

DOI: 10.5846/stxb201507101464

袁沫汐, 邹玲, 林爱文, 朱弘纪. 湖北省地区植被覆盖变化及其对气候因子的响应. 生态学报, 2016, 36(17): - .

Yuan M X, Zou L, Lin A W, Zhu H J. Analyzing dynamic vegetation change and response to climatic factors in Hubei Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(17): - .

湖北省地区植被覆盖变化及其对气候因子的响应

袁沫汐^{1,2}, 邹玲^{1,2}, 林爱文^{1,2,*}, 朱弘纪^{1,2}

1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079

2 地理信息系统教育部重点实验室, 武汉 430079

摘要: 归一化植被指数 (NDVI) 作为一个重要的遥感参数, 能够准确地反映植被覆盖程度和植被生长状况、生物物理化学性质及生态系统参数的变化, 其时序数据也已成为基于生物气候特征开展大区域植被和土地覆盖分类的基本手段。文章基于 2001—2012 年 MODIS-NDVI 数据, 利用趋势分析法以及线性相关分析等方法对湖北省植被年际变化趋势、月变化趋势进行详细分析; 并且研究该区植被覆盖时空变化及其与气温和降水的关系。结果表明近 12 年来, 研究区大部分区域植被覆盖度良好, 其中鄂西北及鄂南地区 NDVI 值较高为 0.82, 鄂中东部城市 NDVI 值较低为 0.13; 2001—2012 年间年均 NDVI 整体呈增加趋势, 增速 1%/10a; 植被覆盖度基本不变区域占研究区总面积的 92.8%, 大致符合我国中部地区植被覆盖变化趋势; 分析 NDVI 与气候因子的相关关系可知, 降水量对湖北植被 NDVI 年变化起有重要影响; 逐月 NDVI 与月平均气温及月降水量的回归分析表明, 降水和气温对生长季不同月份的植被 NDVI 影响明显不同, 同时呈现一定的滞后性。

关键词: 归一化植被指数; 植被覆盖变化; 气候变化; 滞后性; 湖北省

Analyzing dynamic vegetation change and response to climatic factors in Hubei Province, China

YUAN Moxi^{1,2}, ZOU Ling^{1,2}, LIN Aiwen^{1,2,*}, ZHU Hongji^{1,2}

1 School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan university, Wuhan 430079, China

2 The Key Laboratory of Geographic Information System, Wuhan 430079, China

Abstract: Normalized difference vegetation index (NDVI) is an important remote sensing parameter, it can accurately reflect the degree of vegetation and vegetation growth status, biological, physical, and chemical properties; and the changes in ecological system parameters. Based on its sequence data, it is also used as a bioclimatic character in large vegetation areas and for basic land cover classification. Vegetation cover changes in Hubei in 2001—2012 were analyzed using moderate resolution imaging spectrometer (MODIS) NDVI data. The maximum value composites, trend analysis, and linear regression analysis were used to analyze the annual and monthly NDVI changes of different vegetation types and to characterize the temporal and spatial vegetation cover changes and their relationship with temperature and precipitation. The results showed that vegetation cover was good in most regions of Hubei Province; the NDVI value was the highest (0.82) for the northwest regions and was the lowest (0.13) for the central urban regions. In general, the yearly mean NDVI increased from 2001 to 2012 at a rate of 1%/10 a. A constant area accounts for 92.8% of the total vegetation coverage, which is consistent with the trend of China's central region vegetation change. Precipitation had a crucial effect on the inter-annual variation of NDVI. The relationships of NDVI across different months during the growing season to temperature and precipitation over 12 recent years indicated that there was an obvious difference in the effects of temperature and

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (41301586)

收稿日期: 2015-07-10; 修订日期: 2016-03-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: awlin@whu.edu.cn

precipitation on NDVI among different months in the growth season, and response of NDVI to the climate factors was lagged.

Key Words: NDVI; vegetation cover change; climate change; lagging; Hubei province

1 研究背景

在全球变化中,植被扮演着陆地生态系统中最重要的作用。植被不仅参与全球物质与能量循环、调节全球气候,同时在自然地理环境起到“指示器”的作用^[1]。植被覆盖的变化导致了地表反照率、温室气体等与大气特性的变化^[2],通过影响地气系统的水分和能量收支从而影响区域气候发生变化;气候变化则会改变植被群落的组成、结构、影响植被的生物量,进而影响到植被覆盖度的状况^[3]。目前国内外越来越关注植被对全球变化的响应与反馈机制,研究植被覆盖与气候的关系已成为全球变化研究的重要内容。归一化植被指数(Normal Difference Vegetation Index NDVI)是遥感影像的近红外波段与红外波段反射率的比值参数,它准确地反映植被的覆盖程度、生长状况以及光合作用的强度^[4-5],能在较大时空尺度上客观反映研究区植被覆盖信息^[5-6]。因此,归一化植被指数是目前研究植被变化最为常用的指标,成为当前研究生态变化的主要数据集。

近年来我国针对植被覆盖变化及其对气候响应的问题逐渐深入,不同区域进行研究得到的结论也有所差异。杨元合、朴世龙^[7]利用 NOAA/AVHRRNDVI 数据研究近 20 年来的青藏高原草地植被覆盖变化及其与气候因子的关系,结果表明高寒草地夏季 NDVI 的增加是夏季温度和春季降水共同作用的结果,温性草原夏季 NDVI 变化与气候因子并没有表现出显著的相关关系,高寒草地植被生长对气候变化的响应存在滞后效应;杜灵通、田庆久^[8]利用 SPOT-VGT NDVI 数据计算宁夏近 11 年来的植被覆盖度并对其变化特征进行了研究,并分析其与气候因子之间的关系,结果显示植被覆盖度与气温和降水呈正相关关系;刘斌^[9]等根据 GIMMS-NDVI 数据对华北地区植被覆盖的时空变化特征进行分析,认为华北地区植被覆盖变化与干燥度指数和气温有很好的相关性,但人类活动的作用远大于气候变化且两者相对作用的大小在不同空间位置上表现不同;余振^[10]等探究了中国东部南北样带不同时间尺度的气候因子和植被活动变化特征,阐述 12 种具有代表性的植被类型对气候因子的响应方式;廖建华^[11]等以 GIMMS-NDVI 为基础,结合气候和人类活动数据,分析 1982—2003 年间长江上游植被覆盖季节变化的空间分布,发现春季、夏季降雨与气温同步增加致使植被覆盖增加,而秋冬季反之;崔林丽^[12]等探讨了近 10 年中国东部 NDVI 在全年、各个季节对气温和降水变化的旬时空响应特征,研究发现中国东部植被总体上对气温变化的响应大于降水,在空间上植被对气温变化的最大响应总体表现为北部和中部大于南部,对降水变化的最大响应表现为北部大于中部和南部。

湖北省处于中国地势第二阶梯向第三阶梯的过渡地带,位于长江中游地段,地形复杂多样,生物资源丰富,对该地区植被覆盖变化与气候关系进行单元详细研究对于林区保护、植被恢复、城市可持续发展有着重要意义。本文试图利用 2001—2012 年 MODIS 遥感数据、20 个气象站点的气温和降水数据,采用线性趋势分析、相关系数等方法,分析研究区归一化植被指数的月变化和年际变化;从植被覆盖度逐年变化特征、空间分布特征、时空统计特征三个方面,多角度分析湖北省近 12a 来植被覆盖变化特征,并根据植被覆盖度变化趋势分析植被对气候因子的响应程度。

2 研究区域地理特征

湖北省东连安徽,南邻江西、湖南,西接重庆,陕西与河南为邻,介于 29°05'—30°20'N,108°30'—116°20'E 之间^[13]。地势大致为东、西、北三面环山,中间低平,略呈向南敞开的不完整盆地。全省面积 185090 km²,山地约占 55.%,丘陵 24.5%,平原仅占 20%^[14]。该地区属亚热带季风性湿润气候,光能充足,热量丰富。无霜期长^[15],年平均气温 15—17℃,降水充沛,雨热同季,年降水量地域分布呈由南向北递减趋势,降水量分布有明显的季节变化,一般是夏季最多,冬季最少,年均降水量在 800—1600 mm 之间。植被类型主要以亚热带常

阔叶林、亚热带常绿阔叶落叶阔叶混交林为主^[16]。

3 数据准备与研究方法

3.1 数据来源与预处理

遥感数据采用 2001 年 1 月至 2012 年 12 月 Terra-MODIS13Q1 16 天合成的产品数据,空间分辨率 250 m,数据来源美国国家航空航天局(<https://ladsweb.nascom.nasa.gov/>)。数字高程数据(DEM)分辨率为 30 m(图 1),数据来源地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn/>)。使用 ENVI 软件将下载的数据批处理进行格式和投影转换,同时完成图像的拼接和裁切。

气象数据为 2001—2012 年湖北省地区 20 个气象站点(图 1)的气温和降水数据,该数据来源于中国气象科学数据共享服务平台(<http://www.escience.gov.cn/>)。利用 ArcGIS 10.0 软件对研究区 20 个气象站点的年均气温和年降水量数据分别进行 Kriging 插值,得到湖北省地区 2001—2012 年间年均气温和年降水量。

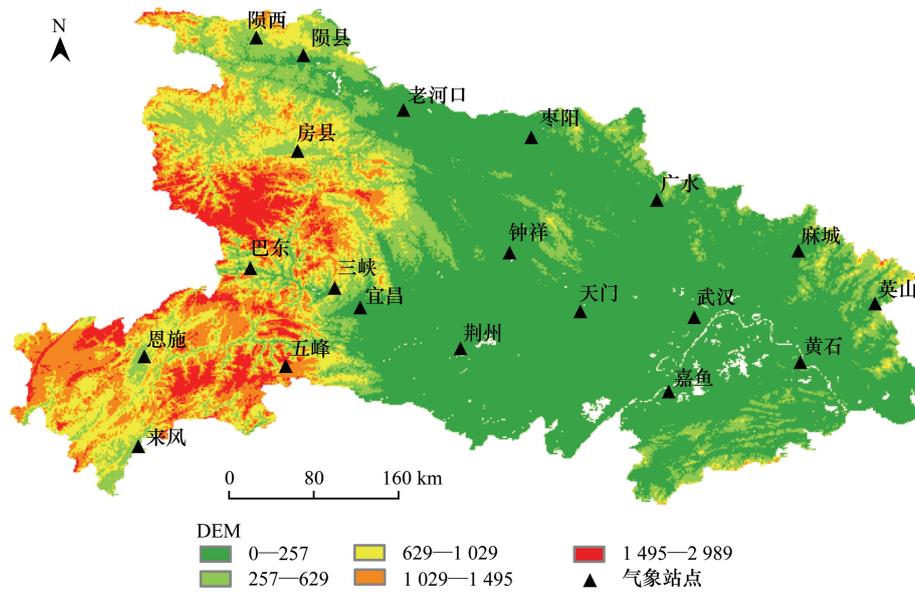


图 1 研究区 DEM 及气象站点位置

Fig.1 Study area DEM and meteorological stations of study area

3.2 研究方法

3.2.1 NDVI 均值法

采用最大值合成法将各旬数据合成为月数据,并对 12 个月 NDVI 数据求平均值。得到的年均 NDVI 值可以较好的反映该年份地表植被覆盖状况,而且消除了不同地区季节变化对地表植被覆盖变化的影响^[17]。

3.2.2 NDVI 趋势分析

为了定量研究 NDVI 的变化趋势,本文采用一元线性回归分析的方法,该方法可以模拟每个栅格的变化趋势,以单个像元时间变化特征反映整个空间变化规律,综合反映区域时空格局演变^[18]。对时间自变量和 NDVI 因变量数据,采用最小二乘法,计算数据集中所有像元的 NDVI 与时间的回归斜率^[19]。

Slope 是像元 NDVI 回归方程的斜率,若 Slope>0,表示随时间变化植被指数是增加的趋势,并且数值越大植被覆盖度增加越明显;反之,若 Slope<0 则代表植被指数呈现下降的趋势。其计算公式如下:

$$\text{Slope} = \frac{n \times \sum_{i=1}^n i \times NDVI_i - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n NDVI_i}{n \times \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2}$$

式中, i 为年序号; n 为年跨度,即 12 年; $NDVI_i$ 为第 i 年最大化 NDVI 值。

3.2.3 相关分析

采用最小二乘法拟合 NDVI 和气候要素随时间的变化速率,即 NDVI 和气候要素 y 随时间 t 的线性回归系数^[20]。

计算两个变量相关系数公式^[21]如下:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(NDVI_i - \overline{NDVI})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (NDVI_i - \overline{NDVI})^2}}$$

式中, n 为统计年数(12a); i 为年序号; \overline{NDVI} 为对应像元 12a 平均 NDVI 值; x 为气象要素(气温或降水)。

3.2.4 统计分析

为探究 NDVI 与气候因子之间的相互关系,利用统计分析软件 SPSS 采用 Pearson 相关系数和偏相关系数对 NDVI 与各气候因子进行相应的分析。

4 结果分析

4.1 湖北省 NDVI 时间变化

4.1.1 NDVI 月变化

根据 2001—2012 年月平均 MODIS/NDVI 资料统计出 NDVI 平均值,图 2 为湖北省近 12 年 NDVI 月平均值,明显看出,随月份变化 NDVI 值也随之发生改变,8 月 NDVI 值最高为 0.80,1 月 NDVI 值最低为 0.43。2—8 月全省 NDVI 呈明显上升趋势,主要是因为 2 月份开始鄂中部平原地带种植棉花、水稻秧苗处于生长的阶段、鄂北岗地的冬小麦和山区的油菜正处于生长期^[22-23]、鄂东、鄂西山地的树木也抽枝发芽;至 8 月份,研究区内阳光充足、雨水丰沛植被处于生长旺盛阶段^[24],各类植被均处于生长旺盛阶段 NDVI 达到一年中最高值;9 月份开始农作物逐渐成熟,大部分植被落叶,植被覆盖减少,NDVI 下降,至次年 1 月降到全年最低值。

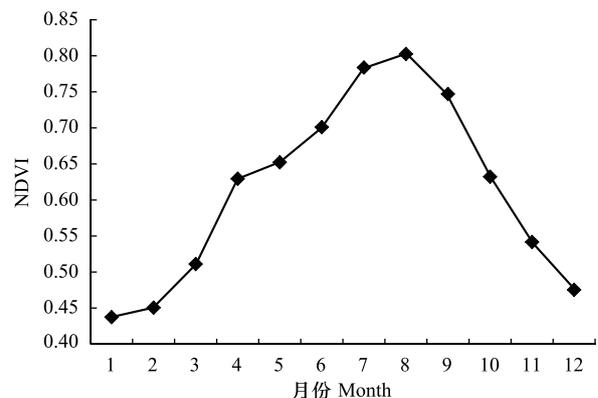


图 2 湖北省 2001—2012 年 NDVI 月变化

Fig.2 Monthly variation of NDVI in Hubei Province from 2001 to 2012

4.1.2 NDVI 年际变化

图 3 是 NDVI 年均值曲线及其线性趋势,2001—2012 年湖北省地区植被覆盖整体呈增加趋势,增速为 1% 每 10 年,变化趋势不显著。2001 年 NDVI 值为 0.588,达到最低点,这主要是由于三峡工程的实施导致长江上、中游地区植被遭到破坏,生态移民对植被造成了一定的影响;而后 NDVI 持续上升,2004 年 NDVI 值上升到极点 0.619,2005—2006 年经历小幅波动后直线上升且在 2007 年 NDVI 值达到最高值 0.633;2007—2012 年间 NDVI 值呈现先下降减小后上升增加的趋势,其中 2008—2010 年间有明显的下滑趋势,主要是该时期全国天气异常,遭遇极端天气,南方遭受冰冻、寒潮、冰冻等灾害性天气导致植被受灾,NDVI 不断下降^[25-27]。研究区这种波动性的变化与所实施的城市建设、水利林业工程有关,后期一系列的退耕还林、造林绿化的工程实施取得了明显的成效。

4.3 湖北省 NDVI 空间变化

图 4 为湖北省 2001—2012 年平均 NDVI 空间分布图。由图可知,湖北省 NDVI 空间分布呈现自东向西逐渐递增的趋势。NDVI 高值区主要分布在鄂西北、鄂西南部地区,其中最大值高达 0.821;NDVI 低值区分布于

鄂中部及东部大范围区域。出现这种分布差异现象的主要原因是由于鄂中部、东部地势较为平坦,河网水系密布,利于居民居住和城市发展,主要城市如武汉市、黄冈市、黄石市、鄂州市、孝感市都聚集分布于此,故中、东部地区植被覆盖度比较低。而西部地势较高,从西南到西北分布着大巴山、武当山,植被类型丰富多样,人类活动相对而言较少所以该地区 NDVI 值高。

图 5 为湖北省 2001—2012 年年均 NDVI 变化趋势图,图中发现,2001—2012 年湖北省地区植被覆盖变化有明显的区域差异。其中植被覆盖度减小的区域主要集中在武汉、黄石、鄂州、黄冈、孝感、荆州等城市;植被覆盖度增加的地区广泛分布在恩施西南部、十堰西北部、随州东北部等地区。造成这种明显分化的主要原因是自 2007 年以来“武汉城市圈”的兴起发展,城市的建设用地侵占了耕地、林地资源,导致植被覆盖度严重降低。

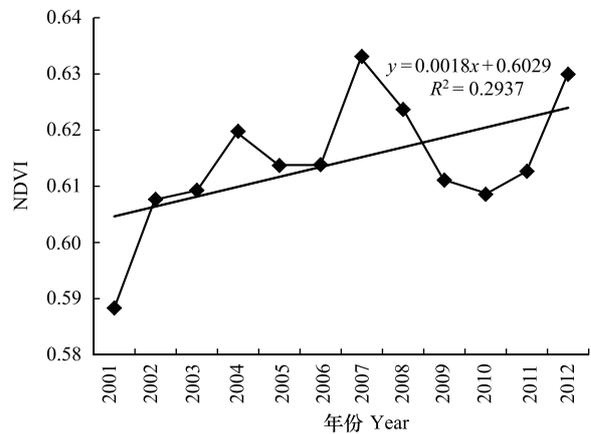


图 3 湖北省 2001—2012 年 NDVI 年均值曲线及其线性趋势
Fig.3 Annual variation of NDVI and linear trend in Hubei Province from 2001 to 2012

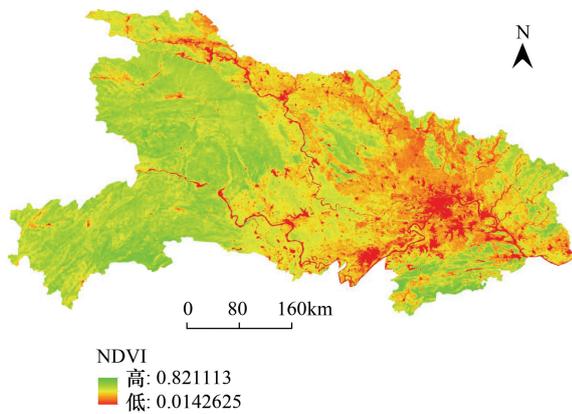


图 4 湖北省 2001—2012 年平均 NDVI 空间分布图

Fig.4 Distribution of annual averageNDVI in Hubei from 2001 to 2012

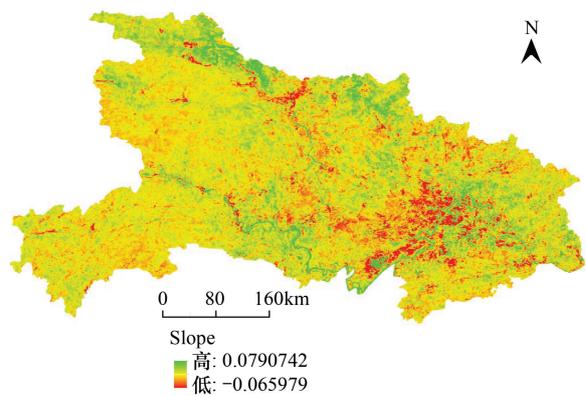


图 5 湖北省 2001—2012 年年均 NDVI 变化斜率趋势图

Fig.5 Variation trend of annual averageNDVI in Hubei from 2001 to 2012

根据已有数据的分布规律,采用等间隔等分法将变化斜率分为 7 个等级(表 2,图 6)。结果显示,严重退化的区域主要是武汉市及其周边地区,退化面积为 10.67676Km², 占总面积的 0.0057%;中度退化的区域零散分布于东部地区,退化的面积为 348.8389Km², 占总面积的 0.19%;轻度退化的区域范围较广,几乎分布于整个湖北省地区,但集中连片的区域主要分布于中东部地区,以武汉市、黄冈市、赤壁市、仙桃市为主,退化为面积 11308.63Km², 占总面积的 6.08%;基本不变的区域的面积为 172670.4Km², 占总面积 92.88%;轻度改善面积 1426.35Km², 占总面积 0.77%;中度改善面积 126.5681², 占总面积的 0.6%;植被覆盖明显改善的区域仅占全省陆域面积的 0.0046%。NDVI 有所改善的区域零星分布于鄂西北角、鄂北部顶端以及鄂东北部小部分地

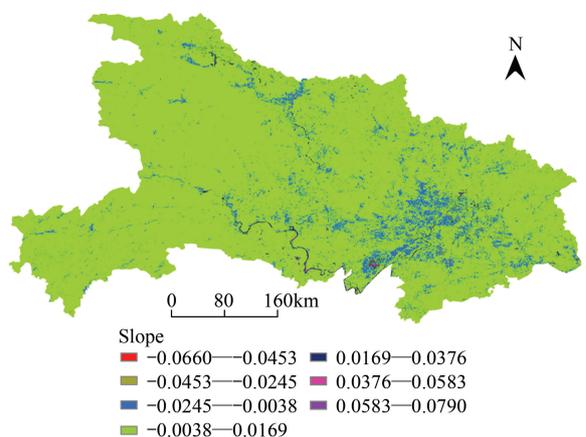


图 6 湖北省 2001—2012 年年均 NDVI 变化斜率分级图

Fig.6 The picture of average annual NDVI change slope classification in Hubei Province from 2001—2012

区。据上述分析可以得出,湖北省在近 12 年中植被覆盖状况基本保持不变,这主要是因为该省东部、北部、南部、植被以常绿阔叶林为主,且西部为神农架原始生态区,神农架地区是保持完好的亚热带森林生态系统,物种多样。

表 2 2001—2012 年湖北省年均 NDVI 变化趋势统计

Table 2 Average annual NDVI change statistics in Hubei Province in 2001—2012

NDVI 变化斜率范围 The range of slope	变化程度 The degree of slope	所占面积 Area/km ²	占全省面积百分比 The percentage of total area/%
-0.066<slope<-0.0453	严重退化	10.67676	0.0057
-0.0453<slope<-0.0245	中度退化	348.8389	0.19
-0.0245<slope<-0.00381	轻度退化	11308.63	6.08
-0.0038<slope<0.0169	基本不变	172670.4	92.88
0.0169<slope<0.03763	轻度改善	1426.35	0.77
0.03763<slope<0.0583	中度改善	126.5681	0.6
0.0583<slope<0.079	明显改善	8.541409	0.0046

4.4 气候因子时空变化特征

4.4.1 气候因子年变化

图 7 为湖北省 2001—2012 年年均气温、年均降水量变化及其线性趋势。图中显示,近 12 年湖北省年均气温变化幅度小,多年年均气温约为 16.64℃;2001—2003 年呈下降趋势,2004 年反弹回峰值,2005 年又下降至谷底,2006、2007 年维持在峰值阶段,2008—2012 年持续下降。从整体上来看年均气温呈下降趋势,大致呈 W 型,下降的速率大致为 0.63℃/10a,通过 0.05 的显著水平检验。在全球气候变暖的大背景下,区域气候呈现变冷趋势的原因需要进一步探讨。

由图可知,近 12 年湖北省年均降水量波动较大,2001、2003、2006、2009、2011 这五年的降水量相对于其他年份的降水量而言偏低,分别为 736mm、749mm、873mm、1035mm、921mm;而 2002 年降水量最高,为 1285mm;2004—2005 年、2007—2008 年降水量相对比较平稳,基本维持在同一水平;2010 年降水量则达到一个小高峰为 1238mm。从整体而言湖北省近 12 年的年均降水量是呈现上升的趋势,平均增长幅度为 11.95mm/a,12 年来降水量变化并不显著,未通过 0.05 的显著水平检验。

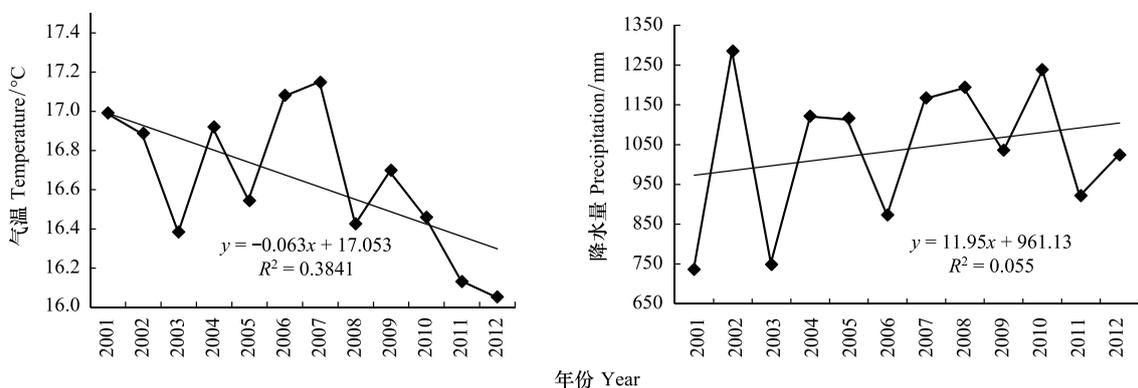


图 7 湖北省 2001—2012 年年均气温 (a)、年均降水量 (b) 变化趋势

Fig.7 Variation trend of annual average temperature (a) and annual precipitation (b) in Hubei from 2001 to 2012

4.5 植被覆盖与气候因子的响应

4.5.1 年变化尺度上 NDVI 与气候因子的相关性分析

图 8 为湖北省 NDVI 与气温和降水的相关关系图,分析图 8(a)可知,NDVI 与降水正负相关并存,整体上呈正相关关系。湖北省 NDVI 与降水量呈正相关的区域面积占湖北省总面积 83%,但置信度超过 0.05 水平的

区域不多,仅占总面积的 9.47%。这些区域零星分布于湖北的东北部、鄂西北、鄂西南以及鄂东部地区。

图 8(b) 显示了 NDVI 与气温和降水的空间相关性系数,从图看出,气温和 NDVI 之间是正负相关并存,呈负相关的区域面积较正相关的区域稍大。湖北省内 NDVI 与气温的空间相关没有达到 0.05 显著性水平。由此可见湖北省 NDVI 受温度影响小。

相关系数的平方即为拟合优度,可以相互进行比较而且能直观判断拟合优劣。因此可以利用相关系数平方之差判断 NDVI 变化主要受气温还是降水量变化的影响^[28]。图 8(c) 为 NDVI 与降水量的相关系数平方减其与气温相关系数平方的空间分布结果。其中值为正表明 NDVI 与降水量的相关性大于其与气温的相关性,值越大表示降水量的影响力越强;反之,当值为负时,则表明气温的相关性大于降水量的相关性,负值的绝对值越大表明气温对 NDVI 的控制越强。分析图可知,NDVI 受气温控制的区域面积占研究区总面积的 0.46% 远远小于降水量对 NDVI 控制的区域面积。由此可见,气温对湖北省 NDVI 变化影响小,在少数区域降水对 NDVI 变化有显著影响。

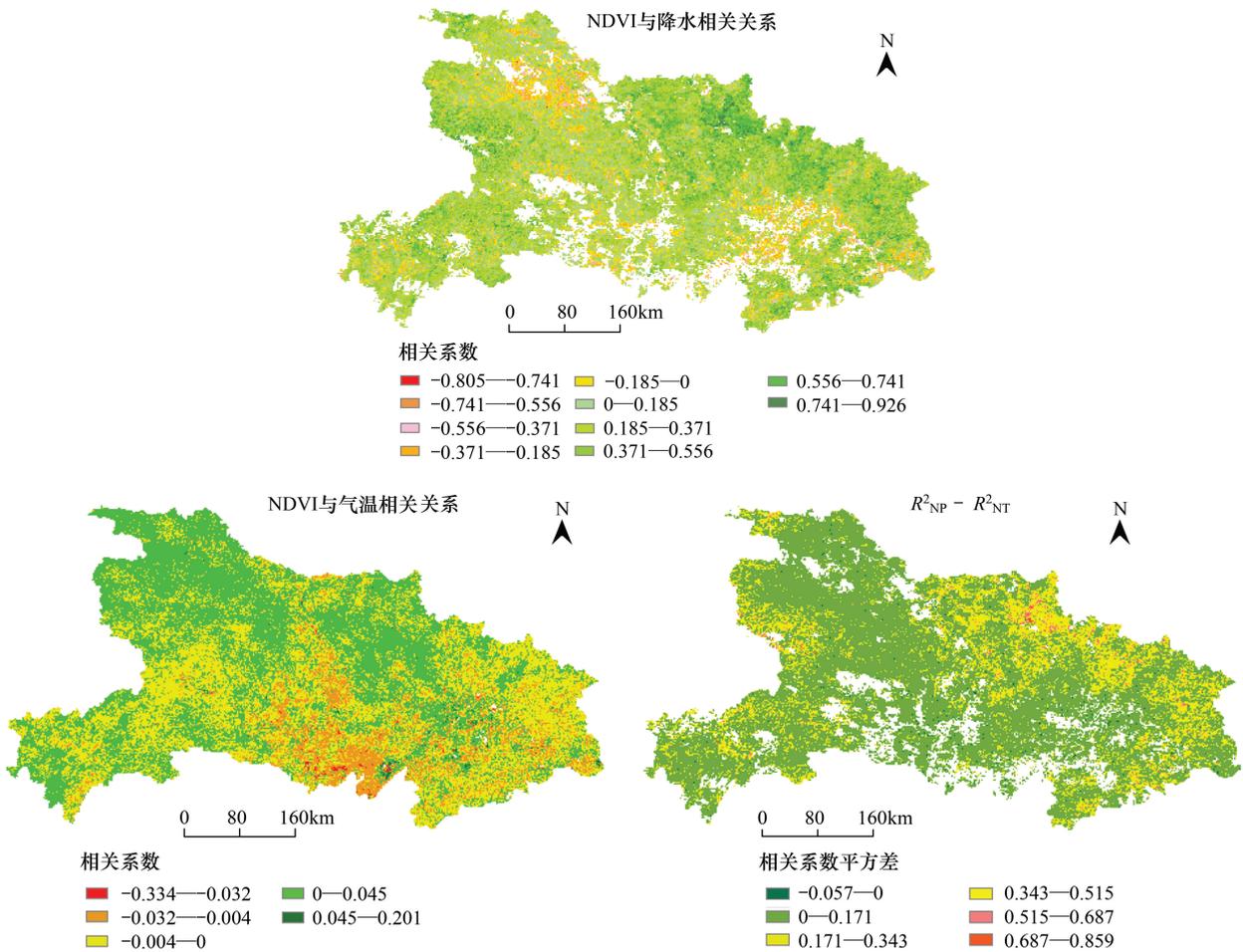


图 8 湖北省 NDVI 与气温和降水的相关关系,以及两相关系数平方差

Fig.8 Correlation relationship of temperature, precipitation with NDVI, and the difference between the square of two-coefficient

4.5.2 生长季各月 NDVI 年际变化对气候因子的响应及其滞后性

滞后性是指植被不能对影响其生长的因子的动态变化做出及时的反应。气温、降水不仅可以影响植被当前生长状况,同时还存在一定的滞后性,可用滞后期表示气象因子对植被变化的影响^[29]。为了研究湖北省植被 NDVI 对气象因子的滞后响应,选用 2001—2012 年湖北省地区植被生长季(4—9 月)的 NDVI 与同期气候因子做偏相关分析,同时以 2 个月滑动平均(上月与本月)和 3 个月滑动平均(前 2 个月与本月)与该月 NDVI 作

偏相关分析。

表 3 为湖北省近 12 年来生长季各月 NDVI 与气温和降水的相关关系。由表 3 可知,4 月份降水丰富,此时 NDVI 与降水的相关性好,与当月降水偏相关系数为 0.543,而与前 2 个月和前 3 个月的降水偏相关系数分别高达 0.807、0.633,有着显著相关($P < 0.05$),与前 2 个月的气温呈显著性负相关($P < 0.05$),与前 3 个月的气温呈中度负相关,这表明前期的水分累积对植被生长有较大的影响。5 月份植被生长达到较为稳定的状态,受气候因子的影响不大。6 月份气温升高、植被蒸腾作用变强,植被 NDVI 与当月的气候因子均无相关性,与前 2 个月的气候因子有显著的相关性($P < 0.05$),与前 3 个月的降水有中度相关性。7 月是研究区的盛夏季节,温度不是植被生长的限制因子,植被 NDVI 与当月的降水偏相关系数为 0.7,与前 3 个月的降水偏相关系数为 0.73,均达到显著性水平($P < 0.05$)。8、9 月份植被 NDVI 与降水的相关性较好。研究表明,植被 NDVI 变化与气候因子的相关性有着明显的季节性,同时植被 NDVI 对气候因子的响应存在滞后性,不同月份对气候因子的滞后时间存在差异。

表 3 湖北省近 12 年来生长季各月 NDVI 与气温和降水的相关关系

Table 3 Relationships of NDVI in different months during the growing season to temperature and precipitation in recent 12 years in Hubei Province

月份 Month	当月 During the month			前 2 个月 The first two months			前 3 个月 The first two months		
	复相关系数 M-correlation coefficient	$R_{NDVI-P/T}$	$R_{NDVI-T/P}$	复相关系数 M-correlation coefficient	$R_{NDVI-P/T}$	$R_{NDVI-T/P}$	复相关系数 M-correlation coefficient	$R_{NDVI-P/T}$	$R_{NDVI-T/P}$
4	0.543	0.543	0.292	0.847	0.807*	-0.770*	0.720	0.633*	-0.566
5	0.413	0.364	0.319	0.149	0.117	0.132	0.318	0.275	0.269
6	0.069	-0.064	-0.043	0.735	0.612*	0.723*	0.524	0.213	0.514
7	0.839	0.700*	-0.557	0.499	0.412	0.367	0.732	0.730*	0.111
8	0.560	0.560	0.360	0.499	0.235	-0.304	0.494	0.317	-0.149
9	0.694	0.599	-0.238	0.557	0.553	0.224	0.628	0.575	-0.086

T(Temperature)代表气温; P(Precipitation)代表降水; * $P \leq 0.05$; $R_{NDVI-T/P}$ ($R_{NDVI-Temperature/Precipitation}$) 表示 NDVI 与气温偏相关系数;
 $R_{NDVI-P/T}$ ($R_{NDVI-Precipitation/Temperature}$) 表示 NDVI 与降水偏相关系数

5 结论

本文利用 RS 和 GIS 技术,采用多种方法揭示了湖北省地区植被覆盖变化状况以及对气候因子的响应程度。该研究区雨热同期,并且水热条件相对较好,因此气温和降水都是植被生长的主要驱动因素。气温上升和降水量的增加在总体上对多数植被生长有积极作用,但是对于略小部分的植被却带来了不良影响导致植被覆盖度与气温、降水呈负相关状态。

湖北省植被覆盖整体较好,2001—2012 年间该省植被覆盖整体上呈现增加的趋势,其增长速度为 1%/10a,期间有小幅度的下降趋势但下降区域范围不大;从植被覆盖月变化来看,冬季植被呈增加趋势,主要由于冬季该地区农业生产活动加强所致;空间上,植被覆盖格局呈现“西高,东低”的分布特征;根据逐像元的变化斜率分析发现,湖北省植被覆盖在近 12 年里呈现出总体保持稳定,局部轻微改善的趋势。植被覆盖稳定区分布广泛,其面积占全省面积 86.42%;轻度和明显改善的面积共占全省面积 10%,主要分布在湖北省西部以及西北部、东北部地区;退化区主要集中在湖北省主城区,长江沿岸地带。

由年际尺度分析可知,湖北省 12 年年均气温、年均降水与年均 NDVI 的相关系数较低,但 NDVI 与降水量的关系较气温更为密切,降水量的适量增加有利于植被的生长;月变化分析表明植被 NDVI 变化与气候因子的相关性有着明显的季节性也有滞后性。

参考文献 (References):

- [1] 孙红雨,王长耀,牛铮,布和敖斯尔,李兵. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系——基于 NOAA 时间序列数据分析. 遥感学报,

- 1998, 2(3): 204-210.
- [2] Sellers P J, Dickson R E, Randall D A, Betts A K, Hall F G, Berry J A, Collatz G J, Denning A S, Mooney H A, Nobre C A, Sato N, Field C B, Henderson-Sellers A. Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. *Science*, 1997, 275 (5299): 502-509.
- [3] 白文龙, 张福平, 倪海燕, 刘焱序, 刘宪锋. 关中地区植被覆盖变化及其对气候因子的响应研究. *农业现代化研究*, 2013, 34(1): 104-108.
- [4] Prince S D. A model of regional primary production for use with coarse resolution satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 1991, 12 (6): 1313-1330.
- [5] Carlson T N, Ripley D A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*. 1997, 62(3): 241-252.
- [6] Zhou L M, Tucker C J, Kaufmann R K, Slayback D, Shabanov N V, Myneni R B. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *Journal of Geophysical Research- Atmospheres*, 2001, 106(D17): 20069-20083.
- [7] 杨元合, 朴世龙. 青藏高原草地植被覆盖变化及其与气候因子的关系. *植物生态学报*, 2006, 30(1): 1-8.
- [8] 杜灵通, 田庆久. 宁夏植被覆盖动态变化及其与气候因子的关系. *中国沙漠*, 2012, 32(5): 1479-1485.
- [9] 刘斌, 孙艳玲, 王中良, 赵天保. 华北地区植被覆盖变化及其影响因子的相对作用分析. *自然资源学报*, 2015, 30(1): 12-23.
- [10] 余振, 孙鹏森, 刘世荣. 中国东部南北样带主要植被类型归一化植被指数对气候变化的响应及不同时间尺度的差异性. *植物生态学报*, 2011, 35(11): 1117-1126.
- [11] 廖建华, 李丹勋, 王兴奎, 阎云霞. 长江上游植被覆盖的时空分异季节变化及其驱动因子研究. *环境科学学报*, 2009, 29(5): 1103-1112.
- [12] 崔林丽, 史军, 杨引明, 范文义. 中国东部植被 NDVI 对气温和降水的旬响应特征. *地理学报*, 2009, 64(7): 850-860.
- [13] 陈涛, 李平湘, 张良培. 武汉地区 1988—2002 年植被覆盖度变化动态分析. *遥感技术与应用*, 2008, 23(5): 511-516.
- [14] 王映明. 湖北植被区划(上). *武汉植物学研究*, 1985, 3(1): 61-73.
- [15] 王映明. 湖北植被地理分布的规律性(上). *武汉植物学研究*, 1995, 13(1): 47-54.
- [16] 王映明. 湖北植被地理分布的规律性(下). *武汉植物学研究*, 1995, 13(2): 127-136.
- [17] 刘咏梅, 李京忠, 夏露. 黄土高原植被覆盖变化动态分析. *西北大学学报: 自然科学版*, 2011, 41(6): 1054-1058.
- [18] 何月, 樊高峰, 张小伟, 柳苗, 高大伟. 浙江省植被 NDVI 动态及其对气候的响应. *生态学报*, 2012, 32(14): 4352-4362.
- [19] 徐建华. *现代地理学中的数学方法*. 北京: 高等教育出版社, 2002: 37-68.
- [20] 张戈丽, 徐兴良, 周才平, 张宏斌, 欧阳华. 近 30 年来呼伦贝尔地区草地植被变化对气候变化的响应. *地理学报*, 2011, 66(1): 47-58.
- [21] 何彬方, 冯妍, 吴文玉, 范伟. 安徽省近十年植被指数时空变化特征. *生态学杂志*, 2010, 29(10): 1912-1918.
- [22] Moulin S, Kergoat L, Viovy N, Dedieu G. Global-scale assessment of vegetation phenology using NOAA/AVHRR satellite measurements. *Journal of Climate*, 1997, 10(6): 1154-1170.
- [23] 陈效述, 喻蓉. 1982—1999 年我国东部暖温带植被生长季节的时空变化. *地理学报*, 2007, 62(1): 41-51.
- [24] 陈洪滨, 范学花. 2009 年极端天气和气候事件及其他相关事件的概要回顾. *气候与环境研究*, 2010, 15(3): 322-336.
- [25] 中国气象局. 2010 年以来全国天气气候特点. *中国防汛抗旱*, 2010, 20(5): 1-3.
- [26] 李才媛, 王海燕, 郭英莲, 王继竹, 邓红. 2009 年初湖北省持续雨雪过程分析. *暴雨灾害*, 2009, 28(4): 328-332, 356-356.
- [27] 王昭生, 黄玫, 闫慧敏, 王军邦, 岳溪柳. 1982-2006 年加纳植被覆盖时空变化及其气候影响. *地球信息科学学报*, 2015, 17(1): 78-85.
- [28] 张戈丽, 徐兴良, 周才平, 张宏斌, 欧阳华. 近 30 年来呼伦贝尔地区草地植被变化对气候变化的响应. *地理学报*, 2011, 66(1): 47-58.
- [29] 刘南威. *自然地理学*. 北京: 科学出版社, 2007: 386-392.