

徐书兴,吴倩倩,乔殿学,等.蒙古东部野火时空格局及其影响因素[J].中国沙漠,2021,41(2):83-91.

蒙古东部野火时空格局及其影响因素

徐书兴¹, 吴倩倩¹, 乔殿学², 穆英林², 张 晓¹,
刘艳书¹, 杨晓晖¹, 时忠杰¹

(1. 中国林业科学研究院 荒漠化研究所, 北京 100091; 2. 内蒙古维纳河自然保护区管理局, 内蒙古 鄂温克自治旗 021100)

摘要: 基于MCD64A1过火迹地产品、土地覆盖、植被指数和气候等数据,采用空间统计分析和相关分析方法研究了2001—2017年蒙古东部野火时空动态及其影响因素。结果表明:(1)4—6月是野火发生最主要的时段,10月野火灾害也较严重,特别集中于年内第107—127、145—189、279—301日3个时段;2001—2017年,蒙古东部野火过火面积年际间波动较大,2003、2007、2011、2012、2015年是野火发生的高峰年。(2)从野火发生的空间格局看,野火灾害主要发生在东方、肯特、苏赫巴托尔、色楞格、中央省;草原火是蒙古东部主要的过火类型。(3)过火面积主要受降水、温度和植被状况影响;3月过火面积主要与3个月累积的干旱状况有关,而6、7月过火面积主要与当月温度相关,9月过火面积主要受当月降水量影响;在季节尺度上,春季过火面积还与前一年秋季植被状况显著相关,冬季过火面积与当季地表温度呈显著正相关。(4)大气环流与蒙古东部的野火发生、蔓延密切相关,4月过火面积主要受3个月累积北极涛动影响,7月过火面积主要受3个月累积太平洋十年涛动影响,9月过火面积主要受火前北大西洋涛动影响,而11月过火面积主要受3个月累积南方涛动和太平洋十年涛动影响。年尺度上的过火面积主要受北大西洋涛动显著影响。

关键词: 野火; 时空动态; 影响因素; 大气环流; 蒙古

文章编号: 1000-694X(2021)02-083-09

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2020.00136

中图分类号: X43

文献标志码: A

0 引言

野火指一切发生在自然生态系统中的火^[1]。最近几十年来,世界各地野火灾害频发,严重影响着生物多样性、生态系统演替、碳循环、气候变化和土地覆盖变化等过程^[2]。近年全球范围内野火造成的生命、财产和生物多样性损失也激增。随着全球变暖的加剧,未来的气候变化及其对降雨模式和干旱事件的影响将可能加剧全球许多地区的野火^[3]。

传统上,野火时空动态和影响因子研究一般都是基于多年的林火历史记录数据和GIS空间分析技术进行。郑琼等^[4]利用1980—2010年伊春地区林火历史记录数据和气象数据,对伊春地区林火分布格局及发生规律进行了深入分析;苏立娟等^[5]利用火灾年鉴数据,研究了1950—2010年中国森林火灾

的时空分布特征和风险状况。历史野火信息是研究林火时空分布及其影响的重要依据,但这些火灾统计数据往往不完整或不准确^[6]。目前,除美国、加拿大和欧盟等国家和地区建立了时空信息相对完整的历史林火数据库外,大多数国家的火灾记录往往以各地区的汇总为主,火斑尺度的信息难以获取,数据的准确度很难衡量,由此造成了大尺度火灾研究的空间分辨率粗糙等问题^[7-8]。

遥感覆盖面广、全天候、多光谱、时空分辨率高,可提供多尺度、空间明确的对地观测信息,在野火动态监测方面得到广泛应用^[9]。如今,遥感技术已成为研究野火时空分布规律非常有效的技术手段。贾旭等^[10]基于遥感数据获取了内蒙古不同生态分区与土地利用类型的过火面积及火点位置;包刚等^[11]基于

收稿日期:2020-10-21; 改回日期:2020-12-27

资助项目:科技基础资源调查专项课题(2017FY101301);国家重点研发计划课题(2016YFC0500908);国家自然科学基金项目(31670715)

作者简介:徐书兴(1994—),男,山东青岛人,硕士研究生,研究方向为遥感数据处理和生态环境遥感。E-mail: xsxkytjl@163.com

通信作者:时忠杰(E-mail: shijie1204@163.com)

MCD45A1 火烧迹地产品,分析了2001—2012年蒙古高原火行为的时空动态格局,但未揭示其影响因素;曲熠鹏等^[12]利用L3JRC数据分析了蒙古高原草原火的时空格局,并认为降水是主要影响因素。蒙古东部地广人稀,林草资源丰富,是野火发生极为活跃的区域,对中国相邻地区的森林草原防火工作带来较大的压力。受地理和政治等因素的限制,对于这一区域的野火灾害特征,特别是对其发生的时空动态及相关影响因素的认识非常不足,严重威胁着中国沿边地区的生态安全。为此,本研究基于火烧迹地产品(MCD64A1)及相关数据,对2001—2017年蒙古东部野火时空分布规律及其影响因素进行了研究,以期了解野火发生的生态风险与生态安全现状,为未来气候变化背景下区域野火管理提供科学指导。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于蒙古东部,包括首都乌兰巴托市、东戈壁省、东方省、中戈壁省、南戈壁省、苏赫巴托尔省、色楞格省、中央省、肯特省、鄂尔浑省、达尔汗乌勒省,面积约53.13万km²(图1)。研究区地势较高,自西向东逐渐降低,海拔1000 m左右,属于高原地貌,西北部多山地,东南部为广阔的戈壁。气候属于温带大陆性气候,季节变化明显,温差大,多年平均温度2.5℃,降水稀少,由南向北呈增加趋势,年降水约200 mm。植被类型以森林、草原和荒漠为主。在草原分布区内,东部和东北部以草甸草原和典型草原为主。

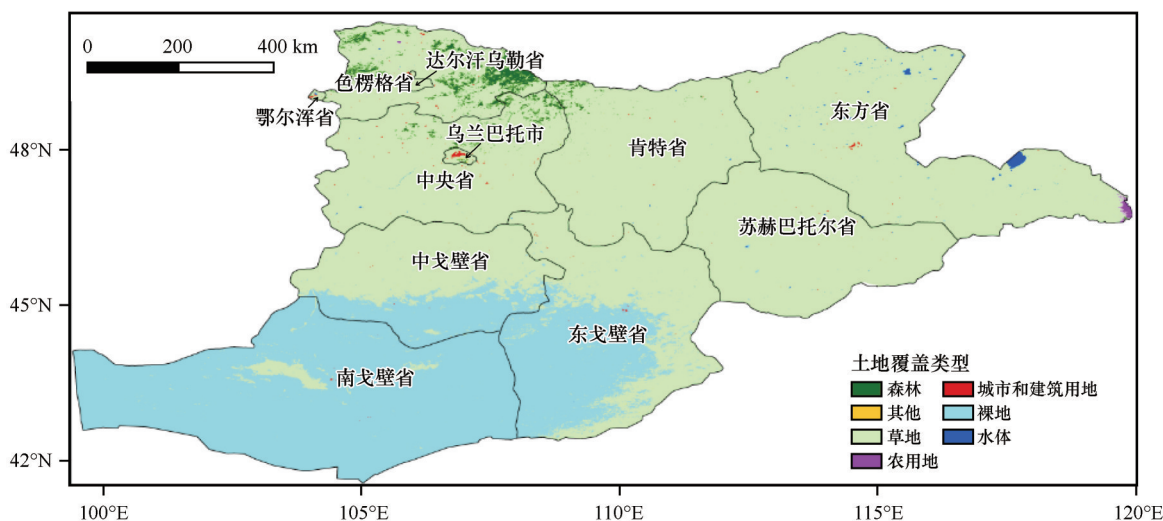


图1 蒙古东部行政区划和土地覆盖类型

Fig.1 Administrative division and land cover types in eastern Mongolia

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源及预处理

选用中分辨率成像光谱仪(MODIS)火烧迹地产品MCD64A1、地表覆盖产品MCD12Q1,植被指数数据MOD13A3来源于NASA官网(<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/>);气候数据选用英国东安格利亚大学Climatic Research Unit(简称CRU)的月降水(PRE)、温度(TMP)和改进型帕默尔干旱指数(scPDSI)数据,时间2001—2017年,空间分辨率0.5°×0.5°;大气环流相关数据,如南方涛动(SO)指数,太平洋十年涛动(PDO)指数,北大西洋涛动(NAO)指数和北极涛动(AO)指数在

<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/>获取。

火烧迹地遥感数据(MCD64A1)是每月3级网格500 m标准的HDF格式产品,利用MRT软件提取MCD64A1中的burndata.HDF数据,并对该数据进行拼接以及投影变换处理,获得覆盖整个研究区的兰伯特投影影像,参考椭球为WGS-84,并裁剪获得蒙古东部地区影像。数据包含过火像元及着火日期,着火日期在单个数据层编码为燃烧发生的日历年的儒略日,未燃烧的区域、数据缺失区域和水体填充特殊值。该产品可用来监测野火发生的大致日期,反映最近野火的空间范围,为灾后提供评估信息。

1.2.2 统计方法

分析统计2001—2017年蒙古东部日、月、季、年不同时间尺度上的过火面积动态,获得月时间序列火点数据影像,然后按年叠加,获取2001—2017年火点分布图;提取森林、草原的火点信息,统计各自的过火面积。通过 Pearson 相关方法分析不同月、季、年的过火面积与气候因子(包括降水、温度、scPDSI)和大气环流指数的相关性。以月和季为步长,分析野火发生相对于气候因子和大气环流的滞后性关系,两个月累积为火灾发生当月与火灾发生前一个月的累积;3个月累积为火灾发生当月与火灾发生前两个月的累积效应。以归一化植被指数(NDVI)作为生物量的衡量指标,分析月、季尺度上野火过火面积与当月及前期平均生物量(即月NDVI和季NDVI)的相关性,月NDVI值为与该月重叠

的所有MOD13A2产品(16天内NDVI最大值)的平均值;季NDVI值为一季中所包含3个月份NDVI的平均值。

2 结果与分析

2.1 野火发生的时间动态

2.1.1 野火发生的年内动态

蒙古东部野火主要发生于年内第68—320日,其他时段几乎无野火发生,存在3个波峰时段——第107—127、145—189、279—301日(图2A)。最大过火面积主要在第107—127日。第110日过火面积最大,多年平均过火面积达323.1 km²,其次为第124日和第115日,多年平均过火面积分别达239.8 km²和220.8 km²。

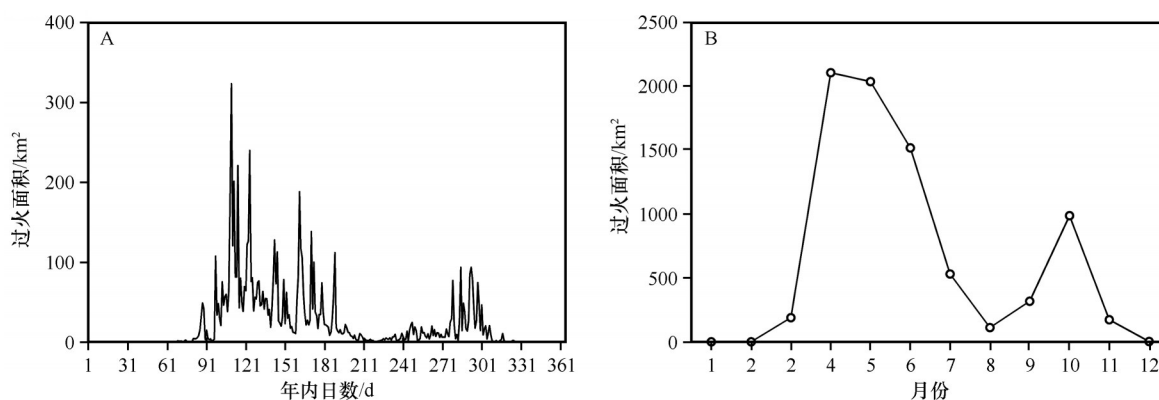


图2 蒙古东部过火面积年内变化

Fig.2 Annual distribution of overfire area in eastern Mongolia

在月尺度上,过火面积变化规律较明显,大致呈马鞍型曲线(图2B)。4—6月是野火主要发生时段,特别是4月和5月,多年平均过火面积分别高达2 101.6 km²和2 032.0 km²,这两个月的总过火面积约占全年总过火面积的51.9%。10月是野火发生的另一个波峰时段,平均过火面积达984.6 km²。每年11月至次年3月的过火面积较小,8月基本无野火发生。

在季节尺度上,野火主要发生在春季,约占全年总过火面积的54.4%;夏、秋两季次之,分别占27.1%、18.5%,冬季基本没有野火发生。

2.1.2 野火发生的年际动态

在2001—2017年,蒙古东部过火面积年际波动较大,整体呈增加的趋势,但并不显著(图3),多年平均过火面积达0.795万 km²。2003、2007、2011、2012、2015年是野火发生最为活跃的年份,几乎每

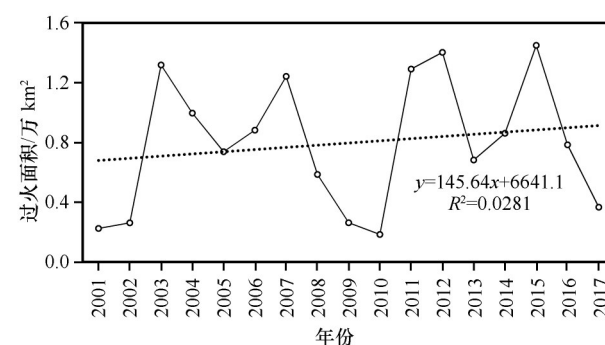


图3 2001—2017年蒙古东部过火面积年际变化

Fig.3 Interannual variation of overfire area in eastern Mongolia from 2001 to 2017

3—4年便会有一次严重的野火。2015年的野火过火面积最大,达到1.45万 km²,其次为2012年和2011年,过火面积分别达到了1.40万 km²和1.29万 km²。2010年的过火面积最小,仅为0.18万 km²。

2.2 野火发生的空间动态

2.2.1 野火发生频次及空间格局

野火发生频次为2001—2017年每个像元上发生野火的总次数。由图4A可见,在2001—2017年,绝大部分像元仅发生1次野火,过火面积达4.07万 km²,

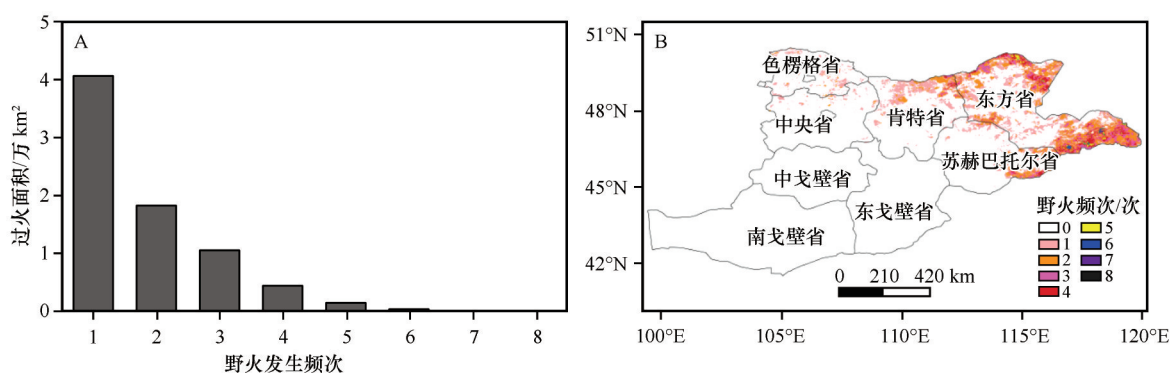


图4 2001—2017年蒙古东部野火发生频次(A)及其空间分布(B)

Fig.4 Frequency (A) and spatial distribution (B) of wildfires in eastern Mongolia from 2001 to 2017

蒙古东部各省的过火面积差异较大,野火发生区域主要集中在东方省、肯特省和苏赫巴托尔省,尤其是东方省,17年总过火面积高达9.62万 km²,占整个研究区过火面积的71.2%。色楞格省、中央省有少量野火发生,而其余省份几乎没有野火发生。

2.2.2 不同土地覆盖的野火分布特征

从野火发生的土地覆盖类型看,草原火是最主要的野火发生类型。2001—2017年,草原火多年平均过火面积达到7 700 km²,约占总过火面积的96.8%,而森林火仅占总过火面积的3.0%(图5)。对于草原火来说,发生频次较高的主要为草甸草原。研究区南部地区主要土地覆盖类型为荒漠,植被稀疏,可燃物连续性较低,野火发生面积很小。

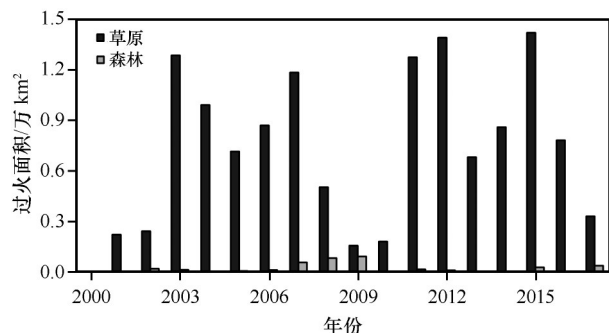


图5 不同土地覆盖类型的过火面积年际动态

Fig.5 Interannual dynamics of overfire area of different land cover types

占总过火面积的53.9%,发生2次野火的面积为1.82万 km²,占总过火面积的24.1%,发生6—8次野火的像元非常少。图4B表明,蒙古东部野火主要发生在蒙古东北部地区,特别是在蒙古-俄罗斯、蒙古-中国沿边地区,发生频次在2次以上的区域集中在东方省与中国的沿边地区。

2.3 野火发生的影响因素

2.3.1 气候因素

9月过火面积与当月降水显著负相关($P < 0.05$),其他月份过火面积与降水均无明显的相关性($P > 0.05$)。6月和7月的过火面积与当月温度显著正相关(6月 $P < 0.01$)。在大多数月份过火面积与scPDSI无明显的相关性,仅3月过火面积与两个月及3个月累积的平均scPDSI显著正相关(表1)。在季节尺度上,冬季的过火面积与当季地表温度显著正相关($r = 0.62, P < 0.01$),其他季节的相关性均不显著(表2)。

2.3.2 大气环流

蒙古东部地区4月过火面积与两个月累积、3个月累积的AO显著正相关($P < 0.05$),7月的过火面积与两个月和3个月累积PDO显著正相关($P < 0.05$)。9月过火面积与当月和两个月累积的NAO显著负相关($P < 0.05$)。而11月过火面积不仅与当月SO和3个月累积的SO显著负相关($P < 0.05$),还与两个月和3个月累积的PDO显著正相关(表3)。在年尺度上,年过火面积与NAO($r = 0.496, P < 0.05$)显著正相关。

2.3.3 可燃物

野火发生的最根本条件是充足的可燃物及较低的可燃物含水率,即植被生物量和含水率。6月过火面积与当月NDVI显著负相关($r = -0.524, P <$

表 1 蒙古东部过火面积与气候因子的相关性
Table 1 Correlation between overfire area and climatic factors in eastern Mongolia

时段	指标	月 份								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
当月	降水	-0.35	-0.19	0.02	-0.31	-0.23	-0.25	-0.51*	-0.38	-0.30
	温度	0.28	0.11	0.00	0.62**	0.51*	-0.35	0.39	0.31	-0.14
	scPDSI	0.47	-0.09	-0.02	-0.32	-0.37	0.25	-0.03	0.07	0.03
两个月累积	降水	-0.32	-0.42	0.03	-0.40	-0.24	-0.05	-0.35	-0.18	-0.12
	温度	0.14	0.11	-0.15	0.41	0.28	-0.25	0.06	0.29	-0.10
	scPDSI	0.49*	-0.07	-0.01	-0.30	-0.33	0.34	0.02	0.12	0.02
3 个月累积	降水	-0.37	-0.41	0.06	-0.42	-0.32	0.12	-0.36	-0.15	-0.02
	温度	0.27	0.10	-0.15	0.42	0.21	-0.25	0.09	0.21	-0.13
	scPDSI	0.51*	-0.06	-0.02	-0.27	-0.33	0.36	0.07	0.13	0.02

* 代表 0.05 水平显著,** 代表 0.01 水平显著。

表 2 蒙古东部过火面积与当季气候因子的相关性
Table 2 Correlation between overfire area and climatic factors in eastern Mongolia

指标	季 节			
	春季	夏季	秋季	冬季
降水	-0.35	-0.19	0.02	-0.31
温度	0.28	0.11	0.00	0.62**
scPDSI	0.47	-0.09	-0.02	-0.32

* 代表 0.05 水平显著,** 代表 0.01 水平显著。

0.05)。在季节尺度上,春季的过火面积与前一年秋季 NDVI 呈显著正相关($r=0.569,P<0.05$)。

3 讨论

3.1 野火发生的时空格局与驱动因素

蒙古东部野火存在明显的空间分异性,过火迹地主要分布在东方省,野火发生频率较高的区域集中于东方省的蒙古-俄罗斯和蒙古-中国接壤地带,这可能与蒙古-俄罗斯和蒙古-中国接壤地带以草甸草原为主有关。野火发生的燃料来源为地上植被,地上植被生物量在一定程度上反映了植被对野火发生格局的影响。与典型草原和荒漠草原相比,

草甸草原上的植被生长状况良好,可燃物更丰富。由于较丰富的水分,过火后植被地上生物量增加较快,可燃物可在较短时间内重新大量积累而再次发生火灾,故发生两次以上野火的区域绝大多数集中于草原,特别是草甸草原。

土地利用方式对野火发生也会产生一定影响。大量研究证明,放牧对野火发生具有一定抑制作用^[13],而蒙古东部仍保持着游牧的传统,给草原植被恢复提供了较长的时期,植被退化较轻,这也为野火灾害的发生提供了丰富的燃料。另外,蒙古东部人口密度较低,人力和财力有限,火灾扑救和管理落后^[13],当地人民对野火的发生多采取放任的态度,导致该地区野火灾害蔓延迅速,过火面积大且频率高,这一地区的野火发生频率可认为接近于生态系统的野火自然发生水平。

蒙古东部野火发生存在明显年际波动,近 17 年来火烧面积呈微弱增加趋势,野火发生存在春秋高、夏冬低的特点,即 4—6 月为第一个野火发生高峰时段,10 月是另一高峰时段,这与丽娜等^[14]的研究结果基本一致。不同时期影响野火发生的气候因素存在较大差异,夏季的过火面积明显更受降水的影响,4—6 月的野火发生更多地受地表温度和干旱状况的影响。干旱的气候条件对野火的发生起到

表3 蒙古东部过火面积与大气环流指数的相关性

Table 3 Correlation between overfire area and atmospheric circulation index in eastern Mongolia

时段	指标	月份								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
当月	SO	-0.45	0.01	-0.19	-0.16	-0.04	-0.34	0.01	0.16	-0.49*
	PDO	0.23	0.08	-0.05	-0.03	0.45	0.08	-0.40	0.00	0.39
	AO	0.23	0.32	0.32	0.14	0.14	-0.06	-0.01	0.13	0.20
	NAO	0.23	0.21	0.26	-0.22	-0.02	-0.16	-0.51*	-0.07	0.22
两个月累积	SO	-0.19	0.01	-0.14	0.11	-0.03	-0.35	0.15	-0.04	-0.46
	PDO	0.15	0.07	0.00	-0.00	0.51*	0.07	-0.44	0.12	0.50*
	AO	0.15	0.50*	0.06	0.27	0.11	-0.19	0.24	0.22	-0.07
	NAO	0.27	0.44	0.05	-0.01	0.03	0.07	-0.54*	0.01	0.05
3个月累积	SO	-0.09	0.11	-0.07	0.17	0.07	-0.14	-0.04	-0.05	-0.49*
	PDO	0.11	0.07	0.02	-0.04	0.59*	0.07	-0.36	0.12	0.60**
	AO	0.21	0.51*	-0.16	0.36	0.37	0.38	0.25	0.18	-0.17
	NAO	0.32	0.43	0.04	0.10	0.07	0.37	-0.35	0.05	0.01

* 代表 0.05 水平显著, ** 代表 0.01 水平显著。

很大的推动作用,在不同年份内,由于气候与地形、地表可燃物和人类活动的交互作用,在对野火发生有利的气候条件下,这种交互作用也可能加速野火的发生并延长持续时间。

野火的发生也会受地表生物量和植被绿度的影响。本研究发现春季野火发生面积与前一年秋季植被 NDVI 显著正相关,这解释了可燃物累积对野火发生面积的影响,即前一年植被生长状况好,可燃物累积多,容易导致次年春季野火灾害的发生。当发生野火后,可燃物急剧减少,因此在火后几年几乎很难发生较大规模野火,该地区进入一段相对熄火期,而经过几年的恢复之后,可燃物经过一段时间的积累之后,将会导致下一次较大野火发生。这解释了不同年份之间存在的过火面积峰-谷交错现象。本研究中,2003、2007、2011、2012、2015 年为野火发生的高峰期,每 3—4 年便会呈现一个野火高峰回归周期。此外,6 月是研究区野火灾害频发的时期,此时正是植被快速变绿的时期,本研究发现过火面积与当月 NDVI 显著负相关,这表明植被绿度增加,可燃物含水率高,可有效阻止野火的发生,而春季的过火面积与前一年秋季 NDVI 显著正相关,表明研究区过火面积主要受之前枯落物积累量的影响,积累的枯落物越多,野火过火面积越大。

3.2 野火发生与大气环流的遥相关机制

由于大尺度大气环流 (AO、NAO、PDO 和 SO) 指数与地球系统之间复杂的遥相关,研究区野火发生与这些大气环流指数之间存在可能的关系。对于本研究区来说,野火的发生可能受北极涛动 (AO) 和北大西洋涛动 (NAO) 南下干冷气团和东南太平洋季风变化的共同影响。

野火发生面积与大气环流指数之间的关系可通过大气环流在野火发生季节和干旱季节引起的大气扰动与东亚气候系统的相互作用来解释。正的相关性暗示野火发生前的 AO 暖相位易于增强蒙古东部野火灾害的大面积发生,而冷相位 AO 减少野火的发生。在北半球高纬度地区也有类似结果, Milenković 等^[15]研究发现立陶宛的年野火发生与 6 月 AO 显著正相关,而加拿大大部分地区过火面积也与 AO 的暖位相有关^[16]。AO 对蒙古东部地区野火的影响可能与其对区域气候的影响有关,已有研究表明 AO 越强的年份,亚洲上空南北热量交换较弱,导致中国东北和蒙古东部地区的春季温度偏高^[17],这可能会增加本地区野火发生的风险。同时, AO 与蒙古东北部降水量显著负相关,即正 AO 相位时,蒙古东北部降水量显著减少^[18],这进一步加剧了野火的蔓延。

本研究发现东南太平洋季风环流主要影响非

火季野火发生面积,11月过火面积与SO显著负相关,并与两个月和3个月累积PDO显著正相关,这暗示厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)和PDO与野火发生的相互作用关系。即ENSO位于暖相位时(厄尔尼诺),野火发生面积减少,ENSO位于冷相位时(拉尼娜),野火发生面积会增加,这与N'Datchoh等^[19]在西非萨瓦那地区的研究结果类似。此外,7月的过火面积还与PDO正相关,这可能与PDO主导了东亚年代尺度降水的分布格局有关^[20]。

3.3 蒙古东部野火发生对中国沿边地区的影响

中国在森林草原火灾防控方面力量较强,野火灾害较少,但在与蒙古接壤的地区,蒙古跨境传入的野火灾害却时有发生,对中国的森林草原生态安

全造成较大的影响。从蒙古东部和中国内蒙古的过火迹地分布看(图6),中国内蒙古地区的野火发生频次较低,而在中蒙边境地区的野火发生频次较多,这主要是由蒙古东部的过境野火造成的。以中蒙边境线向中国方向做10 km缓冲区,统计发现近17年边境地区的野火过火面积达1 041.8 km²,边境地区受跨境野火影响的最高频次达5次,蒙古东部,特别是东方省大规模、高频次的野火灾害,导致的越境火对中国的森林和草原构成了严重的威胁。特别是在每年的4—6月野火高发季节,中国需要加强对蒙古森林草原火灾的监测与防控工作,建立适当的预防跨境火防控机制,预防可能发生的越境火风险,更好地保护中国的森林和草原资源。

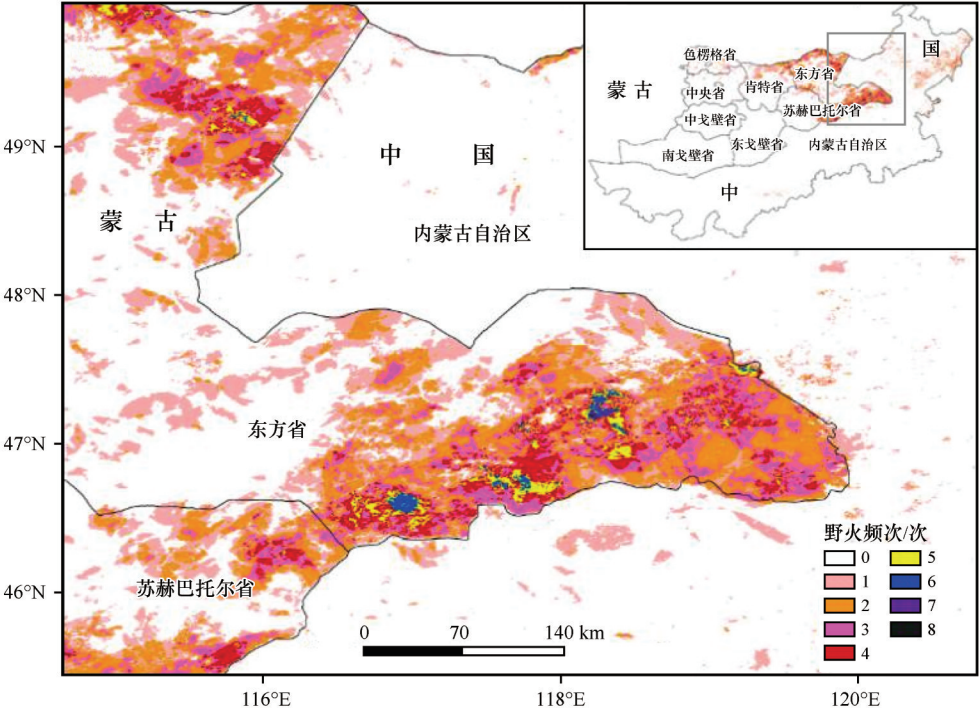


图6 2001—2017年蒙古东部和中国内蒙古自治区野火空间分布

Fig.6 Spatial distribution of wildfires in eastern Mongolia and Inner Mongolia Autonomous Region of China from 2001 to 2017

4 结论

2001—2017年蒙古东部野火过火面积呈微弱增加趋势,4—6月是最主要的野火发生时段,10月野火灾害也较严重;蒙古东部的野火主要发生在东方省,且以草原火为主,草甸草原的野火发生频次最高;野火灾害的发生受气候、可燃物及大气环流等多因素影响。在不同月份受影响的因素各异。夏季过火面积受当季地表温度的影响,而年尺度上

的过火面积还受NAO显著影响,而过火面积最大的4月野火面积主要受AO影响。春季野火还受前一年秋季植被状况的影响。

参考文献:

[1] Hicke J A, Johnson M C, Hayes J L, et al.Effects of bark beetle-caused tree mortality on wildfire[J].Forest Ecology and Management, 2012, 271: 81–90.

[2] Bowman D M J S, Balch J K, Artaxo P.Fire in the earth system [J].Science, 2009, 324(5926): 481–484.

- [3] Stevens-Rumann C S, Kemp K B, Higuera P E, et al. Evidence for declining forest resilience to wildfires under climate change [J]. *Ecology Letters*, 2018, 21(2): 243–252.
- [4] 郑琼, 邸雪颖, 金森. 伊春地区 1980—2010 年森林火灾时空格局及影响因子[J]. *林业科学*, 2013, 49(4): 157–163.
- [5] 苏立娟, 何友均, 陈绍志. 1950—2010 年中国森林火灾时空特征及风险分析[J]. *林业科学*, 2015, 51(1): 88–96.
- [6] Yan X, Ohara T, Akimoto H. Bottom-up estimate of biomass burning in mainland China [J]. *Atmospheric Environment*, 2006, 40(27): 5262–5273.
- [7] Chuvieco E, Mouillot F, van d W G R, et al. Historical background and current developments for mapping burned area from satellite earth observation[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2019, 225: 45–64.
- [8] 乔泽宇, 房磊, 张悦楠, 等. 2001—2017 年我国森林火灾时空分布特征[J]. *应用生态学报*, 2020, 31(1): 55–64.
- [9] 覃先林, 陈小中, 钟祥清, 等. 我国森林火灾预警监测技术体系发展思考[J]. *林业资源管理*, 2015(6): 45–48.
- [10] 贾旭, 高永, 齐呼格金, 等. 基于 MODIS 数据的内蒙古野火时空变化特征[J]. *中国生态农业学报*, 2017(1): 127–135.
- [11] 包刚, 包玉龙, 包玉海. 2001–2012 年蒙古高原火行为时空格局变化趋势[C]//风险分析和危机反应中的信息技术: 中国灾害防御协会风险分析专业委员会第六届年会论文集. 2014.
- [12] 曲熠鹏, 郑淑霞, 白永飞. 蒙古高原草原火行为的时空格局与影响因子[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(4): 807–813.
- [13] Ing S K. The social conditions of wildfire in Mongolia[J]. *International Forest Fire News*, 1999, 21: 75–80.
- [14] 丽娜, 包玉龙, 银山, 等. 中蒙边境地区草原火时空分布特征分析[J]. *灾害学*, 2016, 31(3): 207–210.
- [15] Milenković M, Yamashkin A A, Ducić V. Forest fires in Portugal: the connection with the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) [J]. *Journal of the Geographical Institute “Jovan Cvijić” SASA*, 2017, 67(1): 27–35.
- [16] Macias F M, Johnson E A. Climate and wildfires in the North American boreal forest [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2007, 363(1501): 2315–2327.
- [17] 王冀, 江志红, 张海东, 等. 1957–2000 年东北地区春季极端气温变化及其与北极涛动的关系[J]. *气候变化研究进展*, 2007, 3(1): 41–45.
- [18] Wang H. Linkage between the Northeast Mongolian precipitation and the northern hemisphere zonal circulation[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2006, 23(5): 659–664.
- [19] N’Datchoh E T, Konaré A, Diedhiou A. Effects of climate variability on savannah fire regimes in West Africa[J]. *Earth System Dynamics*, 2015, 6(1): 161–174.
- [20] Yang Q, Ma Z, Fan X, et al. Decadal modulation of precipitation patterns over East China by sea surface temperature anomalies[J]. *Journal of Climate*, 2017, 30(17): 7017–7033.

Spatiotemporal pattern and effecting factors of wildfire in eastern Mongolia

Xu Shuxing¹, Wu Qianqian¹, Qiao Dianxue², Mu Yinglin², Zhang Xiao¹,
Liu Yanshu¹, Yang Xiaohui¹, Shi Zhongjie¹

(1. *Institute of Desertification Studies, Chinese Academy of Forestry Sciences, Beijing 100091, China*; 2. *Administration of Weina River Nature Reserve of Inner Mongolia, Ewenki Autonomous Banner 021100, Inner Mongolia, China*)

Abstract: The spatial and temporal dynamics and influencing factors of wildfires in eastern Mongolia from 2001 to 2017 were studied by using the method of spatial statistical and correlation analysis. The results show that: (1) The wildfires mainly occurred from April to June, and the wildfires is also serious in October. Within a year, the wildfires occur mainly in the three periods: 107–127, 145–189 and 279–301 of the day of year. From 2001 to 2017, the area of wildfire in eastern Mongolia fluctuated greatly from year to year, and the peak years of wildfire occurred in 2003, 2007, 2011, 2012 and 2015; (2) Wildfire mainly occurs in Dornod, Kent, Sukhbaator, Selenge and Central provinces; Grassland wildfires were the main type in eastern Mongolia; (3) The area of wildfire is mainly affected by precipitation, air temperature and vegetation. The burned areas in March is positively correlated with the drought of the three months, and the burned area in June and July is positively correlated with the temperature of the current month, while the burned area in September is negatively correlated with the precipitation of the current month; In addition, the fire area in spring was significantly related to the vegetation in the autumn of the previous year, and the fire area in winter was significantly related to the temperature in the current season; (4) The wildfires in this area were closely affected by the atmospheric circulation in the eastern part of Mongolia. The burned area is negatively related to the average Arctic Oscillation (AO) accumulated in three months in April, and in July, the burned area is positively related to the average North Pacific decadal Oscillation (PDO) accumulated in three months. There was a significant negative correlation between the area of fire in September and the average North Atlantic Oscillation (NAO) accumulated in three months. There was a significant negative correlation between the fire area in November and the accumulated average Southern Oscillation Index (SOI) in three months, and a significant positive correlation between the over fire area and the accumulated average North Pacific decadal Oscillation (PDO) in three months. The burned area on the annual scale is significantly affected by NAO.

Key words: wildfire; spatiotemporal dynamics; influence factors; atmospheric circulation; Mongolia