

酸沉降影响下广东陆地生态系统表层土壤特征

刘菊秀，周国逸，温达志，褚国伟

(中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650)

摘要: 研究并比较了广东省鼎湖山、鹤山、白云山陆地生态系统表层土壤特征。结果表明,3 个采样点表层土壤酸化都较严重,pH 值低。相对于较低的 pH 值,三个采样点土壤的有效阳离子交换量(CEC_E)介于 59.63—124.06 mmol·kg⁻¹,盐基饱和度(BS)介于 10.6%—30.3%,表明表层土壤仍具有一定的酸缓冲能力。3 个采样点表层土壤同时处于阳离子缓冲范围和铝缓冲范围内,活性铝较高,考虑酸沉降对森林生态系统的影响时应重点考虑铝毒的影响。

关键词: 广东;酸沉降;表层土壤;特征

中图分类号: X517 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2001)04 – 0231 – 04

Properties of Surface Soil on Selected Forest Ecosystem Affected by Acid Deposition in Guangdong

LIU Ju-xiu, ZHOU Guo-yi, WEN Da-zhi, CHU Guo-wei

(South China Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650)

Abstract: This paper evaluates the soil properties in surface layer of selected terrestrial ecosystems in Dinghushan, Heshan and Baiyunshan, Guangdong province. The results showed that the surface soil was seriously acidified, characterized by low pH values. The effective cation exchange capacity (CEC_E) of the surface soil varied with the sample sites taken, ranging from 59.63 to 124.06 mmol·kg⁻¹. The base cation saturation (BS) ranged from 10.6% to 30.3% in the surface layers of the three sites, suggesting that the surface soils had a certain buffering capacity. It should be noticed that although the cations had played an important role in buffering of soil acidification, the relatively high concentration of Al³⁺ may be implied that aluminum toxicity would occur, and much more attention be paid.

Keywords: Guangdong; acid deposition; surface soil; properties

地处低纬亚热带季风气候区域的广东省是中国经济极具活力、工业化速度最快的地区之一。由于排进大气的各种污染物质在高温高湿条件下,较易增加降水的酸度,因而出现酸雨的频率很高^[1],酸雨的危害比较严重。根据广州市环境监测中心站资料统计,广东省降水 pH 平均值 1985—1997 年为 4.78,酸雨频率为 46.43%。广州的酸雨污染已进入世界最强范围。本文以位于城乡工业区内的鹤山、广州城郊的白云山以及肇庆鼎湖山自然保护区为基本采样点采样,与传统的 A、B 层采样不同,不考虑土壤原始自然发生层次,仅采集表层土壤(分上、下层),进行某些特征参数的测量分析,旨在阐明不同污染水平下这些参数间的差异与酸性污染的可能关系以及不同污染水平

收稿日期: 2000 – 08 – 05

基金项目: 2000 年度广东省环保局、广东省自然科学基金(990762),中国科学院鹤山开放试验站、国家基金(39700112,3992800),中日美合作项目(990283)资助

作者简介: 刘菊秀(1975—),女,湖南嘉禾人,华南植物研究所硕士研究生,主要从事植物环境生态学研究。

下土壤对酸沉降的缓冲能力。植物体根系伸长范围一般集中在 0—50 cm,然而表层土壤作为保护土壤免受酸化的屏障,研究其现状及缓冲能力具有重要的意义。

1 研究地概况

鼎湖山位于广东省中部(112°30′39″—112°33′41″E,23°09′21″—23°11′30″N),属南亚热带季风气候,年平均气温 20.9℃,年均降雨量和蒸发量分别为 1 929 mm 和 1 115 mm,4—9 月为湿季,11 月至次年 1 月为旱季,年均相对湿度 81.5%^[2]。土壤为赤红壤,土层深度 30—65 cm。土样分别采自位于庆云寺附近的季风常绿阔叶林,旱坑永久样地 I 的针阔叶混交林和塘鹅岭 40 年生的马尾松(*Pinus massoniana*)林。

鹤山位于广东省中部(112°54′E,22°41′N),属南亚热带季风气候,年平均气温 21.7℃,年均降雨量和蒸发量分别为 1 700 mm 和 1 600 mm。丘陵地土壤为砖红壤或红壤。采样分析表明,在村边残存的天然次生

林 70 cm 以上土层的有机质含量为 1. 16%—2. 48% , 在荒坡上的有机质含量为 0. 56%—1. 64% 。试验站共有 8 个集水区,是热带亚热带退化生态系统进行植被恢复构建的人工林生态系统和林地自然演替的次生林生态系统^[3]。土壤样本分别采自马尾松林、马占相思 (*Acacia mangium*) 林、大叶相思 (*Acacia auriculae-formis*) 林和以荷木 (*Schima superba*) 为主组成的乡土树种林。

白云山位于广州市郊 (113°19′ E, 23°03′ N), 与广州白云机场毗邻,属南亚热带季风气候。据广东省气象局 1951—1980 年的记录,年均气温为 21. 8℃ , 年均降雨量 1 700 mm 左右,有明显的干湿季^[4]。土壤为发育于花岗岩和石英砂页岩上的赤红壤。采样点为马尾松林、以荷木为主的阔叶林以及马尾松占优势的针阔叶混交林。海拔约 190 m。

2 土样采集制备及实验分析方法

2.1 土样采集及制备

土样采集:在选定区域的样方中,按机械方法布点,随着样方坡度分上、中、下 3 个层次,每一层分左、中、右 3 个样点进行采样。采样深度统一为 0—3(上层)cm 和 3—10(下层)cm 两个层次。土样用塑料袋密封带回实验室。

土样制备:将土样置于洁净瓷盘中,剔除石粒、草根等杂物,自然风干,再用滚轴磨成 1—2 mm 粉末,装瓶待用。

2.2 实验分析方法

pH 值分别用水提和 KCl 盐提,再用 pH 计 (S-2 型)测定。土壤交换性酸用氯化钾交换-中和滴定法

测定。盐基离子用原子吸收光谱法 (GBC93 II 型,澳大利亚)测定。

3 结果与分析

3.1 鼎湖山主要森林类型表层土壤特征

鼎湖山常绿阔叶林主要树种为荷木、锥栗、黄果厚壳桂等,针叶林为马尾松林,针、阔叶林为荷木、锥栗、黄果厚壳桂等阔叶树种和马尾松针叶树种组成的混交林。从表 1 中可看出 3 种树林土壤酸化都比较严重,氯化钾盐提 pH 值都在 4. 0 以下,且多次测量结果相差不大,标准差在 0. 1 以下。土壤上层 pH 值低于下层。土壤交换性酸含量都比较高,多次测量结果相差很大,这与取样点树种异同、空旷度、坡度等有关。相对于交换性酸,CEC_E 在鼎湖山主要森林类型介于 88. 41—124. 06 mmol · kg⁻¹,BS 都在 15% 以下。由此可看出,鼎湖山主要森林类型表面土壤酸化比较严重,表层土壤的阳离子缓冲性能不是很强。Ulrich 等^[5] 的土壤缓冲阶段的区间划分不适合鼎湖山表层土壤,鼎湖山表层土壤在 pH < 4. 2 阳离子仍具有一定的缓冲能力,而 Al³⁺ 在土壤中含量大,说明土壤也处在铝缓冲范围。在交换性酸中 H⁺ 所占比例很大,这也就是 pH 值很低的原因。

从表 1 中可看出,在土壤类型相同的基础下,三种林型由于树种、所处位置等的不同,表层土壤特征有所不同。常绿阔叶林由于具庞大的树冠,吸附大量的沉降物,盐基离子总量比较高。马尾松针叶林位于保护区的边沿,距村庄、道路、民用工业区最近,大气中尘埃无须经长距离的运输,就全部或部分地沉降下来,有较多的盐基离子输入,这可能是马尾松林 BS 较

表 1 鼎湖山主要森林类型表层土壤特征
Table 1 Characters of surface soil in selected forests on Dinghushan

地点	层次/cm	pH 值		交换性酸/mmole · kg ⁻¹		盐基离子/mmole · kg ⁻¹				CEC _E /mmole · kg ⁻¹	BS/%
		盐提	水提	Al ³⁺	H ⁺	K ⁺	Na ⁺	1/2Mg ²⁺	1/2Ca ²⁺		
常绿阔叶林	0—3	3. 13 (0. 08)	3. 91 (0. 06)	80. 28 (15. 55)	25. 34 (11. 44)	5. 42 (1. 06)	5. 09 (1. 66)	2. 79 (0. 74)	5. 14 (2. 67)	124. 06	14. 8
	3—10	3. 36 (0. 07)	4. 04 (0. 07)	65. 96 (8. 19)	23. 76 (9. 44)	2. 26 (0. 43)	5. 81 (1. 50)	1. 61 (0. 55)	4. 36 (1. 44)	103. 76	13. 5
针叶林	0—3	3. 07 (0. 12)	4. 01 (0. 17)	68. 98 (26. 70)	26. 69 (10. 19)	5. 31 (0. 47)	4. 42 (0. 28)	1. 59 (0. 88)	5. 06 (4. 37)	112. 04	14. 6
	3—10	3. 37 (0. 07)	4. 25 (0. 14)	56. 81 (23. 54)	18. 32 (10. 85)	4. 43 (0. 55)	4. 23 (2. 20)	0. 77 (0. 59)	2. 85 (3. 15)	87. 41	14. 0
针阔叶混交林	0—3	3. 15 (0. 08)	3. 44 (0. 02)	80. 02 (14. 70)	25. 31 (23. 63)	5. 42 (1. 16)	5. 26 (1. 29)	1. 72 (1. 50)	6. 28 (3. 72)	124. 01	14. 6
	3—10	3. 22 (0. 08)	4. 00 (0. 13)	77. 19 (22. 29)	28. 69 (6. 38)	4. 26 (0. 37)	5. 13 (0. 64)	1. 35 (0. 57)	4. 23 (1. 52)	120. 85	12. 4

注: 括号内为标准差,以下同。

高的缘故。

3.2 鹤山主要森林类型表层土壤特征

鹤山的主要森林类型为属阔叶林的马占相思林、大叶相思林、乡土树种林和马尾松针叶林。从表 2 中可看出,四种林表层土壤都表现为强酸性,盐提 pH 值都在 4.0 以下,上层低于下层。交换性酸含量比较

高,CEC_E 介于 59.63—105.17 mmol·kg⁻¹ 以上,BS 在四种林中都超过 15%,大叶相思林中高达 30.3%,从中可以看出土壤的缓冲性能比较强。土壤同时处在阳离子缓冲阶段和铝缓冲阶段。

四种林中,阔叶林由于具有庞大的树冠,对盐基离子的吸附能力强,加上生物量大,有机质分解快,因

表 2 鹤山主要森林类型表层土壤特征
Table 2 Characters of surface soil in selected forests on Heshan

地点	层次 /cm	pH 值		交换性酸/mm ol · kg ⁻¹		盐基离子/mm ol · kg ⁻¹				CEC _E /mm ol · kg ⁻¹	BS /%
		盐提	水提	Al ³⁺	H ⁺	K ⁺	Na ⁺	1/2Mg ²⁺	1/2Ca ²⁺		
马占相思林	0—3	3.17	3.95	68.91	17.71	5.04	7.81	1.819	3.885	105.17	17.6
		(0.04)	(0.04)	(8.51)	(3.66)	(0.32)	(1.91)	(0.95)	(7.03)		
	3—10	3.38	4.21	70.00	12.24	4.26	7.69	0.815	2.354	97.361	15.5
		(0.06)	(0.04)	(25.72)	(10.11)	(1.02)	(2.07)	(1.09)	(15.92)		
大叶相思林	0—3	3.11	3.88	47.54	8.46	8.42	6.81	2.77	6.28	80.29	30.3
		(0.15)	(0.07)	(9.38)	(3.16)	(0.85)	(1.25)	(1.10)	(7.88)		
	3—10	3.35	4.17	48.53	5.91	5.92	6.98	1.306	3.29	71.49	24.3
		(0.03)	(0.02)	(2.36)	(0.00)	(1.02)	(0.98)	(0.88)	(5.96)		
乡土树种林	0—3	3.34	4.03	59.48	17.03	6.23	6.5	1.63	4.23	95.10	19.5
		(0.10)	(0.12)	(25.35)	(4.58)	(0.65)	(0.95)	(0.99)	(8.22)		
	3—10	3.62	4.29	35.43	18.39	4.94	4.31	0.76	2.18	66.014	18.5
		(0.07)	(0.09)	(11.18)	(5.77)	(0.26)	(2.94)	(0.44)	(0.32)		
马尾松针叶林	0—3	3.53	4.20	56.35	13.01	5.80	2.46	1.47	5.05	84.13	17.6
		(0.13)	(0.18)	(13.28)	(4.98)	(0.40)	(0.37)	(0.60)	(4.10)		
	3—10	3.70	4.32	41.8	7.09	4.78	2.28	0.90	2.78	59.63	18.0
		(0.09)	(0.13)	(8.47)	(5.95)	(0.19)	(0.15)	(2.40)	(2.31)		

而盐基饱和度比针叶林高,表现出较强的酸缓冲能力。阔叶林中,马占相思和大叶相思都是原产于澳大利亚的固氮树种,具在贫瘠山丘生长迅速的特点^[6,7],但相对于马占相思林,大叶相思林由于交换性酸总量较低,BS 大大高于马占相思林,表现出很强的酸缓冲性能。从抗酸能力上来说,种植大叶相思比马占相思好。以荷木为主的乡村树种林抗酸能力界于马占相思林和大叶相思林之间。

表 3 白云山主要森林类型表层土壤特征
Table 3 Characters of surface soil in selected forests on Baiyunshan

地点	层次 /cm	pH 值		交换性酸/mm ol · kg ⁻¹		盐基离子/mm ol · kg ⁻¹				CEC _E /mm ol · kg ⁻¹	BS /%
		盐提	水提	Al ³⁺	H ⁺	K ⁺	Na ⁺	1/2Mg ²⁺	1/2Ca ²⁺		
常绿阔叶林	0—3	3.10	3.82	78.45	27.93	4.67	4.35	1.04	3.16	119.59	11.0
		(0.16)	(0.16)	(26.12)	(10.08)	(0.68)	(1.22)	(0.12)	(1.30)		
	3—10	3.33	4.00	70.32	21.03	3.45	3.75	0.91	2.76	102.21	10.6
		(0.11)	(0.06)	(25.31)	(9.68)	(0.56)	(1.36)	(0.15)	(1.25)		
针阔叶混交林	0—3	3.2	3.94	57.22	24.17	4.81	6.18	1.30	5.02	98.71	17.5
		(0.12)	(0.09)	(43.15)	(14.00)	(0.59)	(2.73)	(0.88)	(1.94)		
	3—10	3.5	4.02	49.82	17.83	4.35	4.86	0.78	3.30	80.50	16.5
		(0.10)	(0.15)	(20.22)	(13.50)	(0.94)	(0.71)	(0.49)	(2.13)		
马尾松林	0—3	2.84	3.70	57.26	31.00	4.61	5.02	1.70	7.10	106.68	17.3
		(0.09)	(0.14)	(17.16)	(11.10)	(0.13)	(0.85)	(0.15)	(1.25)		
	3—10	3.34	3.88	47.43	19.46	3.61	5.73	0.58	1.98	78.79	15.1
		(0.23)	(0.10)	(24.68)	(12.49)	(0.20)	(0.65)	(0.21)	(1.30)		

盐基离子含量还比较高,土壤阳离子仍具有一定的缓冲能力。

从表 3 可看出,常绿阔叶林 BS 比混交林和针叶林要低,分析原因是白云山处于广州市郊,干沉降量大,而相同面积冠层接受的干沉降量为:针叶林冠>阔叶林冠^[8],白云山常绿阔叶林不象鼎湖山常绿阔叶林树冠庞大,因而相对来说,针叶林接受了更多的盐基离子,BS 相对较高。

3.4 鼎湖山、鹤山、白云山主要森林类型表层土壤特征的比较

综合表 1、2、3,从中可看出地处南亚热带的广东,由于高温多雨,有机质分解快,加上土质较为疏松,分解的盐基离子不易流失,鼎湖山、鹤山、白云山表层土壤在 pH 值较低的情况下,仍具有一定量的盐基离子,BS 相对较高。白云山森林生态系统表层土壤 pH 值较其它两个地方低,H⁺含量则最高,土壤酸化最为严重,原因是白云山处于广州市郊,离工厂最近。处于城乡工业区的鹤山 BS 较高,因为其主要林型都为人工林,年龄都在十几年,生物量不大,而导致土壤酸化最可能的因素是有机酸和酸性沉降物。鼎湖山主要林型都具有较大的生物量,表层土壤有机酸含量高,为中和酸性物质消耗了大量的阳离子,因而导致 BS 相对较低。鹤山森林生态系统中 BS 最高,表明了鹤山表层土壤对酸缓冲能力最强。

4 结论

4.1 广东省鼎湖山、鹤山、白云山陆地生态系统表层

土壤酸化都较严重,pH 值低。相对于较低的 pH 值,3 个采样点土壤的有效阳离子交换量 (CEC_E) 介于 59.63—124.06 mmol·kg⁻¹,盐基饱和度 (BS) 介于 10.6%—30.3%,表明表层土壤仍具有一定的酸缓冲能力。3 个采样点表层土壤同时处于阳离子缓冲范围和铝缓冲范围内,活性铝较高,考虑酸沉降对森林生态系统的影响时应重点考虑铝毒的影响。

4.2 速生固氮树种大叶相思的酸缓冲能力比马占相思强。

参考文献:

[1] 陈志远. 中国酸雨研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997.
[2] Kong G H,Liang C,Wu H M and Huang Z L. Dinghushan biosphere reserve: ecological research history and perspective[M]. Science Press,Beijing. 1993. 1—38.
[3] 余作岳,彭少麟. 热带亚热带退化生态系统的植被恢复及其效应[J]. 生态学报,1995,**15**(增刊 A 辑):1—17.
[4] 方 炜,彭少麟. 广州白云山马尾松林自然演变过程的群落结构动态[J]. 生态学报,1995, **15**(增刊 A 辑):38—43.
[5] Ulrich B. Effects of accumulation air pollutants in forest ecosystems [M]. D Reided Publishing Company, 1983. 331—342.
[6] 余作岳,彭少麟,张文其. 鹤山亚热带丘陵人工林群落分析 I. 马占相思林生物量和生长量[A]. 热带亚热带森林生态系统研究[C]. 1990,第六集:145—151.
[7] 余作岳,彭少麟,张文其. 广东鹤山亚热带丘陵人工林群落分析 II. 大叶相思林[A]. 热带亚热带森林生态系统研究[C],1990,第七集:163—168.
[8] 毛友发,仇荣亮,温达良. 陆地生态系统酸沉降缓冲能力影响因素[J]. 土壤与环境,1999,**8**(2): 141—143.

《中国生态农业学报》2002 年征订启事

《中国生态农业学报》是由中国科学院石家庄农业现代化研究所和中国生态经济学会主办的大农业学术期刊,中国科学院科学出版基金资助、科学出版社出版,系中国科学引文数据库来源期刊。本刊旨在探索与研究生态农业的理论、方法及研究进展等,推动学科发展,主要刊登生态学、生态经济学、农、林、牧、渔及资源与环境保护等领域创新的研究学术论文、研究技术报告、研究简报及综述、生态农业建设和生态示范区典型模式与典型经验等,适于国内外从事生态学、生态经济学、农、林、牧、副、渔、资源与环境保护等领域科技人员、高等院校有关专业师生、管理工作者和基层从事生态农业建设的广大技术人员等阅读与投稿。

《中国生态农业学报》国内外公开发行,刊号 ISSN1004—8219,CN12—1165/S,季刊,大 16 开,每期定价 6.5 元/册,全年 26.00 元,邮发代号 18—158,全国各地邮局均可订阅,漏订者可直接汇款至编辑部补订(若从编辑部补订全年需另加邮资 6.00 元)本刊现有 1993—1999 年各年度合订本均为 24.00 元/套(含邮资),2000 年度精装合订本 34.00 元/套(含邮资,散装刊为 24.00 元/套),2001 年度散装刊 32.00 元/套,需订购者请直接从邮局汇款至编辑部(务请在汇款单上注明订户详细地址及需订内容)。

地 址:(050021)河北省石家庄市槐中路 286 号中国科学院《中国生态农业学报》编辑部 电 话:(0311)5818007