

杉木混交林土壤微生物及 生化特征和肥力*

杜国坚 黄天平 张庆荣

(浙江省林业科学研究所, 杭州 310023)

张浦山 程荣亮

(浙江省建德林场) (浙江省松阳县林业局)

摘 要 测定了杉木与鹅掌楸、拟赤杨、木荷、檫树和香樟等5个树种的混交林土壤特征。结果表明:混交林土壤微生物数量比杉木纯林高7.19%~41.31%;土壤脲酶、转化酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶和呼吸强度均比纯林高;土壤有机质、全氮、全磷、水解氮、速效磷和速效钾普遍高于纯林。

关键词 杉木;阔叶树;混交林;土壤微生物;土壤化学

中图分类号 S714

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方重要的速生用材树种。一些研究表明,杉木连栽出现生长量下降、地力衰退、生态环境恶化等问题^[1~4],提出了许多防治杉木人工林地力衰退的对策,诸如停止或减少炼山和全垦,恢复林下植被,营造混交林等技术措施^[5~8]。本文探讨杉木纯林和混交林土壤微生物、酶活性及土壤肥力,为杉木连栽地选配混交树种提供科学依据。

1 试验地自然概况

研究地位于浙江西部的建德林场。该场地处29°29'N, 119°30'E。气候温和,雨量充沛,属中亚热带湿润季风气候。据建德气象站10 a气象资料表明,年平均气温16.6℃,极端最高气温42.4℃,极端最低气温-8.5℃,1月份平均气温4.8℃,7月份平均气温28.0℃;年平均降水量1750.9 mm;年平均蒸发量1250.0 mm;年平均相对湿度79%;年平均日照时数1774.3 h。土壤为山地黄壤,肥力中等。混交林类型有:杉木+鹅掌楸(*Liriodendron chinense*)、杉木+拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)、杉木+木荷(*Schima superba*)、杉木+檫树(*Sassafras tsumu*)、杉木+香樟(*Cinnamomum camphora*)。设杉木纯林为对照,林分生长情况见表1。林下植被常见有槲木(*Loropetalum chinense*)、连蕊茶(*Camellia fraterna*)、隔药

收稿日期:1995-03-20;修改稿收到日期:1995-05-19

* 浙江省自然科学基金资助项目

椴(*Eurya muricata*)、菝葜(*Smilax china*)等灌木27种和芒萁(*Dicranopteris pedata*)、蕨(*Pteridium aquilinum* var. *latiuculum*)等草本21种。

表1 杉木混交林生长情况

Table 1 Condition of growth in different mixed plantations

混交类型	树种组成	年龄/a	现存株数/株·hm ⁻²	平均树高/m	平均胸径/cm	蓄积量/m ³ ·hm ⁻²	林分总蓄积量/m ³ ·hm ⁻²	郁闭度/%
杉木+ 鹅掌楸*	杉木 鹅掌楸	9	3510	5.09	8.20	62.951	74.647	95
			555	6.02	8.52	11.696		
杉木+ 拟赤杨	杉木 拟赤杨	15	3630	7.27	11.08	167.680	179.587	90
			540	7.84	7.95	11.907		
杉木+ 木荷	杉木 木荷	12	3465	6.01	9.48	92.505	118.127	98
			480	7.06	12.84	25.622		
杉木+ 樟树	杉木 樟树	12	3585	6.19	9.41	96.184	130.270	75
			495	8.30	13.76	34.086		
杉木+ 香樟	杉木 香樟	13	4170	5.49	9.46	104.459	118.774	85
			360	7.10	11.06	14.315		
杉木 纯林	杉木	20	3240	8.09	13.08	202.680	202.680	85

*原栽杉木纯林, 1986年营造杉木+鹅掌楸混交林

2 研究方法

各林分设置3个面积为100m²的标准地(上坡1个, 下坡2个)。在样地内呈梅花形布设5个取样点, 挖掘土壤剖面。每点取0~20cm和20~40cm层土。同一标准地各点分层充分混合, 各取1kg土样装入已消毒过的双层塑料袋和布袋, 供土壤微生物、酶活性和化学性质分析。

土壤微生物分析按《土壤微生物分析方法手册》^[9]进行。活菌计数采用琼脂平板表面涂抹法。分析计数培养基: 细菌用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基; 放线菌用淀粉铵盐培养基; 真菌用马丁孟加拉红链霉素琼脂培养基; 氨化细菌用蛋白胨琼脂培养基。

酶活性分析: 脲酶用扩散法; 转化酶用滴定法; 多酚氧化酶用碘量滴定法; 过氧化氢酶用J. L. Johnson与K. L. Temple法^[10,11]。

土壤呼吸强度测定用二氧化碳容量法^[9]。

土壤化学性质的测定用常规分析方法。

3 结果与分析

3.1 不同杉木混交林土壤化学性质

分析结果表明: 杉木+鹅掌楸、杉木+拟赤杨、杉木+木荷和杉木+樟树混交林土壤有机质、全氮、全磷、水解氮、速效磷和速效钾明显高于杉木纯林; 杉木+香樟林除有机质略低于杉木纯林外, 全氮、全磷、水解氮、速效磷和速效钾均高于杉木纯林(表2)。

表 2 不同混交林土壤化学性质

Table 2 Soil chemical properties in different stands

林分	土层 /cm	有机质 /%	全氮 /%	全磷 /%	水解氮 /mg·kg ⁻¹	速效磷 /mg·kg ⁻¹	速效钾 /mg·kg ⁻¹	pH值
杉木+	0~20	4.260	0.1341	0.0166	84.48	2.59	124.1	5.2
鹅掌楸	20~40	2.101	0.1125	0.1125	80.20	2.52	33.5	4.9
杉木+	0~20	3.274	0.1135	0.1135	84.20	2.25	55.4	4.8
拟赤杨	20~40	1.562	0.0940	0.0941	68.21	2.48	31.0	4.8
杉木+	0~20	4.101	0.1316	0.0114	132.61	2.79	33.1	4.6
木荷	20~40	3.122	0.0967	0.0113	49.23	2.49	37.4	4.5
杉木+	0~20	2.916	0.0934	0.0123	94.38	1.85	66.3	4.9
檫树	20~40	2.283	0.0427	0.0114	54.89	2.56	39.9	5.8
杉木+	0~20	2.698	0.1232	0.0114	91.59	2.67	76.6	4.9
香樟	20~40	1.612	0.0285	0.0083	45.59	2.20	31.0	4.8
杉木	0~20	2.754	0.0916	0.0114	77.47	2.65	21.8	4.5
纯林	20~40	2.273	0.0657	0.0094	54.97	2.63	13.0	4.5

不同的杉木混交林树种和混交比例, 直接影响凋落物的数量、成分以及土壤养分贮量和有效性。由表 1 可知, 杉木+鹅掌楸、杉木+拟赤杨和杉木+木荷林分, 混交阔叶树种比例较大, 增加了阔叶树种凋落物数量, 有利于杉木凋落物的分解^[7], 所以土壤养分含量显著比杉木纯林高。

3.2 不同杉木混交林土壤微生物

土壤是微生物生长繁殖的自然基质。土壤中有机质、氮素、矿物质等为微生物提供了生长代谢的物质条件。这些条件的不同, 可以导致土壤微生物种类、数量和分布习性的差异(表 3)。

表 3 不同混交林土壤微生物数量($\times 10^3$ 个/克干土)

Table 3 Soil microbes in different stands

林分	土层 /cm	微生物					氨化 细菌
		总数	细菌	真菌	放线菌	氮化	
杉木+	0~20	7130.7	6592.4	286.5	251.8	2074.3	
鹅掌楸	20~40	5380.0	5078.0	142.7	159.3	1669.2	
杉木+	0~20	6728.3	6203.8	288.4	236.1	1968.5	
拟赤杨	20~40	4939.7	4652.9	144.0	142.8	1576.2	
杉木+	0~20	6683.3	6184.1	261.8	237.4	1962.7	
木荷	20~40	4973.0	4693.6	132.8	146.6	1483.8	
杉木+	0~20	5666.1	5173.6	276.9	215.6	1324.0	
檫树	20~40	3715.2	3437.8	129.3	148.1	1056.9	
杉木+	0~20	5082.4	4628.5	267.2	186.7	1146.1	
香樟	20~40	3733.5	3486.2	136.9	110.4	975.3	
杉木	0~20	5046.1	4576.4	263.0	206.7	1139.8	
纯林	20~40	3633.8	3365.7	128.5	139.6	1093.4	

研究表明:在0~20 cm土层中,杉木+鹅掌楸、杉木+拟赤杨、杉木+木荷和杉木+香樟林地土壤微生物总量分别比杉木纯林高41.31%, 33.34%, 32.45%, 12.29%和7.19%。细菌数量分布与微生物总数大体一致。真菌的数量从多到少依次是:杉木+拟赤杨、杉木+鹅掌楸、杉木+樟树、杉木+香樟、杉木纯林,杉木+木荷略小于纯林。放线菌的数量从多到少依次是杉木+鹅掌楸、杉木+木荷、杉木+拟赤杨、杉木+樟树、杉木纯林,而杉木+香樟略小于纯林。此外,氨化细菌数量分布与微生物总数基本上一致。

可见,杉木与鹅掌楸、拟赤杨、木荷3个树种的混交林类型土壤微生物数量明显比杉木纯林高。这与混交林土壤含有丰富的有机质有关。

3.3 不同混交林土壤酶活性

在土壤的物质和能量交换中,氧化还原酶占有重要的位置。其中,土壤中分布最广的是在土壤生物动力学中执行一定功能的多酚氧化酶、过氧化氢酶等。研究表明:5个杉木混交林土壤的多酚氧化酶活性大于杉木纯林,除杉木+拟赤杨外,其他混交林土壤过氧化氢酶活性也大于杉木纯林(表4),表明杉木混交林土壤具有较强的合成腐殖物质能力,有利于林地土壤肥力提高。

脲酶直接参与土壤有机氮的转化。它的活性可用来表征土壤氮素营养水平。转化酶直接参与土壤碳素循环。土壤转化酶活性是用来表征土壤生物学活性强度和土壤肥力水平的一个指标^[13]。研究表明:在0~20 cm层土中,杉木+鹅掌楸、杉木+拟赤杨、杉木+木荷混交林土壤脲酶活性分别比杉木纯林高14.98%, 14.61%和17.60%,转化酶活性分别比杉木纯林高20.36%, 19.67%和14.99%,杉木+樟树、杉木+香樟混交林土壤脲酶和转化酶活性与杉木纯林相近。

表4 不同混交林土壤酶活性*

Table 4 Soil enzyme activities in different stands

林分	土层/cm	脲酶	转化酶	过氧化氢酶	多酚氧化酶	呼吸强度
杉木+ 鹅掌楸	0~20 20~40	3.07 1.86	0.875 0.647	3.000 1.746	0.057 0.113	0.8905 0.5278
杉木+ 拟赤杨	0~20 20~40	3.06 1.84	0.870 0.664	2.655 1.582	0.065 0.109	0.9071 0.5157
杉木+ 木荷	0~20 20~40	3.14 1.78	0.836 0.637	3.273 2.946	0.112 0.141	0.8549 0.4863
杉木+ 樟树	0~20 20~40	2.65 1.73	0.721 0.584	3.000 1.309	0.088 0.177	0.7284 0.4495
杉木+ 香樟	0~20 20~40	2.74 1.68	0.732 0.563	3.055 1.091	0.083 0.158	0.7522 0.4387
杉木 纯林	0~20 20~40	2.67 1.63	0.727 0.579	2.728 1.455	0.053 0.073	0.7456 0.4503

*土壤酶活性单位,脲酶, $\text{NH}_3\text{-Nmg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}(37^\circ\text{C})$;转化酶, $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8\text{ml}\cdot\text{g}^{-1}$;过氧化氢酶, $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{KMnO}_4\text{ml}\cdot\text{g}^{-1}$;多酚氧化酶, $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{I}_2\text{ml}\cdot\text{g}^{-1}$;呼吸作用强度, $\text{CO}_2\text{mg}\cdot 20\text{g}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}(28^\circ\text{C})$

从表4还可看出,杉木混交林和纯林的土壤酶活性,除多酚氧化酶外,表土层0~20 cm

的活性均大于20~40 cm土层。

3.4 不同混交林土壤呼吸强度

从表4看出,混交林土壤呼吸强度明显大于杉木纯林。土壤中呼吸作用主要是土壤微生物活动引起的。呼吸作用强度可用来作为土壤生物活性的总指标^[12]。杉木+鹅掌楸、杉木+拟赤杨和杉木+木荷混交林土壤呼吸强度分别大于杉木纯林土壤的19.43%, 21.66%和14.66%;杉木+香樟混交林土壤呼吸强度略大于纯林,杉木+樟树略小于纯林。杉木混交林土壤呼吸强度的增大,表示混交林土壤生物总活性提高。

4 结论与建议

杉木与鹅掌楸、拟赤杨、木荷、樟树和香樟等阔叶树种混交,林地土壤微生物数量明显高于杉木纯林,表明混交林土壤微生物很活跃,有机物质分解转化较快,有利于土壤肥力提高。土壤生化特性分析表明,杉木混交林土壤的脲酶、转化酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶以及土壤呼吸强度高于杉木纯林,表明杉木混交林能促进土壤有机物质的转化,加速营养元素的循环速率,为林木生长提供更多的营养物质。由于混交林增加了阔叶树种凋落物的数量,促进杉木凋落物的分解,混交林地土壤有机质、氮、磷、钾等养分含量普遍比纯林高,具较强的自肥能力。

综上所述,杉木混交林具有较好的生态学和微生物学特征。因此,选择速生优质的阔叶树种与杉木混交,合理调整混交树种的比例和混交方式,有利于提高土壤肥力,改善生态环境,以达到维护和恢复杉木人工林地力之目的。

参 考 文 献

- 1 方奇. 杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响. 林业科学, 1987, 23(4), 389~397
- 2 周学金, 罗汝英, 叶镜中. 杉木连栽对土壤养分的影响及其反馈. 南京林业大学学报, 1991, 15(3), 42~49
- 3 俞新妥, 张其水. 杉木连栽林地土壤生化特性及肥力的研究. 福建林学院学报, 1989, 9(3), 263~271
- 4 林协, 洪利兴, 杜国坚. 杉木连栽林地质量评价的初步研究. 见: 盛炜彤, 陈炳浩, 徐化成等编. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 267~275
- 5 张先仪. 整地方式对水土保持及杉木幼林生长影响的研究. 林业科学, 1986, 22(3), 225~232
- 6 俞新妥, 杨玉盛, 何智英等. 炼山对杉木人工林生态系统的影响. 福建林学院学报, 1989, 9(3), 238~255
- 7 姚茂和, 盛炜彤, 熊有强. 林下植被对杉木林地力影响的研究. 林业科学研究, 1991, 4(3), 246~252
- 8 张其水, 俞新妥. 杉木连栽地营造不同混交林后的土壤生化特性及土壤肥力的研究. 福建林学院学报, 1990, 10(3), 197~205
- 9 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986. 103~113
- 10 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986. 274~327
- 11 [前苏]Ф. X. 哈兹耶夫著; 郑洪元等译. 土壤酶活性. 北京: 科学出版社, 1980. 13~114
- 12 张鼎华, 杨玉盛, 邹双全. 杉木套种砂仁土壤微生物区系及其生化特征和肥力变化的研究. 林业科学, 1988, 24(4), 458~465

Du Guojian (Forestry Reseach Institute of Zhejiang, Hangzhou 310023, PRC),
Huang Tianping, Zhang Qingrong, Zhang Pushan, and Cheng Rongliang.
**Studies on Soil Microorganisms and Biochemical Properties in Mixed Forests of
Chinese Fir. *J Zhejiang For Coll*, 1995, 12(4): 347~352**

Abstract: This paper analyses the number of soil microorganisms and biochemical properties in mixed forests of Chinese fir with *Liriodendron chinense*, *Alniphyllum forluner*, *Schima Superba*, *Sassafras tsumu* and *Cinnamomum camphora*. The soil microorganisms in mixed forests were higher by 7.19%~41.32%, and the soil in mixed forest contained a higher level of the emzyme activity, N, P, K fertilities and organic matters than that in pure forest of Chinese fir.

Key words: Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*); broad leaved trees; mixed forest; soil microorganism; soil chemistry

欢迎订阅1996年《防护林科技》

《防护林科技》由林业部三北防护林建设局、黑龙江省防护林研究所和黑龙江省林业厅共同主办，是国内唯一关于防护林科学研究和体系建设方面的专业性期刊。公开发行人(刊号CN 23-1335/S)。

该刊面向全国，为我国六大生态工程(三北防护林、长江中上游防护林、沿海防护林、平原农田防护林、太行山绿化和防沙治沙工程)建设服务，宣传党和国家的林业方针政策，报道防护林建设成就，传播防护林科学技术。该刊具有学术性、知识性和可读性，是防护林地区广大林业科技工作者、领导干部和林业院校师生的良师益友。

《防护林科技》为季刊，16开本，彩色封面。每期定价2.50元，全年10.00元。预订者请从邮局汇款。地址：齐齐哈尔市富拉尔基区黑龙江省防护林研究所《防护林科技》编辑部。邮政编码：161041。或通过银行汇款。地址：黑龙江省防护林研究所，开户行：齐齐哈尔市富拉尔基区建行，账号：261402004468。也可在当地邮局订阅，邮发代号14-244。