

相对饲养水平对阿勒泰羊生长性能、屠宰性能、器官发育及肉品质的影响

李 宏¹ 吴建平^{1,2*} 宋淑珍³ 高良霜¹ 郎 侠³

刘立山³ 宫旭胤³ 王彩莲³

(1.甘肃农业大学动物科学技术学院,兰州 730070;2.西北师范大学新农村发展研究院,兰州 730070;

3.甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所,甘肃省牛羊种质与秸秆饲料化重点实验室,兰州 730070)

摘 要: 本试验旨在研究相对饲养水平对阿勒泰羊生长性能、屠宰性能、器官发育及肉品质的影响。选取 3.0~3.5 月龄、体重 $[(19.16 \pm 0.54) \text{ kg}]$ 接近、臀型一致、健康状况良好的阿勒泰母羔羊 30 只,随机分为 3 组,每组 10 只羊。自由采食 60 d 后,参照 NRC(2007) 饲养标准中维持能量(Em) 需要,通过控制试验羊采食量,3 个组分别按 1.5 (0.75 MJ/kg $\text{W}^{0.75}$, 1.5Em 组)、1.0 (0.50 MJ/kg $\text{W}^{0.75}$, 1.0Em 组)、0.5 倍 Em (0.25 MJ/kg $\text{W}^{0.75}$, 0.5Em 组) 饲喂 30 d。结果表明: 1) 随着相对饲养水平的降低,3 组的末重、平均日增重极显著降低 ($P < 0.01$)。2) 随着相对饲养水平的降低,3 组的宰前活重、胴体重极显著降低 ($P < 0.01$)。1.5Em 组的屠宰率、眼肌面积和 GR 值显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P < 0.05$)。3) 1.5Em 组的肝脏、脾脏和肾脏重量和指数显著或极显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。1.0Em 组的肾脏重量及心脏、肝脏、肾脏指数显著或极显著高于 0.5Em 组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。1.5Em 组的毛+皮和头+蹄重量和指数显著或极显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。4) 1.5Em 组的背最长肌亮度值显著低于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P < 0.05$), 1.0Em 组的背最长肌失水率显著低于 1.5Em 组、0.5Em 组 ($P < 0.05$)。5) 1.5Em 组的背最长肌水分含量显著低于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P < 0.05$), 1.5Em 组的背最长肌粗脂肪含量显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P < 0.05$)。由此可见,相对饲养水平可显著影响阿勒泰羊的平均日增重、屠宰性能、器官发育和部分肉品质指标。

关键词: 阿勒泰羊; 相对饲养水平; 生长性能; 屠宰性能; 器官指数; 肉品质

中图分类号: S826

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2020)04-1927-09

近年来,随着人民生活水平的提高,适宜肌肉脂肪含量的优质羊肉成为消费者的新宠,因而生产适宜肌肉脂肪含量的羊肉和降低养殖饲料成本是现代养羊业的主要目标之一,而羊肉品质的调控是一个复杂的过程,通过人为地控制家畜的营养摄入来改善其肉品质是一种有效的动物产品品质调控方式^[1]。在反刍动物营养研究中, Galvani 等^[2] 研究表明,随着饲养水平的降低,特克塞尔杂

交羊的平均日增重呈下降趋势。Ash 等^[3] 研究表明,绒山羊在高采食量水平条件下,肌肉脂肪含量和各部位脂肪沉积较中、低采食量水平显著增加,然而,采食量对内脏器官重量和器官指数没有显著影响。马铁伟等^[4] 研究表明,随饲粮营养水平的提高,3 月龄湖羊公羔的生长性能、屠宰性能逐渐提高,肉品质也有一定地改善。杨丽芬^[5] 报道,高能量水平的饲粮可显著提高槐山羊的平

收稿日期: 2019-10-22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31960673, 31460592)

作者简介: 李 宏 (1993—), 男, 甘肃天祝人, 硕士研究生, 畜牧专业。E-mail: matth520@163.com

* 通信作者: 吴建平, 教授, 博士生导师, E-mail: wujp@gsagr.ac.cn

均日增重和眼肌面积,但对屠宰率和净肉率无显著影响。霍路曼^[6]研究表明,高营养水平的饲料可显著提高荷斯坦育成牛的平均日增重。

阿勒泰羊主要分布在新疆北部阿勒泰地区的福海县、富蕴县、清河县等地,因其尾臀合一硕大而得名,又被称为大尾羊,俗称福海大尾羊或阿勒泰大尾羊^[7],为肉脂兼用型绵羊品种。该羊耐粗饲、抗逆性强,是哈萨克羊的一个优良类群,以其体型大、产肉脂性能高而闻名^[8-9]。阿勒泰羊在原产地终年放牧^[10],抓膘能力强,夏秋季节牧草丰盛时迅速抓膘,据报道,越冬后的阿勒泰羊母羊在夏秋季节不补饲的情况下就可从 50 kg 增加到 88 kg,平均日增重达 212 g,而在冬春枯草季节,消耗体内储存的能量维持体能。阿勒泰羊抓膘能力强,脂肪沉积丰富,但其大量脂肪沉积在尾臀部、皮下和内脏,形成所谓的“废脂肪”,既浪费饲料资源,又影响胴体品质,已不适合现代畜牧业的发展要求。因此,本研究旨在探讨短期不同相对饲养水平 (relative feeding level, TFL) 对阿勒泰羊生长性能、屠宰性能、器官发育及肉品质的影响,通过营养水平调控为阿勒泰羊生产提供思路。

1 材料与方法

1.1 试验设计

选择 3.0~3.5 月龄、体重 $[(19.16\pm0.54)\text{ kg}]$ 接近、臀型一致、健康状况良好的阿勒泰羔羊 30 只,随机分为 3 组,每组 10 只羊,自由采食 60 d。3 个组平均体重分别达到 $(30.17\pm1.17)\text{ kg}$ 、 $(30.75\pm1.72)\text{ kg}$ 和 $(30.83\pm1.16)\text{ kg}$ 时,参照 NRC (2007) 饲养标准中维持能量 (energy for maintenance, Em) 需要,通过控制试验羊采食量,3 个组分别按 1.5 (0.75 MJ/kg $W^{0.75}$, 1.5Em 组)、1.0 (0.50 MJ/kg $W^{0.75}$, 1.0Em 组) 和 0.5 倍 Em (0.25 MJ/kg $W^{0.75}$, 0.5Em 组) 饲喂 30 d。试验羊每隔 10 d 称重,调整饲料饲喂量。试验结束后每组选取 9 只羊按《畜类屠宰加工通用技术条件》(GB/T 17237—2008) 的要求屠宰,并按采样要求收集样品。

1.2 基础饲料和饲养管理

试验在甘肃省张掖市平山湖乡种羊场进行,预试期 10 d,正试期 90 d。试验前 1 周,打扫清理羊舍,并对羊舍、羊栏、食槽等进行消毒。试验开始前,试验羊逐个称重、打耳标、药浴和驱虫(驱虫

后 48 h 内彻底打扫羊舍)。每组 10 只,单栏饲养,羊栏长 3.0 m,宽 2.0 m,配置饮水和采食一体的食槽,每天 08:00、17:00 各饲喂 1 次,自由饮水。试验羊舍为彩钢半开放式羊舍,温度、光照、通风等饲养环境条件一致。基础饲料根据 NRC (2007) 肉用绵羊的需要标准配制,基础饲料组成及营养水平见表 1。

表 1 基础饲料组成及营养水平 (干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis)		%
项目 Items	含量 Content	
原料 Ingredients		
苜蓿干草 Alfalfa hay	25.40	
玉米秆 Corn straw	19.40	
小麦秆 Wheat straw	5.00	
玉米 Corn	30.00	
豆粕 Soybean meal	10.00	
麸皮 Wheat bran	5.00	
菜籽粕 Rapeseed meal	4.00	
磷酸氢钙 CaHPO_4	0.20	
碳酸钙 CaCO_3	0.35	
氯化钠 NaCl	0.50	
预混料 Premix ¹⁾	0.15	
合计 Total	100.00	
营养水平 Nutrient levels ²⁾		
消化能 DE/(MJ/kg)	10.66	
代谢能 ME/(MJ/kg)	8.67	
粗蛋白质 CP	12.51	
粗脂肪 EE	2.13	
钙 Ca	0.65	
总磷 TP	0.45	
中性洗涤纤维 NDF	55.30	
酸性洗涤纤维 ADF	32.22	

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet: Mn (as manganese sulfate) 960 mg, Fe (as ferrous sulfate) 800 mg, Zn (as zinc sulfate) 1 600 mg, Cu (as copper sulfate) 160 mg, Co (as cobalt sulfate) 4.00 mg, I (as potassium iodide) 4.00 mg, VA 90 000 IU, VD 330 000 IU, VE 300 IU。

2) 消化能、代谢能按照文献[11]中公式计算而得,其余为实测值。DE and ME were calculated according to the formula in reference [11], while the others were measured values.

1.3 样品采集与测定

试验进入正试期后,每隔 10 d 对试验羊进行

称重,准确称取并记录每只羊每天的采食量。正试期结束后,自由饮水,禁食 12 h 后测定羊只的宰前活重,然后屠宰颈静脉放血处死测定胴体质量、眼肌面积、GR 值(用游标卡尺测定第 12~13 肋骨之间距离背中线11 cm处的组织厚度)。采集背最长肌样品 200 g,测定 pH、肉色、熟肉率、剪切力、失水率及水分、粗蛋白质和粗脂肪含量。采集心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏,称重,计算器官指数。

器官指数(%)=100×器官重量/宰前活重。

屠宰性能及肉品质相关指标测定参照赵有璋^[12]《羊生产学》相关方法测定,肌肉常规营养成分中水分、粗蛋白质、粗脂肪含量分别参照国家标准 GB 5009. 3—2016、GB 5009. 5—2016、GB 5009.6—2016 的方法进行测定。其中,粗蛋白质含量使用 Kjeltac-8000 全自动凯氏定氮仪测定,粗脂肪含量使用 SoxtecTM-2043 自动浸提仪进行

测定。

1.4 数据统计分析

利用 Excel 2010 对试验数据进行初步整理和计算,然后采用 SPSS 21.0 统计软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用 Duncan 氏法进行多重比较,结果用平均值±标准差表示。 $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著。

2 结 果

2.1 相对饲养水平对绵羊生长性能的影响

由表 2 可知,3 组之间的初重无显著差异($P>0.05$)。3 组之间的末重、平均日增重差异极显著($P<0.01$),随着相对饲养水平的降低,末重、平均日增重逐渐降低。1.5Em 组的末重分别比 1.0Em 组、0.5Em 组高 18.56%、34.54%。

表 2 相对饲养水平对绵羊生长性能的影响
Table 2 Effects of relative feeding level on growth performance of sheep

项目 Items	组别 Groups			P 值 P-value
	1.5Em	1.0Em	0.5Em	
初重 Initial weight/kg	30.83±1.16	30.75±1.72	30.17±1.17	0.667
末重 Final weight/kg	36.93±2.73 ^A	31.15±1.49 ^B	27.45±2.36 ^C	<0.001
平均日增重 Average daily gain/g	203.00±0.05 ^A	13.33±0.07 ^B	-90.67±0.04 ^C	<0.001

同行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($P<0.01$),相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$)。下表同。

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

2.2 相对饲养水平对绵羊屠宰性能的影响

由表 3 可知,随着相对饲养水平的降低,3 组的宰前活重、胴体重极显著降低($P<0.01$),1.5Em 组的宰前活重分别比 1.0Em 组、0.5Em 组高 18.56%、34.54%,1.5Em 组的胴体重分别比 1.0Em 组、0.5Em 组高 22.16%、43.36%。随着相对饲养水平的降低,屠宰率、GR 值逐渐减小,且 1.5Em 组显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组($P<0.05$),但 1.0Em 组、0.5Em 组之间差异不显著($P>0.05$)。1.5Em 组的眼肌面积显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组($P<0.05$),1.0Em组、0.5Em 组之间差异不显著($P>0.05$)。

2.3 相对饲养水平对绵羊器官重量和指数的影响

由表 4 可知,1.5Em 组的肝脏、肾脏重

量极显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组($P<0.01$);1.5Em组心脏重量分别比 1.0Em 组、0.5Em 组高 23.74%、37.08%,肝脏重量分别比 1.0Em 组、0.5Em组高 39.39%、58.86%,肾脏重量分别比 1.0Em组、0.5Em 组高 24.27%、45.38%。1.5Em 组的脾脏重量显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组($P<0.05$),1.0Em 组、0.5Em 组之间差异不显著($P>0.05$)。3 组之间的肺脏重量差异不显著($P>0.05$)。1.5Em 组的肝脏、肾脏指数极显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组($P<0.01$)。1.5Em 组的脾脏指数显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组($P<0.05$),1.0Em 组、0.5Em 组之间差异不显著($P>0.05$)。3 组之间的肺脏指数差异不显著($P>0.05$)。

表 3 相对饲养水平对绵羊屠宰性能的影响

Table 3 Effects of relative feeding level on slaughter performance of sheep

项目 Items	组别 Groups			P 值
	1.5Em	1.0Em	0.5Em	P-value
宰前活重 Live weight before slaughter/kg	36.93±2.73 ^A	31.15±1.49 ^B	27.45±2.36 ^C	<0.001
胴体重 Carcass weight/kg	18.58±2.59 ^A	15.21±0.78 ^B	12.96±1.22 ^C	0.008
屠宰率 Dressing percentage/%	50.31±1.95 ^a	48.83±2.36 ^b	47.21±1.07 ^b	0.034
眼肌面积 Eye muscle area/cm ²	8.59±1.42 ^a	6.63±1.19 ^b	6.89±0.89 ^b	0.024
GR 值 GR value/mm	11.07±3.34 ^a	7.57±1.55 ^b	6.70±1.21 ^b	0.040

表 4 相对饲养水平对绵羊内脏器官重量和指数的影响

Table 4 Effects of relative feeding level on visceral organ weight and indexes of sheep

项目 Items	器官 Organs	组别 Groups			P 值
		1.5Em	1.0Em	0.5Em	P-value
重量 Weight/g	心脏 Heart	154.67±11.79 ^{Aa}	125.00±6.63 ^{Bb}	112.83±4.71 ^{Bc}	<0.001
	肝脏 Liver	534.31±79.92 ^{Aa}	383.33±45.83 ^{Bb}	336.33±14.99 ^{Bb}	<0.001
	脾脏 Spleen	49.67±6.25 ^a	40.00±5.18 ^b	38.33±7.61 ^b	0.017
	肺脏 Lung	456.33±78.79	388.00±34.29	409.33±58.74	0.166
	肾脏 Kidney	99.83±7.99 ^{Aa}	80.33±9.27 ^{Bb}	68.67±5.83 ^{Bc}	<0.001
指数 Index/%	心脏 Heart	0.45±0.02 ^{Aa}	0.39±0.05 ^{Bb}	0.34±0.01 ^{Bc}	<0.001
	肝脏 Liver	1.56±0.20 ^{Aa}	1.18±0.10 ^{Bb}	1.01±0.06 ^{Bc}	<0.001
	脾脏 Spleen	0.15±0.02 ^a	0.12±0.02 ^b	0.11±0.02 ^b	0.047
	肺脏 Lung	1.34±0.23	1.20±0.14	1.24±0.19	0.445
	肾脏 Kidney	0.29±0.01 ^A	0.25±0.02 ^B	0.21±0.02 ^C	<0.001

由表 5 可知,1.5Em 组的毛+皮重量、头+蹄重量、毛+皮指数极显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P<0.01$),1.0Em 组、0.5Em 组之间差异不显著 ($P>0.05$)。1.5Em 组的头+蹄指数显著高于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P<0.05$),1.0Em 组、0.5Em 组之间差异不显著 ($P>0.05$)。

表 5 相对饲养水平对绵羊外部器官重量和指数的影响

Table 5 Effects of relative feeding level on external organ weight and indexes of sheep

项目 Items	组别 Groups			P 值
	1.5Em	1.0Em	0.5Em	P-value
毛+皮重量 Wool+skin weight/g	3 121.33±376.43 ^{Aa}	2 359.17±182.38 ^{Bb}	2 243.33±92.23 ^{Bb}	<0.001
毛+皮指数 Wool+skin index/%	9.24±0.89 ^{Aa}	7.02±0.53 ^{Bb}	6.79±0.23 ^{Bb}	0.002
头+蹄重量 Head+feet weight/g	2 818.67±87.28 ^{Aa}	2 602.33±96.99 ^{Bb}	2 463.33±179.85 ^{Bb}	0.001
头+蹄指数 Head+feet index/%	8.38±0.64 ^a	7.78±0.84 ^b	7.46±0.61 ^b	0.040

2.4 相对饲养水平对绵羊背最长肌肉品质的影响

由表 6 可知,3 组之间 pH 差异不显著 ($P>0.05$),随着储存时间的延长,背最长肌 pH 均呈降低趋势。3 组之间背最长肌的红度值、黄度值、熟肉率和剪切力差异不显著 ($P>0.05$)。1.5Em 组的

背最长肌亮度值显著低于 1.0Em 组、0.5Em 组 ($P<0.05$),1.0Em 组、0.5Em 组之间差异不显著 ($P>0.05$)。1.0Em 组的背最长肌失水率显著低于 1.5Em 组、0.5Em 组 ($P<0.05$),分别比 1.5Em 组、0.5Em 组低 33.46%、36.19%,1.5Em 组、0.5Em 组之间差异不显著 ($P>0.05$)。

表6 相对饲养水平对绵羊背最长肌肉品质的影响

Table 6 Effects of relative feeding level on *longissimus dorsi* meat quality of sheep

项目 Items	组别 Groups			P 值
	1.5Em	1.0Em	0.5Em	P-value
pH _{45 min}	6.57±0.15	6.30±0.22	6.51±0.17	0.057
pH _{24 h}	5.73±0.16	5.80±0.15	5.74±0.09	0.664
亮度 L*	18.13±1.21 ^b	22.00±3.42 ^a	21.60±1.48 ^a	0.035
红度 a*	26.13±1.98	27.40±3.18	26.00±1.48	0.639
黄度 b*	13.73±3.29	13.87±2.79	11.93±2.65	0.523
熟肉率 Cooked meat rate/%	65.79±3.17	66.41±2.94	66.31±4.35	0.949
失水率 Water lose rate/%	15.45±2.66 ^a	10.28±3.48 ^b	16.11±3.09 ^a	0.010
剪切力 Shear force/N	16.57±1.74	16.29±1.81	16.60±4.93	0.983

2.5 相对饲养水平对绵羊背最长肌营养成分的影响

由表7可知,随相对饲养水平的降低,3组背最长肌的水分含量逐渐升高,粗脂肪含量则逐渐降低。1.0Em组、0.5Em组的背最长肌水分含量显著高于1.5Em组($P<0.05$),1.0Em组、0.5Em组之间差异不显著($P>0.05$)。1.5Em组的背最长

肌粗脂肪含量则显著高于1.0Em组、0.5Em组($P<0.05$),1.0Em组、0.5Em组之间差异不显著($P>0.05$)。3组之间的背最长肌粗蛋白质含量差异不显著($P>0.05$),但1.0Em组的背最长肌粗蛋白质含量分别比1.5Em组、0.5Em组高1.94%、0.79%。

表7 相对饲养水平对绵羊背最长肌营养成分的影响

Table 7 Effects of relative feeding level on *longissimus dorsi* nutritional components of sheep

%

项目 Items	组别 Groups			P 值
	1.5Em	1.0Em	0.5Em	P-value
水分 Moisture	72.79±1.83 ^b	73.98±0.39 ^a	75.47±1.94 ^a	0.016
粗脂肪 EE	3.99±1.13 ^a	2.26±0.67 ^b	2.05±0.69 ^b	0.025
粗蛋白质 CP	22.63±1.29	23.07±0.53	22.89±0.83	0.705

3 讨论

3.1 相对饲养水平对绵羊生长性能的影响

动物品种、饲养管理、饲养环境是影响动物生长性能的关键因素,充足的营养是保证动物生命活动的基本因素,当营养水平满足动物维持生命活动时,适当提高动物的饲料采食量水平可以提高动物的生长性能。马铁伟等^[4]报道,随饲料营养水平的下降,湖羊公羔的平均日增重、末重显著下降。祁敏丽等^[13]报道,饲料营养限制时,湖羊羔羊的平均日增重显著下降。本试验中,0.5Em组、1.0Em组和1.5Em组之间阿勒泰羊的平均日增重差异极显著,随着相对饲养水平的降低,平均日增重显著降低,这与上述研究结果一致。造成试验羊平均日增重、末重差异极显著的原因可能是本

试验进行了限制饲料采食量的措施,以至于动物不能满足自身需要而必须消耗自身营养物质来适应条件,从而使平均日增重、末重极显著降低^[14]。

3.2 相对饲养水平对绵羊屠宰性能的影响

屠宰性能是动物经济价值的直观表现,也直观反映出动物的生长性能^[15],动物的经济价值主要由屠宰率、胴体重来体现。本研究中,3组之间试验羊的宰前活重、胴体重差异极显著,说明相对饲养水平显著影响产肉性能。饲料的营养水平与动物的屠体指标密切相关^[16]。Phengvichith等^[17]研究报道,随着饲料营养水平的降低,羊的宰前活重、胴体重显著降低。程善燕等^[18]报道,随着试验羊采食量的提高,宰前活重、胴体重和屠宰率均相应提高。王震等^[19]研究表明,随着饲喂水平的降低,湖羊的胴体重和GR值逐渐下降,且70%的采

食量水平组的胴体重、GR 值极显著低于对照组。本试验与上述结果相一致。本研究结果表明,相对饲养水平与阿勒泰羊的宰前活重、胴体重、眼肌面积具有密切的相关性;随着相对饲养水平的降低,宰前活重、胴体重、屠宰率、眼肌面积均显著降低。这说明动物在满足自身需要之上,1.5 倍 Em 可显著提高动物的宰前活重、胴体重、屠宰率、眼肌面积。动物的眼肌面积直观反映出家畜胴体的发育程度,正常情况下,眼肌面积与胴体重呈正相关^[20]。GR 值是评价胴体脂肪含量的标志之一,GR 值随饲料能量水平的提高而增加^[18]。本试验中,因相对饲养水平不同,导致阿勒泰羊摄入的营养水平不同,因此 1.5Em 组的 GR 值显著高于其他 2 组。随着动物身体的生长发育,所消耗的营养物质将主要用于脂肪的沉积,因此可获得更高的屠宰率。这也是 1.5Em 组的 GR 值、屠宰率高于其他 2 组的原因之一。王大星等^[8]报道,阿勒泰母羊的屠宰率为 50.05%。本试验中,阿勒泰羊的屠宰率为 47.21%~50.31%,其中 1.5Em 组的屠宰率略高于其他学者的报道可能是与试验羊饲喂的地区环境有关。而 0.5Em 组的屠宰率远低于 1.5Em 组是因为摄入的饲料少,以至于营养水平不足,而使其宰前体重下降,进而影响屠宰率。

3.3 相对饲养水平对绵羊内脏器官发育的影响

内脏器官的重量和指数在一定程度上反映了动物机体的机能状况,对于理论研究和生产实践有重要意义^[21]。Johnson 等^[22]研究表明,内脏器官重量与能量的利用有关,随着饲料能量摄入量的增加,试验动物内脏的器官发育也随之加快、加重。本试验结果与上述研究相一致。本试验羊基本处于同龄水平,1.5Em 组的心脏、肝脏、脾脏、肾脏重量和指数显著或极显著高于其他 2 组,这是由于采食量水平的不同造成了器官重量及器官指数的差异性。这说明动物器官的发育受采食量水平的明显影响,器官的正常发育需要足够水平的营养物质。与其他内脏器官重量和指数相比,3 组肝脏重量的损失幅度最大,这是因为羔羊所摄入的营养水平不能满足机体基本需要,动物以降低基础代谢的方式,减轻肝脏重量来适应条件^[23]。脾脏是绵羊免疫能力强弱的器官之一,脾脏指数在一定程度上呈现出绵羊免疫能力的强弱^[24]。本试验结果表明,0.5 倍 Em 的相对饲养水平不利于绵羊的免疫^[25]。

3.4 相对饲养水平对绵羊外部器官发育的影响

外部器官质量可以作为其功能的近似指标,同时外部器官指数也反映了动物的营养状况和生理功能。本试验中,从外部器官重量和指数来看,1.5Em 组的头+蹄、皮+毛重量和指数显著或极显著高于其他 2 组。这说明羔羊外部器官的生长与饲料营养水平密切相关。其原因可能是在高采食量水平下,阿勒泰羊外部组织器官发育趋于完善。

3.5 相对饲养水平对绵羊背最长肌肉品质的影响

影响肉品质的主要指标之一是 pH。李春芳^[26]报道,随着饲料营养水平的提高,牛肉的 pH_{45 min} 升高。本试验结果与上述研究相一致。本试验中,屠宰后的肌肉随着储存时间的延长其 pH 逐渐减小,这可能是肌肉消耗 ATP 后产酸而使 pH 下降^[27]。肉色是消费者观察和判断羊肉品质的重要感官指标^[28],一般认为鲜肉的颜色应该是鲜红色或者亮粉色。陈代文等^[29]研究表明,肌肉中水分含量和失水率的变化与饲料营养水平显著相关,虽然高营养水平能在一定程度上显著提高肌肉脂肪含量,提高肉品质,但会增加肌肉失水率,使肌肉纤维增厚,对肉品质的改善也有负面影响。降低营养水平可以显著增加肌肉含水量,降低滴水失度,从而起到改善肉品质的效果^[30]。本试验中,1.0Em 组的背最长肌失水率显著低于 1.5Em 组、0.5Em 组,与上述报道相一致。本试验结果表明,1.0Em 组的背最长肌的亮度值、失水率对肉品质的改善显著高于其他 2 组。

3.6 相对饲养水平对绵羊背最长肌营养成分的影响

羊肉中蛋白质和脂肪含量会影响肉质,也是评价肉品质的重要指标^[19]。肌肉脂肪含量会影响肉的嫩度、风味和多汁性。当脂肪含量太低时,肉质明显粗糙;脂肪含量高时,风味强烈,口感较佳;但当脂肪含量太高时,会有油腻感^[31]。研究报道,肌肉中理想的脂肪含量为 2%~3%^[32]。张杰^[33]报道,在高营养水平下 3~12 月龄的荷斯坦奶牛的背最长肌中的粗蛋白质、水分含量呈降低趋势,粗脂肪含量则相反。本试验与上述结果相一致。本试验中,肌肉中粗脂肪含量随着相对饲养水平的降低而降低,水分含量则逐渐升高,粗蛋白质含量先上升后逐渐降低但差异不显著。1.0Em 组的背最长肌粗脂肪含量为 2.26%,优于其他 2 组,粗蛋白质含量高于其他 2 组。这一结果表明适度限饲

有利于肉品质的改善,导致这一结果的原因可能是动物在低饲养水平下消耗了自身的体脂,体脂减少,水分就会相应增加^[34]。

4 结 论

① 随着相对饲养水平的降低,阿勒泰羊的平均日增重、末重极显著降低。

② 相对饲养水平对绵羊屠宰性能有显著或极显著影响,随着相对饲养水平的降低,阿勒泰羊的宰前活重、胴体重、眼肌面积以及各内脏(除肺脏外)和外部器官重量和指数均降低。

③ 随着相对饲养水平的降低,阿勒泰羊的背最长肌水分含量逐渐升高,粗脂肪含量逐渐降低,粗蛋白质含量无显著变化。

参考文献:

- [1] 李琴,张微,贾志海,等.限饲对绒山羊生长性能和屠宰性能的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(21):56-59.
- [2] GALVANI D B,PIRES C C,KOZLOSKI G V,et al. Energy requirements of Texel crossbred lambs[J]. Journal of Animal Science, 2008, 86(12):3480-3490.
- [3] ASH A J,NORTON B W.The effect of protein and energy intake on cashmere and body growth of Australian cashmere goats[J].Proceedings of the Australian Society of Animal Production,1984,15:247-250.
- [4] 马铁伟,王强,王锋,等.营养水平对湖羊生长性能、血清生化指标、屠宰性能和肉品质的影响[J].南京农业大学学报,2016,39(6):1003-1009.
- [5] 杨丽芬.不同饲喂水平对槐山羊羊羔生长发育和羊肉品质的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2018(1):129-131.
- [6] 霍路曼.饲粮能量水平对荷斯坦育成牛生长性能、瘤胃发酵及肝脏能量代谢基因表达的影响[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2018.
- [7] 薛华山.阿勒泰羊品种资源现状及发展思路[J].当代畜牧,2016(5):39.
- [8] 王大星,徐冬.阿勒泰羊品种遗传资源调查报告[J].草食家畜,2009(2):38-40.
- [9] 李金保,别克·木哈买提,库拉西,等.地方良种阿勒泰羊[J].新疆畜牧业,2008(1):31-33.
- [10] 马桢,郝耿,杨会国,等.阿勒泰羊品种资源现状及发展思路[J].草食家畜,2012(2):10-12,15.
- [11] 熊本海,罗清尧,赵峰,等.中国饲料成分及营养价值表(2015年第26版)制订说明[J].饲料广角,2015(23):21-31.
- [12] 赵有璋.羊生产学[M].3版.北京:中国农业出版社,2011:83-86.
- [13] 祁敏丽,柴建民,王波,等.饲粮营养限制对早期断奶湖羊羔羊生长性能以及内脏器官发育的影响[J].动物营养学报,2016,28(2):444-454.
- [14] YAGOUR Y M, SATTI H A, ISMAIL R A, et al. Effect of compensatory growth on feed lot performance of sudanese desert lambs[J].Journal of Veterinary Medicine and Animal Production,2016,6(1):37-42.
- [15] 解彪,张乃锋,崔凯,等.不同中性洗涤纤维水平饲粮对早期断奶羔羊生长性能、血清指标、屠宰性能和组织器官发育的影响[J].动物营养学报,2018,30(3):963-972.
- [16] 唐鹏,王尧悦,王国军,等.饲粮能量和蛋白质水平对陕北白绒山羊生长性能、血清生化指标、屠宰性能和肉品质的影响[J].动物营养学报,2018,30(6):2194-2201.
- [17] PHENG VICHITH V, LEDIN I. Effect of a diet high in energy and protein on growth, carcass characteristics and parasite resistance in goats[J].Tropical Animal Health and Production,2007,39(1):59-70.
- [18] 程善燕,张英杰,刘月琴,等.不同能量水平对绵羊屠宰性能和脂肪含量的影响[J].饲料研究,2010(1):52-54.
- [19] 王震,马铁伟,邓凯平,等.能量限饲和补偿对湖羊生长性能及相关激素和肉品质的影响[J].南京农业大学学报,2018,41(4):722-729.
- [20] 陈丽.羊胴体分级模型与分级评定技术研究[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2011.
- [21] 张晋青,岳度兵,罗海玲,等.日粮中维生素E水平对敖汉细毛羊内脏器官生长发育的影响[J].中国畜牧杂志,2010,46(17):43-46.
- [22] JOHNSON D E, JOHNSON K A, BALDWIN R L. Changes in liver and gastrointestinal tract energy demands in response to physiological workload in ruminants[J].The Journal of Nutrition, 1990, 120(6):649-655.
- [23] 彭津津,赵克强,张英杰,等.不同饲喂水平对无角陶赛特羊和小尾寒羊杂交二代公羔体质量、屠宰性能和组织器官生长发育的影响[J].中国草食动物科学,2012(增刊):320-323.
- [24] 赵艳兵,任有蛇,张春香,等.日粮中添加荞麦秸秆对绵羊屠宰性能、器官指数、肉品质及血液生化指标的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),

- 2017,37(12):872-878.
- [25] 刘小刚.营养限制及补偿对羔羊内脏器官和血液中 CD4⁺、CD8⁺T 淋巴细胞的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [26] 李春芳.不同日粮营养水平对荷斯坦淘汰奶牛、奶公牛生长性能及肉品质的影响[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2013.
- [27] TANG R Y, YU B, ZHANG K Y, et al. Effects of nutritional level on pork quality and gene expression of μ -calpain and calpastatin in muscle of finishing pigs [J]. Meat Science, 2010, 85(4): 768-771.
- [28] 周丽雪,王振宇,马涛,等.限制或过量添加脂溶性维生素对育肥阶段杜寒杂交肉羊屠宰性能、内脏器官发育和肉品质的影响[J].动物营养学报,2019,31(5):2176-2186.
- [29] 陈代文,张克英,余冰,等.不同饲养方案对猪生产性能及猪肉品质的影响[J].四川农业大学学报,2002(1):1-6.
- [30] 聂海涛,王子玉,应诗家,等.采食量水平对杜湖 F1 代羊肉品质的影响[J].江苏农业科学,2012,40(1):179-181.
- [31] 梁静,张文举,王博.复合营养调控剂对冷季放牧绵羊肉品质的影响[J].中国畜牧兽医,2016,43(6):1494-1499.
- [32] FERNANDEZ X, MONIN G, TALMANT A, et al. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of *m. longissimus lumborum* [J]. Meat Science, 1999, 53(1): 59-65.
- [33] 张杰.日粮营养水平、亚麻籽和维生素 E 对奶公牛生产性能及肉品质的影响[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2014.
- [34] 周勤飞,王永才,王金勇,等.渝荣 1 号猪配套系商品猪生长规律分析[J].中国畜牧杂志,2009,45(15):9-11.

Effects of Relative Feeding Level on Growth Performance, Slaughter Performance, Organ Development and Meat Quality of Altai Sheep

LI Hong¹ WU Jianping^{1,2*} SONG Shuzhen³ GAO Liangshuang¹ LANG Xia³

LIU Lishan³ GONG Xuyin³ WANG Cailian³

(1. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 2. New Rural Development Research Institute, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 3. Key Laboratory of Cattle and Sheep Germplasm and Straw Feed in Gansu Province, Livestock and Green Agriculture Research Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of relative feeding level on growth performance, slaughtering performance, organ development and meat quality of Altai sheep. Thirty 3.0 to 3.5-month-old Altai female lambs with similar body weight [(19.16 ± 0.54) kg], uniform tail and good health were randomly divided into 3 groups with 10 sheep per group. After freely fed for 60 days, by controlling the feed intake of experimental sheep, according to the energy for maintenance (Em) requirement of NRC (2007) feeding standard, sheep in the 3 groups were fed diets with 1.5 ($0.75 \text{ MJ/kg } W^{0.75}$, 1.5Em group), 1.0 ($0.50 \text{ MJ/kg } W^{0.75}$, 1.0Em group) and 0.5 times Em ($0.25 \text{ MJ/kg } W^{0.75}$, 0.5Em group) for 30 days. The results showed as follows: 1) the final weight and average daily gain of 3 groups were significantly decreased with the relative feeding level decreased ($P < 0.01$). 2) The live weight before slaughter and carcass weight of 3 groups were significantly decreased with the relative feeding level decreased ($P < 0.01$). The slaughter rate, eye muscle area and GR value of 1.5Em group were significantly higher than those of 1.0Em group and 0.5Em group ($P < 0.05$). 3) The weight and index of heart, liver, spleen and kidney of 1.5Em group were significantly higher than those of 1.0Em group and 0.5Em group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). The weight of heart, kidney and index of heart, liver, kidney of 1.0Em group were significantly higher than those of 0.5Em group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). The weight and index of wool+skin and head+feet of 1.5Em group were significantly higher than those of 1.0Em group and 0.5Em group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). 4) The brightness value in *longissimus dorsi* of 1.5Em group was significantly lower than that of 1.0Em group and 0.5Em group ($P < 0.05$), and the water lose rate in *longissimus dorsi* of 1.0Em group was significantly lower than that of 1.5Em group and 0.5Em group ($P < 0.05$). 5) The content of moisture in *longissimus dorsi* of 1.5Em group was significantly lower than that of 1.0Em group and 0.5Em group ($P < 0.05$), and the content of ether extract in *longissimus dorsi* of 1.5Em group was significantly higher than that of 1.0Em group and 0.5Em group ($P < 0.05$). In conclusion, the relative feeding level has significant effects on the average daily gain, slaughter performance, organ development and some meat quality indexes of Altai sheep. [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(4):1927-1935]

Key words: Altai sheep; relative feeding level; growth performance; slaughter performance; organ index; meat quality

* Corresponding author, professor, E-mail: wujp@gsagr.ac.cn