

中国陆地植被对气候变化的适应性分析

陈福军^{1,2}, 张玉翠², 李倩¹

(1. 唐山市曹妃甸区国土资源局, 河北唐山 063200; 2. 中国科学院, 遗传与发育生物学研究所, 农业资源研究中心, 河北石家庄 050021)

摘要 [目的] 分析我国不同区域气候变化类型对当地生态系统植被长势的长期影响。[方法] 利用 1981—2010 年中国陆地生态系统植被指数 NDVI 与气温及降水之间的响应关系, 定量识别植被与气候的相互作用机制, 结合中国气候变化区划, 完成气候变化背景下的中国陆地植被覆盖度预测。[结果] 我国东北大小兴安岭、长白山、云贵高原等地区植被更适应当地气候暖干化趋势, 西北地区大部、东南地区(长江下游除外)植被更适应当地气候暖湿化趋势, 为气候变化利于植被生长区; 我国内蒙古东部及北部沙漠化严重地区植被不适应当地气候暖干化趋势, 为气候变化不利于植被生长区。我国其他大部分区域植被长势与气候变化无显著响应关系。[结果] 该研究成果可为我国不同区域生态系统的差异化管理提供参考。

关键词 气候变化; 陆地植被; NDVI; 覆盖度; 适应性

中图分类号 S162; Q948 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)01-0148-04

Adaptability Analysis of China's Terrestrial Vegetation to Climate Change

CHEN Fu-jun^{1,2}, ZHANG Yu-cui², LI Qian¹ (1. Tangshan Caofeidian Land Resources Bureau, Tangshan, Hebei 063200; 2. Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang, Hebei 050021)

Abstract [Objective] The research aimed to quantitatively analyze the long-term effects for different types of regional climate change to the local ecosystem vegetation growth in China. [Method] Using the response relationship between China's terrestrial ecosystems vegetation index NDVI and the temperature, precipitation from 1981 to 2010, the interaction mechanism between vegetation and climate was quantitatively identified. Combined with China's climate change zoning, China's terrestrial vegetation coverage forecast under the background of climate change was completed. [Result] The vegetation of Xing'anling Mountains, Changbai Mountain, Yunnan-guizhou Plateau regions was more adapt to the local warm and dry climatic change type, the vegetation of most northwest region, southeast region of China (except the lower reaches of Yangtze River) was more adapt to the local wet and warm climate change type, which were areas that climate change was favorable for vegetation growth. The vegetation in the serious desertification areas of eastern and north Inner Mongolia was not adapt to the local warm and dry climatic change type, which were areas that climate change was not beneficial to vegetation growth. At the other areas of China, there was no significant response relationship between vegetation growth and climate change. [Conclusion] The research results can provide a reference for the different regional ecological systems' differentiation management.

Key words Climate change; Terrestrial vegetation; NDVI; Coverage; Adaptability

2003—2012 年全球海陆表面平均气温比 1850—1900 年上升了 0.8℃, 有模型预测到 21 世纪末, 全球地表气温将升高 2.0~4.8℃, 不断变化的气候可导致前所未有的极端天气和气候事件更加频繁的发生^[1]。陆地以及陆地植被是人类赖以生存的环境主体, 受到气候变化的冲击, 植被覆盖状况已呈现了区域差异的变化^[2], 在这种情况下, 预测我国不同地区陆地植被的年际生长变化趋势, 对人们更好地适应和应对气候变化尤为重要。丁勇等^[3]认为我国温带草原区呈现总体气温明显升高, 降水区域差异显著的变化趋势, 受此影响, 植物物候、覆盖度等发生了明显变化。赵茂盛等^[4]应用改进的 MAPSS 模拟显示, 未来气候变化可能导致我国东部森林植被带的北移, 西部的沙漠和草原可能略有退缩, 相应被草原和灌丛取代。牛建明^[5]对内蒙古草原的研究认为, 草原面积将显著减少, 南部界限大幅度北移, 草原生产力明显下降等。以上研究大多从物候学或气象学的角度展开, 笔者将从地理学分区角度, 利用中国 1981—2010 年气温和降水的变化趋势以及生态系统植被与之对应的响应关系, 定量识别植被与气候的相互作用机制, 结合中国气候变化区划, 完成气候变化背景下的中国陆地植被覆盖度预测, 为生态系统区域差异管理提供依据。

1 资料与方法

1.1 数据来源 采用 1981—2006 年 8 km 分辨率的逐旬 AVHRR/NDVI 数据^[6], 使用最大值合成法(MVC)求出逐月最大 NDVI。2007—2010 年遥感数据采用 MODIS/NDVI 产品^[7], AVHRR/NDVI 数据持续至 2006 年, 与 MODIS 卫星数据在时间上有 6 个重合年份, 应用 2001—2006 年 AVHRR/NDVI 数据和 MODIS/NDVI 数据, 从 2 种数据集中分别选取相同时间相同地点 NDVI 数值对多组, 应用线性回归方法对此数据组进行回归, 利用回归方程对 2007—2010 年 MODIS/NDVI 数据进行校正。

气象数据基于 1981—2010 年中国境内及周边 637 个站点的气象资料^[8], 应用 Arcmap 软件克里金插值方法进行月均温、月降水量的空间插值, 得到分辨率 8 km 气象要素的空间栅格数据。地形数据来源于美国地质勘探局(USGS)提供的 Global 30 Arc-Second Elevation (GTOPO30) 高程数据集, 数据集的空间分辨率重采样为 8 km 分辨率。中国气候变化区划数据引自史培军等^[9]利用 1961—2010 年气温和降水量的变化趋势值、波动特征值, 结合中国地形特点, 以县级行政区划为单元, 完成的 1961—2010 年中国气候变化区划数据(图 1)。

1.2 计算方法 为计算分析 NDVI 对气温和降水的响应关系, 逐像元计算中国陆地生态系统近 30 年间 NDVI 年累积值与标准化的年降水、年均温栅格数据的相关系数, 并对计算

作者简介 陈福军(1983—), 男, 河北乐亭人, 工程师, 硕士, 从事遥感应用研究。

收稿日期 2017-10-11

结果进行显著性检验,当相关系数通过显著性水平 ($P<0.10$)时,表示 NDVI 与气候因子(气温或降水)变化呈显著线性相关关系,计算公式为:

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

(1)

其中, y_i 表示气候因子如年降水量、年均温第 i 年的某个栅格数值, $\bar{y}$ 代表气候因子多年均值, x_i 表示在第 i 年 NDVI 的某个栅格数值, $\bar{x}$ 表示 NDVI 多年平均值。当相关系数通过显著性水平 ($P<0.05$)时,表示 NDVI 与气候因子变化呈显著线性相关关系。



图 1 1961—2010 年中国气候变化一级区划

Fig.1 First division of China's climate change during 1961 - 2010

1.3 预测方法 首先,对陆地植被长势驱动类型进行区域划分,采用遥感数据提取感兴趣区域(ROI)方法,对我国生态系统植被 NDVI 与气候因子响应显著区域进行提取,若某区域植被 NDVI 与过去 30 年均温变化呈显著正相关、与年降水变化呈显著正相关,则该区域为气候暖湿化驱动型区;若某区域植被 NDVI 与过去 30 年均温变化呈显著正相关、与年降水变化呈显著负相关,则该区域为气候暖干化驱动型区;若某区域植被 NDVI 与过去 30 年均温变化呈显著负相关、与年降水变化呈显著正相关,则该区域为气候冷湿化驱动型区^[10]。

其次,将陆地植被长势驱动区域划分与中国气候变化区划数据进行 GIS 空间叠加,提取我国陆地范围内:①植被适应气候变化的区域,即植被覆盖度上升区域;②植被不适应气候变化的区域,即植被覆盖度下降区域。

1.4 区域划分原则 植被覆盖变化趋势区域划分主要遵循以下原则:①行政单元完整原则,保持县级行政单元界线的完整,在分区时沿县级行政单元的边界线划分分区界线;②主导因素原则,在分区时以植被对气候变化响应显著为主导因素,若某一个行政单元中有几种显著响应类型,则以面积占优者为准进行划定;③空间分布连续性原则,在分区过程中要根据分区空间范围的大小进行适当的取舍,以保持分区

结果的完整性;④大尺度地形单元一致性原则,鉴于我国纬度跨度较大、地貌阶梯格局复杂,使得不同地域植被类型响应气候变化的规律受大尺度地形单元的影响,因此在分区中将大尺度地形相对一致的县级单元划分在一个气候变化区内。

2 中国陆地植被覆盖变化趋势预测

2.1 植被 NDVI 对气候因子响应的区域分异 从图 2 可看出,年均气温升高对植被(NDVI)生长不利的地区包括内蒙古东部及北部沙漠化严重地区(呼伦贝尔沙地、科尔沁沙地、浑沙达克沙地和巴丹吉林沙漠等)、长江流域下游水稻主产区及西藏林芝热带半湿润地区,其余中国大部分区域年均气温升高对生态系统植被生长有利;年降水量增多对植被(NDVI)生长不利的地区包括中国东北大小兴安岭、长白山等亚寒带地区、青藏高原高寒区域大部、天山、祁连山及横断山脉等高海拔地区,其余中国大部分区域年降水量增多对生态系统植被生长有利。

2.2 中国陆地植被长势驱动区域划分 根据陆地植被长势情况(以 NDVI 为标识因子)对气候变化的响应关系,将中国陆地划分为 3 个陆地植被长势驱动区域类型:气候暖湿化驱动区、气候暖干化驱动区、气候冷湿化驱动区。其中,气候暖干化驱动区主要分布于中国东北大小兴安岭、长白山等亚寒

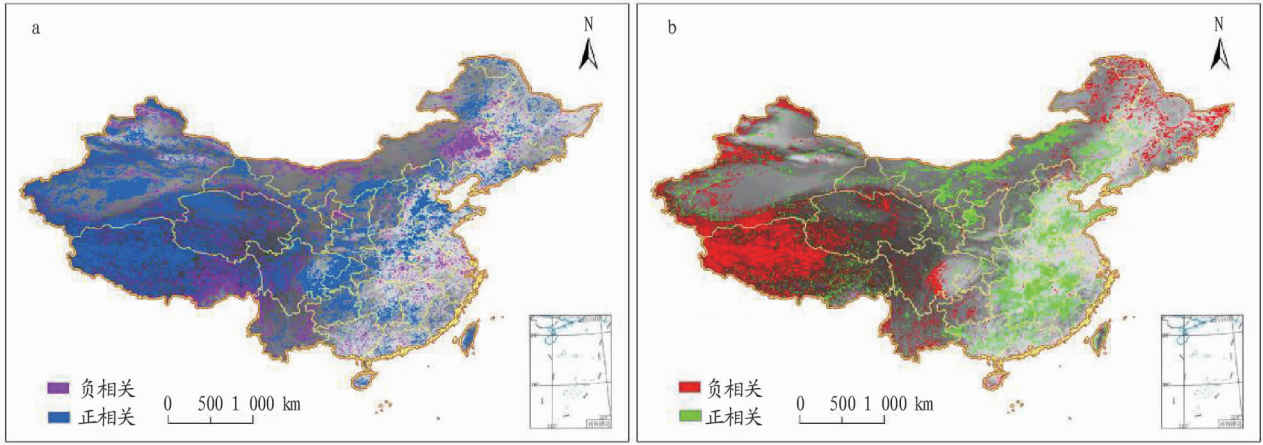


图2 中国陆地植被 NDVI 对年均气温(a)和年降水量(b)响应的区域分异

Fig.2 Regional differences of response of China's terrestrial vegetation NDVI to annual mean temperature (a) and annual precipitation (b)

带地区、青藏高原高寒区域大部、天山、祁连山及横断山脉等高海拔地区,该区域若年均气温升高、年降水量减少对陆地生态系统植被生长有利,相反则对植被生长不利;气候冷湿化驱动区主要分布于内蒙古东部及北部沙漠化严重地区、长江流域下游水稻主产区及西藏林芝热带半湿润地区,该区域

若年均气温降低、年降水量增多对陆地生态系统植被生长有利,相反则对植被生长不利;其余中国大部分区域均属于气候暖湿化驱动区,该区域年均气温升高、同时年降水量增多对陆地生态系统植被生长有利,相反则对植被生长不利(图3)。

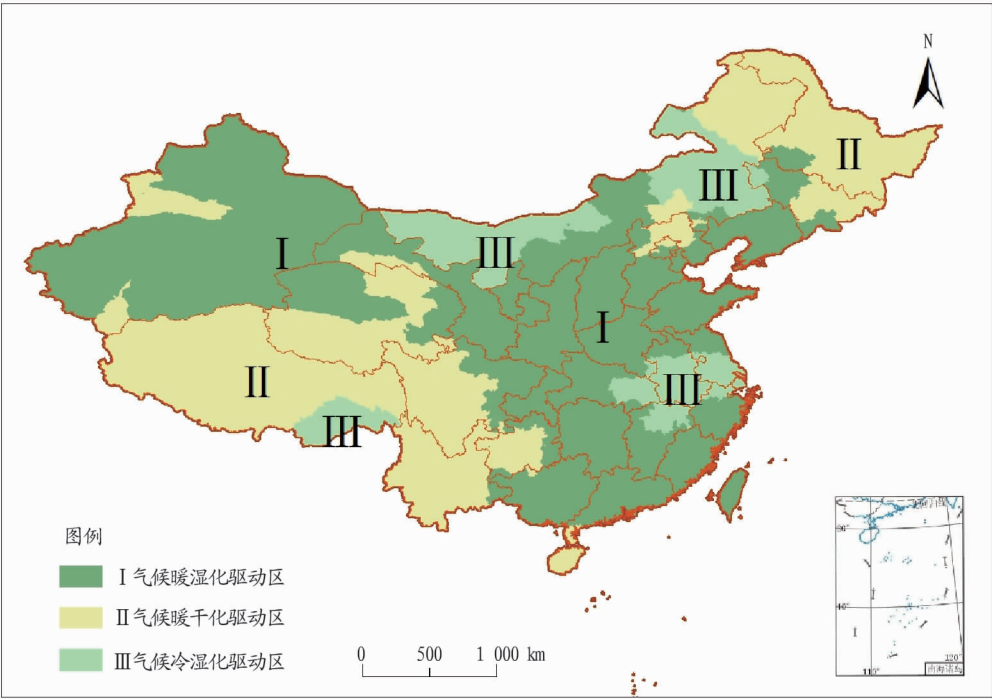


图3 1981—2010 年中国陆地生态系统固碳增汇分区

Fig.3 Carbon sequestration zone of China's terrestrial ecosystem during 1981-2010

2.3 中国陆地植被覆盖度变化趋势预测 将以上陆地植被长势驱动区域划分数据与中国气候变化区划数据进行 GIS 空间叠加(图4),提取我国陆地范围内2种植被覆盖变化明显区域:①植被适应气候变化的区域,即植被覆盖度将上升区域,我国东北大小兴安岭、长白山、云贵等地区为气候暖干化驱动区,叠加气候暖干趋势带;西北地区大部、东南地区(长江下游除外)为气候暖湿化驱动区,叠加气候暖湿趋势带,气候变化趋势对陆地植被生长有利。②植被不适应气候

变化的区域,即植被覆盖度下降区域。内蒙古东部及北部沙漠化严重地区为气候冷湿化驱动区,叠加气候暖干化趋势带,气候变化对陆地植被生长不利。图4 中空白区域为气候变化背景下植被覆盖度预测变化不显著区域。

3 结论

该研究首先应用植被 NDVI 对气候变化的响应关系,将中国陆地划分为3个陆地植被长势驱动类型区域,其次将这3个陆地植被长势驱动区域与中国气候变化区划数据进行

GIS 空间叠加,提取我国陆地范围内 2 种植被覆盖变化明显区域。基于以上分析,预测我国陆地植被覆盖度将上升的地区包括东北大小兴安岭、长白山、云贵等地区,以及西北地区

大部、东南地区(长江下游除外),气候变化趋势对陆地植被生长有利;预测我国陆地植被覆盖度将下降的地区包括内蒙古东部及北部沙漠化严重地区,气候变化对陆地植被生长不利。

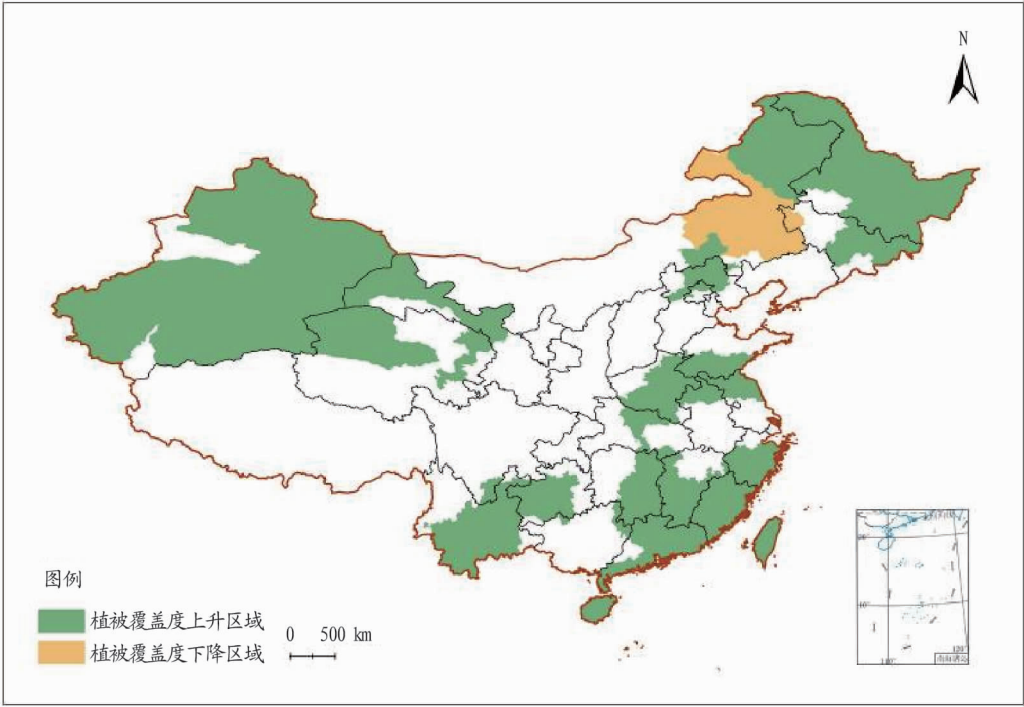


图 4 气候变化背景下中国陆地植被覆盖度变化趋势预测

Fig.4 Prediction of coverage change trends of China's terrestrial vegetation under the background of climate change

以上分析并未对混合情况进行深入探讨,如陆地植被气候暖干化驱动区域叠加气候暖湿趋势带,或陆地植被暖湿化驱动区域叠加气候暖干趋势带等,该研究对这种区域定性分析为植被覆盖度预测变化不显著区域,需进一步详细分析。

参考文献

[1] IPCC. Climate change 2013:the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge:Cambridge University Press,2013.

[2] 于贵瑞. 人类活动与生态系统变化的前沿科学问题[M]. 北京:高等教育出版社,2009:16-21.

[3] 丁勇,侯向阳,UBUGUNOV L,等. 温带草原区气候变化及其对植被影响的研究进展[J]. 中国农学通报,2012,28(17):310-316.

[4] 赵茂盛,NEILSON R P,延晓冬,等. 气候变化对中国植被可能影响的模拟[J]. 地理学报,2002,57(1):28-38.

[5] 牛建明. 气候变化对内蒙古草原分布和生产力影响的预测研究[J]. 草地学报,2001,9(4):276-282.

[6] TUCKER C J,PINZON J E,BROWN M E. Global Inventory Modeling and Mapping Studies[M]. Maryland:Global Land Cover Facility,University of Maryland,2004.

[7] Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). ASTER Level 1B registered radiance at the Sensor[M]. Version 3. Sioux Falls, South Dakota:NASA EOSDIS Land Processes DAAC,USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center,2001.

[8] MENNE M J,DURRE I,VOSE R S,et al. An overview of the global historical climatology network-daily database[J]. Journal of atmospheric and oceanic technology,2012,29:897-910.

[9] 史培军,孙劭,汪明,等. 中国气候变化区划(1961~2010年)[J]. 中国科学(地球科学),2014,44(10):2294-2306.

[10] 陈福军,沈彦俊,胡乔利,等. 海河流域 NDVI 对气候变化的响应研究[J]. 遥感学报,2011,15(2):401-414.

(上接第 147 页)

在。在今后的研究中,还可以将植物源杀虫剂、动物源杀虫剂、微生物源杀虫剂相结合,发挥其增效作用,在防治害虫的同时也保护了环境。人们在治理害虫的同时还应保护好天敌生物,保持生态平衡也是治理的关键。

参考文献

[1] 于连江. 黑龙江野生杀虫植物及其杀虫活性物质的毒力测定[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2003.

[2] 李成德,许青,韩辉林. 动物学野外实习手册[M]. 北京:高等教育出版社,2011:5-8.

[3] 朱弘复. 蛾类图册[M]. 北京:科学出版社,1980:2-5.

[4] 冯明祥,邸淑艳. 苹果病虫害及防治原色图册[M]. 北京:金盾出版社,2007:31-93.

[5] 张巍巍,李元胜. 中国昆虫生态大图鉴[M]. 重庆:重庆大学出版社,2011:420.

[6] 汤春梅,杨庆森. 天水城市园林植物病虫害调查及无公害防治[J]. 林业科技通讯,2017(3):41-43.

[7] 付佑胜,赵桂东. 杀虫植物资源的研究进展[J]. 安徽农学通报,2007,13(5):133-136.

[8] 张一宾. 生物杀虫剂的概况和发展方向[J]. 现代农药,2008,7(1):1-5.

[9] 朱建军. 冬季林果害虫防治技术[J]. 现代农业科技,2014(3):160.