

# 生长期牦牛的氮代谢及补氮技术研究

胡令浩, 谢敖云, 刘书杰  
王万邦, 薛 白, 柴沙驼, 韩兴泰  
(青海省畜牧兽医科学院, 青海 西宁 810003)

**摘要:** 本项目在放牧条件下, 系统地研究了生长期牦牛对不同季节牧草蛋白质的采食、消化、利用, 并得出了牦牛在维持状态下, 不同生长速度下的蛋白质需要量, 还研究了牦牛对非蛋白氮的消化与利用。本项目系统地研究了高寒草甸草场牧草营养的季节动态, 实测了各时期牧草的生物量、保存率和营养成分变化。在上述 2 项研究的基础上, 本项目比较了在全年之间、牧草与家畜之间蛋白质的供需平衡情况, 所得到的冷季与暖季增重总数据与生产实践十分吻合, 实测得到了冷季缺额数据。针对冷季蛋白质供应的缺额, 筛选了几种直接补氮方法。发现在能量蛋白比适当的情况下, 用糖蜜尿素舔砖自由采食, 可使牦牛在约 200 天的冷季内, 得到的可消化蛋白增加 35 % 左右, 接近维持需要水平, 从而大大地减少体重损失。在暖季用施肥方法间接补氮, 也可以收到同样效果, 但 2 种办法只能使氮的供应达到维持水平, 使放牧牦牛在安全越冬的条件下, 达到不减重或少减重。

**关键词:** 生长期牦牛; 氮代谢; 补氮技术

**中图分类号:** S 823.8<sup>+</sup>5

**文献标识码:** A

本研究以 1~3 岁的生长期牦牛为研究对象, 自 1992 年起历时 5 年, 进行各类试验近 20 次, 系统地测定了生长期牦牛在放牧状态下一年四季维持生命和实现正常生长时对蛋白质的需要量、在各个时期对牧草的实际采食量及对牧草蛋白质的消化利用率, 测定了典型草地一年四季的产草量和蛋白质含量, 共得出经验公式 4 个, 选出了牦牛放牧采食量测定方法和不同物候期下牦牛对可消化蛋白质的实际摄入量。在此基础上求出不同季节蛋白质供求平衡的情况, 对冷季供应不足的缺额则又比较研究了直接补氮和间接补氮的方案, 最后提出了合理可行的补氮措施。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试动物

选年龄 1、2、3 岁健康牦牛若干头, 每个试验因要求不同从中抽取 4~18 头不等, 做消化试验, 复胃氮代谢试验, 采食量测定等。根据需要手术安装永久性瘤胃瘘管、十二指肠瘘管、食道瘘管及临时性颈静脉导管。现场称重和装置收粪袋的牦牛事先得调驯。

### 1.2 日粮

饲料饲草均用当地原料, 经化验后按要求制备。用含氮量 46 % 的国产尿素补饲。

1.3 主要方法

- 1.3.1 饲料、牧草、粪便、食糜等均制备成风干样后按常规方法分析。
- 1.3.2 饲养试验、氮平衡试验、屠宰试验均按传统方法进行；消化试验用收粪法、尼龙袋法和4N 盐酸不溶灰分法结合进行；采食量测定用称重法、校正称重法和4N 盐酸不溶灰分法进行。
- 1.3.3 标记物：固相物用 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、4N - AIA；液相用 Cr ——EDTA；瘤胃微生物用 RNA。分析方法用常规方法。

1.4 季节划分

根据青海牧区情况和一年四季牧草营养成分含量、消化率变化,大致划分为:青草期(6月中下旬至9月底约90天),枯黄期(9月下旬至11月下旬约60天),枯草期(12月初至5月中旬约170天),返青期(5月中旬至6月下旬约45天)。

1.5 试验地点

放牧状态下的试验在海北州祁连县多隆试验点进行。草场类型为高寒草甸类高山草甸亚类。海拔3200~4500m,年平均气温-1.2,年降水量302~378mm。

2 试验结果

2.1 生长期牦牛蛋白质需要量研究

将27头1.5岁牦牛在2个试验中分别给予不同日粮以研究其氮代谢。试验,9头牛喂给粗蛋白质含量为0.985%的低氮(无氮)日粮、测定内源氮和牦牛最低维持的蛋白质需要。试验,18头牛分3组分别喂给蛋白水平为6.7%、10.1%和13.4%的日粮以研究:(1)维持和增重的蛋白质需要量;(2)蛋白质营养调控对牦牛氮代谢和需要量的影响,结果见表1。

对试验结果作回归分析得:

公式1,生长牦牛可消化蛋白质的最低维持需要量为:

$$2.012W^{0.52} \text{ (g/d)}$$

公式2,可消化蛋白质的维持需要量为:

$$6.61W^{0.52} \text{ (g/d) (低氮日粮试验);}$$

$$6.09W^{0.52} \text{ (g/d) (氮平衡试验)}。$$

两者基本一致,可作为后面计算依据。

公式3,生长牦牛的增重需要为:

$$(1.1548/ W + 0.0509W^{0.52})^{-1} \text{ (g/d)}$$

公式4,生长牦牛对可消化粗蛋白需要

表1 日粮蛋白质水平对生长牦牛日增重、胴体重及氮利用率的影响

Table 1. Effect of dietary protein level on daily gain, carcass weight and N digestibility

	日粮蛋白水平 Dietary protein level		
	6.7 %	10.1 %	13.4 %
氮采食量	19.0 <sup>a</sup>	32.0 <sup>b</sup>	41.8 <sup>c</sup>
N intake(g/d)			
氮沉积量	4.0 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	11.7 <sup>ab</sup>
N retention(g/d)			
氮的沉积率	21.1 <sup>a</sup>	22.8 <sup>a</sup>	28.0 <sup>b</sup>
N deposit rate (%)			
氮的表观消化率	51.8 <sup>a</sup>	65.9 <sup>b</sup>	73.8 <sup>c</sup>
N apparent digestibility (%)			
氮的真消化率	72.4 <sup>a</sup>	78.4 <sup>b</sup>	83.5 <sup>bc</sup>
N true digestibility (%)			
日增重	0.054 <sup>Aa</sup>	0.194 <sup>b</sup>	0.247 <sup>bc</sup>
Daily gain(kg)			
胴体重	77.5 <sup>a</sup>	81.1 <sup>ab</sup>	90.5 <sup>b</sup>
Carcass weight(kg)			
增重/耗料	0.025 <sup>a</sup>	0.091 <sup>b</sup>	0.116 <sup>b</sup>
BW gain/feed consumed			

注: 同行数字间肩标注A、B、C 差异极显著 (P<0.01); 肩注a、b、c 不同表示差异显著 (P<0.05)。

量为:

$$6.09W^{0.52} + (1.1548/W + 0.0509/W^{0.52})^{-1} \text{ (g/d)}$$

式中 W 为活重千克数; W 为日增重克数。

## 2.2 生长期牦牛对饲草料中氮的利用研究

采用自制粪尿收集袋在测定生长牦牛各物候期采食量的同时测定了不同物候期 2 岁牦牛所采食混合牧草中氮的表观消化率,测定结果见表 2。由表 2 可见,随牧草生长期的盛衰,粗蛋白质消化率逐渐降低。

## 2.3 高山草甸草场的地上生物量、牧草营养价值研究

对青海省主要草场高山草甸草场进行季节性的研究,结果表明(见表 3),草地的地上牧草量当年 8 月份最高,以后逐渐下降,翌年 5 月份最低,此后回升。从牧草营养成分看,粗蛋白质含量以 6 月份为最高,以后逐渐下降,冬春下降至 8.5% 以下,粗纤维含量则与粗蛋白质含量相反,二者呈强负相关( $r = -0.895$ )。牧草中钙和磷的含量与粗蛋白质含量相似,但总能基本不变。

由此可见,冬春季节牧草地上生物量及营养物损失严重,地上生物量损失率达 77%,粗蛋白质损失达 65% 以上,磷含量仅为最低要求量的 30%,牧草冷季保存率 48.3% 仅为理论值(80%)的 60%,因此生长牦牛冷季必须补充相应的营养物质才能保证其正常生长发育。

## 2.4 不同季节生长期牦牛可消化蛋白质摄入量的研究

### 2.4.1 不同物候期牦牛放牧采食量测定

经舍饲条件下多次筛选比较后,确定用内源标记物结合校正称重法作放牧牦牛采食量测定。试验用 1.5 岁牦牛 8 头,并随年龄的增长不断替换体重相近的牛,分别于青草期、枯黄期、枯草期、返青期等 4 个物候的测定,牦牛的实际采食量测定结果见表 4。

### 2.4.2 不同物候期牦牛对可消化蛋白的实际摄入量

据前面测出的牦牛实际采食量(表 4)和牧草蛋白质含量(表 3)及各期牧草蛋白质消化率(表 2)可以得出牦牛在不同物候期的可消化蛋白质摄入量(表 5),这是本项研究的一个重要结果,也是下面的主要计算依据。

表 2 不同物候期牧草粗蛋白质消化率

Table 2. Digestibility of grass CP in different phenological period(g/head@d,%)

项目 Item	青草期 Green (7~9 月) July~Sep.	枯黄期 Yellow (10~11 月) Oct.~Nov.	枯草期 Dry (12~4 月) Oct.~Apr.	反青期 Sprout (5~6 月) May~June
测定头数 Number of Animals	07	06	06	06
食入量 CP intake	318.70	283.65	161.32	436.48
粪中排出量 Feecal CP excretion	128.19	120.08	110.28	147.61
消化量 Digested CP amount	190.51	163.57	51.04	288.87
表观消化率 Apparent CP digestibility	59.78	57.67	31.64	66.18
干物质消化率 DM digestibility	66.58	62.10	38.45	74.34

表 3 高山草甸草地各月地上生物量及营养成分

Table 3. Biomass over ground and nutrient content in grasses in different months

项目 Item	1992 年						1993 年	
	6	7	8	9	10	11	4	5
牧草产量 Biomass(g/m <sup>2</sup> )	21.91	74.27	96.82	64.56	58.82	57.02	48.91	22.25
总能 GE(MJ/g)	1.657	1.770	1.803	1.782	1.778	1.724	1.64	1.87
粗蛋白质 CP(%)	15.38	12.19	11.44	10.44	8.44	6.81	2.96	
粗脂肪 EE(%)	3.46	4.64	4.92	4.16	4.30	3.66	1.88	2.46
粗纤维 Crude fiber(%)	22.34	23.26	26.14	26.87	30.52	29.24	-	-
粗灰分 Crude ash(%)	14.60	11.72	9.00	8.79	10.27	9.58	7.03	13.08
钙 Ca(%)	1.27	1.25	1.03	1.15	0.85	-	0.81	0.95
磷 P(%)	0.15	0.13	0.11	0.11	0.05	0.06	0.07	0.14

注:以上均为绝干含量

## 2.5 生长期牦牛的蛋白质实际摄入量与潜在需要量的比较

按照公式 2、公式 4 可以计算出牦牛在维持、日增重从 100g 到 500g 时的可消化蛋白质需要量,把这个结果与表 5 结果合起来构成表 6。从表 6 可以看出:青草期牧草可满足牦牛 500g 以上日增重的蛋白质需要量。据青海省畜种调查资料:环湖型牦牛暖季日增重为 467~522g,与本试验计算结果相符。枯黄期只能满足牦牛 100g 以下日增重的需要,枯草期食入的可消化蛋白质不足以满足“维持”需要,只有维持量的 55%,牦牛实际上是减重的,这也符合生产实际情况。为了解决牦牛冷季生长缓慢和减重问题,需要给予补氮。

## 2.6 几种补氮方法的比较试验

共研制出糖蜜尿素舔砖、复合尿素舔砖、尿素盐砖、高蛋白颗粒料、草块等多种补氮饲料。经初步筛选,以糖蜜尿素砖、复合尿素砖和颗粒饲料效果较好。

### 2.6.1 冬春季给放牧牦牛补糖蜜尿素砖的试验

用自制的舔砖(糖蜜 40%、尿素 10%、菜籽饼 13.5%、麸皮 10%、草粉 13.5%、食盐 2%、

表 4 不同物候期牦牛采食量测定

Table 4. Feed intake of Yaks in different phenological periods

期别 Grass season	年龄 Age	体重 Weight (kg)	采食量 DM intake (kg/head.d)		
			校正称重法 By adjust	4N - AIA 法 By 4N - AIA	平均 Average
青草期 Green	2	115.34 ±2.68	3.98 ±0.32 <sup>a</sup>	3.86 ±0.59 <sup>a</sup>	3.92 <sup>3a</sup>
Green	3	154.42 ±1.37	6.00 ±0.82 <sup>b</sup>	5.50 ±0.49 <sup>b</sup>	5.75
枯黄期 Yellow	2	125.96 ±2.28	3.79 ±0.53 <sup>a</sup>	3.65 ±0.46 <sup>a</sup>	3.72 <sup>3a</sup>
Yellow	3	168.09 ±1.10	5.80 ±0.45 <sup>b</sup>	5.49 ±0.81 <sup>b</sup>	5.65
枯草期 Dry	2	120.11 ±2.40	5.30 ±0.90 <sup>c</sup>	5.59 ±0.95 <sup>a</sup>	5.45 <sup>3b</sup>
返青期 Sprout	3	122.60 ±1.67	6.82 ±0.53		6.82 <sup>a</sup>

注:同列肩标大写字母不同者为差异极显著  $P < 0.01$ ;同行肩标小写字母相同者为差异不显著  $P > 0.05$ 。

表 5 不同物候期生长牦牛可消化蛋白质摄入量

Table 5. DCP intake of Yaks in different phenological period

项目 Item	青草期 Green	枯黄期 Yellow	枯草期 Dry	返青期 Sprout
采食量	3.92	3.72	0 5.45	6.82
CP intake (kg/head@d)				
牧草中含 CP	10.94	7.63	02.96	15.38
CP % in grasses (%)				
消化率	60.25	56.36	31.6	69.86
CP digestibility (%)				
摄入量	258.38	159.97	50.98	723.77
DCP intake (g/head@d)				

微量元素 1 %、凝固剂 10 %) 置于固定地点、连续舔食 199d, 平均每头牛每日食入 110g, 对 2~3 岁牛有明显效果, 对 4 岁牛则效果不显著 (表 7)。用同样舔砖给大群黑白花奶牛补饲 100d, 平均每日每头提高产奶量 3.4kg, 效果明显。

#### 2.6.2 冬春季节给牦牛补饲复合尿素舔砖试验

舔砖配制: 尿素 30 %、食盐 28 %、磷酸二胺 30 %、硫酸 7 %、糖蜜 3 %、微量元素 2 % 另加粘合剂后用 150 吨液压机压制而成。80 余头 2~4 岁牛补饲 167d, 平均每日舔食 34g, 结果除 3 岁牛与对照组相比有显著差异外,

其他均不显著。说明补充尿素等非蛋白氮时必须伴有速溶性糖, 否则效果不佳。

#### 2.6.3 不同施氮量对高山草甸草地产草量及牧草营养成分的影响

试验 1 不同施氮量对高山草甸草地牧草产量及营养成分的影响, 对高山草甸草地每公顷施氮 50kg 和 80kg (根据前人的试验结果), 结果产草量比对照提高 110.2 % 和 172.27 %, 粗蛋白质产量提高 126.39 % 和 196.10 %, 1kg 氮产牧草 11.8kg, 1kg 氮产生的牧草氮量 1.35kg (8月份), 施氮对牧草中的其它营养成分和土壤中总氮、碱解氮含量无明显影响。试验 2, 冬春

表 6 不同物候期生长牦牛蛋白质摄入量与潜在需要估算

Table 6. Crude protein intake and requirement of growing Yaks during different phenological periods

期别 Season	青草期 Green (7~9 月)	枯黄期 Yellow (10~11 月)	枯草期 Dry (12~4 月)	反青期 Sprout (5~6 月)
测定月份 Month	July ~ Sep.	Oct. ~ Nov.	Dec. ~ Apr.	May ~ June.
体重 BW (kg)	115.34	125.96	120.11	122.60
试验地地上牧草量 Biomass	80.69	57.92	43.35	49.18
食入可消化粗蛋白质 DCP intake (g/head@d)	258.38	159.97	50.98	732.77
放牧时维持需要量	89.94	94.16	91.86	92.85
Grazing requirement for maintenance (g/head@d)				
放牧时日增重 100g 需要量	78.82	79.79	79.27	79.50
Grazing requirement for 100g daily gain				
放牧时日增重 200g 需要量	123.96	126.38	125.08	125.64
Grazing requirement for 200g daily gain				
放牧时日增重 300g 需要量	153.20	156.91	154.91	155.78
Grazing requirement for 300g daily gain				
放牧时日增重 400g 需要量	173.69	178.47	175.88	176.99
Grazing requirement for 400g daily gain				
放牧时日增重 500g 需要量	188.83	194.50	191.43	192.75
Grazing requirement for 500g daily gain				

表 7 各年龄组减重情况对照

Table 7. Comparison of BW gain or loss in different aged group (kg)

年龄 Age	组别 Group	头数 No.	始重 Initial BW	结束重 Final BW	平均减重 Average BW loss	T 检验 T - test
2	对照	07	88.37 $\pm$ 12.53	65.56 $\pm$ 6.06	22.81	P < 0.05
	试验	07	85.18 $\pm$ 8.79	78.23 $\pm$ 11.20	6.89	
3	对照	07	133.16 $\pm$ 8.71	107.85 $\pm$ 11.78	25.31	P < 0.01
	试验	07	136.56 $\pm$ 14.69	133.55 $\pm$ 10.53	3.01	
4	对照	07	166.35 $\pm$ 10.45	145.32 $\pm$ 16.13	21.03	P > 0.05
	试验	07	159.74 $\pm$ 17.66	138.84 $\pm$ 20.13	20.90	

草场施氮的增产效果见表 8。

由此可见天然草地冬春施氮可显著提高产草量,同理草场载畜量及家畜氮的摄入水平都可提高 57.70%,1kg 氮可换回 11.84kg 绝干牧草。

## 2.7 提高放牧条件下牦牛氮摄入水平的综合措施

把表 6 的结果模式化可构成图 1。

图 1 比表 6 更加直观,从牦牛全年的蛋白质供需平衡情况来看,每年冷季约 170d,蛋白质供应在维持以下,在这种营养水平下牦牛平均日减重 115g,全年减重 19.60kg (均以 2、3、4 岁牦牛平均值计,下同)。在暖季,则日增重分别可达 200~300g、400g 及 500g 以上,累计增重约 64.5kg,增减相抵,在本试验条件下牦牛平均每年净增体重约 45kg,这与生产实际情况大致相符,从而可以看出,对放牧家畜的直接补氮措施,应主要在冷季实施。

把第 2.5 节研究结果与第 2.6 节研究结果相叠后可以得到图 2,即用几种补氮方法可以使牦牛在冷季摄氮水平达到或接近维持水平,从而实际冷季基本不减重,在冷季用直接补氮方法,可使牦牛摄入水平提高 35% 以上,接近维持需要量,因而实测的冷季减重也只为平均每日 15~20g,整个冷季少减重 16kg。这是本研究又一个重要成果。

此外,用间接补氮方法在夏季牧草生长时间向草地施氮肥。可使牧草含氮值提高九个百

表 8 施氮对草地牧草的增产效果

Table 8. Effect of N fertilizer on the grass yield

草地类型 Pasture type		面积 Area (hm <sup>2</sup> )	施氮前产草量 Biomass before fertilizing (g/m <sup>2</sup> )	施氮后产草量 Biomass after fertilizing (g/m <sup>2</sup> )	增重 对比 Increase	1kg 氮增产草 yield/kgN (kg)
高山草甸 Alpine meadow	对照 Control	24.46	30.43	229.6	100	14.68
	试验 Test	14.73	34.94	347.00	151.13	
山地干草 Mountainous dry steppe	对照 Control	30.00	29.91	98.64	100	09.00
	试验 Test	20.00	28.99	170.62	172.97	
平均 Average	对照 Control	54.46	30.17	164.12	100	11.84
	试验 Test	34.73	31.97	258.81	157.70	

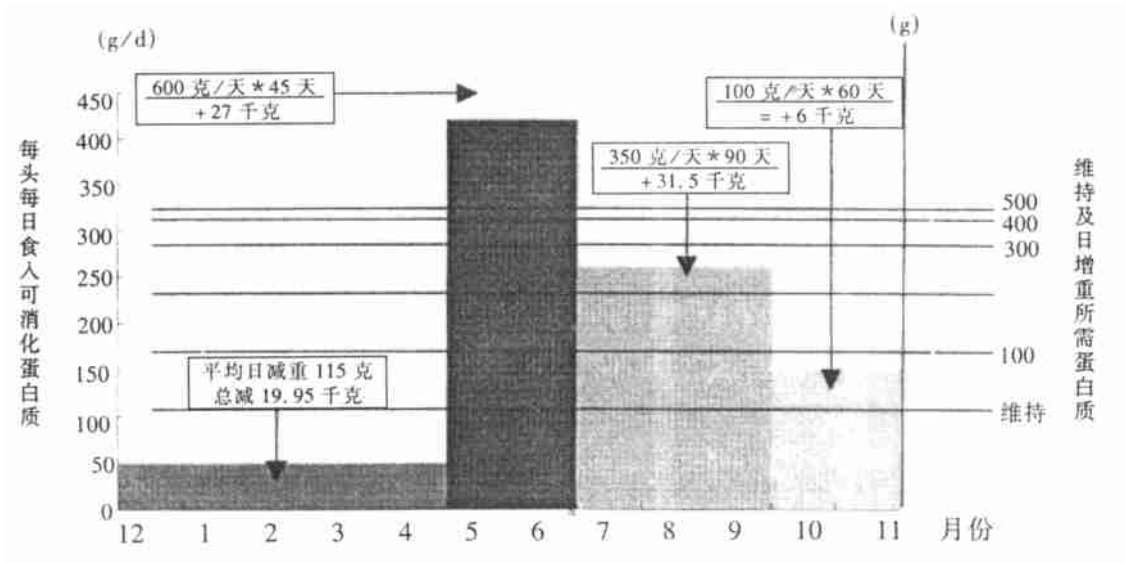


图 1 放牧耗牛可消化蛋白质供需平衡图

Fig. 1 The balance between DCP allowance and requirement of grazing Yaks

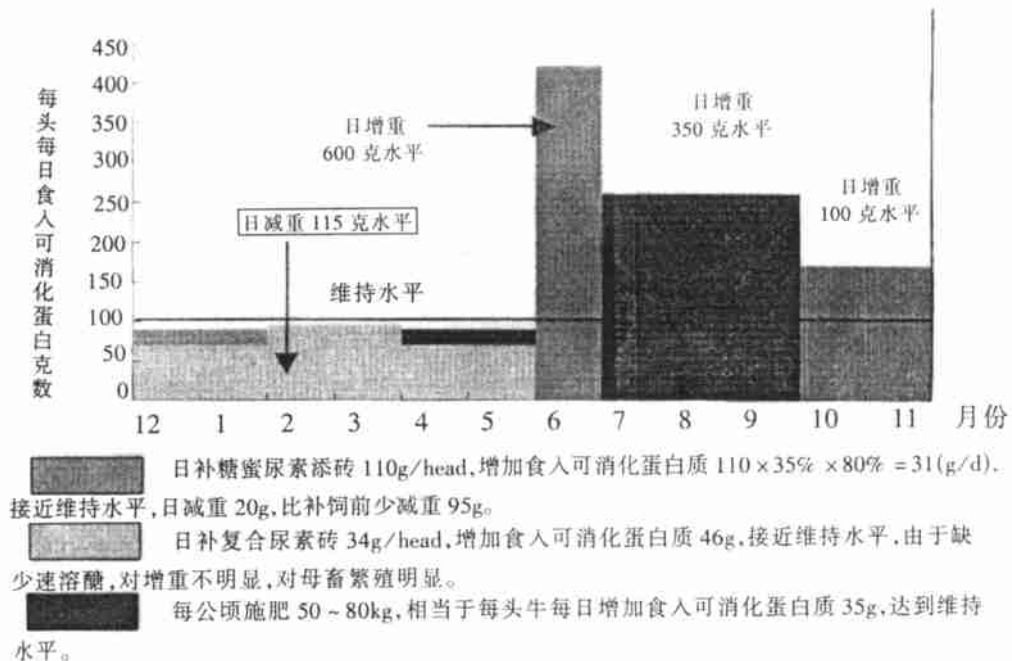


图 2 补氮方法之比较

Fig. 2 Comparison of different methods for N supplement

分点(约 9%), 增产牧草 57%, 以试验 33 牧户实际情况计算, 相当于使  $0.06\text{hm}^2$  (每亩) 草地增产可消化蛋白质 923g (已扣除冬春牧草损失率、蛋白质含量和消化率下降), 相当于冷季每头牛平均每日增加可消化蛋白质 35g, 达到维持水平。

因此, 放牧家畜冷季补氮的综合措施应为: 在有条件地区最好在牧草生长旺季对冬春草地

施以氮肥(每公顷 50~80kg 氮素),这样可保证当年牧草产量有较大增加。并有次年的后效作用。根据当年牧草长势和草场载畜量,酌情补给糖蜜尿素舔砖。考虑到目前牲畜混群放牧,可以按 1:1 的比例给予 2 种舔砖,在灾年和有可能把育肥畜分开时,可以酌情使用颗粒饲料。

### 参考文献

- 柴沙驼,刘书杰,谢敖云等. 1996. 生长期牦牛对饲料中氮利用率的研究. 草食家畜, (4):36~39
- 刘书杰,王万帮,谢敖云等. 1994. 牦牛舍饲条件下采食量测定方法的比较. 首届国际牦牛学术讨论会论文集, P207~211
- 刘书杰,王万帮,薛 白等. 1996. 不同物候期放牧牦牛采食量的测定. 第三届全国青年畜牧兽医工作者优秀论文集
- 王万帮,刘书杰,薛 白等. 1997. 舔食复合尿素砖对冬春期放牧牦牛、藏羊的饲喂试验. 饲料工业, (2):30~31
- 薛 白,柴沙驼,刘书杰等. 1994. 生长期牦牛蛋白质需要量的研究. 青海畜牧兽医杂志, (1):1~4
- 谢敖云,柴沙驼,王万邦等. 1996. 高山草甸草地牧草产量及其营养变化规律. 青海畜牧兽医杂志, (2):8~10
- 谢敖云,李军青,王万邦等. 1995. 给放牧牦牛和藏羊补饲糖蜜尿素舔砖试验. 青海畜牧业, (4):39~40
- 谢敖云,李军青,王万邦等. 1996. 夏秋草地放牧牦牛、藏羊的补饲效果. 青海畜牧兽医杂志, (1):17~18
- 谢敖云,刘书杰,薛 白等. 1996. 不同施氮量对高山草甸草地牧草产量及营养成分的影响. 青海畜牧兽医杂志, (2):5~7

(上接 194 页) growing rams under different restriction condition in typical grassland of north China in cold season. Modeling of digestibility of CF、NDF、ADF and ADL in different nutrition restriction period was established on 156 metabolism trials. It shows that digestibility of CF、NDF、ADF、ADL were decreased during restriction period and the digestibility increased during compensation period.

**Key words:** rams ; restriction ; duration ; CF ; NDF ; ADF ; ADL ; digestibility



## STUDY ON NITROGEN METABOLISM AND NITROGEN SUPPLEMENTARY TECHNIQUES IN GROWING YAKS

HU Ling - hao , XIE Ao - yun , LIU Shu - jie ,  
WANG Wan - bang , XUE Bai , CHAI Sha - tou , HAN Xing - tai

( Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences , Xining , 810003 , China )

### ABSTRACT

Under nature grazing condition , the intake , digestion and utilization of protein in grasses were systematicaly studied by growing yak during different phenological periods. Protein requirement for maintainance and growth were estimated , utilization of non protein N in yaks was studied too. Nutrient fluctuation in grasses on the alpine frigid meadow was systemly studied. The biomass , conservation rate and nutrient contents of grasses in different phenological periods were determined . In view of above - mentioned studies , the protein balance between different phenological periods , and between animals and pasture were dicussed , the conclusion for body weight gain during warm season , cold season and around the year was coincided with the production practice , the protein data of vacancy in cold season was gained. In connection with the vacancy , some nitrogen direct supplement methods were suggested. It was found , in the ration of energy and protein molasses - urea block could be given to yak in the limitation for 200 - day during the cold season , in thus way digestible protein for yak could be increase by 35 % , basically keeping the level for maintaining balance , and reduce the body weight loss remarkably. During warm season , indirect nitrogen supplement by nitrogen fertilizer also could get good effect. But these two ways only could keep animals nitrogen requirement at maintainance level , in the condition of making the grazing yaks aliving in winter safety to attain the goal at no body weight loss or less body weight loss.

**Key words :** yak ; nitrogen ; intake ; nitrogen supplementary techniques