

1980—2014 年新疆地区碳库时空动态研究

李晓星, 王周龙* (鲁东大学资源与环境学院, 山东烟台 264025)

摘要 通过对 1980—2014 年新疆地区时空尺度上碳库的动态进行研究, 结果表明, 1997 年之前气候变化波动相对较小, 碳收支基本处于平衡状态, 1998—2008 年有 2 次较大的碳流失现象发生。南疆和北疆呈现出不同的碳汇趋势, 碳汇发生在天山及阿尔泰山等山区的中低山带, 昆仑山北部山区以及阿尔泰山南缘出现较大程度的土壤碳降低态势。

关键词 碳循环; 时空; 新疆

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)12-0055-03

Study on Spatial and Temporal Dynamics of Carbon Pool in Xinjiang from 1980 to 2014

LI Xiao-xing, WANG Zhou-long* (School of Resources and Environmental Engineering, Ludong University, Yantai, Shandong 264025)

Abstract The dynamics of carbon stocks on the spatiotemporal scale of Xinjiang from 1980 to 2014 was studied. The results showed that the fluctuation of climate change was relatively small before 1997, and the carbon budget was basically in equilibrium, and between 1998 and 2008, there were two times large loss of carbon. It showed different trends of carbon sequestration in southern and northern Xinjiang, and carbon sequestration occurred in the low altitude of Tianshan Mountain and Altai Mountain, and a large extent of soil carbon reduction occurred in the northern mountainous area of the Kunlun Mountains and southern Altai Mountains.

Key words Carbon cycle; Temporal and spatial scales; Xinjiang

“碳循环”是生物地球化学循环的关键过程^[1-5]。自工业革命尤其是 20 世纪 50 年代以来, 人为活动极大地加速了全球变化的变异性 and 不确定性, 气候变化以及环境问题日益突出^[6]。陆地生态系统由于其在全球碳循环的作用举足轻重, 加之其敏感的环境适应机制和复杂的反馈机理, 面对环境恶化的威胁首当其冲^[2,4]。新疆地区约占我国 1/6 的国土面积, 以深居内陆的地理区位、干旱的大陆性气候、山盆相间的地貌格局、广泛发育的内陆流域、荒漠性的土壤植被与我国东部季风区和青藏高原寒区形成鲜明的对比, 在全球干旱区类型中也独具特色, 是全球变化比较敏感的区域之一^[7-8]。因此, 开展区域尺度的碳循环研究对于维持生态系统可持续发展具有重要意义。笔者对 1980—2014 年新疆地区时空尺度上碳库动态进行研究, 旨在为维持新疆生态系统可持续发展提供决策依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 新疆地处欧亚大陆腹地, 我国西北边陲, 地理坐标为 73°32' ~ 96°21' E, 34°22' ~ 49°33' N (图 1), 属于中温带极端干旱的荒漠地带。干旱少雨, 多大风; 冬季寒冷漫长, 夏季炎热短促, 春秋气温变化剧烈等。新疆年降水量按面积平均不足 150 mm, 且分布不均。新疆地区年均气温为 4 ~ 14 °C, 其中北疆为 4 ~ 9 °C, 南疆 9 ~ 12 °C, 吐鲁番盆地高达 14 °C。由于降水稀少气候干燥, 几大荒漠横亘于此。该区域代表性的植被功能类型以荒漠灌丛为主, 天山山区降水丰富, 再加上适宜的低山带气候发展了物种丰富的植被类型, 典型的有湿冷森林区和高山草甸区等。而且天山山区的高山牧场发展良好, 南疆的极端干旱区年均温较高, 年降水极低, 蒸发散剧烈, 该区域植被以荒漠稀疏耐旱的灌木为主,

如梭梭、怪柳等^[7]。

1.2 数据来源和处理 该研究数据采用 1980—2014 年日尺度的 CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) 数据。主要包括降水、相对湿度、年均温、最高气温、最低气温 5 种气象数据, 其空间分辨率是 40 km × 40 km, 由美国国家环境预报中心再分析气候预测系统 (NCEP) (<http://rda.ucar.edu/pub/cfsr.html>) 提供。该研究将原始的 1 h 分辨率的气象数据在 UNIX 平台下利用 CDO (Climate Data Operators) 工具, 结合 Python 脚本程序及 ARCGIS WorkStation 进行批量处理。通过平均值算法, 经过 Data Correct (数据纠正)、Data Projection (数据重投影)、Data Mask (数据掩膜)、Grid to Float (数据转成 bin 格式), 最终将数据转换成模型需要的输入数据。地形数据包括坡度、坡向、高程等数据, 主要来源是 ASTER 30 m 全球高程数据集。CO₂ 数据集主要来自美国 Mauna Loa 观测台观测的全球年平均浓度数据 (<http://co2now.org>)。

该研究以新疆地区植被功能类型图作为基础模拟单元, 实现不同功能型植被的模拟比较工作。结合中国植被图, 将中亚植被功能类型共分为针叶林、阔叶林 (胡杨林)、草地、梭梭 (非深根灌木)、怪柳 (深根灌木)、农田、居民地、旱作农田、高山草甸。其中, 该图集主要用 30 m × 30 m 空间分辨率的 (TM 遥感影像) 土地利用与覆被数据目视解译而来。同时, 针对荒漠地区稀疏植被在目视解译过程中难以分辨的事实, 进一步利用 1:100 万的中国植被图^[9] 与 TM 影像目视解译结果进行合并与完善, 最终得到适合模型输入的新疆地区植被类型图。每种植被类型在新疆地区植被类型图每个格点中所占比例不同, 但是各种植被功能型所占比例之和为 1, 填充整个格点。

2 结果与分析

2.1 1980—2014 年新疆地区净初级生产力 (NPP)、总初级生产力 (GPP)、自养呼吸 (RA) 时间动态 该研究结果表明, 近 35 年 (1980—2014 年) 新疆地区年平均 NPP 总量 219.48

作者简介 李晓星 (1990—), 男, 山东平度人, 硕士研究生, 研究方向: 土地利用与遥感监测。* 通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事遥感、地理信息系统研究。

收稿日期 2017-03-14

gC/m^2 , GPP 总量为 $382.96 \text{ gC}/\text{m}^2$, RA 总量为 $196.95 \text{ gC}/\text{m}^2$ 。线性拟合结果($y = -0.6976x + 227.85$)表明,近 35 年新疆地区 NPP 以 $0.6976 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 的总体趋势减少,年际波动显著。如果进行细分,这种气候变化又可以细分为 2 段,以 1997 年为分界点,1997 年之前气候变化的波动相对较小,碳

收支基本处于平衡状态,1998—2008 年有 2 次较大的碳流失现象发生,主要原因是持续偏低的降水与高温对新疆地区植被生理生态过程造成了严重的胁迫。据统计,这段时间的降水约占同期(1980—2011)年均值的 80%,降水偏低与海洋活动导致的“拉尼娜”现象密切相关。

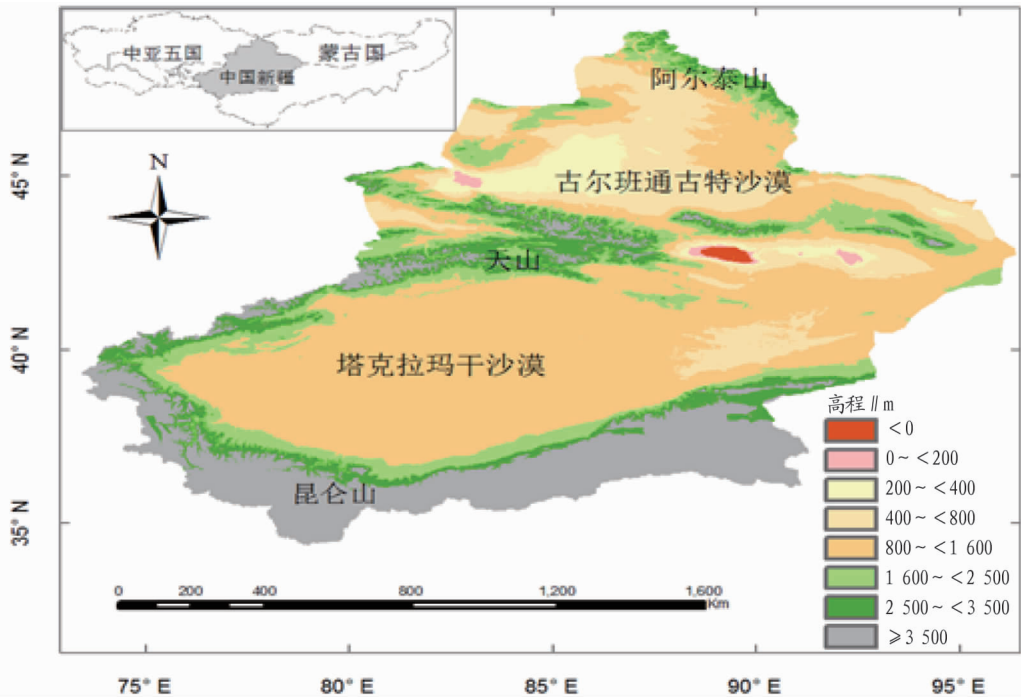


图1 新疆地区概况

Fig.1 General situation of Xinjiang area

2.2 新疆地区不同植被功能类型植被碳(VEGC)和 NPP 量值 新疆地区植被功能类型(Plant Functional Types)多样,该研究中,将新疆地区的植被分成常绿针叶林(ENF)、落叶阔叶林(BDF)、草地(GRS)、非深根冠木(NPS)、深根冠木(PS)、农田(CRP)、雨养农田(RNP)、高山草甸(MEW)及居民地(POP)九大类。对于不同植被类型而言,其所处的生态环境差异很大,从高纬度高寒冷环境下生存的高山草原或草甸到亚热干燥环境下生存的深根冠木,从山区湿冷环境生存的森林生态系统到极端干旱环境下生存的稀疏灌丛,各种差异极大的生态环境、不同气候的胁迫以及不同植被自身生理特征导致了它们对气候变化具有不同的响应方式和反馈效果。为进一步了解在这种气候变化下不同植被类型生产力(NPP/GPP)格局变化以及 NPP 的响应特点,笔者对气候变化下的不同植被类型的生产力反馈特点进行了量化。

1980—2014 年新疆地区各种植被功能类型的 NPP 对气候变化的响应具有很大差异。常绿针叶林和农田的 NPP 值显著大于其他植被类型,这是由于常绿针叶林生存的环境降水丰沛,适合植被生长,而农田(约占新疆地区面积的 15%)由于人为因素的管理(如灌溉等),生长条件优越,生产力较高。草地、深根植被及非深根植被的 NPP 值相对较低。草地和非深根灌木在新疆所占面积巨大,二者共占研究区总面积的 75% 左右,巨大的占比面积导致二者受气候变化的影响较为明显,而这对干旱区 NPP 的贡献达 57% 左右。值得注意

的是,深根灌木和非深根灌木在新疆地区被重点区分,这是由于二者不同的生理生态特点,如根部吸水特征和垂直根系分布特征,以及二者生长所处的环境条件较为恶劣,如非深根灌木(代表植被是梭梭)和深根灌木(代表植被是怪柳)一般生长在荒漠地区,降水稀少、气候干旱。深根灌木的 NPP 略微高于非深根灌木,因为深根灌木金字塔形的根系分布特点可有效利用地下水补给自身缺水。旱作农田(雨养农田)、居民地、高山草甸虽然生产力要高于干旱区 NPP 均值,但由于量级较小,对区域 NPP 的贡献微弱。

2.3 新疆地区植被碳、土壤碳、凋落物碳、生物系统总碳密度的空间格局 为了探讨新疆干旱区生态系统碳库对气候变化响应的空间格局,该研究以 2014 年与 1980 年的碳库差值作为指标,正值代表研究时段内碳库增加,负值为减少(图 2)。图 2 表明,1980—2014 年新疆地区呈强烈的碳库空间变化特征。碳汇发生在天山及阿尔泰山等山区的中低山带,昆仑山北部山区以及阿尔泰山南缘出现较大幅度的土壤碳降低态势。北疆地区气候变化大约导致了约 20 Tg 的土壤有机碳汇,而南疆地区则大约减少了 8 Tg 。植被碳在北疆地区大约增加了 13%,远远大于南疆地区的增加程度(9%),这可能与北疆气候的暖湿型转变有关。凋落物碳主要减少的状况发生在阿尔泰山山区附近,北疆荒漠区也出现一定程度降低。气候变化对新疆生态系统有机碳储量动态的影响具显著的空间异质性。南疆和北疆呈现出不同的碳汇趋势,

土壤碳表现为碳流失的趋势,植被碳突出表现在气候变化对

生态系统碳汇的响应方面。

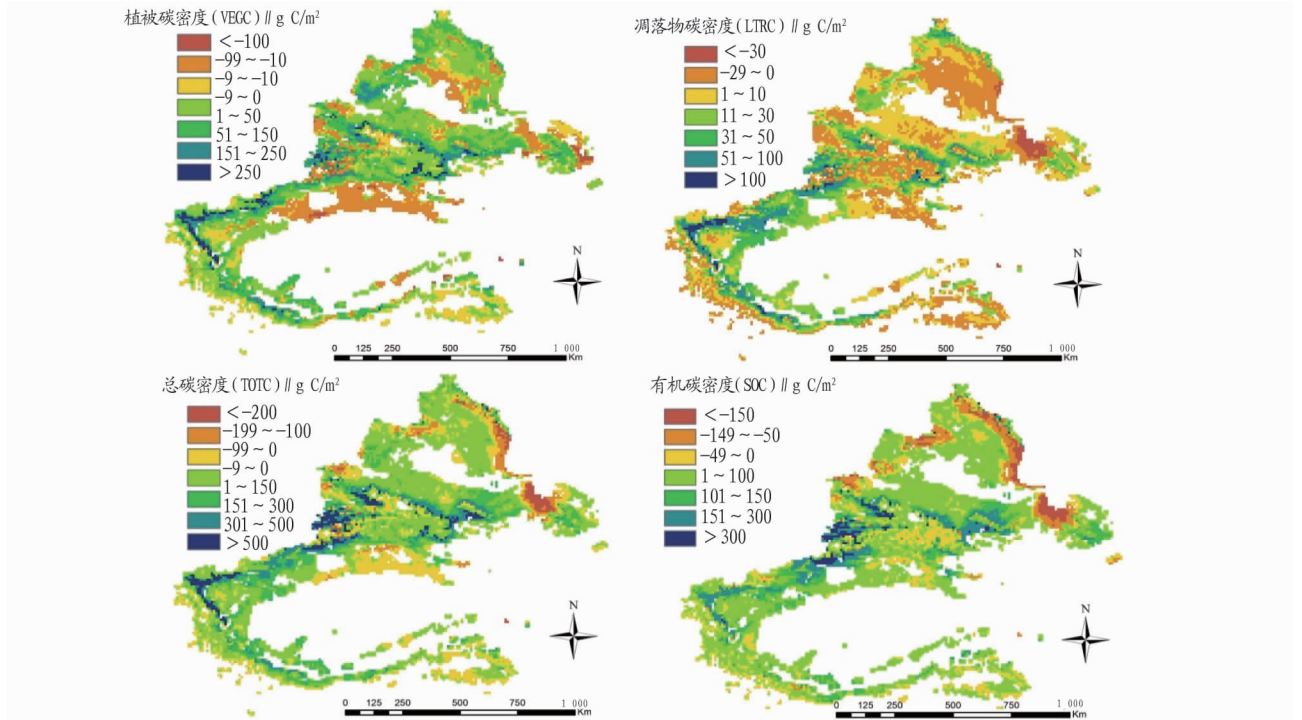


图 2 1980—2014 年新疆地区生态系统碳库空间变化

Fig. 2 Changes of ecosystem carbon pool in Xinjiang during 1980–2014

3 讨论

植被净初级生产力 (NPP) 是植被光合作用有机物质的净收益,是植被自身生理生态特性与外界各种气候环境因子相互作用的结果,决定了地球上所有组成成分和自然生态的生命功能。NPP 是碳循环的重要环节,是植被光合作用和呼吸作用的外在表征,是 CO_2 浓度等大气成分变化的驱动者,而大气成分的改变则进一步改变了地球上的相关物质成分,研究 NPP 动态变化特征,对于了解干旱区尤其是新疆干旱区植被特殊的生理生态过程及界定植物群落在自然环境条件下的生产生存能力具有重要意义。碳循环作为一切有机(能量)物质的基础,处于生物地球化学循环研究的核心并与全球变化密切相连。陆地生态系统(包括土壤)在全球地化循环中不但拥有最大的绝对碳通量和仅次于海洋的最大碳储量,而且对人类活动及其带来的大气、气候变化非常敏感。新疆干旱区生态系统覆盖了全国约 1/6 的陆地面积,除了土地利用变化外,干旱区生态系统的碳循环对全球气候变暖、

降水格局(强度和周期)变化以及大气成分变化也非常敏感。

参考文献

- [1] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报, 1994, 52(3): 261–273.
- [2] 刘昱, 陈敏鹏, 陈吉宁. 农田生态系统碳循环模型研究进展和展望[J]. 农业工程学报, 2015, 31(3): 1–9.
- [3] 秦大河, 丁一汇, 苏纪兰, 等. 中国气候与环境演变评估: 中国气候与环境变化及未来趋势[M]// 秦大河, 陈宜瑜, 李学勇. 中国气候与环境演变. 北京: 科学出版社, 2005: 4–9.
- [4] 毛嘉富, 王斌, 戴永久, 等. 一个动态植被模型在欧洲森林碳循环模拟中的适应性评估研究[J]. 大气科学, 2008, 32(6): 1379–1391.
- [5] 于贵瑞, 张雷明, 孙晓敏, 等. 亚洲区域陆地生态系统碳通量观测研究进展[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2004, 34(S2): 15–29.
- [6] IPCC. Climate change 2007: The physical science basis: Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [7] 颜安. 新疆土壤有机碳/无机碳空间分布特征及储量估算[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [8] 陈发虎, 黄伟, 靳立亚, 等. 全球变暖背景下中亚干旱区降水变化特征及其空间差异[J]. 中国科学(地球科学), 2011, 41(11): 1647–1657.
- [9] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 中华人民共和国植被图(1:100万)[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [10] 武文一. 山西省晋城市土地利用时空变化研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009.
- [11] 宋洪磊. 铜陵县土地利用碳排放效应及空间格局分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(12): 299–302.
- [12] 王婧. 低碳型土地利用规划研究: 以浙川县为例[D]. 郑州: 河南大学, 2013.
- [13] 吴颖. 长沙市土地利用碳排放研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2016.
- [14] 余雪振. 武汉市土地利用变化碳排放效应研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [15] 王秋贤, 王登杰, 颜晓妹, 等. 基于脱钩理论的烟台市碳排放效应分析[J]. 水土保持通报, 2015, 35(2): 313–318.
- [16] 孟磊, 蔡祖聪, 丁维新. 长期施肥对土壤碳储量和作物固定碳的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(5): 769–774.
- [17] 黄彦. 低碳经济时代下的森林碳汇问题研究[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(3): 260–268.
- [18] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981–2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2007, 37(6): 804–812.
- [19] 张梅, 赖力, 黄贤金, 等. 中国区域土地利用类型转变的碳排放强度研究[J]. 资源科学, 2013, 35(4): 792–799.
- [20] 陈露. 黄土高原塬区多年生栽培草地表层土壤碳库组成及其特征[D]. 兰州: 兰州大学, 2010.
- [21] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 南京: 南京大学, 2010.
- [22] 王宗明, 张柏, 张树清. 吉林省近 20 年土地利用变化及驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(6): 61–65.

(上接第 47 页)