

# 2005—2015年广东省森林生态系统净初级生产力时空变化特征

李国洋<sup>1</sup> 徐启恒<sup>1</sup> 陈宽文<sup>2</sup> 曹永超<sup>2</sup>

(1 广东省东莞市测绘院, 东莞523129; 2 广东省东莞市不动产登记中心, 东莞 523129)

**摘要:** 基于MODIS的森林植被净初级生产力(NPP)数据, 辅以气候和土地利用数据, 利用GIS和统计分析方法, 探讨了2005—2015年广东省森林植被NPP的时空特征。结果表明: 1) 时间趋势上, 2005—2015年广东省森林植被年NPP均值以及年NPP总量总体上均呈现波动上升的趋势。2) 空间分布上, 2005—2015年广东省森林植被NPP存在空间异质性。年NPP均值最大值为潮州市, 最低的地区是中山市和湛江市。3) 空间趋势上, 广东省森林植被NPP有15.93%为无显著变化区域, 显著上升和显著下降区域分别为63.45%和20.62%; 2005—2015年广东省森林植被NPP呈显著下降的区域主要分布广东省北部地区的清远市、韶关市、河源市、梅州市以及零星分布在南部的湛江市, NPP呈显著上升的区域主要分布在广东省的中南部地区茂名市、阳江市、云浮市等。4) 气温和降水对森林植被NPP均值的影响呈现明显的空间分异特征。

**关键词:** 广东省, 森林生态系统, 植被净初级生产力, 时空特征

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2020.03.010

## Spatial and Temporal Characteristics of Net Primary Productivity of Forest Ecosystem in Guangdong Province from 2005 to 2015

Li Guoyang<sup>1</sup>, Xu Qiheng<sup>1</sup>, Chen Kuanwen<sup>2</sup>, Cao Yongchao<sup>2</sup>

(1 Dongguan Institute of Surveying and Mapping, Dongguan 523129

2 Dongguan Real Estate Registration Center, Dongguan 523129)

**Abstract:** Based on MOD17A3H Net primary productivity of vegetation data, climate data and land use data, using GIS analysis and statistical analysis methods, the spatial and temporal characteristics of forest vegetation NPP in Guangdong Province from 2005 to 2015 were analyzed. The results show that: 1) both the annual mean value of NPP of forest vegetation and the annual total NPP of Guangdong Province had a trend of fluctuation and increased from 2005 to 2015; 2) in terms of spatial distribution, NPP of forest vegetation in Guangdong province had spatial heterogeneity from 2005 to 2015. The annual NPP mean value was the highest in Chaozhou and the lowest in Zhongshan and Zhanjiang; 3) 15.93% of NPP in Guangdong province showed no significant change, while 63.45% showed significant increased and 20.62% showed significant decrease, respectively. From 2005 to 2015, NPP in Guangdong province decreased significantly mainly in Qingyuan, Shaoguan, Heyuan, Meizhou and Zhanjiang in the north of Guangdong province, while NPP increased significantly in Maoming, Yangjiang and Yunfu in the south of Guangdong province; 4) the effect of temperature and precipitation on NPP of forest vegetation showed obvious spatial differentiation.

**Keywords:** Guangdong Province, forest ecosystem, net primary productivity, spatiotemporal characteristics

### 0 引言

森林生态系统是陆地生态系统的重要组成部分, 对于全球碳平衡、CO<sub>2</sub>等温室气体上升, 全球气候变化等具有重要的作用。植被净初级生产力(NPP)是指植被在单位时间、单位面积上累积的有机干物质总量, 是进行光合作用产生的有机质总量减去呼吸消耗

的能量剩余的部分<sup>[1-2]</sup>。森林植被NPP是森林生态系统碳循环过程重要指标和关键参数, 可以评估植被的生产能力, 同时可以衡量陆地生态系统的可持续发展, 在全球气候变化中具有重要的作用<sup>[3-4]</sup>。

MODIS卫星遥感数据具有高时间分辨率的优势, 在森林植被监测中已经得到了广泛的应用。基于遥感估算的NPP已经成为森林植被监测的一个重要指标<sup>[5-6]</sup>。王培娟等<sup>[7]</sup>对长白山地区森林植被NPP的影响因子进行了敏感性研究, 结果表明长白山森林植被NPP与温度

收稿日期: 2019年2月15日; 修回日期: 2019年7月22日  
第一作者: 李国洋(1989—), Email: 769671870@qq.com

呈负相关与降水量无明显关系。江洪等<sup>[8]</sup>基于MODIS遥感影像结合气象数据对福建省2004年森林生态系统植被净初级生产力进行了模拟与分析,结果表明福建省森林生态系统NPP空间分布具有地域特征。赵鑫等<sup>[9]</sup>基于MODIS数据估算了内蒙古地区的森林植被NPP,结果表明内蒙古森林植被NPP具有空间异质性,由东向西、由北向南依次减小,不同植被类型也存在差异。李登秋等<sup>[10]</sup>研究了江西省森林植被NPP的动态变化特征和驱动因子,结果表明气候变化等因素对森林植被NPP的动态变化有一定的影响。赵颖慧等<sup>[11]</sup>对黑龙江落叶松NPP与气象因素关系研究,结果表明生长季NPP与月均气温、月均降水呈极显著相关性。

广东省地处我国华南地区,森林植被资源丰富。基于MODIS估算的NPP,对2005—2015年广东省森林植被NPP的时空变化特征进行定量分析,研究成果对于森林生态系统生产力评估、气候变化以及生态系统环境建设具有重要参考意义。

## 1 研究区概况

广东省地处低纬度地区(图1),横跨热带和亚热带。全省的森林植被覆盖率达57%,南部地区为热带常绿雨林季节,中部为亚热带季风常绿阔叶林,北部南岭地区主要为亚热带常绿阔叶林<sup>[12]</sup>。

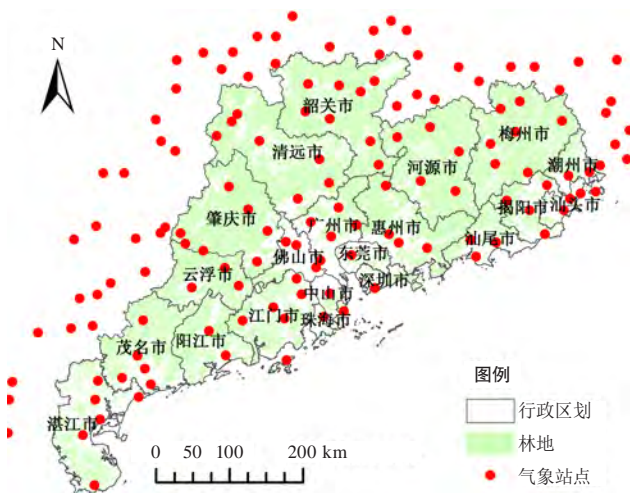


图1 研究区位置

Fig. 1 Location of study area

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源与处理

本文所使用的2005—2015年NPP数据来源于MODIS产品MOD17A3H (<https://search.earthdata.nasa.gov/>),该产品运用生物地球化学模型BIOME-BGC估算出全球陆地植被年NPP,已经在全球和区域NPP以及碳循环研究中得到广泛应用。MOD17A3H产品中的

数据质量信息文件(Npp\_QC\_500m)是8 bits位的二进制格式压缩成整型数据的一个波段,使用MODIS陆地数据业务化产品质量评估工具(LDOPE Tools)把压缩的二进制恢复为通常的十进制波段,即解码<sup>[13]</sup>。8 bits位的第一位(MODLAND\_QC bits)代表数据质量,第1 bit位数据解压为十进制数据后,“0”代表Good Quality,“1”代表Other Quality。利用MRT软件对MOD17A3H数据进行格式转换、投影转化以及重采样处理,处理后的数据为TIF格式,投影为Albers等积圆锥投影,空间分辨率为500 m。最后利用质量信息文件,选择质量好的像元参与分析。

土地利用数据(2005、2010和2015年)来源于中国科学院资源与环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>),本研究中的森林植被就是土地利用分类体系中的林地。气象数据来源于中国气象科学数据共享服务网(<http://data.cma.cn/>),主要包括气温和降水,为保证数据的一致性,选择2005年建站以来的气象站,利用广东省以及周边的气象站点数据采用Anuspline 4.3气象专用插值软件进行插值,得到与NPP数据具有一致的空间分辨率和投影的温度和降水栅格数据集。利用广东省矢量边界数据对NPP数据、气温和降水栅格数据进行裁剪,得到研究区内森林植被NPP、气温和降水的空间分布数据。

### 2.2 方法

NPP的变化趋势采用Sen趋势分析方法<sup>[14]</sup>,并用Mann-Kendall统计检验方法对NPP的变化趋势进行显著性检验。为了定量研究森林植被NPP与区域气候因子的关系,使用Pearson相关系数方法<sup>[15]</sup>分析森林植被NPP与降水、气温之间的关系。

## 3 时空格局

### 3.1 广东省2005—2015年森林植被NPP时间变化特征

2005—2015年,广东省森林植被年NPP均值以及年NPP总量总体上均呈现波动上升的趋势(图2)。森林植被年NPP均值变化范围是748.32~865.41  $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ,平均值为816.46  $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ ,最大值是2013年,最小值是2005年;森林植被年NPP总量变化范围是 $7.79\times 10^{13}\sim 9.04\times 10^{13}$   $\text{gC}\cdot\text{a}^{-1}$ ,平均值为 $8.61\times 10^{13}$   $\text{gC}\cdot\text{a}^{-1}$ ,最大值是2013年,最小值是2005年。

### 3.2 广东省2005—2015年森林植被NPP空间分布格局

2005—2015年广东省各市年NPP均值(多年的NPP均值)如图3所示。2005—2015年,广东省森林植被年NPP均值,高值主要分布在广东省的中部

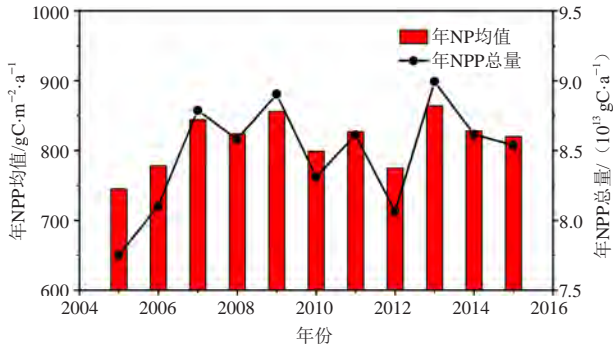


图2 2005—2015年广东省森林植被年NPP均值变化趋势  
Fig. 2 The mean change trend of forest vegetation NPP in Guangdong Province from 2005 to 2015

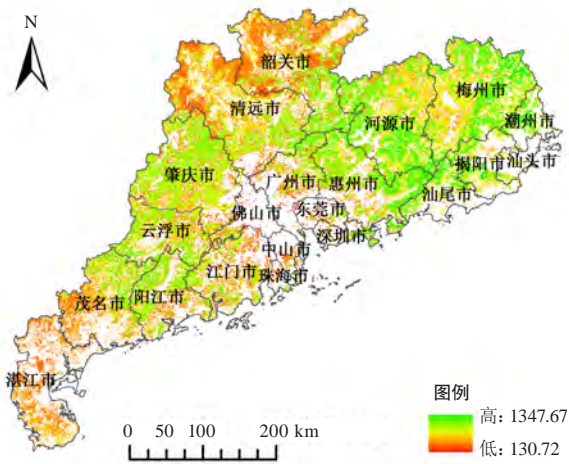


图3 2005—2015年广东省森林植被年NPP均值空间分布  
(单位:  $\text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )  
Fig. 3 The spatial distribution of forest mean NPP in Guangdong Province from 2005 to 2015 (Unit:  $\text{gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )

与东部地区，潮州市、梅州市、河源市和肇庆市等，低值区主要分布在广东省的北部地区和南部地区，韶关市、清远市和湛江市等。潮州市年NPP均值最大 ( $1009.53 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )；其次为汕尾市 ( $952.44 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )；中山市和湛江市的年NPP均值最小，分别为  $589.65$ 、 $572.87 \text{ gC} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

### 3.3 广东省 2005—2015 年森林植被 NPP 空间趋势特征

为监测广东省森林植被NPP变化趋势，计算了2005—2015年森林植被NPP的Sen趋势，并进行Mann-Kendall检验，将结果划分为无显著变化和显著变化 ( $P < 0.05$ ) 两个等级 (图4)。结果表明，广东省森林植被NPP有15.93%为无显著变化区域，显著上升和显著下降区域分别为63.45%和20.62%；2005—2015年广东省森林植被NPP呈显著下降的区域主要分布广东省北部地区的清远市、韶关市、河源市、梅州市以

及零星分布在南部的湛江市，NPP呈显著上升的区域主要分布在广东省的中南部地区茂名市、阳江市、云浮市等。

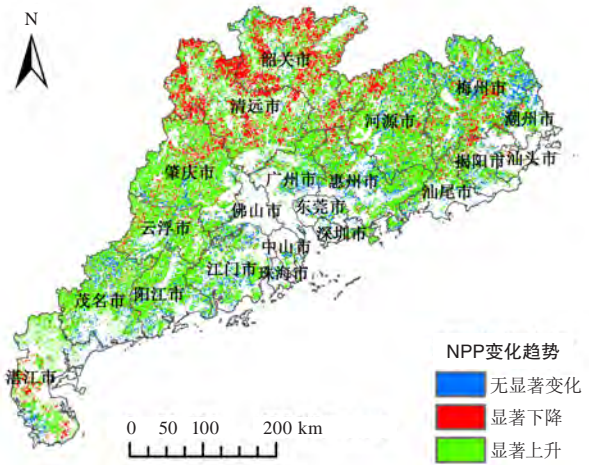


图4 2005—2015年广东省森林植被NPP变化趋势与显著性  
Fig. 4 The change trend and significance of forest vegetation NPP in Guangdong Province from 2005 to 2015

## 4 影响因素分析

### 4.1 广东省年均气温及降水空间分布

分析2005—2015年广东省温度和降水栅格数据可知：近11年来，广东省年平均气温呈现南高北低的趋势，尤其是湛江市年均温度最高，清远市和韶关市的林区温度较低；年均降雨量最高的地区位于阳江市和江门市，年均降雨量最低的地区主要位于西部的云浮市和肇庆市、北部的韶关市以及东北部的梅州市和潮州市 (图5)。

### 4.2 气候因素对 NPP 的影响

对广东省2005—2015年气象栅格数据和森林植被NPP数据进行相关性分析，得到气温和降水量与森林植被NPP相关系数的空间分布图 (图6)。由图可知，气温和降水对森林植被NPP均值的影响呈现明显的空间分布特征。其中森林植被NPP与气温呈正相关的面积占总面积的14.36%，主要分布在北部地区的韶关市；呈负相关的面积占总面积的17.56%，主要零星分布广东省的西南部地区的肇庆市、云浮市、佛山市、江门市、阳江市和茂名市等。森林植被NPP与降雨量呈正相关的面积占总面积的11.65%，主要零星分布在分布肇庆市、云浮市和茂名市；森林植被NPP与降雨量呈负相关的面积占总面积为39.24%。

广东南部地区气温较高，能充分满足植被生长，因此温度与NPP相关不明显；而北部地区为山区，气温较低，一旦温度升高将有利于植被NPP的增加。降



(上接65页)

- 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2012, 4(4): 321-325.
- [7] 王培娟, 谢东辉, 张佳华, 等. 长白山森林植被NPP主要影响因子的敏感性分析. 地理研究, 2008, 27(2): 323-331.
- [8] 江洪, 汪小钦, 孙为静. 福建省森林生态系统NPP的遥感模拟与分析. 地球信息科学学报, 2010, 12(4): 580-586.
- [9] 赵鑫, 王萍. 基于MODIS的2008—2017年青岛市植被覆盖度动态变化分析. 北京测绘, 2018, 32(10): 1133-1137.
- [10] 李登秋, 张春华, 居为民, 等. 江西省森林净初级生产力动态变化特征及其驱动因子分析. 植物生态学报, 2016, 40(7): 643-657.
- [11] 赵颖慧, 吕泓辰, 甄贞, 等. 黑龙江省气象因子插值优化及与落叶松NPP相关性分析. 南京林业大学学报(自然科学版), 2018, 42(3): 1-9.
- [12] 刘海桂, 唐旭利, 周国逸, 等. 1981—2000年广东省净初级生产力的时空格局. 生态学报, 2006, 27(10): 4065-4074.
- [13] 刘晨晨, 曹广真, 张明伟, 等. 时空尺度对利用MODIS地表温度估算空气温度的影响研究. 遥感技术与应用, 2014, 28(5): 459-466.
- [14] 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. 地理学报, 2015, 70(5): 705-716.
- [15] 赵卓文, 张连蓬, 王胜利. 宁夏归一化植被指数与气象因子的相关性. 测绘科学, 2016, 41(7): 98-103.