

天山北麓中段植被 NDVI 变化及其对气候因子的响应

徐丽萍, 郭鹏, 王玲, 刘琳

(石河子大学 理学院, 新疆 石河子 832003)

摘 要: 研究特定地区植被覆盖动态及其对气候因子的响应, 对植被重建和生态环境恢复具有重要作用。利用 1982—2005 年 NASA/GIMMS 半月合成的归一化植被指数(NDVI)和气象数据, 分析天山北麓中段各地区不同植被类型 NDVI 的年际变化特征及其对气候因子的响应。结果表明: (1) 近 25 a 来天山北麓中段各地区植被指数均在波动中有所增长, 且总体变化趋势保持一致, 其变化趋势有利于生态环境的改善; (2) 不同地区生长的主要植被类型不同, 对整体植被覆盖的贡献不同; (3) 不同植被类型对气候因子的响应程度不同, 但都与气温和降水存在正相关关系, 表明气温和降水是影响植被指数的两个重要自然因素; (4) 平原区植被指数增幅大于山区, 说明植被生长不仅受自然因素影响, 也受人为因素影响。

关键词: 天山; NDVI; 气候因子; 响应

中图分类号: Q141

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)06-0158-04

Changes of NDVI Among the Main Vegetation Types and Its Responses to Climatic Factors in the Middle of Northern Slope of Tianshan Mountains

XU Li-ping, GUO Peng, WANG Ling, LIU Lin

(College of Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: The exploration of the relationship between the vegetation coverage and climate change plays an significant role on the reconstruction of vegetation and restoration of ecological environment to study the dynamic of the vegetation in specific areas and its influence on climate. NASA/GIMMS half synthetic normalized difference vegetation index (NDVI) from 1982—2005 and meteorological data was used to study the characteristic of the NDVI's annual change and it's response to the climate factors about different types of vegetation in different regions of the Tianshan Mountains. The results show that: (1) All vegetation index of the Tianshan Mountains increased in the fluctuations of the past 25 years, and it was consistent with the overall trend. The trend was conducive to the improvement of ecological environment. (2) The main vegetation in different regions was also different, which had a great impact upon the mixed vegetation index. (3) Different types of vegetation had different response to the climate, but they were all positively correlated with the temperature and precipitation. So it indicated that temperature and precipitation were two important natural factors to affect the vegetation index. (4) The vegetation index in plain increases quickly than it did in the mountains. It indicated that the growth of vegetation was influenced not only by natural factors, but also by human factors.

Key words: Tianshan Mountains; vegetation index; climatic factors; response

在全球变暖的大趋势下, 不同地区对其的响应不同。植被是土壤类型、地貌特征、气候变化和人类活动长期相互作用的产物, 其分布、组成、发生和发展与环境条件密切相关^[1-3]。在干旱与半干旱地区, 稀疏植被覆盖是其主要的环境特征, 对于环境的变化尤其是气候的变化异常敏感, 因此, 长期定量的植被分布

和变化分析能够反映环境演变的过程及其与气候变化的关系。

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 与植被覆盖度、植被绿度、植被生产力等性状具有很好的线性关系^[4-5], 是反映植被辐射吸收特性、气候胁迫作用等的重要指标^[6]。目前关于植被指数与

气象因子响应关系的研究表明,气温、降水与植被 NDVI 关系密切^[7-12],并表现出滞后效应^[8]和显著的空间差异性^[13]。关于新疆地区的研究成果中张生军等^[14]对不同植被类型生长季 NDVI 与气候因子进行了相关分析,发现有的植被类型对降水较为敏感,有的植被类型对温度较为敏感;王桂钢等^[15]对天山山区草地变化与气候要素的时滞效应分析表明,草地 NDVI 与气温、降水和光照存在不等的滞后效应。天山北麓绿洲是新疆重要的经济发展带,近年来植被覆盖发生了明显的变化,但相关研究只是从宏观角度对覆被状况与气候的关系进行分析^[16-17],没有针对具体的植被类型。本文利用 1982—2005 年这 24 a 来 NDVI 的时间序列,采用线性趋势法分析天山北麓中段不同区域各类型植被的变化情况,并将其与气温和降水的响应情况进行相关分析,以利于把握天山北麓中段生态环境变化状况及其对气候变化的响应程度,更好地为该地区生态环境规划和建设提供支持。

1 研究区概况

天山北麓中段位于准噶尔盆地南缘,东起乌鲁木齐市,西至乌苏市,南起前山带,北至沙漠边缘,呈不规则多边形。东西长约 406 km,南北最宽约 210 km,面积约 8.5 万 km²。地形总体由南东向北西倾斜,西北部最低为 280 m。天山北麓中段是北坡经济带的中心,按生态区划为山前平原东段、山前平原西段、山区东段和山区西段。该地区属内陆干旱区,夏季炎热干旱,冬季寒冷多风,多年平均降水量 220 mm,呈由南向北递减趋势,多年平均气温 6.9℃,多年平均蒸发潜力 1 817 mm,而蒸发量则由南向北递增。天山积雪孕育了众多河流水系,从东向西主要有乌鲁木齐河、头屯河、呼图壁河、玛纳斯河和奎屯河等径流量大于 10⁸ m³/a 的内陆河流,另有若干条年径流量较小的河流。这些河流发源于山区,在平原区径流和耗散,最终消失于古尔班通古特沙漠。植被以耕地农作物为主,冬季积雪覆盖和春季积雪融水对植被覆盖影响较大。

2 数据与研究方法

2.1 数据来源

2.1.1 遥感数据来源 本文所使用的数据是利用先进的高分辨率辐射计(Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR)反射的全球月平均归一化差分植被指数,该资料是由美国 NOAA/NASA 探险者 AVHRR 中心(Pathfinder AVHRR Land,

PLA)免费提供,其空间分辨率为 8 km×8 km,时间跨度为 1982—2005 年。

2.1.2 气象数据来源 气象数据为新疆维吾尔自治区气象信息中心提供的北疆 35 个基本气象台站的月均温和月降水数据,选取天山北麓中段 7 个站点数据经处理得到 1982—2005 年每年的年均气温和降水数据。

2.2 研究方法

2.2.1 斜率法 利用变化斜率的方法来研究 NDVI 时空演变趋势,计算公式如下:

$$b = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times \text{NDVI}_i - (\sum_{i=1}^n i) (\sum_{i=1}^n \text{NDVI}_i)}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (1)$$

式中: i ——年序号; n ——时间长度;NDVI——基于像元的 24 a 时间序列;采用生长季(4—10 月)平均值。 $b > 0$ 表示植被覆盖呈增加趋势, $b < 0$ 表示植被覆盖呈减少趋势, $b = 0$ 表示植被覆盖无变化趋势。

NDVI 变化百分率可表示 24 a NDVI 的变化程度,计算方法如下:

$$\text{NDVI 变化百分率} = \frac{nb}{\text{NDVI}} \times 100\% \quad (2)$$

采用 t 检验法对斜率的显著性进行检验。通过 student t -test 显著性检验($P < 0.05$)作为 NDVI 显著性增加或显著性减少的判断标准。

2.2.2 归一化植被指数提取过程 为了更加有效地消除云遮盖、大气影响、观测中的几何畸变、非卫星天底角观测等不利因素,本研究采取了最大值合成法,将每个月两个 15 d 全国 NDVI 数据采用最大值合成法做成月数据,对月 NDVI 资料求平均值,得到春(3—5 月)、夏(6—8 月)、秋(9—11 月)、冬(12—2 月)四季和年平均 NDVI 资料。用矢量化的天山北麓中段 4 个生态区边界提取 NDVI 值,并将 GIMMS NDVI 栅格数据转为矢量数据,参考新疆植被图集,将研究区所有像元栅格(8 km×8 km)分为 7 种植被类型,若某像元 i (i 分别为农田、荒漠、牧场、森林、高山植被)植被类型面积大于等于该像元面积 50% 时,定义该像元的植被类型为 i ;若在该像元中同时存在两种以上的自然植被类型,并且各植被类型的面积都小于该像元面积的 50%,该栅格被定义为混合植被类型;若该像元中存在两种以上植被类型(且含有农田植被),各植被类型的面积都小于该像元面积的 50%,则将该像元定义为混合农田植被类型。

2.2.3 NDVI 与气温和降水的相关性分析 选取天山北麓 7 个典型站点气象数据,先将不同生态区域所对应站点的气温和降水数据进行平均,得到每个区域的气象数据,然后用 SPSS 软件进行相关性分析,得

出每个生态区不同植被类型的 NDVI 值与同期气候因子之间的相关关系。

3 结果与分析

3.1 天山北麓中段 NDVI 变化特征

用斜率法进行天山北麓近 24 a 生长季累积 NDVI 变化趋势分析(图 1),可知近年来该区 NDVI 显著增加的面积为 32 320 km²,其中显著增加区域面积占该区的 10.55%;生长季 NDVI 显著减少的面积为 1 088 km²,其中显著减少的区域面积仅占 0.35%。由此可见,近年来,该区生长季 NDVI 在空间分布上总体呈增长趋势。中段地区 NDVI 显著增加的面积占总面积的 11.56%,而显著减少的面积仅占 0.15%,表明 24 a 来天山北麓中段地区植被总体呈上升趋势,植被生长状况向好的方向发展。

3.2 天山北麓中段各生态区不同植被类型 NDVI 变化趋势

天山北麓各生态区 24 a 来不同植被类型的 NDVI 值均在波动中有所增长(图 2)。天山北麓山前平原东段各植被类型的 NDVI 值与山前平原西段相比,增长率有所降低且波动较小。山前平原西段混合

植被指数每 10 a 增长率大约为 2.8%,比山前平原东段高 0.9%;农田植被指数每 10 a 增长率大约为 3.8%,比山前平原东段高 0.8%;混合农田植被指数和荒漠植被指数最低,与山前平原东段相差不大,但多了牧场植被类型。天山北麓山区西段混合植被指数年平均增长率为 0.22%,比山区东段高 0.01%;农田植被指数增长率最大,每 10 a 增长率大约为 4.6%,比山区东段高 1.5%。与山区西段不同,山区东段牧场植被指数明显高于农田和混合农田,荒漠植被指数最低。与山前平原相比,山区植被类型增加了森林植被和高山植被。



图 1 研究区地理位置

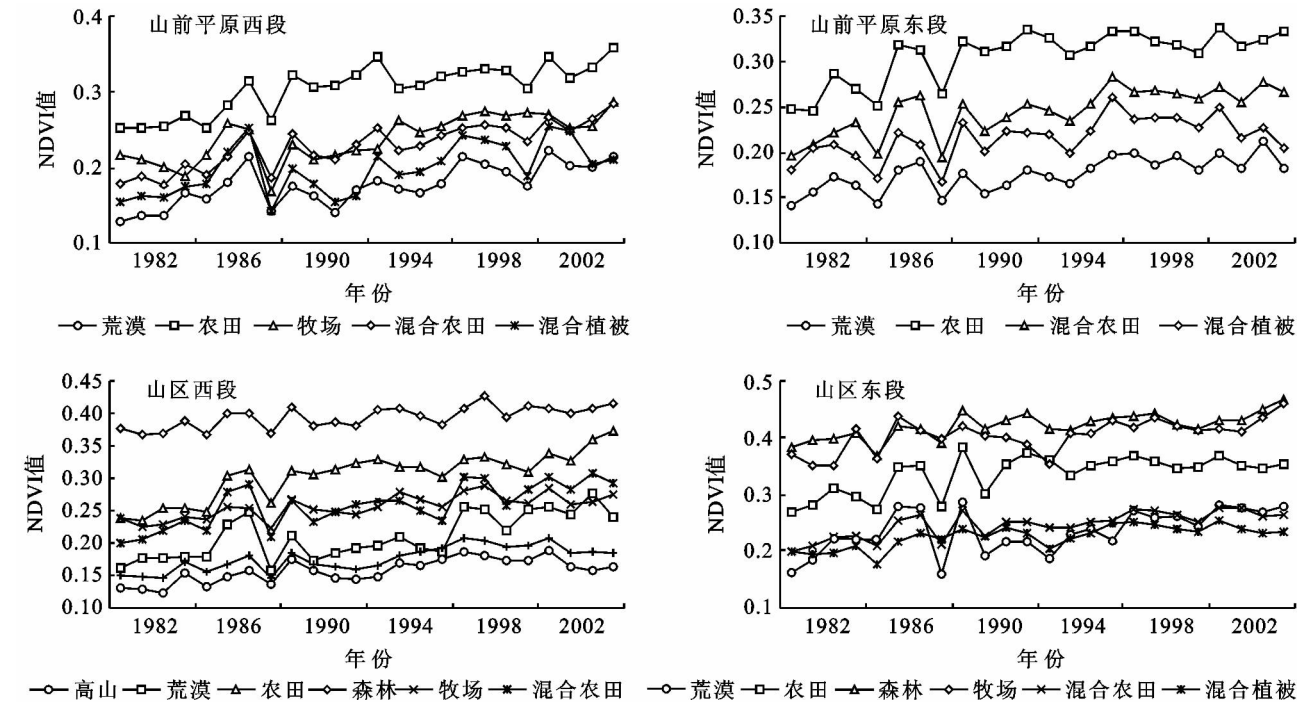


图 2 天山北麓不同植被类型 NDVI 变化趋势

总而言之,山前平原区植被指数增长幅度高于山区,主要是在国家政策扶持下,平原区耕地面积迅速扩大,经济作物种类增多,从而使农田植被指数迅速增加。这也表明植被指数的变化,不仅受自然因素影响,同时也受到人为因素的影响。此外,平原区植被类型较少,以农田植被为主,而山区则以森林植被为主。

荒漠植被指数与其他植被指数相比一直较低。

3.3 天山北麓各生态区不同植被类型 NDVI 与气温和降水的关系

从相关系数来看,除个别类型外,多数植被类型与降水及气温的相关性普遍较低。这可能与遥感数据分辨率过低和气象数据山区站点不丰富有关,但天

天山北麓不同生态区不同类型植被指数都与气温和降水存在正相关关系(表 1),表明气温和降水是影响该区域植被生长的重要自然因素。对于不同生态区的混合植被指数来说,山前平原区的混合植被指数与降水的相关性较大,与气温的相关性较小。而山区的混合植被指数与气温的相关性较大,与降水的相关性较小。其中荒漠植被一直与降水有较好的相关性,尤其山区西段的荒漠植被,其 NDVI 值与降水的相关系数超过了 0.7,说明干旱区植被对气候变化的响应非常敏感。农田植被与气温和降水的相关性都不是很大,

尤其在山区,与气温的相关性很弱,但其植被增长率在各区域均为最高,表明人为因素对其变化造成了很大影响。森林植被指数在山区西段与降水的相关性较高,而在山区东段却与其呈弱相关关系。这可能与天山北麓山区东段与西段的气候背景不同有关,山区东段气温普遍高于西段,降水也多于西段。

由以上分析可知,除了山区西段的高山植被指数和山区东段的牧场植被指数与气温的相关性大于其与降水的相关性外,其他植被指数均与降水有更好的相关性。

表 1 天山北麓各生态区不同植被类型 NDVI 与气温和降水的相关系数

区域	项目	荒漠	农田	森林	牧场	高山	混合农田	混合植被
山前西段	气温	0.223	0.286		0.345		0.310	0.213
	降水	0.532	0.314		0.449		0.412	0.523
山前东段	气温	0.156	0.110				0.159	0.242
	降水	0.495	0.392				0.412	0.361
山区西段	气温	0.228	0.198	0.261	0.358	0.458	0.150	0.408
	降水	0.704	0.395	0.624	0.434	0.280	0.711	0.388
山区东段	气温	0.038	0.058	0.206	0.303		0.153	0.386
	降水	0.551	0.457	0.293	0.123		0.510	0.190

4 结论与讨论

4.1 结论

在 1982—2005 年的 24 a 间,天山北麓中段不同生态区不同植被类型的 NDVI 均在波动中有所增长,但不同生态区的主要植被类型不同,山前平原区主要以荒漠植被和农田植被为主,山区西段主要以高山植被为主,山区东段主要以牧场植被为主。平原区植被指数的增长率大于山区,波动性也较大。不同植被类型 NDVI 与气候因子相关性分析表明,高山植被受年均气温影响较大,荒漠植被、农田植被及混合农田植被和降水相关性较大,牧场植被与气温和降水均存在相关性。总的来说,各植被类型 NDVI 都与气温和降水存在着明显的正相关关系,表明气温和降水是影响天山北麓植被变化的两个主要自然因素。

4.2 讨论

植被的生长受多种因子的影响,包括自然因子(气温、降水、土壤、太阳辐射等)和非自然因子(人类活动等),而且这些因子对植被生长的影响可能存在一定的滞后性。本文只对自然因子中的气温、降水进行了相关性分析,并没有进行气候因子对植被生长影响的滞后性分析,而且由于资料缺乏等的限制,也未区分自然因素和人为因素贡献率的大小,这些还有待进一步深入研究。

参考文献:

[1] 孙红雨,王常耀,牛铮,等. 中国植被覆盖变化及其与气候因子关系:基于 NOAA 时间序列数据[J]. 遥感学报, 1998,2(3):204-210.

[2] 王晶晶,白雪,邓晓曲,等. 基于 NDVI 的三峡大坝岸边植被时空特征分析[J]. 地球信息科学,2008,10(6):808-815.

[3] 信忠保,许炯心,郑伟. 气候变化和人类活动对黄土高原植被覆盖变化的影响[J]. 中国科学 D 辑:地球科学, 2007,37(11):1504-1514.

[4] Carlson T N, Ripley D A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index[J]. Remote Sensing of Environment,1997,62(3):241-252.

[5] 邓飞,全占军,于云江. 20 年来乌兰木伦河流域植被盖度变化及影响因素[J]. 水土保持研究,2011,18(3):137-140.

[6] Boegh E, Soegaard H, Hanan N, et al. A remote sensing study of the NDVI-Ts relationship and the transpiration from sparse vegetation in the Sahel based on high resolution satellite data[J]. Remote Sensing of Environment,1999,69(3):224-240.

[7] 龚道溢,史培军,何学兆. 北半球春季植被 NDVI 对温度变化响应的区域差异[J]. 地理学报,2002,57(5):505-514.

[8] 李晓兵,史培军. 中国典型植被类型 NDVI 动态变化与气温、降水敏感性分析[J]. 植物生态学报,2000,24(3):379-382.

量分布于近地面 10 cm 高度之内,整体固沙效益达到 87%~95%。而植被盖度与地形坡度是人工治理沙丘风沙防护效益出现沙丘部位差异的主要影响因素。

(3) 人工治理沙棘沙丘不同部位风速廓线和防风固沙效益的研究充分反映出人工治理的效果良好,揭示其防风机制和主要影响因子。同时反映设置麦草方格沙障搭配沙棘实生苗的治沙措施对于高寒地区治沙工作而言,切实可行。但在工程规划中,地形和植被因子需要重点考虑,在沙丘不同部位塑造合适的植被环境和沙障规格以获取最大的防风固沙效果。

参考文献:

[1] 朱震达. 中国沙漠、沙漠化、荒漠化及其治理对策[M]. 北京:中国环境出版社,1999:113-115.

[2] 吴正,等. 风沙地貌与治沙工程学[M]. 北京:科学出版社,2003:2130.

[3] Bagnold R A. The Physics of Blown Sand and Desert Dunes[M]. New York: William Morrow & Company, 1941:265.

[4] Owen P R. Saltation of uniform grains in air[J]. J. Fluid Mech.,1964,20(2):225-242.

[5] 董治宝,慕青松,王洪涛. 风沙流中风速廓线的数值模拟与实验验证[J]. 气象学报,2008,66(2):158-166.

[6] 王洪涛,董治宝,钱广强,等. 关于风沙流中风速廓线的进一步实验研究[J]. 中国沙漠,2003,23(6):721-724.

[7] 郭雨华,赵廷宁,丁国栋,等. 灌木林盖度对风沙土风蚀

作用的影响[J]. 2006,13(5):245-251.

[8] 赵彩霞,郑大伟,何文清. 植被盖度的时间变化及其防风蚀效应[J]. 植物生态学报,2005,29(1):68-73.

[9] 李振山. 地形起伏对气流速度影响的风洞实验研究[J]. 水土保持研究,1999,6(4):75-79.

[10] 哈斯,王贵勇,董光荣. 腾格里沙漠东南缘沙丘迎风坡风速变化的初步研究[J]. 干旱区地理,1999,22(1):41-46.

[11] 杨明元. 对地表粗糙度测定的分析与研究[J]. 中国沙漠,1996,16(4):383-387.

[12] Dong Z B, Gao S Y, Fryrear D W. Drag coefficients and roughness as disturbed by artificial standing vegetation[J]. Journal of Arid Environments,2001,49(3):485-505.

[13] 张伟民,李孝泽. 金字塔沙丘地表气流场及其动力学过程研究[J]. 中国沙漠,1998,18(3):215-220.

[14] 盖世广,王雪芹,万金平,等. 古尔班通古特沙漠半固定沙垄表面风速变化规律研究[J]. 水土保持学报,2008,22(4):30-34.

[15] 杜鹤强,韩致文,王涛,等. 新月形沙丘表面风速廓线与风沙流结构变异研究[J]. 中国沙漠,2012,32(1):9-17.

[16] 张春来,邹学勇,程宏. 包兰铁路沙坡头段防护体系近地面流场特征[J]. 应用基础与工程科学学报,2006,14(3):353-360.

[17] 吴晓旭,邹学勇,王仁德,等. 毛乌素沙地不同下垫面的风沙运动特征[J]. 中国沙漠,2012,32(1):9-16.

[18] 张登山,石昊,魏殿生,等. 青海湖湖东人工治理沙丘风沙流结构特征[J]. 林业科学,2011,31(4):828-834.



(上接第 161 页)

[9] 王兮之,梁钊雄,周显辉,等. 黄河源区玛曲县植被覆盖度及其气候变化研究[J]. 水土保持研究,2012,19(2):57-65.

[10] 付新峰,杨胜天,刘昌明. 雅鲁藏布江流域 NDVI 时空分布及与站点气候因子的关系[J]. 水土保持研究,2006,13(3):229-232.

[11] 姚雪茹,刘华民,裴浩,等. 鄂尔多斯高原 1982—2006 年植被变化及其驱动因子[J]. 水土保持通报,2012,32(3):225-230.

[12] 杜加强,舒俭民,张林波. 1982—2006 年黄南州 NDVI 年际变化及其与气候的关系[J]. 水土保持通报,2010,30(4):229-234.

[13] 陈云浩,李晓兵,史培军. 1983—1992 年中国陆地 ND-

VI 变化的气候因子驱动分析[J]. 植物生态学报,2001,25(6):716-720.

[14] 张生军,王涛,王天明,等. 新疆不同植被 NDVI 的变化及其与气候因子的关系[J]. 草业科学,2010,26(5):26-31.

[15] 王桂钢,周可法,孙莉,等. 天山山区草地变化与气候要素的时滞效应分析[J]. 干旱区地理,2011,34(2):317-324.

[16] 李杨,刘艳,马丽云,等. 天山北坡气候因子对植被影响的空间分异性研究[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(7):91-95.

[17] 谢国辉,李晓东,周立平,等. 气候因子影响天山北坡植被指数时空分布研究[J]. 地球科学进展,2007,22(6):618-624.