

大菱鲆配合饲料中植物蛋白替代鱼粉的可行性研究

王海英¹, 孙 谧¹, 薛长湖², 王清印¹, 徐明起¹

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国海洋大学 生命科学与技术学部, 山东 青岛 266003)

摘要:研究了植物蛋白豆粕部分或全部替代鱼粉对大菱鲆生长和消化酶活性的影响。用含不同豆粕量的饲料对4个实验组的大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)在18℃下进行50 d的饲喂实验,结果表明不同饲料配方下的大菱鲆对蛋白质和碳水化合物的表观消化率随饲料中豆粕质量分数的增加呈现下降的趋势;生长实验表明,30%豆粕质量分数实验组和10%豆粕质量分数实验组(常规质量分数)的生长状态良好,50 d的体质量增长率分别为82.25%、85.3%,特殊生长率为1.19、1.23,饲料系数分别为1.35、1.28,蛋白质效率分别为1.44、1.49,各生长参数差别不显著。50%豆粕质量分数实验组及70%豆粕质量分数实验组生长缓慢;各实验组大菱鲆消化器官比重随豆粕添加量的增多而呈增大的趋势;不同饲料配方组大菱鲆蛋白酶、淀粉酶活力随豆粕质量分数的增多而升高,脂肪酶无明显变化。以上各实验结果均表明,饲料中以豆粕替代鱼粉量20%对大菱鲆生长无负面影响。

关键词:大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.);豆粕;鱼粉;饲料

中图分类号:S963.7

文献标识码:A

文章编号:1000-3096(2008)06-009-04

养殖实践表明,在各种营养素中大菱鲆对蛋白质的需求量最高,一般情况下蛋白质占饲料营养成分的50%~60%才能满足大菱鲆的生长需要^[1]。优质的蛋白质是鱼体良好生长的基本保证,目前鱼粉是世界各国传统的主要饲料蛋白源^[2],但因其价格昂贵,水产科研人员一直致力于寻找其他廉价、高效的蛋白饲料来部分或全部替代鱼粉,以降低饲料成本,从而降低养殖成本。国内外已就此展开了许多工作,Regost等^[3]研究了饲料中部分或全部用玉米谷蛋白代替鱼粉对大菱鲆生长的影响,表明玉米谷蛋白可部分替代鱼粉至1/3量而不影响大菱鲆的生长。Burel和Thierry等^[4,5]研究了大菱鲆对羽扇豆粕、油菜籽粕和豌豆粕蛋白质的消化率,实验表明这3种蛋白质原料是鱼类饲料中有前途的鱼粉替代品。目前国内尚无人对大菱鲆饲料中鱼粉替代蛋白做系统研究。

作者在前期工作的基础上,选取国内资源丰富、价格低廉的豆粕作为鱼粉替代植物蛋白进行研究,探讨豆粕替代鱼粉的可行性及对大菱鲆消化酶活性的影响。

1 材料与方 法

1.1 实验用鱼及饲料

实验用大菱鲆(*Scophthalmus maximus* L.)取自蓬莱水产养殖基地,个体健康、摄食正常,规格平均为体质量65.1 g ± 1.1 g,平均体长13.5 cm ± 0.3 cm。

配合饲料原料主要采用鱼粉、豆粕、低糖、复合维生素、复合矿物质、鱼油等。其主要成分见表1。饲料1为以鱼粉为主的大菱鲆养殖配合饲料,豆粕质量分数为10%,作为对照组;饲料2、3、4组豆粕量增至30%、50%、70%,相应减少配方中的鱼粉量。

饲料的配制:饲料原料进行超微粉碎,按比例配制加工成6 mm粒径的饲料,过筛后冷冻备用。

1.2 实验条件和方 法

实验于小型水泥池中进行流水充气养殖,按每组10尾大菱鲆置于6个容积为1.2 m × 0.8 m × 0.8 m (0.78 m³)的水泥池中,养殖用水为地下海水和自然海水混合后,经过一次性沙滤流入实验池。流水交换,日换水量约3 m³,温度为18 ± 0.5℃,溶氧约6.0 mg/L, pH 7.5左右。

每日于清晨、黄昏投饵两次至饱食,消化实验组投喂5 d待实验鱼充分适应饵料后,每次于投饵结束1 h待实验鱼充分饱食后,更换池水并观察收集排出的粪便,将每天收集到的粪便离心保存于-86℃冰箱内,待收集足够样品后进行检测。

收稿日期:2005-06-03;修回日期:2005-07-08

基金项目:青岛市科技发展计划项目(02-1-KI-YI-50)

作者简介:王海英(1975-),女,山东青岛人,博士,助理研究员,主要从事海洋活性物质的研究,电话:0532-85819525, E-mail: jacquelinewhy@163.com;孙谧,通讯作者,研究员,电话:0532-85819525, E-mail: sunmi@ysfri.ac.cn

表 1 各组实验饲料组分及基本营养成分

Tab. 1 Ingredients and proximate composition of experimental diets

实验组	组分的质量分数 (%)							基本成分的质量分数 (%)			
	鱼粉	豆粕	鱼油	复合维生素	复合矿物质	Cr ₂ O ₃	其他	干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分
1	60.0	10.0	10.0	1.0	1.0	0.5	17.5	94.21	48.98	11.95	10.15
2	43.0	30.0	10.0	1.0	1.0	0.5	14.5	93.65	46.98	12.31	9.24
3	25.0	50.0	10.0	1.0	1.0	0.5	12.5	93.83	47.50	12.17	11.75
4	10.0	70.0	10.0	1.0	1.0	0.5	7.5	94.11	46.95	12.55	10.92

生长实验于消化实验结束后,去除饵料中的 Cr₂O₃ 指示剂,继续饲喂至 50d 后结束实验(2004 年 2 月 6 日至 2004 年 3 月 26 日)。测量记录每尾鱼体质量、体长,解剖清除肠道内容物,测量各比消化器官质量(各消化器官质量与体质量之比),制备粗酶液进行消化酶分析比较。

1.3 样品生化分析

饲料及粪便中的粗蛋白质量采用凯氏定氮法分

$$\text{表观消化率}(\%) = \left[1 - \frac{\text{粪便中营养物质质量}}{\text{饲料中营养物质质量}} \times \frac{\text{饲料中 Cr}_2\text{O}_3 \text{ 质量}}{\text{粪便中 Cr}_2\text{O}_3 \text{ 质量}} \right] \times 100$$

$$\text{体质量增长率}(\%) = \frac{\text{平均末质量}(\text{g}) - \text{平均始质量}(\text{g})}{\text{平均始质量}(\text{g})} \times 100$$

$$\text{特殊生长率} = 100 \times (\ln \text{实验末鱼体质量} - \ln \text{实验初鱼体质量}) / \text{实验天数}$$

$$\text{饲料系数} = \frac{\text{总摄食量}(\text{kg, 干基})}{\text{总末质量}(\text{kg}) - \text{总初质量}(\text{kg})}$$

$$\text{蛋白质效率}(\%) = 100\% \times \left[\frac{\text{总质量增加量}}{\text{总摄入蛋白量}} \right]$$

2 结果与分析

2.1 大菱鲆对 4 种配合饲料蛋白质和碳水化合物的消化率

实验结果(表 2)显示,随豆粕替代鱼粉百分量的逐渐加大,大菱鲆对饲料中蛋白质的表观消化率明显下降,对照组 1 的蛋白质表观消化率可达 94.61%,实验组 2 中豆粕替代约 20%鱼粉量时,蛋

析;粗脂肪的测定为索氏脂肪抽提法测定。样品中的铬采用酸消化比色法测定^[6],蒽酮法测定样品中有效碳水化合物的质量^[7]。

蛋白酶活性的测定参考 QB/T1803-93,淀粉酶活性的测定参考 Shinichi Yamane 方法,脂肪酶活性的测定参考 NFIA 分析方法^[8]。

1.4 实验参数计算

白质的表观消化率下降为 88.56%,实验组 4 中豆粕替代 50%鱼粉量时,大菱鲆对蛋白质的表观消化率降为 60%左右,可见豆粕作为植物蛋白替代动物蛋白鱼粉,虽然在饲料总蛋白质量分数上没有明显的差别,但其表观消化率的明显下降,说明豆粕在营养价值上低于鱼粉,不能充分地被大菱鲆消化吸收。而大菱鲆的碳水化合物表观消化率随豆粕量的增加下降缓慢,从对照组的 67.66%降为实验组 4 的 62.02%,总体上消化水平很低,变化趋势不大。

表 2 大菱鲆对 4 种配合饲料营养物质的表观消化率

Tab. 2 Apparent digestibility coefficient (ADC) of experimental diets

实验组	饲料的质量分数 (%)			粪便的质量分数 (%)			表观消化率 (%)	
	蛋白质	碳水化合物	Cr ₂ O ₃	蛋白质	碳水化合物	Cr ₂ O ₃	蛋白质	碳水化合物
1	48.98	10.59	0.52	11.32	14.69	2.23	94.61	67.66
2	44.98	11.53	0.56	19.20	14.90	2.09	88.56	65.38
3	42.50	13.07	0.51	35.32	14.69	1.56	72.83	63.25
4	40.95	13.85	0.52	50.60	16.49	1.63	60.58	62.02

2.2 4种配合饲料饲喂大菱鲆生长状况和饲料利用效率

表3实验结果表明,经过50d的饲喂实验,对照组1、实验组2生长状态最好,对照组1又略好于实验组2,但它们之间在体质量增长率等参数上差别不大;实验过程中观察到实验组3、实验组4中实验鱼摄食状态不佳,生长现象明显差于1号、2号组,4号实验组有两尾鱼在实验中后期相继死亡,3号、4号

表3 各实验组大菱鲆生长状况和饲料利用效率

Tab.3 Growth performance of turbot fed experimental diets

实验组	实验时间(d)	实验初尾数	实验末尾数	实验初平均体质量(g)	实验末平均体质量(g)	尾均体质量净增量(g)	体质量增长率(%)	总体质量增长量(g)	总投喂量(kg,干质量)	特殊生长率(%)	饲料系数	蛋白质效率(%)
1	50	10	10	64.8	120.1	55.3	85.3	553.0	0.708	1.23	1.28	1.49
2	50	10	10	65.6	118.9	53.3	81.25	533.0	0.720	1.19	1.35	1.44
3	50	10	10	65.5	102.7	37.2	56.79	372.0	0.588	0.90	1.58	1.30
4	50	10	8	65.7	83.7	18.0	27.40	180.0	0.405	0.48	2.25	0.93

注:实验组4中2尾鱼分别于实验中后期死亡,但总体质量增长量、饲料系数等参数仍按10尾鱼计算

2.3 各实验组大菱鲆消化道指数

各实验组大菱鲆消化器官指数(表4)显示,随饲料中豆粕质量分数的加大,大菱鲆内脏器官比重呈增大的趋势,其中以比肝质量变化最为显著,从全鱼粉饲料组的0.025增大到全豆粕饲料组的0.033;比胃质量和比肠质量也有一定程度的增大,比幽门盲囊质量变化不大,实验2组甚至稍小于1组。

表4 各实验组大菱鲆消化器官指数

Tab.4 The exponent of turbot digestive organ

实验组	比消化器官质量				
	内脏	肝	胃	幽门盲囊	肠
1	0.058	0.025	0.009	0.004	0.020
2	0.056	0.024	0.009	0.003	0.020
3	0.064	0.029	0.010	0.004	0.021
4	0.072	0.033	0.011	0.005	0.023

消化器官指数的变化说明,随食物中植物蛋白的增加,鱼体相应增加消化组织细胞来适应食物消化难度的提高,以满足鱼体生长需要。

2.4 各实验组大菱鲆消化酶活性

表5~7中数据显示,大菱鲆饲料中豆粕质量分数加大后,各消化器官蛋白酶和淀粉酶活力有增大的趋势,而脂肪酶活力基本保持稳定不变,或者说变化幅度很小,并且无规律可循。

实验组的增重率、特殊生长率和饲料系数、蛋白质效率相比于1号、2号实验组均明显下降,又以4号组为最低,其饲料系数达到2.25,蛋白质效率只有0.93%,50d实验结束后其质量增长率只有27.4%,远远低于全鱼粉对照组1的85.3%。实验数据表明,豆粕替代鱼粉量为20%时,仍可基本保证大菱鲆的正常生长,高于20%替代量则将降低大菱鲆生长速度,并引起鱼体抗病能力的降低。

表5 各实验组大菱鲆不同消化部位蛋白酶活性

Tab.5 The activity of each protease in turbot digestive tract

实验组	蛋白酶活性(U/g)				
	胃	幽门盲囊	前肠	中肠	后肠
1	270.4	589.3	201.1	180.1	58.2
2	292.5	635.8	252.3	195.2	56.6
3	311.8	678.2	280.5	209.8	60.2
4	325.6	709.7	309.6	220.5	58.8

表6 各实验组大菱鲆不同消化部位淀粉酶活性

Tab.6 The activity of each amylase in turbot digestive tract

实验组	淀粉酶活性(U/g)				
	胃	幽门盲囊	前肠	中肠	后肠
1	1.89	6.84	5.87	3.68	3.17
2	1.85	7.35	5.98	3.81	3.09
3	1.96	8.29	6.65	4.15	3.25
4	2.21	8.92	7.06	4.53	3.48

表7 各实验组大菱鲆不同消化部位脂肪酶活性

Tab.7 The activity of each lipase in turbot digestive tract

实验组	脂肪酶活性(U/g)				
	胃	幽门盲囊	前肠	中肠	后肠
1	0.6	0.8	1.1	1.1	0.9
2	0.6	0.8	1.2	1.0	0.9
3	0.7	0.9	1.1	1.1	0.8
4	0.6	0.9	1.1	1.0	0.9

其中,随饲料中豆粕质量分数的增加,大菱鲂各消化器官中蛋白酶活力增加趋势最明显,实验组 4 的大菱鲂前肠蛋白酶活力可达到对照组 1 大菱鲂前肠蛋白酶活力的 1.5 倍,胃蛋白酶和幽门盲囊蛋白酶、中肠蛋白酶活力也提高 1.2 倍左右,后肠蛋白酶活力基本无变化。

淀粉酶活力在饲料中豆粕质量分数加大后,酶活也呈现显著增强的现象。其中以幽门盲囊淀粉酶增大程度最大,全豆粕饲料组的幽门盲囊淀粉酶活力可达到全鱼粉饲料组幽门盲囊淀粉酶活力的 1.5 倍,其他部位的淀粉酶活力也有不同程度的提高。

各组实验条件下大菱鲂消化器官中蛋白酶和淀粉酶活力的变化,充分说明了动物的食性和其消化酶组成的密切相关性,这也是动物适应环境的一种特性。

3 讨论

在目前替代鱼粉的研究中,许多研究者发现不同植物蛋白源饲料是有价值的鱼粉替代品^[9]。本研究结果显示大菱鲂配合饲料中以豆粕替代鱼粉量 20% 对大菱鲂生长无负面影响,豆粕的使用在鱼类养殖上十分经济有效,其较高的食物效率、高蛋白和能量转换率显示出高营养价值,并且豆粕的使用可减少养殖排污量,因为植物蛋白中的有机磷质量分数一般比较低。因此植物蛋白如豆粕等在养殖上有着良好的应用前景。

通过生长状态的观察,各试验组的饲料效率和蛋白质效率随饲料中植物蛋白水平的提高而降低。随豆粕替代鱼粉量的加大使鱼生长和饲喂效率下降的情况在其他鱼种中也有报道^[10,11],究其原因,首先豆粕含有很多抗营养因子,如胰蛋白酶抑制剂、难消化的碳水化合物、植物凝集素、皂角苷、肌醇六磷酸等,都抑制养殖鱼类的生长;其次豆粕蛋白的氨基酸组成和比例不符合多种鱼的营养要求,其蛋氨酸的含量偏低;另外高的豆粕质量分数会使饲料缺乏适口和诱食性,Haien 等^[12]报道 15% 和 30% 的豆粕替代量由于其适口性差使摄食率显著降低,其他鱼种中也有类似报道。

研究发现大菱鲂消化酶在饲料中植物蛋白增加的同时,也发生相应的适应性变化,蛋白酶和淀粉酶活相应增强,但鱼体自身消化酶活力的增强并不足以应对难以消化的植物蛋白。

另外,许多研究报道补充外源氨基酸可提高摄食高豆粕质量分数养殖鱼的生长状态,以及外源酶的加入在消除植物蛋白的抗营养因子,提高植物蛋

白消化率方面的良好效果,因此在进一步的研究中应深入探讨添加外源酶制剂和补充氨基酸情况下的植物蛋白替代鱼粉情况。

参考文献:

- [1] 肖琴,王维娜,王安利. 大菱鲂的营养研究进展[J]. 海洋通报,2003,22(1):86-91.
- [2] 任维美. 植物蛋白影响鱼饲料消化率[J]. 饲料世界,2003,106(4):26.
- [3] Regost C, Arzel J, Kaushik S J. Partial or total replacement of fish meal by gluten meal in diet for turbot[J]. *Aquaculture*,1999,180(1-2):99-117.
- [4] Christine B, Thierry B, Sadasivam J K, et al. Potential of plant-protein source as fish meal substitutes in diets for turbot: growth nutrient utilization and thyroid status[J]. *Aquaculture*,2000,188:363-382.
- [5] Christine B, Thierry B, Francesca T, et al. Digestibility of extruded peas,extruded lupin,and rapeseed meal in rainbow trout and turbot[J]. *Aquaculture*,2000,188(3-4):285-298.
- [6] Fukawa A, Tsukahara H. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an indicate substance in the study of digestibility in fish feed[J]. *Bull Jap Soc Sci Fish*,1966,35:502-506.
- [7] 张惟杰. 糖复合物生化研究技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,1994.17.
- [8] 付新华,孙谧,孙世春. 大菱鲂消化酶的初步研究[J]. 中国水产科学,2005,1:26-32.
- [9] 高立海,曲悦,梁海平. 水产饲料中棉籽饼粕替代鱼粉的研究[J]. 饲料研究,2004,6:37-38.
- [10] Dabrowski K, Poczyczynski P, Kock G, et al. Effect of partially or totally replacing fish meal protein by soybean meal protein on growth, food utilization and proteolytic enzyme activities in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). New in vivo test for exocrine pancreatic secretion[J]. *Aquaculture*,1989,77:29-49.
- [11] Elangovan A, Shim K F. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*) [J]. *Aquaculture*,2000,189:133-144.
- [12] Hajen, W E, Higgs D A, Beames R M, et al. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile *Chinook salmon* (Tshawytscha) in sea water2. Measurement of digestibility[J]. *Aquaculture*,1993,112:333-348.

The feasibility of partial or total replacement of fish meal by soybean meal in diet for turbot

WANG Hai-ying¹, SUN Mi¹, XUE Chang-hu², WANG Qing-yin¹, XU Ming-qi¹

(1. Institute of Yellow Sea Fishery Research, China Academic of Fisheries Science, Qingdao 266071, China; 2. Department of Life Science and Technology, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Jun. , 3, 2005

Key words: *Scophthalmus maximus* L. , soybean meal , fish meal , growth

Abstract : Four experimental diets containing a gradient of soybean meal are fed to turbot over 50 days at 18 . Digestibility of protein and starch of the diets decreased with the increase of levels of dietary soybean meal. Turbot fed a diet containing 20 % of soybean meal had the growth performances comparable to those fed a fish meal based diet. The weight growths of the group 1 and 2 are 85.3 % and 82.25 % respectively; the special growth ratios are 1.23 and 1.19 respectively; the feed coefficients are 1.28 and 1.35 respectively; and the protein efficiency ratios are 1.49 and 1.44 respectively. There has no great difference between the group 1 and 2. Higher level soybean meal adversely affected growth. The weight of digestive organs in percentage of body weight and the activity of protease and amylase tend to decrease with the increase level of dietary soybean meal. Based on the test result , 20 % of fish meal can be replaced by soybean meal with no effect on turbot growth.

(本文编辑:刘珊珊)