



不同营养水平对黔北麻羊泌乳和养分消化的影响

翁吉梅 孙澄慧 许天政 艾锦新 蔡惠芬 施晓丽

Lactation and nutrient digestion of Qianbei Brown goats at different nutrient levels

WENG Jimei, SUN Chenghui, XU Tianzheng, AI Jinxin, CAI Huifen, SHI Xiaoli

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0755>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

妊娠前期黔北麻羊能量和蛋白需要的估算

Estimation of energy and protein requirements of Qianbei brown goats during early gestation

草业科学. 2021, 38(10): 2063 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0355>

N-羟甲基蛋氨酸钙水平对泌乳奶牛生产性能、瘤胃发酵和营养物质消化的影响

Effects of N-hydroxymethyl methionine calcium on production performance and rumen fermentation of lactating dairy cows

草业科学. 2020, 37(8): 1598 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0027>

不同中性洗涤纤维来源开食料对湖羊羔羊生长性能和养分消化代谢的影响

Effects of starters containing different types of neutral detergent fiber on the growth performance, nutrient digestion and metabolism of Hu lambs

草业科学. 2020, 37(1): 168 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0139>

大麦/箭豌豆混合日粮对绵羊营养物质消化率和温室气体排放的影响

Effects of different barely/common vetch diets on nutrient digestibility and greenhouse gas emission of sheep

草业科学. 2020, 37(3): 559 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0204>

大麦粉碎粒度对育肥湖羊生长育肥性能和养分消化及肉品质的影响

Effects of barley particle size in diets on growth performance, nutrient digestion, and meat quality of fattening Hu sheep

草业科学. 2020, 37(12): 2531 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0136>

日粮粗蛋白质水平对育肥湖羊生产性能、消化代谢及血清参数的影响

Effects of diet crude protein level on the production performance, nutrient digestion, and serum parameters of finishing Hu sheep

草业科学. 2020, 37(9): 1871 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0454>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0755

翁吉梅, 孙澄慧, 许天政, 艾锦新, 蔡惠芬, 施晓丽. 不同营养水平对黔北麻羊泌乳和养分消化的影响. 草业科学, 2023, 40(10): 2693-2701.

WENG J M, SUN C H, XU T Z, AI J X, CAI H F, SHI X L. Lactation and nutrient digestion of Qianbei Brown goats at different nutrient levels. Pratacultural Science, 2023, 40(10): 2693-2701.

不同营养水平对黔北麻羊泌乳和养分消化的影响

翁吉梅^{1,2}, 孙澄慧¹, 许天政¹, 艾锦新³, 蔡惠芬¹, 施晓丽¹

(1. 贵州大学动物科学学院, 贵州 贵阳 550000; 2. 贵州省畜禽遗传资源管理站, 贵州 贵阳 550001;
3. 三都水族自治县农业农村局, 贵州 三都 558100)

摘要: 本试验旨在研究不同营养水平对黔北麻羊泌乳性能和养分消化率的影响, 为科学制定泌乳期黔北麻羊营养标准提供理论参考。选取体重 (37.8 ± 0.79) kg、产羔 (7 ± 1) d、1~2 胎次、体况良好的泌乳母羊 27 只, 随机分成 3 组, 试验期 56 d, 预试期为 14 d, 正试期为 42 d。母羊分别采食 80%、100% 和 120% 营养需要的日粮, 研究不同营养水平对母羊失重、羔羊增重、泌乳量、养分采食和养分消化利用的影响。结果显示: 随着营养水平的提高, 泌乳母羊体失重减少 ($P < 0.05$), 羔羊增重增加 ($P < 0.05$); 母羊泌乳量随营养水平增加而提高 ($P < 0.05$), 乳脂率、乳蛋白和乳糖含量亦随之增加 ($P < 0.05$); 日粮中干物质、有机物、总能、粗蛋白、中性洗涤纤维、钙和磷采食量和消化率均随营养水平的提高而提高 ($P < 0.05$)。综上, 提高营养水平, 可促进母羊泌乳, 减少母羊失重, 增加养分摄入, 提高养分消化吸收和促进羔羊生长。黔北麻羊泌乳母羊的适宜营养水平为《中国肉羊饲养标准》中山羊营养需要的 120%。

关键词: 泌乳期; 营养需要; 母羊失重; 羔羊增重; 消化率

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2023)10-2693-09

Lactation and nutrient digestion of Qianbei Brown goats at different nutrient levels

WENG Jimei^{1,2}, SUN Chenghui¹, XU Tianzheng¹, AI Jinxin³, CAI Huifen¹, SHI Xiaoli¹

(1. College of Animal Science, Guizhou University, Guiyang 550000, Guizhou, China;
2. Guizhou Station of Livestock and Poultry Genetic Resources Management, Guiyang 550001, Guizhou, China;
3. Agriculture and Rural Bureau of Shui Autonomous County, Sandu, Sandu 558100, Guizhou, China)

Abstract: This study was conducted to examine the effects of the feeding of different nutrient levels on the nutrient digestibility and lactation performance of Qianbei Brown goats to provide a theoretical reference for formulating nutritional requirements and supplementary feeding plans of these goats during lactation. Twenty-seven lactating female sheep with a body weight of (37.8 ± 0.79) kg, that would lamb in (7 ± 1) days, and with one to two parities were randomly divided into three groups. The experiment duration was 56 days, the pretest duration was 14 days, and the trial period duration was 42 days. Ewes were fed diets meeting 80%, 100%, or 120% of their nutritional requirements. The effects of these different nutrient levels on ewe weight loss, lamb weight gain, milk yield, nutrient intake, and nutrient digestion and use were determined. The results showed that with the increase in nutrition level, the weight loss of the lactating ewe decreased ($P < 0.05$) and the lamb weight gain increased ($P < 0.05$); the milk yield of the ewes increased with the increase in nutrient level ($P < 0.05$), and the milk fat percentage, milk protein, and lactose contents increased ($P < 0.05$). Dietary dry matter, organic

收稿日期: 2022-09-19 接受日期: 2023-03-28

基金项目: 贵州省科技支撑资助项目 (黔科合支撑 [2014]3046); 无公害饲料添加剂研制与产业化示范项目 (黔科合 NY[2007]3006); 放牧山羊的补饲技术研究项目 (Z073150); 贵州省肉羊技术体系项目 (2022 年)

第一作者: 翁吉梅 (1994-), 女, 贵州遵义人, 畜牧师, 硕士, 研究方向为动物遗传育种与繁殖。E-mail: 1481005672@qq.com

通信作者: 施晓丽 (1971-), 女, 浙江永康人, 教授, 博士, 研究方向为动物营养与科学。E-mail: shixl16@163.com

matter, gross energy, crude protein, neutral detergent fiber, calcium, and phosphorus intake and digestibility increased with the increase in nutrient level ($P < 0.05$). In conclusion, improving nutrition level can increase ewe lactation, reduce ewe weight loss, increase nutrient intake, improve nutrient digestion and absorption, and promote the lamb growth. The optimum nutritional level for lactating Qianbei Brown ewes is 120% of the nutritional requirements of “Feeding Standard of Meat-producing Sheep and Goats”.

Keywords: lactation period; nutritional requirement; ewe weight loss; lamb weight gain; digestibility

Corresponding author: SHI Xiaoli E-mail: shixl116@163.com

黔北麻羊是贵州省地方优良山羊品种之一^[1], 具有耐粗饲、屠宰率高、抗病力强、繁殖率高等特点, 但在集约化养殖中常存在产后母羊泌乳性能差、羔羊存活率低的问题。因此, 探明泌乳母羊的营养需要量, 科学合理配制日粮是当前黔北麻羊标准化生产急需解决的营养问题之一。研究发现, 泌乳期母羊摄入高能量日粮显著提高泌乳量、消化率和代谢率, 增加母羊体重^[2]; 饲喂高蛋白日粮提高泌乳山羊干物质采食量、泌乳量和羔羊体重, 促进母羊消化代谢^[3]。石靖等^[4]研究发现, 营养水平在 100%~120% 时可提高黔北麻羊妊娠前期母羊的体重、养分消化率和代谢率。陈扬等^[5]对泌乳期黔北麻羊进行补饲研究发现, 增加精料摄入量可减少黔北麻羊泌乳期第 7~52 天的失重, 但未对乳成分以及消化代谢进行系统研究。本试验以产羔 7 d 左右的黔北麻羊泌乳母羊为研究对象, 研究不同营养水平日粮对黔北麻羊泌乳性能、乳成分含量变化、消化率及羔羊生长性能的影响, 旨在为泌乳期黔北麻羊的科学饲养及饲养标准制定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计和饲养管理

选择体重 (37.8 ± 0.79) kg、产羔 (7 ± 1) d、1~2 胎次的健康黔北麻羊泌乳母羊 27 只, 采用单因素随机区组试验设计, 分成 3 组, 分别饲喂泌乳母羊营养需要量 80%、100%、120% 的日粮, 每个处理 3 个重复, 每重复 3 只母羊。清扫消毒圈舍, 每天自由饮用清洁水, 按先粗后精的顺序, 每天 08:00 和 17:00 饲喂, 每次饲喂时对投料、抛洒、剩料量详细记录。

1.2 试验日粮

参照《中国肉羊饲养标准》^[6] 和小反刍动物营养需要 (National Research Council. Nutrient Requirements

of Small Ruminants, NRC)^[7] 中泌乳山羊营养需要, 并结合仁怀市黔北麻羊原种场饲草养分含量, 配制营养水平为泌乳母羊营养需要量 80%、100%、120% 的试验日粮, 泌乳母羊日粮组成及营养成分如表 1 所列。

1.3 消化代谢试验

用全收粪和收尿法进行消化代谢试验。在饲养试验结束前 8 d, 每天准确记录喂料量并收集剩料样本。依次对每个试验重复组进行收集粪尿, 按总粪样的 5% 和总尿样的 5% 进行采样, 按 10% 比例浓

表 1 试验日粮组成
Table 1 Test diet composition

原料 Ingredient	营养水平 Nutrient level		
	80%	100%	120%
杂草 Weeds/%	52.07	42.00	35.20
玉米 Corn/%	26.36	29.00	38.07
豆粕 Soybean meal/%	13.18	17.01	19.44
小麦麸 Wheat bran/%	14.98	14.50	7.29
石粉 Limestone/%	0.26	0.42	0.59
饲料用盐 NaCl/%	0.54	0.43	0.36
矿添1 Mineral premix/%	0.25	0.20	0.17
多维2 Vitamin premix/%	0.03	0.02	0.01
合计 Total/%	100.00	100.00	100.00
精粗比 Concentrate to concentrate ratio	48 : 52	58 : 42	65 : 35

每千克日粮干物质提供: 铁($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 40 mg, 铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 10 mg, 锰($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 80 mg, 锌($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 80 mg, 碘 [$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$] 0.1 mg, 硒 0.05 mg (酵母硒), 钴($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.15 mg; 维生素 A 30 000 IU, 维生素 D₃ 50 IU, 维生素 E 30 IU。

The following amounts of trace minerals and vitamins were provided per kilogram dry matter of ratios: Fe ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 40 mg, Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 10 mg, Mn ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 80 mg, Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 80 mg, I [$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$] 0.1 mg, Se (selenium enriched yeast) 0.05 mg, and Co ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.15 mg; VA 30 000 IU, VD₃ 50 IU, and VE 30 IU.

度为 10% 盐酸固氮和数滴二甲苯防腐混匀后于 -20 ℃ 冰箱中冷冻保存, 试验结束时再将每日收集粪样和尿样分别混匀后带回实验室分析。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 生长性能及泌乳量

准确记录试羊的精、粗料投料量、剩料量及抛洒料量。在正试期开始第 1 天早上 08:00 分别对空腹试验母羊和羔羊称体重, 并分别计算试验母羊和羔羊平均日增重 (average daily body weight gain, ADG)、采食量及干物质采食量 (dry matter intake, DMI)。

采用羔羊吮吸母乳后的体重变化测定泌乳量, 在正试期第 1~3 和 28~30 天时连续测定泌乳量, 测定泌乳量的当日, 母羊和羔羊分开, 定时哺乳 3 次, 3 次泌乳量之和即为该母羊日泌乳总量, 也即是羔羊日吮乳总量。同时在羔羊吮乳前收集乳汁, 每天收集 3 次, 共收集 3 d, 每只母羊每次收集 5 mL, 混合每只母羊的乳样, 置于 -25 ℃ 冰柜中冷冻保存以备分析。

1.4.2 养分和乳成分

饲料和粪样中干物质 (dry matter, DM) 含量参照 GB/T6435-2014^[8] 方法测定; 灰分含量参照 GB/T 6438-2007^[9] 方法测定; 有机物 (organic matter, OM) 含量为 DM 和灰分的差值; 采用粗蛋白质 (crude protein, CP) 含量参照 GB/T5009.5-2003^[10] 测定; 可消化粗蛋白 (digestible crude protein, DCP) 含量为采食的

粗蛋白减去粪蛋白含量; 使用 XRY-1A 氧氮燃烧仪热量计测定能量; Van Soest 法测定中性洗涤纤维 (neutral detergent fibers, NDF) 含量 (GB/T20806-2022^[11]); 用高锰酸钾滴定法和钒钼酸滴定法分别测定钙 (GB/T 6436-2018^[12]) 和磷 (GB/T 6437-2018^[13]) 含量。用 SLP 60 乳成分分析仪 (LACTOSCAN, 保加利亚) 测定乳中乳蛋白、乳脂和乳糖含量。

1.4.3 营养物质消化率和代谢率

养分消化率 = (养分摄入量 - 粪养分排泄量) / 养分摄入量 × 100%;

养分代谢率 = (养分摄入量 - 粪养分排泄量 - 尿养分排泄量) / 养分摄入量 × 100%;

消化能代谢率 = (代谢能/消化能) × 100%。

1.5 数据处理与分析

试验数据用 Excel 整理后, 采用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析, Duncan 法进行均值的多重比较, 并进行指标间的相关性和回归性分析, 分析结果用“平均值 ± 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 营养水平对泌乳期母体失重和羔羊生长的影响

各组间母羊和羔羊的初始体重无显著差异 ($P > 0.05$) (表 2), 80% 组和 120% 组母羊和羔羊终末体重

表 2 不同营养水平对泌乳期母体失重和羔羊生长的影响
Table 2 Effects of nutrient levels on bodyweight loss of lactating ewes and lamb growth

指标 Parameter	营养水平 Nutrient level			<i>P</i>
	80%	100%	120%	
泌乳母羊 Lactating ewe				
初始重 Initial weight (BW ₁)/kg	38.68 ± 0.25	38.57 ± 1.98	38.53 ± 0.15	0.946
终末重 Final weight (BW ₂)/kg	36.66 ± 0.27b	36.67 ± 1.04ab	37.65 ± 0.38a	0.041
母体日均失重 Maternal average daily weight loss/(g·d ⁻¹)	48.00 ± 24.04a	45.33 ± 28.28a	20.84 ± 2.23b	0.003
羔羊 Lamb				
初始重 Initial weight (BW ₃)/kg	2.81 ± 0.76	2.71 ± 0.58	2.79 ± 0.39	0.843
终末重 Final weight (BW ₄)/kg	5.88 ± 0.61b	6.13 ± 0.33ab	7.45 ± 0.43a	0.037
日增重 Average daily bodyweight gain (ADG)/(g·d ⁻¹)	73.03 ± 5.59c	81.40 ± 4.91b	111.00 ± 9.62a	< 0.001

同行不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$), 无字母或相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$)。下表同。
Different lowercase letters in the same row indicate significant difference between different nutrient levels at the 0.05 level. Values with no letters or the same letters are not significantly different at the 0.05 level. This is applicable for the following tables as well.

差异显著 ($P < 0.05$), 120% 组的母体日均失重显著低于 80% 和 100% 组 ($P < 0.05$)。各组间羔羊日增重差异显著 ($P < 0.001$), 120% 组的羔羊日增重显著大于 80% 组和 100% 组 ($P < 0.05$), 100% 组羔羊日增重显著大于 80% 组。

2.2 营养水平对黔北麻羊泌乳量和乳成分的影响

营养水平虽对母羊泌乳量无显著影响 (表 3), 但随着营养水平提高, 泌乳量有增加的趋势 ($P = 0.073$)。营养水平显著改变黔北麻羊乳成分分泌, 随着营养水平提高, 试验羊乳汁中的蛋白、脂肪和乳糖含量随之增加, 100% 和 120% 组的乳蛋白含量、乳脂含量和乳糖含量显著高于 80% 组 ($P < 0.05$)。

2.3 营养水平对黔北麻羊养分和能量摄入的影响

随着营养水平提高, DMI、OM、GE、DE、ME、CP、DCP、NDF、Ca、P 的摄入均增加 (表 4), 其中各组间 DMI、OM、GE、DE、ME、CP、DCP、Ca、P 的摄

入量差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 营养水平对泌乳黔北麻羊营养物质消化代谢的影响

各组间 NDF 消化率差异不显著 ($P > 0.05$), 随营养水平增加呈升高趋势 (表 5)。随着营养水平增加, DM 消化率、OM 消化率、GE 代谢率、CP 消化率、CP 代谢率、消化能/代谢能各组间差异极显著 ($P < 0.001$); Ca、P 消化率均随营养水平增加而升高, 120% 组的 Ca 消化率、P 消化率均显著高于 80% 组 ($P < 0.05$)。

2.5 泌乳母羊母体失重和羔羊增重与养分摄入量间的相关分析

泌乳母羊母体失重与羔羊增重、DMI、CP 摄入量、GE 和 DE 间均极显著正相关 (表 6); 羔羊增重与母羊失重、DMI、CP 摄入量、GE 和 DE 间均极显著正相关; DMI 与母体失重、羔羊增重、CP 摄入量、GE 和 DE 间均极显著正相关; CP 摄入量与母体失

表 3 不同营养水平对黔北麻羊泌乳量和乳成分的影响
Table 3 Impact of nutrient levels on lactation output and milk composition of Qianbei Brown goats

指标 Parameter	营养水平 Nutrient level			P
	80%	100%	120%	
泌乳量 Milk yield/(g·d ⁻¹)	779.33 ± 112.19a	798 ± 107.48a	828.33 ± 84.39a	0.073
乳蛋白含量 Protein content/%	3.88 ± 0.10c	4.21 ± 0.05b	4.40 ± 0.04a	< 0.001
乳脂含量 Fat content/%	6.05 ± 0.38c	7.95 ± 0.44b	8.73 ± 0.15a	< 0.001
乳糖含量 Lactose content/%	9.80 ± 0.08b	10.38 ± 0.09a	10.61 ± 0.06a	0.032

表 4 不同营养水平对黔北麻羊养分和能量摄入的影响
Table 4 Influence of nutrient level on nutrients intake of Qianbei Brown goats

指标 Parameter	营养水平 Nutrient level			P
	80%	100%	120%	
干物质采食量 Dry matter intake (DMI)/(g·d ⁻¹)	877.08 ± 101.31c	1 010.56 ± 9.02b	1 187.50 ± 109.91a	< 0.001
有机物 Organic matter (OM)/(g·d ⁻¹)	738.01 ± 100.16c	862.77 ± 96.88b	1 037.25 ± 112.67a	< 0.001
总能 Gross energy (GE)/(MJ·d ⁻¹)	13.92 ± 1.65c	15.97 ± 1.56b	16.39 ± 1.94a	< 0.001
消化能 Digestible energy (DE)/(MJ·d ⁻¹)	9.28 ± 0.67c	12.14 ± 1.98b	14.64 ± 2.19a	< 0.001
代谢能 Metabolizable energy (ME)/(MJ·d ⁻¹)	7.31 ± 0.51c	9.89 ± 1.31b	11.13 ± 1.83a	< 0.001
粗蛋白 Crude protein (CP)/(g·d ⁻¹)	84.78 ± 18.07c	113.85 ± 19.55b	160.34 ± 23.13a	< 0.001
可消化粗蛋白 Digestible crude protein (DCP)/(g·d ⁻¹)	56.20 ± 5.69c	85.38 ± 15.62b	127.94 ± 26.40a	< 0.001
中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber (NDF)/(g·d ⁻¹)	232.00 ± 26.49	264.95 ± 16.50	292.67 ± 18.09	< 0.001
钙 Calcium (Ca)/(g·d ⁻¹)	4.72 ± 0.97c	5.84 ± 0.96b	7.54 ± 1.05a	< 0.001
磷 Phosphorus (P)/(g·d ⁻¹)	2.53 ± 0.56c	3.49 ± 0.62b	4.02 ± 0.59a	< 0.001

表 5 不同营养水平对黔北麻羊日粮养分和能量消化率和代谢率的影响
Table 5 Effects of different nutrient levels on nutrient digestibility in Qianbei Brown goats

指标 Parameter	营养水平 Nutrient level			P
	80%	100%	120%	
干物质消化率 Dry matter digestibility/%	69.11 ± 2.26b	70.97 ± 2.06b	74.60 ± 1.07a	< 0.001
有机物消化率 Organic matter digestibility/%	76.94 ± 1.79c	80.03 ± 1.64b	82.21 ± 1.64a	< 0.001
总能代谢率 Gross energy metabolic rate/%	79.17 ± 0.40c	82.68 ± 0.37b	81.69 ± 0.37a	< 0.001
消化能/代谢能 Digestive energy/metabolic energy/%	78.82 ± 1.24c	81.47 ± 1.14b	76.07 ± 1.14a	< 0.001
粗蛋白消化率 Crude protein digestibility/%	72.33 ± 1.77c	76.23 ± 1.62b	80.86 ± 1.62a	< 0.001
粗蛋白代谢率 Crude protein metabolic rate/%	55.00 ± 3.30c	57.89 ± 3.02b	65.04 ± 3.02a	< 0.001
中性洗涤纤维消化率 Neutral detergent fiber digestibility/%	66.67 ± 8.45	71.71 ± 4.15	72.85 ± 2.79	0.091
钙消化率 Calcium digestibility/%	40.57 ± 3.65b	47.04 ± 3.34ab	48.47 ± 3.34a	0.026
磷消化率 Phosphorus digestibility/%	24.05 ± 5.24c	31.86 ± 4.79b	43.52 ± 4.79a	0.014

表 6 泌乳母羊母体失重和羔羊增重与养分摄入量间的相关分析
Table 6 Correlation analysis among ewe bodyweight loss, lamb bodyweight gain and nutrient intake

指标 Parameter	母体失重(EW) Ewe weight loss	羔羊增重(LW) Lamb gain	干物质采食量(DMI) Dry matter intake	粗蛋白(CP) Crude protein	总能(GE) Gross energy	消化能(DE) Digestible energy
EW	1.000	0.582**	0.807**	0.792**	0.811**	0.735**
LW		1.000	0.874**	0.908**	0.884**	0.893**
DMI			1.000	0.996**	0.999**	0.978**
CP				1.000	0.997**	0.975**
GE					1.000	0.973**
DE						1.000

** , P < 0.01.

重、羔羊增重、DMI、GE 和 DE 间均极显著正相关; GE 与母体失重与羔羊增重、DMI、CP 摄入量、DE 间均极显著正相关; DE 与母体失重、羔羊增重、DMI、CP 摄入量、GE 间均极显著正相关。

2.6 养分消化和代谢率与营养水平间的回归分析

日粮 DM、CP 消化率、GE 代谢率、消化能/代谢率与营养水平间均为正相关关系 (表 7), 且差异极显著 ($P < 0.01$), P 消化率、Ca 消化率与营养水平间也为正相关关系, 且差异显著 ($P < 0.05$)。各养分消化率与营养水平间的回归方程如表 7 所列。

3 讨论

3.1 泌乳期营养水平对黔北麻羊母体失重和羔羊生长的影响

泌乳是一个高度消耗性的过程, 有研究表明, 母羊在泌乳高峰期的营养需要约为空怀母羊的 3 倍。羔羊刚出生时由于胃肠、瘤胃发育不全, 生长所需营

养物质主要来自母乳, 这时母羊营养平衡被打破, 需消耗身体储备能量, 体重通常会发生失重现象。崔晓鹏等^[14]研究发现, 随着补饲精料水平的提高, 母羊分娩失重减少, 羔羊初生重增加。程光民等^[15]对莱芜黑山羊研究也表明, 增加粗蛋白水平和能量水平, 泌乳母羊的泌乳量、羔羊的日均增重都提高。本研究表明, 营养水平增加, 母体失重减少, 羔羊日增重增加。Xue 等^[16]和 Kelly 等^[17]研究发现, 妊娠期母羊营养不足会诱发肝脏脂代谢相关基因表达水平上调, 引起非酯化脂肪酸和 β -羟基丁酸增加, 不利于母羊营养物质消化吸收, 影响体况恢复。这与张勇等^[18]的研究结果相一致, 表明提高营养水平的饲养策略对泌乳母羊和羔羊的体重都有正向的影响。

3.2 营养水平对黔北麻羊泌乳量和乳成分的影响

母羊泌乳量的高低和乳营养高低是影响羔羊成活和生长速度的两个重要因素^[19]。本研究结果显示, 80%、100%、120% 组营养水平对黔北麻羊的泌

表 7 日粮养分消化率与营养水平间的回归分析
Table 7 Regression analysis of nutrient digestibility and nutrient level

指标 Parameter	方程 Equation	R^2	P	n
干物质消化率 Dry matter digestibility	$y = 38.82 + 27.11x$	0.757	< 0.001	9
总能代谢率 Gross energy metabolic rate	$y = 50.50 + 22.29x$	0.718	< 0.001	9
粗蛋白消化率 Crude protein digestibility	$y = 43.01 + 30.81x$	0.797	< 0.001	9
钙消化率 Calcium digestibility	$y = 2.49 + 37.64x$	0.505	0.012	9
磷消化率 Phosphorus digestibility	$y = -16.14 + 46.76x$	0.572	0.003	9
消化能/代谢能 Digestive energy/metabolic energy	$y = 38.64 + 27.91x$	0.813	< 0.001	9

乳量无显著影响,但泌乳量随着营养水平的提高而增加。这与王建华等^[20]研究结果一致,均是高营养水平日粮比低营养水平日粮有利于提高泌乳量。赵彦光等^[21]研究发现,泌乳期营养水平对泌乳力起关键作用,因此,提高泌乳期母羊饲粮营养水平是增加泌乳量的有效方案。

乳营养成分含量对提高羔羊体质和后期生长发育影响较大。本研究表明,随日粮水平增加,乳脂含量、乳蛋白含量、乳糖含量也随之升高,且各组间差异显著 ($P < 0.05$)。乳脂的合成主要受胆固醇调节元件结合蛋白转录因子的调节,随日粮水平增加,脂蛋白脂酶、硬脂酰辅酶 A 去饱和酶、肪酸脱氢酶等肝脏脂代谢基因 mRNA 表达量提高,进而引起乳脂含量增加^[22]。研究表明,随着日粮营养水平增加,瘤胃微生物发酵素中丙酸比例增加,使胰岛素分泌增多,会刺激乳腺对氨基酸的摄入,提高了乳蛋白含量,与本研究结果一致。乳中各成分最终都是由饲料提供的,主要是乳腺分泌上皮细胞对血浆选择性吸收和浓缩后从血液直接进入乳中的,有的则是上皮细胞利用血液中的原料,经过复杂的生物合成而来的^[23],因此,乳成分随日粮营养水平增加而增加。

3.3 泌乳期营养水平对黔北麻羊养分和能量摄入的影响

日粮精粗比例较低会加快饲料在胃肠道中的流通速率^[24],降低饲料在胃肠道中的停留时间,增加采食量,影响营养物质的消化吸收。精料比例过高,会降低瘤胃内 pH,影响瘤胃内微生物繁殖,引起瘤胃环境变化,进而影响营养物质表观消化率^[25]。张继伟等^[26]研究显示,随饲粮能量水平的提高,燕山绒山羊 DM、OM 采食量提高,同时 EE、Ca、GE 和 N 的表观消化率也同步提高。鲍玉林等^[27]研究表明,随着牦牛日粮中营养水平增加,牦牛的

Ash、CP 等营养物质表观消化率逐渐提高。方美烟^[28]研究认为,饲料 CP 水平增加,Ca、P 的表观消化率显著升高。这与本研究结果一致,说明营养水平适当升高,可促进微生物的生长繁殖,加快新陈代谢,对营养物质的需求也相应增加,从而提高干物质、有机物、粗蛋白、磷、钙的表观消化率。反刍动物瘤胃微生物的组成与结构直接影响其利用纤维的能力,瘤胃中降解纤维的微生物主要有白色瘤胃球菌 (*Ruminococcus alb*)、黄色瘤胃菌 (*R. flavefaciens*) 和产琥珀酸拟杆菌 (*Bateroides succinogenes*) 等,提高它们在瘤胃中的相对丰度就能显著提高日粮纤维消化率^[29]。本研究中,随着营养水平提高,DMI、OM 摄入量、GE、DE、CP、DCP、NDF、Ca、P 的摄入均增加,究其原因可能是营养水平提高,日粮 NDF 的含量增加,采食 120% 组日粮瘤胃排空速度减慢致使食糜在瘤胃内的停留时间延长,使得瘤胃有充分的时间对日粮 CP、DCP、DNF、Ca、P 进行消化。李万栋等^[30]研究发现随着营养水平升高,长期舍饲牦牛的 OM 和 DM 消化率反而降低,这与本研究结果相反。究其原因可能是营养水平上升打破了瘤胃微生物平衡、能氮平衡比例失调所致。

本研究表明,泌乳母羊母体失重与羔羊增重、DM 消化率、CP、GE 和 DE 间均存在极显著正相关关系。这与实际生产相一致,断奶期羔羊增重主要从母体中获得营养物质,羔羊从母体获得的营养物质越多,增重越快,相同营养水平下,母体失重增加,因此,泌乳期补饲能减少母体失重,提高羔羊日增重。

3.4 营养水平对泌乳黔北麻羊营养物质消化和代谢的影响

王吉峰^[31]研究发现,泌乳奶牛的消化能和总能消化率均随着精饲料比例的增加而显著提高。刘洁^[32]研究发现,随着精饲料比例的提高,肉用绵羊的饲

粮消化能、代谢能和总能消化率整体表现上升的趋势。门小明等^[33]研究发现随着日粮精料比例提高,小尾寒羊对日粮干物质、能量、粗蛋白的消化率都有不同程度增加,大量的研究表明,随着营养水平的提高,饲粮 DM、OM、CP、DNF、Ca、P 的表现消化率增加,这与本研究结果相一致,对日粮养分消化率与营养水平回归分析发现,DMI、GE、CP 消化率、P 消化率、消化能/代谢率与营养水平间均为正相关关系。这与欧阳依娜等^[34]、赵彦光等^[21]的研究结果相反,欧阳依娜等^[34]研究发现随着日粮中 Ca 水平的增加,云南半细毛羊泌乳中期的 GE 消化率、GE 和 DE 代谢率降低。赵彦光等^[21]发现随着日粮营养水平的提高,初产萨能奶山羊日粮 DM、CP、CF、无氮浸出物和粗灰分的消化率有不同程度下

降,但并不显著。因此,增加日粮中的营养水平能否显著提高反刍家畜的消化率可能与其他因素(如粗饲料类型、精粗比例、动物的微生物区系等)有关。

4 结论

随着营养水平的提高,泌乳羊母体失重显著减少($P < 0.05$),羔羊增重显著增加($P < 0.05$);母羊泌乳量提高,乳脂率、乳蛋白和乳糖含量亦随之增加($P < 0.05$);DMI、OMI、GE、CP、NDF、Ca、P 摄入量和消化率提高($P < 0.05$)。综上,提高营养水平,可促进母羊泌乳,减轻母羊失重,增加养分摄入,提高养分消化吸收和促进羔羊生长。黔北麻羊泌乳母羊的适宜营养水平为《中国肉羊饲养标准》^[6]中山羊营养需要的 120%。

参考文献 References:

- [1] 贵州省畜禽品种志编辑委员会. 贵州省畜禽品种志. 贵阳: 贵州科技出版社, 1993.
Guizhou Livestock and Poultry Breeds Editorial Committee. Animal Breeds of Guizhou Province. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 1993.
- [2] 宋晓雯. 崂山奶山羊育成及泌乳母羊日粮中适宜能量水平(需要量)的研究. 青岛: 青岛农业大学硕士学位论文, 2016.
SONG X W. Study on the optimal energy level (requirement) in the diet of Laoshan dairy goats. Master Thesis. Qingdao: Qingdao Agricultural University, 2016.
- [3] 程光民, 陈凤梅, 伏桂华, 王广敬, 尹作国, 徐亚琼, 刘建胜, 徐相亭. 饲粮粗蛋白质水平对沂蒙黑山羊生产性能、营养物质消化率及血清生化指标的影响. 动物营养学报, 2021, 33(12): 6889-6898.
CHENG G M, CHEN F M, FU G H, WANG G J, YIN Z G, XU Y Q, LIU J S, XU X T. Effects of dietary crude protein level on performance, nutrient digestibility and serum biochemical parameters of Yimeng Black goats. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021, 33(12): 6889-6898.
- [4] 石靖, 施晓丽, 刘世仓, 苟昌勇. 营养水平对妊娠前期黔北麻羊生长性能、养分消化代谢的影响. 中国畜牧杂志, 2020, 56(7): 155-161.
SHI J, SHI X L, LIU S C, GOU C Y. Effects of nutrient level on growth performance, nutrient digestion and metabolism of Qianbei Brown goat during pre-gestation. Chinese Journal of Animal Science, 2020, 56(7): 155-161.
- [5] 陈扬, 施晓丽, 罗卫星. 精料补饲对黔北麻羊泌乳母羊生产性能的影响. 贵州农业科学, 2015, 43(8): 168-170.
CHEN Y, SHI X L, LUO W X. Effect of concentrate supplementation on performance of lactating ewes of Qianbei brown goat. Guizhou Agricultural Sciences, 2015, 43(8): 168-170.
- [6] 中华人民共和国农业部. 肉羊饲养标准 (NY/T 816-2004). 北京: 中国农业出版社, 2004.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Feeding Standard of Meat-producing Sheep and Goats (NY/T 816-2004). Beijing: China Agriculture Press, 2004.
- [7] National Research Council. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Washington DC: National Academy Press, 2007.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 饲料中水分的测定 (GB/T 64356-2014). 北京: 中国农业出版社, 2014.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of water Content in feed (GB/T 64356-2014). Beijing: China Agriculture Press, 2014.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 饲料中粗灰分的测定 (GB/T 6438-2007). 北京: 中国农业出版社, 2007.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Determination of

- crude ash in feed (GB/T 6438-2007). Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [10] 中华人民共和国卫生部. 食品中蛋白质的测定 (GB/T 5009.5-2003). 北京: 中国标准出版社, 2003.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Determination of Protein in Food (GB/T 5009.5-2003). Beijing: Standards Press of China, 2003.
- [11] 中华人民共和国农业部. 饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定 (GB/T 20806-2022). 成都: 中国标准出版社, 2022.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of Neutral Detergent Fiber (NDF) in feed (GB/T 20806-2022). Chengdu: Standards Press of China, 2022.
- [12] 中华人民共和国农业部. 饲料中钙的测定 (GB/T 6436-2018). 北京: 中国标准出版社, 2018.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Determination of Calcium in feed (GB/T 6436-2018). Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [13] 中华人民共和国农业部. 饲料中总磷的测定 分光光度法 (GB/T 6437-2018). 北京: 中国标准出版社, 2018.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Spectrophotometric Method for Determination of Total Phosphorus in Feed (GB/T 6437-2018). Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [14] 崔晓鹏, 侯生珍, 王志有. 补饲日粮不同精粗比对妊娠后期藏母羊生产性能及血清指标的影响. 饲料工业, 2016, 37(13): 40-44.
CUI X P, HOU S Z, WANG Z Y. Effects of dietary supplementation on performance and serum indexes of Tibetan Ewes in late gestation. Feed Industry, 2016, 37(13): 40-44.
- [15] 程光民, 徐相亭, 陈凤梅, 张永翠, 刘建胜, 王建民. 饲粮能量和蛋白质水平对莱芜黑山羊泌乳母羊营养物质消化、泌乳量和血清生化指标及羔羊增重的影响. 动物营养学报, 2015, 27(1): 281-288.
CHENG G M, XU X T, CHEN F M, ZHANG Y C, LIU J S, WANG J M. Effects of dietary energy and protein levels on nutrient digestion, lactation yield, serum biochemical indices and lamb weight gain of lactating ewes. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(1): 281-288.
- [16] XUE Y F, GUO C Z, HU F, ZHU W Y, MAO S Y. Maternal undernutrition induces fetal hepatic lipid metabolism disorder and affects the development of fetal liver in a sheep model. FASEB Journal, 2019, 33: 9990-10004.
- [17] KELLY A C, BIDWELL C A, MCCARTHY F M, TASKA D J, ANDERSON M J, CAMACHO L E. RNA sequencing exposes adaptive and immune responses to intrauterine growth restriction in fetal sheep islets. Endocrinology, 2017, 158: 743-755.
- [18] 张勇, 郭武君, 李晓梅. 补饲水平对甘肃高山细毛羊血液指标及其羔羊体重的影响. 草业科学, 2016, 33(11): 2337-2344.
ZHANG Y, GUO W J, LI X M. Effects of supplemental feeding level on blood indexes and body weight of Gansu Alpine Fine Wool Sheep. Pratacultural Science, 2016, 33(11): 2337-2344.
- [19] 赵伯阳, 徐刚毅, 冯朝辉, 云志彬, 郑程莉, 陈浩林. 四川部分山羊品种(系)产奶量及乳营养分析. 食品科学, 2011, 32(17): 330-333.
ZHAO B Y, XU G Y, FENG C H, YUN Z B, ZHENG C L, CHEN H L. Analysis of milk yield and milk nutrition of some goat breeds (lines) in Sichuan. Food Science, 2011, 32(17): 330-333.
- [20] 王建华, 戈新, 张宝珣. 不同能量蛋白水平日粮对崂山奶山羊消化代谢的影响. 中国饲料, 2011(1): 5-7.
WANG J H, GE X, ZHANG B X. Effects of different energy protein levels on digestion and metabolism of Laoshan dairy goats. China Feed, 2011(1): 5-7.
- [21] 赵彦光, 胡钟仁, 胡清泉, 刘韶娜, 洪荣, 彭德林. 不同营养水平精饲料对初产萨能奶山羊生长及繁殖性能的影响. 安徽农业科学, 2015, 43(10): 144-148.
ZHAO Y G, HU Z R, HU Q Q, LIU S N, HONG R, PENG D L. Effects of different nutrient levels on growth and reproductive performance of Saanen Dairy Goats. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2015, 43(10): 144-148.
- [22] 马菊红, 雷琦敬, 倪迎冬, 李贤, 殷玉鹏, 李国红, 胡小宏, 张艳, 陈树林, 丛日华. 高精料日粮对泌乳期奶山羊脂肪代谢的影响. 动物医学进展, 2017, 38(12): 44-48.
MA J H, LEI Q J, NI Y D, LI X, YIN Y P, LI G H, HU X H, ZHANG Y, CHEN S L, CONG R H. Effects of high concentrate diet on fat metabolism in lactation dairy goats. Progress in Veterinary Medicine, 2017, 38(12): 44-48.
- [23] 李海琴, 贾建磊, 李鹏翔. 饲粮不同营养水平对小尾寒羊泌乳性能及生殖激素的影响. 青海大学学报(自然科学版), 2019, 37(4): 49-54.
LI H Q, JIA J L, LI P X. Effects of different dietary nutrient levels on lactation performance and reproductive hormones of Small-tailed Han Sheep. Journal of Qinghai University (Natural Science Edition), 2019, 37(4): 49-54.

- [24] QI R, LIN Y T. Research progress of dietary physically effective neutral detergent fiber on nutritional control of dairy cows. *Cereal & Feed Industry*, 2010(5): 52-55.
- [25] 据思思, 纪守坤, 段春辉, 尹雪姣, 曹文新, 张英杰. 不同NDF水平饲料对羔羊生长性能、营养物质消化、消化道重量及瘤胃乳头发育的影响. *畜牧兽医学报*, 2020, 51(7): 1666-1676.
- JU S S, JI S K, DUAN C H, YIN X J, CAO W X, ZHANG Y J. Effects of different NDF levels on growth performance, nutrient digestion, digestive tract weight and rumen papilla development of lambs. *Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2020, 51(7): 1666-1676.
- [26] 张继伟, 李振林, 翟刚, 高昆, 张英杰, 刘月琴, 段春辉. 饲料消化能和可消化粗蛋白质水平对燕山绒山羊营养物质表观消化率的影响. *动物营养学报*, 2018, 30(10): 3958-3967.
- ZHANG J W, LI Z L, ZHAI G, GAO K, ZHANG Y J, LIU Y Q, DUAN C H. Effects of dietary digestible energy and digestible crude protein levels on nutrient apparent digestibility of Yanshan Cashmere Goats. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2018, 30(10): 3958-3967.
- [27] 鲍玉林, 张永洪, 刘妍妍. 不同营养水平全混合日粮对舍饲牦牛生长性能、营养物质表观消化率、屠宰性能和肉品质的影响. *畜牧与兽医*, 2020, 52(10): 34-38.
- BAO Y L, ZHANG Y H, LIU Y Y. Effects of total mixed diets with different nutrient levels on growth performance, nutrient apparent digestibility, slaughter performance and meat quality of housed yaks. *Animal Science and Veterinary Medicine*, 2020, 52(10): 34-38.
- [28] 方美烟. 不同消化能和粗蛋白质水平饲料对泌乳前期伊犁母马消化代谢和血液生化指标的影响. 乌鲁木齐: 新疆农业大学硕士学位论文, 2018.
- FANG M Y. Effects of different digestible energy and crude protein levels on digestion and metabolism and blood biochemical indexes of Yili Mares during early lactation. Master Thesis. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2018.
- [29] 李万栋. 铁、锌、硒对牦牛瘤胃发酵、生长性能及血液生化指标的影响. 西宁: 青海大学硕士学位论文, 2016.
- LI W D. Effects of Fe, Zn and Se on rumen fermentation, growth performance and blood biochemical indices of yak. Master Thesis. Xi'ning: Qinghai University, 2016.
- [30] 李万栋, 郝力壮, 刘书杰, 柴沙驼, 张晓卫, 牛建章. 不同营养水平对生长期舍饲牦牛生长性能和营养物质表观消化率的影响. *饲料工业*, 2015, 36(17): 42-46.
- LI W D, HAO L A, LIU S J, CHAI S T, ZHANG X W, NIU J Z. Effects of different nutrient levels on growth performance and nutrient apparent digestibility of house-fed yaks. *Feed Industry*, 2015, 36(17): 42-46.
- [31] 王吉峰. 日粮精粗比对奶牛消化代谢及乳脂肪酸成分影响的研究. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文, 2004.
- WANG J F. Effects of dietary concentrate to roughage ratio on digestion and metabolism and milk fatty acid composition of dairy cows. Master Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2004.
- [32] 刘洁. 肉用绵羊饲料代谢能与代谢蛋白质预测模型的研究. 北京: 中国农业科学院博士学位论文, 2012.
- LIU J. Study on prediction model of metabolizable energy and metabolizable protein in meat sheep feed. PhD Thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012.
- [33] 门小明, 雒秋江, 唐志高, 朱文涛, 潘榕. 3种不同精粗比日粮条件下空怀小尾寒羊母羊的消化与代谢. *中国畜牧兽医*, 2006(10): 13-17.
- MEN X M, LUO Q J, TANG Z G, ZHU W T, PAN R. Digestion and metabolism of ewe with empty small tail cold sheep under three different concentrate to coarse diets. *Chinese Animal Husbandry and Veterinary Science*, 2006(10): 13-17.
- [34] 欧阳依娜, 李银江, 李卫娟. 不同钙水平日粮对云南半细毛羊泌乳期能量代谢的影响. *中国畜牧兽医*, 2020, 47(2): 416-424.
- OUYANG Y N, LI Y J, LI W J. Effects of different calcium levels on energy metabolism during lactation of Yunnan Semi-fine Wool sheep. *China Animal Science and Veterinary Medicine*, 2020, 47(2): 416-424.

(责任编辑 魏晓燕)