

Information Technology for Risk Analysis and Crisis Response

**Proceedings of the 6th Annual Meeting of
Risk Analysis Council of China
Association for Disaster Prevention**

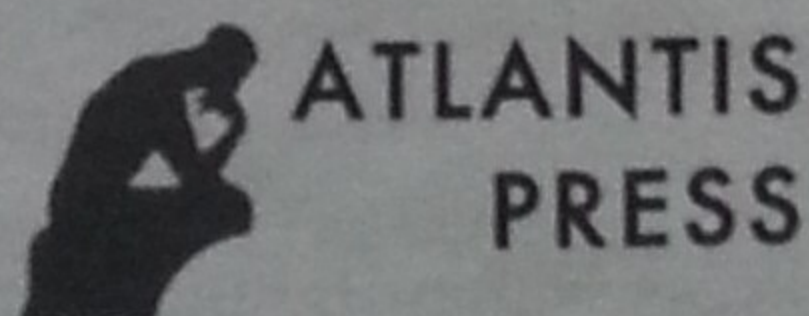
AUGUST 23-27, 2014, HOHHOT, CHINA

Edited by:

Chongfu Huang

Yuhai Bao

Sijian Zhao



AMSTERDAM – PARIS – BEIJING

© ATLANTIS PRESS 2014

	Based on SPI to analysis the spatial and temporal characteristics of meteorological drought in Xilinguole league 1961-2011 <i>Chunlan Li, Lizhong Yu, Jiquan Zhang, Shan Yin, Yuhai Bao, Yu Han, Richa Hu, Celemuge Dai</i>	501
	Spatiotemporal variations in fire behavior in the Mongolian plateau during 2001-2012 <i>Gang Bao, Yulong Bao, Yuhai Bao, Amarjargal, Yuling Hang</i>	507
	The establishment and application of microwave drought index in Xilingol league <i>Wuyungaowa, Yinshan, Yuhai Bao, Yongfang Wang</i>	512
	Analysis on dynamic changes characteristics of vegetation cover and climate response from 2000 to 2010 <i>Juan Luo, Yin Shan, Yuhai Bao, Yongfang Wang, Chunlan Li</i>	517
	Hazard assessment on disaster-pregnant environment of desertification in Xilingol grassland <i>Genchun Liu, Yin Shan, Yuhai Bao, Yongfang Wang</i>	523
	Research on the dynamic change characteristics of land desertification in Xilinguole league <i>Yuwei Li, Chunlan Li, Jing Liu, Shan Yin, Yuhai Bao, Huijuan Bao, Latengtuya A</i>	529
	The spa-temporal changes of snow cover in five provinces of Northern grasslands of China <i>Chula Sa, Guixiang Liu, Mulan Wang, Yuhai Bao, Xinhan Cao</i>	535
	Analysis of spatial and temporal characteristics of fire behavior in Inner Mongolia grassland <i>Zhi Feng, Yulong Bao, Yuhai Bao, Shan Yin</i>	541
	Analysis on characteristic of drought in Sonid Left Banner during the last three decades <i>Zhang Lu, Yuhai Bao, Yu Shan, Yin Shan, Dacelemuge</i>	546
	Analysis on drought disaster risk based on copula function and EPIC model <i>Yue Hu, Jiquan Zhang, Xingpeng Liu, Chunyi Wang, Denghua Yan, Zhijun Tong</i> .	551
	Take water management system design and implementation of Jilin province <i>Wulan, Yuwei Han, Zhijun Tong, Jiquan Zhang, Xiaolong Luo</i>	557
	The feature analysis of average temperature and precipitation in Huhehot about 13 years <i>Feng Chun, Chunlan Li, Gang Bao, Shan Yin, Yuhai Bao</i>	562
	A study on the risk evaluation and regionalization of maize drought disaster on CERES-maize model in Western Jilin province <i>Zeyuan Pang, Shu'na Dong, Jiquan Zhang</i>	568
	Research on landscape evolution characteristics of desertification in Maowusu sandy land <i>Wendurina, Shan Yin, Yuhai Bao, Lanying Ren</i>	574
	The spatiotemporal dynamic change of biomass carbon stock in Xilingol grassland <i>Hasituya, Yuhai Bao, Shan Yin</i>	581

Spatiotemporal Variations in Fire Behavior in the Mongolian Plateau during 2001-2012

Gang Bao^{1,2}, Yulong Bao^{1,2*}, Yuhai Bao^{1,2}, Amarjargal^{1,3}, Yuling Hang^{1,2}

¹Inner Mongolian Key Laboratory of Remote Sensing and Geographic Information System of Inner Mongolia Normal University, Huhhot, Inner Mongolia 010022, China

²College of geographical science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010010, China

³Institute of Geography, Mongolian Academy of Science, Ulaanbaatar 14192, Mongolia

2001-2012 年蒙古高原火行为时空格局变化趋势

包刚^{1,2}, 包玉龙^{1,2*}, 包玉海^{1,2}, Amarjargal^{1,3}, 杭玉玲^{1,2}

¹内蒙古师范大学内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 呼和浩特 010022, 内蒙

²内蒙古师范大学地理科学学院, 呼和浩特 010011, 内蒙

³蒙古国科学院地理研究所, 乌兰巴托市 14192, 蒙古国

Abstract

The Spatiotemporal variations in fire behavior in the Mongolian Plateau during 2001-2012 were examined by using MODIS TERRA MCD45 products and vegetation type data of Mongolia and Inner Mongolia. The results indicate that the area of burned area in People's Republic of Mongolia is higher than that of Inner Mongolia, particularly in Dornot aimag and Sukhbaatar aimag, and there exist the risk of fire hazard of invasion from Mongolia to Inner Mongolia. The inter-annual analysis shows that the area of burned region have a tendency to increase from 2001 to 2012, particularly in 2011 and 2012, the area totaled 161.9×10^6 and 270.0×10^6 km², respectively. In the ten-day variations, the area of burned region in spring is higher than that of autumn. There are two distinct differences between Mongolia and Inner Mongolia: in autumn the area of burned region of Inner Mongolia is higher than that in spring, and that in Mongolia in spring is higher than in autumn. The difference may be caused by the differences in method of fire prevention and investment for fire control. For different vegetation types, the largest burned area of 891.4×10^4 hm² is observed in grassland ecosystem.

Keywords: Mongolian Plateau; Fire Behavior; Spatiotemporal Change

摘要

本文采用 2001-2012 年 MODIS TERRA MCD45 数据产品和蒙古高原植被类型数据来较为系统地分析了蒙古高原火行为时空变化趋势。结果表明, 蒙古国过火迹地面积远大于内蒙古, 并主要分布在东部东方省和苏和巴特尔省, 其火行为越境侵入内蒙古的风险较高。从过火迹地面积的年际变化趋势看, 2001-2012 年呈增加趋势, 特别是 2011 和 2012 的面积都较高, 分别为 161.9×10^6 和 270.0×10^6 km²。从旬变化趋势看, 春季和秋季是过火迹地面积最大的季节, 两个子区内蒙古和蒙古国春季和秋季表现出相反的变化, 即内蒙古秋季过火迹地面积大于春季, 而蒙古国春季大于秋季, 可能两地区防火措施、经济投入的不同有关。从不同植被类型看, 草原生态系统的过火迹地面积最大, 为 891.4×10^4 hm²。

关键词: 蒙古高原; 火行为; 时空格局

1. 引言

近年来, 全球气候变化和人类活动共同导致了各种自然灾害且影响了整个地球系统的生态平衡, 对人类社会的可持续发展与自然环境都

产生了巨大的影响^[1]。火行为是森林、草原等生态系统从着火、发展、传播、直至减弱、熄灭一系列连锁过程的总体,主要表现为火的强度、蔓延速度、火焰特征等^[2,3],陆地生态系统最为重要的干扰因素之一,直接影响着整个地球系统的化学循环、生态平衡、景观格局、土地利用和社会经济^[4]。

中国内蒙古自治区和蒙古人民共和国同属蒙古高原,地处欧亚大陆中部,无论从地理位置、生态系统、气候特征,还是从人类活动对该地区生态格局和过程的影响强度、广度和区别(内蒙古和蒙古国)来讲,该区域都具备了重要和独特的区域特色,是中国北方的重要绿色生态屏障^[5-7]。然而,蒙古高原也是发生森林和草原火灾极为频繁的区域,特别是蒙古国和我国内蒙古自治区边境地区常有发生,且蒙古国草原火灾越境入侵内蒙古草原生态系统的态势日趋严峻^[8]。因此,该区域火行为的时空动态及其影响因子监测也得到了更加重视,如基于欧洲The Joint Research Centre of the European Commission的Global Burnt Area数据的研究表明,人文因素,尤其是过度放牧是导致中国内蒙古和蒙古国火行为之间存在较大差异的最主要原因^[4]。然而该研究只利用2000-2007年的数据来分析蒙古高原东部区域火行为,缺乏全面详尽的调查。本采用2001—2012年的MODIS TERRA MCD45数据、MODIS NDVI数据和蒙古高原植被类型数据,较为系统地调查了整个蒙古高原区域的火行为时空动态变化趋势,为进行火灾风险评估,特别是越境火灾风险评估和开展有效组织补救、减少火灾损失等提供重要时空信息支撑。

2. 数据与方法

2.1. 研究区概况

蒙古高原位于 $87^{\circ}40' \sim 122^{\circ}15'N$, $37^{\circ}46' \sim 53^{\circ}08'E$ 之间,大致包括了蒙古国全部地区,俄罗斯联邦西伯利亚部分地区,以及中国内蒙古自治区和新疆维吾尔自治区的部分地区^[9]。本研究区选取蒙古国和内蒙古自治区用于研究,总面积为 274万km^2 ,其中中国内蒙古总面积为 108.3万km^2 ,蒙古国为 165.7万km^2 。蒙古高

原作为欧亚大陆高原在中亚和东北亚地区的延伸,高原平均海拔 1580m ,整体地势西高东低。蒙古高原远离海洋,周边为中、高山地所环绕,是典型的大陆性气候区。年平均气温在 $0^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$,年降雨量约 300mm ,随着离海洋的距离的增加,降水量由北向南和由东向西逐渐减小,其气候特点为冬季严寒漫长,气候干燥,昼夜温差较大。降雨时空分布不均,多集中于夏季,东部地区降雨量偏多,向西逐渐递减。全年季相更替明显,大风日居多,冬季寒冷干燥。

2.2. 数据资料

本文采用的过火迹地遥感数据产品为2001-2012年的MODIS TERRA MCD45数据和NDVI数据。MCD45数据产品空间分辨率为 500m ,时间分辨率为1天。植被类型数据分别来自数字化的1:100万内蒙古和蒙古国植被图,蒙古国植被类型数据由蒙古国科学院地理研究所提供。对矢量格式(shp格式)的气象数据和植被类型数据分别进行栅格化处理,获得与NDVI数据相同空间分辨率(8km)和投影方式的植被类型空间数据和逐月的气温和降水栅格图像。

2.3. 研究方法

将MODIS TERRA MCD45数据利用ARCGIS软件进行裁剪和投影转换处理,采用蒙古高原、内蒙古和蒙古国矢量边界分别获取整个研究区及各区域的过火迹地图像。在NDVI值小于0.15的像元为落地或植被覆盖极为稀少的区域,不能形成着火条件的假设下,利用NDVI值大于0.15的像元来淹没运算获取植被覆盖区的过火迹地。在此基础上,利用空间分析模块(Spatial Analysis Model)分别计算年际和旬尺度的过火迹地像元数量,根据图像分辨率计算其各面积。在SPSS13.0环境下,分析各区域面积变化趋势及内蒙古和蒙古国之间的差异。根据研究区植被类型图分析不同类型植被发生火灾的趋势。

3. 结果分析

3.1. 蒙古高原过火迹地的空间分布特征

图1展示了蒙古高原2001—2012年间过火迹

地的空间分布特征。从图1可以看出,蒙古国过火迹地明显多于中国内蒙古自治区,整体上呈现北部和东部居多,西部略少且分散分布的趋势。蒙古国多发地带主要分布在蒙古国东方省、苏和巴特尔省、肯特省和色楞格省等地区。这与曲焰鹏等基于欧洲 The Joint Research Centre of the European Commission 研究单位的 Global Burnt Areas 数据分析的结果基本一致^[4]。而中国内蒙古自治区除在大兴安岭森林和呼伦贝尔草原区具有较集中的过火迹地外,

其余地区生态系统在过去12年间发生火灾事件相对稀少。除此之外,在兴安盟和锡林郭勒草原与蒙古国交界处也有较频繁发生的过火迹地,这可能是由蒙古国越境火灾引起的中国北方过火迹地,表明蒙古国越境火灾的风险较大,过去12年间在中国草原生态区域产生了较大的威胁。12年来,整个研究区总过火迹地面积为 $15.99 \times 10^6 \text{ km}^2$,其中蒙古国和内蒙古分别为 $13.16 \times 10^6 \text{ km}^2$ 和 $2.83 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。

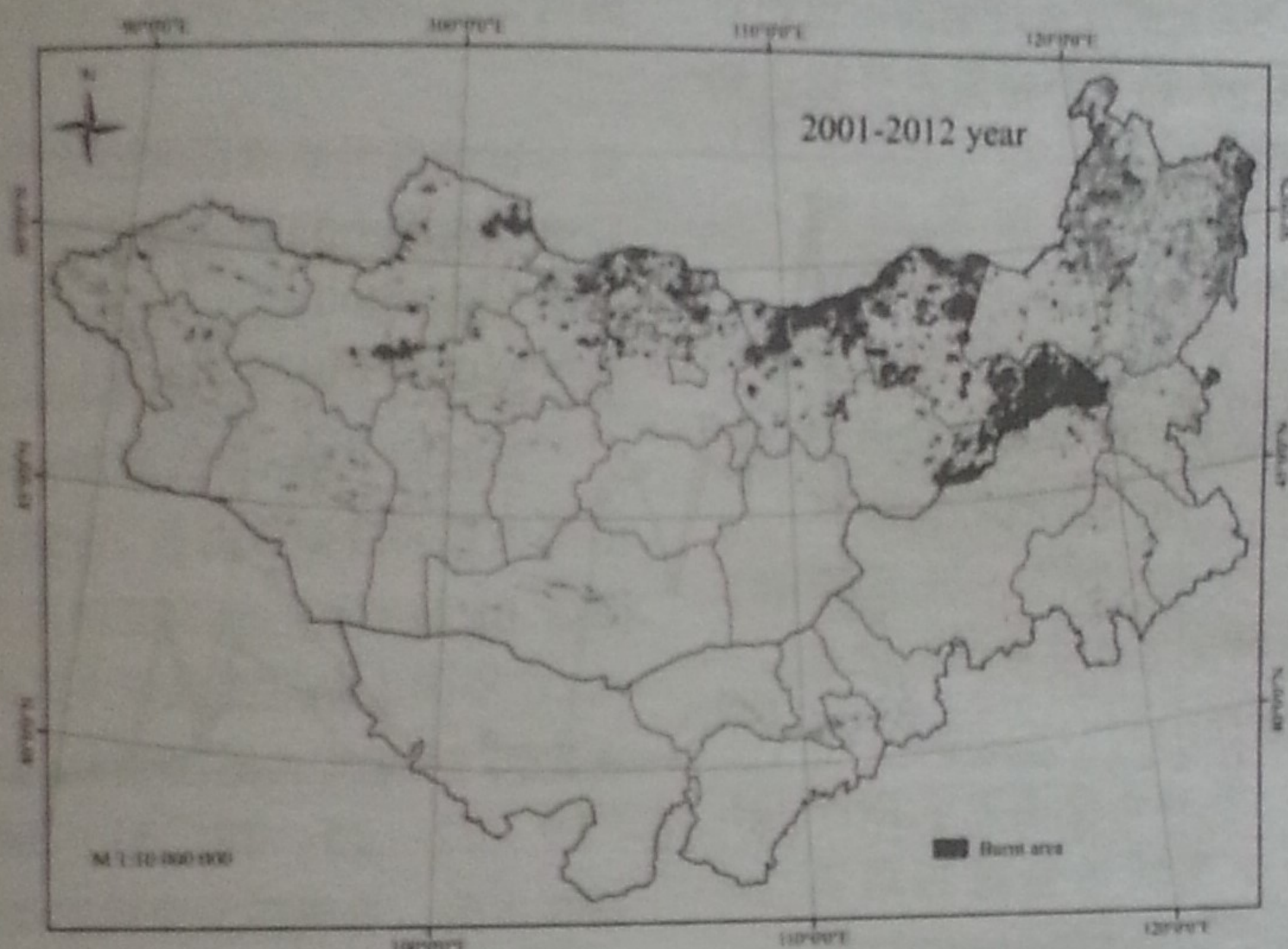


图1 2001—2012年蒙古高原过火迹地空间分布

3.2 蒙古高原过火迹地面积的时间变化趋势

3.2.1 过火迹地面积的年际变化趋势

2001—2012年间,蒙古高原过火迹地面积存在明显的年际变化差异(图2)。从图2可以看出,2003年和2012年蒙古高原过火迹地面积最大,分别达到 $272.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 和 $270 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。2001年和2010年的过火迹地面积相对较小,分别为 $51.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 和 47.5×10^4

km^2 。由于中国内蒙古和蒙古国之间在防火措施、经济投入和生态系统类型等方面存在着较大的差异,其过火面积也存在着明显的差异。总体上,近12年来蒙古国过火迹地面积均大于内蒙古,特别是在2002、2007、2010、2011和2012年两者差距都达到较大值,表明随着时间的推移蒙古国过火面积仍趋于较大或增大趋势,而内蒙古呈明显下降的趋势,可能两地区的防火措施有关。

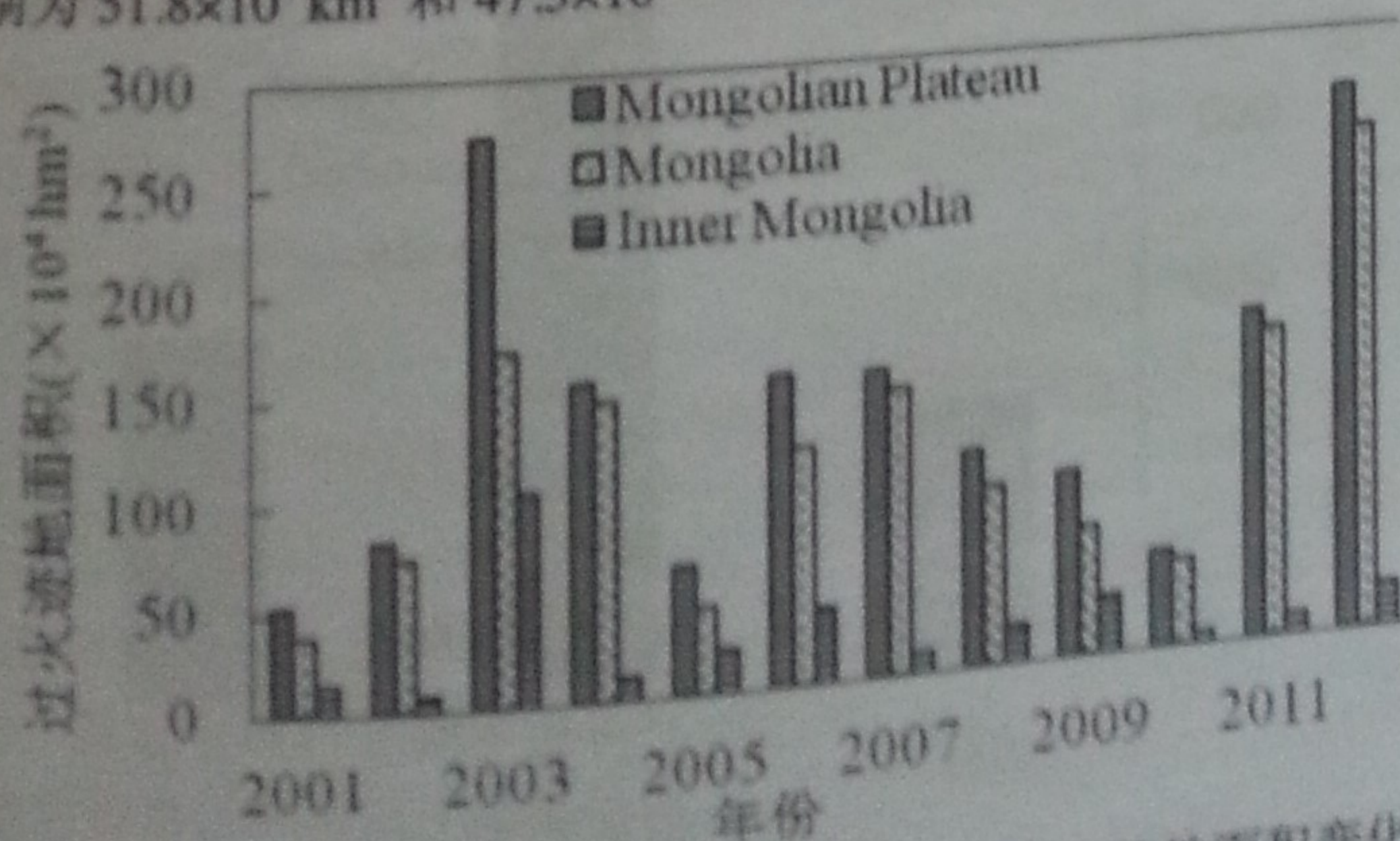


图2 2001—2010年蒙古高原、蒙古国和内蒙古过火迹地面积变化趋势

3.2.2. 过火迹地面积旬变化趋势

图 3 展示了蒙古高原、蒙古国和内蒙古 2001—2012 年间过火迹地面积的旬变化趋势。从图 3 可以看出, 每年第 10 旬到 18 旬(每年 4-6 月份)为蒙古高原过火迹地面积最大的季节, 其中过火迹地面积最大的旬为第 12 旬, 为 $233.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 表明每年 4 月下旬是最常发生火灾的季节, 其次为 13-15 旬, 面积分别为 $160.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $136.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $143.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。每年第 24-30 旬的过火迹地面积也相对较大, 特别是第 27 和 28 旬面积分别达到

79.5×10^4 和 $87.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。从两个子区内蒙古和蒙古国的差异来看, 蒙古国过火迹地面积是决定整个蒙古高原面积的直接原因, 即其各旬过火迹地面积远大于内蒙古的面积, 特别是第 10-18 旬两者差距为最大。相对而言, 内蒙古秋季各旬过火迹地面积为比其春季大, 特别是第 27 和 28 旬过火迹地面积分别达到 79.5×10^4 和 $87.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 表明每年秋季为内蒙古发生火灾最为频繁的季节。而蒙古国春季火灾频率高于秋季。

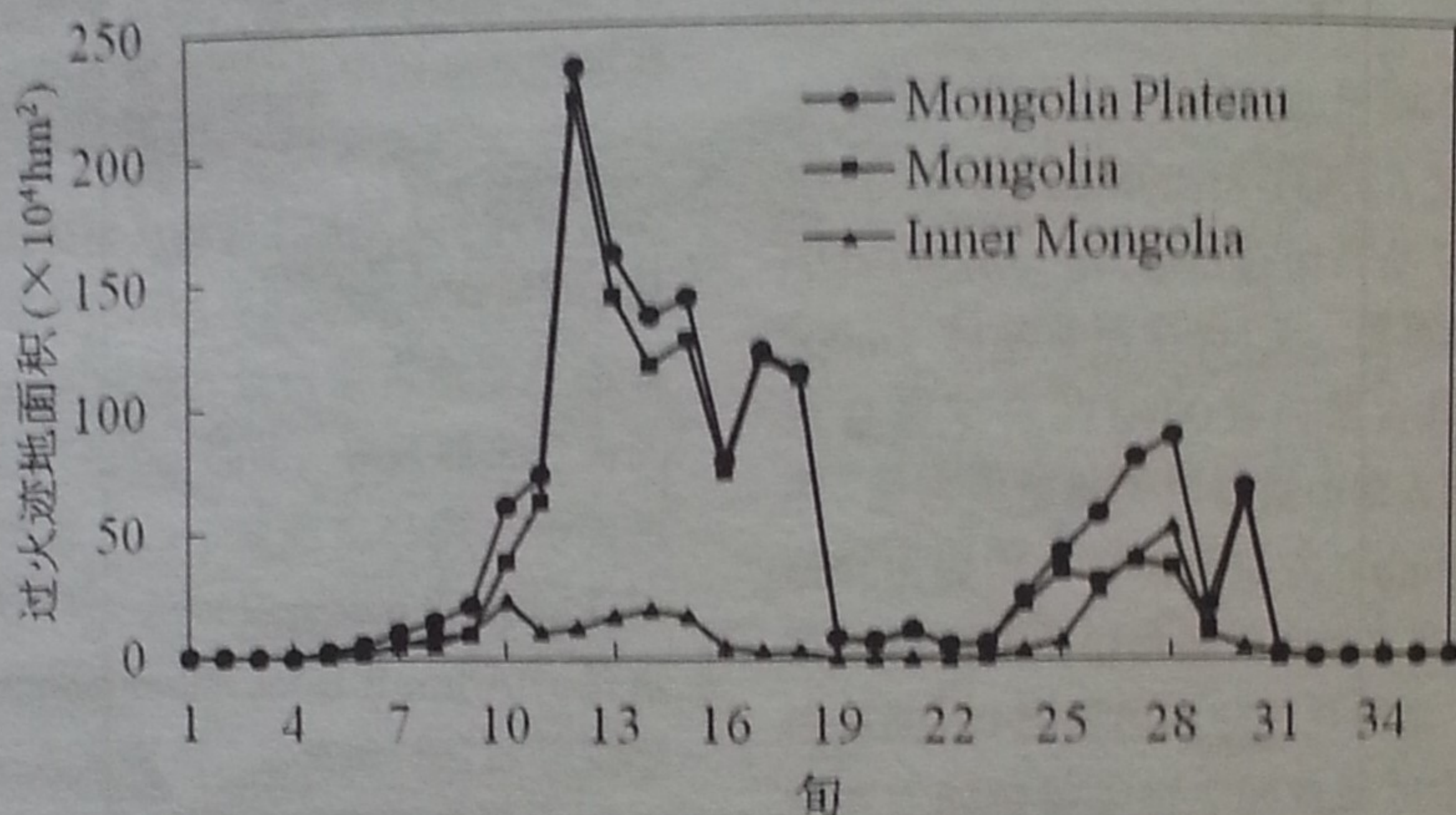


图 3 蒙古高原、蒙古国和内蒙古自治区过火迹地面积旬变化趋势

3.2.3. 不同植被类型过火迹地面积变化

将 2001-2012 年蒙古高原过火迹地数据和数字化的内蒙古和蒙古国植被图进行叠加分析, 获取了森林生态系统、草原生态系统和其它土地覆盖类型的过火迹地面积 (图 4)。从图 4 可看出, 近 12 年来草原生态系统过火迹地面积

为最高, 为 $891.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 而森林生态系统的过火迹地面积为 $290.8891.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其它土地覆盖类型 (包括建筑用地、灌木、农田等生态系统) 的过火迹地面积为 $416.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 约为森林生态系统过火迹地面积的两倍。

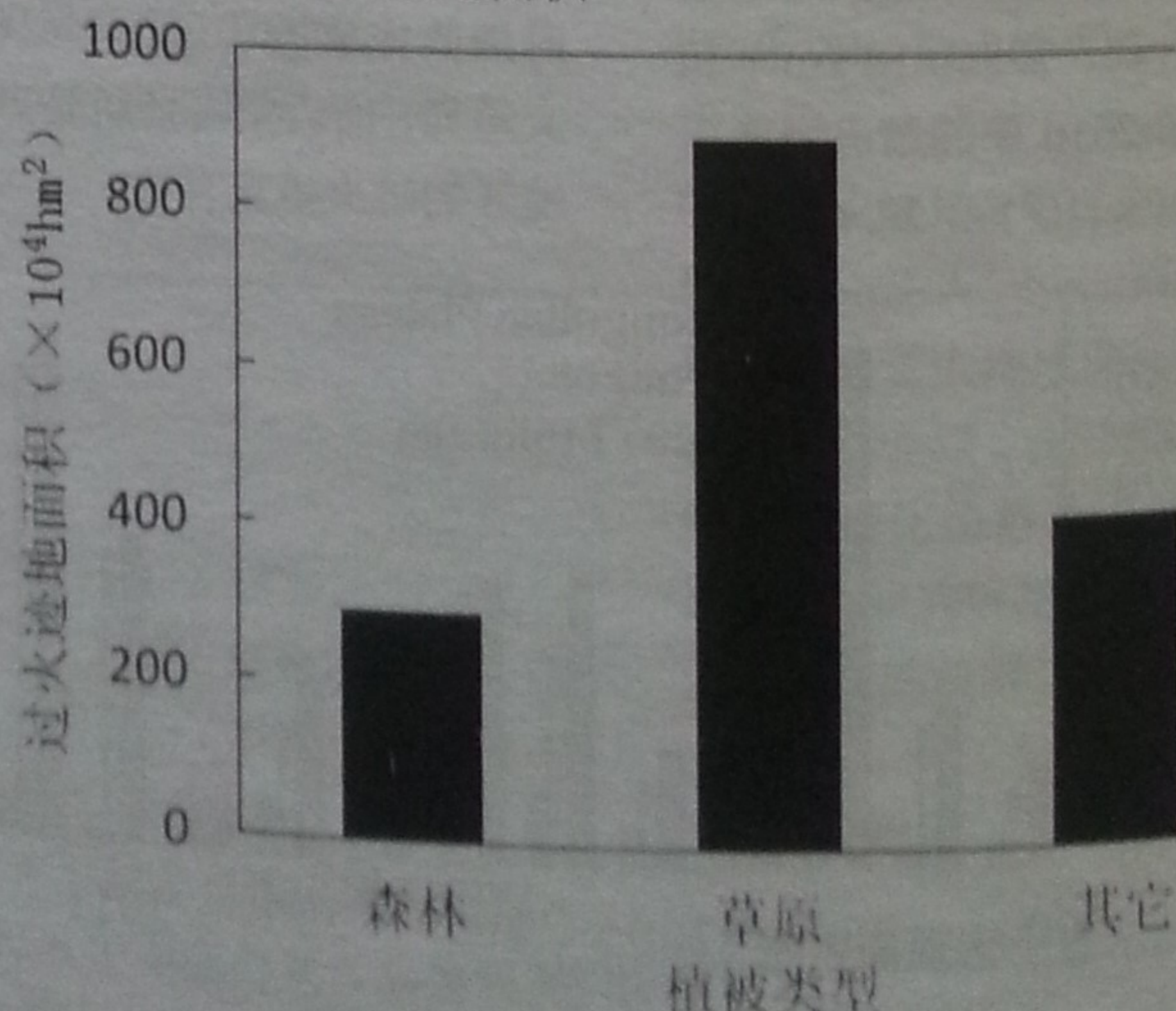


图 4 蒙古高原不同植被类型过火迹地面积变化

4. 结论

本文利用 2001-2012 年的 MODIS TERRA MCD45 数据产品和蒙古高原植被类型数据来较为系统地分析了蒙古高原火行为时空变化趋势。研究表明,

1) 蒙古高原火行为具有明显的空间分布格局, 过火迹地集中要分布在蒙古高原北部和东部地区, 特别是在东方省、苏和巴特尔省、肯特省等地区和内蒙古自治区呼伦贝尔草原和大兴安岭森林生态系统, 整体上呈现从东向西减少的趋势。

2) 从年际和旬过火迹地面积变化趋势可以看出, 2001-2012 年间蒙古高原过火迹地面积呈增加趋势, 除 2003 年外, 2011 和 2012 年为近两年发生火灾最多的年份。两子区内蒙古和蒙古国的对比分析结果表明, 蒙古国的过火迹地面积远大于内蒙古, 是决定研究区过火面积的最主要部分。从旬变化看, 每年第 10 旬到 18 旬 24-30 旬为过火迹地面积最大的季节。其中内蒙古秋季过火迹地面积大于春季, 而蒙古国春季大于秋季。

3) 从不同植被类型的变化趋势看, 蒙古高原草原植被生态系统的过火迹地面积为最大, 森林的相对较小。特别是蒙古国东部东方省和苏和巴特尔省的草原火灾越境侵入内蒙古呼伦贝尔和锡林郭勒草原的可能性较大。

Acknowledgements

This study was supported by the national "twelfth five-year" science and technology support project (2013BAK05B01), Natural Science Foundation of China (41301456) and development founding plan projects of Inner Mongolia (No.20130430), National Science Foundation of Inner Mongolia(No. 2013MS0601).

致谢

本研究得到了国家“十二五”支撑计划项目(2013BAK05B01)、国家自然科学基金项目的(41301456)、内蒙古自治区应用技术与开发资金计划项目(20130430)、内蒙古自然科学基金(2013MS0601)的资助。

*通讯作者: 包玉龙, E-mail: baoyulong@imnu.edu.cn.

参考文献

- [1] 张继权,周道玮,宋中山等.草原火灾风险评价与风险管理初探.应用基础与工程科学学报 56-62,2006.
- [2] 骆介禹.森林燃烧能量学[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,22-101,1992.
- [3] 王秋华,李小川,王振师,等.森林火行为的影响因素研究.内蒙古林业调查设计,34(4):76-77,2011.
- [4] 曲焰鹏,郑淑霞,白永飞,等.蒙古高原草原火行为的时空格局与影响因子.应用生态学报,21(4):807-813,2010.
- [5] 甄霖,刘纪远,刘雪林,等.蒙古高原农牧业系统格局变化与影响因素分析.干旱区资源与环境,22(1):144-151,2008.
- [6] 包刚,覃志豪,包玉海,等. 1982-2006年蒙古高原植被覆盖时空变化分析.中国沙漠,33(3):918-927, 2013.
- [7] 包刚,包玉海,覃志豪,等. 近10年蒙古高原植被覆盖变化及其对气候的季节响应.地理科学, 33(5): 613-621.
- [8] 刘桂香,苏和,李石磊.内蒙古草原火灾概述.中国草地 (4):77-79,1999.
- [9] 宝音.蒙古学百科全书——地理卷.