

妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙需要量

李卫娟¹ 李银江¹ 薛白² 马兴跃¹ 王思宇¹ 欧阳依娜¹ 梁家充¹ 洪琼花^{1*}

(1.云南省畜牧兽医科学院,昆明 650224;2.四川农业大学动物营养研究所,成都 611130)

摘要:为确定妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙需要量,选用体况良好、年龄一致、体重(45.14±3.94) kg、配种日期一致的经产2胎妊娠期云南半细毛羊50只,随机分成5个组(每组10只),分别饲喂钙水平为0.42%、0.45%、0.56%、0.65%和0.82%的试验饲料。从妊娠第46天算起,试验期共74 d,其中预试期14 d,正试期60 d。在妊娠前期(妊娠第70~75天)和中期(妊娠第100~105天)分别从各组中选择5只羊进行为期5 d的消化代谢试验。结果表明:1)饲料钙水平对妊娠前期和中期云南半细毛羊的干物质采食量、总增重、平均日增重及料重比均无显著影响($P>0.05$)。2)随饲料钙水平的升高,妊娠前期和中期云南半细毛羊进食钙和排泄钙显著增加($P<0.05$)。钙表观消化率在妊娠前期表现为0.82%组显著高于0.45%、0.56%组($P<0.05$),在妊娠中期表现为0.82%组显著高于0.42%、0.45%、0.56%组($P<0.05$),0.65%组显著高于0.42%、0.45%组($P<0.05$)。妊娠前期0.82%组沉积钙显著高于其他组($P<0.05$),0.65%组显著高于0.42%、0.45%、0.56%组($P<0.05$),妊娠中期0.82%组沉积钙显著高于其他组($P<0.05$),0.65%组显著高于0.42%、0.45%组($P<0.05$)。在钙沉积率方面,妊娠前期0.82%组显著高于0.45%和0.56%组($P<0.05$),妊娠中期0.82%组显著高于其他组各组合($P<0.05$),0.65%组显著高于0.42%、0.45%组($P<0.05$)。综上可知,在本试验条件下,饲料钙水平不影响妊娠前期和中期云南半细毛羊的生长性能,但显著影响钙的进食量、排泄量、沉积量、表观消化率及沉积率。妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙维持需要量分别为0.108 7和0.131 0 g/(kg W^{0.75}·d),钙总需要量分别为0.490、0.508 g/(kg W^{0.75}·d)。

关键词:妊娠期;云南半细毛羊;生长性能;钙;需要量

中图分类号:S816

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)06-3289-08

妊娠期母羊的营养对母羊的健康和胎儿的发育都有重要的作用,因此合理配制饲料是提高妊娠期母羊生产性能的有效措施。钙是动物生长所必需的常量元素之一。目前,有关反刍动物钙需要量的参数主要依据NRC(2007)^[1]和我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[2]。在我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[2]中,体重40~50 kg的妊娠前期绵羊每天的钙维持需要量为3.0~3.2 g。但随着育种的进步和环境变化,动物对营养素的需求也发生了变化。各国研究人员对

绵羊、山羊钙的需要量做了大量的研究,但研究结果存在一定的差异性。一些学者发现,NRC(2007)^[1]推荐的营养水平并不符合我国羊的营养需要^[3-4],如不同品种的羔羊、育成羊、哺乳母羊的营养需要量^[5-9]。张昌吉等^[10]采用析因法估测得出甘肃高山细毛羊妊娠母羊的钙需要量为8.22~9.61 g/d,而妊娠期云南半细毛羊的钙需要量研究未见报道。

云南半细毛羊是以云南本地山谷型藏羊与细毛羊杂交后代为母本,引入罗姆尼羊、林肯羊公

收稿日期:2020-12-02

基金项目:国家绒毛用羊产业技术体系(CARS39-08);省科技创新人才计划(2018HC017);省科技人才和平台计划(2018IC108)

作者简介:李卫娟(1976—),女,云南罗平人,副研究员,硕士,从事草食动物营养与饲料研究。E-mail: 871677079@qq.com

*通信作者:洪琼花,研究员,硕士生导师,E-mail: yxh7168@126.com

羊,经过育成杂交、横交固定、自群繁育培育 10 余年而成的毛肉兼用型半细毛羊新品种,其产羔率为 108%~118%。云南半细毛羊具有较强的适应能力,是高寒山区农民脱贫致富的主要畜种之一,目前已作为种羊推广到四川、贵州、西藏等地,并表现出良好的适应性。为更好地发展和推广这一毛肉兼用型半细毛羊新品种在贫困山区脱贫中的作用,为云南半细毛羊饲养提供精准的饲料,本试验以妊娠期云南半细毛羊为研究对象,采用饲养试验和消化代谢试验,研究饲料钙水平对妊娠前期和中期云南半细毛羊生长性能和钙消化代谢的影响,以期得出妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙需要量。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

饲养试验于 2017 年 10 月 18 日至 2017 年 12 月 30 日在昆明易兴恒畜牧科技有限责任公司进行。试验选取 50 只体况良好、体重 $[(45.14 \pm 3.94) \text{ kg}]$ 相近以及年龄、配种期、妊娠期一致的经产 2 胎妊娠期云南半细毛羊,随机分成 5 组

(每组 10 只),分别饲喂钙水平为 0.42%、0.45%、0.56%、0.65%、0.82% (实测值)的试验饲料,饲料的其他营养水平保持一致。试验从妊娠的第 46 天开始,试验期共 74 d,其中预试期 14 d,正试期 60 d,试验分妊娠前期(妊娠第 60~90 天)和中期(妊娠第 91~120 天)2 个阶段。试验饲料参照我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[1]中妊娠期羊营养需要配制,精粗比为 45:55,其组成及营养水平见表 1。

1.2 饲养管理

试验开始前将栏舍打扫干净、严格消毒,并检查代谢笼、食槽和水槽有无异常。试验开始当天将试验羊称重分组,然后进入预试期。每天 08:00、17:00 各饲喂 1 次,先饲喂粗料再饲喂精料,自由饮水。在预试期,熟悉试验羊饲养管理流程,并记录各组试验羊的采食量,根据前 1 天的采食量调整第 2 天的饲喂量,确保饲槽内有 10% 左右的剩料。预试期结束后进入正试期。在妊娠前期(妊娠第 70~75 天)和中期(妊娠第 100~105 天)分别从各组试验羊中选择 5 只,在代谢笼中单笼饲养,进行为期 5 d 的消化代谢试验。

表 1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

项目 Items	饲料钙水平 Dietary calcium level/%				
	0.42	0.45	0.56	0.65	0.82
原料 Ingredients					
小黑麦全株 Triticale whole plant	10.00	25.00	30.00	33.00	34.00
小麦秸 Wheat straw	45.00	30.00	25.00	22.00	21.00
玉米 Corn	20.00	30.10	28.00	28.20	28.00
麦麸 Wheat bran		7.00	9.90	9.70	9.50
玉米淀粉 Corn starch	10.15				
豆粕 Soybean bran	13.00	6.20	5.00	4.60	4.60
碳酸钙 CaCO ₃		0.20	0.60	1.00	1.40
磷酸二氢钠 NaH ₂ PO ₄	0.35				
预混料 Premix ¹⁾	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾					
代谢能 ME/(MJ/kg)	8.06	8.09	8.07	8.06	8.03
粗蛋白质 CP	10.48	9.78	9.84	9.67	9.56
粗灰分 Ash	4.94	4.72	4.80	5.05	5.46
粗脂肪 EE	1.73	1.41	1.48	1.40	1.82
中性洗涤纤维 NDF	38.21	39.68	39.14	39.89	41.56
酸性洗涤纤维 ADF	29.79	28.72	27.47	28.17	28.08

续表 1

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary calcium level/%				
	0.42	0.45	0.56	0.65	0.82
钙 Ca	0.42	0.45	0.56	0.65	0.82
磷 P	0.23	0.21	0.24	0.24	0.23
钙磷比 Ca/P	1.83	2.14	2.33	2.71	3.57

1) 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets: Mn 98 mg, Fe 245 mg, Zn 80 mg, Cu 10 mg, I 2.5 mg, Se 0.65 mg, Co 0.65 mg, VA 10 000 IU, VD₃ 1 000 IU, VE 50 IU。

2) 代谢能为计算值,其余均为实测值。ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 样品采集与指标测定

在正式试验开始和结束当天上午空腹称重,准确记录每只羊每天的采食量,计算出每只羊的干物质采食量(DMI),用于计算平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。消化代谢期间每天上午全收粪、尿,连续收集 5 d,每天记录每只羊的采食量、排粪量和排尿量。

每天将收集的每只羊的鲜粪样混匀称重后取 20% 并分成 2 份,一份按 5% 的比例加入 10% 的稀盐酸进行固氮,另一份直接装入自封袋;每天将收集的尿样混匀后取 10%,于 -20 °C 保存用于测定尿钙含量。同时每天采集 1 次混合精料和粗料样品,每组混合精料采集 200 g,粗料采集 200 g。采集的粪样、混合精料、粗料 55 °C 风干后,回潮 24 h,称重,分别粉碎过 40 目筛,自封袋保存用于测定养分含量。饲粮、尿、粪中钙含量以及饲粮中其他养分含量参照张丽英^[11]主编的《饲料分析及饲料质量检测技术》中方法的测定。

1.4 计算公式

钙消化代谢指标计算公式如下:

沉积钙(g/d) = 摄入钙 - 粪钙 - 尿钙;

排泄钙(g/d) = 粪钙 + 尿钙;

可消化钙(g/d) = 摄入钙 - 粪钙;

钙表观消化率(%) = (可消化钙/摄入钙) × 100;

钙沉积率(%) = (沉积钙/摄入钙) × 100。

1.5 统计分析

所有试验数据采用 Excel 2007 软件进行预处理后用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),结果用“平均值 ± 标准差”表示, $P > 0.05$ 表示差异不显著, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 饲粮钙水平对妊娠前期和中期云南半细毛羊生长性能的影响

由表 2 和表 3 可知,无论是妊娠前期还是妊娠中期,各组云南半细毛羊的干物质采食量、总增重、平均日增重、料重比均差异不显著($P > 0.05$)。从妊娠前期到妊娠中期,各组云南半细毛羊的料重比均有不同程度降低。

表 2 饲粮钙水平对妊娠前期云南半细毛羊生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary calcium level on growth performance of Yunnan semi-fine wool sheep in early pregnancy

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary calcium level/%				
	0.42	0.45	0.56	0.65	0.82
初始体重 IBW/kg	46.91±4.91	45.59±4.07	44.28±3.97	44.09±3.27	44.85±3.48
终末体重 FBW/kg	49.29±4.92	48.55±3.68	48.86±4.33	47.35±3.38	48.34±2.94
总增重 TWG/kg	2.98±1.03	2.96±0.94	3.56±1.44	3.26±0.91	3.49±0.98
平均日增重 ADG/(g/d)	99.17±34.40	98.75±31.37	118.58±48.15	108.75±30.18	116.33±22.68
干物质采食量 DMI/(kg/d)	1.49±0.05	1.48±0.06	1.43±0.09	1.43±0.05	1.42±0.11
料重比 F/G	16.02±5.66	16.43±5.33	14.46±4.63	14.25±4.73	14.32±3.52

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著($P > 0.05$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

表 3 饲粮钙水平对妊娠中期云南半细毛羊生长性能的影响

Table 3 Effects of dietary calcium level on growth performance of *Yunnan* semi-fine wool sheep in mid-pregnancy

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary calcium level/%				
	0.42	0.45	0.56	0.65	0.82
初始体重 IBW/kg	49.29±4.92	48.55±3.68	48.86±4.33	47.35±3.38	48.54±3.94
终末体重 FBW/kg	53.40±5.91	53.38±3.76	54.10±4.13	51.74±3.60	53.60±3.78
总增重 TWG /kg	4.11±1.34	4.83±1.35	5.24±1.69	4.39±0.93	5.06±1.29
平均日增重 ADG/(g/d)	137.08±44.63	160.83±45.07	174.58±56.43	146.25±31.14	168.75±43.06
干物质采食量 DMI/(kg/d)	1.46±0.10	1.51±0.06	1.52±0.03	1.50±0.06	1.50±0.10
料重比 F/G	11.41±2.73	10.47±4.75	9.81±4.09	10.67±2.39	9.97±4.96

2.2 饲粮钙水平对妊娠前期和中期云南半细毛羊钙消化代谢的影响

由表 4、表 5 可知,无论是妊娠前期还是妊娠中期,随饲粮钙水平的升高,云南半细毛羊的进食钙、粪钙和排泄钙均显著增加 ($P<0.05$),而尿钙则无显著变化 ($P>0.05$)。就钙的表现观消化率而言,在妊娠前期,0.82% 组显著高于 0.45%、0.56% 组 ($P<0.05$),在妊娠中期,0.82% 组显著高于 0.42%、0.45%、0.56% 组 ($P<0.05$),且 0.65% 组显著高于 0.42%、0.45% 组 ($P<0.05$),其他组间差异不显著

($P>0.05$)。在沉积钙方面,在妊娠前期,0.82% 组显著高于其他组 ($P<0.05$),0.65% 组显著高于 0.42%、0.45% 和 0.56% 组 ($P<0.05$),在妊娠中期,0.82% 组显著高于其他组 ($P<0.05$),0.65% 组显著高于 0.42%、0.45% 组 ($P<0.05$),其他组间差异不显著 ($P>0.05$)。在钙沉积率方面,在妊娠前期,0.82% 组显著高于 0.45% 和 0.56% 组 ($P<0.05$),在妊娠中期,0.82% 组显著高于其他各组 ($P<0.05$),0.65% 组显著高于 0.42% 和 0.45% ($P<0.05$),其他组间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 4 饲粮钙水平对妊娠前期云南半细毛羊钙消化代谢的影响

Table 4 Effects of dietary calcium level on calcium digestion and metabolism of *Yunnan* semi-fine wool sheep in early pregnancy

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary calcium level/%				
	0.42	0.45	0.56	0.65	0.82
进食钙 Calcium intake/(g/d)	6.75±0.14 ^c	7.50±0.19 ^d	8.41±0.18 ^c	10.48±0.86 ^b	13.78±0.31 ^a
粪钙 Fecal calcium/(g/d)	5.64±0.27 ^c	6.42±0.16 ^d	7.19±0.24 ^c	8.87±0.90 ^b	11.43±0.68 ^a
尿钙 Urine calcium/(g/d)	0.14±0.66	0.10±0.05	0.10±0.07	0.12±0.05	0.13±0.09
排泄钙 Calcium excretion/(g/d)	5.78±0.2 ^c	6.52±0.16 ^d	7.29±0.25 ^c	8.99±0.93 ^b	11.56±0.68 ^a
可消化钙 Digestible calcium/(g/d)	1.11±0.28 ^c	1.08±0.12 ^c	1.23±0.26 ^c	1.60±0.34 ^b	2.35±0.56 ^a
沉积钙 Calcium deposition/(g/d)	0.96±0.24 ^c	0.98±0.13 ^c	1.12±0.26 ^c	1.49±0.34 ^b	2.22±0.55 ^a
钙表现观消化率 Apparent digestibility of calcium/%	16.38±4.07 ^{ab}	14.37±1.45 ^b	14.57±2.95 ^b	15.41±3.34 ^{ab}	17.07±4.15 ^a
钙沉积率 Calcium deposition rate/%	14.25±3.41 ^{ab}	13.05±1.52 ^b	13.33±2.99 ^b	14.33±3.50 ^{ab}	16.14±4.12 ^a

2.3 妊娠前期和中期云南半细毛羊钙需要量

对粪钙、排泄钙或沉积钙与进食钙间的关系进行回归分析,得到妊娠前期和中期粪钙、排泄钙或沉积钙 (y) 与进食钙 (x) 间的回归公式,详见表 6 和表 7。

根据动物营养学原理,当进食钙等于 0 时的排泄钙就是钙的内源损失,结合表 6 和表 7 可以得

出,妊娠前期和中期云南半细毛羊的代谢粪钙排泄量分别为 0.014 和 0.028 g/(kg $W^{0.75} \cdot d$),钙的内源损失分别为 0.019 和 0.029 g/(kg $W^{0.75} \cdot d$)。钙的消化代谢试验结果表明,妊娠前期和中期云南半细毛羊进食钙转为沉积钙的效率分别为 12.6% 和 16.6%,因此,通过内源损失得到的妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙维持需要量分别

为 0.095 和 0.175 g/(kg W^{0.75} · d)。而通过回归分析,当沉积钙为 0 时的进食钙就是钙维持需要量,据此可以得出妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙维持需要量分别为 0.108 7 和 0.131 0 g/(kg W^{0.75} · d)。

根据综合法原理,以平均日增重为判断钙需

要量的标识,妊娠前期和中期云南半细毛羊均以饲料钙水平为 0.56% 时达到最大平均日增重,此时的钙摄入量分别为 0.490 和 0.508 g/(kg W^{0.75} · d),此即分别为妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙总需要量,包括维持、胎儿生长和自身生长所需要的钙。

表 5 饲料钙水平对妊娠中期云南半细毛羊钙消化代谢的影响

Table 5 Effects of dietary calcium level on calcium digestion and metabolism of *Yunnan* semi-fine wool sheep in mid-pregnancy

项目 Items	饲料钙水平 Dietary calcium level/%				
	0.42	0.45	0.56	0.65	0.82
进食钙 Calcium intake/(g/d)	6.03±0.96 ^c	7.51±0.65 ^d	9.39±0.56 ^c	10.99±0.61 ^b	13.90±1.14 ^a
粪钙 Fecal calcium/(g/d)	5.04±0.78 ^c	6.36±0.59 ^d	7.71±0.98 ^c	8.88±0.72 ^b	11.11±0.90 ^a
尿钙 Urine calcium/(g/d)	0.08±0.03	0.09±0.04	0.12±0.06	0.12±0.07	0.13±0.06
排泄钙 Calcium excretion/(g/d)	5.12±0.80 ^c	6.45±0.58 ^d	7.83±0.96 ^c	9.00±0.73 ^b	11.24±0.89 ^a
可消化钙 Digestible calcium/(g/d)	1.00±0.59 ^c	1.16±0.60 ^c	1.67±0.95 ^{bc}	2.11±1.01 ^{ab}	2.79±1.34 ^a
沉积钙 Calcium deposition/(g/d)	0.92±0.59 ^c	1.07±0.59 ^c	1.55±0.93 ^{bc}	2.00±1.01 ^b	2.66±1.33 ^a
钙表观消化率 Apparent digestibility of calcium/%	16.23±7.83 ^c	15.12±7.38 ^c	17.75±9.60 ^{bc}	18.94±8.49 ^b	19.58±8.50 ^a
钙沉积率 Calcium deposition rate/%	14.91±8.02 ^c	13.90±7.30 ^c	16.47±9.40 ^{bc}	17.87±8.53 ^b	18.67±8.48 ^a

表 6 妊娠前期云南半细毛羊钙消化代谢指标 [y, g/(kg W^{0.75} · d)] 与进食钙 [x, g/(kg W^{0.75} · d)] 间的回归方程

Table 6 Regression equation between calcium digestion and metabolism indexes [y, g/(kg W^{0.75} · d)] and calcium intake [x, g/(kg W^{0.75} · d)] of *Yunnan* semi-fine wool sheep in early pregnancy (n=5)

项目 Items	回归方程 Regression equation	R ²
粪钙 Fecal calcium	y=0.815x+0.014	0.998
排泄钙 Calcium excretion	y=0.816x+0.019	0.998
沉积钙 Calcium deposition	y=0.184x-0.020	0.981

表 7 妊娠中期云南半细毛羊钙消化代谢指标 [y, g/(kg W^{0.75} · d)] 与进食钙 [x, g/(kg W^{0.75} · d)] 间的回归方程

Table 7 Regression equation between calcium digestion and metabolism indexes [y, g/(kg W^{0.75} · d)] and calcium intake [x, g/(kg W^{0.75} · d)] of *Yunnan* semi-fine wool sheep in mid-pregnancy (n=5)

项目 Items	回归方程 Regression equation	R ²
粪钙 Fecal calcium	y=0.762x+0.028	0.999
排泄钙 Calcium excretion	y=0.771x+0.029	0.999
沉积钙 Calcium deposition	y=0.229x-0.030	0.989

3 讨论

3.1 饲料钙水平对妊娠前期和中期云南半细毛羊生长性能的影响

胡凤明等^[12]研究得出,饲料钙和磷水平对内蒙古察哈尔羔羊平均日增重、料重比的影响不显

著。Hutcheson 等^[13]研究也发现,用不同钙和磷水平的饲料(钙水平 0.8%、磷水平 0.6% 和钙水平 0.4%、磷水平 0.3%) 饲喂羔羊,羔羊的日增重无显著变化。而司丙文等^[7]的研究发现,与较高钙、磷水平的饲料(钙水平 0.50%、磷水平 0.48% 和钙水平 0.68%、磷水平 0.65%) 相比,羔羊精料中添加 0.40% 的钙和 0.38% 的磷即可满足羔羊的生长需

要。赵智力^[6]的研究也发现,饲料钙和磷水平对非产绒时期绒山羊的干物质采食量无显著影响,袁浩容^[14]对欧拉型后备母羊的研究也得到相似的结果,而对妊娠后期欧拉型母羊的研究所得结果却有所不同,饲料钙和磷水平对妊娠后期欧拉型母羊的干物质采食量、平均日增重和料重比产生了显著的影响。前人的报道多集中在饲料钙磷比对绵羊生长性能的影响方面,目前尚未见到单独研究饲料钙水平对绵羊生长性能影响的报道,从本试验的结果看,无论是妊娠前期还是妊娠中期,饲料钙水平对云南半细毛羊的干物质采食量、平均日增重和料重比均未产生显著影响,与前人的研究结果相似。

3.2 饲料钙水平对妊娠前期和中期云南半细毛羊钙消化吸收的影响

反刍动物对钙的吸收率受动物对钙的需要量,动物的品种、年龄、性别,饲料中其他营养成分含量等的影响。Wilkins等^[15]研究发现,饲料氮和钙水平可以影响山羊肠道对钙和磷的消化吸收。胡凤明等^[12]研究表明,随着饲料中钙和磷水平的升高,察哈尔羔羊对钙和磷采食量、粪钙、粪磷及钙和磷排泄量显著增加,钙表观消化率显著降低。袁浩容^[14]的研究也表明,随着饲料钙和磷水平的升高,青海高原牧区欧拉型后备母羊、妊娠后期母羊、泌乳期母羊的钙采食量、粪钙及钙排泄量均显著增加,而钙表观消化率则显著降低。单独研究饲料钙水平对绵羊钙消化率的报道很少,本试验结果表明,随着饲料钙水平的升高,妊娠前期和中期云南半细毛羊的进食钙、粪钙、沉积钙及排泄钙均显著增加,而沉积率、钙表观消化率呈现不规则的变化,无论是妊娠前期还是妊娠中期,饲料钙水平从0.42%升高到0.45%时,钙沉积率、钙表观消化率均逐渐降低,但差异不显著,饲料钙水平从0.45%升高到0.82%时,钙沉积率、钙表观消化率显著升高,与前人的研究结果有所不同。

3.3 妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙需要量

根据表6、表7沉积钙与进食钙的回归关系可以得出,当沉积钙为0时的进食钙就是钙维持需要量,因此妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙维持需要量分别为0.1087和0.1310 g/(kg W^{0.75}·d),而用内源损失得到的妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙维持需要量分别为0.095和0.175 g/(kg W^{0.75}·d)。可以看出,妊娠前期用沉

积钙与进食钙的回归关系得到的钙维持需要量与用内源损失得到的钙维持需要量极为接近,而妊娠中期用沉积钙与进食钙的回归关系得到的钙维持需要量比用内源损失得到的钙维持需要量低24.6%。NRC(2007)^[1]推荐的妊娠前期体重50~60 kg怀单胎的绵羊的钙维持需要量为3.8~4.2 g/d,换算为代谢体重为0.1948~0.2021 g/(kg W^{0.75}·d),约为本研究得出的妊娠前期云南半细毛羊钙维持需要量的2倍。我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[2]推荐的妊娠后期体重50 kg绵羊的钙维持需要量为3.2 g/d,换算成代谢体重则为0.170 g/(kg W^{0.75}·d),与本研究得到的妊娠中期绵羊的钙维持需要量非常接近。我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[2]中绵羊的钙维持需要量并没有区分妊娠前期和中期,而NRC(1985)也只把妊娠阶段分为妊娠前15周和妊娠最后4周,无论是我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[2]、NRC(1985),还是相关人员的研究^[10,14],都忽略了妊娠前期和中期的营养需要差异。从相关人员的研究结果^[10,14]可以看出,本试验用回归法得出的云南半细毛羊妊娠前期的钙维持需要量有可能偏低,妊娠中期的钙维持需要量比较合理,且妊娠前期和中期的钙维持需要量很可能差异较大,需要进一步研究证实。

根据综合法原理,需要找到一个合理的标识来确定妊娠前期和中期的饲料适宜钙水平,对于妊娠期的羊而言,日增重是最重要的标识,它包括胎儿增重和母体自身的增重。本试验中,无论是妊娠前期还是妊娠中期,饲料钙水平从0.42%升高到0.82%时,都是以饲料钙水平为0.56%时平均日增重最高,因此,可以说,妊娠前期和中期云南半细毛羊的适宜饲料钙水平为0.56%。结合妊娠前期和中期云南半细毛羊的干物质采食量,可知妊娠前期的钙总需要量为0.490 g/(kg W^{0.75}·d),妊娠中期为0.508 g/(kg W^{0.75}·d)。张昌吉等^[10]研究得出,甘肃高山细毛羊成年母羊的钙总需要量为0.57~0.61 g/(kg W^{0.75}·d);袁浩容^[14]研究得出,体重40 kg左右的后备欧拉母羊的钙总需要量为0.255 g/(kg W^{0.75}·d),55 kg左右怀单胎妊娠后期欧拉母羊的钙总需要量为0.37~0.55 g/(kg W^{0.75}·d)。而我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[2]推荐的妊娠前期体重40~60 kg怀单胎的绵羊的钙总需要量为

0.19 g/(kg W^{0.75} · d)。由此看出,本试验得出的妊娠前期和中期云南半细毛羊的钙总需要量与张昌吉等^[10]、袁浩容^[14]的研究结果相近,而高于我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004)^[1]的推荐量。

4 结 论

云南半细毛羊的钙维持需要量,在妊娠前期为 0.108 7 g/(kg W^{0.75} · d),在妊娠中期为 0.131 0 g/(kg W^{0.75} · d);云南半细毛羊的钙总需要量,在妊娠前期为 0.490 g/(kg W^{0.75} · d),在妊娠中期为 0.508 g/(kg W^{0.75} · d)。

参考文献:

- [1] NRC.Nutrient requirements of small ruminants [S]. Washington, D.C.; National Academies Press, 2007.
- [2] 中华人民共和国农业部.NY/T 816—2004 肉羊饲养标准 [M].北京:中国农业出版社,2004.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China.NY/T 816—2004 Feeding standard for mutton sheep [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2004. (in Chinese)
- [3] 许贵善,刁其玉,纪守坤,等.不同饲喂水平对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官指数的影响 [J].动物营养学报,2012,24(5):953-960.
XU G S, DIAO Q Y, JI S K, et al. Effects of different feeding levels on growth performance, slaughter performance and organ indexes of mutton sheep [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2012, 24(5): 953-960. (in Chinese)
- [4] 马友记,王宝义,李发弟,等.不同营养水平全混合日粮对舍饲育肥羔羊生产性能、养分表观消化率和屠宰性能的影响 [J].草业学报,2012,21(4):252-258.
MA Y J, WANG B Y, LI F D, et al. Effects of different nutrition levels in total mixed rations on production performance, apparent digestibility, and slaughter performance in yard feeding lambs [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2012, 21(4): 252-258. (in Chinese)
- [5] IAMDA T, KTD R, AMDA S, et al. Mineral requirements for growth of wool and hair lambs [J]. Revista Brasileira de Zootecnia, 2013, 42(5):347-353.
- [6] 赵智力.内蒙古白绒山羊生长羯羊钙、磷需要量的研究 [D]. 硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学, 2006.
ZHAO Z L. Effect of dietary Ca and P on Inner Mongolia white cashmere goats growing capricorn [D]. Master's Thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- [7] 司丙文,王杰,张帆,等.精料补充料钙、磷水平对牧区冬春季羔羊生长性能、血清生化指标及骨成分的影响 [J].动物营养学报,2016,28(9):2742-2748.
SI B W, WANG J, ZHANG F, et al. Effects of calcium and phosphorus levels of supplementary concentrate on growth performance, serum biochemical indices and bone composition of lambs in pastoral areas during winter and spring season [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(9): 2742-2748. (in Chinese)
- [8] 王勇,田可川,侯广田,等.不同钙磷水平补饲料对放牧巴音布鲁克哺乳母羊及羔羊的影响 [J].草食家畜,2017(6):15-21.
WANG Y, TIAN K C, HOU G T, et al. Effects of supplementation with different levels calcium and phosphorus on lactating Bayanbulak ewes and lambs [J]. Grass-Feeding Livestock, 2017(6): 15-21. (in Chinese)
- [9] 朱新民.生长期波杂山羊钙磷代谢规律及需要量研究 [D]. 硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学, 2004.
ZHU X M. The studies on the metabolism and requirements of calcium and phosphorus for the growing Bore crossbred goat [D]. Master's Thesis. Urumchi: Xinjiang Agricultural University, 2014. (in Chinese)
- [10] 张昌吉,李成,张勇,等.甘肃高山细毛羊妊娠母羊营养需要量估测 [J].草业学报,2017,26(6):168-175.
ZHANG J C, LI C, ZHANG Y, et al. Evaluation of energy requirement in Gansu alpine fine-wool pregnant ewes [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2017, 26(6): 168-175. (in Chinese)
- [11] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 3版.北京:中国农业大学出版社,2007.
ZHANG L Y. Feed analysis and feed quality detection technology [M]. 3rd ed. Beijing: China Agricultural University Press. (in Chinese)
- [12] 胡凤明,司丙文,张博,等.内蒙古牧区察哈尔羔羊饲料钙磷适宜水平研究 [J].草业学报,2017,26(3):100-110.
HU F M, SI B W, ZHANG B, et al. Effect of dietary calcium and phosphorus on growth, blood metabolites, and digestion in chahaer lambs in Inner Mongolia [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2017, 26(3): 100-110. (in Chinese)
- [13] HUTCHESON J P, GREENE L W, CARSTENS G E, et al. Effects of zeranol and two dietary levels of calcium and phosphorus on performance, carcass and bone characteristics, and calcium status in growing lambs [J]. Journal of Animal Science, 1992, 70(5):1346-1351.
- [14] 袁浩容.不同生长阶段欧拉型藏系母羊日粮适宜钙、磷水平的研究 [D]. 硕士学位论文.西宁:青海大学, 2018.

YUAN H R. Study on the level of calcium and phosphorus of dietary in the Oula Tibetan ewes at different stages of growth [D]. Master's Thesis. Xining: Qinghai University, 2018. (in Chinese)

[15] WILKENS M R, RICHTER J, FRASER D R, et al. In

contrast to sheep, goats adapt to dietary calcium restriction by increasing intestinal absorption of calcium [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2012, 163 (3/4): 396-406.

Calcium Requirement of *Yunnan* Semi-Fine Wool Sheep in Early and Mid-Pregnancy

LI Weijuan¹ LI Yinjiang¹ XUE Bai² MA Xingyue¹ WANG Siyu¹ OUYANG Yina¹
LIANG Jiachong¹ HONG Qionghua^{1*}

(1. *Yunnan Institute of Animal Science and Veterinary, Kunming 650224, China*; 2. *Institute of Animal Nutrition, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China*)

Abstract: This experiment was conducted to determine the calcium requirement of *Yunnan* semi-fine wool sheep in early and mid-pregnancy. Fifty multiparous *Yunnan* semi-fine wool sheep with good body condition, similar age and breeding date, body weight of (45.14 ± 3.94) kg, were selected and randomly allocated into 5 groups (10 sheep per group), and were fed experimental diets with the calcium level of 0.42%, 0.45%, 0.56%, 0.65% and 0.82%, respectively. The experiment began on the 46th day of pregnancy and lasted for 74 days, with 14-day preliminary period and 60-day formal period. In early (the 70th to 75th day of pregnancy) and mid-pregnancy (the 100th to 105th day of pregnancy), five sheep were selected from each group for a 5-d digestion and metabolism trial. The results showed as follows: 1) dietary calcium level did not significantly affect the dry matter intake, total weight gain, average daily gain and feed/gain ($P > 0.05$). 2) With the dietary calcium level increasing, the calcium intake and calcium excretion of *Yunnan* semi-fine wool sheep in early and mid-pregnancy were significantly increased ($P < 0.05$). The apparent digestibility of calcium in early pregnancy showed that 0.82% group was significantly higher than 0.45% and 0.56% groups ($P < 0.05$), and it in mid-pregnancy showed that 0.82% group was significantly higher than 0.42%, 0.45% and 0.56% groups ($P < 0.05$), and 0.65% group was significantly higher than 0.42% and 0.45% groups ($P < 0.05$). In early pregnancy, the calcium deposition in 0.82% was significantly higher than that in other groups ($P < 0.05$), and it in 0.65% group was significantly higher than that in 0.42%, 0.45% and 0.56% groups ($P < 0.05$); the calcium deposition rate in 0.82% group was significantly higher than that in 0.45% and 0.56% groups ($P < 0.05$). In mid-pregnancy, the calcium deposition in 0.82% was significantly higher than that in other groups ($P < 0.05$), and it in 0.65% group was significantly higher than that in 0.42% and 0.45% groups ($P < 0.05$); the calcium deposition rate in 0.82% was significantly higher than that in other groups ($P < 0.05$), and it in 0.65% group was significantly higher than that in 0.42% and 0.45% groups ($P < 0.05$). In conclusion, under the condition of this experiment, dietary calcium level do not affect the growth performance, but significantly affects the intake, excretion, deposition, apparent digestibility and deposition rate of calcium of *Yunnan* semi-fine wool sheep in early and mid-pregnancy. The maintenance calcium requirement of *Yunnan* semi-fine wool sheep in early and mid-pregnancy is 0.108 7 and 0.131 0 g/(kg W^{0.75} · d), and the total calcium requirement is 0.490 and 0.508 g/(kg W^{0.75} · d), respectively. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33(6):3289-3296]

Key words: pregnancy; *Yunnan* semi-fine wool sheep; growth performance; calcium; requirement