

长白山区植被生长季NDVI时空变化 及其对气候因子敏感性

侯光雷¹, 张洪岩¹, 郭 聃^{1,2}, 郭笑怡¹

(1. 东北师范大学城市与环境科学学院, 长春 130024; 2. 吉林省农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘 要: 本文利用长白山区 SPOT/VGT NDVI 数据和气象数据, 分析该区不同植被类型 NDVI 时空变化特征以及与气候因子的相关关系, 并探讨了植被对气候变化响应的滞后性。结果表明: ①2000-2009 年, 长白山区植被 NDVI 逐年变化总体呈增长趋势, 增长区域的面积占全区面积的 83.91%, 在空间上主要集中在北坡和西坡, NDVI 减少区域集中在南坡; ②NDVI 变化率随季节和植被类型变化而不同, NDVI 增长主要集中在 5 月和 9 月, 而 7 月 NDVI 变化较小, 甚至出现下降趋势; ③植被 NDVI 与温度和降水存在着显著的正相关性 ($p < 0.01$), 且 NDVI 与温度的相关性高于与降水的相关性, 且随海拔升高, NDVI 与温度相关性增强; ④NDVI 对气温和降水变化的响应存在滞后期, 不同植被类型, 滞后期存在差异。苔原 NDVI 对温度和降水响应的滞后期大约 10 天, 而针阔混交林和针叶林 NDVI 对温度和降水响应的滞后期约为 20 天。

关 键 词: 长白山区; SPOT/VGT NDVI; 气象因子; 滞后期

1 引言

植被是陆地生态系统的主体, 植被的变化代表土地覆盖的变化。近些年来, 人类活动加剧全球气候变化。作为气候变化的指示器, 植被变化已经成为全球环境变化研究的重要内容^[1]。目前研究发现, 近 50 年来, 全球增温现象明显, 降水年际波动较大, 而且高山地区植被对气候变化的响应尤为明显^[2]。长白山区处于亚欧大陆的东部, 属于湿润性气候, 火山喷发形成的锥体经过多年的植被演替, 植被带垂直分异明显, 类型多样。因此, 研究该区域植被对气候变化响应对山地生态系统植被生产力和碳循环有着非常重要的意义。

在植被动态监测过程中, 遥感数据因具有时间和空间上的连续性, 被认为是研究植被-气候关系的重要的数据源^[3]。利用遥感数据提取的植被指数, 尤其是归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 是公认的用于表征植被生长状态的有效参数, 常用于定量的描述植被生长状态^[4]、初级生产力^[5]和碳循环^[6]等研究中。国内外学

者对时间序列 NDVI 数据与气象因子之间的关系已经做了大量的研究, 证明了 NDVI 对气象因子变化响应敏感^[3,7-8]。降水和气温是影响地表植被动态变化的两个重要气象因子^[9]: 降水增加土壤的湿度, 为植被生长提供水分; 气温升高有利于有机质的分解, 提高土壤养分含量, 同时也有效的提高植被光合作用效率, 使得 NDVI 上升。但植被对气候变化的响应仍不清楚, 大部分研究集中在 NDVI 空间的变化格局以及 NDVI 与气象因子之间的关系上^[10-11], 而季节性的 NDVI 与气象因子之间的关系以及不同植被类型对气象因子变化的响应以及滞后性的研究相对较少。

长白山自然保护区以其独有的植被带垂直分异的空间格局, 为研究东北亚地区植被-气候关系提供了一个理想场地。近些年来研究表明, 气候变化加剧长白山区植被活动, 使得长白山区成为一个重要的碳汇区域^[12]。但是对于长白山区植被 NDVI 变化及其与气象因子的关系很少有人研究。为此, 本文探讨了长白山区不同植被类型 NDVI 时空特征变化以及同时期的气象因子进行相关关系, 并

收稿日期: 2011-10; 修订日期: 2012-02.

基金项目: 东北师范大学十一五科技创新平台项目 (106111065202); 国家重点基础研究发展规划项目 (2009CB426305)。

作者简介: 侯光雷 (1982-), 男, 河南省鹤壁市人, 博士研究生, 主要从事资源环境遥感研究。E-mail: Hougl793@126.com

通讯作者: 张洪岩, 教授, 博士生导师。E-mail: Zhy@nenu.edu.cn

通过气象因子的滑动处理来确定相对精确的植被对气候变化响应滞后期,为该区域植被-气候关系以及植被生产力研究提供依据。

2 数据与方法

2.1 研究区

本文研究区——长白山自然保护区,位于吉林省东部(127°38' E ~ 128°16' E, 41°42' N ~ 42°25' N),包括以天池为中心的北、西、南坡面原始植被区,总面积 190781 hm²。长白山自然保护区地带性植被是温带针阔混交林,随着海拔升高,气温降低,形成明显的植被自然景观垂直分布带。海拔 720 ~ 1100 m,是以红松为主的常绿针叶树和榆树、黄菠萝等针叶、阔叶混交林带;海拔 1100 ~ 1800 m,是针叶林带,主要以红松、云杉、冷杉、落叶松等针叶树为主;海拔 1800 ~ 2000 m,是亚高山岳桦林带,主要是暗针叶林带和高山苔原带的过渡带,乔木以岳桦为主,还有云杉、冷杉、落叶松、东北赤杨等;海拔在 2000 m 以上是高山苔原带,仅有矮小的灌木、多年生的草本植物、地衣、苔藓等。其完整的森林生态系统是欧亚大陆北半部最具有代表性的自然综合体(图 1)。

2.2 数据来源与处理

本文采用 SPOT/VGT 最大合成值 NDVI 数据,时间为 2000-2009 年,每旬一景影像,每年 36 景,空间分辨率为 1 km。数据来源于 <http://free.vgt.vito.be>。利用 ENVI 软件 Band Math 工具,根据公式 $NDVI = DN \times 0.004 - 0.1$ 将每个像元的 DN 值转为对应

的 NDVI 值。进行几何纠正,地理坐标转换,裁切,得到研究区内 10 年间每旬的 NDVI 数据。长白山区植被生长期主要集中在 5-10 月,所以本文选取 13-30 旬数据,每一年 18 景影像。

气象数据主要包括平均气温和降水量。由于该区域只有 1 个气象站(天池站),本文获取距离该区域最近的 3 个气象站(松江、东岗和长白)每日的气温和降水数据。为了与 NDVI 数据时间尺度上能够匹配,将气象数据按旬进行统计,得到每旬的累计降水量和平均温度。

为了获取研究区内土地覆被数据,本文利用 Landsat TM(2007 年 7 月 30 日),采用监督分类的方法,获得长白山自然保护区的土地覆盖类型(针阔混交林、针叶林、岳桦林、苔原、裸岩和水体)。利用实测数据和高分辨率影像进行分类后检验,总体精度为 85.7%,Kappa 系数为 0.84。其中针阔混交林占研究区总面积的 52%,针叶林占 28.5%,岳桦林占 1.4%,苔原占 17.2%,裸岩占 0.5%,水体占 0.4%。由于岳桦林面积较小,在 1 km 分辨率的影像上很难准确的获得 NDVI 象元值,所以本文分析中没有讨论岳桦林带。

2.3 研究方法

2.3.1 一元回归趋势线法

回归趋势线法是对一组随时间变化的变量进行回归分析的方法^[13],预测其未来变化趋势。本文通过计算每个象元 NDVI 值,用趋势线分析方法来模拟 10 年间 NDVI 的变化趋势,即 NDVI 年际间的变化率。其计算公式如下:

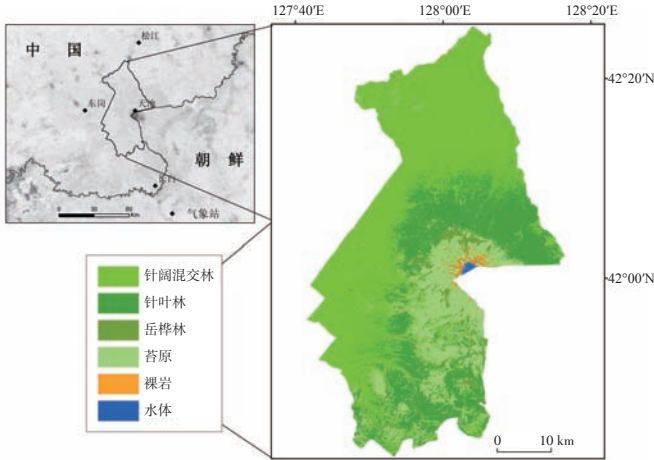


图 1 研究区位置及土地覆盖图

Fig.1 Map showing the location and landcover of the study area

$$\Phi_{slope} = \frac{n \sum_{k=1}^n k \times \overline{NDVI} - \sum_{k=1}^n k \times \sum_{k=1}^n \overline{NDVI}}{n \times \sum_{k=1}^n k^2 - (\sum_{k=1}^n k)^2} \quad (1)$$

式中： n 是总年数； k 为 $1 \sim n$ 年中的第 k 年； \overline{NDVI} 为年均 NDVI 值； Φ_{slope} 为趋势线的斜率，趋势线法反映了在研究时间范围内 NDVI 的变化趋势。其中， $\Phi_{slope} > 0$ 时，说明 NDVI 在 n 年间呈现增加趋势； $\Phi_{slope} = 0$ 时，说明 NDVI 没有变化； $\Phi_{slope} < 0$ 时，NDVI 呈现减少趋势。

2.3.2 统计分析

本文将 10 年间每旬 NDVI 值与同期的气温和降水进行相关分析、偏相关分析和复相关分析。相关系数反映了变量之间的总体相关程度；偏相关系数则反映了多要素系统中暂不考虑其他要素的情况下两要素间的相关程度；复相关系数则反映了多要素系统中几个要素对一个要素的综合的影响。最后对以上各种相关分析做显著性检验，其中相关分析和偏相关分析采用 t 检验方法，复相关分析采用 F 值检验。通过相关分析来探讨哪一种气象因子对 NDVI 影响更强。考虑到不同植被类型 NDVI 对气温和降水具有不同响应，所以本文分别利用 5-10 月份不同植被类型平均 NDVI 与温度和降水因子进行相关分析。

3 结果与分析

3.1 长白山区 NDVI 的空间变化特征

采用一元回归趋势线计算 2000-2009 年际间 NDVI 变化趋势，但年际间变化没有明显的长期变

化趋势(研究区 NDVI 变化没有通过 95%置信度检验)。 Φ_{slope} 变化范围为-0.00466 ~ 0.00854,均值为 0.00248,方差为 0.00224。为了统计研究区 NDVI 增加和减少的区域,本文分别统计不同级别 Φ_{slope} 面积(表 1)。从表中可以看出,长白山区 NDVI 减少区域占整个研究区面积的 16.09%,增加区域占总面积的 83.91%，表明长白山区植被 NDVI 在 2000-2009 年间总体上呈增长趋势。其中,NDVI 增长率为 0.002/a ~ 0.004/a 占总面积的 34.04%；其次，NDVI 增长率为 0.004/a ~ 0.006/a 占总面积的 23.09%，NDVI 增长率为 0 ~ 0.002/a 占总面积的 22.83%。从空间上看,植被退化区域主要分布在南坡,植被增加的区域主要集中在北坡和西坡。

表 2 长白山区各植被类型变化趋势统计表
Tab.2 Statistics of variation trends in different vegetation classes in Changbai Mountains

Φ_{slope} 区间/(/a)	针阔混交林/%	针叶林/%	苔原/%
< -0.004	0	0.21	0.53
-0.004 ~ -0.002	0.19	2.63	2.14
-0.002 ~ 0	3.36	15.86	14.97
0 ~ 0.002	13.71	24.89	39.57
0.002 ~ 0.004	37.01	37.92	29.41
0.004 ~ 0.006	38.06	16.60	11.76
> 0.006	7.67	1.89	1.60

表 1 长白山区 NDVI 变化趋势面积统计
Tab.1 Statistics of area of NDVI variation in Changbai Mountains

Φ_{slope} 区间/(/a)	占研究区面积比例/%
< -0.004	0.22
-0.004 ~ -0.002	2.57
-0.002 ~ 0	13.30
0 ~ 0.002	22.83
0.002 ~ 0.004	34.04
0.004 ~ 0.006	23.09
> 0.006	3.95

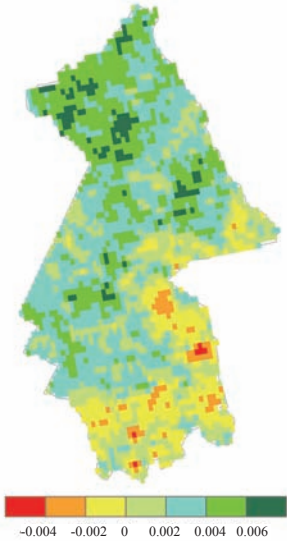


图 2 长白山 2000-2009 年 NDVI 变化率
Fig.2 The variation rate of NDVI in Changbai Mountains during 2000-2009

为了进一步分析不同植被类型NDVI空间变化趋势,将分类后的遥感影像图转化为矢量格式,然后将每种植被类型矢量数据与NDVI变化率(图2)进行叠加,利用ArcGIS软件分别统计不同变化趋势占每种植被类型面积比例(表2)。

由表2可知,3种植被类型NDVI在2000-2009年间都有明显的增加趋势,其中针阔混交林NDVI增加率最为明显,其增长区域占自身总面积96.45%,其次为苔原(82.36%),针叶林NDVI增加区域的面积占自身面积最小,为81.3%。

上述结果表明,在过去10年间,长白山自然保护区的植被呈现增加的趋势,其中针阔混交林增加的趋势最为明显。

3.2 长白山区NDVI时间变化特征

依据TM分类图,与长白山NDVI空间变化率进行叠加,利用ArcGIS软件分别统计不同植被类型的年际变化率均值。针阔混交林变化率为0.0037/a,针叶林变化率为0.0032/a,苔原变化率为0.001/a,全区的变化率为0.0022/a。表明整个长白山区植被NDVI在过去10年间呈现增长的趋势。这与其他相关研究基本上一致^[14-15],如Fang等^[14]研

究中,在过去的20年中,中国大多数地区的NDVI都呈现明显的上升趋势。长白山区作为一个国家级自然保护区,人类干扰相对较小,植被生长环境良好,NDVI值增加。

利用逐旬SPOT/VGT NDVI时间序列数据,采用线性回归方法,对整个研究区以及各植被类型生长季平均的NDVI进行趋势分析,求算每旬NDVI的平均值以及变化率。长白山区为典型的大陆性气候带,从植被生长季开始,NDVI值逐渐增大,到6月底达到最大值,然后NDVI呈现平稳状态,到10月初期,NDVI开始下降。本文着重探讨了2000-2009年各旬NDVI的变化情况。从图3中可以看出,研究区不同时期的NDVI变化是不同的。除7月以外(19-21旬),研究区NDVI的逐旬变化率呈现增长趋势,其中5月和9月增长的趋势最为显著,研究区植被NDVI在5和9月最大的增长率分别为0.009/a和0.0092/a。对比3种不同的植被,NDVI逐旬变化增长最快的时期同样出现在5月和9月,针阔混交林出现在第13旬(0.0103/a)和第26旬(0.0113/a);针叶林为第15旬(0.0097/a)和第27旬(0.0123/a);苔原为第13旬(0.0032/a)和第26旬

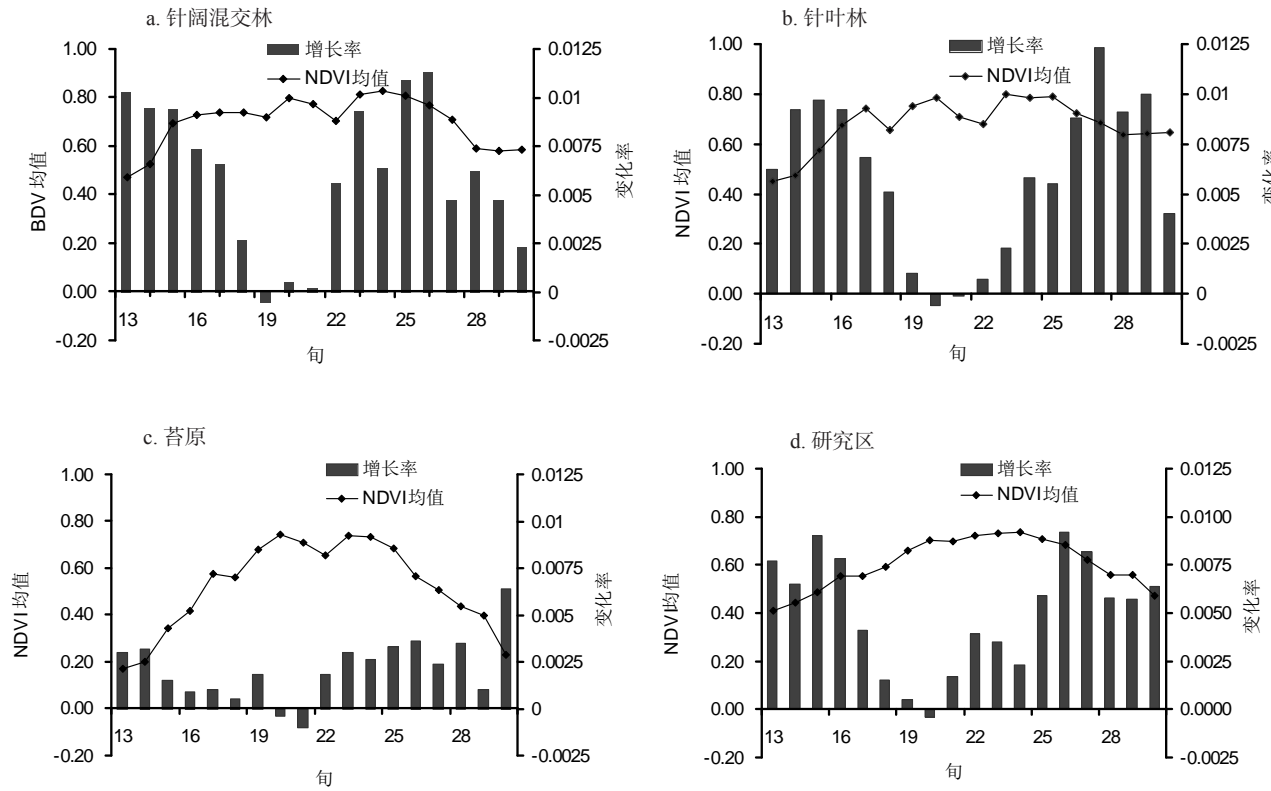


图3 长白山区各植被类型NDVI平均值及变化率

Fig.3 The average NDVI and its variation rate of differernt vegetation types in Changbai Mountains

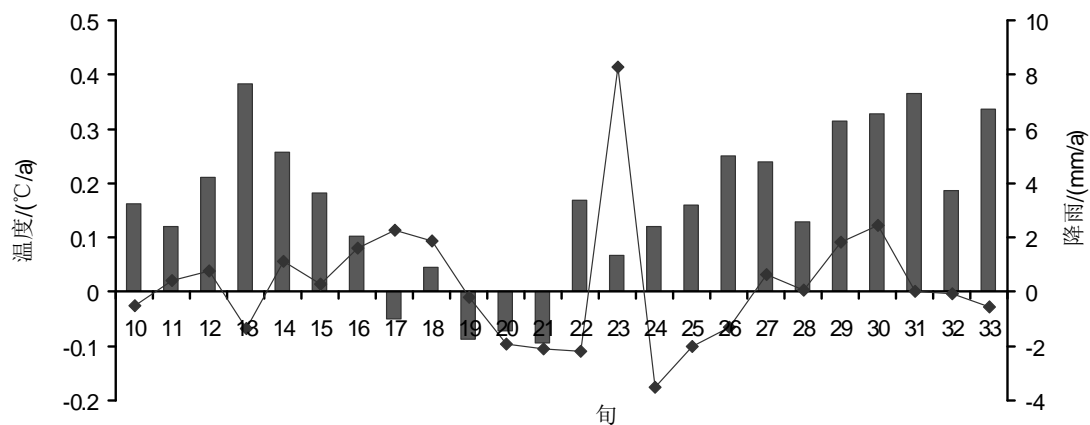


图4 长白山区2000-2009年平均温度和降水变化趋势图

Fig.4 The variation rate of mean temperature and accumulated precipitation in Changbai Mountains between 2000 and 2009

表3 长白山区植被生长季NDVI与同期的温度、降水之间的线性关系

Tab.3 Correlation between climatic variables and NDVI in vegetation growth season in Changbai Mountains

植被类型	相关分析		偏相关分析			复相关分析	
	温度	降水	温度/降水	降水/温度	<i>p</i>	相关系数	F值
针阔混交林	0.714**	0.602**	0.631**	0.172	0.334	0.822	35.584
针叶林	0.753**	0.581**	0.657**	0.182	0.278	0.801	29.214
苔原	0.822**	0.703**	0.702**	0.392	0.021	0.851	42.257
研究区	0.764**	0.61**	0.686**	0.214	0.102	0.837	38.656

注:偏相关分析(温度/降水)是在降水固定条件下,温度与NDVI相关分析,同样,偏相关分析(降水/温度)是在温度固定条件下,降水与NDVI相关分析;**表示*p*<0.01。

(0.0036/a)。而7月NDVI呈减少趋势,针阔混交林为第19旬(-0.0006/a);针叶林为第20旬(-0.0006/a);苔原为第20旬(-0.0004/a);整个研究区为第20旬(-0.0004/a)。

过去十几年研究证明^[16-17],北半球中高纬度植被有明显的增加趋势。主要是由于温度升高,降雨量增大,延长了植被的生长周期。从植被NDVI时间变化特征可知,长白山区植被NDVI增长有明显的季节性特征,春季和秋季植被NDVI增长比较明显,生长季的延长是植被NDVI在这两个季节增长的主要原因^[18-19]。本文统计了2000-2009年平均温度和降雨量变化趋势(图4)。由图4可知,长白山区年均气温总体上呈上升趋势,尤其在植被生长季初期(5月)和末期(9月)有明显的上升,温度增加延长了植被的生长期。同时该地区降水量充沛,平均降雨量在1000 mm左右,温度上升和充沛的降水是导致该地区植被在生长季的初期和末期增加的主要因素。

3.3 长白山区NDVI与温度、降水的关系。

为了揭示长白山区NDVI与气象因子之间的关系,本文将逐旬NDVI与同期的气象因子(降水和气温)进行相关分析,偏相关分析和复相关分析,考虑到生长季内NDVI值和温度气象因子都存在增长趋势,对相关分析存在一定的影响,因此本文对各旬NDVI值和气象要素数据进行距平处理,即每一旬的原始值减去这一旬所有年份平均值^[20](表3)。

结果表明,长白山区NDVI与平均温度和降水量存在明显的相关关系,全部都通过了0.01显著性检验。但是该区NDVI与气温的相关性要明显高于与降水之间的相关性,表明该区温度对植被影响更大。在偏相关分析中也证明了这一点,在固定降水条件下,NDVI与温度的关系全部都通过了0.01显著水平检验;而在固定温度条件下,NDVI与降雨相关显著水平都未通过0.01显著性检验。上述结果表明,排除温度和降水两者之间的相互影响,长白山区NDVI对温度变化的响应更敏感,这与中

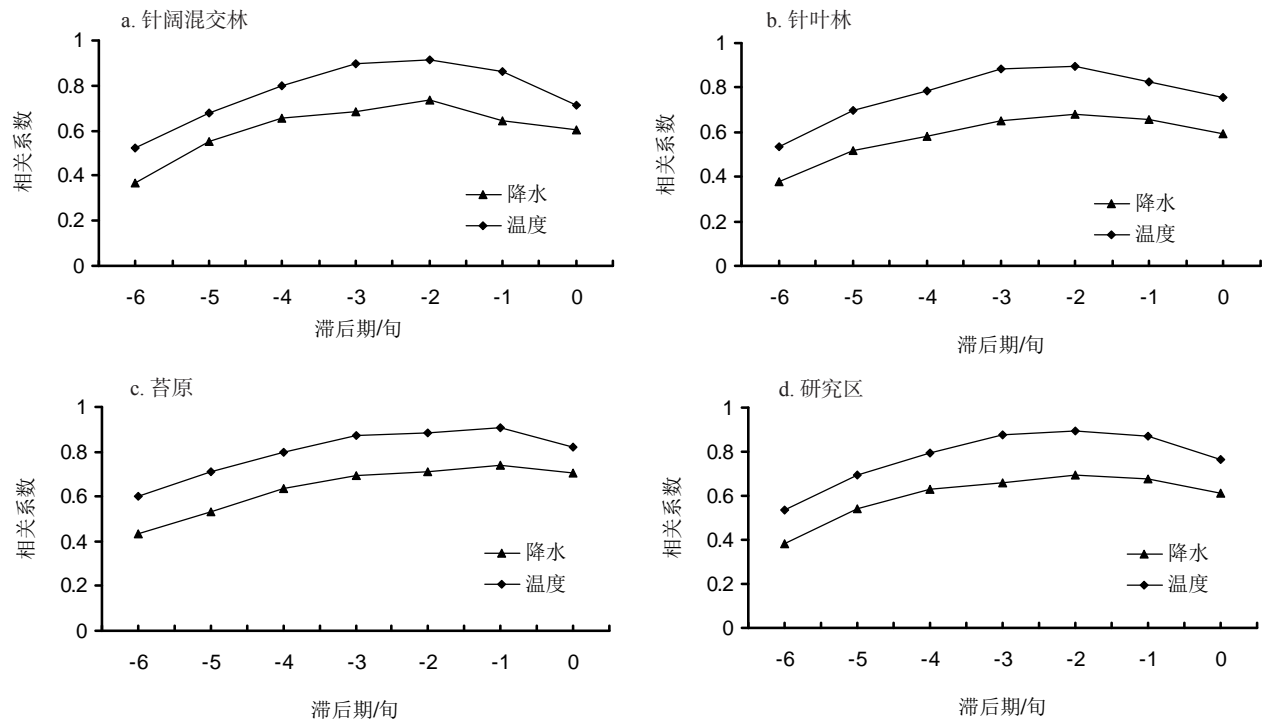


图5 长白山区植被NDVI与前0-6旬降水、温度相关分析

Fig.5 The relationship between vegetation NDVI and climatic variables with 0-6 time lags in Changbai Mountains

国东部其他湿润地区的研究结果相同。陈云浩^[15]等利用偏相关分析的研究方法,认为中国东部湿润区影响植被NDVI变化的主要驱动因子是温度。

对于不同的植被类型,其NDVI与温度和降水的相关性也不相同。苔原与温度的相关性(0.822)远远高于针叶林和针阔混交林(0.753和0.714),由于长白山处于湿润地区,充沛的降水使得土壤中保存了充足的水分用于供给植被生长,而长白山海拔较高,随着海拔的升高,温度下降,苔原带(2000~2200 m)高于针叶林(1100~1800 m)和针阔混交林(740~1100 m),高海拔意味着较低的气温,所以苔原NDVI对温度变化更敏感性。这与丁明军等^[1]在青藏高原植被与气候关系研究的结果一致,高寒区植被对温度响应更敏感。

3.4 气象因子对长白山区植被NDVI影响的时滞性分析

气象因子除了影响植被当时的生长状态以外,还存在一定的滞后性,可用滞后期表达气象因子对植被变化的影响。为了研究长白山区植被NDVI对气候变化的滞后效应,本文采用了生长季10天合成的NDVI平均值分别与前0-6旬的温度和降水求算相关系数,作为NDVI对气候变化滞后期响应

的度量,最大相关系数对应天数为滞后期。图5为长白山区3种植被类型和整个研究区NDVI与前0-6旬温度和降水的相关系数。由图5可知,针阔混交林NDVI与其前第二旬气温和降水的相关系数(0.914,0.737)大于与同期气温和降水的相关系数(0.714,0.602);同样针叶林NDVI与其前两旬气温和降水相关系数(0.898,0.681)大于同期气温和降水的相关系数(0.753,0.591)。这个结果说明两种森林植被NDVI对气温和降水变化有大约20天的时滞期。而苔原NDVI与其前0-6旬的温度和降水的相关分析表明,NDVI与其前1旬的温度和降水的相关性最强(0.907,0.737),表明苔原NDVI对气候因子的变化响应大约有10天时滞期。对于整个研究区而言,植被NDVI对气候变化响应整体上有20天的时滞期。

不同的植被类型对温度和降水响应时间滞后期不同。对于该区,主要表现为苔原NDVI对温度和降水滞后期比森林植被对气候变化的响应时间短。植被对气候变化响应的滞后期与植物瞬时发生的生理调整时间无关,而与植被生物地球化学循环的调解时间尺度一致。增温和降水的过程通过分解土壤有机质,提高土壤养分、增加光合作用效

率和提高土壤水分影响植被的生长^[21]。植被对温度滞后性与土壤温度、养分的释放和光合作用效率有关,而植被对降水的滞后性响应反映在降水与水分到达植被根部时间有关。不同的空间尺度、空间位置以及植被类型都可能影响NDVI对温度和降水变化响应的滞后性。

4 结论

本文利用时间序列的SPOT/VGT NDVI数据和气象资料对2000-2009年长白山区植被变化及其与气候之间的关系进行分析,主要结论如下:

(1) 采用一元回归趋势方法对长白山区NDVI变化进行时空分析,表明长白山区近10年来NDVI有明显的增加趋势,增长率在0~0.006/a之间,占全区面积的79.96%。对于3种主要的植被类型,NDVI增加的区域分别占自身面积96.45%(针阔混交林)、82.36%(苔原)、81.3%(针叶林)。通过分析植被生长季NDVI的变化可知,NDVI增长主要集中在春季和秋季,增长率几乎达到0.01,而夏季NDVI的增长率比较低,甚至出现了负增长。

(2) 长白山区NDVI与温度和降水有明显的关系,全部都通过了0.01显著性验证。但是与降水相比,NDVI与温度相关性更强,特别是在偏相关分析时,在固定降水的条件下,NDVI与温度的相关性都通过了0.01检验,所以温度是影响该区域植被变化的主要气候因子。通过分析不同高度植被NDVI和温度的相关关系,苔原(0.816)>针叶林(0.742)>针阔混交林(0.702),随着高度的上升,NDVI与温度的相关性增强。

(3) 整个长白山区植被NDVI对温度和降水变化存在着20天滞后期,但是不同的植被NDVI对温度和水分变化的滞后期不同,苔原带对温度和降水变化的滞后期较短,大约为10天,针叶林和针阔混交林滞后期为20天左右。

参考文献

[1] 张井勇,董文杰,叶笃正,等. 中国植被覆盖对夏季气候影响的新证据. 科学通报, 2003, 48(1): 91-95.

[2] Keller F, Kienast F, Beniston M, Evidence of response of vegetation to environmental change on high-elevation sites in the Swiss Alps. Regional Environmental Change, 2000, 1(2): 70-77.

[3] Potter C S, Brooks V. Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of NDVI. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(15): 2921-2948.

[4] Piao S L, Mohammat A, Fang J Y, et al. NDVI-based increase in growth of temperate grasslands and its responses to climate changes in China. Global Environmental Change, 2006, 16(14): 340-348.

[5] Matsushita B, Tamura M. Integrating remotely sensed data with an ecosystem model to estimate net primary productivity in East Asia. Remote Sensing of Environment, 2002, 81(1): 58-66.

[6] 汪业勋,赵士洞. 陆地碳循环研究中的模型方法. 应用生态学报, 1998, 9(6): 658-664.

[7] 齐述华,王长耀,牛铮,等. 利用NDVI时间序列数据分析植被长势对气候因子的响应. 地理科学进展, 2004, 23(3): 91-100.

[8] 戴声佩,张勃,王海军,等. 基于SPOT NDVI的祁连山草地植被覆盖时空变化趋势分析. 地理科学进展, 2010, 29(9): 1075-1080.

[9] 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. 地理学报, 2002, 57(5): 505-514.

[10] 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. 生态学报, 2003, 23(2): 221-230.

[11] 丁明军,张懿铨,刘林山,等. 青藏高原植被覆盖对水热条件年内变化的响应及其空间特征. 地理科学进展, 2010, 29(4): 507-512.

[12] Zhang N, Yu Z L, Yu G R. Scaling up ecosystem productivity from patch to landscape: A case study of Changbai Mountain Nature Reserve, China. Landscape Ecology, 2007, 22(2): 303-315.

[13] 宋怡,马明国. 基于GIMMS AVHRR NDVI数据的中国寒旱区植被动态及其与气候因子的关系. 遥感学报, 2008, 12(3): 499-505.

[14] 方精云,朴世龙,贺金生,等. 近20年来中国植被活动在增强. 中国科学: C辑, 2003, 33(6): 554-565.

[15] 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. 植物生态学报, 2001, 25(6): 716-720.

[16] 朴世龙,方精云. 1982-1993年我国陆地植被活动对气候变化响应的季节差异. 地理学报, 2003, 58(1): 119-125.

[17] Myneni R B, Keeling C D, Tucker C J, et al. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981-1991. Nature, 1997, 386: 698-702.

[18] 夏露,刘咏梅,柯长青. 基于SPOT4数据的黄土高原植

- 被动态变化研究. 遥感技术与应用, 2008, 23(1): 67-71.
- [19] 王小平, 郭锐, 杨嘉. 黄河上游玛曲县气候变化对植被的影响研究. 西北植物学报, 2007, 27(4): 776-783.
- [20] 毛睿, 龚道溢, 房巧敏. 生长期植被覆盖变化对局地气候

- 要素的可能影响. 气候与环境研究, 2008, 13(6): 738-750.
- [21] 崔林丽, 史军, 杨引明, 等. 中国东部植被NDVI对气温和降水的旬响应特征. 地理学报, 2009, 24(7): 850-860.

Spatial-temporal Variation of NDVI in the Growing Season and Its Sensitivity to Climatic Factors in Changbai Mountains

HOU Guanglei¹, ZHANG Hongyan¹, GUO Dan^{1,2}, GUO Xiaoyi¹

(1. School of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China;

2. College of Resources and Environment Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: In order to reveal the response of mountain ecosystem to climate change, the spatial-temporal distribution of vegetation variation in the Changbai Mountains was investigated by using the 10-day SPOT/VGT NDVI data from 2000 to 2009. Combining the meteorological data, we discussed the relationship between NDVI and climatic factors and time lags of vegetation variation response to climate change. The results are shown as follows. 1) NDVI increased from 2000 to 2009 in Changbai Mountains. The NDVI increased and decreased area covered about 83.91% and 16.09% of the whole study area respectively. The increased area was mainly distributed on the northern and western slopes, while the decreased area was distributed on the southern slope. The growth rate of NDVI centralized 0 - 0.006 /a. 2) The change rate of NDVI varied by seasons and vegetation types. The peak of NDVI slope appeared in May and September, but no increase, even a little decrease was observed in July; 3) There was a significantly positive correlation between NDVI and climatic factors (temperature and precipitation), and NDVI had a closer correlation with temperature than with precipitation for the three vegetation types. The results also revealed that a correlation between NDVI and temperature in tundra zone was stronger than that in the Korean pine-broadleaved mixed forest (700-1100 m) and coniferous forest (1100-1700 m), which indicated that vegetation at higher elevation is more sensitive to temperature change; 4) The correspondence between NDVI and climatic factors had a marked time lag for 10-20 days for the whole study area. Different vegetation types had different time lags. The response of NDVI in tundra zone to climatic factors had a time lag of about 10 days, while in the two forests mentioned above, the response had a time lag of about 20 days.

Key words: Changbai Mountains; SPOT/VGT NDVI; meteorological factors; time lags

本文引用格式:

侯光雷, 张洪岩, 郭聃, 等. 长白山区植被生长季NDVI时空变化及其对气候因子敏感性. 地理科学进展, 2012, 31(3): 285-292.