

碌曲县生长季草地植被覆盖度与生产力动态特征

王延^{1,2}, 杨彦东³, 俞慧云², 曹文侠¹

(1. 甘肃农业大学草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/甘肃省草业工程实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省草原技术推广总站, 甘肃 兰州 730010; 3. 甘肃省碌曲县草原站, 甘肃 碌曲 747200)

摘要:针对碌曲县地形地貌复杂的特点,应用 MODIS 产品数据与地面调查相结合,以该县 2018 年 6—9 月的数据为例,研究了不同类型草地主要生长季节的植被覆盖度和产量动态。结果表明:NDVI 像元二分模型和回归模型能够较好地反映草地的植被覆盖度和草产量,碌曲县主要草地类型为高寒草甸和山地草甸,面积为 37.55 万 hm^2 ,高寒草甸占比较大,为 56.86%。碌曲县草地生长季植被平均覆盖度呈先上升后下降的趋势,并在 7 月达到峰值,为 81.77%,9 月最小,为 49.45%;山地草甸和高寒草甸的平均覆盖度也是 7 月最大,分别为 82.38%和 81.33%;6—8 月的草地平均覆盖度以 I 级为主,分别占全县草地面积的 65.53%、93.32%和 69.84%,9 月以 II 级为主,占比为 58.74%。根据样地样方实测数据与相应点影像 NDVI 提取值,建立 6—9 月产量估测模型,各月全县和各草地类型的可食牧草干草平均产量呈现逐步增大的趋势,9 月产量最高。

关键词:NDVI; 植被覆盖度; 草产量分级

中图分类号:S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)05-0038-08

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2021.05.006

草地资源评价工作,首先要对其基础情况进行全面的调查,我国在 20 世纪 80 年代组织实施了第一次草原普查工作,首次摸清了全国草原资源底数,为进一步落实草原承包经营、草原保护建设等发挥了重要作用。经过近 40 年自然条件的变化和人为因素的干扰,部分草地生态系统已经发生了较大的变化和演替,草地面积、植被覆盖度、草地生产力、草地类型以及草地载畜量等都发生较大的变化,这就需要对现阶段草地资源的动态特征进行全新的调查评价。我国草地面积大、类型多,传统的调查方法难以适应大面积的调查工作。通过 MODIS (Moderate-resolution Imaging

Spectroradiometer)遥感手段对草地资源进行调查的技术方法越来越成熟,这是由于地面植物对太阳光的红光与近红外光有吸收和反射作用,植被指数对两者波段有机组合,能够较好地反映出植物生长状况、植被覆盖度和生物量等季节变化特征^[1],是草地监测和评价草地工作中的首选指标,其中归一化植被指数 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 的应用较为广泛^[2]。俞慧云^[3]、王浩^[4]等的研究表明 NDVI 像元二分关系模型和回归模型能够很好地反映出草地的植被覆盖度和产草量,为长期制约草地生长季动态跟踪与动态监测提供了可能。

本研究利用遥感技术手段,快速精确且经济地获取了碌曲县草地植被的相关信息,同时结合地面样地调查,对全县 2018 年草地的植被覆盖度和草产量的变化进行了研究,以期遥感技术手段在草地生长季植被覆盖度与生产力动态监测与评估中的推广应用提供重要参考,也可为进一步掌握该县草地生长季动态变化状况,为当地的草原资源规划管理、合理利用和生态保护等提供科学依据。

收稿日期:2020-12-09; **修回日期:**2021-03-31

基金项目:甘肃省草原技术推广总站(LCKJ001);2020 年度省级林业和草原科技项目(2020kj081)

作者简介:王延(1990-),男,甘肃会宁人,畜牧师,硕士研究生。E-mail:1547461944@qq.com

曹文侠为通讯作者。

E-mail:caowx@gsau.edu.cn

1 材料和方法

将遥感测量与地面调查相结合,利用地面数据验证同期的 MODIS-NDVI 数据,选择像元二分模型和回归模型对碌曲县 6—9 月草地植被盖度和草产量的变化进行研究和评价。

1.1 研究区概况

碌曲县位于 N 33°57′~34°48′,E 101°36′~102°58′的甘肃省东南部、青藏高原东边缘。属于青藏高原气候带高原湿润气候区,春秋短促,冬长无夏,高寒阴湿,年均温度 2.3℃,无绝对无霜期。年降水量 580~980 mm,年蒸发量 1 200~1 350 mm。

碌曲县拥有天然草地 37.55 万 hm²,占全县土地总面积的 96.1%,包括分布在海拔 2 800~4 500 m 的尕海乡、郎木寺镇、玛艾镇、拉仁关乡、西仓乡、双岔乡、阿拉乡、李恰如牧场等地。境内地形地貌及气候的变化,直接影响着植被的分布和自然配置,构成当地草地类型的多样性,全县草地划分为 2 类 10 型。受气候因素影响,全县的植物种类以草本和灌木为主,主要有莎草科(Cyperaceae)、禾本科(Gramineae)、蓼科(Polygonaceae)、菊科(Compositae)、豆科(Leguminosae)、蔷薇科(Rosaceae)、毛茛科(Ranunculaceae)、玄参科(Scrophulariaceae)、龙胆科(Gentianaceae)、十字花科(Brassicaceae)、石竹科(Caryophyllaceae)、紫草科(Boraginaceae)、唇形科(Labiatae)和杜鹃花科(Ericaceae)等,其种类较为丰富。

1.2 数据源及数据处理

1.2.1 数据源及数据格式 采用 MODIS 卫星 MOD13Q1 的 16 d 合成数据(H6V05),空间分辨率 250 m,构建当地植被盖度的像元二分模型和草产量的回归模型,时间序列为 2018 年 6—9 月,数据来源 USGS(United States Geological Survey)遥感影像。

1.2.2 数据处理 数据处理时,用 ENVI(The Environment for Visualizing Images)和 ArcGIS 软件对研究区地理数据进行纠正、转换、裁切和建模等一系列处理,同时,为了有效剔除数据集中的噪声,将得到的 MODIS-NDVI 数据采用 S-G(Savitzky-Golay)滤波法去除大气、云等的影响,以提高研究的精度。

1.3 地面调查时间及内容

采用路线调查法,于 2018 年 6—9 月,每月下旬沿

着固定的路线,进行地面样方监测,设置了 38 个样地,114 个样方的定位测定,调查路线穿越碌曲县草地代表性区域,测定结果视为 6—9 月可食牧草生长性能指标,外业调查记录样方地的草地类、草地型、植被盖度、草丛高度、可食牧草干草产量、样方点的经纬度坐标等,主要用于验证盖度模型精度。

1.4 植被盖度计算指标

1.4.1 草地盖度反演 通常来说,植被盖度与相应区域植被指数之间存在显著正相关^[4-5],以 NDVI 为基础,建立植被盖度像元二分模型能够较好地反演草地植被盖度^[6-7],将 NDVI 按月、季或年中各旬数据取最大值,是一种有效的 NDVI 遥感数据合成方法,能够减少云、多气溶胶像元的选择,进一步消除云、大气、太阳高度角等干扰^[8-9],得到 NDVI 最大有效值。

$$\text{盖度} = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{MIN}}) / (\text{NDVI}_{\text{MAX}} - \text{NDVI}_{\text{MIN}})$$

NDVI_{MAX} 和 NDVI_{MIN} 分别代表纯植被和裸地的 NDVI 值。以累计百分数 0.5%~99.5% 为置信区间,其中小于 0.5% 的为近似纯土壤区 NDVI_{MIN},大于 99.5% 的为近似纯植物区 NDVI_{MAX}^[10-11]。

1.4.2 盖度模型精度验证 用均方根误差(RMSE)量化模型精度^[12],RMSE 数值越低,则模型精度越高。计算公式如下:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [E(y_i) - y_i]^2}{n}}$$

公式中 E(y_i) 为第 i 个实测值, y_i 为第 i 个模型预测值, n 是观测样本总数。

1.5 草地类型划分

草地类型划分依据最新的采用最新的行业标准《草地分类》^[13],该标准将天然草地类型划分为类、型两级,将原来的 18 个类合并简化为 9 类,其中高寒灌丛草甸归并到高寒草甸。

1.6 产草量估算指标

草地产草量与植被指数显著相关,利用研究区可食牧草鲜重监测数据,结合相应点 NDVI 值,建立不同月份回归估产模型估测其产草量,并对比拟合效果。公式为

$$\text{产草量} = f(X_{250})$$

X₂₅₀ 为空间分辨率 250 m 相应点的 NDVI 值, f 为指数函数。

该模型中对 MODIS 影像进行集合校正、拼接等过程得到样本区域的 NDVI 分布图,其次根据地面样点的采样时间和经纬度信息,在对应时间段的 NDVI 分布图中利用 GIS 技术提取每个采样点的 NDVI 值,再次,在建立 NDVI 与对应草地地面样方鲜草重量数据库的基础上,分区域建立 NDVI 与地面产草量之间的回归方程,即监测模型。利用 ERDAS IMAGINE 软件 Modeler 模块,输入草原类型的估产模型,计算 NDVI 图像上每个像元最高地上产草量。将遥感计算值折算为标准风干重产草量,折算系数根据不同草地类型的风干重系数进行,具体参考《天然草地合理载畜量的计算》中有关规定确定^[14],其中山地草甸和高寒草甸的标准干草折算系数都为 1.00。

表 1 碌曲县分类草地面积占比

Table 1 Proportion of classified grassland area in Luqu County

草地类	草地型	占该类草地面 积比例/%	占全县草地 面积比例/%	各草地类 占比/%
山地草甸	垂穗披碱草(<i>Elymus nutans</i>)、垂穗鹅观草(<i>Roegneria nutans</i>)型	25.34	10.93	43.14
	硬质早熟禾(<i>Poa sphondylodes</i>)、异针茅(<i>Stipa aliena</i>)型	16.36	7.06	
	糙喙苔草(<i>Carex scabrirostris</i>)、禾叶嵩草(<i>Kobresia graminifolia</i>)型	34.35	14.82	
	黑褐苔草(<i>C. atrofusca</i>)、珠芽蓼(<i>Polygonum viviparum</i>)型	23.95	10.33	
高寒草甸	矮生嵩草(<i>K. humilis</i>)、藏嵩草(<i>K. tibetica</i>)型	4.66	2.65	56.86
	矮生嵩草(<i>K. humilis</i>)、金露梅(<i>P. fruticosa</i>)型	3.41	1.94	
	高山嵩草(<i>K. pygmaea</i>)、藏嵩草(<i>K. tibetica</i>)型	11.62	6.60	
	矮生嵩草(<i>K. humilis</i>)、黑褐苔草(<i>C. atrofusca</i>)型	19.03	10.82	
	藏嵩草(<i>K. tibetica</i>)、黑褐苔草(<i>C. atrofusca</i>)型	24.96	14.19	
	线叶嵩草(<i>K. capilliifolia</i>)、珠芽蓼(<i>P. viviparum</i>)型	36.33	20.66	

2.2 植被盖度与可食牧草干草产量变化

全县及各乡镇 6、7 月植被平均盖度大于 8、9 月,其中 7 月底达到最大 95.79%,9 月最小为 91.64%,6 月较低于 7 月为 94.03%(表 2),8 月为 94.02%。由于地面样方的测定是在每个月的下旬进行的,草原在

2 结果与分析

2.1 全县草地分类及面积占比

碌曲县复杂的地形地貌和多变的气候,直接影响了植被的分布和自然配置,构成草地类型的多样性,根据行业标准《草地分类》(NY/T 2997-2016):全县草地划分为高寒草甸类和山地草甸类 2 类,高寒草甸类面积为 22.49 万 hm^2 ,山地草甸类面积为 15.06 万 hm^2 ,分别占全县草地总面积的 56.86%和 43.14%(表 1)。各类草地分为 10 个型,其中山地草甸中苔草、杂类草型草地占比最大,高寒草甸中线叶嵩草、杂类草型草地占比最大。除此之外,林地和耕地面积分别为 1.71 万 hm^2 和 0.3 万 hm^2 。

5 月中下旬开始返青,6 月下旬已经生长 1 月之余,牧草的茎叶得到较为充足的生长发育,7 月降水和温度达到最大,牧草进入生长旺季,植被盖度达到最大,而 8 月底则温度开始降低霜降逐步加重,牧草减缓生长并转向枯黄,植被盖度开始下降,9 月底停止

表 2 碌曲县监测样方草地平均植被盖度与可食牧草干重

Table 2 Mean vegetation coverage and dry weight of edible herbage in monitored quadrat grassland in Luqu County

行政区域	6 月		7 月		8 月		9 月	
	平均盖度/%	可食牧草 干草重/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)						
尕海镇	92.20±2.86	336.60±11.37	95.62±2.02	687.20±16.45	93.86±1.96	700.70±33.24	91.25±1.66	782.00±22.30
拉仁关乡	94.38±2.00	360.10±7.40	95.8±4.96	524.00±10.45	94.33±1.70	781.50±12.16	92.00±2.53	903.20±24.20
郎木寺镇	94.54±3.05	206.30±10.01	95.92±1.26	492.00±17.43	93.89±3.54	593.10±15.57	91.12±2.28	646.00±13.01
玛艾镇	94.00±3.16	391.90±6.80	95.82±5.28	510.00±18.84	94.00±2.27	830.00±27.66	92.20±1.88	962.50±24.12
全县平均	94.03±2.94	302.70±12.06	95.79±4.34	561.30±19.38	94.02±3.57	674.40±25.47	91.64±1.87	823.43±17.46

生长进入枯黄期,草地盖度低于6—8月。就各监测样方的可食牧草干重而言,全县和各乡镇6—9月均是逐渐增大,这与随着生长时间的增长,牧草中所含的纤维素等逐步增大有一定的关系,其中,拉仁关乡的整体大于其他各乡镇,郎木寺镇的小于其他乡镇。

2.3 植被盖度变化与估测模型

2.3.1 像元二分模型盖度 利用NDVI的像元二分模型对全县不同的草地类型6—9月的植被平均盖度变化进行计算,全县整体草地平均盖度、山地草甸和高寒草甸的平均盖度均是7月达到最高,分别为81.77%,82.38%和81.33%,9月份最低,分别为49.45%,52.27%和47.32%,6月和8月平均盖度低于7月而高于9月(图1)。同时,不同草地类型的植被平均盖度相互之间差异不显著,整体呈现先增后降的单峰变化趋势,皆是以7月最高,这与7月降水量及热量最高有一定关系。

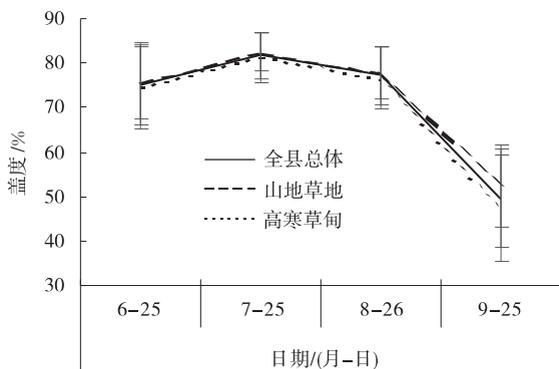


图1 全县及各类型草原平均盖度动态

Fig. 1 Dynamic change of average coverage of grassland in the County

根据研究区地面测定的样方数据对像元二分模型精度进行验证,6—9月的均方根误差(RMSE)12.68~18.57,估测精度均在81%以上,其中6月的估测精度最高(87%)。

2.3.2 草地盖度分级变化 将研究区草地植被盖度(F)按25%的梯度分为I~IV四个等级,分别为I级(75% < F ≤ 100%)、II级(50% < F ≤ 75%)、III级(25% < F ≤ 50%)和IV级(F ≤ 25%)4个等级。6—8月草地平均盖度均以I级为主,占比分别为65.53%、93.32%和69.84%,II级草地占比分别为32.05%、6.37%和29.65%,III级草地占比分别为1.98%、0.31%和0.50%,IV级草地占比分别为0.44%、0.00%和0.01%;9月草地平均盖度以II级为主,III级次之,

I级最小,占比分别为58.74%、35.90%、0.20%。同时,山地草甸和高寒草甸6~8月都是I级草地占比最大,IV级最小,且I级草地占比最大的月份都是7月,分别为95.18%和91.92%;9月份II级草地占比最大,I级最小(表3)。这与天气转冷,牧草停止生长逐渐枯萎等因素有关。

表3 全县及不同类型草地盖度等级占比

Table 3 Proportion of grassland coverage classes of different types in the whole county %

类型	月份	盖度等级			
		IV级	III级	II级	I级
全县	6	0.44	1.98	32.05	65.53
	7	0.00	0.31	6.37	93.32
	8	0.01	0.50	29.65	69.84
	9	5.16	35.90	58.74	0.20
山地草甸	6	0.20	1.61	30.22	67.97
	7	0.00	0.07	4.75	95.18
	8	0.02	0.25	25.00	74.73
	9	2.04	28.97	68.72	0.28
高寒草甸	6	0.62	2.27	33.47	63.64
	7	0.00	0.50	7.58	91.92
	8	0.01	0.69	33.16	66.14
	9	7.52	41.18	51.17	0.13

2.4 牧草产量变化与估测模型

将研究区草地干草产量按750 kg/hm²的比例划分为1~7级,分别为:7级 < 750 kg/hm²、750 kg/hm² ≤ 6级 < 1 500 kg/hm²、1 500 kg/hm² ≤ 5级 < 2 250 kg/hm²、2 250 kg/hm² ≤ 4级 < 3 000 kg/hm²、

表4 碌曲县6~9月草地可食牧草干草平均产量

Table 4 Average hay yield of edible grass in Luqu County from June to September

时间	类型	总产量/ (×10 ⁶ kg)	单位面积产量/ (kg · hm ⁻²)	单位面积产 量标准差
6月	全县	493.91	1 247.40	17.06
	山地草甸	215.38	1 260.45	16.11
	高寒草甸	278.53	1 237.20	17.74
7月	全县	773.65	1 956.00	27.32
	山地草甸	341.47	2 001.15	25.02
	高寒草甸	432.33	1 922.25	28.73
8月	全县	1 010.21	2 554.05	14.16
	山地草甸	439.58	2 576.10	12.69
	高寒草甸	570.69	2 537.40	15.08
9月	全县	1 111.05	2 809.05	50.08
	山地草甸	513.54	3 009.45	48.10
	高寒草甸	597.87	2 658.30	49.18

$3\ 000\ \text{kg}/\text{hm}^2 \leq 3\ \text{级} < 3\ 750\ \text{kg}/\text{hm}^2$, $3\ 750\ \text{kg}/\text{hm}^2 \leq 2\ \text{级} < 4\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$, $1\ \text{级} \geq 4\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。建立产草量回归模型对全县 6~9 月产草量进行估算,干草产量分别为 1 247. 40、1 956. 00、2 554. 05 和 2 809. 05 kg/hm^2 ,全县及各类型草地的可食牧草干草产量呈现逐步增大的趋势(表 4)。同期比较来看,平均草产量山地草甸各个时期的都高于高寒草甸,而总产草量山

地草甸的低于高寒草甸。

对全县 6—8 月草地的干草产草量进行产草量等级划分,6 月份全县的产量以 6 级为主,5 级次之(图 4-A);7 月以 5 级为主,4 级次之(图 4-B);8 月则以 4 级草地最多(图 4-C),随着生长季节的推移,其可食牧草干草重量逐步增大。

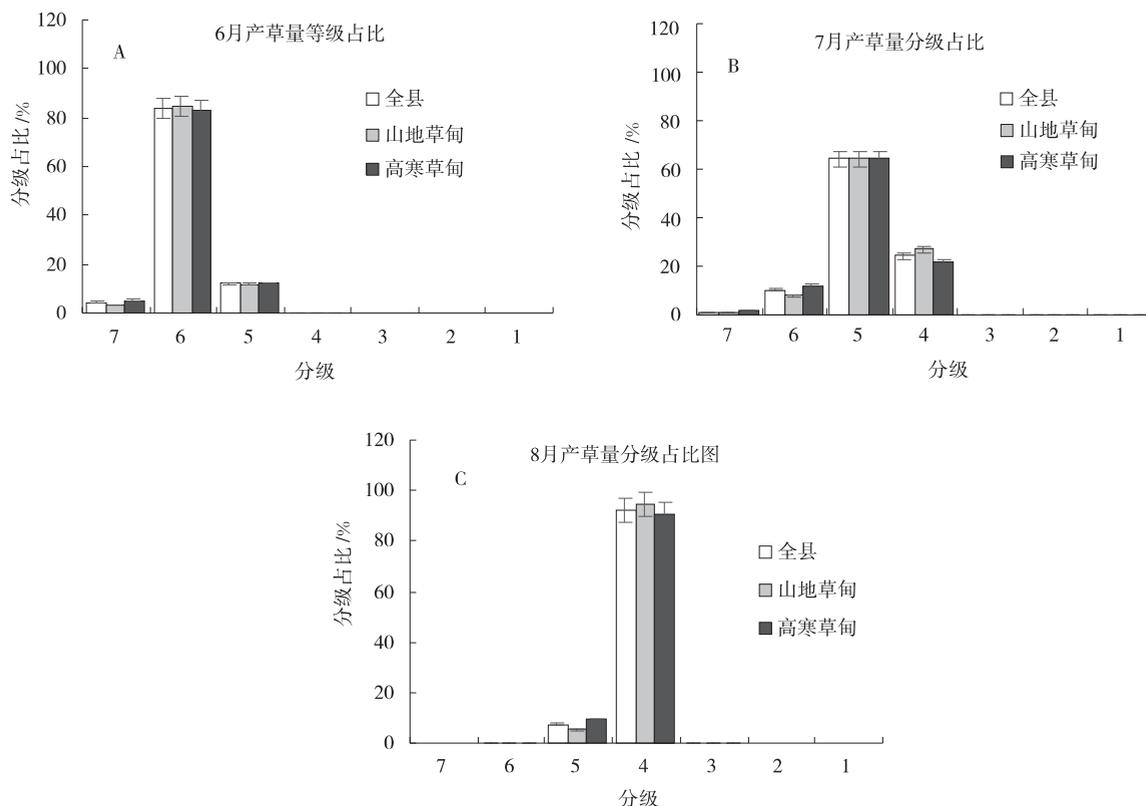


图 2 碌曲县 6~8 月份牧草产量分级

Fig. 2 Classification map of forage yield in Luqu county from June to August

根据样地样方实测数据与相应点影像 NDVI 提取值建立 6—8 月产量估测模型,其可食牧草干草产量与 NDVI 之间采用指数关系式,表达式详见表 5。其中 R^2 值越大,则表示拟合效果越好,拟合的函数愈逼真,愈接近实际情况,各模型中 6 月份的 R^2 最大。

表 5 碌曲县 6~8 月草地 NDVI 估算模型

Table 5 NDVI estimation model of grassland in Luqu County from June to August

月份	NDVI 估算模型	R^2	样本数
6	$y = 9.5938e^{2.8428x}$	0.52*	33
7	$y = 1.7223e^{5.2498x}$	0.51*	38
8	$y = 58.4588e^{1.3796x}$	0.51*	34

注: y 为预测的产草量, x 为 NDVI 值; * 为相关系数通过显著性 $\alpha = 0.01$ 的 t -检验

3 讨论

草地资源研究中基础情况的调查尤为重要,历时十年的第一次全国草原资源普查首次摸清了我国草原资源的基本状况^[15],但经过 40 年自然条件的变化和人为因素的干扰,部分草地已经发生微妙变化,原有的调查数据已经不能全面、准确地反映现有草地的生长状况。而现阶段 MODIS 遥感技术,为大范围快速、有效、精确地测量草地资源提供了有力的技术支持和保障。研究表明,植被盖度与 NDVI 之间存在显著关系^[16],王浩^[17]等利用 MODIS-NDVI 数据构建像元二分模型研究甘南州草地 2000—2008 的盖度变化,结果表明,植被盖度总体呈下降趋势,其中 2000、2004 和 2008 年的植被盖度分别为 62.08%、63.32% 和

62.25%，李文龙等^[18]利用该模型研究了玛曲县 2000、2002、2004、2006 和 2008 年高寒草甸的植被盖度变化，也得出优等植被退化严重且植被盖度呈总体下降趋势，各年份植被盖度分别为 66.17%、56.41%、57.34%、77.38% 和 58.93%。本研究结果显示：碌曲县总的植被平均盖度、山地草甸和高寒草甸的平均盖度均是 7 月达到最高，分别为 81.77%、82.38% 和 81.33%，9 月份最低分别为 49.45%、52.27% 和 47.32%，6 月和 8 月平均盖度低于 7 月而高于 9 月。全县 6—9 月的草地植被盖度呈现先上升后下降的趋势，并在 7 月达到峰值，且 6—8 月均以 I 级占比最大，受气候等的影响，9 月 II 级盖度的占比增大。马琳雅^[19]测定的 2001—2011 年甘南州各年份 6—8 月份的盖度范围为 72.35%~83.42%、86.43%~90.28%、85.84%~89.17%，整体具有由高植被盖度向较高植被盖度转换的趋势，且各年份以 7 月最高，本研究中碌曲县 7 月植被盖度最高，与该观点结果一致。

产草量直接影响草地的承载力，也是衡量草地退化程度的一个指标。草地产草量测定常采用实测产量法和遥感评估法，虽然实测产量法较为准确，但耗时费力，一般多用于草地产草量的采样调查^[20]，近 20 年的研究历史表明利用遥感手段估算牧草产量是可行的，该方法将地面调查与遥感相结合，进行大范围、快速草地生产力监测，能够实现由点到面的扩展，同时可以利用 NDVI 的时间序列资料较好的评估牧草产量的季节变化等规律，已成为近年来草地资源及生产力动态监测的发展方向。俞联平等^[21]利用 TM 影像 NDVI 和 SAVI 分别反演了永昌县、甘州区和肃州区草原区和荒漠草原区草地生产力。陈进发等^[22]基于 TM-NDVI 的草地生产力监测表明，监测样点生物量与 NDVI 相关系数达 0.7 以上。万里强等^[23]利用 MODIS-NDVI 和地面调查数据建立了玛曲县产草量回归模型，计算了全县及各乡镇的产草量。本研究结果表明：碌曲县 6—9 月全县干产草量分别为 1 247.40、1 956.00、2 554.05 和 2 809.05 kg/hm²，总产量山地草甸低于高寒草甸，平均产草量山地草甸高于高寒草甸；6—8 月可食牧草干草产量分级主要处在 6 级到 4 级之间，其中 6 月以 6 级为主，7 月以 5 级为主，8 月以 4 级为主，随着生长季节的推移，可食牧草的干草重呈现出逐步

增大的趋势。碌曲县西部以高寒草甸面积居多，并有一定数量的沼泽化草甸，中北部以高寒草甸类和山地草甸类为主，东北部有小面积林间草甸，牧草产量空间分布与草地的类型紧密相关，全县草地产草量达到 1 级标准的很少，多分布在沼泽地带附近。牧草的高产和中产区(单产 > 2 250 kg/hm²)多分布在中北部，西部海拔最高，年低温相对低于其他地区，属于低产区(单产 < 750 kg/hm²)。

碌曲县第一次草原普查结果拥有天然草地毛面积 41.90 万 hm²，分为高寒草甸和高寒灌丛草甸两个草地类，占比分别为 11.31% 和 88.69%^[15]。本研究中对草地类型划分时采用最新的行业标准《草地分类》(NY/T 2997-2016)，该标准将高寒灌丛草甸归并到高寒草甸，此次通过遥感影像测量出碌曲县草地面积为 37.55 万 hm²，较第一次普查结果减少 4.35 万 hm²，同时根据水热指标划分出了 15.06 万 hm² 的山地草甸和 22.49 万 hm² 的高寒草甸，整体以高寒草甸为主。该结果与准确确定草地界线和完整地勾绘出草地图斑有关，但也不排除因影像图上面个别灌丛和草地界线确认偏差引起的误判^[8]。碌曲县近年来草地植被盖度和生产力整体有所向好转变，这与当地的降水和温度以及采取的系列保护修复技术有一定关系，王建兵^[24]近 40 年甘南草原生命地带偏移趋势及干湿变化研究证明，甘南州的草原气温呈明显上升的趋势，其中以南部的玛曲和碌曲县最为明显，王莺^[25]在气候变化对黄河源区生态环境的影响研究中也提到，黄河源区降水略有增加，气温显著升高。近年来我国实施的国家黄河源区草原生态保护与修复治理项目^[26-27]。使得当地的退化草场得到有效的修复建设和保护，天然草地的植被覆盖度、优良牧草比例和草地初级生产能力得以大幅度提高，恢复多种生态功能，使草地生态系统逐步进入良性循环。扭转了天然草地持续恶化的势头，促进了当地生态、社会和经济的协调发展。

4 结论

本研究基于 MODIS 影像，建立了碌曲县草地 NDVI 的植被盖度像元二分关系模型和产草量回归模型，研究了碌曲县 2018 年的植被盖度和草产量，得出以下结论：

1)建立的植被盖度像元二分关系模型和产草量回归模型,能够较好反映碌曲县2018年草地植被盖度和草产量动态规律。2018年6—9月草地植被平均盖度呈现先上升后下降的趋势,最大值出现在7月,为81.77%;各类草地可食牧草干草产量在6—9月呈现逐步增大的趋势。

2)全县草地有2类,为高寒草甸和山地草甸,其中高寒草甸草地面积为22.49万 hm^2 ,山地草甸草地面积为15.06万 hm^2 ,分别占全县草地面积的59.89%和40.11%。本研究为当地草地生长季动态跟踪与监测,草地资源规划管理、合理利用和生态保护等方面提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 韩万强,靳瑰丽,岳永寰,等.伊犁绢蒿荒漠草地3种主要植物光谱及植被指数改进[J].新疆农业科学,2020,57(5):950—957.
- [2] 李亚刚,李文龙,刘尚儒,等.基于遥感技术的甘南牧区草地植被状况多年动态[J].草业科学,2015,32(5):675—685.
- [3] 俞慧云,俞联平,史静,等.近30年山丹天然草原面积及盖度变化[J].草地学报,2017,25(2):174—181.
- [4] 王浩,李文龙,杜国祯,等.基于3S技术的甘南草地覆盖度动态变化研究[J].草业学报,2012,21(3):26—37.
- [5] 洪钟.基于遥感的三江源退化草地土壤水分的反演[D].西宁:青海大学,2014.
- [6] 夏颖,范建容,李磊磊,等.植被盖度遥感反演模型在稀疏高寒草原的对比研究[J].四川农业大学学报,2017,1(1):37—44.
- [7] Mahesh J, Phadnis Gregory R, Carmichael. Numerical Investigation of the Influence of Mineral Dust on the Tropospheric Chemistry of East Asia[J]. Journal of Atmospheric Chemistry, 2000, 36(3): 285—323.
- [8] 杨林平,俞慧云,俞联平,等.玛曲县天然草原牧草生长盛期植被盖度及变化[J].中国草食动物科学,2020,40(1):22—26.
- [9] 陈进发,陈凯敏,徐剑波.基于TM-NDVI的草地生产力遥感监测研究[J].农业科学与技术:英文版,2011,12(1):119—119.
- [10] Anyamba A, Tucker C J. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981—2003[J]. Journal of Arid Environments, 2005, 63(3): 596—614.
- [11] Defries R S, Townshend J R G. NDVI-Derived Land Cover Classification at a Global Scale[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15(17): 3567—3586.
- [12] 项月琴,田国良.遥感估算水稻产量—I产量与辐射截获量间关系的研究[J].遥感学报,1988,4(6):70—78.
- [13] 中华人民共和国农业部. NY/T 2997-2016, 草地分类[S].北京:中国农业出版社,2016.
- [14] 中华人民共和国农业部. NY/T 635-2002, 天然草地合理载畜量的计算[S].北京:中国农业出版社,2002.
- [15] 甘肃省草原总站. 甘肃省草地资源[M]. 兰州:甘肃省科学技术出版社,1999:496—497.
- [16] 查勇. 草地植被变化遥感监测方法研究—以环青海湖地区为例[D]. 南京:南京师范大学,2003.
- [17] 王浩,李文龙,许静,等.基于遥感技术的高寒草地覆盖度变化[J].草业科学,2011,28(6):1124—1131.
- [18] 李文龙,薛中正,郭述茂.基于3S技术的玛曲县草地植被覆盖度变化及其驱动力[J].兰州大学学报(自然科学版),2010,46(1):85—90+95.
- [19] 马琳雅,崔霞,冯琦胜,等.2001—2011年甘南草地植被覆盖度动态变化分析[J].草业学报,2014,23(4):1—9.
- [20] 俞联平,李昀,李新媛,等.合作市山地草甸草场植被盖度、产草量及养分含量动态研究[J].中国草食动物科学,2019,39(5):31—36+82.
- [21] 俞联平,程文定,李兴海,等.河西走廊3县草地资源现状及生产力评价[J].干旱区研究,2010(5):712—718.
- [22] 陈进发,刘畅,徐剑波.基于TM-NDVI的草地生产力遥感监测研究[J].安徽农业科学,2011,39(1):7365—7366+7407.
- [23] 万里强,李向林,何峰.玛曲草地初级生产力及载畜能力的评价[J].中国农学通报,2012,28(32):6—10.
- [24] 王建兵.近40年甘南草原生命地带偏移趋势及干湿变化[J].应用气象学报,2012,23(5):604—608.
- [25] 王莺,李耀辉,孙旭映.气候变化对黄河源区生态环境的影响[J].草业科学,2015,32(4):539.
- [26] 张丽.生态补偿对农户生计的影响—以甘南黄河水源补给区为例[D].兰州:西北师范大学,2013.
- [27] 王欧.退牧还草地区生态补偿机制研究[J].中国人口资源与环境,2006,16(4):33—38.