

湿地松林和加勒比松林的土壤特性研究

薛立¹, 冯慧芳¹, 潘澜¹, 梁丽丽^{1,2}, 刘斌¹, 傅静丹¹, 赵鸿杰³

(1 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2 广州市科美都市景观规划有限公司, 广东 广州 510635; 3 佛山市林业科学研究所, 广东 佛山 528222)

摘要: 研究比较了湿地松 *Pinus elliottii* 林和加勒比松 *Pinus caribaea* 林的土壤特性. 研究表明, 湿地松土壤容重略大于加勒比松, 土壤毛管孔隙度、总孔隙度和毛管持水量分别比后者小 14%、3% 和 16%, 而非毛管孔隙度比后者大 9%. 湿地松林的土壤有机质、全 N、全 P、土壤水解 N 含量分别比加勒比松高 170%、90%、71% 和 27%, 而土壤全 K 和速效 K 含量分别比后者低 30% 和 14%, 二者的速效 P 含量相近. 湿地松土壤细菌、真菌和放线菌数量和脲酶活性分别为加勒比松的 1.2、3.8 和 3.8 倍, 脲酶活性比后者高 43%, 而土壤磷酸酶和过氧化氢酶活性分别比后者低 15% 和 8%.

关键词: 湿地松; 加勒比松; 土壤; 物理性质; 养分; 微生物; 酶活性

中图分类号: Q143; Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)03-0052-04

Soil Characteristics of *Pinus elliottii* and *Pinus caribaea* Stands

XUE Li¹, FENG Hui-fang², PAN Lan¹, LIANG Li-li^{1,2},
LIU Bin¹, FU Jing-dan¹, ZHAO Hong-jie³

(1 College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Keymaster Consultant, Guangzhou 510635, China; 3 Foshan Institute of Forestry Science, Foshan 528222, China;)

Abstract: Soil characteristics in *Pinus elliottii* and *Pinus caribaea* stands were investigated in order to understand the mechanism of their effects on soils. Results showed that soil bulk density in the *P. elliottii* stand was slightly greater than that in the *P. caribaea* stand, and capillary porosity, total porosity and capillary water of the *P. elliottii* stand were 14%, 3% and 16% greater than the latter, respectively, whereas non-capillary porosity was 9% smaller than the latter. Contents of soil organic matter, total N, total P and alkalized N in *P. elliottii* stand were 170%, 90%, 71% and 27% greater than those in the *P. caribaea* stand, respectively, whereas its total K and available K were 30% and 14% smaller than the latter, and available P content in both stands was close. The numbers of bacteria, fungi and actinomyces, and urease activity in the *P. elliottii* stand were 1.2, 3.8, 3.8 times and 43% greater than those in the *P. caribaea* stand, respectively, whereas activities of acid phosphatase and catalase were 15% and 8% smaller than the latter, respectively.

Key words: *Pinus elliottii*; *Pinus caribaea*; soil; physical property; nutrient; microorganism; enzyme activity

土壤为森林的生长发育提供了必要的环境条件, 而森林也影响着土壤发育, 森林的形成与生长过程, 就是森林与土壤相互影响和相互作用的过程^[1].

由于土壤是森林发展的基础, 研究人工林的土壤质量演变规律成为近年来土壤学研究的热点. 湿地松 *Pinus elliottii* 原产于美国东南部暖热潮湿的低海拔

收稿日期: 2009-09-10

作者简介: 薛立(1958—), 男, 教授, 博士, E-mail: forxue@scau.edu.cn

基金项目: 广东省林业局资助项目(4400-F07041); 佛山市科技项目(2005020061)

地区,由于适应性强、速生和材质好,被世界亚热带及部分热带地区广泛引种栽培.我国自 20 世纪 30 年代引种以来,种植面积已达 200 万 hm^2 以上^[2].加勒比松 *Pinus caribaea* 自然分布于中美洲及加勒比海诸岛,具有生长快、适应性强和耐瘠薄的特点,是世界热带地区栽植面积最广的针叶树种^[3].我国于 1961 年从古巴引进加勒比松古巴变种以来,栽植面积已超过 10 万 hm^2 ^[4].国内学者对湿地松的土壤进行过一定的研究,李贻铨等^[5]报道施肥使湿地松幼林土壤速效 P 含量提高,有机质等其他土壤肥力指标下降;谭芳林等^[6]的研究表明,湿地松可能导致沿海沙地土壤的酸化,26 年生的湿地松林分造成土壤养分含量的下降;与黎蒴栲 *Castanopsis fissa* × 湿地松、红荷 *Schima wallichii* × 湿地松针阔混交林、杉木 *Cunninghamia lanceolata* 和马占相思 *Acacia mangium* 相比,湿地松纯林的有机质和土壤养分含量较低^[7-8];湿地松纯林的氮转化率小于阔叶林^[9].关于加勒比松土壤的报道有马尾松林皆伐地上生长的黎蒴栲 × 加勒比松混交林显著提高了土壤养分^[10],去除地表枯落物恶化了加勒比松混交林的土壤理化性质^[11]等.以往对这 2 种树种研究的地点不同,林龄和立地条件差异较大,对其土壤状况进行对比分析时难以排除这些因子的影响.本研究对相似立地条件的湿地松林和加勒比松的土壤物理性质、化学性质、微生物数量及酶活性进行对比分析,以期揭示其对土壤影响的机理,为合理利用土壤提供参考.

1 材料与方法

1.1 样地概况

试验地位于广东省佛山市林业科学研究所,东经 $113^{\circ}00'$ 、北纬 $23^{\circ}06'$,属亚热带季风性气候.年平均温度 22°C ,年降水量 2 383 mm,集中在 4—8 月.试验林位于 5° 的东坡上.土壤为赤红壤,土层深厚,呈强酸性.试验林为 18 年生湿地松和加勒比松人工林,林分结构简单,林冠稀疏,密度为 $204 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$.湿地松和加勒比松的平均胸径分别为 28.8 和 36.3 cm,平均树高分别为 12.2 和 16.1 m.湿地松和加勒

比松每公顷的枯落物干质量分别为 12.02 和 10.92 t.林下层植物以海金莎 *Lygodium japonicum*、扇叶铁线蕨 *Adiantum flabellulatum* 和金银花 *Lonicera japonica* 为主.

1.2 试验方法

在 2 种林分中部各设置一个 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ 的样地,3 个重复.2008 年 4 月在样地中,测定每木的胸径和高度.用容积为 100 cm^3 的环刀在 20 cm 深土层采取自然状态土样,同一剖面取 3 个环刀,带回实验室测土壤容重,并按文献[12]方法进行其他土壤物理性质的分析.

用五点混合采样法在样地取 0~40 cm 深的土样,带回实验室,经室内风干后进行分析.土壤 pH、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷和速效钾的测定见文献[13].土壤微生物计数用稀释平板法^[14].脲酶采用比色法测定,酶活性以 37°C 下培养 24 h 后 1 kg 土释放的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的质量(mg)表示;酸性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定,酶活性以 37°C 下培养 24 h 后 1 kg 土消耗 P_2O_5 的质量(mg)表示;过氧化氢酶活性采用 0.1 mol/L 高锰酸钾滴定法测定.酶活性以常温条件培养 1 h 后 1 g 土消耗 0.1 mol/L KMnO_4 的体积(mL)表示^[15].

每个样品分成 3 份测定,结果取平均值.对 2 种林分的数据进行平均数差异假设检验(t 检验).

2 结果与分析

2.1 土壤物理性质

湿地松土壤容重略大于加勒比松的土壤容重,二者无显著差异(表 1),说明湿地松和加勒比松对土壤容重的影响相近.湿地松林地土壤毛管孔隙度比加勒比松减少了 14%,非毛管孔隙度增加了 9%,总孔隙度减少了 3%,但是二者的这 3 个指标无显著差异.由于湿地松林地土壤毛管孔隙度小于加勒比松,所以其毛管持水量比后者小 16%,但是未达到显著水平.湿地松土壤中 $<0.01 \text{ mm}$ 粘粒的比例比加勒比松大 6%.

表 1 土壤物理性质¹⁾
Tab. 1 Physical properties of soil

项目	土壤密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	毛管持水量/%	$<0.01 \text{ mm}$ 粘粒比例/%
湿地松土壤	$1.77 \pm 0.04\text{a}$	$16.54 \pm 3.77\text{a}$	$17.74 \pm 1.05\text{a}$	$34.28 \pm 1.53\text{a}$	$8.02 \pm 1.06\text{a}$	$37.30 \pm 0.60\text{a}$
加勒比松土壤	$1.74 \pm 0.05\text{a}$	$17.71 \pm 1.61\text{a}$	$16.40 \pm 2.81\text{a}$	$34.11 \pm 1.96\text{a}$	$9.52 \pm 2.33\text{a}$	$35.30 \pm 1.50\text{a}$

1)表中数据为平均值±标准差;同列数据后凡具有一个相同英文字母,表示差异不显著(t 检验, $P>0.05$).

2.2 土壤化学性质

湿地松和加勒比松的土壤 pH 相近(表 2),土壤有机质、全 N 和全 P 含量分别为后者的 270%、190% 和 171%,差异极显著($P < 0.01$),土壤全 K 含量比加勒比松减少了 30%,极显著小于后者($P < 0.01$).

湿地松和加勒比松对土壤速效养分影响各异. 湿地松林地土壤碱解 N 含量比加勒比松增加了 27%,差异达到极显著水平($P < 0.01$),速效 P 含量与后者相近,而速效 K 含量显著小于后者(14%, $P < 0.05$).

表 2 土壤化学性质¹⁾
Tab.2 Chemical properties of soil

项目	$w/(g \cdot kg^{-1})$				$w/(mg \cdot kg^{-1})$		
	有机质	全 N	全 P	全 K	碱解 N	速效 P	速效 K
湿地松土壤	16.20 ± 0.10a	0.62 ± 0.00a	0.12 ± 0.01a	2.53 ± 0.03b	68.70 ± 5.00a	13.31 ± 0.23a	29.70 ± 2.12b
加勒比松土壤	6.10 ± 0.70b	0.31 ± 0.01b	0.07 ± 0.00b	3.62 ± 0.03a	54.01 ± 0.41b	13.12 ± 0.46a	34.84 ± 0.93a

1)表中数据为平均值±标准差;同列数据后凡具有一个相同英文字母,表示差异不显著(t 检验, $P > 0.05$).

2.3 土壤微生物和酶活性

湿地松土壤细菌、真菌和放线菌数量分别为加勒比松的 2.2、4.8 和 4.8 倍(表 3),极显著大于后者

($P < 0.01$). 湿地松林土壤的脲酶活性比加勒比松大 43% ($P < 0.01$),而土壤磷酸酶和过氧化氢酶活性分别比加勒比松小 15% ($P < 0.01$) 和 8%.

表 3 土壤微生物和酶活性¹⁾
Tab.3 Soil microorganism and enzyme activity

项目	细菌/ (10^6 个· g^{-1})	真菌/ (10^4 个· g^{-1})	放线菌/ (10^4 个· g^{-1})	脲酶(NH_3-N)活性/ ($mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$)	磷酸酶活性/ ($mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$)	过氧化氢酶活性/ ($mL \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$)
湿地松土壤	19.7 ± 0.2a	12.1 ± 0.6a	20.2 ± 2.0a	84.8 ± 1.5a	111.8 ± 1.0b	0.44 ± 0.03a
加勒比松土壤	9.7 ± 0.5b	2.6 ± 0.2b	4.3 ± 0.2b	60.0 ± 0.8b	132.6 ± 1.6a	0.48 ± 0.03a

1)表中数据为平均值±标准差;同列数据后凡具有一个相同英文字母,表示差异不显著(t 检验, $P > 0.05$).

3 讨论

研究表明,湿地松和加勒比松在长期的生长过程中,由于对土壤养分的需求有差异,凋落物数量、性质和分解速度及根系的生长和穿插能力有差异,造成其土壤的理化性质的差异.

土壤容重的大小反映土壤透水性、透气性和根系的生长阻力状况. 与广东的其他森林土壤^[16-18]相比,湿地松和加勒比松土壤容重大,土壤总孔隙和毛管孔隙过少,不易保水,而非毛管孔隙较多,通气性好. 湿地松和加勒比松土壤中的孔隙粗大,但数目较少,总的孔隙容积较小,故容重较大. 2 种松林土壤的这些特点与其生物学特性有关,与其他森林在林龄和立地条件的差异也会对 2 种松林的土壤特性产生影响. 松树生长速度快,有机质缺乏,可能会导致土壤容重偏大,林下植被根系伸展困难,而林下植被稀少反过来影响土壤孔隙度和增加了土壤容重^[19]. 湿地松土壤非毛管孔隙度比加勒比松土壤大可能与其 <0.01 mm 的粘粒和有机质含量高有关^[20]. 有机质含量高,构成团聚体的能力增加,有效胶结土壤颗粒,土壤疏松多孔,非毛管孔隙增加^[11].

2 种松林土壤中的有机质、全 N、全 P 和全 K 含量通常小于其他森林土壤^[10,17,21]. 森林生态系统中,凋落物对于提高土壤肥力有重要作用,是森林土壤有机质、氮和磷的主要补给者^[21]. 林地土壤有机质主要来源于凋落物的分解,并受其分解速率的控制. 针叶树种凋落物数量少,养分含量低,其针叶含有单宁、蜡质和树脂等难分解的有机物,分解速度慢,造成其土壤养分含量低. 土壤有机质能改善土壤的吸附能力,而土壤粘粒包含较多养分^[11]. 湿地松的枯落物现存量为 $12.02 t \cdot hm^{-1}$,加勒比松为 $10.9 t \cdot hm^{-1}$,两者差异较大,可能是造成有机质差异的重要原因之一. 湿地松土壤的有机质极显著大于加勒比松, <0.01 mm 粘粒的比例也大于后者,有利于全 N 和碱解 N 的积累. 土壤中全 P 一部分来源于凋落物,另一部分来源于成土母质. 湿地松土壤中的全 P 含量大于加勒比松土壤,是受其凋落物数量和分解转化速度影响的结果. 湿地松土壤的速效 K 含量极显著小于后者,可能是前者在生长过程中消耗较多的钾,引起土壤的钾含量下降所致.

森林植物物种组成是影响土壤微生物数量、群落结构及活性的重要因素. 森林植被能影响林地微

环境,通过根系分泌物、凋落物及树冠拦截和淋洗等作用改变土壤微生物生长所需能量物质的数量和质量.土壤有机质含量和组成是影响微生物的关键因素.湿地松土壤的细菌、真菌和放线菌数量极显著大于加勒比松,与其非毛管孔隙度大和有机质含量高有关.土壤团粒间的非毛管孔隙主要起到透气作用,有利于好氧性微生物的活动,而有机质含有丰富的养分,促进了微生物的发育.湿地松土壤的脲酶活性高,这主要是由于土壤表层的有机质含量高,有充分的营养源促进微生物的生长.脲酶活性高有利于有机分子中肽键的水解,使有机氮的分解迅速,有利于土壤速效氮的形成.加勒比松土壤的磷酸酶活性高,能加速有机磷的循环,提高磷的有效性,对于生长在严重缺磷的赤红壤上的加勒比松极为有利.

由上可见,在华南贫瘠的赤红壤上,湿地松和加勒比松均能迅速生长,但是针叶凋落物分解缓慢,在人工林生长过程中土壤有机质迅速下降,土壤物理性状恶化^[20]是造成土壤的全量养分含量低的重要原因.由于加勒比松的生长显著大于湿地松,吸收的氮和磷较多,使林地有机质降低,导致土壤氮和磷含量及微生物数量的减少,而湿地松土壤的速效钾含量低可能与其消耗较多的钾有关.阔叶树枯枝落叶量大且易分解,有利于生物循环,增加土壤有机质含量.建议在松林下套种阔叶树,将结构简单的松林改造成为针阔混交林,对林分适时施肥,特别是对湿地松林施钾肥,对加勒比松施氮肥和磷肥,使养分损耗与补充保持平衡,有利于提高松林的土壤质量,实现其生态系统的稳定.今后,在华南贫瘠土壤上开展松树人工林土壤生态和功能的长期研究,将有助于了解松树人工林土壤质量的变化机理,实现松树人工林的可持续发展.

参考文献:

- [1] 何斌,温远光,袁霞,等.广西英罗港不同红树植物群落土壤理化性质与酶活性的研究[J].林业科学,2002,38(2):21-26.
- [2] 黄以骏,李江,曾广腾,等.湿地松产脂量预测模型初探[J].中南林业科技大学学报,2003,23(1):110-112.
- [3] NIKES D G. Genetic improvement of low land tropical conifers[C]. Rome:FAO. 1979.
- [4] ZHENG Yong-qi, WANG Huo-ran. Genetic resources and breeding of *Pinus caribaea* in China[C]//International Union of Forest Research Organizations. Forests and Society: the Role of Research, Abstracts of group discussions vol. 2, XXI IUFRO World Congress 2000. Kuala Lumpur, Malaysia: IUFRO, 2000:46.
- [5] 李贻铨,陈宏峻,陈道东,等.火炬松和湿地松幼林施肥对土壤性质和叶片养分影响[J].林业科学,1999,35(1):95-100.
- [6] 谭芳林,林捷,张水松,等.沿海沙地湿地松林地土壤养分含量及酶活性研究[J].林业科学,2003,39(1):169-173.
- [7] 薛立,陈红跃,邝立刚.湿地松混交林地土壤养分、微生物和酶的研究[J].应用生态学报,2003,14(1):157-159.
- [8] 薛立,吴敏,徐燕,等.几个典型华南人工林土壤的养分状况和微生物特性研究[J].土壤学报,2005,42(6):1017-1023.
- [9] 王海英,宫渊波,陈林武.陵江上游不同植被恢复模式土壤微生物及土壤酶活性的研究[J].水土保持学报,2008,22(3):173-177.
- [10] 薛立,邝立刚,陈红跃,等.不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究[J].土壤学报,2003,40(2):280-285.
- [11] 陆耀东,薛立,曹鹤,等.去除地面枯落物对加勒比松林土壤特性的影响[J].生态学报,2008,28(7):3205-3211.
- [12] 曹鹤,薛立,谢腾芳,等.华南8种人工林的土壤物理性质研究[J].生态学杂志,2009,28(4):620-625.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所微生物室.土壤微生物研究法[M].北京:科学出版社,1985.
- [15] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [16] 薛立,陈红跃,徐英宝,等.混交林的土壤物理性质与微生物数量及酶活性的研究[J].土壤通报,2004,34(2):154-158.
- [17] 薛立,李燕,屈明,等.火力楠、荷木和黎蒴林的土壤特性及水源涵养的研究[J].应用生态学报,2005,16(9):1623-1627.
- [18] 薛立,梁丽丽,任向荣,等.华南典型人工林的土壤物理性质及其水源涵养功能[J].土壤通报,2008,39(5):986-989.
- [19] 何艺玲,傅懋毅.人工林林下植被的研究现状[J].林业科学研究,2002,15(6):727-733.
- [20] 庞学勇,刘世全,刘庆,等.川西亚高山针叶林植物群落演替对土壤性质的影响[J].水土保持学报,2003,17(43):42-45,50.
- [21] 薛立,赖日石,陈红跃,等.不同阔叶树种的生长及其对赤红壤肥力的影响[J].土壤学报,2003,40(5):795-799.