

文章编号:1001-1498(2004)04-0405-08

次生林林木空间结构等对 红松幼树生长的影响^{*}

张群¹, 范少辉^{1,2}, 沈海龙³, 杨文化³, 赵克尊³, 亓丽岩⁴

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 国际竹藤网络中心, 北京 100102;

3. 东北林业大学, 黑龙江 哈尔滨 150040; 4. 中国林业科学研究院, 北京 100091)

摘要: 本研究以红松幼树及其周围最近 4 株相邻木组成的小环境结构单元为研究对象, 研究了光照条件、土壤腐殖质层厚度、相邻木、直射光、上层树种、草本和灌木等 6 个环境因子对红松幼树生长的影响。本文对其中的光照条件、土壤腐殖质层厚度和相邻木等 3 个林木空间结构因子进行了研究。结果表明: (1) 可以用开敞度表达红松幼树对光环境条件的特殊要求。随着林木的生长, 开敞度将不断减小。 (2) 深厚的土壤腐殖质层厚度(约 20 cm) 有利于红松幼树的生长。 (3) 用混交度和角尺度分别代表相邻木种类及相对于红松幼树的方位, 当 $M = 0.5$ (中度混交), $W = 0.5$ (随机), 即同种红松伴生且周围相邻木为随机分布时, 对红松幼树生长有利。

关键词: 天然次生林; 冠下人工更新; 红松幼树; 光照条件; 腐殖质层厚度; 相邻木

中图分类号: S791.247 S754.5 **文献标识码:** A

红松阔叶混交林是以红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc) 居优势, 伴生有多种阔叶树和部分针叶树的混交林, 是我国东北东部山区典型的地带性植被。由于天然红松阔叶混交林资源的枯竭, 自 20 世纪 50 年代起, 已有大量学者对恢复和发展红松阔叶混交林展开了深入研究。然而, 其中针对单株红松生长小环境的研究涉及较少^[1~4]。因此, 本研究以“定株培育”的思想^[5]和“栽针保阔”的经营手段为基础, 针对天然次生林下人工更新的红松, 从单株木的角度研究其幼树阶段适宜生长的小环境, 并试图将其中规律性的结果应用于林分结构调整, 为林下红松幼树的生长创造良好的环境条件, 促进红松的生长和恢复。

同一林分内林下更新各单株红松幼树生长差异主要是由于其生长小环境的差异造成的。据前人研究成果, 光照条件、立地条件、伴生树种等环境因子均会对林下红松幼树生长造成影响^[6]。本研究综合考虑试验条件、研究水平等多方面因素, 并结合前人的研究成果, 从影响林下更新红松幼树生长的诸环境因子中选择较有代表性的光照强度、土壤腐殖质层厚度、直射光、相邻木、上层树种以及草本、灌木 6 个因子开展调查研究。本文着重介绍其中的光照条件、土壤腐殖质层厚度和相邻木这 3 个林木空间结构因子对林下更新红松幼树生长的影响。

收稿日期: 2004-04-13

基金项目: 国家“十五”重点攻关项目“天然林保育技术研究与示范”(2001BA510B08)

作者简介: 张群(1978—), 女, 福建福州人, 研究实习员, 硕士。

^{*} 吉林省敦化市林业局退休干部(原副局长)王世忠先生给予热情帮助和野外实地指导、东北林业大学胡立江等同学参与本试验的野外调查工作; 同时蒙东北林业大学帽儿山实验林场的领导和技术人员的热情支持, 在此一并致谢!

1 试验地概况

试验林地位于黑龙江省尚志县境内的东北林业大学帽儿山实验林场。帽儿山属长白山系支脉张广才岭西北部小岭的余脉,是东北东部山区较典型的天然次生林区,其植被属长白植物区系,原地带性顶极群落为红松阔叶林。帽儿山平均海拔高度 300 m,属于温带季风气候区,年平均气温 2.8 ℃,年平均湿度 70%,年均降水量 723.8 mm^[7]。

2 研究方法

2.1 标准地设置

研究试验林分是在天然次生阔叶林采伐 1 a 后,采用“见缝插针”的方法在林下人工栽植红松幼树形成红松阔叶混交林,栽植密度约 2 000 株·hm⁻²。标准地设置按照红松林冠下造林不同经营阶段(未透光伐和已透光伐)和不同坡位(上、中、下坡)两个因子设立系列样地,标准地面积为 400 m² (20 m×20 m),3 个重复,每个重复设置标准地 6 块,共设 18 块标准地。其中,未透光伐经营阶段(A 经营阶段)的试验林分为 89 年生红松林冠下造林,已透光伐经营阶段(B 经营阶段)的试验林分为 86 年生红松林冠下造林,并在 1992 年时进行过一次针对红松幼树“解放”的透光伐,主要是伐除红松幼树的上层林木,采伐强度为 30%。

2.2 调查内容

野外调查时,每块标准地除了进行常规调查外,还专门对标准地内的各单株红松幼树进行小环境调查(包括土壤腐殖质层厚度测定、绘制林分定位图、上层树种、林下植被调查及直射光测定)。

土壤腐殖质层厚度的测定:在标准地内每株红松幼树周围挖 1 个土坑,测量其腐殖质层的厚度(A + AB/2)。

林分定位图的绘制:在坐标纸上定出每块标准地内的所有的红松和达到起测径阶(1.9 cm)的阔叶树的相应位置,并将标准地内的每株林木以坐标(x,y)的形式输入计算机进行空间结构参数计算。

2.3 空间结构数据分析

主要选取几个对分析影响林下更新红松幼树生长的环境因子具有一定代表性的空间结构参数指标进行数据分析,如开敞度(K)、大小比数(U)、混交度(M)和角尺度(W)等。参数指标的计算是以标准地内的各单株红松幼树及其周围最近 4 株相邻木组成一个基本的小环境结构单元。

2.3.1 开敞度(K) 开敞度是一个与随机样点相对应的光环境的测度指标^[8],林内任一样点的开敞度定义为该点到 4 个象限最近的 4 株相邻上层林木的水平距离与该株上层林木高度的比值之和(见图 1),用公式(1)表示为:

$$K = \sum_{i=1}^4 (\operatorname{ctg} \alpha_i) = \sum_{i=1}^4 (d/h) \quad (1)$$

其中, α_i 为样点到各象限相邻木距离与其高度形成的仰角; h 为各相邻木的高度; d 为样点到各相邻木的距离。

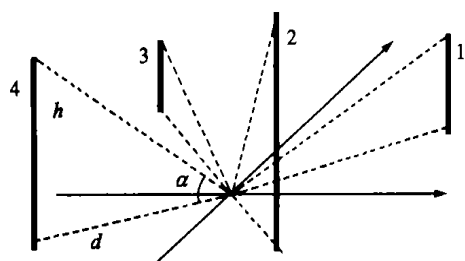


图1 开敞度示意图

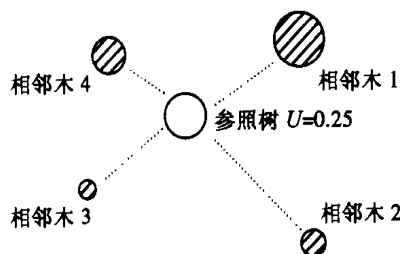


图2 大小比数示意图

该式表明,最近相邻木距样点的距离越长,最近相邻木的树高越低, K 值越大,下层林木受光条件越好;反之, K 值越小,光照条件也越差。应注意每一样点的开敞度随着相邻木树高的生长, K 值将不断的减小。此外,开敞度虽然是光照条件的测度指标,但它反映的内容不仅是光照的强和弱,同时也是营养空间的大和小。随着开敞度的减小,相应的,林木间对光照、水分、营养元素的竞争也不断加强。

2.3.2 大小比数(U) 大小比数是评定相邻木大小关系的一个新的林分空间结构参数(见图2)^[9,10],其公式为:

$$U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 K_{ij} \quad (2)$$

其中,当最近相邻木 j 比参照树 i 小; $K_{ij} = 0$,否则 $K_{ij} = 1$ 。 U_i 有 5 种取值情况(见表 1)。

表1 大小比数 U 取值情况

项目	$U_i = 0$	$U_i = 0.25$	$U_i = 0.5$	$U_i = 0.7$	$U_i = 1$
优劣程度	优势	亚优势	中庸	劣势	绝对劣势
优势度	优势木		平均木		被压木
说明	参照树 i 周围 4 株最近相邻木均比参照树 i 小	参照树 i 周围 4 株最近相邻木中有 1 株比参照树 i 大	参照树 i 周围 4 株最近相邻木中有 2 株比参照树 i 大	参照树 i 周围 4 株最近相邻木中有 3 株比参照树 i 大	参照树 i 周围 4 株最近相邻木均比参照树 i 大

2.3.3 混交度(M) 混交度是一种混交林树种空间隔离程度的表达方式,表明了任意一株林木的最近相邻木为非同种的概率(见图 3)^[9,11]。其计算公式为:

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 V_{ij} \quad (3)$$

其中,当参照树 i 与第 j 株最近相邻木同种时 $V_{ij} = 0$;否则, $V_{ij} = 1$ 。 M_i 有 5 种取值情况(见表 2)。

表2 混交度 M 取值情况

项目	$M_i = 0$	$M_i = 0.25$	$M_i = 0.5$	$M_i = 0.75$	$M_i = 1$
混交程度	零度混交	弱度混交	中度混交	强度混交	极强度混交
说明	参照树 i 周围 4 株最近相邻木与参照树 i 均属同种	参照树 i 周围 4 株最近相邻木中有 1 株与参照树 i 不属同种	参照树 i 周围 4 株最近相邻木中有 2 株与参照树 i 不属同种	参照树 i 周围 4 株最近相邻木中有 3 株与参照树 i 不属同种	参照树 i 周围 4 株最近相邻木与参照树 i 均不属同种

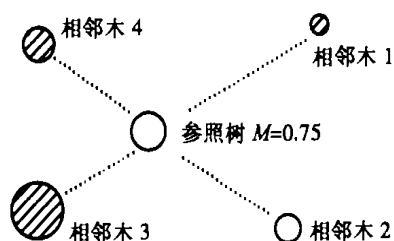


图 3 混交度示意图

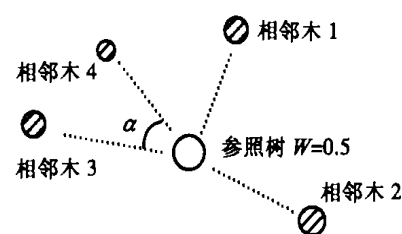


图 4 角尺度示意图

2.3.4 角尺度(W) 角尺度是描述林木个体分布格局的结构参数^[9,12],它反映了相邻木围绕参照树的均匀性(见图 4)。其计算公式为:

$$W_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 Z_{ij} \quad (4)$$

其中,当第 j 个 α 角小于标准角 α_0 (72°) 时 $Z_{ij} = 1$; 否则 $Z_{ij} = 0$ 。 W_i 有 5 种取值情况(见表 3)。

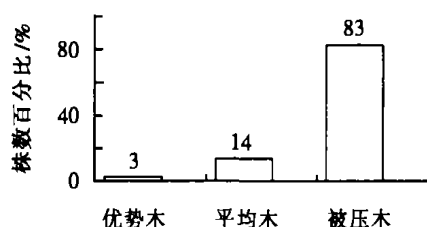
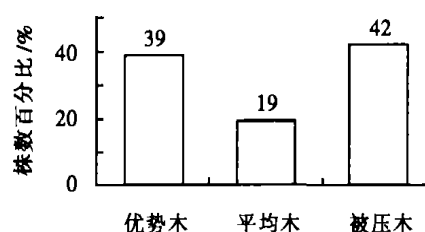
表 3 角尺度 W 取值情况

项目	$W_i = 0$	$W_i = 0.25$	$W_i = 0.5$	$W_i = 0.75$	$W_i = 1$
分布情况	很均匀	均匀	随机	不均匀	很不均匀
说明	所有 α 角都大于或等于标准角 α_0	有 1 个 α 角小于标准角 α_0	有 2 个 α 角小于标准角 α_0	有 3 个 α 角小于标准角 α_0	所有 α 角均小于标准角 α_0

3 研究结果与分析

3.1 林下红松幼树的生长状况

在本项研究中选用大小比数这一新的林分空间结构参数来描述林下更新红松幼树单株的生长状况(见表 1)。研究导致林下更新红松幼树大小比数值大小差异的不同环境因子,便可了解林下红松幼树生长所需的环境条件。其中,处于优势木状态的红松幼树的生长环境是希望达到的目标,而处于被压木或平均木状态的红松幼树的生长环境则需要进行林分结构调整。从目前林分内红松幼树的大小比数分布情况看,在 A 经营阶段中(见图 5),林分内红松被压木的数量达到 80% 以上,而红松优势木的数量仅为 3% 左右,说明此时的林分环境很不利于红松幼树的生长,仅有极少数生长在林缘或林窗下的红松幼树得以正常生长,成为平均木或优势木。在 B 经营阶段(见图 6),红松优势木的数量达到 40% 左右,红松被压木的数量则下降至 40%,其余 20% 为平均木,说明透光伐改善了林下红松幼树的生长环境,生长势强的红松幼树在此条件下便迅速生长起来,达到优势木状态。因此,必须及时对林下更新红松幼树的生长环境进行调整,对林分结构调整时间的控制也显得尤为重要。

图 5 红松幼树的生长状况
(A 经营阶段)图 6 红松幼树的生长状况
(B 经营阶段)

3.2 影响林下更新红松幼树生长的环境因子分析

3.2.1 光照条件对林下更新红松幼树生长的影响 红松生长与光照的关系十分密切^[13],上方透光和侧方荫蔽环境下的光照条件最利于红松幼树的生长,而开敞度恰好能够很好地将这种环境条件表达出来。开敞度(K)和大小比数(U)的相关分析结果表明,两者呈负相关关系, U 值越小, K 值越大,即红松幼树的开敞度越大,光照条件越好,同时也意味着该红松幼树的营养空间越大,则该株红松幼树的生长越处于优势。反之亦然。 K 值和 U 值进行回归分析,可以了解不同生长状况红松幼树的开敞度情况。从不同经营阶段红松幼树的 U - K 回归线图可以看出,在 A 经营阶段 K 值的变化幅度较大(见图 7),红松被压木的开敞度远低于红松优势木。而在 B 经营阶段(见图 8),由于林分经过透光伐,红松幼树的光照条件得到了一定的调整,因此 K 值变化幅度不大。此外,从 K 值的数量大小上看,尽管在 A 经营阶段红松幼树绝大部分处于被压木状况,但红松优势木的 K 值可达到 6 以上,红松被压木的 K 值也平均为 2 左右。相比之下,在 B 经营阶段,无论红松幼树的生长状况如何,其 K 值仅为 1.5 左右。这主要是由于 B 经营阶段经透光伐后,无论是红松还是林内的其它阔叶树种均获得了良好的光照条件而迅速生长起来,随着林木生长以致林分内的光照条件又不能满足红松幼树不断生长的需求;开敞度逐渐减小。

上述分析可见,较大的开敞度有利于红松幼树的生长。然而开敞度并不是一成不变的,随着林木的不断生长,开敞度将逐渐减小。另外,开敞度的减小同时也意味着营养空间减小,相应的,林木间对光照、水分、营养元素的竞争也不断加强。而通过采伐红松幼树周围的相邻木,可以增大开敞度,改善林下的光照条件,特别是阶段性的林分结构调整,可以不断地调整林木的开敞度以适应林木生长的需要。因此,阶段性的林分结构调整对促进红松幼树的生长很有必要。

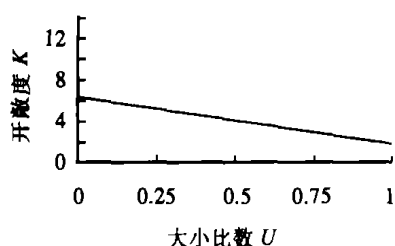


图7 红松幼树 U - K 回归线图
(A 经营阶段)

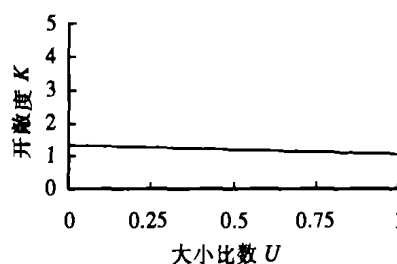


图8 红松幼树 U - K 回归线图
(B 经营阶段)

3.2.2 土壤腐殖质层厚度对林下更新红松幼树生长的影响 红松对土壤条件的要求为土壤深厚,土质疏松,通透性和排水性好,土壤湿润等^[1,2,14]。其中,土壤腐殖质层(或黑土层)厚度是土壤条件诸因子中影响红松生长的主要因子^[15]。从单株红松幼树的土壤腐殖质层厚度调查结果看,土壤腐殖质层厚度随各单株红松幼树的大小比数(U)和树高(H)的变化均不大。从总体上看,试验林分内红松幼树林下土壤的腐殖质层厚度均较深厚,平均在 20 cm 以上。因此认为深厚的土壤腐殖层厚度(20 cm 以上)是保证红松幼树生长的基本条件。而当林下土壤的腐殖质层厚度满足这一要求时,其厚度的变化就对红松幼树生长的影响不大。本项研究试验林地土壤的腐殖质层厚度较深厚,土壤条件已能够满足红松幼树生长的需要。

3.2.3 相邻木对林下更新红松幼树生长的影响 相邻木对单株红松幼树的影响主要归纳为

相邻木的种类及相对于参照树的方位对红松参照树生长的影响^[16]。而混交度(M)能够表达任意一株林木的周围相邻木为非同种的概率,角尺度(W)则能够反映出相邻木围绕参照树的均匀性,因此,本文主要利用这两个林分空间结构参数来反映出相邻木的种类差异及相对于参照树的分布状况。

M 值与 U 值的相关分析表明,两者呈正相关关系, M 值越大, U 值也越大,即红松幼树周围相邻木中的其它阔叶树种越多,红松幼树生长越处于劣势;反之,红松幼树周围相邻木中的其它阔叶树种越少,它的生长就越处于优势地位。回归分析结果表明(见图 9),当红松为优势木或平均木($U = 0$, $U = 0.25$, 或 $U = 0.5$)时,周围的相邻木为中度混交, $M = 0.5$,即红松幼树周围最近 4 株相邻木中分别有 2 株红松幼树及 2 株其它阔叶树种。而红松为劣势木($U = 0.75$, 或 $U = 1$)时,其相邻木为强度混交, $M = 0.75$,即周围相邻木中绝大部分为其它阔叶树种。 W 值与 U 值的相关分析表明,两者呈弱的负相关关系,红松幼树的生长差异随周围相邻木的方位变化不大。红松幼树的角尺度分布大致呈正态分布(见图 10),即红松幼树周围的相邻木围绕着红松幼树大致呈随机分布($W = 0.5$)。

上述分析结果表明,红松幼树周围相邻木的种类及相对位置对红松幼树的生长有不同程度的影响。相邻木中阔叶树种较多时不利于红松幼树的生长,同类红松的伴生有利于红松幼树的生长。这就意味着在天然次生阔叶林下人工栽植红松幼树所形成的红松阔叶混交林中,林下红松幼树的生长趋势符合原始红松阔叶混交林中红松的成团生长规律。相邻木围绕红松幼树的随机生长并不影响红松幼树的生长,同时也反映出林分内林木的分布与天然林分接近。

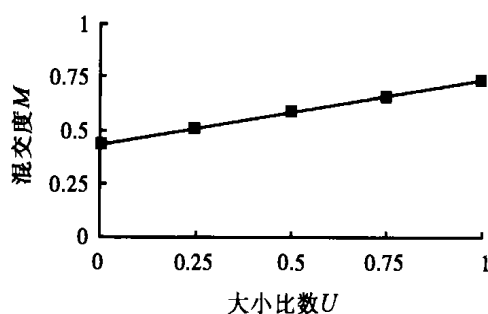


图 9 红松幼树 U - M 回归线图

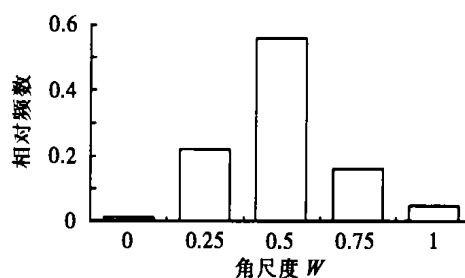


图 10 红松幼树角尺度分布图

4 小结

林下红松幼树的生长有优势木、平均木和被压木 3 种状态,其中,处于优势木状态的红松幼树的生长环境是期望达到的目标,用大小比数(U)表示为 $U = 0.25$ 或 $U = 0$ 。而处于被压木或平均木状态的红松幼树的生长环境则需要进行林分结构调整,改善林下红松幼树的生长环境条件,以促进红松幼树的生长。

通过对影响林下更新单株红松幼树生长的林木空间结构因子的调查分析,结果表明光照条件、土壤腐殖质层厚度及相邻木等对林下更新红松幼树的生长有不同程度的影响:

(1)虽然红松幼树能够忍受林下荫蔽的环境条件,但生长极其缓慢。林下红松幼树的正常生长要求有一定光照条件的保证,同时又需要周围相邻木提供荫蔽。用开敞度(K)来表达红松幼树生长对光环境条件的这一特殊要求。然而,随着林木的生长,开敞度将不断减小,使得

林下的光照条件以及营养空间等逐渐满足不了红松幼树生长的需要。此时,可以通过采伐周围的相邻木来增大开敞度,从而改善林下红松幼树生长的光照条件,扩大营养空间。

(2)红松幼树生长对土壤的土层厚度要求较高,深厚的土层有助于红松根系的深扎,同时土壤良好的透气性是保证红松幼树生长的重要条件。土壤腐殖质层的厚度是立地条件中制约红松幼树生长的重要因子,当林分土壤的腐殖质层厚度达到 20 cm 以上时,其变化就对红松幼树的生长影响不大。

(3)相邻木是构成以红松幼树为中心的小环境单元的主要因素,相邻木的种类及相对于红松幼树的方位直接影响了该小环境单元的结构,从而影响林下红松幼树的生长。用混交度(M)和角尺度(W)作为衡量相邻木影响的数量指标,分别代表相邻木种类及相对于红松幼树的方位两方面的变化情况。当 $M = 0.5$ (中度混交), $W = 0.5$ (随机),即红松伴生且周围相邻木为随机分布时,对红松幼树生长有利。

参考文献:

- [1] 王业蓬. 阔叶红松林[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1995
- [2] 李景文. 红松阔叶混交林生态与经营[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1997
- [3] 王凤友. 红松研究(I) [M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1994
- [4] 李景文. 提高红松更新与培育质量的研究课题组. 研究报告[R]. 哈尔滨:东北林业大学,1992
- [5] 李景文. 天然红松阔叶混交林恢复的基本对策[J]. 林业月报,1997,(4):3
- [6] 张群,范少辉,沈海龙. 红松混交林中红松幼树生长环境的研究进展及展望[J]. 林业科学研究,2003,16(2):216 ~ 224
- [7] 东北林学院. 帽儿山实验林场基础资料[C]. 哈尔滨:东北林业大学,1984. 8
- [8] 罗耀华,陈庆诚,张鹏云. 兴隆山阴暗针叶林空间格局及其利用光能的对策[J]. 生态学报,1984,4(1):10 ~ 20
- [9] 惠刚盈,克劳斯·冯佳多[德]. 德国现代森林经营技术[M]. 北京:中国科学技术出版社,2001
- [10] 惠刚盈, Klaus von Gadow, Matthias Albert. 一个新的林分空间结构参数大小比数[J]. 林业科学研究,1999,12(1):1 ~ 6
- [11] 惠刚盈,胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究[J]. 林业科学研究,2001,14(1):23 ~ 27
- [12] 惠刚盈, Klaus von Gadow, Matthias Albert. 角尺度——一个描述林木个体分布格局的结构参数[J]. 林业科学,1999,35(1):37 ~ 42
- [13] 姚国清,池桂清,董兆琪,等. 红松生长与光照关系的探讨[J]. 生态学杂志,1985,(6):48 ~ 50
- [14] 丁宝永,张世英,陈祥伟,等. 红松人工林培育理论与技术[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1994
- [15] 徐绪双. 红松生长与立地条件关系的调查研究[J]. 辽宁林业科技,1986,(5):34 ~ 37
- [16] 陈动,朱春全,葛建平,等. 原始红松林群落结构对红松生长影响的研究[J]. 吉林林学院学报,1991,7(3):35 ~ 39

Influence of the Spatial Structure of tress, etc. on the Young Trees of *Pinus koraiensis* under Natural Secondary Forest

ZHANG Qun¹, FAN Shao-hui^{1,2}, SHEN Hai-long³, YANG Wen-hua³, ZHAO Ke-zun³, QI Li-yan⁴

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 2. International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; 3. Northeastern Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China; 4. Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Impacts of 6 environmental factors (light condition, direct sunlight, thickness of soil humus, neighboring trees, upper canopy species, herbs and shrubs) on growth of young trees of *Pinus koraiensis* were investigated on young trees of *P. koraiensis* and 4 closest neighboring trees which were considered the structural unit of the individual growth environment. Influence of 3 factors of light condition, thickness of soil humus and neighboring trees were introduced in this paper. Results indicated that: (1) The parameter of Opening degree (K) of neighboring trees could be used to indicate the special requirement for light environment by the young individual trees of *P. koraiensis*. Along with the growth of neighboring trees, Opening degree of them to the young individual trees of *P. koraiensis* would decrease. (2) The thickness of soil humus (more than 20 cm) was favored the growth of young trees of *P. koraiensis*. (3) Mingling (M) and Neighborhood pattern (W) could be used to respectively reflect changes of neighboring trees and relative position to the young trees of *P. koraiensis*. When $M = 0.5$ (medium mixture), $W = 0.5$ (random), i.e. the associated trees were *P. koraiensis* and the neighboring trees were stochastic distribution, it was favor the growth of *P. koraiensis*.

Keywords: natural secondary forest; artificial regeneration under canopy; young trees of *Pinus koraiensis*; light condition; thickness of soil humus; neighboring trees