

# 杜泊羊生长期能量的代谢规律和需要量

赵敏孟<sup>1</sup> 杨在宾<sup>1\*</sup> 杨维仁<sup>1</sup> 姜淑贞<sup>1</sup> 张桂国<sup>1</sup> 朱文广<sup>2</sup> 张吉林<sup>2</sup> 巩 峰<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018; 2. 山东凯银集团股份有限公司, 东营 257000)

**摘 要:** 本试验旨在研究杜泊羊生长期能量的代谢规律和需要量。试验采用  $2 \times 3$  的析因试验设计, 即 2 种性别 (公羊和母羊)、3 种能量水平 (低、中、高)。饲养试验选取断奶后 15 d 杜泊羊 54 只, 公母各占 1/2, 公母各分为 3 个处理, 每个处理 3 个重复, 每个重复 3 只羊; 试验羊自由采食, 预试期 7 d, 正试期 60 d。消化代谢试验选取断奶后 15 d 杜泊羊 18 只, 公母各占 1/2, 每个处理 3 只; 预试期 7 d, 正试期 7 d。结果表明: 杜泊羊公羊的总能消化率 (DE/GE) 与总能代谢率 (ME/GE) 分别为 63.07% 和 51.80%, 母羊分别为 61.59% 和 50.76%。代谢能需要量公式如下, 公羊,  $ME = 31.338ADG + 424.728W^{0.75}$ , 母羊,  $ME = 40.649ADG + 406.122W^{0.75}$ , 杜泊羊,  $ME = 37.201ADG + 399.671W^{0.75}$  [式中:  $ME$  为代谢能 (kJ/d),  $W^{0.75}$  为代谢体重 (kg),  $ADG$  为平均日增重 (g)]。综合得出, 生长期杜泊羊公羊和母羊维持代谢能分别为 424.73 和 406.12 kJ/kg  $W^{0.75}$ , 每克日增重代谢能需要量分别为 31.34 和 40.65 kJ; 增重需要公羊低于母羊, 维持需要公羊略高于母羊。生长期杜泊羊饲料适宜消化能水平为 10.66 MJ/kg (风干基础)。

**关键词:** 杜泊羊; 生长期; 能量; 需要量

**中图分类号:** S826

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2013)06-1243-08

杜泊羊原产南非, 因其适应性强、早期生长发育快、遗传性稳定、胴体质量好而闻名于世。杜泊羊推广到我国温带各气候类型地区, 都表现出良好的适应性, 耐热抗寒, 耐粗饲, 尤其是突出的产肉性能是目前我国引进的和国产的其他肉用绵羊品种都不可比拟的<sup>[1]</sup>。近年来, 随着国家退耕还林还草、封山禁牧政策的落实, 我国养羊业逐步告别了传统的放养方式, 实现了向舍饲饲养方式的转变, 这一转变使羊的营养代谢特点及需要量发生了很大变化。为了在新形势下充分开发杜泊羊的品种优势, 我们需要研究舍饲饲养条件下杜泊羊的营养需要量, 而能量需要是杜泊羊最基本的营养需要之一。长期以来, 动物营养学家都致力于羊能量需要量的研究, Kamalzadeh 等<sup>[2]</sup>报道, Baluchi 绵羊维持代谢能 ( $ME_m$ ) 为 342 kJ/kg  $W^{0.75}$ ; 杨在宾等<sup>[3]</sup>研究得出生长期大尾寒羊  $ME_m$  为

447 kJ/kg  $W^{0.75}$ ; 王惠等<sup>[4]</sup>报道空怀期陕北绒山羊  $ME_m$  为 413 kJ/kg  $W^{0.75}$ , 饲料适宜的代谢能水平为 7.70 ~ 8.60 MJ/kg。但是关于杜泊羊能量需要量的研究尚未见报道。本试验以生长期杜泊羊为研究对象, 采用饲养试验、消化代谢试验相结合的研究方法, 揭示生长期杜泊羊能量需要量随体重和平均日增重的变化规律, 为杜泊羊饲养标准的制定提供科学数据, 同时也可为我国反刍动物能量评定体系的建立提供有关参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 饲养试验

#### 1.1.1 试验动物与设计

选取断奶后 15 d、体况良好的纯种杜泊羊 54 只, 公母各占 1/2, 平均体重: 公羊为  $(50.38 \pm 0.56)$  kg, 母羊为  $(43.71 \pm 0.22)$  kg。试验采用

收稿日期: 2013-01-11

作者简介: 赵敏孟 (1988—), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 动物营养与饲料科学专业。E-mail: zhaominmeng123@163.com

\* 通讯作者: 杨在宾, 教授, 博士生导师, E-mail: yangzb@sdau.edu.cn

2×3 的析因试验设计,即 2 种性别(公羊和母羊)、3 个能量水平(低、中、高),按平均体重接近的原则公母各分为 3 个处理,每个处理 3 个重复,每个重复 3 只羊。试验饲粮设计参考 NRC (2007)<sup>[5]</sup>,分别按其推荐量的 90%、100% 和 110% 供给能量,试验饲粮消化能水平分别为 9.78、10.66、11.62 MJ/kg。其他组分和营养水平一致。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲粮组成及营养水平(风干基础)

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

%

项目 Items	能量水平 Energy level		
	低 Low	中 Middle	高 High
原料 Ingredients			
玉米青贮 Corn silage	30.00	20.00	25.00
花生秧 Peanut seedling	20.00	20.00	20.00
豆皮 Soybean hull	22.00	20.00	
玉米 Corn	8.04	20.54	36.04
豆粕 Soybean meal	12.50	12.00	11.50
麦麸 Wheat bran	4.00	4.00	4.00
棕榈仁粕 Palm kernel oil meal	1.33	1.33	1.33
碳酸氢钠 NaHCO <sub>3</sub>	0.53	0.53	0.53
食盐 NaCl	0.53	0.53	0.53
预混料 Premix <sup>1)</sup>	0.27	0.27	0.27
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.40	0.40	0.40
石粉 Limestone	0.40	0.40	0.40
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels <sup>2)</sup>			
消化能 DE/(MJ/kg)	9.78	10.66	11.62
粗蛋白质 CP	12.06	12.08	11.94
钙 Ca	0.28	0.22	0.26
总磷 TP	0.13	0.12	0.12

<sup>1)</sup>每千克预混料含有 One kilogram of premix contained the following:VA 1 250 000 IU,VD<sub>3</sub> 270 000 IU,VE 5 000 IU,烟酸 nicotinic acid 2 000 mg,Mn 3 000 mg,Fe 3 170 mg,Zn 14 280 mg,Cu 3 040 mg,I 180 mg,Se 100 mg,Co 40 mg。

<sup>2)</sup>消化能为计算值,其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.1.2 试验方法

试验羊舍选用通风良好的半封闭式瓦房,试验前按照长常规程序进行体内外驱虫和疫苗注射,预试期 7 d,正试期 60 d,每日 05:00、11:00、17:00 分 3 次喂料,自由饮水。正试期时每天记录采食量,每隔 20 d 于清晨空腹称重。试验采用自由采食,准确记录给料量和剩料量,每天剩料量收集后集中保存。计算各组试验羊在试验期平均日采食量(ADFI),依据称重结果计算平均日增重(ADG)和料重比。

1.2 消化代谢试验

1.2.1 试验方法

另外选取断奶后 15 d 纯种杜泊羊 18 只,公母各占 1/2,平均体重:公羊为(50.97±0.89) kg,母羊为(48.33±0.22) kg,采取饲养试验同样的 2×

3 的析因试验设计,公母各分为 3 个处理,每个处理 3 个重复,每个重复 1 只,采用全粪、尿收集法进行消化代谢试验,试验饲粮组成及营养水平同饲养试验。试羊单笼饲养在专用消化代谢笼中,预试期 7 d,正试期 7 d。正试期时,每天 08:00 由专用消化代谢笼的收粪盘和收尿桶收取,并准确称量,4℃保存。试验结束,将每只试验羊 7 d 的粪混合均匀。按 2 种方法取样:1)取鲜粪样 50 g,加入 10% 的盐酸用于测定鲜粪状态下粗蛋白质含量;2)另取鲜粪样 500 g,烘干制成风干样用以测定其他成分;将试验羊 7 d 的尿混合均匀,按每天收集尿量总体积的 10% 取样,供常规营养成分分析。

1.2.2 饲料原料、粪和尿中常规营养成分  
饲料中常规营养成分按照常规方法<sup>[6]</sup>进行测

定,粪和尿中的干物质、有机物和粗灰分含量及总能(GE)参考贺建华<sup>[7]</sup>介绍的方法进行测定。其中干物质含量采用105℃烘干恒重法测定;有机物和粗灰分含量采用550℃灰化法测定计算;总能采用氧弹热量计法测定。

### 1.2.3 总能消化率、总能代谢率和消化能代谢率

在本试验中,甲烷能采用 Blaxter 等<sup>[8]</sup>的公式推算:

$$E_{\text{CH}_4}(\% \text{ GE}) = 3.67 + 0.062D + 0.050D - 2.37.$$

式中: $E_{\text{CH}_4}$ 为甲烷能, $D$ 为试验羊采食饲料总能的表观消化率。经估算,公羊甲烷能平均值为8.36% GE,母羊甲烷能平均值为8.20% GE。

根据对饲料及其相应粪、尿中能量含量测定结果,并结合甲烷能估算结果,按照以下公式<sup>[9]</sup>进行计算:

$$DE/GE(\%) = 100 \times (GE - FE)/GE;$$

$$ME/GE(\%) = 100 \times (GE - FE - UE - E_{\text{CH}_4})/GE;$$

$$ME/DE(\%) = 100 \times (GE - FE - UE - E_{\text{CH}_4})/(GE - FE).$$

式中: $DE/GE$ 为总能消化率, $GE$ 为总能, $FE$ 为粪能, $ME/GE$ 为总能代谢率, $UE$ 为尿能, $E_{\text{CH}_4}$ 为甲烷能, $ME/DE$ 为消化能代谢率。

### 1.2.4 消化能和代谢能采食量

试验羊消化能和代谢能采食量根据试验记录和代谢试验分析结果,按照下列公式进行计算:

$$DE_i(\text{MJ/d}) = \sum_{j=1}^n F_{ij} \times C_j \times D_i;$$

$$ME_i(\text{MJ/d}) = \sum_{j=1}^n F_{ij} \times C_j \times M_i.$$

式中: $DE_i$ 和 $ME_i$ 分别表示*i*组杜泊羊消化能和代谢能采食量, $F_{ij}$ 表示*i*组羊每天对饲料*j*的实际采食量, $C_j$ 表示饲料中饲料*j*的总能, $D_i$ 和 $M_i$ 分别表示*i*组羊对饲料的总能消化率和总能代谢率。

### 1.3 数据统计与分析

数据采用 SAS 9.1 软件进行统计学处理,方差分析采用2×3的析因方差分析, $P < 0.05$ 者为差异显著。

## 2 结果

### 2.1 饲料能量水平对生长期杜泊羊生长性能的影响

由表2可知,同性别内各处理间始重差异不显著( $P > 0.05$ );性别和能量水平的交互作用对杜泊羊 ADG 和料重比影响显著( $P < 0.05$ ),公羊中能组的 ADG 显著高于其他2组( $P < 0.05$ ),母羊结果同公羊;性别和能量水平的交互作用对杜泊羊 ADFI 的影响不显著( $P > 0.05$ ),公羊的 ADFI

显著高于母羊( $P < 0.05$ );公羊 ADG 到达预期日增重 200 g 的标准,而母羊未达到,这可能与公母羊生长期的生长发育有关。

### 2.2 饲料能量水平对生长期杜泊羊能量分配和甲烷产量的影响

由表3可知,性别和能量水平的交互作用对杜泊羊总能消化率、总能代谢率和消化能代谢率的影响均不显著( $P > 0.05$ );公羊的总能消化率、总能代谢率显著高于母羊( $P < 0.05$ ),但消化能代谢率公、母羊差异不显著( $P > 0.05$ );中能组的总能消化率、总能代谢率均显著高于低能组( $P < 0.05$ ),且以中能组的最高,这表明提高饲料能量水平提高了杜泊羊的总能消化率、总能代谢率,但能量水平到达较高值后总能消化率、总能代谢率又出现下降的趋势;消化能代谢率各组间差异不显著( $P > 0.05$ ),这表明性别和能量水平没有影响消化能代谢率。性别和能量水平的交互作用对杜泊羊甲烷产量的影响不显著( $P > 0.05$ ),公羊每天的甲烷产量显著高于母羊( $P < 0.05$ ),中能组和高能组的甲烷产量高于低能组( $P < 0.05$ ),但中、高能组之间差异不显著( $P > 0.05$ )。

### 2.3 生长期杜泊羊能量需要量分析

根据营养学原理,生长期杜泊羊处于快速生长期,试羊的能量采食量与 ADG 呈线性关系,能量需要量可用下式表示:

$$NR = a_1 \times ADG + a_2 \times W^{0.75}$$

式中: $NR$ 为消化能或者代谢能的需要量(kJ/d), $a_1$ 为生长需要常数, $a_2$ 为维持需要常数, $W^{0.75}$ 为代谢体重(kg)。

当 ADG 为零时, $NR = a_2 \times W^{0.75}$ ,即为  $ME_m$ ;根据试验羊体重可转化为单位代谢体重基础,即  $ME_m = a_2 \text{ kJ/kg } W^{0.75}$ ;根据上式可求得每克活体增重需要  $a_1 \text{ kJ}$  的代谢能[增重代谢能( $ME_g$ )],即  $ME_g = a_1 \text{ kJ/g}$ 。根据上述原理,通过对相关数据的回归分析,可建立表示生长期杜泊羊消化能和代谢能需要量与代谢体重和 ADG 关系的回归公式(表4)。

由表4可知,生长期杜泊羊公羊  $ME_m$  为 424.73 kJ/kg  $W^{0.75}$ ,即 8 740.9 kJ/d,每克日增重代谢能需要量为 31.34 kJ;生长期杜泊羊母羊  $ME_m$  为 406.12 kJ/kg  $W^{0.75}$ ,即 7 456.4 kJ/d,每克日增重代谢能需要量为 40.65 kJ。可以计算得出杜泊羊公羊每克日增重需要的代谢能是母羊的 0.77 倍。NRC(2007)<sup>[5]</sup>认为,同品种活重相同时,

公羊每克增重需要的代谢能是母羊的 0.82 倍,本 试验的结果与 NRC(2007)<sup>[5]</sup>标准接近。

表 2 饲粮能量水平对生长期杜泊羊生长性能的影响  
Table 2 Effects of different energy levels on growth performance of growing Dorper sheep

项目 Items	能量水平 Energy level	始重 Initial weight/kg	末重 Final weight/kg	总增重 Total weight gain/kg	平均日增重 ADG/g	平均日 采食量 ADFI/kg	料重比 F/G
公羊 Ram	低 Low	50.55	61.09 <sup>b</sup>	10.54 <sup>c</sup>	175.60 <sup>c</sup>	1.88	10.71 <sup>b</sup>
	中 Middle	50.54	64.38 <sup>a</sup>	13.84 <sup>a</sup>	230.69 <sup>a</sup>	1.86	8.07 <sup>d</sup>
	高 High	50.06	61.76 <sup>b</sup>	11.70 <sup>b</sup>	195.02 <sup>b</sup>	1.90	9.79 <sup>c</sup>
母羊 Ewe	低 Low	43.85	51.53 <sup>d</sup>	7.68 <sup>e</sup>	127.90 <sup>e</sup>	1.74	13.63 <sup>a</sup>
	中 Middle	43.71	54.31 <sup>c</sup>	10.60 <sup>c</sup>	176.69 <sup>c</sup>	1.74	9.89 <sup>c</sup>
	高 High	43.57	53.54 <sup>c</sup>	9.97 <sup>d</sup>	166.05 <sup>d</sup>	1.80	10.90 <sup>b</sup>
SEM		0.25	0.27	0.08	1.34	0.01	0.11
性别 Sex							
公羊 Ram		50.38 <sup>a</sup>	62.41	12.03	200.44	1.88 <sup>a</sup>	9.52
母羊 Ewe		43.71 <sup>b</sup>	53.13	9.41	156.88	1.77 <sup>b</sup>	11.47
能量水平 Energy level							
低 Low		47.20	56.31	9.11	151.75	1.81	12.17
中 Middle		47.13	59.34	12.22	203.69	1.80	8.98
高 High		46.82	57.65	10.83	180.53	1.85	10.34
P 值 P-value							
性别 Sex		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
能量水平 Energy level		0.313	<0.001	<0.001	<0.001	0.074	<0.001
性别×能量水平 Sex×energy level		0.806	0.016	<0.001	<0.001	0.073	<0.001

同列数据肩标相同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.

3 讨 论

3.1 反刍动物甲烷能的估测

代谢能是指饲料的消化能减去尿能及消化道可燃气体的能量后剩余的能量(消化道气体主要是甲烷),反刍动物消化道微生物发酵产生的气体量大,气体损失的能量不能忽略,因此计算反刍动物的代谢能时必须考虑甲烷能的损失。甲烷排放量与能量采食量之间存在一定的相关关系,本研究采用 Blaxter 等<sup>[8]</sup>的方法推算甲烷能,Blaxter 指出当动物在维持水平饲养时, $E_{CH_4}(\% GE) = 3.67 + 0.062D$ ,在近 2 倍于维持水平饲养时,应在上式基础上再增加  $0.050D - 2.37$ (式中: $E_{CH_4}$ 为甲烷能, $D$ 为试验羊采食饲料总能的表现消化率)。经计算,生长期杜泊羊公羊甲烷能平均值为 8.36% GE,母羊甲烷能平均值为 8.20% GE。王

惠等<sup>[4]</sup>报道空怀期陕北绒山羊甲烷能平均值为 7.78% GE,杨在宾等<sup>[10]</sup>报道青山羊泌乳期母羊的甲烷能平均值为 9.20% GE,本试验的结果与上述研究结果基本一致。影响反刍动物甲烷排放的因素主要是采食量、饲粮精粗比例、碳水化合物类型、能量和蛋白质水平等因素。本试验公羊甲烷产量高于母羊,原因可能与公羊的采食量高有关。转化为单位采食量基础,公羊甲烷产量为 18.75 L/(kg·d),母羊为 19.52 L/(kg·d),母羊高于公羊,这与 Buddle 等<sup>[11]</sup>的报道一致,该研究证明随着采食量增加,单位采食量的甲烷排放量却呈下降趋势,原因可能是由于采食量大导致瘤胃通过率高,降低了养分在瘤胃停留时间,从而减少了甲烷菌发酵生成甲烷的时机。Kumar 等<sup>[12]</sup>认为原因可能是高采食量会使营养物质更多的在小肠内消化而不是在瘤胃发酵。

表 3 饲粮能量水平对生长期杜泊羊能量分配和甲烷产量的影响  
Table 3 Effects of different energy levels on energy distribution and CH<sub>4</sub> production of growing Dorper sheep

项目 Items	能量水平 Energy level	食入总能 (kJ/kg W <sup>0.75</sup> )	粪能 FE/ (kJ/kg W <sup>0.75</sup> )	消化能 DE/ (kJ/kg W <sup>0.75</sup> )	尿能 UE/ (kJ/kg W <sup>0.75</sup> )	甲烷能 E <sub>CH<sub>4</sub></sub> / (kJ/kg W <sup>0.75</sup> )	甲烷能 E <sub>CH<sub>4</sub></sub> (% GE)	甲烷 产量 CH <sub>4</sub> production/ (L/d)	代谢能 ME/ (kJ/kg W <sup>0.75</sup> )	总消化率 DE/GE/ (%)	总能 代谢率 ME/GE/ (%)	消化能的 代谢率 DE/ME/ (%)
公羊 Ram	低 Low	770.42	300.06 <sup>d</sup>	470.37	22.14	62.70	8.14	32.26	385.53	61.05	50.04	81.96
	中 Middle	819.06	287.07 <sup>e</sup>	531.99	21.79	70.23	8.57	36.68	439.97	64.95	53.72	82.71
	高 High	834.15	306.91 <sup>c</sup>	527.23	23.45	69.89	8.38	36.82	430.80	63.21	51.64	81.71
母羊 Ewe	低 Low	794.33	316.78 <sup>b</sup>	477.55	20.46	63.81	8.03	31.84	393.28	60.12	49.51	82.35
	中 Middle	852.38	314.94 <sup>b</sup>	537.44	21.93	71.27	8.36	35.77	444.25	63.05	52.12	82.66
	高 High	875.66	336.17 <sup>a</sup>	539.48	21.04	71.81	8.20	36.03	443.46	61.61	50.64	82.20
SEM		3.21	2.19	3.24	1.26	0.40	0.03	0.12	2.68	0.25	0.21	0.26
性别 sex												
公羊 Ram		807.88 <sup>b</sup>	298.02	509.86 <sup>b</sup>	22.46	67.61 <sup>b</sup>	8.36 <sup>a</sup>	35.25 <sup>a</sup>	418.76 <sup>b</sup>	63.07 <sup>a</sup>	51.80 <sup>a</sup>	82.13
	母羊 Ewe	840.79 <sup>a</sup>	322.63	518.16 <sup>a</sup>	21.14	68.96 <sup>a</sup>	8.20 <sup>b</sup>	34.55 <sup>b</sup>	427.00 <sup>a</sup>	61.59 <sup>b</sup>	50.76 <sup>b</sup>	82.40
能量水平 Energy level												
低 Low		782.38 <sup>c</sup>	308.42	473.97 <sup>b</sup>	21.30	63.25 <sup>b</sup>	8.08 <sup>c</sup>	32.05 <sup>b</sup>	389.41 <sup>b</sup>	60.59 <sup>c</sup>	49.78 <sup>c</sup>	82.16
	中 Middle	835.72 <sup>b</sup>	301.01	534.72 <sup>a</sup>	21.86	70.75 <sup>a</sup>	8.47 <sup>a</sup>	36.23 <sup>a</sup>	442.11 <sup>a</sup>	64.00 <sup>a</sup>	52.92 <sup>a</sup>	82.68
	高 High	854.90 <sup>a</sup>	321.54	533.36 <sup>a</sup>	22.24	70.85 <sup>a</sup>	8.29 <sup>b</sup>	36.43 <sup>a</sup>	437.13 <sup>a</sup>	62.41 <sup>b</sup>	51.14 <sup>b</sup>	81.96
P 值 P-value												
性别 Sex		<0.001	<0.001	0.009	0.224	0.001	<0.001	<0.001	0.003	<0.001	<0.001	0.158
	能量水平 Energy level	<0.001	<0.001	<0.001	0.758	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.062
性别 × 能量水平 Sex × energy level												
		0.054	0.027	0.568	0.596	0.498	0.205	0.146	0.327	0.187	0.078	0.465

表 4 杜泊羊生长期消化能和代谢能需要量回归方程  
Table 4 Formulas of requirements of DE and ME for growing Dorper sheep

项目 Items	组别 Groups	回归方程 Regression equation	增重需要量 Weight gain energy requirement/ (kJ/g)	维持需要量 Maintain energy requirement/ (kJ/kg W <sup>0.75</sup> )	P 值 P-value	相关系数 R <sup>2</sup>
消化能 DE	公羊 Ram	$DE = 36.036ADG + 530.855W^{0.75}$	36.036	530.855	0.024	0.541
	母羊 Ewe	$DE = 48.624ADG + 498.883W^{0.75}$	48.624	498.883	0.001	0.787
	杜泊羊 Dorper sheep	$DE = 43.202ADG + 504.417W^{0.75}$	43.202	504.417	0.006	0.630
代谢能 ME	公羊 Ram	$ME = 31.338ADG + 424.728W^{0.75}$	31.338	424.728	0.038	0.542
	母羊 Ewe	$ME = 40.649ADG + 406.122W^{0.75}$	40.649	406.122	0.001	0.814
	杜泊羊 Dorper sheep	$ME = 37.201ADG + 399.671W^{0.75}$	37.201	399.671	0.011	0.685

3.2 生长期杜泊羊对饲料中能量的利用率

能量是动物体内一切代谢活动和生产活动的基础,反刍动物从饲料中摄取的能量有 20% ~ 50% 是以粪的形式损失,有 4% ~ 5% 以尿的形式损失。Sutter 等<sup>[13]</sup> 和 Moorby 等<sup>[14]</sup> 曾报道,提高饲料能量水平并不能显著增加尿能排出量,这与本试验的结果一致。杨在宾等<sup>[10]</sup> 对泌乳期青山羊母羊的研究表明,饲料能量水平不同只影响总能消化率和总能代谢率而不影响消化能代谢率,这与本试验的结果也是一致的,本试验求得杜泊羊消化能代谢率为 82.27%,与 NRC(2007)<sup>[5]</sup> 绵羊标准消化能代谢率为 82% 一致。

一般来讲,影响反刍动物能量代谢的主要因素有动物的年龄与品种、性别、饲料的营养水平和结构以及环境因素等。近年来,国内外对于不同品种羊的能量利用率进行了大量的研究。Kamal-zadeh 等<sup>[2]</sup> 报道 Baluchi 绵羊总能代谢率为 54%;Haque 等<sup>[15]</sup> 报道 Cheghu 绒山羊总能消化率为 65.9%,总能代谢率为 57.7%;Prieto 等<sup>[16]</sup> 试验表明生长期哥伦比亚山羊总能消化率为 61.65%,总能代谢率为 51.9%;ARC(1980)<sup>[17]</sup> 报道绵羊自由采食条件下总能代谢率为 42% ~ 60%。国内学者施立成<sup>[18]</sup> 研究表明,内蒙古白绒山羊在绒生长旺盛期总能消化率和总能代谢率分别为 61.3% 和 51.7%;臧彦全<sup>[19]</sup> 报道,生长期波杂肉羊总能消化率和总能代谢率分别为 63.7% 和 55.0%;王惠等<sup>[4]</sup> 试验测得空怀期陕北白绒山羊总能消化率为 65.3%,总能代谢率为 54.7%;聂海涛等<sup>[20]</sup> 报道杜泊羊和湖羊杂交一代自由采食条件下总能消化率为 68.39%。本试验条件下,生长期杜泊羊总能

消化率和总能代谢率分别为 62.33% 和 51.28%,与上述研究结果基本一致,如何进一步提高杜泊羊对能量的利用效率尚有待于进一步的研究。

杜泊羊公羊的总能消化率与总能代谢率分别为 63.07% 和 51.80%,母羊分别为 61.59% 和 50.76%,公羊均高于母羊,这可能与公羊的活动量大有关,肌肉活动对能量代谢的影响显著,肌肉活动需要补给能量,而能量则来自大量营养物质的氧化,导致机体耗氧量的增加,从而提高能量代谢率。总能消化率、总能代谢率随着饲料能量水平的增加出现先增加后降低的趋势,这与吴淑军等<sup>[21]</sup> 在獭兔和董世魁<sup>[22]</sup> 在牦牛得到的规律一致;而王惠等<sup>[4]</sup> 则道空怀期陕北白绒山羊总能消化率、总能代谢率随着饲料能量水平的增高而增高,这与本试验结果有些不同,可能与试验中能量水平的设计不同有关。

3.3 生长期杜泊羊能量需要量

饲料能量水平决定着饲料的消耗量以及蛋白质和其他营养物质的供给量,从而影响动物的生产性能及体内营养物质的吸收利用,进一步影响生长发育及健康水平,因此确定杜泊羊的能量需要量具有重要意义。一般来讲,动物的品种特征和所处的环境条件是影响其能量需要量的重要因素。本试验求得生长期杜泊羊公羊 ME<sub>m</sub> 为 424.73 kJ/kg W<sup>0.75</sup>,母羊 ME<sub>m</sub> 为 406.12 kJ/kg W<sup>0.75</sup>,合计杜泊羊 ME<sub>m</sub> 为 399.67 kJ/kg W<sup>0.75</sup>。Kamal-zadeh<sup>[23]</sup> 报道 swifter 绵羊 ME<sub>m</sub> 为 340 ~ 480 kJ/kg W<sup>0.75</sup>;Al Jassim 等<sup>[24]</sup> 报道阿华西绵羊 ME<sub>m</sub> 为 342 ~ 482 kJ/kg W<sup>0.75</sup>;Prieto 等<sup>[16]</sup> 热力学试验求得生长期哥伦比亚山羊 ME<sub>m</sub> 为

443 kJ/kg  $W^{0.75}$ ;Luo 等<sup>[25]</sup>报道安哥拉山羊  $ME_m$  为 533 kJ/kg  $W^{0.75}$ ;ARC(1980)<sup>[17]</sup>推荐绵羊维持代谢能需要量为 420 ~ 450 kJ/kg  $W^{0.75}$ 。本试验的结果与前人的研究结果基本一致,也符合 ARC(1980)<sup>[17]</sup>绵羊标准的推荐范围。目前推算  $ME_m$  主要通过饲养试验和测热试验的方法,各种报道结果有异的原因可能主要与试验方法的不同及品种因素有关。

本试验求得生长期杜泊羊公羊  $ME_g$  为 31.34 kJ/g,母羊  $ME_g$  为 40.65 kJ/g,合计杜泊羊为 37.20 kJ/g。Luo 等<sup>[25]</sup>报道安哥拉山羊  $ME_g$  为 43.2 kJ/g;Early 等<sup>[26]</sup>报道 Omani 绵羊  $ME_g$  为 42.1 kJ/g。本试验求得杜泊羊的  $ME_g$  略微低于其他试验结果,一可能是与品种有关,二可能与试验环境有关,本试验时试验羊处于栏杆围饲,活动量较小,因此  $ME_g$  偏低。

## 4 结 论

① 生长期杜泊羊公羊和母羊维持代谢能分别为 424.73 和 406.12 kJ/kg  $W^{0.75}$ ,每克日增重代谢能需要量分别为 31.34 和 40.65 kJ。

② 增重需要公羊低于母羊,维持需要公羊略高于母羊。

③ 生长期杜泊羊饲料适宜消化能水平为 10.66 MJ/kg(风干基础)。

## 参考文献:

- [1] 赵有璋. 杜泊羊及其在我国初步利用效果[J]. 现代畜牧兽医,2011(1):21-23.
- [2] KAMALZADEH A, SHABANI A. Maintenance and growth requirements for energy and nitrogen of Baluchi sheep[J]. Journal of Agriculture and Biology, 2007,9(4):535-539.
- [3] 杨在宾,杨维仁,张崇玉,等. 大尾寒羊能量和蛋白质需要量及析因模型研究[J]. 中国畜牧兽医,2004,31(12):8-10.
- [4] 王惠,王永军,周利勇,等. 空怀期陕北白绒山羊的能量需要量[J]. 动物营养学报,2012,24(9):1694-1700.
- [5] NRC. Nutrient requirements of small ruminants; sheep, goats, cervids, and new world camelids[S]. 10th ed. Washington, D. C. :National Academy Press, 2007.
- [6] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京:中

国农业大学出版社,1994:19-23.

- [7] 贺建华. 饲料分析与检测[M]. 北京:中国农业出版社,2008.
- [8] BLAXTER K L, CLAPPERTON J L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants[J]. British Journal of Nutrition,1965(19):511-522.
- [9] 杨凤. 动物营养学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [10] 杨在宾,李凤双,杨维仁. 青山羊泌乳期母羊的能量需要量研究[J]. 畜牧兽医学报,1993,24(5):391-398.
- [11] BUDDLE B M, DENIS M, ATTWOOD G T, et al. Strategies to reduce to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture[J]. The Veterinary Journal,2011,188(1):11-17.
- [12] KUMAR S, PUNIYA A, PUNIYA M, et al. Factors affecting rumen methanogens and methane mitigation strategies[J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology,2009,25(9):1557-1566.
- [13] SUTTER F, BEEVER D E. Energy and nitrogen metabolism in Holstein, Friesian cows during early lactation[J]. Animal Science,2000,70:503-514.
- [14] MOORBY J M, DEWHUMT R J, MARSDEN S. Effect of increasing digestible undegraded protein supply to dairy cows in late gestation on the yield and composition of milk during the subsequent lactation[J]. Journal of Animal Science,1996,63:201-213.
- [15] HAQUE N, MURARILAL M Y, KHAN M Y, et al. Metabolizable energy requirements for maintenance of pashmina producing Cheghu goats[J]. Small Ruminant Research,1998(27):41-45.
- [16] PRIETO C, AGUILERAL J F, LAEA L, et al. Protein and energy requirements for maintenance of indigenous Granadina goats[J]. British Journal of Nutrition, 1990,63:155-163.
- [17] ARC. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock[S]. Farnham Royal:Commonwealth Agricultural Bureaux,1980.
- [18] 施立成. 内蒙古白绒山羊能量利用研究[D]. 硕士学位论文. 北京:中国农业大学,2003.
- [19] 臧彦全. 生长期波杂肉羊能量和蛋白质营养需要的研究[D]. 硕士学位论文. 北京:中国农业科学院,2003.
- [20] 聂海涛,施彬彬,王子玉,等. 杜泊羊和湖羊杂交 F1 代公羊能量及蛋白质的需要量[J]. 江苏农业学报,2012,28(2):344-350.
- [21] 吴淑军,李福昌,王雪鹏,等. 日粮能量水平对断奶

- 至3月龄獭兔生长发育、消化代谢、血液生化和盲肠发酵的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2012, 43(7): 1071-1078.
- [22] 董世魁. 舍饲条件下泌乳牦牛、干奶空怀牦牛能量、蛋白质、钙、磷消化代谢的研究[D]. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学, 1998.
- [23] KAMALZADEH A. Energy and nitrogen metabolism in lambs during feed restriction and realimentation [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2004(6): 21-30.
- [24] AL JASSIM R A M, HASSAN S A, AL-ANI A N, et al. Metabolizable energy requirements for maintenance and growth of Awassi lambs[J]. Small Ruminant Research, 1996, 20(3): 239-245.
- [25] LUO J, GOESTCH A L, NSAHLAI I V, et al. Prediction of metabolizable energy and protein requirements for maintenance, gain and fiber growth of Angora goats[J]. Small Ruminant Research, 2004, 53: 339-356.
- [26] EARLY R J, MAHGOUB O, LU C D, et al. Energy and protein utilization for maintenance and growth in Omani ram lambs in hot climates. I. Estimates of energy requirements and efficiency[J]. Journal of Agricultural Science, 2001(136): 451-459.

## Energy Metabolic Pattern and Requirements for Growing Dorper Sheep

ZHAO Minmeng<sup>1</sup> YANG Zaibin<sup>1\*</sup> YANG Weiren<sup>1</sup> JIANG Shuzhen<sup>1</sup> ZHANG Guiguo<sup>1</sup>  
ZHU Wenguang<sup>2</sup> ZHANG Jilin<sup>2</sup> GONG Feng<sup>1</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;

2. Shandong Kaiyin Co., Ltd., Dongying 257000, China)

**Abstract:** A 2 × 3 factorial experiment design was used to determine the energy metabolic pattern and requirements for growing Dorper sheep. The factors were sex (♂ and ♀) and energy level (low, middle and high). In feeding trial, fifty-four Dorper sheep (27 ♂ + 27 ♀) at 15 days after weaning were randomly allotted to 3 treatments per sex with 3 replicates in each treatment and 3 sheep per replicate. Experimental sheep were fed *ad libitum*. The experiment lasted for 67 days including a 7-day pre-experimental period and a 60-day experimental period. In metabolic experiment, eighteen (9 ♂ + 9 ♀) Dorper sheep were randomly allotted to 3 treatments per sex with 3 replicate in each treatment and 1 sheep per replicate. The experiment lasted for 14 days including a 7-day-pre-experimental period and 7-day experimental period. The results showed as follows; DE/GE and ME/GE of the ram and ewe sheep were 63.07% and 51.80%, 61.59% and 50.76%, respectively. Formulas of requirements for metabolizable energy of growing Dorper sheep were predicated as follows, ram,  $ME = 31.338ADG + 424.728W^{0.75}$ , ewe,  $ME = 40.649ADG + 406.122W^{0.75}$ , Dorper sheep,  $ME = 37.201ADG + 399.671W^{0.75}$  ( $ME$  was metabolizable energy,  $ADG$  was average daily gain, and  $W^{0.75}$  was metabolic weight). In conclusion, the metabolizable energy requirements for maintenance of ram and ewe of growing Dorper sheep are 424.73 and 406.12 kJ/kg  $W^{0.75}$ , respectively, and those for 1 g of daily weight gain are 31.34 and 40.65 kJ, respectively; ram sheep have lower metabolizable energy requirement for growth and higher metabolizable energy for maintenance than ewe sheep; dietary proper digestible energy requirement for growing Dorper sheep is 10.66 MJ/kg (air-dry basis). [Chinese Journal of Animal Nutrition, 2013, 25(6): 1243-1250]

**Key words:** Dorper sheep; growing period; energy; requirement