

树皮对大气污染和降水 酸度的指示作用*

樊后保

(福建林学院, 南平 353001)

摘要 通过对南平地区森林降水酸度和化学成分的定位监测, 结合10个树种的树皮浸提液的分析表明, 树皮酸化和大气污染之间存在着明显的相互关系。在大气污染较重、降水酸度较高的西芹林场, 所有树皮样品的酸度均比对照的福建林学院实验林的高, 对碱的缓冲能力也较大。明显酸化的树干茎流影响了林下土壤的酸度。在一定范围内, 离树干越近, 土壤的酸度越高。因此, 树皮对南平地区大气污染和降水酸度具有比较敏感的指示作用。

关键词 空气污染; 降水; 酸度; 树皮; 干流

中图分类号 X517; X835

随着现代工业的迅速发展, 大量的有害气体不断地排放到大气中, 至使世界上许多国家和地区的降水酸度在不断提高^[1,2]。我国是世界上少数几个能源消耗以煤炭为主的国家之一, 而且煤的含硫量较高。由于城市燃煤, 二氧化硫(SO₂)和烟尘排放量占全部大气污染排放量的80%~90%, 导致我国城市大气煤烟型污染^[3]。SO₂通过气相氧化和液相氧化是造成我国酸性降雨的主要原因。目前, 在我国长江以南许多地区, 酸雨已普遍出现^[4], 对森林生态系统的影响是复杂而深远的。降水通过森林树冠和树干后发生相互作用而改变其化学性质。通常发现, 树皮酸度能比较敏感地反映森林环境的化学变化^[5,6]。本文通过定位监测和取样分析, 试图了解树皮酸度与大气污染和降水酸度的相互关系以及树干茎流对林下土壤的影响。

1 研究地点和方法

1.1 地点

监测样地设置于福建省南平市郊的福建林学院实验林(26°33' N, 118°06' E)和西芹林场(26°34' N, 118°05' E)。该区属中亚热带常绿阔叶林区域。年平均气温19.3℃, 年平均降水量1664.0 mm。土壤以红壤为主。

1.2 方法

收稿日期, 1995-08-31

*日本国际绿化推进中心(JIFPRO)资助项目

1.2.1 降水 pH 值的测定 两监测样地均设在杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工林中,面积均为 0.1 hm²。每样地选择大、中、小 3 株杉木安装树干茎流收集器,林下设置 3 个林下雨收集器,并于样地空旷地上设一林外雨收集器,测定每次降水量,并用日本产 D-14 型 pH 计测定雨水的 pH 值。

1.2.2 降水化学成分的测定 用 Dionex 离子色谱仪分析 SO₄²⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, Cl⁻, K⁺ 和 Na⁺; 用 PE-5000 型原子吸收分光光度计测定 Ca²⁺ 和 Mg²⁺。

1.2.3 树皮酸度和缓冲能力的测定 于两样地及其附近林分中选择 5 种针叶树种: 杉木、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、湿地松(*Pinus elliottii*)和福建柏(*Fokienia hodginsii*); 5 种阔叶树种: 木荷(*Schima superba*)、楠木(*Phoebe zhennan*)、闽粤栲(*Castanopsis lamontii*)、板栗(*Castanea mollissima*)和樟树(*Cinnamomum camphora*), 进行取样测定。共取样木 150 株。在树干上采集表层树皮样品,于室内风干后剪碎成小于 1 cm² 的小块。每样品称取 10 g, 加入 80 ml 蒸馏水, 浸提 24 h 后过滤, 测定其 pH 值, 并将滤液用 0.1 mol·L⁻¹ 的盐酸和 0.1 mol·L⁻¹ 的氢氧化钠滴定。

1.2.4 土壤 pH 值的测定 在两样地附近林分中, 选择杉木各 5 株(平均胸径 17.1 cm), 于树干下坡方向, 距树干不同距离处采集 0~5 cm, 5~15 cm 深度的土样。风干后称取 5 g 土壤, 加入 25 ml 蒸馏水, 搅拌 0.5 h, 稳定 0.5 h, 测定 pH 值。

2 结果与分析

2.1 大气污染和森林对降水化学性质的影响

通过为期 1 a 的定位监测, 我们得到了两监测样地林外雨、林内雨和树干茎流的月平均 pH 值的变化曲线(图 1)。从图 1 中首先可以发现, 西芹监测样地降水的 pH 值均低于福建林学院监测样地, 尤其是树干茎流。形成这种差异的主要原因是两监测样地离污染源的距离不同(图 2)。西芹监测样地离污染源(工厂区)较近, 尤其是靠近西芹造纸厂。这些工厂以煤

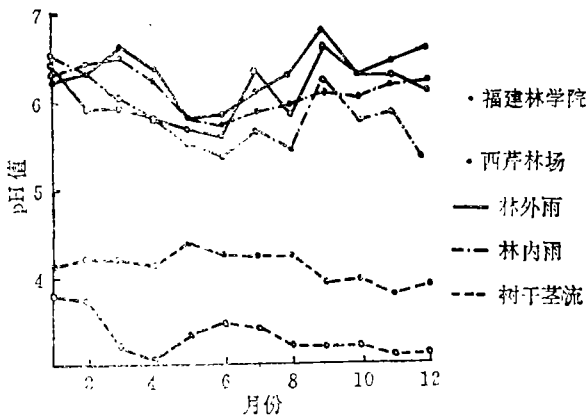


图 1 两监测样地的林外雨、林内雨和树干茎流月均 pH 值变化曲线

Fig. 1 Monthly average of pH of rainfall, throughfall and stemflow in the two monitoring sites

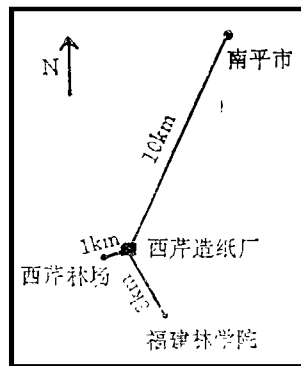


图 2 两监测样地相对位置示意图

Fig. 2 Sketch diagram showing the positions of the two monitoring sites

炭为主要能源，属典型的煤烟型污染。而且这些工厂的烟窗均较低矮，燃煤所产生的以 SO_2 为主的有害气体主要影响局部环境，从而使离污染源较远的福建林学院监测样地的降水 pH 值较高。

其次，森林对降水酸度亦产生明显的影响。林内雨的 pH 值比林外雨的稍低，而树干茎流的 pH 值则明显偏低。雨样的化学分析结果表明，降水通过森林冠层和树干后，其化学性质发生明显的改变(附表)。在致酸离子(阴离子)中， SO_4^{2-} 占有绝对的优势。在林内雨中， SO_4^{2-} 有一定程度的增加，而在茎流中则显著增加。在所测定的阴离子总量中，也存在着同样的趋势。这集中体现在电导率的变化上。因此，在 SO_2 为主的污染地区，树干对降水的酸化作用是非常明显的。Grodzinska 在对波兰南部森林污染的研究中也发现，树皮能比较敏感地反映环境污染的变化^[6]。

附表 两监测样地林外雨、林内雨和树干茎流化学成分含量的比较

Table Concentrations of chemical components of rainfall, throughfall and stemflow sampled from the two monitoring site

地点	雨样	pH	mg·L ⁻¹										
			EC/10 ⁻⁴ s·m ⁻¹	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	阳离子 总量	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	阴离子 总量
福建 林学院	R	6.06	150.50	4.43	3.09	3.36	0.13	11.01	118.20	4.29	0.11	12.48	135.08
	T	5.83	282.20	7.54	8.43	6.70	0.87	23.54	141.77	6.50	0.19	15.32	163.78
	S	4.07	596.00	15.36	12.67	12.05	1.63	41.71	229.27	9.17	0.36	19.57	258.37
西芹	R	5.65	120.34	6.73	4.98	5.84	0.20	17.75	191.10	21.82	0.35	13.05	226.32
	T	5.51	134.53	8.92	7.84	9.99	0.53	27.28	208.60	6.50	0.19	14.08	229.37
	S	3.12	880.40	17.26	15.27	32.57	2.68	67.78	284.60	11.30	0.27	71.09	367.26

注：R为林外雨；T为林内雨；S为树干茎流

2.2 树皮对森林污染的指示作用

所有树种的树皮浸提液均呈酸性反应(图3)，其中针叶树种的 pH 值明显低于阔叶树。pH 值最低的是杉木树皮，而最高的为木荷树皮。同一树种生长在不同地区，其树皮的 pH 值存在明显差异。在西芹林场，所有树种树皮的 pH 值均相应地低于福建林学院实验林场的。这种结果证明，树皮比较敏感地反映了环境污染的程度。

森林受大气污染的程度不仅反映在树皮 pH 值的差异

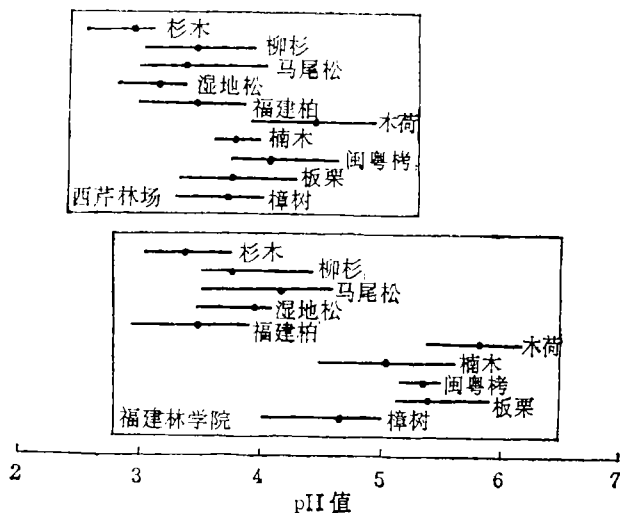


图3 两监测样地树皮 pH 值及范围
Fig. 3 Total range and mean of pH of tree bark sampled from the two monitoring sites

上,而且也体现在对碱的缓冲能力大小上。限于篇幅,这里仅绘出 1 种针叶树种(杉木)和 1 种阔叶树种(木荷)的树皮对碱的缓冲曲线(图 4~5)。所有树种均表现出较大的对碱的缓冲能力。在滴定过程中,取自于福建林学院实验林中的杉木树皮需要 6 ml $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的氢氧化钠来中和样品,而取自西芹林场的则需 9 ml。木荷也表现了同样的变化。

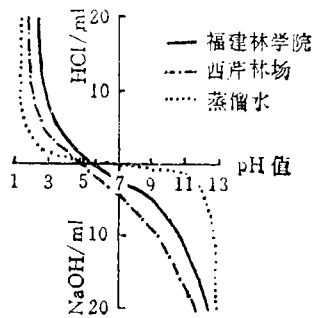


图 4 两监测样地杉木树皮对碱的缓冲曲线

Fig. 4 Buffering curves against alkali for the bark of Chinese fir from the two monitoring sites

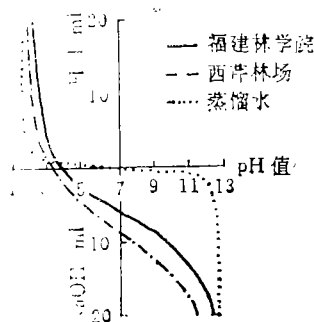


图 5 两监测样地木荷树皮对碱的缓冲曲线

Fig. 5 Buffering curves against alkali for the bark of *Shima superba* from the two monitoring sites

2.3 茎流对土壤的影响

明显酸化的树干茎流必然对林下土壤产生一定的影响。对此,笔者也作了初步的取样分析(图 6)。距杉木树干不同距离处的土壤 pH 值表现出一定规律的变化。在一定距离范围内,离树干越近,土壤 pH 值越低。在福建林学院实验林下,影响范围为 1.6~2.0 m,在西芹林场为 1.2~1.6 m,对 5~15 cm 深度的土壤影响范围较大。因此,树干茎流影响了树干周围局部环境的土壤性质。当然,这种影响的程度和范围决定于多因素的综合作用,如树种,树木胸径,树干茎流量,土壤性质等。对此,有待于更详细和深入的研究。

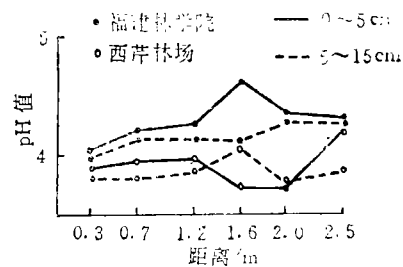


图 6 离树干不同距离处土壤 pH 值的变化

Fig. 6 Changes in pH values of the soils sampled from the positions with different distances from tree stem

3 小结与讨论

森林对降水化学性质(或酸度)的影响是明显的。在杉木人工林中,林内雨和茎流的酸度均高于林外雨,致酸离子(主要是 SO_4^{2-})的浓度明显提高,尤以茎流最为突出。

对树皮样品的处理方法不同将会影响浸提液的酸度。Hale 指出,将树皮样品粉碎后,pH 值将会出现偏差^[7]。这可能因为样品粉碎后,其内含物影响了浸提液的酸度。故本文没有将样品粉碎,基本上保存了树皮的自然状态。同时,树皮酸度会随着树皮深度不同而改变。

一般表层树皮(3 mm)以下酸度最高,反映最灵敏,在污染严重的地区尤其如此。故应取表层树皮来反映森林污染状况。

森林降水通常被划分为林内雨、树干茎流和截留^[6],但林内雨的比例远大于茎流。因此,就其对林下土壤的作用效果而言,林内雨所发挥的作用更大^[9],茎流只影响树干周围的局部环境,对溪流、湖泊的影响极小。所以,研究林内雨的酸度和化学组成对土壤的影响是有意

参 考 文 献

- 1 Liken C E, Bermann F H. Acid rain: a serious regional environmental problem. *Science*, 1974, 184, 1176~1179
- 2 Smith W H. *Air pollution and forests: interaction between air contaminants and forest ecosystem*. New York: Springer-Verlay, 1981. 178~188
- 3 张慧勤, 赵晓东, 王秋玲. 我国能源结构与大气污染. *环境科学研究*, 1991, 4(6):50~54
- 4 赵殿五, 能际翎. 我国西南地区酸雨形成探索. *大气环境和酸雨*, 1986, 1(1):41~48
- 5 Giodzinska K. Acidity of tree bark as a bioindicator of forest pollution in southern Poland. In: Dochinger L S, Seliga T A. *Proc 1st Internat Symp. Acid precipitation and the forest ecosystem*. USDA Forest Service, Gen Tech Rep, No NE-23, Upper Darby: NE For Exp Sta, 1976. 363~370
- 6 David F G. The effects of a highstack coal-burning power plant on the relative pH of the superficial bark of hardwood trees. In Dochinger L S, Seliga T A. *Proc 1st Internat Symp. Acid precipitation and the forest ecosystem*. USDA Forest Service, Gen Tech Rep, No NE-23, Upper Darby: NE For Exp Sta, 1976. 913~918
- 7 Hale M E. Phytosociology of corticolous cryptogams in upland forests of southern Wisconsin. *Ecology*, 1955, 36: 214~219
- 8 Mahendrappa M K. Chemical composition of stemflow from some eastern Canadian tree species. *Can J For Res*, 1974, 4: 1~7
- 9 樊后保, 梁一池, 马壮等. 森林截留降水酸度及其对林下土壤的影响. *福建林学院学报*, 1995, 15(1): 1~6

Fan Houbao (Fujian Forestry College, Nanping 353001, PRC). **Tree Bark: An Indicator of Air Pollution and Precipitation Acidity.** *J Zhejiang For Coll*, 1996, 13(2): 136~140

Abstract: The locating monitor of acidity and chemical components of rainfall, throughfall and stemflow was implemented for one year, and pH values and buffuring capacity were determined for bark samples of ten tree species in Nanping, Fujian. The acidification of tree barks closely related to the air pollution. All tree bark samples in Xiqin Forest Farm showed more acidity and greater buffuring capacity against alkali than those in Experimental Forest of Fujian Forestry College. The acidified stemflow affected the soil acidity around the tree stem. Tree bark was recommended as a sensitive indicator of air pollution and precipitation acidity in Nanping.

Key words: air pollution; precipitation; acidity; barks; stemflow