

冯士彬,程连平,舒迎霜,等. 黄芪多糖对湖羊羔羊生长性能、血清指标、消化功能和直肠菌群的影响[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(1): 122-129.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.01.018

黄芪多糖对湖羊羔羊生长性能、血清指标、消化功能和直肠菌群的影响

冯士彬, 程连平, 舒迎霜, 董妍丽, 张 咪, 李 玉, 王希春, 吴金节

(安徽农业大学动物科技学院/安徽地方畜禽遗传资源保护与生物育种省级实验室, 安徽 合肥 230036)

摘要: 本试验旨在研究在日粮中添加黄芪多糖对湖羊断奶羔羊生长性能、血清指标、养分表观消化率、胰腺消化酶、小肠黏膜形态和直肠菌群的影响。选取体质状况良好、体质量为 (9.76 ± 0.12) kg 的 45 日龄的湖羊断奶羔羊 14 只随机分为对照组和黄芪多糖组, 每组 7 只。试验期共计 28 d。结果表明, 与对照组相比, 黄芪多糖组羔羊生长性能显著提高 ($P < 0.05$), 料质比极显著降低 ($P < 0.01$)。黄芪多糖组血清中 IgA、IgG、IgM 含量显著提高 ($P < 0.05$), 超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性和 γ -干扰素 (IFN- γ) 含量极显著提高 ($P < 0.01$), 血清中过氧化产物丙二醛 (MDA) 含量显著降低 ($P < 0.05$)。黄芪多糖组的干物质、粗蛋白质、粗脂肪的养分表观消化率显著提高 ($P < 0.05$)。黄芪多糖组胰腺淀粉酶和脂肪酶活性显著提高 ($P < 0.05$)。黄芪多糖能够显著提高空十二指肠、空肠和回肠绒毛高度及 V/C 值 ($P < 0.05$), 对隐窝深度影响不显著 ($P > 0.05$)。黄芪多糖组放线菌门 (Actinobacteria) 和拟杆菌门 (Bacteroidetes) 细菌数量显著提高 ($P < 0.05$), 拟杆菌纲 (Bacteroidia)、甲烷杆菌纲 (Methanobacteria) 和盐杆菌纲 (Halobacteria) 细菌数量显著提高 ($P < 0.05$), 拟杆菌目 (Bacteroidales) 和甲烷杆菌目 (Methanobacteriales) 细菌数量显著提高 ($P < 0.05$), 双歧杆菌科 (Bifidobacteriaceae)、甲烷杆菌科 (Methanobacteriaceae) 和普雷沃氏菌科 (Prevotellaceae) 细菌数量显著提高 ($P < 0.05$), 毛螺菌科 (Lachnospiraceae) 细菌显著降低 ($P < 0.05$), 甲烷短杆菌属 (*Methanobrevibacter*)、雷沃菌属 (*Prevotella*)、*shuttleworthia* 和 *succiniclasticum* 细菌数量显著提高 ($P < 0.05$)。说明, 在日粮中添加黄芪多糖, 可以提高湖羊羔羊生长性能、免疫力、抗氧化能力、养分物质表观消化率, 促进小肠各段的发育并改善肠道菌群。

关键词: 黄芪多糖; 湖羊; 血清生化; 消化率; 肠道菌群

中图分类号: S858.26 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)01-0122-08

Effect of astragalus polysaccharide on growth performance, serum indices, digestive function and rectum flora of Hu lambs

FENG Shi-bin, CHENG Lian-ping, SHU Ying-shuang, DONG Yan-li, ZHANG Mi, LI Yu, WANG Xi-chun, WU Jin-jie

(College of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University/Anhui Province Key Laboratory of Local Livestock and Poultry Genetical Resource Conservation and Breeding, Hefei 230036, China)

收稿日期: 2018-06-19

基金项目: 2018 年安徽省重点研究与开发计划项目 (1804g07020187); 地方畜禽遗传资源保护与生物育种安徽省重点实验室开放课题 (AKLGRCB2017009); 安徽省现代农业牛羊产业技术体系项目 (AHCYJSTX-07)

作者简介: 冯士彬 (1984-), 男, 山东茌平人, 硕士 实验师, 主要从事兽医临床诊疗技术研究。(E-mail) luyifsb@126.com。程连平为共同第一作者。

通讯作者: 吴金节, (E-mail) wjj@ahau.edu.cn

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the effects of astragalus polysaccharide on growth performance, serum indices, apparent digestibility, digestive enzyme in pancreas and intestinal flora of Hu lambs. Fourteen 45-day-old Hu lambs weighted (9.76 ± 0.12) kg were divided into control group and astragalus polysaccharide group, seven lambs per group. The feeding assay lasted for

28 days. The results showed that compared with that in the control group, growth performance significantly increased in astragalus polysaccharide group ($P<0.05$), and the ratio of feed to gain significantly reduced ($P<0.01$). The contents of IgA, IgG, IgM in the serum were significantly increased ($P<0.05$), and the activities of superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px) and the content of IFN- γ were significantly higher than those in control group ($P<0.01$). The content of malondialdehyde (MDA) in the astragalus polysaccharide group was significantly reduced ($P<0.05$). The apparent digestibility of dry matter, crude protein and crude fat were significantly increased in astragalus polysaccharide group ($P<0.05$). The activities of pancreatic amylase and lipase in astragalus polysaccharide group were significantly increased ($P<0.05$). Astragalus polysaccharides significantly increased villus height and V/C of duodenum, jejunum and ileum ($P<0.05$), but there was no significant difference in crypt depth ($P>0.05$). In astragalus polysaccharide group the number of *Actinobacteria* and *Bacteroidetes* increased significantly ($P<0.05$), the number of *Bacteroidia*, *Methanobacteria* and *Halobacteria* increased significantly ($P<0.05$). The number of *Methanobacteriales*, *Bacteroidales*, *Bifidobacteriaceae*, *Methanobacteriaceae* and *Prevotellaceae* increased significantly ($P<0.05$), and the number of *Lachnospiraceae* decreased significantly ($P<0.05$). The number of *Methanobrevibacter*, *Prevotella*, *shuttleworthia* and *succinilasticum* increased significantly ($P<0.05$). In conclusion, the addition of astragalus polysaccharide can improve growth performance, immunity, antioxidant capacity, apparent digestibility and intestinal microflora of Hu lambs.

Key words: astragalus polysaccharide; Hu lambs; serum biochemistry; digestibility; intestinal flora

黄芪多糖 (Astragalus polysaccharide) 是一种可溶于水的中性杂多糖, 是从黄芪中提炼而得到的主要活性成分, 具有广泛的生物学活性, 与机体的免疫反应、代谢和抗氧化调节过程密切相关^[1-2]。有研究结果证实, 黄芪多糖能够提高畜禽及水产动物的免疫功能, 同时可以提高动物机体的抗氧化能力^[3-5]。Tan 等认为, 黄芪多糖具有提高畜禽生长性能和改善肠道发育等作用^[6-7]。目前, 中草药提取物作为一种绿色饲料添加剂, 在畜禽生产中应用越来越广泛。

湖羊是中国特有的绵羊品种。湖羊羔羊在断奶后, 由于应激反应明显, 导致生长迟缓、腹泻等, 影响湖羊的生长发育, 对湖羊养殖业造成损失。黄芪多糖在畜禽生产中应用广泛, 但是, 黄芪多糖对湖羊羔羊的作用及其机制研究未见报道。因此, 本试验拟以 45 日龄的湖羊断奶羔羊为试验动物, 通过在其饲料中添加黄芪多糖, 探讨黄芪多糖作为饲料添加剂对湖羊断奶羔羊生长性能、血清生化指标、养分表观消化率、胰腺消化酶活性和肠道菌群的影响, 为中药免疫促进剂在羊生产中的科学应用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所需黄芪多糖制剂由安徽农业大学动物科技学院临床兽医学实验室制备完成, 质量浓度为 1

g/ml; 试验动物为 45 日龄湖羊断奶羔羊, 试验基础饲料和试验动物皆由安徽省马鞍山市金农牧业有限公司提供。

1.2 试验设计

试验在安徽省马鞍山市金农牧业有限公司种羊场进行, 选取体质状况良好, 以平均体质量为 (9.76 ± 0.12) kg 的 45 日龄湖羊断奶羔羊 14 只随机分为对照组、黄芪多糖组, 每组 7 只。试验期为 28 d。对照组饲喂常规基础饲料, 黄芪多糖组按照 3% 的比例在精料中添加并混匀。试验基础饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets

原料	含量	营养水平	含量
玉米 (%)	44.50	消化能 (MJ/kg)	12.91
豆粕 (%)	25.00	净能 (MJ/kg)	1.80
预混料 (%)	5.00	钙 (%)	1.54
食盐 (%)	0.50	磷 (%)	0.34
磷酸氢钙	1.00	干物质 (%)	87.60
石粉	1.00	粗蛋白 (%)	18.80
麸皮 (%)	4.00	粗脂肪 (%)	2.20
花生秧 (%)	19.00	中性洗涤纤维 (%)	16.20
合计 (%)	100.00	酸性洗涤纤维 (%)	25.40

每 1 kg 预混料含有: V_A 120 000 IU, V_{D_3} 60 000 IU, V_E 1 900 mg, 烟酸 360 mg, Zn 1.80 g, Cu 0.22 g, Mn 2.00 g, Ca 150.00 g, P 15.00 g, NaCl 75.00 g。代谢能、钙、磷为计算值, 其他营养水平为实测值。

1.3 饲养管理

在预饲时打好耳标,免疫注射三联四防疫苗,并注射伊维菌素溶液(0.2 mg/kg)进行驱虫处理。每天定时喂料,保证自由采食和饮水,定期消毒。

1.4 生长性能

每天准确记录每组羔羊采食量,观察羔羊生长情况,分别于试验期第1 d、7 d、14 d、21 d、28 d称量每只羔羊体质量,并计算平均日增质量(ADG)和料质比(F/G)。

1.5 血清生化指标

分别于试验期第0 d、14 d、28 d早上8点,对所有羔羊空腹进行颈静脉采血10 ml,在2 000 r/min的离心机中离心15 min,收集血清并置于-20℃冰箱中保存。血清中MDA、IgA、IgG、IgM浓度及SOD、GSH-Px活性均采用双抗体夹心酶联免疫吸附法(ELISA)检测完成,试剂盒由南京森贝伽生物公司提供,具体操作步骤按照说明书进行。

1.6 养分表观消化率

在试验期最后3 d,每组随机选取3只羔羊采用直肠取粪法收集粪样,所收集到的鲜粪准确称质量,混匀,取20%作为样品,并按100 ml/kg加入10%的盐酸,置于-20℃保存。在65℃条件下烘干48 h,粉碎后置于室温下回潮24 h,装于样品袋中备用。饲料和粪便样品中的干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)测定分别按照GB/T 6435-2006、GB/T 6432-1994、GB/T 6433-2006、GB/T 20806-2006、NY/T 1459-2007的方法进行。

营养物质表观消化率=[食入营养物质(g)-对应粪中营养物质(g)]/食入营养物质(g)

1.7 胰腺消化酶活性

在试验期结束空腹称质量后每组随机屠宰3只羔羊,采集胰腺冻存。取0.2 g左右的胰脏样本,加入1.8 ml生理盐水用高速匀浆机配成10%的组织匀浆,经2 500 r/min,4℃离心15 min,取上清液备用。胰腺淀粉酶、脂肪酶和胰蛋白酶活性均采用试剂盒(南京森贝伽生物公司提供)进行测定,测定方法参照说明书进行。

1.8 肠道菌群的检测

每组分别选取3份粪便样品,称取0.2 g,采用粪便DNA提取试剂盒提取粪便DNA,样品浓度通过Qubit分光光度计检测。根据16S rDNA基因的

V4区保守序列设计通用引物:上游引物是5'-GT-GCCAGCMGCCGCGGTAA-3',下游引物是5'-GGACTACHVGGGTWTCTATT-3'。PCR扩增体系(50.0 μl)为:5.0 μl 10× Buffer A, 1.0 μl 10 mmol/L dNTP, 4.0 μl PCR Primer Cocktail, 2.0 μl Primer F, 0.2 μl KAPA Taq, 25.0 μl PCR Master Mix, 30 ng DNA和12.8 μl ddH₂O。PCR程序为:98℃预变性3 min;98℃变性45 s,55℃退火45 s,72℃延伸45 s,30个循环,72℃保温7 min。PCR产物用1.5%琼脂糖凝胶电泳检测。采用MetaVx™文库构建试剂盒(GENEWIZ, Inc, South Plainfield, NJ, USA)构建测序文库。高通量测序文库的构建和基于Illumina MiSeq平台的测序由深圳华大基因科技有限公司完成。

16S测序分析采用QIIME进行质量控制。质量控制后的序列按照97%的相似性分别聚到一个操作分类单元(OTU),将具有代表性的序列系统分类到门纲目科属种的水平。Alpha丰富度和多样性分析包括ChaoI、ACE指数、Coverage、Shannon和Simpson指数。

1.9 数据统计与分析

试验数据经Excel处理,采用SPSS 17.0统计软件one-way ANOVA方差分析和最小显著差数(LSD)法进行多重比较,试验数据表示为平均值±标准差(Mean±SD),分别以 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 作为差异显著和极显著的判断标准。

2 结果与分析

2.1 黄芪多糖对湖羊羔羊生长性能的影响

由表2可以看出,对照组与黄芪多糖组的羔羊始质量差异不显著($P>0.05$)。试验结束时,黄芪多糖组羔羊的平均日增质量显著提高($P<0.05$),试验结束时体质量极显著提高($P<0.01$)。两组的精料和草料的平均日采食量差异不显著($P>0.05$),但料质比黄芪多糖组比对照组极显著降低($P<0.01$)。

2.2 黄芪多糖对湖羊羔羊血清生化指标的影响

由表3可以看出,试验结束时,与对照组相比,黄芪多糖组的血清IgA、IgG、IgM含量显著提高($P<0.05$),超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活性和γ-干扰素(IFN-γ)含量极显著提高($P<0.01$),血清中过氧化产物MDA含量显著降低($P<0.05$)。

表 2 黄芪多糖对湖羊羔羊生长性能的影响

Table 2 Effects of astragalus polysaccharide on lambs growth performance

参数	对照组	黄芪多糖组
始质量(kg)	9.71±0.15	9.77±0.11
末质量(kg)	12.99±0.16B	13.75±0.26A
平均日增质量(g/d)	0.12±0.01b	0.14±0.01a
平均日精料采食量(g/d)	0.285	0.286
平均日草料采食量(g/d)	0.397	0.433
料质比(精料)	2.44±0.50A	2.07±0.12B
料质比(草料)	3.40±0.72A	3.04±0.16B

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。

表 3 黄芪多糖对湖羊羔羊血清生化指标的影响

Table 3 Effects of astragalus polysaccharide on lambs serum biochemical indices

指标	时间(d)	对照组	黄芪多糖组
IgA(μg/ml)	0	328.17±48.89	369.86±86.01
	14	388.14±42.60	420.85±65.29
	28	412.38±15.13b	457.54±33.74a
IgG(μg/ml)	0	986.79±8.14	1 018.17±36.53
	14	1 391.19±167.83	1 393.73±27.47
	28	1 797.47±14.30b	1 890.24±19.10a
IgM(mg/ml)	0	3.72±0.23	4.00±1.07
	14	4.99±0.10	5.11±0.08
	28	5.81±0.17b	6.22±0.10a
IFN-γ(ng/ml)	0	46.09±1.66	37.65±13.42
	14	55.49±2.04	57.41±3.74
	28	49.31±2.12B	56.36±3.35A
GSH-Px(U/L)	0	122.61±5.95	134.72±14.33
	14	115.95±11.81	138.39±17.94
	28	147.22±1.59B	162.71±2.02A
SOD(mU/L)	0	20.66±4.79	24.98±2.07
	14	29.45±3.81	30.96±0.58
	28	38.58±2.95B	46.24±2.35A
MDA(nmol/L)	0	13.93±0.91	14.57±1.42
	14	12.60±0.70	12.67±1.42
	28	12.19±0.54a	10.80±1.75b

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)。

2.3 黄芪多糖对湖羊羔羊养分表观消化率的影响

由表 4 可知,在日粮中添加黄芪多糖,能够显著

提高饲料中粗蛋白质、粗脂肪的表观消化率($P<0.05$),但对酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维的表观消化率无显著影响($P>0.05$)。

表 4 黄芪多糖对湖羊羔羊养分表观消化率的影响

Table 4 Effects of astragalus polysaccharide on lambs nutrient apparent digestibility

项目	对照组	黄芪多糖组
干物质表观消化率(%)	48.99±0.98a	53.41±6.51a
粗蛋白表观消化率(%)	44.03±1.48b	50.43±4.45a
粗脂肪表观消化率(%)	45.42±2.34b	49.53±7.32a
中性洗涤纤维表观消化率(%)	47.69±0.80	48.98±3.12
酸性洗涤纤维表观消化率(%)	46.96±2.09	46.75±2.66

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.4 黄芪多糖对湖羊羔羊胰腺消化酶活性的影响

表 5 可知,与对照组相比,黄芪多糖组胰腺淀粉酶和脂肪酶活性显著提高($P<0.05$),胰蛋白酶活性提高不显著($P>0.05$),但也有升高的趋势。

表 5 黄芪多糖对湖羊羔羊胰腺消化酶活性的影响

Table 5 Effects of astragalus polysaccharide on lambs digestive enzyme activity

指标	对照组	黄芪多糖组
淀粉酶活性(U)	5.35±1.15b	6.07±0.30a
脂肪酶活性(U)	220.78±25.56b	278.30±13.09a
胰蛋白酶活性(U)	236.47±23.41	242.65±3.26

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.5 黄芪多糖对湖羊羔羊小肠黏膜形态的影响

表 6 可知,饲料添加 3% 的黄芪多糖能够显著提高空十二指肠、空肠和回肠绒毛高度及 V/C 值(绒毛高度和隐窝深度的比值)($P<0.05$),但对隐窝深度影响不显著($P>0.05$)。

2.6 黄芪多糖对湖羊羔羊直肠菌群的影响

2.6.1 直肠菌群丰度 OTU 数目和 Alpha 多样性指数见表 7。Alpha 多样性(Alpha diversity)是对单个样品中物种多样性的分析,包括 Observed species 指数、Chao 指数、Ace 指数、Shannon 指数以及 Simpson 指数等。前面 4 个指数越大,最后一个指数越小,说明样品中的物种越丰富。本试验中黄芪多糖组与对照组物种丰富度均为 1,说明本次试验数据有代表性,可用于多样性分析。所有样品划分成不同的聚类单元(OTU),本试验中获得对照组 OTU 平均值为

433.33 个,黄芪多糖组 OTU 平均值为 443.67 个,说明黄芪多糖显著增加了湖羊羔羊直肠菌群的丰度。

表 6 黄芪多糖对湖羊羔羊小肠黏膜形态的影响

Table 6 Effects of astragalus polysaccharide on lambs small intestinal mucosa morphology

项目		对照组	黄芪多糖组
绒毛高度(μm)	十二指肠	351.33 \pm 6.57b	364.01 \pm 5.59a
	空肠	572.33 \pm 6.88b	597.46 \pm 14.07a
	回肠	774.31 \pm 19.13b	800.52 \pm 8.04a
隐窝深度(μm)	十二指肠	185.25 \pm 4.04	184.53 \pm 4.79
	空肠	299.64 \pm 1.37	303.83 \pm 7.35
	回肠	407.31 \pm 21.86	393.41 \pm 5.61
绒毛高度/隐窝深度(V/C 值)	十二指肠	1.89 \pm 0.02b	1.97 \pm 0.05a
	空肠	1.91 \pm 0.02b	1.97 \pm 0.03a
	回肠	1.92 \pm 0.07b	2.03 \pm 0.04a

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 7 样本 OTU 数量和 Alpha 多样性

Table 7 OTU number and Alpha diversity of samples

组别	样品	丰富度指数	克隆文库覆盖率	ACE 指数	香农指数	辛普森指数	覆盖率(%)
对照组	重复 1	416	489.10	486.23	3.57	0.07	100
	重复 2	442	468.37	469.89	4.59	0.02	100
	重复 3	472	546.45	548.24	3.69	0.07	100
黄芪多糖组	重复 1	401	448.33	451.51	3.11	0.12	100
	重复 2	462	537.09	516.31	4.26	0.04	100
	重复 3	468	504.17	505.51	3.72	0.06	100

2.6.2 物种累积曲线分析 物种累积曲线(Species accumulation curves)用于描述随着抽样量的加大物种增加的情况,被广泛用于抽样量充分性的判断以及物种丰富度的估计。物种累积曲线图横坐标代表样品数目,纵坐标代表 OTU 数目。由图 1 可知,随着抽样次数的增加,曲线趋于平缓,说明本次试验样品菌群物种丰富度可用于试验分析。

2.6.3 物种丰度差异性分析 由表 8 得出,所有样本均由 4 个优势菌门主导,硬壁菌门(Firmicutes)、放线细菌门(Actinobacteria)、拟杆菌门(Bacteroidetes)和古生菌门(Euryarchaeota)细菌。相比对照组,黄芪多糖组羔羊直肠中放线细菌门(Actinobacteria)和拟杆菌门(Bacteroidetes)细菌数量显著提高。古生菌门(Euryarchaeota)和硬壁菌门(Firmicutes)细菌数量差异不显著,但仍有升高趋势。

由表 9 可知,在纲水平上,放线细菌纲(Acti-

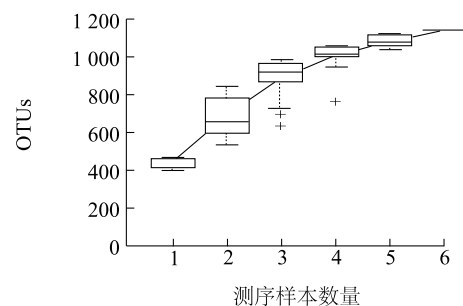


图 1 物种累积曲线图

Fig.1 Curves of species accumulation

nobacteria)、拟杆菌纲(Bacteroidia)、梭菌纲(Clostridia)、甲烷杆菌纲(Methanobacteria)和盐杆菌纲(Halobacteria)细菌是所有样品的优势菌。与对照组相比,黄芪多糖组拟杆菌纲(Bacteroidia)、甲烷杆菌纲(Methanobacteria)和盐杆菌纲(Halobacteria)细菌数量显著提高,放线细菌纲(Actinobacteria)、梭菌纲(Clostridia)细菌数量差异不显著。

表 8 肠道微生物在门水平上物种丰度显著性分析

Table 8 Significance analysis of species abundance of intestinal microflora at phylum level

细菌分类	样品中菌群在门水平上的百分比(%)	
	对照组	黄芪多糖组
放线细菌门(Actinobacteria)	16.60±13.61b	19.11±16.89a
拟杆菌门(Bacteroidetes)	9.57±16.00b	14.05±23.07a
古生菌门(Euryarchaeota)	8.86±7.63	11.26±8.20
硬壁菌门(Firmicutes)	49.69±9.21	49.77±0.41

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 9 肠道微生物在纲水平上物种丰度显著性分析

Table 9 Significance analysis of species abundance of intestinal microflora at class level

细菌分类	样品中菌群在纲水平上的百分比(%)	
	对照组	黄芪多糖组
放线细菌纲(Actinobacteria)	15.470±12.680	16.720±14.740
拟杆菌纲(Bacteroidia)	9.570±16.000b	14.050±23.070a
梭菌纲(Clostridia)	45.840±2.090	48.050±10.280
甲烷杆菌纲(Methanobacteria)	8.840±7.640b	11.240±8.280a
盐杆菌纲(Halobacteria)	0.009±0.010b	0.023±0.023a

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

由表 10 可知,在目水平上拟杆菌目(Bacteroidales)、双歧杆菌目(Bifidobacteriales)、梭菌目(Clostridiales)和甲烷杆菌目(Methanobacteriales)细菌是所有样品的优势菌。与对照组相比,拟杆菌目(Bacteroidales)和甲烷杆菌目(Methanobacteriales)细菌数量显著提高。

表 10 肠道微生物在目水平上物种丰度显著性分析

Table 10 Significance analysis of species abundance of intestinal microflora at order level

细菌分类	样品中菌群在目水平上的百分比(%)	
	对照组	黄芪多糖组
拟杆菌目(Bacteroidales)	9.57±11.01b	14.05±23.07a
双歧杆菌目(Bifidobacteriales)	15.44±12.66	16.70±14.72
梭菌目(Clostridiales)	48.04±10.28	45.84±2.09
甲烷杆菌目(Methanobacteriales)	8.84±7.64b	11.24±8.18a

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

由表 11 得出,与对照组相比,黄芪多糖组双歧杆菌科(Bifidobacteriaceae)、甲烷杆菌科(Methanobacteriaceae)和普雷沃氏菌科(Prevotellaceae)细菌数量显著提高,毛螺菌科(Lachnospiraceae)细菌数量显著降低,梭菌科(Clostridiaceae)

梭菌科(Clostridiaceae)细菌数量显著降低,梭菌科(Clostridiaceae)细菌数量差异不显著但也有降低趋势。

表 11 肠道微生物在科水平上物种丰度显著性分析

Table 11 Significance analysis of species abundance of intestinal microflora at family level

细菌分类	样品中菌群在科水平上的百分比(%)	
	对照组	黄芪多糖组
双歧杆菌科(Bifidobacteriaceae)	12.24±12.16b	16.70±14.72a
梭菌科(Clostridiaceae)	1.36±1.00	0.97±0.23
甲烷杆菌科(Methanobacteriaceae)	8.84±7.64b	11.24±8.18a
普雷沃氏菌科(Prevotellaceae)	1.48±2.43b	6.07±9.50a
毛螺菌科(Lachnospiraceae)	26.67±7.66a	18.27±12.94b

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

由表 12 得出,与对照组相比,黄芪多糖组甲烷短杆菌属(Methanobrevibacter)、雷沃菌属(Prevotella)、shuttleworthia 和 succiniclasticum 细菌数量显著提高。

表 12 肠道微生物在属水平上物种丰度显著性分析

Table 12 Significance analysis of species abundance of intestinal microflora at genus level

细菌分类	样品中菌群在属水平上的百分比(%)	
	对照组	黄芪多糖组
甲烷短杆菌属(Methanobrevibacter)	7.08±6.58b	10.05±7.41a
雷沃菌属(Prevotella)	1.46±2.41b	6.07±9.51a
shuttleworthia	0.01±0.08b	3.15±5.40a
succiniclasticum	0.02±0.01b	1.07±1.78a

同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 黄芪多糖对湖羊羔羊生长性能的影响

黄芪多糖是天然中草药黄芪的提取物,因其能够促进免疫器官和免疫细胞的发育,提高动物生产性能,因此,在畜禽养殖上作为一种绿色饲料添加剂被广泛应用^[8]。Yuan 等^[9]和 Yin 等^[10]研究发现在断奶仔猪日粮中添加黄芪多糖可以显著提高平均日增质量。国内有相同研究结果证实,黄芪多糖能够使断奶仔猪料质比显著降低^[11]。从本试验结果来看,在湖羊羔羊饲料中添加黄芪多糖,平均日增质量显著提高,料质比显著降低,表明黄芪多糖能够提高湖羊羔羊的生长性能。

3.2 黄芪多糖对湖羊羔羊血清指标的影响

血液对维持体内细胞正常生命活动具有重大作

用,血清中各项指标的变化可以反映动物机体生理状态^[12]。Zhong等^[13]报道,在羔羊饲料中添加黄芪多糖可以提高血浆中超氧化物歧化酶活性。有研究者发现黄芪多糖可以显著提高哺乳母猪血清中IgA含量^[14]和生长育肥猪血清中IFN- γ 等免疫因子水平^[15]。有研究结果证实,黄芪多糖能够提高肉雏鸡血清中IgM含量^[16]。本研究在湖羊羔羊饲料中添加黄芪多糖后,血清中IgA、IgG、IgM含量和超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性显著提高,MDA含量显著降低,说明黄芪多糖能够显著提高湖羊羔羊的抗氧化能力和免疫力。

3.3 黄芪多糖对湖羊羔羊消化功能的影响

养分表观消化率是衡量饲料的可消化性和动物消化能力的重要指标。有研究者发现黄芪多糖可以提高仔猪对营养物质的消化率,降低断奶仔猪料质比^[17]。隋美霞等^[18]在仔猪饲料中添加黄芪多糖,可以显著提高粗蛋白、粗脂肪的消化率。陶浩等^[19]研究指出,在肉仔鸡饲料中添加黄芪多糖可以显著提高胰腺脂肪酶活性和胰腺蛋白酶活性。杨新宇等^[20]研究发现,黄芪多糖对獭兔日粮干物质、粗蛋白表观消化率有提高的趋势。有研究者发现黄芪多糖也能够提高饲料中钙的表观消化率。从本研究结果看,黄芪多糖可显著提高湖羊羔羊饲料中干物质、粗蛋白质、粗脂肪的表观消化率和胰腺淀粉酶和脂肪酶活性,说明黄芪多糖对湖羊羔羊的营养物质的消化吸收有促进作用。

3.4 黄芪多糖对湖羊羔羊肠道菌群的影响

虽然瘤胃是反刍动物营养代谢中最重要的环节,但是湖羊羔羊的瘤胃尚未发育完全。因此,肠道微生物菌群在宿主健康和营养物质的消化吸收中起着关键作用。肠道细菌能够参与营养物质的消化吸收和肠道黏膜免疫反应^[21]。有研究结果表明湖羊羔羊的腹泻和直肠菌群有密切的关系^[22]。开展肠道微生物多样性研究,不仅可以比较全面地了解肠道微生物菌群,而且还能为湖羊的营养调控提供依据。有研究者发现,黄芪多糖可以降低蛋鸡盲肠中大肠杆菌的数量^[23],显著提高乳酸菌和双歧杆菌的数量^[24]。甄玉国等^[25]研究指出黄芪多糖可以提高断奶仔猪盲肠菌群丰度。从本试验结果看,在湖羊羔羊饲料中添加黄芪多糖,放线细菌门和拟杆菌门细菌数量显著提高,拟杆菌纲、甲烷杆菌纲和盐杆菌纲细菌数量显著提高,拟杆菌目和甲烷杆菌目细菌

数量显著提高,双歧杆菌科、甲烷杆菌科和普雷沃氏菌科细菌数量显著提高,毛螺菌科细菌显著降低,甲烷短杆菌属、雷沃菌属、*shuttleworthia*和*succinilasticum*细菌数量显著提高。研究结果证实,普雷沃氏菌科细菌是重要的淀粉降解菌,同时还具有分解蛋白质、纤维素等多种代谢产物的能力,同时产生短链脂肪酸^[26]。有研究结果表明,双歧杆菌定殖在动物肠道中能起到生物屏障和免疫增强作用^[27]。本试验结果充分说明黄芪多糖能够提高直肠中有益菌群的数量,从而改善湖羊羔羊直肠肠道微生态。

参考文献:

- [1] WU S, LI Y, CHEN S, et al. Effect of dietary Astragalus Polysaccharide supplements on testicular piRNA expression profiles of breeding cocks. [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2017, 103:957-964.
- [2] 李娟,邱时秀,杨雪,等. 黄芪多糖的研究进展[J]. 畜牧与饲料科学, 2017, 38(3): 40-41.
- [3] 李成. 黄芪多糖对肉鸡免疫功能的影响[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2016, 32(9): 55.
- [4] 王煜恒,徐孝宙,王会聪,等. 黄芪多糖对杂交鳢生长性能、免疫能力、抗氧化能力和抗病力的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30(4): 1447-1456.
- [5] 刘明生,蒋春茂,甘辉群,等. 黄芪多糖和微生态制剂对蛋鸡生产性能和免疫机能的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(14): 154-156.
- [6] TAN L, WEI T, YUAN A, et al. Dietary supplementation of astragalus polysaccharides enhanced immune components and growth factors EGF and IGF-I in sow colostrum [J]. Journal of Immunology Research, 2017(10): 1-6.
- [7] WANG X, LI Y, SHEN J, et al. Effect of Astragalus polysaccharide and its sulfated derivative on growth performance and immune condition of lipopolysaccharide-treated broilers [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2015, 76(1): 188-194.
- [8] 柳序,田科雄,彭灿阳,等. 黄芪多糖的免疫调节作用及其在动物生产中的应用[J]. 中国饲料, 2016, 22(1): 12-15.
- [9] YUAN S L, PIAO X S, LI D F, et al. Effects of dietary Astragalus polysaccharide on growth performance and immune function in weaned pigs [J]. Animal Science, 2006, 82(4): 501-507.
- [10] YIN F G, LIU Y L, YIN Y L, et al. Dietary supplementation with Astragalus polysaccharide enhances ileal digestibilities and serum concentrations of amino acids in early weaned piglets [J]. Amino Acids, 2009, 37(2): 263-270.
- [11] 蒙洪娇,姜海龙,朱世馨,等. 黄芪多糖对断奶仔猪生长性能、营养物质消化率和免疫功能的影响[J]. 养猪, 2016(6): 41-43.
- [12] 夏国良. 动物生理学[M]. 北京:高等教育出版社, 2013.
- [13] ZHONG R Z, YU M, LIU H W, et al. Effects of dietary Astraga-

- lus, polysaccharide and Astragalus membranaceus, root supplementation on growth performance, rumen fermentation, immune responses, and antioxidant status of lambs[J]. *Animal Feed Science & Technology*, 2012, 174(1/2):60-67.
- [14] 王志龙,武洪志,王芳芳,等. 大豆异黄酮和黄芪多糖对哺乳母猪生产性能、血清生化 and 免疫指标以及乳成分的影响[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(12):3970-3976.
- [15] 彭宏刚,郑伟,潘晓亮. 黄芪多糖应用于断奶仔猪的试验[J]. *江西畜牧兽医杂志*, 2015(5):8-9.
- [16] 陈强,姜莉莉,肖银霞,等. 黄芪多糖对肉鸡生产性能及血清免疫球蛋白的影响[J]. *饲料研究*, 2013(3):50-52.
- [17] 李同洲,侯伟革,臧素敏,等. 黄芪多糖对断奶仔猪生产性能的影响[J]. *中国饲料*, 2007(12):36-38.
- [18] 隋美霞,李慧莲,王宗伟. 黄芪多糖对产房仔猪生产性能的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2017,(22):178-180.
- [19] 陶浩,魏炳栋,陈群. 黄芪多糖对肉仔鸡生长性能和脏器指数及胰腺消化酶活性的影响[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2011,37(4):425-428.
- [20] 杨新宇,崔嘉,崔珊,等. 黄芪多糖对獭兔生产性能及饲料养分消化率的影响[J]. *中国养兔*, 2017(4):4-6.
- [21] KISHIDA S, KATO-MORI Y, HAGIWARA K. Influence of changes in the intestinal microflora on the immune function in mice[J]. *Journal of Veterinary Medical Science*, 2018,80(3):440-446.
- [22] 罗海霞. 腹泻羔羊与健康羔羊肠道微生物群落分析[J]. *动物医学进展*, 2017, 38(12):86-90.
- [23] 高杨,王洪芳,陈辉,等. 饲料添加黄芪多糖对蛋鸡免疫功能及肠道菌群的影响[J]. *动物营养学报*, 2011, 23(3):447-451.
- [24] 孙波,陈静,吴娟,等. 黄芪多糖对免疫抑制肉鸡生长性能、肠道菌群及免疫功能的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2014, 41(8):101-106.
- [25] 甄玉国,陈雪,王晓磊,等. 黄芪多糖(APS)对断奶仔猪生长性能、血液生理生化指标及菌群多样性的影响[J]. *中国兽医学报*, 2016, 36(11):1954-1958.
- [26] LI F, GUAN L L. Metatranscriptomic profiling reveals linkages between the active rumen microbiome and feed efficiency in beef cattle[J]. *Applied & Environmental Microbiology*, 2017, 83(9):1-17.
- [27] SANZ Y, NADAL I, SNCHEZ E. Probiotics as drugs against human gastrointestinal infections[J]. *Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery*, 2007, 2(2):148-156.

(责任编辑:陈海霞)