

DOI:10.3969/j.issn.1004-6933.2014.05.010

荒漠草原植被动态变化及其与水热的响应关系

郝伟罡¹,李锦荣¹,郭建英¹,申军²,张生^{3,4}

(1. 水利部牧区水利科学研究所,内蒙古 呼和浩特 010020; 2. 内蒙古水土保持工作站,内蒙古 呼和浩特 010018;
3. 内蒙古农业大学,内蒙古 呼和浩特 010018; 4. 谢菲尔德大学建筑系,英国 谢菲尔德 S1 3JD, UK)

摘要:选用2000—2010年的MODIS NDVI数据,采用统计学分析方法,研究内蒙古自治区达茂旗荒漠草原2000—2010年NDVI值的变化趋势、波动程度及其与降水量、温度的关系。结果表明:达茂旗荒漠草原这11年的NDVI波动较大,与降水量呈显著的正相关关系,呈减弱的趋势。

关键词:MODIS/NDVI;荒漠草原;植被指数;气候变化;降水量;气温

中图分类号:X821 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2014)05-0056-04

Dynamic changes of vegetation in desert grassland and precipitation and temperature responses

HAO Weigang¹, LI Jinrong¹, GUO Jianying¹, SHEN Jun², ZHANG Sheng^{3,4}

(1. *Institute of Water Resources for Pastoral Area, Ministry of Water Resources, Hohhot 010020, China;*
2. *Inner Mongolia Water and Soil Conservation Station, Hohhot 010018, China;*
3. *Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China;*
4. *Department of Civil and Structural Engineering, University of Sheffield, Sheffield S1 3JD, UK*)

Abstract: The statistical analysis method was used to study the variation trend and degree of fluctuation of NDVI, and the relationships between NDVI and precipitation and temperature over the period of 2000 to 2010 in the Damaoqi Desert Grassland, based on MODIS NDVI data from the same period. The results show that NDVI fluctuated greatly over the past 11 years in the grassland, and it exhibited a significantly positive correlation with precipitation amount and a decreasing trend.

Key words: MODIS/NDVI; desert grassland; vegetation index; climate change; precipitation amount; temperature

气候条件是一个极其重要的生态因子,直接影响植被的分布与变化。植被既是气候变化的直接响应者,又对气候变化产生一定的反馈作用,可在区域尺度上缓减或促进气候变化的幅度。因此,关于植被覆盖动态变化及其与气候因子的响应关系,已成为全球变化研究中的热点问题和重要内容之一^[1-4]。归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)是通过遥感数据提取信息后用图像反映地表植被状况的指标,能够较为精确地反映地表植被覆盖度、生物量的动态变化过程。因此,NDVI在区域、各大陆乃至全球的大尺度上的植被类型分

类、植被动态监测,土地覆被/利用分类及其变化,水、旱等自然灾害监测,植被物候期监测,农作物长势监测等不同方面,目前已经得到广泛应用,效果好^[5-9]。MODIS (moderate-resolution imaging spectroradiometer)数据从2000年开始获取数据,其空间分辨率(250 m)比SPOT-VG、TAVHRR、TM遥感数据等相对差一些,但其时间序列完整,在研究不同时空尺度下植被覆盖的演化格局、驱动机制、植被动态监测、植被变化与气候要素的响应规律等方面,具有广阔的应用前景^[10-15]。

荒漠草原的年降水量小于200 mm,其气候条件

基金项目:国家自然科学基金(51009098,50779040);水利部公益性行业科研专项(201201008);中国水科院科研专项基金(MK2013J07)
作者简介:郝伟罡(1979—),男,工程师,硕士,主要从事水环境质量评价及环境与资源经济方面研究。E-mail:hao_weigang@163.com
通信作者:郭建英,博士。E-mail:guojianying1980@163.com

恶劣,干燥,少雨,是我国生态环境极为脆弱的主要区域之一。特别是地处内蒙古达尔罕茂明安联合旗(简称达茂旗)的荒漠草原,随着人类不合理的放牧和开垦以及矿物开采,草原荒漠化进程加剧,且关于该地区植被动态变化以及 NDVI 值与气候因子相互关系的研究比较欠缺。因此,笔者采用遥感数据和气象资料相结合的方法,系统分析达茂旗地区植被覆盖度的动态变化及其与降水量、气温的相互关系,以期对当地及其周边类似地区的草地生产与经济社会的可持续发展提供一定的指导。

1 研究区概况

达茂旗位于内蒙古自治区中部地区、阴山北麓的乌兰察布高平原地带,东与乌兰察布市的四子王旗相连,西与巴彦淖尔盟乌拉特中旗为邻,北面为蒙古国南部的戈壁地带,南为呼和浩特市武川县及包头市固阳县,为草原向荒漠草原过渡的典型地带,生态环境极其脆弱,土壤侵蚀以风蚀为主,伴有季节性的水蚀。地理坐标为北纬 $41^{\circ}20' \sim 42^{\circ}47'$,东经 $109^{\circ}16' \sim 111^{\circ}25'$,南北宽约 160 km,东西跨度约 150 km,全旗地域辽阔,土地总面积达 $18\,177\text{ km}^2$;气候类型为中温带半干旱大陆性气候,多年平均降水量为 259 mm,多年平均气温为 $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$;风向主要以西北风为主,多年平均风速为 4.3 m/s ,多年平均大风日数为 $22 \sim 27\text{ d}$,沙尘暴日数为 $10 \sim 15\text{ d}$;在长期的自然和人为因素的综合干扰下,草地风蚀沙化,水土流失加重,土地盐渍化加剧,草场生产力持续减退,草地荒漠化程度日趋严重,生态环境进一步恶化^[16]。

2 数据来源及分析

2.1 数据来源及处理

遥感数据来源于美国的 MODIS 数据,该遥感数据为 16 d 最大值合成植被指数的 (MOD13A1) 数据产品^[14-15],遥感数据的空间分辨率为 250 m,由于研究区冬季寒冷、多雪,地表在整个冬季大部分时间有残留积雪,导致冬季 NDVI 值与实际植被状况会存在较大偏差。因此,研究选取遥感数据的时间序列为 2000—2010 年每年的 5—9 月份。采用 MRT 软件对 MODIS 数据产品进行数据处理,获取不同年际及其年内不同月份的 NDVI 数据;最后利用 MVC (model view controller) 法将 2000—2010 年期间每年 5—9 月份 5 期的 NDVI 数据进行最大值合成,获取年内的最大 NDVI 值,代表当年该地区植被生长最好的情况,然后将 2000—2010 年各年的最大 NDVI 值进行加和平均,作为整个研究区当年的

NDVI 值,最后通过对比分析研究区植被年际间的动态变化^[14-18]。气象数据为达茂旗百灵庙气象站多年实测的数据。

2.2 数据分析

运用趋势、相关等多元统计方法,分析研究区 NDVI 值年际、年内变化与气温、降水量之间的线性回归关系,反映该地区植被的 NDVI 变化与主要气候因子之间的反馈机制。

3 结果与分析

3.1 NDVI 年内变化规律

通过逐象元计算达茂旗荒漠草原 2000—2010 年生长期 5—9 月各月的平均 NDVI 值,结果见图 1。由图 1 可知,达茂旗荒漠草原的 NDVI 值年内变化在草地植被生长期均呈单峰型,NDVI 值的年最大值一般出现在 8 月份。在年际变化方面,不同年度 NDVI 值的年内最大值和生长期 (5—9 月份) 平均值的差别较大,而年际间 NDVI 值平均相差较小,变异系数为 0.92%。荒漠草原在 4 月下旬解冻后,5 月上旬开始返青,NDVI 值在 6 月上旬开始明显增大,之后迅速增加,至 7 月下旬时达到一个较高的值,而后在 8 月上旬缓慢增加并达到峰值,然后在 9 月上旬草地植被开始枯黄,NDVI 值迅速下降。

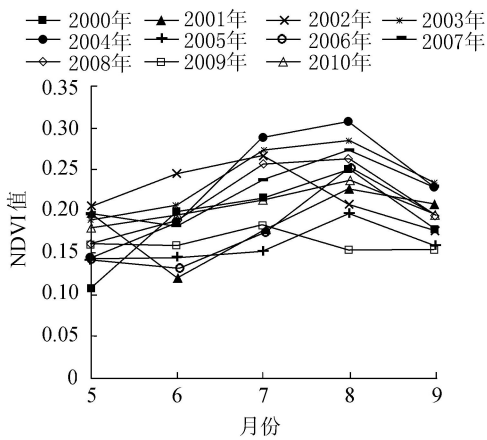


图 1 达茂旗荒漠草原 NDVI 值年内变化

3.2 NDVI 值的年际变化

2000—2010 年达茂旗荒漠草原 NDVI 值年际变化见图 2。由图 2 可知,达茂旗 NDVI 值从 2000—

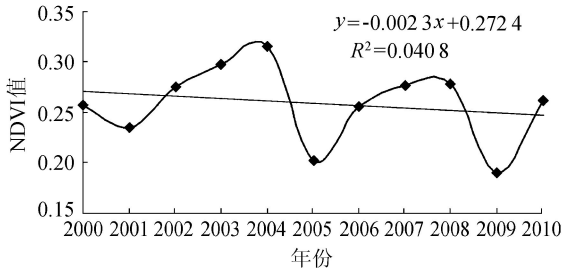


图 2 达茂旗荒漠草原 NDVI 值年际变化

2010 年呈整体降低的趋势,多年平均 NDVI 最大值为 0.32,出现在 2004 年,最小为 2009 年的 0.19,相差波动程度强,没有明显的线性关系,说明荒漠草原的抗干扰能力差,草地呈现出退化的趋势。

3.3 NDVI 值与气候因子年际变化之间的关系

从图 3、图 4 可见,达茂旗的年降水量主要集中在 5—8 月份,占全年总降水量的 70% 以上,且年际间变化较大,呈现减少的趋势;有效积温也集中在 5—8 月份,年际间变化较小,呈微弱的增加趋势。因此,用 7—8 月份 NDVI 的平均值,代表年内植被生长状况;同时考虑 NDVI 值与气候因子存在滞后现象,用 5—8 月各月份温度、降水量的累计值代表当年的气候特征,分析研究区植被与气候因子年际间的变化趋势。图 5 的结果表明,温度对牧草生长发育的影响主要表现在 7、8 月份,气温高,热量条件好,加之该季节降水相对较多,有利于草原植被的快速生长,但也因蒸散耗水增大,对草地产生一定的负面影响;降水量与 NDVI 值呈显著正相关,相关系数为 0.893。由此可见,在达茂旗荒漠草原地区植被的年际波动受雨水多少的影响极为明显,但气温也是一个主要的干扰因素。

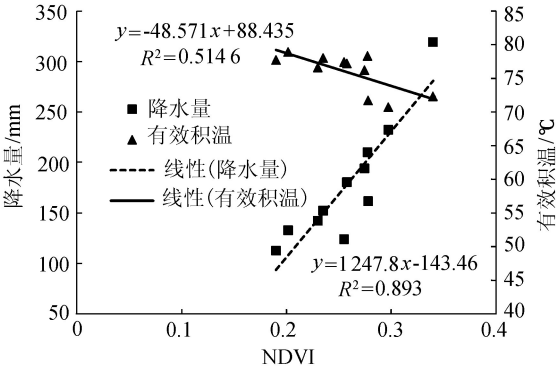


图 5 达茂旗荒漠草原区 7—8 月平均 NDVI 与 5—8 月气候相关图

4 结 语

降水量和气温变化是限制达茂旗荒漠草原植被生长的主要气候因素,因此,通过长时间序列对比分析植被变化与气温、降水量变化的相互关系,可以探索研究区草地植被环境变化的主要诱导因素。2000—2010 年达茂旗地区的降水呈减少的趋势,年平均降水量比 10 年前减少约 22%,温度呈现微弱的增加趋势,但时间序列长度相对较短,还需进一步跟踪监测研究。

植被生长的季节变化会造成 NDVI 值的季节性增大和减少;同样,时间序列年平均 NDVI 值也反映出植被生长的年际变化。2000—2010 年达茂旗荒漠草原植被活动的波动性较大,整体上呈现出退化的趋势。影响 NDVI 值年内变化最显著的气候因子是有效积温和降水量,降水量是影响 NDVI 值年际波动的主要因素,降水量越大,草原植被的长势越明显。如 2004 年降水量为 319 mm,其 NDVI 值为 0.32,是 2009 年(降水量仅为 112 mm) NDVI 值的 1.7 倍,降水量与 NDVI 值呈现显著的相关性。综合分析降水量和气温资料表明:达茂旗地区气候 2000—2010 年的变化趋势比较小,但总体在向暖干化方向发展。如这种趋势持续发展,将不利于当地植被生长和生态环境的改善。因此,应加强该地区草原的治理保护工作,制定科学高效的利用制度。

参考文献:

[1] 丁一汇,李巧萍,董文杰. 植被变化对中国区域气候影响的数值模拟研究 [J]. 气象学报,2005,63 (5): 613-621. (DING Yihui, LI Qiaoping, DONG Wenjie. A numerical simulati on study of the impacts of vegetation changes on regional climate in China [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2005, 63 (5): 613-621. (in Chinese))
[2] 陈述彭. 遥感大辞典 [M]. 北京:科学出版社,1990:382-

- 383.
- [3] 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展, 1998, 13 (4): 328-332. (TIAN Qingjiu, MIN Xiangjun. Advances in study on vegetation indices [J]. Advance in Earth Sciences, 1998, 13 (4): 328-332. (in Chinese))
- [4] 王正兴, 刘闯. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 980-987. (WANG Zhengxing, LIU Chuang. From AVHRR-NDVI to MODIS-EVI: advances in vegetation index rescarch [J]. Acta Sologica Sinica, 2003, 23(5): 980-987. (in Chinese))
- [5] XIAO X M, BOLES S, LIU J Y, et al. Characterization of forest types in Northeastern China, using multi temporal SPOT-4VEGETATION sensor data [J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 8(2): 335-348.
- [6] NEMANI R, KEELING C, HASHIMOTO H. Climate-driven increases in global terrestrial net primary prodction from 1982 to 1999[J]. Science, 2003, 300: 1560-1563.
- [7] RATAN A P, HUETE A R, YUAN Y, et al. Interrelation among MODIS vegetation products across an Amazon Eco-climatic Graden[C]//IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings. Korea: IGARSS, 2005: 3009-3012.
- [8] DEFRIES R S, TOWNSHED J G R. NDVI derived land cover classification at a globescale [J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 5: 3567-3586.
- [9] 宋富强, 邢开雄, 刘阳. 基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价[J]. 生态学报, 2011, 31(2): 354-363. (SONG Fuqiang, XING Kaixiong, LIU Yang. Monitoring and assessment of vegetation variation in Northern Shaanxi based on MODIS/NDVI [J]. Acta Sologica Sinica, 2011, 31(2): 354-363. (in Chinese))
- [10] 朱玉霞, 覃志豪, 徐斌. 基于 MODIS 数据的草原荒漠化年际动态变化研究: 以内蒙古自治区为例[J]. 中国草地学报, 2007, 29(4): 2-8. (ZHU Yuxia, QIN Zhihao, XU Bin. Annual dynamic variation of grassland desertification based on MODIS data: an example from Inner Mongolia [J]. Chinese Journal of Grassland, 2007, 29(4): 2-8. (in Chinese))
- [11] 杨昕, 张玮. 基于 MODIS 植被指数 NDVI 的内蒙古锡林郭勒草场荒漠化监测方法研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(6): 611-615. (YANG Xin, ZHANG Wei. Study on desertification monitoring model for grassland in Xilinguole based on MODIS vegetation index [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(6): 611-615. (in Chinese))
- [12] 赵冰茹, 刘闯, 王晶杰, 等. 锡林郭勒草地 MODIS 植被指数时空变化研究[J]. 中国草地, 2004, 26(1): 1-8. (ZHAO Bingru, LIU Chuang, WANG Jingjie, et al. Spatial and temporal change of MODIS-NDVI in Xilinguole Grassland [J]. Grassland of China, 2004, 26(1): 1-8. (in Chinese))
- [13] 严建武, 李春娥, 袁雷, 等. EOS-MODIS 数据在草地资源监测中的应用进展综述[J]. 草业科学, 2008, 25(4): 1-9. (YAN Jianwu, LI Chun'e, YUAN Lei, et al. Application summary of EOS-MODIS data in the monitoring of grassland resources [J]. Pratacultural Science, 2008, 25(4): 1-9. (in Chinese))
- [14] 毛飞, 卢志光, 张佳华. 近 20 年藏北地区 AVHRR NDVI 与气候因子的关系[J]. 生态学报, 2007, 27(8): 3198-3205. (MAO Fei, LU Zhiguang, ZHANG Jiahua. Relations between AVHRR NDVI and climate factors in Northern Tibet in recent 20 years [J]. Acta Sologica Sinica, 2007, 27(8): 3198-3205. (in Chinese))
- [15] 何京丽, 李锦荣, 邢恩德. 半干旱草原潜在土壤风力侵蚀空间格局研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 12-19. (HE Jingli, LI jinrong, XIN Ende. Study on the spatial pattern of potential soil wind erosion in semi arid grassland [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2012, 19(5): 12-19. (in Chinese))
- [16] HUTE A, JUSTICE C, VAN L W. MODIS vegetation index (MODIS13) algorithm theoretical basis document [M]. New York: NASA Press, 1996: 35-39.
- [17] TUCKER C J, NEW COMB W W, DREGNE H E. AVHRR data sets for determination of desert spatial extent [J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 17: 354-356.

(收稿日期: 2014-04-14 编辑: 徐 娟)

(上接第 31 页)

- [14] 刘常昱, 李德毅, 杜鹑, 等. 正态云模型的统计分析[J]. 信息与控制, 2005, 34(2): 236-239. (LIU Changyu, LI Deyi, DU Yi, et al. Some statistical analysis of the normal cloud model [J]. Information and Control, 2005, 34(2): 236-239. (in Chinese))
- [15] 李德毅, 杜鹑. 不确定性人工智能[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [16] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].
- [17] DIAKOULAKI D, MAVROTAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems; the critic method [J]. Computers & Operations Research, 1995, 22(7): 763-770.
- [18] 丁昊, 王栋. 基于云模型的水体富营养化程度评价方法[J]. 环境科学学报, 2013, 33(1): 251-257. (DING Hao, WANG Dong. The evaluation method of water eutrophication based on cloud model [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2013, 33(1): 251-257. (in Chinese))
- [19] 王兆礼, 赖成光, 陈晓宏. 基于熵权的洪灾风险空间模糊综合评价模型[J]. 水力发电学报, 2012, 31(5): 35-40. (WANG Zhaoli, LAI Chengguang, CHEN Xiaohong. Spatially fuzzy comprehensive assessment model for flood hazard risk based on entropy weight [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2012, 31(5): 35-40. (in Chinese))

(收稿日期: 2014-03-13 编辑: 高渭文)