

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0496

孙渭博, 张利平, 王春辉, 张昌吉, 靳继鹏, 吴建平. 牧区极端条件下绵羊饲喂秸秆应急料的研究. 草业科学, 2020, 37(6): 1174-1182.

SUN W B, ZHANG L P, WANG C H, ZHANG C J, JIN J P, WU J P. Effects of feeding straw emergency feed to sheep under extreme conditions in a pastoral area. Pratacultural Science, 2020, 37(6): 1174-1182.



牧区极端条件下绵羊饲喂秸秆应急料的研究

孙渭博¹, 张利平¹, 王春辉¹, 张昌吉¹, 靳继鹏¹, 吴建平²

(1. 甘肃农业大学动物科学技术学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为研究小麦 (*Triticum aestivum*) 秸秆型及玉米 (*Zea mays*) 秸秆型全价颗粒饲料作为家畜草料空缺期的应急料, 在高寒牧区特殊气候条件下对甘肃高山细毛羊育成羊生长发育的影响, 本研究选择体况相近的 6 月龄甘肃高山细毛羊育成母羊 48 只, 随机分为试验组 I (18 只, 每只仅饲喂小麦秸秆型全价颗粒饲料 $1.2 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$)、试验组 II (17 只, 每只仅饲喂玉米秸秆型全价颗粒饲料 $1.2 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$)、对照组 [13 只, 每只饲喂玉米 $0.05 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$ + 燕麦草 (*Avena sativa*) $0.2 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$], 在舍饲条件下进行为期 16 d 的饲喂试验。结果表明: 试验组 II 羊只平均日增重显著高于对照组 ($P < 0.05$); 试验组 II 羊只血清中总蛋白、球蛋白的浓度显著高于对照组 ($P < 0.05$); 试验组 I 羊只血清中谷草转氨酶、乳酸脱氢酶的活性及白蛋白的浓度显著高于对照组 ($P < 0.05$), 试验组 II 与对照组无显著差异 ($P > 0.05$)。由此可见, 用玉米秸秆型全价颗粒饲料作为应急料优于传统的燕麦草与整粒玉米, 能够充分满足甘肃高山细毛羊育成母羊在肃南高寒牧区饲草料空缺期和不足期生长发育中的营养需要。

关键词: 甘肃高山细毛羊; 应急料; 体重; 血液生化指标

文献标志码: A **文章编号:** 1001-0629(2020)06-1174-09

Effects of feeding straw emergency feed to sheep under extreme conditions in a pastoral area

SUN Weibo¹, ZHANG Liping¹, WANG Chunhui¹, ZHANG Changji¹, JIN Jipeng¹, WU Jianping²

(1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China;

2. Institute of Animal and Pasture Science and Green Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: This study investigated the effects on Gansu alpine fine-wool sheep when they were fed wheat straw type and corn straw type full-price granular feed as emergency feed during the livestock forage vacancy period. These feeds may affect the growth and development of the sheep when they are growing under the special climatic conditions found in alpine pastures. We selected 48 six-month-old growing Gansu alpine fine-wool sheep with similar body conditions. They were randomly divided into two experimental groups. These were experimental group I (18 sheep, only fed wheat straw type full-price granular feed) and experimental group II (17 sheep, only fed corn straw type full-price granular feed). Each sheep was fed 1.2 kg of feed per day in the two test groups. There was also a control group (13 sheep) where the sheep were fed oat grass and corn (Each sheep was fed 0.05 kg corn and 0.2 kg oat grass per day). The feeding trials lasted 16 days under house-feeding conditions. The results showed that the average daily test group II weight gain was significantly higher than the

收稿日期: 2019-10-08 接受日期: 2020-02-19

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项“放牧牛羊营养均衡需要研究与示范”(201303062); “国家绒毛羊产业技术体系饲养管理与圈舍环境岗位科学家任务”(CARS-39-18)

第一作者: 孙渭博 (1995-), 男, 甘肃渭源人, 在读硕士生, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究。E-mail: swb887246@126.com

通信作者: 张利平 (1962-), 女, 甘肃文县人, 教授, 博士, 主要从事绵山羊遗传育种与繁殖、动物生产。E-mail: zhanglp512@163.com

weight gain recorded in the control group ($P < 0.05$). The total protein and globulin concentrations in the serum from test group II were also significantly higher than in the control group serum ($P < 0.05$). The aspartate aminotransferase and lactate dehydrogenase activities, and the albumin concentration in the serum from test group I were significantly higher than in the control group serum ($P < 0.05$), but there were no differences between the test group II and the control group ($P > 0.05$). The results showed using corn straw type full-price granular feed as the emergency feed produced better results than the traditional oat grass and whole-grain corn feed. The results also showed that the corn straw full price feed fully satisfied the nutritional needs of growing Gansu alpine fine-wool ewes during the growth and development period in the alpine pastures areas of Sunan, especially when there were forage vacancies and insufficiency periods.

Keywords: Gansu alpine fine-wool sheep; emergency feed; weight; serum biochemical parameters

Corresponding author: ZHANG Liping E-mail: zhanglp512@163.com

农作物秸秆全价颗粒饲料是将几种不同性质的饲料按特定比例混合均匀后, 配合造粒成型技术加工而成的商品饲料, 具有提高反刍动物采食量和消化转化率等优点^[1]。甘肃高山细毛羊是在高寒牧区培育成的毛肉兼用型细毛羊^[2], 具有耐粗饲、体质结实、放牧性强等优势, 对严酷的自然生态条件有较强的适应能力, 可以在草原植被单一、枯草期超过半年以上的严酷条件下, 冷季少量补饲, 全年放牧, 成为高寒牧区的优势畜种^[3-6]。肃南县依靠优越的自然草地资源, 成为甘肃高山细毛羊的理想养殖牧区^[7-8]。但长期以来, 在传统的饲养模式下, 草地严重退化且生物多样性遭到破坏, 早已无法应对农区养羊业饲草料不足的问题^[9-11]。每年12月份到次年3月份, 由于大雪、寒潮等极端气候条件的影响, 经常导致无法正常放牧, 在此期间当地牧民仅补饲少量的燕麦 (*Avena sativa*) 草等, 造成甘肃高山细毛羊普遍出现掉膘、流产, 甚至是死亡的现象。然而, 该地区产出的大量小麦 (*Triticum aestivum*) 与玉米 (*Zea mays*) 秸秆, 均未得到有效利用, 每年都有大量焚烧现象, 浪费大量的可利用草料资源的同时也造成了环境污染。冬春季营养匮乏与寒冷应激严重阻碍甘肃高山细毛羊生产潜能的发挥。因此, 全年均衡营养的保证是甘肃高山细毛羊生产性能得以发挥的基础^[12], 特别是在冬春季应实现补饲与放牧的有效结合, 保证家畜的营养供给, 相关研究表明补饲对高寒牧区绵羊生产有明显的正向影响^[13], 王志明等^[14]在对3月龄甘肃高山细毛羊补饲试验中发现, 饲喂玉米秸秆颗粒饲料可以显著提高羊只平均日增重和体尺指标; 王春辉等^[15]在对妊娠后期甘肃高山细毛羊补饲试验中发现, 饲喂秸秆全

价颗粒饲料可以显著提高妊娠母羊的平均日增重、所产羔羊的初生重及相关血清生化指标。但在牧区极端气候条件下, 对甘肃高山细毛羊育成母羊应急饲喂秸秆全价颗粒饲料的研究报道较少。

为此, 以小麦秸秆型及玉米秸秆型全价颗粒饲料作为肃南高寒牧区冬春季大雪封山时期甘肃高山细毛羊育成母羊的应急料, 旨在利用农作物秸秆的基础上, 为该地区传统补饲燕麦草和整粒玉米找寻全新的替代料, 在实现农作物秸秆高效利用的基础上满足甘肃高山细毛羊育成母羊无法放牧期间的营养需求。

1 材料与方法

1.1 试验动物

选用肃南县康乐乡赛鼎村 (99°49'56" E, 38°48'52" N) 典型牧户家庭牧场中健康、体况相近的6月龄甘肃高山细毛羊育成母羊48只, 随机分为试验组 I (18只, 小麦秸秆型)、试验组 II (17只, 玉米秸秆型) 以及对照组 (13只, 燕麦草+整粒玉米)。

1.2 两种秸秆全价颗粒饲料的配制

在测定甘肃高山细毛羊放牧采食量的基础上, 根据中国美利奴羊育成母羊饲养标准营养需要量^[16], 配制成小麦秸秆型和玉米秸秆型两种全价颗粒饲料, 饲料组成及营养水平如表1所列。由甘肃元生农牧科技有限公司完成两种全价颗粒饲料的加工生产。

1.3 饲养管理

于2016年12月19日至2017年1月3日在试

表 1 试验羊饲料的配方及营养水平
Table 1 Feed formulas and the nutrition statuses of the test sheep

项目 Item	指标 Parameter	试验组 I Test group I	试验组 II Test group II	对照组 Control group
配料 Ingredient	糖蜜 Molasses/%	4.20	4.20	—
	麸皮 Bran/%	18.50	17.20	—
	玉米秸秆 Corn stalks/%	—	46.00	—
	小麦秸秆 Wheat stalks/%	43.00	—	—
	大豆粕 Soybean meal/%	9.50	8.60	—
	棉籽粕 Cottonseed meal/%	9.50	8.60	—
	玉米 Corn/%	12.30	12.40	20.00
	食盐 Salt/%	1.00	1.00	—
	石粉 Stone powder/%	2.00	2.00	—
	燕麦草 Oat grass/%	—	—	80.00
	合计 Total/%	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient level	代谢能 Metabolic energy/(MJ·kg ⁻¹)	7.48	7.26	9.64
	干物质 Dry matter/%	88.36	88.39	90.24
	粗蛋白 Crude protein/%	12.62	13.07	7.74
	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber/%	42.28	44.03	52.26
	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber/%	20.81	19.25	31.74
	钙 Ca/%	0.95	1.06	0.31
	总磷 Total phosphorus/%	0.43	0.47	0.27

代谢能为计算值，其他数值为实测值。
Metabolizable energy is a calculated value, and the other values are measured.

试验羊所在牧民家中进行为期 16 d 的应急试验，试验羊在保证正常饮水量的情况下仅通过饲喂应急料的方式进行饲养，试验组 I、II 育成羊每天分别饲喂小麦秸秆型、玉米秸秆型全价颗粒饲料，每只每天饲喂量均为 1.2 kg。对照组按传统方式饲喂，每只每天玉米 0.05 kg + 燕麦草 0.2 kg。分两次等量饲喂，饲喂时间为 08:00 – 09:00 和 16:00 – 17:00。3 组育成母羊分圈饲养，且每组均为集中饲喂，自由饮水，保持水槽和饮水干净。

1.4 测定指标及测定方法

1.4.1 体重

在试验开始当天早晨和试验结束的次日早晨分别称量 3 组试验绵羊试验初始体重及末体重，平均日增重为试验全期增重/试验天数。

1.4.2 血清生化指标

试验结束的次日早晨，在未进食前随机从 3 组

试验绵羊中选择 6 只，经颈静脉采集 5 mL 血液置于无抗凝剂真空采血管，低温保存并送至兰州长风医院，采用全自动生化分析仪 (BIOBASE BK800, 山东博科) 检验，测定指标包括总蛋白 (total protein, TP)、白蛋白 (albumin, ALB)、球蛋白 (globulin, GLB)、葡萄糖 (glucose, GLU)、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、甘油三酯 (triglyceride, TG)、尿素氮 (blood urea nitrogen, BUN)、谷丙转氨酶 (alanine aminotransferase, ALT)、谷草转氨酶 (aspartate aminotransferase, AST)、乳酸脱氢酶 (lactate dehydrogenase, LDH)。

1.5 数据分析

数据经 Excel 初步统计后，利用 SPSS 21.0 统计软件分别对 3 组试验羊末体重、平均日增重及各项血清生化指标进行单因素方差分析对数据统计分析，并进行 Duncan 多重比较检验，最终分析结果用平均值 ± 标准误 (Mean ± SE) 表示 (α = 0.05)。

2 结果

2.1 甘肃高山细毛羊育成母羊的体重

在分别饲喂小麦秸秆型和玉米秸秆型全价颗粒饲料后，试验组 II 羊只的平均日增重显著高于对照组 ($P < 0.05$) (表 2)；其余指标各组间无显著差异 ($P > 0.05$)。平均日增重试验组 I 和试验组 II 较对照

组分别增加 100.62% 和 218.63%。

2.2 甘肃高山细毛羊育成母羊的血清生化指标

两试验组羊只血清中 TP 和 BUN 的浓度显著高于对照组 ($P < 0.05$) (表 3)；试验组 II 羊只血清中 GLB 的浓度显著高于对照组 ($P < 0.05$)；试验组 I 羊只血清中 ALB、AST 和 LDH 的活性显著高于对照组 ($P < 0.05$)；其余指标各组间无显著差异 ($P > 0.05$)。

表 2 试验羊的体重
Table 2 Sheep weights

项目 Item	试验组 I Test group I	试验组 II Test group II	对照组 Control group
初始体重 Initial body weight/kg	28.03 ± 0.79a	28.09 ± 0.58a	27.85 ± 0.57a
末体重 Final body weight/kg	29.42 ± 0.74a	30.29 ± 0.67a	28.54 ± 0.64a
平均日增重 Average daily gain/(g·d ⁻¹)	86.81 ± 28.76ab	137.87 ± 18.38a	43.27 ± 13.94b

同行不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)；表 3 同。
Different lowercase letters within the same row indicate significant difference at the 0.05 level; this is applicable for Table 3 as well.

表 3 试验羊的血清生化指标
Table 3 Serum biochemical indicators for the test sheep

项目 Item	试验组 I Test group I	试验组 II Test group II	对照组 Control group
总蛋白 Total protein/(g·L ⁻¹)	67.83 ± 1.60a	67.00 ± 1.51a	61.33 ± 0.71b
白蛋白 Albumin/(g·L ⁻¹)	37.33 ± 0.56a	35.83 ± 0.98ab	34.00 ± 0.58b
球蛋白 Globulin/(g·L ⁻¹)	30.50 ± 1.18ab	31.17 ± 1.35a	27.33 ± 0.61b
总胆固醇 Total cholesterol/(μmol·L ⁻¹)	1.52 ± 0.54a	1.38 ± 0.17a	1.58 ± 0.14a
葡萄糖 Glucose/(mmol·L ⁻¹)	2.41 ± 0.24a	2.14 ± 0.53a	1.93 ± 0.12a
甘油三酯 Triglyceride/(mmol·L ⁻¹)	0.25 ± 0.02a	0.28 ± 0.03a	0.20 ± 0.03a
尿素氮 Blood urea nitrogen/(mmol·L ⁻¹)	8.37 ± 0.24a	8.74 ± 0.68a	3.03 ± 0.38b
谷丙转氨酶 Alanine aminotransferase/(U·L ⁻¹)	21.17 ± 2.98a	17.00 ± 1.13a	17.50 ± 2.05a
谷草转氨酶 Aspartate aminotransferase/(U·L ⁻¹)	113.17 ± 9.55a	97.67 ± 6.44ab	87.17 ± 5.11b
乳酸脱氢酶 Lactate dehydrogenase/(U·L ⁻¹)	466.83 ± 29.12a	422.00 ± 18.65ab	389.67 ± 16.32b

3 讨论

3.1 饲喂不同秸秆类型全价颗粒饲料对甘肃高山细毛羊育成母羊体重的影响

肃南县是一个靠天然草地放牧的传统畜牧业县，甘肃高山细毛羊作为该区的优势畜种，在带动整个产业的发展中发挥着重要作用，但由于当地自然环境条件的制约，甘肃高山细毛羊一般在 2.5 岁左右才能配种，主要是由于育成母羊营养供给不足等因素造成其生长发育迟缓、体质差、性成熟及体成熟延迟无法适时配种。因此，甘肃高

山细毛羊育成母羊的正常生长发育是提高整个羊群生产潜能的基础。本研究利用该区大量小麦与玉米秸秆制成全价颗粒饲料，对甘肃高山细毛羊育成母羊应急饲喂发现：试验末体重及平均日增重试验 II 组 > 试验 I 组 > 对照组，饲喂玉米秸秆型颗粒饲料组最高，其试验末体重 (30.29 kg) 与平均日增重 (137.87 g·d⁻¹) 高于饲喂燕麦草和整粒玉米 (28.54 kg 和 43.27 g·d⁻¹)。反刍动物的日增重主要受饲草类型、采食量、饲料转化率等因素的影响。农作物秸秆在制粒中，混入其他添加剂，能够提供更全面的营养；破坏植物细胞壁中木质素-碳

水化合物复合体, 增进机体对纤维素消化利用的程度^[17]; 使蛋白质与糊化的淀粉基质结合形成瘤胃不可降解蛋白, 可直接被小肠吸收利用^[18]; 使秸秆熟化、氨化、碱化, 具有熟香味, 改善饲料适口性和理化性质, 能够有效提高反刍动物的采食量。此外, 整个试验在舍饲条件下完成, 一方面, 极大程度上减少了试验羊在觅食过程中的能量消耗; 另一方面, 舍饲提供了一个相对温暖的环境, 减少了寒冷应激消耗。说明在无法放牧时期, 采用小麦秸秆型或玉米秸秆型颗粒料作为应急料可以替代燕麦草和整粒玉米, 且玉米秸秆型更优, 既能充分利用农作物秸秆, 避免焚烧污染环境, 还能保障甘肃高山细毛羊育成母羊的物质营养需求, 减少掉膘、死亡等情况。

3.2 饲喂不同秸秆类型全价颗粒饲料对甘肃高山细毛羊育成母羊血清生化指标的影响

血清中各种生化物质是动物生命活动的物质基础, 是反映动物内环境稳态的核心参数, 与机体的物质能量代谢水平息息相关。分析血清中各生化指标的含量有助于了解育成期甘肃高山细毛羊的生长发育和营养满足情况^[19-20]。同时, 可以根据血清生化指标客观评价育成期甘肃高山细毛羊的健康状况, 为制定科学的饲养方案提供理论依据。

血清中 TP 包括 ALB 和 GLB。TP 的含量主要受饲料中蛋白质含量的影响, 可反映肝脏、肾脏和机体代谢功能是否正常^[21]; ALB 是营养物质的载体, 具有运输营养物质、提供机体蛋白质以及维持血液胶体渗透压的作用^[22]; GLB 包括免疫球蛋白、多种糖蛋白和补体, ALB/GLB 升高说明机体免疫机能降低, 可反映机体的免疫能力^[23]。在本研究中, 血清中 TP 和 ALB 的含量试验组 I > 试验组 II > 对照组, 饲喂小麦秸秆型颗粒饲料组最高; 血清中 GLB 的含量试验组 II > 试验组 I > 对照组, 饲喂玉米秸秆型颗粒饲料组最高, 其血清中 GLB 浓度 ($31.17 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) 显著高于传统草料饲喂羊只 ($27.33 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$), 以上结果说明, 为甘肃高山细毛羊育成母羊饲喂小麦型或玉米型秸秆颗粒饲料可供充足的蛋白质需求, 促进机体对蛋白质的吸收利用, 且饲喂玉米秸秆颗粒饲料更有利于提高机体免疫力。

血清中的 BUN 主要是蛋白质代谢的终末产

物, 是反映动物体氮代谢平衡的重要指标。当机体采食蛋白质的量增加或对饲料中氮的利用率降低时, 血清中 BUN 的含量将升高^[24-25]。在本研究中, 血清中 BUN 含量试验组 II > 试验组 I > 对照组, 饲喂玉米秸秆型颗粒饲料组最高, 花卫华等^[26]也发现当日粮蛋白质水平高或食入氮量增加时血清中 BUN 含量升高, 说明小麦秸秆型和玉米秸秆型颗粒饲料蛋白质水平高于传统饲料。此外, 血清中 BUN 的浓度受饲料中蛋白质含量及氨基酸种类的影响, 当血清中 BUN 的含量超出正常范围 ($1.8 \sim 7.1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 时, 其含量的高低与动物机体内氮沉积、蛋白质或氨基酸的利用率呈负相关关系, 当动物机体内蛋白质利用率降低、限制性氨基酸不足或氨基酸代谢不平衡时, 血清中尿素氮的含量增加^[27]。在本研究条件下, 对照组绵羊血清中 BUN 含量 ($3.03 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 处于正常范围; 而试验组 I 与试验组 II 绵羊血清中 BUN 含量 (8.37 和 $8.74 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 高于正常范围, 可能是由于小麦秸秆型及玉米秸秆型全价颗粒饲料的能量蛋白比均低于传统燕麦草及整粒玉米, 蛋白营养水平较高, 导致机体内氨基酸代谢旺盛所致。

血清中 TC、GLU 和 TG 的含量能够反映动物脂肪代谢、肝脏功能和机体糖代谢状况^[28]。TC 是动物机体中最重要的一种以环戊烷多氢菲为母核的固醇类化合物, 既是细胞膜的重要组分, 又是合成性激素、肾上腺素等的前体。血清中 TC 的含量影响动物的生长发育速度, 是评价机体脂类代谢的理想指标^[29]。GLU 是动物机体各种生命活动及快速应变需能过程中直接的能源供给物质。血糖含量的变化是反映机体糖代谢的重要指标, 血糖含量相对恒定, 是机体正常生命活动的基础, 饲料中能量供应不足或动物对饲料消化不良时, 均会导致其含量下降^[30-32]。TG 是脂类代谢的中间产物, 主要由长链脂肪酸和甘油组成, 具有储能和供能的生理作用, 反映体内脂类代谢状况^[33]。血清中 TG 含量低, 说明动物机体对脂肪的利用率高, 不利于体内脂肪的沉积。在本研究中, 血清中 TC 的含量对照组 > 试验组 I > 试验组 II, 传统方式饲喂组最高; 血清中 GLU 的含量试验组 I > 试验组 II > 对照组, 饲喂小麦秸秆型颗粒饲料组最高; 血清中 TG 的含量试验组 II > 试验组 I > 对照组, 饲喂玉米秸秆型颗粒饲料组最高。说明为甘

肃高山细毛羊育成母羊饲喂小麦秸秆型或玉米秸秆型颗粒饲料对糖代谢、脂代谢及肝脏功能并无不利影响, 且饲喂玉米秸秆颗粒饲料能够提供更充分的能源物质并有利于脂肪沉积, 对提高甘肃高山细毛羊育成母羊的生产性能具有积极作用。

绵羊机体的适应调节能力取决于血清中相关酶的表达水平^[34]。ALT 和 AST 是动物体内最重要的转氨酶, 主要分布在肝脏与心脏组织中^[35]。相关研究表明, 血清中 ALT 水平能够准确反映肝脏是否受损, 且无论某种因素引起 ALT 浓度升高, 均可视为机体肝脏功能出现异常, 是体现肝脏功能的一项重要指标^[36-37]。AST 是动物体内氨基酸合成与分解过程中起重要作用的一类酶, 主要在催化天冬氨酸与 α -酮戊二酸生成草酰乙酸和谷氨酸的反应中起氨基转移作用^[38]。在本研究中, 血清中 ALT 的活性试验组 I > 对照组 > 试验组 II; 血清中 AST 的活性试验组 I > 试验组 II > 对照组。说明为甘肃高山细毛羊育成母羊饲喂小麦型或玉米型秸秆颗粒饲料, 对其肝脏功能与心血管健康无不利影响, 同时能够增强机体氨基酸代谢。LDH 是参与糖酵解过程中的一种重要酶, 存在于

各组织器官中, 主要分布在细胞的胞质液中, 能够催化 L-乳酸转化为丙酮酸, 其逆反应又可调节机体内还原性辅酶 I (NADH_2) 和氧化性辅酶 I (NAD) 的比率^[39-40], 血清中 LDH 水平在一定程度上反映机体应对外界刺激的能力, 同一条件下, LDH 水平越低则应激能力越强。在本研究中, 血清中 LDH 的活性试验组 I > 试验组 II > 对照组, 饲喂玉米秸秆组 ($422.00 \text{ U} \cdot \text{L}^{-1}$) 与何春波等^[41]研究中测得的育成母羊 LDH 水平 ($434.88 \text{ U} \cdot \text{L}^{-1}$) 相近, 可能是由于育成母羊机体抗应激能力弱, 血清中 LDH 水平本就维持在较高水平, 也可能是由于两种秸秆颗粒饲料较传统补饲料能够提供更高的能量水平所致, 需进一步研究。

4 结论

综上所述, 在肃南高寒牧区冬春季饲草空缺期和不足期, 为甘肃高山细毛羊育成母羊饲喂玉米型秸秆全价颗粒饲料, 可显著提高平均日增重和血清中总蛋白、球蛋白的含量, 有效改善甘肃高山细毛羊育成母羊的生长发育状况, 增强免疫机能, 可替代传统燕麦草与整粒玉米。

参考文献 References:

- [1] 于忠升, 张爱忠, 姜宁, 聂炼. 全价颗粒饲料在羊生产中的应用. 黑龙江畜牧兽医, 2018(20): 154-156.
YU Z S, ZHANG A Z, JIANG N, NEI L. The application of full-price pellet feed in sheep production. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2018(20): 154-156.
- [2] 朱建勋, 王继卿, 周智德, 胡江, 李少斌, 刘秀, 闫伟, 罗玉柱. 甘肃高山细毛羊肉用性能杂交改良效果分析. 中国农业科技导报, 2016, 18(3): 62-66.
ZHU J X, WANG J Q, ZHOU Z D, HU J, LI S B, LIU X, YAN W, LUO Y Z. Effect analysis of hybridization and improvement of meat performance on Gansu alpine merino. Journal of Agricultural Science and Technology, 2016, 18(3): 62-66.
- [3] 文志强, 曾凡珠, 李发庭. 甘肃高山细毛羊品种简介. 中国养羊, 1996(3): 50.
WEN Z Q, ZENG F Z, LI F T. Brief introduction of Gansu alpine fine wool sheep. Chinese Sheep Raising, 1996(3): 50.
- [4] 李伟. 甘肃高山细毛羊产业状况与发展方向及对策. 家畜生态学报, 2011, 32(1): 80-83.
LI W. Industry conditions development direction and countermeasures of Gansu alpine fine-wool sheep. Journal of Domestic Animal Ecology, 2011, 32(1): 80-83.
- [5] 保国俊, 何茂昌, 王珂, 张建军, 容维中, 王凯, 安玉锋, 梁育林, 常伟, 李范文, 李桂英, 王天翔. 甘肃高山细毛羊生产现状及产业化发展规划. 畜牧兽医杂志, 2016, 35(4): 65-68.
BAO G J, HE M C, WANG K, ZHANG J J, RONG W Z, WANG K, AN Y F, LIANG Y L, CHANG W, LI F W, LI G Y, WANG T X. Production situation and industrial development planning of Gansu alpine fine-wool sheep. Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, 2016, 35(4): 65-68.
- [6] 王璐菊, 郭全奎. 甘肃河西肃南牧区不同杂交组合肥羔生产效果研究. 中国草食动物科学, 2017, 37(2): 24-26.
WANG L J, GUO Q K. Fattening performance of different lamb hybrid combinations in Sunan pastoral area of Gansu Province.

- [Chinese Herbivore Science](#), 2017, 37(2): 24-26.
- [7] 贺永宏. 肃南县细毛羊产业发展潜力与创新思路. [畜牧兽医杂志](#), 2017, 36(2): 66-67, 69.
HE Y H. The development potential and innovative ideas of fine wool sheep industry in Sunan County. [Journal of Animal Science and Veterinary Medicine](#), 2017, 36(2): 66-67, 69.
- [8] 张利平, 宫旭胤, 张明贤, 李成, 张昌吉, 成述儒. 肃南牧区家庭牧场甘肃高山细毛羊生产现状研究分析. [草食家畜](#), 2014(5): 1-6.
ZHANG L P, GONG X Y, ZHANG M X, LI C, ZHANG C J, CHENG S R. The production status analysis of Gansu fine-wool sheep in family ranch of Sunan pastoral area. [Grass-Feeding Livestock](#), 2014(5): 1-6.
- [9] 郭武君, 张勇, 李晓梅, 张利平. 肃南牧区高山细毛羊冷季补饲存在的问题及建议. [黑龙江畜牧兽医](#), 2016(18): 64-66.
GUO W J, ZHANG Y, LI X M, ZHANG L P. The existing problems and suggestions of supplementary feeding in cold reason in Sunan pastoral area. [Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine](#), 2016(18): 64-66.
- [10] 杨保平, 阎奋民. 甘肃高山细毛羊营养问题及对策. [甘肃畜牧兽医](#), 2000(6): 43-44.
YANG B P, YAN F M. Nutritional problems and countermeasures of Gansu alpine fine wool sheep. [Gansu Animal Husbandry and Veterinary](#), 2000(6): 43-44.
- [11] 罗天照. 甘肃高山细毛羊枯草季放牧行为学的观察报告. [甘肃畜牧兽医](#), 2008(2): 22-24.
LUO T Z. Observation report on grazing behavior of alpine fine-wool sheep in Gansu Province. [Gansu Animal Husbandry and Veterinary](#), 2008(2): 22-24.
- [12] 张昌吉, 李成, 成述儒, 张利平, 滚双宝. 甘肃高山细毛羊成年母羊四季采食量及消化率测定. [草地学报](#), 2017, 25(3): 651-656.
ZHANG C J, LI C, CHENG S R, ZHANG L P, GUN S B. Determination of seasonal grazing intake and digestibility of Gansu alpine merino fine-wool sheep ewes. [Acta Agrestia Sinica](#), 2017, 25(3): 651-656.
- [13] 刘守仁, 吕维斌. 优质细毛羊育成母羊营养需要量的研究. [新疆农业科学](#), 2001(S1): 129-132.
LIU S R, LYU W B. Study on the nutritional requirements of high quality fine wool sheep for ewes. [Xinjiang Agricultural Science](#), 2001(S1): 129-132.
- [14] 王志明, 王婕姝, 王毅, 韩向敏, 王华, 王卫林. 秸秆颗粒饲料冬春补饲对甘肃‘高山细毛羊’生长性能和血液生化指标的影响. [甘肃农业大学学报](#), 2016, 51(5): 14-19.
WANG Z M, WANG J S, WANG Y, HAN X M, WANG H, WANG W L. Effects of supplementation of straw mixture pellet feed on growth performance and blood biochemical indexes of Gansu alpine fine-wool sheep in winter-spring alpine pasture. [Journal of Gansu Agricultural University](#), 2016, 51(5): 14-19.
- [15] 王春辉, 张利平, 张昌吉. 对妊娠后期甘肃高山细毛羊补饲秸秆全价颗粒饲料效果的研究. [中国畜牧兽医](#), 2018, 45(9): 2455-2462.
WANG C H, ZHANG L P, ZHANG C J. Study on the supplementary effect of straw complete pellet feeds for Gansu alpine fine-wool sheep in late pregnancy. [Chinese Animal Husbandry & Veterinary Medicine](#), 2018, 45(9): 2455-2462.
- [16] 赵有璋. 中国养羊学. 北京: 中国农业出版社, 2013: 384
ZHAO Y Z. [Chinese Sheep Science](#). Beijing: China Agriculture Press, 2013: 384.
- [17] 金征宇, 谢正军. 挤压膨化加工对饲料成分的影响和原料的作用. [饲料与畜牧](#), 2011(5): 26-31.
JIN Z Y, XIE Z J. The effect of extrusion processing on feed ingredients and the role of raw materials. [Feed and Animal Husbandry](#), 2011(5): 26-31.
- [18] 董凌云, 雒秋江, 潘超, 潘榕, 周封文, 唐秉晖. 饲喂颗粒日粮对妊娠母羊采食和消化代谢的影响. [中国畜牧兽医](#), 2014, 41(6): 77-84.
DONG L Y, LUO Q J, PAN C, PAN R, ZHOU F W, TANG B H. Effect of feeding pellet diets on intake, digestion and metabolism of pregnant ewes. [Chinese Animal Husbandry & Veterinary Medicine](#), 2014, 41(6): 77-84.
- [19] 杨世忠, 林代俊, 郑玉才, 王毅, 张涛, 周潇, 陈益. 建昌马血液生理生化指标的测定分析. [中国草食动物科学](#), 2018, 38(6): 21-23, 60.
YANG S Z, LIN D J, ZHENG Y C, WANG Y, ZHANG T, ZHOU X, CHEN Y. Measurement of blood physiological and biochemical indexes in Jianchang horse. [Chinese Herbivore Science](#), 2018, 38(6): 21-23, 60.

- [20] 王建刚, 宋宇轩, 程雪妮, 郁枫, 曹斌云. 杜泊羊主要血清生化指标的测定. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006(3): 26-28.
- WANG J G, SONG Y X, CHENG X N, YU F, CAO B Y. Biochemical index determination of main serum of duper sheep. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2006(3): 26-28.
- [21] 田兴贵, 朱红刚, 杨正梅, 王家鹏, 杨云, 主性, 罗终菊, 唐静, 吴飞, 刘若余. 雷山小香羊母羊部分血液生化指标测定分析. 西南农业学报, 2011, 24(2): 745-748.
- TIAN X G, ZHU H G, YANG Z M, WANG J P, YANG Y, ZHU X, LUO Z J, TANG J, WU F, LIU R Y. Measurement and analysis of some blood biochemical indexes of Leishan small xiang female goat. Southwest China Journal of Agricultural Science, 2011, 24(2): 745-748.
- [22] 宋宏立, 王清, 林英庭. 日粮中果寡糖对奶山羊血清生化指标、抗氧化指标及免疫机能的影响. 畜牧与兽医, 2019, 51(8): 41-46.
- SONG H L, WANG Q, LIN Y T. Effects of fructooligosaccharide in diet on serum biochemical indices, antioxidant indices and immune function of dairy goat. Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2019, 51(8): 41-46.
- [23] BROCKUS C W, MAHAFFEY E A, BUSH S E, KRUPPDESPAIN W. Hematologic and serum biochemical reference intervals for Vietnamese potbellied pigs (*Sus scrofa*). Comparative Clinical Pathology, 2005, 13(4): 162.
- [24] 韩建成, 蔺红玲, 江汉青, 贾汝敏, 汪春, 周汉林, 贺军军, 江杨, 李海亮, 陈永辉, 李秀芬. 砂仁茎叶对雷州黑山羊生长性能及血液生化指标的影响. 草业科学, 2019, 36(6): 1634-1640.
- HAN J C, LIN H L, JIANG H Q, JIA R M, WANG C, ZHOU H L, HE J J, JIANG Y, LI H L, CHEN Y H, LI X F. Effect of stems and leaves of *Amomum villosum* on growth performance and blood biochemical indexes of Leizhou black goats. Pratacultural Science, 2019, 36(6): 1634-1640.
- [25] STANLEY C C, WILLIAMS C C, JENNY B F, FERNANDEZ J M, BATEMAN H G, NIPPER W A, LOVEJOY J C, GANTT D T, GOODIER G E. Effects of feeding milk replacer once versus twice daily on glucose metabolism in Holstein and Jersey calves. Journal of Dairy Science, 2002, 85(9): 2335-2343.
- [26] 花卫华, 孙伟, 刘照亭, 刘泉, 徐志伟, 鲁群. 不同配方稻草秸秆饲料对海门山羊育肥效果的影响. 黑龙江畜牧兽医, 2016(14): 75-76.
- HUA W H, SUN W, LIU Z T, LIU Q, XU Z W, LU Q. Effect of different formula straw straw feed on fattening effect of Haimen goat. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2016(14): 75-76.
- [27] 薛丰, 杜晋平, 解祥学, 石风华, 任丽萍, 赵金维, 孟庆翔. 玉米和玉米青贮日粮添加赖氨酸对肉牛生长性能及血液生化指标的影响. 中国畜牧杂志, 2010, 46(19): 38-41.
- XUE F, DU J P, XIE X X, SHI F H, REN L P, ZHAO J W, MENG Q X. Effect of supplementation of rumen-protected lysine on growing performance and blood biochemical indices of beef cattle fed cornstalk silage/corn grain-based diet. Chinese Journal of Animal Science, 2010, 46(19): 38-41.
- [28] FREJNAGEL S, WROBLEWSKA M. Comparative effect of green tea, chokeberry and honeysuckle polyphenols on nutrients and mineral absorption and digestibility in rats. Annals of Nutrition & Metabolism, 2010, 56(3): 163-169.
- [29] 朱蓉慧, 郭海婴, 屈雷. 舍饲陕北白绒山羊血液生理生化指标的测定与分析. 家畜生态学报, 2019, 40(7): 55-58.
- ZHU R H, GUO H Y, QU L. Study on hematology normal reference values of shanbei white cashmere goats. Journal of Domestic Animal Ecology, 2019, 40(7): 55-58.
- [30] 龚飞飞, 胡登林, 赵正剑, 李艳丽, 朱飞飞, 余雄. 补饲营养调控剂对暖季放牧羔羊生长发育及生化指标的影响. 中国草食动物, 2011, 31(4): 26-29.
- GONG F F, HU D L, ZHAO Z J, LI Y L, ZHU F F, YU X. Effects of supplementary feeding nutrition regulators on growth and biochemical indexes of grazing lambs in warm season. Chinese Herbivore, 2011, 31(4): 26-29.
- [31] 张文丽. 会理黑山羊血液生化指标的测定. 黑龙江畜牧兽医, 2014(14): 40-42.
- ZHANG W L. Determination of blood biochemical indicators in Huili black goat. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2014(14): 40-42.
- [32] 王桂秋, 刁其玉, 罗桂河, 云鹏. 羔羊断奶日龄对生长和血清指标的影响. 动物营养学报, 2007(1): 23-27.

- WANG G Q, DIAO Q Y, LUO G H, YUN P. Effects of lamb weaned time on body growth and blood serum index. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2007(1): 23-27.
- [33] 吴红岩, 郭同军, 张志军, 张俊瑜, 桑断疾, 臧长江. 秸秆配合颗粒饲料 peNDF 水平对绵羊血液生化指标的影响. *新疆农业科学*, 2019, 56(4): 749-757.
- WU H Y, GUO T J, ZHANG Z J, ZHANG J Y, SANG D J, ZANG C J. Effect of the peNDF level of straw combined pellet feed on blood biochemical indexes in fattening sheep. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2019, 56(4): 749-757.
- [34] 罗建川, 王强军, 张彦, 任春环, 葛泽涌, 张子军. 贵州杂交绵羊体重体尺及血液生化指标测定与分析. *安徽农业大学学报*, 2015, 42(5): 715-720.
- LUO J C, WANG Q J, ZHANG Y, REN C H, GE Z Y, ZHANG Z J. Analysis of body weight, body size and blood biochemical indexes of Guizhou hybrid sheep. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2015, 42(5): 715-720.
- [35] 周玉香, 吕玉玲, 王洁, 吉帅, 侯鹏霞. 血液生化指标在动物生产与营养调控研究中的应用概况. *畜牧与饲料科学*, 2012, 33(Z1): 72-74.
- ZHOU Y X, LYU Y L, WANG J, JI S, HOU P X. Application survey of blood biochemical indices in the studies of animal production and nutritional regulation. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2012, 33(Z1): 72-74.
- [36] 郭万正, 柯有田, 尚延琮, 王建华, 文益强, 魏金涛. 不同粗蛋白质水平全混合颗粒日粮对马头山羊生长性能及血液生化指标的影响. *中国畜牧杂志*, 2019, 55(10): 108-110, 125.
- GUO W Z, KE Y T, SHANG Y Z, WANG J H, WEN Y Q, WEI J T. Effects of different crude protein levels of formulated pellet diets on growth performance and blood biochemical parameters of Matou goats. *Chinese Journal of Animal Science*, 2019, 55(10): 108-110, 125.
- [37] ZHOU H, WANG C Z, YE J Z, CHEN H X, TAO R. Effects of dietary supplementation of fermented *Ginkgo biloba* L. residues on growth performance, nutrient digestibility, serum biochemical parameters and immune function in weaned piglets. *Animal Science Journal*, 2015, 86(8): 790-799.
- [38] 张颖, 毛华明. 不同粗饲料日粮对云岭黑山羊蛋白质代谢相关血液指标的影响. *饲料研究*, 2015(3): 44-47.
- ZHANG Y, MAO H M. Effects of different roughage diets on blood metabolism related to protein metabolism in Yunling black goats. *Feed Research*, 2015(3): 44-47.
- [39] 夏万良, 戴小莲, 徐铁山, 周汉林, 孙卫平, 黄显洲. 海南黑山羊血液生化指标与体重的相关分析. *热带农业科学*, 2009, 29(9): 9-13.
- XIA W L, DAI X L, XU T S, ZHOU H L, SUN W P, HUANG X Z. Correlative analysis between the blood biochemical indices and the body weight of the Hainan black goat. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2009, 29(9): 9-13.
- [40] 孙国荣, 黄松明, 顾卫东, 薛惠琴, 卢永红, 杭怡琼, 李俊霞, 成建忠, 谷红伟. 波尔、萨能山羊与崇明白山羊杂交对繁殖性能和血清乳酸脱氢酶活性的影响. *畜牧兽医杂志*, 2010, 29(5): 1-3.
- SUN G R, HUANG S M, GU W D, XUE H Q, LU Y H, HANG Y Q, LI J X, CHENG J Z, GU H W. Effect of cross-breeding between Boer goats, Saanen milk goats and Chongming white goats on reproductive performance and the activity of serum LDH. *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine*, 2010, 29(5): 1-3.
- [41] 何春波, 王党伟, 刘桂琼, 姜勋平. 湖北乌羊血液生化指标测定及其相关性分析. *中国畜牧杂志*, 2012, 48(19): 11-13.
- HE C B, WANG D W, LIU G Q, JIANG X P. Determination of blood biochemical indexes and correlation analysis of Hubei black sheep. *Chinese Journal of Animal Science*, 2012, 48(19): 11-13.

(责任编辑 武艳培)