

南平溪后杉木林取代杂木林后 土壤肥力变化的研究

杨玉盛 李振问 俞新妥 何宗明

(福建林学院, 南平 353001)

摘要 本文对福建省南平溪后 70 年生杉木丰产林与杂木林的土壤肥力进行对比研究。结果表明: 与前茬杂木林相比, 70 年生杉木林下土体较紧实, 土壤有机质和营养元素含量降低, 土壤酶活性和氧化代谢能力减弱。目前 70 年生杉木丰产林之所以仍保持较高的土壤肥力水平, 主要是杉木林林冠疏开后林下植物多样性提高及生物量增加的缘故。

关键词 杉木林; 杂木林; 土壤养分; 土壤酶活性; 土壤氧化代谢能力

杉木林经营在我国南方集约林区中占有重要的地位^[1, 2]。建国以来杉木造林面积累计在 1.15 亿亩以上。目前世界银行贷款 3 亿美元实施营造 1 亿亩速生丰产林项目(其中杉木林面积占 30—40%)亦正在进行。另一方面随着阔叶林面积迅速减小, 杉木林多代连栽及栽培范围扩大, 杉木林地生境恶化、地力衰退, 已引起了众多学者的关注^[1-5]。

在杂木林迹地上更新的南平溪后杉木林, 因其速生丰产而闻名全国^[6]。本文试图通过对该杉木丰产林与前茬杂木林土壤肥力的对比研究, 探讨南方林区砍阔栽杉后土壤肥力的变化, 为今后杉木速生丰产林的地力维持提供科学依据。

1. 试验地自然概况

试验地位于南平溪后安曹下(东经 117°57', 北纬 26°28'), 属武夷山系南伸支脉, 位于一三面环山的山谷中, 林地面积 2.8ha, 中亚热带气候, 年平均气温 19.5℃, 年降雨量 1669mm, 年蒸发量 1413mm, 海拔高度 20—40m, 谷底宽 30m 左右, 谷底坡度 5—15°, 山坡坡度 30—40°, 土壤是花岗岩母质发育的山地暗红壤, 厚度在 100cm 以上, 其中 A + AB 层厚度为 20—35cm, 质地为中壤—重壤土。

杉木丰产林前茬是木荷、栲树、马尾松为主的天然杂木林。1918 年 10 月, 在山脊以下进行皆伐清杂炼山(在山脊上 5—7m 杂木林未采伐)。1919 年用插条植杉, 目前杉木保留密度为 1305 株/ha, 郁闭度 0.4—0.6, 杉木平均树高和胸径分别为 31.4m 和 29.9cm, 与邻近杉木成熟林相比, 林下草本、灌木和下木种类多、数量大, 主要有福建观音座莲、狗脊、凉伞树、绒楠、毛冬青、栲树等。山脊上 5—7m 的杂木林主要以马尾松、木荷、栲树等为主, 胸高断面面积为 3.6m², 蓄积量为 32m³^[6], 下木主要是青冈栎、栲树、木荷等, 草本主要是芒萁。

2. 材料与研究方法

在杉木林内山坡中部地带, 分别三个坡向先设立标准地 6 块(每个坡向设立标准地两块), 同时在山脊的杂木林内设立三块标准地, 在每个标准地内进行多点(3 点)分层(0—20cm, 20—40cm)取样。不同层次样品分别混匀备用。取样时间为 1989 年, 1990 年 6 月和 11 月及 91 年 1 月。表内数据为二年中不同季节分析结果的平均值。

林下植物, 林褥层数量——样方收获法^[7]。样品饱和持水量——浸水湿重法^[8]。土壤孔隙及团粒组成, 土壤化学性质, 土壤酶活性均用常规法^[8-10]。

土壤呼吸作用强度——Wabury 呼吸法; 氨化作用、固 N 作用——土壤培养法; 硝化作用——溶液培养法^[11]; 纤维素分解作用——埋布片法^[10]。

3. 结果与分析

3.1 林下植物层与林褥层生物量及持水量

林下植物层和林褥层在土壤肥力维持和提高及水源涵养等方面起着良好的作用。其数量及持水性能与持水量有较好的正相关。

据调查(表 1), 杂木林的林褥层贮量较大, 其 L 层的生物量是杉木丰产林的 3.96 倍,

表 1 林下植物层及枯枝落叶层生物量及持水量
Table 1 Biomass and saturated water-holding capacity of under-growth plant layer and the litter horizon

林分类型 Stand	枯枝落叶层 Litter horizon				枯枝落叶层饱和持水量 Total saturated water-holding capacity (mm)
	L层(L layer)		F+H层(F+H layer)		
	生物量 (t/ha) Biomass	饱和持水量 Saturated water-holding capacity (mm)	生物量 (t/ha)	饱和持水量 Saturated water-holding capacity (mm)	
杉木丰产林 F.H.Ch.S. ¹⁾	3.54	0.407	4.36	0.574	0.921
杂木林 B. S. ²⁾	14.01	1.662	12.01	1.323	3.985

林分类型 Stand	林下植物层 Undergrowth plant layer				林下植物层饱和持水量 Total saturated water-holding capacity (mm)
	草本层 (Herb)		灌木层 (Bush layer)		
	生物量 (t/ha) Biomass	饱和持水量 Saturated water-holding capacity (mm)	生物量 (t/ha)	饱和持水量 Saturated water-holding capacity (mm)	
杉木丰产林 F.H.Ch.S. ¹⁾	1.83	4.0	13.61	1.829	2.229
杂木林 B. S. ²⁾	1.05	0.111	2.20	0.293	0.404

1) F. H.Ch.S. = Fast-growing and high-yield Chinese fir stand 2) B. S. = Broadleaved stand

F+H层是杉木丰产林的2.75倍。杂木林林褥层的饱和持水量为3.99mm,是杉木丰产林的4.33倍。而杉木丰产林由于树龄较大,林冠基本上已疏开,林下灌木和草本的生物量分别是杂木林的6.19倍和1.74倍,邻近34年生杉木林林下草本和灌木总生物量仅为4.55t/ha¹⁾。植物数量的增加有利于杉木丰产林林地土壤肥力的恢复。

3.2 土壤孔隙与团粒组成

在南方山地丘陵区,土壤孔隙及其不同孔径的组合,往往决定土壤中的水分、空气和热特性、养分的释放、微生物的活动、根系的发育,而土壤通透性则是土壤有机物矿化与腐殖化的重要条件。

从表2可见,杉木丰产林表层土壤容重为1.172,是杂木林的1.37倍,杉木丰产林总孔隙与杂木林的接近,但杂木林表层土壤非毛管孔隙较大(达11.52%),是杉木丰产林的1.81倍。土壤非毛管孔隙与总孔隙比率能较好地反映土壤通透度。杂木林表层土壤非毛管孔隙与总孔隙比率是杉木丰产林的2.0倍,土壤通气孔隙亦以杂木林为大(表2)。底层(20—40cm)土壤亦有类似的趋势。说明杉木林取代杂木林后土体趋向紧实,土壤容蓄能力降低。

表2 杉木林和杂木林土壤孔隙及团粒结构组成
Table 2 Composition of soil pore space and aggregate structure
in Chinese fir and broadleaved stands

林分类型 Stand	土层 Depth (cm)	容重 Bulk density (g/cm ³)	土壤孔隙组成(%) Composition of pore space			
			毛管孔隙 Capillary porosity (%)	非毛管孔隙 Non-capillary porosity (%)	通气孔隙 Aeration porosity (%)	总孔隙 Total porosity (%)
杉木丰产林 F.H.Ch.S. ¹⁾	0—20	1.172	45.65	6.35	24.75	52.00
	20—40	1.306	38.40	7.90	22.70	46.30
杂木林 B.S. ²⁾	0—20	0.858	41.34	11.52	26.72	52.86
	20—40	1.226	42.97	9.99	23.80	52.96

林分类型 Stand	非毛管孔隙	>5mm水稳性团粒	>0.25mm团粒含量		结构体破坏率 Destroyed soil structure rate (%)
	总孔隙 Noncap./Total	>5mm Waterable aggregate (%)	干筛 >0.25mm aggregate Dry (%)	湿筛 Wet (%)	
杉木丰产林 F.H.Ch.S. ¹⁾	0.14	14.90	87.37	82.20	6.27
	0.21	9.99	87.18	75.73	14.42
杂木林 B.S. ²⁾	0.28	21.54	97.64	86.93	5.30
	0.23	28.07	80.21	78.89	13.05

1), 2): 见表1 See table 1

土壤水稳性团聚体数量及组成决定土壤结构稳定性,同时也影响着土壤通透性,它们是土壤肥力的重要指标之一。从表2可见,杂木林表层>5mm水稳性大团聚体含量是杉木丰产林的1.45倍,>0.25mm水稳性团聚体含量亦比杉木丰产林大,而结构体破坏率则

1)福建省自然科学基金课题《南平溪谷后安曹下杉木丰产林土壤肥力研究》。

比杉木丰产林小,说明杂木林及杉木林土壤结构性与稳定性较好。

3.3 土壤营养元素含量及养分供应状况

乔木类型及生长状况、林下植物、凋落物数量、化学组成及元素归还速度、人为干扰程度等直接影响土壤养分贮藏及供应状况^[12]。分析结果表明(表3),杂木林土壤有机质、全N、全P含量比杉木丰产林为高。其中杂木林表层土壤有机质和全N含量分别是杉木丰产林的1.19倍和1.02倍。杂木林表层土壤速效性N、P、K含量分别是杉木丰产林的1.07倍、1.25倍和1.32倍。底层土壤亦有同样趋势,表明杉木丰产林取代杂木林后,土壤营养元素贮藏量下降,土壤库供应杉木生长发育所需速效性养分的能力也降低。

表3 杉木林与杂木林土壤化学性质

Table 3 Soil chemical properties of Chinese fir and broadleaved stands

林分类型 Stand	土层 Depth (cm)	有机质 Organic matter (%)	全氮 Total-N (%)	全磷 Total-P (%)	水解性氮 hydrolyzable-N (ppm)	速效磷 Available-P (ppm)
	20—40	1.161	0.052	0.037	53.2	2.2
杂木林 B.S. ²⁾	0—20	3.825	0.116	0.059	125.9	4.0
	20—40	1.314	0.064	0.039	54.6	2.6

林分类型 Stand	速效钾 Available-K (ppm)	CEC (meq/100g土)	交换性盐基总量 Total exchangeable salt (me/100g土)	盐基饱和度 Base saturation (%)	pH值(水浸) pH (water extarct)
	89	8.84	1.00	11.31	5.28
杂木林 B.S. ²⁾	131	12.86	3.92	30.48	6.01
	86	9.05	1.88	20.77	5.80

1), 2): 见表1 See table 1

土壤阳离子交换量与盐基饱和度大小是反映土壤保肥能力及其缓冲性强弱的重要指标。分析结果表明(表3),杂木林表层土壤交换性盐基总量比杉木丰产林大0.79m·e/100g土,盐基饱和度比杉木丰产林大5.4%,杉木林取代杂木林后土壤pH值亦有一定程度的降低。这与杂木林基本上未受人为干扰及其林褥层贮量与质量较好等有关。

3.4 杉木林与杂木林土壤酶活性的差异

土壤酶直接参与土壤的物质循环与能量转换过程。对土壤酶活性的研究将有助于了解土壤肥力状况及演变^[13,14]。分析表明(表4)杂木林土壤脲酶、转化酶、蛋白酶活性均比杉木丰产林大。蛋白酶和脲酶直接参与土壤中含N有机物的转化,两者的活性强度可用来表征土壤N素营养供应状况。转化酶则直接参与土壤C素循环。以上3种酶活性中杂木林土壤比杉木林的大,说明杂木林土壤中C素和N素营养循环强度比杉木林的大。

磷酸酶的酶促作用能加速有机P循环速度,从而提高P素有效性。杂木林土壤酸性

磷酸酶活性比杉木丰产林大(表4),说明杉木林取代杂木林后土壤供P能力有一定程度的降低。

表4 杉木林和杂木林土壤酶活性

Table 4 Activities of soil enzymes in Chinese fir and broadleaved stands

林分类型 Stand	土层 Depth (cm)	转化酶 Invertase (mg/g干土)	脲酶 Urease (NH ₃ mg/g干土)	蛋白酶 Proteinase (mg/g干土)
杉木丰产林 F.H.Ch.S. ¹⁾	0—20	1.75	4.840	41.408
	20—40	0.83	2.771	29.373
	40—60	0.60	2.214	21.440
杂木林 B.S. ²⁾	0—20	6.63	5.627	42.675
	20—40	5.30	2.642	30.765
	40—60	1.40	2.358	25.780

林分类型 Stand	磷酸酶(酸性) Acid phosphatase (mg/g干土)	接触酶 Catalase (0.1N KMnO ₄ ml/g干土)	过氧化物酶 Peroxidase (没食子素mg/ 100g干土)	多酚氧化酶 Polyphenoloxidase (没食子素mg/ 100g干土)
杉木丰产林 F.H.Ch.S. ¹⁾	1.267	55.0	32.019	8.490
	0.820	30.0	25.029	5.359
	0.410	19.0	23.063	5.218
杂木林 B.S. ²⁾	1.625	92.0	35.381	3.785
	0.980	60.0	28.305	3.295
	0.420	35.0	23.653	1.815

1), 2): 见表1 See table 1

从表4还可以看出,杂木林的过氧化物酶和接触酶活性均比杉木丰产林大,而多酚氧化酶活性则比杉木丰产林小。多酚氧化酶是表征土壤腐殖化过程中的一种专性酶,它的活性低,表征土壤腐殖化程度高^[10],因此,与杉木林相比,杂木林土壤腐殖化程度较高。

从以上分析可见,杉木林取代杂木林后,土壤有机物质的分解能力和腐殖质再合成强度有不同程度的下降。

3.5 杉木林与杂木林的土壤生化活性

杉木林取代杂木林后,由于受到人为干扰,树种生物学特性,凋落物组成和贮量及根系分泌物的影响,土壤生化活性与杂木林的差异较大。分析结果表明(表5),杂木林表层土壤(0—20cm)微生物总数是杉木丰产林的2.03倍,土壤中氨化和硝化作用强度、纤维素分解作用强度均比杉木丰产林大,说明杉木林取代杂木林后,林地土壤有机残体转化强度下降,自生固N作用强度低,杂木林表层土壤自生固氮作用强度是杉木丰产林的1.31倍,从而一定程度上降低了土壤N素贮藏量。

土壤中的呼吸作用主要是土壤微生物生命活力引起的。一般可以把土壤中的O₂和CO₂释放量作为土壤微生物活性总的指标。分析结果表明(表5),杂木林土壤呼吸作用强度大于杉木丰产林,说明杉木林取代杂木林后,土壤微生物活性降低,有机质分解速度减缓,氧化代谢能力变弱。

表 5 杉木林与杂木林土壤微生物及生化活性
Table 5 Number of microbes and biochemical activity of Chinese fir and broadleaved stands

林分类型 Stand	土层 Depth (cm)	微生物总量 number of microbes (10万个/g土)	呼吸作用 Respiration		
			CO ₂ (μl/kg干土·hr)	O ₂	RQ
杉木丰产林 F.H.Ch.S. ¹⁾	0—20	7.68	3.9728	3.5258	1.13
	20—40	5.13	0.8935	0.6329	1.41
杂木林 B.S. ²⁾	0—20	15.58	4.6938	4.3538	1.07
	20—40	7.02	1.4235	1.2813	1.11

林分类型 Stand	生化作用强度 Biochemical activity			
	氨化作用 ^[11] Ammonification (NH ₃ -N mg/g干土)	硝化作用 ^[11] Nitrification (NO ₃ -N mg/g干土)	固氮作用 Nitrogen fixation (N mg/g干土)	纤维素分解作用 Decomposition of cellulose (%)
杉木丰产林 F.H.Ch.S. ¹⁾	0.0468	0.0183	0.0295	0.7128
	0.0180	0.0032	0.0098	0.5628
杂木林 B.S. ²⁾	0.0612	0.0231	0.0498	1.0782
	0.0272	0.0048	0.0162	0.5630

1), 2): 见表 1 See table 1

4 小结与讨论

4.1 70年生杉木丰产林与杂木林相比, 土壤孔隙及团粒组成较差, 特别是表层非毛管孔隙仅为杂木林的 50%, 非毛管孔隙与总孔隙比率仅为杂木林的 50%, 而土壤容重比杂木林大 0.314, 土体较为紧实, 土壤有机质及营养元素含量减少。土壤生化活性降低, 土壤有机残体转化和合成强度较弱, 土壤肥力下降较为明显。这与杂木林伐后剩余物全面火烧时, 一部分养分挥发, 造林时幼林地的水土流失, 加上杉木干材生长速度比杂木林快, 养分吸收与归还比值远比杂木林大, 且杉木凋落物性质比杂木林差等有关^[15-17]。若杉木轮伐期缩短或连栽杉木, 土壤肥力下降将更为显著。

4.2 试验地内杉木丰产林林冠已疏开, 林下植物较为繁茂(与邻近杉木林相比)。表层土壤 >0.25mm 水稳性团聚体含量较高(82.2%)、结构体破坏率较低(6.27%), 表层土壤总孔隙度和通气度分别为 52.00% 和 24.75%, 非毛管孔隙与总孔隙率亦较大。表层土壤有机质含量及营养贮量亦较为丰富, 养分的供应能力较强。土壤酶及生化活性亦较大。这是本试验地杉木林速生丰产的重要原因之一。

4.3 在目前经营水平下进行大面积人工造林中(包括针叶林或阔叶林), 林地土壤肥力下降是不可避免的。为了维持杉木林生态环境, 应保留适当面积的杂木林, 使杉木林与杂木林保持一定比例。在改天然杂木林为杉木人工林或杉木人工林多代连栽时, 则应尽量减轻对林地干扰, 幼林阶段进行适度林农复合经营, 不但可增加幼林地盖度, 而且可增加短期经济收入。亦可选择一些耐荫且具有培肥土壤能力的树种如福建柏、细柄阿丁枫在杉

木林冠下造林,或选择一些合适的伴生树种,进行大块状混交,以达到促进杉木生长及维持地力的目的。

参 考 文 献

- [1] 吴中伦,1984: 杉木,中国林业出版社,北京。
 [2] 俞新妥,1988: 中国杉木研究,福建林学院学报,8(3)203—220。
 [3] 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。
 [4] 陈楚莹等,1990: 改善杉木人工林的林地质量和提高生活力的研究,应用生态学报,1(2)97—106。
 [5] 徐化成,1992: 关于人工林地力下降问题,世界林业研究,5(1)66—71。
 [6] 林 杰等,1984: 福建南平溪后杉木丰产林调查研究,福建林学院学报,4(1)1—6。
 [7] T.Satoo,1974: 产量法研究综述,植物生态学译丛(第一集),科学出版社,26—39。
 [8] 中国科学院南京土壤研究所,1978: 土壤理化分析,上海科技出版社。
 [9] 张万儒,1986: 森林土壤定位研究方法,中国林业出版社,北京。
 [10] 严昶升,1988: 土壤肥力研究方法,农业出版社,北京。
 [11] 许光辉等,1986: 土壤微生物分析方法手册,农业出版社,北京。
 [12] 吴志东等,1990: 我国南亚热带几种人工林的生物物质循环特点及其对土壤的影响,土壤学报,27(3)250—260。
 [13] 陈思凤编著,1990: 土壤肥力物质基础及其调控,科学出版社,北京。
 [14] 张鼎华、杨玉盛、邹双全,1988: 林木套种砂仁土壤微生物区系及其生化特性和土壤肥力变化的研究,林业科学,24(4)458—465。
 [15] 俞新妥、杨玉盛等,1989: 炼山对杉木人工林生态系统的影响,福建林学院学报,9(3)238—255。
 [16] 李昌华,1981: 杉木人工林和阔叶杂木林土壤养分平衡因素差异的初步研究,土壤学报,18(3)255—261。
 [17] Chandler,C.et al, 1983, Forest Fire Behavior and Effects,John Wiley and Sons, New York.

STUDY ON CHANGES OF SOIL FERTILITY AS AFFECTED BY THE REPLACEMENT OF BROADLEAVED STAND BY CHINESE FIR STAND IN NANPING

Yang Yu-sheng Li Zhen-wen Yu Xin-tuo He Zong-ming

(Fujian Forest College, Nanping 353001)

Abstract

The changes of soil fertility in a 70-year-old fast-growing, highyield Chinese fir stand, which was originally occupied by a broadleaved stand, were studied for 2 consecutive years in Anchaoxia, Qihou, Nanping. The results showed that the soil fertility of the 70-year-old fast-growing, high-yield-Chinese fir stand had declined obviously. In comparison with the original broad-leaved forest stand, the Chinese fir site showed increased soil bulk density, decreased soil organic matter content and nutrient element concentrations, and diminishing soil enzyme and other biological activities. The reason that the 70-year-old Chinese fir stand still maintains relatively high fertility is that the increased undercanopy space facilitates the maintenance of high species diversity and biomass production.

Key words Chinese Fir Stand, Broadleaved stand, Soil nutrient, Soil enzyme activity, Soil metabolism