

余 汛,王 莉,景海涛,等. 太行山区 NDVI 时空变化及其对气候因子的响应[J]. 江苏农业科学,2020,48(16):260-268.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.16.050

# 太行山区 NDVI 时空变化及其对气候因子的响应

余 汛,王 莉,景海涛,李新元,范晨雨

(河南理工大学测绘与国土信息工程学院,河南焦作 454000)

**摘要:**归一化的植被指数(NDVI)的时空变化可以反映生态环境的演变,以 MODND1M 中国 500 m NDVI 数据和气象数据为数据源,采用趋势分析和相关分析方法,研究了太行山地区的 NDVI、气温、降水量的时空变化特征及其相关性。研究结果表明:(1)16 年来,太行山地区的平均 NDVI 呈增加趋势,增长率为 0.079/10 年,其中 NDVI 增加区域占太行山地区的 96.84%;(2)在空间尺度上,NDVI 与降水量呈正相关性的像元数占像元总数的 30.7%,NDVI 与气温呈正相关的像元数占总像元数的 26.8%;(3)在时间尺度上,NDVI 与降水量的相关系数为 0.43,NDVI 与气温的相关系数为 0.22;(4)研究区域降水量与气温对植被生长存在滞后效应。

**关键词:**MODIS NDVI;响应;ArcGIS;太行山地区;气候因子;克里金插值;相关性;时空变化

**中图分类号:**Q948.112;S127 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)16-0260-08

植被是地表物质循环与能量流动的主要载体<sup>[1]</sup>,与地质、地貌、水文、土壤、动物和微生物共同构成自然地理环境,且最能反映其他要素性质<sup>[2]</sup>。气候对植被的空间分布、生产力、物候<sup>[3-5]</sup>等具有重要影响。因此,深入研究植被的动态变化及与气候间的相关性,对揭示区域生态环境演变以及应对气候变化具有重要的现实意义。

归一化的植被指数(NDVI)能够比较准确地反映植被代谢强度、植被绿化程度、光合作用强度、季节变化和年际变化特征,因此该指数可用于植被动态监测、植被分类、作物长势检测、物候监测等研究<sup>[6-7]</sup>。不少研究显示,近年来全球植被呈变好的趋势,尤其在北半球中高纬度地区变好趋势显著<sup>[8-12]</sup>。朴世龙等利用气象卫星 NOAA-AVHRR(美国国家海洋和大气管理局-甚高分辨率扫描辐射计)数据探讨了植被活动对全球变化的响应方式,发现我国 20 世纪 80、90 年代 NDVI 有明显的增加趋势<sup>[10]</sup>。刘爽等利用中分辨率成像光谱仪(moderate-resolution imaging spectroradiometer, MODIS)数据发现,2000—2010 年中国植被绿度正在全面提高,荒漠化在减少<sup>[13]</sup>。

山地作为陆地生态系统中最为活跃的地理单元,是环境变化的驱动机和放大器,山地植被的变化对全球变化的响应更为敏感<sup>[14]</sup>。太行山脉作为京津和华北大平原的天然屏障,不仅能抵御西北寒潮的袭击,还能接受东南暖湿气流。近年来,由于太行山森林资源曾遭到严重破坏,水土流失严重,容易爆发山洪。相关部门为改善太行山的植被覆盖率实施了太行山绿化等一系列的植被恢复计划。目前,太行山地区植被变化的相关研究已有一部分成果,如李薇等关于太行山不同坡度 NDVI 变化趋势差异分析研究等<sup>[15]</sup>。已有的研究结果没有深入地分析太行山地区的植被覆盖率变化信息及其对气候因子的响应。目前,用于植被动态变化检测的遥感数据源日益丰富,常用的 NDVI 数据源主要有 NOAA-AVHRR、陆地卫星(Landsat TM/ETM+)、SPOT、MODIS 等,在植被动态检测中各有千秋,其中 MODIS 数据具有较好的空间分辨率和时间分辨率,研究者可以从中获取更详尽的关于研究区域土地覆盖和生态系统变化的信息<sup>[16]</sup>,因此,本试验基于 MODIS NDVI 数据,结合气温、降水等数据,对太行山地区 2000—2015 年这 16 年来的植被覆盖率的时空变化情况进行研究,并研究植被对气候因子的响应机制。

收稿日期:2019-09-23

基金项目:河南省科技攻关项目(编号:192102310025)。

作者简介:余 汛(1993—),男,江苏连云港人,硕士,研究方向为地理信息技术及应用。E-mail:1337060139@qq.com。

通信作者:王 莉,博士,副教授,研究方向为空间数据库和空间数据挖掘相关理论与应用。E-mail:wangli29@hpu.edu.cn。

## 1 研究区与数据源

### 1.1 研究区概况

太行山脉位于山西省与华北平原之间,纵跨北

京、河北、山西、河南4省(市),山脉北起北京市西山,向南延伸至河南与山西交界地区的王屋山,西接山西高原,东临华北平原,呈东北—西南走向,绵延约400 km。它是我国地形第二阶梯的东缘,也是黄土高原的东部界线,位于 $34^{\circ}71' \sim 40^{\circ}34' N$ 、 $110^{\circ}60' \sim 115^{\circ}62' E$ ,总面积12.7万 $km^2$ ,平均海拔为1500~2000 m,最高峰为小五台山,高3099 m。

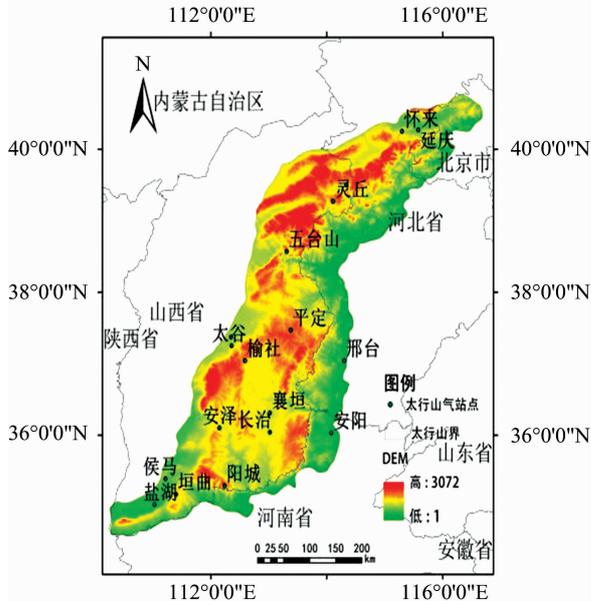


图1 研究区太行山区的地理位置

## 1.2 数据源与数据处理

本研究采用的NDVI数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(<http://www.gscloud.cn>)气象卫星MODND1M中国500 m NDVI月合成产品,数据是由MODND1D计算得到,计算方法为取月内每天最大值。坐标系EPSG:(WGS84),空间分辨率500 m,时间分辨率为每个月,时间为2000—2015年。

本研究所使用的MODIS NDVI数据已经经过水、云、气溶胶等处理,减弱了其他因素对数据的影响,再根据太行山地区的矢量边界对NDVI图像进行裁剪,得到研究区的影像数据。

研究区的边界矢量图来自中国科学院山地表生过程与生态调控重点实验室<sup>[17]</sup>。

气象数据为中国气象数据共享网的(<http://www.nmic.cn/>)太行山区内18个站点的2000—2015年日降水量及日平均气温数据,并对气象数据进行异常值剔除等预处理。

## 1.3 趋势分析法

基于像元尺度的趋势分析法能模拟研究区中

每个栅格单元的变化趋势,从而反映植被NDVI变化的方向和速率<sup>[19]</sup>。计算公式为:

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

式中:Slop是NDVI像元线性回归方程的斜率; $i$ 代表年数,取值范围为1~16; $n$ 是时间跨度,在本研究中 $n$ 的数值为16年。当 $Slop > 0$ 时,NDVI呈增加趋势;当 $Slop = 0$ 时,NDVI基本稳定,无明显变化;当 $Slop < 0$ 时,NDVI呈减少趋势。利用 $F$ 检验显著性分析,公式为:

$$F = U \times \frac{N-2}{Q} \quad (2)$$

式中: $U = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ ,为误差平方和; $Q = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ 为回归平方和; $y_i$ 为第 $i$ 年的植被覆盖率观测值; $\bar{y}$ 为覆盖率的16年来的平均值。将得到的结果划为3个等级:极显著相关( $P < 0.01$ )、显著相关( $0.01 < P < 0.05$ )、不显著相关( $P > 0.05$ )。

## 1.4 克里金插值方法

克里金插值是基于内蕴假设,应用变异函数来研究在空间上随机分布并且相关的变量的方法。其方法是根据待估测点周围的若干已知信息,以变异函数作为工具,确定待估测点周围已知点的参数对待估测点的加权值,然后对待估测点做出最优的、无偏差的估测。克里金插值法不仅能够预测表面,还能对预测的不确定性提供评判标准<sup>[18]</sup>。其公式为:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (3)$$

式中: $Z(x_0)$ 代表未知样点的值; $Z(x_i)$ 代表未知样点周围的已知样点的值; $N$ 表示已知样点的数量; $\lambda_i$ 是第 $i$ 个样本点的权重。在地统计中,一共有6种克里金插值法,分别是普通克里金、简单克里金、泛克里金、指示克里金、概率克里金、析取克里金法,其中普通克里金法是所有克里金插值方法中最基本、最重要、应用最广的插值方法<sup>[18]</sup>。

## 1.5 相关性分析

相关分析是测量2个变量之间相关程度的有效方法。本研究先对气温、降水量数据进行插值分析,得到了与NDVI数据分辨率相同的栅格数据集,再利用ArcGIS进行空间分析,基于像元尺度的NDVI与降水量、气温间的相关分析的结果能说明NDVI与降水量、气温间的相关程度以及分析结果

的空间分布情况,相关系数的计算公式如下:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

式中: $r_{xy}$ 为相关系数; $x_i$ 与 $y_i$ 分别代表 $x$ 和 $y$ 在第 $i$ 时期的值; $\bar{x}$ 和 $\bar{y}$ 代表 $x$ 和 $y$ 的平均值; $n$ 为样本容量。相关系数值为 $-1 \sim 1$ ,正值代表变量间呈正相关关系,负值代表变量间呈负相关关系,相关系数的绝对值越接近于1,变量间相关性越强。

## 2 结果与分析

### 2.1 太行山地区植被 NDVI 时空变化分析

基于研究区 2000—2015 年各年年均 NDVI 数据和趋势斜率法,得到太行山区年均 NDVI 变化程度分布图,结果如图 2 所示,把研究区的 NDVI 变化情况划分为中度退化、轻度退化、基本不变、轻度改善、中度改善、明显改善 6 个等级。从表 1 可以看出,太行山地区植被退化地区的面积占总面积的 0.163%,改善的面积占总面积的 96.84%。

基于 ArcGIS 提取的各年年均 NDVI 值做一元线性回归分析,由图 3 可知,16 年来太行山地区植被的 NDVI 值波动比较剧烈,NDVI 值都在大于 0.40,最高值(0.57)出现在 2014 年,最低值(0.41)出现在 2005 年,平均值为 0.499。对研究区 16 年间

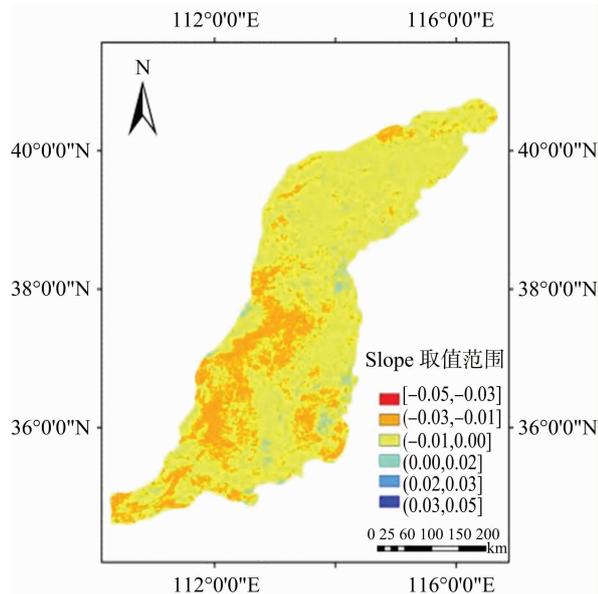


图2 太行山地区年均 NDVI 变化程度

表 1 研究区 NDVI 变化面积及比例

NDVI 斜率变化范围	变化程度	变化面积占研究区百分比(%)
$-0.05 \leq Slope \leq -0.03$	中度退化	0.000 534
$-0.03 < Slope \leq -0.01$	轻度退化	0.161 980
$-0.01 < Slope \leq 0.00$	基本不变	3.000 237
$0.00 < Slope \leq 0.02$	轻度改善	94.705 087
$0.02 < Slope \leq 0.03$	中度改善	2.109 479
$0.03 < Slope \leq 0.05$	明显改善	0.022 416

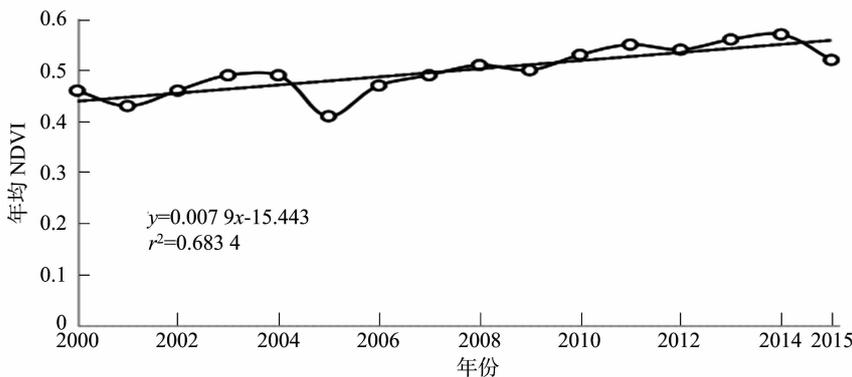


图3 太行山地区年均 NDVI 年际变化情况

的年均植被 NDVI 值进行线性趋势分析,得到该区域年均植被 NDVI 值的变化趋势方程,可以看出 2000—2015 年研究区 NDVI 呈微弱增长趋势,增长率为 0.079/10 年( $P=0.000 078 6 < 0.01$ ),通过显著性检验,这表明 16 年太行山地区的植被覆盖呈增长趋势。

基于 ArcGIS 提取各季季均 NDVI 值做一元线性回归分析,结果如图 4 所示,添加趋势线得到回归

方程,并在 SPSS 中对 16 年来各季季均植被 NDVI 的变化趋势做显著性检验,从表 2 中可以看出,太行山地区植被覆盖变化特征具有明显的季节差异,夏季的植被生长状态最好,秋季的植被生长状态次之,冬季的植被生长状态最差,这符合植被生长的自然规律。从图 4 可以看出,16 年来的太行山区域的植被都表现为不同程度的增长趋势,其中冬季(0.095/10 年) > 夏季(0.086/10 年) > 春季

(0.068/10年) > 秋季(0.014/10年), 每个季节的增加速率都通过了显著性检验, 表明太行山地区每

个季节的植被生长率都有改善的趋势。

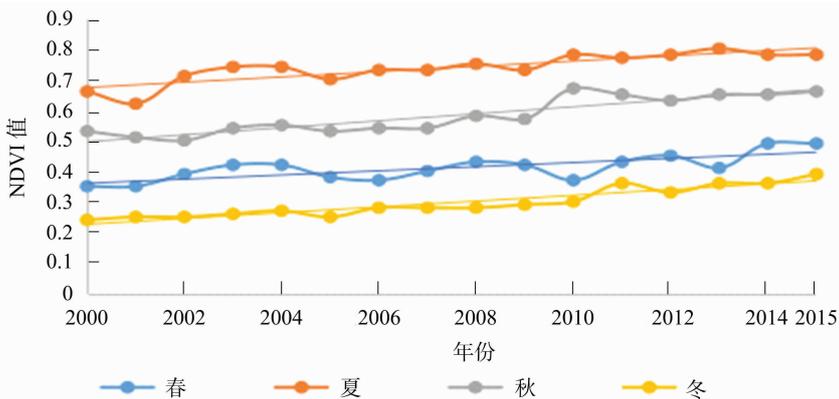


图4 太行山地区各季季均 NDVI 际变化

表2 太行山地区各季季均 NDVI 变化趋势的回归方程及显著性检验

季节	回归方程	$r^2$	$P$ 值
春季	$y = 0.0068x - 13.199$	0.5725	0.000692
夏季	$y = 0.0086x - 16.562$	0.7319	0.000023
秋季	$y = 0.0014x - 22.328$	0.8234	$1.22 \times 10^{-6}$
冬季	$y = 0.0095x - 18.864$	0.8701	$1.39 \times 10^{-7}$

### 2.2 研究区气温和降水的变化特征

在 ArcGIS 图层属性中统计太行山地区 2000—2015 年各年的平均气温数据, 绘制年际温度变化趋势, 结果如图 5 所示, 添加趋势线得到年均气温的变化趋势方程, 然后在 SPSS 中进行显著性检验, 研究区的年均气温的变化趋势为  $0.325\text{ }^\circ\text{C}/10\text{ 年}$  ( $P = 0.304$ ), 没有通过 0.05 水平显著性检验, 说明 16 年

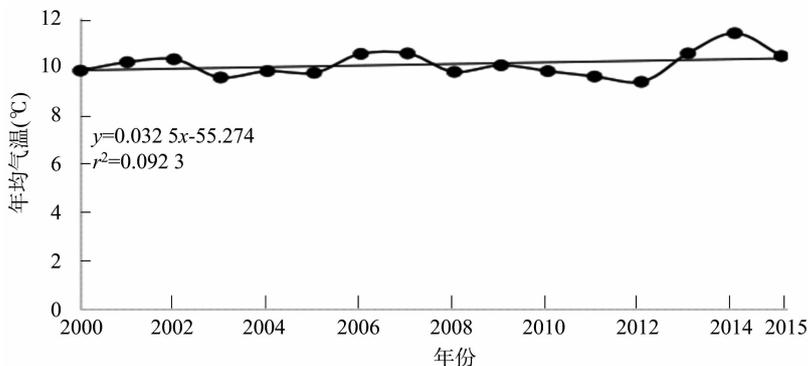


图5 太行山地区 2000—2015 年来年均气温的年际变化特征

来太行山地区气温升高趋势不显著, 最高气温出现在 2014 年, 为  $11.34\text{ }^\circ\text{C}$ , 最低气温出现在 2012 年, 为  $9.34\text{ }^\circ\text{C}$ 。

在 ArcGIS 图层属性中统计 2000—2015 年各年的季均气温数据, 绘制出太行山 16 年来各季季均气温的年际变化趋势, 结果如图 6 所示, 将四季气温的变化趋势方程添加进去, 并进行显著性检验, 其中仅夏季气温 ( $P = 0.041 < 0.05$ ) 通过显著性检验, 说明夏季气温上升趋势明显, 而春季、秋季、冬季的气温上升趋势不明显。春季最高气温出现在 2010 年, 为  $17.02\text{ }^\circ\text{C}$ , 最低气温出现在 2011 年, 为  $10.66\text{ }^\circ\text{C}$ ; 夏季最高气温出现在 2010 年, 为  $22.96\text{ }^\circ\text{C}$ , 最低值出现在 2004 年, 为  $20.94\text{ }^\circ\text{C}$ ; 秋季的最高气温出现

在 2006 年, 为  $11.26\text{ }^\circ\text{C}$ , 最低气温出现在 2000 年, 为  $9.11\text{ }^\circ\text{C}$ ; 冬季的最高气温出现在 2007 年, 为  $-2.15\text{ }^\circ\text{C}$ , 最低气温出现在 2005 年, 为  $-6.09\text{ }^\circ\text{C}$ 。整的来看, 16 年来太行山地区四季气温均有变暖趋势。

在 ArcGIS 图层属性中统计太行山地区 2000—2015 年各年年均降水量数据, 绘制年际变化趋势, 添加线性趋势线得到降水量的变化趋势方程, 并进行显著性检验 (图 7)。太行山地区年均降水量的变化趋势为  $16.16\text{ mm}/10\text{ 年}$  ( $P > 0.05$ ), 说明 16 年来太行山地区降水量无明显增加趋势。

在 ArcGIS 图层属性中统计太行山地区 2000—2015 年各年的季均降水量, 绘制太行山区的 16 年

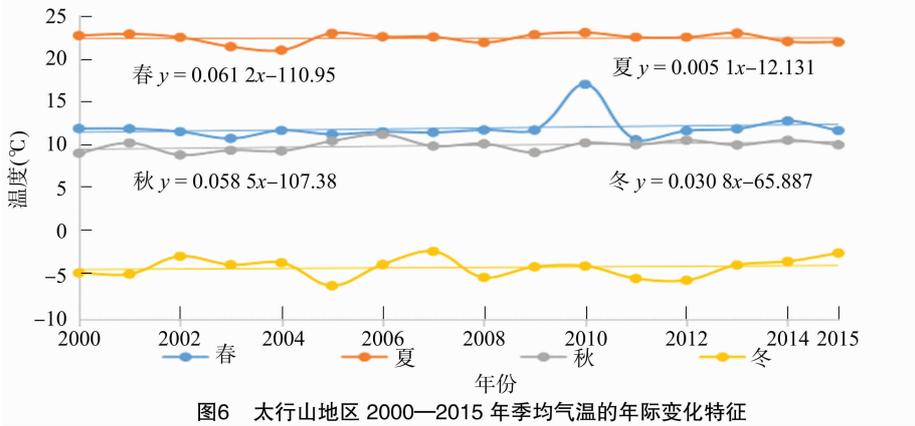


图6 太行山地区 2000—2015 年季均气温的年际变化特征

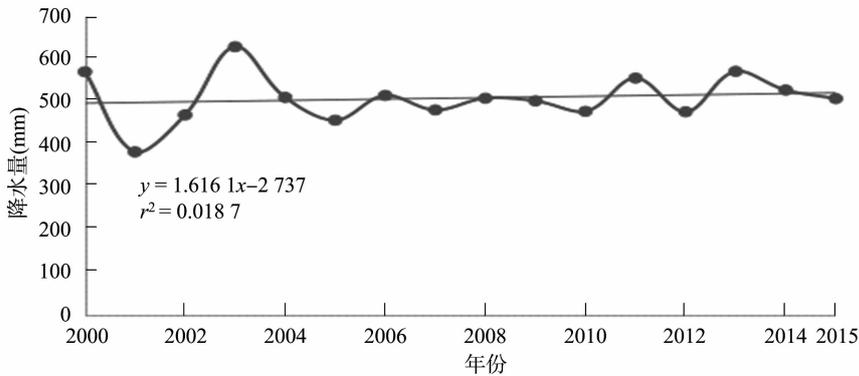


图7 太行山地区 2000—2015 年年均降水量的年际变化特征

间的各季季均降水量的年际变化趋势,添加各季的线性趋势线得到各级的降水量变化趋势方程,并在 SPSS 中进行显著性检验(图 8)。太行山地区 16 年来的 4 个季节的降水量呈现不同程度的上升或下降趋势,春季、秋季的降水量呈上升趋势,变化趋势为

春季(11.543 mm/10 年) > 秋季(11.185 mm/10 年),夏季和冬季的降水量呈微弱下降趋势,变化趋势分别为冬季(-3.8 mm/10 年) > 夏季(-0.319/10 年),其中夏季( $P = -0.003 < 0.05$ )降水变化趋势通过显著性检验,说明夏季降水量减少趋势明显。

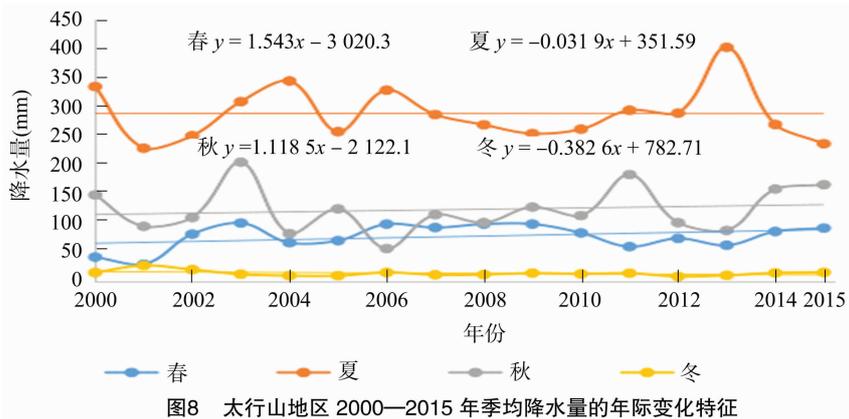


图8 太行山地区 2000—2015 年季均降水量的年际变化特征

### 2.3 研究区 NDVI 变化对气温和降水量变化的响应

因为 MODIS - NDVI 数据是从 2000 年开始记录的,所以把年平均气温、年累积降水量数据集中的 2000—2015 年数据提取出来。在 ArcGIS 中分别进行 NDVI 与降水量、气温的空间相关性分析,并在

SPSS 软件分别做 NDVI 与气温、降水量的时间相关性分析。基于太行山地区 2000—2015 年年均 NDVI、气温、降水量的栅格数据,在 ArcGIS 中借助栅格计算器工具,分别得到 NDVI 与气温、降水量的相关系数空间分布图,再利用  $t$  检验对相关系数进行显著性检验,分别得到 NDVI 与气温、降水量的  $t$

检验空间分布图。

从图9可以看出,16年来太行山区绝大部分区域的植被NDVI与气温的相关性较弱,只有1.09%的区域通过了0.01水平显著性检验,4.27%的区域通过了0.05水平显著性检验。呈显著负相关及极显著负相关的区域分布在襄垣、长治、太古境内,说

明这些区域的植被与气温呈负相关关系,呈显著、极显著正相关区域分布在怀来境内,说明该地区的植被与气温呈正相关。整体来看,相关系数为正的的区域所占比例为26.8%,主要分布在怀来、蔚县、盐湖境内;相关系数为负的区域所占比例为73.2%,主要分布在侯马东北方向至灵丘境内、以及延庆境内。

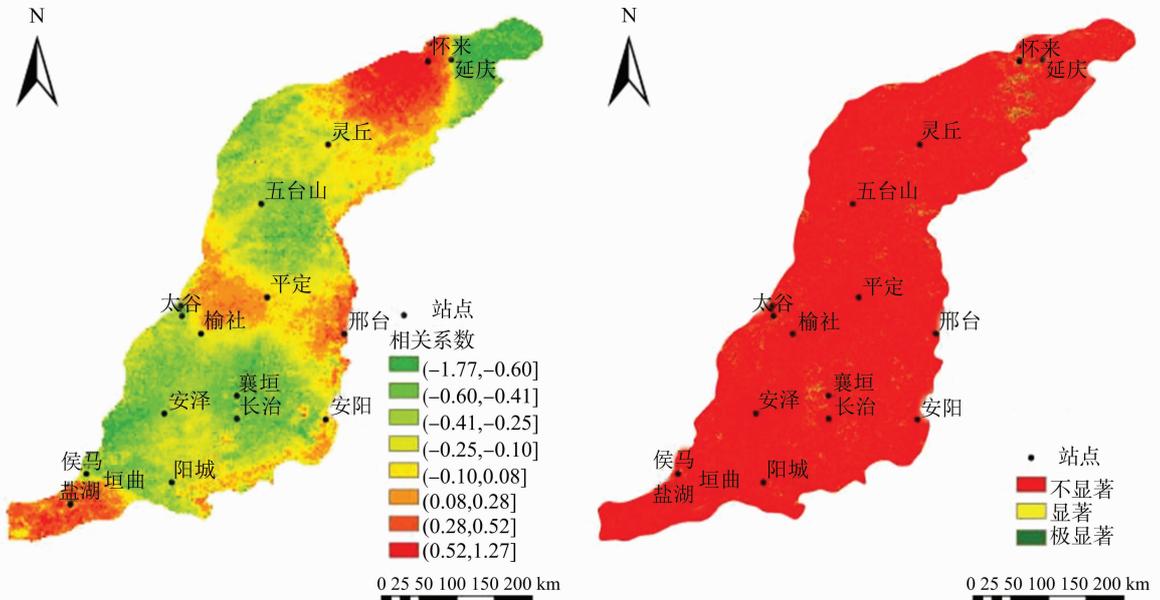


图9 太行山地区植被NDVI与气温的相关系数及显著性检验结果

从图10可以看出,只有3.84%的区域通过了0.05水平显著性检验,0.94%的区域通过了0.01水平的显著性检验。呈极显著、显著正相关的区域集中分布在太古、安阳境内,说明这些区域植被与降水量呈较好的正相关关系;呈显著、极显著负相关的区域主要分布在怀来境内。相关系数自西南向东北逐渐递减,相关系数为正的区主要分布在太行山地区的西南部,所占比例为30.7%,相关系数为负的区域主要分布在太行山区的东北部,所占比例为69.3%。

将太行山地区2000—2015年年均植被NDVI分别和同时期的年均气温、年降水量在Excel中做双轴折线图分析,从图11可以看出,太行山地区植被NDVI的变化与年均气温的变化并不完全一致,2000—2001、2004—2005年这几年间的植被NDVI随气温的升高而表现出下降的趋势;2007—2008、2009—2011年期间植被NDVI随着气温的降低表现出上升的趋势,这表明太行山地区的年均气温过高或过低都会抑制植被的生长,整体来看,16年来太行山地区的年均NDVI与年均气温呈正相关关系,

相关系数为0.217。

从图11可以看出,太行山地区年均NDVI值和年均降水量在大多年份的变化趋势表现一致。2006—2007、2009—2010年期间,随着降水量的增加,植被的NDVI反而减少;其他年份植被NDVI的变化与降水量变化呈正相关性,即植被NDVI随着降水量的增加而增加。整体看来,16年来太行山地区年均NDVI与降水量呈正相关性,相关系数为0.43。

将太行山地区的年均植被NDVI与年均降水量和年均气温变化趋势进行对比,得出太行山地区植被NDVI的变化是降水量和气温变化共同作用的结果。

为了揭示太行山地区各个季节植被的NDVI值与气候变化的关系,在SPSS中将2000—2015年各年的季平均植被NDVI分别与同时段各年季平均气温、季均降水量做相关性分析。因为气温、降水量变化对植被的生长会存在一定的滞后效应,所以还要对各季季均植被NDVI和其对应的前1季的季均降水量、季均气温做相关性分析(表3)。其中,春

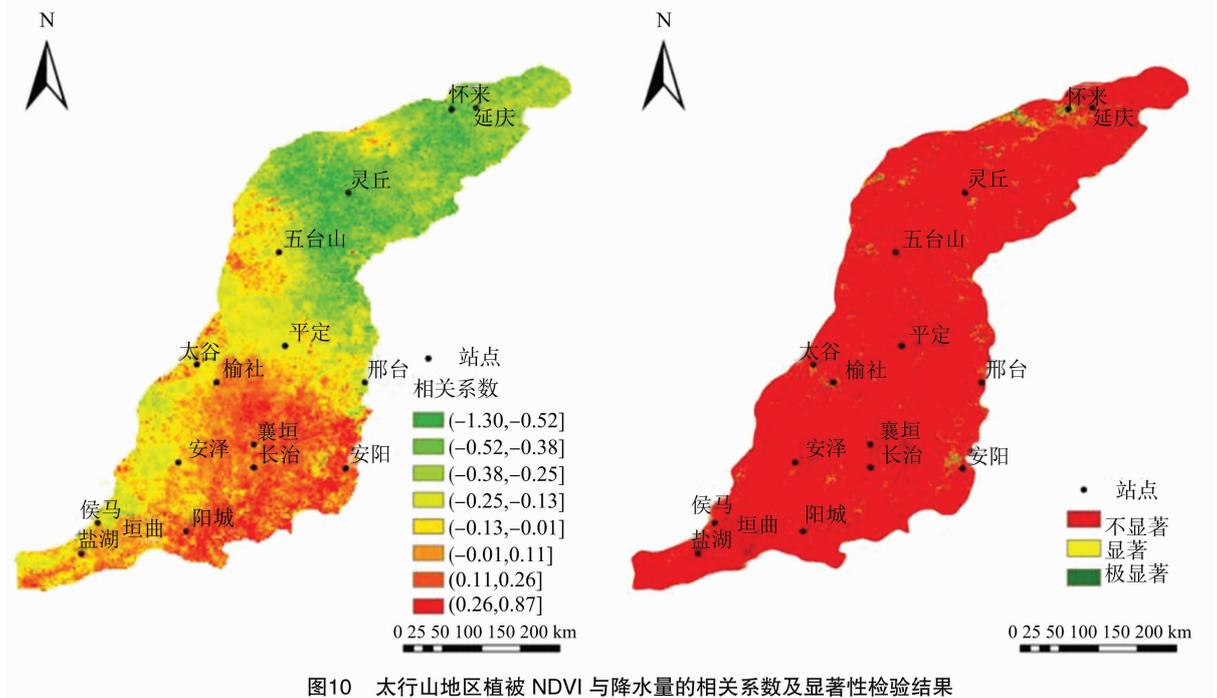


图10 太行山地区植被 NDVI 与降水量的相关系数及显著性检验结果

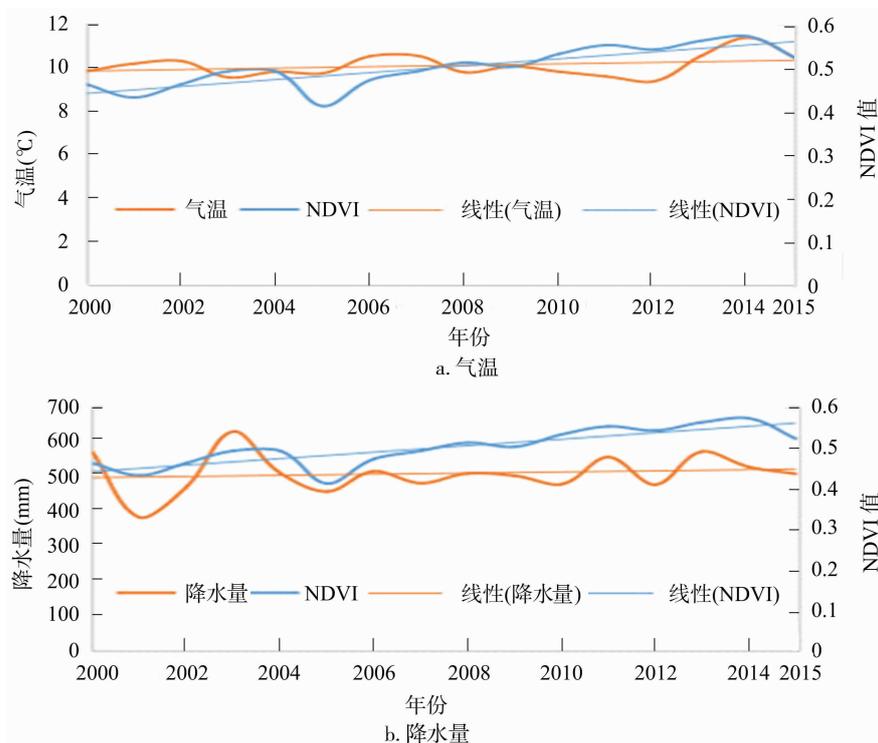


图11 太行山地区 NDVI 与气温及降水量的年际关系比较

季、夏季的季均植被 NDVI 与气温呈负相关关系,且夏季负相关性较高,相关系数为  $-0.201$ ,说明夏季气温变高,会影响植被的生长。秋季、冬季的季均植被 NDVI 与气温呈正相关关系,表明秋季、冬季气温变高,会促进植被的生长。4 个季节的季均植被 NDVI 与前一季的气温均呈正相关关系,但是都没

通过显著性检验,说明气温与植被 NDVI 无显著相关性。由结果可得,春夏秋冬四季的气温高,会促进下一季的植被生长。

将太行山地区 2000—2015 年各年季均植被 NDVI 与同季、前 1 季的季均降水量在 SPSS 中做相关性分析并进行显著性检验,发现春、夏、秋 3 个季

节的季均植被 NDVI 与降水量呈正相关关系。其中,春季降水与植被 NDVI 值的相关性最大,为 0.443,表明春季降水量会促进植被的生长;夏季与秋季的季均植被 NDVI 与季均降水量相关性虽然相对较小,但也能说明夏季与秋季的季均降水量能促进植被生长;冬季的季均植被 NDVI 与降水量呈现负相关性,表明冬季较多的降水会抑制植被的生长。春季季均植被 NDVI 与冬季降水量呈负相关性,表明冬季降水量会抑制春季植被的生长,夏季的季均植被 NDVI 与春季的降水量呈正相关性,且通过了 0.05 水平显著性检验,表明降水量增加会促进夏季的植被生长。秋季和冬季的季均植被 NDVI 与前 1 季的降水量呈正相关关系,其中秋季的季均植被 NDVI 与夏季降水量呈弱正相关性,表明夏季和秋季的较多的降水量会促进后一季的植被生长。综上所述,太行山地区的降水量和气温对植被生长存在滞后效应。

表 3 太行山地区季均 NDVI 与气温和降水量的相关性

季节	与 NDVI 的相关系数			
	同季气温	前 1 季气温	同季降水量	前 1 季降水量
春季	-0.174	0.238	0.443	-0.343
夏季	-0.201	0.220	0.265	0.523*
秋季	0.354	0.053	0.232	0.080
冬季	0.176	0.287	-0.243	0.294

注: \* 表示通过显著性检验。

### 3 结论与讨论

本试验基于太行山地区 2000—2015 年的 MODIS NDVI 数据,结合气温、降水量数据,对该地区 2000—2015 年 16 年间的植被覆盖率时空变化进行研究,并对影响其变化的气候与植被覆盖情况进行相关性分析,得到如下结论:

(1) 2000—2015 年研究区 NDVI 呈微弱增长趋势,增长率为 0.079/10 年,植被增加的区域占总区域的 96.84%,植被减少及基本不变的区域为 3.16%,表明 16 年太行山地区的植被覆盖呈增长趋势。

(2) 总的来看,16 年来太行山地区的年均 NDVI 与年均气温呈正相关关系,相关系数为 0.217。太行山地区年均 NDVI 与降水量呈正相关性,相关系数为 0.43。将太行山地区的年均植被 NDVI 与年均降水量、年均气温变化趋势进行对比,可知太行山地区植被 NDVI 是降水量和气温变化共同作用的结果。

(3) 通过相关性分析发现,夏季、春季的季均植被 NDVI 值与气温呈负相关关系,表明夏季、春季气温较高,会影响植被的生长。秋季和冬季的季均植被 NDVI 与气温呈正相关关系,表明秋季、冬季气温较高会促进植被的生长。春季、夏季与秋季的季均植被 NDVI 与季均降水量呈正相关关系,表明春季、夏季与秋季的季均降水能促进植被生长;冬季季均植被 NDVI 与季均降水量呈负相关关系,表明冬季的季均降水量抑制植被的生长。

(4) 4 个季节的季均植被 NDVI 与前 1 季的气温均呈正相关关系,表明春夏秋冬四季的气温较高,会促进下一季的植被生长。冬季的季均降水量与春季的季均 NDVI 呈负相关关系,表明冬季过高的降水量会抑制春季的植被生长,夏季、秋季、冬季的季均植被 NDVI 与前 1 季的降水量呈正相关关系,其中秋季的季均植被 NDVI 与夏季降水量呈弱正相关关系。表明春季、夏季、秋季较多的降水会促进后一季的植被生长。

(5) 太行山地区的降水量和气温对植被生长存在滞后效应。植被覆盖变化是人为因素和自然因素共同作用的结果。本研究主要结合气温、降水量探讨太行山地区植被变化趋势以及驱动因素。本研究对影响植被变化的自然因素,只从气温和降水量 2 个方面进行研究,对湿度、下行短波辐、坡度等其他自然因素没有研究,而且没有考虑人为因素对植被覆盖变化的影响。因此,在后续植被变化的研究中,对其驱动因素的选取上应该不断完善。

#### 参考文献:

- [1] 赵杰,杜自强,张红,等. 中国季节性昼夜增温的不对称性及其对植被活动的影响[J]. 生态学报, 2018, 38(11): 3909-3919.
- [2] 杨菊,熊康宁,肖时珍. 赤水丹霞地貌区植被覆盖度时空变化分析[J]. 人民长江, 2018, 49(18): 38-44.
- [3] 於琨,李克让,陶波,等. 植被地理分布对气候变化的适应性研究[J]. 地理科学进展, 2010, 29(11): 1326-1332.
- [4] 张景华,李英年. 青海气候变化趋势及对植被生产力影响的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(2): 97-102.
- [5] 候静,杜灵通,刘可,等. 1982—2012 年北半球荒漠草原过渡带植被物候特征及其与气候因子的关系[J]. 气候变化研究进展, 2017, 13(5): 473-482.
- [6] Xiao X M, Boles S, Liu J Y, et al. Characterization of forest types in Northeastern China, using multi-temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 82(2): 335-348.
- [7] 赵赛帅. 基于环境卫星 NDVI 时间序列的盐沼植被分类与提取

邓艳君,郑治斌,张伦瑾,等. 近59年江汉平原降水气候变化特征分析[J]. 江苏农业科学,2020,48(16):268-277.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.16.051

# 近59年江汉平原降水气候变化特征分析

邓艳君<sup>1</sup>, 郑治斌<sup>2</sup>, 张伦瑾<sup>1</sup>, 刘凯文<sup>1</sup>, 黄永平<sup>1</sup>

(1. 湖北省荆州市气象局,湖北荆州 434020; 2. 湖北省气象学会,湖北武汉 430074)

**摘要:**基于1960—2018年江汉平原12个气象观测站逐日降水资料,计算降水量、降水日数、降水强度以及极端降水量,采用线性拟合、趋势分析以及Mann-Kendall突变检验等方法,分析江汉平原降水的气候变化特征。结果表明,江汉平原降水量春夏多、秋冬少,空间分布由南向北递减。年降水量总体呈缓慢增长趋势,递增速率24.63 mm/10年,但季节分配不均匀。Mann-Kendall突变检验结果显示,1978年为年降水量的突变年份。年均降水日数总体呈明显减少趋势,1983年为降水日数的突变年份,从1996年开始降水日数递减速率急剧增大。降水强度四季变化趋势与年变化趋势一致,均总体呈增强趋势,其中春、夏季递增速率高于年递增速率,秋、冬呈微弱增长趋势,降水强度的突变年份为1979年。极端降水量指标均总体呈缓慢增加趋势。江汉平原降水在时间上分布较为集中,强降水发生概率增大。20世纪60—70年代属少雨期,极端旱年多发生于此时段;20世纪80年代初、90年代中后期年降水量及极端降水量明显偏多,降水强度偏强,极端涝年集中出现在此时段。

**关键词:**江汉平原;降水量;降水日数;降水强度;极端降水

**中图分类号:** P467;S161.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)16-0268-10

江汉平原位于“千湖之省”湖北省中南部,由长江与汉江冲积而得名,主要包括荆州市、荆门市及仙桃、潜江、天门3个省直管市。江汉平原雨热同季,湖泊湿地众多,素有“鱼米之乡”的美誉。江汉

平原是重要的农业生产区,也是著名的水产养殖区,在湖北省经济发展中占有重要地位。研究该地区的降水气候特征,防止旱涝变化对江汉平原农业生产、湿地保护、生态安全造成不良影响具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。

在全球变暖的气候背景下,我国不同区域的降水气候特征出现了明显变化,旱涝发生频率呈增加趋势,气象学者对气候变化作了大量研究<sup>[2-5]</sup>。研究表明,从20世纪50年代中期开始,全球年降水量呈下降趋势<sup>[6-7]</sup>。林学椿等分析了1955—1989年我国160个气象站的降水资料,发现我国年降水量

收稿日期:2019-10-09

基金项目:湖北省科学技术协会2019年度“科技创新源泉工程”;湖北省荆州市气象局科技基金(编号:JZ201909)。

作者简介:邓艳君(1988—),女,湖北荆州人,硕士,工程师,主要从事3S技术与气象应用研究。E-mail:570517642@qq.com。

通信作者:黄永平,高级工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:339081184@qq.com。

[D]. 南京:南京大学,2015.

[8] Myneni R B, Tucker C J, Asrar G, et al. Interannual variations in satellite-sensed vegetation index data from 1981 to 1991 [J]. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 1998, 103 (D6): 6145-6160.

[9] Nemani R R, Keeling C D, Hashimoto H, et al. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999 [J]. *Science*, 2003, 300 (5625): 1560-1563.

[10] 朴世龙,方精云. 1982—1999年我国陆地植被活动对气候变化响应的季节差异[J]. *地理学报*, 2003, 58(1): 119-125.

[11] 朴世龙,方精云. 最近18年来中国植被覆盖的动态变化[J]. *第四纪研究*, 2001, 21(4): 294-302.

[12] 方精云,朴世龙,贺金生,等. 近20年来中国植被活动在增强[J]. *中国科学(C辑)*, 2003, 33(6): 554-565, 578-579.

[13] 刘爽,宫鹏. 2000—2010年中国地表植被绿度变化[J]. *科学通报*, 2012, 57(16): 1423-1434.

[14] 常纯,王心源,杨瑞霞,等. 基于DEM-NDVI的高山植被带定量刻划[J]. *地理研究*, 2015, 34(11): 2113-2123.

[15] 李薇,谈明洪. 太行山区不同坡度NDVI变化趋势差异分析[J]. *中国生态农业学报*, 2017, 25(4): 509-519.

[16] 李晓光. 基于MODIS-NDVI的内蒙古植被覆盖变化及其驱动因子分析[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2014.

[17] 刘宪锋,任志远,林志慧,等. 2000—2011年三江源区植被覆盖时空变化特征[J]. *地理学报*, 2013, 68(7): 897-908.

[18] 牟乃夏,刘文宝,王海银,等. ArcGIS 10地理信息系统教程——从初学到精通[M]. 北京:测绘出版社,2012(12): 43-43.

[19] 王丽霞,余东洋. 渭河流域NDVI与气候因子时空变化及相关性研究[J]. *水土保持研究*, 2019, 26(2): 249-254.