

各类型草地生长过程及自然因子特征遥感研究

—以甘肃省为例

温庆可^{1,2}, 张增祥¹, 乔竹萍^{1,2}, 汪 潇^{1,2}

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘 要: 以具有丰富草地类型的甘肃省为研究区, 研究了中国 6 种主要类型草地各自植被生长过程特征并量化分析了影响各类型草地分布的自然因子特征。其中, 6 种草地类型是基于 TM 和 MODIS 两种遥感数据, 综合运用自动分类及决策树分类方法划分而得, 按照分布面积从大到小依次为典型草地、草甸草地、荒漠草地、高寒草甸、高寒草原、灌丛草地。引入了区域平均 EVI 值作为遥感因子, 构建 6 种类型草地生长过程曲线, 揭示各类型草地生长过程及相对生物量之间的差别, 给出遥感划分草地类型的最佳时相。运用空间叠加分析手段, 揭示了各种类型草地分布区的自然因子特征。分析发现水热的配比及海拔是影响草地类型的主导因子, 坡度的影响相对较弱。

关键词: 草地类型; MODIS_EVI; 气温; 降水; 地形; 影响因子; 甘肃

中图分类号: S127

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2009)04-0244-07

Study on Growth Period of Each Type of Grassland and Their Natural Conditions Based on Remote Sensing in Gansu Province

WEN Qingke^{1,2}, ZHANG Zengxiang¹, QIAO Zhuping^{1,2} and WANG Xiao^{1,2}

(1. Institute of Remote Sensing Applications, C A S, Datun Road, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of C A S, 19 (first) Yuquan Road, Beijing 100049, China)

Abstract: Grassland types is abundance in the upstream of Yellow river. Take Gansu province as a sample area, growth period profile of each grassland types are constructed and their distribution area's natural conditions are analyzed. Utilizing the advantages of high temporal resolution of MODIS and high spatial resolution of TM, grassland types are classified to 6 types, including meadow steppe, typical steppe, desert steppe, high-cold meadow steppe, high-cold typical steppe and shrub herbosa. Induce average region based EVI and construct growth period profile, which show, clearly, the differences among 6 grassland types. Thus point out the optimal data to divide 6 grassland types. By overlying cumulative annual precipitation, cumulative annual temperature, elevation and slope on the grassland types, spatial analysis shows that proportion of precipitation and temperature, terrain are the two chief factor affecting grassland types, slope is a weak natural effecting factor.

Key words: Grassland types; MODIS_EVI; Growth period profile; Precipitation and temperature proportion; Temporal profile; Terrain; Gansu

草地是面积最大的陆地生态系统。草地有很多种类, 掌握不同类型草地的生长特点、生境特

征, 在开发、管理、利用草地资源及相关研究中区别对待, 才能使得草地在生态环境建设中发挥最

收稿日期: 2008-10-24 修回日期: 2009-01-13

基金项目: 国家科技基础条件平台建设地球系统科学数据共享网-全国土地覆盖遥感制图、国家科技支撑计划“国家生态恢复重建的综合监测评估关键技术研发”项目(2006BAC08B0405)。

作者简介: 温庆可(1982-), 女, 吉林德惠人, 在读博士。主要从事国土资源遥感, 包括土地利用、土地覆被及其城市遥感等研究。

大的生态效应。草地的生态条件通常较差,传统的野外考察制图方法费时、费力,在及时获得大范围的草地信息方面存在诸多不足。长期以来人们对自然因子与草地类型的关系停留在感性认识和定性分析方面,对二者之间的紧密相关还缺乏深入的定量分析。

遥感作为一种监测技术手段,具有覆盖广、成本低、周期短的特点,遥感技术(RS)与地理信息系统(GIS)空间分析技术相结合,可以实现草地类型与自然因子特征关系的定量研究。利用遥感技术监测草地生长过程及各类型草地的自然因子特征,是必然的趋势。

然而,这里存在很多技术难点。首先,草地的种类十分繁杂,要利用遥感技术,有效地划分草地类型并不容易;其次,如何利用遥感技术提取因子,可以简单明了的反映出各类型草地生长过程的特点,有效揭示各类型草地生长过程的差异;最后,气候因子、地形因子等因素相互联系,共同影响着牧草的生长发育^[1],各类型草地的自然特征如何定量化描述出来。

甘肃省介于北纬 32°11'~42°57'、东经 92°13'~108°46'之间,呈狭长状,是湿润气候向干旱气候过渡的区域,地势自西南向东北倾斜,处于青藏高原向山地、丘陵过渡的地带^[2]。甘肃省草地类型丰富,是全省最大的土地类型,涵盖了中国最主要的 6 种草地类型。以甘肃省为样区进行草地类型与自然因子特征关系研究,具有代表性,是向全国尺度研究扩展的基础。

本文以甘肃省为典型研究区,按照国家科技基础条件平台建设“地球系统科学数据共享网-全国土地覆盖遥感制图”分类系统,利用 MODIS_EVI 遥感时序影像,将甘肃省草地分为 6 个类型:草甸草地、典型草地、荒漠草地、高寒草甸、高寒草原和灌丛草地。基于 MODIS 影像,构建反映草地生物量特征的生长季 EVI 变化曲线,揭示并对比了 6 种类型草地的生长过程的特征。最终着重分析了多年平均降水,多年平均温度,高程、坡度与草地类型的定量关系。

1 草地类型遥感识别分类处理

1.1 数据源分析及预处理

研究中采用的主要遥感数据为美国 LP DAAC(Land Process Distributed Active Archive Center, U. S. A)提供的甘肃省 MODIS 影像植被

指数产品 MOD13Q1,该产品为 250 m 分辨率的 16 天合成植被指数数据,包括归一化植被指数 NDVI 和增强型植被指数 EVI。NDVI 对于叶绿素含量比较敏感,而 EVI 能够更好的反映植被冠层结构^[3],采用 EVI 作为草地类型研究的基本因子。

研究中采用的非遥感数据主要包括 2005 年全国土地利用数据库中草地类型的边界,作为甘肃省草地边界。2005 年底甘肃省土地利用野外考察样点,作为草地类型真值的依据。1:500 000 全国草地资源类型图集^[4],用来验证草地类型划分的分类精度。地形因子的栅格数据,包括 1:250 000 数字高程 DEM 栅格(100 m)数据^[5];1:250 000 坡度栅格(100 m)数据^[5]。气候因子栅格数据,包括 1971—2000 年累年平均年降水量和 1971—2000 年累年平均气温的 1 km 栅格数据^[6],两组数据的获取都是通过空间插值完成的,用来分析草地类型的自然因子特征。

构建甘肃省草地生长季 EVI 时间序列数据集。甘肃省大部分地区野草返青从 3 月底到 4 月初陆续开始,9 月中旬野草开始枯黄^[7]。选择从 2005 年 4 月 7 日—9 月 14 日植被生长期共 12 个时相的 EVI 数据集。对 MODIS-EVI 时间序列影像进行了时间序列谐波分析(HANTS),屏蔽掉云污染的像素,有效地揭示所蕴涵的物候周期性变化规律^[8]。在 ENVI 和 ARCGIS 软件辅助下,将地形因子数据及气候因子数据进行投影转化,使之与遥感数据具有相同标准,并将其重采样到 250 m 空间分辨率。

1.2 草地类型遥感识别分类

应用遥感技术,将草地季相特征作为遥感指示因子,同时结合非遥感辅助特征,增强了各种类型草地之间的可分性。

首先,依据草地类型野外实测点,草地类型资源图集,辅以专家知识,初步提取并建立 6 种草地类型典型季相特征曲线,作为分类依据。

将甘肃省分成 3 次进行迭代自组织聚类,以 50 类为聚类中心(远大于目标类型数 6)并逐个提取自动聚类所得 50 类地物类型的时间谱曲线。依次与 6 种草地类型的时间谱线进行比较。以时间谱曲线形状相似为合并原则,将 50 类聚类结果合并到 6 种草地类型。

黄河干流纵贯省境中部,黄河东西两侧草地类型呈现明显的差异。不同高程草地 EVI 呈现

的规律相差较大,因此以黄河和不同海拔高度范围为分界线,构建 8 个自然区域,分区进行基于相似性原则的类合并。整个过程采用决策树分类方法完成(方法流程及参数选择参考)

从各种草地类型面积比例角度验证,与 1:500 000 草地资源类型图各草地类型的面积比例接近,上下相差不超过 3 个百分点。

从各种草地类型分类混淆矩阵角度验证。以 1:500 000 草地资源类型图作为相对真值,共选择 2680 个点作为验证样本,基于 MODIS_EVI 时间序列影像的甘肃草地分类的总体一致性为 71.41%,Kappa 系数为 0.66。

2 各类型草地生长过程特征分析

基于上述分类策略得到的甘肃省 2005 年草地类型图如图 1 所示。按照各种类型的面积比例从大到小依次为典型草地、草甸草地、荒漠草地、高寒草甸、高寒草原、灌丛草地。

2.1 甘肃省各类型草地分布特征

甘肃省草地类型的主体是典型草地、草甸草地和荒漠草地,占草地面积比例依次为 34.88%、21.59%和 19.57%,主要分布于中低山地、高原、平原区。其中,典型草地集中分布于陇中的黄土高原区及河西走廊狭长地带。河西走廊地势平坦,光热充足,水资源丰富,是甘肃主要的商品粮基地。草甸草地主要分布在陇南山地北部,即渭水以南、临潭、迭部一线以东的山区,是甘肃省牧业发展的重点区域。荒漠草地主要分布于河西走廊以北地带,即惯称的北山山地,是难以耕作利用之地。分布面积次之的是高寒草甸和高寒草原,占草地面积比例分别为 11.97%和 8.99%,主要分布在甘南高原地区及祁连山、阿尔金山带。甘南高原是青藏高原东部边缘一隅地势高耸,气候高寒阴湿,牧草生长季节短,枯草期长,是甘肃省主要畜牧业基地之一。在陇南山地南部,气候温暖湿润的地带,有少量的灌丛草地分布。

甘肃省草地类型水平地带性明显,由东南向西北方向,草地类型由灌丛草地向草甸草地,典型草地和荒漠草地逐渐过渡(图 1)。

2.2 各类型草地生长过程特征分析

植被指数与植被的自然特性的高度相关性已经被证明^[9],本研究采用草地生长季(4—9 月)内各类型草地的 EVI 区域平均值 EVI,反映各草地类型生物量特征的相对关系。在 ENVI 及 SPSS

软件平台上,建立草地类型生长过程 EVI 特征曲线,揭示各草地类型生长过程的特征及其差异性(图 2)。

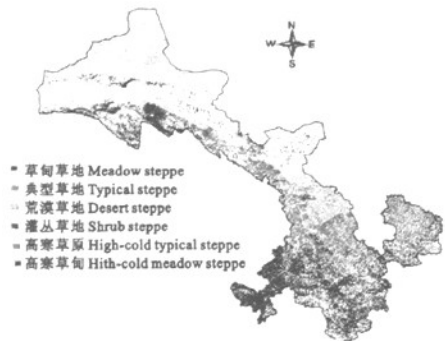
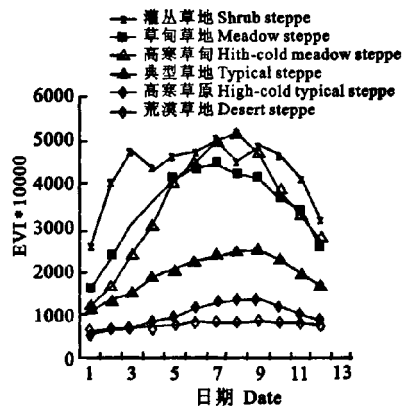


图 1 甘肃省草地资源类型

Fig. 1 The grassland types in Gansu province



横轴(Date axis)1 为 4/7(4 月 7 日), 2 为 4/23, 3 为 5/9, 4 为 5/25, 5 为 6/10, 6 为 6/26, 7 为 7/12, 8 为 7/28, 9 为 8/13, 10 为 8/29, 11 为 9/14, 12 为 9/29

图 2 各类型草地生长过程及生物量特征

Fig. 2 Growth process and average EVI

features of each grassland types

总看 6 种草地类型,生长季内 EVI 较高的类型分别是灌丛草地,高寒草甸及草甸草地;较低的类型分别是典型草地,高寒草原及荒漠草地。

灌丛草地高 EVI 的优势在植被生长最旺季的 7、8 月份并不明显,在 4、5 月份的生长初期及 9 月份的生长末期 EVI 高值优势非常明显。因此,生长初期及生长末期的 EVI 状况,是用以将灌丛草地与其他草地类型区别开来的最佳时相。灌丛草地在甘肃省的分布面积较少,仅占草地总面积的 2.8%,并不是该省草地开发利用及保护的重点。

高寒草甸与草甸草地二者的生长过程 EVI

特征曲线有两个交点,可见高寒草甸的 EVI 值只有在 7、8 月份生长旺季才较高,而草甸草地在整个生长过程 EVI 值保持相对高值,生长期较高寒草甸长,可利用性强,是甘肃省牧业发展的重点区域。

典型草地、高寒草原、荒漠草地三者的 EVI 值依次降低,且在整個生长季都保持着这样的规律。从纵轴方向上的距离可以看出,三者 in 生长旺季的差异要大于生长初期及末期,因此,典型草地、高寒草原、荒漠草地之间的区分,仍要选择生长旺季的 EVI 数据。其中最低值的荒漠草地,生长旺季的平均 EVI 值仅有 0.0794,是草地生物量最低的一个类型,也是最难以利用的草地类型。

草地 EVI 值特征,为学者应用遥感手段进行草地监测等相关研究提供了思路和方法。除此之外,探索 6 种草地类型呈现出的生长过程特征,为各种草地类型的开发利用及保护提供参考,为整体规划行业发展提供科学依据。

3 各类型草地的自然因子特征量化分析

甘肃省草地资源以天然草地为主,其分布特征的形成主要受自然因子的影响。在诸多自然因子中,气候因子和地形因子是最主要的两个影响因子。气候因子中降水和温度是影响地表植被最主要的两个因子,即通常所说的水热组合状况。地形因子主要包括海拔高度、坡度、坡向等地形因素。本文将草地类型与多年平均的降水(图 3)、多年平均气温(图 4)及海拔高度(图 5)坡度(图 6)进行空间叠加分析,分别计算 6 种草地类型在不同的降水条件、不同的温度条件、不同的海拔及坡度条件下的分布面积比例揭示甘肃省各类型草地发育的水热组合条件特征及地形特征。

3.1 气候特征

水热条件的结合状况会对植物光合作用产生深刻影响^[10],在影响东亚中纬度温带草原的各气候因素中,水热因子最为关键^[11]。甘肃省各类型草地在不同等级的气温及不同等级降水条件下分布的面积比例如图 7 所示。单独看气温曲线,或单独看降水曲线,有些类型之间曲线走势十分相近,特征差异不明显。将气温与降水曲线叠加在一起,即分析水热配比特征,位于黄河上游的甘肃省境内的各种草地类型,均具有各自不同的水热配比特征。其中草甸草地与典型草地要求水热条件二者均适中,主要分布在 0.4~10℃ 的温度范

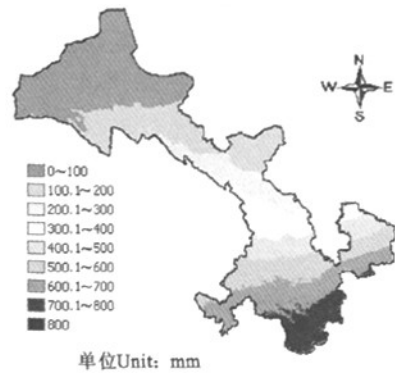


图 3 甘肃省 1971—2000 年累年平均年降水量
Fig. 3 Average cumulative annual precipitation from 1971 to 2000 in Gansu

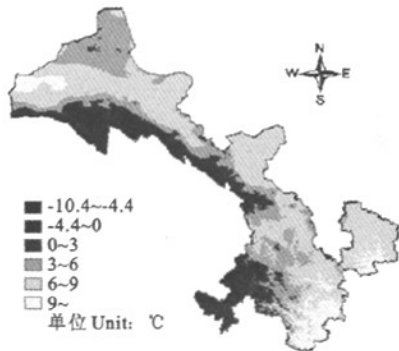


图 4 甘肃省 1961—1990 累年平均气温
Fig. 4 Average cumulative annual temperature from 1961 to 1990 in Gansu

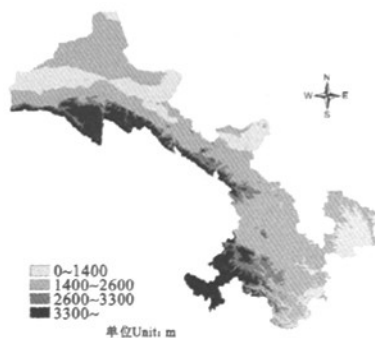


图 5 甘肃省数字高程分级

Fig. 5 Classification map of DEM in Gansu

围,草甸草地分布区比典型草地的降水条件要好,前者集中在 450~800 mm 之间,后者为 150~650 mm 之间。荒漠草地与高寒草甸是一对水热条件特征恰好相反的类型。荒漠草地主要发育在高温少雨的干旱区,集中分布在的 3.6~10℃ 温度范围和小于 200 mm 的降水量范围内。高寒草

甸则分布在低温多雨区,温度范围和降水范围分别为 $-4.4\sim 2^{\circ}\text{C}$ 和 $500\sim 750\text{ mm}$ 。高寒草原与灌丛草地是另一对水热条件特征相反的类型。高寒草原发育的水热特征是低温少雨,其温度范围与高寒草甸相近,降水条件略好于荒漠草地。灌丛草地的发育特征则是高温多雨,接近于亚热带的气候类型特征。

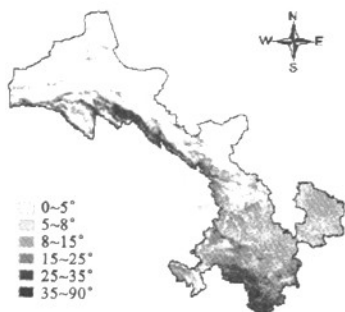


图 6 甘肃省 DEM 坡度分级

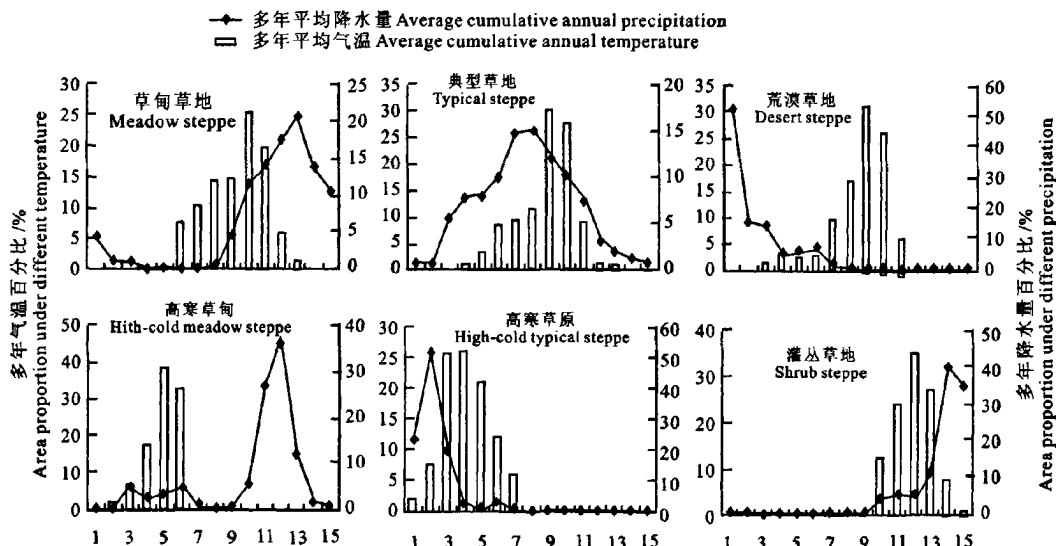
Fig. 6 Classification map of slope in Gansu

3.2 地形特征

作为生境条件的一种综合指示,地形特征是一个包括海拔、坡向和坡度等因子的多维变量,它

不但是描述地貌形态的基本参数,也决定光、热、水、土壤等植被生境中其它要素的空间分布,直接影响植被垂直带谱、群落分布以及种群格局的主导因子^[12-13]利用地形特征的差异性,可以来揭示各类型草地的分布规律,了解自然因素对草地类型的影响。甘肃省 6 种草地类型分布面积与海拔和坡向的两个地形因子的关系如图 8、9 所示。

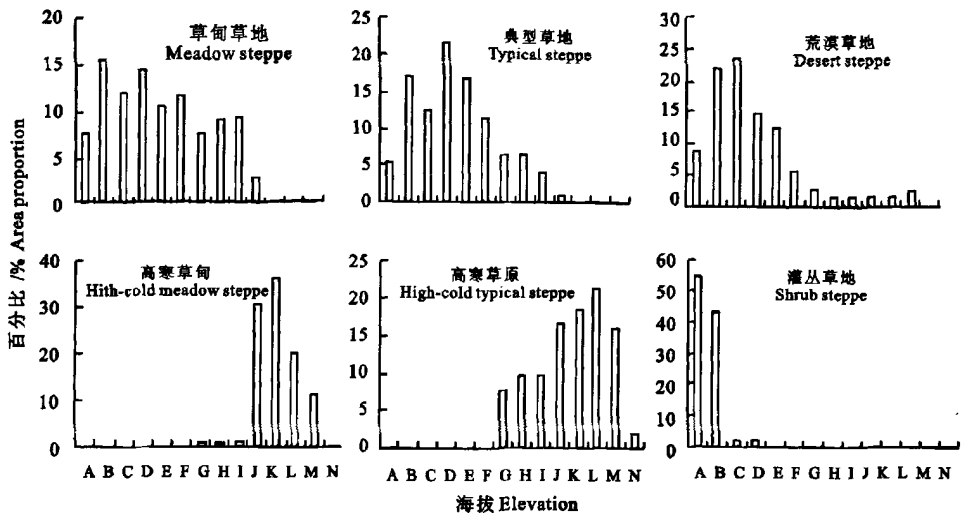
甘肃省 6 种草地类型分布的海拔范围特征显著(图 8),高寒草甸集中分布于海拔大于 $3\,250\text{ m}$ 的高原及山地、高寒草原分布范围的海拔下限要低于高寒草甸,约为 $2\,500\text{ m}$ 的高原及山地,主要是甘南高原和祁连山地。草甸草地分布于 $3\,000\text{ m}$ 以下的中低山、典型草地多数分布于 $2\,750\text{ m}$ 以下的中低山,分布范围海拔上限要低于草甸草地。约有 80% 的荒漠草地分布于海拔 $2\,250\text{ m}$ 以下的北山山地地区及陇中黄土高原地区,另外 20% 的荒漠草地,分布于高海拔范围, $2\,750\sim 4\,000\text{ m}$ 之间都有分布。灌丛草地则只分布于 1500 m 以下的低山丘陵地带。总体来看,6 种草地类型分布区域的海拔范围呈现一定的规律,由高到低依次为高寒草甸、高寒草原、草甸草地、典型草地、荒漠草地、灌丛草地。



多年平均降水量的横轴(average cumulative annual precipitation axis)1 为 $<100\text{ mm}$; 2 为 $100\sim 150\text{ mm}$; 3 为 $150\sim 200\text{ mm}$; 4 为 $200\sim 250\text{ mm}$; 5 为 $250\sim 300\text{ mm}$; 6 为 $300\sim 350\text{ mm}$; 7 为 $350\sim 400\text{ mm}$; 8 为 $400\sim 450\text{ mm}$; 9 为 $450\sim 500\text{ mm}$; 10 为 $500\sim 550\text{ mm}$; 11 为 $550\sim 600\text{ mm}$; 12 为 $600\sim 650\text{ mm}$; 13 为 $650\sim 700\text{ mm}$; 14 为 $700\sim 750\text{ mm}$; 15 为 $>750\text{ mm}$ 。多年平均气温的横轴(average cumulative annual temperature axis)1 为 $<-6^{\circ}\text{C}$; 2 为 $-6\sim -4.4^{\circ}\text{C}$; 3 为 $-4.4\sim -2.8^{\circ}\text{C}$; 4 为 $-2.8\sim -1.2^{\circ}\text{C}$; 5 为 $-1.2\sim 0.4^{\circ}\text{C}$; 6 为 $0.4\sim 2^{\circ}\text{C}$; 7 为 $2\sim 3.6^{\circ}\text{C}$; 8 为 $3.6\sim 5.2^{\circ}\text{C}$; 9 为 $5.2\sim 6.8^{\circ}\text{C}$; 10 为 $6.8\sim 8.4^{\circ}\text{C}$; 11 为 $8.4\sim 10^{\circ}\text{C}$; 12 为 $10\sim 11.6^{\circ}\text{C}$; 13 为 $11.6\sim 13.2^{\circ}\text{C}$; 14 为 $13.2\sim 14.8^{\circ}\text{C}$; 15 为 $>14.8^{\circ}\text{C}$ 。

图 7 甘肃省各类型草地在不同水热配比下的分布面积比例

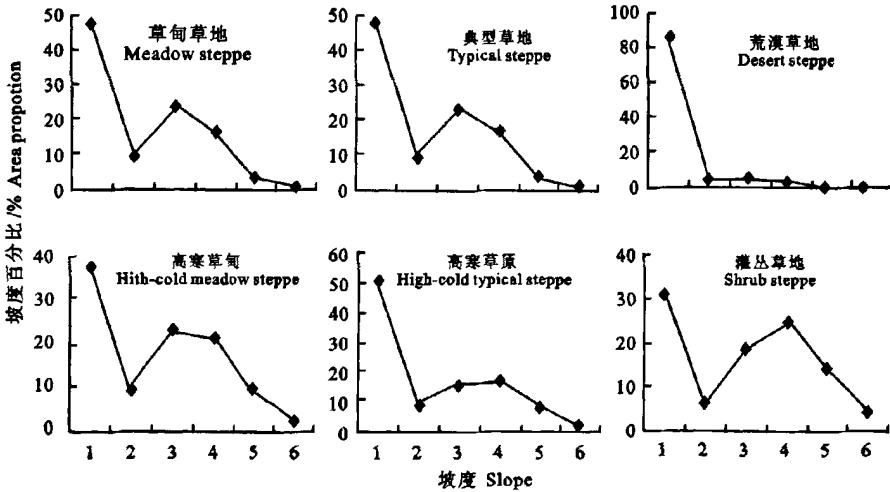
Fig. 7 Area proportion of each grassland types under different condition of average cumulative annual precipitation and temperature in Gansu province



横轴 (elevation axis) A 为 <1250 m; B 为 1 250~1 500 m; C 为 1 500~1 750 m; D 为 1 750~2 000 m; E 为 2 000~2 250 m; F 为 2 250~2 500 m; G 为 2 500~2 750 m; H 为 2 750~3 000 m; I 为 3 000~3 250 m; J 为 3 250~3 500 m; K 为 3 500~3 750 m; L 为 3 750~4 000 m; M 为 4 000~4 500 m; N 为 >4 500 m

图 8 甘肃省各类型草地在不同海拔高度的分布面积比例

Fig. 8 Area proportion of each grassland types under different elevations in Gansu province



横轴 (slope axis) 1 为 <0~5°; 2 为 5~8°; 3 为 8~15°; 4 为 15~25°; 5 为 25~35°; 6 为 35~90°

图 9 甘肃省各类型草地在不同坡度下的分布面积比例

Fig. 9 Area proportion of each grassland types under different slopes in Gansu

甘肃省 6 种草地类型分布的坡度范围特征之间区别不显著(图 9)。各种类型草地均在平坦的地区(坡度小于 5°)分布面积最大,随着坡度的增加而分布面积逐渐减少。各种类型草地均在 5~8°的坡度条件下有一个陡降点,一定程度的受甘肃省坡度条件特点的影响,即全省的坡度分布在 5~8°范围内的地区较少。荒漠草地随着坡度的增大,分布面积减少的最为明显,85%以上分布在

平坦地区。草甸草地与典型草地,在坡度大于 25°的地区分布面积急剧减少,面积比例不到 5%。相比之下,高寒草甸与高寒草原分布的坡度范围更宽一些,在 25~35°之间也有一定的分布面积。由于黄土高原沟壑区地貌的特殊性,区内基本没有地表水系,且地下水资源埋藏较深,可利用的水资源主要是自然降水。在黄土高原沟壑区,山地坡度大,极易形成地表径流,不易积蓄水

分,造成土壤水分含量低,不宜于植物生长。因此,坡度大于 35° 的地带,各种草地类型分布面积均非常少。

4 小结

甘肃省草地面积约为 13.925 万 km^2 ,按照各种类型的面积比例从大到小依次为典型草地、草甸草地、荒漠草地、高寒草甸、高寒草原、灌丛草地。6 种草地类型生长过程 EVI 特征曲线揭示了各类型的生物量特征,生物量较高的类型分别是灌丛草地,高寒草甸及草甸草地;较低的类型分别是典型草地,高寒草原及荒漠草地。高寒草甸与草甸草地二者的生长过程 EVI 特征曲线出现两个交点。初步分析,7、8 月份生长最旺季,高寒草甸的 EVI 值要大于草甸草地,是由于高寒草甸多分布于高原区,地势相对平坦,草甸发育好,草甸草地多分布于中低山地,水土流失比前者要强,影响草地植被覆盖度,反映在遥感影像上 EVI 值低于高寒草甸。这一现象有待进一步科学的分析与探讨。

从区域平均 EVI 值所反映出的各种草地类型之间的区别,对学者应用遥感手段进行基于草地类型的相关研究具有指导性作用。灌丛草地、高寒草甸和草甸草地 3 种类型与典型草地、高寒草原和荒漠草地 3 种类型,可以利用生长旺季的 EVI 值区分开来。灌丛草地、高寒草甸和草甸草地之间的区分,应该选择生长初期,即 4 月底 5 月初时相的 EVI 数据。典型草地、高寒草原、荒漠草地之间的区分,仍要选择生长旺季的 EVI 数据。

甘肃省 6 种草地类型生境因子之间差异明显。水热的配比关系比单一的水分和温度与草地类型具有更紧密的关系。草甸草地与典型草地要求水热条件二者均适中,二者分布生境因子属相似型。荒漠草地与高寒草甸,高寒草原与灌丛草地是两对水热条件特征恰好相反的类型。荒漠草地主要发育在高温少雨的干旱区,高寒草甸则分布在低温多雨区。高寒草原发育的水热特征是低温少雨,灌丛草地的发育特征则是高温多雨。

地形因子中,海拔高度对草地类型的影响要大于坡度的影响。甘肃省 6 种草地类型呈现较明

显的垂直地带性分布,从低到高依次为灌丛草地、荒漠草地、典型草地、草甸草地、高寒草原、高寒草甸。各类型草地分布范围的坡度特征差异不显著。各种类型草地均在平坦的地区(坡度小于 5°)分布面积最大,随着坡度的增加而分布面积逐渐减少。

致谢:感谢中国科学院寒区旱区环境与工程研究所顾长珍研究员等提供的野外实测样点数据。感谢中国科学院遥感应用研究所申嵩博士及刘翔博士为本研究提供的诸多思路 and 想法。

参考文献:

- [1] 汪青春,周陆生.黄河上游气候因子对天然牧草产量的影响及最佳人工增雨期的选择[J].青海气象,2001(2):28-31.
- [2] 甘肃人民政府网. <http://www.gansu.gov.cn/> [EB].
- [3] Huete A, Justice C, Leeuwen W V. Modis Vegetation Index (MOD13) Version 3. Algorithm Theoretical Basis Document [Web], http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd_mod13.pdf, 1999.
- [4] 宛敏渭.中国自然历史选编[M].北京:科学出版社,1986.
- [5] 中国科学院,国家农业部. 1:500 000 中国草地资源图集[CP/DK]
- [6] 中国科学院遥感应用研究所. 1:250 000 数字高程 DEM 栅格(100m)数据, 1:250 000 坡度栅格(100m)数据[CP/DK].
- [7] 中国科学院. <http://www.data.ac.cn/index.asp> [DB/OL]. 中国自然资源数据库
- [8] Roerink G J, Menen M, Verhoef W. Reconstructing cloud-free NDVI composites using Fourier analysis of time series [J]. Int J Remote Sensing, 2000, 21(9):1911-1917.
- [9] 陈述彭. 遥感大辞典[M].北京:科学出版社,1990.
- [10] 黄富祥,傅德山. 内蒙古鄂尔多斯高原典型草原百里香一本氏针茅草地上生物量对气候响应动态回归分析[J]. 生态学报, 2001, 21(8):1339-1346.
- [11] 张新时,杨奠安. 中国全球变化样带的设置与研究[J]. 第四纪研究, 1995(1):43-52.
- [12] 陈 瑶,胥 晓,张德然. 四川龙门山西北部植被分布与地形因子的相关性[J]. 生态学杂志, 2006, 25(9):1052-1055.
- [13] 焦超卫,赵牡丹,汤国安,等. 基于 GIS 的植被空间格局特征与地形因子的相关关系——以陕西省耀县为例[J]. 水土保持通报, 2005, 25(6):19-23.
- [14] 1:1000 000 中国草地资源图集编制委员会. 1:1000 000 中国草地资源图集[M].北京:中国地图出版社,1993.

刊名:

西北农业学报

ISTIC

PKU

英文刊名:

ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OccIDENTALIS SINICA

年, 卷(期):

2009, 18(4)

被引用次数:

2次

参考文献(14条)

- 汪青春;周陆生 [黄河上游气候因子对天然牧草产量的影响及最佳人工增雨期的选择](#) 2001(02)
- [查看详情](#)
- Huete A;Justice C;Leeuwen W V [Modis Vegetation Index \(MOD13\) Version 3.Algorithm Theoretical Basis Document\[Web\]](#) 1999
- 宛敏渭 [中国自然历选编](#) 1986
- 中国科学院;国家农业部 [1:500 000中国草地资源图集](#)
- 中国科学院遥感应用研究所. 1:250 000数字高程DEM栅格(100m)数据, 1:250 000坡度删格(100m)数据
- 中国科学院
- Roerink G J;Menen M;Verhoef W [Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series](#)[外文期刊] 2000(09)
- 陈述彭 [遥感大辞典](#) 1990
- 黄富祥;傅德山 [内蒙古鄂尔多斯高原典型草原百里香-本氏针茅草地上生物量对气候响应动态回归分析](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2001(08)
- 张新时;杨奠安 [中国全球变化样带的设置与研究](#)[期刊论文]-[第四纪研究](#) 1995(01)
- 陈瑶;胥晓;张德然 [四川龙门山西北部植被分布与地形因子的相关性](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2006(09)
- 焦超卫;赵牡丹;汤国安 [基于GIS的植被空间格局特征与地形因子的相关关系-以陕西省耀县为例](#)[期刊论文]-[水土保持通报](#) 2005(06)
- 1 1000 000中国草地资源图集编制委员会 [1:1000 000中国草地资源图集](#) 1993

本文读者也读过(10条)

- 马轩龙, 李文娟, 陈全功, MA Xuan-long, LI Wen-juan, CHEN Quan-Gong [基于GIS与草原综合顺序分类法对甘肃省草地类型的划分初探](#)[期刊论文]-[草业科学](#)2009, 26(5)
- 谢继忠, 安业儒, 杨晓军 [河西地区建立“节水型社会”的对策研究](#)[期刊论文]-[甘肃社会科学](#)2004(5)
- 王新欣, 朱进忠, 范燕敏, 武鹏飞, WANG Xin-xin, ZHU Jin-zhong, FAN Yan-min, WU Peng-fei [基于MODIS-NDVI的天山北坡中段草地动态估产模型研究](#)[期刊论文]-[草业科学](#)2009, 26(7)
- 丁宏伟, 张举, 吕智, 杨克元, 李军, 牛祥民, DING Hong-wei, ZHANG Ju, LU Zhi, YANG Ke-yuan, LI Jun, NIU Xiang-min [河西走廊水资源特征及其循环转化规律](#)[期刊论文]-[干旱区研究](#)2006, 23(2)
- 黄海胜, 白福, 张长江, HUANG Hai-sheng, BAI Fu, ZHANG Chang-jiang [河西走廊水资源现状及变化特征研究](#)[期刊论文]-[甘肃科学学报](#)2007, 19(3)
- 于嵘, 亢庆, 张增祥, 赵晓丽, YU Rong, KANG Qing, ZHANG Zeng-xiang, ZHAO Xiao-li [中国西北盐碱区植被盖度遥感方法分析](#)[期刊论文]-[干旱区资源与环境](#)2006, 20(2)
- 孙建光, 李保国, 卢琦, SUN Jian-guang, LI Bao-guo, LU Qi [青海共和盆地草地生产力模拟及其影响因素分析](#)[期刊论文]-[资源科学](#)2005, 27(4)
- 韩天虎, 孙斌, 张贞明, 冯今, HAN Tian-hu, SUN Bin, ZHANG Zheng-ming, FENG Jin [甘肃草原资源与生态监测预警](#)

[体系建设思考](#)[期刊论文]-[草原与草坪](#)2009(2)

9. [刘世祥](#), [张杰](#), [赵建华](#) [甘肃河西地区近五十年气候突变分析](#)[会议论文]-2007

10. [张自和](#), [刘秀琴](#) [苜蓿生产与牛业发展](#)[会议论文]-2008

引证文献(2条)

1. [温庆可](#), [张增祥](#), [刘斌](#), [乔竹萍](#) [草地覆盖度测算方法研究进展](#)[期刊论文]-[草业科学](#) 2009(12)

2. [田婷](#), [孙成明](#), [刘涛](#), [郭斗斗](#), [王力坚](#), [陈瑛瑛](#) [高光谱遥感技术及其在草地及植被中的应用](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2013(7)

引用本文格式: [各类型草地生长过程及自然因子特征遥感研究-以甘肃省为例](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2009(4)