

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. [Shen Jiaojiao, Song Hong, Cao Huiping, et al. Characteristic of Forest Fires and the Relationship between Forest Fires and Key Climate Factors in Shaanxi Province[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(2): 99–105.]

陕西省林火特征及与关键气候因子的关系^{*}

沈姣姣¹, 宋 鸿¹, 曹慧萍¹, 曹 岳²

(1. 陕西省气象服务中心, 陕西 西安 710014; 2. 陕西省森林防火指挥部办公室, 陕西 西安 710082)

摘 要: 采用趋势分析法和相关分析法, 选择年均湿润系数、年均风速、年均气温日较差作为气象指标, 火灾次数和受害森林面积作为火灾指标, 对 1954–2013 年陕西省、陕北、关中和陕南不同地区的气象因子与森林火灾之间的关系进行研究, 为气候变暖背景下林火防治提供理论依据。结果如下: 陕西省森林火灾次数和受害森林面积与时间序列呈反曲线式下降, 1950 年代至 1960 年代前期陕西森林火灾频发, 1990 年代后火灾减少并趋于稳定。陕西林火每个月都有发生, 89.3% 的受害森林面积集中在 1–5 月, 每天的 10–12 时和 13–16 时是火险高发时段, 且火灾等级较高。陕西省火灾分布具有明显的地域特征。年均湿润系数和年均气温日较差表现出下降趋势, 年均风速在 21 世纪以来逐渐加大。气候因子对森林火灾的影响具有地域性和滞后性, 年均湿润系数、年均风速和年均气温日较差均对当年森林火灾表现出正相关。目前陕西林火逐渐减少并趋于稳定, 气候变化背景下, 未来森林火灾风险将进一步加剧。

关键词: 林火特征; 气候因子; 滞后性; 火灾频次; 受害森林面积

中图分类号: X43; S762.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2016)02–0099–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.02.020

在森林面临的诸多灾害中, 以森林火灾对森林资源的危害最大, 全世界每年发生森林火灾几十万次, 受灾面积达几百万公顷, 约占森林总面积的 0.1%, 我国平均每年由森林火灾造成的森林受害率达 0.83%^[1–2]。森林火灾的发生发展与气候因子有着密切的关系, 在气候变暖背景下, 高温干旱、大风天气频发, 辐射增强, 蒸发量大, 极端气候事件频率增大、强度增加, 这些都会导致林火机率和强度增大; 另外, 气候变化会引起森林植被类型、可燃物载量及干湿程度的变化, 从而影响林火行为和火灾的危害程度^[3]。目前气候变化已经对我国森林植被的分布、面积、结构以及生产力等产生了很大影响^[4]。湿度(降雨量)、温度、风速等与林火的发生和蔓延有直接的关系^[5–6], 不同地区森林火灾的发生都有各自的主导气象因子, 在某些年份森林火灾的发生可能是由于极端气候导致^[7–8]。近年来, 极端气象事件已对森林产生了不利影响^[9], 2005 年江西持续干旱, 对新造林成活率以及森林火灾影响很大; 2008 年初发生在我国南方的雨雪冰冻灾害, 导致林木大

批折断, 地表可燃物猛增, 对森林生态系统造成毁灭性影响。

在气候变暖的背景下, 全球很多林区的林火动态已发生了明显变化, 目前主要的研究方向包括林火频率、林火行为(蔓延速度、火强度和火烈度等)、受害森林面积、林火周期、火险期(始终日和火险期长度)等方面。Girardin 等对加拿大安大略省北方林^[10]、Pausas 对地中海盆地伊比利亚半岛森林^[11]的研究中都得出了近些年来林火频率增加的结论。Florent 等^[12]研究发现, 气候变化导致 2 次连续火灾之间的间隔期缩短, 灌木林间隔期从 20 年缩减至 16 年, 林地则从 72 年缩减至 62 年。田晓瑞等^[13]研究发现, 1950–2000 年中国森林火灾受害森林面积总体上呈下降趋势, 1976–1995 年受害森林面积迅速减少, 1995 年以后受害森林面积基本控制在比较低的水平, 年际间变化不大。随着气候变暖, 年际间降水量波动性增大, 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在 20 世纪 80 年代以来出现增长趋势, 火险季节由南向北逐渐迁移^[14]。在气

^{*} 收稿日期: 2015–07–03 修回日期: 2015–10–26

基金项目: 陕西省气象局 2014 年度研究型业务重点科研项目“森林火险预报预警技术应用研究”(2014Z–2); 陕西省气象服务中心业务服务类课题(2014–3)

作者简介: 沈姣姣(1986–), 女, 山西运城人, 硕士, 工程师, 主要从事应用气象和公共气象服务研究。

E-mail: 053431211@163.com

候变暖的背景下,大兴安岭林区夏季高温少雨,干雷暴极易引燃雷击火,1999 年以来雷击火源特别是夏季雷击火源引起的森林火灾呈增多趋势^[15]。也有学者研究 El Nino 和 La Nina 对森林火灾的影响^[16-19]。

陕西地形复杂,森林资源丰富,森林火灾频发,本文通过近 60 年气候变化规律和森林火灾发生规律的研究,分析陕西省各地区森林火灾的特点,及与关键气候因子的关系,探索在气候变暖的背景下,气候因子对当地森林火灾的影响机理,为科学防范森林火灾的发生发展,最大限度地减少森林损失提供理论依据。

1 研究区概况

陕西省地处我国西北内陆的中纬度地区,地处 105°29′~111°15′E 和 31°42′~39°35′N 之间,全省地域南北长、东西窄,南北长约 880 km,东西宽约 160~490 km,可分为陕北黄土高原、关中平原和陕南秦巴山地地貌区。陕北黄土高原海拔 800~1 300 m,约占全省总面积的 45%,地理上包括榆林和延安。关中平原西起宝鸡,东至潼关,平均海拔 520 m,面积约占全省土地总面积的 19%,地理上包括宝鸡、咸阳、铜川、西安和渭南。陕南秦巴山地包括秦岭、巴山和汉江谷地,约占全省土地总面积的 36%,地理上包括汉中、安康和商洛。陕西属大陆性季风气候,冬季受蒙古冷高压控制,寒冷干燥,夏季受西太平洋副热带高压和印度低压影响,炎热多雨,春秋为过渡季节,春暖干燥,秋凉湿润,年平均气温 7~16℃,年降水量 320~1 258 mm。

陕西省森林火灾主要发生在冬春季节(12 月至次年 5 月),每年 10 月 1 日至次年 5 月 1 日为森林防火期。陕西省现有森林面积 767.6 万 hm²,森林覆盖率 37.3%,省内森林主要分布在秦岭、巴山、关山一带,由于自然、社会、火源管理等方面的问题,森林火灾发生比较频繁,火灾损失严重,森林防火工作十分艰巨。

2 数据与方法

2.1 数据来源

气象数据来源于陕西省气象局资料档案馆,包括 1954~2013 年陕西省 10 个地市(榆林、延安、铜川、咸阳、宝鸡、渭南、西安、汉中、安康和商洛)的逐日最高气温、最低气温、平均气温、平均风速、降水量、平均相对湿度,依据逐日气象资料统计得到逐月和逐年的平均值。

森林火灾数据包括火灾次数和受害森林面积,

火灾数据来源于陕西省森林防火指挥部办公室提供的 1954~2013 年陕西省森林火灾数据(1967~1972 年无火灾数据)、1990~2013 年各市逐月森林火灾数据和 2010~2013 年各地区逐日森林火灾数据(包括起火时间、地点、火险等级、过火面积、受灾面积、起火原因等)。森林火灾根据《全国森林防火条例》的统一标准进行分类,即森林火警:受害森林面积不足 1 hm²或者其他林地起火的;一般森林火灾:受害森林面积在 1 hm²以上不足 100 hm²的;重大森林火灾:受害森林面积在 100 hm²以上不足 1 000 hm²的;特大森林火灾:受害森林面积在 1 000 hm²以上的。本研究中把重大森林火灾和特大森林火灾归为较大森林火灾。

2.2 火灾指标与气象因子的选取

与森林火灾发生有关的气象约束条件是气温、空气湿度、风速和降水。本文选取年均湿润系数、年均风速、年均气温日较差 3 个因子作为气象指标;火灾次数和受害森林面积作为火灾指标。年均湿润系数根据伊凡诺夫公式求得,公式如下:

$$D = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} D_i; \quad (1)$$

$$D_i = \frac{P_i}{E_i}; \quad (2)$$

$$E_i = 0.0018(100 - R_i)(25 + T_i)^2. \quad (3)$$

式中: D 为年均湿润系数; D_i 为第 i 月湿润系数; P_i 为第 i 月降水量(mm); E_i 为第 i 月潜在蒸发量(mm); R_i 为第 i 月平均相对湿度(%); T_i 为第 i 月平均气温(℃)。

2.3 分析方法

2.3.1 气象数据分析

根据各气象要素的逐日数据,计算得到陕西省、陕北、关中和陕南地区逐月和逐年的平均值。以时间为自变量,气象要素为因变量,进行线性方程拟合,根据方程系数的大小,判断气象要素变化趋势的强弱。

$$y = a + bt. \quad (4)$$

式中: y 为气象要素值; t 为年份; a 、 b 由最小二乘法决定, b 表示气象要素上升或下降的趋势。

2.3.2 火灾数据分析

以时间为自变量,森林火灾数据(包括火灾次数和受害森林面积)为因变量,利用曲线函数对两者的变化趋势进行拟合,研究森林火灾的时间变化规律。此过程在 Origin 软件中进行。

2.3.3 森林火灾与气候因子的相关性分析

运用相关分析法对森林火灾与时间序列进行互相关性分析,显著性水平设定为 0.05,找出与陕西省、陕北、关中和陕南各地区森林火灾显著相关的气候因子,判断气候因子是否对不同地区森林火灾影响具有滞后性并判断其差异。此过程在 SPSS 软件中进行。

3 结果与分析

3.1 陕西省森林火灾时间演变特征

3.1.1 森林火灾的年际变化特征

从图 1(a)可以看出, 1954–2013 年陕西省共发生 11 396 次火灾, 火灾次数与时间序列呈现反曲线式下降。1950 年代火灾发生次数较频繁, 且年际间差异显著; 1960 年代后迅速减少, 1978 年(508 次)和 1987 年(736 次)出现异常高值; 1989 年后火灾次数显著减少并趋于稳定, 1989–2013 年平均为 72 次/年。

从图 1(b)可以看出, 1954–2013 年陕西省森林火灾面积为 109 132.98 hm^2 , 年均 2 098.7 hm^2 /年, 火灾面积与时间序列呈现反曲线式下降。年受害森林面积与年火灾次数有较强的相关性, 相关系数达到 0.77。1950 年代中期至 1960 年代前期, 森林受灾面积相对较广, 可能与在此期间森林火灾频发有关(1954–1963 年年均火灾次数为 667.2 次/年)。1970 年代中期后, 森林火灾面积出现减少趋势, 但在 1978 年(8 800 hm^2)、1980 年(4 733 hm^2)和 1987 年(3 980 hm^2)出现异常高值; 1989 年后火灾面积显著减少且趋于稳定, 1989–2013 年平均为 338.9 hm^2 /年。

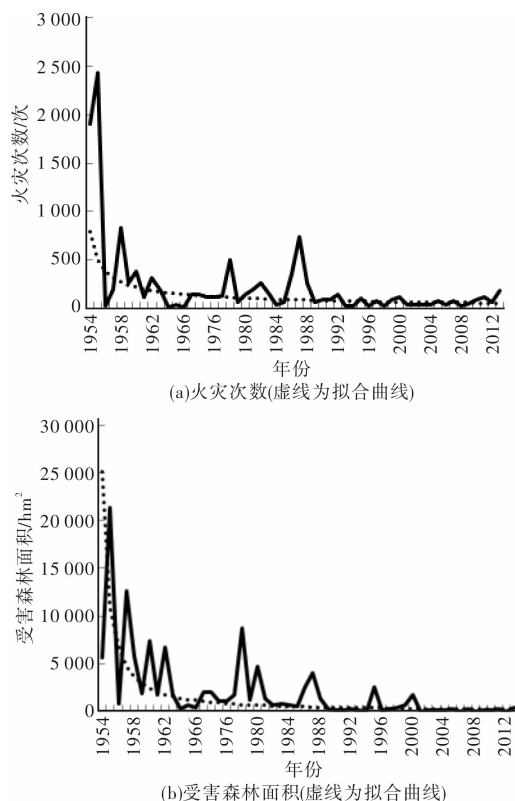


图 1 陕西省森林火灾的年际变化

整体看来, 近 60 年来陕西省森林火灾次数和受害森林面积呈下降趋势, 1950 年代至 1960 年代前期火灾发生频繁, 受灾面积较广; 1990 年代后

森林火灾显著减少且基本趋于稳定, 受灾面积相应也减少, 这与全国森林火灾受害面积变化趋势基本一致^[13]。仔细研究发现, 陕西省发生火灾次数较多和受害森林面积较大的年份多集中在 1955 年, 1957 年, 1978 年和 1987 年, 这与全国森林火灾次数和受害森林面积出现高值的时间段恰好吻合^[8]。究其原因, 可能与这几年气候异常干旱少雨, 气温偏高有关。

3.1.2 森林火灾的年内分布特征

通过对陕西省火灾样本数据分析发现(图 2), 陕西省林火在每个月都有发生, 其中 12 月至次年 5 月是火灾发生高峰期, 火灾次数呈现直线式增长, 平均每月可增加 77 次, 89.3% 的受害森林面积集中在 1–5 月。4 月份为每年火灾发生频率最高的时期, 平均为 468 次/月; 自 6 月份开始火灾逐渐少发, 7–11 月火灾发生明显减少, 只是偶有发生, 相应地, 受害森林面积也逐渐减少。

分析陕西省森林火灾年内分布差异较大的原因可能有以下几个方面, 大气环流规律性波动引起的, 12 月至次年 2 月是陕西的冬季, 多寒潮大风天气, 盛行干燥强盛的偏北风, 空气干燥使树木和地表物含水量降低, 一旦星火燎原, 风助火势, 火借风威, 往往造成严重的森林火灾。5 月份进入夏季, 陕西盛行暖湿的西南气流, 雨水增多, 树木返青, 植株含水量增加, 地表物湿度增加, 森林火灾发生几率减少, 即使发生, 如果扑救及时, 火势也容易控制。人类活动直接影响森林火灾发生的几率。12 月至次年 3 月为冬春季节, 天寒地冻, 林区几乎不会受到人为干扰作用; 4 月份天气逐渐暖和, 积雪融化, 万物吐新, 踏青休闲活动增多, 加上清明节前后(4 月上旬)进山祭祀活动较多, 4 月份成为一年中森林火灾高发时段。综合气候和人为两方面的因素及陕西多年森林火灾发生的规律, 认为 1–5 月是陕西森林火灾的高发期, 应加强森林防火工作。

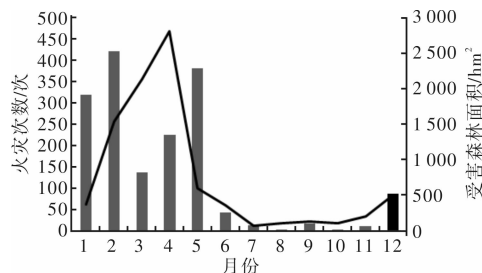


图 2 陕西省森林火灾的年内分布

3.1.3 森林火灾的日分布特征

统计 2010–2013 年陕西省共 426 个火灾数据样本, 发现 10–12 时和 13–16 时是一天中森林火灾高发时段(图 3), 其中 13–16 时时段内共发生火灾 221 次, 约占火灾总频次的 51.9%; 10–12 时共发生 103 次, 约占火灾总频次的 24.2%; 其

余时段内发生火灾 102 次, 约占火灾总频次的 23.9%。相对而言, 07-09 时和 21-06 时为一天中森林火险少发时段, 可能与该时段内太阳辐射弱、空气湿度小和人为活动对森林干扰较少有关。

进一步研究发现, 10-12 时和 13-16 时时段内不仅森林火灾频发, 而且火灾等级较高(图 3)。10-12 时和 13-16 时时段内发生的较大森林火灾占到火灾总频次的 74.3%, 13-16 时时段内较大森林火灾占到 43.9%。遵循“日出而作, 日落而息”的规律, 人类多选择在太阳升起后活动, 加上中午前后太阳辐射强烈, 气温回升快, 空气湿度小, 稍有火苗就可引发火势蔓延, 所以中午前后(10-12 时和 13-16 时)森林火灾不仅频发而且火势大, 是一天中森林防火的关键时段。

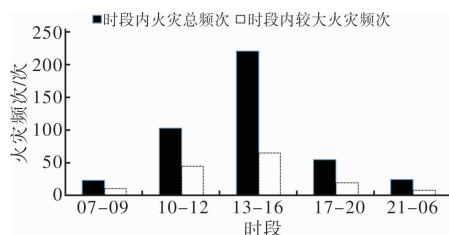


图3 陕西省森林火灾频次的日分布图

3.1.4 森林火灾的地区特征

1990-2013 年陕西省共发生森林火灾 1 671 次, 受害森林面积 9 475.5 hm^2 。陕南地区(包括汉中、安康和商洛)达 767 次, 累计占陕西省森林火灾总次数的 45.9%, 受害森林面积占该时段内陕西省受害森林面积的 41.8%, 可见陕南地区尤其是中东部的安康和商洛地区, 是陕西森林火灾较严重的地区(图 4)。该地森林火灾频发的原因可能有以下两个方面: 一是与陕南特殊的地理位置有关。陕南地处秦岭腹地, 树林品种繁多, 植被密度大, 目前已打造出“四季皆景”的旅游文化, 春季爬山踏青、夏季避暑纳凉, 秋季赏满山红叶, 冬季秦岭踏雪, 秦岭一带俨然已成为周边人民休闲的后花园。随着近年旅游人数增多, 人为活动对森林原始植被造成了干扰, 野炊、吸烟、祭祀等活动大大增加了森林火灾发生的风险。另一方面原因可能在于, 陕西省现有的原始森林多集中在秦岭、巴山等高寒偏远山区, 人少、交通不便, 林火管理较弱, 一旦发生森林火灾, 扑救不及时容易酿成森林大火。

陕北地区(包括榆林和延安)森林火灾次数达 332 次, 受害森林面积达 2 746.2 hm^2 , 约占该时段内全省受害森林面积的 29.0%, 该地区森林火灾次数相对较少, 但是受害森林面积比例相对较高, 可能因为陕北地区雨水稀少、气候干燥, 加上近些年退耕还林政策的落实, 林草覆盖面积迅速增加, 稍有火源极易引发火势大规模蔓延。

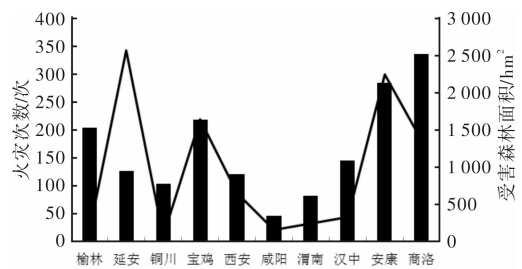


图4 陕西省森林火灾的地区分布

相对而言, 关中地区(包括铜川、西安、咸阳、宝鸡和渭南)为陕西省森林火灾少发地区, 1990-2013 年关中地区共发生森林火灾 572 次, 受害森林面积为 2 768.44 hm^2 。分析该地区森林火灾相对较少的原因与关中地区原始森林面积较少, 火灾扑救及时有关; 尤其是中东部的咸阳和渭南是关中甚至陕西省森林火灾少发地区。

3.2 陕西省主要气候因子与森林火灾的关系

3.2.1 湿润系数的变化

湿润系数直接反映一个地区气候的干湿状况, 也可间接反映森林的火险程度。湿润系数越大, 气候越湿润, 森林火险程度越低; 反之, 气候就越干燥, 森林火灾发生的危险性越大^[20]。

从图 5(a)可以看出, 陕南地区湿润系数最大, 多年平均值为 0.92; 其次为关中, 为 0.67; 陕北地区最小, 为 0.43, 陕西省湿润系数为 0.70, 介于关中和陕南之间。由图可以看出, 陕西及各地区年均湿润系数变化同步, 总体均呈下降趋势; 不同地区年均湿润系数下降趋势各异, 陕北和关中下降趋势较一致, 每 10 年湿润系数下降 0.03; 陕南和全省年湿润系数下降趋势较陕北和关中略弱, 每 10 年湿润系数下降 0.02。整体来看, 陕西省及各地气候均有变干的趋势, 未来森林火灾风险将进一步加剧。

3.2.2 风速的变化

风对森林火灾的发生和蔓延起着重要的作用, 风能加速水分蒸发, 促进森林地被物干燥, 并对火灾起着加氧和加速火势蔓延, 散播着火点的作用^[21]。

从图 5(b)可以看出, 陕西各地区风速变化较一致, 陕西、陕北和关中地区风速在 1950-1960 年代较大, 1960 年代末期至 1970 年代初逐渐减缓, 1970 年代至 1980 年代下降趋势较明显, 1990 年代为风速较缓时期, 2002 年后各地区风速再次加大。就地区而言, 陕北地区风速最大, 年均为 2.0 m/s ; 其次为关中, 为 1.8 m/s ; 陕南地区最小, 为 1.6 m/s , 陕西省年均风速为 1.8 m/s , 介于陕北和关中之间。整体来看, 陕西省及各地风速在 21 世纪以来均有加大的趋势, 未来森林火灾风险将有可能进一步加剧。

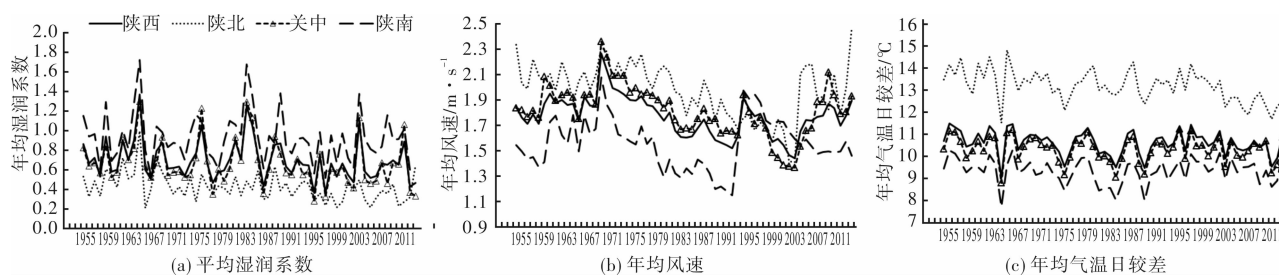


图5 陕西各地区关键气候因子年际变化趋势

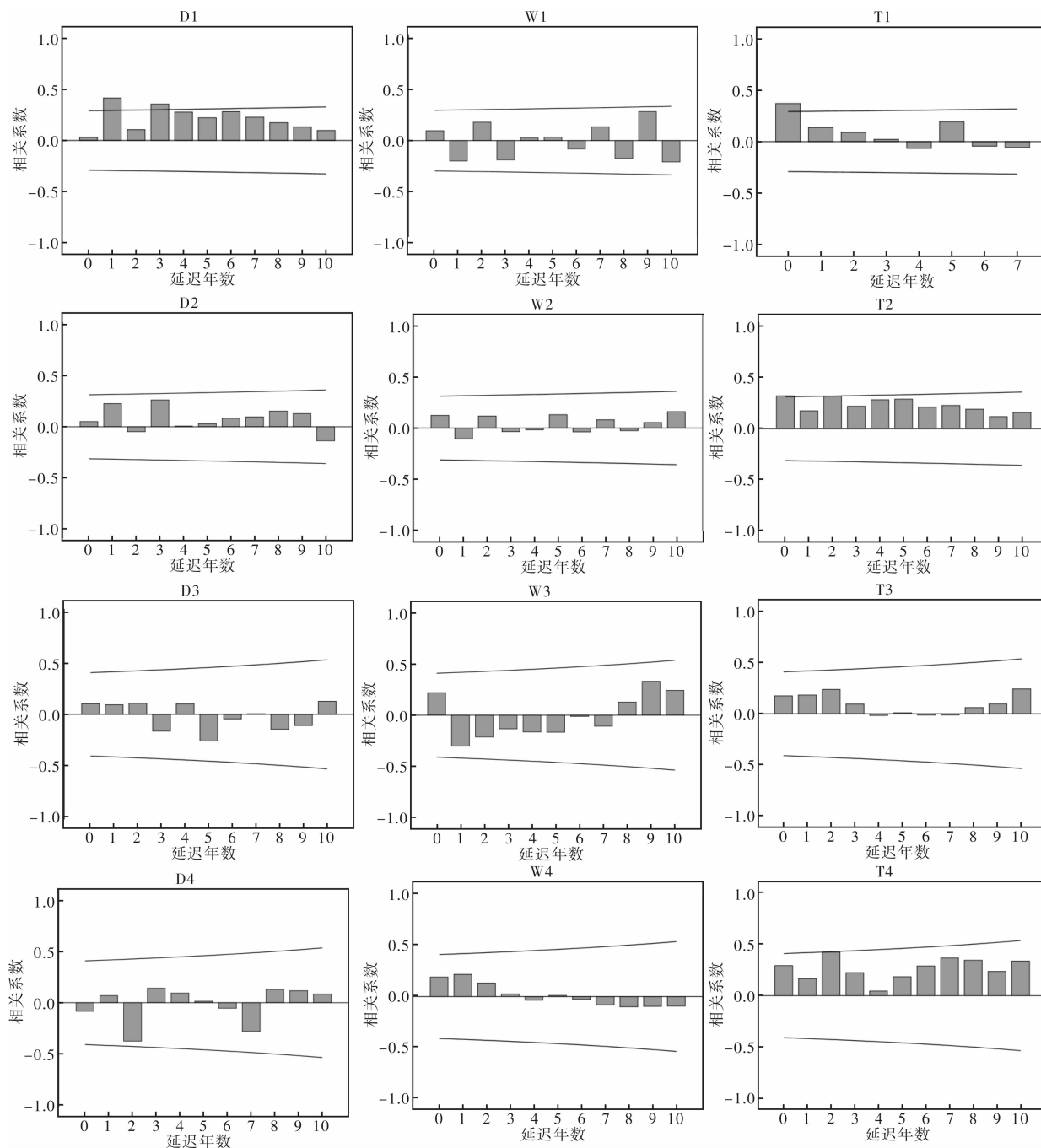


图6 陕西省不同地区森林火灾与关键气候因子的相关性分析

(D: 年均湿润系数; W: 年均风速; T: 年均气温日较差; D1、W1、T1: 陕西; D2、W2、T2: 陕北; D3、W3、T3: 关中; D4、W4、T4: 陕南; 横线为相关系数在 $\alpha = 0.05$ 水平上的显著性检验)

3.2.3 气温日较差的变化

日较差的大小反映了一个地区的气候特点,日较差越大,大陆性气候越强,气候越干燥,晴天日较差较大,阴天日较差较小。一般来说,一天中日较差越大,气候越干燥,森林火灾可能性增加^[3]。

从图 5(c)可以看出,陕北地区气温日较差较大,年均 13.3℃;其次是陕西省和关中地区,分别为 10.7℃和 10.4℃;陕南地区气温日较差最小,为 9.4℃。从年际间变化趋势来看,陕北地区气温日较差下降较明显,倾向率为 $-0.2^{\circ}\text{C}/10\text{a}$;关中、陕南和陕西全省气温日较差在年际间均有微弱的下降趋势,但下降趋势并不显著。整体来看,陕西及各地年均气温日较差有强度不一的下降趋势,森林火险有可能会出现的微弱下降。

3.3 关键气候因子对陕西森林火灾影响的滞后性

气候因子对森林火灾发生的影响存在滞后性,森林火灾的发生与前期的气象条件密切相关^[11]。对陕西省、陕北、关中和陕南地区森林火灾与同期气象数据进行相关性分析,探究气候因子对各地区森林火灾的影响。

从图 6 可以发现,年均湿润系数和年均气温日较差与陕西省森林受害面积呈正相关,年均湿润系数的滞后期为 1~3 年,年均气温日较差滞后期为 0 年,即湿润系数对森林火灾存在较明显的滞后性,而年均气温日较差仅对当年的森林火灾影响较显著;年均风速对森林受害面积影响不显著。

年均湿润系数和年均气温日较差与陕北地区森林受害面积呈正相关,年均气温日较差不仅影响当年森林火灾,而且可影响随后年份内森林火灾的发生,滞后期为 1~2 年。年均湿润系数和年均风速对陕北地区森林火灾影响的滞后性不显著。

年均湿润系数、年均风速和年均气温日较差与关中地区森林火灾关系不显著,年均气温日较差对森林受害面积呈正相关。

年均气温日较差与陕南地区森林火灾呈正相关,滞后期为 0~2 年;年均风速与未来两年内森林火灾呈正相关,但是相关性并未达到显著性水平;年均湿润系数与陕南地区森林火灾的相关性不显著。

4 结论与讨论

陕西省林火具有明显的年际特征。陕西省森林火灾次数和受害森林面积与时间序列呈现反曲线式下降,1950 年代至 1960 年代前期火灾发生频繁,1990 年代后森林火灾显著减少且基本趋于稳定,可能与社会防火意识增强和控火能力提高有关;受害森林面积与火灾次数有较强的相关性。森林火灾的年际变化不仅与植被、地形地貌有关,

还与大气环流的气候变化有关,雨水多的年份,空气湿度大,火险等级低,森林火灾发生的次数就少,受害森林面积就少;反之,干旱的年份,雨水少,则容易发生较大的火灾。

陕西省林火具有明显的时段性。陕西省林火每个月都有发生,1~5 月是森林火灾高发期,4 月份为每年火灾发生频率最高的时期;6 月份开始火灾逐渐少发,7~11 月火灾明显减少,受害森林面积也逐渐减少。每天 10~12 时和 13~16 时是一天中森林火险高发时段,该时段内火灾次数和较大火灾次数分别占到火灾总频次和较大火灾频次的 76.1% 和 74.3%。

陕西省林火具有明显的地域性。就各项火灾指标来判断,陕南地区森林火灾次数最多,受害森林面积最广,其次为陕北,关中地区森林火灾相对少发。这可能与森林地域性、林木特征、气候特征等综合因素有关。

气候因子对陕西省林火的影响具有滞后性。年均湿润系数、年均风速和年均气温日较差均对当年森林火灾表现出正相关。年森林受害面积不仅受当年气温日较差的影响,还受前 1~2 年气温日较差的影响,原因是气温日较差主要反映了气候的干燥度,前 1~2 年的气候干燥状况可以间接影响地表物的干湿程度来影响森林火灾的发生和发展。年湿润系数影响当年和随后 1~2 年内森林火灾的发生,这是因为陕西省的森林火灾多发生在空气干燥的冬春季节,受前一年降雨量影响较大,而湿润系数的大小取决于降雨量的影响。

本研究中陕西省森林受害区域仅以陕北、关中和陕南进行传统分区,进一步研究应考虑植被生态、树种等因素。由于气候条件异常,往往在非防火期内发生火灾,陕西省内一年四季每个月内都有火灾发生,加上在气候变暖的背景下,林区内树木物候期也会相应调整,所以目前的森林防火期应在综合考虑物种、气候、物候等因素的基础上重新界定。

参考文献:

- [1] 苏力华,楼玫娟,肖金香,等. 气象卫星遥感监测在森林防火中的应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2004, 32(11): 85-88.
- [2] 舒立福,田晓瑞,李红. 世界森林火灾状况综述[J]. 世界林业研究, 1998(6): 41-47.
- [3] 陈锋,林向东,牛树奎,等. 气候变化对云南省森林火灾的影响[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(6): 7-15.
- [4] 李克让,陈育峰. 全球气候变化影响下中国森林的脆弱性分析[J]. 地理学报, 1996, 51(Supp. 1): 40-49.
- [5] 曲智林,胡海清. 基于气象因子的森林火灾面积预测模型[J]. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2705-2709.
- [6] 张尚印,祝昌汉,陈正洪. 森林火灾气象环境要素和重大林火研究[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(2): 111-117.

- [7] 李德, 牛树奎, 龙先华, 等. 四川省森林火灾与气象因子的关系[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(6): 67–74.
- [8] 韩建军, 曾前. 我国气候异常对森林火灾发生的影响[J]. 森林防火, 2003(1): 15–16.
- [9] 魏书精, 孙龙, 魏书威, 等. 气候变化对森林灾害的影响及防控策略[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 36–40.
- [10] 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* (1984–2012), 2006, 111, D17108, doi: 10.1029/2005JD006815.
- [11] Pausas J G. Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin) [J]. *Climatic Change*, 2004, 63(3): 337–350.
- [12] Florent M, Serge R, Richard J. Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem [J]. *Global Change Biology*, 2002, 8: 423–437.
- [13] 田晓瑞, 刘晓东, 舒立福, 等. 中国森林火灾周期振荡的小波分析[J]. 火灾科学, 2007, 16(1): 55–59.
- [14] 傅泽强, 戴尔阜. 大兴安岭森林火灾季节动态特征及其气候条件分析[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(4): 113–116.
- [15] 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.
- [16] 王明玉, 舒立福, 田晓瑞, 等. ENSO 对黑龙江省森林火灾的影响[J]. 林业科学研究, 2010, 23(5): 644–648.
- [17] 田晓瑞, 舒立福, 阿力甫江. 林火研究综述(Ⅲ)—ENSO 对森林火灾的影响[J]. 世界林业研究, 2003, 16(5): 22–25.
- [18] 王述洋. 厄尔尼诺—南方涛动异常对森林火灾年际活动规律的影响[J]. 世界林业研究, 1993, 1: 31–38.
- [19] 王述洋. 森林火灾重灾时段对太阳活动、厄尔尼诺、南方涛动异常的响应[J]. 灾害学, 1993, 8(2): 27–32.
- [20] 杨美和, 高颖仪, 孙文举. 森林火灾与湿润系数关系的研究[J]. 吉林林学院学报, 1997, 13(1): 10–14.
- [21] 韩志刚, 田大伦, 张贵, 等. 气候变化对林火时空动态的影响研究综述[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(5): 44–49.

Characteristic of Forest Fires and the Relationship between Forest Fires and Key Climate Factors in Shaanxi Province

Shen Jiaojiao¹, Song Hong¹, Cao Huiping¹ and Cao Yue²

(1. *Shaanxi Meteorological Service Center, Xi'an 710014, China;*

2. *Office of Forest Fire Command in Shaanxi Province, Xi'an 710082, China)*

Abstract: In order to study the characteristic of forest fires and the relationship between forest fires and the key climate factors, and provide theoretical basis for forest fire prevention under the background of climate warming, trend analysis and correlation analysis are used in the study, annual mean moisture coefficient, annual mean wind speed, and annual mean daily temperature range are analyzed as meteorological index, the number of forest fires and the forest fire-burnt area are analyzed as forest fire index. The relationship between forest fires and the key climate factors are studied from 1954 to 2013 in Shaanxi, the northern part of Shaanxi, the central region of Shaanxi, and the southern part of Shaanxi. The results show that, the number of forest fires and the forest fire-burnt area decreased in inverse curve way with the time series. Forest fires occurred frequently in the 1950s to the early 1960s, reduced and stabilized since the 1990s. There were forest fires in every month, and 89.3% of the forest fire-burnt area occurred in January, February, March, April and May. Most of the forest fires especially the bigger fires happened at 10-12 am and 13-16 pm in every day. Forest fires appeared apparent geographical features in Shaanxi province. Annual mean moisture coefficient and annual mean daily temperature range showed a downward trend, while annual mean wind speed increased since the beginning of the 21th century. Impact of climate factors on forest fires performed regional and lagging features. Annual mean moisture coefficient, annual mean wind speed, and annual mean daily temperature range all showed positive correlation to forest fires in the same year. Now forest fires in Shaanxi reduced and stabilized at a low level, the risk of forest fire will aggravate in the future under the background of climate warming.

Key words: characteristic of forest fires; climate factors; lagging features; the number of forest fires; forest fire-burnt area