

# 牦牛暖季放牧对牧草消化率的影响\*

董全民<sup>1\*\*</sup> 赵新全<sup>2</sup> 马玉寿<sup>1</sup>

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

**摘要** 通过垂穗披碱草-星星草混播草地连续 3 个放牧季的牦牛放牧试验, 对不同放牧强度下牧草的消化率进行了研究。结果表明: 放牧强度对牦牛所食牧草中酸性洗涤纤维消化率的影响极显著 ( $P < 0.01$ ), 对粗纤维消化率的影响显著 ( $P < 0.05$ ), 而对所食牧草中的总能、粗蛋白、粗灰分和中性洗涤纤维的影响不显著 ( $P > 0.05$ ); 放牧时间对中性洗涤纤维的影响极显著 ( $P < 0.01$ ), 而对牧草总能、粗蛋白、粗纤维和粗灰分的影响不显著 ( $P > 0.05$ )。尽管牦牛的采食量均随放牧强度的增加而减小, 但牦牛对采食牧草各营养成分的消化率并未出现规律性变化。

**关键词** 高寒混播人工草地; 放牧强度; 牦牛; 消化率

**中图分类号** S812 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2007)11-1771-06

**Effects of *Bos gunnens* grazing in warm season on forage digestibility.** DONG Quan-min<sup>1</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>2</sup>, MA Yu-shou<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Qinghai Academy of Animal and Veterinary Science, Xining 810016, China; <sup>2</sup>Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(11): 1771-1776

**Abstract:** A grazing trial with *Bos gunnens* was conducted on an *Elymus natans* - *Puccinellia tenuiflora* mixed-sown grassland in consecutive three grazing seasons to study the forage digestibility under different grazing intensities. The results showed that the grazing intensity of *B. gunnens* had significant effects on the digestibility of acid detergent fiber (ADF) ( $P < 0.01$ ) and crude fiber ( $P < 0.05$ ), but less effects on total energy, crude protein, crude ash, and neutral detergent fiber (NDF) ( $P > 0.05$ ). Grazing time had significant effects on the digestibility of NDF and ADF ( $P < 0.01$ ), but less effects on total energy, crude protein, crude fiber, and crude ash ( $P > 0.05$ ). Though the intake of *B. gunnens* decreased with its increasing grazing intensity, no definite change patterns were observed on the digestibility of nutritional components in forage.

**Key words:** alpine mixed-sown grassland; grazing intensity; *Bos gunnens*; digestibility.

## 1 引言

牦牛 (*Bos gunnens*) 作为青藏高原的特有放牧畜种, 在高寒草甸生态系统中占有举足轻重的地位。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 (Dong *et al.*, 2003)。近年来, 对舍饲条件下饲喂不同日粮牦牛的消化代谢 (谢敖云等, 1997a, 1997b; Dong *et al.*, 2006) 以及对不同日粮水平下牦牛消化代谢报道较多 (Dong *et al.*, 1997; Long *et al.*, 1997, 2004), 但有关牦牛在放牧条件下干物质消化率的研究较少 (毕西潮等, 1997), 而且这些研究均局限于某一时间点, 缺乏时间段的动态研究。本文研究了不同放牧强度下牦牛对高寒混播人工草地牧草消化率的动态变化, 以期对高寒人工草地的合理放牧利用提供基础, 同时也为减轻天然草地压力和恢复天然草地植被寻求新的途径。

\* 国家“十五”科技攻关计划重大项目 (2001BA606A-02)、2005 年度青海三江源自然保护区生态保护和建设总体规划科研项目及应用推广招标项目 (2005-SN-1) 和国家“十一五”科技支撑计划重大资助项目 (2006BAC01A02)。

\*\* 通讯作者 E-mail: dqm850@sina.com

收稿日期: 2007-01-29 接受日期: 2007-07-23

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究区概况

研究区位于青海省果洛州玛沁县大武乡格多牧委会 (34°17′—34°25′ N、100°26′—100°43′ E), 该区为一山间小盆地, 平均海拔 3 980 m 左右, 年均气温 -4 左右, 无绝对无霜期, 年均降水 513 mm。原生植被为高寒草甸, 但由于长期超载过牧和滥采药材 (主要是冬虫夏草), 草地退化和鼠害严重, 约有 80% 的草地已严重退化为“黑土滩”。2002 年已在该区退化草地上建植了 2 000 hm<sup>2</sup> 的草地, 并在改良的天然草地进行植被恢复试验, 放牧试验设在垂穗披碱草 (*Elymus natans*) 星星草 (*Puccinellia tenuiflora*) 混播人工草地上。

### 2.2 试验设计

在牧户牛群内, 选取健康、生长发育良好的 2.5 岁阉割过的公牦牛 16 头、体质量为 (100 ±5) kg, 随机分为 4 组 (每组 4 头), 分别是极轻放牧、轻度放牧、中度放牧、重度放牧和对照 (表 1)。试验从 2003 年开始, 2005 年结束, 试验期为每年 6 月 20 日至 9 月 20 日。

表 1 牦牛放牧试验设计

处理	放牧牦牛 (头)	围栏面积 (hm <sup>2</sup> )	牧草利用率 (%)	放牧强度 (头 · hm <sup>-2</sup> )
极轻放牧	4	1.52	20	2.63
轻度放牧	4	0.76	40	5.26
中度放牧	4	0.50	60	8.00
重度放牧	4	0.38	80	10.52
对照 (不放牧)	0	1.0	0	0

### 2.3 草场管理

在试验期内, 每年 4 月中旬和 12 月下旬用 D-型生物毒素 (青海省畜牧兽医科学院兽医所生产) 对各处理区进行灭鼠 (高原鼠兔和高原鼯鼠), 6 月下旬 (牧草拔节期) 对草地进行追肥 (尿素 150 kg · hm<sup>-2</sup>)。

### 2.4 取样和测定方法

经过连续 2 个放牧季的放牧后, 第 3 放牧季每 15 d 在每个放牧小区内按对角线选定 5 个代表性的固定样点, 用扣笼法在每个样点上各取 3 个重复样方 (25 cm × 25 cm) 测定牦牛的采食量, 得出平均每天的采食量; 同时用自制粪袋在第 11—15 天连续 5 d 进行全粪收集, 得到平均每天的排粪量。所有样品经风干, 过 3 mm 筛后, 供分析用。

## 2.5 数据处理

用 SPSS 软件对不同放牧强度和放牧时间下牧草各营养成分的消化率进行 ANOVA 分析, 差异显著时应用新复极差法对消化率平均数进行多重比较。

## 3 结果和分析

### 3.1 放牧对牦牛所食牧草总能和粗蛋白消化率的影响

表 2 为不同放牧强度下牦牛对牧草总能和粗蛋白消化率的动态变化。在整个放牧期内, 放牧强度和放牧时间对牦牛所食牧草中的总能和粗蛋白消化率的影响均不显著 ( $P > 0.05$ ) (表 3)。在放牧期内, 在极轻和轻度放牧下, 粗蛋白消化率的最大值分别出现在 7 月 5—20 日和 6 月 20 日至 7 月 5 日, 中度和重度放牧下均在 7 月 5—20 日达到最大, 也即粗蛋白的消化率均在放牧初期达到最大, 这与牧草粗蛋白含量的最大值出现的时间基本一致, 而且不同放牧强度下, 牦牛对牧草粗蛋白消化率的最大值并未出现在极轻或重度放牧下, 而是在轻度和中度放牧区。这是符合饲养水平过高或过低均不能得到高的饲料或牧草转化率 (消化率) 的总原则。放牧强度过轻时, 放牧牦牛对牧草干物质和粗蛋白摄入较多, 而放牧强度过重时, 牦牛对牧草干物质和粗蛋白摄入较少, 故这 2 种情况均不利于营养物质的消化和吸收; 在轻度和重度放牧下, 牦牛对牧草干物质和粗蛋白摄入量处于二者之间, 而从粪中排出的量又较少, 因而消化率较高, 这与汪诗平和李永宏 (1997) 在放牧绵羊上的结论基本一致。

### 3.2 放牧对牦牛所食牧草粗纤维、中性和酸性洗涤纤维消化率的影响

表 4 为不同放牧强度下牦牛对牧草粗纤维、中性和酸性洗涤纤维消化率的动态变化。在整个放牧期内, 放牧强度对牦牛所食牧草中酸性洗涤纤维、粗纤维和中性洗涤纤维消化率的影响分别达到极显著 ( $P < 0.01$ )、显著 ( $P < 0.05$ ) 和不显著 ( $P > 0.05$ ); 放牧时间对牦牛所食牧草中中性和酸性洗涤纤维的影响极显著 ( $P < 0.01$ ), 而对牦牛所食牧草中粗纤维的影响不显著 ( $P > 0.05$ ) (表 5)。进一步作新复极差检验, 重度放牧区 6 月 20 日至 7 月 5 日、7 月 5 日至 20 日和 9 月 5 日至 20 日牦牛对所食牧草中粗纤维的消化率显著低于其它放牧区 ( $P < 0.05$ ), 而其它放牧区之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ )。对酸性洗涤

表 2 不同放牧强度下牧草总能和牦牛粗蛋白消化率的动态变化

牧草营养	放牧强度		放牧时间				
			6月 20日至 7月 5日	7月 5日至 7月 20日	8月 5日至 8月 20日	8月 20日至 9月 5日	9月 5日至 9月 20日
总能	极轻	摄入量 (MJ · d <sup>-1</sup> )	147.15	158.91	163.55	151.04	145.15
		粪中排出量 (MJ · d <sup>-1</sup> )	49.48	46.63	50.50	49.40	53.54
		消化率 (%)	66.37	70.66	69.12	67.30	63.11
	轻度	摄入量 (MJ · d <sup>-1</sup> )	132.11	136.49	144.80	128.62	140.53
		粪中排出量 (MJ · d <sup>-1</sup> )	47.46	36.20	43.12	42.44	48.47
		消化率 (%)	64.07	73.48	70.22	67.00	65.51
	中度	摄入量 (MJ · d <sup>-1</sup> )	108.89	129.25	138.87	124.00	117.32
		粪中排出量 (MJ · d <sup>-1</sup> )	42.87	47.80	49.52	33.53	43.83
		消化率 (%)	60.63	63.02	64.34	72.96	62.64
	重度	摄入量 (MJ · d <sup>-1</sup> )	88.76	91.52	97.30	94.27	85.20
		粪中排出量 (MJ · d <sup>-1</sup> )	36.30	36.67	37.79	27.96	33.99
		消化率 (%)	59.10	59.93	61.16	70.34	60.11
粗蛋白	极轻	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.71	0.96	0.51	0.40	0.33
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.20	0.21	0.15	0.14	0.12
		消化率 (%)	71.40	78.17	70.32	64.64	64.08
	轻度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.81	0.93	0.64	0.56	0.52
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.15	0.36	0.23	0.17	0.16
		消化率 (%)	81.98	61.39	64.70	70.38	70.06
	中度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.43	0.96	0.55	0.36	0.32
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.16	0.22	0.23	0.15	0.15
		消化率 (%)	63.35	77.55	58.18	59.22	52.73
	重度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.37	0.56	0.44	0.41	0.30
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.18	0.18	0.19	0.14	0.13
		消化率 (%)	50.41	67.85	55.65	64.72	57.26

表 3 放牧强度和放牧时间对牦牛总能和粗蛋白消化率的影响的统计分析

Tab 3 Statistics of effects of grazing intensities and time on total energy and the digestibility crude protein for *B. gunnensis*

牧草营养	影响因子	平方和	自由度	F值	F临界值	P值
总能	放牧强度	0.01	3	3.20	3.49	0.06
	放牧时间	0.01	4	2.91	3.26	0.07
粗蛋白	放牧强度	0.04	3	2.58	3.49	0.10
	放牧时间	0.03	4	1.18	3.26	0.37

纤维而言,在放牧强度梯度上,6月 20日至 7月 5日极轻和轻度放牧区牦牛的消化率极显著地高于中度和重度放牧区 ( $P < 0.01$ ),7月 5—20日极轻、轻度和中度放牧区牦牛的消化率极显著地高于重度放牧区 ( $P < 0.01$ ),8月 5—20日和 8月 20日至 9月 5日各放牧区牦牛消化率之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ );在放牧时间尺度上,7月 5—20日各放牧区

牦牛的消化率极显著地高于 6月 20日至 7月 5日,但 6月 20日至 7月 5日和 7月 5—20日各放牧区牦牛的消化率极显著地低于其它时间。另外,6月 20日至 7月 5日牦牛对各放牧区中性洗涤纤维的消化率显著地低于 7月 5—20日,但 6月 20日至 7月 5日和 7月 5—20日各放牧区牦牛的消化率极显著地低于其它时间。这主要是因为牧草的中性洗涤纤维主要为木质素、纤维素和半纤维素(可将其视为植物细胞壁物质),酸性洗涤纤维主要为粗木质素、纤维素和二氧化硅。对粗纤维来说,在极轻和轻度放牧下,消化率的最大值均出现在 7月 5—20日,中度和中度放牧下均在 8月 20日至 9月 5日达到最大,这完全是放牧强度造成的。随放牧强度的增加,牦牛对牧草的采食频度和强度增加,因而中度和重度放牧区牧草始终保持在营养生长阶段,牧草中粗纤维含量相对较小,而极轻和轻度放牧区由于牧

表 4 不同放牧强度下牦牛对牧草粗纤维、中性和酸性洗涤纤维消化率的动态变化

Tab 4 Dynamics of digestibility of crude fiber, neutral detergent fiber and acid detergent fiber for *B. gunnens* under different grazing intensities

牧草营养	放牧强度		放牧时间				
			6月 20日至 7月 5日	7月 5日至 7月 20日	8月 5日至 8月 20日	8月 20日至 9月 5日	9月 5日至 9月 20日
粗纤维	极轻	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.53	1.65	2.23	2.22	2.30
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.61	0.55	0.78	0.79	0.75
		消化率 (%)	59.91a	67.72a	64.82a	64.35a	66.61a
	轻度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.49	1.68	2.02	1.85	2.17
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.65	0.49	0.62	0.72	0.82
		消化率 (%)	56.24a	70.62a	69.11a	61.31a	62.31a
	中度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.38	1.67	1.79	1.90	1.80
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.50	0.63	0.74	0.51	0.60
		消化率 (%)	64.00a	62.11a	58.72a	73.22a	66.72a
	重度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.93	1.24	1.47	1.42	1.37
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.55	0.51	0.58	0.54	0.60
		消化率 (%)	41.40b	58.82b	60.51b	62.12b	56.51b
酸性洗涤纤维	极轻	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.61	1.82	2.72	2.55	2.54
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.98	0.95	0.95	0.97	0.83
		消化率 (%)	39.24Aa	48.04Cc	65.29Ed	62.01Ed	67.30Ed
	轻度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.37	1.71	2.43	2.31	2.56
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.87	0.90	0.86	0.84	0.82
		消化率 (%)	36.22Aa	47.64Cc	64.54Ed	63.82Ed	68.13Ed
	中度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.18	1.75	2.29	2.1	1.97
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.87	0.90	0.94	0.78	0.79
		消化率 (%)	25.85Bb	48.35Cc	58.73Ed	63.06Ed	59.98Ed
	重度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.03	1.12	1.70	1.60	1.52
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	0.77	0.74	0.67	0.67	0.72
		消化率 (%)	25.73Bb	34.45Da	60.29Ed	57.88Ed	52.73Ec
中性洗涤纤维	极轻	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	2.97	3.50	5.36	5.26	4.42
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.62	1.81	1.58	1.72	1.69
		消化率 (%)	45.29Aa	48.11Ab	70.55Bc	67.22Bd	61.68Be
	轻度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	2.71	3.12	3.92	4.06	4.54
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.66	1.33	1.44	1.35	1.63
		消化率 (%)	38.84Aa	57.49Ab	63.36Bc	66.73Bd	64.06Be
	中度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	2.61	3.28	3.83	3.69	3.69
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.48	1.72	1.73	1.30	1.42
		消化率 (%)	43.29Aa	47.67Ab	54.85Bc	64.87Bd	61.44Be
	重度	摄入量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.96	2.52	3.04	2.79	2.82
		粪中排出量 (kg · d <sup>-1</sup> )	1.08	1.26	1.28	0.84	1.29
		消化率 (%)	45.49Aa	50.09Ab	57.83Bc	69.83Bd	54.20Be

同行不同大写字母为差异极显著 ( $P < 0.01$ ),不同小写字母为差异显著 ( $P < 0.05$ ),相同小写字母为差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 5 放牧强度和放牧时间对牧草粗纤维、中性和酸性洗涤纤维消化率的影响的统计分析

Tab 5 Statistics of effects of grazing intensities and time on digestibility of crude fiber, neutral detergent fiber and acid detergent fiber for *B. gunnens*

牧草营养	影响因子	平方和	自由度	F值	F临界值	P值
粗纤维	放牧强度	0.0288	3	3.5433	3.4903	0.0481
	放牧时间	0.0261	4	2.4055	3.2592	0.1072
中性洗涤纤维	放牧强度	0.0060	3	1.0044	3.4903	0.4244
	放牧时间	0.1452	4	18.0984	3.2592	<0.0001
酸性洗涤纤维	放牧强度	0.0345	3	9.3249	3.4903	0.0018
	放牧时间	0.3047	4	61.8343	3.2592	<0.0001

草过剩,大部分植物能够完成其生育期,越到放牧后期,牧草中粗纤维含量越高。所以极轻和轻度放牧区粗纤维消化率的最大值出现的时间比中度和重度放牧区早。

### 3.3 放牧对牦牛所食牧草粗灰分消化率的影响

表 6 为不同放牧强度下牦牛对牧草粗灰分消化率的动态变化。在整个放牧期内,放牧强度和放牧时间对牦牛所食牧草中粗灰分的消化率的影响均不显著 ( $P > 0.05$ ) (表 7)。随放牧强度的增加,粗灰分消化率的最大值出现的时间提前,这可能是放牧

表 6 不同放牧强度下牦牛对所食牧草粗灰分消化率的动态变化

Tab 6 Dynamic changes of digestibility of crude ash for *B. gunnensis* under different grazing intensities

放牧强度	放牧时间				
	6月 20日至 7月 5日	7月 5日至 7月 20日	8月 5日至 8月 20日	8月 20日至 9月 5日	9月 5日至 9月 20日
极轻 摄入量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	0.46	0.54	0.45	0.36	0.21
粪中排出量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	0.43	0.48	0.39	0.26	0.17
消化率 (%)	8.20	10.32	14.62	28.94	17.38
轻度 摄入量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	0.54	0.60	0.85	0.81	0.62
粪中排出量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	0.47	0.46	0.44	0.49	0.54
消化率 (%)	11.48	23.45	47.88	39.91	13.28
中度 摄入量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	0.24	0.35	0.31	0.21	0.20
粪中排出量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	0.21	0.19	0.20	0.12	0.12
消化率 (%)	12.60	45.56	35.33	40.37	39.85
重度 摄入量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	0.30	0.36	0.28	0.26	0.20
粪中排出量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ )	0.18	0.27	0.20	0.24	0.16
消化率 (%)	40.15	24.16	28.41	7.51	22.38

表 7 放牧强度和放牧时间对牦牛所食牧草粗灰分消化率的影响的统计分析

Tab 7 Statistics of effects of grazing intensities and time on digestibility of crude ash for *B. gunnensis*

影响因子	平方和	自由度	F值	F临界值	P值
放牧强度	0.09	3	1.74	3.49	0.21
放牧时间	0.04	4	0.63	3.26	0.65

强度与放牧时间共同作用的结果,因为粗灰分主要是牧草中的无机成分,在植物体主要是钙和磷。

#### 4 讨论

谢敖云等(1997ab)对不同日粮下牦牛瘤胃环境变化以及酸性洗涤纤维和蛋白质的消化率进行了研究,青草中酸性洗涤纤维消化率的范围与本试验的结果基本一致,但几种蛋白质饲料的消化率比本试验的结果高。Long等(1997, 2004)、董世魁等(2000)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研究指出: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的增加,而且干物质、钙和磷的消化率随日粮变化,但差异不显著,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、中性洗涤纤维和粗灰分的消化率降低,这与本试验整个放牧期内,牦牛的采食量随放牧强度的提高而降低,但粗蛋白、粗纤维、粗

灰分以及中性和酸性洗涤纤维、总能消化率的最大值均出现在极轻和轻度放牧下,而不是在重度放牧下的结论基本一致。对粗纤维来说,随放牧强度的加重,由于放牧家畜的过度采食,大部分植物不能完成其生育期,因而牧草中粗纤维含量降低(王艳芬和汪诗平,1999;Long *et al.*, 1999;赵新全等,2000)。另外,随放牧强度的增加,粗灰分、中性和酸性洗涤纤维也有类似的变化,粗灰分消化率的最大值出现的时间提前。这可能是放牧强度与放牧时间共同作用的结果,因为粗灰分主要是牧草中的无机成分,在植物体主要是钙和磷,而中性洗涤纤维主要为木质素、纤维素和半纤维素(可将其视为植物细胞壁物质),酸性洗涤纤维主要为粗木质素、纤维素和二氧化硅(McDonald *et al.*, 1992),这些成分主要与牧草的生长阶段和生长状况有关,因此放牧强度和降水等均会对它们产生一定影响。

综上所述,尽管牦牛的采食量均随放牧强度的增加而减小,但牦牛对牧草干物质及各营养成分的消化率并未出现规律性变化,在极轻和轻度放牧下牦牛干物质的消化率均在 7 月 20 日至 8 月 5 日达到最大,而中度和重度放牧下均在 8 月 20 日至 9 月 5 日达到最大。然而,迄今为止,不同放牧强度及不同时间下牦牛的干物质消化率,以及它们之间的关系还未见报道,因此有关这方面的研究还需深入研究,以探明不同放牧强度下牦牛采食干物质及其营养成分与牦牛消化率之间的关系,确定完全放牧下牦牛的营养需要以及牧草生长季不同放牧强度下牦牛的体质量变化与营养物质摄入量之间的回归关系,最终对牦牛的营养需要进行估测。

#### 参考文献

- 毕西潮, 谢敖云, 韩兴泰, 等. 1997. 不同草场类型青草地牦牛瘤胃的消化代谢 // 胡令浩. 牦牛营养研究论文集. 西宁: 青海人民出版社: 41-43.
- 董世魁, 龙瑞军, 胡自治, 等. 2000. 舍饲条件下泌乳牦牛能量转化、氮、钙、磷代谢的研究. 草业学报, 9(4): 20-27.
- 汪诗平, 李永宏. 1997. 放牧率和放牧时期对绵羊排粪量、采食量和干物质消化率的影响. 动物营养学报, 9(1): 47-54.
- 王艳芬, 汪诗平. 1999. 不同放牧率对内蒙古典型草原牧草地上现存量 and 净初级生产力及品质的影响. 草业学报, 11(4): 15-20.

- 谢敖云, 张美珍, 毕西潮, 等. 1997a 牦牛瘤胃对几种蛋白质饲料的降解率 // 胡令浩. 牦牛营养研究论文集. 西宁: 青海人民出版社: 47-50
- 谢敖云, 张美珍, 王万邦, 等. 1997b 不同饲养条件下牦牛瘤胃对酸性洗涤纤维消失率的影响 // 胡令浩. 牦牛营养研究论文集. 西宁: 青海人民出版社: 44-46
- 赵新全, 张耀生, 周兴民. 2000 高寒草甸畜牧业可持续发展: 理论与实践. 资源科学, **22**(4): 50-61.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD (赵义斌等译). 1992 动物营养学 (第 4 版). 兰州: 甘肃民族出版社.
- Dong SK, Dong QM, Long RJ, *et al* 1997. Effects of feeding level on energy and nitrogen metabolism of dry, non-pregnant yak // Yak Production in Central Asian Highlands-Proceedings of the Second International Congress on Yak Xining: Qinghai People's Publishing House: 117-120
- Dong SK, Long RJ, Kang MY, *et al* 2003. Effect of urea multinutritional molasses block supplementation on live-weight changes of yak calves and productive and reproductive performances of yak cows *Canada Journal of Animal Science*, **83**: 141-145.
- Dong QM, Zhao XQ, Ma YS, *et al* 2006. Live-weight gain, apparent digestibility, and economic benefits of yak fed different diets during winter on the Tibetan plateau *Livestock Science*, **101**: 199-207.
- Long RJ, Apori SO, Casto FB, *et al* 1999. Feed value of native forages of the Tibetan plateau of China *Animal Feed Science and Technology*, **80**: 101-113.
- Long RJ, Dong SK, Hu ZZ, *et al* 2004. Digestibility, nutrient balance and urinary purine derivative excretion in dry cows fed oat hay at different levels of intake *Livestock Production Science*, **88**: 27-32
- Long RJ, Dong SK, Shi JJ, *et al* 1997. Digestive and metabolic characteristics of lactating yaks fed different diets // Yak Production in Central Asian Highlands-Proceedings of the Second International Congress on Yak Xining: Qinghai People's Publishing House: 124-126

---

**作者简介** 董全民,男,1972年生,博士,副研究员。主要从事草地放牧生态、牦牛营养及青藏高原“黑土型”退化草地的恢复研究与重建工作,发表论文 70 余篇。E-mail: dqm850@sina.com

**责任编辑** 刘丽娟

---