

青海矮生嵩草和垂穗披碱草草地牧草营养价值与载畜量的比较

刘慧丽^{1,2,3},郝力壮^{1,2,3*},刘书杰^{1,2,3},柴沙驼^{1,2,3},张晓卫^{1,2,3}

(1. 省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室/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. 青海高原牦牛研究中心,青海 西宁 810016;
3. 青海大学 畜牧兽医学院,青海 西宁 810016)

摘要:为研究青海省河南县矮生嵩草、垂穗披碱草草地牧草营养价值与载畜量,选用3头装有永久性瘤胃瘘管的牦牛作为供试动物,采用概略养分分析法和体外产气法,评定了河南县启龙牧场矮生嵩草、垂穗披碱草草地牧草营养价值。结果显示:矮生嵩草草地型的鲜草产量为217.90 g/m²,显著低于垂穗披碱草草地型的鲜草产量(317.71 g/m²)($P < 0.05$),矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型牧草的可食草产量分别占干草产量的92%和94%。垂穗披碱草草地型牧草干物质(DM)(94.67%)、粗脂肪(EE)(3.02%)、磷(P)(0.16%)含量显著高于矮生嵩草草地型($P < 0.05$)。但是钙(Ca)(0.70%)和酸性洗涤纤维(ADF)(32.78%)含量矮生嵩草草地型显著高于垂穗披碱草草地型。矮生嵩草、垂穗披碱草草地型牧草体外发酵产气量分别为65.45、71.78 mL, NH₃-N含量分别为0.988、0.656 mg/L, pH值分别为5.92、5.93, 有机物质消化率(DOM)分别为71.10%、77.16%, 消化能(DE)分别为11.93、12.82 MJ/kg, 代谢能(ME)分别为10.73、11.66 MJ/kg。矮生嵩草、垂穗披碱草草地型牧草的可消化蛋白载畜量分别为4.51、5.41 SU/hm², 代谢能载畜量分别为3.83、4.68 SU/hm², 数量载畜量分别为2.25、2.53 SU/hm²。综上,暖季估计载畜量应首先考虑可食牧草产量,即数量载畜量较为合理,如果经济条件允许,放牧加补饲的方式更为合理。

关键词: 牦牛; 体外产气法; 矮生嵩草; 垂穗披碱草; 草地; 营养价值; 载畜量

中图分类号: S812 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2018)02-0114-06

Comparative Study on Forage Nutritional Value and Carrying Capacity of *Kobresia humilis* and *Elymus nutans* Griseb Grassland in Qinghai

LIU Huili^{1,2,3}, HAO Lizhuang^{1,2,3*}, LIU Shujie^{1,2,3}, CHAI Shatuo^{1,2,3}, ZHANG Xiaowei^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Plateau Grazing Animal Nutrition and Feed Science of Qinghai Province/State Key Laboratory of Plateau Ecology and Agriculture, Xining 810016, China;
2. Qinghai Plateau Yak Research Center, Xining 810016, China; 3. Qinghai Acamemy of Science and Veterinary medicine of Qinghai University, Xining 810016, China)

Abstract: In order to know the nutritional value and carrying capacity of *Kobresia humilis* and *Elymus nutans* Griseb pasture in Henan county, Qinghai province, three yaks were chosen to provide rumen solution, and used conventional nutritional analysis method and *in vitro* with gas production method to

收稿日期:2017-08-17

基金项目:国家国际科技合作专项(2015DFG31870);国家自然科学基金(31660673);国家重点基础研究发展计划(973项目)(2012CB722906);青海省重大科技平台建设项目(2013-Z-Y03);国家科技支撑计划项目(2012BAD13B01);公益性行业(农业)科研专项(201203008)

作者简介:刘慧丽(1993-),女,青海乐都人,在读硕士研究生,研究方向:动物营养与饲料科学。

E-mail:1729956222@qq.com

* 通讯作者:郝力壮(1984-),男,河北邢台人,副研究员,博士,主要从事放牧家畜生态研究。

E-mail:lizhuanghao1122@foxmail.com

evaluate forage nutritional value of *Kobresia humilis* and *Elymus nutans* Griseb grassland of Qilong pastureland in Henan county. The results showed that the yield of fresh forage (217.90 g/m^2) of *Kobresia humilis* were significantly lower than *Elymus nutans* Griseb (317.71 g/m^2). The edible forage of *Kobresia humilis* and *Elymus nutans* Griseb grassland accounted for 92% and 94% of the dry forage, respectively. The contents of DM (94.67%), EE (3.02%), P (0.16%) of *Elymus nutans* Griseb were significantly higher than those of *Kobresia humilis*, but Ca (0.70%) and ADF (32.78%) contents of *Kobresia humilis* were significantly higher than those of *Elymus nutans* Griseb. G as production of *Kobresia humilis* and *Elymus nutans* Griseb grassland pasture were 65.45 and 71.78 mL , $\text{NH}_3\text{-N}$ were 0.988 and 0.656 mg/L, pH value were 5.92 and 5.93, DOM were 71.10% and 77.16%, DE were 11.93 and 12.82 MJ/kg, ME were 10.73 and 11.66 MJ/kg, respectively. DCP carrying capacity of *Kobresia humilis* and *Elymus nutans* Griseb pasture were 4.51 and 5.41 SU/ hm^2 , ME carrying capacity were 3.83 and 4.68 SU/ hm^2 , amount carrying capacity were 2.25 and 2.53 SU/ hm^2 , respectively. So, it was reasonable to take into considered the yield of edible forage when estimate carrying capacity (amount carrying capacity). If economic conditions permit, grazing and feeding was more reasonable.

Key words: Gas production technique *in vitro*; *Kobresia humilis*; *Elymus nutans* Griseb; Grassland; Nutritional value; Carrying capacity

“草畜营养平衡”是实现高寒草地放牧系统生态平衡的核心^[1-2],草地的营养输出和家畜的营养需求是“草畜营养平衡”的两大要素^[3]。而牧草的营养价值评价是实现精准测定草地营养输出量的必要手段。河南县是三江源区重要的有机畜牧业基地,其草畜平衡状况直接影响到畜牧业发展^[4]。由于海拔、温度、土壤等条件的不同,不同类型草地的产草量、牧草营养价值和载畜量均有差异。准确评定草地的营养供给和载畜量是草地资源合理利用和实现“草畜营养平衡”的重要依据。杜雪燕等^[5]研究了河南县高山嵩草草地型牧草营养价值。目前,关于河南县高寒草场主要草地类型的矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型牧草营养价值与载畜量的研究较少。鉴于此,以河南县典型牧场垂穗披碱草、矮生嵩草草地类型为研究对象,测定2种草地类型牧草营养价值和营养、数量载畜量,旨在为生态畜牧业发展提供参考。

1 材料和方法

1.1 供试动物与饲养管理

试验选用3头装有永久性瘤胃瘘管的牦牛作为供试动物,日粮为小麦秸秆,每天分早(08:30)、晚(17:30)2次单头饲喂,自由采食,保证饮水自由。

1.2 矮生嵩草、垂穗披碱草草地类型情况

采样地为青海省河南蒙古族自治县启龙牧场,矮生嵩草草地型($34^{\circ}34'44.16'' \sim 34^{\circ}35'22.95''\text{N}$ 、 $101^{\circ}49'44.92'' \sim 101^{\circ}50'46.36''\text{E}$)平均海拔3 622 m。垂穗披碱草草地型($34^{\circ}34'48.45'' \sim 34^{\circ}35'21.56''\text{N}$ 、 $101^{\circ}45'0.33'' \sim 101^{\circ}50'18.93''\text{E}$)平均海拔3 607 m。

矮生嵩草草地型构成草群植被的主要可食植物种有金露梅(*Potentilla fruticosa*)、风毛菊(*Saussurea japonica*)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、双柱头藨草(*Scirpus distigmaticus*)等。不食草及毒杂草有黄花棘豆(*Oxytropis ochrocephala*)、唐嵩草(*Thalictrum aquilegifolium*)、马先蒿(*Pedicularis resupinata*)、橐吾(*Ligularia sibirica*)、毛茛(*Ranunculus japonicus* Thunb.)、龙胆(*Gentiana scabra* Bunge.)、秦艽(*Gentiana macrophylla* Pall.)。垂穗披碱草草地型构成草群植被的主要可食植物种有垂穗披碱草(*Elymus nutans* Griseb.)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz.)、早熟禾(*Poa annua* L.)、紫羊茅(*Festuca rubra*)、鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)等。不食草及毒杂草有黄花棘豆、马先蒿、毛茛等。

1.3 样品采集与处理

本研究于2015年7月—8月采集草样,利用GPS定位,采用1 m × 1 m样方,齐地面刈割,挑出不可食部分,称鲜质量并带回实验室。风干处理后称质量,粉碎过筛(网筛孔径0.45 mm)以备用。

1.4 常规营养成分测定方法

干物质(DM)、粗灰分(Ash)、钙(Ca)、磷(P)、粗脂肪(EE)含量测定参照杨胜^[6]编著的《饲料分析及饲料质量检测技术》进行测定;粗脂肪含量测定采用ANKOM全自动脂肪分析仪器;粗蛋白含量测定采用半微量凯氏定氮法;中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量测定参考Van Soest法,采用ANKOM半自动纤维分析仪。

1.5 体外产气的测定方法

按照Menke等^[7]的方法制备人工瘤胃营养液,

30 mL 培养液和 200 mg 发酵底物共同装入发酵管中, 放入人工瘤胃培养箱 (39 ± 0.5) °C 中开始发酵^[8-9], 分别在培养开始后的 2、4、6、8、12、14、16、24、30、36、48 h 读取每个发酵培养管的刻度并记录。

净累积产气量 = 某时间点培养管产气量 - 对应时间点空白管平均产气量。

对 HANNA - HI221 高精密酸度计进行校准, 将 pH 计的电极探头插入发酵液中(不能触底, 不能碰壁, 不能露出液面), 当 pH 计上的读数保持 0.5 min 不变时, 记下示数, 即为该发酵液的 pH 值。

$\text{NH}_3 - \text{N}$ 含量采用冯宗慈等^[10]改进的比色法测定。本试验标准曲线拟合公式为: $y = 0.0431x + 0.0241$ ($r = 0.995, n = 5$)。式中, y 为 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 含量, 单位为 mg/L, x 为吸光值。

消化能(ME) = $0.1384 \times \text{GP} + 0.142\% \times \text{CP} + 0.111\% \times \text{EE} + 2.86$; 代谢能(DE) = $0.1456 \times \text{GP} + 0.07675\% \times \text{CP} + 0.1642\% \times \text{EE} + 1.198$; 有机干物质消化率(DOM) = $0.7602 \times \text{GP} + 0.6365\% \times \text{CP} + 22.5$ 。其中, GP 为产气总量, CP 为粗蛋白含量, EE 为脂肪含量。

1.6 载畜量

营养载畜量和数量载畜量计算公式如下:

可消化蛋白(DCP)载畜量 =

$$\frac{\text{草地 CP 总输出量} \times \text{牧草利用率}}{\text{放牧天数} \times \text{DCP 需要量}} \quad (1)$$

代谢能(ME)载畜量 =

$$\frac{\text{草地 ME 总输出量} \times \text{利用率}}{\text{放牧天数} \times \text{ME 需要量}} \quad (2)$$

$$\text{数量载畜量} = \frac{\text{可食草产量} \times \text{利用率}}{\text{放牧天数} \times \text{日食量}} \quad (3)$$

每个绵羊(即体质量 40 kg 的母羊及其哺乳的羔羊)每天采食 1.33 kg 可食干草^[11-13]。根据王钦^[14]的研究, 并且结合美国 NRC 标准^[15]可得出, 绵羊可消化蛋白、代谢能需要量分别为 0.0539 kg/d、8.38 MJ/d; 牧草可消化蛋白利用效率为 62.25%; 放牧时间为 152 d, 可食牧草利用率为 50%。

1.7 数据处理

试验数据用 Excel 2007 进行简单整理和处理, 应用 SAS 9.13 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA), 用 Duncan's 新复极差法进行多重比较, 结果用平均数 ± 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 河南县草地牧场产草量

如表 1 所示, 矮生嵩草草地型的鲜草产量为 217.90 g/m², 显著低于垂穗披碱草草地型的鲜草产

量(317.71 g/m^2) ($P < 0.05$), 干草和可食草产量虽低于垂穗披碱草草地型, 但是差异均不显著 ($P < 0.05$)。矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型的可食草产量分别占干草产量的 92% 和 94%, 说明这 2 种草地型的牧草可食数量较高, 有较强的营养物质输出潜力。

表 1 河南县草地天然牧草产量 g/m²

草地类型	鲜草	干草	可食草
矮生嵩草草地型	217.90 ± 65.75^a	98.14 ± 25.59^b	90.99 ± 32.08^{ab}
垂穗披碱草草地型	317.71 ± 100.50^a	108.90 ± 47.12^a	102.24 ± 35.54^a

注: 同列不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 表 3 同。

2.2 2 种草地类型牧草常规营养成分含量

河南县矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型牧草常规营养成分如表 2 所示, 垂穗披碱草草地型牧草的干物质、粗脂肪、磷含量显著高于矮生嵩草草地型牧草 ($P < 0.05$)。但是矮生嵩草草地型的钙和酸性洗涤纤维含量显著高于垂穗披碱草草地型。2 种草地型牧草中的粗蛋白和中性洗涤纤维含量差异均不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 河南县草地天然牧草常规营养成分 %

营养成分	矮生嵩草草地型	垂穗披碱草草地型
干物质	94.04 ± 0.34^b	94.67 ± 0.20^a
粗蛋白	13.05 ± 4.83^a	13.94 ± 4.10^a
粗脂肪	2.56 ± 0.46^b	3.02 ± 0.45^a
中性洗涤纤维	47.91 ± 3.40^a	48.17 ± 1.90^a
酸性洗涤纤维	32.78 ± 2.10^a	29.50 ± 1.45^b
钙	0.70 ± 0.17^a	0.34 ± 0.09^b
磷	0.10 ± 0.04^b	0.16 ± 0.04^a

注: 同行不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 2 种草地类型牧草营养价值分析

如表 3 所示, 矮生嵩草草地型 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 含量显著高于垂穗披碱草草地型, 矮生嵩草草地型的牧草产气量、pH 值、有机物消化率、代谢能和消化能虽均高于垂穗披碱草草地型, 但差异均不显著 ($P > 0.05$)。2 种草地型牧草的体外 48 h 发酵产气速率如图 1 所示, 0~2 h 内产气速率增加最快, 且在 0~3 h 内出现 1 个峰, 2~4 h 产气速率下降最快, 8~48 h 产气速率整体上呈下降趋势。

2.4 河南县草地天然牧草营养输出量

2.4.1 常规营养输出量 根据可食牧草产量和常规营养成分指标计算出常规营养输出量, 如表 4 所示。除钙外, 垂穗披碱草草地型其余指标输出量均高于矮生嵩草草地型, 其中干物质、中性洗涤纤维、粗蛋白输出量相差较大, 分别高 11.22、5.66、2.38 g/m²。

表3 河南县天然牧草体外发酵参数

草地类型	产气量/mL	NH ₃ -N/(mg/L)	pH	有机物消化率/%	消化能/(MJ/kg)	代谢能/(MJ/kg)
矮生嵩草草地型	65.45 ± 13.78 ^a	0.988 ± 0.240 ^a	5.92 ± 0.04 ^a	71.10 ± 9.79 ^a	11.93 ± 1.49 ^a	10.73 ± 1.57 ^a
垂穗披碱草草地型	71.78 ± 12.43 ^a	0.656 ± 0.240 ^b	5.93 ± 0.08 ^a	77.16 ± 9.44 ^a	12.82 ± 1.72 ^a	11.66 ± 1.81 ^a

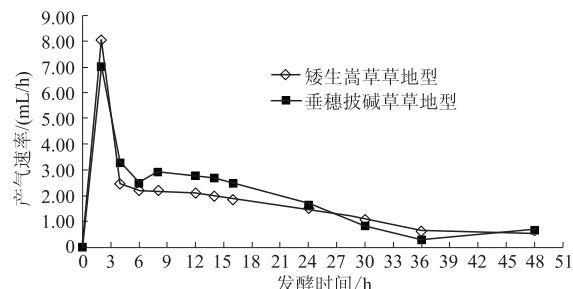


图1 河南县草地天然牧草体外发酵产气速率变化

表4 河南县草地天然牧草常规营养

成分	输出量	g/m ²
营养成分	矮生嵩草草地型	垂穗披碱草草地型
干物质	85.57	96.79
粗蛋白	11.87	14.25
粗脂肪	2.33	3.09
中性洗涤纤维	43.59	49.25
酸性洗涤纤维	29.83	30.16
钙	0.64	0.35
磷	0.09	0.16

2.4.2 体外产气输出量 垂穗披碱草草地型体外产气输出指标产气量和消化能输出量均高于矮生嵩草草地型,矮生嵩草草地型代谢能输出量为0.98 MJ/m²,约是垂穗披碱草草地型(0.12 MJ/m²)的8倍(表5)。

表5 河南县天然牧草体外发酵参数输出

草地类型	产气量/mL	消化能/(MJ/m ²)	代谢能/(MJ/m ²)
矮生嵩草草地型	59.55	1.09	0.98
垂穗披碱草草地型	73.39	1.31	0.12

2.5 2种草地类型牧草载畜量

根据草地可利用面积及可食草产量计算出2种牧草载畜量。如表6所示,垂穗披碱草草地型的可消化蛋白载畜量、代谢能载畜量和数量载畜量均高于矮生嵩草草地型。2种牧草的可消化蛋白载畜量(4.51、5.41 SU/hm²)、代谢能载畜量(3.83、4.68 SU/hm²)均高于数量载畜量(2.25、2.53 SU/hm²)。

表6 河南县天然牧草载畜量 SU/hm²

草地类型	可消化蛋白 载畜量	代谢能 载畜量	数量载 畜量
矮生嵩草草地型	4.51	3.83	2.25
垂穗披碱草草地型	5.41	4.68	2.53

3 结论与讨论

3.1 2种草地类型天然牧草产草量

产草量是评价草地生产能力的最直接指标之

—^[16]。产草量受牧草生长规律、高寒地区气候等因素的影响^[17-18]。薛艳锋等^[19]研究表明,三江源地区牧草鲜草、干草产量分别为1 272.00、349.04 g/m²;杜雪燕等^[5]研究了河南县高山嵩草草地返青期牧草鲜草、干草产量分别为227.9、90.0 g/m²,这与本研究中矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型的鲜草、干草产量(217.90 g/hm² 和 317.71 g/m²,98.14 g/m² 和 108.90 g/m²)均存在差异,这与牧草返青时间有关,而且所测定牧草种类不一样,所以产草量也有一定的差异。

3.2 2种草地类型天然牧草常规营养成分

干物质指标是评价牧草营养价值的基础,粗蛋白是动物活动所必需的功能物质,按照任继周^[20]牧草粗蛋白等级指数划分(≥16%为上等,10%~15%为中等,≤10%为下等),本试验中2种牧草粗蛋白含量分别为13.04%和13.92%,均属于中等水平。干物质和粗蛋白含量越高,酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量越低,牧草营养价值越高^[5]。本研究中矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型的中性洗涤纤维含量分别为47.91%和48.17%,酸性洗涤纤维含量分别为32.78%和29.50%。孙鹏飞等^[21]测定了三江源地区夏季草场牧草中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量分别为40.53%和23.79%。酸性洗涤纤维含量过高时可消化物质减少,消化率降低^[19]。有资料表明,当酸性洗涤纤维含量≥30%时,会影响蛋白质的消化。本研究中矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型的粗脂肪含量分别为2.56%和3.02%,含量适中。粗脂肪为反刍动物瘤胃发酵微生物活动,粗脂肪不足,会阻碍蛋白质合成,粗脂肪含量过高则会造成能量浪费。本研究中矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型牧草的Ca/P分别为7:1和2.1:1,超过了最适宜的比例1~2:1,所以2种牧草均缺磷。

3.3 2种草地类型天然牧草体外发酵产气指标

产气量反映发酵底物中可消化营养成分含量和瘤胃微生物的代谢状况^[5]。本研究中矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型牧草的产气量分别为65.45 mL和71.78 mL。随着培养时间的延长产气量逐渐累加,与许多学者研究结果一致^[5,11,19]。本研究中产气速率在0~3 h内出现1个峰,垂穗披碱草在9~15 h内产气速率有所增加,但并没有形成明显的峰。这与牧草的碳水化合物结构有关^[22-23]。

非结构性碳水化合物容易被降解,在发酵初期,瘤胃微生物首先利用易被降解的非结构性碳水化合物,形成第 1 个峰。之后利用难降解的结构性碳水化合物,发酵速率减慢,但随着培养时间的延长,瘤胃降解菌累积,产气速率增加,出现第 2 个峰。由于发酵底物耗尽以及发酵产物的积累,使发酵速率降低最终趋近于 0。可能由于本试验中 2 种牧草品质较好,非结构性碳水化合物所占比例较高,所以只出现第 1 个峰。

消化率是评价牧草营养价值的重要指标,它能反映饲料在瘤胃中的降解程度。有机物消化率越高,表明牧草在瘤胃中消化率越高。本研究中矮生嵩草草地型、垂穗披碱草草地型的有机物消化率分别为 72.18%、77.16%,低于杜雪燕等^[5]测定的河南县返青期牧草有机物消化率(82.86%)。消化能分别为 11.93、12.82 MJ/kg,代谢能分别为 10.73、11.66 MJ/kg,消化能、代谢能均高于薛艳峰等^[19](9.16、10.33 MJ/kg) 和郝力壮等^[11](11.18、10.28 MJ/kg) 测定的结果,说明本研究中河南县 2 种牧草能量较高。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 含量能反映瘤胃对氮源的利用情况, $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量过高会造成氮的浪费,过低则会影响微生物蛋白质的合成。瘤胃内最适宜的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量为 0.63~2.75 mg/L。本研究中矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量分别为 0.988 mg/L 和 0.656 mg/L, 均在正常范围之内,能保证瘤胃正常发酵。研究表明,瘤胃内 pH 值为 6.5~7.0 时最适于瘤胃纤维素的分解,pH 值过高、过低都不利于纤维素的分解消化^[24]。本研究中矮生嵩草草地型和垂穗披碱草草地型的 pH 值分别为 5.92 和 5.93, 均低于最适宜的范围,原因可能与草地土壤酸碱性有关。

3.4 2 种草地类型天然牧草载畜量

河南县 2 种牧草营养载畜量(可消化蛋白、代谢能载畜量)远高于数量载畜量,这与薛艳峰等^[19]、郝力壮等^[11]研究结果相似。其原因可能是河南县海拔高,日照充足,昼夜温差大,牧草中粗蛋白和粗脂肪含量较高,其营养载畜量高于数量载畜量。由此也可以看出,这 2 种牧草营养品质较好。本试验牧草阶段为暖季牧草,牧草营养供应充足,如果以营养载畜量为估算基础,由于动物采食未饱,会继续采食,势必造成过度放牧,所以暖季估计载畜量应首先考虑可食牧草产量,即数量载畜量较为合理。杜雪燕等^[5]和郝力壮等^[11]研究也得出这样的结论。但是孙鹏飞等^[21]研究表明,夏季放牧草场应当以可消

化蛋白载畜量进行核算,然后通过补饲补齐干物质和代谢能的不足;秋季放牧草场应当以代谢能载畜量进行核算,然后通过补饲补齐干物质和可消化蛋白的不足,得出这样的结论主要是从牧场经济效益考虑。综上,暖季估计载畜量应首先考虑可食牧草产量,即数量载畜量较为合理,如果经济条件允许,放牧加补饲的方式更为合理。

参考文献:

- [1] 刘书杰.生态立省战略与生态文明建设 [M]. 西宁:青海省科学技术协会,2009:156-159.
- [2] 郝力壮,刘书杰,柴沙驼,等.青藏高原放牧系统母牦牛营养补饲技术的理论基础与实践 [C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会.第七届全国系统动物营养学发展论坛.杨凌:[出版者不详],2014:146-150.
- [3] 吴克选,郝力壮,刘书杰.动物营养的“盈亏”系统 [J].养殖与饲料,2008(12):70-72.
- [4] 郝力壮.动物福利与三江源区畜牧业的发展 [C]//中国畜牧兽医学会家畜生态学分会.中国畜牧兽医学会家畜生态学会第七届全国代表大会暨学术研讨会论文集.杨凌:[出版者不详],2008:6.
- [5] 杜雪燕,柴沙驼,王迅,等.河南县高山嵩草草地牧草营养价值与载畜量研究 [J].河南农业科学,2015,44(11):141-146.
- [6] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术 [M].北京:北京农业大学出版社,1993.
- [7] Menke K H, Raab L, Salewski A, et al. The Estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro* [J]. Journal of Agriculture Science, 1979, 193(1):217-225.
- [8] 郝力壮,柴沙驼,崔占鸿,等.应用体外产气法评定青海省青稞营养价值 [J].西北农业学报,2009,18(6):70-72.
- [9] 张晓卫,郝力壮,王万邦,等.体外产气法评定燕麦营养价值 [J].饲料研究,2012(9):61-64.
- [10] 冯宗慈,高民.通过比色法测定瘤胃液氨氮含量方法的改进 [J].内蒙古畜牧科学,1993(4):40-41.
- [11] 郝力壮,刘书杰,吴克选,等.玛多县高山嵩草草地天然牧草营养评定与载畜量研究 [J].中国草地学报,2011,33(1):84-89.
- [12] 青海省草原总站.青海省草原总站资料选编 [M].青海:[出版者不详],1982:5.
- [13] 甘肃农业大学草原系.草原工作手册 [M].兰州:甘肃人民出版社,1974.

(下转第 124 页)

- minthol, 2007, 81(4):381-386.
- [7] Singh U C, Kumar A, Srivastava A, et al. Small bowel stricture and perforation: An unusual presentation of *Fasciolopsis buski* [J]. *Trop Gastroenterol*, 2011, 32(4): 320-322.
- [8] Karthikeyan G, Ramkumar V, Kumar S P, et al. Intestinal infestation with *Fasciolopsis buski* leading to acute kidney injury [J]. *Assoc Physicians India*, 2013, 61(12): 936-938.
- [9] 张吉丽, 朱阵, 李冰, 等. 肝片吸虫病的研究进展 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2016(11):58-61.
- [10] Mas-Coma S, Bargues M D, Valero M A. Fascioliasis and other plant-borne trematode zoonoses [J]. *International Journal for Parasitology*, 2005, 35(11/12):1255-1278.
- [11] 胡政香. 绵羊肺炎支原体新疆塔城流行株的分离鉴定及油佐剂灭活苗免疫原性初步研究 [D]. 新疆:石河子大学, 2015.
- [12] 张雪娟, 黄熙照, 杨继宗, 等. 肝片吸虫诊断抗原提纯方法的研究 [J]. *中国兽医科技*, 1992, 22(6):8-9.
- [13] McNulty S N, Tort J F, Rinaldi G, et al. Genomes of *Fasciola hepatica* from the Americas reveal colonization with neorickettsia endobacteria related to the agents of potomac horse and human sennetsu fevers [J]. *PLoS Genet*, 2017, 13(1):1-25.
- [14] Lopez-Aban J, Esteban A, Vicente B, et al. Adaptive immune stimulation is required to obtain high protection with fatty acid binding protein vaccine candidate against *Fasciola hepatica* in Balb/C mice [J]. *Parasitol*, 2012, 98:527-535.
- [15] Martínez-Fernández A R, Nogal-Ruiz J, López-Abán J, et al. Vaccination of mice and sheep with Fh12 FABP from *Fasciola hepatica* using the new adjuvant/immuno-
- modulator system ADAD [J]. *Vet Parasitol*, 2004, 126(3):287-298.
- [16] Kazantseva L, Herrera-Velit P, Espinoza J R, et al. Anti-Fas2 IgM antibodies in *Fasciola hepatica* infected patients with positive IgG serology [J]. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 2017, 111(3):102-106.
- [17] Jones M K, McManus D P, Sivadorai P, et al. Tracking the fate of iron in early development of human blood flukes [J]. *Int J Biochem Cell Biol*, 2007, 39(9): 1646-1658.
- [18] Levi S, Yewdall S J, Harrison P M, et al. Evidence of H- and L-chains have co-operative roles in the iron-uptake mechanism of human ferritin [J]. *Biochem Journal*, 1992, 288(2):591-596.
- [19] Harrison P M, Arosio P. The ferritins: Molecular properties, iron storage function and cellular regulation [J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1996, 1275(3): 161-203.
- [20] Espino A M, Hillyer G V. A novel *Fasciola hepatica* saposinlike recombinant protein with immunoprophylactic potential [J]. *The Journal of Parasitol*, 2004, 90(4): 876-879.
- [21] Cabán-Hernández K, Gaudier J F, Ruiz-Jiménez C, et al. Development of two antibody detection enzyme-linked immunosorbent assays for serodiagnosis of human chronic fascioliasis [J]. *Journal of Clinical Microbiology*, 2014, 52(3):766-772.
- [22] Espino A M, Cabán-Hernández K, José F. Characterization and differential expression of a ferritin protein from *Fasciola hepatica* [J]. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 2012, 182(1):54-61.

(上接第 118 页)

- [14] 王钦. 放牧绵羊的生物学效率 [J]. *草业科学*, 1996, 13(1):32-37.
- [15] NRC. Nutrient requirements of sheep [M]. Washington DC: National Academy Press, 1985.
- [16] 许琴. 利用体外产气法研究玉米秸秆瘤胃发酵的影响因素 [D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2002.
- [17] 易现峰, 贲桂英, 师生波, 等. 高寒草甸矮嵩草种群光合作用及群落生长季节变化 [J]. *中国草地*, 2000(1):13-16.
- [18] 李英年. 高寒草甸地区冷季水分资源及对牧草产量的可能影响 [J]. *草业学报*, 2001, 10(3):15-20.
- [19] 薛艳锋, 郝力壮, 刘书杰. 玉树州藏嵩草草地牧草营养价值评定与营养载畜量 [J]. *草业科学*, 2015, 32(10):1660-1667.
- [20] 任继周. 草业科学研究方法 [M]. 北京: 中国农业出

版社, 1998:201-213.

- [21] 孙鹏飞, 崔占鸿, 刘书杰, 等. 三江源区不同季节放牧草场天然牧草营养价值评定及载畜量研究 [J]. *草业学报*, 2015, 24(12):92-101.
- [22] Russell J B, O'connor J D, Fox D G, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation [J]. *Journal of Animal Science*, 1992, 70(11):3551-3561.
- [23] Sniffen C J, O' connor J D, Van Soest P J, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability [J]. *Journal of Animal Science*, 1992, 70(11):3562-3577.
- [24] 茹彩霞. 模拟瘤胃条件下苜蓿对粗饲料产气特性和发酵特性的研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.