

# 模拟酸雨对南方土壤硅铝释放的影响\*

董汉英, 仇荣亮, 吕越娜 (中山大学环境科学系, 广州, 510275)

**摘要:** 通过模拟酸雨淋溶实验, 分析了淋溶液 pH 值和硅铝离子释放规律和特点的关系. 结果表明, 模拟酸雨的酸度是决定土壤中硅铝淋溶释放量的主要因素. 当  $\text{pH} > 3.0$  时释放量增幅较为缓慢, 而  $\text{pH} < 3.0$  以后释放量骤增. 土壤溶液中  $\text{H}^+$  浓度的增加, 使得以水解反应为主要过程的土壤矿物的风化作用加强, 从而使硅铝释放量增大.

**关键词:** 酸雨, 硅, 铝, 淋溶, 释放, 土壤, 模拟实验.

中图分类号: X131.3 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2000)01-0075-03

## Releasing of $\text{Si}^{2+}$ and $\text{Al}^{3+}$ under Simulated Acid Rain in South China\*

Dong Hanying, Qiu Rongliang, Lü Yuena (Department of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** This paper dealt with the relationship of pH value and the characteristics of  $\text{Si}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$  of leaching solutions under the treatment of simulated acid rain in main soil types collected from South China. The results showed that amounts of  $\text{Si}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$  releasing were decided mainly by pH value of simulated acid rain. When pH was lower than 3.0, the amounts of releasing increased sharply. Otherwise, the amounts of  $\text{Si}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$  released from soils increased slowly. As the addition of  $\text{H}^+$  concentration in soil solution, the amounts of released  $\text{Si}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$  increased with the acceleration of the hydrolysis reaction of soil minerals, which usually were the most important soil weathering process.

**Keywords:** acid deposition,  $\text{Si}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$ , leaching, releasing.

土壤矿物风化是土壤缓冲外源质子输入的重要过程<sup>[1~4]</sup>, 也是酸沉降临界负荷计算与确定的主要依据<sup>[5,6]</sup>. 土壤矿物风化过程主要是土壤中硅铝酸盐的酸性水解过程<sup>[7,8]</sup>, 因此研究酸雨降落到地表对土壤中硅铝元素的释放和缓冲能力的影响具有重要意义, 可为土壤缓冲机理及缓冲容量的研究提供依据.

### 1 材料和方法

#### 1.1 土壤采集

供试土壤来自重庆、贵阳、韶关、广州等酸沉降较为严重的地区, 并采集了我国南方其它一些主要土壤类型进行对照. 主要土壤类型及其理化性质见表1.

#### 1.2 淋溶实验

称取 20 目土壤各 5 份, 分别装入直径 28mm, 高 250mm 的硬质聚氯乙烯管中, 土粒高

度参照土壤原容重设定, 淋溶管底部铺一层玻璃纤维和慢性定量滤纸, 再用有孔橡皮塞塞住, 土样上铺一层玻璃纤维以防土粒溅出.

用  $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{NO}_3^- = 9:1$  (重量比) 的酸母液配置成 pH 为 2.5、3.0、3.5、4.0 和 5.6 的淋溶液, 为更接近自然降水过程, 采用间歇淋入法, 使土壤有一定的反应时间, 每次模拟酸雨量相当于 250mm 降水量, 淋溶速度视土壤结构而异, 每隔 24h 淋溶 1 次, 共 20 次, 累积淋溶量为 5000mm, 每 500mm 模拟酸雨量收集淋溶样一个.

#### 1.3 样品测定

采用硅钼兰比色法测定淋溶样品中硅的

\* 国家自然科学基金资助项目 (Project Supported by the National Natural Science Foundation of China): 49301018 和广东省自然科学基金资助课题, 编号: 960043  
作者简介: 董汉英 (1967~), 女 (汉), 河北人, 中山大学环境科学系工程师, 硕士, 主要研究方向为环境地学.  
收稿日期: 1999-04-20

表1 所采样品自然环境及基本理化性质

类 型	样品位置	母质类型	pH 值	有机质含量 /g·kg <sup>-1</sup>	粘粒含量 /g·kg <sup>-1</sup>	阳离子交换量/cm ol·kg <sup>-1</sup>						
						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	T
砖红壤	海南琼海	花岗岩	5.06	26.74	220.24	1.24	0.42	0.20	0.05	0.20	1.58	3.69
紫色土	重庆南岸	紫色砂岩	5.45	0.28	55.48	1.24	0.28	0.52	0.09	0.20	3.97	6.30
黑色石灰土	贵阳黔灵公园	石灰岩	7.06	44.49	573.35	35.85	9.82	0.86	1.83			48.36
红色石灰土	柳州鱼峰公园	石灰岩	7.98	22.67	320.84	27.72	2.29	0.81	1.28			32.10
滨海盐土	汕头龙湖区	滨海冲积物	8.55	4.55	24.72	18.00	7.04	0.77	2.03			27.84

含量, 采用铝试剂法测定铝含量.

2 结果和讨论

2.1 硅铝释放量的变化趋势

计算在不同酸度下硅铝的淋溶释放量, 选取3种有代表性的土壤, 绘制模拟酸雨酸度对硅铝淋溶释放量的影响对比图(图1). 由图1可以明显地看出, 不同土壤类型硅铝淋溶释放量的变化趋势有很大差异. 砖红壤属酸性土壤, 当 pH > 3.0 时, 铝释放量很低, 随酸度增加几乎无释放. 但当 pH < 3.0 时, 铝释放量骤增; 而硅释放量在 pH > 3.0 时较铝大, pH < 3.0 时释放量也明显增加, 但不及铝的增幅大. 紫色土中含有大量易风化物<sup>[1,9]</sup>, 随土壤溶液中 H<sup>+</sup> 浓度增加硅释放量呈上升趋势, 而铝释放量很低. 黑色石灰土属碱性土壤, 硅释放量随酸度增加而增加, 而铝几乎不随酸度增加而变化.

可见, 土壤中硅主要源于矿物的酸性风化水解作用<sup>[1-3,10]</sup>, 同时受到氧化物吸附过程的影响<sup>[8,11]</sup>, 随模拟酸雨酸度的增加, 风化水解作用增强, 氧化物对硅的吸附量降低, 硅释放量增大; 而铝的释放除受矿物的酸性风化水解作用影响外, 还受到沉淀作用的制约, 当 pH > 3.0 时, 风化作用释放的铝极易生成氢氧化铝沉淀, pH < 3.0 时铝才被大量释放<sup>[4,10]</sup>.

2.2 硅铝释放量随淋溶量的增大呈上升趋势

计算当 pH = 2.5 时, 淋溶量为 1000 ~ 5000mm 硅的释放量见表2. 从表2可以看出, 各类土壤中硅的淋溶释放量随淋溶量的增大呈上升趋势, 这表明, 随着淋溶量增加, 土壤溶液

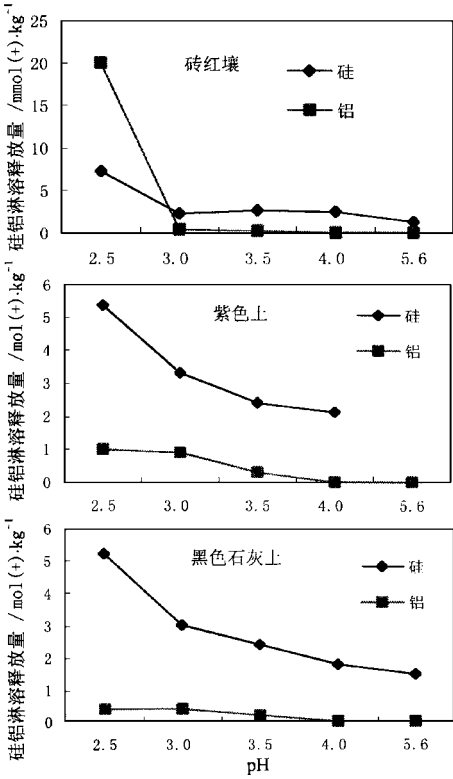


图1 模拟酸雨酸度对硅铝淋溶释放量的影响对比(淋溶量= 5000mm)

pH 值降低, 从而使矿物的风化作用加强, 硅铝释放量增大. 研究表明, 铝释放量随淋溶量的变化也呈现出与硅相类似的变化特征, 所不同的是红色石灰土等碱性土壤变化不明显.

可见, 对于某一地区的土壤, 硅铝释放量不仅受到降水酸度的影响, 且受到降水量的影响.

表2 模拟酸雨淋溶量不同时硅的淋溶释放量(pH= 2.5) /mm ol(+)•kg<sup>-1</sup>

土壤类型	模拟酸雨淋溶量/mm							
	1000	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
砖红壤	0.37	0.89	1.24	1.81	2.73	3.64	4.89	7.28
紫色土	0.34	0.53	0.81	1.25	1.93	2.84	3.68	5.36
红色石灰土	1.54	2.43	3.22	3.88	4.55	6.04	7.59	9.31
滨海盐土	1.77	2.95	4.24	4.93	5.26	6.39	7.93	9.33

3 结论

(1) 模拟酸雨的酸度是决定硅铝释放量的主导因素. 当 pH = 2.5 时, 各类土壤中硅铝的淋溶释放量达到最高.

(2) 硅铝的释放量与模拟酸雨的淋溶量有较为明显的相关性, 淋溶量增加, 硅铝的淋溶释放量增大.

(3) 在实验 pH 范围内, 各类土壤硅酸盐水解均已成为质子缓冲的重要反应, 土壤中硅的释放与土壤酸碱性关系不明显. 随着模拟酸雨酸度和淋溶量的增大, 硅的释放量呈上升趋势, 增加幅度不及铝大. 铝的释放量与模拟酸雨酸度及淋溶量关系密切, 对于红壤、黄壤、砖红壤等酸性土壤, 当 pH < 3.0 时, 铝释放量明显增加, 随着淋溶量增加, 铝释放量也随着增大. 但石灰土等碱性土壤则随酸度变化不明显.

(4) 土壤中硅主要源于矿物的风化作用, 而矿物的风化作用以水解反应为主要过程, 因此, 当 H<sup>+</sup> 浓度增加, 硅酸盐水解作用将加强, 从而释放出硅. 同时, 硅释放量还受到氧化物吸附等过程的影响, 随着模拟酸雨酸度的增大, 氧化物对硅的吸附明显降低, 从而使硅释放量增大; 而铝的释放量除受矿物的酸性水解反应影响外, 还主要受到沉淀作用影响. 碱性土壤淋出液 pH 较高, 这说明由于受到沉淀作用的影响, 控制了 Al 的释放; 而酸性土壤由于淋出液 pH 值较低, 使释放量明显增加.

参考文献

1 Qiu Rongliang, Yang Ping. Study on soil sensitivity to

acid deposition in South China. V. weathering characteristics of soil minerals under simulated acid rain. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1998, **37** (4): 91~ 94

2 Liao Baihan, Dai Zhaohua. Soil buffering reaction to acid deposition and the characteristic of the hydrolysis of soil minerals. *Journal of Environmental Science*, 1997, **11**(4): 425~ 430

3 Li C S et al. Potential for Buffering of Acidic Precipitation by Mineral Weathering in a Forested Entisol. *Soil Sci Soc. Am. J.*, 1998, **52**: 1148~ 1154

4 Qiu Rongliang, Wu Qing. Study on sensitivity of terrecosystems to acid precipitation. *Progress in Environmental Science*, 1997, **5**(4): 8~ 22

5 Gao Yingxing et al. The Reaction Model of Acid Rain and Soil. *China Environmental Science*, 1993, **13**(2): 117 ~ 122

6 Sverdruf H & Warfvinge P. Weathering of primary minerals in natural soil environment relation to a chemical weathering model. *Water, Air and Soil Pollution*, 1988, **38**: 387~ 408

7 Liao Baihan, Li Changsheng. Study on soil buffering mechanism to acid deposition. *环境科学*, 1989, **10**(1): 30 ~ 34

8 于天仁等. 土壤发生中的化学过程. 北京: 科学出版社, 1990. 189~ 229

9 Qiu Rongliang, Dong Hanying & Lu Yuena. Study on soil sensitivity to acid deposition in South China. VII. cation leaching and buffering mechanism. *环境科学*, 1997, **18** (5): 23~ 27

10 Qiu Rongliang, Wu Qing & Lu Yuena. Releasing and buffering of Al<sup>3+</sup> under simulated acid rain in South China. *Environmental Chemistry*, 1998, **17**(2): 143~ 147

11 熊毅等. 土壤胶体(第一册), 土壤胶体的物质基础. 北京: 科学出版社, 1983. 184~ 214