

立地管理措施对2代5年生杉木林生长影响*

范少辉^{1,2}, 何宗明³, 卢镜铭⁴, 潘瑞民⁴, 杨旭静⁴

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育实验室, 北京 100091;

2. 国际竹藤网络中心, 国家林业局竹藤科学与技术实验室, 北京 100102;

3. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 4. 福建省南平峡阳国有林场, 福建 南平 353005)

摘要:在福建省南平峡阳国有林场开展5种不同立地管理措施对1片29年生第1代杉木人工林采伐后营造的5年生第2代杉木人工林生产力影响的研究结果表明, BL₃(收获树干和树皮、加倍采伐剩余物)处理的5年生2代杉木林生长最好, 其次为SB(收获树干和树皮, 炼山)处理和BL₂(收获树干和树皮, 不炼山)处理, BL₁(全树收获)和BL₀(移走地上所有有机残留物)处理杉木生长最差。除了BL₃与BL₁处理的树高生长量差异显著外, 其余任何处理间杉木生长指标的差异均未达到统计上的显著水平。

关键词:杉木; 2代; 立地管理; 林木生长

中图分类号:S791.27 **文献标识码:**A

Effects of Site Management Treatments on Growth of 5-year-old, Second-rotation Chinese Fir Plantations

FAN Shao-hui^{1,2}, HE Zong-ming³, LU Jing-ming⁴, Pan Rui-min⁴, YANG Xu-jing⁴

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; 2. International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China;

3. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China;

4. Xiayang State Forest Farm, Fujian Province, Nanping 353005, Fujian, China)

Abstract: The effects of five different site management treatments on productivity of 5-year-old, second rotation Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations planted after harvesting a 29-year-old, first rotation Chinese fir plantation in Xiayang State Forest Farm, Nanping, Fujian Province, were studied. The results showed that the Chinese fir stand grew the best with the treatment BL₃ (stem and bark harvest, double slash), followed by the treatment SB (stem and bark harvest, slash burning) and the treatment BL₂ (stem and bark harvest, no slash burning), and the poorest with the treatment BL₁ (whole tree harvest) and the treatment BL₀ (all aboveground organic residue removed). Differences in tree growth among different treatments were not statistically significant, except for difference in tree height between BL₃ and BL₁.

Key words: Chinese fir; second rotation; site management; tree growth

杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 是中国南方最重要的速生优良用材树种。随着杉木造林面积的扩大, 杉木连栽面积和连栽代数相应增

加, 出现了较为明显的杉木人工林地力衰退现象^[1,2]。尽管我国关于杉木不同连栽代数土壤及林木生产力的研究报道较多^[3~9], 但大多采用“以空间

收稿日期: 2005-03-31

基金项目: CAF/IDRC/CIFOR 国际合作项目 REDFOL 专题“中国杉木人工林多代经营立地管理与生产力研究”(1996-); 国家自然科学基金重点资助项目(39630240)

作者简介: 范少辉(1962—), 男, 福建永泰人, 研究员, 博士, 博士生导师。

* 试验中得到 CIFOR 专家 E. K. S. Nambiar 博士, A. Tiarks 博士和 C. Cossalter 先生的指导和帮助, 谨此致谢!

换时间'的临时样地法,这在科学上是不够严谨的,得出的结论缺乏说服力,缺乏长期观测的多代经营的杉木人工林生产力改变的可靠的、直接的证据^[10]。有鉴于此,本课题组在世界林业研究中心(CIFOR, Center for International Forestry Research)等机构的资助下,于1996年10月起,在福建省南平峡阳国有林场一片29年生的第1代杉木人工林采伐迹地上,开展不同立地管理方式对第2代杉木人工林生长等方面影响的长期定位研究。课题组对第1代试验林生产力^[11]和土壤肥力^[12]及立地管理措施对第2代1~4年生杉木林生长^[13~20]和某些土壤性质影响^[21]的试验结果曾作过报道,现对第2代5年生的生长状况予以报道。

1 试验地概况

试验地位于福建省南平峡阳国有林场,117°59'E,26°48'N,海拔约在200~260 m之间,平均坡度在28~36°之间。根据1971—2000年气象资料,该地区年平均降水量1653 mm,年平均气温19.5℃,1

月平均气温9.7℃,7月平均气温28.7℃,极端最高和最低气温分别为41℃和-5.8℃,年均日照时数1721 h。试验地土壤为山地红壤,质地为粘壤土,含石砾少,土层深厚,土壤肥沃,十分适宜杉木生长。试验地前茬为29年生第1代杉木纯林。

2 研究方法

2.1 试验设计

于1996年10月在第1代杉木人工林上采用完全随机区组设计设置试验地。共设4个区组,20个小区,每小区面积为600 m²(I、II、III区组为20 m×30 m,IV区组为24 m×25 m),每个小区的4个角均埋下水泥桩(长、宽、高分别为10 cm、10 cm和40 cm)并作标记,水泥桩露出地面约15~20 cm。在第1代杉木林采伐前对每个试验小区进行杉木生长量、生物量调查和取样,林下植物多样性、植被生物量的调查和取样,土壤剖面调查和取样。采伐前试验地概况与杉木生长状况见表1。

表1 试验地概况及第1代杉木林生长状况

区组	海拔/m	坡向	坡度/°	A层厚度/cm	土层厚度/cm	胸径/cm	树高/m	林分密度/(株·hm ⁻²)	郁闭度
I	278	西	33	18.5	>100	25.31	20.38	1177	0.630
II	244	西	33	16.9	>100	22.43	18.97	1367	0.630
III	255	北	35	16.4	>100(80%) 80~100(20%)	21.94	18.75	1597	0.708
IV	230	东	33	21.6	>100	25.08	20.41	900	0.582

2.2 处理方法

在1996年12月第1代杉木林采伐后,于1997年1月安排5种采伐剩余物的处理试验:

BL₀:收获地上所有有机质,清除所有地上部分未分解有机质,包括树木、林下植被与地被物。

BL₁:全树收获,清理所有商业尺寸大小的树木的所有地上部分。

BL₂:商业性收获(不炼山),林分砍伐后,砍掉树冠与枝,留在原地,只取走商业上可用的干材和皮。其它有机物质放在原处。

BL₃:采伐剩余物加倍,从BL₁处理中的采伐剩余物取出的枝、叶和其它放在此小区。

SB:炼山,采伐方式与BL₂处理相同,并火烧采伐剩余物。

在试验地所在的山坡,试验小区外的所有林地均采用BL₂处理(不炼山)。

2.3 栽培管理措施

1997年1月采用穴状整地方式进行整地,穴规格为50 cm×50 cm×40 cm,杉苗种植于穴内,种植时间为1997年2月。杉木种植密度原设计为每小区600 m²内种植150株杉木(密度2500株·hm⁻²),但后来由于施工误差和当年成活率不高,补植后实际保留约2000株·hm⁻²左右,与生产上的常规造林密度相同。1997年5月每株杉木施N、P、K复合肥(营养元素净含量未知)100 g。1997年12月进行补植,造林后头3 a每年进行2次、第4年每年进行1次除草抚育,第1次在5—7月,第2次在9—11月。

2.4 调查项目和方法

在第2代杉木幼林第1次调查前,对小区内每株杉木进行编号,使用罗盘仪、皮尺等测定每株杉木在小区中的相对位置,并计算出其坐标值,用Word97的绘图功能绘制每株树的位置图,以便每年调查时寻找。

每年的 12 月至 1 月进行杉木生长调查。调查项目:造林后第 1 年的成活率;每年每株树的年龄、树高、胸径、地径、冠幅(造林后前 4 a),并进行统计分析(造林后 1 a 补植的和生长不正常的树不参加统计)。在每个试验小区的四周留出 2 m 作为缓冲区,缓冲区中的杉木不参与统计,故统计面积在 I、II、III 区组为 416 m²,在 IV 区组为 420 m²。每 100 m²选 1 株优势木,每个小区共选 4 株,计算优势木平均高。2002 年 1 月调查时为 5 年生。

杉木生物量增长调查:每年砍伐一定数量的标准木进行生物量测定,并每年建立 1 组生物量模型用于生物量估算。1998 年 1 月在所有小区的缓冲区内各选择 1 株(剔除 1 株双叉木,实际选 19 株)、1999 年 1 月在 I 区组的 5 个小区的缓冲区内各选择 1 株作为生物量测定样株,测定包括干材、干皮、树枝、树叶的生物量(由于担心挖掘根系造成试验地大量水土流失,所以在试验小区中测定根系生物量),3 年生开始测定带皮材积。选择适当的数学模型建立杉木单株各器官生物量、带皮材积与地径、树高的回归方程

式。由于担心过多地砍伐缓冲区对试验产生影响,从第 3 年(2000 年 1 月)起一律从试验小区外选择标准木作为生物量测定样株,以地径调查数据为依据,以 2 cm 为径阶距,进行各径阶株数统计,选择株数最多的 5~6 个径阶,每个径阶选择 2~3 株生长正常、没有断梢、没有病虫害的树木作为生物量测定样株,测定地上部分各器官生物量和带皮材积,分别计算各径阶的平均地径、平均树高、各器官平均生物量和平均单株带皮材积数据并作为建模数据。每个径阶选择 1 株测定地下部分生物量。

采用 LSD 法检验不同试验处理在统计上的差异显著性。

3 结果与分析

利用 1998 年至 2002 年的每年 1 月调查的杉木各器官生物量和单株材积测定数据,建立回归方程(表 2)用于预测杉木生物量和材积的生长量。

造林后 5 a 各试验小区杉木生长状况见表 3。

表 2 1~5 年生杉木各器官生物量、带皮材积与地径、树高的回归关系式

年龄	器官名称	回归方程式	R	样本数	地径幅度	树高幅度
1~5	叶	$WL = 3.714406 \times (DG^2 \times H)^{1.018435 + 94.71522}$	0.97901	40	0.64~15.2	0.50~6.95
1~5	枝	$WB = 1.869059 \times (DG^2 \times H)^{1.054747 + 39.84616}$	0.98500	40	0.64~15.2	0.50~6.95
1~5	干	$WS = 4.190782 \times (DG^2 \times H)^{1.030663 + 41.92912}$	0.99692	40	0.64~15.2	0.50~6.95
1~5	皮	$WBK = 1.865793 \times (DG^2 \times H)^{0.914540 + 7.148940}$	0.99679	40	0.64~15.2	0.50~6.95
3~5	带皮材积	$V = 6.91470E - 06 \times (DG^2 \times H)^{1.147971 + 0.001454690}$	0.99669	16	4.73~15.2	2.01~6.95

注:DG: 地径/cm, H: 树高/m, 生物量/(g·株⁻¹), V: 带皮材积/(m³·株⁻¹)

表 3 不同小区 5 年生杉木生长量

区组	小区	处理	地径/cm	胸径/cm	树高/m	优势木平均高/m	密度/(株·hm ⁻²)	单株材积/ (m ³ ·株 ⁻¹)	单株总生物量/ (kg·株 ⁻¹)
I	1	BL ₀	13.09	9.65	6.02	7.51	1995	0.02137	13.77
I	4	BL ₁	12.66	9.21	5.68	7.70	2163	0.01871	12.14
I	2	BL ₂	12.79	9.13	5.62	7.04	1827	0.01890	12.26
I	5	BL ₃	13.77	9.93	6.01	7.85	2019	0.02378	15.23
I	3	SB	12.67	9.06	5.31	6.57	1755	0.01745	11.36
II	4	BL ₀	10.99	7.86	5.40	7.08	2260	0.01322	8.69
II	2	BL ₁	12.22	8.66	5.43	6.86	1923	0.01656	10.80
II	1	BL ₂	12.17	8.50	5.46	7.15	2332	0.01651	10.78
II	5	BL ₃	12.16	8.77	5.86	7.45	1827	0.01776	11.55
II	3	SB	12.40	9.07	5.74	7.17	2260	0.01810	11.77
III	2	BL ₀	11.76	8.10	4.94	6.32	1827	0.01386	9.10
III	3	BL ₁	10.21	6.88	4.55	5.78	1827	0.00962	6.32
III	5	BL ₂	8.47	5.55	3.80	5.68	1370	0.00578	3.67
III	1	BL ₃	10.85	7.40	4.64	5.90	2091	0.01105	7.28
III	4	SB ₁	0.90	7.39	4.77	6.32	1731	0.01147	7.55
IV	3	BL ₀	12.24	8.84	5.77	6.89	1952	0.01771	11.52
IV	5	BL ₁	12.19	8.70	5.48	6.98	1714	0.01663	10.85
IV	1	BL ₂	12.37	8.98	5.85	7.29	2262	0.01838	11.93
IV	4	BL ₃	13.12	9.73	6.03	7.62	1905	0.02151	13.86
IV	2	SB	12.72	9.23	6.00	7.52	1667	0.02003	12.95

由于第 III 区组土壤肥力较差等其他的一些原因,杉木生长状况与其他 3 个区组的差距较大(表 4),为了尽量减少立地因子等干扰因素,准确评价不同处理对杉木生长的影响,第 III 区组试验数据不参与比较(表 5)。

试验前不同处理间第 1 代杉木林地位指数无差异,这样试验结果就有可比性^[13~20]。从各生长量指标看,处理后 5 a BL₃(采伐剩余物加倍)处理杉木生长均为最好,SB(炼山)处理则除了树高居第 3 位、优势木平均高最低外,其余指标均处于第 2 位;BL₂

(不炼山)处理除了树高和优势木平均高处于第 4 位外,其余指标均处于第 3 位;BL₁(全树收获)处理优势木平均高处于第 2 位,地径和胸径均为第 4 位,树高、单株总生物量和单株材积最低;BL₀(收获地上所有有机质)处理树高和优势木平均高分别处于第 2、3 位,地径和胸径最低,单株总生物量和单株材积均为第 4 位。但是,方差分析表明,除了 BL₃ 与 BL₁ 处理的树高生长量差异显著外,其余任何处理间的杉木生长指标均未达到差异显著水平($P=0.05$)。

表 4 不同区组 5 年生杉木生长量

区组	地径/cm	胸径/cm	树高/m	优势木平均高/m	密度/(株·hm ⁻²)	单株材积/(m ³ ·株 ⁻¹)	单株总生物量/(kg·株 ⁻¹)
I	13.00	9.40	5.73	7.33	1 952	0.020 04	12.95
II	11.99	8.57	5.58	7.14	2 120	0.016 43	10.72
III	10.44	7.06	4.54	6.00	1 769	0.010 36	6.78
IV	12.53	9.10	5.83	7.26	1 900	0.018 85	12.22
LSD $p=0.05$	1.00	0.80	0.41	0.48	301	0.003 20	2.04

表 5 不同处理 5 年生杉木生长量(I、II、IV 区组)

区组	地径/cm	胸径/cm	树高/m	优势木平均高/m	密度/(株·hm ⁻²)	单株材积/(m ³ ·株 ⁻¹)	单株总生物量/(kg·株 ⁻¹)
BL ₀	12.11	8.78	5.73	7.16	2 069	0.017 43	11.33
BL ₁	12.36	8.86	5.53	7.18	1 933	0.017 30	11.26
BL ₂	12.44	8.87	5.64	7.16	2 140	0.017 93	11.66
BL ₃	13.02	9.48	5.97	7.64	1 917	0.021 02	13.54
SB	12.60	9.12	5.68	7.09	1 894	0.018 53	12.03
LSD $p=0.05$	1.14	0.96	0.43	0.63	419	0.004 51	2.80

BL₀(采伐剩余物加倍)处理最有利杉木的生长,可能是因为大量的采伐剩余物的覆盖抑制了地被物的生长,使杉木受到的生长竞争最小,同时有利于林地的水土保持;采伐剩余物的分解还能归还大量养分,提高了土壤的 pH 值,改善土壤的肥力状况。BL₀(收获地上所有有机质)处理的杉木在前 4 a 得到较好的生长,可能是清理干净的林地减少了植被的竞争,对早期杉木的生长有利,但它使土壤养分输出而损失、土壤酸度增加^[21],不利于地力的长期维持,到了第 5 年除了树高和优势木平均高外,其余生长量指标均最低或次低。SB(炼山)处理的杉木生长量比 BL₂(不炼山)的稍大,这可能是因为炼山使土壤速效矿质养分大量增加,从而有利于早期的杉木生长,但它们之间的差异未达到统计上的显著水平。BL₁(全树收获)处理在前 3 a 所有生长量指标均最低,其原因可能与其植被生长旺盛、竞争能力较强从而抑制杉木生长有较大关系,但在第 4 年地

径和优势木平均高上升至第 4 位,而第 5 年除了树高、单株总生物量和单株材积仍维持最低,地径仍维持在第 4 位外,胸径上升至第 4 位,优势木平均高上升至第 2 位。

4 结论与讨论

综合杉木各生长指标看,处理后 5 a BL₃(采伐剩余物加倍)处理杉木生长最好,其次为 SB(炼山)处理、BL₂(不炼山)处理,BL₁(全树收获),BL₀(收获地上所有有机质)处理杉木生长最差。但除了 BL₃ 与 BL₁ 处理的树高生长量差异显著外,其余任何两两处理间杉木生长指标的差异均未达到统计上的显著水平。

在本试验条件下,炼山处理并不能显著促进林木的早期生长^[13,14],这与其他研究者的报道有所不同^[22~25]。出现差异主要原因可能是相对于其他林地而言,本试验地土壤肥力较高,炼山对杉木早期生

长的促进作用不明显。幼龄期杉木的生长除了受土壤肥力影响外,受到植被竞争、抚育管理措施等的影响较大。不同立地管理措施对杉木生长的长期影响至少要观测到20 a才能得出较为可靠的结论。

参考文献:

- [1] 盛炜彤. 我国人工用材林发展中的生态问题及治理对策[J]. 世界林业研究, 1995, 8(2): 51 ~ 55
- [2] 杨承栋. 杉木人工林地力衰退的原因机制及其防治措施[J]. 世界林业研究, 1997, 10(4): 34 ~ 39
- [3] 方奇. 杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响[J]. 林业科学, 1987, 23(4): 389 ~ 397
- [4] 俞新妥, 张其水. 杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力的研究[J]. 福建林学院学报, 1989, 9(3): 263 ~ 271
- [5] 张其水, 俞新妥. 连栽杉木林生长状况的调查研究[J]. 福建林学院学报, 1992, 12(3): 334 ~ 338
- [6] 杨玉盛, 张任好, 何宗明, 等. 不同栽代数29年生林分生产力变化[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(3): 202 ~ 206
- [7] 杨玉盛, 何宗明, 陈光水, 等. 杉木多代连栽后土壤肥力变化[J]. 土壤与环境, 2001, 10(1): 33 ~ 38
- [8] 马祥庆, 范少辉, 刘爱琴, 等. 不同栽植代数杉木人工林土壤肥力的比较研究[J]. 林业科学研究, 2000, 13(6): 577 ~ 582
- [9] 俞元春, 邓西海, 盛炜彤, 等. 杉木连栽对土壤物理性质的影响[J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(6): 36 ~ 40
- [10] Evans J. Sustainability of forest plantations: a review of evidence and future prospects[J]. International Forestry Review, 1999, 1(3): 153 ~ 162
- [11] 应金花, 何宗明, 范少辉, 等. 一代杉木人工林(29年生)林分生物量结构[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 339 ~ 342
- [12] 翁贤权, 苏惠琴, 连华森, 等. 一代杉木人工林(29年生)土壤肥力特性研究[J]. 福建林学院学报, 2001, 21(4): 367 ~ 370
- [13] 杨旭静, 应金花. 收获与迹地清理对二代杉木幼林生长影响初报[J]. 福建林学院学报, 1999, 19(2): 174 ~ 177
- [14] 范少辉, 林光耀, 何宗明, 等. 不同立地管理措施对2代杉木1年生幼林生长影响的研究[J]. 林业科学, 1999, 35(3): 120 ~ 126
- [15] 范少辉, 廖祖辉, 应金花, 等. 立地管理对第2代杉木4年生人工幼林生长影响的研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 169 ~ 174
- [16] 林光耀, 范少辉, 何宗明, 等. 不同立地管理措施对2代杉木人工林3年生林分生长影响的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(4): 403 ~ 407
- [17] 何宗明, 范少辉, 林光耀, 等. 立地管理措施对二代2年生杉木林生长影响[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(1): 17 ~ 20
- [18] 何宗明, 范少辉, 陈清山, 等. 立地管理措施对2代4年生杉木林生长的影响[J]. 林业科学, 2003, 39(4): 54 ~ 58
- [19] Fan Shaohui, Yang Chengdong, Lin Sizu, et al. Chinese fir plantation in Fujian Province, China[A]. In: Nambiar E K S, Cossalter C, Tiarks A. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests: Workshop Proceedings, 16 - 20 February, 1998, Pietermaritzburg, South Africa [C]. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 1999: 69 ~ 72
- [20] Fan Shaohui, Yang Chengdong, He Zongming, et al. Effects of site management in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantation in Fujian Province, China[A]. In: Nambiar E K S, Tiarks A, Cossalter C, et al. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests: Workshop Proceedings 7 - 11, December, 1999, Kerala, India [C]. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 2000: 83 ~ 86
- [21] 应金花, 何宗明, 范少辉, 等. 不同立地管理措施对2代杉木人工林某些土壤性质的影响[J]. 土壤与环境, 2001, 10(3): 201 ~ 203
- [22] Gonçalves J L M, Serrano M I P, Mendes K C F S, et al. Effects of site management in a *Eucalyptus grandis* plantation in the humid tropics: São Paulo, Brazil[A]. In: Nambiar E K S, Tiarks A, Cossalter C et al. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests: Workshop Proceedings 7 - 11, December, 1999, Kerala, India [C]. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 2000: 3 ~ 9
- [23] Nzila J D, Deleporte P, Bouillet J P et al. Effects of slash management on tree growth and nutrient cycling in second-rotation *Eucalyptus* replanted sites in the Congo[A]. In: Nambiar E K S, Ranger J, Tiarks A et al. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests: Proceedings of Workshops in Congo, July, 2001 and China, February, 2003 [C]. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 2004: 15 ~ 30
- [24] Du Toit B, Dovey S B, Fuller G M et al. Effects of harvesting and site management on nutrient pools and stand growth in a South African eucalypt plantation[A]. In: Nambiar E K S, Ranger J, Tiarks A et al. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests: Proceedings of Workshops in Congo, July, 2001 and China, February, 2003 [C]. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 2004: 31 ~ 43
- [25] O'Connell A M, Grove T S, Mendham D S et al. Impacts of inter-rotation site management on nutrient stores and fluxes and growth of eucalypt plantations in Southwestern Australia[A]. In: Nambiar E K S, Ranger J, Tiarks A et al. Site Management and Productivity in Tropical Plantation Forests: Proceedings of Workshops in Congo, July 2001 and China, February, 2003 [C]. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia, 2004: 77 ~ 91