

秦岭-大巴山地区 NDVI 时空变化趋势数据集 (2000–2019)

白 燕^{1,2}

1. 中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;

2. 国家地球系统科学数据中心, 北京 100101;

摘 要: 秦岭-大巴山地区是我国大陆上最重要的地理-生态过渡带。基于 2000–2019 年 MOD13Q1 (V006) 的 NDVI 数据 (250 m, 16 d), 在利用最大值合成法、均值法生成季均和年均 NDVI 数据基础上, 采用线性回归趋势分析和 F 检验等统计分析方法, 计算得到秦岭-大巴山地区 250 m NDVI 时空变化趋势数据集 (2000–2019)。该数据集包括 2000–2019 年研究区的下列数据: (1) 植被 NDVI 的年际和季节变化趋势空间分布数据; (2) 显著性变化趋势特征数据 (P 值和通过 $P < 0.05$ 检验的 Slope 数据); (3) 逐年平均和季节平均的 NDVI 统计数据。数据集存储格式为.tif 和.xlsx, 由 47 个文件组成, 数据量为 994 MB (压缩为 1 个文件, 385 MB)。

关键词: 植被; NDVI; 变化趋势; 年际; 季节; 秦岭; 大巴山

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2020.04.05>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2020.06.10.V1>

1

作为陆地生态系统的主体, 植被是连接大气、土壤和水分等自然要素的“纽带”^[1], 在调节全球物质能量循环、维持气候稳定以及指示生态系统变化过程中发挥着不可替代的作用^[2–4]。植被也是自然和人类活动对环境影响极其敏感的指标^[5–6], 植被动态变化格局特征已成为陆地生态系统变化研究的关键问题之一^[7–10]。归一化植被指数 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 是监测全球及区域尺度植被和生态环境的重要指标之一, 能够较精准的反映地表植被生长状况及其动态变化过程, 在全球范围内得到了广泛应用^[11–15]。

秦岭-大巴山地区跨越暖温带和亚热带, 西接青藏高原东缘, 东临华北平原, 是唯一连接中国东部与西部的大尺度生态廊道, 是我国大陆最重要的“地理-生态”过渡带^[16]。同时,

收稿日期: 2020-09-28; 修订日期: 2020-12-01; 出版日期: 2020-12-24

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2017FY100900, 2005DKA32300); 中国科学院 (XXH-13514)

作者信息: 白燕 AAW-8595-2020, 中国科学院地理科学与资源研究所, 国家地球系统科学数据中心, baiy@lreis.ac.cn

数据引用方式: [1] 白燕. 秦岭-大巴山地区 NDVI 时空变化趋势数据集 (2000–2019) [J]. 全球变化数据学报, 2020, 4(4): 346–353. <https://doi.org/10.3974/geodp.2020.04.05>.

[2] 白燕. 秦岭-大巴山地区 NDVI 时空变化趋势数据集 (2000–2019) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2020. <https://doi.org/10.3974/geodb.2020.06.10.V1>.

作为气候变化的敏感区和生境脆弱区，秦岭-大巴山地区的植被覆盖变化格局研究是全球变化研究领域的重点内容之一，国内学者已开展诸多相关研究，例如，张百平提出中国南北过渡带研究的十大科学问题（2019）^[15]，陈超男等对秦巴山区植被覆盖变化及气候因子驱动的分析（2019）^[16]，邓晨晖（2018）^[17]、刘宪锋（2015）^[18]、崔晓临（2012）^[19]、任园园（2012）^[20]、孙华（2010）^[21]、雒新萍（2009）^[22] 等对秦岭植被覆盖时空变化的研究等。然而，目前关于秦岭-大巴山地区植被覆盖变化的研究主要集中在部分区域的年际动态特征（如陕西省境内秦岭地区），将其作为一个完整的地理、地貌单元开展植被覆盖时空变化格局研究还很薄弱，而且该区域时间序列的植被变化季节性差异特征也鲜有关注。本数据集是基于中高分辨率、长时间序列的 MODIS NDVI 数据产品，采用线性回归趋势分析和 F 检验计算得到的秦岭-大巴山地区 250 m 植被时空变化产品（2000–2019 年）。

2

《秦岭大巴山地区 NDVI 时空变化趋势数据集（2000–2019）》^[23]的名称、作者、地理区域、数据年代、空间分辨率、时间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《秦岭-大巴山地区 NDVI 时空变化趋势数据集（2000–2019）》元数据简表

条 目	描 述		
数据集名称	秦岭-大巴山地区 NDVI 时空变化趋势数据集（2000–2019）		
数据集短名	QinbaNDVItrend_2000-2009		
作者信息	白燕 AAW-8595-2020, 中国科学院地理科学与资源研究所, 国家地球系统科学数据中心, baiy@lreis.ac.cn		
地理区域	秦岭-大巴山地区（30°43'N–35°29'N, 102°21'E–113°40'E）		
数据年代	2000–2019		
数据格式	.tif, .xlsx		
数据量	385 MB（压缩后）		
时间分辨率	年际, 季节	空间分辨率	250 m
数据集组成	秦岭-大巴山地区 NDVI 的年际和季节尺度显著性变化趋势特征及其统计数据		
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2017FY100900, 2005DKA32300）；中国科学院（XXH-13514）		
数据计算环境	Python, MATLAB, ArcGIS		
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn		
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所		
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[24]		
数据和论文检索系统	DOI, DCI, CSCD, WDS/ISC, GEOSS, China GEOSS, Crossref		

3

3.1 数据来源

秦岭-大巴山地区边界数据来源于科技基础资源调查专项——中国南北过渡带综合科学考察项目^[15]。

考虑到研究区以山地为主要地形特征,选取来源于美国航空航天局空间分辨率(250 m)和时间分辨率(16 d)较高的 MOD13Q1 NDVI 数据^[25],时间范围为 2000–2019 年。利用 MRT (MODIS Reprojection Tools) 工具对 MODIS NDVI 数据进行提取,以及格式和投影转换。

3.2 研究方法

(1) 最大值合成法

为进一步消除云、大气、太阳高度角等的部分干扰^[26],采用国际通用的最大值合成法 MVC (Maximum Value Composites) 获得 2000–2019 年逐月 NDVI 数据,公式如下:

$$NDVI_i = \text{Max}(NDVI_{ij}) \quad (1)$$

式中, $NDVI_i$ 是第 i 月的 NDVI 值, $NDVI_{ij}$ 是第 i 月第 j 旬的 NDVI 值。

由于 2000 年 1 月的 MODIS NDVI 原始数据缺失,作者利用 2001–2019 年 1 月的平均值来替代,并基于各月最大合成 NDVI 数据,采用均值法得到研究区 2000–2019 年逐年 NDVI 季均和年均数据集。其中,根据气象学上对季节的划分,3–5 月为春季,6–8 月为夏季,9–11 月为秋季,12 月至翌年 2 月为冬季。

(2) 线性回归趋势分析

一元线性回归分析可以模拟每个栅格的变化趋势,反应不同时期植被 NDVI 的变化趋势,其优点在于通过利用各个年份的数据值进行拟合,可以消除研究时段内偶发性异常因素对植被长势的影响,真实反映时间序列植被动态演化趋势^[27–28]。计算公式如下:

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

式中, Slope 为线性拟合趋势线的斜率; n 为研究时段的总年数; $NDVI_i$ 是第 i 年的年均(或季均) NDVI 值。 $\text{Slope} > 0$, 则说明 NDVI 值在 n 年间呈现增加趋势,反之则呈现减少趋势; Slope 绝对值越大,说明植被覆盖变化越明显。变化趋势的显著性采用 F 检验,并根据检验结果将植被变化趋势分为 5 个等级:极显著减少 ($\text{Slope} < 0, P < 0.01$),显著减少 ($\text{Slope} < 0, 0.01 < P < 0.05$),无显著变化 ($P > 0.05$),显著增加 ($\text{Slope} > 0, 0.01 < P < 0.05$),极显著增加 ($\text{Slope} > 0, P < 0.01$)。

4

4.1 数据集组成

秦岭-大巴山地区 250 m NDVI 时空变化趋势数据集(2000–2019 年)包括:年际和季

节不同时间尺度上植被 NDVI 变化斜率空间分布数据(.tif)、显著性变化趋势特征数据(.tif)及 NDVI 均值统计数据(.xlsx)。其中,空间数据包括:(1)2000–2019 年秦岭-大巴山地区 250 m 植被 NDVI 年际 *Slope* 空间分布数据,(2)2000–2019 年秦岭-大巴山地区 250 m 植被 NDVI 年际空间变化显著性趋势特征数据(P 值,以及通过 $P < 0.05$ 检验的 *Slope* 数据,下同),(3)2000–2019 年秦岭-大巴山地区 250 m 植被 NDVI 季节尺度 *Slope* 空间分布数据,以及(4)2000–2019 年秦岭-大巴山地区 250 m 植被 NDVI 季节尺度空间变化显著性趋势特征数据;统计表格数据包括:(1)2000–2019 年秦岭-大巴山地区逐年年均 NDVI 统计数据和(2)2000–2019 年秦岭-大巴山地区逐年季均 NDVI 统计数据。

4.2 数据结果

4.2.1 时间变化特征分析

(1) 年际变化特征。由图 1(a)可知,秦岭-大巴山地区 2000–2019 年 NDVI 年际变化呈现明显增加趋势,变化速率为 $0.048/10a$ ($R^2 = 0.91$, $P < 0.05$)。从年际变化峰值来看,该区域近 20 年来年均 NDVI 值介于 0.53–0.63 之间,其中 2001 年 NDVI 均值最低(0.533),2018 年 NDVI 均值最高(0.632),在 2009–2010、2013–2014 和 2016–2017 年有三个明显的下降时段。

(2) 季节变化特征。从图 1(b)可以看出,近 20 年来秦岭-大巴山地区的植被 NDVI 均值在春、夏、秋、冬四个季节均呈现增加趋势,增率依次为 $0.058/10a$ ($R^2 = 0.74$)、 $0.042/10a$ ($R^2 = 0.89$)、 $0.042/10a$ ($R^2 = 0.77$)、 $0.049/10a$ ($R^2 = 0.76$),即该地区 NDVI 在春季的增幅最大。

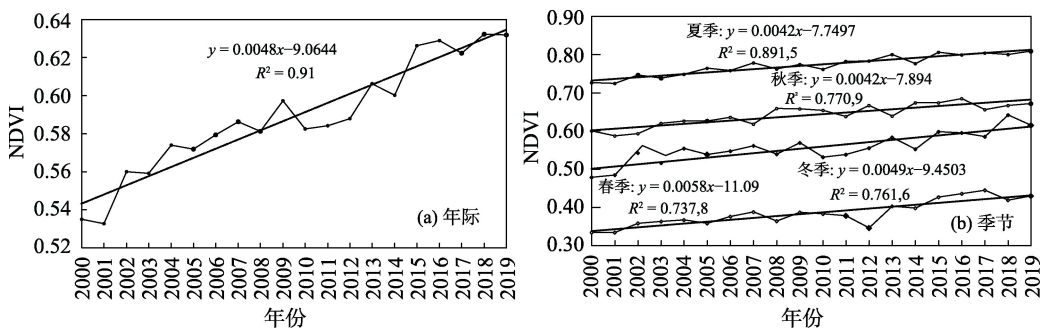


图1 秦岭-大巴山地区 2000–2019 年 NDVI 均值变化图

4.2.2 空间变化趋势特征分析

(1) 年际空间变化趋势特征。利用线性回归趋势分析法得到 2000–2019 年秦岭-大巴山地区植被年际变化 *Slope* 值介于 -0.032 – 0.039 ,表明植被变化趋势存在空间差异(图 2(a))。结合表 2 和图 2(b)可以看出,近 20 年间该区域:①植被覆盖空间变化整体以显著和极显著增加为主,二者之和占全区总面积的 87.81%,其中极显著增加的面积较大,占总面积的 81% 以上;②植被减少(显著和极显著)的面积占比不足 1%,集中分布在研究区西南部的少数区域,如成都北部和德阳北部的交界处,汉中盆地、南阳西部边缘及商洛北部也有零星分布;③植被无显著变化的面积占比 11.36%,主要分布在西秦岭的高海拔地区,如阿坝藏族羌族自治州的东北部、绵阳和德阳市西北部等区域,汉中市和巴中市的交界处,以及研究

区东部的低海拔地区（如洛阳市、襄阳市的中部区域等）。

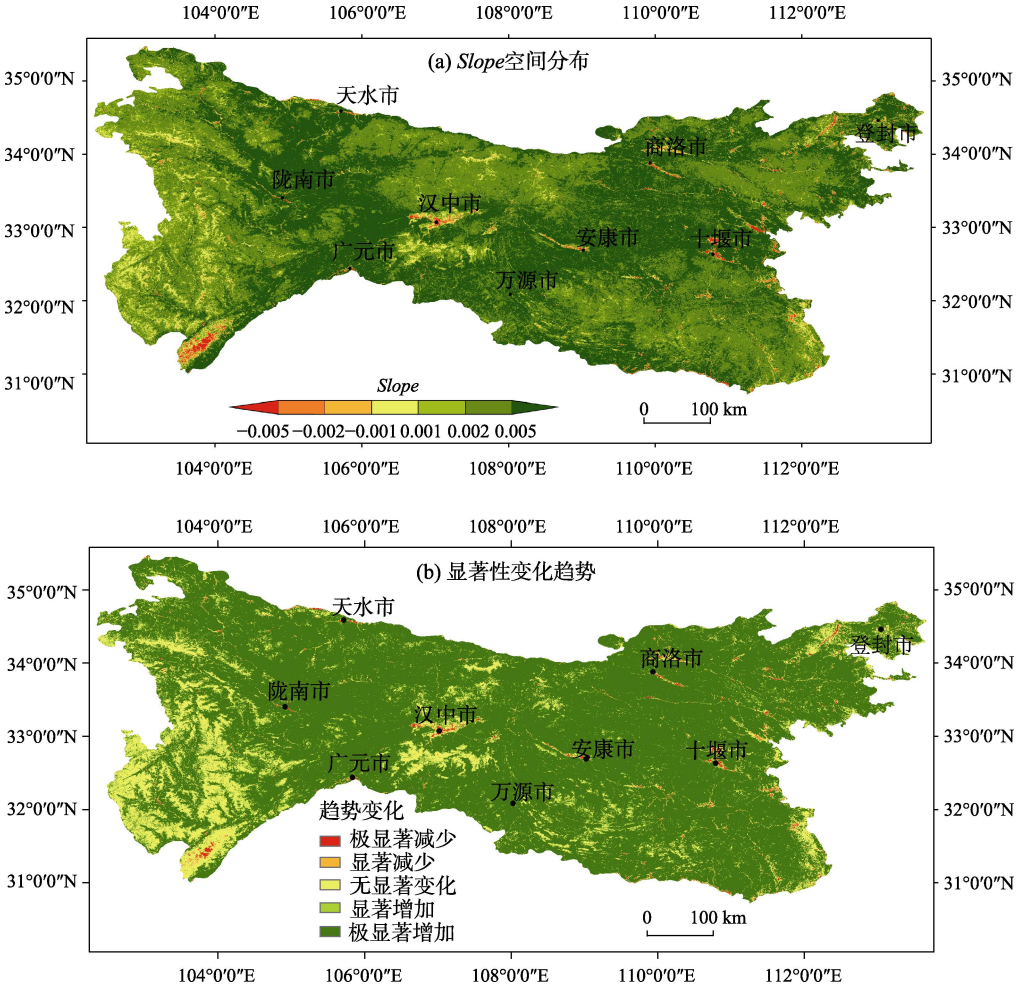


图 2 秦岭-大巴山地区 2000–2019 年 NDVI 年际空间分布及其显著性变化趋势图

表 2 2000–2019 年秦岭-大巴山地区 NDVI 变化趋势显著性统计

分类标准	NDVI 变化趋势	年均	春季	夏季	秋季	冬季
		面积比 (%)	面积比 (%)	面积比 (%)	面积比 (%)	面积比 (%)
$Slope < 0, P < 0.01$	极显著减少	0.55	0.48	0.44	0.34	0.49
$Slope < 0, 0.01 < P < 0.05$	显著减少	0.29	0.36	0.33	0.31	0.40
$P > 0.05$	无显著变化	11.36	24.54	31.49	35.18	22.75
$Slope > 0, 0.01 < P < 0.05$	显著增加	5.99	14.32	10.20	14.25	10.60
$Slope > 0, P < 0.01$	极显著增加	81.82	60.30	57.54	49.92	65.76

（2）季节空间变化趋势特征。由表 2 和图 3 可以看出秦岭-大巴山地区 NDVI 在不同季节变化各异。整体来说各季节 20 年来植被覆盖变化以极显著增加和无显著变化为主，且无显著变化区域面积比例较年际变化增加 2 倍以上；夏、秋两季植被无显著变化趋势所占

面积比例均超过 30%, 明显高于春、冬两季植被无显著变化趋势的面积占比。从空间分布来看: ①春季, 西秦岭和研究区低海拔地区 (如安康中部和十堰北部) 植被增加显著 (图 3(a)); ②夏季, 研究区西部、宝鸡南部和汉中南部、北部区域植被覆盖呈大面积无显著变化 (图 3(b)); ③秋季, 植被无显著变化趋势在研究区中部持续扩大, 植被显著和极显著增加区域主要集中在西秦岭的陇南地区 (武都县、西和县、礼县等)、秦岭和大巴山交界处的宁强县、巴中市东北部、十堰北部和襄阳西部等低海拔区域 (图 3(c)); ④研究区冬季 NDVI 空间显著性变化趋势特征与春季相似 (图 3(d))。

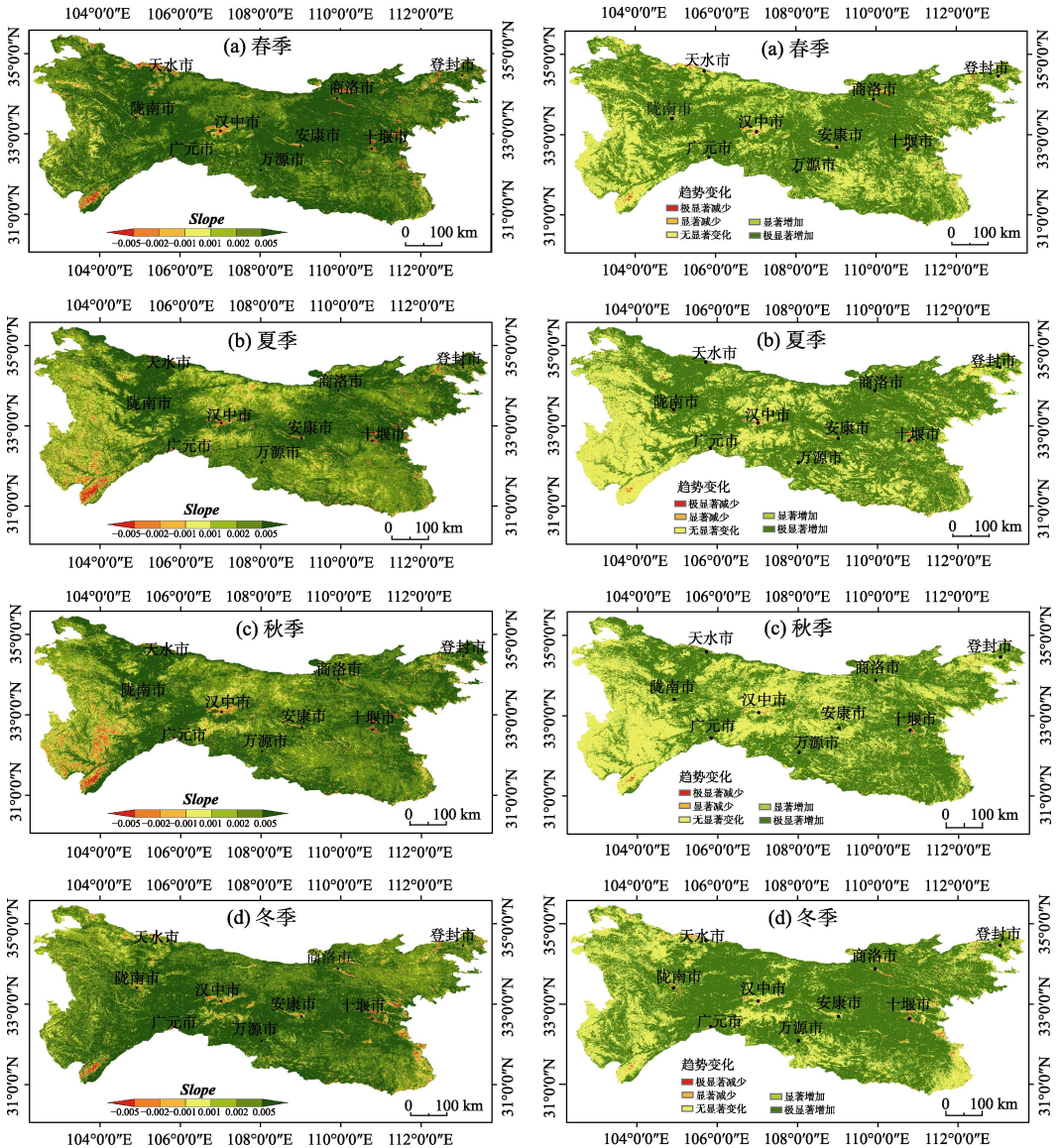


图3 秦岭-大巴山地区 2000–2019 年 NDVI 季节 Slope 空间分布及其显著性变化趋势

4.3 数据结果验证

从上述分析结果可知, 秦岭-大巴山地区过去 20 年间植被 NDVI 年际变化整体呈现出显著增加的趋势特征, 这与近年来开展的基于年度 NDVI 动态变化研究结果类似。此外, 本数据集在年际变化的基础上拓展获取了该区域植被季节尺度时间序列变化趋势信息。结果表明, 秦岭-大巴山地区植被在季节尺度与年际尺度上的时空变化趋势一致, 但不同时间尺度的植被主导变化趋势类型有所差异, 即在季节尺度上植被以极显著增加和无显著变化为主, 而在年际尺度上则以显著和极显著增加为主。基于通用的一元线性回归趋势变化分析及显著性检验方法得到的季节尺度 NDVI 变化趋势更加细致、客观的反映了秦岭-大巴山地区植被长时间序列的时空变化特征。

5

植被具有明显的年际和季节变化, 在全球变化研究中发挥着“指示器”的作用^[27]。作者基于长时间序列、中高时空分辨率的 MODIS NDVI 数据, 采用 MVC、线性回归趋势分析和 F 检验等方法, 通过 Python 和 Matlab 计算得到近 20 年秦岭-大巴山地区年际和季节尺度的植被 NDVI 时空变化趋势数据集, 空间分辨率为 250 m。基于该数据集的分析结果表明, 2000–2019 年秦岭-大巴山地区植被的年际和季节变化均呈显著和极显著增加趋势, 但无显著变化趋势特征在季节尺度上尤为明显。该区域的植被变化趋势特征客观反映出国家实施退耕还林还草、植树造林等生态保护工程所取得的成效, 同时也为后续更全面揭示该区域植被覆盖对气候因素、人类活动及其他驱动因子的响应机制, 指导政府部门采取相应措施保障区域生态安全和可持续发展提供基础支撑。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Schimel, D., Melillo, J., Tian, H., *et al.* Contribution of increasing CO₂ and climate to carbon storage by ecosystems in the United States [J]. *Science*, 2000, 287(5460): 2004–2006.
- [3] Hu, C. J., Fu, B. J., Liu, G. H., *et al.* Vegetation patterns influence on soil microbial biomass and functional diversity in a hilly area of the Loess Plateau, China [J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2010, 10(6): 1082–1091.
- [4] Liu, Y. L., Lei, H. M. Responses of natural vegetation dynamics to climate drivers in China from 1982 to 2011 [J]. *Remote Sensing*, 2015, 7(8): 10243–10268.
- [5] Reichstein, M., Bahn, M., Ciais, P., *et al.* Climate extremes and the carbon cycle [J]. *Nature*, 2013, 500(7462): 287–295.
- [6] Cai, B., Yu, R. Advance and evaluation in the long time series vegetation trends research based on remote sensing [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2009, 13(6): 1170–1186.
- [7] Suzuki, R., Masuda, K., Dye, D. G. Interannual covariability between actual evapotranspiration and PAL and GIMMS NDVIs of northern Asia [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 106(3): 387–398.
- [8] Fu, B., Li, S., Yu, X., *et al.* Chinese ecosystem research network: Progress and perspectives [J]. *Ecological Complexity*, 2010, 7(2): 225–233.
- [9] Kelly, M., Tuxen, K. A., Stralberg, D. Mapping changes to vegetation pattern in a restoring wetland: finding pattern metrics that are consistent across spatial scale and time [J]. *Ecological Indicators*, 2011, 11(2): 263–273.

- [10] Yuan, J., Xu, Y., Xiang, J., *et al.* Spatiotemporal variation of vegetation coverage and its associated influence factor analysis in the Yangtze River Delta, eastern China [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26(10): 32866–32879.
- [11] Nanzad, L., Zhang, J., Tuvdendorj, B., *et al.* NDVI anomaly for drought monitoring and its correlation with climate factors over Mongolia from 2000 to 2016 [J]. *Journal of Arid Environments*, 2019, 164: 69–77.
- [12] Kern, A., Marjanović, H., Barcza, Z. Spring vegetation green-up dynamics in Central Europe based on 20-year long MODIS NDVI data [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2020, 287: 107969.
- [13] Zewdie, W., Csaplovics, E., Inostroza, L. Monitoring ecosystem dynamics in northwestern Ethiopia using NDVI and climate variables to assess long term trends in dryland vegetation variability [J]. *Applied Geography*, 2017, 79: 167–178.
- [14] Sun, Z., Chang, N. B., Opp, C. Using SPOT-VGT NDVI as a successive ecological indicator for understanding the environmental implications in the Tarim River Basin, China [J]. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2010, 4(1): 043554.
- [15] 张百平. 中国南北过渡带研究的十大科学问题[J]. 地理科学进展, 2019, 38(3): 305–311.
- [16] 陈超男, 朱连奇, 田莉等. 秦巴山区植被覆盖变化及气候因子驱动分析[J]. 生态学报, 2019, 39(9): 3257–3266.
- [17] 邓晨晖, 白红英, 高山等. 秦岭植被覆盖时空变化及其对气候变化与人类活动的双重响应[J]. 自然资源学报, 2018, 33(3): 425–438.
- [18] 刘宪锋, 潘耀忠, 朱秀芳等. 2000–2014 年秦巴山区植被覆盖时空变化特征及其归因[J]. 地理学报, 2015, 70(5): 705–716.
- [19] 崔晓临, 白红英, 尚小清. 基于 MODIS NDVI 的秦岭地区植被覆盖变化研究[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2012, 42(6): 1021–1026.
- [20] 任园园, 张哲, 侯钦磊等. 大巴山地区植被覆盖变化及其对气候变化的响应[J]. 水土保持通报, 2012, 32(2): 56–59.
- [21] 孙华, 白红英, 张清雨等. 基于 SPOT VEGETATION 的秦岭南坡近 10 年来植被覆盖变化及其对温度的响应[J]. 环境科学学报, 2010, 30(3): 649–654.
- [22] 雒新萍. 近 25a 来秦巴山区植被 NDVI 时空变化及其对区域气候的响应[D]. 西安: 西北大学, 2009.
- [23] 白燕. 秦岭-大巴山地区 NDVI 时空变化趋势数据集 (2000–2019) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2020. <https://doi.org/10.3974/geodb.2020.06.10.V1>.
- [24] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策 [OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy>. 2014.05 (2017 年更新).
- [25] 美国航空航天局空间. MOD13Q1 NDVI. <https://earthdata.nasa.gov>.
- [26] Holben, N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1986, 7(11): 1417–1434.
- [27] Sun, H. Y., Wang, C. Y., Niu, Z., *et al.* Analysis of the vegetation cover change and the relationship between NDVI and environmental factors by using NOAA times series data [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, 2(3): 204–210.
- [28] Fan, N., Xie, G. D., Zhang, C. S., *et al.* Spatial-temporal dynamic changes of vegetation cover in Lancang River basin during 2001–2010 [J]. *Resources Science*, 2012, 34(7): 1222–1231.