

酸沉降影响下香樟纯林和马尾松纯林的

土壤化学性质分析

李志勇¹, 陈建军², 王彦辉³

(¹河南科技大学农学院, 河南洛阳 471003; ²华南农业大学农学院, 广东广州 510642;

³中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091)

摘要: 分析比较了在酸沉降影响下生长的香樟 *Cinnamomum camphora* 纯林和马尾松 *Pinus massoniana* 纯林的土壤化学性质。结果表明: 在上、中、下层土壤中, 香樟纯林土壤 pH 值分别为 3.91、4.23 和 4.62, 盐基饱和度分别为 13.11%、45.06% 和 55.14%, 马尾松纯林土壤 pH 值分别为 3.78、3.88 和 3.89, 盐基饱和度分别为 9.25%、11.68% 和 20.96%。香樟纯林中层土壤有机质、中下层土壤全 P 及各层土壤盐基离子 (Ca^{2+} 和 Mg^{2+}) 含量明显高于马尾松纯林 ($P < 0.05$), 中下层土壤 Al^{3+} 、 H^{+} 及上中层土壤 Fe^{3+} 含量明显低于马尾松纯林 ($P < 0.05$)。可见, 香樟纯林具有减缓土壤酸化和提高土壤肥力的作用。

关键词: 酸沉降; 香樟; 马尾松; 土壤化学性质

中图分类号: X517 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X(2007)02-0005-04

Analysis of Soil Chemical Properties Between a Pure Stand of *Cinnamomum camphora* and a Pure Stand of *Pinus massoniana* Under Acid Deposition

LI Zhi-yong¹, CHEN Jian-jun², WANG Yan-hui³

(¹ College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China; ² College of Agriculture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China; ³ Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Forest Ecological Environment, The State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: A comparative investigation was made on soil chemical properties between a pure stand of *Cinnamomum camphora* and a pure stand of *Pinus massoniana*, which grew under geographically similar conditions and were exposed to acid deposition. The results showed that the average pH values in the upper, middle and lower soil layers in the pure stand of *Cinnamomum camphora* were 3.91, 4.23 and 4.62, and base saturation (BS) values were 13.11%, 45.06% and 55.14% respectively. The average pH values in the upper, middle and lower soil layers in pure stand of *Pinus massoniana* were 3.78, 3.88 and 3.89, and BS values were 9.25%, 11.68% and 20.96%, respectively. Contents of organic matter in the middle soil layer, total P in the middle and lower soil layers and exchangeable base cations (Ca^{2+} and Mg^{2+}) in all soil layers in the pure stand of *Cinnamomum camphora* were significantly higher than those in the pure stand of *Pinus massoniana* ($P < 0.05$). Contents of exchangeable Al^{3+} and H^{+} ions in the middle and lower soil layers and Fe^{3+} in the upper and middle soil layers in the pure stand of *Cinnamomum camphora* were clearly lower than those in the pure stand of *Pinus massoniana* ($P < 0.05$). The results from this study indicated that the pure stand of *Cinnamomum camphora* could slow down soil acidification and improve soil fertility.

Key words: acid deposition; *Cinnamomum camphora*; *Pinus massoniana*; soil chemical properties

收稿日期: 2006-10-14
作者简介: 李志勇 (1965—), 男, 副教授, 博士, E-mail: pphdll@126.com
基金项目: 国家林业局天然林保护工程科技支撑项目“天然林保护工程区森林灾害预防技术 (TBKJ2003-04)”; 中挪合作项目“中国酸沉降综合影响观测研究”; 国家林业局森林生态环境重点实验室资助项目

我国西南地区酸沉降危害形势严峻,表现为土壤酸化严重、森林生产力下降、林木生长衰退甚至成片死亡,造成了重大经济和环境损失^[1]. 马尾松 *Pinus massoniana* 和香樟 *Cinnamomum camphora* 都是该区的乡土树种,但对酸沉降和土壤酸化的抗性差别很大. 马尾松作为西南地区的主要针叶树种,在造林中广泛使用,对酸沉降和土壤酸化反应敏感^[2],健康水平下降,常表现出中等以上程度的受害^[3],如针叶大量凋落、死亡率较高等;而香樟作为主要的常绿阔叶树种,在造林中有所应用,其抗酸能力较强^[4],在马尾松明显受害的相同立地上生长时看不出明显的受害特征. 一般认为,由酸沉降引起的土壤酸化及其对植物根系和养分吸收的影响是森林衰退的主要原因^[5],因此,探讨酸沉降影响下森林土壤的化学性质是有关研究的重点. 虽然以前有过一些有关酸沉降影响下马尾松林土壤酸化的报道^[6-9],但鲜见香樟纯林的土壤化学性质及其与马尾松纯林的差异的研究. 为此,本研究选择在酸沉降影响下的相似立地的土壤上生长的香樟纯林和马尾松纯林,分析比较它们的土壤化学性质,力图为酸沉降区的森林生态系统恢复和管理提供决策依据.

1 研究地区与样地概况

研究地区位于重庆市江北区铁山坪林场,在重庆市的东北方向,离市中心大约 25 km,处于北纬

29°38'和东经 106°41',海拔 512 ~ 579 m,为亚热带湿润气候,年均气温 18 ℃,年均降水量 1 100 mm,年均空气相对湿度 80% (基于 1971—2000 年数据),土壤为在砂岩上发育的山地黄壤,土层厚度 50 ~ 80 cm,土壤容重 1.25 ~ 1.34 g · cm⁻³,土壤孔隙度 47% ~ 50%. 铁山坪处于四川盆地内,受特殊地形的影响,被周边中低山及丘陵环抱,地形闭塞,空气对流条件不好,温差小,使近地面的废气及水汽不易扩散,因而增加了酸雨的强度与频率. 重庆市燃煤的质量较差,煤的含硫量很高,可达 2% ~ 5%,降水 pH 值可达 4.0 ~ 4.2,SO₄²⁻ 离子含量可达 4.7 ~ 5.7 g · m⁻¹ · a⁻¹^[10]. 由于长期遭受酸沉降影响,土壤酸化严重.

在香樟纯林和毗邻的马尾松纯林内进行土壤化学性质调查. 香樟纯林和马尾松纯林均为 1980 年营造,调查时林龄均为 26 a (包括移栽时的苗龄 2 a),造林以前的植被都是农作物,尚未间伐,草本层都以蕨类植物为主,有狗脊蕨 *Woodwardia japonica* 和黑足鳞毛蕨 *Dryopteris fuscipes* 等,马尾松纯林内伴生树种主要有杉木 *Cunninghamia lanceolata* 和青冈 *Cyclobalanopsis gauca*. 2004 年 5 月上旬分别在两纯林内各设 20 m × 15 m 的样地 3 个,各样地海拔 518 m,样地均为平地,位于东坡的中上坡,其概况见表 1. 各样地立地相似、空间相近、密度接近、林龄相同,两个树种的林分具有很好的可比性.

表 1 调查样地的概况

Tab. 1 A survey of the investigating and sampling plots

林分 stand	样地编号 plot no.	密度 density / (株 · hm ⁻²)	优势木 dominant tree		
			平均高 mean height/m	平均胸径 mean diameter at breast height/cm	平均叶量损失率 ¹⁾ mean defoliation percentage/%
香樟纯林	1	1 067	9.9	16.2	13
<i>Cinnamomum</i>	2	1 133	11.5	17.3	3
<i>camphora</i> stand	3	1 367	9.8	16.1	16
马尾松纯林	4	1 167	9.4	14.5	25
<i>Pinus massoniana</i>	5	1 100	9.9	15.2	10
stand	6	1 333	9.1	14.1	53

1) 树冠叶量损失率的观测根据欧洲标准^[11]

2 取样与测定方法

采用土钻进行野外土壤取样. 土钻内径 10 cm、筒长 25 cm、全长 100 cm. 在各样地内分别选取 4 株优势木作为样树,在距离树干 1.0 m 的半径处在东南西北 4 个方位各确定 1 个取样点,分 0 ~ 20、21 ~

40 和 41 ~ 60 cm (分别简称上、中、下层) 3 个层次取样. 在每一样地,将围绕同一株样树现场采集到的同一层次的 4 个土柱混合放入编号塑料袋中,带回室内后,手工小心弄碎,分拣出石砾,用四分法留足土样,经风干、磨细、过 20 目孔径筛,取约 300 g 装入保鲜袋,放在阴凉干燥处保存以备分析.

测定各层土壤的交换性阳离子(K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 H^+)含量及全 N、全 P、全 S、有机质含量和 pH 值. 测定土壤的交换性阳离子时的各项指标均以干基计. 其中 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、全 P、全 S 用美国热电公司 IRIS Intrepid II 电感耦合等离子体原子发射光谱仪测定; 交换性 H^+ 用滴定法测定; 土壤 pH 值用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 KCl 浸提, 土水比为 1:2.5, 复合电极法测定; 全 N 用凯氏定氮法测定. 有机质、全 N、全 P、全 S 均以干基计. 数据采用 SPSS12.0 统计软件统计分析.

3 结果与分析

3.1 土壤有机质和 pH 值

从表 2 可见, 各林分的上层土壤有机质含量高于深层土壤, 随土壤深度增加而降低. 香樟纯林上、中、下层土壤有机质质量分数比马尾松纯林分别高 6.80%、77.66% 和 9.28%, 中层土壤的差异达显著水平($P<0.05$). 表明香樟纯林的有机质形成和积累的功效强于马尾松纯林.

从表 3 可见, 各林分的上层土壤 pH 值低于深层

土壤, 随土壤深度增加而增大. 香樟纯林上、中、下层土壤 pH 值分别为 3.91、4.23 和 4.62, 比马尾松纯林的 3.78、3.88 和 3.89 分别高 0.13、0.35 和 0.73, 中、下层土壤的差异达显著水平($P<0.05$). 表明香樟纯林土壤的酸化程度低于马尾松纯林.

3.2 交换性盐基离子、致酸离子和盐基饱和度

分析结果(表 3)表明, 与马尾松纯林相比, 香樟纯林上、中、下层土壤 K^+ 质量分数分别低 51.19%、11.21% 和 19.70%, Na^+ 质量分数分别低 3.14%、16.61% 和 17.17%; 上、中、下层土壤 Ca^{2+} 质量分数分别高 46.83%、194.70% 和 61.65%, Mg^{2+} 质量分数分别高 56.15%、207.93% 和 116.80%, 差异均达显著水平($P<0.05$); 上、中、下层土壤交换性盐基总量分别高 28.47%、154.87% 和 62.94%. 上、中、下层土壤 Al^{3+} 质量分数分别低 23.67%、66.55% 和 89.40%, 中、下层土壤的差异达显著水平($P<0.05$); 上、中、下层土壤 Mn^{2+} 质量分数分别高 750.04%、213.72% 和 15.05%, 上、中层土壤 Fe^{3+} 质量分数分别低 43.68% 和 46.06%, 下层土壤高 102.75%, 差异均达显著水平($P<0.05$); 上、中、下

表 2 香樟纯林和马尾松纯林土壤的全 N、全 P、全 S 和有机质含量¹⁾

Tab.2 Contents of total N, total P, total S and organic matter of soil layers in the pure stand of *Cinnamomum camphora* and the pure stand of *Pinus massoniana*

林分 stand	土壤层次 soil layer	w(全 N total N)/ (g·kg ⁻¹)	w(全 P total P)/ (g·kg ⁻¹)	w(全 s total S)/ (g·kg ⁻¹)	w(有机质 organic matter)/ (g·kg ⁻¹)
香樟纯林 <i>Cinnamomum</i>	上	1.384 9±0.108 7b	0.386 4±0.009 8b	0.175 2±0.011 2b	25.055 9±1.706 1d
	中	0.849 8±0.062 8a	0.451 8±0.032 5c	0.181 7±0.012 6b	20.535 5±0.432 1c
<i>camphora</i> stand	下	0.950 5±0.024 1a	0.369 4±0.033 4b	0.127 5±0.003 9a	8.792 0±0.192 6a
马尾松纯林 <i>Pinus massoniana</i>	上	0.968 9±0.093 1a	0.385 9±0.012 8b	0.158 8±0.008 0b	23.460 4±2.198 6d
	中	0.908 3±0.050 2a	0.295 1±0.021 3a	0.175 2±0.013 4b	11.558 6±0.353 5b
<i>stand</i>	下	0.960 9±0.037 8a	0.238 0±0.023 6a	0.208 0±0.007 7b	8.045 7±0.289 5a

1)表中值为平均值±标准误,同列数据后具不同字母者示差异显著($P<0.05$)

表 3 香樟纯林和马尾松纯林土壤的交换性阳离子、盐基饱和度(BS)和 pH 值¹⁾

Tab.3 Contents of exchangeable cations, base saturation (BS) and pH values of soil layers in the pure stand of *Cinnamomum camphora* and the pure stand of *Pinus massoniana*

林分 stand	土壤层次 soil layer	b(交换性阳离子 exchangeable cation)/(cmol·kg ⁻¹)								BS/%	pH
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ²⁺	H ⁺		
香樟纯林 <i>Cinnamomum</i>	上	0.023 1±0.002 0b	0.090 9±0.006 2a	0.407 2±0.003 1b	0.092 4±0.004 8b	1.664 4±0.106 7c	0.025 1±0.002 9c	0.121 7±0.009 9c	2.254 1±0.121 6c	13.11	3.91±0.09a
	中	0.008 7±0.001 1a	0.095 2±0.004 7a	1.188 1±0.011 5c	0.299 6±0.010 1d	0.719 8±0.017 4b	0.005 0±0.000 7a	0.193 8±0.011 3d	1.021 7±0.118 9b	45.06	4.23±0.02b
<i>camphora</i> stand	下	0.021 6±0.002 5b	0.078 0±0.005 7a	1.499 5±0.009 2d	0.441 8±0.013 1e	0.220 2±0.013 6a	0.007 8±0.001 7b	0.181 2±0.007 9d	0.459 7±0.014 5a	55.14	4.62±0.02b
马尾松纯林 <i>Pinus massoniana</i>	上	0.047 2±0.003 3c	0.093 8±0.009 9a	0.277 3±0.008 4a	0.059 2±0.009 0a	2.180 5±0.214 6c	0.044 5±0.004 4d	0.014 3±0.002 7a	2.446 7±0.208 0c	9.25	3.78±0.10a
	中	0.009 8±0.000 8a	0.114 2±0.006 9a	0.403 2±0.015 2b	0.097 3±0.005 1b	2.151 8±0.210 0c	0.009 3±0.000 7b	0.061 8±0.005 3b	2.498 8±0.130 4c	11.68	3.88±0.02a
<i>stand</i>	下	0.027 0±0.003 0b	0.094 2±0.006 0a	0.927 6±0.006 7c	0.203 8±0.017 2c	2.077 1±0.209 9c	0.003 9±0.000 5a	0.157 5±0.018 3c	2.483 9±0.095 2c	20.96	3.89±0.03a

1)表中值为平均值±标准误;同列数据后具不同字母者示差异显著($P<0.05$)

层土壤 H^+ 质量分数分别低 7.87%、59.11% 和 81.49%，中、下层土壤的差异达显著水平 ($P < 0.05$)；上、中、下层土壤致酸离子总量分别低 13.25%、58.91% 和 81.60%。各层土壤盐基饱和度均高于马尾松纯林。

3.3 土壤全 N、全 S 和全 P

分析结果(表2)表明,与马尾松纯林相比,香樟纯林上层土壤全 N 质量分数高 42.94%, 差异达显著水平 ($P < 0.05$), 中、下层土壤分别低 6.45% 和 1.09%; 上、中、下层土壤全 P 质量分数分别高 0.13%、53.11% 和 55.18%, 中、下层土壤的差异达显著水平 ($P < 0.05$); 上、中层土壤全 S 质量分数分别高 10.36% 和 3.73%, 下层土壤低 38.72%, 下层土壤的差异达显著水平 ($P < 0.05$)。

4 讨论与结论

本研究在自然酸沉降长期严重影响下的重庆市铁山坪选择了立地相似、空间相近、密度接近、林龄相同的可比性很好的马尾松和香樟成年纯林样地, 调查比较了其土壤酸化程度的差异。香樟纯林各层土壤中的盐基离子 (Ca^{2+} 和 Mg^{2+}) 含量和盐基饱和度均高于马尾松纯林相同层次的对应值, 而 Al^{3+} 、 H^+ 含量低, 在 0~60 cm 土层, 香樟纯林的 pH 值变化在 3.91~4.62 之间, 马尾松纯林的 pH 值变化在 3.78~3.89 之间, 已没有了明显的上下差别, 表明马尾松纯林土壤酸化的影响深度已达到了更深层次, 土壤酸化的程度比香樟纯林要严重, 香樟纯林具有减缓土壤酸化的能力。由于两树种的林分在空间上非常接近, 外部输送的酸沉降源应该是一样的, 土壤初始酸度也应相差不大, 而且二者均为常绿林, 它们在非生长季的酸沉降输入量也不会差别很大, 但二者的土壤酸度却存在一定差别, 其主要原因可能在于马尾松纯林的包括针叶凋落物分解和营养吸收在内的元素循环过程中产生的内源酸(如在植物残体或凋落物分解、植物对离子的吸收和根系代谢产物等生物地球化学循环过程中产生的酸)数量较多, 而香樟纯林凋落物中钙、镁含量高, 年凋落物量大, 归还到土壤中的钙、镁元素比马尾松纯林高^[3]。

影响林木对酸沉降抗性的因素包括内部因素如林木种类等和外部因素如土壤条件等^[12]。从本研究结果来看, 香樟纯林土壤有机质、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量和盐基饱和度及 pH 值都高于马尾松纯林, 林地土壤对

酸的缓冲能力大, 这有利于减轻酸沉降对香樟树木的危害, 提高林木的抗性和健康水平(表1)。

因此, 从土壤化学性质比较结果来看, 在酸沉降影响下, 香樟纯林具有减缓土壤酸化和提高土壤肥力的作用, 可以利用香樟来改造马尾松纯林退化生态系统, 实现马尾松林地酸化土壤的改良。

致谢: 文献查阅得到了河南科技学院园林学院刘会超博士后的帮助, 在此深表谢意!

参考文献:

- [1] 陆元昌. 森林健康状态监测技术体系综述[J]. 世界林业研究, 2003, 16(1): 20-25.
- [2] 吴刚, 章景阳, 王星. 酸沉降对重庆南岸马尾松针叶林年生物生产量的影响及其经济损失的估算[J]. 环境科学学报, 1994, 14(4): 461-465.
- [3] 李志勇, 王彦辉, 于澎涛, 等. 酸沉降影响下重庆马尾松林的健康监测及调控技术研究[J]. 生态环境, 2007, 16(1): 54-59.
- [4] 冯宗炜, 曹洪法, 周修萍, 等. 酸沉降对生态环境的影响及其生态恢复[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999: 300-312.
- [5] ULRICH B. Waldsterben: forest decline in West Germany [J]. Environmental Science and Technology, 1990, 24: 436-441.
- [6] 姜文华, 张晟, 陈刚才, 等. 酸沉降对重庆南山森林生态系统土壤和植被的影响[J]. 环境科学学报, 2002, 15(6): 8-11.
- [7] 杜晓明, 田仁生. 重庆南山马尾松衰亡与铝中毒[J]. 环境科学研究, 1996, 9(6): 21-25.
- [8] 周国逸, 小仓纪雄. 酸雨对重庆几种土壤中元素释放的影响[J]. 生态学报, 1996, 16(3): 251-257.
- [9] 中国林学会. 酸雨与农业[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988: 140-146, 170-173.
- [10] 李霁, 刘征涛, 舒俭民, 等. 中国中南部典型酸雨区森林土壤酸化现状分析[J]. 中国环境科学, 2005, 25(增刊): 77-80.
- [11] 德国林业和林产品研究中心 ICP 项目协调中心. 空气污染对森林影响的统一采样、评价、监测和分析的方法与标准手册[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2002: 31-38.
- [12] 吴善才. 林木对酸沉降的敏感性和抗性[J]. 广西林业科学, 2002, 31(4): 186-189.

【责任编辑 李晓卉】