

付建, 陈志远, 陈勇, 等. 放牧补饲对草地藏系绵羊的生长性能、瘤胃发酵参数及血清生化、免疫和抗氧化指标的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2024, 56 (6): 42-48.

FU J, CHEN Z Y, CHEN Y, et al. Effects of grazing supplementation on growth performance, rumen fermentation parameters and serum biochemical, immunological and antioxidant indices in grassland Tibetan sheep [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2024, 56 (6): 42-48.

放牧补饲对草地藏系绵羊的生长性能、瘤胃发酵参数及血清生化、免疫和抗氧化指标的影响

付建¹, 陈志远¹, 陈勇², 吴毅鹏³, 董彦强¹, 罗巧慧¹, 易宗容⁴,
邓培华¹, 王娟¹, 张永安¹, 杨发龙^{5*}

(1. 阿坝职业学院, 四川 茂县 623200; 2. 阿坝州畜牧科学技术研究所, 四川 汶川 623099;

3. 若尔盖县科学技术和农业畜牧局, 四川 若尔盖 624599; 4. 宜宾职业技术学院, 四川 宜宾 644003;

5. 西南民族大学青藏高原动物遗传资源保护与利用教育部重点实验室, 四川 成都 610041)

摘要: 为研究放牧补饲对草地藏系绵羊生长性能、瘤胃发酵参数及血清生化、免疫和抗氧化指标的影响, 试验选取 7 月龄体重 (23.74±2.16) kg、体尺相近、健康的藏系绵羊 60 只, 随机分为 2 组, 每组 3 个重复, 每个重复 10 只。其中自然放牧组全天草场放牧, 不补饲; 放牧+补饲组全天草场放牧, 归牧后补饲精料补充料, 试验期间 2 组实行同等条件下放牧管理, 9:00 出牧, 17:30 归牧, 试验期为 70 d (预试期 10 d, 正试期 60 d)。结果表明: 放牧+补饲组的体高极显著高于自然放牧组 ($P<0.01$), 放牧+补饲组的体重、平均日增重和体长显著高于自然放牧组 ($P<0.05$)。放牧+补饲组的瘤胃 pH 值和乙酸/丙酸值极显著低于自然放牧组 ($P<0.01$), 放牧+补饲组的总挥发性脂肪酸、乙酸、丁酸、异丁酸和异戊酸极显著高于自然放牧组 ($P<0.01$), 放牧+补饲组的氨态氮、丙酸、戊酸显著高于自然放牧组 ($P<0.05$)。放牧+补饲组血清中葡萄糖的含量极显著高于自然放牧组 ($P<0.01$), 放牧+补饲组血清中免疫球蛋白 G 的含量显著高于自然放牧组 ($P<0.05$)。放牧+补饲组血清中谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶的含量极显著高于自然放牧组 ($P<0.01$), 放牧+补饲组血清中总抗氧化能力的含量显著高于自然放牧组 ($P<0.05$)。而自然放牧组血清中丙二醛的含量显著高于放牧+补饲组 ($P<0.05$)。综上, 补饲精料补充料可提高放牧条件下草地藏系绵羊的生长性能、瘤胃发酵水平、血清抗氧化能力和免疫功能, 能改善血清生化指标。

关键词: 放牧; 补饲; 藏系绵羊; 生长性能; 血清生化; 免疫; 抗氧化

中图分类号: S826 文献标志码: A 文章编号: 0529-5130(2024)06-0042-07

Effects of grazing supplementation on growth performance, rumen fermentation parameters and serum biochemical, immunological and antioxidant indices in grassland Tibetan sheep

FU Jian¹, CHEN Zhiyuan¹, CHEN Yong², WU Yipeng³, DONG Yanqiang¹, LUO Qiaohui¹, YI Zongrong⁴,
DENG Peihua¹, WANG Juan¹, ZHANG Yongan¹, YANG Falong^{5*}

(1. Aba Vocational College, Mao County 623200, China;

2. Aba Prefecture Institute of Animal Husbandry Science and Technology, Wenchuan 623099, China;

3. Ruoergai County Bureau of Science, Technology, Agriculture and Animal Husbandry, Ruoergai 624599, China;

4. Yibin Vocational College, Yibin 644003, China;

5. Key Laboratory of the Ministry of Education for the Protection and Utilization of Animal Genetic Resources in the Qingzang Plateau, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, China)

Abstract: The aim of this experiment was to determine the effects of grazing supplementation on the growth performance, rumen fermentation parameters and serum biochemical, immunological and antioxidant indices in grassland Tibetan sheep. Sixty healthy Tibetan sheep

收稿日期: 2023-07-25; 修回日期: 2024-03-27

基金项目: 四川省科技厅科技计划项目 (2021YJ0288)

第一作者: 付建, 男, 硕士, 副教授, 主要从事畜禽生态养殖研究

* 通信作者: 杨发龙, 博士, 教授, 主要从事牛羊健康养殖技术研究, E-mail: yfalong@hotmail.com.

weighing (23.74±2.16) kg at 7 months of age, with similar body size, were selected and randomly divided into two groups, with three replicates in each group and 10 sheep in each replicate. Among them, the natural grazing group grazed on the pasture all day without supplemental feeding; the grazing+supplemental feeding group grazed on the pasture all day without supplemental feeding, but supplemented with concentrate after returning from the pasture. During the test, the two groups received the grazing management under the same conditions, grazing beginning at 9:00 and returning from the pasture at 17:30; and the test period was 70 d (pre-test period of 10 d, and the main test period of 60 d). The results showed as follows: The body height of the grazing+supplementary feeding group was significantly higher than that of the natural grazing group ($P<0.01$); and the body weight, ADG and body length of the grazing+supplementary feeding group were significantly higher than those of the natural grazing group ($P<0.05$). The pH value and acetic acid/propionic acid value of the natural grazing group were significantly higher than those of the grazing+supplementary feeding group ($P<0.01$); the total volatile fatty acids, acetic acid, butyric acid, isobutyric acid and isovaleric acid of the grazing+supplementary feeding group were significantly higher than those of the grazing+supplementary feeding group ($P<0.01$); and ammoniacal nitrogen, propionic acid, and valeric acid were significantly higher ($P<0.05$) in the grazing+supplementary feeding group than those in the natural grazing group. The content of GLU in the serum of the grazing+supplementary feeding group was highly significant ($P<0.01$) higher than that of the natural grazing group, and the content of IgG in the serum of the grazing+supplementary feeding group was significantly higher ($P<0.05$) than that of the natural grazing group. The content of GSH-Px and SOD in serum of the grazing+supplemental feeding group was extremely significantly higher than those in the natural grazing group ($P<0.01$), and the content of T-AOC in serum of the grazing + supplemental feeding group was significantly higher than that in the natural grazing group ($P<0.05$). The serum content of MDA was significantly higher ($P<0.05$) in the natural grazing group than in the grazing+supplemental feeding group. Taken together, supplemental feeding of concentrate contributed to the growth performance, rumen fermentation level, serum antioxidant capacity and immune function of grassland Tibetan sheep under grazing conditions, and improve their serum biochemical indexes.

Keywords: grazing; supplementary feeding; Tibetan sheep; growth performance; serum biochemistry; immunization; antioxidant

草地藏系绵羊是川西北高寒牧区的主要草食家畜,若尔盖县是草地藏系绵羊养殖较为集中区域,其整个生长发育都是在天然草场进行的,特别是在暖季食入营养几乎完全来自于天然牧草,这较大降低牧民的饲养成本^[1]。然而牧民的过度放牧导致草原的退化严重,已影响草原生态系统可持续性发展^[2-3]。针对当年出生的羔羊补饲精料补充料,既可以减轻草场压力,还可以实现当年育肥出栏。目前国内对草地藏系绵羊的研究主要集中在粗精比、补饲量和杂交群体等的生长性能、屠宰性能和肉质分析等宏观分析,而在放牧补饲条件下对草地藏系绵羊瘤胃发酵及血清指标的研究较少。马英等^[4]研究表明体重在 37 kg 时,藏系绵羊屠宰性能最高;王杰琼等^[5]研究表明饲喂精粗比 60:40 日粮的太行黑山羊生长性较好;纪博心^[6]研究表明舍饲更有利于改善育肥公羊生长性能;张志军等^[7]研究冷季补饲对放牧后备母羊生产性能和血液生化指标的影响,表明放牧后备母羊补饲精料可降低体损耗,改善能量、蛋白和脂肪代谢水平;曹家铭^[8]研究补饲精料对放牧条件下育成牛生长性能、血液指标及瘤胃发酵的影响,表明补饲精料提高了育成牛瘤胃发酵水平、体重、日增重和代谢水平,为后续育肥提供更优质的生长性能;王彩莲等^[9]研究冷季归牧补饲精料对高海拔地区藏系绵羊血清生化指标的影响,表明冷季归牧补饲适当精料可以增加藏系绵羊的能量和脂肪代谢,提高机体抗氧化力和免疫力。因此,本试验以草地藏系绵羊为研究对象,探讨归牧后补饲对草地藏系绵羊的生长性能、瘤

胃发酵参数及血清生化、免疫和抗氧化指标的影响,以期为川西北高寒牧区草地藏系绵羊当年育肥出栏提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及地点

本研究于 2021 年 6 月在若尔盖县达扎镇展开(北纬 33°34'47",东经 102°57'21"),该地区海拔 3 200~3 600 m,年平均气温 1.1℃,年降水量 500~800 mm,为高寒草甸草地类型,牧草主要品种为禾本科、豆科和莎科等,放牧草场混合牧草的营养水平见表 1。试验选用 7 月龄体重 (23.74±2.16) kg,体尺相近,健康的草地藏系绵羊 60 只。

表 1 混合牧草的营养成分(干物质基础)

项目	含量/%
干物质	92.05
粗蛋白	13.41
粗脂肪	4.53
粗灰分	4.86
中性洗涤纤维	56.27
酸性洗涤纤维	28.40
钙	0.61
磷	0.49

1.2 试验设计及饲养管理

采用单因子随机试验设计,将所选藏系绵羊随机

分为2组, 每组3个重复, 每个重复10只。其中自然放牧组(黄色耳标)全天草场放牧, 不补饲; 放牧+补饲组(蓝色耳标)全天草场放牧, 归牧后补饲精料补充料, 具体见表2。试验期间2组白天同群放牧管理, 野外水槽自由饮水, 9:00出牧, 17:30归牧, 归牧后通过不同颜色耳标分群, 单独饲养, 其中放牧+补饲组通过野外饲槽进行群补饲, 每头羊平均200 g/d。试验从2021年6月20日起至9月1日结束, 试验期70 d(预试期10 d, 正试期60 d)。

表2 精料补充料的组成及营养水平(风干基础)

组成	含量/%	营养水平 ²⁾	含量
玉米	63.00	消化能/(MJ·kg ⁻¹)	13.89
麸皮	15.00	粗蛋白质/%	15.75
豆粕	13.50	中性洗涤纤维/%	25.60
菜籽饼	5.00	酸性洗涤纤维/%	18.30
石粉	1.00	粗纤维/%	8.27
食盐	1.50	粗灰分/%	7.50
预混料 ¹⁾	1.00	钙/%	0.48
		磷/%	0.38

注:¹⁾预混料为每千克日粮提供: VA 16 667 IU, VD 60 000 IU, VE 600 000 IU, FeSO₄·H₂O 50 mg, CuSO₄·5H₂O 9.5 mg, MnSO₄·H₂O 36 mg, ZnSO₄·H₂O 50 mg, KI 10 mg, Na₂SeO₃ 10 mg, 载体 813 mg。²⁾营养水平中消化能为计算值, 其余为实测值。

1.3 生长性能的测定

正试期第1天和第60天出牧前对2组试验用羊进行空腹称重, 读取电子秤数据; 计算出试验期间的平均日增重, 同时测量体高、体长、胸围和管围。

1.4 瘤胃发酵参数的测定

在正试期最后1 d晨饲前, 用胃管式瘤胃液采样器采集瘤胃液, 用三角瓶收集并用4层无菌纱布过滤, 用便携式pH计测定瘤胃液pH值。剩余瘤胃液分装好后液氮保存, 运送到实验室特检, 其中氨态氮含量参照冯宗慈等^[10]的紫外可见分光光度计通过比色法测定, 挥发性脂肪酸含量参照郭盼盼等^[11]的气相色谱仪测定。

1.5 血清生化、免疫和抗氧化指标的测定

在正试期最后1 d晨饲前, 每个重复选取5只体重相近的试验用羊, 用真空非抗凝采血管进行颈静脉采血5 mL, 静置30 min, 3 500 r/min, 离心15 min, 取血清于1.5 mL EP管中-20℃保存, 用于检测血清生化、免疫和抗氧化指标。

血清生化指标: 葡萄糖、尿素氮、白蛋白、总蛋白、球蛋白、甘油三酯和胆固醇; 血清免疫指标: 免

疫球蛋白G、免疫球蛋白A、免疫球蛋白M、白介素-2和白介素-4用ELISA试剂盒检测; 血清抗氧化指标: 谷胱甘肽过氧化物酶、丙二醛、超氧化物歧化酶和总抗氧化能力。

血清生化和抗氧化指标的采用全自动生化仪(BX3010, 希森美康医用电子有限公司)检测, 所用的试剂盒购于南京建成生物工程研究所。

1.6 数据统计与分析

运用Excel 2016和SPSS 22.0进行单因素方差分析(One-way ANOVA), 用Tukey's-b程序进行多重比较, 试验结果以“平均值±标准差”表示, $P < 0.01$ 代表差异极显著, $P < 0.05$ 代表差异显著, $P > 0.05$ 代表差异不显著。

2 结果

2.1 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊的生长性能的影响

由表3可知, 第60天放牧+补饲组的体高极显著高于自然放牧组($P < 0.01$), 放牧+补饲组的体重、平均日增重和体长显著高于自然放牧组($P < 0.05$), 但在2组间的胸围和管围无显著差异($P > 0.05$)。

表3 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊的生长性能的影响

项目	时间/d	自然放牧组	放牧+补饲组	P值
体重/kg	1	24.35±4.41	22.84±4.36	0.521
	60	31.06±2.65	39.68±3.54	0.024
平均日增重/kg	0~60	0.11±0.72	0.28±0.88	0.045
体高/cm	1	65.02±1.03	65.83±2.35	0.365
	60	68.73±7.03	75.04±6.86	0.001
体长/cm	1	66.25±3.27	67.48±2.39	0.467
	60	71.09±8.03	75.52±8.67	0.023
胸围/cm	1	80.21±0.13	79.46±0.26	0.826
	60	82.16±0.24	84.43±0.37	0.645
管围/cm	1	7.52±1.03	7.64±1.12	0.589
	60	7.83±0.68	8.01±0.59	0.442

2.2 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊瘤胃发酵参数的影响

由表4可知, 自然放牧组的pH值、乙酸和乙酸/丙酸值极显著高于放牧+补饲组($P < 0.01$), 放牧+补饲组的总挥发性脂肪酸、丁酸、异丁酸和异戊酸极显著高于自然放牧组($P < 0.01$), 放牧+补饲组的氨态氮、丙酸、戊酸显著高于自然放牧组($P < 0.05$)。

表4 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊瘤胃发酵参数的影响

项目	自然放牧组	放牧+补饲组	P 值
pH 值	6.86±0.08	6.24±0.06	<0.001
氨态氮/ (mg · dL ⁻¹)	6.36±0.25	10.54±0.37	0.041
总挥发性脂肪酸/ (mmol · L ⁻¹)	53.48±2.48	66.27±3.54	<0.001
乙酸/ (mmol · L ⁻¹)	44.32±1.26	37.64±2.69	0.007
丙酸/ (mmol · L ⁻¹)	13.86±0.33	15.26±1.07	0.021
丁酸/ (mmol · L ⁻¹)	5.47±0.37	8.31±0.34	<0.001
异丁酸/ (mmol · L ⁻¹)	0.43±0.01	0.62±0.03	<0.001
戊酸/ (mmol · L ⁻¹)	0.81±0.02	1.26±0.03	0.026
异戊酸/ (mmol · L ⁻¹)	1.24±0.13	2.18±0.14	0.004
乙酸/丙酸	3.20±0.21	2.40±0.18	0.003

2.3 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊血清生化指标的影响

由表5可知,放牧+补饲组血清中葡萄糖的含量极显著高于自然放牧组 ($P<0.01$)。2组间血清的尿素氮、白蛋白、总蛋白、球蛋白、甘油三酯和胆固醇的含量无显著差异 ($P>0.05$),自然放牧组血清中的尿素氮和胆固醇的含量高于放牧+补饲组 ($P>0.05$),自然放牧组血清中的白蛋白、总蛋白、球蛋

白和甘油三酯的含量低于放牧+补饲组 ($P>0.05$)。

2.4 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊血清免疫指标的影响

由表6可知,放牧+补饲组血清中免疫球蛋白G的含量显著高于自然放牧组 ($P<0.05$)。2组间血清中免疫球蛋白A、免疫球蛋白M、白细胞介素-2和白细胞介素-4的含量无显著差异 ($P>0.05$)。

表5 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊血清生化指标的影响

项目	自然放牧组	放牧+补饲组	P 值
葡萄糖/ (mmol · L ⁻¹)	4.17±0.12	4.62±0.10	0.006
尿素氮/ (mmol · L ⁻¹)	6.82±0.45	5.79±0.57	0.634
白蛋白/ (g · L ⁻¹)	35.50±3.30	36.24±3.21	0.087
总蛋白/ (g · L ⁻¹)	42.53±1.15	43.47±2.08	0.582
球蛋白/ (g · L ⁻¹)	36.68±3.76	37.25±2.48	0.071
甘油三酯/ (mmol · L ⁻¹)	0.16±0.02	0.17±0.01	0.084
胆固醇/ (mmol · L ⁻¹)	2.37±1.25	2.32±0.83	0.072

表6 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊血清免疫指标的影响

项目	自然放牧组	放牧+补饲组	P 值
免疫球蛋白G/ (μg · mL ⁻¹)	346.86±2.57	423.62±1.06	0.032
免疫球蛋白A/ (μg · mL ⁻¹)	234.76±0.14	253.51±3.19	0.134
免疫球蛋白M/ (μg · mL ⁻¹)	114.58±3.72	125.43±2.38	0.068
白细胞介素-2/ (pg · mL ⁻¹)	166.42±4.21	168.37±2.94	0.911
白细胞介素-4/ (pg · mL ⁻¹)	41.28±8.74	42.91±4.32	0.360

2.5 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊血清抗氧化指标的影响

由表7可知,放牧+补饲组血清中谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶的含量极显著高于自然放牧

组 ($P<0.01$),放牧+补饲组血清中总抗氧化能力的含量显著高于自然放牧组 ($P<0.05$)。而自然放牧组血清中丙二醛的含量显著高于放牧+补饲组 ($P<0.05$)。

表7 自然放牧与放牧补饲对草地藏系绵羊血清抗氧化指标的影响

项目	自然放牧组	放牧+补饲组	P 值
谷胱甘肽过氧化物酶/ (U · mL ⁻¹)	126.65±6.35	154.27±5.97	0.001
丙二醛/ (nmol · L ⁻¹)	8.54±1.37	6.63±0.41	0.034
超氧化物歧化酶/ (U · mL ⁻¹)	78.90±3.35	93.71±2.84	0.001
总抗氧化能力/ (U · mL ⁻¹)	15.34±3.85	19.48±2.52	0.026

3 讨论

3.1 放牧补饲对草地藏系绵羊的生长性能的影响

体重和体尺指标是衡量羊生长发育的重要指标,与生长性能密切相关^[12],体尺的生长发育就是骨骼的生长发育^[13]。研究表明,高原暖季自然放牧的牧草营养水平不能达到藏系绵羊当年育肥出栏的生长发育需要,所以补饲精料可以弥补采食天然牧草营养的不足^[14-15]。Lemaire 等^[16]研究表明,补饲精料在一定程度上可以满足反刍动物对矿物质的需要,从而提高对牧草的消化率。本试验中补饲初期2组间体重和体尺指标差异不显著,而补饲后期,放牧+补饲组的体高极显著高于自然放牧组,放牧+补饲组的体重、平均日增重和体长显著高于自由放牧组。这与戴东文等^[17]、郝力壮^[18]和孙光明等^[19]研究结果一致,一方面可能是暖季自然放牧的藏系绵羊仅采食天然牧草不能满足生长发育需要,适当的补饲非结构性碳水化合物能提高饲草饲料的转化率和生产性能;另一方面可能是暖季放牧藏系绵羊有补偿性生长特点^[16],从而提高藏系绵羊的生长性能。因此,暖季藏系绵羊在当年育肥出栏的目标下,在自然放牧的基础上适当补饲精料有利于促进藏系绵羊的生长发育和提高生长性能。本试验是在天然草场上进行的,而藏系绵羊的牧草采食量未确定,所以暖季藏系绵羊在自然放牧的基础上最适的补饲量及补饲配方有待进一步研究。

3.2 放牧补饲对草地藏系绵羊的瘤胃发酵参数的影响

瘤胃 pH 值是反映瘤胃内环境和衡量瘤胃发酵状况的主要指标^[20-21],会影响瘤胃微生物的组成、结构和功能,主要受饲料中碳水化合物、采食水平、有机酸和唾液的分泌等因素影响^[22]。王书祥等^[23]和沈芳等^[24]研究发现,随着饲料的精料水平增加瘤胃 pH 值有所降低,这与本试验结果一致,即自然放牧组的瘤胃 pH 值极显著高于放牧+补饲组,可能是放牧+补饲组摄入非结构性的碳水化合物,在瘤胃中大量发酵产生总挥发性脂肪酸等酸性物质,而使 pH 值下降所致。氨态氮来源于饲料中蛋白质的分解产物,能为瘤胃微生物生长繁殖提供氮源^[25]。Zhou 等^[26]研究显示,氨态氮的浓度随饲料蛋白水平或采食量的增加而

升高,这与本试验结果一致,其可能是精料补充料中的非蛋白含氮物和可溶性蛋白质等的含量较高,导致降解速度较慢,从而有利于氨态氮的合成。总挥发性脂肪酸来源于瘤胃微生物降解饲料中蛋白质和碳水化合物的代谢产物,是反刍动物主要的能量来源^[27]。总挥发性脂肪酸主要是由乙酸、丙酸和丁酸等构成^[28],动物机体可利用乙酸合成脂肪^[29],利用丙酸在糖异生作用下合成血糖^[8]。李文^[30]研究发现,总挥发性脂肪酸的浓度增加有利于瘤胃上皮细胞对总挥发性脂肪酸的吸收,丁酸能促进幼龄反刍动物瘤胃的发育^[31],能为动物机体提供能量需要。本试验中放牧+补饲组的总挥发性脂肪酸、丁酸、异丁酸和异戊酸极显著高于自然放牧组,放牧+补饲组的丙酸、戊酸显著高于自然放牧组,自然放牧组的乙酸和乙酸/丙酸值极显著高于放牧+补饲组,这与曹家铭^[8]研究结果基本一致。杨靖等^[32]研究表明,在高精料的饲喂条件下,奶牛瘤胃液的丁酸、丙酸和总挥发性脂肪酸的浓度增加,乙酸浓度降低。这与本试验结果不一致,可能是饲料中精料水平过高,对瘤胃内环境或者微生物的生长定植造成不利影响,从而导致微生物发酵不正常,所以适当的补饲精料补充料有利于藏系绵羊的当年育肥出栏。

3.3 放牧补饲对草地藏系绵羊的血清生化、免疫和抗氧化指标的影响

血清的生化指标能客观反映动物机体的健康状况、营养水平及代谢情况^[33]。葡萄糖能反映动物机体能量代谢水平,是机体重要的供能物质;血清中的大部分的葡萄糖来源于肝脏的糖异生作用^[34]。本试验中放牧+补饲组血清中葡萄糖的含量极显著高于自然放牧组,这与曹家铭^[8]研究结果基本一致。一方面可能是补饲精料补充料增加了养分来源,丰富了瘤胃菌群的多样性,促进瘤胃微生物蛋白质合成,提高了瘤胃降解水平和饲料的转化率,同时促进挥发性脂肪酸的合成,增加了糖异生底物的来源(丙酸),促进机体的糖代谢;另一方面可能是高原缺氧的情况下机体的基础代谢增强,糖被优先利用,所以血清中葡萄糖的含量较高^[10]。尿素氮是动物机体蛋白质和氨基酸代谢等含氮化合物的代谢产物,其含量与氮沉积和蛋白质利用率成负相关。本试验中2组间血清的尿

素氮的含量无显著差异,但自然放牧组血清中的尿素氮的含量要高于放牧+补饲组,这与王思宇等^[35]的研究结果一致。分析原因,可能是补饲精料补充料提高了瘤胃的能氮平衡性,促进瘤胃微生物的蛋白质合成,导致血清中的尿素氮的含量降低。血清中的总蛋白(由白蛋白和球蛋白组成)能反映饲料中蛋白质水平和机体对蛋白质的消化吸收状况^[36],白蛋白具有维持渗透压、物质运输和去自由基等作用,球蛋白具有抵抗病理损伤、调控炎症反应和参与机体免疫等作用^[37]。本试验中2组间血清的总蛋白、白蛋白和球蛋白的含量无显著差异,但放牧+补饲组有高于自然放牧组的趋势,这与徐萍等^[38]研究结果一致,可能与放牧+补饲组补饲精料中含粗蛋白量有关,而与戴东文等^[17]的研究结果不一致,可能与补饲量和年龄差异有关。甘油三酯和胆固醇能反映机体对脂类的代谢和利用情况^[39]。本试验中2组间血清的甘油三酯和胆固醇的含量无显著差异,与张振宇等^[40]的研究结果一致,说明补饲对藏系绵羊的脂质代谢影响不大。

免疫球蛋白是动物机体参与免疫反应的重要物质,血清的含量可以反映机体的抗病能力。免疫球蛋白G是血清中主要的免疫球蛋白,在抗感染过程中起重要作用,免疫球蛋白A在抗病毒和中和毒素方面具有重要意义,免疫球蛋白M在早期临床诊断和各阶段免疫应答的重要依据。本试验中放牧+补饲组血清中免疫球蛋白G的含量显著高于自然放牧组,这与鲍玉林等^[41]研究结果一致,说明补饲精料有利于提高藏系绵羊的抗感染功能。本试验中2组血清免疫球蛋白A和免疫球蛋白M的含量无显著差异,但放牧+补饲组的含量有增加趋势,说明补饲精料有利于增强藏系绵羊的免疫功能。白介素-2具有生物活性的免疫调节细胞因子,能促进淋巴细胞的分化和增殖,促进免疫细胞的杀伤活性和介导炎症反应等多种免疫调节作用^[42];白介素-4能辅助B细胞产生抗体,增强机体的免疫应答,对抗机体的炎症反应,减少组织损伤。本试验中放牧+补饲组血清中白介素-2和白介素-4的含量有所升高,但差异不显著。这与徐萍等^[38]和曹家铭^[8]研究结果一致,说明补饲精料有助于提高藏系绵羊的免疫功能和增强机体的抗炎能力。

动物在生产过程中常受到各种应激而产生氧自由基,如得不到及时清除,会破坏细胞的结构和干扰DNA功能,使生物膜发生脂质过氧化,最后导致机体抗病能力下降。谷胱甘肽过氧化物酶、丙二醛、超氧化物歧化酶和总抗氧化能力都为动物体内抗氧化相关物质^[43]。谷胱甘肽过氧化物酶能够清除体内自

由基和抑制脂质过氧化;丙二醛是脂质过氧化的代谢产物,能损伤细胞的结构和功能;超氧化物歧化酶是能防止大分子物质损伤和消除自由基的一种抗氧化酶;总抗氧化能力其功能与机体防御体系的抗氧化能力相关。本试验中放牧+补饲组血清中谷胱甘肽过氧化物酶和超氧化物歧化酶的含量极显著高于自然放牧组,放牧+补饲组血清中总抗氧化能力的含量显著高于自然放牧组,而自然放牧组血清中丙二醛的含量显著高于放牧+补饲组。这与陈浩等^[9]研究结果一致,说明补饲精料有助于提高藏系绵羊的抗氧化能力。

4 结论

在暖季对草地藏系绵羊在放牧的基础上补饲精料可提高平均日增重和出栏体重,能促进挥发性脂肪酸的合成,能增加血清中葡萄糖、免疫球蛋白G、谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶和总抗氧化能力的含量,提高机体的抗氧化力和免疫力,有利于草地藏系绵羊的当年育肥出栏。

参考文献:

- [1] FERREIRA P M A, ANDRADE B O, PODGAISKI L R, et al. Long-term ecological research in southern Brazil grasslands: effects of grazing exclusion and deferred grazing on plant and arthropod communities [J]. *PLoS One*, 2020, 15 (1): e0227706.
- [2] OTSAMO A, ADJERS G, HADI T S, et al. Evaluation of reforestation potential of 83 tree species planted on *imperata cylindrica* dominated grassland: a case study from South Kalimantan, Indonesia [J]. *New Forests*, 1997, 14: 127-143.
- [3] 郑淑华, 黄国安, 王焯, 等. 东乌珠穆沁草原退化原因简析 [J]. *内蒙古草原*, 2012, 24 (1): 1-4.
- [4] 马英, 韩丽娟, 张雪, 等. 不同屠宰体重下青海藏羊肉品质的分析 [J]. *饲料研究*, 2022, 45 (6): 67-72.
- [5] 王杰琼, 李继锋, 云君琰, 等. 不同精粗比日粮对太行黑山羊生长性能、屠宰性能及肉品质的影响 [J]. *饲料研究*, 2022 (1): 11-14.
- [6] 纪博心. 不同饲养模式对育肥公羊生长性能、屠宰性能及经济效益的影响 [J]. *饲料研究*, 2021, 44 (12): 15-17.
- [7] 张志军, 郭同军, 阿不夏合曼·穆巴拉克, 等. 冷季补饲对放牧后备母羊生产性能和血液生化指标的影响 [J]. *草业科学*, 2022, 39 (5): 1024-1031.
- [8] 曹家铭. 补饲精料对放牧条件下育成牛生长性能、血液指标及瘤胃发酵的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2018.
- [9] 王彩莲, 吴建平, 刘立山, 等. 冷季归牧补饲精料对高海拔地区藏系绵羊血清生化指标的影响 [J]. *中国畜牧兽医*, 2020, 47 (12): 3933-3943.
- [10] 冯家慈, 高民. 通过比色测定瘤胃液氨氮含量方法的改进 [J]. *畜牧与饲料科学*, 2010, 31 (6/7): 37.
- [11] 郭盼盼, 严昌国, 高青山, 等. 日粮精粗比对延边黄牛瘤胃发酵特性及微生物区系的影响 [J]. *饲料研究*, 2015 (21): 36-41.

- [12] 李文, 刘小林, 文利侠, 等. 中国荷斯坦后备奶牛生长发育规律的研究 [J]. 畜牧兽医杂志, 2007, 26 (5): 19-21.
- [13] 张艳丽, 郭佳禾, 姚晓磊, 等. 湖羊繁殖性状的调控机制研究进展 [J]. 南京农业大学学报, 2022, 45 (5): 1032-1040.
- [14] 张玲, 刘艳丰, 路立里, 等. 补饲对放牧新疆褐牛生产性能和血清指标的影响 [J]. 中国牛业科学, 2016, 42 (6): 14-16.
- [15] YANG G, HOU F, SUN Y, et al. Oats hay supplementation to yak grazing alpine meadow improves carbon return to the soil of grassland ecosystem on the Qinghai-Tibet Plateau, China [J]. Glob Ecol Conserv, 2020, 23: e01158.
- [16] LEMAIRE G, HODGSON J, CHABBI A. Grassland productivity and ecosystem services [M]. Walling for UK and Cambridge MA: CABI, 2011: 37-45.
- [17] 戴东文, 王书祥, 王迅, 等. 精料补饲水平对暖季放牧牦牛生长性能、血清生化指标及养殖收益的影响 [J]. 草业科学, 2020, 37 (11): 2359-2365.
- [18] 郝力壮. 牦牛暖季补饲对改善肉品质的作用及机理研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2019.
- [19] 孙光明, 洛桑顿珠, 巴桑旺堆, 等. 饲粮能量水平对舍饲育肥牦牛生长性能、体尺增长及血清生化及内分泌激素指标的影响 [J]. 动物营养学报, 2021, 33 (8): 4511-4519.
- [20] 张盛明, 于兴华, 刘雨龙, 等. 植物乳杆菌与反刍动物专用复合酶混合处理对玉米秸秆瘤胃降解的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2021, 44 (5): 951-957.
- [21] 李宏, 宁淑珍, 高良霜, 等. 饲养水平对阿勒泰羊胃肠道发育、瘤胃发酵参数及瘤胃微生物区系的影响 [J]. 草业学报, 2021, 30 (4): 180-190.
- [22] 曹玉荣. 瘤胃可降解淀粉和人工唾液缓冲对 RUSITEC 发酵参数、微生物区系及功能的影响 [D]. 兰州: 兰州大学, 2022.
- [23] 王书祥, 戴东文, 杨英魁, 等. 补饲精料对冷季放牧牦牛生长性能、瘤胃发酵及菌群结构的影响 [J]. 动物营养学报, 2021, 33 (11): 6266-6273.
- [24] 沈芳, 杨英魁, 王迅, 等. 不同饲养方式对牦牛犍牛生长性能、瘤胃发酵及菌群结构的影响 [J]. 动物营养学报, 2022, 34 (9): 5931-5941.
- [25] NA R, DONG H, ZHU Z, et al. Effects of forage type and dietary concentrate to forage ratio on methane emissions and rumen fermentation characteristics of dairy cows in China [J]. Trans ASABE, 2013, 56 (3): 1115-1122.
- [26] ZHOU J W, LIU H, ZHONG C L, et al. Apparent digestibility, rumen fermentation, digestive enzymes and urinary purine derivatives in yaks and Qaidam cattle offered forage-concentrate diets differing in nitrogen concentration [J]. Livest Sci, 2018, 208: 14-21.
- [27] 王晓飞, 乌日勒格, 田丰, 等. 膨化秸秆微生物发酵饲料对杜寒杂交肉羊瘤胃发酵的影响 [J]. 畜牧与饲料科学, 2021, 42 (2): 32-36.
- [28] 邹诗雨, 陈思葵, 唐启源, 等. 青贮剂对再生稻头季全株青贮品质和体外瘤胃发酵特性的影响 [J]. 草业学报, 2021, 30 (7): 122-132.
- [29] 刘绘汇. 饲粮中添加甘露寡糖对湖羊生长和屠宰性能、胃肠道组织形态及微生物区系的影响 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2021.
- [30] 李文. 瘤胃液 pH 值、渗透压、挥发性脂肪酸 (VFAs) 浓度对绵羊瘤胃上皮 VFAs 吸收影响的研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
- [31] MALMUTHUGE N, LIANG G X, GUAN L L. Regulation of rumen development in neonatal ruminants through microbial metagenomes and host transcriptomes [J]. Genome Biology, 2019, 20: 172.
- [32] 杨靖, 崔巧荣, 张力莉, 等. 日粮精粗比对奶牛瘤胃挥发酸模式及血液糖脂代谢相关指标的影响 [J]. 中国饲料, 2019 (5): 33-35.
- [33] PICCIONE G, CASELLA S, LUTRI L, et al. Reference values for some haematological, haematochemical, and electrophoretic parameters in the Girgentana goat [J]. Turk J Vet Anim Sci, 2010, 34 (2): 197-204.
- [34] 李红丽, 王书祥, 王迅, 等. 不同能量和蛋白质水平对冷季牦牛生长性能和血清生化指标的影响 [J]. 饲料研究, 2021, 44 (19): 1-5.
- [35] 王思宇, 李银江, 欧阳依娜, 等. 饲粮蛋白质水平对动南半细毛羊空怀母羊体重重增、血清尿素氮、瘦素及繁殖激素的影响 [J]. 中国饲料, 2019 (15): 80-84.
- [36] DAI Q D, MA J, CAO G, et al. Comparative study of growth performance, nutrient digestibility, and ruminal and fecal bacterial community between yaks and cattle-yaks raises by stall-feeding [J]. AMB Express, 2021, 11 (1): 98-109.
- [37] LIU H, ZHOU J W, DEGEN A A, et al. A comparison of average daily gain, apparent digestibilities, energy balance, rumen fermentation parameters, and serum metabolites between yaks (*Bos grunniens*) and Qaidam cattle (*Bos taurus*) consuming diets differing in energy level [J]. Anim Nutr, 2023, 12: 77-86.
- [38] 徐萍, 敖日格乐, 王纯洁, 等. 补饲对放牧西门塔尔犍牛生长性能及血清指标的影响 [J]. 中国农业大学学报, 2020, 25 (9): 55-63.
- [39] 史金平, 李秀琴, 马武, 等. 应急饲料对甘肃高山细毛羊泌乳母羊生长性能、血液生化指标和瘤胃内环境的影响 [J]. 饲料工业, 2020, 41 (1): 52-59.
- [40] 张振宇, 梁春年, 姚喜喜, 等. 日粮不同营养水平对牦牛生长性能、屠宰指标和血清生化指标的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2021, 52 (1): 135-143.
- [41] 鲍玉林, 刘妍妍, 张永洪. 不同营养水平全混合日粮对舍饲牦牛生长性能、瘤胃发酵性能和免疫功能的影响 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020 (7): 139-141.
- [42] 高岩. 饲喂酸化乳对犍牛生长性能、血液免疫指标及粪便微生物多样性的影响 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2018.
- [43] RAKIB M R H, ZHOU M, XU S Y, et al. Effect of heat stress on udder health of dairy cow [J]. J Dairy Res, 2020, 87 (3): 318-321.