价格被认为是影响水产养殖效益的最重要因素, 特别在以淡水养殖为主的中国。造成这个原因的重要因素之一是鱼粉在水产饲料中作为主要蛋白质原料的使用成本过高。因此, 水产饲料需要不断寻找替代鱼粉的适宜蛋白质原料<sup>[1]</sup>。目前, 在水产饲料中植物蛋白质被认为是最可行的替代鱼粉的原料, 因为植物蛋白质原料具有产量高、安全和廉价的特点。过去的 10 年里, 在畜禽动物营养上植物蛋白质原料已逐渐取代鱼粉。大豆粕由于其蛋白质含量高、消化率高和氨基酸平衡等特点, 在水产饲料中被认为是最稳定和最适合替代鱼粉的植物蛋白质原料<sup>[2]</sup>。

已有研究结果显示, 一些养殖鱼类的饲料中 30% ~ 50% 的鱼粉可以被大豆粕替代<sup>[3]</sup>。罗非鱼系鲈形目鲤鱼科罗非鱼属, 属热带性鱼类, 现在已成为世界性的养殖鱼类。我国在 2008 年的罗非鱼产量已达约  $1.2 \times 10^6$  t, 占世界总量的 50%。吉富罗非鱼 (genetic improvement of fanned tilapia, GIFT) 是经遗传性状改良后的罗非鱼, 该品种具有生长速度快、个体大、出肉率高和遗传性状稳定等优点, 是我国目前罗非鱼中一个新的重要养殖品系。目前, 尚未见到有关植物蛋白质原料替代鱼粉在吉富罗非鱼实用饲料中效果的研究报道。本研究评价了大豆粕以不同比例替代吉富罗非鱼稚

收稿日期: 2011-04-13

基金项目: 广西科技厅基金项目资助(09321022)

作者简介: 赵海祥(1985—), 河北威县人, 硕士研究生, 从事鱼类营养生理学研究。E-mail: 550951534@qq.com

\* 通讯作者: 冯 健, 教授, 硕士生导师, E-mail: fengjian08@163.com

鱼实用饲料中鱼粉的效果,以期为进一步开发罗非鱼植物蛋白质配合饲料提供科学理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验鱼与饲养管理

吉富罗非鱼鱼苗 1 000 尾由广西水产研究所国家罗非鱼良种繁育场提供。鱼苗预试期为 1 周,期间投喂对照组的饲料。预试期结束后开始正式分组试验。平均体重为  $(5.80 \pm 0.17)$  g 的试验鱼 360 尾随机分为 1 个对照组和 5 个试验组,每组 3 个重复,每个重复 20 尾鱼。试验鱼养殖于  $1.0 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$  尼龙网箱中,网箱中架设一个直径为 15 cm,高 3 cm 的食台,网箱放置在  $6.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$  的水泥池中,试验期间采用微流水交换,换水频率为每天换水 1/6。整个试验期间水质监测(每天测 3 次水温;每周测 1 次水质指标)情况为:水温为  $(32.20 \pm 1.20)$  °C、溶解氧为  $(8.91 \pm 0.16)$  mg/L、pH 为  $7.00 \pm 0.10$ 、氨氮含量为  $(0.56 \pm 0.01)$  mg/L、总硬度为  $(1.51 \pm 0.16)$  mg/L、钙含量为  $(25.80 \pm 0.20)$  mg/L、亚硝酸盐含量为  $(0.15 \pm 0.05)$  mg/L 和硝酸盐含量为  $(0.11 \pm 0.01)$  mg/L。每天投喂 3 次,投喂时间分别为 08:00、13:00 和 18:00,投喂量为鱼体重的 10%~15%,平均分成 3 次投喂,每次把饲料投入网箱中食台上,观察试验鱼的进食情况,投喂后 3 min 若食台上仍有剩余的饲料,则结束投喂并捞出残饵,记录每次残饵数量与每天余料量。每 20 d 称重并调整 1 次投喂量。光周期为自然周期。试验持续 60 d。

### 1.2 试验饲料

参照美国 NRC(1993)罗非鱼营养需要量<sup>[4]</sup>,6 组饲料按等氮(33.8%)和等能量(16.50 MJ/kg)的原则配制,对照组饲料添加 20% 鱼粉(不含大豆粕),5 个试验组饲料中大豆粕替代鱼粉水平依次为 20%、40%、60%、80% 和 100%。试验饲料组成及营养水平见表 1。饲料原料来源为:秘鲁鱼粉、美国进口大豆粕、新疆棉籽粕、湖北菜籽粕及广西花生粕。饲料原料全部经过粉碎,过 40 目筛,按配比称量。微量成分采取逐级扩大法添加,并与大宗原料混合均匀,加油和水后再次均匀混合,用小型颗粒饲料机制粒,颗粒直径为 2.5 mm,于 65 °C 烘干,储存于密封塑料袋中,置 -20 °C 冰箱内保存直至投喂。

### 1.3 样品采集与分析

试验开始前取饲料主要原料和每组饲料样品进行主要营养成分分析。分别在试验开始与结束时,对各处理的鱼进行记数和称重,计算特定生长率(specific growth rate,SGR)。记录每天的余料和残饵数量,计算其摄食量(feed intake,FI)、饲料效率(feed efficiency ratio,FER)和蛋白质效率(protein efficiency ratio,PER)。试验结束后,从每个处理的 3 个网箱中,随机各取 2 尾鱼,共 6 尾鱼,分别称重,烘干,用于测全鱼主要营养成分;剩余的鱼,分别称重,测量其体长,计算肥满度;解剖取内脏称重,计算内脏指数(viscerasomatic index,VSI);取肝脏称重,计算肝体指数(hepatosomatic index,HSI);剥离肠脂称重,计算肠脂指数(intestinalsomatic index,ISI)。

采取尾静脉取血(制备血浆的血样中加肝素钠抗凝血),3 000 r/min 离心 15 min,分别收集血清和血浆。试验使用日立 7600-D20 全自动血液生化分析仪和 VITROS 750 × RC 临床诊断仪测定对照组和试验 5 组(大豆粕替代 100% 鱼粉)血浆中葡萄糖(GLU)、总蛋白(TP)、胆固醇(CHOL)、甘油三酯(TG)、钙(CA)、磷(PHOS)的含量及血清中三碘甲状腺原氨酸( $T_3$ )和甲状腺素( $T_4$ )的含量。

试验饲料和鱼体的水分、蛋白质、脂肪和灰分含量按 AOAC(1990)<sup>[5]</sup>有关标准方法测定。粗纤维按照 Van Soest 等<sup>[6]</sup>描述的方法进行测定。氨基酸采用酸水解法测定,但酸水解中色氨酸被破坏,未测定到,所用仪器为日产 835-50 型氨基酸自动测定分析仪。

有关参数计算公式如下:

摄食量(g) = 投喂量 - 残饵量;

特定生长率(%/d) =  $(\ln W_f - \ln W_i) \times 100/d$ ;

饲料效率(%) =  $(W_f - W_i)/F \times 100$ ;

蛋白质效率 =  $(W_f - W_i)/P$ ;

肝体指数(%) =  $(W_h/W_f) \times 100$ ;

内脏指数(%) =  $(W_b/W_f) \times 100$ ;

肠脂指数(%) =  $(W_d/W_f) \times 100^{[7]}$ 。

式中: $W_i$  为试验开始时鱼体重; $W_f$  为试验结束时鱼体重; $d$  为试验天数; $F$  为摄食量; $P$  为蛋白质摄入量; $W_b$  为内脏质量; $W_h$  为肝脏质量; $W_d$  为肠系膜脂肪质量。

表 1 试验饲料组成及营养水平 (风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	对照组 Control group	1 组 Group 1	2 组 Group 2	3 组 Group 3	4 组 Group 4	5 组 Group 5
原料 Ingredients						
次粉 Wheat middling	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
花生粕 Peanut meal	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
菜籽粕 Rapeseed meal	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
米糠 Rice bran	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
大豆粕 Soybean meal		3.30	6.60	13.10	19.50	26.10
统糠 Crude rice bran	8.90	7.90	6.70	4.60	2.50	0.20
秘鲁鱼粉 Peru fish meal	20.00	17.50	15.00	10.00	5.00	
大豆油 Soybean oil	2.10	2.10	2.20	2.40	2.60	2.80
食盐 NaCl	0.10	0.10	0.20	0.30	0.50	0.50
磷酸二氢钙 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0.60	0.80	1.00	1.30	1.70	2.10
氯化胆碱 Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
矿物质预混料 Mineral premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
维生素预混料 Vitamin premix	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>1)</sup>						
水分 Moisture	9.15	9.35	9.09	9.27	9.10	9.31
粗蛋白质 CP	33.93	33.87	33.72	33.69	33.81	33.85
粗脂肪 EE	5.50	5.41	5.39	5.52	5.48	5.44
灰分 Ash	9.09	8.60	8.46	8.34	8.06	7.91
粗纤维 CF	7.00	6.88	6.70	6.68	6.39	6.26
无氮浸出物 NFE <sup>2)</sup>	35.36	35.83	36.36	36.32	37.07	37.18
总能 $\text{GE}/(\text{MJ}/\text{kg})$ <sup>3)</sup>	16.39	16.46	16.57	16.56	16.69	16.70
赖氨酸 Lys	1.65	1.61	1.59	1.53	1.46	1.39
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	1.06	1.02	0.94	0.91	0.86	0.80
异亮氨酸 Ile	1.18	1.19	1.17	1.15	1.13	1.26
苏氨酸 Thr	1.10	1.09	1.07	1.09	1.08	1.07
缬氨酸 Val	1.39	1.38	1.36	1.34	1.31	1.23
精氨酸 Arg	2.30	2.34	2.39	2.36	2.50	2.58
组氨酸 His	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.76
亮氨酸 Leu	2.13	2.12	2.08	2.12	2.11	2.12
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	1.77	1.81	1.86	1.80	1.86	1.91

<sup>1)</sup> 营养水平为实测值。Nutrient levels were measured values.

<sup>2)</sup> 无氮浸出物的计算公式为:无氮浸出物(%) = 100 - (蛋白质 + 脂肪 + 灰分 + 纤维)。NFE was calculated using the following formula: NFE (%) = 100 - (protein + lipid + ash + fiber).

<sup>3)</sup> 总能计算公式<sup>[5]</sup>为:总能(MJ/kg) = 蛋白质 × 23.6 + 脂肪 × 39.5 + 无氮浸出物 × 17.6。GE was calculated using the following formula: GE (MJ/kg) = protein × 23.6 + lipid × 39.5 + NFE × 17.6.

1.4 数据处理

采用 SPSS 16.0 数据统计软件对试验各组间数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA)。方差齐性则运用LSD法进行单因素方差分析;方

差非齐性则采用 Tamhane 氏 T<sub>2</sub> 法进行单因素方差分析。Duncan 氏法对试验各组间差异的显著性进行多重比较。以  $P < 0.05$  作为差异显著性判断标准。试验结果均采用平均值 ± 标准差表示。

## 2 结 果

### 2.1 大豆粕替代实用饲料中的鱼粉对吉富罗非鱼稚鱼生长性能的影响

试验各组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效率

和蛋白质效率见表 2。对照组的上述指标均高于各试验组,但组间无显著性差异( $P>0.05$ );当大豆粕替代 100% 鱼粉(试验 5 组)时,摄食量、特定生长率、饲料效率和蛋白质效率最低,分别为对照组的 88.9%、90.9%、90.8% 和 90.8%。

表 2 试验各组鱼的摄食量、特定生长率、饲料效率和蛋白质效率

Table 2 The FI, SGR, FER and PER of fish in experimental groups

组别 Groups	始重 IBW/g	末重 FBW/g	摄食量 FI/g	特定生长率 SGR/(%/d)	饲料效率 FER/%	蛋白质效率 PER
对照组 Control group	5.83 ± 0.08	46.52 ± 5.67	59.23 ± 1.53	3.63 ± 0.20	68.70 ± 3.72	2.03 ± 0.28
1 组 Group 1	5.87 ± 0.15	42.56 ± 5.42	53.53 ± 3.53	3.49 ± 0.24	68.54 ± 9.62	2.02 ± 0.27
2 组 Group 2	5.68 ± 0.08	43.12 ± 7.87	56.76 ± 3.49	3.54 ± 0.32	65.95 ± 9.32	1.96 ± 0.52
3 组 Group 3	5.95 ± 0.05	42.87 ± 1.69	58.38 ± 2.10	3.46 ± 0.06	63.52 ± 5.56	1.92 ± 0.42
4 组 Group 4	5.68 ± 0.03	44.52 ± 2.09	58.35 ± 4.29	3.61 ± 0.09	66.56 ± 10.89	1.97 ± 0.08
5 组 Group 5	5.80 ± 0.15	38.07 ± 3.79	52.68 ± 4.39	3.30 ± 0.14	61.26 ± 10.91	1.84 ± 0.40

### 2.2 大豆粕替代实用饲料中的鱼粉对吉富罗非鱼稚鱼肝体指数、内脏指数和肠脂指数的影响

试验各组鱼的肝体指数、内脏指数和肠脂指数见表 3。随着大豆粕替代鱼粉比例上升,肝体指数呈下降趋势,但组间无显著差异( $P>0.05$ );肠

脂指数与肝体指数呈现相同趋势,对照组肠脂指数显著高于试验 5 组( $P<0.05$ );但内脏指数随着大豆粕替代鱼粉比例增加而上升,对照组内脏指数显著低于试验 5 组( $P<0.05$ )。

表 3 试验各组鱼的肝体指数、内脏指数和肠脂指数

Table 3 The HSI, VSI and ISI of fish in experimental groups

组别 Groups	肝体指数 HSI	内脏指数 VSI	肠脂指数 ISI
对照组 Control group	1.45 ± 0.41	7.50 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.74 ± 0.17 <sup>b</sup>
1 组 Group 1	1.40 ± 0.53	7.55 ± 0.28 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.21 <sup>ab</sup>
2 组 Group 2	1.15 ± 0.04	7.75 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.50 <sup>ab</sup>
3 组 Group 3	1.27 ± 0.17	7.85 ± 0.43 <sup>ab</sup>	0.61 ± 0.64 <sup>ab</sup>
4 组 Group 4	1.17 ± 0.03	8.22 ± 0.29 <sup>ab</sup>	0.55 ± 0.81 <sup>ab</sup>
5 组 Group 5	1.18 ± 0.18	8.70 ± 0.15 <sup>b</sup>	0.39 ± 0.11 <sup>a</sup>

同列数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

In the same column, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ). The same as below.

### 2.3 大豆粕替代实用饲料中的鱼粉对吉富罗非鱼稚鱼体水分、脂肪、蛋白质和灰分含量的影响

试验各组鱼鱼体水分、脂肪、蛋白质和灰分含量见表 4。试验各组间鱼体蛋白质和灰分含量无显著差异( $P>0.05$ );试验 1 组水分含量显著高于对照组与试验 2 组( $P<0.05$ );试验 3、4 和 5 组试验鱼脂肪含量显著低于对照组与试验 1 组( $P<0.05$ )。

### 2.4 大豆粕替代实用饲料中的鱼粉对吉富罗非鱼稚鱼血液生化指标的影响

对照组与试验 5 组血浆中葡萄糖、总蛋白、胆

固醇、甘油三酯、钙、磷含量及血清中三碘甲状腺原氨酸和甲状腺素含量见表 5。对照组血浆中总蛋白、胆固醇、甘油三酯、钙和磷含量高于试验 5 组,但组间无显著差异( $P>0.05$ );对照组血清中甲状腺素含量显著高于试验 5 组( $P<0.05$ )。

## 3 讨 论

鱼类的生长和饲料效率与饲料中植物蛋白质的关系有 3 种不同的现象:一是随着植物蛋白质添加比例的提高,蛋白质效率逐渐下降;二是不受

饲料中植物蛋白质含量的影响;三是蛋白质效率随植物蛋白质替代比例的升高而升高<sup>[8]</sup>。本试验结果表明,大豆粕对吉富罗非鱼稚鱼具有较高的营养价值,在 20% 鱼粉的实用饲料中用大豆粕替代 80% 的鱼粉,其生长和饲料效率基本未受到大豆粕的影响,但高于一般水产饲料中 30% ~ 50% 的鱼粉替代水平<sup>[3]</sup>。这可能是因为罗非鱼属于杂食性鱼类的缘故,杂食性鱼类对含有植物原料的

配合饲料的可接受程度一般都比较 高,与肉食性鱼类相比较,杂食性鱼类一般对鱼粉及其他动物来源的蛋白质原料的依赖性更 小<sup>[8]</sup>。但当大豆粕完全替代鱼粉时,其摄食量、特定生长率、饲料效率和蛋白质效率均下降 10% 左右,这可能与当大豆粕完全替代鱼粉时,饲料中的必需氨基酸,赖氨酸与蛋氨酸 + 胱氨酸的含量不足有关。

表 4 试验各组鱼体水分、脂肪、蛋白质与灰分含量				
Table 4 The contents of moisture, lipid, protein and ash of fish in experimental groups				%
组别 Groups	水分 Moisture	蛋白质 Protein	脂肪 Lipid	灰分 Ash
对照组 Control group	75.77 ± 0.25 <sup>a</sup>	17.37 ± 0.31	2.93 ± 0.16 <sup>b</sup>	1.99 ± 0.12
1 组 Group 1	77.05 ± 0.20 <sup>b</sup>	17.06 ± 0.77	2.85 ± 0.77 <sup>b</sup>	2.02 ± 0.11
2 组 Group 2	75.59 ± 0.47 <sup>a</sup>	17.03 ± 0.34	2.80 ± 0.15 <sup>ab</sup>	2.00 ± 0.43
3 组 Group 3	76.05 ± 0.58 <sup>ab</sup>	17.06 ± 0.13	2.76 ± 0.50 <sup>a</sup>	1.98 ± 0.35
4 组 Group 4	76.06 ± 0.56 <sup>ab</sup>	17.13 ± 0.12	2.74 ± 0.78 <sup>a</sup>	2.01 ± 0.37
5 组 Group 5	76.20 ± 0.08 <sup>ab</sup>	17.12 ± 0.51	2.67 ± 0.10 <sup>a</sup>	2.00 ± 0.30

表 5 对照组与试验 5 组鱼的血浆及血清中生化指标的含量								
Table 5 The contents of biochemical indexes in plasma and serum of fish in the control group and experimental group 5								
组别 Groups	葡萄糖 GLU/ (mmol/L)	总蛋白 TP/ (g/L)	胆固醇 CHOL/ (mmol/L)	甘油三酯 TG/ (mmol/L)	钙 Ca/ (mmol/L)	磷 PHOS/ (mmol/L)	三碘甲状腺原氨酸 T <sub>3</sub> / (nmol/L)	甲状腺素 T <sub>4</sub> / (nmol/L)
对照组 Control group	8.00 ± 0.70	33.10 ± 0.70	2.70 ± 0.14	2.78 ± 0.25	3.57 ± 0.25	2.70 ± 0.12	2.96 ± 0.32	26.73 ± 3.02 <sup>a</sup>
5 组 Group 5	8.10 ± 1.00	29.50 ± 1.50	2.40 ± 0.30	2.27 ± 0.10	3.30 ± 0.22	2.37 ± 0.29	3.28 ± 0.47	14.90 ± 3.47 <sup>b</sup>

大豆粕替代饲料中的鱼粉,在不同的试验中对鱼体生化指标的影响并不一致。大豆粕替代饲料中的鱼粉对虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 和大西洋鲑 (*Salmo salar*) 的鱼体蛋白质、脂肪、水分和灰分均无显著影响<sup>[9-10]</sup>。在本试验中,吉富罗非鱼鱼体的蛋白质和灰分含量不受影响,但随着饲料中大豆粕替代鱼粉比例上升,鱼体脂肪含量明显降低。肝体指数与肠脂指数呈现相同趋势,而内脏指数随着大豆粕替代鱼粉比例上升而明显增加。这反映随着饲料中大豆粕替代鱼粉比例上升鱼体脂肪合成与沉积能力下降。

当大豆粕替代饲料中鱼粉后,虹鳟、海鲈 (*Dicentrarchus labrax*) 和异育银鲫 (*Carassius auratus gibelio*) 血浆中的胆固醇含量呈现降低的趋势<sup>[11-13]</sup>。研究表明,植物会降低陆生动物体内的

胆固醇含量,主要是由植物中的类雌激素 - 异黄酮所致<sup>[14]</sup>。在本试验中,当大豆粕完全替代鱼粉时,吉富罗非鱼血浆中总蛋白、胆固醇、甘油三酯、钙和磷含量均有一定程度减少,特别是血清中甲状腺素含量显著下降,表明大豆粕中的抗营养因子是影响吉富罗非鱼稚鱼生长与饲料效率的一个重要因素。这也可从大豆粕替代 20% ~ 80% 鱼粉的试验组鱼的生长和饲料效率均未达到对照组鱼的水平得到进一步证实。大豆粕抗营养因子中的抗胰蛋白酶因子和植酸可能起到主要作用,有研究表明它们会抑制机体脂肪和蛋白质的转化与沉积。植酸是一种降低矿物元素利用的因子,对绝大多数金属离子有极强络合能力,能与钙、镁、锌、铜、铁和锰等金属离子形成稳定的络合物,从而降低动物对这些矿物质元素的利用率,阻碍生长

发育<sup>[7,15]</sup>。

## 4 结 论

综上所述,大豆粕在吉富罗非鱼稚鱼实用饲料中可以替代 80% 的鱼粉;在研究大豆粕等植物蛋白质原料替代鱼粉的罗非鱼实用饲料时,必须考虑其抗营养因子和氨基酸平衡的影响。

## 参考文献:

- [ 1 ] FAO. Fishery and aquaculture statistics [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010:9-12.
- [ 2 ] KIKUCHI K. Use of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in diets of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. Aquaculture, 1999, 179:3-11.
- [ 3 ] FRANCIS G, MAKKAR H P S, BECKER K. Anti-nutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish[J]. Aquaculture, 2001, 199:197-227.
- [ 4 ] NRC. Nutrient requirements of fish [S]. Washington, D. C.: National Academy Press, 1993.
- [ 5 ] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists[S]. 15th ed. Gaithersburg, Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- [ 6 ] VAN SOEST P J, ROBERTSON J B, LEWIS B A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. Journal of Dairy Science, 1991, 74:3583-3597.
- [ 7 ] HALVER J E, HARDY R W. Fish nutrition [M]. 3rd ed. London: Academic Press, 2002.
- [ 8 ] VIOLAS R, MOKADY T, AFIELIYS M. Effects of soybean processing methods on the growth of carp [J]. Aquaculture, 1983, 32:27-38.
- [ 9 ] DAVIES S J, MORRIS P C. Influence of multiple amino acid supplementations on the performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed soya based diets [J]. Aquaculture Research, 1997, 28:65-74.
- [10] REFSTIE S, STOREBAKKEN T, BAEVEORD G, et al. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level[J]. Aquaculture, 2001, 193:91-106.
- [11] KAUSHIK S J, CRAVEDI J P, LALLES J P, et al. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 1995, 133:257-274.
- [12] KAUSHIK S J, COVES D, DUTTO G, et al. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European sea bass, *Dicentrarchus labrax* [J]. Aquaculture, 2004, 230:391-404.
- [13] 王崇,雷武,解绶启,等. 饲料中大豆粕替代鱼粉蛋白对异育银鲫生长、代谢及免疫功能的影响[J]. 水生生物学报, 2009, 33(4):741-746.
- [14] SETCHELL K D R, CASSIDY A. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health [J]. The Journal of Nutrition, 1999, 129:758-767.
- [15] SIDDHURAJU P, BECKER K. Preliminary nutritional evaluation of mucuna seed meal (*Mucuna pruriens varutilis*) in common carp (*Cyprinus carpio* L.): an assessment by growth performance and feed utilization[J]. Aquaculture, 2001, 196:105-123.

## Evaluation of Soybean Meal as a Substitute for Fish Meal in Practical Diets for Juvenile Genetic Improvement of Fanned Tilapia

ZHAO Haixiang FENG Jian\* NING Yi PAN Yanyun ZHAO Hualin

(*Institute of Aquaculture, Guangxi University, Nanning 530004, China*)

**Abstract:** This experiment was conducted to evaluate the effect of soybean meal (SM) as a substitute for fish meal (FM) in practical diets for juvenile genetic improvement of fanned tilapia (GIFT). A total of 360 fish with an average body weight of ( $5.80 \pm 0.17$ ) g were randomly divided into 6 groups (control group and 5 experimental groups) with 3 replicates each, and each replicate contained 20 fish. Six diets were formulated to be isonitrogenous (33.8%) and isoenergetic (16.50 MJ/kg). The diet with 20% FM and without SM served as a control group diet. Five experimental diets were supplemented with FM replaced by 20%, 40%, 60%, 80% and 100% SM, respectively. The experiment lasted for 60 days. The results showed as follows: 1) the feed intake (FI), specific growth rate (SGR), feed efficiency ratio (FER) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed diets supplemented with SM instead of 20% to 80% FM were similar to those of fish fed the control diet. When SM was used instead of 100% FM, those indexes were decreased by 10% approximately, but no significant differences were found between the control and other experimental groups ( $P > 0.05$ ). 2) No significant differences in carcass protein and ash contents were found among all treatments ( $P > 0.05$ ). 3) With increasing the proportion of SM instead of FM, lipid content and intestinalsomatic index (ISI) were decreased ( $P > 0.05$ ) and viscerasomatic index (VSI) was increased ( $P > 0.05$ ). The diet supplemented with SM instead of 100% FM had significant effects on ISI and VSI compared with the control diet ( $P < 0.05$ ). 4) The contents of total protein (TP), cholesterol (CHOL), triglyceride (TG), calcium (Ca), phosphorus (PHOS) in plasma of fish fed diet supplemented with SM instead of 100% FM were lower than those of fish fed the control diet ( $P > 0.05$ ), and the content of thyroxine in serum was significantly lower than that of fish fed the control diet ( $P < 0.05$ ). The results indicate that SM can be replaced up to 80% FM in practical diets of GIFT. But the anti-nutritional factors and suboptimal levels of essential amino acids (Lysine and methionine + cystine) in SM may be major negative effects on growth and feed conversion ratio of GIFT. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(10):1840-1846]

**Key words:** soybean meal; substitute; fish meal; growth efficiency; genetic improvement of fanned tilapia