

ENSO 对黑龙江省森林火灾的影响

王明玉，舒立福，田晓瑞，赵凤君

(中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所,国家林业局森林保护学重点开放性实验室,北京 100091)

摘要:利用黑龙江省 1980—1999 年森林火灾数据,以及 NINO3.4 指数和 SOI 指数,分别对其进行谱分析,得出其波动周期分别为:火灾次数的周期为 10.00 年;火灾面积的周期为 6.67 年;La Niña 和 El Niño 在这 20 年中的基本周期为 5.00 年。进而对其进行相关性分析,结果表明,La Niña 和 El Niño 与森林火灾面积和次数的相关性极为显著,NINO3.4 指数与森林火灾年发生面积与次数呈负相关,相关系数分别为 -0.523 1 和 -0.659 4,SOI 指数与森林火灾年发生次数与面积呈正相关,相关系数分别为 0.525 4 和 0.536 3。La Niña 对森林火灾的影响较 El Niño 的影响要小。由于受遥相关二次效应的影响,森林火灾的发生相对于 El Niño 事件的高峰有一定的滞后。在 ENSO 暖事件间期,通常火灾面积、次数会异常增高。

关键词:ENSO;森林火灾;谱分析

中图分类号:S762

文献标识码:A

Influences of ENSO Events on Forest Fires in Heilongjiang Province

WANG Ming-yu, SHU Li-fu, TIAN Xiao-rui, ZHAO Feng-jun

(Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Forest Protection of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract:The data of forest fires from 1980 to 1999 in Heilongjiang Province, NINO3.4 index and Southern Oscillation Index were analyzed by spectral analysis and correlation method, and the spectral periodicities were got individually. The periodicities of fire number and fire area were 10.00 years and 6.67 years respectively. The periodicities of both El Niño and La Niña were 5.00 years in these 20 years. The correlations between fire number or area and La Niña or El Niño were very significant. The fire area and fire number were negatively correlated with El Niño, and the correlation coefficients were -0.523 1 and -0.659 4 respectively. The fire number and fire area were positively correlated with La Niña, and the correlation coefficients were 0.525 4 and 0.536 3 respectively. The influence of La Niña was less than that of El Niño. The fire area and fire number increased abnormally after warm ENSO events year.

Key word:ENSO; forest fire; spectral analysis

ENSO (El Niño-Southern Oscillation) 是大尺度海-气相互作用的产物,它不仅仅是一种事物,而且是一种循环。El Niño 和 La Niña 事件是 ENSO 循环处于暖位相和冷位相时在海温变化过程中的异常反映。ENSO 是气候系统中最强的年际气候信号,世

界各国气象与海洋学家都非常重视这一现象的规律及其机制研究,以达到预测这一现象的发生,为气候灾害的预测提供可靠信息及物理依据^[1]。ENSO 在最近的 13 万年中以 3—5 年周期发生,ENSO 事件以中、东太平洋海洋表面温度冷热交替变化为特征,所

有热带地区和部分中纬度地区的环流和降水异常都与 ENSO 现象有关。我国许多学者发现 ENSO 对中国气候的影响也取决于其爆发时间、发展阶段及其类型等^[2-4]。

林火是森林中重要的干扰因子,对于塑造和维护陆地生态系统起着重要的作用^[5]。在许多情况下,林火已经成为生态系统中的一部分,优势种已经适应火烧的循环周期^[6]。林火对于许多森林生态系统的存在是至关重要的,火发生频率和严重性深刻地影响了区域内森林的结构与组成。林火通常发生在干旱少雨的季节,在世界不同地区每年发生的时间不同,干旱少雨季节的初期、中期和末期都有可能发生。森林火灾是一种自然现象,从大时空尺度分析,林火的发生规律与气候密切相关^[7]。

ENSO 对灾害性气候的影响已有多方面的研究。同样,ENSO 对森林火灾的发生具有重要影响,研究表明 El Niño 与美国森林火灾年际活动存在遥相关关系,而且这种遥相关性是 El Niño 与北美气候之间的遥相关系的二次效应的产物^[8],尤其与特大森林火灾相关显著^[9],ENSO 对全球不同区域的森林火灾影响不同^[10],ENSO 影响全球的降水型,并且在区域尺度上与森林火灾大量增加,火灾面积加大有密切关系。森林火灾与 ENSO 事件显著相关,通过与强 ENSO 事件相关联的多火灾年份的研究表明 ENSO 在景观尺度对于形成极端火险天气条件的形成具有重要作用^[11]。Chu 研究表明在 ENSO 事件的第 2 年春季和夏季易发生大的森林火灾,夏季火面积和前一年冬季的 SOI 指数相关显著,因此可以提前两个季节预测火灾的发生^[12]。全球持续增温,导致森林易燃可燃物积累增多,防火期明显延长,林火发生地理分布区扩大,对澳大利亚、东南亚的森林火灾影响巨大,如 1997—1998 年发生在印度尼西亚的森林大火,就发生在 20 世纪最强的暖事件年份。

中国气候的干燥情况和 ENSO 有着很好的关系,在典型的 ENSO 暖状态,中国大部分地区都偏干,特别是华北地区更易偏干,长江以南地区和西北容易偏湿,而长江中下游地区处于变干和变湿的过渡区,变干或变湿不明显,在典型的 ENSO 冷状态则情况相反^[13]。ENSO 指数与中国各地的旱灾事件有着一定的负相关关系,特别是华北、东北、华南、内蒙古和新疆等地区的相关性很好^[14]。厄尔尼诺引起

的暖冬和干旱会导致我国春季火灾严重^[7],本文试图研究 ENSO 周期性与黑龙江省森林火灾周期性的关系,并对其相关性进行了研究,通过此研究有助于了解 ENSO 对黑龙江森林火灾的影响,并对森林火灾中长期预测预报具有积极意义。

1 研究区域概况

黑龙江省位于我国东北部,北部、东部与俄罗斯以黑龙江、乌苏里江为界,西部与内蒙古自治区接壤,南部与吉林省毗邻,地理坐标为 $121^{\circ}11' \sim 135^{\circ}05' E$ 、 $43^{\circ}25' \sim 53^{\circ}33' N$,土地总面积约 45 万多 km^2 。全省地貌可分为 5 个区域:西北部的大兴安岭、东北部的小兴安岭、东南部的东部山地、西部的松嫩平原区及东部的三江兴凯湖平原。山地海拔高度在 $300 \sim 1600 m$,平原地区海拔在 $35 \sim 200 m$ 。山地面积占 58.9%,其中中山 4.4%,低山 20.4%,丘陵占 21.8%,台地为 1.8%,山区河谷和冲积平原为 10.5%;平原占 41.1%。

黑龙江省属寒温带,中温带、湿润-半湿润大陆性季风气候,冬季漫长寒冷,夏季短促,降水集中,春季多风而降水少,易干旱,秋季降温急剧,常有早霜。年平均气温在 $-5 \sim 4^{\circ}C$ 。无霜期 100 ~ 155 天,降水量分布不均匀。一般是东部多,西部少,平均降水量东部 $600 mm$,西部 $450 mm$,60% 集中在 6—8 月,冬季降水仅占 17%。地带性植被为寒温带针叶林和温带针阔叶混交林。森林主要分布在大兴安岭、小兴安岭、张广才岭、老爷岭和完达山等地区。松嫩平原和三江平原基本是少林地区。天然林比重大、人工林少,森林覆盖率 39.54%,黑龙江省是全国森林防火的重点省份,年均森林过火面积居全国之首,是火灾危害最严重的地区。

2 资料与方法

研究 ENSO 与温度的关系需要相应的 ENSO 指标,人们多用 El Niño 区海表温度 (SST) 或南方涛动指数 (SOI) 来表示 ENSO 的强弱。本文采用 Niño3.4 指数和 SOI 指数的年均值以及全省每年火灾次数和火灾面积,采用谱分析和相关分析方法对其进行分析。

谱分析可以用来分析一维或二维空间数据中反复出现的空间特征,它的基本思想是利用傅立叶变换将实测数据分解为若干不同频率、不同振幅、不同起点的一组正弦波,然后寻求对实际数

据拟合最好的波函数。谱分析通过把火点和火场质心数据与已知波形函数进行比较来确定质心的时空分布格局,通过谱周期图可以反应出质心的周期性变化和随机性变化。线性的多元回归模型可以写成如下形式:

$$Y = a_0 + \sum [a_k \cos(\lambda_k t) + b_k \sin(\lambda_k t)] (k = 1 \text{ to } q)$$

式中 λ_k 表示波函数的波动频率, a_k, b_k 表示相关系数。

3 结果与分析

3.1 ENSO 对黑龙江森林火灾影响

1982—1983 年 ENSO 暖事件,自 1982 年 5 月爆发,持续至 1983 年 9 月,历时 17 个月,是最

近 50 年最长的两次暖事件之一。1986—1987 年 ENSO 暖事件,自 1986 年 9 月爆发,持续至 1988 年 1 月,历时 17 个月,是最近 50 年最长的两次暖事件之一,其峰值出现在 1987 年 9 月。1997—1998 年 ENSO 暖事件过程中东太平洋海温异常偏暖持续 13 个月,这次暖事件强度非常大,是 20 世纪最强的暖事件。由图 1 可以看出,大的森林火灾主要发生在 ENSO 暖事件的间隔,与 ENSO 冷事件基本一致,1987 年“5·6 大火”发生在 1986—1987 暖事件前,也是 ENSO 暖事件间期。在 ENSO 冷事件年份,火灾面积和火灾次数与 SOI 指数变化趋势大体一致。

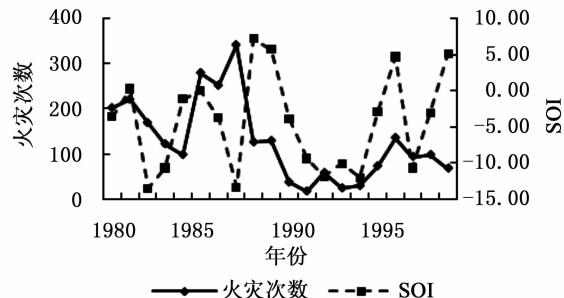
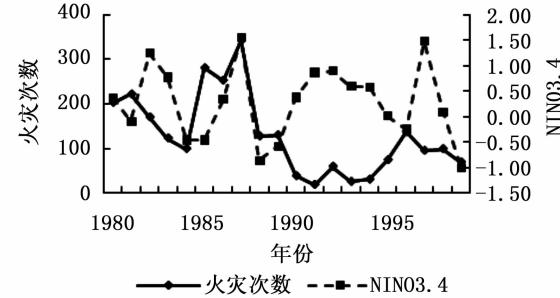
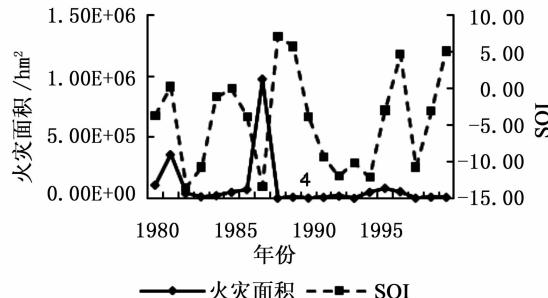
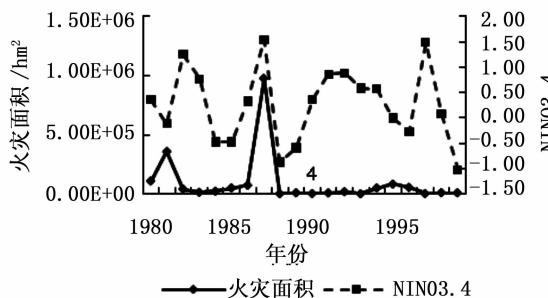


图 1 各类分析因素波动曲线

根据 El Niño 和 La Niña 的基本周期为 5 年,对所有数据进行 5 年滑动平均,对滑动结果进行相关性分析,各相关系数如表 1。可以看出,两种指数与火灾面积和火灾次数相关性均极为显著,其中 Niño3.4 指数与火灾次数和火灾面积呈负相关,SOI 与火灾次数和火灾面积呈正相关。

相对而言,El Niño 对森林火灾的影响较 La Niña 的影响要大,相关性更强,El Niño 与火灾面积的相关系数为 -0.523 1,与火灾次数的相关系数为 -0.659 4。La Niña 与火灾面积的相关系数为 0.525 4,与火灾次数的相关系数为 0.536 3。

表 1 1987 年以前各类因子的相关系数

项目	火灾次数	火灾面积	NINO3.4	SOI
火灾次数	1.000 0			
火灾面积	0.826 7 *	1.000 0		
NINO3.4	-0.659 4 *	-0.523 1 *	1.000 0	
SOI	0.536 3 *	0.525 4 *	-0.934 5 *	1.000 0

* 表示显著性水平 $p < 0.05$

ENSO 对森林火灾的影响与暖位相和冷位相交替循环过程中对全球温度和降水型的影响有重要关系,Angell 曾指出 ENSO 对对流层大气的加热作用可能是通过加强热带地区水分循环实现的,即当赤道太平洋海表温度升高时,对流活动也将加强,因此

大量潜热的释放造成热带对流层温度的升高^[15]。ENSO 对热带外地区的影响,一是可以通过 Hadley 环流影响全球的副热带高压,进而影响气温,另一方面也可以通过遥相关来传播其影响,这些都是间接的影响,所以最大滞后时间也长。而且同时热带外地区温度的变化受其他环流因素的影响很大,所以 ENSO 的影响不如热带地区明显^[16-17]。根据对 1870 年以来全球陆地年降水量序列(GCPS)的分析发现,El Niño 年降水减少,La Niña 年降水增加,平均距平分别达到 -12.0 和 11.7 mm。中国降水量就北方而言,秋冬季 El Niño 年北方小雨,La Niña 年相反;夏季则 El Niño 年北方的干旱趋势明显^[18]。

火灾面积和火灾次数的发生的高峰期与 El Niño 发生的高峰期并不完全一致,往往发生在高峰期之后的 1~2 年,而与 La Niña 事件具有大致的同步性,这是因为遥相关事件的滞后效应,使得 ENSO 对黑龙江省温度和降水型的影响比 ENSO 高峰期滞后,受二次效应的影响,温度和降水对可燃物含水率、可燃物连续性、可燃物空间分布、可燃物燃烧性等的影响滞后期更长。

ENSO 对世界不同区域的影响不同,在中国黑

龙江省,大面积森林火灾往往发生在强 ENSO 暖事件年份之后,发生在 El Niño 年的间期,大面积森林火灾发生的火环境,须具备长期干旱,低湿,植被连续,还有要一个特殊的天气过程,如冷锋过境等。当冷锋过境时,如果没有一个降水过程,冷锋过境产生的大风使火灾失控,造成大面积火灾。如果冷锋过境时没有一个降水过程,冷锋过境后,往往干燥晴朗,这种天气也容易发生火灾。各种气象因子主要是通过影响可燃物的水分含量而影响可燃物的燃烧性和燃烧热的传递。各种气象因子对森林火灾的影响是综合影响的结果。

3.2 周期性分析

分别用 Nino3.4 指数以及全省火灾次数和火灾面积,进行谱分析,所得谱密度周期图如图 2。火灾次数的周期为 10.00 年,相应的频率为 0.10。火灾面积在频率 0.15 处谱密度最大,对应的周期为 6.67 年,在频率 0.50,0.35 处也有较大的谱密度,对应的周期为 2.00 年,2.86a。La Niña 的周期为 5.00 年,相应的频率为 0.20。El Niño 的周期为 5.00 年,相应的频率为 0.20,La Niña 和 El Niño 在这 20 年中的基本周期为 5.00 年。

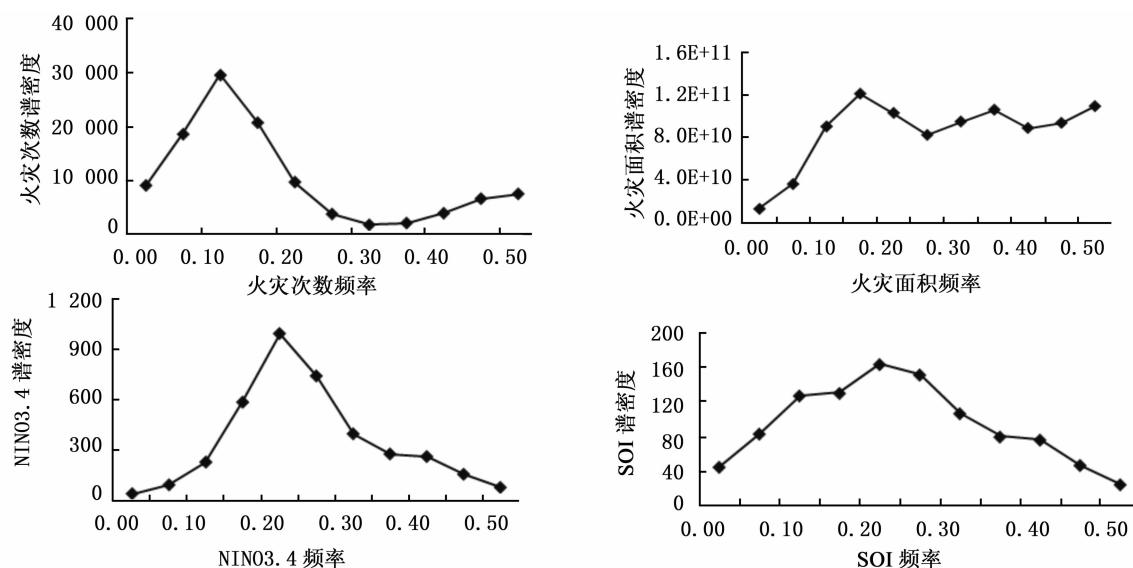


图 2 各分析因子的谱周期图

由于可燃物的连续积累和能量的快速释放^[19-20],及其他相关因素的影响,森林火灾在某一特定的区域内表现为一定的火周期。林火在大的气候背景下受 ENSO 的影响,同时又受林火本身周期性的制约,即受可燃物本身消长及受火灾轮回期的影响等,使得火灾面积与火灾次数与 ENSO 本身

周期不完全一致,短时期内受气象要素影响和长时间内受可燃物累积的周期性影响而表现为不同的周期性。

ENSO 对火的影响有滞后效应,火灾面积和火灾次数的周期均大于 La Niña 和 El Niño 的周期,除了受滞后效应的影响外,ENSO 事件的强度和范围

也是重要的影响因素。

4 结论与讨论

根据黑龙江省 1980—1999 年森林火灾数据,以及 NINO3.4 指数和 SOI 指数,分别对其进行谱分析,得出其波动周期分别为:火灾次数的周期为 10.00 年;火灾面积的周期为 6.67 年;La Niña 和 El Niño 在这 20 年中的基本周期为 5.00 年。

分析黑龙江省 1980—1999 年森林火灾数据,在 ENSO 暖事件年份之后,森林火灾面积和火灾次数都有不同程度的增加。El Niño 与森林火灾年发生面积与次数呈负相关,相关系数分别为 -0.523 1 和 -0.659 4,La Niña 与森林火灾年发生次数与面积呈正相关,相关系数分别为 0.525 4 和 0.536 3。La Niña 对森林火灾的影响较 El Niño 的影响要小。在 ENSO 暖事件年份之后,火灾面积、次数异常增高。可以认为 La Niña 年份的火灾面积和火灾次数的增加并不完全是 La Niña 影响造成的,由于遥相关作用的影响,El Niño 事件对森林火灾影响的滞后效应,使得森林火灾发生的高峰期与 La Niña 具有基本的一致性,由于受遥相关二次效应的影响,森林火灾的发生相对于 El Niño 事件的高峰有一定的滞后。ENSO 对黑龙江省森林火灾的影响同其他国家和地区比较具有相类性,统计阿拉斯加 1940 年以来的火面数据表明,17 次大火灾中有 15 次发生在中等到强度 El Niño 事件后或间期内,而这 15 次的火灾面积占 58 年来总火面积的 63%^[21]。夏威夷岛的总过火面积与前年冬季的 SOI 指数显著相关,在 ENSO 事件的第 2 年春季到夏季易发生大面积的火灾事件^[11]。大的森林火灾往往发生在 El Niño 的间期,但 ENSO 对森林火灾的影响滞后周期到底有多长,尚需要进一步研究。

El Niño 和 La Niña 的周期性与火灾发生的周期性并不完全一致,火灾面积和火灾次数的周期均大于 ENSO 的周期性,可以这样认为,大面积的森林火灾往往与 ENSO 暖事件有关,但并不是所有的 ENSO 暖事件之后均发生大的森林火灾,大面积森林火灾的发生与气候、可燃物、地形、林火管理等综合因素密切相关。由于受样本数量的限制,使得周期性只体现出 20 年内的情况,如并没有体现出 ENSO 通常的 3~5 年周期性的变化,更长的时间样本当能为周期性和相关性分析得出更加确定的结论。

参考文献:

- [1] 翟盘茂,江吉喜,张人禾. ENSO 监测和预测研究 [M]. 北京:气象出版社,2000. 37~46
- [2] 刘永强,丁一汇. ENSO 事件对我国季节降水和温度的影响 [J]. 大气科学,1995,19(2):200~208
- [3] 李超,埃尔尼诺对我国汛期的影响 [J]. 海洋学报,1992,14(6):45~51
- [4] 林学椿,于淑秋. 厄尔尼诺与我国汛期降水 [J]. 气象学报,1993,51(4):434~441
- [5] Antonio V, José M M. Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain) [J]. Forest Ecology and Management, 2001, 147: 55~65
- [6] Ne'eman G, Fotheringham C J, Keely J E. Patch to landscape patterns in post fire recruitment of a serotinous conifer [J]. Plant Ecology, 1999, 145: 235~242
- [7] 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
- [8] 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
- [9] 舒立福,田晓瑞,吴鹏超. 厄尔尼诺现象对森林火灾的影响研究 [J]. 森林防火,1999,4:27~28
- [10] Beckage B, Platt W J, Slocum M G, et al. Influence of the El Niño Southern Oscillation on fire regimes in the Florida Everglades [J]. Ecology, 2003, 84(12): 3124~3130
- [11] Chu P S, Yan W, Fujioka F. Fire-climate relationships and long-lead seasonal wildfire prediction for Hawaii [J]. International Journal of Wildland Fire, 2002, 11(1): 25~31
- [12] Veblen T T, Kitzberger T, Donnegan J. Climatic and human influences on fire regimes in ponderosa pine forests in the Colorado front range [J]. Ecol Appl, 2000, 10(4): 1178~1195
- [13] 苏明峰,王会军. 中国气候干燥变率与 ENSO 的关系及其稳定性 [J]. 中国科学 D 辑,地球科学,2006,36(10): 951~958
- [14] 卢爱刚,葛剑平,庞德谦,等. 40 年来中国旱灾对 ENSO 事件的区域差异响应研究 [J]. 冰川冻土,2006,28(4): 535~542
- [15] Angell J K. Variation in global tropospheric temperature after adjustment for the El Niño influence, 1958—1989 [J]. Geo Res Lett, 1990, 17(8): 1093~1096
- [16] 龚道溢,王绍武. 南北半球副热带高压对赤道东太平洋海温变化的响应 [J]. 海洋学报,1998,20(5):44~54
- [17] 黄荣辉. ENSO 及热带海气相互作用动力学研究的新进展 [J]. 大气科学,1990,14(2):234~242
- [18] 龚道溢,王绍武. 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响 [J]. 科学通报,1999,44(3):315~320
- [19] Drossel B., Schwabl F. Self-organized critical forest-fire model [J]. Physical Review Letters, 1992, 69: 1629~1632
- [20] 宋卫国,范维澄,汪秉宏. 整数型森林火灾模型及其自组织临界性 [J]. 火灾科学,2001(1): 53~56
- [21] Hess J C, Scott C A, Hufford G L, et al. El Niño and its impact on fire weather conditions in Alaska [J]. International Journal of Wildland Fire, 2001, 10(1): 1~13