

DOI: 10.3724/SP.J.1035.2011.00291

黄芪多糖对齐口裂腹鱼生长、体组成和免疫指标的影响

向 泉 陈 建 周兴华 王文娟

(西南大学荣昌校区水产系, 荣昌 402460)

摘要: 试验研究黄芪多糖对齐口裂腹鱼生长性能、体组成及免疫指标的影响。以 450 尾健康的齐口裂腹鱼[体重(6.98±0.43)g; 体长(9.11±0.25)cm]为试验对象, 随机分为 5 组(C1、C2、C3、C4、C5), 每组 3 个重复, 每重复 30 尾试验鱼。C1、C2、C3、C4、C5 组分别投喂在等氮等能(蛋白质含量 38.29%, 能量 15.73 mJ/kg)的基础料中分别添加 0、0.02、0.04、0.06、0.08%的黄芪多糖制成 5 种试验饲料, 养殖齐口裂腹鱼 50d。结果表明: 饲料中未添加黄芪多糖组的增重率(WGR)、特定生长率(SGR)、饲料蛋白效率(PER)均显著低于黄芪多糖添加组($P<0.05$), 而饵料系数(FCR)则显著高于黄芪多糖添加组($P<0.05$)。当黄芪多糖添加水平为 0.04%时, 试验鱼的 WGR、SGR、PER 均达到最大(分别为 110.31%、1.86%/d 和 182.07%), FCR 最低(1.44), 与其他各组差异显著($P<0.05$); 以 WGR、SGR、PER、FCR 为指标, 利用直线和抛物线回归分析表明, 齐口裂腹鱼生长性能最佳时黄芪多糖添加水平为 0.045%—0.074%; 对齐口裂腹鱼机体组成分析表明, 黄芪多糖对鱼体粗灰分和水分影响不显著($P>0.05$), 黄芪多糖添加水平为 0.06%时机体粗蛋白最高, 但与黄芪多糖添加水平为 0.04%时无明显差异($P>0.05$); 粗脂肪含量在黄芪多糖添加水平为 0.04%时最高, 与其他各组差异显著($P<0.05$); 未添加黄芪多糖组血清免疫酶活性显著低于黄芪多糖添加组, 齐口裂腹鱼血清免疫酶活性在一定范围内随黄芪多糖的增加而增强。黄芪多糖添加水平为 0.04%时, 碱性磷酸酶(ALP)活性最高; 酸性磷酸酶(ACP)活性在黄芪多糖添加水平 0.06%时最大; 黄芪多糖添加水平应在 0.06%—0.08%时, 溶菌酶(LSZ)、超氧化歧化酶(SOD)活性趋于稳定。这说明黄芪多对齐口裂腹鱼的生长和免疫力有明显的促进作用。综合考虑齐口裂腹鱼生长性能和免疫能力最佳时黄芪多糖添加水平为 0.04%—0.074%。

关键词: 黄芪多糖; 生长; 机体组成; 免疫; 齐口裂腹鱼

中图分类号: S965.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2011)02-0291-09

黄芪是一种常见的补气中草药, 含有多糖、生物碱、胡萝卜素、氨基酸、黄酮类、甙类、亚油酸、亚麻酸、微量元素等多种生物活性物质。黄芪多糖(Astragalus Polysaccharides, APS)是从黄芪根部分离出的多糖组分, 是黄芪的主要活性成分之一。由葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖等组成, 具有广泛的免疫增强和抗病作用, 可作为免疫促进剂或调节剂, 同时具有抗病毒、抗肿瘤、抗衰老、抗辐射、抗应激、抗氧化等药理功效^[1]。并且具有价格低廉、来源丰富、毒性低、无耐药性和药物残留等优点, 能增强细胞代谢、调节 DNA 复制及 RNA 和蛋白质的合成^[2]。

饲料中添加 1%的黄芪, 银鲫的增重率较对照组可提高 7.36%^[3]。饲料中分别添加了经过不同加工工艺处理的黄芪及黄芪多糖, 刺参的特定生长率显著提高, 且脏壁比可有效降低^[4]; 同时, 饲料中添加适量的黄芪, 对银鲫血清溶菌酶活性、SOD 酶活性具有显著的促进作用^[5]; 张伟妮等研究表明, 饲料中添加黄芪多糖可不同程度地提高罗非鱼的特异性免疫能力, 能够促进胃体和前肠部内增殖细胞核抗原阳性细胞数量的增加及诱导型一氧化氮合酶及生长抑素阳性细胞的减少^[6]; 可提高罗非鱼肠绒毛长度、隐窝深度和肌层厚度, 增加肠道黏液细胞和上皮内

收稿日期: 2010-01-20; 修订日期: 2010-11-04

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(XDJK2009C165); 西南大学水产养殖学科基金(SC1002)资助

通讯作者: 向泉(1973—), 男, 四川通江人; 副教授, 硕士; 主要从事水产动物营养与饲料的教学研究工作。E-mail: xiangxiaot@

163.com

淋巴细胞的数量^[7]。齐口裂腹鱼(*Schizothorax prenanti*)是一种底层冷水性鱼类,肉质细嫩,味道鲜美,肌肉中含丰富的营养价值^[8,9],是我国重要的经济鱼类。对于其对蛋白质、脂肪等营养素的需求已有一定的研究^[10,11],但黄芪多糖在齐口裂腹鱼生长过程中的应用还少有报道。本试验旨在探讨黄芪多糖对齐口裂腹鱼的生长性能及免疫酶活性等的影响,为进一步推广齐口裂腹鱼的健康养殖积累资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用齐口裂腹鱼购自四川峨眉冷水渔场,选用健康、无伤病的 500 尾鱼作为试验鱼,每尾重(6.98±0.43)g;体长(9.11±0.25)cm,购回后用 4% 的食盐水消毒后暂养备用。

试验用黄芪多糖由市场购得,其有效成分的质量分数为 56.26%。

1.2 试验饲料

以鱼粉、豆粕、菜粕为蛋白源,以食用菜油为脂肪源,设计齐口裂腹鱼的基础饲料配方(表 1),饲料原料均过 40 目筛。在齐口裂腹鱼基础饲料中分别添加 0、0.02、0.04、0.06、0.08% 的黄芪多糖,配成 5 种等氮等能(蛋白质含量 38.29%,能量 15.73 mJ/kg)的试验饲料。经过充分混合后加工成 1 mm 的硬颗粒饲料,干燥并密封保存于 4℃ 条件下备用。

1.3 试验设计

暂养 7d 后,选择健康无伤病的齐口裂腹鱼随机

分组,设 1 个对照组(C1 组),4 个黄芪多糖处理组(C2、C3、C4、C5 组),每个处理组设 3 个平行组。每个处理组投放 30 尾鱼,以重复为单位放养于 1—15 号体积为 1 m³ 试验鱼池(1 m×1 m×1 m)中。试验期间,C1、C2、C3、C4、C5 组分别投喂添加了 0、0.02、0.04、0.06、0.08% 黄芪多糖的试验饲料,养殖时间共 50d。试验期间平均水温在 15℃—20℃,每天按试验鱼体重的 3% 定点、定时、定质、定量投喂饲料,待试验鱼摄食结束后,升起食台收集其上的残饵,烘干并称重;试验期间保持微流水,各试验池水体每天的交换量为 30%。试验结束时停食 1d。试验前后分别对各处理组中的试验齐口裂腹鱼进行常规测定,试验结束后分别在各试验组中随机抽取 8—10 尾试验鱼,抽血测定免疫指标,并对试验齐口裂腹鱼全鱼的营养成分进行测定。

1.4 测定指标及方法

鱼体生长指标测定分析 增重率(Weight gain ratio, *WGR*, %)=($W_t - W_0$)×100/ W_0 ; 特定生长率(Specific growth ratio, *SGR*, %/d)=($\ln W_t - \ln W_0$)×100/ t ; 蛋白质效率(Protein efficiency ratio, *PER*, %)=($W_t - W_0$)×100/ $F \times P$; 饵料系数(Feed conversion ratio, *FCR*)= $F / (W_t - W_0)$ 。式中: W_0 -试验开始时鱼体重(g); W_t -试验结束时鱼体重(g); F -饲料摄入量(g); P -饲料粗蛋白质含量(%); t -养殖试验天数(d)。

鱼体营养成分的测定 鱼体粗蛋白质采用凯氏定氮法测定(GB/T 6432—1994);粗脂肪采用索氏抽提仪测定法(GB/T 6433—1994);水分采用干燥法

表 1 基础饲料配方及主要营养成分(风干基础)
Tab. 1 Composition and nutrient level of foundation diets (air-dry basis, %)

原料 Ingredient	含量 Contents (%)	营养成分 Nutrition composition	含量 Contents (%)
鱼粉 Fish meal	30.00	能量 Energy (mJ/kg)	15.73
豆粕 Soybean meal	32.00	粗蛋白 Crude protein	38.29
菜粕 Maize	10.00	粗脂肪 Crude lipid	6.89
面粉 flour	15.00		
麸皮 Wheat bran	5.00		
菜油 Rapeseed oil	5.00		
预混料 ¹ Premix	1.00		
氯化胆碱 Choline chloride	1.00		
磷酸二氢钙 Ca(H ₂ PO ₄) ₂	1.00		

注: ¹ 预混料为每千克日粮提供的微量元素和维生素(mg): K 28.0; Ca 282.0; Mg 9.0; Zn 3.5; Fe 24.0; Cu 1.8; I 0.25; Se 0.02; VA 8 000 IU; VC 200; VD 900 IU; VE 60; VK 5; VB₁ 15; 尼克酸 100; 氯化胆碱 160; 泛酸钙 40; VB₆ 20; VB₁₂ 5; 肌醇 100

Note: ¹ The premix provides mineral and vitamin for a kilogram of diets (mg): K 28.0, Ca 282.0, Mg 9.0, Zn 3.5, Fe 24.0, Cu 1.8, I 0.25, Se 0.02, VA 8 000 IU, VC 200, VD 900 IU, VE 60, VK 5, VB₁ 15, nicotinic acid 100, Choline Chloride 160, Pantothenate acid 40, VB₆ 20, VB₁₂ 5, inositol 100

(105℃)测定(GB 6435-1986);粗灰分采用马福炉灼烧(550℃)法测定(GB/T 6438—1992)^[12]。

血清的制备 试验结束后分别在各试验组中随机抽取 8—10 尾试验鱼,采用尾静脉抽血,取全血置于离心管中,在室温下放置 1h。并置于冰箱中(4℃)过夜,3500 r/min 离心 15min 制得血清,用于测定试验齐口裂腹鱼溶菌酶(LSZ)、酸性磷酸酶(ACP)、碱性磷酸酶(ALP)及超氧化物歧化酶(SOD)活力。

免疫指标的测定 溶菌酶(LSZ)活性采用南京建成试剂盒测定;酸性磷酸酶(ACP)和碱性磷酸酶(ALP)的测定采用磷酸苯二钠法^[13]。ACP 酶活性单位定义为以每 100 mL 血清在 37℃与底物作用 60min,产生 1mg 酚者为一个酶活力单位,ALP 酶活性单位定义为以每 100 mL 血清在 37℃与底物作用 15min,产生 1 mg 酚者为一个酶活力单位;超氧化物歧化酶(SOD)采用连苯三酚自氧化法测定^[14],SOD 酶活性单位定义为以每 1 mL 反应液中,每 1min 抑制连苯三酚自氧化速率达 50% 的酶量定义为一个活力单位。

1.5 数据处理和分析

试验数据以平均值±标准误表示,采用 SPSS Statistics 17.0 对数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA),Tukey 多重比较,差异显著水平为 $P<0.05$ 。分别以直线和二次多项式来拟合 WGR、SGR、PER、FCR 与黄芪多糖添加水平之间的相关关系。

2 结果

2.1 黄芪多糖对齐口裂腹鱼生长性能的影响

由表 2 可知,黄芪多糖对齐口裂腹鱼生长影响较显著($P<0.05$)。当黄芪多糖添加水平从 0 增加到 0.04%时,齐口裂腹鱼的增重率(WGR)从(40.23±

2.09)%增加到(110.31±6.48)%。特定生长率(SGR)从(0.84±0.04)%/d 增加到(1.86±0.08)%/d,饲料蛋白质效率(PER)从(104.59±2.57)%增加到(182.07±5.11)%且差异显著($P<0.05$)。当黄芪多糖添加水平超过 0.04%时,齐口裂腹鱼的 WGR、SGR、PER 均有降低的趋势,但差异不显著($P>0.05$)。分别以直线和抛物线回归方程来估算齐口裂腹鱼的 WGR、SGR、PER 最大时黄芪多糖的添加水平(图 1—3)。以抛物线回归可知,齐口裂腹鱼 WGR、SGR、PER 的回归方程分别为: $Y = -23711X^2 + 2585.1X + 41.29$ ($R^2 = 0.913$); $Y = -343.45X^2 + 37.526X + 0.8726$ ($R^2 = 0.9272$); $Y = -37831X^2 + 3438.8X + 98.713$ ($R^2 = 0.8723$),则在抛物线的最高点分别获得齐口裂腹鱼 WGR、SGR、PER 的最大值,此时对应的黄芪多糖的添加水平分别为 0.055%、0.055%和 0.045%。由直线回归可知,黄芪多糖添加水平在 0—0.04%时, WGR、SGR、PER 的直线回归方程分别为: $Y = 1752.1X + 43.286$ ($R^2 = 0.9367$); $Y = 25.333X + 0.9044$ ($R^2 = 0.9274$); $Y = 1937X + 102.98$ ($R^2 = 0.9712$)。而黄芪多糖添加水平在 0.04%—0.08%时(C3、C4、C5),的 WGR、SGR、PER 差异不显著($P>0.05$)。3 组 WGR、SGR、PER 的平均值分别为 104.75%、1.79%/d、161.43%。此时对应的黄芪多糖的适宜添加水平分别在 0.072%、0.074%、0.066%。因此满足齐口裂腹鱼的 WGR、SGR、PER 最佳的黄芪多糖的添加水平为 0.045%—0.074%。

齐口裂腹鱼的饵料系数(FCR)的变化趋势同 WGR、SGR、PER 的变化相反(图 4)。在一定范围内 FCR 随黄芪多糖添加水平的增大而降低,当黄芪多糖添加水平为 0.04%时(C3),FCR 达到最低(1.44),除与黄芪多糖添加水平为 0.06%时(C4)差异不显著

表 2 黄芪多糖对齐口裂腹鱼生长性能的影响(平均值±标准误)^{1,2}
Tab. 2 Effect of different astragalus Polysaccharide level on growth of *Schizothorax prenanti* (Means±S.E.)^{1,2}

组别 Group	初始尾重 Initial weight (g)	终末尾重 Final weight (g)	增重率 weight gain ratio (%)	特定生长率 Specific growth ratio (%/d)	蛋白质效率 Protein efficiency ratio (%)	饵料系数 Feed conversion ratio
C1	7.49±0.25	10.51±0.41 ^b	40.23±2.09 ^c	0.84±0.04 ^c	104.59±2.57 ^c	2.50±0.06 ^a
C2	7.16±0.30	13.22±0.77 ^{ab}	84.45±2.92 ^b	1.53±0.04 ^b	138.48±1.98 ^b	1.89±0.03 ^b
C3	6.82±0.44	14.29±0.51 ^a	110.31±6.48 ^a	1.86±0.08 ^a	182.07±5.11 ^a	1.44±0.04 ^c
C4	6.71±0.56	13.70±0.71 ^{ab}	105.35±7.20 ^{ab}	1.80±0.09 ^{ab}	174.28±9.20 ^a	1.51±0.08 ^c
C5	6.71±0.58	13.28±0.92 ^{ab}	98.59±4.17 ^{ab}	1.71±0.05 ^{ab}	127.93±2.77 ^{ab}	2.04±0.04 ^b

注: ¹表格中所给数据为平均数及 3 个重复的标准误; ²平均数后不同的上标表示差异显著($P<0.05$); 下表同

Note: ¹Values are means and standard errors of three replicates; ²Mean with different superscripts have significant differences; The same bellow

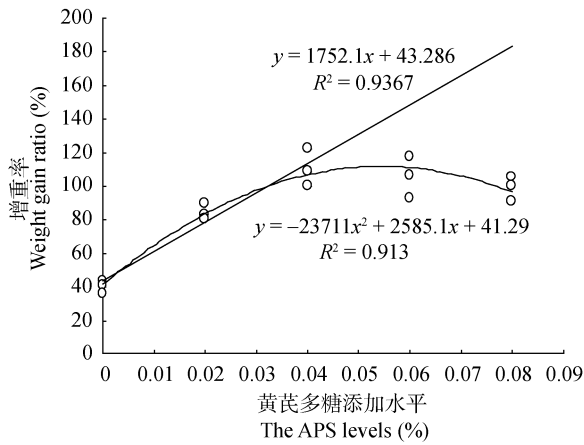


图 1 齐口裂腹鱼增重率与黄芪多糖添加水平的关系

Fig. 1 Relationship between weight gain ratio and the APS levels in diet of *Schizothorax prenanti*

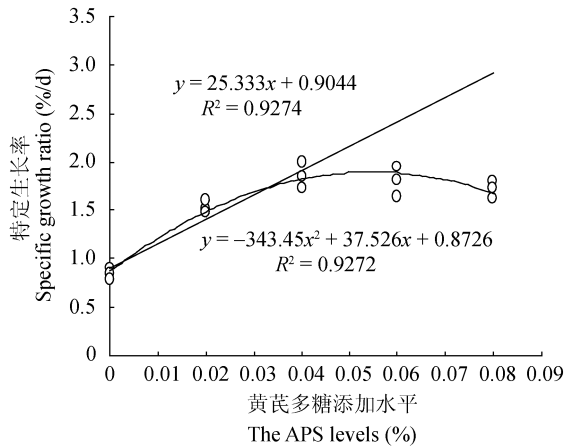


图 2 齐口裂腹鱼特定生长率与黄芪多糖添加水平的关系

Fig. 2 Relationship between specific growth ratio and the APS levels in diet of *Schizothorax prenanti*

外($P>0.05$), 与其余各组差异显著($P<0.05$)。根据抛物线回归模型可知, 齐口裂腹鱼 FCR 的回归方程为: $Y = 503.57X^2 - 46.752X + 2.5362$ ($R^2 = 0.9484$)。则 PER 最小时黄芪多糖添加水平应为 0.046%。

2.2 黄芪多糖对齐口裂腹鱼体组成的影响

各试验组齐口裂腹鱼体组织中粗蛋白粗脂肪、粗灰分、水分的含量(表 3)。由表 3 可知, 试验鱼体粗蛋白含量在黄芪多糖添加水平为 0.06%(C4)时最高($16.03 \pm 0.05\%$), 较对照组(C1)提高了 5.39%, 除与黄芪多糖添加水平为 0.04%(C3)时差异不显著外($P>0.05$), 与其余各试验组差异显著($P<0.05$); 试验鱼体粗脂肪含量则在黄芪多糖添加水平为 0.04% (C3)时最高($1.40 \pm 0.02\%$), 较对照组(C1)提高了 23.89%, 与其余各试验组差异显著($P<0.05$); 各试验组鱼体

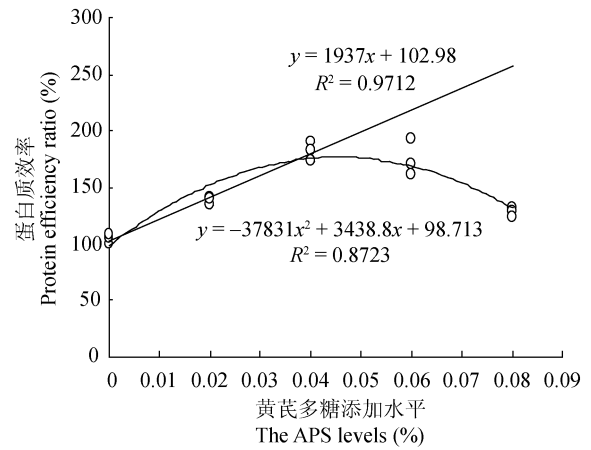


图 3 齐口裂腹鱼蛋白质效率与黄芪多糖添加水平的关系

Fig. 3 Relationship between protein efficiency ratio and the APS levels in diet of *Schizothorax prenanti*

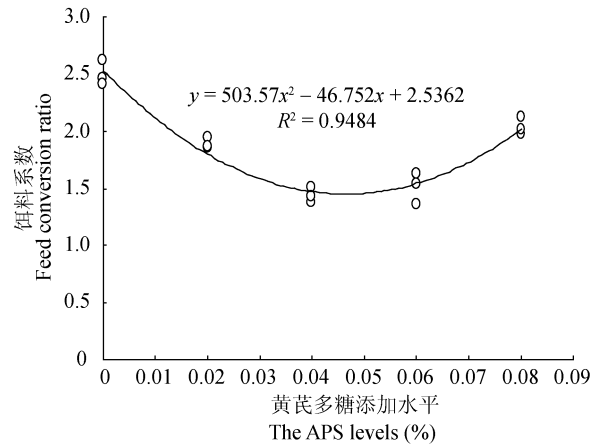


图 4 齐口裂腹鱼饲料系数与黄芪多糖添加水平的关系

Fig. 4 Relationship between feed conversion ratio and the APS levels in diet of *Schizothorax prenanti*

组织中粗灰分和水分含量差异不显著($P>0.05$)。

2.3 黄芪多糖对齐口裂腹鱼免疫指标的影响

黄芪多糖添加水平对齐口裂腹鱼免疫指标的影响(表 4)。从表 4 可知, 对照组(C1)齐口裂腹鱼的溶菌酶(LSZ)、超氧化歧化酶(SOD)、酸性磷酸酶(ACP)、碱性磷酸酶(ALP)活性均最低, 且与其余试验组差异显著($P<0.05$)。在一定范围内, 齐口裂腹鱼的 LSZ、SOD、ACP、ALP 活性均随黄芪多糖添加水平的增加而升高。LSZ、SOD、ACP 活性均在 C4(黄芪多糖添加水平为 0.06%)时达到最高, 分别为 (2.83 ± 0.04) U/mL、(255.19 ± 3.26) U/mL、(20.54 ± 0.62) U/mg, 除与和 C5(黄芪多糖添加水平为 0.08%)差异不显著外($P>0.05$), 与其余试验组差异显著($P<0.05$); ALP 活性在 C3(黄芪多糖添加水平为 0.04%)最高

表 3 黄芪多糖对齐口裂腹鱼体组成的影响

Tab. 3 Effects of different astragalus Polysaccharide level in dietary on body composition of *Schizothorax prenanti* (%)

组别 Group	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Crude Ash	水分 Moisture
C1	15.21±0.05 ^c	1.13±0.02 ^c	2.24±0.04 ^a	78.51±0.30 ^a
C2	15.59±0.05 ^b	1.22±0.03 ^{bc}	2.19±0.02 ^{ab}	78.41±0.14 ^a
C3	15.93±0.03 ^a	1.40±0.02 ^a	2.03±0.02 ^{ab}	78.12±0.16 ^a
C4	16.03±0.05 ^a	1.26±0.03 ^b	1.94±0.04 ^b	78.42±0.07 ^a
C5	15.36±0.10 ^{bc}	1.18±0.01 ^{bc}	2.07±0.11 ^{ab}	78.47±0.16 ^a

表 4 黄芪多糖对齐口裂腹鱼免疫指标的影响

Tab. 4 Effect of different astragalus Polysaccharide level on Immunological indices of *Schizothorax prenanti*

组别 Group	溶菌酶 LSZ Lysozyme activity (U/mL)	超氧化歧化酶 SOD Superoxide dismutase activity (U/mL)	酸性磷酸酶 ACP Acid phosphatase activity (U/mg)	碱性磷酸酶 ALP Alkaline phosphatase activity (U/mg)
C1	1.16±0.04 ^d	117.23±7.83 ^d	5.42±0.15 ^c	2.60±0.09 ^d
C2	1.78±0.04 ^c	172.08±8.88 ^c	12.32±0.33 ^d	6.68±0.27 ^c
C3	2.51±0.03 ^b	231.47±5.54 ^b	18.02±0.21 ^b	13.10±0.18 ^a
C4	2.83±0.04 ^a	255.19±3.26 ^a	20.54±0.22 ^a	9.94±0.26 ^b
C5	2.70±0.36 ^a	267.21±6.82 ^a	15.22±0.16 ^c	8.81±0.76 ^b

[(13.10±0.18) U/mg], 且与其余试验组差异显著 ($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 黄芪多糖与齐口裂腹鱼生长的关系

黄芪为豆科植物膜黄芪及蒙古黄芪的根, 具有补气升阳、固表止汗、托毒生肌、利水消肿等功效, 是临床上最常用的补气药物之一。黄芪多糖从黄芪根部提取的具有特殊生物活性的多糖, 可促进细胞中的核糖核酸(RNA)、脱氧核糖核酸(DNA)、蛋白合成和细胞内环核苷酸(cGMP、cAMP)的含量等^[15], 饲料中分添加 3.0%的黄芪微粉和 0.5%的黄芪多糖养殖刺参, 其蛋白酶和淀粉酶的活性显著提高, 试验组的特定生长率与对照组相比, 分别提高 30.03%和 20.94%^[4]。同时黄芪多糖能促进动物胃液分泌和对养分消化, 参与养分在机体内的代谢过程, 促进肠道内双歧杆菌、乳酸杆菌等有益菌的增殖, 增大消化酶的分泌数量^[16], 提高动物的成活率及对所吸收营养物质的消化能力^[17]; 黄芪多糖中的活性物质可促进动物蛋白质的合成, 使动物所吸收的营养物质合成其本身蛋白质能力增强, 提高动物的生长速度。

在本试验中, 黄芪多糖添加水平在 0—0.08%时, 齐口裂腹鱼的 *WGR*、*SGR*、*PER* 均呈先升后降的趋势, 而 *FCR* 则成先降后升的趋势。这说明黄芪多糖

能明显改善齐口裂腹鱼的生长状况和饲料转化利用率。当黄芪多糖添加水平达到 0.04%, *WGR*、*SGR*、*PER* 达到最高, 以后则逐渐下降, 但下降差异不显著 ($P>0.05$); 而此时 *FCR* 则达到最低, 以后则逐渐增大。依据 *WGR*、*SGR*、*PER*、*FCR* 得到的齐口裂腹鱼饲料中芪多糖适宜添加水平分别为 0.045%—0.074%、0.045%—0.074%和 0.046%。

3.2 黄芪多糖与齐口裂腹鱼常规营养成分的关系

黄芪多糖除能增强机体免疫功能外, 还具有促进细胞代谢, 抗氧化, 调节 DNA、RNA、蛋白质的合成及脂肪细胞的分化的作用^[2]。王海燕等报道, 黄芪等在富蛋白饮食基础上可使蛋白质净合成率 (蛋白质合成率/蛋白质分解率) 与血浆总蛋白/白蛋白水平均明显增加 ($P<0.05$), 提高血浆蛋白水平, 促进肾综合症鼠肌肉蛋白合成, 增加整体蛋白储备, 改善机体状况^[18]。同时黄芪多糖能增加脂肪细胞对葡萄糖的摄取和利用, 促进脂肪细胞的分化, 有改善胰岛素抵抗和调节糖脂代谢的作用^[19]。在一定浓度范围内, 黄芪多糖能促进能 PPAR γ 和 C/EBP α mRNA 与蛋白质表达, 从而促进前脂肪细胞的增殖和分化, 增加脂肪细胞分化过程中脂质的堆积^[20]。黄芪多糖具有清除脂类氢过氧化物(LPO)和抑制 LPO 形成的作用^[21], 从而降低了多不饱和脂肪酸的分解, 增加肌肉脂肪的沉积。孙永欣等在饲料中添黄芪和黄芪多糖对刺参体壁中水分含量没有显著影响, 对

粗蛋白含量有一定影响^[4]；胡兵等证明，添加 0.05% 的黄芪多糖能够提高异育银鲫的可食性部分，虽对其肌肉中水分、粗蛋白和粗灰分无明显影响，但可提高肌肉中脂肪的含量，改善异育银鲫的肌肉品质^[22]。这说明黄芪多糖能增加动物生长过程中蛋白质的合成和脂肪的沉积能力，改善动物机体的营养成分。

在本试验中，黄芪多糖对齐口裂腹鱼肌肉中粗灰分和水分含量无显著影响($P>0.05$)，但黄芪多糖添加水平为 0.04% 时，显著提高齐口裂腹鱼肌肉中粗蛋白的含量，肌肉中粗脂肪含量则在黄芪多糖添加水平为 0.06% 时显著提高，说明黄芪多糖能有效改善齐口裂腹鱼肌肉品质。

3.3 黄芪多糖与齐口裂腹鱼的免疫指标

黄芪多糖可促使脾内浆细胞增生，促进抗体的合成，增强体液免疫，促进未成熟 T 细胞转化并提高其活性，刺激 T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞的功能，显著提高机体的非特异性免疫功能^[1]。黄芪多糖可增加罗非鱼肠道黏液细胞和上皮内淋巴细胞的数量^[7]，注射壳聚糖后，史氏鲟血液中淋巴细胞 α -醋酸萘酯酶(ANAE)活性和溶菌酶显著提高，注射酵母多糖和脂多糖组的史氏鲟血清旁路补体途径溶菌酶活性增强^[23]。

本试验采用了 LSZ、SOD、ACP、ALP 等活性变化作为评价指标。溶菌酶在引发和维持机体防御免疫的过程中起着重要的作用，它在机体免疫过程中除了溶解细菌细胞壁外，还可诱导和调节其他免疫因子的合成与分泌。Marja, *et al.* 认为，在一定程度上，血清中溶菌酶活性的变化与其循环系统中白细胞的数量变化呈正相关，超氧化物歧化酶在生物体内起到清除活性氧自由基的作用，可以增强吞噬细胞的吞噬能力和促进免疫蛋白的产生^[24]；ACP 是巨噬细胞内溶酶体的标志酶，是溶酶体的重要组成部分，在甲壳动物血细胞进行吞噬和包围化的免疫反应中，会伴随有 ACP 的释放^[25]。ALP 是生物体内的一种重要的代谢调控酶，催化磷酸单酯水解的酶，直接参与磷酸基团的转移，可加速物质的摄取和转运^[26]，为 ADP 磷酸化形成 ATP 提供无机磷酸^[27]。对栉孔扇贝注射 0.1% 的虫草多糖或海藻多糖刺激后，血清中的 ACP、ALP 和 SOD 活性有显著提高，血细胞中的 ACP 和 SOD 活性也有所增加^[28]。分别给对虾注射 0.1% 的北虫草多糖和海藻多糖 48h 后，对虾血清中 LSZ、ACP、ALP 活性较对照组均显著

提高^[27]。饲料中添加一定量的黄芪多糖喂养异育银鲫，其血清中 LSZ、SOD 活性显著提高，且能够提高试验鱼脾脏指数^[29]。这说明黄芪多糖能消除自由基，提高动物的免疫力的作用。

本试验中饲料中添加黄芪多糖能提高齐口裂腹鱼 LSZ、SOD、ACP、ALP 的活性，且其活性在一定浓度范围内均随着黄芪多糖添加水平的升高而增强，LSZ、SOD、ACP 活性在黄芪多糖添加水平超过 0.04% 后趋于稳定，ALP 的活性在黄芪多糖添加水平超过 0.06% 后也无显著变化。这说明黄芪多糖的对动物的免疫增强作用与其添加水平之间并不成直线关系，本试验结果同张伟妮^[6]、胡兵^[29]等的结论相一致。

3.4 齐口裂腹鱼饲料中黄芪多糖的适宜添加水平

在本试验中，分别以 WGR、SGR、PER、FCR 为指标，当齐口裂腹鱼的 WGR、SGR、PER 达到最佳的黄芪多糖的添加水平为 0.045%—0.074%，FCR 为最小时，饲料中黄芪多糖的适宜量则为 0.046%。且当黄芪多糖添加水平为 0.04% 时，试验齐口裂腹鱼机体组织中粗脂肪显著高于其他组，黄芪多糖添加水平为 0.04%—0.06% 时，机体中粗蛋白无显著差异，但显著高于其他试验组，黄芪多糖机体粗灰分和水份则无明显影响，说明试验齐口裂腹鱼机体营养成分最佳时黄芪多糖添加水平应为 0.04%。因此，综合齐口裂腹鱼的生长性能及营养指标，可初步判断黄芪多糖在齐口裂腹鱼饲料中的添加水平应在 0.04%—0.074%。

从免疫方面考虑，不同黄芪多糖的含量对齐口裂腹鱼免疫功能的激活作用也是不同的。李延友等在河蟹饲料中添加 1% 的含黄芪的中草药，30d 后组织中 LSZ 和 SOD 活性增幅最大，60d 后则 LSZ 活性趋于稳定，SOD 活性则达到最大^[30]。在本试验中，以高 LSZ、SOD、ACP、ALP 活性为依据，齐口裂腹鱼的免疫能力在一定范围内随黄芪多糖的增加而增强，黄芪多糖添加水平应为 0.06% 时，LSZ、SOD 活性趋于稳定，ACP 活性在黄芪多糖添加水平 0.06% 时最大，ALP 则在黄芪多糖添加水平 0.04% 达到最大。综合考虑各免疫力指标，可认为黄芪多糖添加水平达到 0.04%—0.06% 时，齐口裂腹鱼能获得较强的免疫抗病能力。综上所述，齐口裂腹鱼生长性能和机体营养指标最佳时黄芪多糖添加水平为 0.04%—0.074%；获得较强的免疫抗病能力的黄芪

多糖添加水平为 0.04%—0.06%, 因此, 为了在养殖过程中获得最佳的生长性能和免疫能力, 建议齐口裂腹鱼饲料中黄芪多糖的添加水平应为 0.04%—0.074%。

参考文献:

- [1] Gao H, Han S, Ye F L, *et al.* The study extension of astragalus polysaccharides on immunology research [J]. *Feed Research*, 2007, **6**: 35—36 [高慧, 韩森, 叶凤兰, 等. 黄芪多糖的免疫学研究进展. 饲料研究, 2007, **6**: 35—36]
- [2] Zhang X M. The study extension of the immunoregulation and anti-tumor effect of astragalus polysaccharides [J]. *Journal of Dalian University*, 2003, **6**(24): 101—104 [张小梅. 黄芪多糖的免疫调节作用及抗肿瘤作用研究进展. 大连大学学报, 2003, **6**(24): 101—104]
- [3] Wang Y L, Cai C F. Effects of Chinese herbs on the growth of the gibel carp, *Carassius auratus gibelio* [J]. *Reservoir Fisheries*, 2002, **22**(4): 42—43 [王永玲, 蔡春芳. 中草药免疫增强剂对银鲫促生长效果的研究. 水利渔业, 2002, **22**(4): 42—43]
- [4] Sun Y X, Li Y J, Wen Z X, *et al.* The effect astragalus and astragalus polysaccharide on growth performance of sea cucumber, *Apostichopus japonicus* [J]. *China Feed*, 2009, **4**: 31—36 [孙永欣, 李亚洁, 温志新, 等. 饲喂黄芪和黄芪多糖对刺参生长性能的影响. 中国饲料, 2009, **4**: 31—36]
- [5] Cai C F, Song X H, Pan X F, *et al.* Effects of growth promoters on the growth and immunization abilities of the silver crussian carp, *Carassius auratus* [J]. *Reservoir Fisheries*, 2002, **22**(2): 20—22 [蔡春芳, 宋学宏, 潘兴法, 等. 几种抗病促生长剂对银鲫生长和免疫力的影响. 水利渔业, 2002, **22**(2): 20—22]
- [6] Zhang W N, Lin X, Wang S K, *et al.* Effect of astragalus polysaccharide on nonspecific immunity and endocrine function in stomach and foregut of Tilapia [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2010, **22**(2): 401—409 [张伟妮, 林旋, 王寿昆. 黄芪多糖对罗非鱼非特异性免疫和胃肠内分泌功能的影响. 动物营养学报, 2010, **22**(2): 401—409]
- [7] Huang Y Z, Lin X, Wang Q X, *et al.* Effect of astragalus polysaccharide on structure of intestinal villus and intestinal immunocyte of tilapia [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2010, **22**(1): 108—116 [黄玉章, 林旋, 王全溪. 黄芪多糖对罗非鱼肠绒毛形态结构及肠道免疫细胞的影响. 动物营养学报, 2010, **22**(1): 108—116]
- [8] Fang J, Pan K C, Deng T H. Analysis on nutritive composition in muscle of *Schizothorax (Schizothorax) prenanti* (Tchang) [J]. *Fisheries Science*, 2002, **21**(1): 17—18 [方静, 潘康成, 邓天怀. 齐口裂腹鱼肌肉营养成分分析. 水产科学, 2002, **21**(1): 17—18]
- [9] Wen A X, Zeng J K, He T. Analysis on nutritive composition in muscle of *Schizothorax prenanti* [J]. *Reservoir Fisheries*, 2003, **23**(1): 13—16 [温安祥, 曾静康, 何涛. 齐口裂腹鱼肌肉的营养成分分析. 水利渔业, 2003, **23**(1): 13—16]
- [10] Zhou X H, Zheng S M, Wu Q, *et al.* The optimum nutrient requirements and energy -protein ratio in formulated feed in juvenile *Schizothorax prenanti* [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2007, **22**(1): 37—41 [周兴华, 郑曙明, 吴青, 等. 齐口裂腹鱼幼鱼饲料中营养素适宜含量和最适能量蛋白比的研究. 大连水产学院学报, 2007, **22**(1): 37—41]
- [11] Duan D, Xiang X, Zhou X H, *et al.* The optimal lipid content of feed for *Schizothorax prenanti* [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2007, **19**(3): 232—236 [段彪, 向泉, 周兴华, 等. 齐口裂腹鱼饲料中适宜脂肪需要量的研究. 动物营养学报, 2007, **19**(3): 232—236]
- [12] He J H. Feed analysis and testing [M]. Beijing: China Agriculture Press. 2003, 19—46 [贺建华. 饲料分析与检测. 北京: 中国农业出版社. 2003, 19—46]
- [13] Song S J. Clinician Manual [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press. 1991, 185—200 [宋善俊. 临床医师手册. 上海: 上海科技出版社. 1991, 185—200]
- [14] Xu Y J, Zhao Y J, Hu H. Research on the measurement of the SOD activity via pyrogallol auto-oxidation [J]. *Journal of Southwest University for Nationalities (Natural Science Edition)*, 2006, **32**(6): 1207—1209, 1212 [许雅娟, 赵艳景, 胡虹. 邻苯三酚自氧化法测定超氧化物歧化酶活性的研究. 西南民族大学学报(自然科学版), 2006, **32**(6): 1207—1209, 1212]
- [15] Li H Q, Zhao W G, Lü X H. Analysis on chemical components and structure of *Astragalus polysaccharides* [J]. *Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine*, 2008, **27**(5): 5—10 [李宏全, 赵万国, 吕小虎. 动物免疫增效剂黄芪多糖化学组分及其结构分析. 中兽医医药杂志, 2008, **27**(5): 5—10]
- [16] Chen Y, Zhou H Q. Effect of three kinds of polysaccharide on protease activity, amylase activity in intestine and hepatopancreas of allogynogenetic silver crucian carp [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2005, **14**(4): 468—471 [陈勇, 周洪琪. 三种多糖对异育银鲫肠道、肝胆脏蛋白酶和淀粉酶活性的影响. 上海水产大学学报, 2005, **14**(4): 468—471]
- [17] Ding X, Li Z J, Chen Y Q, *et al.* Effects of Chinese Traditional Medicines on Growth and Digestive Activity of *Litopennaeus vannamei* (Boone) [J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2007, **27**(1): 22—26 [丁贤, 李卓佳, 陈永青, 等. 复合中草药对凡纳滨对虾生长和消化酶活力的影响. 广东海洋大学学报, 2007, **27**(1): 22—26]
- [18] Wang H Y, Li J Z, Pan J S, *et al.* The effect of Astragali and Angelica on nephrotic syndrome and its mechanisms of action [J]. *Journal of Peking University (Health Sciences)*, 2002, **34**(5): 542—552 [王海燕, 李惊子, 潘缙圣, 等. 中药黄芪当归合剂对肾病综合征肾损伤的保护作用及对代谢紊乱的影响. 北京大学学报(医学版), 2002, **34**(5): 542—552]

- [19] Wang S H, Wang W J, Wang X F, *et al.* Effect of Astragalus Polysaccharides and Berberine on Carbohydrate Metabolism and Cell Differentiation in 3T3-L1 Adipocytes [J]. *Chinese Journal of Integrated Traditional and Western Medicine*, 2004, **24**(10): 926—928 [王树海, 王文健, 汪雪峰, 等. 黄芪多糖和小檗碱对 3T3-L1 脂肪细胞糖代谢及细胞分化的影响. 中国中西医结合杂志, 2004, **24**(10): 926—928]
- [20] Liu Y, Wang W J, Chen W H, *et al.* Effects of Astragalus polysaccharides on proliferation and differentiation of 3T3-L1 preadipocytes [J]. *Journal of Chinese Integrative Medicine*, 2007, **5**(4): 421—426 [刘毅, 王文健, 陈伟华, 等. 黄芪多糖对 3T3-L1 前脂肪细胞增殖和分化的影响. 中西医结合学报, 2007, **5**(4): 421—426]
- [21] Hao Y H, Li Q Z, Wei P, *et al.* Effects of astragalus polysaccharides on lipid peroxidation of infected chickens on the vMDV [J]. *Chinese Journal of Preventive Veterinary Medicine*, 1999, **21**(3): 174—175 [郝艳红, 李庆章, 魏萍, 等. 黄芪多糖对 vMDV 感染雏鸡体内脂质过氧化物含量的影响. 中国预防兽医学报, 1999, **21**(3): 174—175]
- [22] Hu B, Liu J, Hou Y Q, *et al.* Effects of Astragalus polysaccharides on nutritional ingredient of muscle in *Carassius auratus gibelio* [J]. *China Feed*, 2008, **11**: 37—38 [胡兵, 刘军, 侯永清, 等. 黄芪多糖对异育银鲫肌肉组成成分的影响. 中国饲料, 2008, **11**: 37—38]
- [23] Song C, Niu C J, Zhu H. Effects of polysaccharides injection on the non-specific immune responses of amur sturgeon *Acipenser schenki* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2009, **33**(3): 455—460
- [24] Marja M, Antti S. Changes in plasma lyso-zyme and blood leucocyte levels of hatchery-reared Atlantic Salmon and sea trout during parr-smolt transformation [J]. *Aquaculture*, 1992, **106**: 75—78
- [25] Liu Y, Jiang X L, Lü Q, *et al.* Effects of mannuronate polysaccharide on enzymes of *Penaeus Chinensis* related with immune and hemolysis [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2000, **24**(6): 549—553 [刘岩, 江晓路, 吕青, 等. 聚甘露糖醛酸对中国对虾免疫相关酶活性和溶菌溶血活性的影响. 水产学报, 2000, **24**(6): 549—553]
- [26] Jiang X L, Liu S Q, Mu H J, *et al.* Effects of fungus polysaccharose on immune activities of serum and lymphocyte of *Penaeus chinensis* [J]. *Zoological Research*, 1999, **20**(1): 41—45 [江晓路, 刘树青, 牟海津, 等. 真菌多糖对中国对虾血清及淋巴细胞免疫活性的影响. 动物学研究, 1999, **20**(1): 41—45]
- [27] Liu S Q, Jiang X L, Mu H J, *et al.* Effect of immune polysaccharide on the activities of lysozyme, phosphatase, and the peroxidase in the serum of *Fenneropenaeus chinensis* [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1999, **30**(3): 278—283 [刘树青, 江晓路, 牟海津, 等. 免疫多糖对中国对虾血清溶菌酶、磷酸酶和过氧化物酶的作用. 海洋与湖沼, 1999, **30**(3): 278—283]
- [28] Mu H J, Jiang X L, Liu S Q. Effect of immune polysaccharide on the activities of acid phosphatase and alkaline phosphatase and superoxide dismutase in *Chlamys farreri* [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1999, **29**(3): 463—468 [牟海津, 江晓路, 刘树青. 免疫多糖对栉孔扇贝酸性磷酸酶、碱性磷酸酶和超氧化物歧化酶活力的影响. 青岛海洋大学学报, 1999, **29**(3): 463—468]
- [29] Hu B, Liu J, Hou Y Q, *et al.* Effect of astragalus polysaccharides on non-specific immune function in *Carassius auratus gibelio* [J]. *Reservoir Fisheries*, 2008, **28**(3): 108—111 [胡兵, 刘军, 侯永清, 等. 黄芪多糖对异育银鲫非特异性免疫力的影响. 水利渔业, 2008, **28**(3): 108—111]
- [30] Li Y Y, Xie B, Lu B, *et al.* Effects of Chinese herbal medicine on non-specific immunity of Chinese mitten-handed crab [J]. *Freshwater Fisheries*, 2005, **35**(1): 3—6 [李延友, 谢标, 陆波, 等. 中药添加剂对中华绒螯蟹扣蟹非特异性免疫力影响的研究. 淡水渔业, 2005, **35**(1): 3—6]

EFFECT OF ASTRAGALUS POLYSACCHARIDES ON GROWTH, BODY COMPOSITION AND IMMUNE INDEX IN *SCHIZOTHORAX PRENANTI*

XIANG Xiao, CHEN Jian, ZHOU Xing-Hua and WANG Wen-Juan

(Department of Fisheries in Rongchang Campus, Southwest University, Rongchang 402460, China)

Abstract: The experiment was conducted to determine the effect of astragalus polysaccharides (APS) on growth performance, body composition and activities of immunoenzyme in *Schizothorax prenanti*. 450 healthy *Schizothorax prenanti* with (6.98 ± 0.43) g of average weight and (9.11 ± 0.25) cm of average length, were randomly divided into five groups with three replicates of 30 *Schizothorax prenanti*. Group C1, as the control group, was fed with the basal diet (38.29% CP and 15.73 MJ/kg GE), while group C2, C3, C4 and C5, as trial groups, were fed with the diet added with 0.02, 0.04, 0.06 and 0.08% APS respectively. The experiment lasted for 50 days. The results showed that the weight gain ratio (WGR), specific growth ratio (SGR) and protein efficiency ratio (PER) of the fish fed with the diet added with APS significantly increased ($P < 0.05$), at the same time, the feed conversion ratio (FCR) of the fish significantly decreased ($P < 0.05$). All of the WGR, SGR and PER of *Schizothorax prenanti* were the highest (110.31%, 1.86%/d, 182.07% respectively), but the FCR was the lowest (1.44). when APS levels were 0.04%, those were significance difference with other groups ($P < 0.05$). Based on Linear and parabolic regression analysis of the WGR, SGR, PER, FCR, the optimal APS level for the diet was 0.045%—0.074%; moisture crude Ash in whole body of *Schizothorax prenanti* showed no significant effects by supplemental levels of APS ($P > 0.05$), but the crude protein was the highest at 0.06% APS, which showed no significantly difference from that of 0.04% APS ($P > 0.05$), and the crude lipid was the highest at 0.04% APS, which was significantly different from other groups ($P < 0.05$); Activities of immunoenzyme in *Schizothorax prenanti* of trial groups were significantly higher than those of control group, and the activities of immunoenzyme increased with the increment of APS level in certain range. *Schizothorax prenanti* had the highest alkaline phosphatase activity (ALP) when fed with 0.04% APS, at the same time, the acid phosphatase activity (ACP) were the highest when fed with 0.06% APS. Lysozyme (LSZ) and superoxide dismutase (SOD) activity tended to stabilize when 0.06%—0.08% APS were fed. Results of above showed that the addition of APS could promote the growth and immunity of *Schizothorax prenanti*. The optimal dietary APS levels for optimum growth performance and immunological indices in *Schizothorax prenanti* was suggested to be 0.04%—0.074%.

Key words: Astragalus polysaccharides (APS); Growth; Body composition; Immunity; *Schizothorax prenanti*