

文章编号:1000-582X(2007)08-0063-07

# 模拟酸雨对三峡库区4种典型土壤酸化及盐基离子淋溶释放的影响

刘莉<sup>a</sup>, 李晓红<sup>a</sup>, 周志明<sup>b</sup>, 林勇<sup>b</sup>, 卢义玉<sup>a</sup>

(重庆大学 a. 资源及环境科学学院; b. 化学化工学院, 重庆 400030)

**摘要:**通过室内模拟酸雨土柱淋溶实验,研究了酸雨作用下三峡库区4种典型土壤盐基离子的释放特点和释放机制。研究表明:酸雨会导致土壤酸化,土壤pH值随酸雨pH值下降而下降,土壤pH值和CEC含量越高,土壤受酸雨酸化影响越小;淋滤液的电导率都呈现先升后降的趋势,而且都有一个峰值,但峰形有明显差异;酸雨导致盐基离子的淋失,盐基饱和度降低,土壤中各离子淋失量大小均为 $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$ 。

**关键词:**模拟酸雨;淋溶实验;土壤;酸化;盐基离子

**中图分类号:**X131.3

**文献标志码:**A

随着工业的快速发展,目前全球已形成三大酸雨重灾区:以德、法、英等国为中心,波及大半个欧洲的西欧酸雨区;包括美国和加拿大在内的北美酸雨区;覆盖我国青藏高原以东、长江干流以南的东南亚酸雨区<sup>[1-2]</sup>。酸雨引起土壤的酸化,降低土壤的盐基饱和度、盐基离子含量、土壤中微生物的活性和促进活性铝的溶出<sup>[3-9]</sup>。在广泛调查采样的基础上,采用模拟酸雨淋溶实验,研究了酸雨严重的三峡库区<sup>[10]</sup>4种典型土壤(黄壤、灰棕紫泥、红紫泥、红棕紫泥)盐基离子的淋失规律及不同土壤的酸度变化趋势。

## 1 实验材料与方法

### 1.1 供试土壤

供试黄壤采自三峡库区重庆市万州区铁峰山国家森林公园,冷沙黄壤;灰棕紫泥采自重庆市万州区高粱镇天鹅村,沙岩发育;红棕紫泥采自重庆市万州区郭村乡瑞河村;红紫泥采自重庆市万州区天城镇落函乡农村,属新田沟组。采样剖面分为A层表土(0~20 cm)、B层土(20~40 cm)、C层土(40~60 cm),供试土壤的基本性质见表1。

表1 供试土壤样品的主要理化性质

土壤类型	土层编号 深度/cm	pH		交换性阳离子/ $cmol \cdot kg^{-1}$							土壤容重/有机质(OM)/		BS/ %
		H <sub>2</sub> O	KCl	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Total	$g \cdot cm^{-3}$	$g \cdot kg^{-1}$	
黄壤	A 0~20	4.70	3.99	0.31	3.86	0.29	2.03	2.07	1.24	9.80	0.84	55.94	45.01
	B 20~40	5.03	4.13	0.18	2.67	0.21	1.87	1.76	1.66	8.35	1.20	5.97	48.13
	C 40~60	5.20	4.21	0.16	1.75	0.22	1.91	1.55	1.45	7.04	1.30	5.91	57.97
灰棕紫泥	A 0~20	5.80	4.59	0.25	0.29	0.27	2.08	5.59	2.11	10.59	1.32	4.93	56.31
	B 20~40	6.23	4.70	0.22	0.19	0.49	1.87	6.06	1.71	10.54	1.40	2.08	58.81
	C 40~60	6.35	5.00	0.17	0.17	0.36	1.91	4.25	1.24	8.10	1.40	2.01	65.73
红棕紫泥	A 0~20	8.20	7.21	0.00	0.00	0.60	1.63	11.00	3.68	16.91	1.38	7.33	100.00
	B 20~40	8.35	7.30	0.00	0.00	0.42	1.56	9.67	4.56	16.21	1.42	4.35	100.00
	C 40~60	8.42	7.48	0.00	0.00	0.31	1.38	8.54	4.29	14.52	1.48	3.74	100.00
红紫泥	A 0~20	6.25	4.70	0.18	0.30	0.26	1.46	8.81	2.49	13.50	1.30	8.89	53.68
	B 20~40	7.00	5.60	0.09	0.17	0.28	1.77	8.39	2.69	13.39	1.34	5.52	61.30
	C 40~60	7.07	5.82	0.05	0.12	0.23	1.66	7.87	2.74	12.67	1.38	5.97	63.75

收稿日期:2007-04-05

基金项目:教育部(环境工程学科)重点课题项目(1041156)

作者简介:刘莉(1971-),女,讲师,在读博士,主要从事环境科学及工程研究(Tel)023-65111477。

## 1.2 土样制备

将土样按照自然剖面分为 A、B、C 层,置于洁净瓷盘中,剔除石粒、草根等杂物,自然风干。称取一定量表土(A 层土),以液土比 1:2.5 加入 1 mol/L 的 KCl 溶液,混合均匀,室温下培养 24 h 后,自然风干,磨细,过 2 mm 筛,备用<sup>[11]</sup>,将自然风干的 B 层土和 C 层土,磨细,过 2 mm 筛,备用。

## 1.3 模拟酸雨的配制

按照重庆市万州区近 3 年降雨平均组分(表 2)配制模拟酸雨,并采用摩尔浓度比为 5:1 的分析纯 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和 HNO<sub>3</sub> 调节 pH 为 2.5、3.5、4.5 和 5.6。

表 2 模拟酸雨离子浓度 mg·L<sup>-1</sup>

组分	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
浓度	12.31	1.46	1.56	1.56	2.34	1.61	0.59	4.92	0.44

## 1.4 模拟酸雨土柱淋溶实验

将制备好的土样,按照自然剖面的上下秩序(A、B 和 C 层土)及采样深度,分别装入内径为 5 cm 柱长为 25 cm(A)、45 cm(AB)和 65 cm(ABC)的透明玻璃管内。淋溶管底铺一层玻璃纤维及慢速定量滤纸,土样上铺一层玻璃纤维以防土粒溅出,并将土柱置于支架上,上部设淋溶装置,下部用三角烧瓶收集淋滤液。从土柱的上端分别用 pH 值为 2.50、3.50、4.50 和 5.60 模拟酸雨开始连续淋溶,收集不同时间的淋出液进行检测。淋溶量按万州区近 3 年的平均降雨量 1 200 mm,考虑到地表径流的流量损失,确定模拟实验雨量为年平均降雨量的 60%,一年实际淋溶雨量为 720 mm,累积 3 年的实际淋溶雨量为 2 160 mm,总计淋

溶降雨约 4 320 mL。

## 1.5 测定方法

土壤理化性质的测定方法参照土壤农化分析方法<sup>[12]</sup>。K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup> 用原子吸收分光光度计测定;Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 用 EDTA 络合滴定法测定;pH 值用 pHS-2 型酸度计测定;交换性酸和交换性铝用 1 mol/L KCl 交换—中和滴定法测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 模拟酸雨对土壤酸化的影响

酸雨引起土壤酸化的具体过程大致是:酸雨中的 H<sup>+</sup> 与土壤胶体表面吸附的盐基离子(K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>) 进行交换反应,而进入土粒表面,被交换下来的盐基离子则随渗漏水流失;土粒表面的 H<sup>+</sup> 又自发地与土壤矿物晶格表面的铝迅速反应,转换成交换性铝<sup>[13]</sup>。

经不同 pH 值模拟酸雨淋洗后,三峡库区的 4 种供试土壤各土层 pH(H<sub>2</sub>O) 值的变化趋势如表 3 所示。模拟酸雨淋溶实验表明,土壤酸化与酸雨 pH 值成负相关。通常情况下,酸雨 pH 值较高(大于 3.50)时,对土壤酸化影响较小;当酸雨 pH 值较低(小于 3.50)时,不仅耕作层土壤酸化加剧,而且心土也开始酸化。但当酸雨 pH 值为 4.50 和 5.60 时,酸性黄壤和弱酸性灰棕紫泥 A 层土 pH(H<sub>2</sub>O) 却比原土样略有上升,这是因为 A 层土被 KCl 溶液处理后,在淋洗过程中,A 层土吸附的 H<sup>+</sup> 和 Al<sup>3+</sup> 被 K<sup>+</sup> 替换下来进入溶液;由于红棕紫泥和红紫泥 pH 值较高,未受此因素的影响。

表 3 模拟酸雨淋洗后供试土壤 pH 值的变化

土壤类型	土层编号深度/cm	供试土壤 pH 值				原始土样
		AR <sub>1</sub>	AR <sub>2</sub>	AR <sub>3</sub>	AR <sub>4</sub>	
黄壤	A (0~20)	4.03	4.52	4.89	4.92	4.70
	B (20~40)	4.29	4.55	4.96	4.98	5.03
	C (40~60)	4.40	5.02	5.13	5.16	5.20
灰棕紫泥	A (0~20)	4.93	5.49	5.56	5.92	5.80
	B (20~40)	5.28	5.73	5.86	6.18	6.23
	C (40~60)	5.65	6.05	6.14	6.28	6.35
红紫泥	A (0~20)	5.38	5.93	6.16	6.21	6.25
	B (20~40)	6.35	6.67	6.80	6.90	7.00
	C (40~60)	6.63	6.88	6.95	7.03	7.07
红棕紫泥	A (0~20)	7.55	7.83	8.09	8.12	8.20
	B (20~40)	7.68	7.98	8.19	8.31	8.35
	C (40~60)	7.82	8.10	8.28	8.40	8.42

说明:表中 AR<sub>1</sub>、AR<sub>2</sub>、AR<sub>3</sub>、AR<sub>4</sub> 分别代表 pH 值 2.50、3.50、4.50 和 5.60 的酸雨

土壤酸化还与土壤本身的缓冲能力有关,土壤缓冲能力则取决于土壤的无机含量、组分、结构、pH 值、盐基饱和度和渗透力等因素<sup>[14]</sup>。因此,并非所有的土

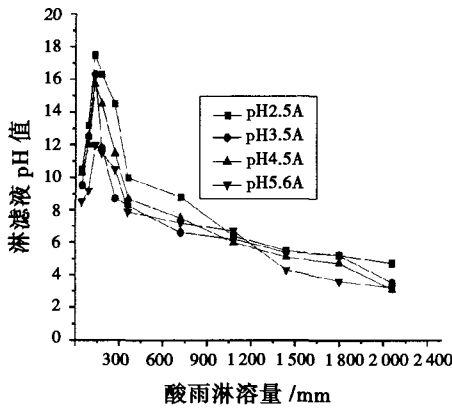
壤都容易酸化。通常情况下,土壤受酸雨酸化影响的程度为:强酸性土壤大于酸性土壤和近中性土壤。4 种土壤所受的影响程度不一,在酸雨作用下,按土壤

平均 pH 值下降的幅度排列为:红棕紫泥 > 红紫泥 > 灰棕紫泥 > 黄壤,表明红棕紫泥对酸的缓冲能力最大,黄壤最小。

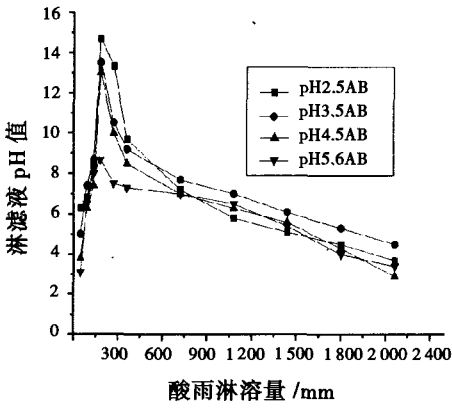
### 2.2 模拟酸雨对土壤盐基离子的淋溶释放影响

#### 2.2.1 模拟酸雨对土壤淋滤液电导的影响

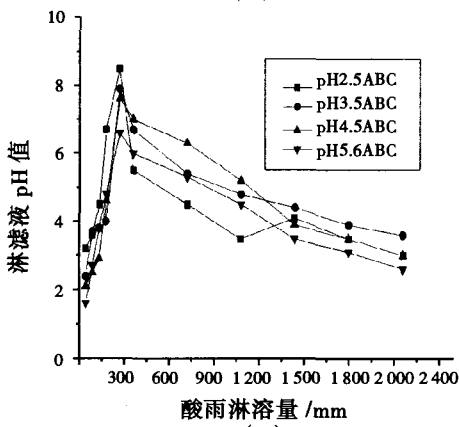
在用模拟酸雨对土壤进行淋洗的过程中,通过淋滤液电导率的测定可用来估计离子的总量,电导率变化情况很大程度上反映了土壤胶体所吸附的各种离子进入土壤溶液的数量。三峡库区的4种供试土壤淋滤液电导率的变化趋势如图1-4所示。



(a)

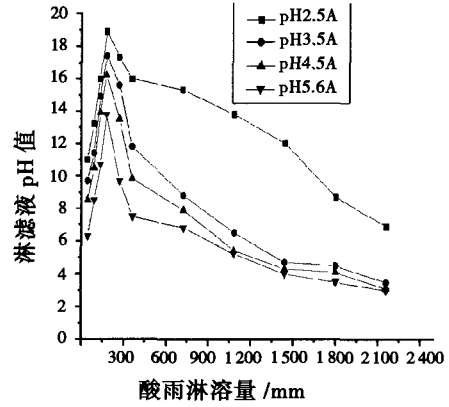


(b)

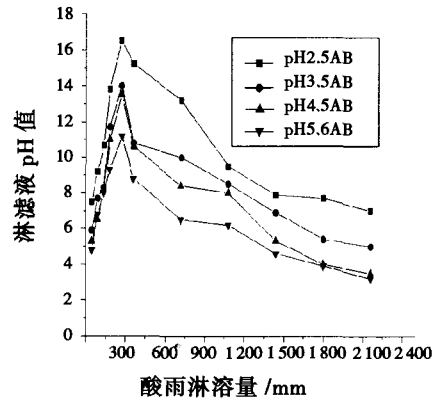


(c)

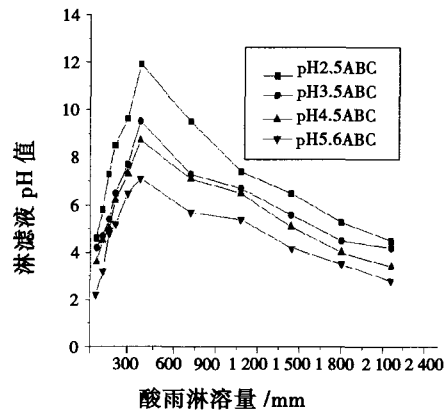
图1 不同 pH 值模拟酸雨淋洗下黄壤层土淋滤液电导率



(a)

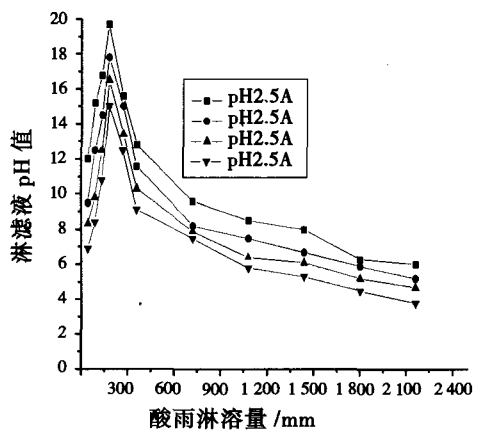


(b)

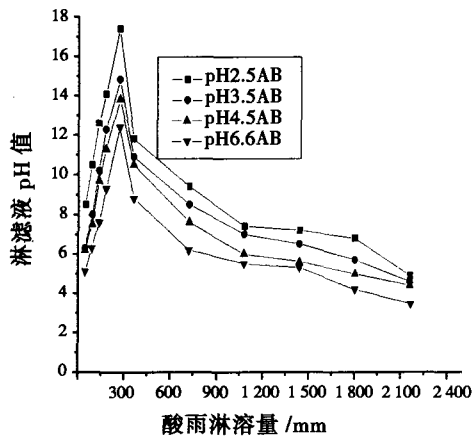


(c)

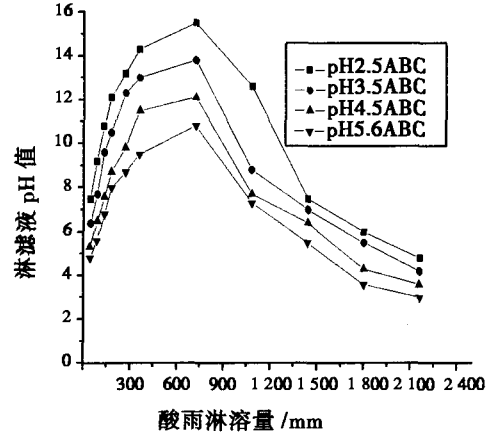
图2 不同 pH 值模拟酸雨淋洗下灰棕紫泥淋滤液电导率



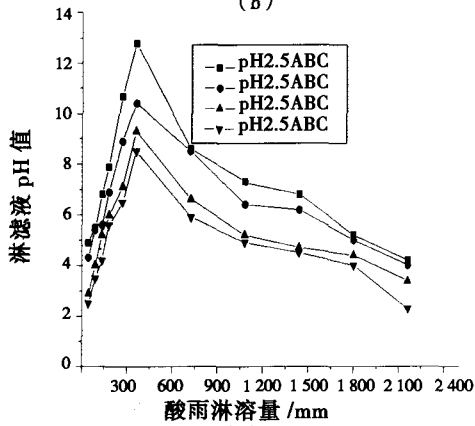
(a)



(b)

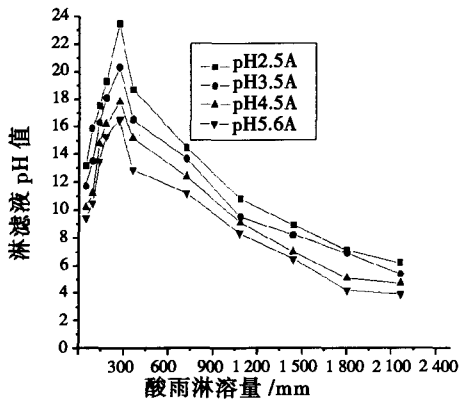


(c)

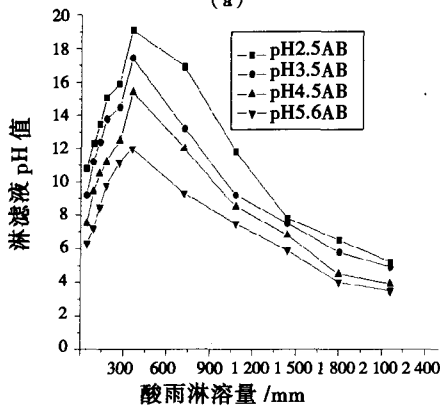


(c)

图 3 不同 pH 值模拟酸雨淋洗下红紫泥淋滤液电导率



(a)



(b)

图 4 不同 pH 值模拟酸雨淋洗下红棕紫泥淋滤液电导率

结果表明,不同 pH 值的酸雨淋洗时,4 种供试土壤各土层淋滤液电导率变化趋势相近,不同土层淋滤液电导率均呈现出先上升后下降的变化规律,但是不同土层淋滤液电导率变化曲线的峰形略有差异。相同淋洗时间,各土层淋滤液电导率随酸雨 pH 值的下降而上升。在电导率的峰值处,不同 pH 值的酸雨淋洗不同土层后收集的淋滤液电导率也存在显著差异。三峡库区的 4 种供试土壤淋滤液电导率值大小与模拟酸雨的 pH 值成负相关,电导率大小顺序为 pH2.50 > pH3.50 > pH4.50 > pH5.60。在电导率的峰值处,相同 pH 值模拟酸雨淋洗不同土壤后收集的淋滤液电导率也存在显著差异,电导率大小顺序为:红棕紫泥淋 > 红紫泥淋 > 灰棕紫泥淋 > 黄壤,这与 4 种供试土壤 CEC 大小顺序成对应关系。

2.2.2 模拟酸雨对土壤交换性盐基离子含量及盐基饱和度的影响

在不同 pH 值(2.50、3.50、4.50、5.60)的模拟酸雨作用下,三峡库区的 4 种供试土壤盐基离子含量变及盐基饱和度化趋势如表 4-7 所示,分析表中数据后不难发现,在不同 pH 值模拟酸雨作用下,三峡库区的 4 种供试土壤盐基离子的淋失有较大差异,但也表现出较为统一的规律:盐基离子的淋溶量随模拟酸雨 pH 值的降低而增加,而基饱和度则随模拟酸雨 pH 值的降低而降低,尤其当  $pH \leq 3.5$  时,这种变化最明显。4 种类型土壤中各盐基离子淋失量大致为  $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$  由此可知,盐基离子对酸雨的敏感性顺序为  $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$ 。相对于原土样而言,酸雨  $pH \geq 4.50$  时,各土层  $K^{+}$  的含量均随模拟酸雨 pH 值的上升而显著增

加。这是由于表层土壤在淋溶实验前用1mol/L的KCl溶液处理后,有大量K<sup>+</sup>吸附在土壤胶体表面。淋溶实验时,当酸雨pH值达4.50以上后,溶液中H<sup>+</sup>浓度相应

下降,被H<sup>+</sup>交换下来的K<sup>+</sup>也随之减少,这就使得停留在表层土壤中的K<sup>+</sup>明显增加。

表4 淋溶实验后黄壤交换性盐基离子含量的变化

酸雨 pH 值	土层编号	深度/cm	土壤交换性盐基离子含量/cmol · kg <sup>-1</sup>				盐基饱和度/%
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
pH 值 2.50 酸雨	A	0~20	0.18	1.36	1.08	0.69	21.38
	B	20~40	0.20	1.41	0.85	0.94	29.25
	C	40~60	0.17	1.52	0.73	0.75	32.53
pH 值 3.50 酸雨	A	0~20	0.49	0.88	1.32	0.93	29.45
	B	20~40	0.28	0.81	1.24	1.35	36.37
	C	40~60	0.23	0.95	1.07	1.22	40.60
pH 值 4.50 酸雨	A	0~20	1.15	1.59	1.95	1.08	34.38
	B	20~40	0.51	1.33	1.64	1.53	39.25
	C	40~60	0.47	1.85	1.43	1.37	46.32
pH 值 5.60 酸雨	A	0~20	1.03	1.98	1.99	1.21	43.27
	B	20~40	0.59	1.54	1.73	1.62	45.92
	C	40~60	0.39	1.90	1.88	1.51	54.36
原始土样	A	0~20	0.29	2.03	2.07	1.24	45.01
	B	20~40	0.21	1.87	1.76	1.66	48.13
	C	40~60	0.22	1.91	1.55	1.45	57.97

表5 淋溶实验后灰棕紫泥交换性盐基离子含量的变化

酸雨 pH 值	土层编号	深度/cm	土壤交换性盐基离子含量/cmol · kg <sup>-1</sup>				盐基饱和度/%
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
pH 值 2.50 酸雨	A	0~20	0.35	1.36	4.10	1.35	31.92
	B	20~40	0.27	1.90	2.35	1.05	37.25
	C	40~60	0.12	1.63	2.20	0.72	41.32
pH 值 3.50 酸雨	A	0~20	0.36	0.76	4.70	1.70	39.78
	B	20~40	0.24	1.08	4.85	1.48	45.70
	C	40~60	0.25	1.08	3.48	1.07	50.12
pH 值 4.50 酸雨	A	0~20	0.66	2.04	5.10	1.97	44.23
	B	20~40	0.36	1.72	5.25	1.65	50.37
	C	40~60	0.21	2.28	4.10	1.18	55.40
pH 值 5.60 酸雨	A	0~20	0.74	2.09	5.42	2.04	54.69
	B	20~40	0.33	1.80	5.98	1.67	56.71
	C	40~60	0.21	1.85	4.17	1.27	64.24
原始土样	A	0~20	0.27	2.08	5.59	2.11	56.31
	B	20~40	0.49	1.87	6.06	1.71	58.81
	C	40~60	0.36	1.91	4.25	1.24	65.73

表 6 淋溶实验后红紫泥交换性盐基离子含量的变化

酸雨 pH 值	土层编号	深度/cm	土壤交换性盐基离子含量/cmol · kg <sup>-1</sup>				盐基饱和度/%
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
pH 值 2.50 酸雨	A	0~20	0.39	1.15	5.69	1.54	32.52
	B	20~40	0.24	1.17	5.47	1.78	40.27
	C	40~60	0.18	1.41	5.27	1.92	45.13
pH 值 3.50 酸雨	A	0~20	0.43	1.32	7.30	2.15	39.13
	B	20~40	0.22	1.42	7.05	2.32	46.23
	C	40~60	0.15	1.40	6.63	2.46	52.68
pH 值 4.50 酸雨	A	0~20	0.66	1.37	7.65	2.28	44.52
	B	20~40	0.36	1.45	7.35	2.57	51.50
	C	40~60	0.28	1.55	7.10	2.65	57.31
pH 值 5.50 酸雨	A	0~20	0.83	1.41	8.39	2.42	52.20
	B	20~40	0.26	1.75	8.25	2.61	59.27
	C	40~60	0.21	1.64	7.82	2.76	62.40
原始土样	A	0~20	0.26	1.46	8.81	2.49	53.68
	B	20~40	0.28	1.77	8.39	2.69	61.30
	C	40~60	0.23	1.66	7.87	2.74	63.75

表 7 淋溶实验后红棕紫泥交换性盐基离子含量

酸雨 pH 值	土层编号	深度/cm	土壤交换性盐基离子含量/cmol · kg <sup>-1</sup>				盐基饱和度/%
			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
pH 值 2.50 酸雨	A	0~20	0.46	0.63	7.57	1.35	100.00
	B	20~40	0.28	0.60	6.12	2.40	100.00
	C	40~60	0.19	0.47	6.05	2.52	100.00
pH 值 3.50 酸雨	A	0~20	0.50	0.85	8.18	2.75	100.00
	B	20~40	0.24	0.83	7.51	3.68	100.00
	C	40~60	0.22	0.76	6.45	3.54	100.00
pH 值 4.50 酸雨	A	0~20	0.96	1.34	10.07	3.42	100.00
	B	20~40	0.42	1.30	9.23	4.35	100.00
	C	40~60	0.29	1.25	8.12	4.20	100.00
pH 值 5.56 酸雨	A	0~20	0.78	1.59	10.53	3.54	100.00
	B	20~40	0.36	1.52	9.51	4.49	100.00
	C	40~60	0.35	1.36	8.48	4.25	100.00
原始土样	A	0~20	0.60	1.63	11.00	3.68	100.00
	B	20~40	0.42	1.56	9.67	4.56	100.00
	C	40~60	0.31	1.38	8.54	4.29	100.00

表 8 交换性盐基离子含量和不同 pH 值酸雨相关性分析

	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
系数	0.027 64	0.157 76	0.515 30	0.220 71
标准差	0.018 03	0.027 46	0.233 00	0.082 56
P 值	0.130 59	3.56e-07	0.030 95	0.009 74

在相同 pH 值模拟酸雨作用下,4 种类型土壤中 4 种盐基离子的累计淋失量大致为:红棕紫泥的淋失量最大,红紫泥次之,灰棕紫泥和黄壤最小。这与 4 种类型土壤中 pH 值、Ca<sup>2+</sup> 含量及 CEC 大小是一致的,同时表明在酸雨作用下红棕紫泥的盐基离子释放能力强,对酸雨的缓冲能力也较大,而其它 3 种土壤缓冲能力相对较弱。

### 3 结 论

1) 酸雨导致土壤酸化,土壤 pH 值随酸雨 pH 值下降而下降;土壤 pH 值和 CEC 含量越高,土壤受酸雨酸化影响越小。4 种土壤所受的影响程度不一,在酸雨作用下,按土壤平均 pH 值下降的幅度排列为:红棕紫泥 > 红紫泥 > 灰棕紫泥 > 黄壤,表明红棕紫泥对酸的缓冲能力最大,黄壤最小。

2) 模拟酸雨淋溶土壤收集淋滤液的电导率都呈现先升后降的趋势,而且都有一个峰值,但峰形有明显差异。土壤 pH 值和 CEC 含量越高,淋滤液的电导率越大。在相同 pH 值酸雨作用下,淋滤液电导率的大小顺序为:红棕紫泥 > 红紫泥 > 灰棕紫泥 > 黄壤

3) 土壤盐基离子的淋失量随模拟酸雨 pH 值的降低而增加,尤其当  $\text{pH} \leq 3.50$  时,增加最明显;土壤中各离子淋失量大小均为  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ ; 酸雨破坏土壤化学元素的平衡,导致一些阳离子的淋失,盐基饱和度降低,土壤缓冲能力下降;土壤盐基饱和度、 $\text{Ca}^{2+}$  和 CEC 值越高,其缓冲能力越大,4 种土壤缓冲能力大小顺序为:红棕紫泥 > 红紫泥 > 灰棕紫泥 > 黄壤。

#### 参考文献:

- [1] 李德芳,刘萌. 酸雨对人类及自然生态的影响[J]. 河南气象,2005,(3):34.
- [2] 冯砚青. 中国酸雨状况和自然成因综述及防治对策探究[J]. 云南地理环境研究,2004,16(1):25.
- [3] 董汉英,仇荣亮,吕越娜. 模拟酸雨对南方土壤硅铝释放的影响[J]. 环境科学,2000,21(1):75-77.
- [4] 岑慧贤,王树功,仇荣亮,等. 模拟酸雨对土壤盐基离子的淋溶释放影响[J]. 环境污染与防治,2001,23(1):13-15.
- [5] 俞元春,丁爱芳. 模拟酸雨对酸性土壤铝溶出及其形态转化的影响[J]. 土壤与环境,2001,10(2):87-90.
- [6] 杨景辉. 酸雨对潮土及褐土矿质元素淋溶的模拟试验研

- 究[J]. 河北农业大学学报,2004,27(3):78-83.
- [7] 黄运湘,廖柏寒,王志坤. 模拟酸雨对森林红壤中铝的溶出及不同土层酸度变化的影响[J]. 生态环境,2005,14(4):478-482.
- [8] LIU C S. Characteristics of acid leaching of brown soil and cinnamon soil[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2002,16(3):5-8.
- [9] 李霖,刘征涛,舒俭民. 中国南部典型酸雨区森林土壤酸化现状分析[J]. 中国环境科学,2005,25(s):77-80.
- [10] 汪家权,吴劲兵,李如忠,等. 酸雨研究进展与问题探讨[J]. 水科学进展,2004,15(4):526-529.
- [11] 王代长,蒋新,卞永荣,等. 模拟酸雨对不同土层酸度和  $\text{K}^+$  淋失规律的影响[J]. 环境科学,2003,24(2):30-34.
- [12] 鲁如坤. 土壤农化分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,1999:13-14,24-26,60-69,107-108,278-282.
- [13] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:286-287.
- [14] 李学垣. 土壤化学[M]. 北京:高等教育出版社,2004:232-239.

## Effects of Simulated Acid Rain on Soil Acidification and Base cations Release of Four Types of Typical Soils from the Three Gorges Reservoir Region

LIU Li<sup>a</sup>, LI Xiao-hong<sup>a</sup>, ZHOU Zhi-ming<sup>b</sup>, LIN Yong<sup>b</sup>, LU Yi-yu<sup>a</sup>

(a. College of Resources and Environment Science; b. College of Chemistry and Chemical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P R China)

**Abstract:** The releasing characteristics and mechanism of base ions in four types of typical soils (yellow soil, grey-brown purplish soil, red-brown purplish soil, red purplish soil), which were collected from the Three Gorges Reservoir Region, are studied by simulated acid rain leaching of soil columns equipment indoor. The results indicate that acid rain caused the acidification of four types of typical soils and the pH values of the teste soils decrease with the decline of acid rain pH. In general, the higher the pH value and CEC content of the soil are, and the smaller soil acidification is affected by acid rain. The electric conductivity (EC) of the leachates first increased, and then decreases. An EC peak occurs during all leaching processes, with the shape of the peak obviously different. Acid rain led to the loss of base ions, the reduction of base saturation degree, and the decline of the buffering capacity of the teste soils. Leached nutrients from the tested soils decreased in the order:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ .

**Key words:** simulated acid rain; leaching test; soil; acidification; base ions