

不同疏伐方法对杉木人工林 结构、生长和竞争的影响

秦建华

阮益初

姜志林 叶镜中

(南京林业大学, 南京 210037) (福建省龙岩市园林局)

(南京林业大学)

摘要 本文旨在探讨疏伐方法对杉木人工林林分生长和产量的影响机理。按相对直径将林分划分为3个生长阶层, 分析林分的结构、生长速率及竞争状况。结果表明: 不同疏伐方法改变了林分结构, 影响林分的生长和竞争。机械疏伐林分结构最合理, 断面积生长速率和生长量最高, 竞争最小。

关键词 杉木; 人工林; 疏伐; 林分组成; 林分生长量

中图分类号 S753.5

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方的重要用材树种。进行杉木林抚育间伐研究有利于提高经营水平和经济效益。国内学者已做了大量的抚育间伐强度试验, 一般采用下层疏伐法, 对抚育间伐方法的研究尚未见报道。下层疏伐法通过控制疏伐强度来调整林分密度, 对林冠结构影响较小, 而不同疏伐方法对林冠结构影响较大。据 Murray 研究, 林分生长受结构的影响比受密度的影响大。为此对杉木林抚育间伐方法进行研究。在文献[1]中, 分析了不同疏伐方法对杉木林树高、直径、断面积生长和材积产量的影响。结果表明, 不同疏伐方法对林分生长和产量有显著影响。机械疏伐法效果最好, 下层疏伐法次之。在好立地的试验系列[系列Ⅱ]中, 机械疏伐林分的材积产量比对照高5.6%, 可恢复累计材积比对照高11.5%^[1]。为了进一步探讨不同疏伐方法影响林分生长和产量的机理, 本文按相对直径划分林分生长阶层, 来分析不同疏伐方法对林分结构、生长及竞争的影响。

1 试验地概况

抚育间伐试验地设于福建省顺昌县洋口林场。该地气候温暖湿润, 年平均气温18.4℃, 全年无霜期310 d。年平均降水量1575.0 mm, 年蒸发量1374.1 mm, 年平均相对湿度82%。试验地坡度20~30度。母岩为砂岩, 土壤为红壤, 土层厚度1.0 m以上。

2 试验材料与方法

试验处理分为: 对照、下层疏伐、机械疏伐、上层疏伐和综合疏伐5种, 详细说明见文

收稿日期: 1995-04-13

献[1]。1975年5月在9年生杉木幼林中设立疏伐方法定位试验地10块,为两个重复(系列Ⅰ和系列Ⅱ),分设于两种立地。系列Ⅰ属Ⅲ地位级,系列Ⅱ属Ⅱ地位级。方差分析表明,系列内5块试验地间立地条件和林分生长基本一致,系列间立地条件、林分生长有显著差异。标准地面积为 $330\sim400\text{m}^2$,密度为 $2475\sim2700\text{株}/\text{hm}^2$ 。疏伐的株数强度为中度,30%左右。疏伐的材积强度变动于16%~36%。疏伐前后各试验地特征请见文献[1]。于1975年5月、1978年4月、1982年12月和1986年11月,测量了所有试验地全部林木的胸径和半数林木的树高,并做了部分解析木。从[1]文中可知,立地愈好,疏伐效果愈显著,故本文以系列Ⅱ的试验数据作为进一步分析的材料。

3 结果与分析

3.1 不同疏伐方法对林分结构的影响

疏伐强度是通过控制林分密度促进林分生长。而疏伐方法是在一定的疏伐强度下,借助于调整林分结构,即疏伐林分中不同层次的林木,促进林分生长。要准确地评价疏伐方法对林分生长的影响,必须分析疏伐方法对林分结构的影响。

以单株林木或径阶为基础是无法比较林分间的结构及生长差异的。故国外学者提出划分林分生长阶层来分析林分的结构和生长^[2,3]。Horne等在分析疏伐强度试验效果时,不同林分间相同的生长阶层具有下列共同点:①拥有相同的林木株数;②在林分中占据相应的生长空间;③年龄相同;④立地相同^[3]。

Oliver等认为可按树木大小的特征因子(树冠级或直径级)划分林分的生长阶层。他们按林木的树冠级,将林分划分为优势木层、亚优势木层、中庸木层和被压木层4个生长阶层^[2]。

试验林为杉木同龄纯林,系列内各试验处理林分间立地差异不显著^[1]。因不同疏伐方法疏伐林冠中不同层次林木,林分间的直径-株数分布差异很大,且随着林分生长,直径-株数分布逐渐右移,占据相应生存空间的生长阶层有不同的林木株数。因此这里仅考虑Horne生长阶层的后3个特征。林木直径级、树冠级与胸高断面积密切相关。因此以直径级为基础,按统一的相对直径(RD)标准,将林分划分为优势木层、中庸木层和被压木层3个生长阶层。这样保证了不同林分的相应生长阶层在林分中具有相同的生存地位(营养空间),林分间就可进行比较。综合分析了所有试验林分的直径-株数分布情况,相对直径变动于0.50~1.40。为便于分析,制定了划分林分生长阶层的相对直径标准(表1)。

据上述标准计算了各试验林分各生长阶层的断面积分布状况(表2)。从表2可知,下层疏伐和综合疏伐林伐后断面积主要集中于中庸木层,分别达88.3%和91.1%,而优势木层很少。机械疏伐林和上层疏伐林伐后中庸木层断面积占总断面积的67.0%以下,断面积分布与对照很接近。机械疏伐使林分各生长阶层均得到疏散,断面积分布接近自然状态,比较合理,伐

表1 划分林分生长阶层的相对直径(RD)*标准

Table 1 Criterions of relative diameter for dividing growth layers

RD	林分生长阶层		
	优势木	中庸木	被压木
	≥ 1.20	$0.80\sim 1.19$	≤ 0.79

* 相对直径 $RD = \frac{D_i}{\bar{D}}$, D_i 为林分中第*i*株林木的胸高直径(cm); \bar{D} 为林分平均直径(cm)

表 2 试验处理林分各生长阶层断面积分布

Table 2 Basal area distributions of the growth layers of the plots

年份	生长阶层	断面积分布									
		对照		下层疏伐		机械疏伐		上层疏伐		综合疏伐	
		$m^2 \cdot hm^{-2}$	%								
1975	优势木层	6.3	23.7	1.2	4.8	5.6	27.3	5.1	25.8	0.9	4.0
	中庸木层	18.2	68.4	21.8	88.3	12.6	62.9	13.2	66.7	20.4	91.1
	被压木层	2.1	7.9	1.7	6.9	2.0	9.8	1.5	7.5	1.1	4.9
	全林分	26.6	100	24.7	100	20.5	100	19.8	100	22.4	100
1978	优势木层	9.3	21.9	3.9	9.8	9.9	26.4	9.3	28.3	1.5	4.5
	中庸木层	30.4	71.9	33.9	85.2	25.2	67.2	20.7	62.9	31.1	92.8
	被压木层	2.6	6.2	2.0	5.0	2.4	6.4	2.9	8.8	0.9	2.7
	全林分	42.3	100	39.8	100	37.5	100	32.9	100	33.5	100
1982	优势木层	18.8	32.6	8.6	15.9	3.9	6.9	11.9	25.1	4.2	8.9
	中庸木层	32.9	57.1	42.2	78.0	42.5	75.5	29.1	61.3	41.6	88.1
	被压木层	5.9	10.3	3.3	6.1	9.9	17.6	6.5	13.6	1.4	3.0
	全林分	57.6	100	54.1	100	56.3	100	47.5	100	47.2	100
1986	优势木层	21.2	32.2	13.2	22.0	13.4	20.4	13.8	25.7	8.4	15.8
	中庸木层	35.0	53.2	41.7	60.5	47.6	72.7	32.9	61.4	41.0	77.4
	被压木层	9.6	14.6	5.1	8.5	4.5	6.9	6.9	12.9	3.6	6.8
	全林分	65.8	100	60.0	100	65.5	100	53.6	100	53.0	100

后林分断面积逐渐接近对照林分。

3.2 不同疏伐方法对林分各生长阶层生长的影响

为了比较不同试验处理林分间各生长阶层的生长差异, 计算了3个观测期试验林分各生长阶层断面积定期生长量(表3)。Oliver的研究表明, 林分断面积增长量的45.0%决定于原初断面积, 即原初断面积大的树, 具有竞争优势, 断面积增长量也大^[2]。仅用断面积增长量不能充分反映疏伐对保留木生长的促进作用。因此又计算了各生长阶层的断面积增长率CR(表3), 来全面衡量疏伐对保留木生长促进作用的大小。

从表3可知, 下层疏伐林分增加了被压木的营养空间, 对其早期生长促进作用较大, 对优势木层和中庸木层林木生长促进作用很小。且由于伐后断面积高度集中于中庸木层, 随着林分生长, 中庸木层林木竞争剧烈, 影响中庸木和被压木生长。1982~1986年观测期中庸木层和被压木层断面积增长率均低于对照林分。由于被压木在林分中所占比例和生存地位的限制, 下层疏伐对整个林分生长促进作用不大, 且持续时间短。疏伐5~8 a后应对中上层林木进行疏伐。

机械疏伐林伐后3个观测期各生长阶层断面积增长率均高于对照, 是所有试验处理林分中最高的。特别是对被压木生长促进作用最大, 伐后7 a内断面积增长率几乎是对照的两倍。整个林分各观测期断面积增长量及增长率均高于对照, 也是所有试验林分中最高的。这是由于机械疏伐使林分中各生长阶层均得到疏散, 疏伐空间在林分中分配均匀合理, 林分断面积分布接近自然状态, 减少了林木之间的竞争, 促进了林分中所有保留木生长。因此, 林分生长量最高。

表3 试验林分各生长阶层断面积定期生长量及增长比率(R)^{*}

Table 3 Basal area increments and increment rates of the growth layers of the plots in the three periods

年份	生长阶层	对照		下层疏伐		机械疏伐		上层疏伐		综合疏伐	
		断面积生长量/ $\text{m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$	断面积增长率								
1975	优势木层	3.4	0.55	0.7	0.53	4.3	0.78	3.4	0.66	0.6	0.58
	中庸木层	11.3	0.62	13.4	0.62	10.7	0.83	8.5	0.64	9.9	0.49
	被压木层	1.1	0.54	1.1	0.70	2.0	1.02	1.0	0.66	0.5	0.43
	全林分	15.8	0.60	15.2	0.62	17.0	0.83	12.9	0.65	11.0	0.49
1978	优势木层	4.0	0.43	1.5	0.38	4.8	0.49	4.6	0.49	0.8	0.52
	中庸木层	11.1	0.37	12.7	0.38	13.2	0.52	9.6	0.46	12.7	0.41
	被压木层	0.4	0.18	0.5	0.28	0.9	0.35	0.5	0.20	0.2	0.21
	全林分	15.5	0.37	14.7	0.37	18.9	0.50	14.7	0.45	13.7	0.41
1982	优势木层	3.5	0.19	1.7	0.20	1.7	0.44	1.9	0.16	0.9	0.22
	中庸木层	4.4	0.13	4.9	0.12	7.5	0.18	4.0	0.14	5.2	0.13
	被压木层	0.3	0.04	0.1	0.03	0.3	0.03	0.3	0.05	0.1	0.06
	全林分	8.2	0.14	6.7	0.12	9.5	0.17	6.2	0.13	6.2	0.13

*某观测期断面积增长率 $R = (G_2 - G_1) / G_1$, G_1 为某观测期开始时断面积 ($\text{m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$), G_2 为某观测期末断面积 ($\text{m}^2 \cdot \text{hm}^{-2}$)

上层疏伐林伐后, 1975~1978年和1978~1982年两个观测期, 各生长阶层断面积增长率均高于对照, 仅次于机械疏伐林, 体现了疏伐对保留木生长促进作用。但因伐去了部分大径木, 林分各生长阶层单株平均断面积下降, 影响了林分断面积生长量。保留的优势木增加的营养空间较多, 得到优先发展, 导致随后优势木层竞争加剧。1982~1986年观测期优势木层断面积增长速率是所有试验林分中最低的, 也影响林分生长量。因此, 上层疏伐对保留木生长促进作用较大, 但林分生长量较低。

综合疏伐林伐后, 1975~1978年观测期, 仅优势木层断面积增长率稍高于对照, 中、下层林木增长率大大低于其他林分, 而优势木层的断面积量又较低。故该观测期林分断面积生长量和增长率均是所有试验林分中最低的。Murry 研究花旗松林疏伐效果时, 将伐后林分生长率下降称之为停滞效应(shock effect)^[2]。实际上, 疏伐后林分中保留木的营养空间增加, 部分光合产物用于树冠生长, 从而削弱了直径生长。综合疏伐林中, 疏伐空间大, 出现明显的停滞效应。

1978~1982年观测期, 综合疏伐林各生长阶层断面积增长率均稍高于对照林分, 体现了疏伐对保留木生长起促进作用, 但林分断面积生长量仍是所有试验林分中最低的。1982~1986年观测期, 断面积集中分布的中庸木层竞争较剧烈, 生长速率仅达到对照水平, 导致林分断面积生长量和增长率均较低。因此, 综合疏伐的效果较差。

3.3 不同疏伐方法对林分竞争的影响

林木的生长和竞争是密切相关的。林木间争夺营养空间必然发生竞争, 竞争又影响林木的生长。反映林木竞争状况, 可用竞争指数直接评价, 也可通过林木的活力/死亡分析间接反映。集约经营不仅需要准确的生长估计, 也需要准确的死亡估计^[6]。这里通过分析林分中

各生长阶层的死亡估计来间接反映其竞争状况。

林木的死亡与林木的大小、林分密度、林木的竞争能力及生长速率有关^[4]。不同研究者采用了不同的林木生长状况(林木竞争、生长速率等)指标来判断林木是否死亡。Newham把直径生长小于一定胸径百分比的林木定为死树。这个百分数随年龄增加而下降。Arney把活树冠长度小于树高5%的树定为死树^[5]。Hamilton等研究了疏伐和未疏伐针叶林的死亡规律,认为前一观测期林木的直径年平均增量是估计林木死亡的最佳变量之一^[4]。

这里用前一观测期林木直径的年平均增量作为林木生长状况(活力)的描述量,经验性地定一阈值,判定林木是否死亡。根据试验地解析木资料,杉木造林3a后,直径连年生长量急剧增加,8a后开始下降,13a后急剧下降。每次调查对枯死木进行标注,计算其前一观测期的直径年平均增量。据对各林分死亡木直径增量的综合分析,认为1978~1982年观测期(1982年林木16年生)直径年平均增量0.2cm以下的林木1982年时为死亡木。1982~1986年观测期(1986年林木20年生)直径年平均增量0.1cm林木以下的1986年时为死亡木。各试验林分死亡林木数量及分布见表4。

表4 1982和1986年试验林分各生长阶层死亡林木*数量

Table 4 Died tree amounts of the growth layers of the plots in 1982 and 1986

年份	生长阶层	死亡木数量/株·hm ⁻²				
		对照	下层疏伐	机械疏伐	上层疏伐	综合疏伐
1982	优势木层	0	0	0	0	0
	中庸木层	210	150	0	30	30
	被压木层	360	90	120	210	100
	全林分	570	240	120	240	90
1986	优势木层	0	0	0	0	0
	中庸木层	360	450	90	180	495
	被压木层	630	270	180	465	105
	全林分	990	720	270	645	600

*1982年死亡木1978~1982年观测期直径年平均生长量0.2cm以下;1986年死亡木1982~1986年观测期直径年平均生长量0.1cm以下

从表4可知,对照林分密度最大,1982年和1986年死亡林木数均最高。下层疏伐林1982年时中庸木层死亡木数量达150株/hm²,是所有疏伐林中最高的。1986年时中庸木层死亡木数量达450株/hm²,超过了对照林分;全林分的死亡木数量是所有疏伐林中最高的,达720株/hm²。这说明下层疏伐使林分断面过多分布于中庸木层,导致中庸木层林木竞争剧烈,生长速率下降,死亡木数量增加,从而影响林分产量。机械疏伐增加了林分中每株保留木的营养空间,林木间竞争最小,死亡林木数量远远低于其他试验林分。上层疏伐使优势木生长和竞争优势更大,导致被压木层死亡木数量增加,1982年和1986年被压木死亡数量均是所有疏伐林中最高的,分别达210株/hm²和465株/hm²。综合疏伐给保留木增加的营养空间最多,1982年死亡木数量最少;但断面过多分布于中庸木层,随着林分生长,中庸木层林木竞争最剧烈。1986年中庸木层死亡木数量达495株/hm²,超过对照林分,是所有林分中最高的。

4 结论

4.1 下层疏伐仅在伐后几年对被压木生长有促进作用, 对中上层林木促进生长作用不明显, 且疏伐使林分断面积集中分布于中庸木层, 导致中庸木竞争剧烈, 生长速率和生长量下降, 影响了林分产量。

4.2 机械疏伐使林冠上下均得到疏散, 增加了各阶层保留木的营养空间, 竞争最小。断面积分布接近自然状态, 比较合理, 对各生长阶层林木生长均有很大的促进作用。伐后3个观测期内林分断面积生长量和增长率均是所有试验林分中最高的, 林分产量最高。

4.3 上层疏伐对林分各生长阶层保留木生长均有较大促进作用, 但由于伐去了部分大径木, 影响断面积生长量。且伐后保留的优势木得到优先发展, 不仅造成随后优势木间竞争加剧, 也加重了被压木受压状况, 死亡的被压木数量较高。林分中林木发展不平衡, 林分产量较低。

4.4 综合疏伐给保留木增加的营养空间太多, 伐后林分中出现明显的停滞效应, 延缓了林木直径生长。且疏伐使林分断面积高度集中于中庸木层, 导致中庸木层竞争剧烈, 生长速率下降, 林分产量较低。

从不同疏伐方法对林分产量、林分结构、各生长阶层林木生长及竞争方面影响的分析, 可以认为较适用于杉木人工林首次间伐的疏伐方法为机械疏伐法和下层疏伐法, 尤以机械疏伐法效果最好。综合疏伐法和上层疏伐法的效果较差。

参 考 文 献

- 1 秦建华, 姜志林, 叶镜中. 不同疏伐方法对杉木林生长和产量的影响. 南京林业大学学报, 1995, 19(2): 29~33
- 2 Oliver C D, Murry M D. Stand structure, thinning prescriptions and density indexes in a douglas-fir thinning study, Western Washington, USA. *Can J For Res*, 1982, 13: 126~136
- 3 Horne R, Robinson G, Gwalter J. Response increment: a method to analyze thinning response in even-aged forests. *For Sci*, 1986, 32(2): 243~253
- 4 David A, Hamilton J. A logistic model of mortality in thinned mixed conifer stands of northern Idaho. *For Sci*, 1986, 32(4): 989~1 000
- 5 Monserud R A. Simulation of forest tree mortality. *For Sci*, 1976, 22(4): 438~444

Qin Jianhua (Nanjing Forestry University, Nanjiang 210037, PRC), Ruan yichu, Jiang Zhilin, and Ye Jingzhong. **Influences of Thinning Methods on Structure, Growth and Competition of Chinese Fir Plantations.** *J Zhejiang For Coll*, 1995, 12(4): 360~366

Abstract: This paper deals with the principles of the influences of thinning methods on the growth and yields of thinned stands. The stands are divided into three growth layers by relative diameter. The structure, the growth

rates of basal area and the competition of thinned and unthinned stands are analysed, based on growth layers. The results show that the changes of the stand structure caused by thinning methods lead to the differences of growth and competition among thinned and unthinned stands. The stand thinned in mechanical way has the best structure, the highest growth rate and increment of basal area and the least competition.

Key words: Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*); planted forests; stand structure; stand growth

欢迎订阅1996年《林产化学与工业》

《林产化学与工业》由中国林学会林产化学化工学会、中国林科院林产化学工业研究所联合主办，中国金龙松香集团协办。主管部门林业部。季刊。公开发行。季末月底出版。16开本，每期84页。国际连续出版物号：ISSN 0253-2417；国内统一刊号：CN32-1149/S。广告经营许可证号码：苏工商广字83476526-1号。

办刊宗旨：反映林产化学化工科学技术成就，报道学术研究成果，评述国际、国内发展动向，促进学术交流。

报道范围：森林植物资源的化学与利用。包括木材化学和制浆技术；萜类化学；植物原料水解及其产物的加工利用；木质原料热解及活性炭的生产和利用；松脂化学和利用；单宁化学和利用；精油化学和利用；生物活性物质和其他成分的加工利用；木本油料、油脂、林产药物、林产香料等化学和利用。

订阅办法：欢迎广大读者及时到当地邮局(所)办理订阅手续，也可直接汇款至本刊编辑部订阅。本刊邮发代号：28-59，每期定价6.00元，全年定价24.00元。

编辑部地址：江苏省南京市龙蟠路林产化工研究所内

邮政编码：210037 **电话：**(025)5412131-2543