

# 青海湖南岸天然草场牧草生产力和养分季节动态

王向涛<sup>1</sup>, 陈懂懂<sup>2</sup>, 李 奇<sup>2</sup>, 徐世晓<sup>2</sup>, 赵新全<sup>2</sup>, 赵 亮<sup>2</sup>

1. 西藏农牧学院 动物科学学院, 西藏 林芝 860000

2. 中国科学院 西北高原生物研究所, 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810008

**摘要:** 研究天然草场牧草产量及养分的季节动态, 选择青海湖南岸的高寒草甸作为研究对象, 于2015年的返青期(5月)、盛草期(8月)、枯黄期(10月)和枯草期(1月)分别采集地上生物样品, 对可食牧草的产量以及养分质量分数进行分析测定. 结果显示, 天然草场返青期总产草量(风干重)平均52.21 g/m<sup>2</sup>, 盛草期154.66 g/m<sup>2</sup>, 枯黄期92.90 g/m<sup>2</sup>, 枯草期25.83 g/m<sup>2</sup>, 可食牧草分别占66%、76%、83%、100%; 返青期牧草中w(粗蛋白)最高, 显著高于其他时期; w(粗灰分)、w(水不溶灰分)、w(酸不溶灰分)均从返青期到枯草期逐渐递增, 且不同时期差异显著; w(水溶性灰分)从返青期到枯草期递减(2.42%~0.59%); 盛草期和枯黄期w(粗脂肪)远高于其他时期( $P < 0.05$ ); w(中性洗涤纤维)、w(酸性洗涤纤维)和w(纤维素)随生育期延长逐渐增加. 天然草场盛草期的营养输出高于其他时期, 枯草期最低. 研究区高寒草场可食牧草数量多, 可食性好. 枯草期与青草期相比, 无论从量还是质上都处于一年中最低点. 估算青海湖南岸高寒草甸适宜载畜量, 即数量载畜量, 为2.57羊单位/hm<sup>2</sup>.

**关键词:** 牧草品质; 生物量; 高寒草甸; 天然草场

中图分类号: S151.9

文献标识码: A

文章编号: 0455-2059(2019)02-0199-05

DOI: 10.13885/j.issn.0455-2059.2019.02.008

## Seasonal dynamics of grass productivity and nutrients of natural grazing pasture on the southern bank of the Qinghai Lake

Wang Xiang-tao<sup>1</sup>, Chen Dong-dong<sup>2</sup>, Li Qi<sup>2</sup>, Xu Shi-xiao<sup>2</sup>, Zhao Xin-quan<sup>2</sup>, Zhao Liang<sup>2</sup>

1. Animal Science College, Xizang Agriculture and Animal Husbandry College, Linzhi 860000, Xizang, China

2. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Science, Xining 810008, China

**Abstract:** In order to explore the seasonal dynamics of yield and nutrient content of edible pasture in natural grazing grassland, selected alpine meadows on the south bank of the Qinghai Lake served as the object of study, and aboveground biomass was collected in January 2015 (hay stage), May (regreening stage), August (growing stage) and October (wilt stage), and then the yield and nutrient contents of edible herbage were determined and analyzed. The results showed that the total yield (dry weight) of a natural grassland had an average of 52.21 g/m<sup>2</sup> in regreening stage, 154.66 g/m<sup>2</sup> in growing stage, 92.90 g/m<sup>2</sup> in wilt stage, and 25.83 g/m<sup>2</sup> in hay stage, and the edible forage percent was 66%, 76%, 83% and 100%.

收稿日期: 2018-03-10 修回日期: 2018-10-12

基金项目: 青海省自然科学基金项目(2017-JZ-939Q); 国家重点研发计划项目(2016YFC0501805和2016YFC0501905)

作者简介: 王向涛(1983-), 男, 河南开封人, 副教授, 硕士, e-mail: wxt\_11@163.com, 研究方向为草地生态及牧草种质资源; 赵 亮(1974-), 男, 青海乐都人, 研究员, 博士研究生导师, e-mail: lzhaol@nwipb.cas.cn, 研究方向为草地生态系统碳、氮、水循环, 通信联系人.

respectively.  $w(\text{crude protein})$  in the regreening stage was the highest ( $P < 0.05$ ), and  $w(\text{crude ash})$ ,  $w(\text{water-insoluble ash})$  and  $w(\text{acid-insoluble ash})$  were increasing with the period of duration, and the difference between the periods was remarkable ( $P < 0.05$ ),  $w(\text{water-soluble ash})$  was decreasing from regreening to hay stage,  $w(\text{fat})$  in the growing and wilt stage were higher than that in other periods ( $P < 0.05$ ),  $w(\text{neutral detergent fiber})$ ,  $w(\text{acid detergent fiber})$  and  $w(\text{cellulose})$  were increasing with the period of duration. The nutrient output of the natural grassland in the growing stage was higher than that of other periods, and it was the lowest in the hay stage. For its high per unit yield, the nutrient output of an artificial grassland was higher than that in a natural grassland. The amount of edible herbage was more in the researched alpine rangeland. Compared with the growing stage, the hay period was at the lowest level in a year in terms of quantity or quality. The estimation of the alpine meadow carrying capacity, i.e. the number of carrying capacity, was 2.57 sheep/hm<sup>2</sup>.

**Key words:** forage quality; biomass; alpine meadow; natural grassland

天然草地是畜牧业发展的主要生产资料, 具有重要的生态价值、经济价值和社会价值. 畜牧业可持续发展, 立足点必须是在保护的前提下, 科学并合理地利用草地<sup>[1-2]</sup>. 畜牧业生产体系中, 牧草是构成家畜有机体能量和蛋白质的物质基础. 分析研究牧草的营养成分、营养变化的动态规律、饲用价值与放牧家畜营养需要量间供需关系是准确确定草场理论载畜量、牧草合理利用时间的依据<sup>[3]</sup>.

牧草营养品质包括牧草营养成分质量分数及其可消化性, 它不仅直接决定家畜的生长和发育, 也间接影响畜产品的质量 and 数量. 牧草所含营养成分对家畜生长和形成畜产品至关重要. 牧草的营养价值一般取决于蛋白质、矿物质及纤维素质量分数的多少. 蛋白质、矿物质质量分数越高, 纤维素质量分数越低, 牧草的营养价值就越高<sup>[4]</sup>. 对中国草地不同区域和不同植被类型的产草量和牧草品质(7月末至8月初的盛草期)以及气候和土壤因子对牧草品质的作用进行的研究较多. 牧草营养品质存在着时间动态, 会随着生长季阶段的变化而改变<sup>[5]</sup>. 中国放牧草地面积广阔, 草地类型不尽相同, 研究不同类型放牧草地牧草营养品质的季节动态, 对放牧家畜的营养状况进行全面、合理的分析, 对放牧草地的合理利用, 确定各放牧地区放牧家畜的补饲量, 保证不同类型放牧草地畜牧业可持续发展<sup>[6]</sup>. 本研究选择青海湖南岸的天然草地作为研究对象, 研究传统放牧模式下天然草场可食牧草生产力和养分季节动态.

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

试验地设在青海省海南州共和县(35.5°~37.2°N, 99°~101.5°E), 位于三江源自然保护区北

部, 青海湖之南, 平均海拔3 200 m, 属高原大陆性气候. 四季分明, 昼夜温差大, 年均气温-4.7~5.2 °C, 年降水量146~646 mm, 蒸发量1 400~2 400 mm, 无霜期平均88 d<sup>[6]</sup>. 全县可利用草地面积 $1.21 \times 10^6$  hm<sup>2</sup><sup>[7]</sup>, 主要有低地草甸、高寒草甸、温性荒漠草原、高寒草原、温性荒漠<sup>[8]</sup>. 试验区天然草地以矮嵩草(*Kobresia humilis*)和紫花针茅(*Stipa purpurea*)为主要优势种, 伴生有豆科、菊科等, 主要有毒植物为狼毒(*Steller achamaejasme*)、黄花棘豆(*Oxytropis ochrocephala*)、黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)等.

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 样品采集

于2015年选取倒淌河哈图滩合作社的天然草场为研究对象, 该草场属于高寒草甸, 优势种为矮嵩草、针茅、青海苜蓿(*Medicago archiducis-nicolai*)、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)等.

于2015年枯草期(1月)、返青期(5月)、盛草期(8月)和枯黄期(10月)分别采集地上生物量<sup>[9]</sup>. 除枯草期外, 其他3次取样每次采集31~32组样品, 1月由于气候的关系, 采集样本量为20~22份.

在研究区域内随机取样, 每个样方间隔30~50 m. 用0.5 m×0.5 m样方框, 框内齐地面刈割, 挑出不可食部分, 称重并记录. 同时以相邻试验区内的年生人工草场为对照, 于收获前(9月底)以1 m×1 m的样方框采集生物量样本6份, 留茬3~5 cm. 所有样品带回实验室后, 于80 °C烘干后再次称重, 粉碎过0.5 mm筛, 备用.

#### 1.2.2 常规营养成分测定方法与指标

牧草营养成分的测定均以干物质为基础. 粗蛋白(crude protein, CP)采用凯氏半微量定氮法测定; 粗脂肪采用Soxhlet脂肪提取法测定; 中性洗

涤纤维 (neutral detergent fiber, NDF)、酸性洗涤纤维 (acid detergent fiber, ADF)、酸性洗涤木质素 (acid detergent lignin, ADL) 采用滤袋法 (美国 ANKOM A2000i 全自动纤维仪) 测定<sup>[9]</sup>; 粗灰分、水不溶灰分、酸不溶灰分采用灼烧法测定。

$$w(\text{纤维素}) = w(\text{ADF}) - w(\text{ADL}),$$

$$w(\text{半纤维素}) = w(\text{NDF}) - w(\text{ADF}).$$

### 1.3 数据处理

采用 Excel 2010 整理数据, 用 SPSS 16.0 统计软件中的 one-way ANOVA 进行统计分析. 试验结果以平均值±标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 天然草场产草量

天然草场总产草量(干重)随着生长季延长而增加, 可食牧草所占比例也逐渐升高; 在返青期、盛草期、枯黄期、枯草期可食牧草百分比分别达到 66%、76%、83%、100%(表 1). 根据研究区草场面

积 (天然草场约 100 hm<sup>2</sup>, 人工草场约 8 hm<sup>2</sup>), 计算返青期可食牧草总产量约 34 t, 盛草期 116 t, 枯黄期 77 t, 枯草期 29 t, 人工草场收获期总产量约 75 t(表 1).

### 2.2 天然草场牧草养分质量分数变化

由表 2 可见, 青海湖南岸地区天然草场返青期牧草中  $w(\text{CP})$  最高, 显著高于其他时期, 随季节变化顺序为返青期>盛草期>枯黄期>枯草期;  $w(\text{粗灰分})$ 、 $w(\text{水不溶灰分})$ 、 $w(\text{酸不溶灰分})$  均随着生育期延长逐渐递增, 且不同时期差异显著;  $w(\text{水溶性灰分})$  从返青期到枯草期递减; 盛草期和枯黄期的  $w(\text{粗脂肪})$  无显著差异, 且显著高于其他时期;  $w(\text{NDF})$  和  $w(\text{ADF})$  随生育期延长而递增,  $w(\text{ADL})$  和  $w(\text{半纤维素})$  在 4 个时期无显著差异,  $w(\text{纤维素})$  随生育期延长逐渐增加。

与天然草场相比, 人工草场的  $w(\text{CP})$ 、 $w(\text{粗灰分})$ 、 $w(\text{水不溶灰分})$ 、 $w(\text{粗脂肪})$  介于返青期和盛草期;  $w(\text{水溶性灰分})$  高于天然草地牧草任何时

表 1 青海湖南岸天然草场牧草产量

Table 1 Forage production of natural grassland on the south bank of Qinghai Lake

指标	种类	天然草场				人工草场收获期
		返青期	盛草期	枯黄期	枯草期	
鲜草产量	总产草量	135.22±43.17 <sup>a</sup>	378.84±169.49 <sup>b</sup>	150.00±76.07 <sup>a</sup>	30.68±7.04 <sup>c</sup>	4 643.35±1 114.91
	可食牧草	77.57±26.77 <sup>a</sup>	249.86±84.40 <sup>b</sup>	123.73±59.91 <sup>c</sup>	30.68±7.04 <sup>d</sup>	4 643.35±1 114.91
干草产量	总产草量	52.21±16.67 <sup>a</sup>	154.66±47.59 <sup>b</sup>	92.90±36.29 <sup>c</sup>	25.83±5.06 <sup>d</sup>	912.52±156.26
	可食牧草	33.58±11.59 <sup>a</sup>	115.67±35.20 <sup>b</sup>	76.87±29.01 <sup>c</sup>	25.83±5.06 <sup>a</sup>	912.52±156.26

同行 a~d 表示差异显著 ( $P < 0.05$ ); 鲜草产量除外, 所测均以风干样为基础。

表 2 牧草养分质量分数变化

Table 2 Changes in nutrient mass fraction of forage grass

养分	天然草场				人工草场收获期
	返青期	盛草期	枯黄期	枯草期	
$w(\text{干物质})$	94.65±0.17 <sup>a</sup>	94.59±0.29 <sup>a</sup>	93.82±0.23 <sup>b</sup>	93.27±0.07 <sup>c</sup>	95.03±0.44
$w(\text{水分})$	5.64±0.19 <sup>a</sup>	5.72±0.33 <sup>a</sup>	6.59±0.26 <sup>b</sup>	7.22±0.08 <sup>c</sup>	4.97±0.44
$w(\text{CP})$	14.28±4.63 <sup>a</sup>	10.91±1.32 <sup>b</sup>	8.85±1.17 <sup>c</sup>	4.78±0.54 <sup>d</sup>	12.40±1.90
$w(\text{粗灰分})$	6.89±0.70 <sup>a</sup>	8.76±1.15 <sup>b</sup>	8.86±1.33 <sup>b</sup>	9.68±0.92 <sup>c</sup>	8.30±1.07
$w(\text{水溶性灰分})$	2.42±0.54 <sup>a</sup>	1.56±0.31 <sup>b</sup>	1.02±0.18 <sup>c</sup>	0.59±0.06 <sup>d</sup>	3.51±0.51
$w(\text{水不溶灰分})$	4.47±0.94 <sup>a</sup>	7.20±1.29 <sup>b</sup>	7.84±1.27 <sup>c</sup>	9.09±0.89 <sup>d</sup>	4.79±0.61
$w(\text{酸不溶灰分})$	2.07±0.50 <sup>a</sup>	4.47±0.95 <sup>b</sup>	5.07±0.92 <sup>c</sup>	6.45±0.76 <sup>d</sup>	1.41±0.35
$w(\text{粗脂肪})$	1.29±0.19 <sup>a</sup>	1.75±0.23 <sup>b</sup>	1.78±0.34 <sup>b</sup>	0.75±0.05 <sup>c</sup>	1.42±0.22
$w(\text{NDF})$	52.53±3.12 <sup>a</sup>	55.48±2.89 <sup>b</sup>	58.64±2.56 <sup>c</sup>	62.47±2.99 <sup>d</sup>	52.10±2.41
$w(\text{ADF})$	25.26±1.42 <sup>a</sup>	28.59±1.51 <sup>b</sup>	30.44±1.38 <sup>c</sup>	35.03±1.57 <sup>d</sup>	33.28±2.51
$w(\text{ADL})$	4.12±1.47	3.92±1.37	4.08±0.56	4.46±1.84	4.32±0.53
$w(\text{纤维素})$	21.14±1.83 <sup>a</sup>	24.67±1.56 <sup>b</sup>	26.36±1.32 <sup>c</sup>	30.57±2.26 <sup>d</sup>	28.97±2.54
$w(\text{半纤维素})$	27.27±2.33	26.89±1.95	28.20±1.79	27.44±1.82	18.82±1.22

同行 a~d 表示差异显著 ( $P < 0.05$ ); 鲜草产量除外, 所测均以风干样为基础。

期,  $w(\text{酸不溶灰分})$ 则相反 ( $P < 0.05$ );  $w(\text{NDF})$ 与返青期的天然草场接近, 均低于其他时期 ( $P < 0.05$ );  $w(\text{ADF})$ 与枯草期接近, 高于其他时期 ( $P < 0.05$ );  $w(\text{ADL})$ 与天然草场4个时期无显著差异;  $w(\text{纤维素})$ 与枯草期无显著差异, 高于其他时期 ( $P < 0.05$ );  $w(\text{半纤维素})$ 低于天然草场4个时期(表2)。

### 2.3 草场牧草营养输出量

由表3可见, 天然草场CP产量: 盛草期 > 枯黄期 > 返青期 > 枯草期; 粗灰分产量: 盛草期 > 枯黄期 > 枯草期 > 返青期; 粗脂肪产量: 盛草期 > 枯黄期 > 返青期 > 枯草期; 盛草期NDF和ADF产量均显著高于其他时期。天然草场盛草期的营养输出远远高于

其他时期, 枯草期最低。人工草场由于单位面积产草量较高, 故其营养输出远高于天然草场。

### 2.4 盛草期理论载畜量估算

每个羊单位即体重45 kg的成年绵羊采食1.8 kg/d标准干草<sup>[10]</sup>, 结合美国NRC标准, 采用可消化粗蛋白(digestible crude protein, DCP)0.053 9 kg/d, 牧草DCP暖季利用率62.25%<sup>[11]</sup>, 高寒草甸类牧草暖季利用率按照60%计算<sup>[10]</sup>; 根据调查地区草场面积以及放牧实际, 暖季放牧时间约150 d(5月开始, 10月初结束), 估算研究区盛草期牧草理论载畜量: 可食牧草DCP载畜量 $\approx 971$ 个羊单位; 可食牧草产量载畜量 $\approx 257$ 个羊单位。

表3 天然草场(可食)牧草营养输出量  
Table 3 Nutrient output of natural grassland (edible) forage grass

成分	天然草场				人工草场 收获期
	返青期	盛草期	枯黄期	枯草期	
粗灰分	2.31±0.21 <sup>a</sup>	10.14±1.33 <sup>b</sup>	6.81±1.00 <sup>c</sup>	2.50±0.24 <sup>a</sup>	75.70±9.79
水溶性灰分	0.81±0.16 <sup>a</sup>	1.81±0.36 <sup>b</sup>	0.79±0.14 <sup>a</sup>	0.15±0.02 <sup>c</sup>	32.00±4.63
水不溶灰分	1.50±0.29 <sup>a</sup>	8.33±1.49 <sup>b</sup>	6.02±0.96 <sup>c</sup>	2.35±0.23 <sup>d</sup>	43.70±5.59
酸不溶灰分	0.69±0.15 <sup>a</sup>	5.18±1.10 <sup>b</sup>	3.90±0.70 <sup>c</sup>	1.66±0.20 <sup>d</sup>	12.87±3.18
粗脂肪	0.43±0.06 <sup>a</sup>	2.03±0.27 <sup>b</sup>	1.37±0.26 <sup>c</sup>	0.20±0.01 <sup>d</sup>	12.91±1.97
NDF	17.64±0.96 <sup>a</sup>	64.18±3.34 <sup>b</sup>	45.07±1.93 <sup>c</sup>	16.14±0.77 <sup>a</sup>	405.64±181.49
ADF	8.48±0.44 <sup>a</sup>	33.07±1.75 <sup>b</sup>	23.40±1.05 <sup>c</sup>	9.05±0.41 <sup>a</sup>	259.20±117.37
ADL	1.38±0.45 <sup>a</sup>	4.54±1.58 <sup>b</sup>	3.14±0.43 <sup>c</sup>	1.15±0.47 <sup>a</sup>	33.35±15.52
纤维素	7.10±0.56 <sup>a</sup>	28.53±1.80 <sup>b</sup>	20.26±1.00 <sup>c</sup>	7.89±0.58 <sup>a</sup>	225.85±102.99
半纤维素	9.16±0.72 <sup>a</sup>	31.11±2.26 <sup>b</sup>	21.68±1.35 <sup>c</sup>	7.09±0.47 <sup>d</sup>	146.44±65.98
CP	4.80±0.50 <sup>a</sup>	12.62±1.52 <sup>b</sup>	6.80±0.89 <sup>c</sup>	1.23±0.14 <sup>d</sup>	123.14±17.34

同行a~d表示差异显著( $P < 0.05$ ); 鲜草产量除外, 所测均以风干样为基础。

## 3 讨论

牧草的产草量可反映出草地营养物质输出的基本能力, 一般由鲜草产量、干草产量等指标来描述<sup>[1]</sup>。本研究结合放牧实际, 在采集草样时将牧草分为可食与不可食, 干物质产量指的是单位面积可食牧草的干物质量。鲜干比随季节不同而有变化, 枯草期最低(1.18±0.07), 返青期最高(2.31±0.19)。可食干草占干草比例随季节延长而升高, 从65.67%(返青期)到100%(枯草期), 盛草期可达70%~80%, 说明研究地区高寒草甸型草场可食牧草数量多, 可食性好。

牧草的营养物质质量分数随生长期而变化, 生长快时, 营养价值高, 随着季节的推移和变化, 牧草生长速度减慢直至停止, 养分也减少<sup>[12]</sup>。牧草生长季末期, 因为叶部分枯死和种子脱落, 导

致地上部分干物质产量下降。牧草的茎叶逐渐老化枯萎, 细胞壁成分增加, 使牧草地上株丛木质素和其他结构性支撑物质质量分数增高,  $w(\text{NDF})$ 和 $w(\text{ADF})$ 增加, 细胞内容物逐渐减少, 从而导致 $w(\text{CP})$ 相应地减少<sup>[8]</sup>。

在营养成分中 $w(\text{CP})$ 的高低与牧草营养价值呈正相关,  $w(\text{ADF})$ 则相反。返青期和盛草期天然草场牧草 $w(\text{CP})=10\% \sim 15\%$ , 枯草期天然牧草 $w(\text{CP}) < 5\%$ , 枯黄期低于10%, 人工草场牧草中 $w(\text{CP}) \approx 12.40\%$ , 按照任继周<sup>[13]</sup>牧草CP等级指数划分法( $\geq 16\%$ 为上等、10%~15%为中等、 $\leq 10\%$ 为下等), 人工草场以及返青期和盛草期天然草场牧草的营养品质处于中等, 枯草期和枯黄期天然草场牧草的营养品质处于下等。根据曲艳<sup>[14]</sup>对草地牧草饲用价值的综合评价, 对比表2可见, 从 $w(\text{CP})$ 看, 返青

期和盛草期天然牧草以及收获期人工草场牧草均为良等牧草,天然草场枯黄期为中等牧草,枯草期为低等牧草。根据粗脂肪标准,天然草场盛草期和枯黄期牧草为良等牧草,人工草场和天然草场返青期为中等牧草,枯草期为低等牧草。根据美国标准<sup>[8]</sup>,天然草场除枯草期外,牧草  $w(\text{ADF})$  均低于 33%(优质标准),枯草期介于优质和中等。 $w(\text{ADF})$  越高则牧草品质越低,如果饲草料中  $w(\text{ADF}) \geq 30\%$  时,会影响到饲料蛋白的消化<sup>[11]</sup>,而天然草场青草期  $w(\text{ADF})$  均低于 30%,表明天然牧草青草期营养质量良好。虽然按照不同标准划分的结果不一致,但不论以哪种标准,青草期牧草质量良好,枯草期质量均处于下等。

营养物质输出量可以较好地反映草地供应营养物质的能力,将草地可以给放牧家畜提供营养物质的潜力数量化<sup>[15]</sup>。本研究结果显示,枯草期比青草期无论从量还是质上都处于一年中最低点,这与郝力壮等<sup>[15]</sup>的研究结果一致。

本研究中营养载畜量大于牧草产量载畜量,是因为昼夜温差大、日照强的青藏高原特殊生态环境非常适宜牧草积累有机物<sup>[6]</sup>,因此暖季牧草中  $w(\text{CP})$  和  $w(\text{粗脂肪})$  高,从而为家畜提供充足营养。暖季估算载畜量应首先考虑可食牧草产量,因为在营养已经满足家畜需求的时候,家畜可能并未吃饱而继续采食,如果按照营养载畜量安排放牧,势必造成过牧。采用牧草产量载畜量(即数量载畜量)安排暖季放牧是合理的<sup>[11]</sup>。确定青海湖南岸高寒草甸适宜载畜量,即数量载畜量,为 2.57 羊单位/ $\text{hm}^2$ ,即 0.39  $\text{hm}^2$ /羊单位,与 2009 年共和县草原站监测数据计算的高寒草甸类夏秋草场理论载畜量(0.38  $\text{hm}^2$ /羊单位)接近<sup>[7]</sup>。

## 参考文献

- [1] 刘安榕,杨腾,徐炜,等.青藏高原高寒草地地下生物多样性:进展、问题与展望[J].生物多样性,2018,26(9): 972-987.
- [2] 赵德.青海省共和县天然草地牧草产量结构特征分析[J].畜牧与饲料科学,2017,38(4): 38-39.
- [3] 范小红,杨得玉,郝力壮,等.青海省海晏县牧场牧草营养品质全年动态[J].草业科学,2017,34(11): 2359-2365.
- [4] 吴克顺,傅华,张学英,等.阿拉善荒漠草地8种牧草营养物质季节动态及营养均衡价评价[J].干旱区研究,2010,27(2): 257-262.
- [5] 梁建勇,焦婷,吴建平,等.不同类型草地牧草消化率季节动态与营养品质的关系研究[J].草业学报,2015,24(6): 108-115.
- [6] 王学全,卢琦.生态足迹理论在青海省共和县荒漠化自然资本核算中的应用[J].林业科学,2005,41(3): 12-18.
- [7] 周毛措.青海省共和县天然草地产草量地面监测报告[J].养殖与饲料,2010(12): 92-94.
- [8] 红敏.不同生长阶段天然牧草品质评定比较研究[J].饲料研究,2012(12): 79-81.
- [9] 张崇玉,王保哲,张桂国,等.饲料中的粗纤维、NDF、ADF 和 ADL 含量的快速测定方法[J].山东畜牧兽医,2015,36(9): 20-22.
- [10] 中华人民共和国农业行业标准: NY/T 635-2015,天然草地合理载畜量的计算[S].北京:中国农业出版社,2016.
- [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] 李自珍,杜国祯,惠苍,等.甘南高寒草地牧场管理的最优控制模型及可持续利用对策研究[J].兰州大学学报:自然科学版,2002,38(4): 85-89.
- [13] 任继周.草业科学研究方法[M].北京:中国农业出版社,1988.
- [14] 曲艳.草地牧草的饲用价值评价[J].饲料博览,2017(5): 63.
- [15] 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,2013,21(1): 57-64.
- [16] 韩小东,郝力壮,刘书杰.高寒草地天然牧草 Ca、P 含量及其分布规律[J].饲料工业,2017,38(21): 62-64.

(责任编辑:蔡红霞)