

饲料中大豆蛋白对草鱼生长及饲料利用的影响

吴莉芳, 王洪鹤, 张东鸣, 孙泽威, 孙玲, 秦贵信

(吉林农业大学 动物科技学院, 吉林 长春 130118)

摘要:以健康的草鱼为试验对象, 初始体质量(50.63 ± 0.43)g, 在室内[(22 ± 3)℃]单循环控温养殖系统中进行8周生长试验, 以鱼粉为动物蛋白源, 去皮豆粕为植物蛋白源, 去皮豆粕分别替代0%、15%、30%、45%和60%的鱼粉蛋白, 配制成5种等蛋白($w = 30\%$)等能($15.6 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)的半精制饲料, 探讨大豆蛋白对草鱼生长及饲料利用的影响。结果表明, 草鱼的特定生长率(SGR)各组之间差异不显著($P > 0.05$); 随着大豆蛋白替代水平的增加, 饲料效率(FER)、蛋白质效率(PER)及蛋白质沉积率(PPV)逐渐增加, 60%组开始下降, 但仍显著高于对照组($P < 0.05$)。因此, 在此试验条件下, 草鱼配合饲料蛋白水平为 $w = 30\%$ 时, 大豆蛋白替代鱼粉蛋白的最适宜量为45%。最大替代量为60%。过量添加大豆蛋白, 将影响草鱼的生长及饲料利用。

关键词:草鱼; 大豆蛋白; 生长; 饲料利用

中图分类号:S816.4

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2009)02-0078-04

Effects of Different Levels of Dietary Soybean Protein on Growth Performance and Feed Utilization of *Ctenopharyngodon idellus*

WU Li-fang, WANG Hong-he, ZHANG Dong-ming, SUN Ze-wei, SUN Ling, QIN Gui-xin

(College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Effects of different levels of dietary soybean protein on growth performance and feed utilization of *Ctenopharyngodon idellus* were studied. A growth trial was conducted on juvenile fish with initial body mass of (50.63 ± 0.43) g for 8 weeks at controlled temperature (22 ± 3)℃ in single recirculating system. Fish meal and dehulled soybean meal were used as protein source. Five isonitrogenous ($w = 30\%$ protein) and isoenergetic ($15.6 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) diets, with dehulled soybean meal replacing level 0%, 15%, 30%, 45% and 60% of fish meal protein, were formulated to feed juveniles. The results indicated that there were no significant differences ($P > 0.05$) among different groups in specific growth rate; With increasing of soybean protein replacement level, feed efficiency rate, protein efficiency rate and productive protein value increased gradually, although the decreasing trend was observed when replacement level reached 60%, they were significantly ($P < 0.05$) higher than that of the control group. It was suggested that the optimum replacement level for fish meal protein by soybean protein was 45% and maximum replacement level was 60% when the protein level of feed was 30%. Excessive soybean protein would produce negative responses on growth performance and feed utilization of *Ctenopharyngodon idellus*.

Key words: *Ctenopharyngodon idellus*; soybean protein; growth performance; feed utilization

草鱼 *Ctenopharyngodon idellus* 隶属于鲤形目鲤科雅罗鱼亚科草鱼属, 是典型的草食性鱼类, 具有生长快、肉味鲜美、养殖成本低、市场容量大等特点, 对

于中国而言, 草鱼是一种有巨大经济价值的优良养殖品种。目前, 关于草鱼的研究主要集中在生物学特性、苗种培育、成鱼养殖、鱼病防治、营养与饲料等方

收稿日期:2008-03-17

作者简介: 吴莉芳(1970—), 女, 副教授, 博士; 通讯作者: 秦贵信(1956—), 男, 教授, 博士, E-mail: guixin@public.cc.jl.cn

基金项目: 国家自然科学基金(30430520)

面. 鱼粉是目前公认的一种优质饲料蛋白源^[1]. 但是, 随着集约化水产养殖业的发展, 鱼粉的需求量剧增, 由于受全球性的酷捕滥获和环境污染等的影响, 鱼粉的产量逐年下降. 世界鱼粉的供应已不能满足日益增长的养殖需求. 鱼粉将成为一种世界范围内越来越短缺的资源. 因此, 利用植物蛋白源替代鱼粉已成必要. 本试验在草鱼幼鱼的配合饲料中, 以去皮豆粕不同比例替代鱼粉蛋白, 探讨大豆蛋白在草鱼饲料中的适宜替代量, 旨在为研制质优价廉的草鱼配合饲料提供重要的生物学参数和技术途径, 为合理开发利用大豆蛋白源提供理论依据, 对我国水产养殖业的健康稳定发展具有一定的指导意义.

1 材料与方法

1.1 试验饲料及制作

以鱼粉为动物蛋白源, 去皮豆粕为植物蛋白源, 鱼油、玉米油、糊精为能源, 纤维素为填充物配制半精制饲料. 其中, 去皮豆粕替代鱼粉蛋白的 0%, 15%, 30%, 45%, 60%. 配成等氮(粗蛋白质量分数为 30%)、等能($15.6 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) 5 种配合饲料(表 1). 试验饲料原料经粉碎过 60 目筛, 按配方称质量, 混合均匀, 挤压成直径 2.5 mm 颗粒, 晒干后置于 -4 ℃ 冰柜中保存、备用.

1.2 试验鱼与饲养管理

试验草鱼鱼种来自吉林省农安县太平池水库渔场, 试验前挑选体质健壮、规格整齐、鳍鳞完整的草鱼鱼种 700 尾, 暂养于室内控温单循环系统中, 该系统由 56 个 230(型号)缸组成, 每缸加水 3/4 体积, 用循环泵进行水质过滤, 暂养时投喂饲料蛋白质量分数 30.06% 的试验对照组饲料, 饱食投喂, 驯化 15 d. 饲养试验从 2007 年 7 月 8 日—9 月 2 日, 为期 8 周. 试验开始之前停止投喂 24 h, 然后称鱼体质量(精确到 0.01 g), 每个饲料组处理设置 3 个重复, 每个重复放养 30 尾, 放养前用 20 g/m^3 的高锰酸钾水溶液药浴 10 min, 整个试验期保持水质稳定, 水温控制在 $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$, 各项理化指标维持在: 溶解氧(DO)5.0~8.0 mg/L; pH 7.0~8.0; 氨氮 < 0.3 mg/L. 日投饵率视鱼群摄食情况变动于 3%~6%, 日投饵 2 次(9:00, 16:00), 投饵方法为人工手撒.

1.3 样品的收集与测定

试验结束前停食 24 h 后称体质量(精确到 0.01 g), 计算特定生长率、饲料效率、蛋白质效率、蛋白质沉积率等指标.

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

$$\text{饲料效率} = (m_t - m_0) / m'_d \times 100\%,$$

$$\text{蛋白质效率} = (m_t - m_0) / m'_d w \times 100\%,$$

$$\text{蛋白质沉积率} = (m_t w_1 - m_0 w_2) / (m'_d w) \times 100\%,$$

式中: m_t, m_0 分别为终末和初始鱼体质量(g); t 为试验时间(d); m'_d 为摄入干饲料质量(g); w, w_1, w_2 分别是饲料、终末鱼体、初始鱼体中蛋白质质量分数(%).

生长试验结束后, 每组随机取鱼 10 尾, 吸干鱼体表的水分后, 取侧线以上, 背鳍以下的肌肉, 测定其营养成分. 水分测定采用 105 ℃ 恒温烘干失重法(GB/T6435—1986); 粗蛋白测定采用凯氏定氮法(GB/T6432—1994); 粗脂肪测定采用索氏乙醚抽提法(GB/T6433—1994); 粗灰分测定采用马福炉灼烧法(GB/T6438—1994)测定.

1.4 统计分析

采用 SPSS(12.0) 软件进行单因子方差分析, 用 Duncan's 多重比较, 分析组间差异显著性.

表 1 饲料原料及营养成分

Tab. 1 Ingredients and the nutritional composition of diets

原料及营养 组成	大豆蛋白对鱼粉蛋白的替代量/%				
	0	15	30	45	60
$w_{\text{鱼粉}} / \%$	46.9	39.30	32.00	24.70	18.7
$w_{\text{去皮豆粕}} / \%$	—	9.80	19.60	29.40	39.20
$w_{\text{糊精}} / \%$	38.6	36.48	34.06	31.54	27.90
$w_{\text{玉米油}} / \%$	1.00	1.16	1.32	1.48	1.60
$w_{\text{鱼油}} / \%$	1.00	1.16	1.32	1.48	1.60
$w_{\text{氯化胆碱}} / \%$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
$w_{\text{维生素预混料}}^{1)} / \%$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
$w_{\text{无机盐预混料}}^{2)} / \%$	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
$w_{\text{纤维素}} / \%$	8.50	8.10	7.70	7.40	7.00
$w_{\text{黏合剂}} / \%$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
$w_{\text{粗蛋白}} / \%$	30.06	30.05	30.05	30.04	30.09
$w_{\text{粗脂肪}} / \%$	4.59	4.59	4.60	4.61	4.61
$w_{\text{粗纤维}} / \%$	7.03	7.02	7.01	7.07	7.07
$w_{\text{灰分}} / \%$	5.31	4.95	4.59	4.23	4.01
总能/($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	16.15	15.60	16.30	16.50	16.40

1) 维生素预混料: 叶酸 15 mg/kg; 烟酸 800 mg/kg; 泛酸钙 280 mg/kg; 肌醇 4 000 mg/kg; 生物素 6 mg/kg; 盐酸硫胺素 60 mg/kg; 盐酸吡哆醇 40 mg/kg; 核黄素 200 mg/kg; 维生素 A 1.2 mg/kg; 维生素 D₃ 0.05 mg/kg; 维生素 E 200 mg/kg; 维生素 K 40 mg/kg; 维生素 C 600 mg/kg; 维生素 B₁₂ 0.1 mg/kg; 2) 无机盐预混料: $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 60 mg/kg; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 3.1 g/kg; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 180 mg/kg; $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 8 mg/kg; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.8 g/kg; $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 3 mg/kg; KI 3.4 mg/kg; CaCO_3 5 g/kg; $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 13.6 g/kg; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.5 mg/kg; $\text{Na}_2\text{Se}_2\text{O}_3$ 0.2 mg/kg; KCl 4.4 g/kg

2 结果

2.1 大豆蛋白对草鱼生长及饲料利用的影响

本研究结果表明,草鱼的特定生长率各组之间差异不显著($P > 0.05$);随着大豆蛋白替代水平的增加,饲料效率、蛋白质效率、蛋白质沉积率逐渐增加,60%组开始下降,但仍显著高于对照组($P <$

0.05)(表2).

2.2 大豆蛋白对草鱼肌肉营养成分的影响

本研究结果表明,水分的含量随着大豆蛋白替代比例的增加逐渐上升,60%组与对照组差异显著($P < 0.05$);蛋白质含量逐渐下降,60%组与对照组差异极显著($P < 0.01$);各组之间脂肪和灰分的含量差异不显著($P > 0.05$)(表3).

表2 饲料中去皮豆粕替代鱼粉对草鱼生长、饲料利用的影响¹⁾

Tab. 2 Effect of replacement of fish meal by dehulled soybean meal on growth, feed utilization of *Ctenopharyngodon idellus*

测定指标	大豆蛋白对鱼粉蛋白的替代量/%				
	0	15	30	45	60
初始体质量/g	50.05 ± 0.59	50.67 ± 0.21	50.47 ± 0.23	50.31 ± 0.24	50.64 ± 0.57
终末体质量/g	86.78 ± 8.50a	81.55 ± 6.61a	81.49 ± 0.18a	82.23 ± 2.25a	80.72 ± 4.89a
特定生长率/%	1.01 ± 0.16a	0.91 ± 0.15a	0.92 ± 0.01a	0.94 ± 0.06a	0.89 ± 0.13a
饲料效率/%	52.34 ± 0.25a	58.96 ± 0.18ab	63.77 ± 0.82b	65.35 ± 3.93b	63.31 ± 8.92b
蛋白质效率/%	1.77 ± 0.01a	1.96 ± 0.01b	2.14 ± 0.03b	2.23 ± 0.13b	2.10 ± 0.30b
蛋白质沉积率/%	29.56 ± 0.40a	34.24 ± 1.05a	35.74 ± 1.49b	36.80 ± 2.56b	37.64 ± 4.94b

1)表中数据为平均数±标准差,同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$,Duncan's法)

表3 饲料中去皮豆粕替代鱼粉对草鱼肌肉营养成分的影响¹⁾

Tab. 3 Effect of replacement of fish meal by dehulled soybean meal on nutritional composition in the muscle of *Ctenopharyngodon idellus*

大豆蛋白对鱼粉蛋白的替代量/%	w/%			
	水分	蛋白质	脂肪	粗灰分
0	80.85 ± 0.61a	15.42 ± 0.16Bb	1.55 ± 0.02a	1.58 ± 0.06a
15	80.71 ± 0.34a	15.44 ± 0.04Bb	1.53 ± 0.02a	1.61 ± 0.08a
30	80.89 ± 0.52ab	15.48 ± 0.35Bb	1.52 ± 0.03a	1.62 ± 0.05a
45	81.33 ± 0.31ab	15.58 ± 0.29Bb	1.55 ± 0.03a	1.51 ± 0.03a
60	81.67 ± 0.13b	14.78 ± 0.20Aa	1.58 ± 0.01a	1.58 ± 0.01a

1)表中数据为平均数±标准差,同列不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$,Duncan's法)

3 讨论

3.1 大豆蛋白对草鱼生长及饲料利用的影响

从本试验的研究结果可以看出,在草鱼幼鱼的人工配合饲料中,当大豆蛋白替代鱼粉蛋白的15%~45%时,饲料效率、蛋白质效率、蛋白质沉积率逐渐增加,而特定生长率各组之间差异不显著;当大豆蛋白替代60%鱼粉蛋白时,饲料效率、蛋白质效率、蛋白质沉积率开始下降,但仍然高于对照组。因此,在本试验条件下,去皮豆粕适量替代鱼粉对草鱼的生长及饲料利用没有负面影响。但过量添加大豆蛋白将抑制草鱼的生长及对饲料的利用。Chou等^[2]在军曹鱼 *Rachycentron canadum* 幼鱼的饲料中,添加10%~60%大豆粉,结果表明,当大豆蛋白替代鱼粉

蛋白比例由40%增加到50%时,军曹鱼的体增质量、蛋白质效率、净蛋白利用率随着大豆粉替代比例的增加显著降低。Dabrowski等^[3],在平均体质量0.4 g的草鱼鱼苗的饲料中,添加大豆粉40%~60%来代替鱼粉,大豆粉组生长慢于鱼粉组,生长速度随添加量的增加而减慢。

大豆蛋白中含有抗营养因子,虽然去皮豆粕经过加工工艺,一些热不稳定的抗营养因子(胰蛋白酶抑制因子、糜蛋白酶抑制因子、植物凝集素等)可以灭活至无害水平,但是仍然含有热稳定的抗营养因子(大豆抗原、异黄酮、植酸、寡糖、单宁等)影响鱼类对饲料的利用,在草鱼的饲料中,过量的添加大豆蛋白,大豆抗营养因子能够影响饲料的适口性,使鱼类摄食率降低^[4]。大豆抗营养因子(如:大豆抗原)也能够损伤鱼类肠道组织,影响营养物质的消化、吸收。前人对长期饲喂含全脂大豆(FFSB)和大豆蛋白浓缩物(SBPC)的大西洋鲑 *Salmo salar* 的前肠和后肠的形态进行研究,并与投喂鱼粉的大西洋鲑的肠道作对比。结果表明,各组鱼的前肠无差异;对于后肠,SBPC组无异常现象。而FFSB组和对照组相比,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^[5-6]。

大豆蛋白的过量添加,影响草鱼生长性能及饲料利用,也可能是由于饲料中氨基酸缺乏或不平衡所致,饲料中必需氨基酸的平衡能够促进动物的生长^[7]。与鱼粉相比,大豆蛋白必需氨基酸含量低,尤其是含硫氨基酸较低,过量添加影响鱼类对饲料中

蛋白质的利用。如果在高大豆蛋白的饲料中添加缺乏的氨基酸,就能够提高饲料的利用率,改善鱼的生长。艾庆辉^[8]在南方鮰饲料中,利用大豆蛋白不同比例替代鱼粉蛋白,进行生长试验,结果表明,大豆蛋白替代鱼粉蛋白的适宜比例为39%,当大豆蛋白52%替代鱼粉蛋白时,添加蛋氨酸0.21%时,南方鮰的生长与对照组差异不显著。

大豆蛋白的过量添加,影响草鱼生长性能及饲料利用,也可能是由于草鱼饲料中必需脂肪酸(EFA)缺乏或不平衡所致。所以,在渔业生产中,大豆蛋白应适量替代鱼粉蛋白,使饲料中的氨基酸和脂肪酸配比趋于合理,适合鱼类的需求,从而达到促进鱼类生长的目的。

3.2 大豆蛋白在草鱼的饲料中的适宜添加量

鱼类饲料中大豆蛋白的最适添加量,是指在该添加水平或该添加水平以下,鱼类的生长及饲料转化率与对照组差异不显著或高于对照组。即在此条件下,鱼类能够最大限度地利用大豆蛋白的量。饲料中大豆蛋白最适添加量,与鱼的食性、种类、大小、水体环境及大豆蛋白的品质有关。不同食性的鱼类利用大豆蛋白存在较大差异。

本研究的结果表明,在草鱼幼鱼的配合饲料中,大豆蛋白替代鱼粉蛋白45%最佳,大豆蛋白替代鱼粉蛋白的最大替代量为60%。这主要由于草鱼属于典型的草食性鱼类,其消化道结构由口腔、咽、食道、肠等部分组成,其肠长是体长的2.5~3.0倍。草鱼消化器官的结构适于植物蛋白的消化吸收,能够很好地消化大豆蛋白。付生慧^[9]利用不同大豆蛋白源饲料饲喂草鱼[(45.00±4.02)g]试验,结果表明,膨化大豆粕和豆粕100%的替代对照组的鱼粉后,草鱼特定生长率降低。LUO等^[10]在石斑鱼幼鱼[(9.4±0.1)g]的饲料中,利用发酵豆粕和普通豆粕替代鱼粉,进行为期56 d生长试验,结果表明,发酵豆粕替代白鱼粉的最适量为10%。

3.3 大豆蛋白对草鱼肌肉营养成分的影响

肌肉营养成分是衡量养殖产品肌肉品质的重要指标。确定某种鱼类是否具有经济价值,在很大程度上取决于鱼类可食部分(含肉率)、肌肉营养成分(蛋白质、脂肪、人体必需氨基酸种类和含量)以及味道鲜美度。鱼类肌肉营养成分在一定的生长发育阶段是相对恒定的,但肌肉主要营养成分既受遗传因子的影响,又受环境因子的控制。随着外界环境(饲料营养成分、食物组成、养殖水环境、养殖技术管理、加工技术等)的改变,鱼类肌肉主要营养成分也会发生相应的变化。

本试验的研究结果表明,随着大豆蛋白替代比例的升高,草鱼60%组蛋白质含量下降,与对照组差异极显著。主要由于大豆蛋白中含有抗营养因子,过量的添加影响鱼类对饲料中蛋白质、氨基酸等营养物质的消化、吸收及合成。另外,过量的大豆蛋白的使用,使饲料中的氨基酸比例失衡,因此,影响了鱼类对饲料的利用、体蛋白质的合成和蛋白质的沉积。随着大豆蛋白替代比例的升高,水分逐渐上升,脂肪和灰分的含量差异不显著。鱼肉营养价值主要取决于鱼肉蛋白质和脂肪含量的多少。从本研究的结果可以看出,草鱼幼鱼的人工配合饲料中,当大豆蛋白替代鱼粉蛋白15%、30%、45%时,蛋白质和脂肪的含量与对照组差异不显著。这说明在草鱼的人工配合饲料中添加一定量的大豆蛋白不影响鱼类的营养价值。

参考文献:

- [1] 叶元土. 鱼粉的质量控制及其在淡水鱼饲料中的应用[J]. 饲料工业, 2007, 28(8):1-6.
- [2] 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, 229:325-333.
- [3] DABROWSKI K, KOZAK B. The use of fish meal and soyabean meal as a protein source in the diet of grass carp fry [J]. Aquaculture, 1979, 18:107-144.
- [4] REIGH R C, ELLIC S C. Effects of dietary soybean and fish meal protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets [J]. Aquaculture, 1992, 104:279-292.
- [5] VAN DEN INGH T S G, KROGDAHL A M A, OLLI 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, 94:297-305.
- [6] KROGDAHL A M, BAKKE M, BAEVERFJORD G. Feeding Atlantic salmon *Salmo salar* L. soybean products: effects on disease resistance (furunculosis), and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa. [J]. Aquaculture Nutrition, 2000, 6:77-84.
- [7] TEESERAUD S, MAAA N, PERESSON R, et al. Relative responses of protein turnover in three different skeletal muscles to dietary lysine deficiency in chicks [J]. Br Poult Sci, 1996, 37(3):641-650.
- [8] 艾庆辉. 饲料中大豆蛋白对南方鮰生长的影响及其能量学机理的研究[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所, 1999.
- [9] 付生慧. 不同大豆蛋白源饲料饲喂草鱼试验[J]. 饲料研究, 2007, 10:5-6.
- [10] LUO Zhi, LIU Yong-jian, MAI Kang-sen, et al. Partial replacement of fish meal by soybean protein in diets for grouper *Epinephelus coioides* juveniles [J]. 水产学报, 2004, 28(2):175-181.