

地形对大兴安岭北坡林火迹地森林景观格局影响的梯度分析

孔繁花^{1,2}, 李秀珍^{1*}, 尹海伟³, 王绪高¹, 解伏菊¹

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2. Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739-8529 日本; 3. 南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

摘要: 1987 年大兴安岭“5.6”特大森林火灾, 过火面积 $1.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。火后, 不同的火烧强度区和岛状的未火烧区形成了一个异质镶嵌体, 然而在自然演替和人为干扰作用下, 十几年过去之后这种异质镶嵌体格局已经发生了明显变化。以大兴安岭北坡, 图强林业区的育英和奋斗两个林场为研究区, 总面积 $1.2 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 在景观尺度上, 以遥感和地理信息系统为技术手段, 将地形因子进行梯度划分, 并运用分布指数和偏相关分析探讨了大兴安岭在 1987 年大火后森林景观在地形梯度上的变化情况。研究结果表明: 森林景观在地形梯度上的格局发生了明显的变化, 但是不同的景观斑块类型变化幅度不同, 不同的地形因子对不同森林景观斑块类型变化的影响强度也迥异; 偏相关分析表明地形对主要森林景观斑块类型之间的变化影响最大的是坡度, 其次是海拔, 坡向的影响不明显。

关键词: 林火迹地; 森林景观; 地形梯度; 分布指数; 偏相关分析; 大兴安岭

Gradient analysis on the influence of terrain on the forest landscape pattern in the burned blanks of the north slope of Mt. Daxing'anling

KONG Fan-Hua^{1,2}, LI Xiu-Zhen^{1*}, YIN Hai-Wei³, WANG Xu-Gao¹, XIE Fu-Ju¹ (1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Graduate School for International Development and Cooperation, Hiroshima University, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8529, Japan; 3. Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 1863~1870.

Abstract: On May 6, 1987, a catastrophic forest fire took place on the northern slope of Daxing'anling Mountains, which burned out more than $1.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$ of natural forest and produced a strikingly heterogeneous mosaic of burned severities and islands of unburned vegetation across the landscape. Due to natural succession and anthropogenic disturbance, after more than ten years, the spatial pattern of the landscape has changed greatly. In this paper, a typical area was selected for a case study, which belongs to the Tuqiang forest bureau, including two forestry farms, namely, Yuying and Fendou, covering more than $1.2 \times 10^5 \text{ hm}^2$. The main object of this paper is to analyze the influence of topographical factors on the post-fire forest landscape.

With the support of the Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) software, 12 land cover types were delineated for the study area: coniferous forest, broad-leaved forest, mixed forest, shrub, nursery, harvested area, burned blanks, agricultural land, swamp, water, built-up, grass. Three terrain factors were analyzed: elevation, slope and aspect. Elevation is classified into eleven types: the area below 450 m is assigned 1, that of 450m~500m is assigned 2, and so on. Slope is classified into six types: the area where the slope is less than 5° is assigned 1, that of $5^\circ \sim 10^\circ$ is assigned 2, and so on.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30270225, 40331008); 中国科学院知识创新资助项目(SCXZY0102)

收稿日期: 2004-03-27; **修订日期:** 2004-06-27

作者简介: 孔繁花(1975~), 女, 山东日照人, 博士生, 主要从事景观生态学研究。

* **通讯作者** Author for correspondence. E-mail: landscape2001@sina.com

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 30270225, 40331008), and the Project of Chinese Academy of Sciences (No. SCXZY0102)

Received date: 2004-03-27; **Accepted date:** 2004-06-27

Biography: KONG Fan-Hua, Ph. D. candidate, mainly engaged in landscape ecology.

on. Aspect is classified into five types according to the amount of sunlight gained: Shaded aspect (North ($337.5^{\circ}\sim 22.5^{\circ}$) and Northeast ($22.5^{\circ}\sim 67.5^{\circ}$)), semi-shaded (Northwest ($292.5^{\circ}\sim 337.5^{\circ}$) and East ($67.5^{\circ}\sim 112.5^{\circ}$)), semi-sunshine aspect (West ($247.5^{\circ}\sim 292.5^{\circ}$) and Southeast ($112.5^{\circ}\sim 157.5^{\circ}$)), sunshine aspect (Southwest ($202.5^{\circ}\sim 247.5^{\circ}$) and South ($157.5^{\circ}\sim 202.5^{\circ}$)), and no-aspect. Slope, altitude and aspect were derived from digital topographical maps using the ARC/INFO and ARCVIEW software.

The spatial distribution of forest landscape on the terrain gradient was analyzed using Distribution Index (DI) and the Partial Correlation Analysis, using the SPSS software.

The results obtained from the present study are as follows:

(1) The spatial pattern and structure of forest vegetation in the study area changed greatly, but the change of each vegetation type was different. Especially, the area of coniferous forest, broad-leaved forest and mixed forest increased remarkably, and the cross-conversion among them was very strong. The burned blanks and harvested area became forest vegetation completely.

(2) The change of spatial distribution of different forest landscapes along the terrain gradient was quite different. The Distribution Index (DI) curves of coniferous forest and broad-leaved forest were changed more greatly than that of mixed forest and marsh. The change of spatial distribution of the same forest landscape on different topographic factors (elevation, slope and aspect) was also quite different. The DI curves of coniferous forest and broad-leaved forest on elevation gradient changed more greatly than that on slope and aspect gradient. The curves of mixed forest on slope gradient changed more greatly than that on elevation and aspect gradient. The curves of marsh on aspect and elevation gradient changed more greatly than that on slope gradient.

(3) Through Partial Correlation analysis, it is concluded that the effect of different topographic factors on forest succession was quite different. The effect of slope was the strongest, elevation was the second and aspect was the last.

Key words: burned blank; landscape ecology; terrain gradient; distribution index; partial correlation analysis; Mt. Daxing'anling

文章编号:1000-0933(2004)09-1863-08 中图分类号:Q149,Q948,S718.5 文献标识码:A

大兴安岭是我国重要的林区,也是一个极易遭受火干扰的地区。1987年大兴安岭“5.6”特大森林火灾,过火面积 1.33×10^6 hm^2 。火后,由不同的火烧强度区和岛状的未火烧区形成了一个异质镶嵌体,十几年过去之后,在自然演替和人工抚育的共同作用下,这种异质镶嵌格局发生了明显变化。

任何森林景观格局的形成、分布、变化都与环境(自然环境和社会环境)密切相关,它是在一定的气候、地形和土壤基质以及人类、自然干扰的综合作用下,在生存和竞争及适应过程中长期发展的结果。在众多的环境因子中,地形因子尤为重要,因为它影响了光、热、水、土的分布状况,同时也在不同程度上影响着各种自然或人为的干扰,使得森林景观的分布规律与地形因子具有空间上的相对一致性,这种一致性是了解森林景观格局与其形成过程关系的根本途径。目前,在这一领域的研究已引起了关注。日本植物生态学家以不同方式进行地形单元分类和赋值,对亚热带森林群落、物种及干扰的分布格局与地形的相关关系作了大量的研究^[1~6]。Ostendorf等^[1,7]根据阿拉斯加北部山地植被格局受地表径流深的控制,利用GIS从数字高程模型(DEM)中生成坡度分布图和径流分布图,建立了一个基于地形的植被格局模型;Swsnond等^[8]从理论上分析了地形对生态系统格局与过程产生的影响;Edward A. Johnson^[9]分析了美国北部火烧后针叶林的动态及其影响因素;Cayford J. H等^[14]研究了影响加拿大曼尼托巴东南部班克松火烧更新的地形因子。国内许多学者也加强了这方面的研究。例如:沈泽昊等运用DCCA等各种方法分析了地形对三峡森林物种多样性及景观空间格局的影响^[1,10,11];还有董方平对立地因子与湿地松生长的相关性分析^[12]等。但是目前国内在景观尺度上探讨地形对林火迹地森林景观变化影响的研究尚不多见。本文以大兴安岭1987年“5.6”特大火的火烧迹地为研究背景,主要探讨火后地形对森林景观格局变化的影响情况,进而为森林资源的可持续经营与管理提供科学依据。

1 研究区概况

图强林区位于我国北部边陲,大兴安岭北坡,隶属黑龙江省漠河县。地理坐标为东经 $122^{\circ}18'05''\sim 123^{\circ}29'00''$,北纬 $52^{\circ}15'55''\sim 53^{\circ}33'40''$ 。本文研究区选择在图强林业区中部,包括育英和奋斗两个林场,总面积约 1.2×10^5 hm^2 。

所选研究区地形主要是丘陵和低山,地势相对平缓,最大坡度约 45° ,平均坡度 5° ;最高峰海拔约为 930m ,最低为 420m ,平均为 599m 。该区属寒温带大陆性气候,年平均气温为 -4.94°C ,年平均降水量 432.0mm ,主要集中于6、7、8月份,占年

降水量的 75% 左右;土壤以棕色针叶林土为主;植被属于北部塔藓(*Hylocomium proliferum*)、赤杨、云杉(*Picea koraiensis*)兴安落叶松(*Larix gmelini*)林区,植物种类比较贫乏,森林结构比较简单,主要树种以兴安落叶松林为主,其次是白桦林(*Betula platyphylla*)和樟子松林(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)。

研究区过火面积为 $1.08 \times 10^5 \text{hm}^2$, 占总面积的 90.2%, 其中重、极重过火区主要分布在研究区中部和北部, 总面积为 $5.36 \times 10^4 \text{hm}^2$, 占总面积的 44.4%; 未过火区主要分布在研究区的南部, 总面积为 $1.18 \times 10^4 \text{hm}^2$, 占总面积的 9.8%。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

研究区森林景观类型图主要在地理信息系统平台软件 ARC/INFO 及 ARC/VIEW 的支持下, 根据 1987 年和 2000 年 3 个林场的林相调查图及相应的森林资源调查二类清查数据库获取; 同时为了纠正林相图由于应用目的不同和人为误差产生的影响, 对林相图进行了订正, 并主要参考 1987 年 10 月和 2000 年 9 月的 LANDSAT 7 波段卫星遥感数据、1987 年火烧强度图、1987 年和 1999 年人工更新森林分布图及其它相关资料。研究区森林景观斑块类型的划分是基于对研究区广泛的野外调查基础上进行的。

地形因子数据首先是在地理信息系统平台软件 R2V 及 ARC/INFO 的支持下, 数字化 1971 年出版的 1:10 万地形图, 获得了数字化高程模型(DEM), 而后以 DEM 数据为基础进行坡度、坡向地形因子的提取。

2.2 研究方法

研究区森林景观斑块类型共划分为 12 类, 即: 针叶林、阔叶林、针阔混交林、灌木、苗圃、采伐迹地、火烧迹地、农地、沼泽、水域、乡镇及其它建筑用地和荒草地(彩版 I, 彩版 II), 分别依次赋值 1~12。但由于苗圃、农地、水域、乡镇及其它建筑用地受到人为干预非常强烈, 且所占面积比重不是很大, 本文对此没有作详细的解释。

本文对地形的研究主要包括海拔、坡度和坡向 3 个地形因子。海拔梯度的划分是 450m 以下赋值为 1, 而后每增加 50m, 赋值增加 1, 共划分为 11 级。坡度分为 6 个等级, 平坡定义为 5° 以下, 然后以 10° 为单位分级, 并赋值 1~6, 缓坡($5 \sim 15^\circ$)、斜坡($15 \sim 25^\circ$)、陡坡($25 \sim 35^\circ$)、急坡($35 \sim 45^\circ$)、险坡(45° 以上)。坡向原始记录以北为起点(即为 0°) 顺时针旋转, 每 45° 为一个区间划分等级, 研究区共分为 5 个方向: (1) 阴坡, 北坡($337.5 \sim 67.5^\circ$), 东北坡($22.5 \sim 67.5^\circ$); (2) 半阴坡, 西北坡($292.5 \sim 337.5^\circ$), 东坡($67.5 \sim 112.5^\circ$); (3) 半阳坡, 西坡($247.5 \sim 292.5^\circ$), 东南坡($112.5 \sim 157.5^\circ$); (4) 阳坡, 西南坡($202.5 \sim 247.5^\circ$), 南坡($157.5 \sim 202.5^\circ$)。另外, 由于研究区地形情况特殊, 宽沟谷地、平地面积相对较大, 因此也划分为一类, 并赋值为 5, 表示无坡向。坡向梯度值 1~4, 数字越大, 表示越向阳, 越干热。

不同景观斑块类型在各地形因子梯度内的分布频率要受到两个因子的限制: 不同地形因子的空间分布状况和景观斑块类型面积的比重差异。为消除由面积差异带来的量纲影响, 准确描述森林景观在各地形梯度上的空间分布状况, 本文引入森林景观分布指数, 其公式如下:

$$P = (A_{ie}/A_i)/(A_e/A)$$

式中, A_{ie} 为某一地形因子下 e 梯度范围内第 i 种景观斑块类型的面积, A_i 为整个工作区域内的第 i 种景观斑块类型的总面积; A_e 表示整个区域内某地形因子在梯度 e 的总面积, A 为整个区域的面积。

同时, 为比较一定的景观斑块类型在特定地形因子不同梯度上或不同的森林景观斑块类型在同一梯度上的分布状况, 引入了标准分布的概念, 即在分布指数为 1 的情况下的分布。

分布指数对于景观的空间分布具有如下意义^[13]: ① 某种森林景观斑块类型分布指数曲线反映出该类型在一定地形因子梯度上的分布变化情况。若曲线比较平缓, 起伏不大, 表明该种景观斑块类型分布与标准分布偏离不大, 对该地形因子(坡度、坡向、海拔) 差异的适宜性较广, 也说明该地形因子对其影响不大; 若曲线起伏较大, 有明显的峰或谷, 表明该类型对该地形因子有较强的选择性, 也反映了此种地形因子对该景观斑块类型影响较大。② 在同一地形因子的同一梯度内, 不同景观斑块类型 P 值的差异, 是地形对景观斑块类型适宜性的体现。若不同景观斑块类型的 P 值差别不大, 且都集中在标准值 1 附近, 表明此种地形因子的该梯度范围内是一种普适性地形, 适合各种景观斑块类型的发育; 反之则说明该地形因子的该梯度范围是一种狭适性地形, 只适于个别景观斑块类型的发育和分布。

由于不同的景观斑块类型变化幅度不同, 不同的地形因子对不同森林景观斑块类型变化的影响强度也迥然不同, 再加之各地形因子之间相互联系、相互作用, 为确定单一地形因子对森林景观格局变化的影响强度, 本文采用了偏相关分析方法。偏相关分析是指当两个变量同时与第 3 个变量相关时, 将第 3 个变量的影响剔除, 只分析另外两个变量之间相关程度的过程。为了量化森林景观空间格局的变化情况, 本文利用不同森林景观斑块类型之间面积的转换量来表达(表 1), 由于各地形因子梯度范围都小于 11, 而不同景观斑块类型间转换面积的数值相对较大, 为减少数据之间的差异, 对其进行对数转换。

表 1 不同景观斑块类型间转换面积(1987~2000 年)

Table 1 the conversion area between different landscape types from 1987 to 2000

1987 年 (hm ²)	2000 年(hm ²)												总计 Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	19075.6	9453.3	6299.0	0.0	0.0	154.4	0.0	0.0	914.6	35.5	13.5	2336.3	38282.1
2	2148.8	2119.4	1245.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	14.8	10.4	6.6	163.4	5717.7
3	5672.7	3403.0	3471.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	37.4	0.0	21.6	241.3	12848.6
4	104.7	15.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.9	0.0	0.0	24.3	176.2
6	2457.3	1224.5	151.3	0.0	0.0	14.4	0.0	0.0	204.4	0.0	15.7	360.9	4428.4
7	26386.8	9669.6	2359.4	0.0	25.1	28.3	0.0	0.0	6666.5	386.3	1258.5	6652.8	53433.2
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.5	26.5
9	959.5	627.8	81.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1449.2	9.7	317.1	670.4	4115.1
10	44.7	28.4	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	79.9	1.9	0.4	30.4	189.4
11	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
12	204.9	96.6	26.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9	1.5	22.8	246.0	615.4
总计 Total	57055.3	26638.3	13639.4	0.0	25.1	208.1	0.0	0.0	9413.5	445.3	1656.0	10752.2	119833.2

3 森林景观在地形梯度上分布格局变化分析

3.1 针叶林在地形梯度上分布格局的变化分析

针叶林在海拔梯度上的分布格局发生了明显变化(图 1a)。2000 年分布指数曲线要比 1987 年平缓,波峰变得不明显,峰值也大大降低;优势分布范围向低海拔发生了位移,宽度减少了 2 个梯度,且其内部的空间差异明显减小;最高分布频率梯度由 8 减为 5,向低海拔移动了 3 个梯度。主要原因是:①1987 年的大火减少了针叶林在低海拔的分布,但火灾后在水分、土壤适宜的低海拔地段进行了大量的人工更新,使其在低海拔的分布频率明显增加;②火灾后的采伐,使采伐迹地在较高海拔梯度 6~7 范围内出现明显的峰值,致使幸存的针叶林相对减少,优势分布范围减小;③随海拔升高,火烧强度减弱,在中度火烧区,火烧时形成的林窗,为白桦等阔叶林的更新创造了条件,形成针阔混交复层异龄林,这使得针叶林优势分布范围变窄,分布指数值也明显减小;④针叶林在海拔梯度上没有强烈的选择性,在人为更新和自然演替下,针叶林将逐渐扩大其优势分布范围,成为广适性森林景观,因此总的分布趋势是向标准分布靠近。

针叶林在坡度梯度上的变化不很明显(图 1b)。针叶林优势分布范围由 1987 年的梯度 2~5 变为 2000 年的 2~4,向低坡度移动了 1 个梯度;分布频率除在平坡略微变大外,其它各梯度分布频率都呈下降的趋势;各梯度分布频率趋于均匀化,优势分布范围内的空间差异缩小。主要原因是:①由于在梯度 5 针阔混交林分布频率急剧增加(图 4b),使得针叶林在此梯度内的分布优势丧失;②针叶林对坡度梯度的适应弹性较大,再加之坡度及演替时间的限制,使新增针叶林的分布扩张范围及补偿程度受到影响,导致针叶林在优势分布范围内的分布比较均匀,趋势线分异程度减小。

针叶林在坡向梯度上的分布格局没有改变(图 1c),由阴坡

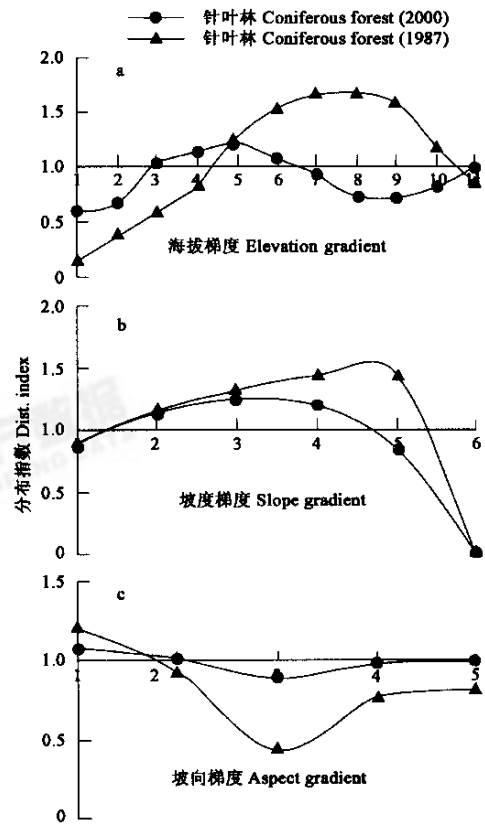


图 1 1987 年与 2000 年针叶林在海拔、坡度、坡向梯度上分布变化
Fig. 1 Distribution of coniferous forest on the terrain (elevation, slope, aspect) gradient in 1987 and 2000

到阳坡表现出高、中、低 3 段式分布格局,但 2000 年的分布格局更趋于平缓,表现出对坡向的广适性。2000 年 P 值在梯度 1、2

有所降低,而在梯度 3、4 略有上升。这是因为阴坡和半阴坡的土壤水分条件要比阳坡更适宜兴安落叶松的自然演替^[14],但火烧迹地的分布却是阳坡大于阴坡,火后在人为更新的情况下,阳坡针叶林分布频率上升,使得阴阳坡的差异缩小,曲线变得平缓。

3.2 阔叶林在地形梯度上分布格局的变化分析

阔叶林在海拔梯度上分布指数曲线趋于缓和,变异幅度减小,优势分布范围向低海拔集中,高海拔梯度分布频率减小(图 2a)。主要原因是:1987 年受火干扰影响,在海拔梯度小于 7 时,阔叶林被强烈的分割,分布频率趋势线表现出非常明显的变异幅度,而火后白桦等阔叶林作为先锋树种大量萌生,扩大了其优势分布范围,缓和了变异的程度;另外,在高海拔梯度 7,采伐迹地的增多导致阔叶林在该梯度分布频率明显降低。

阔叶林在坡度梯度上分布指数曲线变化较大,但从总体上来看,曲线变异幅度减小;优势分布范围变小,向低坡度移动了 1 个梯度(图 2b)。火后在坡度梯度大于 4 的地段,因失去林冠和枯枝落叶层的保护,土壤流失加强,常形成以旱生杂草(大叶草、凤毛菊、地榆等)为主的荒草地(荒草地在坡度梯度 4 和 5 时,分布指数分别为 5.8 和 21.5),致使阔叶林在此梯度分布频率不高;随着时间的推移白桦、山杨等开始萌生,并因耐旱植被的庇荫作用,减少了更新幼苗的日灼伤害,植被逐渐得到恢复,从而使得阔叶林分布指数有所回升。

阔叶林在坡向梯度上分布指数曲线变化不大,分布曲线变得和缓;优势分布范围略微扩大;分布指数在梯度 2 和 3 有所降低,而在其他梯度略有升高(图 2c)。阔叶林优势范围扩大的主要原因是火烧迹地的更新。由于火烧迹地在阳坡的分布大于阴坡,且阳坡光照强,加之火后失去植被庇荫作用,生境趋于干旱^[15],不利于植被的快速更新。在实地调查时发现,一些耐干旱植物,例如:三七(*Sedum aizoon*)、瓦松(*Orostachys* sp.)和一些旱生的蒿类,首先侵入,造成初期旱生化,但随着时间的推移,大约 2~3a 后,在旱生植物的遮荫作用下,阔叶林植被逐渐得到更新。

3.3 针阔混交林在地形梯度上分布格局的变化分析

针阔混交林在海拔梯度上分布指数曲线变化不明显,只有最大分布频率向低海拔移动了 1 个梯度(图 3a)。但实际调查研究发现,针阔混交林在这十几年时间里未发生变化的面积只占 26.7%(表 2),其主要原因为针阔混交林与阔叶林和针叶林互换强烈,使得在研究时段内其总面积基本没变,在各海拔梯度的分布频率也未发生太大波动。调查还发现,海拔越高,火干扰与人为干扰都减弱,部分针阔混交林已经演替成针叶林,使得针阔混交林峰值向低海拔移动。

针阔混交林在坡度梯度上分布指数曲线变化十分明显,曲线的变异幅度也有所增大;优势梯度范围向高坡度增加了 1 个梯度,优势性更加显著;分布频率基本呈增加的趋势,最高分布频率由梯度 3 变为梯度 5(图 3b)。这种空间分布格局说明,针阔混交林受坡度的影响较大,但当坡度梯度超过一定限度后,其适宜性将急剧下降。在大部分中度甚至部分轻度过火区,因为火后林冠层大部分破损,林冠稀疏,郁闭度较小,形成许多林窗,林地阳光充足,先锋树种白桦、山杨等迅速占领了生存空间,演替生成了针阔混交林,从而使其分布频率在各梯度都有所增加。

针阔混交林在坡向梯度上的分布格局没有改变,表现出高、低、中 3 段式分布格局。但分布指数在梯度 3~5 有所增加,主要原因是在此梯度范围内,在人工抚育干扰作用下,灌木分布大量减少(分布指数由 0.935 变为 0),逐渐演替生成针阔混交林(图 3c)。

3.4 沼泽在地形梯度上分布格局的变化

在海拔梯度小于 3 时,沼泽的分布指数曲线变化非常明显,而在海拔梯度大于 5 时,基本没有变化;在海拔梯度 1,分布频率变化最为明显(图 4a)。这种空间分布格局表明海拔对沼泽的约束作用较大,在海拔梯度 1,1987 年大部分被火烧迹地所占据,从而排斥了沼泽,而在 2000 年火烧迹地基本演替成了沼泽;在海拔梯度 2、3,为沼泽发育的过渡带,景观斑块类型增多,各类型的面积比例也发生着不同的变化,沼泽被强烈分割,分布频率曲

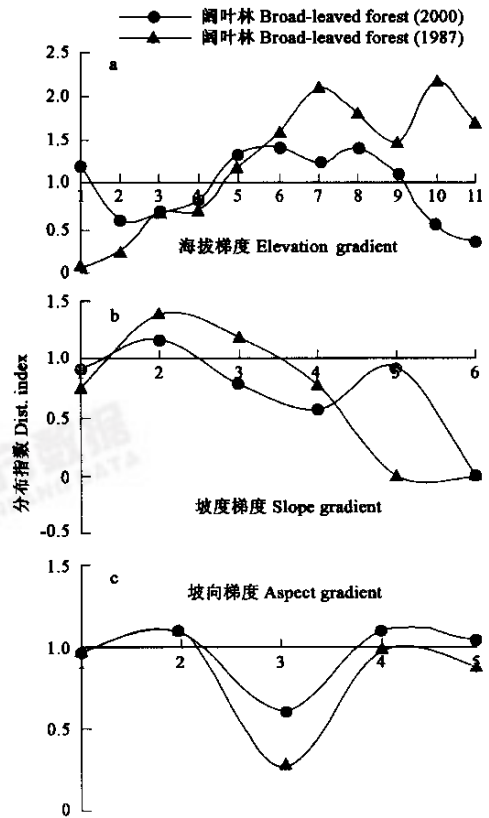


图 2 1987 年与 2000 年阔叶林在海拔、坡度、坡向梯度上分布变化
Fig. 2 Distribution of broad-leaved forest on the terrain (elevation, slope, aspect) gradient in 1987 and 2000

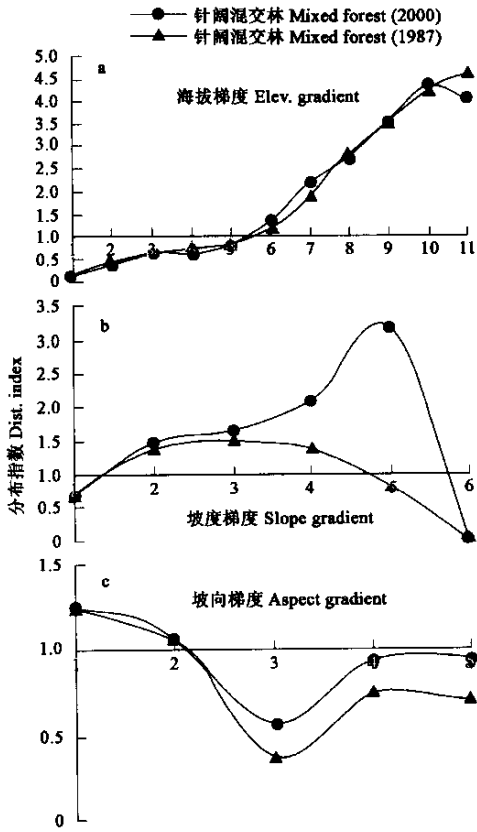


图 3 1987 年与 2000 年针阔混交林在地形(海拔、坡度、坡向)梯度上分布变化

Fig. 3 Distribution of mixed forest on the terrain (elevation, slope, aspect) gradient in 1987 and 2000

线变化明显;海拔超过一定范围后,不利于积水也限制了永冻土层发育,沼泽的适应性突然降低,分布频率大幅下降且基本稳定。

沼泽在坡度梯度上分布指数曲线基本没有改变,这表明沼泽对坡度有强烈的选择性(图 4b)。

沼泽在坡向梯度上分布指数曲线变化较大,曲线的变异幅度增大;优势分布范围扩大,在梯度 2~4,分布指数均较大幅度增加(图 4c)。在梯度 2~4,火烧迹地与采伐迹地的消失是造成其分布指数增加的主要原因。火干扰后沼泽面积增加一方面是因研究区多平地与宽沟谷,地表易于滞水,另一方面火灾使坡地森林的耗水、蓄水功能丧失,遇雨将会有更多的水分集中到坡度较小的区域,因而以塔头苔草和丛桦为特征的沼泽面积趋于扩大并排挤现有林地^[16]。在实际调查时发现,很多低平地原先生长落叶松老头林现已演替生成沼泽。

4 地形对森林景观格局变化影响强度分析

各地形因子对火烧迹地演替成阔叶林的影响除在坡向上不显著外,在海拔和坡度上都比较显著,其中与坡度的关系最为密切,相关系数为-0.7382,呈明显负相关(表 2)。这是因为坡度的变化影响了土壤水分、土壤厚度、土壤营养成分,进而影响

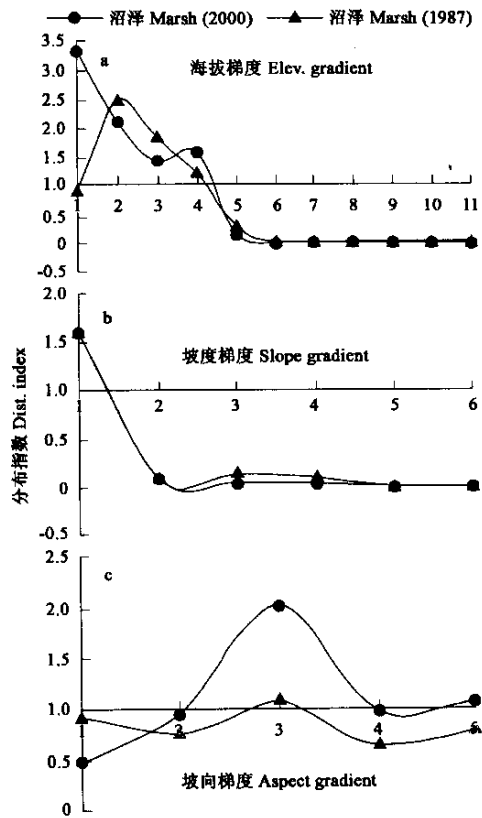


图 4 1987 年与 2000 年针阔混交林在地形(海拔、坡度、坡向)梯度上分布变化

Fig. 4 Distribution of marsh on the terrain (elevation, slope, aspect) gradient in 1987 and 2000

表 2 不同景观斑块类型转换与各地形因子的偏相关分析结果

Table 2 Result of relationship between different landscape type changes and terrain factors by the Partial-Correlation analysis

景观类型转换 Transition of landscape type	地形因子 Terrain factors		
	海拔 Altitude	坡度 Slope	坡向 Aspect
火烧迹地——阔叶林 Burned blank——broad-leaved forest	-0.4451** (n=132) P=0.000	-0.7382** (n=132) P=0.000	0.1078 (n=132) P=0.215
火烧迹地——针叶林 Burned blank——coniferous forest	-0.5402** (n=158) P=0.000	-0.6835** (n=158) P=0.000	0.0242 (n=158) P=0.762
火烧迹地——沼泽 Burned blank——marsh	-0.4235** (n=50) P=0.002	-0.7924** (n=50) P=0.000	0.2782* (n=50) P=0.046
阔叶林——针阔混交林 leaved forest——coniferous and broadleaf mixed forest	-0.1940* (n=106) P=0.044	-0.4021** (n=106) P=0.000	-0.0380 (n=106) P=0.696

n 观测数 Number; P 显著性概率 Significant level;

* P=(0.01~0.05), ** P≤0.01

了植被的生长发育,在火干扰的情况下,这种影响会加剧,因为火的作用使地表植被和枯枝落叶层受破坏,增加了雨水对地面的冲击力,使土壤中的营养元素流失掉,导致土壤变得贫瘠。东北林业大学防火研究室研究表明,在坡度分别为 45° 和 26.6° 时,两者的土壤侵蚀量相差 32 倍;在同样的 45° 的坡度下,火烧和未火烧的土壤侵蚀相差 36 倍^[17]。海拔对火烧迹地演替成阔叶林的影响也较大,主要原因有:随着海拔升高,火烧迹地面积逐渐减小;随着海拔升高,土壤厚度减小,土壤水分难以保持,营养物质贫乏,不利于火烧后阔叶林更新。

各地形因子对火烧迹地演替成针叶林的影响在坡向上不显著,在海拔和坡度上都比较显著,其中坡度的影响最为显著(表 2)。其主要原因是火后根据不同的立地条件按照“适地适树”的原则进行了人工抚育更新。

各地形因子对火烧迹地演替成沼泽的影响在坡度上最为显著,在海拔上显著性不高,在坡向上不显著(表 2)。这主要是因为沼泽分布对坡度有强烈的选择性,主要分布于坡度小于 5° 的谷地中^[18]。

各地形因子对阔叶林演替成针阔混交林的影响只有在坡度上是显著的,在海拔和坡向上不显著,但海拔的影响大于坡向(表 2)。

综上所述,地形对主要森林景观斑块类型之间的变化影响程度较强,其中影响最大的是坡度,海拔次之,坡向的影响不显著。这从一个侧面说明,研究区火烧迹地主要森林景观的变化,单从地形因子的影响分析来看,起决定作用的是土壤厚度、土壤水分和营养物质,光照的影响不起主要作用。

5 结论

借助于 RS、GIS 等先进技术手段,以景观生态学基本理论为支持,综合应用林相图、林相调查数据、遥感影像数据、地形数据、野外调查数据等多源信息,采用分布指数和偏相关分析方法,进行了地形对大兴安岭北坡林火迹地森林景观格局影响的梯度分析。研究结果表明:

(1)研究区森林景观结构空间格局发生了明显变化,但是不同森林景观类型的变化程度不同。针叶林、阔叶林和针阔混交林面积明显增加,且相互转换作用强烈;火烧迹地和采伐迹地均已完全转换成其他森林景观类型。

(2)不同森林景观类型在地形梯度上分布格局的变化程度差异显著。针叶林和阔叶林在地形梯度上分布指数曲线的变异程度要比针阔混交林和沼泽显著。同一森林景观类型在不同的地形因子(海拔、坡度和坡向)梯度上分布格局的变化程度也迥异。针叶林和阔叶林在海拔梯度上分布指数曲线的变异程度要比在坡度和坡向梯度上的显著;针阔混交林在坡度梯度上分布指数曲线的变异程度要比在海拔和坡向梯度上的显著;而沼泽在坡向梯度上分布指数曲线的变异程度要比在海拔和坡度梯度上的显著。

(3)通过偏相关分析可以发现,3 个地形因子(海拔、坡度和坡向)对不同森林景观斑块类型演替模式的影响程度存在明显差异,坡度的影响最强,其次是海拔,坡向的影响程度相对较小。

References:

- [1] Shen Z H, Zhang X S, Jin Y X. Gradient analysis of the influence of mountain topography on vegetation pattern. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, **24**(4): 430~435.
- [2] Tamura T. Multiscale landform classification study in the hills of Japan. Part I, Device of multiscale landform classification system. Science Report Tokyo University, 7th Series(Geography), 1981, **30**(1):1~19.
- [3] Kikuchi T. A DCA analysis of floristic variation of plant communities in relation to micro-landform variation in a hillside area. *Ecological Review*, 1990, **22**:25~31.
- [4] Kikuchi T, Miura O. Differentiation in vegetation related to micro-scale landforms with special reference to the lower sideslope. *Ecological Review*, 1991, **22**:61~70.
- [5] Kikuchi T, Miura O. Vegetation patterns in relation to micro-scale landforms in hilly land regions, *Vegetation*, 1993, **106**:147~154.
- [6] Hara M K, Hirata K, Oono. Relationship between micro-landform and vegetation structure in an evergreen broad-leaved forest on Okinawa Island, S-W, Japan. *Natural History Research*, 1996, **4**(1):27~35.
- [7] Ostendorf B, Reynolds J F. A model of arctic tundra vegetation derived from topographic gradients. *Landscape Ecology*, 1998, **13**:187~202.
- [8] Swnond F J, Kratz T K, Caine N. Landform effects on ecosystem pattern and processes. *BioScience*, 1988, **38**:92~98.
- [9] Edward A Johnson. *Fire and vegetation dynamics-studies from the North American boreal forest*, Cambridge University Press, 1992.
- [10] Shen Z H, Zhang X S. The spatial pattern and topographic interpretation of the forest vegetation at Dalaoling region in the Three Gorges. *Acta Bot Sinica*, 2000, **42**(10):1089~1095.
- [11] Shen Z H, Zhang X S, Jin Y X. Spatial pattern analysis and topographic interpretation of species diversity in the forests of Dalaoling in

the region of the Three Gorges. *Acta Botanica Sinica*, **42**(6): 620~627.

- [12] Tong F P. The relativity between stand factors and growth of marsh pine. *Hu'nan forestry science and technology*, 1994, **21**(3): 13~16.
- [13] Yu H, Zeng H, Jiang Z Y. Study on distribution characteristics of landscape elements along the terrain gradient. *Scientia geographica sinica*, 2001, **21**(1): 64~69.
- [14] Xu H C. *Forest of Daxing'anling in China*. Beijing: Chinese Scientific and Technological Press, 1998.
- [15] Yang S C, Liu X T, Cao H B, *et al.* Vegetation change on burn blank in Daxing'anling forest areas. *Journal of northeast forestry university*, 1998, **26**(1): 19~23.
- [16] Xiao D N, Tao D L, Xu Z B, *et al.* Influence of conflagration on forestry resource and environment in northern region of Daxing'anling. *Chinese Journal of Ecology*, 1988, **7**(app.): 5~9.
- [17] Xiang F W. Influence of forest fires on soil characteristics and regeneration of forest in northern region of Daxing'anling. *Journal of Jilin forestry university*, 1990, **6**(1): 1~19.
- [18] Zhou Y W, Liang L H, Gu Z W, *et al.* Effects of forest fire on hydro-thermal regime of frozen ground, the northern part of Da Xing'an Ling. *Journal of glaciology and geocryology*, 1993, **15**(1): 17~26.

参考文献:

- [1] 沈泽昊, 张新时, 金义兴. 地形对亚热带山地景观尺度植被格局影响的梯度分析. *植物生态学报*, 2000, **24**(4): 430~435.
- [10] 沈泽昊, 张新时. 三峡大老岭地区森林植被的空间格局分析及其地形解释. *植物学报*, 2000, **42**(10): 1089~1095.
- [11] 沈泽昊, 张新时, 金义兴. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及其地形解释. *植物学报*, **42**(6): 620~27.
- [12] 童方平. 立地因子与湿地松生长相关性的研究. *湖南林业科技*, 1994, **21**(3): 13~16.
- [13] 喻红, 曾辉, 江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究. *地理科学*, 2001, **21**(1): 64~69.
- [14] 徐化成. *中国大兴安岭森林*. 北京: 科学出版社, 1998.
- [15] 杨树春, 刘新田, 曹海波, 等. 大兴安岭林区火烧迹地植被变化研究. *东北林业大学学报*, 1998, **26**(1): 19~23.
- [16] 肖笃宁, 陶大立, 徐振邦, 等. 大兴安岭北部特大火灾对森林资源及环境的影响. *生态学杂志*, 1988, **7**(增): 5~9.
- [17] 项凤武. 大兴安岭北部林火对森林土壤性质及林木更新的影响. *吉林林学院学报*, 1990, **6**(1): 1~19.
- [18] 周幼吾, 梁林桓, 顾钟炜, 等. 大兴安岭北部森林火灾对冻土水热状况的影响. *冰川冻土*, 1993, **15**(1): 17~26.

孔繁花, 等: 地形对大兴安岭北坡林火迹地森林景观格局影响的梯度分析
 KONG Fan-Hua, *et al.*: Gradient analysis on the influence of terrain on the forest landscape pattern in the burned blanks of the north slope of Mt. Daxing'anling

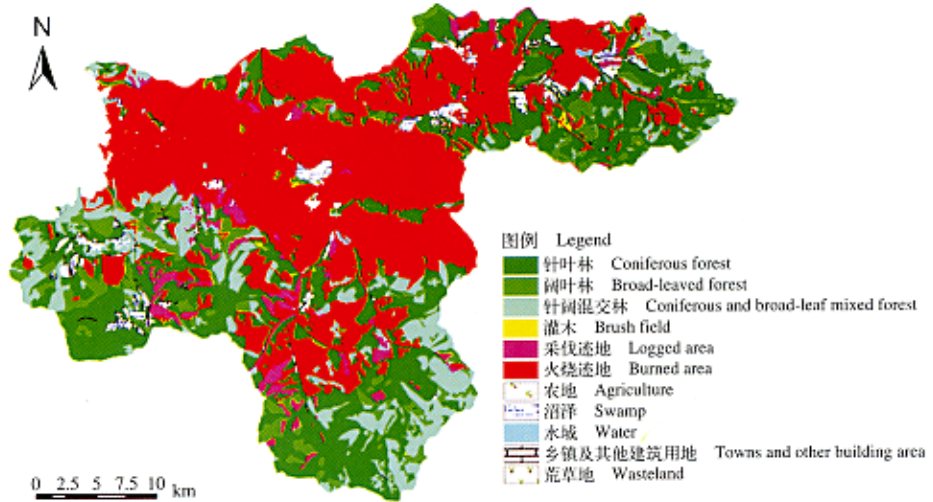


图 I 1987 年景观类型分布图
 Plate I Distribution map of the landscape types in 1987

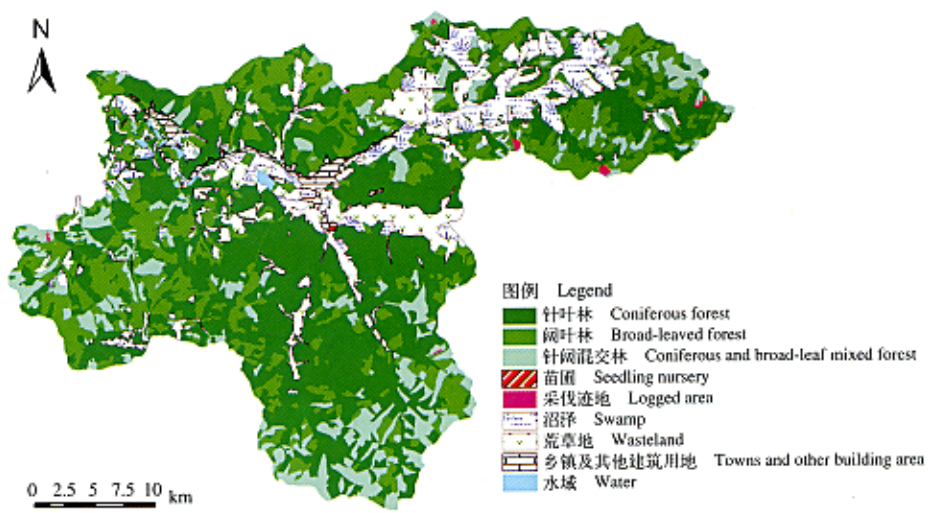


图 II 2000 年景观类型分布图
 Plate II Distribution map of the landscape types in 2000