

立地管理措施对 2 代 6 年生杉木林生长的影响^{*}何宗明¹ 范少辉² 卢镜铭³ 杨旭静³ 翁贤权³(1. 福建农林大学林学院 福州 350002; 2. 国际竹藤网络中心 北京 100102;
3. 福建省南平峡阳国有林场 南平 353005)

摘 要: 在福建省南平峡阳国有林场进行 5 种不同立地管理措施对 29 年生第 1 代杉木人工林采伐后营造的 6 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 6 年生 2 代杉木林生长最好,其次为 BL₁(全树收获)和 SB(收获树干和树皮,炼山)处理,BL₂(收获树干和树皮,不炼山)和 BL₀(收获地上所有有机质)处理杉木生长最差。5 种处理的第 2 代杉木林地位指数与第 1 代相比,BL₃ 和 BL₀ 处理分别上升 0.56 和 0.27,其余 3 种处理则有下降。BL₁、SB 和 BL₂ 处理地位指数分别比 1 代下降 0.39、0.45 和 0.63。不同处理之间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; 生长; 地位指数

中图分类号: S725.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7488(2006)11-0047-05

Effects of Site Management Treatments on Growth of 6-Year-Old, Second Rotation Chinese Fir Plantations

He Zongming¹ Fan Shaohui² Lu Jingming³ Yang Xujing³ Weng Xianquan³(1. Forestry College of Fujian Agriculture and Forestry University Fuzhou 350002;
2. International Centre for Bamboo and Rattan Beijing 100102;
3. Xiayang State Forest Farm, Fujian Province Nanping 353005)

Abstract: The effects of five different site management treatments on productivity of 6-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 on the double slash treatment (BL₃), followed by the whole tree harvest treatment (BL₁) and slash burning treatment (SB), and the poorest on the no slash burning treatment (BL₂) and the no slash treatment (BL₀). The site index of the second rotation Chinese Fir plantations in the BL₃ and BL₀ treatments increased by 0.56 and 0.27, respectively, compared with the first rotation, and decreased in the rest of the 3 treatments. Compared with the first rotation, site index of the second rotation treated with BL₁, SB and BL₂ treatments decreased by 0.39, 0.45 and 0.63, respectively. Differences between the treatments were not statistically significant.

Key words: Chinese Fir; second rotation; site management; growth; site index

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)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,连栽面积和代数的增加,出现了明显的杉木人工林地力衰退现象(盛炜彤,1995;杨承栋,1997)。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(方奇,1987;俞新妥等,1989;张其水等,1992;杨玉盛等,1998,2001;马祥庆等,2000;俞元春等,2000),但大多采用“以空间换时间”的临时样地法,得出的结论说服力不强(Evans,1999)。有鉴于此,本课题组在世界林业研究中心等机构的资助下,于 1996 年起,在福建省南平峡阳国有林场一片 29 年生的 1 代杉木人工林采伐迹地上,开展不同立地管理方式对 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 1 代试验林生产力(应金花等,2001a)和土壤肥力(翁贤权等,2001)及立地管理措施对 2 代 1~5 年生杉木林生长(杨旭静等,1999;范少辉等,1999,2002,2006;林光耀等,2001;何宗明等,2002,2003;Fan Shaohui *et al.*, 1998, 2000)和某些土壤性质影响(应金花等,2001b)的试验结果曾

收稿日期:2005-10-20。

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(B0310015);国家自然科学基金重点资助项目(39630240)。

* 试验中得到 CIFOR 聘请的专家 E.K.S. Nambiar 博士,A. Tiarks 博士和 C. Cossalter 先生,中国林科院热带林业研究所徐大平博士的指导和帮助。范少辉为通讯作者。

作过报道。

1 试验地概况

试验地位于福建省南平峡阳国有林场,详见文献(范少辉等,2006)。

2 研究方法

2.1 试验设计

采用完全随机区组设计设置试验地,详见文献(范少辉等,2006)。

2.2 处理方法

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,详见文献(范少辉等,2006)。

2.3 栽培管理措施

1997年2月营造第2代杉木林,栽培管理措施详见文献(范少辉等,2006)。

2.4 调查项目和方法

试验林调查的具体项目和方法详见文献(范少辉等,2006)。2003年1月调查时试验林为6年生。利用第1代林分各区组的优势木解析木的树高生长过程资料,拟合 Sloboda 多形地位指数曲线模型(惠刚盈等,1996),再由多形地位指数曲线模型计算第1代和第2代杉木林分的地位指数。

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,详见文献(范少辉等,2006)。

3 结果与分析

3.1 Sloboda 杉木多形地位指数曲线模型的建立

采用第1代林分20株杉木优势木解析木的树高生长过程资料,拟合 Sloboda 多形地位指数曲线模型:

$$H = d * (SI/d) \wedge \text{EXP}(-b/(c * 20 \wedge c) + b/(c * A \wedge c)) \quad (1)$$

$$H = d * (SI/d) \wedge \exp(-b/(c * 20 \wedge c) + b/(c * A \wedge c)) \quad (2)$$

(1)和(2)式分别是 Sloboda 多形地位指数曲线模型的数学表达式和 BASIC 语言表达式, H 为优势高, SI 为地位指数, A 为年龄(林龄),基准年龄为 20 a, e 为自然对数的底(其值约为 2.718 282),拟合结果: $d = 278.046 3$, $b = 0.361 307 9$, $c = 0.207 516 6$, 样本数 $n = 580$, $R^2 = 0.958 4$ 。

3.2 造林后6年杉木生长量

利用1998年至2003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1)用于预测杉木生物量和材积的生长量。

表1 1~6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^①
Tab.1 The regressions of biomass of various components and outside-bark stem volume of a single Chinese Fir plant on its base diameter and height at 1 to 6 years old

年龄 Age/a	器官名称 Components	回归方程式 Regression equation	R	样本数 N	地径幅度 DG Range/cm	树高幅度 H Range/m
1~6	叶 Leave	$W_L = 4.307 962 * (DG \wedge 2 * H) \wedge 0.980 945 9 + 95.411 68$	0.970 01	46	0.64 ~ 18.1	0.50 ~ 8.26
1~6	枝 Branch	$W_B = 1.680 117 * (DG \wedge 2 * H) \wedge 1.058 604 + 44.077 81$	0.983 79	46	0.64 ~ 18.1	0.50 ~ 8.26
1~6	干 Stem	$W_S = 3.545 346 * (DG \wedge 2 * H) \wedge 1.055 461 + 49.967 99$	0.998 66	46	0.64 ~ 18.1	0.50 ~ 8.26
1~6	皮 Bark	$W_{BK} = 0.889 739 9 * (DG \wedge 2 * H) \wedge 1.018 265 + 18.596 77$	0.992 59	46	0.64 ~ 18.1	0.50 ~ 8.26
3~6	带皮材积 Stem volume	$V = 8.446 69E-06 * (DG \wedge 2 * H) \wedge 1.120 080 + 0.001 305 649$	0.998 32	22	4.73 ~ 18.1	2.01 ~ 8.26

^①DG: 地径 Ground diameter, H: 树高 Height, W: 生物量 Biomass/(g·tree⁻¹), V: 带皮材积 Stem volume/(m³·tree⁻¹)。

造林后6年各试验小区杉木生长状况见表2。

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3),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4)。

表 2 不同小区 6 年生杉木生长量^①
Tab.2 Growth of 6-year-old Chinese Fir in different plots

区组	小区	处理	地径 Base diameter/ cm	胸径 DBH/ cm	树高 Height/ m	优势木 平均高 Dominant height/m	密度 Density /hm ⁻²	单株材积 Volume in trees/ (m ³ ·tree ⁻¹)	单株总生物量 Biomass in trees/ (kg·tree ⁻¹)	1 代地位指数 Site index of the 1 st rotation	2 代地位指数 Site index of the 2 nd rotation	两代地位指数差 Site index difference between the two rotations
I	1	BL ₀	15.33	11.79	7.48	9.16	1 995	0.037 72	22.58	19.95	20.30	0.35
I	4	BL ₁	15.15	11.58	7.05	9.29	2 163	0.034 50	20.75	20.58	20.52	-0.06
I	2	BL ₂	14.89	11.21	7.09	8.78	1 803	0.033 44	20.14	20.31	19.65	-0.66
I	5	BL ₃	16.44	12.39	7.47	9.69	2 019	0.043 84	26.01	21.21	21.19	-0.02
I	3	SB	14.70	10.90	6.61	8.04	1 731	0.030 17	18.27	19.86	18.36	-1.50
II	4	BL ₀	13.11	9.86	6.58	8.79	2 260	0.023 53	14.40	18.6	19.66	1.06
II	2	BL ₁	14.30	10.62	6.77	8.52	1 923	0.029 18	17.69	18.87	19.20	0.33
II	1	BL ₂	14.18	10.40	6.74	8.44	2 332	0.028 52	17.31	19.41	19.06	-0.35
II	5	BL ₃	14.15	10.81	7.16	8.87	1 827	0.030 29	18.34	17.89	19.80	1.91
II	3	SB	14.41	10.99	7.08	8.78	2 260	0.031 12	18.81	19.50	19.65	0.15
III	2	BL ₀	14.03	10.11	6.00	7.62	1 827	0.024 63	15.05	18.42	17.62	-0.80
III	3	BL ₁	11.64	8.30	5.44	6.68	1 827	0.015 06	9.34	18.42	15.93	-2.49
III	5	BL ₂	10.43	7.19	4.92	7.14	1 370	0.010 92	6.78	18.60	16.77	-1.83
III	1	BL ₃	12.46	8.93	5.83	7.17	2 091	0.018 62	11.49	18.78	16.82	-1.96
III	4	SB	12.56	8.90	5.72	7.74	1 731	0.018 56	11.46	18.78	17.84	-0.94
IV	3	BL ₀	14.25	10.86	7.18	8.61	1 952	0.030 84	18.65	19.95	19.35	-0.60
IV	5	BL ₁	14.78	11.19	6.95	8.69	1 714	0.032 21	19.44	20.94	19.49	-1.45
IV	1	BL ₂	14.33	10.84	7.16	8.86	2 262	0.031 12	18.81	20.67	19.78	-0.89
IV	4	BL ₃	15.24	11.86	7.50	9.20	1 905	0.037 36	22.37	20.58	20.36	-0.22
IV	2	SB	14.51	11.14	7.38	8.85	1 667	0.033 02	19.90	19.77	19.77	0

①BL₀:收获地上所有有机质 All aboveground organic residue removed;BL₁:全树处理 Whole tree harvest;BL₂:收获树干和树皮,不炼山 Stem and bark harvest, no slash burning;BL₃:收获树干和树皮,加倍采伐剩余物 Stem and harvest, double slash;SB:收获树干和树皮,炼山 Stem and bark harvest, slash burning.

表 3 不同区组 6 年生杉木生长量
Tab.3 Growth of 6-year-old Chinese Fir in different blocks

区组	地径 Base diameter/ cm	胸径 DBH/ cm	树高 Height/ m	优势木平均高 Dominant height/m	密度 Density/ (tree·hm ⁻²)	单株材积 Volume in trees/ (m ³ ·tree ⁻¹)	单株总生物量 Biomass in trees/ (kg·tree ⁻¹)	1 代地位指数 Site index of the 1 st rotation	2 代地位指数 Site index of the 2 nd rotation	两代地位指数差 Site index difference between the two rotations
I	15.30	11.57	7.14	8.99	1 942	0.035 93	21.55	20.38	20.00	-0.38
II	14.03	10.54	6.87	8.68	2 120	0.028 53	17.31	18.85	19.47	0.62
III	12.22	8.69	5.58	7.27	1 769	0.017 56	10.82	18.60	17.00	-1.60
IV	14.62	11.18	7.23	8.84	1 900	0.032 91	19.84	20.38	19.75	-0.63
LSD (0.05)	1.09	0.90	0.43	0.54	304	0.005 54	3.22	0.67	0.94	0.98

表 4 不同处理 6 年生杉木生长量 (I、II、IV 区组)
Tab.4 Effects of treatments on the growth of 6-year-old Chinese Fir (Block I, II and IV)

处理	试验前土壤有机碳 Soil organic C before treatment/ %	地径 Base diameter/ cm	胸径 DBH/ cm	树高 Height/ m	优势木平均高 Dominant height/m	密度 Density/ (tree·hm ⁻²)	单株材积 Volume in trees/ (m ³ ·tree ⁻¹)	单株总生物量 Biomass in trees / (kg·tree ⁻¹)	1 代地位指数 Site index of the 1 st rotation	2 代地位指数 Site index of the 2 nd rotation	两代地位指数差 Site index difference between the two rotations
BL ₀	3.17	14.23	10.84	7.08	8.85	2 069	0.030 70	18.54	19.50	19.77	0.27
BL ₁	3.38	14.74	11.13	6.92	8.83	1 933	0.031 96	19.29	20.13	19.74	-0.39
BL ₂	2.84	14.47	10.82	7.00	8.69	2 132	0.031 03	18.76	20.13	19.50	-0.63
BL ₃	3.47	15.28	11.69	7.38	9.25	1 917	0.037 16	22.24	19.89	20.45	0.56
SB	3.32	14.54	11.01	7.02	8.56	1 886	0.031 44	18.99	19.71	19.26	-0.45
LSD(0.05)	0.82	1.38	1.15	0.56	0.66	428	0.008 59	4.92	1.89	1.14	1.60

从表 4 可知,不同处理林地间 1 代杉木地位指数差异很小,这样不同处理的试验结果就有了一定的可比性。从各生长量指标看,处理后 6 年 BL₃(采伐剩余物加倍)处理杉木生长均为最好;BL₁(全树收获)处理除了树高最低、优势木平均高处于第 3 位外,其余指标均处于第 2 位;SB(炼山)处理则除了优势木平均高最低外,其余指标均处于第 3 位;BL₂(不炼山)处理除了胸径最低外,其余指标均处于第 4 位;BL₀(收获地上所有

有机质)处理除了树高和优势木平均高均处于第2位、胸径处于第4位外,其余指标均最低。但是,方差分析表明,任何两两处理间的杉木生长指标均未达到差异显著水平($P=0.05$)。

处理后6年,5种处理的第2代杉木林中, BL_3 (采伐剩余物加倍)处理和 BL_0 (收获地上所有有机质)处理地位指数略有上升,分别上升0.56和0.27,而其余3种处理地位指数则略有下降, BL_1 (全树收获)处理、SB(炼山)和(不炼山)处理分别下降0.39、0.45和0.63;但处理间的地位指数改变值均未达到差异显著水平。

BL_3 (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,同时有利于林地土壤水分的保持,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。 BL_0 (收获地上所有有机质)处理的杉木在前4年得到较好的生长,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(应金花等,2001b),不利于地力的长期维持,到了第6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 BL_2 (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。 BL_1 (全树收获)处理在前3年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旧维持最低,地径和胸径仍旧维持在第4位外,优势木平均高上升至第2位,第6年除了树高仍旧维持最低、优势木平均高降到第3位外,其余指标均上升到第2位。

试验前不同处理的土壤肥力是不同的(尽管没有显著差异),这必然对试验结果造成一定的干扰。土壤有机碳含量是土壤最重要的肥力指标之一。试验前 BL_3 处理的0~10cm层次土壤有机碳含量最高(3.47%),而 BL_2 处理的最低(2.84%)(表4)。试验前土壤肥力最高的试验地被安排了最好的处理(BL_3),当然其杉木生长也最好;而土壤肥力最低的试验地虽然被安排了次好的处理(BL_2),但由于土壤本底条件差,杉木没有表现出期望的高生长量。

4 结论与讨论

综合杉木各生长指标看,处理后6年 BL_3 (采伐剩余物加倍)处理杉木生长最好,其次为 BL_1 (全树收获)和SB(炼山)处理, BL_2 (不炼山)和 BL_0 (收获地上所有有机质)处理杉木生长最差。但它们之间的差异均未达到统计上的显著水平。

处理后6年,第2代杉木林地位指数与各自的前茬相比, BL_3 (采伐剩余物加倍)处理和 BL_0 (收获地上所有有机质)处理地位指数略有上升,分别上升0.56和0.27,而其余3种处理地位指数则略有下降, BL_1 (全树收获)处理、SB(炼山)和(不炼山)处理分别下降0.39、0.45和0.63;但各处理间的地位指数改变值的差异均未达到显著水平。

试验前土壤肥力最高的试验地被安排了最好的处理(BL_3),当然其杉木生长也最好;而土壤肥力最低的试验地虽然被安排了次好的处理(BL_2),但由于土壤本底条件差,杉木没有表现出期望的高生长量。从试验数据来看,土壤肥力低的试验地地位指数的下降更大些,也就是说,土壤肥力低的试验地可能更容易出现杉木连栽地力衰退现象。

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。所以,不同立地管理措施对杉木生长的长期影响需要观测更长时间(10年或15年以后)才能得出较为可靠的结论。

参 考 文 献

- 范少辉,林光耀,何宗明,等. 1999. 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. 林业科学, 35(3):120-126
- 范少辉,廖祖辉,应金花,等. 2002. 立地管理对第2代杉木4年生人工幼林生长影响的研究. 林业科学研究, 15(2):169-174
- 范少辉,何宗明,卢镜铭,等. 2006. 立地管理措施对2代5年生杉木林生长影响. 林业科学研究, 19(1):27-31
- 方奇. 1987. 杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响. 林业科学, 23(4):389-397
- 何宗明,范少辉,林光耀,等. 2002. 立地管理措施对2代2年生杉木林生长影响. 福建林学院学报, 22(1):17-20
- 何宗明,范少辉,陈清山,等. 2003. 立地管理措施对2代4年生杉木林生长的影响. 林业科学, 39(4):54-58
- 惠刚盈,盛炜彤. 1996. Sloboda 树高生长模型及其在杉木人工林中的应用. 林业科学研究, 9(1):37-40

- 林光耀,范少辉,何宗明等. 2001.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. 林业科学研究, 14(4):403-407
- 林开敏,俞新妥,何智英,等. 1992.炼山后杉木幼林生长动态研究. 福建林学院学报, 12(1): 1-8
- 马祥庆,范少辉,刘爱琴,等. 2000.不同栽植代数杉木人工林土壤肥力的比较研究. 林业科学研究, 13(6): 577-582
- 盛炜彤. 1995.我国人工用材林发展中的生态问题及治理对策. 世界林业研究, 8(2):51-55
- 翁贤权,苏惠琴,连华森,等. 2001.一代杉木人工林(29 年生)土壤肥力特性研究. 福建林学院学报, 21(4):367-370
- 杨承栋. 1997.杉木人工林地力衰退的原因机制及其防治措施. 世界林业研究, 10(4):34-39
- 杨旭静,应金花. 1999.收获与迹地清理对二代杉木幼林生长影响初报. 福建林学院学报, 19(2):174-177
- 杨玉盛,何宗明,陈光水,等. 2001.杉木多代连栽后土壤肥力变化. 土壤与环境, 10(1): 33-38
- 杨玉盛,张任好,何宗明,等. 1998.不同栽杉代数 29 年生林分生产力变化. 福建林学院学报, 18(3):202-206
- 应金花,何宗明,范少辉,等. 2001a.一代杉木人工林(29 年生)林分生物量结构. 福建林学院学报, 21(4):339-342
- 应金花,何宗明,范少辉,等. 2001b.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. 土壤与环境, 10(3): 201-203
- 俞新妥,张其水. 1989.杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力的研究. 福建林学院学报, 9(3):263-271
- 俞元春,邓西海,盛炜彤,等. 2000.杉木连栽对土壤物理性质的影响. 南京林业大学学报, 24(6):36-40
- 张其水,俞新妥. 1992.连栽杉木林生长状况的调查研究. 福建林学院学报, 12(3):334-338
- Evans J. 1999. Sustainability of forest plantations: a review of evidence and future prospects. *International Forestry Review*, 1(3):153-162
- Fan Shaohui, Yang Chengdong, Lin Sizu, *et al.* 1998. Chinese Fir plantation in Fujian Province, China. In: Nambiar E K S, Cossalter C, Tiarks A. Site management and productivity in tropical plantation forests. Workshop Proceedings. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research, 69-72
- Fan Shaohui, Yang Chengdong, He Zongming, *et al.* 2000. Effects of site management in Chinese Fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantation in Fujian Province, China. In: Nambiar E K S, Tiarks A, Cossalter C, *et al.* Site management and productivity in tropical plantation forests: a progress report. Workshop Proceedings. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research, 83-86

(责任编辑 郭广荣)