

[专栏编者按]随着我国农业结构战略性调整步伐加快,畜牧业作为国民经济的重要支柱产业得到了快速发展,人们对畜产品消费结构的调整,反刍动物产业作为畜牧业的重要组成部分发挥了重要的作用。为助力产业发展,发挥行业媒体知识传播力量,本期特邀反刍动物饲料创新团队首席科学家刁其玉研究员为本期专家论坛栏目撰文,以此为引导,从本期起不定期推出“反刍动物营养专栏”,内容涉及动物营养调控、饲料资源开发与利用、瘤胃微生物及其代谢、营养与环境、健康、产品品质的关系等研究热点,供行业同仁学习、参考。

## 饲喂水平对牦牛妊娠后期养分 表观消化代谢和气体代谢的影响

■ 潘浩<sup>1</sup> 聂召龙<sup>1</sup> 王通<sup>1</sup> 刘书杰<sup>1</sup> 孙璐<sup>1</sup> 杨其恩<sup>2</sup> 冯宇哲<sup>1</sup> 崔占鸿<sup>1\*</sup>

(1.青海大学畜牧兽医科学院 青海省牦牛工程技术研究中心 青海省高原放牧家畜动物营养与饲料科学重点实验室,青海西宁 810016;2.中国科学院西北高原生物研究所,青海西宁 810016)

**摘要:**试验旨在研究不同饲养水平下,妊娠后期牦牛对主要营养物质的消化代谢和气体代谢规律,补充完善牦牛饲养标准基础参数。利用随机分组设计将15只体重相近、经同期发情处理并本交配种的妊娠后期牦牛分为3组,即自由采食、80%采食组(IR80)和60%采食组(IR60),每组5头牛。分别在妊娠180 d和210 d进行消化代谢试验和气体代谢试验,测定主要营养物质的代谢规律参数。结果表明:①饲喂水平对妊娠后期牦牛干物质(DM)、有机物(OM)、中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)的表观消化率影响差异不显著;②妊娠后期牦牛对氮的需要量增加明显,较低的饲喂水平将严重影响牦牛对饲料中氮的利用效率;③妊娠后期牦牛总能消化率、总能代谢率、消化能代谢率变化范围分别在54.93%~60.14%、44.76%~54.09%和81.49%~91.69%之间,呼吸熵在0.69~0.73之间,且随饲养水平增大而增大。

**关键词:**牦牛;妊娠后期;消化代谢;氮代谢;能量代谢;气体代谢

**doi:**10.13302/j.cnki.fi.2020.07.002

**中图分类号:**S823.8<sup>5</sup>

**文章编号:**1001-991X(2020)07-0008-05

**文献标识码:**A

**开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



### Effects of different feeding level on apparent digestion and metabolism of nutrients and gas metabolism of yak during late pregnancy

Pan Hao, Nie Zhaolong, Wang Tong, Liu Shujie, Sun Lu, Yang Qien, Feng Yuzhe, Cui Zhanhong

**Abstract:** This experiment was conducted to investigate the regularity of digestion and metabolism of main nutrients and gas metabolism in yak during late pregnancy under different feeding levels. The results were provided to supplement and perfect basic parameters for yak feeding standard. Fifteen healthy yaks treated for estrus synchronization and natural service, and then randomly divided into three feeding levels groups (ad libitum group, 80% the ad libitum intake group and 60% the ad libitum intake group). Digestion and metabolism tests and gas metabolism were studied in the periods of the 180th and 210th days of pregnancy. The results showed that: ① The apparent digestibility of DM, OM, NDF and ADF in yak did not change with the feeding levels during late pregnancy; ② During late pregnancy, the increase of nitrogen requirement in yak was obvious, and the lower feeding level would seriously affect yak's absorption and utilization of nitrogen in feed; ③ The total digestibility, total energy metabolism rate and the metabolic rate of digestive energy in the later period of pregnancy were

作者简介:潘浩,硕士,研究方向为反刍动物营养。

通讯作者:崔占鸿,博士,副研究员。

收稿日期:2020-02-06

基金项目:放牧牦牛冷季营养平衡调控技术研究[2018YFD0502403];牦牛和藏绵羊母畜能量与蛋白质营养需要量的研究[2016YFC0501805];中国科学院“西部之光”项目[3-4]

54.93% to 60.14%, 44.76% to 54.09%, 81.49% to 91.69%, respectively. The respiratory quotients decreased with the decreasing levels, ranging from 0.69 to 0.73.

**Key words:** yak; late pregnancy; digestion and metabolism; nitrogen metabolism; energy metabolism; gas metabolism

妊娠是一个极其精密的孕育新生命的过程,这一过程的顺利进行需要良好的营养作为支撑。有相关研究表明,妊娠期营养状况不仅影响母体情期表现,也直接影响胚胎的生长发育和成年后的健康状况<sup>[1-2]</sup>,甚至通过基因的表观遗传彻底影响后代的健康<sup>[3]</sup>。尽管妊娠期营养很重要,但生活在高寒地区的牦牛在这一特殊时期由于要跨越长达半年的牧草枯草期,期间营养物质摄入量无法得到保证<sup>[4]</sup>。同时有关牦牛代谢及营养的相关的研究大都集中于牦牛生长期<sup>[5-6]</sup>,对母牦牛妊娠期的相关研究还较少。在整个妊娠期中,妊娠后期尤为重要,这一时期时胎儿机体组织发育较快,对养分需要量大幅度增加。为此,本研究选取妊娠后期牦牛为研究对象,探究不同饲养水平对牦牛妊娠后期营养物质消化代谢的影响,揭示了牦牛妊娠期的消化代谢规律,为补充完善牦牛饲养标准提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间和地点

动物饲养试验在青海省大通种牛场进行,时间为2018年9月至2019年4月;试验样品测定工作在青海省高原放牧家畜动物营养与饲料科学重点实验室完成。

### 1.2 试验动物及分组

选取4~5胎体况相近的经产大通母牦牛15头,经同期发情处理并本交配种,妊娠检查后进行本次试验。试验动物根据体重随机分为3个处理(每个处理5头牛),即自由采食组(AL)、80%采食组(IR80)和60%采食组(IR60),试验日粮采用梯度法进行饲喂。

### 1.3 试验日粮与饲养管理

参照肉牛饲养标准(2004)<sup>[7]</sup>和生长期牦牛能量蛋白需要量<sup>[5-6]</sup>配制体重220 kg的妊娠期母牦牛颗粒饲料(燕麦草与精饲料按1:1共同制粒,饲料直径6 mm,长10 mm)。饲料由刚察县鲁援生态饲料有限公司加工,预混料由湟源县河湟清牧饲料有限公司提供,具体日粮组成及营养水平见表1。

试验母牦牛采用单栏饲喂,饲粮每天8:00和18:00各饲喂一次,自由饮水。饲喂期间自由采食组试验牛饲喂量根据前一天试验牛进食量进行调整,以确保饲槽内有不少于10%的剩料。本试验从试验牛妊娠第150 d开始,分别在妊娠第180 d与210 d进行消化代谢试验与气体代谢试验。

## 1.4 样品采集与指标测定

### 1.4.1 营养物质表观消化率

在妊娠第180 d和210 d进行消化代谢试验,采用全收粪尿法,连续收集5 d每头试验牛的粪便与尿液样品,尿液用尿桶收集,并向尿桶中加入200 ml 10%的硫酸溶液进行固氮,每日收集结束后测量尿液体积,摇匀取样5%保存于-20℃冰箱中待测。粪便样品称量后取样5%,并按样品鲜重的5%的量加入10%的硫酸溶液进行固氮,保存于-20℃冰箱待测。待测样品干物质(DM)、有机物(OM)、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)指标参考张丽英<sup>[8]</sup>《饲料分析及检测技术》进行测定。能量用Pai6100氧弹式能量测定仪测定(燃烧法)。

表1 试验日粮组成及营养水平(风干基础)

日粮组成	含量(%)	营养水平	
燕麦青干草	50.00	总能(MJ/kg)	18.09
玉米	41.50	干物质(%)	91.50
小麦麸	2.50	有机物质(%)	85.10
菜籽油	2.50	粗蛋白质(%)	7.70
豆粕	0.50	粗脂肪(%)	5.00
菜粕	0.50	中性洗涤纤维(%)	32.40
磷酸氢钙	1.00	酸性洗涤纤维(%)	17.20
食盐	0.50	钙(%)	0.64
膨润土	0.50	磷(%)	0.46
预混料	0.50		
合计	100.00		

注:1. 预混料为每千克饲料提供:VA 3 000 IU、VD 300 IU、VE 50 IU、烟酸 50 mg、铁 48 mg、铜 12 mg、锰 20 mg、锌 20 mg、硒 0.3 mg;

2. 营养水平均为实测值。

### 1.4.2 气体代谢

气体代谢在消化代谢试验结束后进行。每期气体代谢试验进行3 d,每天8:00、10:00、12:00、14:00和16:00对三个试验组进行五次气体的采集与分析,每次气体收集时间为8 min。气体代谢测定的仪器为美国FMS便携式动物呼吸代谢测量系统,仪器测定的指标有:甲烷产生量、氧气消耗量和二氧化碳排出量。

## 1.5 数据统计分析

数据整理采用Excel进行初步整理,并用SPSS 20.0软件进行数据独立性、正态性和方差齐性检验,满足方差分析条件后,进行ANOVA单因素方差分析,差异显著时用Duncan's法进行多重比较,以P<0.05为

差异显著的判断标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 对营养物质的表观消化率的影响

表2 饲喂水平对妊娠后期母牦牛养分表观消化率的影响(%)

项目	妊娠天数	处理组			SEM	P值
		AL	IR80	IR60		
干物质	180 d	52.14	54.46	57.55	1.48	0.196
	210 d	53.04	54.22	57.59	0.54	0.526
有机物	180 d	55.73	58.05	59.64	1.50	0.152
	210 d	57.34	58.42	61.06	1.21	0.126
中性洗涤纤维	180 d	53.76	54.22	58.96	1.20	0.148
	210 d	54.07	56.15	59.03	1.52	0.167
酸性洗涤纤维	180 d	53.51	55.76	58.77	1.04	0.148
	210 d	54.73	55.87	59.07	2.17	0.167

注:同行数据肩标小写字母不同表示差异显著( $P<0.05$ );下表同。

由表2可知,牦牛妊娠后期饲粮DM、OM、NDF和ADF的表观消化率均随饲喂水平的降低有升高的趋势,妊娠210 d时牦牛养分表观消化率相比妊娠180 d时有所提高。

### 2.2 对氮的表观消化率的影响

表3 饲喂水平对妊娠后期母牦牛氮表观消化代谢的影响

项目	妊娠天数	处理组			SEM	P值
		AL	IR80	IR60		
食入氮(g/d)	180 d	36.83 <sup>a</sup>	28.31 <sup>b</sup>	23.08 <sup>c</sup>	2.20	0.005
	210 d	33.82 <sup>a</sup>	25.47 <sup>b</sup>	20.05 <sup>c</sup>	2.36	0.002
粪氮(g/d)	180 d	25.19	23.22	21.44	0.72	0.061
	210 d	21.97	19.89	17.51	1.03	0.227
尿氮(g/d)	180 d	10.07 <sup>b</sup>	11.62 <sup>b</sup>	17.81 <sup>a</sup>	1.30	0.004
	210 d	11.94 <sup>b</sup>	18.18 <sup>a</sup>	18.53 <sup>a</sup>	0.08	0.006
消化氮(g/d)	180 d	11.64 <sup>a</sup>	5.09 <sup>b</sup>	1.64 <sup>b</sup>	1.63	0.003
	210 d	11.85 <sup>a</sup>	5.58 <sup>b</sup>	2.54 <sup>b</sup>	1.65	0.028
氮的表观消化率(%)	180 d	31.60 <sup>a</sup>	17.98 <sup>a</sup>	7.11 <sup>b</sup>	0.04	0.002
	210 d	35.04 <sup>a</sup>	21.91 <sup>ab</sup>	12.6 <sup>b</sup>	0.04	0.047
沉积氮(g/d)	180 d	1.57 <sup>a</sup>	-6.53 <sup>b</sup>	-16.16 <sup>c</sup>	2.78	0.003
	210 d	-0.08 <sup>a</sup>	-12.60 <sup>b</sup>	-16.01 <sup>b</sup>	2.59	0.002

由表3可知,妊娠后期饲喂水平对牦牛粪氮的影响差异不显著( $P>0.05$ )。尿氮含量随饲喂水平的降低而升高,IR60组试验牛尿氮含量显著高于自由组( $P<0.05$ )。三组试验牛消化氮、沉积氮和氮的表观消化率指标随饲喂水平的降低而降低,其中自由采食组试验牛消化氮含量显著高于两个限饲组( $P<0.05$ ),氮的表观消化率显著高于IR60组( $P<0.05$ );本试验由于氮的采食量和氮的表观消化率均处于较低水平,妊娠180 d时两个限饲组和妊娠210 d时三个试验组氮的沉积均出现负值,自由采食组氮沉积显著高于IR60组。

### 2.3 对能量的表观消化与代谢率的影响

由表4可知,妊娠后期牦牛粪能、尿能、甲烷能和甲烷能/食入总能均随饲喂水平降低而降低,组间差异显著( $P<0.05$ ),并且随妊娠天数的增加这些指标有降低的趋势。试验牛消化能和妊娠180 d时的代谢能自

由采食组显著高于IR60组( $P<0.05$ )。妊娠180 d时,三组试验牛总能消化率和总能代谢率随饲喂水平下降而升高,且IR60组显著高于自由采食组( $P<0.05$ ),妊娠210 d总能消化率和总能代谢率组间差异均不显著( $P>0.05$ );妊娠后期试验牛消化能代谢率随饲喂水平的降低而升高,且IR60组显著高于自由采食( $P<0.05$ )。牦牛妊娠后期总能消化率、总能代谢率、消化能代谢率变化范围分别在54.93%~60.14%、44.76%~54.09%、81.49%~91.69%之间。甲烷占总能比例在1.46%~5.29%之间,且随饲喂水平增大而增大。

表4 饲喂水平对妊娠后期母牦牛能量表观消化与代谢的影响

项目	妊娠天数	处理组			SEM	P值
		AL	IR80	IR60		
食入总能(MJ/d)	180 d	54.09 <sup>a</sup>	41.57 <sup>b</sup>	33.89 <sup>b</sup>	3.23	0.005
	210 d	51.25 <sup>a</sup>	37.41 <sup>b</sup>	29.45 <sup>b</sup>	0.20	0.002
粪能(MJ/d)	180 d	24.38 <sup>a</sup>	18.20 <sup>b</sup>	14.38 <sup>b</sup>	1.59	0.005
	210 d	20.43 <sup>a</sup>	15.72 <sup>b</sup>	13.21 <sup>b</sup>	1.16	0.004
尿能(MJ/d)	180 d	2.64 <sup>a</sup>	1.69 <sup>b</sup>	1.82 <sup>b</sup>	0.16	0.003
	210 d	1.03 <sup>a</sup>	1.21 <sup>ab</sup>	0.92 <sup>b</sup>	0.08	0.031
甲烷能(MJ/d)	180 d	2.86 <sup>a</sup>	1.50 <sup>b</sup>	0.97 <sup>b</sup>	0.32	0.001
	210 d	2.07 <sup>a</sup>	1.07 <sup>b</sup>	0.43 <sup>c</sup>	0.26	<0.001
甲烷能占总能比例(%)	180 d	5.29 <sup>a</sup>	3.61 <sup>b</sup>	2.86 <sup>c</sup>	0.42	<0.001
	210 d	4.04 <sup>a</sup>	2.86 <sup>ab</sup>	1.46 <sup>b</sup>	0.01	0.010
消化能(MJ/d)	180 d	29.71 <sup>a</sup>	23.37 <sup>ab</sup>	19.51 <sup>b</sup>	1.65	0.006
	210 d	30.82 <sup>a</sup>	21.69 <sup>ab</sup>	16.24 <sup>b</sup>	2.56	0.031
代谢能(MJ/d)	180 d	24.21 <sup>a</sup>	20.18 <sup>ab</sup>	16.72 <sup>b</sup>	1.24	0.014
	210 d	27.72	19.41	14.89	2.34	0.064
总能消化率(%)	180 d	54.93 <sup>b</sup>	56.22 <sup>ab</sup>	57.57 <sup>a</sup>	0.43	0.021
	210 d	60.14	57.98	55.14	0.40	0.467
总能代谢率(%)	180 d	44.76 <sup>b</sup>	48.54 <sup>a</sup>	49.34 <sup>a</sup>	0.78	0.009
	210 d	54.09	51.88	50.56	0.01	0.865
消化能代谢率(%)	180 d	81.49 <sup>b</sup>	86.35 <sup>a</sup>	85.70 <sup>a</sup>	0.83	0.007
	210 d	89.94 <sup>b</sup>	89.49 <sup>b</sup>	91.69 <sup>a</sup>	0.62	0.019

### 2.4 对气体代谢的影响

由表5可知,试验动物的干物质采食量/代谢体重、甲烷产生量、甲烷产生量/干物质采食量、甲烷产生量/代谢体重均随饲喂水平下降而下降,且组间差异显著( $P<0.05$ ),同时以上各指标妊娠210 d要低于妊娠180 d,其中IR60组试验牛甲烷产生量/干物质采食量在妊娠180 d和210 d两个时间段变化尤为明显。三组试验动物的耗氧量、耗氧量/代谢体重、二氧化碳排出量和二氧化碳排出量/代谢体重与饲喂水平无相关性。呼吸熵均随饲喂水平降低而降低。甲烷产生量/干物质采食量在6.59~24.08 L/kg之间,呼吸熵变化范围在0.69~0.73之间。

## 3 讨论

### 3.1 DM、OM、ADF和NDF的表观消化率

评价动物营养摄入情况,只参考干物质采食量是不准确的,还需对于物质养分消化率进行分析,反刍动物通常用DM、OM、ADF和NDF的表观消化率对饲料消化情况进行评价<sup>[9]</sup>。刘洁<sup>[10]</sup>研究表明,肉羊的日粮



表5 饲喂水平对妊娠后期母牦牛气体代谢的影响

项目	妊娠天数	处理组			SEM	P值
		AL	IR80	IR60		
干物质采食量(g/d)	180 d	2 989.33 <sup>a</sup>	2 298.00 <sup>b</sup>	1 873.00 <sup>b</sup>	178.68	0.005
	210 d	2 745.83 <sup>a</sup>	2 067.50 <sup>b</sup>	1 627.50 <sup>b</sup>	191.95	0.022
代谢体重(kgW <sup>0.75</sup> )	180 d	64.71	60.05	58.91	1.44	0.241
	210 d	60.82	61.29	61.25	1.11	0.986
干物质采食量/代谢体重[g/(kgW <sup>0.75</sup> ·d)]	180 d	46.20 <sup>a</sup>	38.27 <sup>b</sup>	31.79 <sup>b</sup>	2.48	0.021
	210 d	45.15 <sup>a</sup>	33.73 <sup>b</sup>	26.57 <sup>b</sup>	2.92	0.006
耗氧量(L/d)	180 d	1 820.12	1 761.31	1 717.89	46.86	0.729
	210 d	1 669.71	1 774.42	1 659.66	70.17	0.809
耗氧量/代谢体重[L/(kgW <sup>0.75</sup> ·d)]	180 d	28.13	29.33	29.16	0.86	0.858
	210 d	27.45	28.95	27.10	0.96	0.727
二氧化碳排出量(L/d)	180 d	1 331.05	1 260.95	1 194.45	39.02	0.413
	210 d	1 201.66	1 252.15	1 156.91	60.58	0.853
二氧化碳排出量/代谢体重[L/(kgW <sup>0.75</sup> ·d)]	180 d	20.57	21.00	20.28	0.62	0.898
	210 d	19.76	20.43	18.89	0.71	0.706
甲烷产生量(L/d)	180 d	71.97 <sup>a</sup>	37.84 <sup>b</sup>	24.37 <sup>b</sup>	7.39	0.001
	210 d	57.49 <sup>a</sup>	26.98 <sup>b</sup>	10.73 <sup>c</sup>	2.94	<0.001
甲烷产生量/干物质采食量(L/kg)	180 d	24.08 <sup>a</sup>	16.47 <sup>b</sup>	13.01 <sup>c</sup>	0.52	0.001
	210 d	20.94 <sup>a</sup>	13.05 <sup>b</sup>	6.59 <sup>c</sup>	0.39	0.001
甲烷产生量/代谢体重[L/(kgW <sup>0.75</sup> ·d)]	180 d	1.11 <sup>a</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.11	0.001
	210 d	0.95 <sup>a</sup>	0.44 <sup>b</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.004	<0.001
呼吸熵	180 d	0.73	0.72	0.70	0.01	0.241
	210 d	0.72	0.70	0.69	0.02	0.947

DM和OM的表观消化率范围分别在50.93%~76.29%、57.55%~87.78%之间,刘慧丽<sup>[11]</sup>对牦牛饲料化学成分与营养物质消化率的关系研究表明,牦牛对饲料中DM和OM的表观消化率范围分别在44.30%~84.37%、53.63%~92.70%之间,且与营养物质化学成分含量呈显著负相关,与本研究DM和OM的表观消化率变化范围接近。Galvani等<sup>[12]</sup>研究表明,饲粮营养物质的消化率与饲养水平呈负相关,楼灿等<sup>[13]</sup>研究表明,饲养水平对DM与OM的表观消化率无显著影响,且随饲养水平下降而升高,这些结果都与本研究一致。

纤维素的摄入对反刍动物是及其重要的,反刍动物自身胃肠蠕动和肠道健康的发育都离不开纤维的刺激,同时有研究表明50%的纤维素会在瘤胃内被微生物分解消化,从而为动物体提供能量<sup>[14]</sup>。张少丰<sup>[15]</sup>关于肉用绵阳的研究表明,妊娠母羊ADF和NDF的表观消化率不受饲喂水平的影响,这与本研究结果一致。本研究中,试验牛ADF和NDF的表观消化率范围分别在53.76%~59.03%和53.51%~59.07%之间,李万栋等<sup>[16]</sup>针对生长期牦牛养分消化率进行了研究,其结果表明不同营养水平下生长期牦牛ADF和NDF的表观消化率范围在48.45%~67.28%和41.85%~56.19%之间,云强<sup>[17]</sup>报道,10月龄~13月龄断奶犏牛NDF和ADF的表观消化率在44.03%~54.41%、37.51%~47.67%之间,这些研究有的与本研究结果相同,有的与本研究有一定差异,这可能是由于反刍动物纤维表观消化率受饲料种类、加工方式等影响较大。

### 3.2 氮代谢

黄牛的妊娠天数一般为280 d左右,有研究表明在妊娠185 d时,黄牛胎儿的发育明显加快<sup>[18-19]</sup>,牦牛妊娠天数一般为255 d<sup>[20]</sup>,本研究开展时期正是牦牛胎儿生长的高速期,对养分的需要量进一步加大,因此本研究三组试牛都出现了不同程度的负氮沉积。Aguilera等<sup>[21]</sup>的研究表明尿氮的排出量随妊娠期的延长会增加,这与本文研究结果一致,而本研究中妊娠210 d时,IR80组试牛尿氮含量明显增加,这可能是因为妊娠后期饲料中氮含量无法满足母畜维持与妊娠需要,母体分解自身氮源缓解营养不足而造成尿氮含量增加。影响氮的表观消化率的因素有很多,如:饲料的组成、动物采食量及瘤胃微生物的活性等,马铁伟等<sup>[22]</sup>有关妊娠母羊方面的研究表明氮的表观消化率为56.16%~62.01%,远高于本研究结果,这可能因为本研究采样期试牛出现应激,导致采食量和瘤胃微生物活性降低,胃肠道对氮的消化吸收减弱而造成氮的表观消化率过低。

### 3.3 能量代谢

能量是动物所有生命活动(如生长、发育、繁殖、使役、生产产品等)的基础,动物所需的能量主要来自于饲料(碳水化合物、蛋白质和脂肪)三大养分中的化学能。Tyrrell等<sup>[23]</sup>的报道称粪能的排出量与总能摄入量呈显著的正相关,张崇玉等<sup>[24]</sup>有关大尾寒羊的研究表明从妊娠中期到后期,大尾寒羊总能消化率和总能代谢率呈上升状态,这些结果与本研究结果一致。杨

在宾等<sup>[25]</sup>研究结果表明,能量水平对大尾寒羊和小尾寒羊的总能消化率和总能代谢率无显著影响,本研究试验牛妊娠210 d时,总能消化率和总能代谢率三个试验组无显著差异,但妊娠180 d时,自由采食组与IR60组存在差异,这可能因为妊娠180 d时,自由采食组能量摄入量基本满足母畜维持与妊娠需要,因此消化代谢率较低,但随妊娠天数的增加,三个试验组采食的能量均不能满足妊娠需求,最终使三组试验牛总能消化率和总能代谢率提高到同一水平。刘道扬等<sup>[26-27]</sup>报道的肉牛能量消化率、能量代谢率和消化能代谢率的范围分别为64.12%~67.51%、54.20%~58.05%、84.53%~85.92%,赵峰<sup>[28]</sup>报道,母水牛总能消化率和代谢率的变化范围分别为67.11%~71.37%和55.07%~59.23%,本研究中总能消化率低于上述报道,总能代谢率与上述报道接近,消化能代谢率高于上述报道,这些差异可能是试验动物品种及生理阶段的不同造成的。

#### 3.4 气体代谢

饲料在瘤胃发酵的过程中会产生大量的气体,其中主要是CO<sub>2</sub>(65%)和CH<sub>4</sub>(30.6%),CH<sub>4</sub>反映了瘤胃的发酵活动,而CO<sub>2</sub>的排出量和O<sub>2</sub>的消耗量则说明了机体生命代谢状况。以气体形式损失的能量主要是甲烷能,杨博<sup>[29]</sup>通过体外产气法对冬季放牧状态下的牦牛甲烷排放进行了研究,其结果表明冷季自然放牧状态下,牦牛每千克干物质采食量的甲烷产量在25.0~30.4 L,本研究中的结果为6.59~24.08 L/kg之间,低于上述研究,而已有的研究表明,CH<sub>4</sub>排放量与干物质采食量呈正相关<sup>[30]</sup>,Hironaka等<sup>[31]</sup>研究表明,饲料经粉碎或制粒后可显著减少甲烷产量,Hegarty等<sup>[32]</sup>通过对奶牛研究发现,奶牛采食量低于维持水平时,瘤胃内产甲烷菌活动会受到抑制,甲烷的释放量也会随之降低,本研究消化代谢试验期间,由于牦牛应激使得采食量降低,这可能是本研究中甲烷能占总能比例较低的主要原因。楼灿等<sup>[33]</sup>研究表明繁殖母羊不同时期呼吸熵(RQ)无显著差异。杨嘉实等<sup>[34]</sup>报道,脂肪、蛋白质、糖类供能的呼吸熵分别为0.71、0.81、1,本研究中,随着妊娠期延长,牦牛采食能量不能满足妊娠需要,试牛分解体脂供能导致的呼吸熵降低。赵新全等<sup>[35]</sup>对生长期牦牛RQ的研究表明,绝食代谢下牦牛RQ为0.723,这与本研究的结果(0.69~0.73)相近。

#### 4 结论

妊娠后期饲喂水平对牦牛DM、OM、NDF和ADF的表观消化率影响差异不显著,较低的饲喂水平将严重影响牦牛对饲料中氮的利用效率。牦牛总能消化率、总能代谢率和消化能代谢率在妊娠后期的变化范围分别是55.00%~59.72%、44.83%~55.37%和81.53%~

96.96%之间,呼吸熵在0.69~0.73之间,且随饲养水平下降而降低。

#### 参考文献

- [1] 刘学敏,杜鹃. 妊娠期营养与妊娠结局关系的研究进展[J]. 中国实用妇科与产科杂志, 2014,30(8):639-642.
- [2] 殷雨洋,郭良勇,李玉峰. 浅谈妊娠期湖羊营养不良对后代的影响[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2019(1):63-64.
- [3] Barker D J, Hales C N, Fall C H, et al. Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus, hypertension and hyperlipidaemia (syndrome X): relation to reduced fetal growth[J]. Diabetologia, 1993, 36(1): 62-67.
- [4] 郝力壮,王万邦,王迅,等. 三江源区嵩草草地枯草期牧草营养价值评定及载畜量研究[J]. 草地学报, 2013(1):56-64.
- [5] 薛白,柴少骏,刘书杰,等. 生长期牦牛蛋白质需要量的研究[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1994(4):1-4, 45.
- [6] 韩兴泰,谢教云. 生长牦牛维持能量需要量验证报告[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1991(1):10-11.
- [7] 中华人民共和国农业部. 肉牛饲养标准: NY/T816—2004[S]. 北京:中国农业出版社, 2004.
- [8] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 第3版. 北京:中国农业大学出版社, 2007.
- [9] 楼灿,邓凯东,姜成钢,等. 饲养水平对肉用绵羊空怀期和哺乳期能量代谢平衡的影响[J]. 中国农业科学, 2016,49(5):988-997.
- [10] 刘洁. 肉用绵羊饲料代谢能与代谢蛋白质预测模型的研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2012.
- [11] 刘慧丽. 牦牛饲草料有效能值预测与评价[D]. 西宁:青海大学, 2012.
- [12] Galvani D B, Pires C C, Wommer T P, et al. Chewing patterns and digestion in sheep submitted to feed restriction[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2010, 94(6):366-373.
- [13] 楼灿,姜成钢,马涛,等. 饲养水平对肉用绵羊妊娠期消化代谢的影响[J]. 动物营养学报, 2014, 26(1):134-143.
- [14] 杨硕. 养殖方式和绒山羊类型对瘤胃产甲烷菌及相关微生物区系的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2018.
- [15] 张少丰. 肉用绵羊妊娠期和哺乳期能量及蛋白质需要量的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2015.
- [16] 李万栋,郝力壮,刘书杰,等. 不同营养水平对生长期舍饲牦牛生长性能和营养物质表观消化率的影响[J]. 饲料工业, 2015, 36(17):42-46.
- [17] 云强. 蛋白水平及Lys/Met对断奶犊牛生长、消化代谢及瘤胃发育的影响[D]. 北京:中国农业科学院, 2010.
- [18] 蔡立. 中国的牦牛[J]. 西南民族学院学报(畜牧兽医版), 1980(2): 1-5, 7-12.
- [19] 秦鹏春. 哺乳动物胚胎学[M]. 北京:科学出版社, 2001: 4.
- [20] 霍生东. 牦牛妊娠早期胚胎及胎儿形态发育的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2006.
- [21] Aguilera J F, Prieto C, Fonolla J. Protein and energy metabolism of lactating Granadina goats[J]. Br. J. Nutrition, 1990,63:165-175.
- [22] 马铁伟,聂海涛,张浩,等. 杜湖杂交F1代母羊妊娠期能量和蛋白质维持需要量[J]. 动物营养学报, 2016, 28(9):2943-2952.
- [23] Tyrrell H, Moe R P W. Effect of intake on digestive efficiency[J]. Dairy Sci., 1975,58(5):1151-1163.

# 艾叶对黔北麻羊生长性能、 血浆生化指标和瘤胃发酵参数的影响

■ 马政发<sup>1</sup> 吴文旋<sup>1,2,3\*</sup> 王 菲<sup>1</sup> 任金朋<sup>1</sup> 简仕燕<sup>1</sup> 郭子义<sup>1</sup> 吴佳海<sup>4</sup>

(1.贵州大学动物科学学院动物营养与饲料科学研究所,贵州贵阳 550025;2.贵州大学新农村发展研究院,贵州贵阳 550025;  
3.贵州省山地畜禽养殖污染控制与资源化技术工程实验室,贵州贵阳 550025;4.贵州省草业研究所,贵州贵阳 550006)

**摘 要:**试验旨在研究艾叶对黔北麻羊生长性能、血浆生化指标和瘤胃发酵参数的影响,为开发利用艾叶作为肉羊饲料资源提供积累。采用3×3复拉丁方试验设计,将6只黔北麻羊随机分为3组:对照组、处理1组、处理2组。对照组饲喂基础饲料,不含艾叶;处理1组、2组艾叶比例分别为5%、10%。结果表明:①艾叶对山羊生长性能差异不显著( $P>0.05$ )。与对照组相比,处理1组、处理2组显著提高了粗蛋白质(CP)消化率( $P<0.05$ )。②艾叶对山羊常规血浆生化指标没有明显影响,处理2组山羊血浆过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)显著高于对照组( $P<0.05$ )。③艾叶未对山羊瘤胃发酵参数产生影响,差异不显著( $P>0.05$ )。由此可见,艾叶可提高山羊抗氧化能力,可作为肉羊饲料资源开发利用。

**关键词:**艾叶;生长性能;血浆生化指标;瘤胃发酵参数;黔北麻羊

**doi:**10.13302/j.cnki.fi.2020.07.003

**中图分类号:**S827.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-991X(2020)07-0013-05

## Effects of *Artemisia argyi* on growth performance, plasma biochemical parameters and rumen fermentation parameters of Qianbei miscellaneous goats

Ma Zhengfa, Wu Wenxuan, Wang Fei, Ren Jinpeng, Jian Shiyan, Guo Ziyi, Wu Jiahai

**Abstract:** The aim of this study was to investigate the effects of *Artemisia argyi* on the growth performance, plasma biochemical parameters and rumen fermentation parameters of Qianbei miscellaneous goats to provide a understanding on the development and utilization of *Artemisia argyi* as a feed resource for goat. Six goats were used as experimental animals and were allocated to 3 groups (control, treatment 1 and treatment

作者简介:马政发,硕士,研究方向为动物营养与饲料科学。

通讯作者:吴文旋,教授,硕士生导师。

收稿日期:2020-02-27

基金项目:国家自然科学基金[31960674];贵州省科学技术基金项目[黔科合基础(2018)1403];贵州省林业科研课题[黔林科合(2019)07];贵州省高层次科技型创新人才计划[黔科合人才(2016)4024]

- [24] 张崇玉,杨维仁,杨在宾,等. 大尾寒羊妊娠期能量代谢规律的研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2003(4):572-574.
- [25] 杨在宾,杨维仁,张崇玉,等. 小尾寒羊和大尾寒羊能量与蛋白质代谢规律研究[J]. 中国草食动物, 2004,24(5):11-13.
- [26] 刘道扬. 湘中黑牛、夏南牛能量和蛋白质需要量研究[D]. 南昌:江西农业大学, 2013.
- [27] 穆阿丽. 肉牛生长期能量和蛋白质代谢规律及其需要量的研究[D]. 泰安:山东农业大学, 2006.
- [28] 赵峰. 后备母水牛能量需要及其代谢规律的研究[D]. 南宁:广西大学, 2007.
- [29] 杨博. 青藏高原冬季放牧牦牛甲烷排放的初步研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2009.
- [30] 赵一广,刁其玉,邓凯东,等. 反刍动物甲烷排放的测定及调控技术研究进展[J]. 动物营养学报, 2011, 23(5):726-734.
- [31] Hironaka R, Mathison G W, Kerrigan B K, et al. The effect of polluting of alfalfa hay on methane production and digestibility by steers[J]. Sci. Tot. Environ., 1996, 18:221-231.
- [32] Hegarty R S, Goopy J P, Herd R M, et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production[J]. The Journal of Animal Ecology, 2007,85(6):1479-1486.
- [33] 楼灿,姜成钢,马涛,等. 不同饲养水平对杜寒杂交妊娠母羊气体代谢的影响[C]. 2014年全国养羊生产与学术研讨会, 2014: 227-231.
- [34] 杨嘉实,冯仰康(著). 畜禽能量代谢[M]. 北京:中国农业出版社, 2004.
- [35] 赵新全,皮南林,冯金虎. 生长发育牦牛(1岁母牛)绝食代谢测定[C]. 牦牛营养研究论文集, 1997:135-140.

(编辑:董玲,msdongling@163.com)