

文章编号: 1004 - 7271(2007)02 - 0124 - 06

硒对草鱼生长、营养组成和消化酶活性的影响

苏传福¹, 罗莉¹, 文华^{2,3}, 陈小川¹, 盛小洒¹, 陈卓¹

(1. 西南大学动物科技学院水产系, 重庆 北碚 400716;

2. 中国水产科学研究院淡水生态与健康养殖重点开放实验室, 长江水产研究所, 湖北 荆州 0434000;

3. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

摘要: 选用体长(10.16 ± 0.14) cm, 体重(21.20 ± 0.24) g 的草鱼种 630 尾, 随机分为 7 个试验组, 每组设置 3 个重复, 每个重复 30 尾草鱼。在纯化饲料中添加 0、0.15、0.3、0.6、1.2、2.4、4.8 mg/kg 的硒, 以 0 mg/kg 添加组为对照组, 进行为期 84 d 的生长试验以研究饲料不同硒水平对草鱼生长、营养组成和消化酶活性的影响。结果表明: 饲料中添加硒能促进草鱼的生长, 提高饲料效率, 提高体蛋白含量, 降低脂肪含量, 提高草鱼消化酶活性。饲料硒对草鱼脂肪酶活性的影响最为显著($P < 0.05$)。当硒添加量为 0.6 mg/kg 时, 草鱼的特定生长率、增重率、饲料效率、蛋白质效率和饲料蛋白沉积效率为最大值, 与对照组相比, 其特定生长率和饲料效率分别提高了 28.37% 和 38.30%; 草鱼鱼体蛋白含量最高, 脂肪含量最低; 草鱼的肝胰脏和肠道蛋白酶、淀粉酶以及脂肪酶活性均达最大值, 其中肝胰脏和肠道脂肪酶活性分别比对照组提高了 205.55% 和 249.33%。上述研究表明饲料中适量添加硒能提高消化酶活性, 改善草鱼品质, 促进生长。

关键词: 硒; 草鱼; 生长; 营养组成; 消化酶

中图分类号: S 963.16 文献标识码: A

Effects of dietary selenium on growth performance, quality and digestive enzyme activities of grass carp

SU Chuan-fu¹, LUO Li¹, WEN Hua^{2,3}, Chen Xiao-chuan¹, Sheng Xiao-sa¹, Chen Zhuo¹

(1. Department of Fishery Science, College of Animal Science & Technology,

Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Jingzhou 434000, China;

3. Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: 630 grass carps [initial length: (10.16 ± 0.14) cm, initial weight: (21.20 ± 0.24) g] were randomly divided into 7 treatments (90 for each treatment, 30 for each replicate) to study the effects of dietary selenium on growth performance, nutritional composition and digestive enzyme activities of grass carp by feeding 7 pure diets with 0, 0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.4, 4.8 mg Se/kg diet. The basal diet which was added 0 mg selenium per kilogram was used as control group. After a 84-day feeding trail, the results showed that: dietary selenium had significantly affected growth, nutritional composition and digestive enzyme activities of grass carp ($P < 0.05$). The special growth rate (SGR), weight gain (WG), feed efficiency (FE), protein

收稿日期: 2006-06-07

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2004BA526B0604)

作者简介: 苏传福(1982 -), 男, 重庆铜梁人, 硕士研究生, 专业方向为水产动物营养, E-mail: suchuanfu1982@163.com

通讯作者: 罗莉, E-mail: luoli1972@163.com

efficiency ration (PER), protein reservation rates (PRR), the crude protein of fish body and muscle as well as the activities of the three digestive enzymes were highest in fish fed diet with 0.6 mg Se/Kg diet; while the fat content is the lowest. The specific growth rates (SGR), feed efficiency (FE) increased 28.37% and 38.30% respectively while hepatic and intestinal lipase increased 205.55% and 249.33% respectively compared with the control group. All of these results demonstrated that the activities of digestive enzyme were enhanced by adding selenium so as to improve fish quality and accelerate grass carp to growth.

Key words: selenium; *Cenopharyngodon idellus*; growth performance; nutritional composition; digestive enzyme

硒是动物机体必需的微量元素,对动物的生长发育、免疫机能和抗氧化发挥着重要作用^[1]。已有不少研究结果表明硒作为饲料添加剂,能显著提高动物机体抗氧化能力和促进生长。但关于硒对水产动物体组成和消化酶活性影响的研究还少有报道,仅刘小刚等^[2]研究了添加芽孢杆菌、硒酵母对异育银鲫肠道、肝胰脏消化酶活性的影响。本试验以草鱼为研究对象,在饲料中添加 0、0.15、0.3、0.6、1.2、2.4、4.8 mg/kg 硒,研究不同浓度的硒对草鱼生长、营养组成和消化酶活性的影响,旨在进一步了解硒的作用机制,为草鱼配合饲料中合理应用硒提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

基础饲料主要根据草鱼的营养参数^[3]设计。蛋白源为酪蛋白加明胶(4:1);糖源用糊精、 α -淀粉;以植物油作为脂肪源;以微晶纤维素为粘合剂。基础饲料配方及其营养组成见表 1。硒以 Na_2SeO_3 形式添加,添加量和实测试验饲料中硒含量结果见表 2。

各原料粉碎过 0.355 mm 分析筛,称重后混匀,少量的组分采用逐级扩大法混合。加水 34%~40%,用面条机制成直径为 2 mm 的成品饲料,自然风干后,置于冰箱中冷冻保藏、备用。

1.2 试验鱼来源及驯养

试验鱼购自重庆北碚歌马,为当年草鱼鱼种,体长(10.16 \pm 0.14) cm,体重(21.20 \pm 0.24) g。购入后用 3% 食盐溶液消毒,预试期为 10 d,前 3 d 投喂药饵,后 7 d 用基础日粮进行驯饲,在均能较好摄食后,取体质健壮、规格一致的个体,按照随机分组法分组,分别记录初重,转放到已编号的网箱中,进行正式试验。

1.3 试验设计与管理

每种饲料试验处理设 3 重复,每个重复 30 尾草鱼,饲养于 1 m \times 1 m \times 1 m 的小体积网箱中,网箱设置于面积为 1 公顷流水鱼池。养殖试验期间,每天投喂 3 次(9:00,13:00,17:00),投饲率 3%~5%,根据水温和鱼体大小调整投饵量。每日观察记录水温、草鱼摄饵及死亡情况,发现死鱼及时检出称重,并做好记录。正式试验从 2005 年 7 月 27 日到 10 月 17 日结束,为期 84 d(12 周)。试验期间水温 24~30 $^{\circ}\text{C}$,pH 值 5.5~7.0,溶氧 >5 mg/L,氨氮水平 <0.5 mg/L,养殖水体含硒(0.055 \pm 0.07) mg/L。

表 1 基础饲料配方及营养组成
Tab. 1 Formulation and the proximate composition of the basal diets

原料	含量 (%)
酪蛋白	32
明胶	8
糊精	28
α -淀粉	15.5
豆油	7
微晶纤维素	6
添加剂预混料 ¹	1
磷酸二氢钙	2
氯化胆碱	0.5
营养组成 ²	
粗蛋白	31.29
粗脂肪	7.68
粗水分	9.92
粗灰分	7.12

注:1. 添加剂预混料为每千克全价饲料提供:Fe 150 mg、Zn 34.1 mg、Mn 13.0 mg、I 5.7 mg、Se 0 mg、Co 12.4 mg;VA2000.0 IU、VD2000.0 IU、VE100.0 mg、VK10.0 mg、VB₁5.0 mg、VB₂10.0 mg、烟酸 100.0 mg、VB₆10.0 mg、泛酸钙 40.0 mg、叶酸 5.0 mg、VB₁₂0.02 mg、生物素 1.0 mg、VC 300 mg。

2. 为实测值。

表2 试验设计
Tab.2 Experimental design

饲料编号	1	2	3	4	5	6	7
硒添加量(mg/kg)	0	0.15	0.3	0.6	1.2	2.4	4.8
实测硒量(mg/kg)	0.04 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.36 ± 0.03	0.66 ± 0.02	1.29 ± 0.07	2.67 ± 0.13	4.05 ± 0.04

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生长指标

试验前取15尾鱼作为初始鱼体组分测定样本。试验结束时试验鱼饥饿24 h后准确称重,测定生长速率、饲料利用效率、形体指标(包括体重/体长、内脏重/体重、肝胰脏重/体重、脾脏重/体重)、肥满度和空壳率。

增重率(%) = $(W_t - W_0) / W_0 \times 100\%$; 特定增长率(%/d) = $(\ln W_t - \ln W_0) \times 100\% / d$; 饲料效率(g/g) = $(W_t - W_0) / F$; 蛋白质效率比(g/g) = $(W_t - W_0) / (F \times P)$; 饲料蛋白质沉积率(%) = $(W_t P_t - W_0 \times P_0) \times 100\% / (F \times P)$; 肥满度 = $W / L^3 \times 100\%$; 内脏指数 = 内脏重(g) × 100% / 鱼体重(g); 肝胰脏指数 = 肝胰脏重(g) × 100% / 鱼体重(g); 脾脏指数 = 脾脏重(g) × 100% / 鱼体重(g); 空壳率 = (鱼体总重 - 内脏重) / 鱼体总重 × 100%。

式中: W_0 ——试验开始时鱼体尾均重(g); W_t ——试验结束时鱼体尾均重(g); d ——养殖试验天数; F ——尾均摄食饲料总量(g); P ——饲料粗蛋白含量; P_t ——试验开始时鱼体蛋白含量; P_0 ——试验结束时鱼体蛋白含量; W ——鱼体重(g), L ——鱼体长(cm)。

1.4.2 全鱼和肌肉营养成分

饲料、全鱼、肌肉营养成分采用常规营养成分分析方法测定,水分采用105℃烘干恒重法;粗蛋白含量的测定采用凯氏定氮法;粗脂肪含量的测定采用索氏抽提法;粗灰分的测定采用消化炉焚烧法(550℃)^[4]。

1.4.3 消化酶活性的分析测定

试验结束时试验鱼饥饿24 h,每组取15尾鱼,立即杀死,在冰盘中解剖,取出肠和肝胰脏(剥除多余的脂肪和结缔组织),用冷却蒸馏水(4℃)冲净消化道内容物,并用滤纸吸干水分,再分别称重。称重后剪碎,每克加10 mL蒸馏水(4℃),迅速转入玻璃匀浆器匀浆,将匀浆液离心(3 500 r/min)30 min。将上清液即粗酶提取液置冰箱(4℃)中保存备用。

蛋白酶活性测定参照Folin-酚法^[5]进行,蛋白酶活力单位定义:在pH7.6,底物酪蛋白浓度为5 mg/mL, (37 ± 1)℃条件下保温15 min,以1 min水解酪蛋白产生1 μg酪氨酸为一个活力单位。淀粉酶活性测定参照3,5-二硝基水杨酸(DNS)法^[6]进行,淀粉酶活力单位定义:在一定条件下,淀粉酶水解淀粉,以1 min内使可溶性淀粉分解产生1 mg麦芽糖的酶量作为一个活力单位。脂肪酶活性测定参照聚乙烯醇橄榄油乳化液水解法^[7]进行,脂肪酶活力定义为:在一定条件下,脂肪酶水解脂肪,以1 min产生1 μg脂肪酸的酶量定为一个活力单位。

1.5 数据分析

试验数据均以平均值 ± 标准差(mean ± SD)表示,结果用SPSS 12.0版统计软件中One-Way ANOVA方法进行方差分析,并进行Duncan氏多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 硒对草鱼成活和生长的影响

饲料中添加硒对草鱼成活和生长的影响见表3。可以看出,各组草鱼存活率均较高,在95%以上,统计分析差异不显著($P > 0.05$)。就生长而言,饲料中添加硒后草鱼的特定增长率、增重率、饲料效率、

蛋白质效率和饲料蛋白沉积效率都较对照组显著增高($P < 0.05$)。其中饲料硒添加量为 0.6 mg/kg 时,饲料效率最高,促生长效果最为明显,与对照组相比,其特定生长率和饲料效率分别提高了 28.37% 和 38.30%。当硒添加量大于 0.6 mg/kg 后,表现出添加量增加,生长减慢的趋势。

表 3 饲料硒对草鱼生产性能的影响

Tab. 3 Effects of dietary selenium on growth performance of grass carp

硒添加浓度(mg/kg)	0.00	0.15	0.30	0.60	1.20	2.40	4.80
成活率(%)	96.7 ± 2.12	97.1 ± 1.23	97.3 ± 3.35	97.5 ± 1.12	96.9 ± 0.86	97.0 ± 2.98	97.9 ± 1.23
初始尾均重(g)	20.90 ± 0.45	20.78 ± 0.53	22.25 ± 0.30	20.28 ± 0.08	21.30 ± 0.75	22.38 ± 0.24	21.20 ± 0.24
终末尾均重(g)	43.69 ± 0.01	45.58 ± 1.23	49.76 ± 0.01	51.10 ± 0.50	51.79 ± 0.56	49.83 ± 0.57	50.20 ± 0.65
特定生长率(%/d)	0.74 ± 0.01 ^a	0.81 ± 0.01 ^b	0.85 ± 0.01 ^{bc}	0.95 ± 0.01 ^d	0.92 ± 0.04 ^{cd}	0.92 ± 0.01 ^{cd}	0.88 ± 0.01 ^c
增重率(%)	104.15 ± 0.42 ^a	119.39 ± 0.38 ^b	128.78 ± 2.07 ^{bc}	152.03 ± 1.53 ^d	143.53 ± 1.22 ^{cd}	143.04 ± 1.32 ^{cd}	134.71 ± 0.43 ^c
饲料效率(g/g)	0.47 ± 0.01 ^a	0.53 ± 0.02 ^b	0.57 ± 0.01 ^{bcd}	0.65 ± 0.01 ^c	0.61 ± 0.03 ^{de}	0.58 ± 0.01 ^{cd}	0.55 ± 0.02 ^{bc}
蛋白质效率比(g/g)	1.50 ± 0.01 ^a	1.70 ± 0.05 ^b	1.83 ± 0.01 ^{bcd}	2.08 ± 0.04 ^c	1.96 ± 0.09 ^{de}	1.85 ± 0.02 ^{cd}	1.76 ± 0.03 ^{bc}
饲料蛋白沉积率(%)	18.20 ± 0.04 ^a	21.00 ± 0.60 ^b	21.07 ± 0.08 ^{bc}	24.72 ± 0.37 ^d	23.07 ± 1.30 ^d	21.85 ± 0.36 ^{bc}	20.43 ± 0.30 ^{bc}

注:同一行肩注不同字母者表示差异显著($P < 0.05$),下表同。

2.2 硒对草鱼形体指标的影响

本试验测定了形体指标(体重/体长、内脏比、肝胰脏比、脾脏指数)、肥满度和空壳率,结果见表 4。

表 4 饲料硒对草鱼形体指标的影响

Tab. 4 Effects of dietary selenium on body index of grass carp

硒添加浓度(mg/kg)	0.00	0.15	0.30	0.60	1.20	2.40	4.80
体重/体长	2.79 ± 0.11	2.62 ± 0.08	2.92 ± 0.16	2.82 ± 0.14	2.86 ± 0.09	2.94 ± 0.14	2.85 ± 0.12
内脏指数	8.82 ± 0.63	8.74 ± 0.18	8.88 ± 0.21	8.64 ± 0.36	8.68 ± 0.22	8.15 ± 0.16	8.87 ± 0.21
肝胰脏指数	2.21 ± 0.17	2.43 ± 0.14	2.55 ± 0.16	2.56 ± 0.06	2.56 ± 0.06	2.56 ± 0.09	2.45 ± 0.13
脾脏指数	0.19 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.17 ± 0.01	0.17 ± 0.01	0.17 ± 0.01
空壳率	90.76 ± 0.42 ^a	91.67 ± 0.44 ^{ab}	91.12 ± 0.21 ^{ab}	91.85 ± 0.51 ^b	91.32 ± 0.68 ^{ab}	91.36 ± 0.35 ^{ab}	91.13 ± 0.21 ^{ab}
肥满度	1.96 ± 0.02	1.94 ± 0.02	1.85 ± 0.03	1.94 ± 0.03	1.93 ± 0.07	1.86 ± 0.03	1.87 ± 0.03

从表 4 可以得出,饲料中添加硒对草鱼的体重/体长、内脏比、肝胰脏比、脾脏指数和肥满度等形体指标无显著影响($P > 0.05$),但 0.6 mg/kg 组的空壳率显著高于对照组($P < 0.05$)。

2.3 硒对草鱼全鱼、肌肉营养组成的影响

草鱼全鱼和肌肉的营养组成(包括水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分)见表 5。无论是全鱼还是肌肉,日粮中添加硒对蛋白含量和脂肪含量均有显著影响($P < 0.05$),且蛋白质和粗脂肪之间呈现出负相关,即在添加量为 0 ~ 0.6 mg/kg 时,随添加量的增加,蛋白质含量增加而脂肪含量减少;当添加量为 0.6 ~ 2.4 mg/kg 时,随添加量的增加,蛋白含量减少而脂肪含量增加。其中添加量为 0.6 mg/kg 时,全鱼和肌肉蛋白含量最高,分别比对照组高 8.6% 和 5.9%;脂肪含量最低,分别比对照组低 15.62% 和 9.95%。饲料硒对草鱼鱼体的水分含量无显著影响($P > 0.05$);在肌肉含水量方面,随硒添加量的增加,水分含量呈降低趋势,其中 2.4 mg/kg 组草鱼肌肉水分含量较对照组显著降低($P < 0.05$)。饲料硒对草鱼鱼体灰分含量影响不显著($P > 0.05$);在肌肉灰分含量方面,添加 0.15、1.2、2.4 mg/kg 组的肌肉灰分含量显著高于对照组($P < 0.05$)。

2.4 硒对草鱼消化酶活性的影响

饲料中添加硒对草鱼肝胰脏和肠道消化酶活性的影响见表 6。从表 6 可以看出,饲料添加硒对草鱼的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活性影响显著($P < 0.05$)。添加组的酶活性均高于对照组(4.8 mg/kg 组肝胰脏淀粉酶除外)。随着饲料中硒添加量的增加,消化酶活性呈现出先升高后降低的趋势。当添加量为 0.6 mg/kg 时,草鱼肝胰脏和肠道 3 种消化酶活性均达最大值,其中脂肪酶活性提高最大。肝胰脏

和肠道脂肪酶活性与对照相比分别提高了 205.55% 和 249.33%。肠道蛋白酶和淀粉酶活性总体来说比肝胰脏蛋白酶活性要高;而肠道脂肪酶活性较肝胰脏的要弱。

表 5 饲料硒对草鱼鱼体和肌肉营养组成的影响

Tab. 5 Effects of dietary selenium on nutrients composition in whole-body and muscle of grass carp

硒添加浓度 (mg/kg)	0.00	0.15	0.30	0.60	1.20	2.40	4.80
全鱼							
粗水分 (%)	76.27 ± 0.18	75.71 ± 0.09	75.86 ± 0.24	75.76 ± 1.05	75.59 ± 0.64	76.06 ± 1.22	74.78 ± 0.49
粗蛋白 (%)	13.89 ± 0.27 ^a	14.30 ± 0.27 ^{ab}	14.52 ± 0.66 ^{ab}	15.08 ± 0.05 ^b	15.15 ± 0.11 ^b	14.73 ± 0.11 ^{ab}	14.44 ± 0.04 ^{ab}
粗脂肪 (%)	6.12 ± 0.10 ^d	5.69 ± 0.01 ^c	5.31 ± 0.01 ^b	5.08 ± 0.01 ^a	5.42 ± 0.01 ^b	5.77 ± 0.01 ^c	6.68 ± 0.03 ^c
粗灰分 (%)	3.29 ± 0.01 ^{ab}	3.37 ± 0.02 ^b	3.22 ± 0.01 ^a	3.24 ± 0.02 ^a	3.26 ± 0.04 ^a	3.21 ± 0.05 ^a	3.36 ± 0.02 ^b
肌肉							
粗水分 (%)	81.09 ± 0.10 ^b	80.24 ± 0.17 ^{ab}	80.86 ± 0.60 ^{ab}	80.09 ± 0.04 ^{ab}	79.88 ± 0.57 ^{ab}	79.84 ± 0.24 ^a	79.92 ± 0.18 ^{ab}
粗蛋白 (%)	14.50 ± 0.18 ^a	15.26 ± 0.05 ^{bc}	15.02 ± 0.02 ^b	15.28 ± 0.04 ^{bc}	15.36 ± 0.07 ^c	15.18 ± 0.01 ^{bc}	15.13 ± 0.02 ^{bc}
粗脂肪 (%)	1.81 ± 0.02 ^{bc}	1.78 ± 0.05 ^{bc}	1.62 ± 0.08 ^{ba}	1.63 ± 0.09 ^{ba}	1.80 ± 0.03 ^{bc}	1.84 ± 0.07 ^c	1.81 ± 0.04 ^{bc}
粗灰分 (%)	2.37 ± 0.10 ^a	2.66 ± 0.09 ^b	2.45 ± 0.06 ^a	2.40 ± 0.08 ^a	2.69 ± 0.02 ^{bc}	2.70 ± 0.04 ^{bc}	2.52 ± 0.02 ^{ab}

注:试验初始鱼体组分:水分 75.52%,粗蛋白 15.63%,粗脂肪 3.19%,粗灰分 1.54%

表 6 饲料硒对草鱼肝胰脏、肠道消化酶活性的影响

Tab. 6 Effects of dietary selenium on activities of digestive enzyme of grass carp

硒添加浓度 (mg/kg)	0.00	0.15	0.30	0.60	1.20	2.40	4.80
蛋白酶							
肝胰脏	498.60 ± 2.17 ^a	514.69 ± 1.13 ^a	588.59 ± 1.58 ^b	669.88 ± 1.60 ^c	660.75 ± 2.08 ^c	652.49 ± 1.76 ^c	632.49 ± 2.00 ^{ch}
肠道	882.01 ± 1.89 ^a	895.49 ± 1.42 ^b	1023.72 ± 1.98 ^d	1063.72 ± 1.57 ^f	1047.20 ± 1.15 ^e	1021.55 ± 1.15 ^d	1003.29 ± 1.56 ^c
淀粉酶							
肝胰脏	9.43 ± 0.05 ^b	9.86 ± 0.12 ^{bc}	11.93 ± 0.78 ^{cd}	13.57 ± 0.19 ^e	11.56 ± 0.11 ^{de}	10.60 ± 0.25 ^{bcd}	7.88 ± 0.43 ^a
肠道	31.51 ± 0.14 ^a	37.01 ± 0.24 ^c	40.97 ± 0.25 ^c	42.92 ± 0.25 ^f	38.84 ± 0.47 ^d	34.76 ± 0.23 ^b	34.46 ± 0.94 ^b
脂肪酶							
肝胰脏	40.00 ± 0.01 ^a	46.67 ± 3.79 ^{ab}	57.78 ± 2.22 ^{abc}	122.22 ± 1.73 ^d	75.56 ± 3.97 ^d	66.67 ± 1.20 ^{cd}	51.11 ± 2.14 ^{bc}
肠道	9.00 ± 1.71 ^a	17.78 ± 1.94 ^{bc}	20.56 ± 2.03 ^{cd}	31.44 ± 1.60 ^e	22.78 ± 1.26 ^d	18.33 ± 1.92 ^{bc}	16.67 ± 0.01 ^b

注:(1)蛋白酶活性单位:μg Tyr/(g·min);淀粉酶活性单位:mg maltose/(g·min);脂肪酶活性单位:μg fatty acid/(g·min)

3 讨论

3.1 硒对草鱼品质的影响

硒能改善肉品质已在畜禽实践中得到证实。胥保华^[8]研究指出纳米硒可以降低肌肉滴水损失、提高肌肉红色色度、增加肌肉中肌红蛋白含量从而改善肉鸡肉品质;夏枚生等^[9]研究表明,纳米硒能提高肌肉组织抗氧化能力、降低肉的滴水损失、提高肌肉硒沉积率、改善猪肉品质。

鱼类的营养价值主要取决于其肌肉中的蛋白质和脂肪含量等^[10]。本试验选择鱼体营养组成和鱼体形体指标来检测硒对草鱼品质的影响。结果表明,硒对草鱼营养组分影响显著,适量添加硒可提高草鱼鱼体和肌肉中的粗蛋白含量,降低粗脂肪含量,说明硒对草鱼营养成分有优化作用,能改善草鱼肉品质;饲料添加硒对草鱼的形体指标和肥满度无显著影响,说明硒对草鱼鱼体丰满程度不产生影响。

3.2 硒与草鱼消化酶活性

消化酶活性是反映鱼类消化生理机能的一项重要指标。硒提高消化酶活性与硒能保护胰脏,维持胰脏正常功能有关。胰脏是重要的消化腺,主要分泌胰淀粉酶、胰脂肪酶、胰蛋白酶和糜蛋白酶,直接影响蛋白质、脂肪等营养物质的消化吸收。Gries等^[11]、黄美玉等^[12]等研究指出,缺硒对鸡的胰腺有严重损害。张桂珍等^[13]研究报道,低硒引起大鼠腺泡与胰岛功能的损害。腺泡分泌能力降低,使血清淀粉酶、脂肪酶活性降低;胰岛分泌多肽类激素功能减退,使血清胰岛素、C肽、生长抑素等胰岛激素水平下降。张桂珍等^[14]研究表明,在克山病病区粮中补充一定剂量硒可明显提高大鼠血清淀粉酶与脂肪酶

活性,增加胰腺腺泡淀粉酶与脂肪酶的合成。

有关硒对水产动物消化酶活性影响的研究甚少。刘小刚等^[2]研究报告,添加 0.6% 硒酵母能使异育银鲫肝胰脏蛋白酶活性比对照组提高 43.7%;添加 0.3% 的硒酵母使异育银鲫肠、肝胰脏淀粉酶活性分别比对照组提高 84.2% 和 95.4%。本研究中,草鱼的蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活性随饲料硒添加量的增加表现出先上升后下降的趋势;添加量为 0.6 mg/kg 时,草鱼肝胰脏和肠道 3 种消化酶活性均达最大值。就其影响程度而言,硒对脂肪酶活性的影响最为显著,肝胰脏活性又显著高于肠道。尾崎久雄^[15]、荻野珍吉^[16]等学者的研究指出,胰腺可能是鱼类脂酶的主要来源之处,因此硒对肝胰脏正常功能的维持在脂肪酶表现较为显著。

3.3 硒对草鱼生长性能影响的评价

硒是鱼类生长所必需的重要元素,对水产动物有促生长作用。华雪铭等^[17]、魏文志等^[18]对异育银鲫的研究,王安利^[19]对中国对虾的研究均证明,硒能提高增重率和特定生长率;本试验结果表明,饲料中添加硒对草鱼生长影响显著,添加量为 0.6 mg/kg 组草鱼的生长性能最佳,特定生长率、增重率、饲料效率、蛋白质效率和饲料蛋白沉积效率达到最高。

根据文献报道,硒促进动物生长主要有以下两方面机制:一方面,硒作为谷胱苷肽过氧化氢酶的组分,提高动物抗应激、抗氧化能力,增强免疫功能,降低死亡率,实现促生长^[20];另一方面,硒作为 5'-脱碘酶的组成部分,介导甲状腺激素的形成和降解,催化 T_4 转变为 T_3 , T_3 控制着生长激素基因的表达和生长激素的合成, T_3 还能提高胰岛素水平,促进肌肉蛋白质合成与周转,从而促进生长^[21-22];本次试验在饲料中添加硒后,草鱼消化酶活性提高,从而促进营养物质的消化吸收,这也有助于促进生长。当饲料添加适量硒(0.6 mg/kg)时,草鱼肝胰脏和肠道蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶均获得最大值,此时,草鱼增重率、特定生长率和饲料效率等指标为最大值。

参考文献:

- [1] 王 夔. 生命科学中的微量元素[M]. 北京:中国计量出版社,1991:189-248.
- [2] 刘小刚,周洪琪,华雪铭,等. 微生态制剂对异育银鲫消化酶活性的影响[J]. 水产学报,2002,26(5):448-452.
- [3] 廖朝兴. 草鱼配合饲料营养参数及配制技术[J]. 淡水渔业,1997,(1):5-7.
- [4] 杨 胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:北京农业大学出版社,1994.
- [5] 中山大学生物系生化微生物学教研室. 生化技术导论[M]. 北京:人民教育出版社,1978:52-54.
- [6] 上海市医学化验所. 临床生化检验[M]. 上海:上海科学技术出版社,1979:366-367.
- [7] 朱 俭,曹凯鸣,周润琦,等. 生物化学实验[M]. 上海:上海科学技术出版社,1981:192-193.
- [8] 胥保华. 纳米硒对 Avian 肉鸡的生物学效应及其分子机理的研究[D]. 浙江大学博士学位论文,2003.
- [9] 夏枚生,张红梅,胡彩虹. 纳米硒对肥育猪肌肉品质的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2005,31(3):263-268.
- [10] 尹洪滨,孙中武,沈希顺,等. 山女鳟肌肉营养成分分析[J]. 水生生物学报,2004,28(5):577-580.
- [11] Gries C L, Scott M L. Pathology of selenium deficiency in the chicks. [J]. Nutr, 1972, 102: 1287-1296.
- [12] 黄美玉,金月英. 缺硒对鸡胰腺影响的病理组织学观察[J]. 畜牧兽医学报,1987,18(2):120-124.
- [13] 张桂珍,郭成浩,李广生,等. 低硒对大鼠胰腺腺泡及胰岛分泌机能的影响[J]. 中国病理生理杂志,1997,13(1):25-27.
- [14] 张桂珍,李广生,王 凡,等. 硒和维生素 E 缺乏对大鼠胰腺腺泡功能的影响[J]. 营养学报,1994,16(3):256-260.
- [15] 尾崎久雄. 鱼类消化生理(上册)[M]. 吴尚忠译,上海:上海科技出版社,1983.
- [16] 荻野珍吉. 鱼类的营养和饲料[M]. 陈屋铭、黄小秋译,北京:海洋出版社,1987.
- [17] 华雪铭,周洪琪,邱小琼,等. 饲料中添加芽孢杆菌和硒酵母对异育银鲫的生长及抗病力的影响[J]. 水产学报,2001,25(5):448-453.
- [18] 魏文志,杨志强,罗方妮,等. 饲料中添加有机硒对异育银鲫生长的影响[J]. 淡水渔业,2001,31(3):45-46.
- [19] 王安利,王维娜,刘存歧,等. 饲料中硒含量对中国对虾生长及其体内含量的影响[J]. 水产学报,1994,18(3):245-247.
- [20] Raymond F, Burk M D. Selenium, an Antioxidant Nutrient[J]. Nutr Clin Care, 2002, 5(2):75-79.
- [21] 倪银星. 硒蛋白、硒与内分泌激素的关系研究进展[J]. 国外医学卫生学分册,2002,29(1):38-42.
- [22] 沈 同,王镜岩. 生物化学(上册,第2版)[M]. 北京:高等教育出版社,1990:78.