

冬季不同饲养方式和营养水平对繁殖母羊体重变化、血清指标及羔羊发育的影响

李康¹ 郭天龙^{1,2*} 李长青¹ 金海¹

(1.内蒙古自治区农牧业科学院,呼和浩特 010031;2.天津科技大学食品科学与工程学院,天津 300457)

摘要: 本试验旨在研究冬季不同饲养方式和营养水平对繁殖母羊体重变化、血清指标及羔羊发育的影响。选择 135 只平均体重为 (42.94 ± 5.92) kg 的 3~4 岁、健康的妊娠后期蒙古羊,随机分为 3 个组,每组 5 个重复,每个重复 9 只羊。对照组(C 组)母羊采用放牧补饲的饲养方式;2 个试验组分别按照妊娠母羊饲养标准的 100%(I 组)和 60%(II 组)饲喂,试验组母羊于暖舍内舍饲饲养。预试期 10 d,正试期 90 d。结果表明:1) I 组、II 组母羊产前重和产前平均日增重显著高于 C 组($P < 0.05$), I 组和 II 组母羊产后体重和终末体重显著高于 C 组($P < 0.05$), I 组母羊产后平均日增重显著高于 C 组和 II 组($P < 0.05$)。2) C 组羔羊初生重显著低于 I 组和 II 组($P < 0.05$), II 组显著低于 I 组($P < 0.05$); I 组和 II 组羔羊 30 日龄体重显著高于 C 组($P < 0.05$), I 组羔羊平均日增重显著高于 C 组和 II 组($P < 0.05$)。3) 试验末, I 组血清尿素(UREA)含量显著高于 C 组和 II 组($P < 0.05$); C 组血清碱性磷酸酶(ALP)和谷丙转氨酶(ALT)活性高于 I 组和 II 组,但差异不显著($P > 0.05$); I 组血清总蛋白(TP)含量极显著高于 C 组($P < 0.01$), I 组血清白蛋白(ALB)含量显著或极显著高于 C 组和 II 组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), I 组血清超氧化物歧化酶(SOD)活性显著高于 C 组与 II 组($P < 0.05$)。各组之间血清谷草转氨酶(AST)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、乳酸脱氢酶(LDH)活性和丙二醛(MDA)、免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 G(IgG)、总胆固醇(TC)含量及总抗氧化能力(T-AOC)差异不显著($P > 0.05$)。由此可见,冬季暖舍中按饲养标准的 60% 饲喂即可满足母羊妊娠后期和产后营养需要,提高羔羊初生重和平均日增重,按饲养标准的 100% 饲喂有改善繁殖母羊抗氧化和免疫能力的趋势。

关键词: 母羊福利;妊娠后期;生化指标;抗氧化指标;免疫指标

中图分类号:S826

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)08-3934-10

北方牧区是我国重要的肉羊生产基地。以内蒙古为例,2016 年底繁殖母羊存栏量 3 767.92 万只^[1];至 2017 年底,内蒙古肉羊存栏量 6 111.93 万只,生产羊肉 106.34 万 t^[2]。北方牧区繁殖母羊的主要饲养形式为放牧或放牧+补饲,放牧羊每年要经历长达 7 个月的枯草期,此时草场多为高纤维素含量的牧草,牧草本身营养成分

含量和消化率低,羊从牧草中获得的营养物质非常有限,羊仅靠放牧采食获得的养分不能满足需求^[3]。肉羊放牧生产系统的盈利点为母畜繁殖、羔羊育肥出售。1~2 月份是北方最寒冷的季节,“白灾”常有发生,而此阶段母羊正处于妊娠后期至分娩期,母羊一方面要满足维持需要,同时还要满足自身生长、妊娠、放牧走动、抵御寒冷、产奶等

收稿日期:2019-11-03

基金项目:内蒙古自治区人民政府专项-内蒙古农牧场动物福利研究(2016—2020)

作者简介:李康(1991—),男,山西介休人,硕士研究生,从事家畜营养调控和动物福利研究。E-mail: 13947110359@163.com

* 通信作者:郭天龙,研究员, E-mail: guotianlong831@163.com

的需要。妊娠后期母羊采食量有限,尤其是在妊娠后期子宫体积增大压迫瘤胃导致母羊采食量更小^[4],加之牧草营养成分含量低,以及母羊放牧游走、抗寒等消耗,放牧生产的母羊常发生养分获取不足,体况常随牧草生长规律表现“夏壮、秋肥、冬瘦、春乏”的周期性变化,对胎儿发育产生不利影响,母羊自身福利状况变差。这种体况优劣循环的过程中增加了牧草消耗量和养殖成本,降低了养殖效益,对整个生产造成损失。

为了规避冷应激,提升繁殖母羊福利,节约养殖成本,改善胎儿在母体内和出生后的生长发育,解决北方牧区冬季放牧生产经济效益不高以及带来的生态问题,本试验从转变生产方式、配套圈舍以及饲料配方3个方面着手,研究探索寒冷季节里繁殖母羊舍饲低成本福利养殖技术模式,旨在为寒冷地区肉羊科学生产提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验动物选择及试验设计

建设一处圈舍,跨度12.0 m,纵长24.0 m,高度5.4 m。舍内总面积288 m²,舍内设计2个圈用于动物饲养试验,每个圈面积为80 m²。圈舍全部由桁架结构、保温棉及聚乙烯棚膜组成,其中北侧为保温棉,南侧为双层棚膜,棚膜间有保温棉。圈舍有智能控制系统与环境质量监测设备、动力通风设备相连,可根据设定的温湿度与有害气体值自动启闭通风。舍内靠阳光加热,保温棉蓄热,实现不供暖保温。试验期为2018年1—4月。经2018年1月20日至2018年3月10日测定,舍内夜间(20:00—07:00)平均温度为(0.99±3.60)℃,白天(08:00—19:00)平均温度为(9.57±6.20)℃。

选择135只平均体重(42.94±5.92) kg、年龄3~4岁的妊娠后期(90~95 d)蒙古羊繁殖母羊作为试验动物,随机分为3个组,每组5个重复,每个重复9只羊。对照组(C组)母羊每日放牧8.5 h,归牧后补饲玉米250 g/只,其营养水平参考张盼盼^[3]、王洪荣等^[5]的研究结果计算得出。补饲后圈于普通圈舍,产羔后母羊只在归牧后哺乳羔羊。2个试验组分别按照妊娠母羊维持需要量的100%(I组,试验饲料饲喂量1.78 kg/d)和60%(II组,试验饲料饲喂量1.07 kg/d)饲喂,试验组母羊于圈舍内舍饲饲养,产羔后羔羊随母哺

乳。经过10 d预试期,C组与试验组羊只空腹称重,进入正试期。试验期为妊娠后期及产后30 d,共90 d。试验期内每半个月带羊喷雾消毒圈舍1次,各组羊保证充足饮水。

1.2 试验饲料

试验饲料营养水平参考《肉羊饲养标准》(NY/T 816—2004),并参考李士栋^[6]研究结果做部分调整。试验饲料组成及营养水平见表1。

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	对照组 Control group	试验组 Experimental group
原料 Ingredients		
玉米秸秆 Corn stalk		26.51
谷草 Grain straw		47.03
向日葵皮 Sunflower skin		8.28
玉米 Corn		1.75
膨化玉米 Extruded corn		0.67
豆粕 Soybean meal		0.66
棉籽粕 Cottonseed meal		11.26
干酒糟及其可溶物 DDGS		1.32
非蛋白氮 NPN		0.53
碳酸钙 CaCO ₃		0.33
腐殖酸钠 Sodium humate		0.66
预混料 Premix ¹⁾		1.00
合计 Total		100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
干物质 DM	95.58	90.40
代谢能 ME/(MJ/kg)	5.56	6.33
粗蛋白质 CP	5.49	10.94
粗脂肪 EE	4.19	3.28
粗灰分 Ash	4.72	9.51
中性洗涤纤维 NDF	55.77	44.38
酸性洗涤纤维 ADF	30.09	27.30
木质素 Lignin	8.81	3.73
钙 Ca	0.66	0.44
总磷 TP	0.04	0.24

1) 预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kg of the diet: Cu 18.0 mg, Mn 40.0 mg, Zn 60.0 mg, I 0.75 mg, Se 0.30 mg, Co 0.30 mg, VA 85 000 IU, VD₃ 25 000 IU, VE 400 mg, CaHPO₄ 7 g, NaCl 5 g。

2) 试验组代谢能为计算值,其余为实测值。In experimental group, ME was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 测定指标与方法

1.3.1 母羊平均日增重

在正试期的第1天、第25天和第50天(即预产期前第5天)的07:00,每只试验母羊空腹称重,计算产前平均日增重;每只试验母羊产后的第2天和第30天的07:00空腹称重,计算产后平均日增重。

1.3.2 血清生化、抗氧化和免疫指标

进入正试期时(试验初)和试验结束时(试验末)测定母羊血清生化、抗氧化和免疫指标,包括尿素(UREA)、总蛋白(total protein, TP)、白蛋白(albumin, ALB)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、免疫球蛋白A(immunoglobulin A, IgA)、免疫球蛋白G(immunoglobulin G, IgG)、丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量和碱性磷酸酶(alkaline phosphatase, ALP)、谷丙转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)、谷草转氨酶(aspartate aminotransferase, AST)、乳酸脱氢酶(lactate dehydrogenase, LDH)、肌酸激酶(creatine kinase, CK)、超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)活性以及总抗氧化能力(total antioxidant capacity, T-AOC)。

测定方法:进入正试期时分别采集C组和2个试验组母羊血样,每只母羊颈静脉采血5 mL, 3 000 r/min离心5 min后分离血清于-20℃保存。试验结束时再采集1次,处理方法同上。血清生化、抗氧化和免疫指标的测定采用酶联免疫吸附

法,所用试剂盒产自南京建成生物工程研究所,测定仪器为Mindray BS-180VET酶联免疫检测仪。

1.3.3 羔羊初生重及平均日增重

羔羊出生后待被毛干燥后称重,记为羔羊初生重;羔羊30日龄时称重,计算平均日增重。

1.4 数据处理

采用Excel 2016做数据的初步统计、记录,母羊血清生化、抗氧化和免疫指标采用SPSS 22.0统计软件协方差分析,其余指标做单因素方差分析,采用Duncan氏法进行多重比较。所有数据用“平均值±标准差”表示。

2 结果

2.1 不同饲养方式和营养水平对母羊及羔羊体重和平均日增重的影响

由表2可知,I组、II组母羊产前重和产前平均日增重显著高于C组($P<0.05$),I组和II组之间差异不显著($P>0.05$);C组母羊产前平均日增重降低,为-15.86 g/d,I组和II组母羊产前平均日增重均增长,分别为157.59、129.17 g/d。I组和II组母羊产后体重和终末体重显著高于C组($P<0.05$),I组和II组之间差异不显著($P>0.05$);I组母羊产后平均日增重显著高于C组和II组($P<0.05$),C组和II组之间差异不显著($P>0.05$);C组和II组母羊产后平均日增重降低,分别为-68.24、-31.67 g/d,I组母羊产后平均日增重增长,为48.08 g/d。

表2 母羊体重变化

Table 2 Body weight change of ewes

项目 Items	C组 Group C	I组 Group I	II组 Group II
初始体重 Initial body weight/kg	43.11±3.41	42.16±5.33	43.54±6.34
产前重 Body weight before delivery/kg	42.33±8.73 ^b	49.88±7.96 ^a	49.87±9.92 ^a
产前平均日增重 Average daily gain before delivery/(g/d)	-15.86±50.36 ^b	157.59±95.00 ^a	129.17±74.93 ^a
产后体重 Body weight after delivery/kg	35.17±15.22 ^b	41.61±10.37 ^a	41.94±12.18 ^a
终末体重 Final body weight/kg	33.26±13.16 ^b	42.96±8.34 ^a	41.05±9.44 ^a
产后平均日增重 Average daily gain after delivery/(g/d)	-68.24±14.15 ^b	48.08±9.29 ^a	-31.67±11.02 ^b

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$)。表3同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as Table 3.

由表3可知,C组羔羊初生重显著低于I组和II组($P<0.05$),II组显著低于I组($P<0.05$)。I组和II组羔羊30日龄体重显著高于C组($P<0.05$),I组和II组之间差异不显著($P>0.05$)。I

组羔羊平均日增重显著高于C组和II组($P<0.05$);C组羔羊平均日增重低于II组,但差异不显著($P>0.05$)。

表3 各组羔羊初生重及平均日增重

Table 3 Birth weight and average daily gain of lambs in each group

项目 Items	C组 Control group	I组 Group I	II组 Group II
初生重 Birth weight/kg	3.67±0.48 ^c	4.65±0.67 ^a	4.32±0.76 ^b
30日龄体重 Body weight of 30 days of age/kg	8.34±14.72 ^b	10.77±19.57 ^a	9.15±20.65 ^a
平均日增重 Average daily gain/(g/d)	155.61±28.75 ^b	203.84±39.80 ^a	161.10±42.17 ^b

2.2 不同饲养方式和营养水平对母羊血清生化、抗氧化和免疫指标的影响

由表4可知,试验末,I组母羊血清UREA含量显著高于C组和II组($P<0.05$),II组和C组之间差异不显著($P>0.05$);各组之间母羊血清ALP、ALT和CK活性差异不显著($P>0.05$),其中C组母羊血清ALP和ALT活性高于I组和II组。对血清TP、ALB、TC含量和AST、LDH活性进行

协方差分析,将影响试验末测定结果的试验初测定值作为协变量,结果表明,I组血清TP含量极显著高于C组($F=17.873, P=0.002$);I组血清ALB含量极显著高于C组($F=10.978, P=0.009$),显著高于II组($F=8.314, P=0.018$);各组之间血清AST活性及LDH和TC含量差异不显著($P>0.05$)。

表4 不同饲养方式和营养水平对母羊血清生化指标的影响

Table 4 Effects of different feeding methods and nutrient levels on serum biochemical indexes of ewes

项目 Items	组别 Groups	试验初 Initial stage of trial	试验末 Final stage of trial
尿素 UREA/(mmol/L)	C	2.35±1.07	5.44±0.54 ^b
	I	2.38±0.38	6.71±0.61 ^a
	II	2.72±0.84	5.95±0.37 ^b
总蛋白 TP/(g/L)	C	29.65±14.66 ^{ab}	66.48±5.42 ^{Bb}
	I	15.58±4.46 ^b	77.32±4.86 ^{Aa}
	II	42.05±24.53 ^a	72.23±4.61 ^{ABab}
白蛋白 ALB/(g/L)	C	18.67±8.17 ^{ab}	27.38±2.25 ^{Bb}
	I	11.15±2.88 ^b	29.70±1.41 ^{Aa}
	II	19.93±7.68 ^a	27.80±0.73 ^{Ab}
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	C	95.57±45.15	196.52±94.09
	I	73.93±27.95	164.82±68.73
	II	95.52±39.85	124.52±68.6
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	C	14.533±11.07	16.47±3.44
	I	8.083±2.59	15.72±8.11
	II	16.583±8.66	12.23±2.77
谷草转氨酶 AST/(U/L)	C	49.670±26.47 ^{ab}	124.12±21.32
	I	26.500±7.19 ^b	135.62±18.61
	II	60.588±29.05 ^a	130.02±15.01

续表 4

项目 Items	组别 Groups	试验初 Initial stage of trial	试验末 Final stage of trial
乳酸脱氢酶 LDH/(U/L)	C	190.85±11.96 ^{ab}	468.00±49.87
	I	84.67±24.99 ^b	470.92±91.73
	II	210.35±109.14 ^a	415.87±36.09
肌酸激酶 CK/(U/L)	C	56.78±48.30	315.70±88.08
	I	19.42±6.28	349.12±43.08
	II	48.08±28.48	350.22±143.82
总胆固醇 TC/(mmol/L)	C	0.65±0.39 ^{ab}	1.71±0.23
	I	0.28±0.06 ^b	1.88±0.23
	II	0.85±0.55 ^a	1.67±0.36

同一项目的同列数据肩标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 ($P<0.01$), 相同或无字母差异不显著 ($P>0.05$)。下表同。

In the same column and item, values with different lowercase letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and capital letters mean extremely significant difference ($P<0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

由表 5 可知, 试验末, I 组血清 SOD 活性显著高于 C 组与 II 组 ($P<0.05$), II 组与 C 组之间差异不显著 ($P>0.05$)。各组之间血清 MDA、IgA、IgG 含量和 GSH-Px 活性及 T-AOC 差异不显著 ($P>0.05$)。其中, I 组血清 MDA 含量高于 II 组, II 组

高于 C 组; II 组血清 GSH-Px 活性高于 I 组, I 组高于 C 组; II 组血清 T-AOC 高于 C 组, C 组高于 I 组; C 组血清 IgA 含量高于 II 组, II 组高于 I 组; I 组血清 IgG 含量高于 C 组, C 组高于 II 组。

表 5 不同饲养方式和营养水平对母羊血清抗氧化和免疫指标的影响

Table 5 Effects of different feeding methods and nutrient levels on serum antioxidant and immune indexes of ewes

项目 Items	组别 Groups	试验初 Initial stage of trial	试验末 Final stage of trial
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	C	71.57±19.72	68.77±6.77 ^b
	I	70.28±12.82	76.14±5.36 ^a
	II	64.17±15.12	66.48±5.47 ^b
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	C	3.94±1.01	3.96±0.86
	I	3.78±0.84	4.67±0.89
	II	4.71±1.38	4.64±0.32
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	C	846.25±32.35	877.84±45.13
	I	833.97±48.73	879.29±45.65
	II	844.00±75.20	881.92±18.83
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	C	9.89±2.47	10.50±1.40
	I	9.68±1.23	10.28±1.67
	II	10.33±1.59	10.69±1.50
免疫球蛋白 A IgA/(g/L)	C	0.52±0.03	0.55±0.05
	I	0.54±0.05	0.53±0.03
	II	0.51±0.03	0.54±0.04
免疫球蛋白 G IgG/(g/L)	C	16.95±1.73	17.17±1.93
	I	16.67±1.51	17.79±1.04
	II	16.01±2.41	16.78±1.19

3 讨论

3.1 母羊与羔羊体重变化

母羊妊娠最后 60 d 为妊娠后期,此阶段形成羔羊初生重的 80% 以上,母羊体重应该迅速增加。因胎儿的快速生长,母羊能量需要量增加 54%^[7],同时,胎儿发育压迫瘤胃,母羊采食量减少,所以母羊必须获得养分充足的饲料。母羊得不到足够养分时会动员内源体贮以维持妊娠^[8],外源养分获得越少内源体贮动员越多^[9],可能导致胎儿宫内发育迟缓^[10],并且内源体贮分解过多容易引发母羊妊娠毒血症^[11],严重影响母羊^[12]和羔羊^[13]的健康和生长。

从体重测定结果看,妊娠后期 I 组与 II 组母羊分别增重 157.59、129.17 g/d,说明母羊得到充足的养分能维持正常妊娠;C 组母羊养分摄取不足,可能发生了内源体贮动员导致妊娠后期接近产羔时体重下降,这种情况下羔羊得不到正常发育。从羔羊初生重及哺乳期羔羊平均日增重来看,C 组比 I 组、II 组分别低 0.98、0.65 kg 及 48.23、5.49 g/d,这表明放牧加补饲(C 组)不能为妊娠后期母羊提供充足养分,影响胎儿发育;张崇志^[14]、高峰等^[15]研究表明,母羊妊娠后期饲料能量限制会影响到羔羊初生重和组织器官的重量及功能,因此在妊娠后期要重视母羊的能量水平,避免因能量不足影响胚胎的发育,与本试验结果一致。本试验中,C 组和 II 组不能满足哺乳期母羊的营养需要,导致哺乳期母羊体重下降,羔羊平均日增重较 I 组低。这是因为母羊产后体重下降与哺乳有关,C 组和 II 组羔羊平均日增重无差异可能是因为产后 1 个月内母羊泌乳性能和乳成分相近,而 C 组母羊的体重降低幅度较 II 组母羊大,说明放牧游走、抗寒等消耗量可能大于饲养标准的 40%;张涛^[16]研究表明,随放牧率增加,藏羊的采食耗能、总耗能和单位耗能均显著增加,与本试验结果相近。

因此,暖舍舍饲可以减少妊娠后期母羊的养分消耗,以肉羊饲养标准中妊娠母羊标准的 60% 饲喂即可提供足够的养分,有利于母羊妊娠并提高羔羊初生重和平均日增重。

3.2 母羊血清生化指标变化

动物机体对蛋白质和能量的吸收情况直接反映在血清的相关生化指标上,血清 UREA、葡萄糖

(GLU) 和 ALB 等可作为蛋白质和能量在血液中含量的判定指标^[17]。血清 UREA 是蛋白质类的重要指标,反映蛋白质代谢和沉积情况是否正常。本试验中,试验初和试验末的血清 UREA 含量在 1.8~7.1 mmol/L,处于羊的正常值范围内,表明试验中各组母羊可从饲料中获得足够的蛋白质,且机体处于健康状态。血清 UREA 含量与氮利用率成反比,UREA 越低表明动物利用氮的效率越高^[18],但二者间并无线性关系^[19]。由试验结果可得出,氮利用效率最高为 C 组,最低为 I 组,可能是因为 C 组母羊因处于恶劣环境,产生冷应激,因而提高了代谢水平以抵御恶劣的环境。

血清 TP、ALB 含量是衡量蛋白质营养的指标^[20],血清 TP、ALB 含量升高是机体蛋白质代谢旺盛的表现,而妊娠后期营养限制,体内蛋白质合成代谢降低,分解代谢增强,氮沉积减少,表现为血清 TP、ALB 含量的降低。而氨基酸分解代谢亦加强,弥补因血清葡萄糖下降带来的供能不足问题,血清总氨基酸含量下降。本试验结果显示,C 组、I 组和 II 组血清 TP 含量分别为开始时的 2.24、4.96 和 1.72 倍,血清 ALB 含量分别为开始时的 1.47、2.66 和 1.39 倍,由此可看出暖舍内母羊妊娠后期采食试验饲料可改善其营养状况,以保证胎儿的正常发育。

AST、ALT 和 ALP 主要存在于肝脏组织中,是反映肝脏功能的重要指标,其活性高低可反映肝细胞的受损坏程度^[21]。ALT 是催化丙氨酸与谷氨酸之间转化过程中的关键酶,当因营养限制等各种原因导致肝脏受损时,ALT 释放于血清中,导致血清 ALT 活性升高^[22]。本试验结果表明,试验结束时除了 II 组血清 ALT 活性降低外,3 个组的其他指标均上升,且试验结束时血清 ALT 和 ALP 活性均为 C 组最高,表明低温寒冷的环境条件下,放牧加补饲造成母羊肝脏损伤,损害了母羊的生理福利。

TC 是血液中所有的脂蛋白中含有的胆固醇的总和,TC 合成和储存的主要器官位于肝脏。血清中 TC 一部分来自于肝脏合成,另一部分由饲料而来,一般情况下血清胆固醇含量作为饲料中脂类代谢的指标^[23]。CK 以骨骼肌、心肌、平滑肌中活性较高,其次是脑组织、胃肠道、肺脏和肾脏。CK 活性测定可以用于骨骼肌疾病及心肌疾病的诊断。LDH 几乎存在于所有组织中,以心脏、骨骼

肌和肾脏最丰富,其次为肝脏、脾脏、胰腺、脑、肺脏等。LDH 活性增高主要见于心肌梗死、肝炎、恶性肿瘤、肺梗塞、白血病、溶血性贫血、肾脏疾病、进行性肌萎缩等,如有心肌酶释放入血则 LDH-1 活性>LDH-2 活性,利用此指标可以观察诊断心肌疾病。

从试验前后 3 个组血清 TC 含量及 CK、LDH 活性的变化可知繁殖母羊营养和健康状况得到一定改善,表明暖舍舍饲有利于妊娠母羊维持健康状况。血清 CK 活性的增加可能由于采血时抓羊导致,以后的研究过程中采样时应避免母羊过度奔跑。

3.3 母羊血清抗氧化指标变化

动物机体防御体系的抗氧化能力强弱与动物健康程度存在密切联系。为了避免环境刺激和在生长代谢过程产生的活性氧自由基给自身带来损伤,机体自身形成一套具备高效抗氧化能力、强效清除自由基的天然屏障系统,该系统包括由 SOD、过氧化氢酶(CAT)、GSH-Px 等多种抗氧化酶构成的酶促体系,以及胡萝卜素、维生素 C、维生素 E 等和氨基酸及金属蛋白等多种具有抗氧化活性的物质构成的非酶促体系。该体系主要通过 3 方面发挥抗氧化作用:1)消除自由基和活性氧,避免引发脂质过氧化;2)分解过氧化物阻断过氧化链;3)除去发挥催化作用的金属离子,体系中各成分间相互起到协同作用以及代偿作用且互为依赖。参与该抗氧化体系的这些抗氧化剂能清除机体活性氧自由基,维持细胞内活性氧自由基的动态平衡以及细胞内的氧化-还原平衡。这些抗氧化剂在调控动物正常生理代谢等方面具有重要功能。

SOD 是体内超氧阴离子自由基的天然清除剂,保护细胞膜免受损伤,减轻自由基导致的氧化损伤,在调节体内氧化还原方面具有重要作用,检测其活性可以间接了解自由基在体内的状况和机体清除氧自由基的能力;GSH-Px 是存在于机体内的一种重要催化过氧化物分解酶,可催化谷胱甘肽过氧化物的还原反应,同时机体自身存在着抗氧化机制,GSH-Px 可保护机体组织大分子成分,使其免受氧自由基侵袭,从而提高机体免疫力和抗病能力^[24];T-AOC 可以作为衡量动物机体抗氧化酶和非酶系统功能状况的综合性指标^[25],其大小可代表和反映动物机体抗氧化酶系统和非酶系统对外源刺激的代偿能力和动物机体自由基代谢

状态;氧自由基可诱发机体一系列损伤,其中最重要的是触发细胞膜上的多不饱和脂肪酸发生脂质过氧化的链式反应,产生 MDA 等脂质过氧化物,也是自由基触发生物膜脂质过氧化反映的直接证据和膜结构受损程度的指标,MDA 的形成常被广泛用作评价脂质过氧化物的指标^[26],其含量越高则表明机体的抗氧化能力越弱^[27-28]。本试验结果显示,试验结束时 C 组血清 SOD 活性比试验开始时降低,血清 MDA 含量略升高,表明 C 组母羊经过冬季的放牧后其抗氧化性下降,抵抗力降低;I 组和 II 组血清 SOD、GSH-Px 活性及 T-AOC 升高,1 个试验组血清 MDA 含量变化不一致,但幅度较小,表明 2 个试验组母羊的抗氧化性能升高。胡丽蓉等^[29]对比了不同季节温度对荷斯坦奶牛的影响,发现低温条件会使得试验牛血清 SOD 活性显著下降;刘春朋等^[30]研究发现,冷应激会导致鹌鹑法氏囊中 SOD 活性下降;孟祥坤等^[31]对慢性冷应激影响犊牛的抗氧化性的研究结果表明,在-2.4~9.6℃时随温度降低犊牛的血清 MDA 含量升高,血清 SOD 和 GSH-Px 活性降低,均与本试验结果类似。王楠等^[32]对比了 0℃条件下以及 20~25℃条件下肉鸡血清抗氧化指标,认为冷应激提高了肉鸡的抗氧化能力。与本试验的结果不同,可能是因为试验动物不同导致的。因此,暖舍饲养条件下,100%和 60%维持水平都可使母羊保持较好的健康状态。

3.4 母羊血清免疫指标变化

血清 ALB、球蛋白和 TP 具备维持机体的胶体渗透压、物质结合和转运、协调血管内皮完整性、保护血细胞、调节凝血、免疫外来入侵物、抗氧化、损伤修复等多种生理功能。球蛋白的含量可作为动物机体的免疫指标^[33],免疫球蛋白的功能很多,主要有结合抗原、激活补体和调节作用等生物学功能,在品种多样的免疫球蛋白中,IgG、IgA、IgM 又是重要的 3 类。IgG 是介导体液免疫的主要抗体,IgA 是生物体内的一道重要防线,对生物体内局部黏膜免疫起着重要的防御作用,保护它们不受外来病毒病菌等的侵害,保证生物体内的器官正常健康地运作。本试验中,C 组、I 组与 II 组血清 IgA 含量的变化分别为增加 5.77%、降低 1.85%和增加 5.88%,血清 IgG 含量的变化分别为增加 1.30%、增加 6.72%和增加 4.81%,说明经过冬季的暖舍舍饲后增强了母羊的免疫能力。

4 结论

暖舍饲条件下,每只羊每日按60%饲养标准饲喂可以满足母羊妊娠后期和产后营养需要,提高羔羊初生重和平均日增重,按饲养标准的100%饲喂有改善繁殖母羊抗氧化和免疫能力的趋势。

参考文献:

- [1] 内蒙古自治区统计局.内蒙古统计年鉴[M].中国统计出版社,2017.
- [2] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2018.
- [3] 张盼盼.东苏旗不同季节牧草对放牧羊瘤胃内环境及血液生理生化指标的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2017.
- [4] 李长青,金海,薛树媛,等.中国北方牧区放牧母羊冬春季补饲策略[J].黑龙江畜牧兽医,2016(12):89-90.
- [5] 王洪荣,冯宗慈,卢德勋,等.草地牧草饲料的营养动态与放牧绵羊营养限制因素的研究[J].内蒙古畜牧科学,1997(S1):156-160.
- [6] 李士栋.妊娠后期营养限制对蒙古绵羊生产性能及胎儿发育的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
- [7] 楼灿.杜寒杂交肉用绵羊妊娠期和哺乳期能量和蛋白质需要量的研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014.
- [8] SIBANDA L M, NDLOVU L R, BRYANT M J. Effects of feeding varying amounts of a grain/forage diet during late gestation and lactation on the performance of Matebele goats [J]. *Journal of Agricultural Science*, 1997, 128(4): 469-477.
- [9] SIBANDA L M, NDLOVU L R, BRYANT M J. Effects of a low plane of nutrition during pregnancy and lactation on the performance of Matebele does and their kids [J]. *Small Ruminant Research*, 1999, 32(3): 243-250.
- [10] 林桂娟.酪蛋白酶解物和胰岛素对新生仔猪肝脏功能发育的影响[D].硕士学位论文.南京:南京农业大学,2004.
- [11] DUEHLMEIER R, FLUEGGE I, SCHWERT B, et al. Metabolic adaptations to pregnancy and lactation in German Blackheaded mutton and Finn sheep ewes with different susceptibilities to pregnancy toxemia [J]. *Small Ruminant Research*, 2011, 96(2/3): 178-184.
- [12] BARBAGIANNI M S, MAVROGIANNI V S, KATSAFADOU A I, et al. Pregnancy toxemia as predisposing factor for development of mastitis in sheep during the immediately post-partum period [J]. *Small Ruminant Research*, 2015, 130: 246-251.
- [13] 张帆,刁其玉.能量对妊娠后期母羊健康及其羔羊的影响[J].中国畜牧兽医,2017,44(5):1369-1374.
- [14] 张崇志.妊娠后期宫内生长限制对蒙古绵羊胎儿肝脏细胞凋亡及信号转导途径的影响[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
- [15] 高峰,侯先志.妊娠后期不同营养水平对蒙古绵羊胎儿生长发育的影响[J].中国农业科学,2007,40(6):1260-1264.
- [16] 张涛.藏羊在高寒草甸的放牧行为与耗能[D].硕士学位论文.兰州:兰州大学,2012.
- [17] 葛仕豪,初汉平,孟冬梅,等.济宁青山羊血液生化指标测定与分析[J].江苏农业科学,2015,43(7):216-218.
- [18] KANJANAPRUTHIPONG J, THABOOT B. Effects of neutral detergent fiber from rice straw on blood metabolites and productivity of dairy cows in the tropics [J]. *Asian-Aust Journal of Animal Science*, 2006, 19(3): 356-362.
- [19] ZHU W, FU Y, WANG B, et al. Effects of dietary forage sources on rumen microbial protein synthesis and milk performance in early lactating dairy cows [J]. *Journal of Dairy Science*, 2013, 96(3): 1727-1734.
- [20] 叶明.不同GI与CBI组合日粮对奶牛产奶性能及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.大庆:黑龙江八一农垦大学,2017.
- [21] 夏成,张洪友,刘护国,等.泌乳量对荷斯坦泌乳牛某些血尿生化指标的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2003(4):3-4.
- [22] 任秀珍.典型草原区绵羊抗冷应激饲草料的研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2004.
- [23] 惠朝检,王文波,许德华,等.南阳黄牛血清总胆固醇的测定[J].中国良种黄牛,1985(2):45-48.
- [24] 钟琴,陈代文,余冰,等.氧化应激对断奶仔猪的影响及营养的调控作用[J].动物营养学报,2019,31(5):2022-2029.
- [25] 史林鑫,乔鹏飞,龙沈飞,等.复合酶制剂对断奶仔猪生长性能、营养物质表观消化率、血清抗氧化指标及内源消化酶活性的影响[J].动物营养学报,2019,31(8):3872-3881.
- [26] HU H, LI B F, ZHAO X, et al. The effect of pacific

- cod (*Gadus macrocephalus*) skin gelatin polypeptides on UV radiation-induced skin photoaging in ICR mice [J]. *Food Chemistry*, 2009, 115(3): 945-950.
- [27] 伏润奇, 陈代文, 郑萍, 等. 酵母水解物对断奶仔猪生长性能、血清免疫和抗氧化能力及粪便菌群的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(1): 351-359.
- [28] 魏金涛, 杨雪海, 赵娜, 等. 不同豆粕酶解发酵物对仔猪生长性能、血液生化指标、抗氧化能力的影响研究[J]. *饲料工业*, 2013(18): 55-58.
- [29] 胡丽蓉, 康玲, 王淑慧, 等. 冷热应激对北京地区荷斯坦牛产奶性能及血液生化指标的影响[J]. *中国农业科学*, 2018, 51(19): 3791-3799.
- [30] 刘春朋, 付晶. 冷应激对雏鹌鹑法氏囊抗氧化功能的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2018(16): 209-212.
- [31] 孟祥坤, 曹兵海, 庄宏, 等. 慢性冷应激对西门塔尔杂交犊牛免疫相关指标的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2010, 15(6): 65-70.
- [32] 王楠, 周长海, 张铭琪, 等. 冷应激对雏鸡生长性能、屠宰性能及血清抗氧化能力的影响[J]. *饲料工业*, 2018, 39(15): 60-64.
- [33] 王慧, 王玉红, 魏安民, 等. 不同能量蛋白水平日粮对妊娠后期西农萨能羊生产性能和血液生化指标的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2013, 45(2): 61-65.

Effects of Different Feeding Methods and Nutrient Levels on Body Weight Change and Serum Indexes of Ewes and Lamb Development in Winter

LI Kang¹ GUO Tianlong^{1,2*} LI Changqing¹ JIN Hai¹

(1. Inner Mongolia Academy of Agriculture & Animal Husbandry Science, Hohhot 010031, China; 2. College of Food Science and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the effects of different feeding methods and nutrient levels on body weight change and serum indexes of ewes and lamb development in winter. A total of 135 three to four years Mongolia sheep with an initial body weight of (42.94 ± 5.92) kg were randomly divided into 3 groups with 5 replicates per group and 9 sheep per replicate. Ewes in the control group (group C) were using the feeding method of grazing and supplementary feeding; pregnant ewes in the two experimental groups were fed for 100% (group I) and 60% (group II) feeding standard, respectively, and the ewes were fed in warm shed. The pre-experimental period lasted for 10 days, and the experimental period lasted for 90 days. The results showed as follows: 1) the body weight before delivery and average daily gain before delivery of ewes of group I and group II were significantly higher than those of the group C ($P < 0.05$), the body weight after delivery and final body weight of group I and group II were significantly higher than those of the group C ($P < 0.05$), and the average daily gain after delivery of group I was significantly higher than that of group C and group II ($P < 0.05$). 2) The birth weight of lambs of group C was significantly lower than that of group I and group II ($P < 0.05$), and group II was significantly lower than that of group I ($P < 0.05$); the body weight of 30 days of age of lambs of group I and group II was significantly higher than that of the group C ($P < 0.05$), and the average daily gain of lambs of group I was significantly higher than that of group C and group II ($P < 0.05$). 2) At the final stage of trial, the serum urea (UREA) content of group I was significantly higher than that of group C and group II ($P < 0.05$), the activities of alkaline phosphatase (ALP) and alanine aminotransferase (ALT) in serum of group C were higher than those of group I and group II, but there were no significant difference ($P > 0.05$); the serum total protein (TP) content of group I was significantly higher than that of the group C ($P < 0.01$), the serum albumin (ALB) content of group I was significantly higher than that of the group C and group II ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), and the serum superoxide dismutase (SOD) activity of group I was significantly higher than that of the group C and group II ($P < 0.05$). There were no significant differences in activities of glutamic oxaloacetic transaminase (AST), glutathione peroxidase (GSH-Px) and lactic dehydrogenase (LDH) and contents of malondialdehyde (MDA), immunoglobulin A (IgA), immunoglobulin G (IgG) and total cholesterol (TC) and total antioxidant capacity in serum among all groups ($P > 0.05$). Therefore, 60% feed according to the feeding standard in warm house in winter can meet the nutrient requirement of ewes in late pregnancy and after delivery, improve the birth weight and average daily gain of lambs, and 100% feed according to the feeding standard trend to improve the antioxidant and immune capacity of breeding ewes. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(8):3934-3943]

Key words: welfare of ewes; late pregnancy; biochemical index; antioxidant index; immune index