

长白山红松阔叶林林冠木竞争生长及林冠空隙动态研究

侯向阳¹, 韩进轩², 阳含熙²

(1. 中国农业科学院, 北京 100081; 2. 中国科学院自然资源综合考察委员会, 北京 100101)

摘要:以长白山红松阔叶林林冠木的年龄资料为基础, 分析林木树冠重叠与年轮径向生长的关系; 通过林冠空隙边缘的空隙边缘株的干扰释压分析, 揭示林冠空隙集中形成的动态规律。红松林相邻林木间的理论树冠重叠率与年轮径向生长呈显著负相关, 不同树种间存在不同的竞争和协同关系; 红松林中除个别小空隙是经过一个集中形成期形成外, 大部分空隙是经过 2~3 个集中形成期形成的, 1900~1920 和 1910~1930 是大部分空隙的集中形成期。

关键词:树冠重叠; 年轮径向生长; 林冠空隙, 空隙边缘株; 集中形成期

The growth of canopy trees and gap dynamics of the Korean-pine forests

HOU Xiang-Yang¹, HAN Jing-Xuan², YANG Han-Xi² (1. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Commission for Integrated Survey of Natural Resources, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: The paper analyzed the relationships between tree crown overlapping and ring radical growth based on ring materials of canopy trees. The dynamics of gap focus formation was studied through disturbance release analysis of gap frontier trees. There are negative relationships between theoretical crown overlap rates and ring radical growth. There are various competitive and cooperative relations among various tree species. Most gaps formed in 2 or 3 gap focus formation periods except a few small gaps which formed in only one focus formation period. Periods 1900~1920 and 1910~1930 were focus formation periods of most gaps.

Key words: tree crown overlapping, ring radical growth, canopy gap, gap frontier trees, gap focus formation periods

文章编号: 1000-0933(2000)01-0068-06 中图分类号: Q149, S718.55 文献标识码: A

森林群落的干扰及林冠空隙(gap)动态研究是森林生态学中非常活跃的领域之一, 生态学家对不同森林生态系统的中小规模的干扰状况、干扰历史、干扰对群落和景观的影响, 林冠空隙的规模大小、年龄分布, 林冠空隙的树种更新动态, 微生境异质性以及基于 gap 的森林动态循环等方面, 进行了广泛研究^[1~7]。以林冠木的年龄资料为基础的干扰历史分析和基于观察实验的林冠空隙动态研究代表两种不同类型的干扰研究。干扰历史分析研究较少考虑空间因素, 基于观察的林冠空隙动态研究仅反映相对短期的干扰及干扰后的更新恢复情况^[5,8]。本文重点进行长白山红松阔叶混交林林冠木的年龄生长分析和干扰释压的空间分析, 以期揭示林冠木生长、竞争以及较长时段林冠空隙的动态规律。

1 数据采集和研究方法

1.1 数据采集

本研究采用野外调查和室内测定相结合的方法采集基础数据。调查工作主要在长白山西坡 1986 年发

1) 侯向阳, 等. 长白山红松林干扰节律研究. 生态学报, 待发表

生的一次灾害性风灾干扰迹地上进行。样地海拔 1100m 左右,属针阔混交的红松、鱼鳞云杉、臭冷杉群系。调查工作结合风倒区内伐木工人清理倒木进行。在 30m×50m 的样区内划分 10m×10m 的样方。样方内记录林木的种名、高度、胸径、地径、平面坐标位置;每隔 4m 截取年轮盘,登记年龄;取距地面 4m 高处年轮盘,用作室内测量。室内利用年轮自动分析仪测定年轮宽度,绘制单株树木的逐年年轮宽度表和年轮生长曲线。

1.2 研究方法

1.2.1 树冠重叠率计算 林木树冠与周围其他林木重叠的程度可以反映林木对空间需求的满意度和林木与周围林木竞争的程度。基于一定胸径的林木有一定大小的圆形树冠平面投影面积的假设,称该树冠面积为理论冠面积,计算单株林冠木与相邻林冠木的理论树冠面积重叠率。先以单株林木平面坐标为原点 $T_{i0}(i=1,2,\cdots,n)$,在样区内 8 个象限方位上循环查找与单株林木距离最近的林冠木,为相邻林冠木 $T_{ij}(i=1,2,\cdots,n;j=1\sim8)$;利用徐振邦等^[9]的林木胸径和冠幅的经验方程,计算林木的树冠半径,作为理论树冠半径;再根据单株林木与相邻林冠木的距离计算树冠重叠率。为分析林木与周围同种或异种林木的生长和竞争,在样区内选择两株单独生长在一起或只受到另外一株林木影响的特例,按照前述方法计算树冠重叠率。

1.2.2 林冠空隙和空隙边缘株的寻查 相邻林冠木林冠不重叠即形成林冠空隙。在样区内划分 5m×5m 的小样方,在每个小样方的平面坐标上随机布置寻查基点,以查寻基点为原点 $P_{i0}(i=1,2,\cdots,n)$,在样区内 4 个象限方位上循环查找与查寻基点距离最近的林冠木;分别计算第 I 象限和第 III 象限、第 II 象限和第 IV 象限相邻林冠木之间的林冠空隙距离 DG_{ij} 。

$$DG_{ij} = D_{ij} - (R_{1j} + R_{2j}) \quad (i = 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2) \tag{1}$$

式中 DG_{ij} 为相对象限株林冠空隙距离, D_{ij} 为基部距离, R_{1j} 和 R_{2j} 分别为相对象限株林木冠幅,若 $DG_{i1} > 0$ 且 $GD_{i2} > 0$,则确定为林冠空隙。循环查找全部空隙。以垂直象限的林冠空隙距离的几何平均数作为林冠空隙规模 S_i 的量度。林冠空隙边缘的林冠树木为林冠边缘株。

$$S_i = \sqrt{DG_{i1} \times DG_{i2}} \quad (i = 1, 2, \cdots, n) \tag{2}$$

1.2.3 释压分析 林冠边缘株的年轮生长释压反应是研究林冠空隙动态的很好的资料。判别林木是否从被压中释压是基于如下考虑的,即当被压林木从较大的树冠下或从周围大小相当的林木的树冠的挤压下解放出来时,树冠得以在全光下暴露,这时树木年轮生长常表现突然而且持续的快速增长。在综合考虑年龄、气候等因素的条件下,使用连续 10~15a 的快速生长比前 15a 平均增加 50%~100% 的标准作为辩识释压反应的标准^[1]。

$$r = W_{15}/W_{10} \tag{3}$$

式中 r 为释压比率, W_{15} 为释压后 15a 平均年轮宽度, W_{10} 为释压前 10a 平均年轮宽度。

按照胸径大小将红松及其它针叶树分成 3 级,45cm 以上为 I 级,45~35cm 为 II 级,35~20cm 为 III 级。不同胸径大小级的林木反映不同林冠层的情况。

2 结果

2.1 林木树冠重叠与年轮径向生长

2.1.1 受单株林木影响的林木树冠重叠与年轮径向生长 林分中两株单独生长在一起或只受到另外一株林木影响的林木是研究树种内或树种间林木生长和竞争的很好资料。因为只受到另外一株林木的影响,相当于对其他林木的影响进行了局部控制。特例分析表明,随着林木生长,相邻林木间的理论树冠重叠率增大,林木间的空间竞争增强,年轮径向生长呈极显著负相关。红松同级林木、异级林木之间以及树种间均有竞争影响, I 级红松林木对 II 级红松林木表现强烈影响(表 1、表 2)。

2.1.2 受多株林木影响的林木树冠重叠与年轮径向生长 为分析一株林木同时受到多株林木的影响,对样区内每个样方内距离最近 10a 平均年轮宽度与周围所有林木间的理论树冠重叠率进行多元逐步回归分析。考虑 6 个主要因子,分别是受影响林木的胸径(x_1)、红松、鱼鳞云杉、紫椴、臭冷杉与被影响林木

的理论树冠重叠率(x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6),结果如表 3 所示。表中入选因子均为与林木年轮宽度有显著线性相关的因子。红松、鱼鳞云杉、臭冷杉的第一个因子均入选,表明树冠可塑性小的针叶树种的年轮宽度与林木胸径有关,阔叶树种紫椴相关性较小。第二个因子除臭冷杉外,其余树种均入选,表明红松对这些树种的年轮宽度有显著影响。考察的几个树种入选因子不同,表明林分树种间存在不同的竞争和协同关系。

表 1 不同胸径大小级的红松的竞争与生长

Table 1 Competition and growth of *Pinus koraiensis* with different DBH classes

排列 Rank	胸径 DBH(cm)		径向生长递减率 Radical growth decreasing rate	相关系数 (R)
	被影响林木	影响林木		
	Effectted tree	Effecting tree		
I ← I	56	53	6.66	−0.974
II ← I	39	56	16.18	−0.984
III ← I	20	54	5.99	−0.981

表 2 鱼鳞云杉对红松的影响

Table 2 Effects of *Picea jezoensis* on *Pinus koraiensis*

排列 Rank	胸径 DBH(cm)		径向生长递减率 Radical growth decreasing rate	相关系数 (R)
	被影响林木	影响林木		
	Effectted tree	Effecting tree		
红松←鱼鳞云杉	29	54	4.15	−0.747
红松←鱼鳞云杉	44	49	10.67	−0.924

表 3 林木树冠重叠与年轮径向生长多元逐步回归分析

Table 3 Multi-variate stepwise regression of tree crown overlapping and ring radical growth

因子 Factor	红松		鱼鳞云杉		紫椴		臭冷杉	
	b_i	r_i	b_i	r_i	b_i	r_i	b_i	r_i
x_1	1.445	0.544	2.365	0.737			2.519	0.623
x_2	−0.13	−0.22	−0.63	−0.55	−0.23	−0.25		
x_3			−1.16	−0.32				
x_4							−0.32	−0.39
x_5	−0.33	−0.18						
B_0	23.85		20.8				19.22	
复相关系数	0.632		0.73				0.652	

注: b_i 、 r_i 分别是被影响树种与回归因子的偏回归系数和偏相关系数

2.2 林冠空隙及动态

在样区内按照四分象限法寻查不同林冠层的林冠空隙,分别在顶层(I层)、亚层(II、III层)、全林冠层寻查到5、3、3个大小不同的林冠空隙。不同冠层的空隙有重合也有分离,较大的林冠空隙往往是林冠层有共有空隙。空隙分布如图1所示。

在寻查林冠空隙的基础上,进一步分析空隙特征,包括空隙规模、空隙集中形成期。空隙规模由空隙边缘株的平面坐标位置和冠幅大小决定,按照式(2)计算。空隙集中形成期由空隙边缘株的年轮径向生长释压分析而得。边缘株年轮生长释压较集中的年代可以认为是空隙集中形成的年代,称空隙集中形成期(表4)。可以看出,在不同的林冠层均存在大小不等的林冠空隙,顶层空隙较亚层多而且规模大,顶层除T₅空隙规模小于3.0外,其余4个空隙规模均在4.0以上。

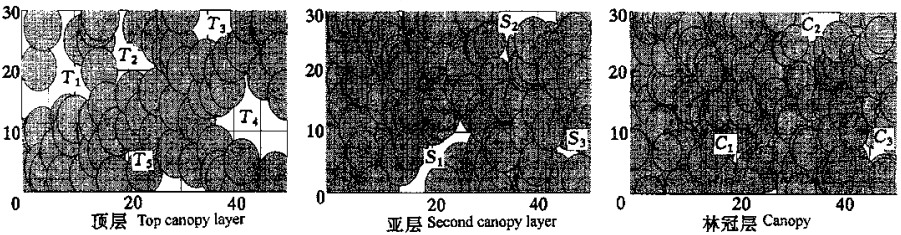


图1 不同林冠层林冠空隙分布

Fig. 1 Gap distribution in different canopy layers

表4 不同林冠层林冠空隙特征

Table 4 Gap characteristics of different canopy layers

林冠层 Canopy	空隙编号 Gap No.	空隙规模 Gap scale (m)	空隙集中形成期 Focus formation periods of gaps		
			形成期 1	形成期 2	形成期 3
顶层 Top canopy layer	T ₁	5.54	1840~1860(33%)	1900~1920(50%)	
	T ₂	4.84	1860~1880(37.5%)	1910~1920(50%)	
	T ₃	4.37	1860~1870(20%)	1890~1900(20%)	1910~1920(60%)
	T ₄	8.43	1890~1900(25%)	1910~1920(75%)	
	T ₅	2.70		1910~1920(50%)	1930~1940(50%)
亚层 Second canopy layer	S ₁	7.43	1860~1880(50%)	1900~1920(50%)	
	S ₂	5.11	1840~1860(25%)	1910~1930(75%)	
	S ₃	3.61		1910~1920(100%)	
全林冠层 Canopy	C ₁	1.29		1910~1920(100%)	
	C ₂	4.67	1890~1900(16.7%)	1910~1920(83.3%)	
	C ₃	2.68	1850~1860(12.5%)	1910~1930(75%)	

注:括号内数字为在某一时段发生释压的空隙边缘株数占所有发生释压的空隙边缘株数的百分比。

除极个别的小空隙是经过 1 个集中形成期形成外(如 S₃、C₁),大部分空隙是经过 2~3 个集中形成期形成的,表明林冠空隙的重复干扰是普遍的。所有查寻到的空隙都以 1900~1920 或 1910~1930 这一时间段为主要形成期,表明这一时间段的干扰对现存红松林有比较深刻的影响。在主要形成期之前往往有一个次集中形成期,两期间隔 40~60a 不等。而在主要形成期之后直到 1986 年的灾害性风灾干扰之前,红松林的干扰信息是很少的。60a 左右的形成期间隔与红松林的世代更新是吻合的。

在不同层次的林冠层中,T₃和S₂、T₄和S₃、T₅和S₁是分别垂直对应的林冠空隙。顶层和亚层林冠空隙在集中形成期上重合或交错,没有明显的时间间隔,表明集中干扰是波及整个林冠层的,不仅影响林冠顶层而且影响亚层。

3 讨论

3.1 红松林中林木年轮径向生长受其周围其他林木的空间竞争影响是巨大的。这种生存空间竞争对林木生长的影响往往超过任何其他因素的影响。如红松在被压和不被压时的年轮宽度可以相差 100~200 倍左右。理论树冠重叠率作为度量林木空间关系以及对年轮生长的影响是可取的。但在森林中林木周围的微地形、种内变异、树冠可塑性、重叠方位性等,都会影响理论树冠重叠率与年轮生长的关系,因此在空间动态模拟的基础上,引入微地形数据,理论树冠重叠率将更有意义。

3.2 干扰是影响林木空间关系的主要因素,干扰后处于林冠空隙边缘的空隙边缘株的年轮生长发生的释

压反应是记录空隙形成历史的较好资料。分析林冠边缘株释压进入林冠的时间分布可以得出空隙集中形成期、干扰和形成期的动态规律等信息。形成期的 60a 左右的间隔与红松林的世代更新是吻合的,可以一定程度地揭示红松林特别是红松间断更新的原动力。

参考文献

- [1] Frelich L E and Lorimer C G. A simulation of landscape level stand dynamics in the northern hardwood. *Journal of Ecology*, 1991, **79**: 223~233.
- [2] 吴 刚. 长白山红松阔叶混交林林冠空隙树种更新动态规律的研究. *应用生态学报*, 1998, **9**(5): 449~452.
- [3] 吴 刚. 长白山红松阔叶林林冠空隙特征的研究. *应用生态学报*, 1997, **8**(4): 360~364.
- [4] 班 勇, 等. 兴安落叶松老龄林落叶松林木死亡格局以及倒木对更新的影响. *应用生态学报*, 1997, **8**(5): 449~454.
- [5] Runkle J R. Pattern of disturbance in climax mesic forest of eastern north Ameica. *Ecology*, 1982, **63**: 1533~1546.
- [6] Lawton R O and Putz F E. Natural disturbance and gap-phase regeneration in wind-exoped tropical cloud forest. *Ecology*, 1988, **69**: 746~777.
- [7] Whitmore T C. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 1989, **70**: 536~538.
- [8] Romme W H and Martin W H. Natural disturbance by tree-falls in old-growth mixed mesophytic forest: Lilley Cornett woods, Kentucky. In: *Central Harwood Forest Conference IV*, Lexington, KY. Edited by R. M. Muller. University, Lexington. 1982, 367~383.
- [9] 徐振邦. 阔叶红松林主要树种冠幅与其胸径相关的研究. *森林生态系统研究第四卷*. 1984.