

林火干扰下的大兴安岭呼中区景观动态分析

王明玉¹, 舒立福¹, 田晓瑞¹, 李 杰², 杜建华¹

(1. 中国林科院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 2. 中国国家林业局森林防火办公室, 北京 100714)

摘 要: 利用大兴安岭呼中区 1979、1995 年的 1: 50 万森林分布图及 1969~ 2001 年林火数据对大兴安岭呼中区林火状况、各景观指数及火灾对景观变化的影响进行研究。结果表明: 呼中区火灾轮回期 823 a, 大大超过正常的火灾轮回期; 从 1979~ 1995 年各植被类型的面积变化不是很大, 其中野青茅草甸和樟子松林的面积均有所减少, 兴安落叶松林和阔叶混交林的面积均有所增加; 斑块数量除兴安落叶松林外均有所增加, 其中阔叶混交林增加显著, 这些植被类型在 1979~ 1995 年间产生较大的破碎化, 兴安落叶松林的斑块数量则有所降低; 形状指数除樟子松外均有较大的增加, 斑块形状趋于复杂, 兴安落叶松林在空间的连续性有所增加, 局部的破碎化依然导致形状指数增大; 聚集度增加, Simpson 多样性指数有所降低; 各类型的斑块在面积上均匀性降低。在呼中区, 相对于自然状态下的火干扰而言, 人为影响下的火干扰对景观格局变化影响的重要性显著降低。

关键词: 景观; 干扰; 林火; 火历史

中图分类号: S7

文献标识码: A

干扰对于塑造和维护陆地生态系统起着重要的作用, 而林火深刻地影响着陆地生态系统的过程和陆地森林景观的结构^[1], 对许多物种的进化历史起着重要作用^[2]。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。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。

森林景观的形成是在气候、地形、植被、土壤以及干扰等多种因素综合作用下的产物。景观格局是某个时空尺度上斑块的空间分布, 是地理过程在某个时间和空间尺度上的具体表现^[3]。人为火源和天然火源对景观的形成与发展具有重要作用^[4]。林火作为森林中极为活跃的干扰因子, 它能影响某些生物的发展和演变, 影响许多生物的生存和发展。本文选择黑龙江省呼中区作为研究区域, 研究其景观格局变化和火历史情况, 从而有助于了解火干扰在森林景观格局形成中所起的作用。

1 研究区域概况

研究区域地处寒温带针叶林区的黑龙江省大兴安岭北部原始林区呼中区。该区地处大兴安岭主山脉东坡, 伊勒呼里山脉北坡, 西部与内蒙古相邻, 地理坐标 $122^{\circ}42'14'' \sim 123^{\circ}18'05''\text{E}$, $51^{\circ}17'42'' \sim 51^{\circ}56'31''\text{N}$, 总面积 $> 94 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。呼中自然保护区, 面积 $19.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 主要保护对象为寒温带针叶林及珍稀动植物, 植被为寒温带针叶林, 是中国唯一保存较完整的寒温带针叶林, 主要树种为兴安落叶松和樟子松。气候独特, 森林可燃物积累丰富, 加之高海拔地形, 形成了该林区不同于其他地区的火环境, 给预防和扑救森林火灾带来极大的难度。该林区中枯枝落叶、干落树皮、球果、草本、蕨类、灌丛、枯倒木、伐根、枯立木、采伐剩余物等易燃可燃物随处可见, 一旦发生火灾, 能量释放迅速, 危害非常严重。

本区地处大兴安岭中部, 气候具明显的大陆性

收稿日期(Received date): 2004- 06- 11; 改回日期(Accepted): 2004- 09- 20。

基金项目(Foundation item): 国家重点基础研究专项(No: 2001CB409600)和科技部社会公益研究专项资金项目(雷击火)联合资助。[Supported by the China NKBRF Project (No. 2001CB409600) and Social Public Fund Project (Lightning Fire)]

作者简介(Biography): 王明玉(1976-), 男, 山东龙口人, 助理研究员, 主要从事森林火灾, GIS 和 RS 研究。[Wang Mingyu (1976-), male, bom in Shandong Province, assistant research professor, the main study fields are forest fires, GIS and RS. Telephone: 010- 62889515, E- mail: fire@forestry.ac.cn]

特点,为欧亚大陆多年冻土区的南缘。植被属寒温带针叶林区,森林类型以偃松-兴安落叶松(*Pinus pumila-Larix gmelinii*)和偃松灌丛为主,分布遍及全区,还有少量白桦林(*Betula platyphylla*)和樟子松(*Pinus sylvestris var. mongolica*)。该区属寒温带大陆性气候,又具有明显的山地气候特点。年平均气温-4.4℃,极端最低气温-49.2℃;年降水量481.6 mm,主要集中在6~8月,无霜期80~100 d。

2 研究方法

2.1 景观类型划分

本文分别利用呼中1979和1995年的1:50万森林分布图,在ARCGIS8.1对其进行数字化,根据植被分布情况分为以下4类景观类型:

1 野青茅草甸:主要包括,修氏苔草(*Carex schmidtii*)、小叶樟草甸(*Deyeuxia angustifolia*)

2 兴安落叶松林:主要包括,杜香(*Ledum palustre*)、越桔(*V. vitis-idaea* L.)、修氏苔草(*Carex schmidtii*)、偃松(*Pinus pumila*)、兴安落叶松(*Larix gmelinii*)、白桦(*Betula platyphylla*)等

3 阔叶混交林:主要包括,杜鹃(*Rhododendron dauricum*)、白桦(*Betula platyphylla*)、草类(*Herbage*-英文)、圆叶柳(*S. rotundifolia Trautv*)、圆叶桦(*B. rotundifolia Spach*)等

4 樟子松林:主要包括,樟子松(*Pinus sylvestris var. mongolica*)

将数字化完的矢量数据转为栅格格式,根据分类的情况分别对每一类赋一相应的编号,以便进行下一步的景观指数计算。

2.2 火灾轮回期

火灾轮回期是燃烧整个研究区域所需要的时[5]。它是用来表征林火出现时间长短的一个量,可以用下式表达

$$T = S / S_a \quad (1)$$

式中 T : 火灾轮回期; S : 研究区域面积, hm^2 ; S_a : 平均每年火烧面积, hm^2 。

2.3 景观指数计算

景观指数能够高度浓缩景观格局信息,是反映其结构组成和空间配置某些方面的简单定量指标[6]。根据需要选取4个景观指数,分别代表不同尺度上的景观信息。根据不同林地类型的编号,在Fragstat3.0对编过号的栅格数据进行景观指数计

算。分别计算以下不同的景观指数,斑块类型水平指数: 斑块数量,景观形状指数;景观水平指数: 景观多样性指数和景观聚集度指数。

2.3.1 景观中各类型斑块数目

$$NP = m_k \quad (2)$$

式中 m_k 斑块类型 k 的数量。

2.3.2 景观形状指数(landscape shape index)

$$LSI = 0.25E / \sqrt{A} \quad (3)$$

E 为景观中所有缀块边界的总长度, A 为景观总面积。当景观中缀块形状不规则或偏离正方形时, LSI 增大。

2.3.3 景观多样性指数(landscape diversity index)

本文采用 Simpson 多样性指数(Simpson's Diversity Index)

$$SIDI = 1 - \sum_{k=1}^n P_k^2 \quad (4)$$

式中 P_k 是斑块类型 k 在景观中出现的概率。

2.3.4 景观聚集度指数(landscape contagion index)

$$Contag = (1 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{P_{ij} \ln(P_{ij})}{2 \ln(m)}) 100 \quad (5)$$

式中 m 是斑块类型总数, P_{ij} 是随机选择的两个相邻栅格细胞属于类型 i 与 j 的概率。聚集度指数通常度量同一类型缀块的聚集程度。

3 结果与分析

3.1 林火状况

林区主要分布在海拔500~1100 m,其地带性顶极群落以兴安落叶松为主。火源主要是雷击火,占火因总数的60%以上。1969~2001年呼中区年均发生森林火灾5.25次,平均每次过火面积1164.78 hm^2 。林火发生的次数在进入1990年代有增加的态势,而林火面积在2001年为最大(图1,图2)。

根据公式(1)求得,火灾轮回期823 a,大大超过了正常的火灾轮回期。由于人为扑救,使林内可燃物大量的积累,在极端气象条件下极易发生大面积的森林火灾。金森等对黑龙江省森林火灾的轮回期的研究表明,黑龙江省的总平均轮回期为363 a^[7],而不同森林类型表现出较大的差异。呼中区的火灾轮回期远高于全省水平,除了植被类型的影响外,林火扑救是重要的影响因素。宋卫国等对全国的林火的自组织性进行研究,表明林火自组织的临界值远远大于临界状态^[8],这从另外一个角度论证了人为扑救及其他因素对林火发生和可燃物积累的影响。

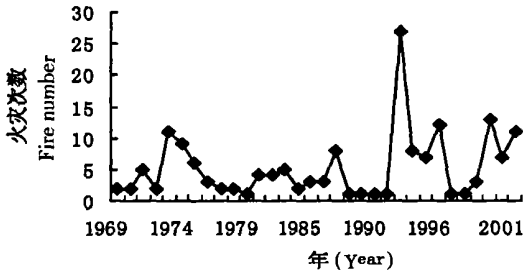


图 1 历年林火发生次数(1969~ 2002)

Fig. 1 Fire number during 1969~ 2002

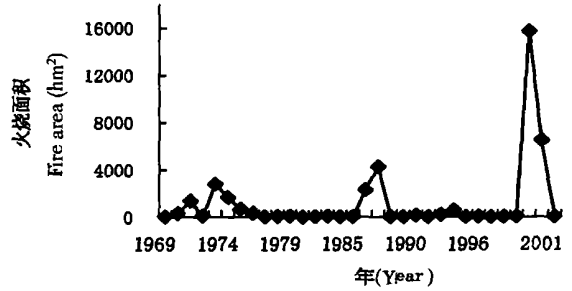


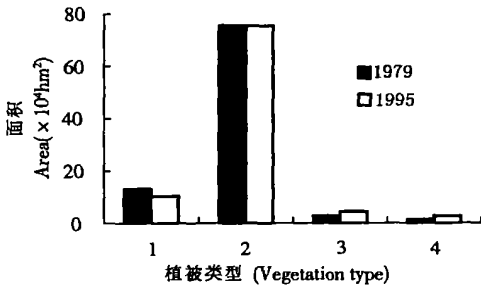
图 2 历年林火发生面积(1969~ 2002)

Fig. 2 Fire area during 1969~ 2002

3.2 景观格局动态分析

1979~ 1995 年各植被类型的面积变化不是很大,其中野青茅草甸和樟子松林的面积均有所减少,兴安落叶松林和阔叶混交林的面积有所增加(图3)。1995 年相对于 1979 年形状指数除樟子松外均有较大的增加,斑块形状趋于复杂,虽然兴安落叶松林在空间的连续性有所增加,但局部的破碎化依然导致形状指数增大(图4)。斑块数量除兴安落叶松林外均有所增加,其中阔叶混交林增加显著,说明这

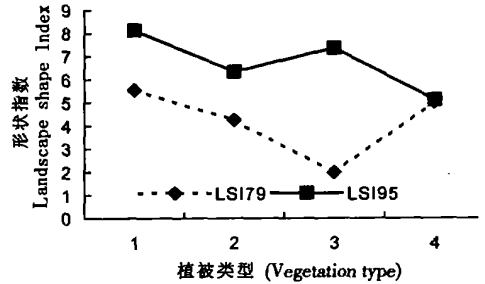
些植被类型在 1979~ 1995 年间产生较大的破碎化。而兴安落叶松林的斑块数量则有所降低,兴安落叶松林斑块具有较大的均质性(图5)。Simpson 多样性指数有所降低,聚集度指数则有所增加(图6)。由于兴安落叶松的斑块数量降低,并且兴安落叶松占有较大比例的林地面积,使得整体的聚集度增加, SImpson 多样性指数降低表明整体上各类型的斑块在面积上均匀性降低,即各斑块的面积具有更大的差异性。



1 野青茅草甸; 2 兴安落叶松林; 3 阔叶混交林; 4 樟子松林

图 3 不同年份各类型植被面积(单位: $\times 10^4 \text{ hm}^2$)

Fig. 3 Area of different vegetation in different years($\times 10^4 \text{ hm}^2$)

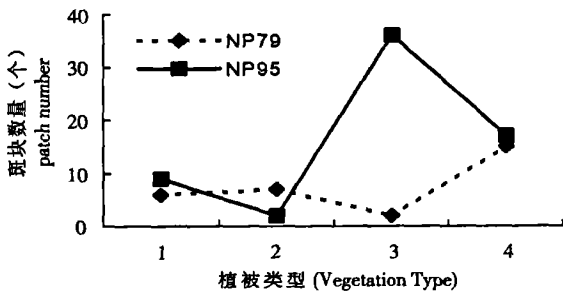


1 野青茅草甸; 2 兴安落叶松林; 3 阔叶混交林; 4 樟子松林

LS179- 1979 年景观形状指数; LS195- 1995 景观形状指数

图 4 不同植被类型的形状指数

Fig. 4 Landscape shape index of different vegetation type

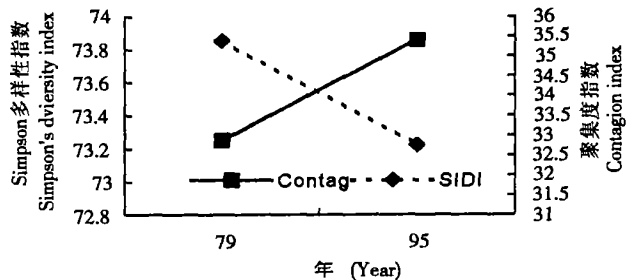


1 野青茅草甸; 2 兴安落叶松林; 3 阔叶混交林; 4 樟子松林

NP79- 1979 年斑块数量; NP95- 1995 年斑块数量

图 5 不同植被类型的斑块数量

Fig. 5 Patch number of different vegetation type



Contag- 聚集度指数; SIDI- Simpson's diversity index

图 6 多样性指数和聚集度指数

Fig. 6 Simpson's diversity index and contagion index

3 3 林火对景观格局的影响

兴安落叶松林是本区的主要植被类型, 其组成树种以兴安落叶松为主并混生杜香、越桔、修氏苔草、偃松、白桦等。

该地区的阔叶混交林面积增加, 是因为发生火灾后, 表层土壤开始化冻, 而下层土壤还处于冻结阶段, 使地下芽库得以保护, 所以大火过后, 地上的阔叶树和灌木无法被烧死, 事后绝大多数植物, 都以无性繁殖方式再生, 种子繁殖体极少。

樟子松抗火能力很差, 火尤其对幼树威胁更大, 限制了樟子松在本区的分布, 远不及兴安叶落叶松广泛。但是轻微的地表火又能对樟子松起到一定的促进作用, 因为可烧死一部分立木, 树冠疏开, 同时, 烧掉下木、下草及死地被物, 为樟子松创造了必要的

光照条件, 并保证了种子和土壤的接触, 有利于萌发成苗。

不同强度的林火对不同类型的植被影响有所不同, 对于兴安落叶松林原始林低强度的地表火, 仅烧毁林下的枯枝落叶、灌木、幼树, 对其原始林相无影响, 但延长森林更新时间。发生强烈的火烧, 或多次火烧, 兴安落叶松容易死亡, 一些阔叶树种如白桦、山杨易侵入, 形成针阔混交林。如果同一林地反复发生林火, 那么就会转变为灌丛和草地。对于在春季发生火灾的草甸, 易引起白桦的更新, 形成白桦林, 如果在白桦林下经常发生低强度火烧, 周围又有落叶松母树林的存在, 则容易促进兴安落叶松的更新, 各植被类型的转化情况如表 1。

表 1 各林地类型转移概率矩阵(1979~ 1995)(%)
Table 1 Transit matrix of different landscape type (1979~ 1995)(%)

林地类型	野青茅草甸 Meadow	兴安落叶松林 Dahurian Larch	阔叶混交林 Broadleaf mixed forest	樟子松林 Scotch Pine
野青茅草甸 Meadow	16. 61	72. 99	6. 52	3. 88
兴安落叶松林 Dahurian Larch	9. 86	83. 76	4. 78	1. 60
阔叶混交林 Broadleaf mixed forest	28. 22	69. 58	0. 00	2. 19
樟子松林 Scotch Pine	0. 06	31. 79	1. 55	66. 60

由于火灾轮回期很长, 使得整个区域火后更新的林地仅占其中的很小一部分, 对整个区域的景观造成显著影响的应为人干扰或其他因素, 火干扰仅占其中较少的比例, 对景观的动态演化不造成重大影响。

4 结论与讨论

呼中区 1979~ 2001 年林火发生次数变化不大, 20 世纪 90 年代以来发生次数有所上升, 火灾面积 2001 年过火面积最大。火灾轮回期 823 a, 大大超过正常的火灾轮回期。

从 1979~ 1995 年各植被类型的面积变化不是很大, 其中野青茅草甸和樟子松林的面积均有所减少, 兴安落叶松林和阔叶混交林的面积均有所增加。斑块数量除兴安落叶松林外均有所增加, 其中阔叶

混交林增加显著, 这些植被类型在 1979~ 1995 年间产生较大的破碎化, 兴安落叶松林的斑块数量则有所降低。形状指数除樟子松外均有较大的增加, 斑块形状趋于复杂, 虽然兴安落叶松林在空间的连续性有所增加, 但局部的破碎化依然导致形状指数增大。

林火的干扰对于景观格局的变化具有重要的影响, 对于呼中区而言, 由于过度的人为扑救抑制了林火的蔓延, 限制了大面积火灾的发生, 使得林火以中低强度的林火为主, 相对于自然状态下的林火而言, 其干扰对景观格局变化的影响的重要性显著降低。

景观格局的变化是在气候、人为干扰、火干扰等多种因素下综合作用的结果, 本文仅研究了林火对对景观变化的影响, 对于如何结合林火管理和营林措施, 使林火的发生控制在一个合理的水平, 有待进一步研究。

参考文献(References):

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] Li Shujuan, Wang Mingyu, Li Wenyu, *et al.*. Landscape pattern and fragmentation in Maershan Experimental forest farm in Heilongjiang Province[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2002, 30(3): 49~ 52. [李淑娟, 王明玉, 李文友, 等. 东北林业大学帽儿山实验林景观格局及破碎化分析[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(3): 49~ 52.]
- [4] Zheng Huanneng, Mang Xiuling, Xue Yu. Application of fire ecology[M]. Harbin: Northeast forestry University Press, 1988. 1~ 2. [郑焕能, 满秀玲, 薛焜. 应用火生态[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998. 1~ 2.]
- [5] Johnson E. A. Fire and vegetation dynamics: Studies from the North American boreal forest[M]. Cambridge University Press, 1992: 85~ 86.
- [6] Wu Jianguo. Landscape Ecology— Pattern, Progress, Scale and Hierarchy[M]. Beijing: Higher Education Press, 2002. 99~ 100. [邬建国. 景观生态学— 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 99~ 100.]
- [7] Jin Sen, Hu Haiqing. Study on forest fire regime of Heilongjiang Province: forest fire spatial and temporal dynamics and statistical distribution[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2002, 38(1): 88~ 94. [金森, 胡海清. 黑龙江省林火规律研究I. 林火时空动态与分布[J]. 林业科学, 2002, 38(1): 88~ 94.]
- [8] Song Weiguo, Fan Weicheng, Lin Qizhao. Self-organized criticality and its effect on forest fire data of China[J]. *Journal of natural disasters*, 2001, 10(1): 37~ 40. [宋卫国, 范维澄, 林其钊. 森林火灾的自组织临界行为及其在中国林火数据中的体现[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(1): 37~ 40.]

Landscape Dynamics Analysis of Daxing' an Mountains Huzhong Zone under the Disturbance of Forest Fires

WANG Mingyu¹, SHU Lifu¹, TIAN Xiaorui¹, LI Jie², DU Jianhua¹

(1. Institute of Forest Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

2. Forest Fire Management Office, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: This paper utilized the 1: 500 000 forest distribution maps of Huzhong in 1979 and 1995, as well as the forest fires records during 1969~ 2001, to analysis the fire conditions, some landscape indexes and the influence of fires on landscape dynamics. The fire rotation of this region is 823 a, greatly surpasses the normal level. The area of different type patches changed little since 1979 to 1995, the area of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* forest and meadow decreased little, and the area of *Larix gmelinii* forest and broadleaf mixed forest increased little. The number of all types patches increased but *Larix gmelinii* forest, and the number of broadleaf patches increased significantly, these types of vegetation fragmented during 1979~ 2001. All landscape shape indexes increase significantly but *Pinus sylvestris* var. *mongolica* forest, and the shape of patches becomes more complicated. Though the continuity of *Larix gmelinii* forest increased, the local fragmentation lead to the increasing of landscape shape index. Contagion index increased and Simpson's diversity index decreased, and the uniformity of patches area decreased. In Huzhong, compared to the natural condition, the importance of forest fire disturbance to shape landscape decreases significantly.

Key words: landscape; disturbance; forest fire; fire history