

饲料中菜粕和棉粕的不同比对异育银鲫生长性能、 血浆生化指标和棉酚残留的影响

蒋春琴, 冷向军*, 李小勤, 范英, 史少奕, 罗运仙

(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:为考察不同菜粕和棉粕的水平组合对异育银鲫生长、饲料利用、血浆指标和棉酚残留的影响,配制了菜粕:棉粕(菜粕与棉粕之和为60%)分别为5:0、4:1、3:2、2:3、1:4和0:5的6组试验饲料,投喂平均体重为5.6 g的异育银鲫8周。结果表明,随着饲料中棉粕含量升高和菜粕含量减少,异育银鲫的增重率、饲料效率、特定生长率呈现先上升后下降趋势,其中菜粕:棉粕为3:2组的鱼生长最佳,增重率和饲料系数分别为505.6%和1.33,具有最高的肥满度和最低肝体比;菜粕:棉粕为5:0组的鱼生长最差,增重率和饲料系数分别为430.1%和1.52,具有最低的肥满度和最高的肝体比。各组成活率,肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量没有显著差异($P>0.05$)。菜粕:棉粕为5:0组鱼的血浆谷草转氨酶(AST)和谷丙转氨酶(ALT)活力相对于菜粕:棉粕分别为3:2和2:3组显著增加($P<0.05$);菜粕:棉粕为3:2组鱼的血浆碱性磷酸酶活力在各组中最高($P<0.05$);血浆中总蛋白在各组间差异不明显($P>0.05$)。对异育银鲫肌肉和肝脏分析发现,游离棉酚含量随着饲料中棉粕含量的升高而升高($P<0.05$)。本研究表明,在配方中菜粕和棉粕总量为60%的情况下,菜粕:棉粕为3:2时异育银鲫的生长性能最佳,具有最高的增重率和最低的饲料系数,过高的菜粕或棉粕均会降低鱼体的生长性能,使鱼体血浆ALT和AST活力升高。

关键词:异育银鲫;棉粕;菜粕;生长性能;血浆生化指标;棉酚

中图分类号:S 963

文献标识码:A

近年来,优质动植物蛋白源资源紧缺,价格不断上涨,使得棉粕和菜粕等廉价饼粕类原料在水产饲料配方中的用量不断增加。菜粕和棉粕等植物性蛋白源因其氨基酸不平衡、含有多种抗营养因子及适口性差等原因^[1-3],在饲料使用中有一定的限制比例。其中菜籽粕中含有硫代葡萄糖苷及其分解产物芥子酸和单宁;棉粕的主要抗营养因子有棉酚、环丙烯脂肪酸等有害物质^[4]。目前,有关棉粕在水产饲料中使用的报道已见于虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)^[5]、斑点叉尾鲟(*Ictalurus punctatus*)^[6]和尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)^[7];在草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)^[8]、鲤(*Cyprinus carpio*)^[9]、大鳞大麻哈鱼(*Oncorhynchus*

tshawytscha)^[10]和莫桑比克罗非鱼(*Sarotherodon mossarrabicus*)^[11]中也有菜粕使用的报道。将二者以适宜的比例配合,既可发挥蛋白质的互补效应,还可避免单独使用时因用量过大而产生的抗营养因子带来毒副作用,但在这方面的研究还不多。

异育银鲫(*Carassius auratus gibelio*)是以天然雌核发育的方正银鲫为母本,用兴国红鲤作父本,经人工授精和异精雌核发育而得的子代,是一种生长快、适应性强、食性广、抗病力强、肉质鲜美和易于养殖的鲫^[12]。近年来,有一些研究报道了在鲫饲料中菜粕、棉粕的使用,添加晶体赖氨酸条件下可以用棉粕替代方正银鲫饲料

收稿日期:2010-05-20 修回日期:2010-09-25

资助项目:上海市重点学科建设项目(Y1101);现代农业产业技术体系建设专项基金(nycytx-49)

通讯作者:冷向军, E-mail: xjleng@shou.edu.cn

中 66.7% 豆粕^[13]; 双低菜粕替代 100% 豆粕和鱼粉时, 异育银鲫的生长受到不利影响^[14]; 随着双低菜籽粕比例增高, 异育银鲫的增重率和饲料效率明显提高^[15]。通常生产中将菜粕和棉粕按一定比例配合使用, 但关于二者适宜配比对鲫的影响尚未见报道。本试验以异育银鲫为研究对象, 探究菜粕、棉粕不同比例组合的饲料对鱼体生长性能、营养成分、血浆指标及毒素残留的影响, 为菜粕和棉粕在水产饲料中合理应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计与试验饲料

配方按菜粕和棉粕总量为 60%, 设计 6 组不同

水平组合的试验饲料, 菜粕: 棉粕 (RSM: CSM) 分别为 5:0、4:1、3:2、2:3、1:4 和 0:5。原料中鱼粉、豆粕、菜籽粕和棉粕粗蛋白含量分别为 60.87%、41.06%、36.76% 和 40.50%, 菜籽粕中异硫氰酸酯含量为 199 mg/kg, 棉粕中游离棉酚含量为 434.29 mg/kg。饲料原料过 40 目筛, 逐级混匀后再经制粒机加工成直径 1 mm 颗粒, 晾干备用。试验饲料组成及营养成分见表 1。

1.2 试验用鱼

试验用的异育银鲫平均体重为 5.6 g, 选取规格一致, 体质健壮个体共 990 尾, 随机分配于 18 个长方形水泥池中 (6 个处理组, 每个处理 3 个重复), 每池 55 尾。

表 1 试验饲料组成及营养成分含量
Tab. 1 Ingredient and nutritional composition of experimental feed %

原料成分 ingredients	试验饲料 experimental feed					
	RSM: CSM	RSM: CSM	RSM: CSM	RSM: CSM	RSM: CSM	RSM: CSM
	5:0	4:1	3:2	2:3	1:4	0:5
鱼粉 fish meal	15	15	15	15	15	15
豆粕 soybean meal	5	5	5	5	5	5
菜粕 rapeseed meal	60	48	36	24	12	0
棉粕 cottonseed meal	0	12	24	36	48	60
次粉 wheat middle	15.15	15.05	14.95	14.85	14.75	14.65
多维 vitamin premix	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
多矿 mineral premix	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
氯化胆碱 choline chloride	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
磷酸二氢钙 monocalcium phospate	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
鱼油 fish oil	1	1	1	1	1	1
豆油 soybean oil	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3
合计 total	100	100	100	100	100	100
营养成分 nutritional composition						
水分 moisture	7.01	6.84	6.72	6.71	6.67	6.59
粗蛋白 crude protein	35.80	36.16	36.34	36.40	36.44	36.63
粗脂肪 crude fat	5.01	4.98	4.97	4.95	4.94	4.92
粗灰分 crude ash	8.89	8.84	8.59	8.64	8.67	8.88
赖氨酸 Lys	1.69	1.77	1.85	1.93	2.01	2.09
蛋氨酸 Met	0.68	0.67	0.67	0.66	0.65	0.65
赖氨酸/蛋氨酸 Lys/Met	2.49	2.64	2.76	2.92	3.09	3.22
游离棉酚 (mg/kg) free gossypol	0	53.45	107.05	160.51	213.72	265.85
异硫氰酸酯 (mg/kg) isothiocyanate	119.4	95.52	71.64	47.76	23.88	0

注: 维生素和微量元素在饲料中的添加量 (mg/kg 饲料), 维生素 A, 6 000.0 IU; 维生素 D, 2 000.0 IU; 维生素 E, 50.0 mg; 维生素 K, 5.0 mg; 维生素 B₁, 15.0 mg; 维生素 B₂, 15.0 mg; 烟酸, 30.0 mg; 维生素 B₆, 10.0 mg; 泛酸, 25.0 mg; 叶酸, 0.2 mg; 维生素 B₁₂, 0.03 mg; 生物素, 0.2 mg; 维生素 C, 100.0 mg; 肌醇, 100.0 mg; 锌, 80.0 mg; 铁, 150.0 mg; 铜, 4.0 mg; 锰, 20.0 mg; 碘, 0.4 mg; 钴, 0.1 mg; 硒, 0.1 mg; 镁, 100.0 mg.

Notes: To contain vitamin and mineral in diet added as premix (mg/kg diet): VA, 6 000.0 IU; VD, 2 000.0 IU; VE, 50.0 mg; VK, 5.0 mg; VB₁, 15.0 mg; VB₂, 15.0 mg; VB₅, 30.0 mg; VB₆, 10.0 mg; VB₇, 0.20 mg; VB₁₁, 3.0 mg; VB₁₂, 0.03 mg; Inositol 100.0 mg; Zn, 80.0 mg; Fe, 150.0 mg; Cu, 4.0 mg; Mn, 20.0 mg; I, 0.4 mg; Co, 0.1 mg; Se, 0.1 mg; Mg, 100.0 mg.

1.3 饲养管理

饲养试验在上海海洋大学南汇特种养殖场进行,试验鱼饲养于18个水泥池中(3.0 m×2.5 m×1.2 m,水深0.6 m),试验前驯化1周,待鱼摄食正常后开始试验,每日投喂4次(8:30,11:30,14:30,17:30),投饵量为体重的3%~6%,具体根据水温、天气、摄食情况进行调整,各组保持一致的投喂量,并每日昼夜充气,定期换水。饲养试验期间,水温24~32℃,DO 6.5~8.3 mg/L,pH值6.9~7.8,饲养时间为8周。

1.4 测定指标及方法

生长性能指标 试验结束饥饿24 h,然后称量各组试验鱼的体重,计算增重率、饲料系数、特定生长率和成活率等生长性能指标。

增重率(WGR,%)=(末均重-初均重)(g)/初均重(g)×100

饲料系数(FCR)=摄食量(g)/(末均重-初均重)(g)

饲料效率(FE,%)=(末均重-初均重)(g)/摄食量(g)

特定生长率(SGR,%/d)=[Ln末均重(g)-Ln初均重(g)]/饲养天数(d)×100

成活率(SR,%)=成活尾数/总尾数×100

形体指标 饥饿24 h处理后,每组取鱼15尾,每池随机取5尾,用于计算其体长体高比、肥满度、脏体比和肝胰脏指数等形体指标。

体长体高比=体长(cm)/体高(cm)

肥满度(CF,%)=体重(g)/体长³(cm³)×100

脏体比(VSI,%)=内脏重(g)/体重(g)×100

肝体比(HSI,%)=肝重(g)/体重(g)×100

肌肉成分分析 肌肉成分测定包括:水分、粗灰分、粗蛋白和粗脂肪。其中粗水分采用105℃恒重法(GB/T 6435-86);粗灰分采用550℃灰化法(GB/T 6438-92);粗蛋白采用凯氏定氮法(GB/T 6432-94);粗脂肪采用氯仿-甲醇抽提法。

血浆生化指标 饲养试验结束后,采用柠檬酸钠作为抗凝剂尾静脉取血,6 000 r/min离心10 min得血浆,置于-20℃冰箱保存待测。其中谷草转氨酶(AST)活性测定采用比色法中赖氏法;谷丙转氨酶(ALT)活性测定也采用比色法中赖氏法;碱性磷酸酶(AKP)采用AMP缓冲液法;总蛋白(TP)采用双缩脲法。AST和ALT测定采

用南京建成生物技术有限公司生产的测试盒;AKP和TP测定采用迈瑞BS-200全自动生化分析仪。

肌肉和肝脏棉酚含量测定 饲养试验结束后,解剖鱼体取肝脏,去鳞取两侧肌肉,对所取组织进行冷冻干燥处理。游离棉酚测定采用苯胺比色法(GB 13086-91)^[16],在3-氨基-1-丙醇和冰乙酸存在下,用异丙醇与正己烷的混合溶剂提取游离棉酚,用苯胺使棉酚转化为苯胺棉酚,在最大吸收波长440 nm处进行比色测定。

1.5 数据统计

试验结果表示为平均数±标准差,数据采用SPSS(Version 16.0)统计软件进行统计分析,用Duncan氏进行多重比较,差异显著水平为P<0.05。

2 结果

2.1 菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫生长性能的影响

经过8周饲养,不同菜粕和棉粕的水平组合对异育银鲫生长性能的影响见表2。随着配方中棉粕增加和菜粕减少,异育银鲫增重率、饲料效率和特定生长率呈先升高后降低趋势,而饲料系数呈先降低后升高趋势。其中菜粕:棉粕为3:2组异育银鲫的增重率、饲料效率和特定生长率显著高于其他各组(P<0.05),饲料系数最低,相对于菜粕:棉粕为5:0组增重率提高17.55%(P<0.05),饲料效率提高14.61%(P<0.05),特定生长率提高8.05%(P<0.05),饲料系数降低12.50%(P<0.05);菜粕:棉粕分别为4:1、2:3、1:4和0:5组的增重率、饲料效率、特定生长率和饲料系数之间无显著性差异(P>0.05);各处理组异育银鲫的成活率均为100%。

2.2 菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫形体指标和内脏指数的影响

由表3可见,饲料中棉粕增加,菜粕减少,各组间异育银鲫的肥满度和脏体比呈先升高后降低的趋势,其中菜粕:棉粕为3:2组各指标均为最高(P<0.05),菜粕:棉粕为5:0、4:1、1:4和0:5组的肥满度和脏体比均无显著差异(P>0.05);而肝体比呈先下降后升高趋势,其中菜粕:棉粕为3:2组数值最低(P>0.05);各处理组异育银鲫的

体长/体高无显著差异($P>0.05$)。

表 2 菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫生长的影响
Tab.2 Effects of different proportion of rapeseed meal and cottonseed meal on growth performance of *C. auratus gibelio*

指标 index	RSM: CSM 5:0	RSM: CSM 4:1	RSM: CSM 3:2	RSM: CSM 2:3	RSM: CSM 1:4	RSM: CSM 0:5
平均初体重(g) initial body weight	5.6±0.0	5.6±0.0	5.6±0.0	5.6±0.0	5.6±0.0	5.6±0.0
平均末体重(g) final body weight	29.7±0.1 ^a	31.7±0.3 ^b	33.9±0.9 ^c	32.4±0.8 ^b	32.0±0.1 ^b	31.3±0.5 ^b
增重率(%) weight gain	430.1±2.4 ^a	465.9±4.6 ^b	505.6±15.4 ^c	478.2±15.0 ^b	471.5±2.1 ^b	459.0±9.2 ^b
饲料系数 feed coefficient ratio	1.52±0.03 ^c	1.41±0.04 ^{ab}	1.33±0.03 ^a	1.40±0.06 ^{ab}	1.41±0.01 ^{ab}	1.43±0.03 ^b
饲料效率(%) feed efficiency ratio	65.71±1.29 ^a	71.05±1.87 ^b	75.31±1.45 ^c	71.26±3.01 ^b	71.18±0.42 ^b	69.79±1.29 ^b
特定生长率(%) specific growth ratio	2.98±0.01 ^a	3.10±0.02 ^b	3.22±0.05 ^c	3.13±0.05 ^b	3.11±0.01 ^b	3.07±0.03 ^b
成活率(%) survival rate	100	100	100	100	100	100

注:同一行数据后不同小写字母表示两者间有显著差异($P<0.05$)。
Notes: Values in the same array with different letters are significantly different($P<0.05$).

表 3 菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫形体指标和内脏指数的影响
Tab.3 Effects of different proportion of rapeseed meal and cottonseed meal on physical indicators and visceral index of *C. auratus gibelio*

指标 index	RSM: CSM 5:0	RSM: CSM 4:1	RSM: CSM 3:2	RSM: CSM 2:3	RSM: CSM 1:4	RSM: CSM 0:5
体长/体高 length/height	2.74±0.04	2.72±0.04	2.70±0.03	2.71±0.04	2.72±0.02	2.74±0.02
肥满度(%) condition factor	3.16±0.06 ^a	3.17±0.07 ^a	3.26±0.07 ^b	3.22±0.08 ^{ab}	3.17±0.06 ^a	3.16±0.05 ^a
脏体比(%) viscerasomatic index	9.90±0.21 ^a	9.94±0.09 ^a	10.70±0.43 ^b	10.36±0.25 ^{ab}	10.13±0.02 ^a	9.92±0.32 ^a
肝体比(%) hepatosomatic index	4.77±0.17 ^b	4.65±0.14 ^b	4.18±0.29 ^a	4.45±0.31 ^{ab}	4.65±0.25 ^b	4.71±0.43 ^b

注:同一行数据后不同小写字母表示两者间有显著差异($P<0.05$)。
Notes: Values in the same array with different letters are significantly different($P<0.05$).

2.3 菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫肌肉成分的影响
由表 4 可见,各组异育银鲫肌肉的水分、粗灰分、粗蛋白和粗脂肪含量均无显著差异($P>0.05$)。

表 4 菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫肌肉成分的影响
Tab.4 Effects of different proportion of rapeseed meal and cottonseed meal on muscle composition of *C. auratus gibelio*

指标 index	RSM: CSM 5:0	RSM: CSM 4:1	RSM: CSM 3:2	RSM: CSM 2:3	RSM: CSM 1:4	RSM: CSM 0:5	%
水分 moisture	76.35±0.28	76.13±0.15	76.68±0.51	76.46±0.33	76.21±0.05	76.32±0.26	
粗灰分 crude ash	1.24±0.01	1.25±0.02	1.28±0.01	1.27±0.01	1.26±0.03	1.24±0.03	
粗蛋白 crude protein	18.55±0.03	18.67±0.01	18.47±0.20	18.44±0.14	18.56±0.12	18.63±0.09	
粗脂肪 crude fat	2.66±0.22	2.71±0.20	2.70±0.08	2.72±0.14	2.71±0.26	2.72±0.15	

2.4 菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫血浆生化指标的影响
不同菜粕和棉粕的水平组合对异育银鲫血浆 ALT、AST、AKP 和 TP 的影响见表 5。其菜粕:棉粕为 3:2 和 2:3 组的异育银鲫血浆的 ALT 和 AST 活性显著低于其他各处理组($P<0.05$);菜粕:棉粕为 3:2 组异育银鲫血浆 AKP 活性最高,菜粕:棉粕为 5:0 和 0:5 组的异育银鲫血浆 AKP 活性最低;TP 在异育银鲫各组间无显著差异($P>0.05$)。

表 5 菜粕和棉粕的不同配比对异育银鲫血浆生化指标的影响
Tab.5 Effects of different proportion of rapeseed meal and cottonseed meal on plasma biochemical indicators of *C. auratus gibelio*

指标 index	RSM: CSM 5:0	RSM: CSM 4:1	RSM: CSM 3:2	RSM: CSM 2:3	RSM: CSM 1:4	RSM: CSM 0:5
谷丙转氨酶(U/L) ALT	9.57 ± 1.04 ^b	8.68 ± 0.99 ^{ab}	7.45 ± 0.90 ^a	7.59 ± 0.65 ^a	8.24 ± 1.19 ^{ab}	8.70 ± 1.12 ^{ab}
谷草转氨酶(U/100 mL) AST	23.58 ± 1.56 ^b	22.04 ± 1.08 ^{ab}	20.91 ± 0.47 ^a	21.04 ± 1.24 ^a	21.85 ± 0.21 ^{ab}	22.52 ± 0.32 ^{ab}
碱性磷酸酶(U/L) AKP	35.65 ± 1.87 ^a	38.60 ± 1.04 ^{ab}	41.35 ± 1.90 ^b	38.65 ± 1.89 ^{ab}	38.10 ± 3.40 ^{ab}	36.03 ± 1.47 ^a
总蛋白(g/L) TP	42.73 ± 1.72	44.00 ± 3.53	47.12 ± 3.80	45.55 ± 2.71	45.10 ± 4.13	42.85 ± 1.74

注:同一行数据后不同小写字母表示两者间有显著差异($P < 0.05$)。
Notes: Values in the same array with different letters are significantly different($P < 0.05$).

2.5 饲料棉粕含量对异育银鲫肌肉和肝脏游离棉酚含量的影响

不同菜粕和棉粕水平组合饲料中的游离棉酚在异育银鲫肌肉和肝脏沉积影响见表 6。随着饲

料中棉粕用量增加,异育银鲫肌肉、肝脏游离棉酚含量沉积呈递增趋势,在菜粕:棉粕为 0:5 组的异育银鲫肌肉和肝脏中沉积的游离棉酚含量最高($P < 0.05$)。

表 6 饲料棉粕含量对异育银鲫肌肉和肝脏游离棉酚含量的影响
Tab.6 Effects of content of cottonseed meal in feed on free gossypol in muscle and liver of *C. auratus gibelio*

指标 index	RSM: CSM 5:0	RSM: CSM 4:1	RSM: CSM 3:2	RSM: CSM 2:3	RSM: CSM 1:4	RSM: CSM 0:5
肌肉游离棉酚 free gossypol in muscle	0	21.37 ± 0.76 ^a	24.22 ± 0.60 ^{ab}	26.22 ± 2.11 ^b	31.10 ± 3.14 ^c	36.04 ± 4.06 ^d
肝脏游离棉酚 free gossypol in liver	0	283.76 ± 9.68 ^a	306.31 ± 8.05 ^{ab}	316.03 ± 16.06 ^b	347.89 ± 21.98 ^c	409.39 ± 8.19 ^d

注:同一行数据后不同小写字母表示两者间有显著差异($P < 0.05$)。
Notes: Values in the same array with different letters are significantly different($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 菜粕在水产饲料中的应用

研究发现,饲料中 15% 菜粕替代鱼粉或豆粕不会影响莫桑比克罗非鱼的生长^[17];Lim 等^[18]认为斑点叉尾鲷饲料中双低菜籽粕的添加量达到 31% 不会对生长性能指标产生影响,但占 42.6% 以上时,会因适口性差导致鱼体增重和摄食量降低;Webster 等^[19]研究同样发现投喂含 48% 双低菜籽粕饲料的斑点叉尾鲷稚鱼体重明显下降;对异育银鲫和团头鲂的研究也表明,当双低菜粕替代豆粕比例高达 100% 或替代饲料中全部豆粕和鱼粉蛋白时,鱼体特定生长率、饲料转化率和平均摄食率等指标都呈现下降趋势^[14]。本试验中,菜粕含量为 60% 组的异育银鲫表现出生长缓慢,其原因与其中的抗营养因子含量过高,以及必需氨基酸不足有关(鲫配合饲料标准^[20]中,鱼种饲料有效赖氨酸为 1.7%,本实验中,菜粕含量为 60% 组的总赖氨酸为 1.69%)。可见,菜粕在水产饲料中的用量与菜粕品种(与抗营养因子含量有关)、品种与生理阶段等均有关。

菜粕含有硫代葡萄糖苷、芥子酸和单宁等抗营养因子,对鱼体产生一定毒害作用。当饲料中双低菜籽粕的用量达 68%、52.2% 时,草鱼、鲤甲状腺滤泡上皮细胞高度增加,肝脏出现颗粒和空泡变性,肾小球透明变性,肾脏淤血^[21];马利等^[22]发现草鱼肌肉和肝脏中硫代葡萄糖苷、噁唑烷硫酮和异硫氰酸酯含量随饲料中菜粕水平的升高而升高,50% 菜粕组的肝细胞变性、坏死,细胞质结构崩解;此外,菜粕含量过高还会影响甲状腺功能,降低血液 T4 水平,这在草鱼^[22]、虹鳟^[23]和大菱鲆^[24]上已有报道。本试验中,菜粕含量为 60% 组的 VSI 最小,而 HSI 最大,表明其肝胰脏有一定肿胀现象,同时发现该组的血清 ALT 和 AST 活力最高。血清 ALT 和 AST 是评价鱼类肝脏损伤程度以及确定一些营养素需求量的重要指标^[25-26],转氨酶在正常新陈代谢过程中的活性保持相对稳定水平,但当组织发生病变时,产生肿胀和坏死现象,导致大量转氨酶进入血液,引起血液中转氨酶活力明显升高。本实验中,菜粕棉粕比为 5:0 组的转氨酶活力显著高于菜粕棉粕比为 3:2 和 2:3 组,说明该组鱼体肝功能受损较为严

重,这种情况在奥尼罗非鱼中也有报道^[27]。本试验中,饲料菜粕用量最高组含异硫氰酸酯 119.4 mg/kg,远低于渔用配合饲料安全限量标准(NY 5072-2002)^[28]对异硫氰酸酯含量不超过 500 mg/kg 的规定,但鱼体生长性能已显著下降,这表明,可能不同鱼类对异硫氰酸酯的敏感程度不同,今后有必要开展异硫氰酸酯对鱼类危害的研究,以确定异硫氰酸酯对不同鱼类的安全限量。

3.2 棉粕在水产饲料中的应用

Fowler 等^[29]发现,大鳞大麻哈鱼和银大麻哈鱼摄食含 34%、22% 棉粕饲料,其生长性能同摄食含 37% 鱼粉饲料的鱼体基本一致。金鱼和罗非鱼摄食含乙酸棉酚 0.1% 饲料后,其生长性能不受影响^[30];在尼罗罗非鱼的研究中,在补充赖氨酸的前提下,棉粕可以替代 60% 豆粕而不影响其生长性能^[31];但在斑点叉尾鲴饲料中 55% 的棉粕完全替代豆粕会导致鱼体的生长下降^[32];苏氏圆腹鲢摄食棉粕含量 39% 的饲料,其生长和饲料利用率明显下降^[33]。本试验中,棉粕含量为 48%、60% 组的异育银鲫生长较为缓慢,棉粕含量为 24% 组的鱼体生长性能最好,可见棉粕在水产饲料中的用量因鱼种类不同而有所差异,并与棉粕中的游离棉酚含量有关。

当斑点叉尾鲴饲料中游离棉酚含量增加到 0.12% 时,鱼体生长显著下降,肝、肾及肌肉中游离棉酚含量增加^[34];棉籽饼代替鱼粉含量在 75% 以上时(饲料棉酚含量为 0.11%~0.44%),罗非鱼肝中棉酚含量由 32.3 μg/g 提高到 132.1 μg/g^[35];以醋酸棉酚形式添加游离棉酚 400 mg/kg 以上时,鲤的生长明显受到抑制,且肝脏中棉酚蓄积量与饲料中棉酚含量呈正相关^[36];棉粕含量过高可降低饲料赖氨酸可利用性^[37];游离棉酚会妨碍小肠对铁的吸收,干扰血红蛋白合成,使红细胞和血红蛋白含量降低^[38];此外游离棉酚易与蛋白质结合,抑制鱼体对蛋氨酸的利用,损伤肠及其它器官,使肝细胞坏死和累积蜡样色素,肾小球基膜增厚,精子活力下降^[39-40]。本试验中异育银鲫肌肉、肝脏棉酚沉积与饲料棉粕含量呈正相关,肝脏游离棉酚沉积量显著高于肌肉,表明棉酚在各器官中的沉积顺序和含量都有所不同,肝脏成为鱼体毒素沉积的主要器官。随着游离棉酚在肝脏沉积量增加,血液转氨酶活力升高,表明可能导致了肝脏受损程度增加。根据渔用配合饲料安全限量

标准(NY 5072-2002)规定,温水性鱼类饲料中的游离棉酚含量不得超过 300 mg/kg^[28],本试验中测得棉粕最高用量组游离棉酚 265.85 mg/kg,虽未超出该限量标准,但已造成了鱼体生长性能的下降和血液转氨酶活力升高,这是否会对鱼体安全造成影响还有待于进一步研究。

3.3 菜粕和棉粕的适宜配比

菜粕、棉粕在水产饲料中的合理使用,主要基于营养价值的考虑和抗营养因子的考虑,既要使二者营养价值的发挥达到最大化,又要使二者抗营养因子的危害最小化。生产中,通常是将棉粕和菜粕配合使用,在淡水杂食性、草食性鱼类饲料配方中的用量一般为 50%~60%;至于二者的比例,生产中采用 1:1、1:2 和 2:1 的均有之,但目前尚未见有关报道。本试验在菜粕和棉粕总量为 60% 的前提下,设计了菜粕:棉粕(RSM:CSM)分别为 5:0、4:1、3:2、2:3、1:4 和 0:5 的 6 组饲料,结果表明,菜粕:棉粕为 3:2 组的鱼生长最佳,增重率和饲料系数分别为 505.6% 和 1.33,具有最高的肥满度和最低肝体比,血浆 AKP 活性较高,ALT 和 AST 活力也保持在较低水平。这表明,在本试验条件下,菜粕:棉粕比为 3:2 较为适宜,一方面,充分发挥了菜粕、棉粕的蛋白质互补效应,另一方面,菜粕、棉粕的用量适中,各自所含的抗营养因子均未达到可产生显著毒害作用的水平,因而产生了良好的组合效应。

参考文献:

- [1] Gouveia A, Davies S J. Preliminary nutritional evaluation of peaseed meal (*Pisum sativum*) for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Aquaculture, 1998, 166: 311-320.
- [2] Oliva-Teles A, Goncalves P. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in diets for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles [J]. Aquaculture, 2001, 202: 269-278.
- [3] Dias J, Gomes E F, Kaushik S J. Improvement of feed intake through supplementation with an attractant mix in European sea bass fed plant-protein rich diets [J]. Aquatic Living Resources, 1997, 10: 385-389.
- [4] 冷向军, 李小勤. 饼粕饲料中的抗营养因子及其对鱼类的危害 [J]. 中国饲料, 2005, 12: 25-27.
- [5] Rinchar J, Lee K J, Czesny S, et al. Effect of feeding cottonseed meal-containing diets to

- broodstock rainbow trout and their impact on the growth of their progenies [J]. *Aquaculture*, 2003, 227:77-87.
- [6] Robinson E H. Improvement of cottonseed meal protein with supplemental lysine in feeds for channel catfish[J]. *Journal Applied Aquaculture*, 1991, 1:1-14.
- [7] El-Saidy D M S D, Gaber M M. Use of cottonseed meal supplemented with iron for detoxification of gossypol as a total replacement of fish meal in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets [J]. *Aquaculture Res*, 2004, 35(9):859-865.
- [8] Soares C M, Hayashi C, Furuya V R B. Use of canola meal in the diet of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* V.) [J]. *Acta Scientiarum*, 1998, 20(3):395-400.
- [9] 吴志新,覃江凤,陈孝煊,等. 双低菜籽粕在草鱼、鲤和日本沼虾配合饲料中适宜使用量的研究[J]. *淡水渔业*, 2005, 35(5):12-15.
- [10] Higgs D A, McBride J R, Markert J R. Evaluation of tower and Candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. *Aquaculture*, 1982, 29(1/2):1-31.
- [11] Jackson A J, Capper B S, Ma W A J. Evaluation of some plant proteins in complete diets for the tilapia *Sarotherodon mossambicus* [J]. *Aquaculture*, 1982, 27:97-109.
- [12] 张余霞,王爱民,韩光明,等. 小肽替代部分鱼粉对异育银鲫内源酶及血液指标的影响[J]. *饲料工业*, 2009, 30(22):22-25.
- [13] 顾夕章,李国富,吴江,等. 方正银鲫饲料中利用棉粕减少豆粕用量的研究[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(31):13656-13657.
- [14] 高贵琴,熊邦喜,赵振山,等. 不同水平双低菜粕替代蛋白对鱼类生长的影响[J]. *水利渔业*, 2004, 24(3):55-57.
- [15] 刘文斌,王爱民,王恬. 菜籽粕中芥子酸和硫甙对异育银鲫生长和生理机能的影响[J]. *南京农业大学学报*, 2004, 27(1):78-80.
- [16] 中华人民共和国国家技术监督局. GB/T 13086-1991. 中华人民共和国国家标准——饲料中游离棉酚的测定方法[S]. 北京:中国标准出版社, 1991.
- [17] Davies S J, McConnell S, Bateson R I. Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia *Oreochromis mossambicus* Peters [J]. *Aquaculture*, 1990, 87:145-154.
- [18] Lim C, Klesius P H, Higgs D A. Substitution of canola meal for soybean meal in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. *Journal World Aquaculture Society*, 1998, 29(2):161-168.
- [19] Webster C D, Thompson K R, Morgan A M, et al. Use of hemp seed meal, poultry by product meal, and canola meal in practical diets without fish meal for sunshine bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) [J]. *Aquaculture*, 2000, 188:299-309.
- [20] 中华人民共和国农业部. SC/T 1076-2004 中华人民共和国水产行业标准—鲫鱼配合饲料[S]. 北京:中国标准出版社, 2004.
- [21] 吴志新,覃江凤,陈孝煊,等. 双低菜籽粕对草鱼和鲤甲状腺肝肾组织结构的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2006, 25(4):426-430.
- [22] 马利,黄峰,吴建开,等. 不同菜粕水平对草鱼生长、血清生化指标和毒素残留的影响[J]. *水产学报*, 2005, 29(6):798-803.
- [23] Burel C, Boujard T, Escaffre A M, et al. Dietary low-glucosinolate rapeseed meal affects thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *British Journal of Nutrition*, 2000, 83:653-664.
- [24] Burel C, Boujard T, Kaushik S J, et al. Potential of plant-protein sources as fishmeal substitutes in diets of turbot (*Psetta maxima*): growth, nutrient utilization and thyroid status [J]. *Aquaculture*, 2000, 188:363-382.
- [25] Jeney G, Nemcsok J, Jeney Z, et al. Acute effect of sublethal ammonia concentrations on common carp (*Cyprinus carpio* L.): II. Effect of ammonia on blood plasma transaminases (GOT, GPT), G1DH enzyme activity, and ATP value [J]. *Aquaculture*, 1992, 104(1/2):149-156.
- [26] Lee S M. Review of the lipid and essential fatty acid requirements of rockfish (*Sebastes schlegelii*) [J]. *Aquaculture Res*, 2001, 32(Suppl. 1):8-17.
- [27] 林仕梅,麦康森,谭北平. 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[J]. *海洋与湖沼*, 2007, 38(2):168-173.
- [28] 中华人民共和国农业部. NY 5072-2002 中华人民共和国农业行业标准——无公害食品渔用配合饲料安全限量[S]. 北京:中国标准出版社.
- [29] Fowler L G. Substitution of soybean and cottonseed products for fish meal in diets fed to Chinook and Coho salmon [J]. *Prog Fish Cult*, 1980, 42:87-91.
- [30] 叶继丹,富惠光,卢彤岩. 棉酚对金鱼、罗非鱼的毒

- 性作用初探[J]. 水产科技情报, 1994, 21(5): 223-225.
- [31] Yue Y R, Zhou Q C. Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* [J]. Aquaculture, 2008, 284: 185-189.
- [32] Barros M M, Lim C, Klesius P H. 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 [J]. Aquaculture, 2002, 207: 263-279.
- [33] 刘修英, 王岩, 王建华. 利用豆粕、菜粕和棉粕替代饲料中鱼粉对苏氏圆腹鲢摄食、生长和饲料利用的影响[J]. 水产学报, 2009, 33(3): 479-487.
- [34] Dorsa W J, Robinette H R, Poe W E. Effect of dietary cottonseed meal and gossypol on growth of young channel catfish[J]. Transactions of American Fisheries Society, 1982, 111: 651-655.
- [35] 任维美. 罗非鱼饲料中棉籽饼的适宜用量[J]. 饲料研究, 2002, (11): 27.
- [36] 曾红, 任泽林, 郭庆, 等. 棉酚在鲤鱼肝脏中的蓄排规律及对鲤鱼生长的影响[C]//中国水产学会: 水产动物营养与饲料研究会议论文集. 北京: 海洋出版社, 1997: 87-92.
- [37] Wilson R P, Robinson E H, Poe W E. Apparent and true availability of amino acids from common feed ingredients for channel catfish[J]. Nutrition, 1981, 111: 923-929.
- [38] Berardi L C, Goldblatt L A, Gossypol A. Toxic constituents of plant foods tuffs[M]. 2nd Ed. New York: Academic Press, 1980: 183-237.
- [39] Becker K, Makkar H P S. Effect of phorbol esters in carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. Vet Hum Toxicol, 1998, 40(2): 82-86.
- [40] Mukhopadhyay, Ray A K. Effect of fermentation on the nutritive value of sesame seed meal in the diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings [J]. Aquaculture Nutrition, 1999, 5(4): 229-236.

Effects of different proportion of rapeseed meal and cottonseed meal on growth performance, plasma biochemical indicators and gossypol residues of carp (*Carassius auratus gibelio*)

JIANG Chun-qin, LENG Xiang-jun^{*}, LI Xiao-qin, FAN Ying, SHI Shao-yi, LUO Yun-xian

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

Abstract: An 8-week feeding experiment was conducted to evaluate the effects of different proportion of rapeseed meal (RSM): cottonseed meal (CSM) on growth performance, hematological index and gossypol residues of *Carassius auratus gibelio*. Six diets were fed to fish with average weight of 5.6 g. The ratios of RSM: CSM in diets (the total inclusion of RSM and CSM was 60%) were designed as 5:0, 4:1, 3:2, 2:3, 1:4 and 0:5. The results showed that weight gain (WG), feed efficiency ratio (FER) and specific growth rate (SGR) of *Carassius auratus gibelio* first increased, then decreased with the ratio of RSM: CSM changing from 5:0 to 0:5. Fish fed with diet of RSM: CSM = 3:2, had the highest weight gain (WG, 505.6%), condition factor and lowest feed conversion ratio (FCR, 1.33), hepatosomatic index. However, fish fed with diet of RSM: CSM = 5:0, had the lowest weight gain (WG, 430.1%), condition factor, and highest feed conversion ratio (FCR, 1.52), hepatosomatic index. No significant differences among treatments were observed in survival rate and muscle moisture, crude protein, crude lipid, crude ash content ($P > 0.05$). Serum ALT and AST activities of RSM: CSM = 5:0 group were significantly higher than that of group of RSM: CSM = 3:2, or 2:3 ($P < 0.05$); AKP activities of fish of RSM: CSM = 3:2 group had the highest value in all groups. There was no significant difference in serum TP in all groups ($P > 0.05$). Free gossypol content in muscle and liver increased with the rise of cottonseed meal content in diet ($P < 0.05$). This study showed that the ratio of RSM and CSM for 3:2 was the optimal ratio for growth of *Carassius auratus gibelio*. High inclusion of rapeseed meal or cottonseed meal in diet would reduce growth performance and increase serum ALT and AST activity.

Key words: *Carassius auratus gibelio*; cottonseed meal; rapeseed meal; growth performance; plasma biochemical indicators; gossypol

Corresponding author: LENG Xiang-jun. E-mail: xjleng@shou.edu.cn