

吴莉芳, 赖红娥, 杨欢欢, 等. 大豆球蛋白对幼鲤生长、饲料利用及肌肉营养成分的影响[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(1): 1-6.

大豆球蛋白对幼鲤生长、饲料利用及肌肉营养成分的影响

吴莉芳¹, 赖红娥¹, 杨欢欢², 杨 姘¹, 邢秀苹¹, 王洪鹤¹, 秦贵信¹

(1 吉林农业大学 动物科技学院, 吉林 长春 130118; 2 厦门利洋水产科技有限公司, 福建 厦门 361012)

摘要:【目的】研究大豆球蛋白(Glycinin)对幼鲤生长、饲料利用及肌肉营养成分的影响。【方法】分别以初始体质量为(10.12±0.08)g 鲤稚鱼和初始体质量为(116.89±0.13)g 鲤幼鱼为试验对象,在控温单循环养殖系统中进行为期8周的饲养试验,鲤稚鱼和幼鱼的饲料等氮(粗蛋白质量分数分别为40%和36%)等能(总能分别是16.9和15.2 MJ/kg),大豆球蛋白的添加梯度为0、3.0%、6.0%、9.0%、12.0%,每组饲料设3个重复。【结果和结论】在鲤稚鱼和幼鱼的配合饲料中,不同比例添加大豆球蛋白,会导致其生长性能不同程度地下降。鲤稚鱼3.0%、6.0%、9.0%和12.0%组的增质量率和特定生长率显著低于对照组($P<0.05$),而饲料效率、肥满度、肝体比、脏体比各组之间差异不显著($P>0.05$)。鲤幼鱼3.0%组的增质量率、特定生长率、饲料效率与对照组差异不显著($P>0.05$),6.0%、9.0%和12.0%组的增质量率、特定生长率、饲料效率显著低于对照组($P<0.05$)。肥满度、肝体比、脏体比各组之间差异不显著($P>0.05$)。另外,随着大豆球蛋白的添加量增加,鲤稚鱼和幼鱼肌肉中粗蛋白含量呈下降趋势。3.0%组鲤稚鱼和幼鱼肌肉中粗蛋白含量与对照组差异不显著($P>0.05$),6.0%、9.0%和12.0%组均显著低于对照组($P<0.05$)。鲤稚鱼和幼鱼肌肉中的水分、粗脂肪、粗灰分含量各组之间差异不显著($P>0.05$)。在该试验条件下,鲤稚鱼配合饲料中大豆球蛋白的添加比例不应超过3.0%;鲤幼鱼配合饲料中大豆球蛋白的添加比例不应超过6.0%。

关键词:大豆球蛋白; 鲤; 稚鱼; 幼鱼; 生长; 饲料利用
中图分类号:S816.4 文献标志码:A 文章编号:1001-411X(2014)01-0001-06

Effects of glycinin on the growth performance, feed utilization and nutritional composition in the young common carp

WU Lifang¹, LAI Hong'e¹, YANG Huanhuan², YANG Hua¹, XING Xiuping¹, WANG Honghe¹, QIN Guixin¹
(1 Faculty of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;
2 Liyang Xiamen Aquatic Technology Company Limited, Xiamen 361012, China)

Abstract:【Objective】This experiment was conducted to evaluate the effects of glycinin on the growth performance, feed utilization and nutritional composition in the young common carp. 【Method】The larval common carp [initial body mass (10.12±0.08) g] and juvenile common carp [initial body mass (116.89±0.13) g] were fed with the semi-refined diets of isonitrogenous (crude protein 40% and 36%) and isocaloric (total energy 16.9 and 15.2 MJ/kg) food for 8 weeks. The fish were replaced with 0, 3.0%, 6.0%, 9.0%, 12.0% of glycinin respectively. 【Result and conclusion】The results showed that the growth performance of larval and juvenile common carp diversely decreased with different ratios of purified glycinin. The body mass gain and specific growth rate of 3.0%, 6.0%, 9.0% and 12.0%

收稿日期:2013-04-11 优先出版时间:2013-11-07
优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20131107.1611.018.html>
作者简介:吴莉芳(1970—),女,教授,博士,E-mail:wulifang2915@126.com;通信作者:秦贵信(1956—),男,教授,博士,
E-mail:qgx@jlau.edu.cn
基金项目:吉林省自然科学基金(20101577);吉林省教育厅资助项目(2012043)

groups in the larval common carp significantly decreased compared with the control groups ($P < 0.05$), but the feed efficiency ratio, condition factor, hepatosomatic index (HI) and viscerasomatic index (VI) had no significant differences ($P > 0.05$) between the groups. There were no significant differences in the body mass gain, specific growth rate and feed efficiency ratio of 3.0% groups in juvenile common carp compared with the control groups ($P > 0.05$), but 6.0%, 9.0% and 12.0% groups were significantly higher than that of control groups ($P < 0.05$). There were no significant differences in the condition factor, hepatosomatic index and viscerasomatic index between groups ($P > 0.05$). The crude protein content in muscle of larval and juvenile common carp decreased while the increase of replacement ratio on glycinin was observed. There were no significant differences in the crude protein content in muscle of larval and juvenile common carp of 3.0% groups compared with control groups ($P > 0.05$), but 6.0%, 9.0% and 12.0% groups were significantly lower than that of control groups ($P < 0.05$). The moisture, crude lipid and ash content in muscle of larval and juvenile common carp had no significant differences between the groups ($P > 0.05$). Under this experiment condition, the formulations of purified glycinin should be less than 3.0% and 6.0% in the larval and juvenile common carp, respectively.

Key words: glycinin; *Cyprinus carpio*; larval common carp; juvenile common carp; growth performance; feed utilization

鱼粉一直是水产饲料的重要蛋白源.但随着集约化水产养殖的发展,鱼粉资源短缺,同时饲料中过多使用鱼粉会造成养殖水体环境的污染^[1].寻求优质的蛋白源替代鱼粉一直是水产饲料领域研究的热点之一.大豆蛋白具有来源广泛、价格低廉、营养价值高、氨基酸组成较为平衡等特点.在水产饲料中被广泛应用.目前,国内外学者在大豆蛋白源替代鱼粉蛋白方面做了大量的研究工作.研究的鱼类主要有虹鳟 *Oncorhynchus mykiss*^[2]、大西洋鲑 *Salmo salar*^[3-4]、齐口裂腹鱼 *Schizothorax prenanti*^[5]、杂交罗非鱼 *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*^[6]、埃及胡子鲇 *Clarias lazera*^[7]、石斑鱼 *Epinephelus coioides*^[8]等.但豆粕等大豆蛋白源中含有胰蛋白酶抑制因子、大豆凝集素、大豆抗原蛋白等抗营养因子,会影响动物肠道微生态环境,妨碍对营养物质的消化和吸收^[9].很大程度上限制其在水产饲料领域的开发和利用.其中大豆抗原蛋白是大豆主要抗营养因子之一.大豆球蛋白(Glycinin)和 β -伴大豆球蛋白(β -Conglycinin)是免疫原性最强的大豆抗原蛋白,并具有较强的热稳定性,普通的热处理不能灭活其免疫活性.能够引起鱼类消化道过敏反应,造成胃、肠道的免疫损伤,进而引起消化吸收障碍,甚至死亡.因此,大豆抗原蛋白是限制大豆蛋白源在水产饲料中广泛应用的真正瓶颈.目前,饲料中关于大豆抗原蛋白的影响,研究的对象主要集中在犊牛^[10]、仔猪^[11]、羔羊^[12]、鼠^[13]等陆生动物上.而对水产动物影响的报道较少.郭林英^[14]利用大豆 β -伴球蛋白提取物对鲤肠上皮

细胞增殖及其功能的影响进行了研究.本试验分别以鲤 *Cyprinus carpio* 稚鱼和幼鱼为研究对象,利用分离纯化的大豆球蛋白不同比例添加在其配合饲料中,探讨大豆球蛋白对不同发育时期鲤鱼生长、饲料利用及肌肉营养成分的影响,为合理开发利用大豆蛋白源及大豆抗原蛋白的去除提供依据.

1 材料与方法

1.1 大豆球蛋白的分离纯化

鲤稚鱼和幼鱼配合饲料中添加的大豆球蛋白采用简化膜中间试验方法^[15]获得.方法如下:取15 kg脱脂大豆粉,用10倍体积的蒸馏水溶解,pH 8.0,20℃条件下搅拌1 h;5 700 r/min、4℃条件下离心20 min,取上清液,加入0.03 mol/L的NaHSO₃,pH 6.0、7℃条件下隔夜保存;然后取出于4℃条件下,9 800 r/min离心20 min,沉淀物中和后用RC-100膜脱盐并喷雾干燥后得到大豆球蛋白.大豆球蛋白的纯度达到85%以上,较好地去除了大豆中其他抗原蛋白的干扰.

1.2 饲料的制备

试验饲料以鱼粉为动物蛋白源,混合油脂[*m*(玉米油):*m*(鱼油)=1:1]为脂肪源,糊精、面粉作为饲料糖源,分别配制成5种等氮(粗蛋白质量分数分别为40%和36%)等能(总能分别是16.9和15.2 MJ/kg)的试验饲料.大豆球蛋白的添加梯度为0、3.0%、6.0%、9.0%、12.0%.各原料经粉碎过60目筛,按配方准确称其质量,用电动绞肉机制成粒径1.5

和 2.5 mm 颗粒饲料. 晒干后置于 -20 ℃ 冰箱中保存 备用. 试验饲料组成及营养成分见表 1 和表 2.

表 1 鲤稚鱼饲料配方及营养水平(风干基础)
Tab.1 The feed formulation and nutritional level of larval *Cyprinus carpio* (air-dry basis)

组别	饲料原料及比例/%									
	糊精	鱼粉	玉米油	鱼油	氯化胆碱	预混料	微晶纤维素	面粉	黏合剂	大豆球蛋白
0 组(CK)	13.86	62.0	2.75	2.75	0.5	1.0	2.78	13.86	0.5	—
3.0% 组	14.85	58.0	2.25	2.25	0.5	1.0	2.80	14.85	0.5	3.0
6.0% 组	15.84	53.0	2.25	2.25	0.5	1.0	2.82	15.84	0.5	6.0
9.0% 组	15.98	49.5	2.35	2.35	0.5	1.0	2.84	15.98	0.5	9.0
12.0% 组	16.67	45.0	2.40	2.40	0.5	1.0	2.86	16.67	0.5	12.0

组别	营养成分及比例/%					总能/(MJ · kg ⁻¹)
	粗脂肪	粗蛋白	粗纤维	粗灰分		
0 组(CK)	9.00	39.99	2.81	4.37		16.90
3.0% 组	9.00	40.00	2.80	4.76		16.91
6.0% 组	9.01	40.10	2.80	4.38		16.93
9.0% 组	9.00	40.00	2.80	4.37		16.90
12.0% 组	8.99	40.01	2.80	4.80		16.92

表 2 鲤幼鱼饲料配方及营养水平(风干基础)
Tab.2 The feed formulation and nutritional level of juvenile *Cyprinus carpio* (air-dry basis)

组别	饲料原料及比例/%									
	糊精	鱼粉	玉米油	鱼油	氯化胆碱	预混料	微晶纤维素	面粉	黏合剂	大豆球蛋白
0 组(CK)	19.75	51.0	1.40	1.40	0.5	1.0	4.70	19.75	0.5	—
3.0% 组	18.60	51.0	1.05	1.05	0.5	1.0	4.70	18.60	0.5	3.0
6.0% 组	18.70	47.5	1.15	1.15	0.5	1.0	4.80	18.70	0.5	6.0
9.0% 组	19.10	43.4	1.30	1.30	0.5	1.0	4.80	19.10	0.5	9.0
12.0% 组	19.70	39.0	1.40	1.40	0.5	1.0	4.80	19.70	0.5	12.0

组别	营养成分及比例/%					总能(MJ · kg ⁻¹)
	粗脂肪	粗蛋白	粗纤维	粗灰分		
0 组(CK)	5.02	36.00	4.49	5.81		15.20
3.0% 组	5.01	35.99	4.50	5.81		15.20
6.0% 组	5.03	36.03	4.56	5.42		15.31
9.0% 组	5.03	36.01	4.54	4.94		15.24
12.0% 组	5.02	36.02	4.52	4.46		15.30

1.3 试验鱼及饲养管理

本次养殖试验在吉林农业大学动物室控温单循环系统中进行,试验前预饲 15 d,饱食投喂对照组饲料,预饲试验结束后,挑选规格整齐、鳍鳞完整、体质健壮、无畸形,体质量(10.12±0.01) g 的鲤稚鱼 450 尾,体质量(116.89±0.01) g 的鲤幼鱼 300 尾,分别随机放养在 15 个水族箱中(鲤稚鱼每箱 30 尾,鲤幼鱼每箱 20 尾).放养前用 20 mg/L 的高锰酸钾水溶液药浴 10 min,随机选取每 3 个水族箱为 1 个试验组.每天投饵 2 次(上午 9:00,下午 16:00),以饱食而无剩料为原则,投饵方式为人工手撒,日投饵率为体质量的 3%~5%,每天记录每个水族箱摄食饲料质量.在整个试验过程中,水质保持稳定,水温 24~

26 ℃,溶解氧 5.0~8.0 mg/L,氨氮指标<0.3 mg/L,养殖试验持续 8 周.

1.4 样品的收集

试验开始时,测定试验鱼的初始体质量,试验结束后,停食 1 d,测定各组试验鱼的终末体质量.每个重复中随机取鱼 10 尾,分别称量体质量、内脏质量、肝胰脏质量.其中 5 尾鱼取侧线以上、背鳍以下的肌肉,捣碎,均匀混合.于 -20 ℃ 冰箱中保存.用以分析测定肌肉营养成分.

1.5 测定分析与计算方法

水分测定采用 105 ℃ 恒温烘干失重法(GB/T18654—2008),粗蛋白测定采用凯氏定氮法(GB/T18654—2008),粗灰分测定采用马福炉灼烧法

(GB/T18654—2008),粗脂肪测定采用索氏乙醚抽提法(GB/T18654—2008),粗纤维测定采用过滤法(GB/T6434—2006)。

根据以下公式,计算增质量率、特定生长率、饲料效率、蛋白质效率、肥满度、脏体比和肝体比。

增质量率 = $(m_t - m_0) / m_0 \times 100\%$,

特定生长率 = $(\ln m_t - \ln m_0) / t \times 100\%$,

饲料效率 = $(m_t - m_0) / m_1 \times 100\%$,

蛋白质效率 = $(m_t - m_0) / (m_1 \times w_p)$,

肥满度 = $(m / L^3) \times 100$,

脏体比 = $m_v / m \times 100\%$,

肝体比 = $m_H / m \times 100\%$,

式中, m_t 、 m_0 分别为终末和初始鱼体质量(g); m 为体质量(g); L 为体长(cm); t 为试验时间(d); m_1 为摄入干饲料质量(g); w_p 为饲料粗蛋白质量分数(%); m_v 为内脏质量(g); m_H 为肝胰脏质量(g)。

1.6 统计分析

数据采用 SPSS 17.5 软件对鲤生长及肌肉营养成分的主要指标进行方差分析,若方差分析显著,进

一步进行 LSD 和 Duncan's 多重比较,分析组间差异显著性.显著性水平设定为 $P < 0.05$. 试验数据用平均值 $\pm$ 标准差 (Mean $\pm$ SD) 表示。

2 结果

2.1 大豆球蛋白对鲤稚鱼和幼鱼生长及饲料利用的影响

表 3 表明,在鲤稚鱼配合饲料中,当大豆球蛋白添加比例为 3.0%、6.0%、9.0% 和 12.0% 时,其增质量率、特定生长率和蛋白质效率均显著低于对照组 ($P < 0.05$),而饲料效率、肥满度、肝体比和脏体比各组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

从表 4 可以看出,在鲤幼鱼配合饲料中,当大豆球蛋白的添加比例为 3.0% 时,其增质量率、特定生长率、饲料效率和蛋白质效率与对照组差异不显著 ($P > 0.05$),而 6.0%、9.0% 和 12.0% 组的增质量率、特定生长率、饲料效率及蛋白质效率显著低于对照组 ($P < 0.05$). 而肥满度、肝体比和脏体比各组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 大豆球蛋白对鲤稚鱼生长及饲料利用的影响¹⁾

Tab.3 Effects of soybean antigen of glycinin on the growth and feed utilization of larval *Cyprinus carpio*

大豆球蛋白 添加比例/%	初始体 质量/g	终末体 质量/g	增质量 率/%	特定 生长率 ²⁾ /%	饲料 效率/%	蛋白质 效率	肥满度/ (g·cm ⁻³)	脏体比/%	肝体比/%
0(CK)	10.10±0.12	25.41±0.36c	151.53±0.83c	1.65±0.01c	68.93±2.52a	1.72±0.06b	1.63±0.10a	12.51±0.85a	4.45±0.50a
3.0	10.11±0.05	23.32±0.13b	130.59±2.43b	1.49±0.02b	67.01±3.75a	1.59±0.06a	1.56±0.03a	11.42±0.71a	4.66±0.95a
6.0	10.12±0.05	23.56±0.60b	132.76±5.59b	1.51±0.04b	63.53±2.50a	1.60±0.08a	1.62±0.04a	12.41±0.96a	4.21±0.33a
9.0	10.14±0.08	22.96±0.56ab	126.31±4.30b	1.46±0.03b	63.35±2.42a	1.56±0.01a	1.60±0.04a	12.35±1.84a	4.53±0.37a
12.0	10.14±0.13	22.28±0.34a	119.62±1.45a	1.40±0.01a	60.35±2.43a	1.53±0.03a	1.61±0.01a	12.19±0.39a	4.88±0.44a

1)表中数据为平均值 $\pm$ 标准差,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P > 0.05$,Duncan's 法);2)指饲养期内每天的特定生长率。

表 4 大豆球蛋白对鲤幼鱼生长及饲料利用的影响¹⁾

Tab.4 Effects of soybean antigen of glycinin on the growth and feed utilization of juvenile *Cyprinus carpio*

大豆球蛋白 添加比例/%	初始体 质量/g	终末体 质量/g	增质量 率/%	特定生长 率 ²⁾ /%	饲料 效率/%	蛋白质 效率	肥满度/ (g·cm ⁻³)	脏体比/%	肝体比/%
0(CK)	116.83±0.06	186.95±1.54c	60.02±1.28c	0.99±0.02c	82.90±1.93c	2.30±0.28c	2.87±0.08a	8.51±0.62a	2.74±0.12a
3.0	116.82±0.14	182.30±2.94c	56.06±2.61c	0.93±0.03c	75.57±2.15cb	2.10±0.23bc	2.76±0.09a	8.08±0.60a	3.30±0.86a
6.0	116.88±0.07	161.59±2.91b	38.26±2.38b	0.67±0.04b	57.26±4.81a	1.59±0.13ab	2.80±0.08a	8.86±1.20a	3.21±0.38a
9.0	116.68±0.15	157.29±2.99b	34.81±2.69b	0.62±0.04b	54.59±1.50a	1.52±0.42a	2.75±0.10a	8.29±1.07a	3.23±0.46a
12.0	116.77±0.15	144.22±2.86a	23.51±2.32a	0.44±0.04a	43.39±1.38a	1.21±0.32a	2.74±0.05a	7.33±0.25a	2.62±0.16a

1)表中数据为平均值 $\pm$ 标准差,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P > 0.05$,Duncan's 法);2)指饲养期内每天的特定生长率。

2.2 大豆球蛋白对鲤稚鱼和幼鱼肌肉营养成分的影响

表 5 表明,随着大豆球蛋白添加量的增加,鲤稚鱼肌肉中粗蛋白含量呈下降趋势. 其中,大豆球蛋白

添加比例为 3.0% 组鲤稚鱼肌肉中粗蛋白含量与对照组差异不显著 ($P > 0.05$),6.0%、9.0% 和 12.0% 组显著低于对照组 ($P < 0.05$). 鲤稚鱼肌肉中的水分、粗脂肪、粗灰分各组之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 6 表明,随着大豆球蛋白的添加比例增加鲤幼鱼肌肉中粗蛋白含量呈下降趋势. 其中,大豆球蛋白添加比例为 3.0% 组鲤幼鱼肌肉中粗蛋白含量与对照组差异不显著 ($P>0.05$),6.0%、9.0%、12.0% 组显著低于对照组 ($P<0.05$). 肌肉中的水分、粗脂肪、粗灰分各组之间差异不显著 ($P>0.05$).

表 5 大豆球蛋白对鲤稚鱼肌肉营养成分的影响
Tab.5 Effects of glycinin on the nutritional components in the muscle of larval *Cyprinus carpio*

大豆球蛋白 添加比例/%	w(水分)/%	w(粗蛋白)/%	w(粗脂肪)/%	w(粗灰分)/%
0(CK)	76.30 ± 0.13a	19.40 ± 1.17a	2.31 ± 0.64a	1.28 ± 0.11a
3.0	76.39 ± 0.32a	18.94 ± 1.04ab	2.05 ± 0.11a	1.32 ± 0.05a
6.0	76.21 ± 0.19a	17.34 ± 1.12bc	2.12 ± 0.81a	1.34 ± 0.10a
9.0	76.21 ± 0.09a	16.99 ± 0.41c	2.55 ± 0.10a	1.41 ± 0.06a
12.0	76.40 ± 0.41a	16.72 ± 0.88c	2.40 ± 0.31a	1.34 ± 0.08a

1)表中数据为平均值±标准差,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,Duncan's 法).

表 6 大豆球蛋白对鲤幼鱼肌肉营养成分的影响
Tab.6 Effects of glycinin on the nutritional components in the muscle of juvenile *Cyprinus carpio*

大豆球蛋白 添加比例/%	w(水分)/%	w(粗蛋白)/%	w(粗脂肪)/%	w(粗灰分)/%
0(CK)	76.31 ± 0.83a	18.55 ± 2.03a	2.59 ± 0.55a	1.55 ± 0.21a
3.0	76.73 ± 0.45a	16.65 ± 1.12ab	2.69 ± 0.23a	1.54 ± 0.28a
6.0	76.78 ± 0.66a	15.59 ± 1.32b	2.58 ± 0.25a	1.56 ± 0.30a
9.0	76.79 ± 0.25a	15.39 ± 1.32b	2.60 ± 0.25a	1.52 ± 0.20a
12.0	76.55 ± 0.82a	15.43 ± 1.35b	2.56 ± 0.25a	1.46 ± 0.45a

1)表中数据为平均值±标准差,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,Duncan's 法).

3 讨论

3.1 大豆球蛋白对鲤稚鱼和幼鱼生长及饲料利用的影响

鱼类的生长是鱼类通过摄食、消化吸收,使食物转化成体长和体质量的增长过程. 鱼类的生长与水温、水质、光照及饲料等密切相关. 本试验的研究结果表明,在鲤稚鱼和幼鱼的配合饲料中,不同比例添加大豆球蛋白,会导致其生长性能出现不同程度下降. 这可能是由于大豆球蛋白能够引起鱼类过敏,导致其肠道结构损伤,从而降低了肠道对营养物质的吸收能力,导致鱼类消化性能降低和生长性能下降. van den Ingh 等^[16]、Krogdahl 等^[17]研究发现全脂大豆(FFSB)对大西洋鲑后肠形态结构有一定影响,使后肠上皮杯状细胞数量增加,吸收液泡明显减少甚至缺失,肠上皮的微绒毛缩短,微绒毛囊泡形成增多. 张锦秀等^[18]报道,当饲料中去皮豆粕(DSBM)替代鱼粉蛋白 50% 后,幼建鲤 *Cyprinus carpio* Jian 前肠和后肠的皱襞高度下降. 另外,大豆球蛋白能够引起鱼类消化道酶活性降低,导致鱼类消化性能降低,从而影响鱼类的生长及对饲料的利用. Krogdahl 等^[19]研究发现,与鱼粉组相比,豆粕能够引起虹鳟中肠和

后肠上皮刷状缘胞外酶碱性磷酸酶、亮氨酸氨肽酶以及麦芽糖酶、乳糖酶、蔗糖酶活性下降. 孙玲^[20]报道大豆主要抗原蛋白使不同食性鱼类消化道及消化腺蛋白酶活性出现不同程度的降低.

但在鲤稚鱼配合饲料中,当大豆球蛋白添加比例为 3.0%、6.0%、9.0% 和 12.0% 时,其增质量率、特定生长率和蛋白质效率均显著低于对照组 ($P<0.05$);而在鲤幼鱼配合饲料中,当大豆球蛋白添加比例为 6.0%、9.0% 和 12.0% 时,其增质量率、特定生长率、饲料效率及蛋白质效率显著低于对照组 ($P<0.05$). 这可能是由于鲤稚鱼和幼鱼消化道结构发育程度不同,对大豆球蛋白的敏感性不同所致. 鲤稚鱼消化器官和免疫器官不发达,消化系统发育尚不成熟,消化机能不完善,消化道中酶的分泌量不足,正常的肠道微生态系统尚未建立,使大量未消化的营养物质留在肠道. 因此,大豆抗原蛋白大量进入肠道,在获得免疫耐受力之前,经过一段过敏时期,引起肠道的损伤. Sun 等^[21]利用大豆球蛋白添加量为 0%、2%、4% 和 8% 的日粮连续投喂断奶仔猪,对大豆球蛋白的致敏作用进行了研究,结果表明,随着大豆球蛋白含量的增加,仔猪生长性能明显下降. Rumsey 等^[22]利用 ELISA 的方法检测饲料中大豆球

蛋白和 β -伴大豆球蛋白分别是58.8、34.4 mg/g时,能引起虹鳟肠道结构的变化,生长性能降低.孙泽威等^[23]报道了大豆抗原蛋白引起犊牛生长性能和肠道吸收能力下降.

3.2 大豆球蛋白对鲤稚鱼和幼鱼肌肉营养成分的影响

在一定的生长发育阶段,鱼类的肌肉营养成分是相对恒定的,但随着饲料营养成分、养殖环境、养殖技术管理、加工技术等改变,鱼类的肌肉营养成分会发生相应的变化.鱼体的营养成分是反映鱼类的营养水平和生理状态的主要指标.鱼类饲料营养成分组成对鱼类生产起着关键性的作用,不同饲料的组成对鱼体的生化组成影响较大.在本试验条件下,随着大豆球蛋白添加比例的增加,鲤稚鱼和幼鱼肌肉中粗蛋白含量呈下降趋势.其中,添加比例为3.0%组鲤稚鱼和幼鱼的肌肉中粗蛋白含量与对照组差异不显著($P > 0.05$),而添加比例为6.0%、9.0%和12.0%组鲤稚鱼和幼鱼肌肉中粗蛋白含量显著低于对照组($P < 0.05$).随着大豆球蛋白添加比例的增加,引起鲤稚鱼和幼鱼肌肉中粗蛋白含量不同程度下降,这可能是由于大豆球蛋白影响了鲤鱼消化道组织结构和消化道内的蛋白酶活力,进而影响了体蛋白的沉积.关于大豆抗原蛋白对鱼类肌肉营养成分的影响,报道较少,而关于大豆蛋白源对鱼类体成分的影响报道较多.吴莉芳等^[24]研究了大豆抗原蛋白对埃及胡子鲶肌肉营养成分的影响,结果表明,大豆球蛋白的添加量为60 mg/g时,埃及胡子鲶肌肉中粗蛋白含量极显著下降.徐奇友等^[25]利用大豆分离蛋白不同比例替代鱼粉,研究了大豆分离蛋白对哲罗鱼*Hucho taimen*稚鱼生长、体成分和血液主要生化指标的影响,结果表明,随着大豆分离蛋白替代鱼粉比例的增加,鱼体粗蛋白含量显著下降.吴莉芳等^[7]研究了不同大豆蛋白源对埃及胡子鲶生长、饲料利用和体成分的影响,结果表明,当全脂豆粕20%替代鱼粉时,埃及胡子鲶肌肉中粗蛋白含量极显著下降.Chou等^[26]在军曹鱼*Rachycentron canadum*幼鱼的饲料中添加10%~60%大豆粉,结果表明,肌肉中脂肪的含量随大豆粉水平的增加而增加,而蛋白质含量表现为降低的倾向,但不是很明显.

参考文献:

[1] VIELMA J, LALL S P, KOSKELA J, et al. Influence of low dietary cholecalciferol intake on phosphorus and trace element metabolism by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) [J]. Comp Biochem Physiol: Part A: Mol Integrat Physiol, 1999, 122(1): 117-125.

[2] WANG Yuyu, YANG Hongyu, YANG Lu, et al. Effects of replacing fish meal with soybean protein isolate on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Acta Hydrob Sinica, 2011, 35(1): 105-114.

[3] BAKKE-McKELLEP A M, SANDEN M, DANIELI A, et al. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr fed genetically modified soybeans and maize: Histological, digestive, metabolic, and immunological investigations [J]. Res Vet Sci, 2008, 84(3): 395-408.

[4] PRATOOMYOT J, BENDIKSEN E A, BELL J G, et al. Effects of increasing replacement of dietary fishmeal with plant protein sources on growth performance and body lipid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Aquaculture, 2010, 305(1/2/3/4): 124-132.

[5] 向泉, 周兴华, 陈建, 等. 饲料豆粕蛋白替代鱼粉蛋白对齐口裂腹鱼生长性能、体成分及血液生化指标的影响 [J]. 水产学报, 2012, 36(5): 723-731.

[6] LIN Shimei, LUO Li. Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* $\times$ *O. aureus* [J]. Anim Feed Sci Technol, 2011, 168(1/2): 80-87.

[7] 吴莉芳, 安丽影, 秦贵信, 等. 不同大豆蛋白源对埃及胡子鲶生长、饲料利用及体成分的影响 [J]. 水生生物学报, 2009, 33(6): 1214-1218.

[8] 罗智, 刘永坚, 麦康森. 石斑鱼配合饲料中发酵豆粕和豆粕部分替代鱼粉的研究 [J]. 水产学报, 2004, 28(2): 175-181.

[9] RINGO E, SPERSTAD S, MYKLEBUST R, et al. Characterisation of the microbiota associated with intestine of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): The effect of fish meal, standard soybean meal and a bioprocessed soybean meal [J]. Aquaculture, 2006, 261(3): 829-841.

[10] SEEGRABER J, MORRILL J L. Effect of protein source in calf milk replacers on morphology and absorptive ability of small intestine [J]. J Dairy Sci, 1986, 69(2): 460-469.

[11] LI D F, NELSEN J L, REDDY P G, et al. Transient hypersensitivity to soybean meal in the early weaned pig [J]. J Anim Sci, 1990, 68(6): 1790-1799.

[12] JOHNSTON C. Effect of injecting lambs with soy flour extract on serum soy protein antibody concentration and rate of gain [J]. Small Ruminant Res, 1996, 21(2): 149-154.

[13] CHRISTENSEN H R, SUSANNE W B, FROKIAER H. Antigenic specificity of serum antibodies in mice fed soy protein [J]. Int Arch Allergy Appl Immunol, 2003, 132(1): 58-67.

(下转第11页)

- [6] 张学余,韩威,李国辉. *A-FABP* 和 *H-FABP* 基因多态位点及聚合基因型对白耳鸡胸肌脂肪含量(IMF)的效应分析[C]//杨宁,李辉. 中国家禽科学研究进展:第十四次全国家禽科学学术讨论会论文集. 北京:中国畜牧兽医学会,2009:40-44.
- [7] 于吉英,陈宽维,肖小军,等. *ESR*、*NPY* 基因对文昌鸡繁殖性状的遗传效应分析[J]. 畜牧与兽医,2008,40(4):49-51.
- [8] 李国辉,魏岳,张学余,等. 鸡 *GH* 和 *POU1F1* 基因多态性及基因聚合对产蛋数的影响[J]. 湖南农业大学学报,2010,36(4):446-448.
- [9] LI Guang, AN Xiaopeng, FU Mingzhe. Polymorphism of *PRLR* and *LHB* genes by SSCP marker and their association with litter size in Boer goats[J]. Livest Sci, 2011, 136(2):281-286.
- [10] 曾献存,陈韩英,贾斌,等. *MC4R* 和 *PROPI* 基因多态性及合并基因型与中国美利奴羊生长性状的关联分析[J]. 畜牧兽医学报,2011,42(9):1227-1232.
- [11] 陶立. 猪快生长、高繁殖和优质瘦肉性状多基因聚合技术研究[J]. 中国科技成果,2011(12):28-29.
- [12] 孙效文,鲁翠云,曹顶臣,等. 镜鲤体重相关分子标记与优良子代的筛选和培育[J]. 水产学报,2009,33(2):177-181.
- [13] LI Xiaohui, BAI Junjie, YE Xing, et al. Polymorphisms in the 5' flanking region of the insulin-like growth factor I gene are associated with growth traits in largemouth bass *Micropterus salmoides*[J]. Fish Sci, 2009, 75(2):351-358.
- [14] 杜芳芳,白俊杰,李胜杰,等. 大口黑鲈 *POU1F1* 启动子区域 SNPs 对生长的影响[J]. 水产学报,2011,35(6):793-800.
- [15] 于凌云,白俊杰,樊佳佳,等. 大口黑鲈肌肉生长抑制素基因单核苷酸多态性位点的筛选及其与生长性状关联性分析[J]. 水产学报,2010,34(6):845-851.
- [16] 樊佳佳,白俊杰,李小慧,等. 大口黑鲈生长性状的微卫星 DNA 标记筛选[J]. 遗传,2009,31(5):515-522.
- [17] 梁素娴,白俊杰,叶星,等. 养殖大口黑鲈的遗传多样性分析[J]. 大连水产学院学报,2007,22(4):260-263.
- [18] 李胜杰,白俊杰,谢骏,等. 大口黑鲈选育效果的初步分析[J]. 水产养殖,2009,10(30):10-13.
- [19] 杨业华. 普通遗传学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2006:358-367.
- [20] 李爱民,马云,杨东英,等. 鲁西牛 *ANGPTL6* 基因的3个多态位点与其生长性状的关联性分析[J]. 中国农业科学,2012,45(11):2306-2314.
- [21] 赵广泰,刘贤德,王志勇,等. 大黄鱼连续4代选育群体遗传多样性与遗传结构的微卫星分析[J]. 水产学报,2010,34(4):500-507.
- 【责任编辑 柴 焰】
-
- (上接第6页)
- [14] 郭林英. 大豆 β -伴球蛋白提取物对鲤鱼肠上皮细胞增殖及其功能的影响[D]. 雅安:四川农业大学,2006.
- [15] WU Shaowen, MURPHY P A, JOHNSON L A, et al. Simplified process for soybean glycinin and β -conglycinin fractionation[J]. J Agric Food Chem, 2000, 48(7):2702-2708.
- [16] VAN DEN INGH T S G A M, KROGDAHL Å, OLL J J, et al. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon (*Salmo salar*): A morphological study[J]. Aquaculture, 1991, 94(4):297-305.
- [17] KROGDAHL Å, BAKKE McKELLEP A M, ROED K H, et al. Feeding Atlantic salmon *Salmo salar* L. soybean products; Effects on disease resistance (furunculosis), and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa[J]. Aquacult Nutr, 2000, 6(2):77-84.
- [18] 张锦秀,周小秋,刘扬. 去皮豆粕对幼建鲤生长性能和肠道的影响[J]. 中国水产科学,2007,14(2):315-320.
- [19] KROGDAHL Å, BAKKE-McKELLEP A M, BAEVERFJORD G. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Aquacult Nutr, 2003, 9(6):361-371.
- [20] 孙玲. 大豆抗原蛋白对不同食性鱼类消化酶活性及血液指标的影响[D]. 吉林:吉林农业大学,2008.
- [21] SUN Peng, LI Defa, LI Zheji, et al. Effects of glycinin on IgE-mediated increase of mast cell numbers and histamine release in the small intestine[J]. J Nutr Biochem, 2008, 19(9):627-633.
- [22] RUMSEY G L, SIWICKI A K, ANDERSON D P, et al. Effect of soybean protein on serological response, non-specific defense mechanisms, growth, and protein utilization in rainbow trout[J]. Vet Immunol Immunopathol, 1994, 41(3/4):323-329.
- [23] 孙泽威,秦贵信,张庆华. 大豆抗原蛋白对犊牛生长性能、日粮养分消化率和肠道吸收能力的影响[J]. 中国畜牧杂志,2005,41(11):30-33.
- [24] 吴莉芳,邹瑞兴,王申,等. 大豆主要抗原蛋白对埃及胡子鲇肌肉营养成分的影响[J]. 吉林农业大学学报,2009,31(6):741-745.
- [25] 徐奇友,王常安,许红,等. 大豆分离蛋白替代鱼粉对哲罗鱼生长、体成分和血液主要生化指标的影响[J]. 水生生物学报,2008,32(6):941-946.
- [26] CHOU R L, HER B Y, SU M S, et al. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*[J]. Aquaculture, 2004, 229(1/2/3/4):325-333.
- 【责任编辑 柴 焰】