

# 甘肃森林火灾的分布特征及其与 归一化差分植被指数的关系

黄玉霞, 王宝鉴, 许东蓓, 蒲素

(中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃兰州 730020)

**[摘要]** 利用甘肃省各林区16年的森林火灾资料,分析了火灾的时空分布特征。结果表明,甘肃省森林火灾主要集中在2~3月份;森林火灾平均开始于10月下旬,结束于5月中旬;地域分布主要集中在马衔山、小陇山、白龙江等林区。此外,利用NOAA气象卫星资料研究发现,遥感监测到的归一化差分植被指数与森林火灾发生率有较好的负相关关系,因此归一化差分植被指数可用于森林火灾的预警研究。

**[关键词]** 森林火灾;时空分布;卫星遥感;归一化差分植被指数

**[中图分类号]** S762.1

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2006)05-0126-05

有研究<sup>[1]</sup>发现,全球最近50年的气候变暖可能主要是由于人类活动引起大气中CO<sub>2</sub>浓度迅速增加而造成的温室效应加剧导致的。森林作为陆地生态系统的主体,素有“地球之肺”的美誉,其每生产10 t干物质将吸收CO<sub>2</sub> 16 t,释放O<sub>2</sub> 12 t。董文福等<sup>[2]</sup>指出,如果森林固定的碳大于释放的碳,就成为碳汇,反之成为碳源。在全球碳循环的过程中,森林是一个大的碳汇,但若受到火灾、病虫害、冻害等森林灾害的影响,森林生态系统就可能成为碳源,这将更加加剧全球的温室效应,进一步导致生态环境的恶化。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,我国平均每年由森林火灾造成的森林受害率达0.83%,居世界首位<sup>[3]</sup>。森林火灾不仅能烧毁森林,而且还能降低森林更新能力,引起土壤贫瘠并破坏森林涵养水源的作用,甚至导致生态环境破坏,造成大气污染<sup>[4]</sup>。因此,开展森林火灾监测预警具有十分重要的意义。

甘肃省位于黄土高原、青藏高原、蒙古高原三大高原交汇地带,地跨亚热带、暖温带、温带和高山寒漠带,自然条件严酷,生态环境脆弱,森林覆盖率为9.9%,居全国第25位<sup>[5]</sup>,是森林资源相对贫乏的内陆省份。因此,分析甘肃省的森林火灾分布特征,研究科学有效的火灾预警技术,对甘肃省林火预防、减少火灾损失具有重要意义。随着人造卫星和遥感探测技术的发展,气象卫星在森林火灾的监测预警中

发挥着更为积极的作用<sup>[3,6]</sup>,但将卫星数据反演得到的表征森林可燃物含水率的归一化差分植被指数,应用于森林火灾预警的研究却很少见。本研究分析了甘肃省森林火灾的时空分布特征,并利用气象卫星遥感监测技术,研究了归一化差分植被指数与森林火灾的相关关系,以期能为森林火灾预警提供技术支持。

## 1 资料来源与研究方法

### 1.1 资料来源

**火灾资料** 1988~2003年白龙江、洮河、小陇山、子午岭、太子山、大夏河、岷江、康南、关山、祁连山、马衔山等11大林区的森林火灾资料,由甘肃省林业厅防火办提供。

**卫星遥感资料** 1990-01~1994-09和1995-01~2001-09逐旬的NOAA卫星AVHRR资料,格距为0.072°×0.072°。由中国气象局卫星气象中心提供。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 甘肃省森林火灾的时空分布特征** 分年份、月份和林区统计1988~2003年11个林区的森林火灾资料,分析甘肃省森林火灾的月际、年际变化特征及空间分布特征。

**1.2.2 归一化差分植被指数的测算及其与森林火灾发生次数的相关分析** NOAA气象卫星的

**[收稿日期]** 2005-08-19

**[基金项目]** 甘肃省自然科学基金项目(ZS031-A25-025-G);甘肃省气象局课题资助(2003-04)

**[作者简介]** 黄玉霞(1976-),女,甘肃兰州人,工程师,硕士,主要从事专业气象研究。E-mail:huangyx@gsm.a.gov.cn

AVHRR 辐射计共有 5 个遥感通道,本研究采用通道 1(0.58~0.68  $\mu\text{m}$ )与通道 2(0.725~1.1  $\mu\text{m}$ )探测到的地物白天对太阳辐射中可见光和近红外光的反射率  $CH_1$  和  $CH_2$  的组合,计算归一化差分植被指数(NDVI),其计算公式如下:

$$\text{NDVI} = (\text{CH}_2 - \text{CH}_1) / (\text{CH}_2 + \text{CH}_1)$$

式中, $CH_1$  和  $CH_2$  分别表示经订正处理后 AVHRR 通道 1 和 2 的反射率。旬归一化差分植被指数由 10 d 中每个点的最大值组成并经滤波处理生成。

为了探讨 NDVI 在森林火灾预警中的作用,采用数理统计方法,计算每个月森林火灾发生次数与每个月 NDVI 间的相关系数,以分析二者的相关关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 甘肃省森林火灾的时空分布特征

由于甘肃省特殊的地形、气候等自然条件,其境内植物资源丰富,森林类型较多,植被垂直地带分布着亚热带植物、高山灌丛和高山寒漠带植物;而水平地带则分布着常绿阔叶与落叶阔叶混交林带、夏绿阔叶林带、森林草原带、草原带、荒漠草原带和荒漠带等 6 个主要植被带。据第 5 次甘肃省森林资源调查结果显示,至 2001 年,甘肃省林业用地面积为

802.72 万  $\text{hm}^2$ , 占全省土地总面积的 17.85%, 森林覆盖率仅为 9.90%, 而这些森林多分布在甘肃省南部和东南部的白龙江、洮河、小陇山、子午岭、太子山、大夏河、岷江、康南、关山、祁连山、马衔山等 11 个主要林区。

2.1.1 森林火灾的年际变化 由图 1 可知,甘肃省 1988~2003 年共发生森林火灾 237 次,平均 14.8 次/年。其中火警 190 次,占火灾总数的 80.2%;一般火灾 44 次,占火灾总数的 18.5%;重大火灾 3 次,占火灾总数的 1.3%。相对而言,1997~2000 年是甘肃省森林火灾频发的时期,4 年内共发生火灾 76 次(平均 19 次/年);进入 21 世纪以后火灾次数有所减少。值得注意的是,1992 年甘肃共发生森林火灾 72 起,是近 16 年年均火灾次数的 4.9 倍,平均 5.1 d 发生 1 起森林火灾。武文杰<sup>[7]</sup>认为,一个地区发生特大森林火灾确实有其特殊的气象条件,在火灾发生之前往往出现降水量少、连续干旱、气温偏高、风大等异常天气现象。1991 年甘肃省年降水量为 330 mm,较历年平均减少 75.5 mm,减幅达 19%。由此可见,1991 年降水减少导致的严重干旱是 1992 年火灾频发的主要原因之一。另外,1997~2000 年森林火灾的频发,也与甘肃省连续 5 年高温少雨的干旱气候相对应。

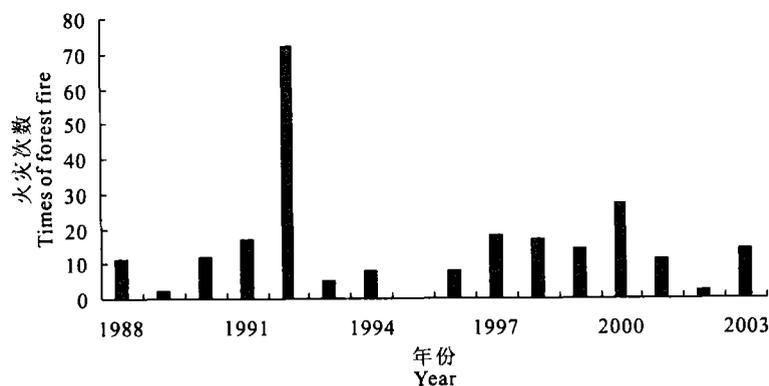


图 1 甘肃省森林火灾次数的年际变化

Fig. 1 Changing time of annual forest fire in Gansu

2.1.2 森林火灾的季节变化 分析甘肃森林火灾的月际变化发现(图 2),火灾主要集中在由冬季向春季过渡的 2~4 月份,16 年间该时间段共发生火灾 169 次,占火灾总次数的 71.3%。考虑同期气象条件可知,每年的 2~4 月份降水均很少,而此时又是升温迅速、风力最大的时期,因此气象条件非常有利于火灾的发生。7~8 月是甘肃降水最多、最集中的季节,由于降水充沛,空气湿润,此期无一例火灾

发生。此外,由于甘肃省独特的地理位置和多种气候类型,各林区火灾的发生也具有显著的地域差异,除 2~4 月是共同的火灾高发期外,受东亚季风影响的子午岭、关山林场还在 11 月份具有明显的火灾高发趋势,而受青藏高原季风影响的大夏河、太子山林场则在 12 月具有火灾高发趋势。对甘肃省森林火险季节进一步分析可知,其火灾平均开始于 10-27,结束于 05-13,平均森林火险季节长度为 199 d。在近 16

年中,最长森林火险季节长度为 289 d,出现在 1998 年;最短森林火险季节长度仅 52 d,出现在 1993 年。

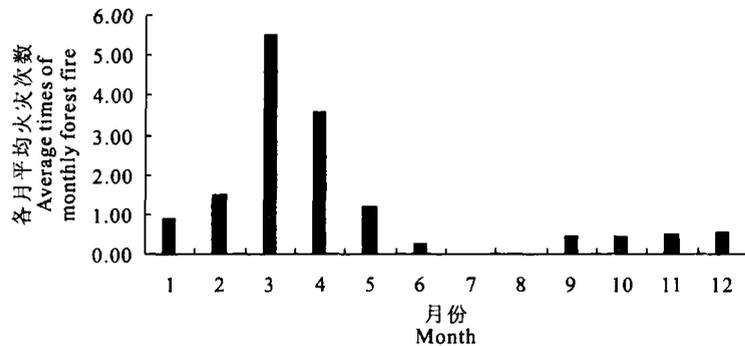


图 2 甘肃省森林火灾的月际变化

Fig. 2 Changing time of monthly forest fire in Gansu

2.1.3 森林火灾的地域分布 从地域分布来看,甘肃省森林火灾主要集中在马衔山、小陇山、白龙江、子午岭、祁连山等林区,火灾次数均在 1.56 次/年以上(图 3),其中马衔山林区出现的次数最多,16 年间累计出现火灾 86 起,占火灾总次数的 36.3%;小陇山林区次之,出现火灾 36 起。张文勤等<sup>[8]</sup>指出,森林火灾除少数是因雷电、自燃等原因引起的以外,绝大多数是由烧荒、野炊、上坟烧纸、丢弃烟头等人为原

因引发的,然而天气和气象条件又是森林火灾发生的重要基础条件或背景因素,大约 80%以上的森林火灾都是发生在干旱季节,尤其是严重的持续性干旱季节。马衔山林区位于甘肃中部半干旱地区,这里十年九旱,加之又毗邻省会兰州,干旱的气候条件和人为因素是导致马衔山林区森林火灾频发的可能原因。

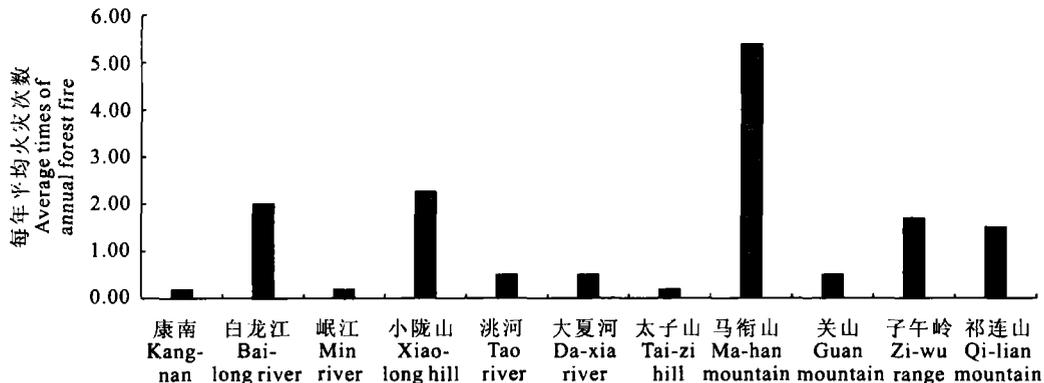


图 3 甘肃省各林区火灾的发生频率

Fig. 3 Frequency of forest fires in Gansu

## 2.2 归一化差分植被指数与森林火灾的相关分析

2.2.1 甘肃省林区 NDVI 的月际变化 由图 4 可知,甘肃省植被在每年的 7~9 月生长最为旺盛,NDVI 大于 0.4;10~12 月 NDVI 缓慢下滑,但仍大于 0.35,这说明甘肃省森林植被在这个季节生长有所减缓但仍较为旺盛;12 月至翌年 2 月森林生长逐渐停止,NDVI 由 0.36 迅速下滑至 0.26;此后至 3 月份,森林生长基本处于停滞阶段,NDVI 维持在 0.26 左右,此时树枝含水量也处于最低值;4 月以后,随着天气转暖,森林开始恢复生长,NDVI 逐渐

增大,到 8 月份达到一年中的最大值。

2.2.2 森林火灾发生频率与 NDVI 的相关性 对比甘肃省归一化差分植被指数与森林火灾的变化趋势可知,森林植被含水率最低的 3 月份也是森林火灾最为高发的时期,而植被生长最旺盛、树枝含水量最丰富的 7~8 月份则无一例火灾发生。但 4 月和 9 月份稍有例外,植被于春夏过渡季节的 4 月开始生长,因此 NDVI 并不是很高,但该月甘肃省风力较大,加之清明节气因人为因素的影响,导致该月火灾的发生率较高;9 月份虽然植被长势依然较好,但正

处于甘肃省由雨季向干季的过渡季节,气候相对比较干燥,火灾因而时有发生。对甘肃省森林火灾发生频率与 NDVI 进行相关分析表明,火灾发生次数与 NDVI 呈显著负相关关系,即当 NDVI 较低时,森林火灾发生率较高。其中,每月火灾发生次数与同月 NDVI 的相关系数为 $-0.71$ ,与前一月 NDVI 的相关系数为 $-0.69$ ,且均可通过 $0.01$ 的置信度检验。据此认为,可以将前期卫星遥感归一化差分植被指数作为预报因子,来预测未来森林火灾发生的可能性。

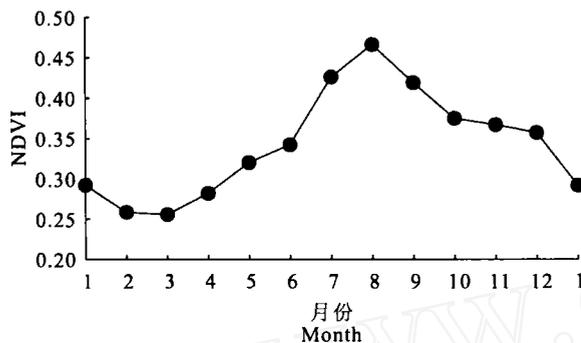


图4 甘肃省林区 NDVI 的月际变化曲线

Fig. 4 Changing curve of forest NDVI in Gansu

#### 4 结论与讨论

甘肃省自然条件严酷,生态环境脆弱,森林资源相对贫乏,但森林火灾发生率却较高,年均 $14.8$ 次,且年际变化大。本研究统计结果显示,甘肃省近 $16$ 年来森林火灾发生最多的年份为 $1992$ 年,而 $1995$ 年无一例火灾发生;火灾发生的地域主要集中在马衔山、小陇山、白龙江、子午岭、祁连山等林区,其中马衔山林区出现的火灾次数最多,小陇山林区次之。从森林火灾发生的季节变化看,不同地区发生的季节各不同,如中国南方森林火灾主要发生在冬季,重庆地区为夏季,东北林区一般为春季和秋季<sup>[9]</sup>。甘肃省则出现在冬、春季节,以 $2\sim 4$ 月为高发期, $7\sim 8$

月份无火灾发生;森林火灾平均开始于 $10$ 月下旬,结束于 $5$ 月中旬,平均森林火险季节长度为 $199$  d,最长为 $289$  d,最短仅 $52$  d。

归一化差分植被指数是遥感领域中用来表征地表植被覆盖和生长状况的一个简单、有效的度量参数<sup>[10]</sup>。随着遥感技术的发展,归一化差分植被指数在环境、生态、农业等领域有了更为广泛的应用。何筱萍等<sup>[11]</sup>研究发现,将归一化差分植被指数应用于森林火灾监测,可以弥补地理信息系统难以随时更新数据的不足,同时排除了云体对 NOAA/AVHRR 传感器 CH 通道的干扰,提高了对森林火灾监测的准确性、及时性和可靠性。本文选用归一化差分植被指数,是因为其消除了部分太阳高度角、卫星扫描角以及大气层辐射的影响,适于进行植被监测,并能部分补偿照时条件、地面坡度所引起的影响,因此是世界上监测植被类型差异、生长状态、生态背景的重要指数<sup>[12]</sup>。对甘肃省归一化差分植被指数与森林火灾关系的分析表明,甘肃省 NDVI 以 $7\sim 9$ 月最大, $2\sim 3$ 月份最小;并且 NDVI 与甘肃省森林火灾的发生呈显著的负相关关系,与前 $1$ 月及当月火灾次数的相关系数分别为 $-0.69$ 和 $-0.71$ (能通过 $0.01$ 的置信度检验)。因此,利用遥感技术进行森林火灾预报是未来森林火灾监测预警的发展趋势,其可以通过前期林区遥感归一化差分植被指数演变作出森林火灾早期预警,进而提醒林业部门做好防火准备和应急响应。而且在火灾发生后,遥感监测可以获取过火面积、演变情况等,能够为及时灭火提供科学的决策依据。但由于用于遥感监测的极轨卫星时间分辨率低,而且易受云层的影响,这也就限制了遥感技术在森林火灾监测预警中的作用。此外,气象条件也是影响火灾发生、发展的主要因素之一,建立气象与遥感技术相结合的森林火灾预警监测体系,对森林防火具有重要意义,值得今后进一步研究。

#### [参考文献]

- [1] 秦大河,丁一汇,苏纪兰,等. 中国气候与环境演变评估(1). 中国气候与环境变化及未来趋势[J]. 气候变化研究进展,2005,1(1):4-9.
- [2] 董文福,管东生. 森林生态系统在碳循环中的作用[J]. 重庆环境科学,2002,24(3):25-27.
- [3] 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.
- [4] 舒立福,田晓瑞. 近10年来世界森林火灾状况[J]. 世界林业研究,1998,11(6):31-36.
- [5] 甘肃省林业厅. 甘肃省第五次森林资源清查结果[R]. 兰州:甘肃省林业厅资源林政处,2003.
- [6] 郑海青,张春桂,陈家金,等. 利用 NOAA 卫星遥感监测福建省森林火险[J]. 福建林学院学报,2003,23(2):114-118.
- [7] 武文杰. 内蒙古大兴安岭林区林火分析及对策探讨[J]. 内蒙古林业科技,2004(1):49-51.
- [8] 张文勤,纪成俭,王文烂,等. 福建省森林灾害的发生情况与主要成因分析[J]. 林业经济问题,2001,21(3):175-178.

- [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, 10(4): 113-116.
- [10] 罗亚,徐建华,岳文泽. 基于遥感影像的植被指数研究方法述评[J]. 生态科学, 2005, 24(1): 75-79.
- [11] 何筱萍,易浩若. 归一化差分植被指数(NDVI)在林火监测中的应用[J]. 林业科技通讯, 1997(8): 18-20.
- [12] 徐希孺. 环境监测与作物估产的遥感研究论文集[C]. 北京: 北京大学出版社, 1981.

## Distribution features of forest fires and relations between forest fires and vegetation index in Gansu Province

HUANG Yu-xia, WANG Bao-jian, XU Dong-bei, PU Su

(Lanzhou Institute of Arid Meteorology, Chinese Meteorology Administration, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster, Lanzhou, Gansu 730020, China)

**Abstract:** By using the data of forest fires from 1988 to 2003 in Gansu province, the space-time distribution features of forest fires were analyzed. The results are as follows: The fires mostly happened from Feb. to Mar.. The forest fires averagely happened during the period from the last ten-day of Oct. to the middle ten days of May.. Most of forest fires occur in the forestry centre of Ma-han Mountain and Xiao-long hill and Bai-long river. Furthermore, the vegetation index of forest in Gansu province was analyzed by using NOAA satellite data. The results show that there is marked corresponding connection between vegetation index and forest fires, and the normalized difference vegetation index could be used in research of forest fire forecast.

**Key words:** forest fires; space-time distribution; satellite remote sensing; vegetation index

(上接第 125 页)

Abstract ID: 1671-9387(2006)05-0123-EA

## Study on antiseptic effect of usnic acid

LI Rong-qin<sup>1,2</sup>, SU Yin-quan<sup>1</sup>, SONG Xiao-bin<sup>1</sup>,  
WANG Hai-hong<sup>3</sup>, Koichiro Gyokusen<sup>4</sup>, Shinji Muta<sup>5</sup>

(1 College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;  
2 Tibet University, Linzhi, Tibet 860000, China; 3 Youth League committee, MiLin, Tibet 860500, China;  
4 Kyushu University 812-8581, Japan; 5 Kyushu Electric Power Co, INC 849-0922, Japan)

**Abstract:** With *Usnea longissima* from Shegyla Mountain in Tibet as the subject, usnic acid was extracted with EcOAc refluxing. The antimicrobial activities and minor inhibitory concentration of usnic acid by filtering paper method and contrasting with benzoic acid had been studied. The results are as follows: usnic acid not only had obvious inhibitory effect on the havphal growth of mold, bacterium, yeast, but also had stronger preservation effect on fresh meat, bean curd and milk. However, compared with benzoic acid of the same concentration, the inhibitory and preservation effects of usnic acid are not better than these of benzoic acid.

**Key words:** *Usnea longissima* Ach; usnic acid; antimicrobial effect; antiseptis affecting