

# 日粮组成对牦犏牛消化和能量代谢的影响

董全民<sup>1</sup>, 赵新全<sup>2\*</sup>, 施建军<sup>1</sup>, 王彦龙<sup>1</sup>, 盛丽<sup>1</sup>, 杨时海<sup>1</sup>,  
李世雄<sup>1</sup>, 马玉寿<sup>1</sup>, 王柳英<sup>1</sup>

(1. 青海省畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810016; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

**摘要:**在海拔 3 980 m 的果洛州大武乡对 3 头牦犏牛分别饲喂 100% 的青贮披碱草(A)、40% 精料+60% 青贮披碱草(B)、60% 精料+40% 青贮披碱草(C)3 种不同日粮, 按 3×3 拉丁方设计了消化代谢试验。结果表明, 1) 日粮干物质、有机质、粗蛋白和能量消化率差异显著( $P < 0.05$ ), 粗灰分消化率差异不显著( $P > 0.05$ ), 且随日粮中精料比例的增加, 各营养成分的消化率逐渐降低; 2) 日粮 C 的能量代谢率显著低于日粮 A 和日粮 B ( $P < 0.05$ ), 但消化能转化为代谢能的效率差异不显著( $P > 0.05$ ), 其平均转化效率为 0.78; 3) 粪和尿中排出钙差异显著( $P < 0.05$ ), 粪中排出磷差异不显著( $P > 0.05$ ), 而尿中排出磷差异显著( $P < 0.05$ ); 钙存留量随日粮中精料比例的增加而减小, 磷存留量在 A 日粮下最大。以上结果说明牦犏牛对日粮的消化和能量代谢与其组成密切相关, 而且表观消化率随日粮水平的提高而降低, 其能量转化率低于生长牦牛和成年牦牛。因此, 该结果可为牦犏牛的补饲和快速育肥提供科学依据。

**关键词:**牦犏牛; 日粮组成; 消化代谢; 能量代谢

**中图分类号:** S823.8<sup>+</sup>3; S816.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2012)03-0281-06

自 1816 年 Magendie 提出含氮物质是动物日粮中的必需营养素以来, 动物蛋白质营养代谢一直是研究的热点问题, 反刍动物营养调控的研究和应用已成为全球动物营养学发展的主旋律。能量是评价饲料的重要指标, 饲料能量浓度高低决定动物采食量。因此, 蛋白质和能量水平是决定动物生产性能的重要因素, 但两者之间并不是孤立的, 也不是水平越高, 生产性能和健康状况越好<sup>[1]</sup>。牦牛 (*Bos grunniens*) 作为青藏高原的特有放牧畜种, 是在高寒、缺氧、枯草期漫长等严酷自然条件下, 经过长期的自然选择和自身适应形成的特殊牛种, 其提供的畜产品对当地牧民的衣食住行起着无可替代的作用, 使其在高寒草甸生态系统中占有举足轻重的地位<sup>[2-4]</sup>。然而在牦牛产区, 长期以来由于掠夺式的经营方式和粗放的管理模式, 使牦牛始终处于“夏饱、秋肥、冬瘦、春乏”恶性循环之中, 牦牛的生产处在低水平的发展阶段, 牦牛营养代谢研究远远落后于其他家畜, 营养缺乏一直是限制牦牛生产能力提高的主要因素<sup>[5,6]</sup>。然而, 牦牛的营养状况主要取决于草地牧草有效营养物质的供给量, 但放牧牦牛采食量和采食种类难以精确测定, 也给牦牛饲料及营养的研究造成了很大不便。

目前, 国内外学者对动物生长、育肥阶段的蛋白质和能量的研究居多, 大多数结果表明, 蛋白能量比对动物的生长性能和饲料报酬有很大的影响; 各种动物在不同的生长阶段所需要的蛋白质和能量不同, 但都存在一个最佳的蛋白能量比<sup>[1]</sup>。饲料蛋能比过高或过低都不能使动物的生产性能得到最好的发挥, 因为蛋白能量比影响饲料转化率和动物生长<sup>[7]</sup>。许多学者的研究表明, 饲料消化和能量代谢与日粮的化学成分、饲养水平密切相关<sup>[2-6]</sup>, 不同的饲喂日粮能导致瘤胃中日粮粗蛋白降解程度明显不同<sup>[8-10]</sup>; 同时, 众多学者对舍饲饲喂条件下牦牛消化和能量代谢作了大量的报道<sup>[2,3,5,11-14]</sup>, 但这些报道多局限于生长牦牛和成年牦牛, 且试验地大部分选在海拔 2 260 m 的西宁市, 在牦牛产区有关牦牛消化和能量代谢的研究几乎很少报道<sup>[15]</sup>。

针对这种情况, 本试验设在海拔 3 980 m 的青海省果洛州玛沁县大武乡格多牧委会, 选择 3 头健康、体重接近的牦犏牛, 采用 3×3 拉丁方设计依次饲喂 3 种不同日粮研究不同日粮下牦犏牛的消化和能量代谢, 旨在找到

收稿日期: 2011-03-18; 改回日期: 2011-04-27

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2009BAC61B02)和国家自然科学基金项目(30960074, 41030105 和 30970519)资助。

作者简介: 董全民(1972-), 男, 甘肃天水人, 研究员, 博士。E-mail: dqm850@sina.com

\* 通讯作者。E-mail: xqzhao@nwipb.cas.cn

适合牦犊牛的补饲策略和快速育肥方法,为加快牦牛群周转、提高商品率和出栏率寻求新的途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、地点

本试验于2004年11月6日—2005年1月14日在青海省果洛州玛沁县大武乡的格多牧委会进行,该牧委会位于北纬 $34^{\circ}21'22''$ ,东经 $100^{\circ}29'42''$ ,海拔3 980 m,年平均气温为 $-2.3^{\circ}\text{C}$ ,最高和最低气温分别为 $25.2^{\circ}\text{C}$ 和 $-32.5^{\circ}\text{C}$ ,年平均降水量为560 mm,年蒸发量1 392 mm,无绝对无霜期。室内试验在中国科学院西北高原生物研究所的测试中心进行。

### 1.2 试验材料

**1.2.1 试验动物** 在牧户牛群内选取健康、生长发育良好的3头6月龄牦犊牛,体重分别为54.5 kg(2004年5月6日出生)、56.0 kg(2004年5月7日出生)、51.5 kg(2004年5月9日出生)。

**1.2.2 试验日粮** 试验时青贮草的青干比为3:1(3 kg青贮草的烘干重为1 kg),试验日粮组成及其营养成分见表1,2。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 试验设计与饲养管理** 按 $3\times 3$ 拉丁方设计安排消化代谢试验,按照不同日粮组成将试验分为3期,每期试验分为预饲期15~16 d,收集期7 d。每天饲喂2次(早晨8:00,下午4:30),饮水1次(下午4:00)。试验时太阳能暖棚内的平均温度为 $-16.2^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为54%,暖棚外平均温度为 $-26.5^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为50%。

**1.3.2 样品采集和分析** 采用全收粪尿法,将每只试验动物7 d的饲料、粪、尿分别混匀制样后,测定样品的干物质、有机质、粗蛋白、粗灰分、钙、磷。粗灰分含量的测定用SX-5-12型箱式电阻炉在 $500^{\circ}\text{C}$ 高温炉中灼烧至除掉所有碳后的所剩残渣;粗蛋白含量用凯氏法测出含氮量的基础上,通过计算得到;钙、磷用NPC-02型钙磷测定仪;能量用BOMB Calorimeter FARR1281/FARR1756仪器测定,甲烷能的估测按韩兴泰等<sup>[16]</sup>建议的公式: $(\text{CH}_4/\text{GE})\times 100\% = 16.87 - 4.15 \times \text{ME}/\text{ME}_m$  ( $\text{ME}_m = 302W^{0.52}$ ),式中, $\text{CH}_4$ 为甲烷,GE为总能,ME是代谢能, $\text{ME}_m$ 为维持代谢能,W为牦牛体重。

### 1.4 数据统计与处理

用SPSS软件按 $3\times 3$ 拉丁方程序对各项数据进行ANOVA分析,确定不同日粮组成对干物质、有机质、粗灰分、粗蛋白和能量消化率及其代谢率和转化率的影响。差异显著时用新复极差法对各组间平均数进行多重比较,以 $P < 0.01$ (差异极显著), $P < 0.05$ (差异显著)作为差异显著性判断标准。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同日粮下牦犊牛对各营养成分的消化率

干物质、有机质、粗蛋白和能量消化率差异显著( $P < 0.05$ ),粗灰分消化率差异不显著( $P > 0.05$ )(表3)。随日粮中精料含量的增加,牦犊牛对各营养成分的消化率逐渐降低,精料比例为40%的日粮B的干物质、有机质和能量消化率与精料比例为60%的日粮C和只有青贮披碱草的日粮A相应营养物质消化率之间的差异均不显著( $P > 0.05$ ),但日粮A和C干物质、有机质和能量消化率之间的差异显著( $P < 0.05$ );日粮A中粗蛋白的消化率显著高于日粮B和C( $P < 0.05$ ),但B和C之间的差异不显著( $P > 0.05$ )。可见牦犊牛对日粮的消化率与其组成密切相关。

表1 饲喂日粮的组成

Table 1 Composition of diets fed

日粮 Dietary	精料 Concentrate (%)	青贮披碱草 Silage (%)
A	0	100
B	40	60
C	60	40

注:精料组成为50%麸皮+21%菜籽饼+25%青稞+2%磷酸氢钙+1%盐+1%添加剂。

Note: Compositions of concentrate are 50% bran+21% colza cake+25% highland barley+2% calcium hydrophosphate+1% salt+1% additive.

表2 饲喂日粮中精料和青贮草的营养成分

Table 2 Nutrition contents of concentrate

and silage in diets fed

日粮成分 Dietary composition	总能 Total energy (MJ/kg)	有机质 Organic matter (g/kg)	粗蛋白 Crude protein (%)	粗脂肪 Crude fat (%)	粗纤维 Crude fibre (%)	钙 Ca (%)	磷 P (%)
精料 Concentrate	21.87	917.00	11.29	4.62	30.12	1.55	0.30
青贮草 Silage	21.42	907.50	6.66	4.21	16.40	1.14	0.16

## 2.2 不同日粮下牦犏牛的能量代谢

随着日粮中精料比例的增加,消化能、代谢能、代谢率以及消化能转化为代谢能的效率均呈下降趋势,粪能和尿能 C 日粮最高,A 日粮最小(表 4)。不同日粮组成下,牦犏牛对日粮 C 的能量代谢率显著低于日粮 A 和 B( $P < 0.05$ ),但 A 和 B 差异不显著( $P > 0.05$ );消化能转化为代谢能的效率差异不显著( $P > 0.05$ ),其平均转化效率为 0.78。

## 2.3 不同日粮下牦犏牛的钙、磷代谢

牦犏牛在不同日粮组成下对钙和磷摄入量差异不显著( $P > 0.05$ ),但粪和尿中排出钙各日粮组成之间的差异显著( $P < 0.05$ ),而存留量差异不显著( $P > 0.05$ );粪中排出磷差异不显著( $P > 0.05$ ),而尿中排出磷和存留量差异显著( $P < 0.05$ )。钙存留量随日粮中精料比例的增加而减小,磷存留量在 A 日粮下最大,B 日粮下最小,而在精料比例最大的日粮 C 下最小(表 5)。

## 3 讨论

### 3.1 不同日粮对牦牛消化率的影响

长期以来,牦牛每年都遭受周期性的营养缺乏,迫使牦牛也相应地存在着周期性的补偿性生长,故牦牛营养缺乏和补偿性生长的周期性交替出现是牦牛营养的重要特点之一,也是长期的自然选择过程中牦牛对牧草数量和质量上的季节不平衡和对恶劣气候及饥饿形成的一种特殊适应机制,这种适应性机制通过牦牛特殊的生理和营养代谢来调节<sup>[5]</sup>。另外,牦牛产区自然环境极为恶劣,牦牛放牧管理粗放及其本身遗传特点等因素给研究工作造成了很大困难。谢敖云等<sup>[8,9]</sup>主要对不同日粮下牦牛瘤胃环境变化和蛋白质的消化率进行了研究,其蛋白质饲料的消化率比本试验的结果高;董世魁等<sup>[4,5]</sup>对舍饲条件下泌乳牦牛、干奶空怀牦牛能量,蛋白质以及钙、磷的消化代谢进行了研究,不同采食水平对消化代谢有显著影响,当采食水平降低 50% 时,燕麦青干草、有机质、粗灰分、总能消化率均有不同程度增加;同一日粮下泌乳牦牛和干奶牦牛各日粮营养成分的消化率虽存在一定差异,但并不显著;Long 等<sup>[2,6]</sup>也分别对泌乳牦牛、干奶空怀牦牛在不同日粮水平和采食水平下的消化代谢进行了研究,不同日粮能导致泌乳牦牛营养成分消化率和代谢率的不同,虽然干物质、钙和磷的消化率随日粮变化,但差异不显著;而且当干奶牦牛的采食量从 0.3 倍的自由采食量增加到 0.9 倍时,日粮中的干物质、有机质和粗灰分的消化率降低。本试验结果与生长牦牛表现消化率随日粮水平的提高而降低的结论一致<sup>[17]</sup>,也与黄牛和水牛上的结论一致<sup>[17-23]</sup>,说明

表 3 不同日粮组成下牦犏牛的消化代谢结果

Table 3 Result of digestive metabolism for yak calf under different dietary composition

成分 Component	项目 Item	日粮组成 Dietary composition		
		A	B	C
干物质 Dry matter	食入量 Intake (kg)	0.786	0.668	0.660
	粪中排出量 Feces (kg)	0.345	0.329	0.360
	消化率 Digestibility (%)	56.07 a	50.71 ab	45.48 b
有机物质 Organic matter	食入量 Intake (kg)	0.778	0.661	0.654
	粪中排出量 Feces (kg)	0.314	0.297	0.324
	消化率 Digestibility (%)	59.62 a	55.14 ab	50.39 a
粗灰分 Crude ash	食入量 Intake (kg)	0.068	0.052	0.115
	粪中排出量 Feces (kg)	0.040	0.027	0.081
	消化率 Digestibility (%)	16.33 a	16.22 a	15.71 a
粗蛋白 Crude protein	食入量 Intake (g)	47.47	41.91	43.22
	粪中排出量 Feces (g)	26.58	30.05	32.66
	消化率 Digestibility (%)	44.00 a	28.30 b	24.43 b
能量 Energy	总能 Gross energy (MJ)	17.34	14.85	14.35
	粪能 Feces energy (MJ)	7.64	7.28	8.00
	消化率 Digestibility (%)	55.94 a	50.98 ab	44.25 b

注:除干物质外,所有数据均以风干样计;同行不同字母者为差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Note: All data are based on the air dry matter (ADM), except dry matter (DM); the different letters in the same row are significantly different ( $P < 0.05$ ). The same below.

表 4 不同日粮组成下牦犏牛的能量代谢结果

Table 4 Result of energy metabolism for yak calf under different dietary composition

能量 Energy	日粮组成 Dietary composition		
	A	B	C
总能 Gross energy (MJ)	17.34	14.85	14.35
粪能 Feces energy (MJ)	7.64	7.28	8.00
消化能 Digestible energy (MJ)	9.70	7.57	6.35
尿能 Urine energy (MJ)	0.080	0.066	0.097
甲烷能 Methane energy (MJ)	1.791	1.503	1.402
代谢能 Metabolizable energy (MJ)	7.70	5.94	4.75
代谢率 ME/GE metabolizability (%)	44.41 a	40.01 a	33.07 b
消化能转化为代谢能的效率 ME/DE efficiency (%)	79.38 a	78.47 a	74.80 a

饲料的消化率与其组成密切相关。精料含量过高会破坏瘤胃微生物的生存条件,影响瘤胃微生物的繁殖和相互关系,进而影响牦牛的消化、发酵功能,甚至导致瘤胃发病<sup>[14]</sup>,最终影响动物的饲料降解率和表观消化率<sup>[24-26]</sup>。

### 3.2 不同日粮对牦牛能量代谢的影响

饲料总能减去粪能、甲烷能以及尿能后称为代谢能,粪能主要和采食饲料的性质有关,尿能主要受饲料结构、特别是饲料中蛋白质含量的影响,而家畜的可消化能(饲料总能减去粪能)主要和饲料的性质及采食水平有关。家畜的生产力除和遗传有关外,饲料的能量水平也是影响其生产力的重要因素。能量水平不能满足家畜的需要时,家畜生产力低下、健康恶化、饲料能量用于生产的效率低;相反,过高的饲料能量水平对家畜的生产力及健康同样不利<sup>[27]</sup>。胡令浩等<sup>[28]</sup>对生长期牦牛的能量代谢的研究表明,当日粮精料含量从50%增加到90%时,代谢率从50%提高到70%,能量消化率从60%提高到77%,粪能损失从40%降至23%,这与本研究的结果相反。另外,本试验消化能转化为代谢能的效率平均为0.78,这一结果低于韩兴泰等<sup>[11]</sup>、董全民等<sup>[15]</sup>从生长牦牛得到的0.87和0.83的试验结果,也低于董世魁<sup>[5]</sup>从泌乳牦牛获得的0.81的试验结果,但接近于董世魁<sup>[5]</sup>从干奶空怀牦牛和泌乳牦牛获得的0.76和0.81的试验结果。这是牦牛本身的代谢特点,还是与牦牛瘤胃微生物区系尚未稳定,瘤胃微生物系统的动态平衡系统容易遭到破坏有关<sup>[14]</sup>,尚需进一步探讨。

### 3.3 不同日粮对牦牛钙、磷代谢的影响

钙和磷是家畜骨骼和牙齿的主要成分,钙占99%左右,其余是活细胞和组织液的必要成分;磷约占80%,其余大部分构成软组织,小部分存在于体液中。钙和磷的缺乏在草食动物中比较常见,表现为幼畜佝偻病和骨骼病变、家畜食欲不振甚至废食<sup>[29]</sup>。杨文正<sup>[29]</sup>报道,若其他条件相同,钙、磷的吸收量与日粮中的钙、磷含量成正比,而且饲料含钙、磷越丰富,肠道对钙、磷的吸收量也越大;董世魁等<sup>[3-5]</sup>和Long等<sup>[2,6]</sup>对不同日粮和采食水平下泌乳牦牛、干奶空怀牦牛钙、磷的消化代谢研究表明,在不同日粮组成和采食水平下,钙和磷的消化率随日粮变化,但差异不显著。另外,本试验中牦牛对钙和磷的采食比例随精料比例的升高而增加,而且该比例远远高于干奶空怀牦牛对钙和磷的采食比例(约为2:1),这可能与牦牛的生长特性和瘤胃微生物不能适应新的日粮有关<sup>[15,30]</sup>。

## 4 结论

牦牛对不同日粮组成干物质、有机质、粗蛋白和能量消化率的差异显著,粗灰分消化率差异不显著,且随日粮中精料含量的增加,牦牛对各营养成分的消化率逐渐降低,说明饲料的消化率与其组成密切相关。这是因为精料含量过高会破坏瘤胃微生物的生存条件,影响瘤胃微生物的繁殖和相互关系,进而影响动物的饲料降解率和表观消化率。

不同日粮组成下,牦牛对日粮C的能量代谢率显著低于日粮A和B,但A和B之间的差异不显著;消化能转化为代谢能的效率差异不显著,其平均转化效率为0.78,该结果低于生长牦牛,但接近于泌乳牦牛。这是牦牛本身的代谢特点,还是与牦牛瘤胃微生物区系尚未稳定,瘤胃微生物系统的动态平衡系统容易遭到破坏有关,尚需进一步探讨。

牦牛在不同日粮组成下对钙和磷摄入量差异不显著,但粪和尿中排出钙差异显著;粪中排出磷差异不显著,而尿中排出磷和存留量差异显著。牦牛对钙和磷的采食比例随精料比例的升高而增加,钙存留量随日粮中精料比例的增加而减小,而且该比例远远高于干奶空怀牦牛对钙和磷的采食比例(约为2:1),这可能与牦牛

表5 不同日粮组成下牦犊牛对钙和磷的代谢结果

Table 5 Result of Ca and P metabolism for yak calf under different dietary composition

成分 Component	项目 Item	日粮组成 Dietary composition		
		A	B	C
钙 Ca	摄入量 Intake (g)	9.15 a	8.25 a	8.44 a
	粪中排出量 Feces (g)	3.49 a	2.98 a	5.22 b
	尿中排出量 Urine (g)	0.0124 a	0.0649 b	0.0267 a
	存留量 Retention (g)	5.65 a	5.21 a	3.19 b
磷 P	摄入量 Intake (g)	1.79 a	1.56 a	1.58 a
	粪中排出量 Feces (g)	1.05 a	1.13 a	0.91 a
	尿中排出量 Urine (g)	0.0056 a	0.0026 b	0.0016 b
	存留量 Retention (g)	0.7344 a	0.4274 b	0.6684 a
Ca : P		5.11 : 1	5.29 : 1	5.34 : 1

的生长特性和瘤胃微生物不能适应新的日粮有关,尚需进一步探讨。

### 参考文献:

- [1] 张卫兵,刁其玉,国春艳. 蛋白能量比在反刍动物营养上的研究进展[J]. 饲料工业, 2008, 29(23): 42-44.
- [2] Long R J, Dong S K, Shi J J, *et al.* Digestive and metabolic characteristics of lactating yaks fed different diets[A]. Yak Production in Central Asian Highlands-Proceedings of the Second International Congress on Yak[C]. Xining, 1997: 124-126.
- [3] Dong S K, Dong Q M, Long R J, *et al.* Effects of feeding level on energy and nitrogen metabolish of dry, non-pregnant yaks[A]. Yak Production in Central Asian Highlands-Proceedings of the Second International Congress on Yak[C]. Xining, 1997: 117-120.
- [4] 董世魁,龙瑞军,胡自治,等. 舍饲条件下泌乳牦牛能量转化、氮、钙、磷代谢的研究[J]. 草业学报, 2000, 9(4): 20-27.
- [5] 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]. 兰州: 甘肃农业大学, 1998: 5-13.
- [6] Long R J, Dong S K, Hu Z Z, *et al.* Digestibility, nutrient balance and urinary purine derivative excretion in dry cows fed oat hay at different levels of intake[J]. Livestock Production Science, 2004, 88: 27-32.
- [7] Gardner R W. Digestible protein requirements of calves fed high energy rations ad libitum[J]. Journal of Dairy Science, 1968, 51: 888-897.
- [8] 谢放云,张美珍,王万邦,等. 不同饲养条件下牦牛瘤胃对酸性洗涤纤维消失率的影响[A]. 见: 胡令浩. 牦牛营养研究论文集[C]. 西宁: 青海人民出版社, 1997: 44-46.
- [9] 谢放云,张美珍,毕西潮,等. 牦牛瘤胃对几种蛋白质饲料的降解率[A]. 见: 胡令浩. 牦牛营养研究论文集[C]. 西宁: 青海人民出版社, 1997: 47-50.
- [10] 薛白,韩兴泰. 牦牛瘤胃内饲料蛋白质降解率的研究[A]. 见: 胡令浩. 牦牛营养研究论文集[C]. 西宁: 青海人民出版社, 1997: 162-166.
- [11] 韩兴泰,胡令浩,谢放云,等. 生长牦牛能量代谢的研究[A]. 见: 胡令浩. 牦牛营养研究论文集[C]. 西宁: 青海人民出版社, 1997: 21-24.
- [12] 韩兴泰,谢放云. 生长牦牛维持能量需要量验证报告[A]. 见: 胡令浩. 牦牛营养研究论文集[C]. 西宁: 青海人民出版社, 1997: 28-30.
- [13] 韩兴泰,胡令浩,谢放云,等. 粗饲条件下生长牦牛能量代谢的估测[A]. 见: 胡令浩. 牦牛营养研究论文集[C]. 西宁: 青海人民出版社, 1997: 31-33.
- [14] Dong Q M, Zhao X Q, Ma Y S, *et al.* Live-weight gain, apparent digestibility, and economic benefits of yaks fed different diets during winter on the tibetan plateau[J]. Livestock Science, 2006, 101: 199-207.
- [15] 董全民,赵新全,马有泉,等. 日粮组成对生长牦牛消化和能量代谢的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2008, 44(5): 43-45.
- [16] 韩兴泰,谢放云,胡令浩. 生长牦牛甲烷的产生量[J]. 动物营养学报, 1996, 8(2): 62.
- [17] Levy D, Bar-Tsur A, Holzer Z, *et al.* High grain content maize silage in fattening diets of young male cattle[J]. Animal Feed Science and Technology, 1986, 16(1-2): 63-73.
- [18] Rule D C, Preston R L, Koes R M, *et al.* Feeding value of sprouted wheat (*Triticum aestivum*) for beef cattle finishing diets[J]. Animal Feed Science and Technology, 1986, 15(2): 113-121.
- [19] Huhtanen P. The effects of barley, unmolassed sugar-beet pulp and molasses supplements on organic matter, nitrogen and fibre digestion in the rumen of cattle given a silage diet[J]. Animal Feed Science and Technology, 1988, 20(4): 259-278.
- [20] Elizalde J C, Santini F J, Pasinato A M. The effect of stage of harvest on the process of digestion in cattle fed winter oats indoors. II. Nitrogen digestion and microbial protein synthesis[J]. Animal Feed Science and Technology, 1996, 63(1-4): 245-255.
- [21] Hussain I, Cheeke P R. Evaluation of annual ryegrass straw; corn juice silage with cattle and water buffalo; digestibility in cattle vs. buffalo, and growth performance and subsequent lactational performance of Holstein heifers[J]. Animal Feed Science and Technology, 1996, 57(3): 195-202.
- [22] Mulligan F J, Caffrey P J, Rath M, *et al.* An investigation of feeding level effects on digestibility in cattle for diets based on grass silage and high fibre concentrates at two forage: concentrate ratios[J]. Livestock Production Science, 2002, 77(2-3):

311-323.

- [23] Shane G M, Beck P A, Kellogg W D, *et al.* Digestion characteristics and growth of steers fed a corn-grain based supplement compared to a deoiled rice bran plus cottonseed supplement with or without extrusion processing[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2005, 118: 267-277.
- [24] 王磊, 刘志强, 杨菊清, 等. 日粮中添加丙烯酸对绵羊消化代谢的影响[J]. *草业学报*, 2010, 19(3): 148-154.
- [25] 张晓庆, 郝正里, 李发弟, 等. 红豆草缩合单宁对绵羊瘤胃代谢及饲料尼龙袋降解率的影响[J]. *草业学报*, 2010, 19(1): 166-172.
- [26] 周振峰, 王晶, 王加启, 等. 裹包微精犊饲喂对泌乳中期奶牛生产性能、养分表观消化率及血液生化指标的影响[J]. *草业学报*, 2010, 19(5): 31-37.
- [27] 动物营养学[M]. 赵义斌, 胡令浩译. 兰州: 甘肃民族出版社, 1992: 113-146.
- [28] 胡令浩, 谢放云, 韩兴泰, 等. 生长期牦牛能量代谢和瘤胃代谢的研究[A]. 见: 胡令浩. 牦牛营养研究论文集[C]. 西宁: 青海人民出版社, 1997: 3-10.
- [29] 杨文正. 动物矿物质营养[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 22.
- [30] 董全民, 赵新全, 徐世晓, 等. 高寒牧区牦牛育肥试验研究[J]. *中国草食动物*, 2004, (5): 8-10.

### Effect of dietary composition on the digestive and energy metabolisms of yak calves

DONG Quan-min<sup>1</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>2</sup>, SHI Jian-jun<sup>1</sup>, WANG Yan-long<sup>1</sup>, SHENG Li<sup>1</sup>,  
YANG Shi-hai<sup>1</sup>, LI Shi-xiong<sup>1</sup>, MA Yu-shou<sup>1</sup>, WANG Liu-ying<sup>1</sup>

(1. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810016, China; 2. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract:** A supplementary strategy and feedlotting method for yak calves was sought as a new approach to alleviate the pressure on natural grasslands and allow recovery of natural vegetation. A 3×3 Latin square test of digestive and metabolic trials was designed in Dawu township of Guoluo Prefecture. Three yak calves per treatment were fed with 3 different diets: (A) 100% *Elymus nantus* silage, (B) 40% concentrate+60% *E. nantus* silage, and (C) 60% concentrate +40% *E. nantus* silage. 1) There were significant differences in digestibility of dry matter, organic matter, crude protein and energy with the different diets, but there was no significant difference for crude ash. With an increase in percentage of concentrate in the diet, the digestibility of every nutrient ingredient in the different diets gradually decreased; 2) The metabolizability of energy for diet C was significantly lower than that for diets A and B, but the efficiencies of digestive energy conversion into metabolic energy (ME/DE) were not significantly different between the 3 diets. The average conversion efficiency was 0.78; 3) Calcium (Ca) extracted from faeces and urine was significantly different between the diets, while phosphorus (P) differed significantly from urine from the three diets but not from faeces. Ca sediment decreased with the increase in percentage of concentrate, but P sediment was maximum in diet A and minimum in diet B. These results showed that the digestive and energy metabolisms of diets for yak calves were closely bound up with dietary composition. Apparent digestibility decreased with an increase of dietary level. These result provide a scientific basis for supplementary feeding and celerity fattening, which would be an effective approach to speed up turnover of drove and to increase the merchandise ratio of yaks.

**Key words:** yak calf; dietary composition; digestive metabolism; energy metabolism