

菜粕、棉粕替代豆粕对奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)生长、体组成和免疫力的影响*

林仕梅 麦康森 谭北平

(中国海洋大学 教育部海水养殖重点实验室 青岛 266003)

提要 在一种实用饲料配方(粗蛋白 28%, 豆粕 18%)的基础上, 用菜粕、棉粕按 1:2 的比例等量替代豆粕(6%、12%、18%)作为蛋白源配制成三种等能等氮的无鱼粉饲料, 在室内饲养奥尼罗非鱼 [*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*, 平均体重为(4.22 ± 0.09)g] 8 周。结果表明, 菜粕、棉粕替代不同水平豆粕对罗非鱼的生长、饲料利用和机体免疫力均产生了显著的影响 ($P < 0.05$)。随菜粕、棉粕替代水平的增加, 罗非鱼的生长、饲料利用和体蛋白含量均显著下降 ($P < 0.05$), 而以无豆粕组影响最大。鱼体肝脂含量、肝体比(HSI)以及脏体比(VR)在组间差异不显著 ($P > 0.05$)。无豆粕组血清 GPT、GOT 酶活力显著升高 ($P < 0.05$), 而血清 SOD、LZ 酶活力显著降低 ($P < 0.05$)。配方中棉粕和菜粕的总量超过 52% 对罗非鱼是不安全的。

关键词 奥尼罗非鱼, 豆粕, 菜粕, 棉粕, 生长, 免疫力

中图分类号 S963

鱼粉和豆粕是水产养殖动物的优质蛋白源。近年来, 鱼粉受价格居高的影响, 在一些淡水鱼类饲料配方中鱼粉和豆粕的添加量受限而导致菜粕、棉粕以及其它杂粕的用量在逐渐增大, 甚至在部分鱼类实用饲料配方中用量比例高达 50% 以上。尽管这些杂粕中存在抗营养因子, 对动物生长性能产生不利的影响 (Francis *et al.*, 2001; Rinchard *et al.*, 2003; Ma *et al.*, 2005)。但已有大量的实验证实, 其合理的利用是安全可行的。目前, 已在虹鳟 (Teskeredzic *et al.*, 1995)、斑点叉尾 (Webster *et al.*, 1997)、大菱鲆 (Burel *et al.*, 2000a) 和草鱼 (Ma *et al.*, 2005) 等上进行了菜粕的研究; 在斑点叉尾 (Robinson *et al.*, 1989; Barros *et al.*, 2002)、尼罗罗非鱼 (Mbahinzireki *et al.*, 2001)、虹鳟 (Cheng *et al.*, 2002; Rinchard *et al.*, 2003) 等上进行了棉粕的研究。但菜粕、棉粕的结合使用对鱼

类生长、生理机能产生怎样的影响? 目前还未见相关研究报道。作者在本试验中以奥尼罗非鱼 (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) 为实验对象, 在等氮无鱼粉日粮的基础上, 探讨菜粕、棉粕联合替代豆粕对罗非鱼生长和体组成的影响, 并通过血清几种酶活力指标, 揭示饲料原料对罗非鱼的肝功能、免疫与防御能力等生理机能的影响, 以期水产动物营养研究和水产配合饲料的生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

参照 NRC(1993)的营养标准, 并结合我国的生产实际, 配制一种含 CP(粗蛋白)28%的无鱼粉实用饲料(豆粕水平为 18%)作为对照组, 在此基础上, 用菜粕(CP 36%)和棉粕(CP 45%)按 1:2 的比例等量替代豆粕(CP 43%) 6%、12%、18% 组成

* 国家“十五”科技攻关项目, 2001BA505B06 号、2004BA526B06 号。林仕梅, 中国海洋大学博士生, 西南大学副教授, E-mail: linsm198@163.com

通讯作者: 麦康森, 教授, E-mail: kmai@ouc.edu.cn

收稿日期: 2005-10-12, 收修改稿日期: 2005-12-15

表 1 试验饲料配方及营养组成(%干物质)

Tab.1 Formulas and chemical composition of trial diets (% dry matter)

试验组	1	2	3	4
豆粕	18	12	6	0
菜籽粕	23	25	27	29
棉籽粕	17	21	25	29
次粉	19.56	19.56	19.56	19.56
玉米	11	11	11	11
米皮糠	5.25	5.25	5.25	5.25
豆油	0.75	0.75	0.75	0.75
磷脂油	0.75	0.75	0.75	0.75
复合多矿 ¹	3	3	3	3
复合多维 ²	1.5	1.5	1.5	1.5
氯化胆碱	0.15	0.15	0.15	0.15
防霉剂 ³	0.03	0.03	0.03	0.03
抗氧化剂	0.01	0.01	0.01	0.01
营养组成(%)				
粗蛋白(% DM)	27.92	27.81	27.59	27.62
粗脂肪(% DM)	3.94	3.91	3.84	3.76
粗灰分(% DM)	5.93	5.95	5.99	6.11

1. 无机盐配方(mg or g /kg diet): KCl, 200mg; KI (1%), 60mg; CoCl₂·6H₂O (1%), 7mg; CuSO₄·5H₂O, 14mg; FeSO₄·H₂O, 400mg; ZnSO₄·H₂O, 200mg; MnSO₄·H₂O, 80mg; Na₂SeO₃·5H₂O (1%), 65mg; MgSO₄·7H₂O, 3000mg; Ca(H₂PO₄)₂·H₂O, 20g; NaCl, 136mg; 沸石粉, 5.84g

2. 维生素配方(mg or g /kg diet): 维生素 B₁, 12mg; 核黄素, 5mg; 维生素 B₆(盐酸吡哆醇), 6mg; 维生素 B₁₂, 0.05mg; 维生素 K₃, 5mg; 肌醇, 100mg; 维生素 B₃(泛酸), 30mg; 烟酸, 35mg; 叶酸, 2mg; 生物素, 0.06mg; 维生素 A, 25mg; 维生素 D₃, 5mg; 维生素 E, 40mg; 维生素 C, 500mg; 乙氧基喹啉, 150mg; 小麦粉, 14.09g

3. 防霉剂成分: 50%丙酸钙和 50%富马酸

三种等能等氮的试验饲料, 配方组成见表 1。饲料原料均粉碎过 40 目筛, 饲料调质温度为 80 ℃, 分别制成Φ1.5 的硬颗粒饲料。60 ℃烘干后, 保存于-15 ℃冰柜中备用。

1.2 饲养和管理

试验用奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)鱼苗为当年培育, 取自广东茂名三高鱼种场, 平均体重(4.22 ± 0.09)g。试验鱼放养在室内淡水循环玻璃水族箱(有效体积为 400L)中, 每箱放 30 尾, 水源为曝气自来水。试验鱼适应环境 2 周后, 称重, 开始投喂试验饲料, 日投喂率为体重的 4%—8%, 每天于 8:00、12:00 和 17:00 投喂三次。每两周称重 1 次, 调整投饲量。每天早上清除箱内粪便, 并换水 1/3。饲养时间为 8 周。试验期间水温为(28.6 ± 0.7) ℃, pH 值为 7.26 ± 0.3, 溶解氧为(6.20 ± 0.6)mg/L, 氨氮为(0.06 ± 0.007)mg/L。

1.3 样品制备

饲养实验结束, 鱼禁食 1 天后称重, 每箱取 3 尾鱼作全鱼样品; 每箱取 3 尾鱼的肌肉和肝胰脏作样品; 每箱取 3 尾鱼于静脉窦取血, 静置 2h, 以 10000r/min 的转速离心 10min, 得到空腹血清

样品, 置-20 ℃冰箱待用。

1.4 测定方法

1.4.1 样品生化分析 饲料原料及鱼体样品均在 105 ℃烘干至恒重, 然后进行生化测定。采用凯氏定氮法测定样品的总氮含量, 将测定结果乘以 6.25 即得粗蛋白含量, 粗脂肪含量采用索氏抽提法, 粗灰分含量采用高温(550 ℃)灰化法测定(AOAC, 1995)。

1.4.2 酶活力测定 谷丙转氨酶(GPT)、谷草转氨酶(GOT)和超氧化物歧化酶(SOD, superoxide dismutase)活力测定, 采用南京建成生物试剂盒法。

1.4.3 溶菌酶活力(LZ)测定 血清中溶菌酶活力通过浊度比色法测定(Ellis, 1990)。反应底物为 0.2mg/ml 溶壁微球菌(*Micrococcus lysodeikticus*, Sigma 公司)悬液。100 μl 血清与 1.9ml 菌悬液混合, 分别在 0.5min 和 4.5min 时测定吸光值(530nm)。一个活力单位定义为每 min 吸光值减少 0.001 所需的血清量。

1.5 数据处理

采用 SPSS 11.0 for Windows 对所得数据进行

单因素方差分析(one-way ANOVA), 若差异达到显著, 则进行 Tukey 多重比较, 显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 实验结果

2.1 对罗非鱼生长和饲料利用效率的影响

罗非鱼的生长试验结果见表 2。由表 2 可见, 菜粕、棉粕替代不同水平豆粕对罗非鱼的生长和蛋白质效率均有显著的影响($P < 0.05$)。18% 豆粕组罗非鱼的末重、瞬间增长率和增重率均显著高于其它各试验组($P < 0.05$); 12% 豆粕组罗非鱼的末重、瞬间增长率和增重率显著高于无豆粕组($P < 0.05$), 而与 6% 豆粕组差异不显著($P > 0.05$)。随着菜粕、棉粕替代水平的提高, 罗非鱼的生长显著降低($P < 0.05$)。100% 替代豆粕会抑制罗非鱼的生长。各试验组罗非鱼的成活率均为 100%。

18% 豆粕组罗非鱼的饲料系数显著低于 6% 和无豆粕组($P < 0.05$); 12% 豆粕组罗非鱼的饲料系数显著低于无豆粕组($P < 0.05$)。18% 和 12% 豆粕组罗非鱼的蛋白质效率组间差异不显著($P > 0.05$), 但均显著高于 6% 和无豆粕组($P < 0.05$)。

2.2 对罗非鱼体组成的影响

从内脏指数以及全鱼和肝脏主要营养成分等方面对养殖鱼品质进行评定。由表 3 可知, 18% 和 12% 豆粕组罗非鱼体蛋白的含量均显著高于 6% 和无豆粕组($P < 0.05$)。罗非鱼干物质、粗脂肪和粗灰分含量在组间差异不显著($P > 0.05$)。菜粕、棉粕不同替代水平罗非鱼的肝脂含量、肝体比以及脏体比在组间差异均不显著($P > 0.05$)。

2.3 对血清非特异性免疫力的影响

各试验组罗非鱼血液部分酶活力分析结果见表 4。无豆粕组罗非鱼血清 GPT、GOT 酶活力显著升高($P < 0.05$)。血清 SOD、LZ 酶活力却表现出相反的变化规律, 即血清 SOD、LZ 酶活力显著降低($P < 0.05$)。其它各实验组在组间差异均不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

从试验结果可以看出: 菜粕和棉粕替代不同水平豆粕对罗非鱼的生长、饲料利用和机体免疫力均产生了不同程度的影响。高水平豆粕组(18%、12%)罗非鱼均表现出较好的生长效果和饲

表 2 试验分组及养殖试验结果(平均值 \pm 标准误)

Tab.2 The experiment results of different groups (means \pm S.E)

试验组	1	2	3	4
平均初重(g)	4.22 \pm 0.052	4.23 \pm 0.024	4.24 \pm 0.017	4.23 \pm 0.014
平均末重(g)	29.86 \pm 0.34 ^a	27.28 \pm 0.16 ^b	26.13 \pm 0.03 ^{bc}	25.06 \pm 0.34 ^c
相对增重率	607.28 \pm 14.91 ^a	545.57 \pm 6.46 ^b	516.99 \pm 2.14 ^{bc}	491.61 \pm 5.96 ^c
瞬间增长率(SGR)	3.49 \pm 0.039 ^a	3.33 \pm 0.015 ^b	3.25 \pm 0.058 ^{bc}	3.17 \pm 0.018 ^c
蛋白质效率(PER)	1.56 \pm 0.08 ^a	1.53 \pm 0.07 ^a	1.35 \pm 0.03 ^{bc}	1.25 \pm 0.03 ^c
饲料系数(FCR)	2.05 \pm 0.027 ^a	2.14 \pm 0.020 ^{ab}	2.25 \pm 0.044 ^{bc}	2.37 \pm 0.044 ^c
成活率(%)	100	100	100	100

注: 表中所给数据为平均数及 3 个重复的标准误, 表中不同的上标字母表示差异显著($P < 0.05$)。相对增重率 = [实验末尾均重(g) - 实验初尾均重(g)] \times 100 / 实验初尾均重(g)。瞬间增长率(%/d) = $(\ln W_t - \ln W_0) / d \times 100$, W_t 为实验结束尾均重(g), W_0 为实验开始尾均重(g)。蛋白质效率(%) = 鱼体增重(g) \times 100 / 蛋白的摄入量(g)。饲料系数 = 饲料消耗量(g) / 鱼体增重(g)

表 3 替代不同水平豆粕对罗非鱼体组成的影响(平均数 \pm 标准误)

Tab.3 Effects of different soybean diets on body composition of the tilapia (means \pm S.E)

试验组	1	2	3	4
脏体比	9.31 \pm 0.30	9.47 \pm 0.29	9.44 \pm 0.09	9.65 \pm 0.17
肝体比	1.92 \pm 0.04	2.16 \pm 0.14	2.06 \pm 0.07	2.04 \pm 0.10
肝脂含量(%)	9.72 \pm 0.26	9.75 \pm 0.14	9.47 \pm 0.12	9.72 \pm 0.21
干物质(%)	29.31 \pm 0.25	30.39 \pm 0.85	30.23 \pm 0.37	30.36 \pm 0.21
粗蛋白(%干重)	56.78 \pm 0.42 ^a	56.14 \pm 0.57 ^a	54.54 \pm 0.21 ^b	52.57 \pm 0.09 ^c
粗脂肪(%干重)	25.69 \pm 0.72	26.25 \pm 0.68	28.77 \pm 0.81	28.41 \pm 0.73
粗灰分(%湿重)	3.48 \pm 0.03	3.52 \pm 0.06	3.52 \pm 0.22	3.55 \pm 0.16

注: 表中所给数据为平均数及 3 个重复的标准误, 表中不同的上标字母表示差异显著($P < 0.05$)。脏体比(VR) = 内脏重(g) / 鱼体重(g) \times 100。肝体比(HSI) = 肝胰脏重(g) / 鱼体重(g) \times 100

表 4 替代不同水平豆粕(SBM)对罗非鱼血清非特异免疫力的影响

Tab.4 Effects of different soybean meal (SBM) levels on the activities of glutamic-pyruvic transaminase (GPT), glutamic-oxalacetic transaminase (GOT), superoxide dismutase (SOD) and lysozyme (LZ) in serum (means ± S.E)

试验组	谷丙转氨酶活力 (GPT)(U/100ml)	谷草转氨酶活力 (GOT)(U/100ml)	超氧化物歧化酶活力 (SOD)(U/ml)	溶菌酶活力(U/ml)
1 (SBM 18%)	41.2 ± 1.6 ^a	75.6 ± 2.4 ^a	66.2 ± 2.8 ^a	108.5 ± 3.2 ^a
2 (SBM 12%)	52.8 ± 1.8 ^a	86.7 ± 4.3 ^a	57.8 ± 1.9 ^a	112.4 ± 5.1 ^a
3 (SBM 6%)	60.6 ± 1.7 ^a	93.6 ± 5.2 ^a	55.9 ± 2.3 ^a	103.5 ± 3.7 ^a
4 (SBM 0%)	90.3 ± 3.2 ^b	135.2 ± 13.5 ^b	26.5 ± 0.8 ^b	66.7 ± 1.6 ^b

注: 表中所给数据为平均数及 3 个重复的标准误, 表中不同的上标字母表示差异显著($P < 0.05$)

料利用率, 当豆粕水平下降到 6%, 甚至无豆粕水平时, 对罗非鱼的生长、蛋白质效率和机体免疫力均产生不利的影响。这表明配方中菜粕和棉粕的总量在 46% 以下不会影响罗非鱼的生长, 但当总量达到 52% 以上时会抑制罗非鱼的生长。

目前, 对菜粕、棉粕作为水产饲料的蛋白源已进行了大量的研究, 并取得了较好的应用效果。Davies 等(1990)研究发现, 饲料中 15% 菜粕替代 FM/SBM, 不会影响莫桑比克罗非鱼的生长, 但菜粕水平过高会影响其生长和饲料效率。Lim 等(1998)研究指出, 斑点叉尾 饲料中菜粕占 31% 或替代饲料中 50% 的豆粕蛋白时, 不影响其摄食和生长性能, 但菜粕占 42.6% 以上时, 因适口性差而降低鱼的增重和摄食量。Ma 等(2005)认为, 草鱼幼鱼饲料中菜粕含量以不超过 30% 为宜。Robinson 等(1989)研究指出, 斑点叉尾 饲料中添加 15% 棉粕是可行的。Blom 等(2001)发现, 饲料中棉粕完全替代鱼粉饲养虹鳟 6 个月, 不影响鱼生长和成活率, 但会降低雌性亲本的繁殖性能。Cheng 等(2002)认为, 饲料中含 10% 棉粕不会影响虹鳟的生长性能, 而饲料中棉酚含量的增加会降低粗蛋白的表观消化率。这一结果与 Mbahinzireki 等(2001)在尼罗罗非鱼上的研究结果一致。以上结果表明菜粕、棉粕在水产饲料中的合理利用是可行的, 但不同的鱼种对菜粕、棉粕的耐受能力是不相同的。由于鱼种、实验条件以及原料等因素可导致这些研究结果不一致。Robinson(1991)研究证实, 斑点叉尾 饲料中补充赖氨酸, 棉粕可以完全替代豆粕而不影响其生长性能。Barros 等(2002)研究指出, 无鱼粉-豆粕日粮中补充铁, 棉粕替代 50% 豆粕会提高斑点叉尾 的增重和改善饲料利用率。这说明植物蛋白饲料通过不同的处理(如补充赖氨酸、或蛋氨酸、或不同工艺)会提高饲料中菜粕、棉粕的用量。

大量研究表明, 植物蛋白饲料中的抗营养因子及其分解产物影响了其在水产饲料中的应用 (Francis *et al*, 2001; Rinchard *et al*, 2003; Ma *et al*, 2005)。但从生理机能方面来评价饲料原料, 还是一个有待研究的课题。作者选择血清转氨酶、溶菌酶和超氧化物歧化酶等三个指标来探讨饲料原料对罗非鱼生理机能的影响。当饲料豆粕水平下降到 0% 时, 罗非鱼血清 SOD、LZ 酶活力均显著降低。这表明配方中菜粕和棉粕的总量达到 58% 时已对罗非鱼的免疫和防御能力产生明显的危害, 应该是不安全的。Burrells 等(1999)研究发现, 随大豆蛋白替代鱼粉蛋白水平的升高, 虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*) 的吞噬指数和呼吸爆发活力显著下降。Krogdahl 等(2000)也发现, 几种不同的大豆产品均显著影响大西洋鲑 (*Salmo salar* L.) 的溶菌酶活力和抗体水平。这些研究表明, 饲料中不同的蛋白源能够显著影响鱼类的免疫系统, 从而使其免疫应答反应出现差异。

血清转氨酶活力反映了肝胰脏受损伤的程度, 血清 GPT、GOT 酶活力越高表明肝胰脏受损伤越严重。试验结果表明, 菜粕和棉粕的用量为 58% 时血清 GPT、GOT 酶活力显著升高, 表明罗非鱼的肝功能已受到损害。也有研究表明, 饲料中棉粕水平不会影响斑点叉尾 的血细胞总数、红细胞数、血细胞比容和血红蛋白含量 (Barros *et al*, 2002)。高含量的菜粕会对草鱼的肝细胞造成结构破坏, 并显著影响血液中 T4 水平 (Ma *et al*, 2005), 这已在大菱鲆 (Burel *et al*, 2000a) 和虹鳟 (Burel *et al*, 2000b) 上得到证实。菜粕、棉粕中这些毒素和抗营养因子通过对肝脏和甲状腺的影响进而影响水产养殖动物的生长。

参 考 文 献

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1995. Official methods of Analysis of AOAC International. Vol.I. Agriculture Chemical; Contaminants, Drug. 16th

- edn. AOAC International, Arlington, VA, 69—78
- Barros M M, Lim C, Klesius P H, 2002. Effect of soybean meal replacement by cottonseed meal and iron supplementation on growth, immune response and resistance of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. *Aquaculture*, 207: 263—279
- Blom J H, Lee K J, Rinchar J *et al*, 2001. Reproductive efficiency and maternal-offspring transfer of gossypol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing cottonseed meal. *J Anim Sci*, 79: 1533—1539
- Burel C, Boujard T, Kaushik S J *et al*, 2000a. Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in diets for turbot (*Psetta maxima*): growth, nutrient utilisation and thyroid status. *Aquaculture*, 188: 363—382
- Burel C, Boujard T, Escaffre A M *et al*, 2000b. Dietary low glucosinolate rapeseed meal affects thyroid status and nutrient utilisation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Brit J Nutr*, 83: 653—664
- Burrells C, Willams P D, Southgate P J *et al*, 1999. Immunological, physiological and pathological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to increasing dietary concentrations of soybean proteins. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 72: 277—288
- Cheng Z J, Hardy R W, 2002. Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 212: 361—372
- Davies S J, McConnell S, Bateson R I, 1990. Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia *Oreochromis mossambicus* Peters. *Aquaculture*, 87: 145—154
- Ellis A E, 1990. Lysozyme Assays. In: Stolen J S, Fletcher T C, Anderson D P *et al* ed. *Techniques in Fish Immunology*. SOS Publications, U S A, 101—103
- Francis G, Makkar H P S, Klaus Becker K, 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197—227
- Krogdahl A, Bakke-Mckellep A M, Roed K H *et al*, 2000. Feeding Atlantic salmon *Salmo salar* L.. Soybean products: effects on disease resistance (furunculosis), and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa. *Aquaculture Nutrition*, 6: 77—84
- Lim C, Klesius P H, Higgs D A, 1998. Substitution of canola meal for soybean meal in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J World Aquac Soc*, 29(2): 161—168
- Ma L, Huang F, Wu J K *et al*, 2005. Effects of different rapeseed meal levels on growth, serum biochemical indices and toxins residues in *Ctenoparyngodon idellus*. *Journal of Fisheries of China*, 29(6): 798—803
- Mbahinzireki G B, Dabrowski K, Lee K J *et al*, 2001. Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating system. *Aquacult Nutr*, 7: 189—200
- NRC (National Research Council), 1993. *Nutrient Requirement of Fish*. National Academy Press, Washington, D C, 1—114
- Rinchar J, Lee K J, Czesny S *et al*, 2003. Effect of feeding cottonseed meal-containing diets to broodstock rainbow trout and their impact on the growth of their progenies. *Aquaculture*, 227: 77—87
- Robinson E H, 1991. Improvement of cottonseed meal protein with supplemental lysine in feeds for channel catfish. *J Appl Aquacult*, 1: 1—14
- Robinson E H, Brent J R, 1989. Use of cottonseed meal in channel catfish feeds. *J World Aquacult Soc*, 20: 250—255
- Teskeredzic Z, Higgs D A, Dosanjh B S *et al*, 1995. Assessment of undephytinized and dephytinized rapeseed protein concentrate as sources of dietary protein concentrate as sources of dietary protein for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 131: 261—277
- Webster C D, Tiu L G, Tidwell J H *et al*, 1997. Growth and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing various percentages of canola meal. *Aquaculture*, 150: 103—112

EFFECT OF SOYBEAN MEAL REPLACEMENT BY RAPESEED-COTTONSEED COMPOUND ON GROWTH, BODY COMPOSITION AND IMMUNITY OF TILAPIA *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*

LIN Shi-Mei, MAI Kang-Sen, TAN Bei-Ping

(The Key Laboratory of Mariculture (Ministry of Education), Ocean University of China, Qingdao, 266003)

Abstract Driven by market high pricing, low-priced feedstuff for aquiculture are sought and tested. This study evaluates the effect using less-expensive rapeseed-cottonseed combo feed mixed with formally used soybean meal (SBM, whose price has been rising in recent years) for juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* [(4.22±0.09)g] in different combinations. Soybean-based (the control, Diet 1) and rapeseed-cottonseed combo (rapeseed : cottonseed = 1 : 2) were tested at equal nitrogen and caloric basis. The combinations include the replacement of soybean meal at 6% (Diet 2), 12% (Diet 3) and 18% (Diet 4) with the combo, respectively. The 4 experimental diets were formulated to contain 28% crude protein on an isocaloric basis. Each diet was randomly fed to triplicate tanks of the juvenile three times a day at 4%—8% of wet body weight for 8 weeks. The activities of glutamic-pyruvic transaminase (GPT), glutamic-oxalacetic transaminase (GOT), superoxide dismutase (SOD) and lysozyme (LZ) in serum were assayed at the end of the experiment. The results showed that the best performance in terms of specific growth rate (*SGR*), relative weight gain ratio (*RWGR*), feed conversion ratio (*FCR*) and protein efficiency ratio (*PER*) were shown by the Diets 3 and 4. The 4 parameters were affected significantly by soybean-free diet ($P < 0.05$). No significant differences were observed in dry matter, whole body moisture, protein, lipid and ash among 4 diet groups ($P > 0.05$). The relative weights of viscus and hepatopancreas, and liver fat did not change significantly ($P < 0.05$). GPT and GOT activities of the juvenile tilapia serum in no-soybean treatment are significantly higher than that of other 3 groups ($P < 0.05$). However, SOD and LZ activities in no-soybean groups are significantly lower than that of the other groups ($P < 0.05$). The results show that rapeseed-cottonseed combo may be included in the diet up to 52% as a substitute for SBM.

Key words Tilapia, Soybean meal, Rapeseed meal, Cottonseed meal, Growth, Immunity