

妊娠后期饲粮营养水平对母羊和胚胎发育的影响

张帆, 崔凯, 王杰, 刁其玉*

(中国农业科学院饲料研究所, 农业部饲料生物技术重点实验室, 北京 100081)

摘要: 本试验旨在研究妊娠后期饲粮营养水平对母羊及胚胎发育的影响。试验选用健康、怀双羔的初产湖羊, 妊娠 0~90 d 采用相同的 TMR, 自由采食。妊娠 90 d 时母羊(平均体重(44.45±2.2)kg)分 3 个处理组饲喂, 每组 11 个重复, 每个重复 2 只, 共计 66 只。试验采用相同的精料补充料和粗料, 分别按照以干物质为基础, 精:粗为 5:5、4:6、3:7 定量饲喂母羊至妊娠 140 d, 每组选取 3 只进行屠宰试验。结果表明, 随着营养水平降低: 1) 母羊体重有降低趋势($P<0.10$), 对母羊腹围无显著性影响($P>0.05$), 但可显著影响到母羊的体增重($P<0.05$); 2) 母羊的妊娠产物总重、羊水重及胚胎重无显著变化($P>0.05$), 但胚胎重量有降低趋势($P<0.10$); 3) 除心重外($P<0.05$), 胚胎的体尺及内脏器官的发育无显著变化($P>0.05$), 但随营养水平降低, 胚胎体高、体斜长、肝、肺、胃、小肠重量有降低趋势($P<0.10$)。通过精:粗调控妊娠后期母羊饲粮营养水平可显著影响到母羊的体增重; 但在没超出母体的耐受范围的情况下, 母羊以降低自身的体增重最大限度维持母羊的妊娠产物、胚胎的体尺、组织器官的发育, 但仍会影响胚胎的正常发育。

关键词: 妊娠母羊; 营养水平; 日粮组成; 精粗比; 妊娠后期; 湖羊; 胚胎

中图分类号: S826; S816.11

文献标志码: A

文章编号: 0366-6964(2017)03-0474-09

Effects of Dietary Nutrient Levels on the Development of Late Pregnant Ewes and Fetal

ZHANG Fan, CUI Kai, WANG Jie, DIAO Qi-yu*

(Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: This research aimed to study the effect of dietary nutrient levels on the development of late pregnancy ewes and embryos. Sixty-six primiparous and healthy Hu ewes with double lambs were provided with TMR diets *ad libitum* for the first 90 days of pregnancy, and the ewes ((44.45±2.2) kg body weight) were randomly divided into 3 groups with 11 replicates for each group and 2 ewes per pen. Each group was offered the dietary with the same concentrate supplement and forage but the different ratio of concentrate/forage for 5:5, 4:6 and 3:7 (DM basis), respectively from 90th days of pregnancy. Three ewes from each group were slaughtered on the 140th days of gestation for the slaughter experiment. The results showed as follows: 1) With the nutrient levels decreasing, the body weight of ewes had decreased trend ($P<0.10$). No significant changes were found in abdominal circumference during late pregnancy of ewes ($P>0.05$), but the ewes' body weight gain were significantly affected ($P<0.05$). 2) The dietary nutrient levels had no significant effect on the weight of pregnancy appendages, amniotic fluid and fetal in late pregnancy of ewes ($P>0.05$), but the fetal weight had the decreased trend ($P<0.10$) with the nutrient levels decreased. 3) Body size and organs weight of fetal in late pregnancy were not

收稿日期: 2016-07-28

基金项目: 国家肉羊产业技术体系建设专项资金(CARS-39); 南方地区幼龄草食畜禽饲养技术研究(201303143)

作者简介: 张帆(1990-), 男, 河南南阳人, 硕士生, 主要从事动物营养与饲料科学研究, E-mail: 1065598441@qq.com

* 通信作者: 刁其玉, 研究员, 博士生导师, E-mail: diaoqiuyu@caas.cn

affected by the different nutrient levels ($P>0.05$), except the heart weight ($P<0.05$), and the body height, body length and the weight of liver, lung, stomach, small intestine had the decreased trend ($P<0.10$). The late pregnancy dietary nutrient levels resulting from concentrate supplement/forage could affect the ewes' body weight gain, and the ewes would reduce their body weight gain to maintain the development of ewe pregnancy appendages, embryo body size, tissues and organs when it did not exceed the tolerance range of maternal, but which still impeded the normal development of embryo.

Key words: pregnant ewes; nutrient levels; diet composition; concentrate to forage ratio; late pregnancy; Hu sheep; fetal

湖羊是中国的多胎绵羊品种之一,湖羊的养殖受到广大养殖户的重视^[1]。羔羊胚胎体重的70%~80%是在妊娠后期发育完成的^[2],此时期母体的营养关系着母体自身和胚胎的健康发育。母体在胚胎发育期间的营养限制可能导致羔羊初生重降低、并且可能长期影响后代的健康,合理的营养可以避免因母体自身发育和胚胎增长而动用自身的体蛋白和体脂^[3],因此妊娠后期母羊的营养状况对胚胎发育有重要作用,也直接影响母羊和羔羊的生产性能^[4]。饲粮精料补充料与粗饲料分开饲喂仍是当前反刍动物养殖中的重要饲喂方式,青贮玉米和花生秧^[5]是农区主要的粗饲料来源,在饲喂过程中通过降低饲粮的精料补充料饲喂水平,最大程度利用农区或牧区粗饲料资源以降低成本^[6],养殖户根据可利用粗饲料及其价格、动物的营养需要等来调节精料补充料与粗饲料饲喂比例^[7],因此研究妊娠后期母羊饲粮营养水平对母羊和胚胎发育有重要意义。Z. X. He等^[8]研究了蛋白和能量限制对妊娠后期山羊胚胎的生长和器官发育的影响,结果显示,营养限制显著降低了胚胎的体重、胸腺、小肠、肾和肝等的发育。张崇志^[9]的研究显示,母羊在妊娠后期随营养水平的降低,母体显著失重,胎儿的日增重显著下降,且体尺指标均表现出不同程度的降低。饲粮精粗比可调节中性洗涤纤维水平,而中性洗涤纤维水平影响到反刍动物的采食量^[10]、瘤胃内环境^[11]、营养物质消化率等,因此适宜的精粗比对营养需要量大幅增加的妊娠后期母羊有重要的作用。王文奇等^[12]研究了母羊在相同采食量的条件下,不同精粗比对母羊的营养物质消化率及代谢性能的影响,但对于妊娠后期饲粮不同精粗比对母羊及胚胎发育的影响报道较少。目前,关于饲粮精粗比对反刍动物的消化代谢、生长发育、甲烷排放^[13]、血清生化影响^[14]等方面有大量的研究,特别是在奶牛和肉牛方

面,而对母羊的研究报导较少^[12],关于其对母羊和胚胎发育的研究就更少。因此,了解不同精粗比调节饲粮营养水平对妊娠后期母羊及胚胎发育的影响,对生产有重要的指导作用。

本试验旨在研究妊娠后期不同饲粮营养水平对母羊及胚胎发育的影响,为实际生产中通过日粮的精粗比调整妊娠后期母羊饲粮营养水平,满足母羊及胚胎发育的营养需要提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

本试验于2015年7月30日开始在山东省临清市润林牧业有限公司进行,历时140 d。

1.2 试验设计

试验选取140只8月龄左右、发情期相近、体况良好且体重接近的健康初产湖羊,用同一只公羊的精液实施人工授精配种,以授精当天作为妊娠0 d。妊娠0~90 d母羊自由采食相同的TMR。在妊娠第50天经B超鉴定后,选取66只怀双羔的母羊作为试验用羊。妊娠90 d按母羊体重一致原则(平均体重 (44.45 ± 2.2) kg)随机分为3组,每组11个重复,每个重复2只。各处理组采用相同的精料补充料和粗饲料,分别按照精:粗为5:5(5:5组)、4:6(4:6组)和3:7(3:7组)进行饲喂。其中5:5组的饲粮营养水平参照楼灿等^[15]的妊娠后期母羊营养需要量配制,另两组均采用与5:5组相同的精料补充料和粗饲料,分别以干物质为基础结合相应精:粗水平进行精粗分开饲喂。因粗饲料的营养价值低于精料补充料,因此随精:粗水平降低,饲粮的营养水平也相应降低。试验饲粮组成及营养水平见表1,预混料为北京精准动物营养研究中心提供的4%预混料,其中各营养成分的测定参照《饲料分析及饲料质量检测技术》^[16]中的方法进行。

表1 试验饲料组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (DM basis)

项目 Item	精:粗 Concentrate: forage		
	5:5	4:6	3:7
原料 Ingredient			
玉米 Corn	29.44	23.55	17.66
小麦麸 Wheat bran	8.06	6.45	4.84
豆粕 Soybean meal	10.21	8.17	6.13
预混料 Premix ¹⁾	2.29	1.83	1.37
花生秧 Peanut seedling	25	30	35
玉米青贮 Corn silage	25	30	35
合计 Total	100	100	100
营养水平 Nutrient level ²⁾			
干物质 DM	62.58	57.35	52.12
有机物 OM	91.64	91.42	91.20
粗灰分 Ash	8.36	8.57	8.79
总能/(MJ·kg ⁻¹)GE	17.60	17.35	17.10
代谢能/(MJ·kg ⁻¹)ME ²⁾	12.13	11.36	10.59
粗蛋白质 CP	14.72	13.65	12.59
粗脂肪 EE	3.08	3.15	3.21
中性洗涤纤维 NDF	44.51	47.73	50.96
酸性洗涤纤维 ADF	21.67	25.04	28.41

¹⁾ 预混料为每千克精料补充料提供:钙 1.03%,磷 0.61%,维生素 A 30 000 IU,维生素 D 10 000 IU,维生素 E 100 mg,钠 3.5 g,铜 12.5 mg,铁 90 mg,锰 50 mg,锌 80 mg,碘 0.8 mg,硒 0.3 mg,钴 0.5 mg。²⁾ 代谢能为计算值,其余为实测值

¹⁾ The premix provide the following per kg of concentrate supplement diets: Ca 1.03%, P 0.61%, VA 30 000 IU, VD 10 000 IU, VE 100 mg, Na 3.5 g, Cu 12.5 mg, Fe 90 mg, Mn 50 mg, Zn 80 mg, I 0.8 mg, Se 0.3 mg, Co 0.5 mg.

²⁾ ME^[17] is a calculated value and others are measured values

表2 妊娠后期母羊精料补充料与粗饲料饲喂量

Table 2 The concentrate supplement and forage intake of each group in late gestation

组别 Group	精:粗 ¹⁾ Concentrate: forage	精料补充料饲喂量	粗饲料饲喂量	总饲喂量
		Concentrate supplement intake (air dairy basis)	Forage intake (wet basis)	Total feed intake (DM basis)
5:5组 5:5 group	5:5	0.72	2.28	1.25
4:6组 4:6 group	4:6	0.57	2.74	1.25
3:7组 3:7 group	3:7	0.42	3.20	1.25

¹⁾ 精:粗为精料补充料与粗饲料以干物质为基础的饲喂量之比

¹⁾ The concentrate: forage is the ratio of concentrate supplement intake to forage intake in DM basis

1.5 测定指标与方法

1.5.1 母羊妊娠相关组织器官重量的测定 母羊经屠宰后取出子宫,称取总重;之后取出胚胎,测

1.3 饲养管理

试验羊全舍饲喂。试验开始前,对所有圈舍及饲槽进行分隔,然后进行相应的消毒,两只一栏饲喂,自由饮水,分别于每周一、周四定期消毒。在试验开始前 5 d 内确定各处理组试验羊的平均采食量,以采食量最低组(3:7组)的采食量(1.25 kg 干物质)作为各组的干物质饲喂量,3组(5:5、4:6和3:7组)母羊每只每天的精料补充料(风干基础)平均饲喂量分别为 0.72、0.57 和 0.42 kg,粗料(花生秧和青贮按干物质比例 1:1 拌匀后湿样)平均饲喂量分别为 2.28、2.74 和 3.20 kg。3组母羊妊娠后期的精料补充料和粗饲料饲喂量见表 2。试验羊每天饲喂 2 次,分别于 06:30 和 16:00 开始先饲喂粗饲料,粗饲料基本采食完毕后饲喂精料补充料,每次饲喂量相同。

1.4 样品的采集与处理

1.4.1 母羊的体重与体尺 分别于母羊妊娠 90、120 和 140 d 称取各组母羊的体重并于妊娠 120 和 140 d 测定母羊的腹围。

1.4.2 母羊的屠宰试验 妊娠 140 d 时每组选取 3 只体重接近的母羊屠宰。屠宰前母羊禁食 16 h,屠宰于 08:00 开始。宰前称取母羊体重,之后采取颈部放血方法进行屠宰,母羊经剥皮后,快速取出子宫,并进行相应指标的测定。

1.4.3 胚胎相关指标的测定 每组屠宰 3 只母羊,母羊为双羔,因此每组共 6 个胚胎。屠宰后,取出胚胎,用毛巾擦干并称取胚胎重,分别对胚胎进行体尺及内脏器官指标的测定。

定每只胚胎的重量;再将胎盘与子宫擦干黏液后测定子宫与胎盘总重量;羊水重经计算所得:羊水重=总重-胚胎重-子宫与胎盘重。

1.5.2 胚胎体尺的测定 胚胎体尺测定指标及方法:体高:肩胛骨最高点到地面的垂直距离;胸深:髻甲至胸骨下缘的垂直距离;胸围:肩胛骨后缘绕胸一周的长度;腹围:腹部最大处的垂直周径;头宽:头部两侧横肌线长度;头长:头部顶端至下巴垂直距离;直冠臀长:前额端至尾椎骨末端垂直距离;曲冠臀长:前额端沿背部至尾椎骨末端的距离;体斜长:肩端至坐骨结节末端距离。

1.5.3 胚胎组织器官重量的测定 胚胎经体尺指标测定完后,迅速打开胸腔,完整取出胎儿的心、肝、脾、肺、肾、胃、小肠,经去除表层黏膜及脂肪组织后,称取重量。

1.6 数据统计分析

试验数据采用 Excel 2013 进行初步统计分析后,采用 SPSS 20.0 统计软件中 ANOVA 过程进行单因子方差分析,Duncan 法进行多重比较,试验数据用“平均值±标准差(means±SD)”表示,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性评判标准。

表 3 饲粮营养水平对妊娠后期母羊体重及体尺的影响

Table 3 Effects of diet nutrient levels on ewe weight and body measurements

项目 Item	妊娠时间/d Pregnancy time	精:粗 Concentrate:forage			P 值 P-value
		5:5	4:6	3:7	
体重/kg BW	90	44.67±2.24	44.69±1.96	44.02±2.13	0.650
	120	56.62±2.66	54.85±2.12	53.60±2.24	0.108
	140	58.09±2.3	56.17±1.92	55.25±2.14	0.066
	产后	47.19±2.21	46.47±2.04	45.52±2.27	0.589
体增重/kg BWG	90~120	11.95±1.89 ^a	10.17±1.73 ^{ab}	9.58±1.21 ^b	0.029
	90~140	13.42±1.54 ^a	11.48±1.73 ^b	11.23±1.12 ^b	0.011
腹围/cm Abdominal circumference	120	116.64±5.25	115.80±5.46	114.41±5.66	0.193
	140	118.13±3.95	117.34±4.30	116.92±5.56	0.440

同行无字母或数据肩标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

2.2 饲粮营养水平对妊娠后期母羊妊娠产物重量的影响

饲粮营养水平对妊娠后期母羊妊娠产物重量的影响见表 4,可以看出,妊娠后期饲粮营养水平对母羊的体重、妊娠产物总重、胚胎重、子宫和胎盘总重、羊水重均无显著影响($P > 0.05$)。随饲粮营养水平的降低,胚胎重量有降低的趋势($P < 0.10$);而母羊的羊水重随营养水平的降低而增加。

2 结果

2.1 饲粮营养水平对妊娠后期母羊体重及腹围的影响

饲粮营养水平对妊娠后期母羊体重及腹围的影响见表 3,可以看出,妊娠后期饲粮营养水平对母羊妊娠 120、140 天和产后的体重影响差异均不显著($P > 0.05$),但从数据中可以看出随着营养水平的降低,母羊的体重在妊娠 140 天时有降低的趋势($P < 0.10$)。在体增重方面,饲粮营养水平对妊娠 90~120 天阶段母羊的体增重影响显著($P < 0.05$),5:5 组母羊的体增重显著高于 3:7 组($P < 0.05$),但 4:6 组与 3:7 组间差异不显著($P > 0.05$);妊娠 90~140 天时,饲粮营养水平显著影响母羊的体增重($P < 0.05$),5:5 组母羊的体增重显著高于 4:6 和 3:7 组($P < 0.05$),但 4:6 组与 3:7 组间差异不显著($P > 0.05$)。饲粮营养水平对母羊各时期的腹围影响均不显著($P > 0.05$)。

2.3 饲粮营养水平对妊娠后期胚胎体尺指标的影响

饲粮营养水平对胚胎体尺指标的影响见表 5,可以看出,饲粮营养水平对胚胎体尺指标包括体高、胸深、胸围、腹围、头宽、头长、直冠臀长、曲冠臀长和体斜长的影响均不显著($P > 0.05$)。但可以看出,随饲粮营养水平的降低,胚胎的体高、体斜长都有降低的趋势($P < 0.10$)。

表 4 饲料营养水平对妊娠后期母羊妊娠产物重量的影响

Table 4 The effects of diet nutrient levels on pregnancy products of ewes

kg

项目 Item	精 : 粗 Concentrate : forage			P 值 P-value
	5 : 5	3 : 7	4 : 6	
母羊体重 Ewe weight	58.31±0.69	56.95±0.92	55.44±1.45	0.103
胚胎重 Embryo weight	3.61±0.54	3.43±0.42	3.01±0.53	0.084
子宫加妊娠产物重 Uterus and pregnancy appendages weight	11.87±1.41	13.46±3.11	12.74±1.11	0.664
子宫加胎盘重 Uterus and placenta weight	2.26±0.54	1.82±0.45	1.72±0.53	0.430
羊水重 Amniotic fluid weight	2.74±0.71	3.38±0.90	3.47±0.93	0.556

表 5 饲料营养水平对胚胎体尺指标的影响 (n=6)

Table 5 The effects of diet nutrient levels on fetal body measurements (n=6)

cm

项目 Item	精 : 粗 Concentrate : forage			P 值 P-value
	5 : 5	4 : 6	3 : 7	
体高 Body height	38.18±1.97	38.05±1.40	36.08±2.24	0.087
胸深 Chest depth	13.73±0.77	13.5±0.84	12.86±0.89	0.103
胸围 Chest circumference	29.72±1.75	30.65±1.56	30.36±1.32	0.340
腹围 Abdominal circumference	30.58±2.45	30.20±1.71	29.51±1.60	0.379
头宽 Head breadth	6.93±0.27	7.12±0.46	7.05±0.45	0.435
头长 Head length	12.13±1.11	11.85±0.79	11.53±0.98	0.311
直冠臀长 Straight crown-rump length	45.36±2.04	45.43±1.37	45.58±2.75	0.581
曲冠臀长 Curved crown-rump length	52.55±1.65	53.85±3.78	50.48±2.58	0.117
体斜长 Body length	31.08±2.21	31.84±1.84	28.80±3.08	0.061

2.4 饲料营养水平对妊娠后期胚胎组织器官发育的影响

饲料营养水平对妊娠后期胚胎组织器官发育的影响见表 6。由表可知,在本试验条件下,妊娠后期饲料营养水平降低对羔羊胚胎的各组织器官除心重

有显著降低作用外($P < 0.05$),对肝、脾、肾、肺、胃和小肠重的影响均不显著($P > 0.05$)。但胚胎的肝、肺、胃和小肠重随营养水平的降低而有降低的趋势($P < 0.10$)。

表 6 饲料营养水平对妊娠后期母羊胚胎组织器官发育的影响 (n=6)

Table 6 The effects of diet nutrient levels on the development of fetal tissues and organs (n=6)

g

项目 Item	精 : 粗 Concentrate : forage			P 值 P-value
	5 : 5	4 : 6	3 : 7	
心 Heart	28.40±4.44 ^a	25.80±3.57 ^{ab}	20.86±4.46 ^b	0.027
肝 Liver	102.67±6.73	90.23±18.63	81.58±18.03	0.077
脾 Spleen	5.04±0.37	4.41±0.67	4.41±0.97	0.200
肾 Kidney	9.38±1.40	9.07±2.11	8.36±1.94	0.397
肺 Lung	118.80±6.45	115.90±12.57	102.76±12.80	0.076
胃 Stomach	34.95±3.04	36.40±3.04	31.41±3.27	0.057
小肠 Small intestine	129.28±18.27	131.10±13.30	108.12±20.12	0.058

3 讨 论

3.1 饲粮营养水平对妊娠后期母羊体重及腹围的影响

妊娠期母羊的体重变化是判断妊娠期营养作用的重要指标。营养不足时,母羊获取的养分将优先用于满足胚胎的生长发育,因此会降低母羊自身的体增重。本试验所选母羊均为初产母羊,还处于自身生长发育的时期,试验采用 3 种不同的营养水平饲粮饲喂母羊时,3 个组的母羊体重间差异虽不显著,但可以看到母羊的体重随营养水平的降低有降低趋势,而母羊的体增重也有显著的差异,因此饲粮的营养水平会影响到母羊自身的发育。当妊娠后期母体饲粮营养水平严重低于正常水平时,会降低母羊的净体重^[18]。Z. X. He 等^[8]研究了妊娠后期母羊的能量和蛋白限制对母羊体重和体增重的影响,结果表明能量和蛋白限制均降低了母羊的体重,但影响不显著,而能量限制显著降低了母羊的体增重,该结果与本试验结果相一致,R. V. Anthony 等^[19]也研究发现,母牛在妊娠后期 81% 的粗蛋白供给量限制时,降低了母牛的体增重和产前体重。本试验中,母羊的产后体重仍高于妊娠 90 天时母羊的体重,说明在妊娠过程中母羊自身仍在不断生长,母羊并没有大量动员体贮,而只是降低母羊自身的生长速度。妊娠后期,随着胚胎的快速发育,母羊的腹围也开始快速增大,因此测定母羊的腹围对研究饲粮的营养效果有重要的作用。本试验中,饲粮营养水平对母羊腹围的影响不显著,但可以看出随营养水平的降低,母羊的腹围也相应降低。总之,妊娠期母羊饲粮营养水平可影响到母羊体重,同时显著影响到母羊的体增重,对母羊腹围无显著的影响,但随母羊饲粮营养水平的降低,母羊的腹围也相应降低。试验结果表明,本试验所用的营养水平和供给的营养量可能处于妊娠母羊对营养素需要的耐受范围之内,但会显著影响到母羊的体增重。

3.2 饲粮营养水平对妊娠后期母羊妊娠产物重量的影响

母体的营养会影响到妊娠产物发育^[20]。母羊的妊娠产物包括胚胎、胎盘、羊水等,在母羊妊娠后期不仅是母羊的妊娠产物不断发育的过程,同时也伴随着子宫的不断生长过程。妊娠后期是胚胎在母体内的重要生长阶段,胎儿依靠血液循环从母体内获取营养物质以维持自身的生长发育,因此当母体

的营养受到限制,母体会最大限度地维持妊娠和保持胚胎的正常发育,当营养超出母羊的耐受范围,会限制到胚胎的发育。M. L. Van Emon 等^[21]研究发现,妊娠后期代谢蛋白水平对羔羊初生重无显著影响,F. P. Champion 等^[22]研究显示,妊娠后期母羊饲粮不同的净能水平通过改变母羊的体储代谢模型而对初生羔羊的性能无显著影响,本试验的结果可以看出,尽管胚胎的体重差异不显著,但随着精料水平的降低,胚胎的体重有降低的趋势,原因可能是随着母羊采食可消化营养物质的降低,母羊通过降低自身体重的增加以维持胚胎的生长。胎盘是胎儿与母体通过血液循环进行物质交换、过滤毒物、合成激素及蛋白、排出代谢产物的重要组织器官,对胎儿发育和维持正常妊娠有重要的作用,在妊娠期,当母体受到不良的外界环境刺激,胎盘的发育会相应受到影响。本试验中,随着母羊饲粮营养水平的降低,母羊的胎盘与子宫的总重有降低的趋势,这与 P. M. Coan 等^[23]的结果一致。在妊娠过程中,羊水是子宫羊膜腔内的透明液体,对维持胚胎的正常着床和破水后的正常产出有重要的作用。本试验中,随着饲粮营养水平的降低,羊水相应增加。羊水过多不利于胎儿发育^[24],当羊水过多时,在人类中常见到胎儿畸形、产后出血^[25]、子宫张力过高、早产等,同时有可能增加胎儿的发病率和死亡率,并且因为羊水的增加,母体腹部压力增大,可能导致胎儿贫血的发生,这与张崇志^[9]的研究结果相一致。因此可以看出,妊娠后期的饲粮营养水平对母羊的妊娠产物影响虽不显著,但随着营养水平的降低,羊水重量有增加的趋势,胚胎和胎盘的发育也会受到限制。

3.3 饲粮营养水平对妊娠后期母羊胚胎体尺指标的影响

充足、合理的母体营养是胚胎健康发育的保障^[26],胚胎期也是动物生长的关键阶段,决定了其早期甚至成年期的生长发育^[27]。妊娠母羊在低营养水平下会最大限度保持胎儿的正常生长发育,只有当母羊的营养严重不足时才会影响到胚胎^[28]。本试验结果可以看出,妊娠期母羊饲粮的营养水平对胚胎的体尺发育影响均不显著,说明在最低营养水平(3:7 组)下,母羊仍可通过自身的调节以维持胚胎的生长发育。但随着饲粮营养水平的降低,胚胎的体尺、体高、体斜长有降低趋势,说明妊娠期母羊的营养会影响到胚胎的发育。张崇志^[9]选用妊娠后期的蒙古绵羊,分别以平均 1 689.05 (CG)、

842.48(RG2)、440.18(RG1) $g \cdot d^{-1}$ 的采食量进行饲喂,结果显示,胚胎的体尺指标中只有 RG1 组中的部分指标与 CG 组差异显著,而 RG2 组中各指标与对照组间的差异均不显著,原因可能是母体的缓冲保护系统仍对胎儿的发育有一定作用^[18],动物在一定的营养缺乏范围内,能通过自我营养调控机能使其对外界的变化作出适应性调节^[29]。因此本试验中胚胎体尺的各项指标与对照组间差异不显著,原因可能是母体通过自身营养调控维持胎儿的发育,母体的缓冲体系没有被打破。

3.4 饲粮营养水平对妊娠后期胚胎组织器官发育的影响

内脏器官是动物机体行使各项相应功能的主体,对动物的生命活动有重要的作用。胎儿在母体子宫内的发育过程是其各组织器官结构和功能不断增长完善的过程,而母体的饲料营养影响到母体向胚胎营养的输送,因此研究妊娠后期母体营养对胚胎组织器官发育的影响对了解产后羔羊的潜在生长发育有重要的作用。本试验中,各营养水平对胚胎的各器官重量尽管多数有降低的趋势,但除心脏外,差异均不显著。随着营养水平的降低,母体会更多地动员体贮以维持妊娠,最大程度地保障胚胎的发育,但营养水平的过度降低,也会影响到胚胎的器官发育。高峰等^[30]研究了妊娠后期胎儿宫内生长受限对羔羊内脏器官的影响,对照组、RG1 和 RG2 组的营养水平分别按照 1 332.52、719.33、383 $g \cdot d^{-1}$ 的饲喂量进行饲喂,结果显示, RG1 组除肺和脾重与对照组有显著差异外,其他器官与对照组差异不显著,但 RG2 组的各器官重量与对照组有显著的差异,该试验 RG1 组母羊的采食量约为对照组的 53%,多数器官与对照组差异不显著,但当达到 R2 组的营养限制时,各器官重量均显著降低,说明当营养水平没有超出母羊耐受能力时,母羊可通过自身调控维持胚胎器官的发育。结合本试验母羊体重变化结果说明,母羊会通过降低自身体增重来保持胚胎的发育,但是胚胎部分器官重量有降低趋势,说明,妊娠后期母羊的饲粮营养水平会影响到胚胎的器官发育。

4 结 论

在本试验条件下,妊娠后期通过精:粗调节饲粮营养水平,显著影响了母羊的体增重;在没超出母体耐受范围的情况下,母羊以降低自身的体增重最

大限度维持母羊的妊娠产物、胚胎的体尺和组织器官的发育,但胚胎的发育仍会受到影响。

参考文献 (References):

- [1] 祁敏丽,马铁伟,刁其玉,等. 饲粮营养限制对断奶湖羊羔羊生长、屠宰性能以及器官发育的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2016, 47(8): 1601-1609.
QI M L, MA T W, DIAO Q Y, et al. Effect of protein and energy restriction on growth and slaughter performance and visceral organs development of weaned Hu lambs [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2016, 47(8): 1601-1609. (in Chinese)
- [2] 张崇志,刘迎春,高峰,等. 妊娠后期营养限饲蒙古绵羊对其胎儿生长发育及血液生理生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2013, 25(2): 344-349.
ZHANG C Z, LIU Y C, GAO F, et al. Maternal undernutrition during late pregnancy: Effects on growth development and physiological and biochemical indexes in blood of Mongolia ovine fetus [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(2): 344-349. (in Chinese)
- [3] HEO S, YANG Y X, JIN Z, et al. Effects of dietary energy and lysine intake during late gestation and lactation on blood metabolites, hormones, milk composition and reproductive performance in primiparous sows[J]. *Can J Anim Sci*, 2008, 88(2): 247-255.
- [4] 楼 灿,姜成钢,马 涛,等. 杜寒杂交繁殖母羊氮代谢和维持净蛋白质需要的研究[J]. 畜牧兽医学报, 2014, 45(6): 943-952.
LOU C, JIANG C G, MA T, et al. Study of nitrogen metabolism and net protein requirement for maintenance of Dorper×Thin-tailed Han crossbred breeding ewes[J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2014, 45(6): 943-952. (in Chinese)
- [5] 袁翠林,于子洋,王文丹,等. 豆秸、花生秧和青贮玉米秸间的组合效应研究[J]. 动物营养学报, 2015, 27(2): 647-654.
YUAN C L, YU Z Y, WANG W D, et al. Research of associative effects of soybean stalk, peanut vine and corn stalk silage [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015, 27(2): 647-654. (in Chinese)
- [6] HORN M, STEINWIDDER A, PFISTER R, et al. Do different cow types respond differently to a reduction of concentrate supplementation in an Alpine low-input dairy system? [J]. *Livest Sci*, 2014, 170: 72-83.
- [7] MUHAMMAD A U R, XIA C Q, CAO B H. Dietary forage concentration and particle size affect sor-

- ting, feeding behavior, intake and growth of Chinese Holstein male calves [J]. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 2016, 100(2): 217-223.
- [8] HE Z X, WU D Q, SUN Z H, et al. Protein or energy restriction during late gestation alters fetal growth and visceral organ mass: an evidence of intrauterine programming in goats [J]. *Anim Reprod Sci*, 2013, 137(3): 177-182.
- [9] 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]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2013.
ZHANG C Z. Effects of intrauterine growth restriction during late pregnancy on liver cell apoptosis and signal pathway in Mongolia Ovine fetus [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2013. (in Chinese)
- [10] TJARDES K E, BUSKIRK D D, ALLEN M S, et al. Neutral detergent fiber concentration of corn silage and rumen inert bulk influences dry matter intake and ruminal digesta kinetics of growing steers[J]. *J Anim Sci*, 2002, 80(3): 833-840.
- [11] BEAUCHEMIN K A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows.[J]. *J Dairy Sci*, 1991, 74(9): 3140-3151.
- [12] 王文奇,侯广田,罗永明,等. 不同精粗比全混合颗粒饲料对母羊营养物质表观消化率、氮代谢和能量代谢的影响[J]. *动物营养学报*, 2014, 26(11): 3316-3324.
WANG W Q, HOU G T, LOU Y M, et al. Effects of different concentrate to roughage ratios of total mixed pellet diet on nutrient apparent digestibility, nitrogen metabolism and energy metabolism of ewes [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, 26(11): 3316-3324. (in Chinese).
- [13] LASCANO G J, HEINRICHS A J, GARY R R, et al. Effects of forage-to-concentrate ratio and dietary fiber manipulation on gas emissions and olfactometry from manure of Holstein heifers[J]. *J Dairy Sci*, 2015, 98(3): 1928-1937.
- [14] 张树坤,姜雪元,谢正露,等. 高精料饲喂产生脂多糖对奶山羊血浆游离氨基酸分配的影响及其机制[J]. *畜牧兽医学报*, 2013,44(3): 413-418.
ZHANG S K, JIANG X Y, XIU Z L, et al. Effect and mechanism of lipopolysaccharide on distribution of plasma free amino acid in dairy goats fed high concentrate feed [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2013, 44(3): 413-418. (in Chinese)
- [15] 楼 灿,姜成钢,马 涛,等. 饲养水平对肉用绵羊空怀期和泌乳期营养物质消化代谢的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2015, 46(3): 407-415.
LOU C, JIANG C G, MA T, et al. Effects of different feeding levels on digestion and metabolism of meat ewes during non-pregnancy and lactation [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2015, 46(3): 407-415. (in Chinese)
- [16] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术 [M]. 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 45-100.
ZHANG L Y. Feed analysis and quality inspection technology [M]. 2nd ed. Beijing: China Agricultural University Press, 2003:45-100. (in Chinese)
- [17] 刘 洁,刁其玉,赵一广,等. 肉用绵羊饲料养分消化率和有效能预测模型的研究[J]. *畜牧兽医学报*, 2012, 43(8): 1230-1238.
LIU J, DIAO Q Y, ZHAO Y G, et al. Prediction of nutrient digestibility and energy concentrations using chemical compositions in meat sheep feeds [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2012, 43(8): 1230-1238. (in Chinese)
- [18] 高 峰,刘迎春,张崇志,等. 妊娠后期营养限饲对蒙古绵羊体贮动员及其胎儿生长发育的影响[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(6): 1237-1242.
GAO F, LIU Y C, ZHANG C Z, et al. Dietary restriction affects mobilization of mongolia ovine maternal reserves and their fetal growth during late gestation [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2013, 25(6): 1237-1242. (in Chinese)
- [19] ANTHONY R V, BELLOWS R A, SHORT R E, et al. Fetal growth of beef calves. II. Effect of sire on prenatal development of the calf and related placental characteristics [J]. *J Anim Sci*, 1986, 62(5): 1375-1387.
- [20] ALHEIROS-LIRA M C, ARAÚJO L L, TRINDADE N G V, et al. Short- and long-term effects of a maternal low-energy diet ad libitum during gestation and/or lactation on physiological parameters of mothers and male offspring [J]. *Eur J Nutr*, 2015, 54(5): 793-802.
- [21] VAN EMON M L, SCHAUER C S, LEKATZ L A, et al. Supplementing metabolizable protein to ewes during late gestation; I. Effects on ewe performance and offspring performance from birth to weaning[J]. *J Anim Sci*, 2014, 92(1): 339-348.
- [22] CAMPION F P, MCGOVERN F M, LOTT S, et al.

- Comparison of energy rationing systems for late gestation ewes; Impacts on ewe and lamb performance [J]. *J Anim Sci*, 2016, 94(8): 3441-3456.
- [23] COAN P M, VAUGHAN O R, SEKITA Y, et al. Adaptations in placental phenotype support fetal growth during undernutrition of pregnant mice[J]. *J Physiol*, 2010, 588(3): 527-538.
- [24] 邓碧叶. 羊水过多产前诊断及妊娠结局分析[D]. 南宁: 广西医科大学, 2014.
- DENG B Y. Prenatal diagnosis and pregnancy outcome analysis of polyhydramnios [D]. Nanning: Guangxi Medical University, 2014. (in Chinese)
- [25] 宋岩峰. 妊娠后期限饲蒙古绵羊对胎盘生长发育及抗氧化能力的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
- SONG Y F. Effects of maternal nutrition restriction during late pregnancy on the growth development and antioxidant capacity of placenta in Mongolia Ovine [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- [26] 吕佳琪, 华雯妤, 王 恬. 胚胎营养环境对动物出生后营养代谢的调控研究[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(2): 335-344.
- LYU J Q, HUA W Y, WANG T. Effects of embryonic nutrition environment on the nutritional metabolism after birth [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2016, 28(2): 335-344. (in Chinese)
- [27] 刘瑞蕾, 刘 真, 吴明明, 等. 绵羊胚胎发育中后期骨骼肌 *BTG2/3* 的表达动态及其与 *Myostatin* 的关系 [J]. *畜牧兽医学报*, 2015, 46(11): 1916-1923.
- LIU R Z, LIU Z, WU M M, et al. Expression trend of *BTG2/3* in the mid to late embryonic skeletal muscle of sheep and the relationship between *BTG2/3* and *MSTN* [J]. *Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica*, 2015, 46(11): 1916-1923. (in Chinese)
- [28] 王宏博, 郭江鹏, 李发弟, 等. 不同营养水平对滩×寒杂种母羊繁殖性能的影响[J]. *草业学报*, 2011, 20(6): 254-263.
- WANG H B, GUO J P, LI F D, et al. Effect of nutrition level on reproductive performance of Tan×Small Tail Han crossbred ewes [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(6): 254-263. (in Chinese)
- [29] 王 波, 柴建民, 王海超, 等. 蛋白水平对早期断奶双胞胎湖羊公羔营养物质消化与血清指标的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2016, 47(6): 1170-1179.
- WANG B, CHAI J M, WANG H C, et al. Effects of protein levels on nutrient digestion and metabolism and serum parameters of early-weaned male Hu twin lambs [J]. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*, 2016, 47(6): 1170-1179. (in Chinese)
- [30] 高 峰, 刘迎春. 妊娠后期胎儿宫内生长受限对出生后羔羊内脏器官的影响[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(15): 3130-3136.
- GAO F, LIU Y C. Effect of intrauterine growth restriction during late pregnancy on visceral organs of postnatal lambs [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(15): 3130-3136. (in Chinese)

(编辑 郭云雁)