

藏系绵羊羔羊蛋白质需要量及 能量转化效率的研究*

冯金虎 皮南林 赵新全

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘要

通过消化代谢及产热试验测得藏系绵羊羔羊在不同季节的蛋白质摄入量、沉积量及能量转化效率和能量需要。结果表明：羔羊蛋白质每日摄入量和沉积量均以草返青期最高，在枯草期羔羊蛋白质代谢为负平衡，羔羊的蛋白质维持需要量为32.89克，在牧草生长季，牧草蛋白质的生物学价值和净利用率分别为54.83%和38.51%；羔羊能量摄入以草盛期最高，为9830.36千焦耳/日，返青期、枯草期分别分9019.10千焦耳/日和8974.04千焦耳/日，从摄入总能到消化能的转化效率为0.65，从消化能到代谢能的转化效率为0.81，其中从摄入总能到消化能的转化效率的季节差异较大；羔羊维持代谢能需要量为4252.48千焦耳/日。

关键词：蛋白质需要；能量转化效率；能量需要；藏系绵羊羔羊

藏系绵羊是青藏高原特有家畜品种之一，并且是高寒草甸生态系统中最主要的次级生产者。研究放牧状态下藏系绵羊羔羊的蛋白质需要量及能量转化效率，对合理地组织高寒牧区的畜牧业生产及深入研究高寒草甸生态系统的结构和功能均具有重要意义。

关于绵羊的蛋白质代谢研究。在国外有些学者(Clark等, 1980; Fletcher, 1981; Gibb等, 1982; Robinson等, 1968)都不同程度的进行测定；在国内，除对新疆细毛羊和湖羊的蛋白质代谢进行研究(梁其英等, 1986; 杨诗兴等, 1988)外，其它品种未见报道。为此作者于1988年6—12月在中国科学院高寒草甸生态系统定位站对藏系绵羊羔羊蛋白质需要量及能量转化效率进行了研究，现报道如下：

一、材料与方 法

绵羊一般在每年的8月至9月配种，12月至翌年元月产羔。试验选择健康无病、体重较为一致

* 国家自然科学基金资助项目。

本文1990年9月24日收到。

的羔羊6只。羔羊在草返青期(6月),草盛期(8月)和枯草期(12月)的平均体重分别为14.76、19.63和22.17公斤。每次试验前,羔羊在代谢笼中适应2—3天。

消化代谢试验在代谢笼中进行,每只羊分昼夜测定每日排粪量,在试验前3—4天剪取与其采食相近的牧草样品100—150克,用4mol/L HCl测定牧草及粪样中的酸不溶灰分(AIA),推算羔羊对牧草的消化率和日食干物质质量,根据牧草及粪便中蛋白质含量,求得羔羊蛋白质的日食量及消化率;根据草样和粪样的热价求得羔羊的能量摄入和消化率。在进行消化试验的同时,测定每日排尿量,取15毫升尿样加10毫升10%的硫酸,以备分析;再取12毫升尿样测定热值;甲烷气体能量是根据Blaxter(1962)的经验公式计算。尿样、粪样及草样中的蛋白质含量均在半自动凯氏定氮仪上测定。

产热试验用RA(C)III型密闭回流式呼吸代谢室测定。其特点是,气体回流时,全部与外界隔绝而密闭,羔羊置入呼吸小室中的代谢笼内,并定量地向小室内供氧,小室内的二氧化碳通过导管经室外吸收系统,将羔羊呼出的二氧化碳及水吸收,最后又回到呼吸小室内,如此循环往复。每只羔羊测定6小时,试验结束及开始时用感量为50毫克的大型精密天平称测吸收罐重量;并采集小室和管道内的气样,分析其二氧化碳及氧含量,气样分析用美国产Beckman医用气体分析仪,可得羔羊在6小时内的耗氧量、二氧化碳产生量和呼吸商,根据耗氧量和氧热价计算羔羊每日静止产热量。

二、结果与分析

(一) 羔羊蛋白质代谢的季节变化

由于高寒气候的影响,牧草品质及其蛋白质供给存在明显的季节变化,从而导致羔羊的蛋白质摄入、消化及沉积发生了明显的季节变化(表1)。

表1 不同季节藏系绵羊羔羊蛋白质日食量及沉积量

Table 1 The protein intake and protein deposit of Tibetan lamb in different seasons

物候期 Phenological period	返青期 Green up	草盛期 Exuberance	枯草期 Withered
日食干物质(克) Dry matter intake (g)	497.77±41.97	526.11±43.17	480.28±59.55
日食蛋白质(克) Crude protein intake (g)	65.26±8.12	53.66±10.52	24.97±3.10
日排粪量(克) Faeces amount (g)	129.01±12.55	194.13±21.93	218.31±27.07
粪蛋白质损失(克) Protein loss in faeces (g)	18.71±3.94	16.84±3.41	19.50±2.46
日排尿量(毫升) Urine amount (ml)	245.09±26.37	675.36±41.89	640.84±51.27
尿蛋白质损失(克) Protein loss in urine (g)	17.37±2.08	19.49±5.27	11.79±2.45
蛋白质沉积量(克) Protein deposit (g)	29.18±3.04	17.33±2.18	-6.32±1.45

通过对表1数据的方差分析表明:羔羊的蛋白质摄入量以草返青期居高,草盛期次之,并显著地($P<0.01$)高于枯草期;粪中蛋白质损失以枯草期居高;尿蛋白质损失以草盛期居高,且显著地($P<0.01$)高于枯草期;蛋白质的沉积量以草返青期最高,草盛期次之,并显著地($P<0.01$)高于枯草期;枯草期蛋白质代谢为负平衡。

(二) 羔羊的蛋白质利用效率

羔羊对蛋白质的利用效率可用消化率、生物学价值及净利用率表示。蛋白质消化率指摄入蛋白质减去粪中蛋白质后占摄入量的百分比；生物学价值表示消化吸收后的蛋白质减去尿中蛋白质损失后占消化吸收蛋白质的百分比；净利用率为蛋白质沉积量与摄入量之比。一般牧草中蛋白质的消化率取决于牧草本身的质量，也受家畜生理状况的影响，还与蛋白质的供应水平有关；而蛋白质的生物学价值除受家畜生理状态和品种特性的影响外，主要决定于饲料蛋白质，同时受日粮平衡性的影响。由表 2 可知，牧草蛋白质消化率以返青期最高，草盛期次之，这两个时期是牧草生长季，牧草嫩绿，营养价值高，故消化率高；而在枯草期，牧草停止生长，可溶性糖降低，纤维素含量增高，牧草粗蛋白质中非蛋白氮含量增高，导致其消化率降低。蛋白质的生物学价值以草返青期居高，草盛期次之，枯草期为负值，故未列出。

表 2 不同季节藏系绵羊羔羊对牧草蛋白质利用
Table 2 The protein utilization of Tibetan lamb in different seasons

物候期 Phenological Period	返青期 Green up	草盛期 Exuberance	枯草期 Withered
消化率 Digestibility (%)	71.33	68.62	21.91
生物学价值 Biology value (%)	62.59	47.07	—
净利用率 Met protein utilization (%)	44.72	32.29	—

(三) 羔羊的蛋白质需要量

家畜在保持体蛋白质既没有损失也没有沉积状态下的每日蛋白质摄入量称蛋白质的维持需要，它是研究羔羊蛋白质营养标准的重要参数。本研究测定了不同季节羔羊的蛋白质代谢，由于不同物候期羔羊每日蛋白质摄入量与沉积量存在一定的关系，对其数据进行直线回归和指数回归计算，从相关系数来看，以直线回归方程的相关系数较高。回归方程：

$$\hat{Y} = 32.89 + 1.1564X \quad r = 0.6981 \quad (r_{0.01} = 0.590)$$

式中：

Y——日食蛋白质量 (克)

X——蛋白质沉积量 (克)

依照上述方程，如果羔羊每日蛋白质沉积为零 (式中的 X 为零) 时，其日食蛋白质量为 32.89 克，该值即为羔羊的蛋白质维持需要量。

(四) 每日摄入能及消化能的季节变化

羔羊采食牧草经消化后，部分能量以粪能的形式损失，摄入总能减去粪能即为消化能 (表 3)。从表 3 可知，羔羊每日摄入以草盛期居高，消化能及能量消化率以草返青期最高，枯草期其值均最低。羔羊的粪能损失以枯草期居高，返青期较低。

表 3 藏系绵羊羔羊摄入总能和消化能季节变化

Table 3 The seasonal changes of gross energy and digestible energy of Tibetan lamb

物候期 Phenological period	返青期 Green up	草盛期 Exuberance	枯草期 Withered
摄入总能(千焦耳) Gross energy (kJ)	9 019.10	9 830.36	8 974.04
粪能(千焦耳) Faeces energy (kJ)	2 169.96	3 590.12	3 870.97
消化能(千焦耳) Digestible energy (kJ)	6 849.14	6 240.24	5 103.07
消化率 Energy digestibility (%)	75.94	63.48	56.86

(五) 每日代谢能获得及其变化

消化能被家畜吸收后, 其中部分不能被利用, 而是经瘤胃发酵形成可燃气体——甲烷(CH₄), 经肠道和口腔排出。甲烷气体能损失的计算是根据下述公式,

$$E = 3.832X - 3.61$$

式中, E 为甲烷气体的克数, X 为可消化干物质的百克数, 另外, 可消化能吸收后, 其中蛋白质的部分能量在体内不能充分氧化利用而随尿排出, 该能为尿能。消化能减去尿能及甲烷气体能为代谢能(表 4)。羔羊每日甲烷能及尿能损失分别占消化能的 5.99% 和 10.27%。消化能到代谢能的转化效率在 3 个时期没有明显差异, 其平均值为 81.32%。羔羊的代谢能获得以草返青期居高, 枯草期较低。

表 4 藏系绵羊羔羊每日尿能及甲烷气体能损失

Table 4 The urine energy and methane energy loss of Tibetan lamb

物候期 Phenological period	返青期 Green up	草盛期 Exuberance	枯草期 Withered
尿能损失(千焦耳) Energy loss in urine (kJ)	379.21	706.04	783.25
甲烷气体量(克) Methane amount (g)	10.52	9.11	6.44
甲烷能损失(千焦耳) Energy loss in methane(kJ)	589.26	510.25	360.15
代谢能(千焦耳) Metabolic energy (kJ)	5 880.67	5 023.94	3 959.67
能量代谢率 Energy Metabolic rate(%)	85.86	80.51	77.59

(六) 每日产热量及能量转化效率

按照营养学原理, 家畜的总产热包括维持产热和生产产热, 而维持产热包括家畜的基础代谢产热, 必要的活动产热、调节体温产热和热增耗, 除基础代谢产热较恒定外, 其它部分则随家畜所处的生理状态及外界环境的变化而变化。由于能量物质在体内合

成时的转化效率并非百分之百,在生产代谢能向生产净能转化过程中有一部分生产产热,其变化与家畜的生产性能有密切的关系。在本次试验中,由于条件所限,维持产热和生产产热没有分开,只测定了羔羊在生产状态下静止产热(表5)。可以看出,枯草期羔羊每日产热量高于其它两个时期,由于冬季气温较低,羔羊必须通过增加产热以抵御外界寒冷,从而使其体温相对恒定。草返青期羔羊每日产热较草盛期为高,据皮南林等(1988)报道,绵羊每增加1克体重,其生产产热为 $575.17 \text{ 焦耳}/W^{0.75}$,而羔羊在草返青期体重增加较快,故此期有较高的产热。

表5 藏系绵羊羔羊每日产热量的季节变化

Table 5 The seasonal Changes of daily heat production of Tibetan lamb

物候期 Phenological period	返青期 Green up	草盛期 Exuberance	枯草期 Withered
非蛋白代谢耗氧量(升) Non protein metabolism consumed O_2 (L)	149.87	140.15	172.34
非蛋白代谢 CO_2 产生量(升) Non protein metabolism production CO_2 (L)	125.89	130.34	125.81
非蛋白代谢呼吸商 NPQR	0.84	0.93	0.73
非蛋白代谢产热(千焦耳) Non protein heat production (kJ)	3 038.32	2 905.68	3 395.87
蛋白质产热(千焦耳) Protein heat production (kJ)	315.84	354.38	214.39
静止产热量(千焦耳) Static heat production (kJ)	3 354.16	3 260.07	3 610.27
活动产热量(千焦耳) Move heat production (kJ)	3 874.53	3 912.06	4 332.32
生产净能(千焦耳) Net energy of production (kJ)	1 855.67	1 111.88	-372.65

呼吸商(RQ)是单位时间内 CO_2 排出量与耗 O_2 量之比。在草盛期,由于牧草生长旺盛,羔羊可以得到充足的牧草供应,绵羊的产热主要来源于碳水化合物分解,蛋白质产热很低,因此,呼吸商较高,为0.93,糖、脂肪和蛋白质参加氧化的比例分别为68.99、20.14和10.87%,其中糖产热的比例最高;而枯草期,由于牧草停止生长,其质量明显降低,不能满足羔羊的营养需要,必须分解体内脂肪产热来维持生命,其时呼吸商为0.73,糖、脂肪和蛋白质参加氧化的比例分别为7.90、86.16和5.94%,其中脂肪产热比例最高。由于高寒草甸草场可食牧草供给在一年内分配与羔羊的营养需要不平衡,从而导致羔羊物质代谢有明显的季节变化的规律。

羔羊生产净能(每日能量沉积)计算公式:

$$\text{生产净能}(NE_p) = \text{摄入总能}(GE) - \text{粪能}(FE) - \text{尿能}(UE) - \text{甲烷能}(CH_4E) - \text{总产热}(HP)$$

其中,总产热为羔羊在自然放牧状态下的产热量,由于本试验羔羊是在呼吸室中测定,其产热为静止产热,据Blaxter(1962)研究结果,羔羊在放牧状态下的产热量应在实测值的基础上加20%。依照上述,即可计算不同时期羔羊生产净能获得(表5)。

羔羊从摄入总能到消化能的转化效率为0.65, 该值与Bickel等(1974)测定结果(0.65)一致, 能量代谢率0.81比公认值(0.82)稍低。但在草返青期和草盛期, 其能量的消化率和能量利用的总效率较其它品种绵羊高(Huston等, 1986), 分别达到0.70和0.16。说明, 作为藏系绵羊羔羊的品种本身, 有较高的利用牧草资源的能力, 只是在冬季, 由于牧草质量差, 且不能满足营养需要, 羔羊必须消耗其在暖季沉积的脂肪和蛋白质, 造成了大量的非生产消耗, 从而导致全年能量转化效率低。

(七) 能量的需要

根据羔羊在不同季节生产净能与代谢能之间存在着一定的相关关系, 经直线回归和指数回归计算, 从相关系数来看, 直线回归方程的相关系数较高, 方程如下:

$$\hat{Y} = 4252.48 + 0.8613X \quad r = 0.6573 \quad (r_{0.01} = 0.590)$$

Y —— 每日代谢能 (千焦耳)

X —— 每日生产净能 (千焦耳)

当X为零时, 代谢能为4252.48千焦耳, 该值为羔羊的每日维持代谢能需要。

参 考 文 献

- 皮南林、赵新全, 1988, 反刍动物能量代谢研究 IV. 肥育藏系绵羊的能量转化效率和能量需要量的测定, 高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集, 123—128。
- 杨诗兴、彭大惠、张文远、张宗学、高天喜, 1988, 湖羊能量代谢及蛋白质需要量的研究, 中国农业科学, 21(2): 73—80。
- 赵新全、皮南林、冯金虎, 1989, 反刍动物能量代谢研究 VII. 生长发育牦牛绝食代谢研究, 高原生物学集刊, (9): 155—161。
- 梁其英、戴运贤、张成质, 1983, 新疆细毛羊舍饲肥育标准的研究, 新疆八一农学院学报, (1): 40—46。
- Bickel, H. and A. Durrer, 1974, Energy utilization by growing sheep in energy metabolism of farm animal. proc. 6th Symp. Energy Metabolism, 119—122.
- Blaxter, K., 1962, The energy metabolism of ruminants, 79—124. Hutchinson and Technical (Publishers), London.
- Clark, C. F. S. and Speedy, A. W., 1980, The effect of pre-mating and early pregnancy nutrition on foetal growth and body reserves in scottish half-bred ewes, Animal production, 32: 485.
- Fletcher, I. C., 1981, Effects of energy and protein intake on ovulation rate associated with the feeding of lupin grain to Merino ewes, Australian Journal of Agricultural Research, 32: 79—87.
- Gibb, M. J. and Treacher, T. T., 1982, The effect of body condition and nutrition during late pregnancy in the performance of grazing ewes during lactation, Animal production, 34: 123—129.
- Huston, J. E., B. S. Rector, W. C. Ellis and M. L. Allen, 1986, Dynamics of digestion in cattle, sheep, goats and deer, Journal of Animal Science, 62: 208—215.
- Robinson, J. J. and Forbes, T. J., 1968, The effect of protein intake during gestation on ewe and lamb performance, Animal production, 10: 297—309.

STUDIES ON THE REQUIREMENT OF PROTEIN AND EFFICIENCY OF ENERGY UTILIZATION FOR TIBETAN LAMB

Feng Jinhu, Pi Nanlin and Zhao Xinquan

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining)

This experiment was carried out at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem from June. to Dec. in 1988. The crude protein intake, protein deposit and efficiency of energy utilization for Tibetan lamb were measured. The results were as follows:

The protein metabolism in grass green up, exuberance and withered was different. The daily crude protein intake and protein deposit were highest in grass green up period, and lowest in grass withered period. The protein metabolism had negative balance in withered period. The crude protein digestibility was highest in green up period and lowest in grass withered period. The mean protein biology value and net protein utilization were 54.83% and 38.51% in grass green up period and exuberance period respectively. The crude protein requirement of Tibetan lamb maintained 32.89 grams per day. The daily energy intake of Tibetan lamb was highest in grass exuberance period, and lowest in grass withered period. The daily energy intakes of Tibetan lamb in grass green up, exuberance and withered period were 9019.10, 9830.36 and 8974.04 kJ respectively. The efficiency of energy utilization from gross energy to digestible energy was 0.65, and from digestible energy to metabolic energy was 0.81. The energy digestibility was different in the three phenological periods. It was highest in the grass green up period. The metabolic energy requirement of Tibetan lamb maintained was 4252.48 kJ per day.

Key words: Protein requirement; Efficiency of energy utilization; Energy requirement; Tibetan lamb