

# 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对育肥阶段杜寒杂交肉羊生长性能和屠宰性能的影响

郭伟<sup>1,2</sup> 王文义<sup>3</sup> 杨东<sup>2,3</sup> 崔凯<sup>2</sup> 张娟<sup>3</sup>

刘敏<sup>3</sup> 李东茂<sup>3</sup> 呼秀智<sup>1\*</sup> 刁其玉<sup>2\*</sup>

(1.河北工程大学生命科学与食品工程学院,邯郸 056038;2.中国农业科学院饲料研究所,农业农村部饲料生物技术重点实验室,北京 100081;3.巴彦淖尔市农牧业科学研究院,巴彦淖尔 015000)

**摘要:** 本试验旨在研究低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对育肥阶段杜寒杂交肉羊生长性能和屠宰性能的影响。选取平均体重为 33 kg 的杜寒杂交肉用母羊 150 只,随机分为 5 组(每组 3 个重复,每个重复 10 只羊),分别为对照组[饲喂基础饲料,粗蛋白质(CP)水平为 16%]、LP14 组(饲料 CP 水平为 14%)、LP12 组(饲料 CP 水平为 12%)、LP10 组(饲料 CP 水平为 10%)、LP12+NPN 组[饲料 CP 水平为 12%,尿素水平为 1%]。试验组饲料分别补充过瘤胃赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、精氨酸,使其达到对照组饲料中的对应的氨基酸水平。试验预试期 10 d,正试期 80 d。结果表明:1)与对照组相比,低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对各组肉羊平均日增重、饲料转化率无显著影响( $P>0.05$ )。2)与对照组相比,各试验组肉羊的屠宰性能指标如宰前活重、胴体重、屠宰率、GR 值和眼肌面积均无显著差异( $P>0.05$ )。3)各组肉羊的器官指数均与体重有关,组间差异不显著( $P>0.05$ )。4)LP10 组肉羊的瓣胃重量及其占宰前活重的比例显著高于 LP12 组和 LP12+NPN 组( $P<0.05$ ),LP10 组大肠重量及其占宰前活重比例显著高于对照组、LP14 组和 LP12+NPN 组( $P<0.05$ );饲料蛋白质水平对网胃、皱胃、小肠重量及占比无显著影响( $P>0.05$ )。结果显示,与对照组相比,饲料蛋白质水平降低 1~4 个百分点并补充过瘤胃赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、精氨酸和尿素,杜寒杂交肉羊的生长性能、屠宰性能均没有受到显著影响,说明低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸在肉羊育肥阶段是可行的。

**关键词:** 肉羊;低蛋白质饲料;过瘤胃氨基酸;氨基酸平衡模式;生长性能;屠宰性能

中图分类号:S826

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)03-1247-09

我国是肉羊养殖大国。随着国民经济不断发展,人们对羊肉需求量增加,使得我国肉羊存栏量不断增加,肉羊由放牧转为舍饲或规模化养殖,饲料供给显得越来越重要,饲料资源,特别是蛋白质饲料已成为肉羊饲料配制的重要考虑因素,面对我国大量进口蛋白质饲料的现实,如何节省蛋白质饲料或降低饲料蛋白质水平成为养殖者所关注的要素。合理利用饲料资源,提高饲料蛋白质和

氨基酸的利用效率至关重要<sup>[1]</sup>。在畜牧生产中,供给动物足够的营养物质能够有效提高其生产性能,但蛋白质摄入过多不仅会增加饲养成本,降低经济效益,还会导致氮排泄增加,污染环境<sup>[2]</sup>。研究表明,单一降低饲料蛋白质水平虽然可以提高氮的利用率<sup>[3]</sup>,但会降低肉羊的生长性能<sup>[4-5]</sup>,甚至引起异食癖<sup>[6]</sup>。蛋白质是由氨基酸组成的,氨基酸是动物对氮素需求的基本单位,由于动物自

收稿日期:2019-09-05

基金项目:国家肉羊产业技术体系(CARS-39);国家自然科学基金青年科学基金项目(31802088);现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-38);内蒙古自治区科技重大专项

作者简介:郭伟(1991—),男,河北邢台人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: longhuaguowei@163.com

\*通信作者:呼秀智,教授,硕士生导师,E-mail: xiuzhihu6@163.com;刁其玉,研究员,博士生导师,E-mail: diaoqiuyu@caas.cn

身不能合成必需氨基酸,所以降低饲料蛋白质水平的同时应补充必需氨基酸,满足动物对氨基酸的需要。有研究报道,低蛋白质饲料中补充过瘤胃氨基酸可减少蛋白质缺乏导致的负面影响<sup>[7-9]</sup>。在饲喂玉米型饲料条件下,生长绵羊的6种限制性氨基酸依次是蛋氨酸、苏氨酸、赖氨酸、精氨酸、色氨酸和组氨酸<sup>[10]</sup>。同时,在猪上的试验表明,低蛋白质饲料中添加合成氨基酸可以获得与饲喂高蛋白质饲料相同的育肥效果<sup>[11]</sup>。

氨基酸平衡模式下的低蛋白质饲料之前主要用于猪和家禽,是以蛋白质和氨基酸平衡理论为基础,将饲料蛋白质水平在推荐的标准上降低2~4个百分点,然后补充适宜种类和数量的合成氨基酸来满足动物机体对必需氨基酸的需求,从而提高动物对氮的利用率,降低氮排放和减少养殖业对环境的污染。反刍动物具有特殊的瘤胃,使其在低蛋白质饲料条件下可利用部分尿素替代蛋白质,满足机体的需要<sup>[12]</sup>;而瘤胃的降解功能会降解所添加的氨基酸,减少到达小肠内氨基酸的量<sup>[13-14]</sup>。因此,低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸和非蛋白氮(NPN)符合牛、羊等反刍动物的消化生理特点。本试验旨在研究不同低蛋白质水平饲料补充过瘤胃蛋氨酸、苏氨酸、赖氨酸、精氨酸和尿素对育肥期杜寒杂交肉羊生长性能、屠宰性能的影响,筛选出育肥期杜寒杂交肉羊适宜的饲喂模型,以期在氨基酸平衡模式下低蛋白质饲料在肉羊育肥阶段的应用提供理论依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点和时间

试验于2018年8月至2018年11月在内蒙古巴彦淖尔市农业科学院科研基地进行。预试期10 d,正试期80 d。

### 1.2 试验设计

本试验采用单因素试验设计,以饲料蛋白质水平为试验因子。选取4月龄体重为33 kg的杜寒杂交肉用母羊150只,随机分为5组,每组3个重复,每个重复10只。对照组饲喂基础饲料(粗蛋白质水平为16%),LP14组、LP12组和LP10组饲料在对照组饲料基础上,将粗蛋白质水平依次降低2个百分点,分别为14%、12%和10%,同时补充过瘤胃赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和精氨酸,使

其与对照组饲料中对应的氨基酸含量一致,LP12+NPN组饲料在LP12组饲料基础上添加1%的尿素。当对照组试验羊的平均体重达到50 kg时,每组选取健康且接近平均体重的6只羊进行屠宰,测定其组织器官、屠宰性能的各项指标。

### 1.3 试验饲料

基础饲料参考《中国肉用绵羊营养需要》<sup>[15]</sup>中给出的营养素推荐量及市场上近年来流行的饲料营养推荐进行配制<sup>[16-19]</sup>。试验饲料自行配制,试验前对饲料原料进行常规分析,根据蛋白质水平配制饲料。尿素和过瘤胃氨基酸与饲料原料混合后制成颗粒饲料。

试验所用过瘤胃蛋氨酸纯度含量为22.2%,过瘤胃率为50%;过瘤胃赖氨酸纯度为35%,过瘤胃率为90%;过瘤胃苏氨酸纯度为50%,过瘤胃率为85%;过瘤胃精氨酸纯度为40%,过瘤胃率为85%。以上过瘤胃氨基酸分别由安迪苏生命科学制品有限公司、北京亚禾营养高新技术有限责任公司、希杰饲料有限公司和江苏康德权有限公司提供。预混料由北京精准动物营养研究中心提供。配制完成的5种饲料中赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和精氨酸的含量均保持一致,其中赖氨酸含量为0.79%,蛋氨酸含量为0.26%,苏氨酸含量为0.59%,精氨酸含量为1.12%。试验饲料组成及营养水平见表1。

### 1.4 饲养管理

试验所用羊舍均是开放式圈舍。试验前将羊舍彻底清扫并消毒,按羊场免疫程序进行免疫和驱虫,试验期内保持羊舍卫生。试验期间每天08:00和17:00进行投料。试验全期自由饮水、自由采食,并记录羊只健康状态。每月消毒2次(2%火碱、0.5%聚维酮碘,交替使用)。正试期内每天早上投料前对剩料进行称重,计算前1天每个重复内羊的平均日采食量,按自由采食的要求(剩料占投料量的10%)调整第2天投料量。

### 1.5 测定指标和方法

#### 1.5.1 生长性能的测定

正式期第1天全群羊称重并记为初始体重,试验结束时体重记为终末体重;每天记录每个重复的试验羊总采食量,计算每个重复试验羊的平均日干物质采食量,并计算平均日增重以和饲料转化率。

平均日干物质采食量=(投料量-剩料量)/

圈内羊只数×饲料干物质含量；

饲料转化率=平均日干物质采食量/平均日增重。

平均日增重=(终末体重-初始体重)/试验天数；

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 Items	组别 Groups				
	对照 Control	LP14	LP12	LP10	LP12+NPN
原料 Ingredients					
玉米 Corn	23.40	24.00	32.00	34.00	32.00
干酒糟及其可溶物 DDGS	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00
豆粕 Soybean meal	11.00	8.80	4.51	2.06	4.51
棉籽粕 Cottonseed meal	8.00	6.00	3.00	0.50	3.00
麸皮 Wheat bran	9.10	7.00	8.50	10.00	8.50
胡麻饼 Flax cake	2.00	1.70	2.00	2.00	2.00
苜蓿 Alfalfa	3.50	4.20	5.50	4.00	5.00
玉米秸 Corn stover	36.40	41.41	35.94	38.30	35.44
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
石粉 Limestone	0.90	0.70	0.60	0.80	0.60
碳酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.20	0.30	0.60	0.60	0.60
预混料 Premix <sup>1)</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
过瘤胃赖氨酸 RPLys		0.09	0.23	0.34	0.23
过瘤胃蛋氨酸 RPMet		0.03	0.05	0.08	0.05
过瘤胃苏氨酸 RPTThr		0.08	0.15	0.22	0.15
过瘤胃精氨酸 RPArg		0.19	0.42	0.60	0.42
尿素 Urea					1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>					
干物质 DM	92.41	91.89	91.74	92.31	92.04
代谢能 ME/(MJ/kg)	13.67	13.67	13.67	13.66	13.67
粗蛋白质 CP	15.83	14.11	13.13	11.73	15.74
粗脂肪 EE	3.06	3.54	4.30	4.65	4.24
中性洗涤纤维 NDF	43.07	46.38	46.41	43.19	44.58
酸性洗涤纤维 ADF	21.10	22.94	20.94	20.33	19.67
钙 Ca	0.80	0.78	0.79	0.79	0.78
磷 P	0.43	0.40	0.44	0.38	0.42

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets:VA 15 000 IU,VD 2 200 IU,VE 50 IU,Fe 55 mg,Cu 12.5 mg,Mn 47 mg,Zn 24 mg,Se 0.5 mg,I 0.5 mg,Co 0.1 mg。

2) 营养水平除代谢能外均为实测值。Nutrient levels were measured values except ME.

1.5.2 屠宰性能和器官指数的测定

当对照组试验羊平均体重达到 50 kg 时,每组选取健康且体重接近平均体重的 6 只肉羊进行屠宰(每个重复选取 2 只),测定其屠宰性能、组织器官发育指标。试验结束当天禁食 16 h,次日 07:00 进行称重,记为宰前活重。经颈静脉放血屠宰。屠宰后称取头、蹄、内脏各器官的重量以和胴体重。取瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、小肠、大肠,去除内

容物冲洗后纱布吸干水分后称重,并测量小肠长度。

使用游标卡尺测量肉羊第 12 和第 13 根肋骨之间,距背脊中线 11 cm 处组织厚度,测量 3 次并取平均值,计为 GR 值。

用记号笔在硫酸纸上描绘出倒数第 1 和第 2 根肋骨之间脊椎上眼肌的横切面轮廓,之后用来测眼肌面积。

胴体重、屠宰率计算公式如下：  
胴体重(kg)=宰前活重-头、蹄、皮、尾、生殖器官和周围脂肪、内脏(保留肾脏和其周围脂肪)的重量；  
屠宰率(%)=100×胴体重/宰前活重。

1.6 数据处理分析

试验数据使用 Excel 2010 进行初步整理,然后使用 SAS 9.2 统计软件的 ANOVA 过程进行单因素方差分析(one-way ANOVA),差异显著用 Duncan 氏法进行多重检验,以  $P<0.05$  作为差异显著的判断标准, $0.05\leq P<0.10$  为有差异趋势。

2 结果与分析

2.1 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊生长性能的影响

由表2可知,试验肉羊的初始体重处于同一

个水平 ( $P>0.05$ ), 平均日增重在 216.38 ~ 242.38 g,达到了肉羊育肥的平均日增重效果。各组间平均日增重差异不显著 ( $P>0.05$ ); 各组间平均日干物质采食量和饲料转化率均差异不显著 ( $P>0.05$ )。可见,在补充过瘤胃氨基酸后,饲喂低蛋白质饲料肉羊的生长性能与饲喂正常蛋白质饲料肉羊相当。

2.2 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊屠宰性能的影响

由表 3 可知,各组间宰前活重、胴体重、GR 值和眼肌面积均差异不显著 ( $P>0.05$ ), 各组屠宰率均在 46% 以上,但差异不显著 ( $P>0.05$ ),表明低蛋白质饲料补充这 4 种过瘤胃氨基酸之后,屠宰性能不受影响。

表 2 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊生长性能的影响  
Table 2 Effects of rumen protected amino acid supplementation in low protein diets on growth performance of Dorper×thin-tailed Han crossbred mutton sheep

项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value
	对照 Control	LP14	LP12	LP10	LP12+NPN		
初始体重 IBW/kg	33.23	33.42	33.02	33.17	32.87	0.19	0.910
平均日增重 ADG/(g/d)	242.38	216.38	228.25	222.88	237.50	3.90	0.196
平均日干物质采食量 ADDMI/(g/d)	1 808.43	1 715.49	1 704.44	1 680.43	1 761.50	18.98	0.216
饲料转化率 FCR	7.46	7.93	7.47	7.54	7.42	0.11	0.249

同行数据肩标相同字母或无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 the same or no 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 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊屠宰性能的影响  
Table 3 Effects of rumen protected amino acid supplementation in low protein diets on slaughtering performance of Dorper×thin-tailed Han crossbred mutton sheep

项目 Items	组别 Groups					SEM	P 值 P-value
	对照 Control	LP14	LP12	LP10	LP12+NPN		
宰前活重 LBSW/kg	52.30	51.08	51.33	51.27	51.50	0.19	0.297
胴体重 Carcass weight/kg	24.23	23.95	24.38	23.83	24.33	0.16	0.793
屠宰率 Dressing percentage/%	46.37	46.88	47.51	46.51	47.25	0.33	0.805
GR 值 GR value/mm	3.12	4.27	4.49	4.07	4.97	0.26	0.256
眼肌面积 Eye muscle area/cm <sup>2</sup>	17.15	17.10	17.03	16.95	17.10	0.06	0.884

2.3 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊器官指数的影响

由表 4 可知,LP10 组蹄和肺脏的重量及其占

宰前活重的比例均显著低于对照组 ( $P<0.05$ ),但都在正常范围;LP14 组和 LP12 组肉羊头的重量高于对照组 ( $P=0.093$ ),而各组间其他器官重量



及其占宰前活重比例不存在显著差异 ( $P>0.05$ ), 肥期肉羊器官的发育影响不大。表明低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸之后,对育

表 4 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊器官指数的影响  
Table 4 Effects of rumen protected amino acid supplementation in low protein diets on organ indices of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred mutton sheep

项目 Items		组别 Groups					SEM	P 值 P-value
		对照 Control	LP14	LP12	LP10	LP12+NPN		
头 Head	重量 Weight/g	2 336	2 506	2 398	2 334	2 278	32.04	0.093
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	4.46	4.92	4.66	4.56	4.40	0.07	0.427
蹄 Hoofs	重量 Weight/g	1 120 <sup>a</sup>	1 060 <sup>b</sup>	1 050 <sup>bc</sup>	996 <sup>c</sup>	1 068 <sup>ab</sup>	11.30	0.005
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	2.13 <sup>a</sup>	2.08 <sup>a</sup>	2.04 <sup>ab</sup>	1.94 <sup>b</sup>	2.06 <sup>a</sup>	0.02	0.016
心脏 Heart	重量 Weight/g	186	186	189	182	192	3.45	0.933
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.35	3.37	0.37	0.36	0.37	0.01	0.936
肝脏 Liver	重量 Weight/g	943	871	849	883	856	15.71	0.356
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.80	1.71	1.65	1.72	1.66	0.03	0.566
脾脏 Spleen	重量 Weight/g	74	71	68	73	69	1.66	0.787
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.14	0.14	0.13	0.14	0.13	0.01	0.789
肺脏 Lungs	重量 Weight/g	664.00 <sup>a</sup>	595.007 <sup>ab</sup>	644.00 <sup>a</sup>	541.00 <sup>b</sup>	615.00 <sup>ab</sup>	13.63	0.028
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.27 <sup>a</sup>	1.17 <sup>ab</sup>	1.25 <sup>a</sup>	1.06 <sup>b</sup>	1.19 <sup>ab</sup>	0.02	0.034
肾脏 Kidneys	重量 Weight/g	139.30	135.60	135.02	134.24	119.46	2.62	0.151
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.27	0.26	0.26	0.26	0.23	0.01	0.168

2.4 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊胃肠道重量和发育的影响

由表 5 可知,各组的不同胃室与肠道重量及其占比均处在一个正常的范围之内。而 LP12+NPN 组肉羊的瘤胃重量显著低于对照组和 LP14 组 ( $P<0.05$ ),其占宰前活重的比例显著低于 LP14 组 ( $P<0.05$ ),LP10 组肉羊的瓣胃重量及其占宰前活重的比例显著高于 LP12 组和 LP12+NPN 组 ( $P<0.05$ ),LP10 组大肠重量及其占宰前活重的比例显著高于对照组、LP14 组和 LP12+NPN 组 ( $P<0.05$ )。

3 讨 论

3.1 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊生长性能的影响

氨基酸是在动物机体内构成蛋白质的基本物质,对动物的生长发育有着非常重要的作用。当降低反刍动物饲料蛋白质水平时,将直接减少饲料中必需和非必需氨基酸的含量,导致氨基酸不平衡,动物因此不能摄取足够的营养物质而显著降低其生产性能<sup>[8]</sup>。王波等<sup>[20]</sup>研究表明,低蛋白质水平饲料会减少羔羊的采食量,降低其生长性能。而在低蛋白质饲料中补充过瘤胃氨基酸可增加小肠中氨基酸的含量,从而弥补因缺乏粗蛋白质导致的生长性能方面的损害<sup>[21]</sup>。黄健等<sup>[22]</sup>研究表明,将仔鹿饲料蛋白质水平从 16.28%降低至

13.4%,会显著降低其日增重并增高饲料转化率,当向饲料中添加赖氨酸和蛋氨酸后仔鹿的生长性能可达到正常蛋白质饲料水平。云强等<sup>[9]</sup>研究也证明这一点,在蛋白质水平为12.02%的犍牛饲料中添加过瘤胃赖氨酸和过瘤胃蛋氨酸,体增重与饲喂蛋白质水平为14.67%饲料的犍牛保持一致,由此说明过瘤胃氨基酸可代替低蛋白质饲料中部分蛋白质。本试验中,将各组育肥羊饲料的蛋白质水平从16%依次降低至14%、12%、10%,并补充过瘤胃赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、精氨酸和尿素,

结果显示试验组的平均日增重和饲料转化率与对照组相比无显著性差异。这说明通过补充过瘤胃氨基酸能够弥补蛋白质缺乏对育肥羊造成的影响。Lee等<sup>[8]</sup>研究发现,将饲料的蛋白质水平从15.7%降低至13.5%,奶牛产奶量显著降低,当补充过瘤胃赖氨酸、蛋氨酸和组氨酸后,弥补了低蛋白质饲料对奶牛产奶性能的影响。此外,向白菊等<sup>[23]</sup>研究也表明,在肉牛低蛋白质水平的精料中添加适量的过瘤胃赖氨酸和蛋氨酸,可使生长性能优于饲喂正常蛋白质水平的肉牛。

表 5 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊胃肠道重量和发育的影响

Table 5 Effects of rumen protected amino acid supplementation in low protein diets on gastrointestinal weight and development of Dorper×thin-tailed Han crossbred mutton sheep

项目 Items		组别 Groups					SEM	P 值 P-value
		对照 Control	LP14	LP12	LP10	LP12+ NPN		
瘤胃 Rumen	重量 Weight/g	928.33 <sup>ab</sup>	968.33 <sup>a</sup>	882.50 <sup>abc</sup>	855.83 <sup>bc</sup>	825.00 <sup>c</sup>	15.88	0.022
	占复胃总重比例 Percentage of TCSW/%	62.98 <sup>ab</sup>	64.42 <sup>ab</sup>	65.39 <sup>a</sup>	59.35 <sup>c</sup>	61.49 <sup>bc</sup>	0.63	0.010
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.78 <sup>ab</sup>	1.90 <sup>a</sup>	1.72 <sup>ab</sup>	1.67 <sup>b</sup>	1.60 <sup>b</sup>	0.03	0.031
网胃 Reticulum	重量 Weight/g	179.17	163.33	140.00	176.67	162.50	5.32	0.136
	占复胃总重比例 Percentage of TCSW/%	12.09	10.86	10.34	12.23	12.16	0.30	0.140
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.34	0.32	0.28	0.35	0.32	0.01	0.172
瓣胃 Omasum	重量 Weight/g	202.50 <sup>ab</sup>	191.67 <sup>ab</sup>	170.00 <sup>b</sup>	226.67 <sup>a</sup>	170.00 <sup>b</sup>	6.55	0.018
	占复胃总重比例 Percentage of TCSW/%	13.58	12.78	12.70	15.74	12.79	0.42	0.093
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.39 <sup>ab</sup>	0.38 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>	0.45 <sup>a</sup>	0.33 <sup>b</sup>	0.01	0.013
皱胃 Abomasum	重量 Weight/g	168.33	180.00	156.67	184.17	181.67	6.14	0.617
	占复胃总重比例 Percentage of TCSW/%	11.35	11.96	11.57	12.69	13.56	0.36	0.303
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	0.32	0.35	0.31	0.36	0.35	0.01	0.524
小肠 Small intestine	重量 Weight/g	691.67	782.00	776.67	721.67	728.67	19.54	0.569
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.32	1.53	1.51	1.41	1.41	0.04	0.443
大肠 Large intestine	长度 Length/m	29.94	32.47	32.08	29.13	30.54	0.59	0.345
	重量 Weight/g	894.17 <sup>b</sup>	847.50 <sup>b</sup>	973.33 <sup>ab</sup>	1 087.50 <sup>a</sup>	837.50 <sup>b</sup>	29.73	0.030
	占宰前活重比例 Percentage of LWBS/%	1.71 <sup>b</sup>	1.66 <sup>b</sup>	1.90 <sup>ab</sup>	2.12 <sup>a</sup>	1.62 <sup>b</sup>	0.06	0.027

Lee 等<sup>[8,24]</sup>研究表明,低蛋白质饲料或者可代谢蛋白质缺乏的饲料会降低奶牛干物质的采食量。与之类似的,段晓翔等<sup>[25]</sup>研究结果显示,低蛋白质饲料同样降低了肉鸡采食量。在本试验中,试验羊各组间平均日干物质采食量虽没有显著性差异,但在数值上还是有一定的差异,平均日干物质采食量随着饲料蛋白质水平的降低而降低。这可能是由于本试验降低饲料蛋白质水平是通过减少豆粕、棉籽粕的量,增加玉米和玉米秸的使用量的方式,降低饲料的适口性,从而导致采食量降低。LP12+NPN 组饲料中因添加尿素增加了育肥羊的平均日干物质采食量,这说明在低蛋白质饲料中添加尿素可提高饲料适口性,从而增加育肥羊采食量,提高生长性能。蒋加进等<sup>[26]</sup>研究也表明,饲料中适当地添加尿素可以改善其适口性。

综上所述,饲料蛋白质水平降低 1~4 个百分点,通过补充过瘤胃赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、精氨酸和尿素,可以满足育肥羊对必需氨基酸的需要,提高饲料利用率,可使育肥杜寒杂交肉羊的生长性能达到饲喂正常蛋白质饲料水平的肉羊。

### 3.2 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊屠宰性能的影响

屠宰性能的优劣可通过屠宰率、GR 值和眼肌面积等指标直观表现出来<sup>[27]</sup>,在畜牧生产中具有重要的意义。本试验中,各组屠宰率分别是:对照组 46.37%、LP14 组 46.88%、LP12 组 47.51%、LP10 组 46.51%、LP12+NPN 组 47.25%,都保持了较高的屠宰率,甚至低蛋白质饲料组羊只的屠宰率还高于对照组,说明添加过瘤胃氨基酸可以弥补蛋白质缺乏对肉羊屠宰性能造成的损失。王波等<sup>[20]</sup>研究中指出,未用氨基酸进行平衡的低蛋白质饲料将显著降低羔羊的屠宰性能。本试验中所有试验羊屠宰性能的各项指标均差异不显著,由此看来,补充过瘤胃氨基酸增加小肠中氨基酸的含量,从而增加菌体蛋白含量,结果增加育肥杜寒杂交肉羊的肌肉生长和脂肪沉积,弥补了因蛋白质缺乏造成屠宰性能的损失。而 Figueroa 等<sup>[28]</sup>研究指出,将生长育肥猪玉米-豆粕型饲料蛋白质水平降低 4 个百分点,并补充合成赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸,会降低其屠宰性能,与本试验结果不同,可能是因试验动物不同的原因。本试验中,各组 GR 值统计学上虽然没有达到显著性差异,但是在数值上所有低蛋白质饲料组都高于对

照组,可能是低蛋白质饲料可使育肥羊减少机体消化过多非必需氨基酸所需的能量,进而减少用来分解多余蛋白质所消耗的能量<sup>[29]</sup>,从而增加脂肪沉积。

### 3.3 低蛋白质饲料补充过瘤胃氨基酸对杜寒杂交肉羊内脏器官和胃肠道的影响

内脏器官的重量和其指数可在一定程度上反映出动物机体的机能状况,有助于理论研究和生产实践<sup>[30]</sup>。本试验中,所有试验羊只的内脏器官重量及其占宰前活重的比例都在正常的数值范围内<sup>[27,31]</sup>。各组之间试验羊的肝脏、心脏、脾脏、肾脏重量及其占宰前活重的比例均无显著差异;氨基酸平衡的低蛋白质饲料降低了育肥羊肺脏重量及其占宰前活重的比例,说明羊只的组织器官发育与机体生长相协调,可能是因为试验后期在严寒环境下进行的,对饲喂低蛋白质饲料的羊只产生了一定的影响。

反刍动物胃肠道发育将直接影响动物的采食能力和对营养物质的消化能力,瘤胃因其强大的微生物区系,被认为是消化系统中最重要的器官,将直接影响反刍动物的生产性能<sup>[32]</sup>。本试验结果表明,各组间试验羊只网胃、皱胃、小肠重量及其占宰前活重的比例和网胃、皱胃占复胃总重的比例均差异不显著。LP10 组肉羊瓣胃重量及其占宰前活重的比例显著高于 LP12 组和 LP12+NPN 组,而且 LP10 组大肠重量及其占宰前活重的比例显著高于对照组、LP14 组和 LP12+NPN 组,推测 LP10 组是由于采食量降低导致食物排出减少而弱化大肠功能,是机体自身调节的结果。

## 4 结 论

在本试验条件下,饲料蛋白质水平降低 1~4 个百分点并补充过瘤胃赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、精氨酸和尿素能够使杜寒杂交肉羊生长性能达到正常水平,与饲喂正常蛋白质水平饲料的肉羊无显著差异,表明在杜寒杂交肉羊育肥阶段采用低蛋白质饲料并补充过瘤胃氨基酸是可行的,能够节省蛋白质饲料资源。

## 参考文献:

- [1] 李雪玲,柴建民,陶大勇,等.氨基酸模式在幼龄畜禽营养与日粮中的应用[J].家畜生态学报,2016,37(8):7-11.

- [2] HUHTANEN P, NOUSIAINEN J I, RINNE M, et al. Utilization and partition of dietary nitrogen in dairy cows fed grass silage-based diets[J]. *Journal of Dairy Science*, 2008, 91(9): 3589-3599.
- [3] 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.
- [4] 黄文琴, 祁敏丽, 吕小康, 等. 饲料能量和蛋白质水平对 21~60 日龄湖羊生长、消化性能及血清指标的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2019, 50(1): 105-114.
- [5] 李俊良, 侯先志, 杨金丽, 等. 营养限制与补偿对蒙古羔羊体重和血液中生长相关激素的影响[J]. *饲料工业*, 2012, 33(9): 43-46.
- [6] 周玉香, 李志静, 李应科. 低蛋白水平日粮对舍饲滩羊生产性能及异食癖的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2016(14): 60-62.
- [7] BRODERICK G A, STEVENSON M J, PATTON R A, et al. Effect of supplementing rumen-protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2008, 91(3): 1092-1102.
- [8] LEE C, HRISTOV A N, CASSIDY T W, et al. Rumen-protected lysine, methionine, and histidine increase milk protein yield in dairy cows fed a metabolizable protein-deficient diet[J]. *Journal of Dairy Science*, 2012, 95(10): 6042-6056.
- [9] 云强, 刁其玉, 屠焰, 等. 日粮中赖氨酸和蛋氨酸比对断奶犊牛生长性能和消化代谢的影响[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(1): 133-142.
- [10] 王洪荣, 卢德勋. 饲喂玉米型日粮的生长绵羊限制性氨基酸研究[J]. *动物营养学报*, 1999, 11(4): 17-28.
- [11] 罗佳捷, 肖淑华, 张彬, 等. 低蛋白日粮在养猪生产中的应用研究进展[J]. *湖南饲料*, 2014(1): 27-28.
- [12] 张民, 刁其玉. 反刍动物非蛋白氮尿素的应用研究[J]. *中国饲料*, 2002(5): 6-8.
- [13] 金桩, 霍贵成. 过瘤胃氨基酸的研究进展[J]. *饲料工业*, 2006, 27(17): 38-40.
- [14] 杨志林, 李蓓蓓, 冯建芳. 过瘤胃氨基酸在反刍动物生产中的应用研究[J]. *饲料博览*, 2016(8): 18-20.
- [15] 刁其玉, 邓凯东, 马涛, 等. 中国肉用绵羊营养需要[M]. 北京: 中国农业出版, 2018.
- [16] 宋雪莹, 李伟, 郭春晖, 等. 添加复合矿物质舔砖对育肥羊生长性能及生化指标影响的研究[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2018(1): 173-175.
- [17] 孙劲松, 王雪, 高昌鹏, 等. 不同铜水平饲料对舍饲滩羊生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(6): 2927-2932.
- [18] 王芳, 张变英, 上官明军, 等. 醋糟对育肥羊生产性能、屠宰性能及营养物质消化率的影响[J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2019(10): 120-123.
- [19] 张晨. 颗粒型 TMR 日粮对育肥羊生产性能及其影响机制研究[D]. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学, 2018.
- [20] 王波, 柴建民, 王海超, 等. 蛋白质水平对湖羊双胞胎公羔生长发育及肉品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2015, 27(9): 2724-2735.
- [21] 韩云胜, 曲永利, 袁雪, 等. 添加过瘤胃蛋氨酸、赖氨酸对荷斯坦奶公牛生长性能和胴体化学成分的影响[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(2): 418-425.
- [22] 黄健, 鲍坤, 张铁涛, 等. 低蛋白质饲料添加蛋氨酸和赖氨酸对离乳期梅花鹿生长性能和血清生化指标的影响[J]. *动物营养学报*, 2014, 26(9): 2714-2721.
- [23] 向白菊, 张健, 黄德均, 等. 饲料中添加过瘤胃氨基酸对肉用牛生长性能的影响[J]. *南方农业*, 2014, 8(25): 58-60.
- [24] LEE C, HRISTOV A N, HEYLER K S, et al. Effects of dietary protein concentration and coconut oil supplementation on nitrogen utilization and production in dairy cows[J]. *Journal of Dairy Science*, 2011, 94(11): 5544-5557.
- [25] 段晓翔, 张丽明, 陈洪影, 等. 低蛋白日粮调整 TSAA 水平对肉鸡生长和氮代谢的影响[J]. *饲料工业*, 2015, 36(2): 10-14.
- [26] 蒋加进, 黄克和. 日粮添加不同水平尿素对山羊生产性能及血液生化指标的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2007, 39(11): 51-53.
- [27] 贾鹏, 万凡, 马涛, 等. 饲料中添加不同生物制剂对杜寒杂交肉羊生产性能和屠宰性能的影响[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(12): 4621-4631.
- [28] FIGUEROA J L, LEWIS A J, MILLER P S, et al. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets[J]. *Journal of Animal Science*, 2002, 80(11): 2911-2919.
- [29] 梁利军, 张伟峰. 应用低蛋白日粮饲喂育成猪效益分析[J]. *今日养猪业*, 2013(1): 39-41.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] 岳喜新, 刁其玉, 邓凯东, 等. 饲喂代乳粉对羔羊生长性能和体组织参数的影响[J]. *饲料工业*, 2010, 31(19): 43-46.



# Effects of Supplementation of Rumen Protected Amino Acids in Low Protein Diets on Growth Performance and Slaughter Performance of Dorper×Thin-Tailed *Han* Crossbred Mutton Sheep during Fattening Stage

GUO Wei<sup>1,2</sup> WANG Wenyi<sup>3</sup> YANG Dong<sup>2,3</sup> CUI Kai<sup>2</sup> ZHANG Juan<sup>3</sup> LIU Min<sup>3</sup>

LI Dongmao<sup>3</sup> HU Xiuzhi<sup>1\*</sup> DIAO Qiyu<sup>2\*</sup>

(1. Hebei University of Engineering, College of Life Sciences and Food Engineering, Handan 056038, China;

2. Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China; 3. Scientific Research Institute of Agricultural and Animal Husbandry in Bayannaoer, Bayannaoer 015000, China)

**Abstract:** The aim of this study was to investigate effects of supplementation of rumen protected amino acids in low protein diets on growth performance and slaughter performance of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred mutton sheep during fattening stage. The one hundred and fifty Dorper×thin-tailed *Han* crossbred mutton sheep (weight about 33 kg) were divided into 5 groups (3 replicates per group, 10 mutton sheep per replicate). The groups were as follows: control group (dietary crude protein level was 16%), LP14 group (dietary crude protein level was 14%), LP12 group (dietary crude protein level was 12%), LP10 group (dietary crude protein level was 10%) and LP12+NPN group (dietary crude protein level was 12%, urea level was 1%). The supplementation of rumen protected lysine, methionine, threonine and arginine reached the corresponding amino acid levels in the control group diet. The adjustment period lasted for 10 days and the experiment period lasted for 80 days. The results showed as follows: 1) compared with the control group, different levels of low protein diets supplemented with rumen protected amino acids had no significant effects on average daily gain and feed conversion ratio among groups ( $P>0.05$ ). 2) There were no significant differences in the slaughter performance indicators of the mutton sheep in each test group, such as pre-slaughter live weight, carcass weight, slaughter rate, GR value and loin eye muscle are ( $P>0.05$ ). 3) The organ indexes of mutton sheep in each group was related to body weight, and the difference among groups was not significant ( $P>0.05$ ). 4) The omasum weight and the proportion of live weight before slaughter in LP10 group were significantly higher than those in LP12 and LP12+NPN group ( $P<0.05$ ), large intestine weight and the proportion of live weight before slaughter in LP10 group were significantly higher than those in control group, LP14 group and LP12+NPN group ( $P<0.05$ ); protein level of diets had no significant effect on reticulum, rumen, small intestine weight and the proportion ( $P>0.05$ ). The results show that compared with the control group, when the protein level of the diets decreases by 1 to 4 percentage points and adding rumen protected lysine, methionine, threonine, arginine and urea, the growth performance, slaughter performance of Dorper×thin-tailed *Han* crossbred mutton sheep do not significantly be affected. Low protein diets supplemented with amino acids is feasible in the fattening stage of mutton sheep. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(3):1247-1255]

**Key words:** mutton sheep; low protein diet; rumen protected amino acid; amino acid balance pattern; growth performance; slaughter performance

\* Corresponding authors: HU Xiuzhi, professor, E-mail: xiuzhihu6@163.com; DIAO Qiyu, professor, E-mail: diaoqiyu@caas.cn