

青海省都兰县 NDVI 变化及影响因子研究

常进, 张克斌, 边振, 程中秋, 王黎黎, 肖红霞

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 研究植被覆盖的动态变化可以探知荒漠化的动态变化。利用青海省都兰县 2000—2009 年 MODIS NDVI 数据对该区的植被动态变化进行了监测, 并在此基础上对 NDVI 的变化与气温、降水的相关性进行了研究。结果表明, 2000—2009 年都兰县的 NDVI 总体上呈缓慢的上升趋势, 上升率为 0.002 9/a, NDVI 值年内变化具有很强的季节性, NDVI 值总体水平不高, 最大值仅为 0.22; 全县 39.71% 的面积植被明显改善, 主要位于查查河、察汗乌苏河以及柴达木河下游的大片区域, 17.74% 面积出现植被退化, 主要位于柴达木河中上游河岸周围的广大区域, 荒漠化治理有待进一步加强。气温和降雨是影响该区植被状况的主导自然因子, 5—9 月的气温与 NDVI 极显著相关 ($p < 0.01$), 5—9 月的降雨量与 NDVI 显著相关 ($p < 0.05$), 气温对 NDVI 的影响强于降水。

关键词: 青海省都兰县; NDVI; 降水; 气温

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)05-0204-04

中图分类号: TP79

Variations and Impact Factors of NDVI in Dulan County of Qinghai Province

CHANG Jin, ZHANG Ke-bin, BIAN Zhen, CHENG Zhong-qiu, WANG Li-li, XIAO Hong-xia

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation of the Ministry of Education,

College of Water and Soil Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The knowledge of vegetation cover changes will provide considerable insights into the dynamic process of desertification. The study illustrated the vegetation dynamic changes in Dulan County, Qinghai Province using 2000—2009 MODIS NDVI data, and on this basis, the relationship between NDVI changes with temperature and rainfall variations were investigated, providing the basic data to land use planning in alpine areas and desertification prevention and control. The results indicate that the NDVI values of the area presented a slow ascendant trend from 2000 to 2009, at the rate of 0.002 9/a. The NDVI values had a strong seasonal changes in a year, but the overall NDVIs were not high for the county, with the maximum value of 0.22. The vegetation condition were improved significantly in 39.71% of the area of the entire county, which mainly located in basins of Chacha river and Chahanwusu river and a large area of Qaidam river downstream. However, the vegetation degeneration was found in the upper and middle reaches of Qaidam river, accounting for 17.74% of the entire county, suggesting that the desertification control should be further strengthened. The temperature and rainfall were the two main natural factors influencing the NDVI dynamics of the county; the NDVIs correlated strongly significantly with the temperature ($p < 0.01$), and significantly with the rainfall amount ($p < 0.05$) from May to September annually. The impact of the temperature on the NDVI was stronger than that of the precipitation.

Keywords: Dulan County of Qinghai Province; NDVI; precipitation; temperature

植被是连接土壤、大气和水分的自然纽带。地表植被对全球的能量平衡、生物化学循环、水循环等起着调控作用, 对气候系统变化有着深远的影响, 是影响全球生态变化的主要驱动因子, 同时植被也具有涵养水源、保持水土的作用, 有助于生物地球化学的良性循环^[1-4], 因此植被动态变化研究在区域乃至全球

变化研究中具有重要意义。

荒漠化(特别是风蚀荒漠化)在很大程度上表现为植被的退化, 因此植被的动态变化可以反映荒漠化的动态变化。“土地荒漠化监测方法”国家标准(GB/T 20483—2006)中, 将自然植被作为荒漠化过程监测最重要的因子, 并且将“植被盖度”规定为荒漠化评价

收稿日期: 2010-12-20

修回日期: 2011-03-23

资助项目: 国家“十一五”科技支撑项目“青海省高寒沙地退化植被恢复技术与试验示范(都兰)”(2006BAD26B1001)

作者简介: 常进(1987—), 男(汉族), 四川省阆中市人, 硕士研究生, 研究方向为水土保持与荒漠化防治工作。E-mail: cj397651758@126.com。

通信作者: 张克斌(1957—), 男(汉族), 陕西省咸阳市人, 教授, 研究方向为水土保持与荒漠化防治。E-mail: ctced@126.com。

的重要指标之一^[5]。研究植被覆盖的动态变化可以探知荒漠化的动态变化。研究植被变化与气候因子(降水、气温)的关系可以在一定程度上了解荒漠化与气候因子(降水、气温)之间的关系,有利于开展荒漠化动态变化的遥感研究。

NDVI(normalized difference vegetation index,归一化植被指数)对植被长势和生长量非常敏感,能很好地反映地表植被的繁茂程度,NDVI 的变化趋势在一定程度上能代表地表植被覆盖变化^[6-9]。目前,国内外关于 NDVI 与气候因子的相互关系开展了较多研究,认为 NDVI 与主要气候因子有显著的相关性,但是其相关性存在明显的地域性。不同区域的研究结果差别较大^[10-15]。由于国内的大量研究中,对高寒荒漠化地区的研究相对较少,为此我们选择了青海都兰县为研究对象,并结合国家防沙治沙关键技术与试验示范项目,以高寒沙地退化植被恢复技术与试验示范课题为基础。通过对都兰县 2000—2009 年 NDVI 与气候因子的相关研究,反映我国高寒荒漠化地区植被变化与气候因子的关系,为深入了解高寒荒漠区植被的生态状况,为高寒地区的土地资源持续利用以及退化草地的植被恢复提供一些参考依据,为高寒区土地合理规划和荒漠化的防治提供基础资料。

1 研究区概况

都兰县位于青海省中部,柴达木盆地东南部,地理坐标为东经 95°29′—99°16′,北纬 35°15′—37°27′之间。地势由东南向西北倾斜,全境可分为汗布达山地和柴达木盆地平原 2 种地貌类型。境内有沙柳河、托索河、察汗乌苏河等大小河流 40 多条。

该区属高原大陆性气候,日差较大,年差较小,太阳辐射强,太阳辐射 157.7~177.7 KJ/cm²,日照时间长,降雨地区差异大。气温年内变化 1 月最低为 -15~10℃,7 月最高为 9~19.3℃,极端最低气温 -39.2℃,极端最高气温 33.9℃,年平均日较差 12.6℃,年较差 23.9~29.7℃,且西部大于东部。

降水量总的趋势是随海拔高度的增加而递减,降水时空分布不均,平原区降水在 37.9~200.5 mm。年蒸发 2 049.6 mm,境内平均风速 3.0~3.7 m/s。3—5 月份是大风的集中季节。年日照时数在 2 903.9~3 252.6 h,全年平均日照数为 7~10 h。降水较少且集中在 5—9 月,表现出雨热同季,有利于农作物和牧草的生长。

2 研究方法

2.1 数据来源

2.1.1 NDVI 数据 所用到的 NDVI 数据集为

NASA MODIS 陆地产品组根据统一算法开发的 MODIS 植被指数产品。本研究所用的 MODIS 产品为其陆地产品系列中的 MODIS13A1005,即全球 500 m 分辨率 16 d 合成的植被指数产品,时间序列为 2000 年 1—12 月。对所获得的 MODIS13A1 遥感数据集进行子集提取、图像镶嵌、数据格式转换、投影转换及质量检验等预处理,这些处理可以采用 MODT-OOL、BAT 以及 ERDAS 进行,经过以上处理得到质量可靠的 NDVI 数据集。对每月 2 次的 NDVI 数据采用了国际通用的最大值合成 MVC(maximum value composites)法获得,进一步消除云、大气、太阳高度角等的部分干扰。

$$I_{NDVI_{mi}} = \max(I_{NDVI_{ij}}) \quad (1)$$

式中: $I_{NDVI_{mi}}$ ——第 i 个 16 d 周期的 NDVI 最大合成值; $I_{NDVI_{ij}}$ ——第 i 个 16 d 周期第 j 天的 NDVI 值。

2.1.2 气象数据 2000—2005 年的都兰气象数据来源中国气象科学数据共享网。2006—2009 年都兰县的气象数据来源于察汗乌苏水文站以及都兰气象站,数据内容包括每日最高气温、每日最低气温,日平均气温、月平均气温、月降水量等。对缺失数据进行插值处理,取前后 2 d 数值的平均值。如果缺失值达到 10 d 左右,则将当月数据剔除。对原始数据进行整理,求出月平均气温、月平均降水量等。

2.2 处理方法

2.2.1 均值法 在统计研究区域的 NDVI 值时,采用均值法进行计算,即统计区域内所有像元 NDVI 值的平均,公式如下:

$$I_{NDV_{ap}} = \sum I_{NDV_{x,y}} / n \quad (2)$$

式中: $I_{NDV_{ap}}$ ——某一区域的 NDVI 的平均值; p ——区域代码; x ——统计区域内像元行数; y ——统计区域内像元列数; n ——统计区域内像元总数。

2.2.2 一元回归趋势线法 趋势线是对一组随时间变化的变量进行回归分析,预测其变化趋势的方法^[16-17]。本文通过计算植被生长旺盛时期的每个像元 10 a 的 Y_{NDVI} ,用趋势线分析法模拟该像元值在 10 a 间的变化趋势,即植被覆盖的年际变化,公式如下:

$$S_{lope} = \frac{n \times \sum_{k=1}^n k \times Y_k - \sum_{k=1}^n k \sum_{k=1}^n Y_k}{n \times \sum_{k=1}^n k^2 - (\sum_{k=1}^n k)^2} \quad (3)$$

式中: k ——1— n 的年序号; Y_k ——第 k 年 NDVI 平均值(本文选取的是第 k 年植被生长旺盛的 8 月的 NDVI 平均值)。变化趋势图反映了在研究时间范围内的时间序列中,研究地区 NDVI 的年际变化趋势。某像元的趋势线是该点 n 年的生长旺季 NDVI 平均值用一元线性回归模拟出来的一个总的变化趋势,

slope 即为这条趋势线的斜率。slope >0 ,表示 NDVI 在 n 年间的变化趋势是增加的,反之则减少。

2.2.3 相关分析法 综合运用 SPSS, EXCEL 等软件对 NDVI 与气温、降水的相关性进行检验,讨论结果。

3 结果分析

3.1 都兰县 NDVI 变化特征

3.1.1 NDVI 的年内变化特征 通过对 2000—2009 年都兰县各月的 NDVI 求平均值,得到 2000—2009 年都兰县 1—12 月的各月平均 NDVI 值(图 1)。图 1 显示,1—5 月的 NDVI 值变化不明显,1 月的 NDVI 值最小,只有 0.045,其它各月在 0.05~0.10 区间缓慢地波动增加。1—5 月由于平均气温低,同时降雨稀少,此时植被生长受到抑制,NDVI 值很低,5 月以后,降雨的增加有利于植被的生长,NDVI 迅速增加,5—7 月增加速度尤为明显,到 7 月 NDVI 的增加开始变缓,8 月 NDVI 达到全年最大,即夏季的 8 月是都兰县植被最旺盛的月份。从 8 月开始到第二年的 1 月,NDVI 则持续下降。总的来看,都兰县植被的总体水平不高,NDVI 最大值达 0.22,NDVI 值的年内变化具有很强的季节性,月均 NDVI 变化显著。

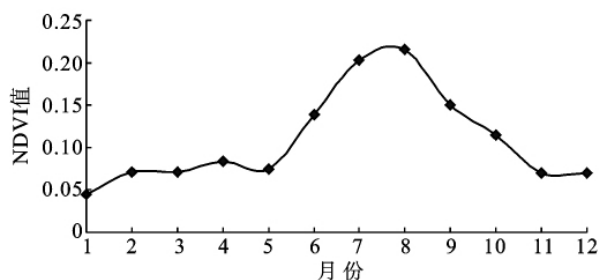


图 1 都兰县 2000—2009 年各月平均 NDVI 的变化

3.1.2 NDVI 的年际变化特征 2000—2009 年间,都兰县年均 NDVI 总体呈略微上升趋势(图 2),上升速率为 0.002 9 a。2000—2005 年 NDVI 值在波动中上升,到 2005 年 NDVI 值达到 10 a 来最大值 0.201 1,说明 2000—2005 年植被状况是逐渐改善的;2005—2009 年 NDVI 值呈下降趋势,说明植被退化面积有所增加。总体而言,都兰县的植被状况改善速度相对缓慢,建议加强植被恢复管理。

为了更加明确 NDVI 的年际空间变化,本文采用一元回归趋势线法计算得出的 2000—2009 年都兰县 NDVI 变化的趋势图 slope 的变化范围为 $-0.035 2 \sim 0.058 9$,平均值为 0.002 9,方差为 0.004 9。为了使趋势图中不同级别的 slope 都得以体现,将 slope 进行了系统的分类(图 3)。

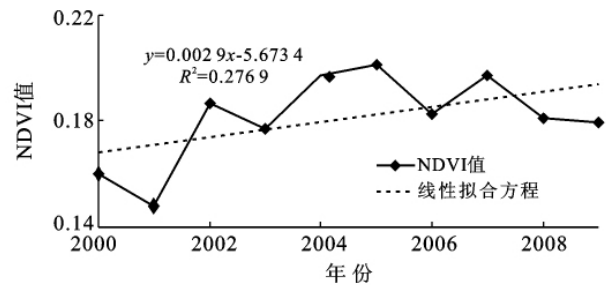


图 2 都兰县 2000—2009 年年均 NDVI 的变化

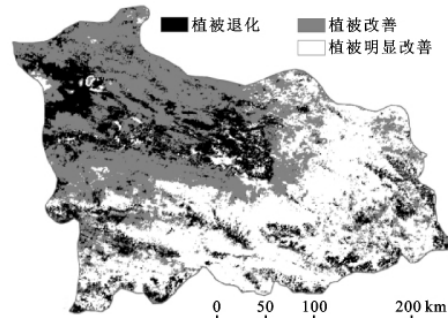


图 3 2000—2009 年都兰县 NDVI 变化趋势分类图

由图 3 得出,全县植被改善和退化的面积比例约为 5 : 1,其中植被状况明显改善的面积占全县面积的 39.71%,植被退化区面积占全县面积的 17.74%。由于柴达木河的中上游地段人类活动频繁,河岸带的大片区域出现了植被退化的现象,而在柴达木河河岸缓冲带的外围至柴达木盆地的边缘地区,因人为干扰强度不大,植被状况有转好的趋势。在查查河、察汗乌苏河以及柴达木河下游的大片区域,植被状况总体改善趋势明显,但是在该区域夹杂着植被退化零星地带,一方面说明自“国家防沙治沙关键技术与试验示范项目”开展以来取得了显著的成效,另一方面也说明人为活动造成部分区域植被退化,建议在这些区域加强植被保护。

3.2 都兰县 NDVI 变化的主要因子分析

3.2.1 自然因子 都兰县 2000—2009 年的各月平均降雨和气温以及各年平均降雨和气温的统计情况如图 4—5 所示。

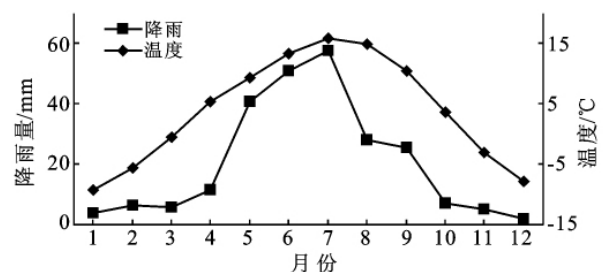


图 4 都兰县 10 a 各月平均降雨量和月平均气温变化

图 4 显示了都兰县多年来各月降雨和气温的分布状况。可以看出全年各月气温位于 0℃ 以上的为 4—10 月,全年气温最高月出现在 7 月份,气温最高月与最低月相差达 25.03℃,气温起伏变化幅度大;降雨则有明显的旱季和雨季之分,5—9 月的降雨量占了全年降雨量的 84%,其余各月降雨量稀少。由图 4 可以得知,都兰县 5—9 月份满足了植被所生长的水热条件,有利于植被的恢复和生长;降雨和气温的拟合曲线显示,2000—2004 年都兰县降雨量的变化幅度较大,2004—2009 年降雨量变化趋于平缓,近 10 a 来降雨量总体呈增加趋势。10 a 来气温则经历了逐渐下降然后上升的过程,总体有相对较小的上升趋势;降雨的上升趋势大于气温的上升趋势。本文对都兰县降雨和气温相关性进行分析,得出如下数据表格(表 1)。

表 1 显示 NDVI 与年平均降雨、5—9 月降雨量的相关性显著 ($p < 0.05$),相关系数分别为 0.632, 0.705,相关系数 5—9 月的降雨量 > 年平均降雨,表

表 1 NDVI 与降雨和气温之间的相关系数

气象因子	降雨				气温			
	6—7 月	8 月	5—9 月	年平均	6—7 月	8 月	5—9 月	年平均
NDVI	0.523	0.286	0.705*	0.632*	-0.729*	-0.224	-0.894**	-0.517
sig. (双侧)	0.121	0.424	0.023	0.050	0.017	0.534	0.000	0.126

注: * 在置信度(双侧)为 0.05 时,相关性显著; ** 在置信度(双侧)为 0.01 时,相关性显著。

3.2.2 人为因素 影响都兰县 NDVI 变化的另外一个重要因素是人为因素——荒漠化治理措施。“十五”以来大力加强生态环境建设,全面实施退耕还林(草)、“三北”四期防护林等生态建设,先后在都兰县建立了许多人工示范点,如青冈滩示范点、安固滩人工封育示范点和夏日哈综合示范点等,使全县生态环境状况得到了明显改善。据统计,全县完成退耕还林(草) 2.25×10^4 hm²,其中退耕地造林种草 3 133.3 hm²,周边荒滩荒地造林种草 1.34×10^4 hm²,封沙育林育草 6 000 hm²,累计人工造林 2 333.3 hm²,完成封沙育林育草 1.06×10^4 hm²。同时广泛开展全民义务植树活动,进一步扩大了全县绿地覆盖面。这些措施对于荒漠化防治起到了极大的作用。

通过示范区的实施,采用草场封育、沙障设置、改良草种、固定沙丘等手段,改善了牧区生态环境,并使示范区内植被覆盖度提高 15%~25%,使原先脆弱的生态环境得到有效的保护。通过不间断的改造和管护逐步使自然生态良性发展,改善了当地恶劣的生态环境。

4 结论

(1) 都兰县 NDVI 变化具有明显的季节性,5—9

月 5—9 月的降雨量直接影响着该年的植被生长。NDVI 与 5—9 月的气温相关性极显著 ($p < 0.01$),结合图 4 中 5—9 月的月平均气温均 > 10℃,表明 5—9 月的降雨量对植被生长的影响比气温小。气温的快速回升,前期有利于植被生长,随着后期气温的持续回升,土壤的蒸发量变大,又不利于植被的生长。从以上分析可以看出,5—9 月的气温和降雨是影响都兰县 NDVI 变化的 2 个主导因素。

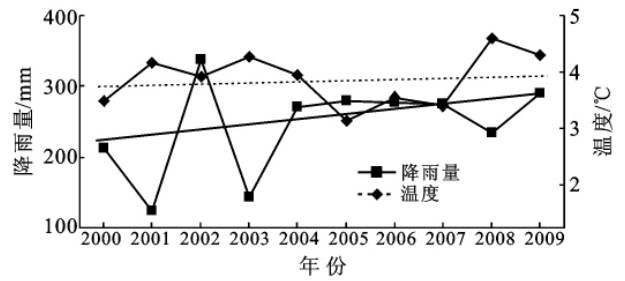


图 5 都兰县 2000—2009 年平均气温与年平均降雨拟合曲线

月的 NDVI 值较大,有利于植被的恢复和生长,可人为采取一系列措施加快植被恢复速度。

(2) 2000—2009 年,都兰县植被总体状况逐渐改善,年均 NDVI 总体上以 0.002 9 a 的速率上升。

(3) 在自然和人为因素的双重影响下,都兰县的植被状况有所改善,全县 39.71% 的面积植被明显改善,主要位于查查河、察汗乌苏河以及柴达木河下游的大片区域;全县 17.74% 面积出现植被退化,主要位于柴达木河中上游河岸周围的广大区域,荒漠化治理有待进一步加强。

(4) 气温和降雨是影响该区的主导自然因子,5—9 月的降雨量与 NDVI 显著相关,相关系数为 0.705;5—9 月的气温与 NDVI 极显著相关,相关系数达到 -0.894,5—9 月的气温对 NDVI 的影响强于降雨。

(5) 本文将气象要素作为自然因子对同时期的 NDVI 进行了相关分析,由于资料的时间跨度不够长,NDVI 的变化与自然因子的内在联系有待进一步研究,同时植被明显改善地区出现的零星区域植被退化现象有待进一步的调查研究。

(下转第 229 页)

4 结论

汇流宽度随集水面积变化的分布式产汇流模型与传统分布水文模型的不同, 在于使用了汇流宽度曲线, 通过该曲线对不同集水面积的栅格汇流宽度进行确定, 改变了传统方法将栅格宽度直接作为汇流宽度的做法。虽然汇流宽度曲线变化的确切趋势尚需大量的实测资料进行验证, 但从东湾流域的应用情况来看, 汇流宽度曲线的引入, 使坡面汇流和河道汇流可以使用统一的汇流参数, 并且在一定程度上提高了分布式输出的精度。

[参 考 文 献]

- [1] 杨具瑞, 曹叔尤, 刘兴年, 等. 黄土坡面细沟侵蚀稳定宽度的动力学研究[J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 2004, 29(4): 159-163.
- [2] O'Callaghan J F, Mark D M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. [J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1984, 28: 323-344.

- [3] Jenson S K, Domingue J O. Extraction topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1988, 54(11): 1593-1600.
- [4] 王加虎. 分布式水文模型原理与方法研究[D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [5] Giammarco P D, Todini E, Lamberti P. A conservative finite elements approach to overland flow; The control volume finite element formulation [J]. Journal of Hydrology, 1996, 175: 267-291.
- [6] 张建云. 水文学手册[M]. 李纪生, 译. 北京: 科学出版社, 2002.
- [7] 李丽. 分布式水文模型的汇流演算研究[D]. 南京: 河海大学, 2006.
- [8] Wood E F, Hebson C S. On Hydrologic similarity 1: Derivation of the dimensionless flood frequency curve [J]. Water Resour Res., 1986, 22(11): 1549-1554.
- [9] 中国水利学会泥沙专业委员会. 泥沙手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.

(上接第 207 页)

[参 考 文 献]

- [1] Yang W L, Yang L M, James W M. AVHRR-Derived NDVI and ecoclimatological parameters: relations, spatial and temporal variability [C]// ASPRS/ACSM Annual Convention & Exposition Technical Papers. Reno, Nevada, 1994: 744-755.
- [2] 曾小平, 赵平, 孙谷畴. 气候变暖对陆生植物的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(12): 2445-2450.
- [3] 徐雨晴, 陆佩玲, 余强. 气候变化对植物物候影响的研究进展[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 129-136.
- [4] 陈彬彬, 郑有飞, 赵围强, 等. 河南林州植物物候变化特征及其原因分析[J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(1): 12-17.
- [5] 戈良朋, 尹林克. 基于遥感和 GIS 的塔里木河下游土地荒漠化的动态变化[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2005, 35(1): 86-90.
- [6] 夏照华, 张克斌, 李瑞, 等. 基于 NDVI 的农牧交错区植被覆盖度变化研究: 以宁夏盐池县为例[J]. 水土保持研究, 2006, 13(6): 179-181.
- [7] 李震, 阎福礼, 范湘涛. 中国西北地区 NDVI 变化及其与温度和降水的关系[J]. 遥感学报, 2005, 9(3): 308-313.
- [8] 李一静, 曾辉一, 魏建兵. 基于归一化植被指数变化分级的深圳市植被变化[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5): 1064-1070.

- [9] 高志海, 李增元, 魏怀东, 等. 干旱地区植被指数 (VI) 的适宜性研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(2): 243-248.
- [10] 陈晓光, 李剑萍, 韩颖鹃, 等. 宁夏近 20 年来植被覆盖度及其与气温降水的关系[J]. 生态学杂志, 2007, 26(9): 1375-1383.
- [11] 徐兴奎, 林朝晖, 薛峰, 等. 气象因子与地表植被生长相关性分析[J]. 生态学报, 2003, 23(2): 221-220.
- [12] 陈云浩, 李晓兵, 史培军. 1983—1992 年中国陆地 NDVI 变化的气候因子驱动分析[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 716-720.
- [13] 刘绿柳, 肖风劲. 黄河流域植被 NDVI 与温度、降水关系的时空变化[J]. 生态学杂志, 2006, 25(5): 477-481.
- [14] 李月臣, 宫鹏, 刘春霞, 等. 北方 13 省 1982—1999 年植被变化及其与气候因子的关系[J]. 资源科学, 2006, 28(2): 109-117.
- [15] 王宏, 李霞, 李晓兵, 等. 中国东北森林气象因子与 NDVI 的相关关系[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2005, 41(4): 425-430.
- [16] 李昌凌, 李文军. 基于 NDVI 的锡盟苏尼特左旗地表植被生物量的趋势分析和空间格局[J]. 干旱区资源与环境 2010, 24(3): 147-152.
- [17] 陈燕丽, 龙步菊, 潘学标, 等. 基于 MODIS-NDVI 和气候信息的草原植被变化监测[J]. 应用气象学报, 2010, 21(2): 230-236.