

酸雨对鼎湖山土壤的累积效应及荷木的反应

刘菊秀, 周国逸*, 张德强 (中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650)

摘要: 运用盆栽实验研究了酸雨对鼎湖山季风常绿阔叶林土壤危害的累积效应和优势树种荷木的一些生理反应。结果表明, 在酸雨直接淋洗土壤的条件下, 与对照相比, 土壤酸度、土壤淋洗液酸度增加; 土壤交换性 K^+ 、 Na^+ 上升, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和有效 Mn、Zn 下降; 土壤淋洗液中 K、Na 含量下降, Ca、Mg、Cu、Fe、Mn 和 Al 在 pH3.05 的酸雨处理下含量显著上升; 但生长于模拟酸雨土壤中的荷木在土壤化学性质发生变化后仍能健康生长。

关键词: 模拟酸雨; 鼎湖山; 土壤; 荷木; 反应

中图分类号: X517 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2003)01-0090-05

The cumulative effects of acid rain on the soil and responses of *Schima superba* at Dinghushan. LIU Ju-xiu, ZHOU Guo-yi, ZHANG De-qiang (South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China). *China Environmental Science*, 2003,23(1): 90~94

Abstract: Using potted plants test the cumulative effects of acid rain on the soil damage and some physiological responses of *Schima superba* which dominates monsoon evergreen broad-leaved forest at Dinghushan. The results showed that compared with the control, the acidity of soil and soil drip-washing liquor, the contents of soil exchangeable K^+ and Na^+ increased; the contents of soil exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} , the contents of soil available Mn and Zn, and the concentrations of K and Na in soil drip-washing liquor decreased; after the soil was treated by acid rain of pH 3.05, the concentration of Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and Al in soil drip-washing liquor all increased markedly; but *Schima superba* in the simulated acid rain soil could grow healthily after the change of soil chemical properties.

Key words: simulated acid rain (SAR); Dinghushan; soil; *Schima superba*; response

酸沉降虽然首先被地上部分的植物体接触到,但在从接触植物体到达到土壤界面层的短暂过程中,除个别酸度特别强的酸雨可能造成极大危害外^[1],一般都只造成轻微的直接伤害,在自然生态系统中是很容易恢复过来的。自然环境下,绝大部分降水的酸度往往并不太高,其危害作用往往有一个积累的过程,土壤就是这种积累的最大载体,表现在土壤盐基淋溶、重金属活化^[2]等,导致土壤介质稳定平衡破坏,从根本上危及生态系统健康。

近20年来,中国南方已经成为继欧美之后的第三大酸沉降区,而且有不发展的趋势^[3]。荷木是鼎湖山季风常绿阔叶林的优势和建群树种,对于它在酸沉降下的响应机制的研究还未见报道。通过直接采集鼎湖山季风常绿阔叶林的荷木幼苗和土壤进行盆栽,研究在模拟酸雨影响下荷木

的生长状况及其土壤和土壤淋洗液中元素的动态变化过程,揭示了长期酸沉降影响下,大气酸沉降-植物(荷木)-土壤-水体之间的相互作用及内在联系,为全球独特的地带性顶级植被——季风常绿阔叶林的保护和生态系统健康评价提供理论基础。

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 1929mm 和 1115mm,4~9 月为湿季,10 月至次年

收稿日期: 2002-05-13

基金项目: 广东省环境保护局(2000-09); 国家自然科学基金(39928007); 广东省自然科学基金(010567)

* 通讯联系人

3 月为旱季.季风常绿阔叶林具有 400 多年的历史,土壤系赤红壤,酸化严重.实验采集土壤剖面厚度为 0~10cm,平均 pH 值为 3.342,盐基离子 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量分别为 39.16,4.58,494.00,43.68mg/kg,有效 Cu、Fe、Mn 和 Zn 含量分别为 0.91,118.6,7.93,9.66mg/kg.森林表层土壤作为保护深层土壤免受酸化的屏障,研究此层更具有实际意义.

2 材料与方法

2.1 处理方法

于 2000 年 10 月进行幼苗盆栽,成活后分成 5 组,每组 4 盆.1 组作对照,用来源于鼎湖山的天湖水(pH 值为 4.25~5.38)淋洗,其他 4 组除了用天湖水直接淋洗外,每周用天湖水配制的模拟酸雨淋洗土壤 1 次.模拟酸雨 pH 值分别为 4.40,4.00,3.52,3.05,用 $H_2SO_4:HNO_3=1:1$ 的混合酸液进行调节.所有淋洗液都直接淋洒到土壤表面,而不是淋洒到植株上.

2.2 材料

土壤: 2000 年 10 月和 2001 年 1,7,10 月以及 2002 年 1 月直接在盆内进行采样.

土壤淋洗液: 2001 年 4,7,10 月和 2002 年 1 月用天湖水淋洗盆内土壤,在盆下收集.

植物叶片: 2001 年 9 月进行采样,一部分用于分析叶黄素循环,另一部分分析叶绿素和元素含量.

2.3 分析方法

土壤盐提(水土比为 2.5:1)后和土壤淋洗液用 pH 计测定 pH 值,大量元素和微量元素用原子吸收光谱法测定.硝酸根用酚二磺酸比色法,硫酸根用铬酸钡分光光度法测定.植物样品中 N、P、K 分别用扩散法、钼锑抗分光光度法、火焰原子发射法测定,Ca、Mg、Cu、Zn、Fe 和 Mn 灰化后用原子吸收光谱法分析,铝用铝试剂分光光度法测定.

植物叶绿素和叶黄素循环测定方法分别见文献[4],文献[5].

3 结果与分析

3.1 酸雨持续影响下的土壤化学过程

3.1.1 酸度 在模拟酸雨持续淋洗下,测得土壤酸度变化如图 1A;土壤淋洗液酸度变化如图 1B.图 1 显示各处理土壤和土壤淋洗液 pH 值都随着时间推移而降低,酸雨酸度越大,降低速率越快,与 Hutchinson 等^[6]研究结果一致,其主要原因是在酸雨淋洗的同时土壤里输入了一定的 H^+ ,加速了土壤的酸化进程.

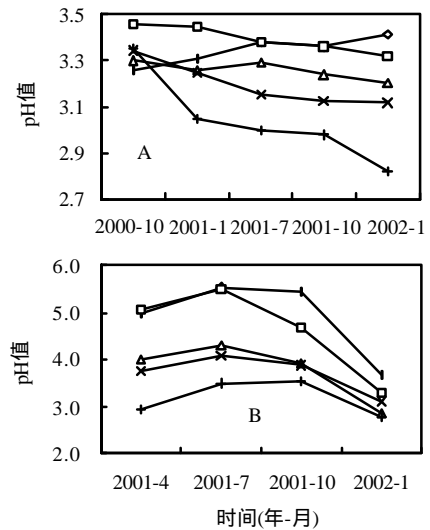


图 1 酸雨影响下土壤酸度与土壤淋洗液的酸度变化

Fig.1 The effects of SAR on the changes of soil acidity and soil leachate acidity

— — CK — — pH4.4 — — pH4
 - · - pH3.52 — + — pH3.05
 A 土壤酸度 B 土壤淋洗液酸度

3.1.2 大量元素 在酸雨淋洗下,分别进行土壤和土壤淋洗液中大量元素的测定,结果见图 2.从图 2A 中看出,随着酸沉降累积时间的增加,土壤中交换性 K^+ 和 Na^+ 含量上升,酸沉降促进了含有大量 K、Na 元素的矿物黏粒迅速风化.交换性 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量则在各实验组中均下降,模拟酸雨酸度越大,下降趋势越明显,酸雨促进了 Ca、Mg 元素的流失.土壤淋洗液中,4 次采样结果表明,各实验组中 K、Na 的含量都在持续下降,而

Ca、Mg 含量在 pH 值为 3.05 的模拟酸雨处理下对应的土壤淋洗液中却还有上升趋势(图 2B),在

强酸影响下 Ca、Mg 元素的流失应受到关注.

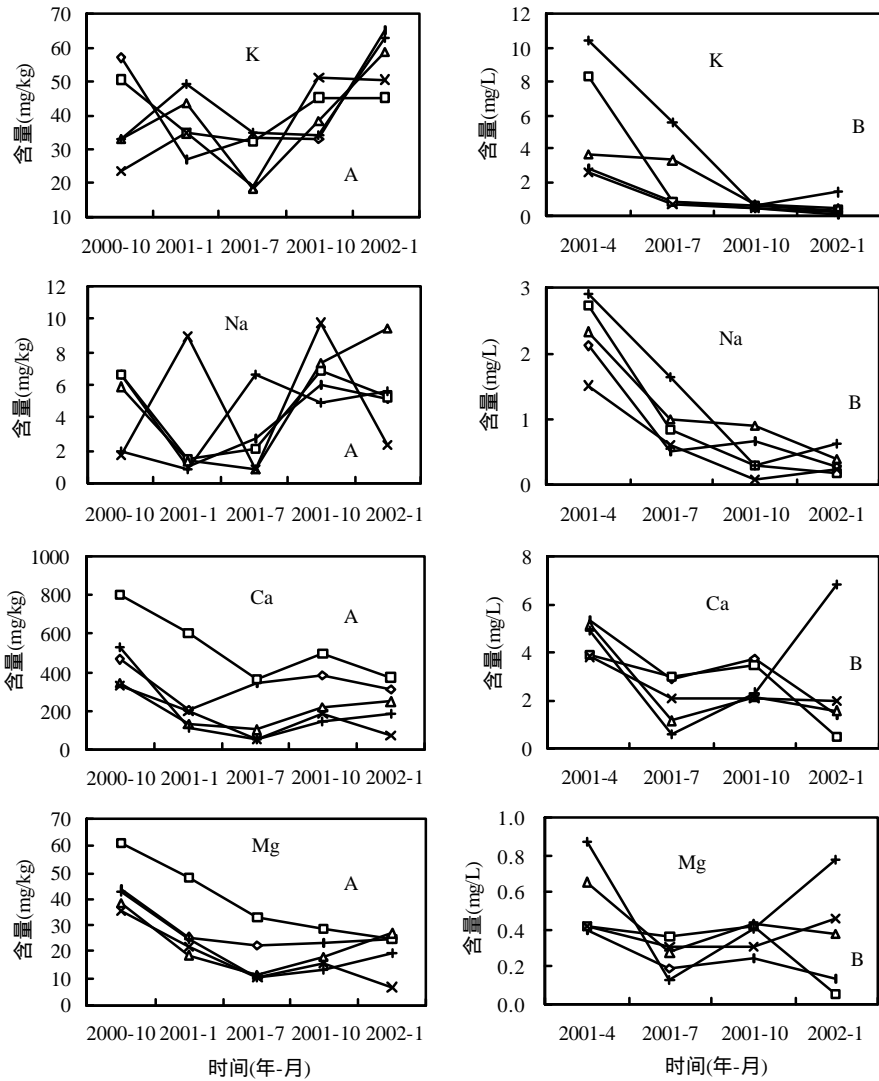


图 2 持续酸雨影响下土壤与土壤淋洗液中大量元素的变化

Fig.2 The durative effects of SAR on the concentration changes of macro elements of soil and soil leachate

注同图 1

A 土壤 B 土壤淋洗液

3.1.3 微量元素和铝 季风常绿阔叶林土壤在酸雨累积影响下,有效 Cu 变化不大,有效 Fe 稍有升高,而有效 Mn 和 Zn 则略有下降(图 3A).

土壤淋洗液中,Cu、Fe、Mn 和 Al 含量均有升高趋势,且模拟酸雨酸度越大,其淋洗液中含量

越高(图 3B).Mn 和 Al 在淋洗液中含量升高表明土壤中有更多的 Mn 和 Al 经过活化进入了溶液中.溶液中 Al 含量升高对植物生长具有严重影响^[7].在 Al 之后,Mn 被认为可能是酸性土壤中限制植物生长的第 2 个重要因素^[8].

3.2 酸雨持续淋洗对荷木叶片的影响

3.2.1 叶绿素 通过测定发现,生长在酸雨 pH 值为 4.0 和 3.05 淋洗土壤中的荷木叶片叶绿素

(a+b)含量分别比对照升高 66.27%和 74.47%.叶片叶绿素含量升高主要是土壤氮素营养的结果.

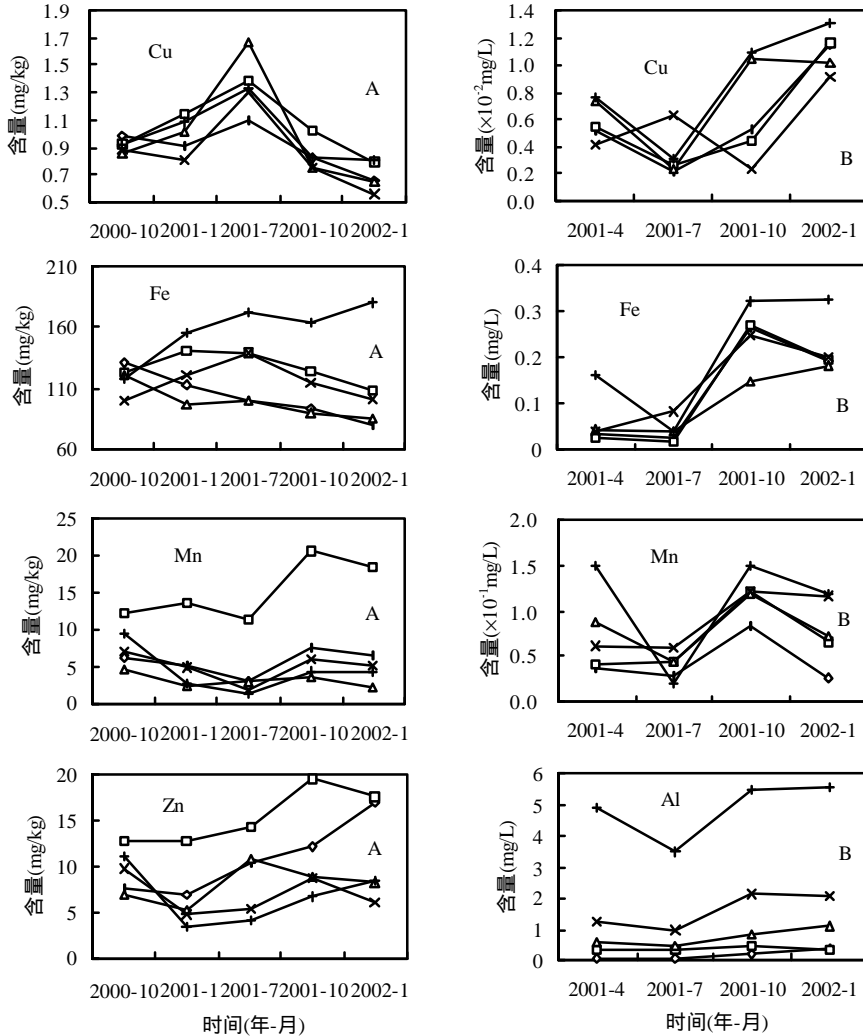


图 3 持续酸雨影响下的土壤与土壤淋洗液中微量元素的变化

Fig.3 The durative effects of SAR on the concentration changes of micro elements of soil and soil leachate

注同图 1

A 土壤 B 土壤淋洗液

3.2.2 叶黄素循环 叶黄素循环是指叶黄素的 3 种组成物质(莖菜黄素、环氧玉米黄素、玉米黄素)在不同光照强度和 pH 值条件下,通过环氧化和脱环氧化作用相互转化的循环机制^[9].叶黄素循环起着光系统 过多能量猝灭以及防止脂

类氧化等功能,是衡量植物是否适应胁迫生长的重要生理指标.通过对生长在酸雨影响下的土壤中的荷木叶黄素循环研究发现,当荷木接受高光强照射时,玉米黄素含量升高(图 4).淋洗土壤的酸雨酸度越大,玉米黄素积累越多,表明生长在严

重酸化土壤中的荷木仍然能耗散体内过多的能量。
 3.2.3 叶片元素含量 酸沉降影响下土壤和土壤淋洗液中元素含量变化对植物体内元素含量影响不大(表 1),各元素不同处理间比较差异不显著($P < 0.05$).土壤淋洗液中可溶性 Mn 和 Al 含

量的升高并没有在植物体内累积,表明荷木生长在土壤 Al 和 Mn 活化严重状况下不会出现 Al 和 Mn 中毒.荷木是如何避免 Mn 和 Al 中毒的,这种机制有待继续研究.

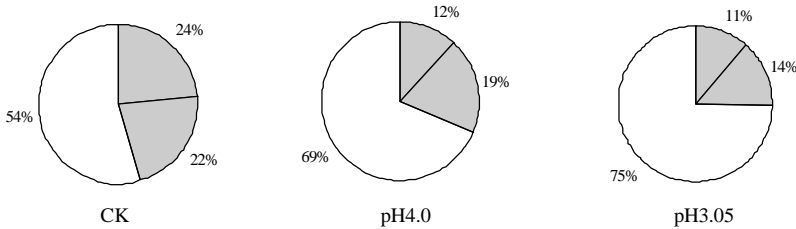


图 4 模拟酸雨影响下荷木叶片叶黄素循环

Fig.4 Xanthophyll cycle of leaves in *Schima superba* under the effects of SAR

□ 玉米黄素 ■ 萹菜黄素 ▨ 环氧玉米黄素

表 1 模拟酸雨对荷木叶片元素含量的影响(%)

Table 1 The effects of SAR on the element concentration in leaves of *Schima superba* (%)

模拟酸雨	元 素									
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Al
CK	0.99	0.049	0.579	0.658	9.3×10^{-2}	5.08×10^{-6}	4.474×10^{-5}	1.08×10^{-4}	6.794×10^{-4}	0.096
pH4.0	1.288	0.057	0.589	0.580	7.4×10^{-2}	6.75×10^{-6}	3.135×10^{-5}	9.64×10^{-5}	2.664×10^{-4}	0.107
pH3.05	1.401	0.052	0.599	0.594	7.4×10^{-2}	6.10×10^{-6}	1.225×10^{-5}	7.11×10^{-5}	2.763×10^{-4}	0.055

4 小结

酸雨累积影响下,鼎湖山土壤酸度增加,土壤交换性 K^+ 、 Na^+ 上升, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和有效 Mn、Zn 下降.土壤淋洗液酸度增加,淋洗液中 K、Na 含量下降, Ca、Mg、Cu、Fe、Mn 和 Al 在 pH3.05 的酸雨处理下含量显著上升.生长于该土壤中的荷木叶片各元素含量差异不显著,在强光照射时能有效避免光氧化.在酸沉降严重地区,酸不敏感树种荷木,仍是造林时首选的优良树种之一.

参考文献:

[1] Cronan C S, Grigal D F. Use of calcium/aluminum ratios as indicators of stress in forests ecosystem [J]. J. Environ. Qual., 1995, 24: 209-226.
 [2] van H J Praag, de F Smedt, vu T Thanh. Simulation of calcium leaching and desorption in an acid forest soil [J]. European Journal of Soil Science, 2000,51:245-255.
 [3] 王文兴,丁国安.中国降水酸度和离子浓度的时空分布 [J]. 环

境科学研究,1997,10(2):1-6.
 [4] Aron DI. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphen-oloxidase in Beta Vulgaris [J]. Plant Physiol., 1949,24:1-15.
 [5] Gilmore A M, Yamamoto H Y. Resolution of lutein and zeaxanthin using a non-encapped, lightly carbon-loaded C^{18} high-performance liquid chromatographic column [J]. J. of Chlrom., 1991,543:137-145.
 [6] Hutchinson TC, Watmough S A, Sager E P S, et al. The impact of simulated acid rain and fertilizer application on a mature surgar maple (*Acer Saccharum Marsh*) forest in central Ontario, Canada [J]. Water, Air and Soil pollution, 1999,109(1-4):17-39.
 [7] Hirano Y, Hijii N. Effects of low pH and aluminum on root morphology of Japanese red cedar saplings [J]. Environmental Pollution, 1998,101:339-347.
 [8] Foy C D. Soil acidity and liming monograph [M]. 2nd edition Maryland: A.S.A., 1984. 57-97.
 [9] 王仁雷,刘友良,华 春.植物叶黄素循环的组成、功能和调节(综述) [J]. 亚热带植物科学, 2000,29(4):59-66.

作者简介:刘菊秀(1975-),女,湖南嘉禾人,中国科学院华南植物研究所博士生,主要从事环境生态学研究.发表论文 12 篇.