

鼎湖山季风常绿阔叶林土壤酸度对土壤养分的影响*

刘菊秀 周国逸 褚国伟 张倩媚

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘要 通过在鼎湖山季风常绿阔叶林的研究发现: (1) 季风常绿阔叶林土壤整个剖面(0~60 cm) pH 值都较低, 小于 4.5。 (2) 土壤养分含量随着土壤剖面层次(0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm) 的降低而下降。养分除水解性 N 外, 有效 P、速效 K 以及交换性 Ca、Mg 含量都很少。 (3) 0~20 cm 土壤养分比其它层的土壤养分更容易受到土壤酸度的影响。40~60 cm 土壤养分除了交换性 Ca 外, 其它养分的含量与土壤酸度无显著关系。就不同月份来说, 1 月份和 4 月份土壤养分比 7 月份和 10 月份土壤养分容易受到土壤 pH 值的影响。不同养分比较, 交换性 Ca 和 Mg 以及有效 P 含量比其它养分更容易受到土壤酸度的影响。

关键词 鼎湖山, 季风常绿阔叶林, 土壤酸度, 养分

中图分类号 S153.4

土壤酸化大部分是一个自然的酸化过程, 例如生物量的积累、根和微生物的呼吸、土壤有机质^[1] 矿化等的 H⁺ 贡献。然而, 经济的发展, 大气酸沉降加速了土壤酸化这一进程。土壤的酸化导致了土壤营养物质的大量流失^[2-4]。研究所在地鼎湖山季风常绿阔叶林有 400 多年的历史, 生物量大, 土壤有机质含量高, 土壤的自然酸化比较严重。近些年由于工业的迅猛发展, 鼎湖山有一定量的酸沉降输入^[5], 再加上旅游业的发展, 进入鼎湖山的车辆越来越多, 酸沉降的影响将越来越严重。在氮氧化物对酸沉降贡献越来越大的趋势下, 鼎湖山大气降水的总 N 浓度平均为 1.92 mg L⁻¹, 总 N 输入量较高, 为 38.4 kg hm⁻² a⁻¹, 大大高于 Cooks^[6] 关于世界大部分地区降雨含 N 量的估计值 2.3~11.3 kg hm⁻² a⁻¹。在这些情况下, 鼎湖山季风常绿阔叶林土壤酸度现状及其对养分含量的影响如何呢? 本文的目的就是: (1) 研究鼎湖山土壤酸化状况; (2) 研究养分含量变化情况; (3) 研究土壤酸度对土壤养分含量的影响。

1 研究地概况

鼎湖山距广州市 86 km, 为东经 112°30'39"~112°33'41", 北纬 23°09'21"~23°11'30"。鼎湖山属南亚热带季风气候, 年平均气温 20.9℃, 最冷月(1月)和最热月(7月)的平均温度分别为 12.6℃和 28.0℃, 年均降雨量和蒸发量分别为 1929 mm 和 1115 mm, 4~9 月为湿季, 11 月至次年 1 月为旱季, 干湿季明显, 年均相对湿度 81.5%。

鼎湖山主要植被类型为季风常绿阔叶林、针阔叶混交林和马尾松林。季风常绿阔叶林 锥栗、荷木、厚壳桂群落已有 400 a 林龄, 接近地带性顶极群落, 是南亚热带森林的典型代表类型。在面积为 125 hm² 的群落内, 物种丰富, 结构复杂, 成层现象较为明显^[7]。季风常绿阔叶林土壤类型为赤红壤, 主要粘粒矿物为伊利石、高岭石和蛭石, 以伊利石为主, 有机质含量 15~55 g kg⁻¹, pH 值为 4.1~4.9, 酸性较强, 土层深度 30~65 cm。

* 广东省环境保护局(2000-09)、国家自然科学基金(39928007)及广东省自然科学基金重点项目(010567)共同资助

收稿日期: 2002-01-20; 收到修改稿日期: 2002-06-18

2 材料与方法

2.1 土样采集

分别于1994年和1996年1、4、7、10月在季风常绿阔叶林中,每隔10 m随机设置样点各10个。采样深度为0~20、20~40、40~60 cm三个层次。风干过2 mm筛,以供pH、水解性N、有效P、速效K、交换性Ca和Mg的测定。

2.2 分析方法

土样pH值用水土比为2.5:1测定。水解性N用碱解蒸馏法,有效P用盐酸-氟化铵浸提-钼锑抗比色法测定。速效K和交换性Ca、Mg用乙酸铵浸提后分别用火焰光度法和原子吸收光谱法测定。

3 结果与分析

3.1 季风常绿阔叶林土壤酸度状况

从图1可看出,季风常绿阔叶林土壤整个剖面(0~60 cm)pH值都小于4.5,与1990年测定的pH 4.5

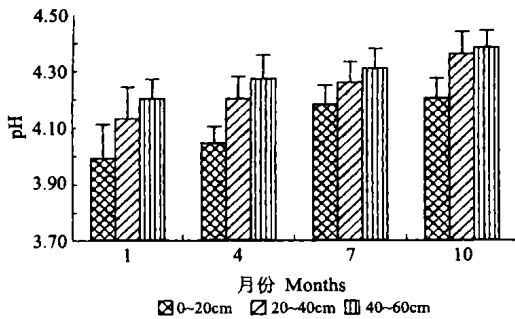


图1 鼎湖山季风常绿阔叶林不同剖面层土壤pH值动态变化($n=20$,下同)

Fig. 1 The dynamics of the pH value in different soil layers under the broad-leaved forest at Dinghushan ($n=20$, the same below)

以上相比,下降很多^[8],表明整个土壤剖面层有继续酸化趋势。整个剖面层pH值随着深度下降而上升,与1982年^[9]测定结果一致。同一年中,从1月到4、7、10月,pH值随着上升。土壤酸度出现季节变动趋势,一是鼎湖山大气降水主要集中在4~9月,高频度的降水在带走部分养分离子的同时也带走大量的酸性离子;二是因为季风常绿阔叶林全年凋落物量两次高峰出现在4月和8月,而较寒冷的1、2、11、12月份最低^[10],凋落物层物质元素离子通过与 H^+ 交换,可以起到缓冲作用^[11]。Salim^[12]的研究也认为,腐烂叶片能够减轻酸雨的危害影响。

3.2 季风常绿阔叶林土壤养分含量状况

鼎湖山季风常绿阔叶林土壤养分含量随着土壤剖面层次的降低而下降。除水解性N外,有效P、速

效K以及交换性Ca、Mg含量都很少。各剖面层土壤N、P、K、Ca、Mg含量在1、4月份均明显高于7、10月份(图2、表1),各养分不同月份间差异比较明显,尤其是P、Ca、Mg。

在鼎湖山季风常绿阔叶林中土壤N含量相对较高,1月份0~20 cm土壤有效N含量超过 200 mg kg^{-1} 。一方面的原因是因为土壤有机质含量与土壤总氮量之间呈正相关^[13],在季风常绿阔叶林中0~20 cm土壤有机质含量为 44.67 g kg^{-1} ,比我国赤红壤有机质平均含量 21.3 g kg^{-1} ^[13]高出很多。另一方面原因如同前面所述,鼎湖山N的输入量大于输出量,长期积累使鼎湖山N含量较高。

鼎湖山土壤本身的粘粒矿物含K量相对较高(全钾达 $25\sim 50 \text{ g kg}^{-1}$)^[14],但在季风常绿阔叶林中土壤有效K含量并不高(图2),低于全国赤红壤有效K平均含量 88.1 mg kg^{-1} ^[15],也低于1982年何金海等^[9]在季风常绿阔叶林土壤中测定值,表明随着年代的推移,土壤含K量在降低。在季风常绿阔叶林各剖面层中,随着土壤深度的加深,土壤含K量也在降低,并且各剖面层的土壤K的含量都有季节变动趋势,这主要与大气降水有关。

鼎湖山季风常绿阔叶林中各剖面层的土壤交换性Ca、Mg含量都比较低,大大低于我国一般赤红壤Ca和Mg的含量,我国一般赤红壤的交换性盐基 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量之和0~60 cm土层为 $0.46\sim 0.86 \text{ cmol kg}^{-1}$ ^[13]。但稍高于Matzner等^[16]在德国同样含铝丰富的土壤类型中Ca、Mg的含量($Ca < 0.11 \text{ cmol kg}^{-1}$, $Mg < 0.08 \text{ cmol kg}^{-1}$)。由于这两种养分元素的高流动性,一年中动态变化比较明显。在7月份含量大大低于其它月份,表现了其在酸沉降影响下的高流动性。但在10月份都有一定程度的上升,这与8月份的台风使凋落物增加,并为一年中的最高峰有关^[10];而Ca、Mg元素的易流动性导致了土壤中这两种养分含量的增加。

鼎湖山季风常绿阔叶林土壤P含量非常低(见表1),在20~40 cm和40~60 cm层大部分检测不出,

明显低于一般红壤有效 P 含量 7.2 mg kg^{-1} ^[13], 也低于 1982 年测定值(3~14 cm 土壤有效 P 平均为 3.8 mg kg^{-1} , 14~43 cm 土壤平均为 0.8 mg kg^{-1})^[9]。P 含量低除了与土壤全 P 量低, 雨季集中流失严重外, 土壤 pH 值降低也严重影响了 P 的有效性。

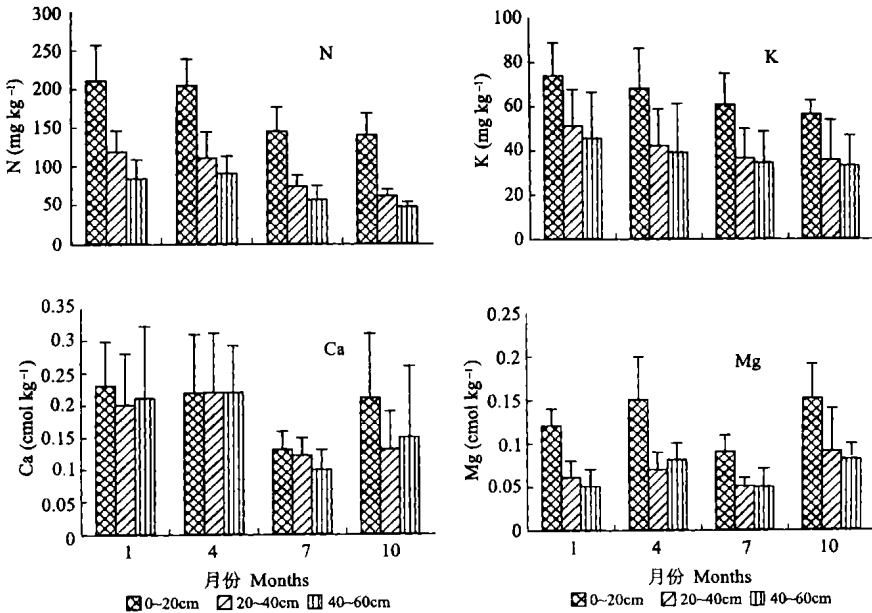


图 2 鼎湖山季风常绿阔叶林不同层次土壤养分含量动态变化

Fig 2 The dynamic change of nutrient concentration in different soil layers under the broad-leaved forest at Dinghushan

表 1 季风常绿阔叶林不同层次土壤有效 P 含量动态变化

Table 1 The dynamic change of available P concentration in different soil layers under the broad-leaved forest at Dinghushan (mg kg^{-1})

月份 Months	0-20 cm	20-40 cm	40-60
1	0.82		
4	3.41	0.51	
7	1.53	0.34	0.13
10	0.79		

3.3 季风常绿阔叶林土壤酸化对土壤养分含量的影响分析

土壤养分含量除了与母质及质地的影响相关外, 还与气候、地形、植被、人为影响(主要表现为酸碱度)等相关^[13]。尤其值得注意的是工业发展带来的日益严重的酸沉降正影响着土壤养分含量。Brady 认为在湿润地区土壤交换性 Ca 和 Mg 的数量与 pH 值之间有完全明显的相关性^[17]。一般研究也认为, 土壤 P 含量随着 pH 值降低而下降^[13]。

通过对鼎湖山季风常绿阔叶林土壤养分与土壤酸度的相关性检验得出如表 2 的结果, 从中可看出土壤 pH 值与土壤养分呈负相关关系。为了缓冲 H^+ , 大量的养分离子被交换出来而导致流失, 因而土壤中养分含量降低。0~20 cm 土壤养分比其它层的土壤养分更容易受到土壤酸度的影响。40~60 cm 土壤养分除了交换性 Ca 外, 其它养分的含量与土壤酸度无显著关系。就不同月份来说, 1 月份和 4 月份土壤养分比 7 月份和 10 月份土壤养分更容易受到土壤 pH 值的影响。在 7 月份和 10 月份土壤养分可能容易受大气降水的影响, 因为鼎湖山地区干湿季分布非常明显, 4~9 月降水占年降水量的 80% 以

上,降水的过分集中所产生较大的地表径流易冲刷地表,使生态系统中的营养物质大量输出。因而,这段时期土壤的养分含量与土壤酸度无明显相关关系。

从表2中还可看出,交换性Ca和Mg以及有效P含量比其它养分更容易受到土壤酸度的影响,在土壤酸度增大的土壤中,P的有效性降低,而交换性Ca和Mg则被大量流失^[18,19]。

表2 季风常绿阔叶林不同剖面层土壤养分含量与土壤pH值的相关系数

Table 2 The correlation coefficient between soil nutrient concentration and soil pH value in different soil layers under the broad-leaved forest at Dinghushan

月份 Months	养分 Nutrients	0~ 20 cm	20~ 40 cm	40~ 60 cm
1	K	- 0.488	- 0.358	- 0.400
	N	- 0.468	- 0.183	- 0.0624
	Ca	- 0.784	- 0.569	- 0.431
	Mg	- 0.655	- 0.363	- 0.137
	P	- 0.731	-	-
4	K	- 0.492	- 0.369	- 0.397
	N	- 0.136	- 0.763	- 0.497
	Ca	- 0.911	- 0.765	- 0.666
	Mg	- 0.693	- 0.696	- 0.290
	P	- 0.363	-	-
7	K	- 0.436	- 0.328	- 0.262
	N	- 0.484	- 0.219	- 0.074
	Ca	- 0.238	- 0.226	- 0.691
	Mg	- 0.539	- 0.300	- 0.368
	P	- 0.762	-	-
10	K	- 0.456	- 0.339	- 0.311
	N	- 0.660	- 0.389	- 0.296
	Ca	- 0.466	- 0.389	- 0.227
	Mg	- 0.156	- 0.325	- 0.410
	P	- 0.729	-	-

4 讨论

鼎湖山地带性森林生态系统 季风常绿阔叶林生物量大,生产力高,然而土壤的养分含量比较低,土壤养分缺乏将会是限制植物生长的一个重要因素。通过采样研究发现,土壤酸度是导致土壤养分含量降低的一个重要原因。由于在湿润地区,阳离子的吸附顺序是 $H^+ / Al^{3+} >$ 交换性阳离子 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ , 土壤酸度降低, 养分元素被 H^+ 代换出来而流失。

土壤养分与土壤酸度是一个动态的相关关系过程,为缓冲 H^+ 离子的压力,养分离子交换出来而被流失,土壤养分含量降低,但在鼎湖山土壤剖面 0~ 20 cm 层,由于最先接受酸沉降和土壤有机质分解带来的 H^+ 离子,因而土壤 pH 值最低,但由于同时是养分元素的最大受益者(通过枯枝落叶分解而得),所以在 pH 值低的情况下同时拥有相对较高的养分含量,土壤仍然具有一定的酸缓冲能力。

参考文献

- 1 Markewitz D, Richter D, Allen L.H., *et al.* Three decades of observed soil acidification in the Calhoun experimental forest: Has acid rain made a difference. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1998, 62: 1428~ 1439
- 2 van H J Praag, de F Smedt, vu T Thanh. Simulation of calcium leaching and desorption in an acid forest soil. *European Journal of Soil Science*, 2000, 51: 245~ 255
- 3 Mayer R, Liess S, Lopes M I M S, *et al.* Atmospheric pollution in a tropical rain forest: Effects of deposition upon biosphere and hydrosphere. Concentrations of chemicals. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2000, 121: 59~ 78
- 4 Huntington T G, Hooper R P, Johnson E C, *et al.* Calcium depletion in a southeastern United States forest ecosystem. *Soil*

- Sci. Soc. Am. J., 2000, 64: 1 845~ 1 858
- 5 Hans M Seip, Per Aagaard, Valter Angell. Acidification in China: Assessment based on studies at forested sites from Chongqing to Guangzhou. *AMBIO*, 1999, 28(6): 524~ 529
- 6 Cooks G W. *The Control of Soil Fertility*. Crosby Lockwood and Son Ltd., 1967. 179
- 7 任海, 彭少麟, 张祝平, 等. 鼎湖山季风常绿阔叶林林冠结构与冠层辐射研究. *生态学报*, 1996, 16(2): 174~ 179
- 8 张秉刚. 鼎湖山土壤的活性铁铝与土壤水分关系探讨. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1990, 第 6 集: 97~ 101
- 9 何金海, 陈兆其, 梁永. 鼎湖山自然保护区之土壤. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1982, 第 1 集: 25~ 37
- 10 李志安, 王伯荪, 翁轰, 等. 鼎湖山南亚热带季风常绿阔叶林凋落物的养分动态. *热带亚热带植物学报*, 1998, 6(3): 209~ 215
- 11 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. *土壤与环境*, 1999, 8(2): 141~ 143
- 12 Radi Salim A role for decaying leaves in mitigating the harmful effects as acid rain. *J. Environ Sci. Health A*, 1994, 29: 115~ 127
- 13 全国土壤普查办公室. *中国土壤*. 北京: 中国农业出版社, 1995
- 14 骆伯胜, 张秉刚. 鼎湖山赤红壤的粘粒矿物特点. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1990, 第 6 集: 91~ 96
- 15 Ulrich B. *Effects of Accumulation Air Pollutants in Forest Ecosystems*. D. Reided Publishing Company, 1983, 331~ 342
- 16 Matzner E, Pijpers M, Holland W, *et al.* Aluminum in soil solutions of forest soils: Influence of water flow and soil aluminum pools. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1998, 62: 445~ 454
- 17 Brady N C. *The Nature and Properties of Soils*. Macmillan, New York, 1974
- 18 Koptsik G, Mukhina I. Effects of acid deposition on acidity and exchangeable cations in podzols of the Kola Peninsula. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1995, 85: 1 209~ 1 214
- 19 Eriksson E. Modeling acidification effects on coniferous forest soils. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1998, 104: 353~ 388

EFFECTS OF SOIL ACIDITY ON THE SOIL NUTRIENTS UNDER DINGHUSHAN MONSOON EVERGREEN BROAD-LEAVED FOREST

Liu Ju-xiu Zhou Guo-yi Chu Guo-wei Zhang Qian-mei

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

Summary

The soil acidity affects soil nutrients. Sampling in Dinghushan monsoon evergreen broad-leaved forest, we find: (1) The pH values of all soil layers (0~ 20 cm, 20~ 40 cm, 40~ 60 cm) in Dinghushan monsoon evergreen broad-leaved forest are below 4.5. (2) The concentrations of all nutrients in soil samples analyzed decrease with the depth of the soil profile. Except for hydrolytic N, the concentration of available P, available K, exchangeable Ca and exchangeable Mg are all very low. (3) The nutrients in 0~ 20 cm soil layer are more easily affected by soil acidity than other soil layers. In 40~ 60 cm soil layer, the concentration of nutrient are not markedly correlative with soil acidity except for Ca. In January and April, the soil nutrients are more easily affected by soil acidity than in July and October. As for nutrient type, the content of exchangeable Ca, exchangeable Mg and available P are more significantly correlative with soil acidity than other nutrients.

Key words Soil acidity, Soil nutrients, Dinghushan, Monsoon evergreen broad-leaved forest