doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 04. 017

内蒙古大兴安岭林火与气象因子关系研究

李 婧[1],白斯古楞[2],虎日乐[3],李贺新[4],郭景怡[5],安慧君[1]
(1. 内蒙古农业大学 林学院,内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 锡林郭勒盟林业工作站,内蒙古 锡林浩特 026000; 3. 内蒙古自治区林业和草原种苗总站,内蒙古 呼和浩特 010010; 4. 内蒙古自治区第二林业和草原监测规划院,内蒙古 乌兰浩特 137400; 5. 林西县林业和草原局,内蒙古 林西 025250)

摘要:基于内蒙古大兴安岭 1990—2019 年森林火灾历史档案和同期气象因子的数据,对该地区林火与气象因子间的相关性进行了研究。结果表明,林火发生与气象因子间的关系密切。林火发生次数随着温度的升高和降水的减少呈上升趋势;研究区日均相对湿度范围在 58%~62%,火灾发生次数最多;林火发生次数与日照时数、日均温、日最高温间均呈显著正相关;过火面积与日均相对湿度间呈显著负相关,与日照时数间呈显著正相关。

关键词:森林火灾;气象因子;相关性分析;回归分析;大兴安岭;内蒙古

中图分类号:S762. 1;S716. 2 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-3168(2023)04-0105-05

引文格式:李婧,白斯古楞,虎日乐,等. 内蒙古大兴安岭林火与气象因子关系研究[J]. 林业调查规划,2023,48(4):105-109,176. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 04. 017

LI Jing, BAI Siguleng, HU Rile, et al. Relationship between Forest Fire and Meteorological Factors in Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia[J]. Forest Inventory and Planning,2023,48(4):105-109,176. doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 04. 017

Relationship between Forest Fire and Meteorological Factors in Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia

LI Jing[1], BAI Siguleng[2], HU Rile[3], LI Hexin[4], GUO Jingyi[5], AN Huijun[1]
(1. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 2. Forestry Workstation of Xilin Gol League, Xilinhot, Inner Mongolia 026000, China; 3. Inner Mongolia Forestry and Grassland Seedling Station, Hohhot 010010, China; 4. Second Forestry and Grassland Monitoring and Planning Institute of Inner Mongolia Autonomous Region, Ulanhot, Inner Mongolia 137400, China; 5. Linxi Administration of Forestry and Grassland, Linxi, Inner Mongolia 025250, China)

Abstract: Based on the historical archives of forest fires and meteorological data of the same period from 1990 to 2019 in Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia, the correlation between forest fires and meteorological factors was studied. The results showed that there was a close relationship between the occurrence of forest fire and meteorological factors. The number of forest fires increased with the increase of temperature and the decrease of precipitation; the daily average relative humidity ranged from 58% to 62%, and the fires occurred most frequently; the occurrence of forest fires was significantly positively correlated with sunshine duration, daily average temperature and daily maximum temperature; the burned

收稿日期:2022-03-21.
基金项目:内蒙古自然科学基金项目(2020MS03036);内蒙古自治区教育科研“十三五”规划项目(2020MGH020);内蒙古农业大学双一流项目(DC2100001172).
第一作者:李婧(1997-),女,内蒙古乌兰察布人,硕士研究生. 研究方向为 3S 技术应用与资源监测评价.
责任作者:安慧君(1962-),女,黑龙江五常人,教授. 研究方向为 3S 技术应用与资源监测评价.

area had a significant negative correlation with daily average relative humidity and a significant positive correlation with sunshine duration.

Key words: forest fires; meteorological factors; correlation analysis; regression analysis; Greater Khingan Mountains; Inner Mongolia

森林火灾是一个全球性问题,影响着森林资源的可持续性、生态环境安全,威胁着人类生命财产安全[1]。IPCC 第五次评估报告指出,2003—2012 年全球平均温度较 1850—1900 年上升了 0.78℃[2],随着全球气候变暖,高温、少雨、大风天气频繁发生,日照强度大,水分蒸发迅速,拉尼娜和厄尔尼诺现象等恶劣天气出现概率增大,导致森林火灾发生的概率和强度增大[3]。近些年由于气温的不断升高,在加拿大安大略省北方森林[4]、地中海盆地伊比利亚半岛森林[5],林火的发生次数显著上升。据统计,我国在 1989—2019 年间,年均发生森林火灾 6 505 次,年均受害森林面积 69 708 hm^2[6],森林防火形式十分严峻。

气象因子对林火的发生和蔓延起着重要作用。Hessl 等[7]对华盛顿地区火灾的研究表明,当年的极干旱气候条件与火灾蔓延间的关系显著,Jason 等[8]分析野火对气候变化的响应,表明气候变化对森林火灾的影响较大,火灾的发生与恶劣天气的发生时间关系显著,重大火灾常发生在气候干旱的年份。随着全球气温上升,降水量年际变化波动性增大,春夏季最小相对湿度明显下降,内蒙古大兴安岭林区森林火险季节长度也出现增长趋势,森林火险区域由南向北逐渐转移[9]。该林区夏季高温少雨,易发生干雷暴现象,导致北部林区由雷击火引起的森林火灾不断增加[10]。

内蒙古大兴安岭是我国最北部边疆唯一的寒温带针叶林区,其生态功能区面积、有林地面积、森林蓄积等均居全国国有林区之首[11-12]。受区位、地形和气候等多方面影响,该区域也是我国森林火灾面积最大、受森林火灾影响最严重的林区之一。不同地区,影响森林火灾的主要气象因子不同。因此,研究内蒙古大兴安岭地区气象因子对林火的影响规律,能为该地区森林火灾的精准预测预报、森林资源的可持续经营管理提供理论依据和科学指导。

1 研究区概况

内蒙古大兴安岭林区位于内蒙古自治区东北部,地理坐标为 119°36′20″~125°19′50″E,47°03′40″~53°20′00″N,国有林区南北长约 696 km,东西宽约 384 km;与俄罗斯、蒙古接壤的边境线长 440 km,总面积约 1.07×10^7 hm^2,是我国五大国有林区之一[13]。本研究所选研究区范围为内蒙古大兴安岭森林工业集团有限责任公司所辖的内蒙古大兴安岭重点国有林区。

大兴安岭林区属于寒温带大陆性季风气候,年均温-4~-2℃,均温<10℃的天数长达 9 个月,均温≥22℃的天数不超过 1 个月。全年降水量 350~500 mm,相对湿度 70%~75%[14]。

2 数据来源与分析方法

2.1 数据来源

1990—2019 年森林火灾统计数据来源于内蒙古自治区林业和草原局,包括起火点位置、火灾发生时间、起火原因、过火面积等,其中缺失 2013 年数据;同期的气象数据,来源于内蒙古自治区呼伦贝尔市气象局,包括降水量、均温、平均 2 min 风速、日最高温、日最低温、日均相对湿度、日照时数等因子。

2.2 相关性分析法

使用 SPSS 软件完成研究区林火次数和面积与气象因子间的相关性分析,研究火灾发生与各气象因子间的相互关系,找出对研究区火灾发生具有显著影响的因子。

2.3 回归分析法

以内蒙古大兴安岭林火发生次数、过火面积为因变量,以不同气象因子为自变量,采用 SPSS 软件进行线性回归分析,建立林火与气象因子间的回归方程。

3 结果与分析

气象因子对森林火灾发生的影响存在滞后性,前期的气象条件对森林火灾的发生起重要作用[15],因此,本研究选取了火灾前 5 d 的气象因子进行分析研究。

3.1 气候变化特征

3.1.1 气温年变化特征

研究区域 1990—2019 年期间均温年变化特征见图 1。

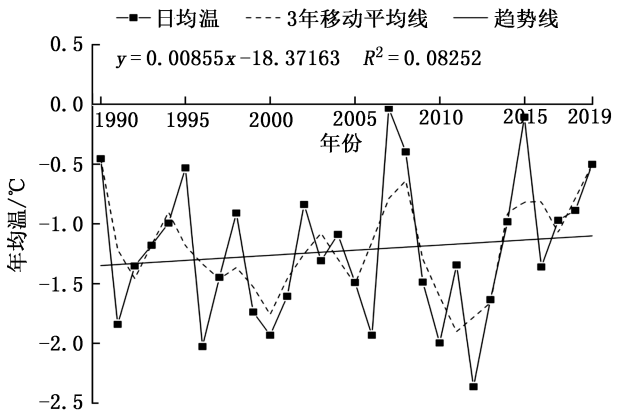

图 1　内蒙古大兴安岭林区年均温变化

Fig. 1　Annual variation of average temperature in Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia

从图 1 可知,年均温均在 0℃以下,随时间变化波动明显,但总体呈现出两个阶段的变化趋势。其中 1990—2006 年年均温低于-1℃的年份多达 12 年,而进入 2007 年后,多数年份的年均温在-0.5℃以上,其中 2007、2008、2015 年年均温最高。根据线性趋势线和 3 年移动平均线可以看出,研究区域年均温整体呈上升趋势。

3.1.2 降水量年变化特征

研究区域 30 年间年均降水量年变化波动明显,见图 2。

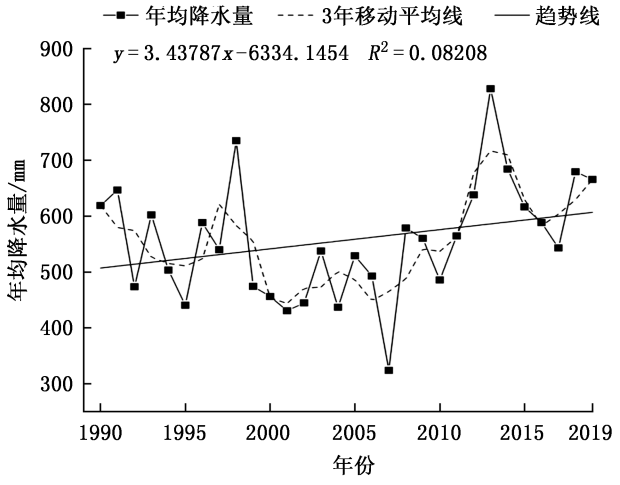

图 2　内蒙古大兴安岭林区年均降水量年变化

Fig. 2　Annual variation of average precipitation in Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia

从图 2 可知,总体呈现出 3 个阶段的变化趋势,其中 1990—2000 年年均降水量均在 500 mm 以上的年份高达 7 年;而进入 2000 年后,多数年份的年均降水量集中在 450 mm 左右,降水量 500 mm 以下的年份达 7 年;在 2010—2019 年间研究区域年均降水量达到 600 mm 以上的年份达 8 年。

3.1.3 平均相对湿度变化趋势

研究区域 1990—2019 年平均相对湿度变化呈下降趋势,但变幅不明显,维持在 60%~70%(图 3)。从线性趋势线和 3 年移动平均线可以看出,进入 2005 年后,平均相对湿度呈明显下降趋势。

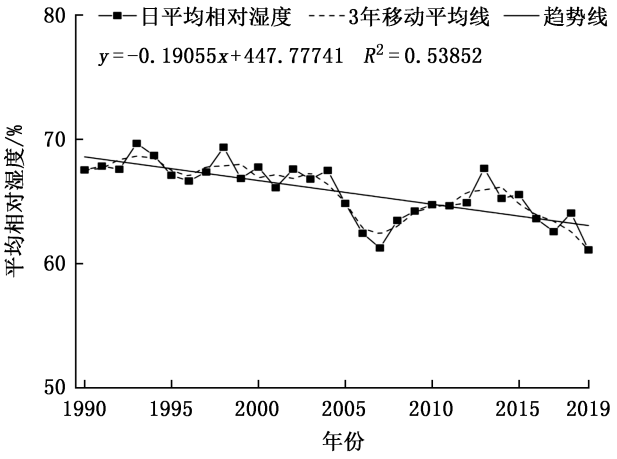

图 3　内蒙古大兴安岭林区平均相对湿度年变化

Fig. 3　Annual variation of average relative humidity in Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia

3.2 气象因子对林火的影响

3.2.1 不同气温条件下林火分布

研究区域森林火点在不同气温条件下所形成的分布状况见图 4。

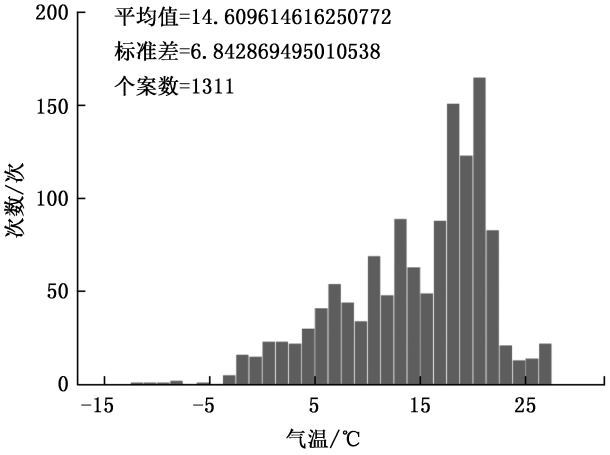

图 4　内蒙古大兴安岭林区不同气温条件下火点分布

Fig. 4　Fire distribution of different temperature conditions in Greater Khingan Mountains of Inner Mongolia

从图 4 可知,发生火灾时的最低温为-11.6℃,最高温为 26.5℃,火灾多发生在 5~20℃,高温和低温状态下火灾发生较少。总体来看,随着温度的升高,林火发生次数也随之增加,在 15~20℃时达到峰值,随后减少。

3.2.2 不同降水条件下林火分布

研究区域森林火点在不同降水条件下所形成的分布状况见图 5。

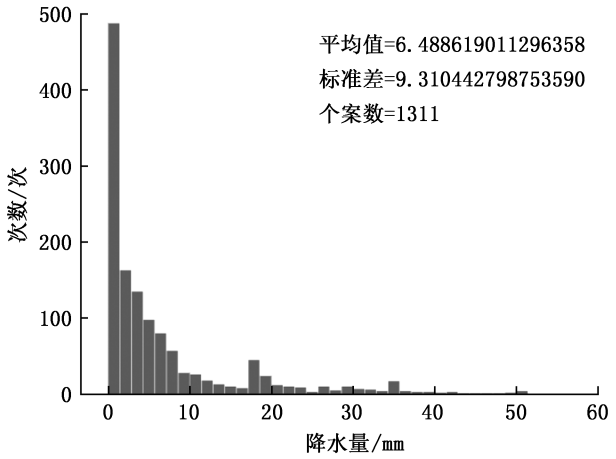

图 5 不同降水条件下火点分布

Fig. 5 Fire distribution of different precipitation conditions

从图 5 可知,大部分火灾集中发生在降水量为 0~10 mm 的范围内。其中火灾发生时的最低降水量为 0 mm,最高降水量为 50 mm,平均降水量为 6 mm,降水量在 0 mm 左右时发生的火灾次数最多。总体来看森林火灾发生次数随着降水量的增加而减少。

3.2.3 不同相对湿度条件下的林火分布

研究区域林火多集中在相对湿度为 58%~62%,森林火点数量最多,是林火的高发区间(图 6)。火灾发生时的最低相对湿度为 25%,最高相对湿度为 83%,平均相对湿度为 54.1%。总体来看林火的发生随相对湿度的升高呈先增加后减少的趋势,火点在高湿度和低湿度区间分布较少。

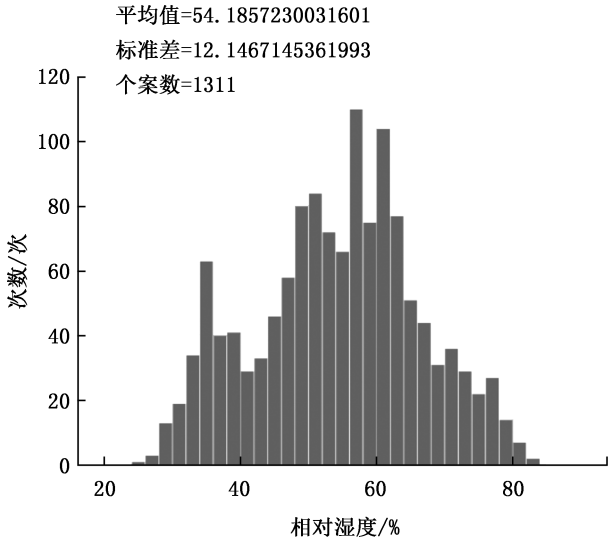

图 6 不同相对湿度条件下火点分布

Fig. 6 Fire distribution of different relative humidity conditions

3.3 林火发生与气象因子的关系

火灾发生次数与气象因子的关系见表 1。

表 1 火灾发生次数、过火面积与气象因子的关系

Tab. 1 Relationship between the number of fires and the burned area and meteorological factors

项目	气象因子	日均相对湿度	日照时数	日最低温	日最高温	日均温	降水量	日平均 2 min 风速
次数	相关性	-0.072	0.242 **	0.110 *	0.221 **	0.186 **	-0.049	-0.059
	显著性	0.176	0.000	0.039	0.000	0.000	0.354	0.267
面积	相关性	-0.143 **	0.150 **	-0.101	0.008	-0.032	-0.070	0.010
	显著性	0.007	0.005	0.058	0.876	0.552	0.191	0.853

注:** 表示差异极显著($P<0.01$);* 表示差异显著($P<0.05$)。

从表 1 可知,火灾发生次数与日照时数、日最高温以及日最低温间有明显的线性关系,均呈显著的正相关,而与其他因子的关系不显著。选择极显著相关的日照时数(x_1)、日均温(x_2)与林火发生次数(y)进行回归分析,回归方程为:

$$y = -0.803 + 0.216x_1 + 0.048x_2 \quad (1)$$

林火发生次数与日照时数和平均气温呈正相关,随着日照时数的增加和日均温的升高,森林火灾发生的可能性上升。回归方程判定系数 $R^2 = 0.071$,检验量 $F = 13.274$,$P = 0.000$,该模型整体显著,具

有统计学意义。

根据过火面积与气象因子的关系可以看出,过火面积与日照时数、日均相对湿度间有明显的线性关系,与其他因子的关系不显著。选择极显著相关的日照时数(x_1)、日均相对湿度(x_2)与过火面积(y)进行回归分析,回归方程为:

$$y = 170.546 + 54.957x_1 - 7.688x_2 \quad (2)$$

过火面积与日照时数呈正相关,与月均相对湿度呈负相关。随着日照时数的增加和日均相对湿度的下降,森林火灾过火面积呈逐渐增加的趋势。回归方程判定系数 $R^2 = 0.032$,检验量 $F = 5.842$,$P = 0.003$,该模型整体显著,具有统计学意义。

4 讨论与结论

4.1 讨论

研究区林火的发生与气象因子间的关系密切,针对火灾发生次数、过火面积二者与气象因子进行相关性分析,结果表明,林火发生次数与日照时数、日均温、日最高温间呈显著正相关,与其他因子无显著相关性。过火面积与日均相对湿度间呈显著负相关,与日照时数呈显著正相关。这一结论与孙海滨等[16]对内蒙古大兴安岭根河林业局以及金河林业局发生的两场火灾进行的研究结果相同。杜建华等[17]对中国森林火灾特征及其与主要气候因子之间关系的研究也表明,气象因子对森林火灾的发生起着重要作用,林火多发生在降水少的干旱年和气温高、相对湿度小的中午。气温可直接影响空气湿度的变化,一般温度升高,湿度下降,导致可燃物干燥[18],同时,强烈的太阳辐射有利于水分的蒸发,使可燃物的温度迅速上升[19],可燃物很容易达到燃点。总之,气温高,日照时数长,相对湿度低,可燃物的含水量就小、易燃,林火一旦发生,将会造成火势蔓延快、强度大,很难扑灭。

随着全球气候变暖,近几年内蒙古大兴安岭地区雷击火发生频繁[20],雷击火的发生和蔓延除受气象因子的影响外,与闪电次数、冲击电流、电流强度等有很大关系[21],因此,在未来研究中应结合更多影响因子,充分考虑各影响因子对研究区林火的控制作用,从而更加全面了解未来林火动态的变化趋势。

4.2 结论

基于内蒙古大兴安岭地区 1990—2019 年森林火灾历史档案以及同期的气象数据,利用 Spss、Origin 和 ArcGIS 等软件对研究区林火与气象因子的关系进行研究。结果表明,林火受气象因子的影响明显。

研究区年均温均在 0℃ 以下,随时间波动明显,总体呈上升趋势。随着温度的升高,林火发生次数随之增加;年均降水量大部分处在 400 mm 以上,随时间变化波动明显,林火发生次数随着降水量的增加而减少;年均相对湿度维持在 60%~70%,变化较小,下降趋势不明显,林火多集中在日均相对湿度 58%~62%,随相对湿度的增大呈先增加后减少的趋势,火点在高湿度和低湿度区间分布较少。

根据火灾次数、过火面积二者与气象因子的相关性分析,得出林火发生次数与日照时数、日均温、日最高温间呈显著正相关,与其他因子无显著相关性;过火面积与日均相对湿度间呈显著负相关,与日照时数呈显著正相关。

参考文献:

[1] CHUVIECO E, GIGLIO L, JUSTICE C. Global characterization of fire activity: Toward defining fire regimes from Earth observation data[J]. Global Change Biology, 2008, 14(7): 1488-1502.

[2] QIN T F D, PLATTNER G K, TIGNOR M, et al. Climate change 2013, in the physical science basis, working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on climate change[M]. United Kingdom and New York, Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

[3] 沈姣姣,宋鸿,曹慧萍,等. 陕西省林火特征及与关键气候因子的关系[J]. 灾害学,2016,31(2):99-105.

[4] GIRARDIN M P, TARDIF J, FLANNIGAN M D. Temporal variability in area burned for the province of Ontario, Canada, during the past 200 years inferred from tree rings[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2006, 111(D17): 1-10.

[5] PAUSAS J G. Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean basin)[J]. Climatic Change, 2004, 63(3): 337-350.

[6] 田晓瑞,舒立福,赵凤君,等. 气候变化对中国森林火险的影响[J]. 林业科学,2017,53(7):159-169.

[7] HESSL A E, MCKENZIE D, SCHELLHAAS R. Drought and Pacific Decadal Oscillation linked to fire occurrence in the inland Pacific Northwest[J]. Ecological Applications, 2004, 14(2): 425-442.

[8] SIBOLD J S, VEBLEN T T. Relationships of subalpine forest fires in the Colorado Front Range with interannual and multidecadal-scale climatic variation[J]. Journal of Biogeography, 2006, 33(5): 833-842.

(下转第 176 页)

因此应当立足自身优势,坚持与时俱进规划引导,完善行业标准和监管体系、配套设施等诸多不足之处,切忌遍地开花。要集中优势力量发展在建项目和规划项目,开创一条体现自身优势的生态康养产业发展之路。深度融合大数据和实体经济的发展,探索应用互联网营销思维溢价销售特色农产品、文化创意产品,打造知名品牌;建立智慧旅游平台,将旅游与交通、景区、餐饮、商贸、康养、康乐等相关服务有机衔接,实现产业互动,为康养产业发展集聚人气;加大与科研院所合作,研发并优先运用可穿戴设备和智能健康电子产品;范围内率先开展影像诊断、病理诊断、远程会诊、病例分析、远程教学等远程医疗项目[12],弥补区域内医疗条件劣势,持续推进健康信息平台建设,逐步实现智慧康养。

参考文献:

[1] 程臻宇 . 区域康养产业内涵、形成要素及发展模式[J]. 山东社会科学,2018(12):141-145.

[2] 房红,张旭辉 . 康养产业:概念界定与理论构建[J]. 四川轻化工大学学报(社会科学版),2020,35(4):1-20.

[3] 潘家华,李萌,吴大华 . 发展康养产业坚守“两条底线”[J]. 农村·农业·农民,2019(1B):52-53.

[4] 丁文珺,熊斌 . 老龄化视域下康养产业的理论内涵、供需困境及发展路径分析[J]. 卫生经济研究,2020,37(10):3-7.

[5] 张绍全 . 发展森林康养产业推进现代林业转型升级的思考[J]. 林业经济,2018(8):42-46.

[6] 张慧琴,翟绪军,何丹 . 基于产业共融的森林康养产业创新发展研究——以黑龙江省为例[J]. 林业经济,2019(8):56-61.

[7] 韩立红,田国双,高环 . 产业融合对森林康养产业发展的影响[J]. 东北林业大学学报,2021,49(8):100-105.

[8] 周功梅,宋瑞,刘倩倩 . 国内外康养旅游研究评述与展望[J]. 资源开发与市场,2021,37(1):119-128.

[9] 杨红英,杨舒然 . 融合与跨界:康养旅游产业赋能模式研究[J]. 思想战线,2020,46(6):158-168.

[10] 李文正 . 陕南地区生态旅游资源分析评价[J]. 安徽农业科学,2008,36(32):4.

[11] 张玲,王晓荣,冯兰荣,等 . 湖北省森林康养产业现状及发展对策[J]. 湖北林业科技,2021(5):65-67,75.

[12] 汪莉霞 . 互联网时代下康养产业智慧化转型研究[J]. 技术经济与管理研究,2021(10):109-112.

[13] 扈剑颖 . 河北省智慧康养产业发展模式研究[J]. 现代商贸工业,2021,42(31):58-59.

[14] 朱业辉 . 基于 SWOT 分析的三明市全域森林康养产业发展对策[J]. 湖北林业科技,2020,49(2):44-47.

[15] 国家旅游局 . 全国康养旅游示范基地标准:LB/T051-2016[S]. 2016.

责任编辑:刘平书

(上接第 109 页)

[9] 傅泽强,戴尔阜 . 大兴安岭森林火险季节动态特征及其气候条件分析[J]. 自然灾害学报,2001(4):113-116.

[10] 赵凤君,舒立福,邸雪颖,等 . 气候变暖背景下内蒙古大兴安岭林区森林火灾发生日期的变化[J]. 林业科学,2009,45(6):166-172.

[11] 郭文,杨宝成,孙学庆,等 . 内蒙古大兴安岭森林火险天气等级预报研究与应用[J]. 内蒙古气象,2010,187(3):3-5.

[12] 岳永杰,韩军,李玉柱,等 . 内蒙古大兴安岭森林涵养水源和保育土壤功能评估[J]. 中南林业科技大学学报,2013,33(12):91-95.

[13] 毕杰和 . 内蒙古大兴安岭林区森林生态状况及保护建议[J]. 内蒙古林业调查设计,2018,41(6):6-8.

[14] 徐化成 . 中国大兴安岭森林[M]. 北京:科学出版社,1998.

[15] 沈姣姣,宋鸿,曹慧萍,等 . 陕西省林火特征及与关键气候因子的关系[J]. 灾害学,2016,31(2):99-105.

[16] 孙海滨,王美莲,张红星,等 . 大兴安岭森林火灾与气象因子相关性研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2012,114(Z1):87-90.

[17] 杜建华,宫殷婷,蒋丽伟 . 中国森林火灾发生特征及其与主要气候因子的关系研究[J]. 林业资源管理,2019(2):7-14.

[18] 舒立福,王明玉,田晓瑞,等 . 我国大兴安岭呼中林区雷击火发生火环境研究[J]. 林业科学,2003(6):94-99.

[19] 王明洁,王志成,殷世平 . 2005 年黑龙江省夏季林火特征及气象环境条件分析[J]. 林业科技,2008,177(2):19-23.

[20] 张恒,张鑫,赵鹏武,等 . 内蒙古森林草原雷击火灾时空分布特征[J]. 东北林业大学学报,2020,48(12):46-51.

[21] 孙瑜,史明昌,彭欢,等 . 基于 MAXENT 模型的黑龙江大兴安岭森林雷击火火险预测[J]. 应用生态学报,2014,25(4):1100-1106.

责任编辑:陈旭