

# 华南红壤的交换性碱和交换性酸\*

张效年 赵安珍 章钢娅 张宏

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘要

本文提出了一个同时测定土壤的交换性酸和交换性碱的简易方法。将土壤的交换性酸和交换性碱区分为: Na-交换性酸、Ba-交换性酸和  $\text{SO}_4$ -交换性碱、F-交换性碱。用推荐的方法,在野外对华南地区由不同母质发育的砖红壤、赤红壤、红壤等 10 个剖面进行了测定。结果表明,红壤类土壤含有相当量的交换性碱,但其数量比交换性酸少。酸性母质发育的土壤的交换性酸和交换性碱量大于由基性岩发育的土壤者。

红壤的交换性酸和碱的量随中性盐浓度的增高而增大,浓度大于  $0.1N$  后,数量基本不变。

## 一、引言

华南地处热带和亚热带,地带性土壤是砖红壤、赤红壤和红壤、皆为酸性土壤。红壤类土壤含有大量铁铝氧化物,胶粒表面具有明显的两性性质。同时带有负电荷和正电荷<sup>[1]</sup>,同时吸附阳离子和阴离子<sup>[2]</sup>,也能同时出现交换性酸和交换性碱<sup>[3]</sup>。关于土壤的交换性酸,从本世纪初开始已持续地进行了大量研究工作,但对交换性碱的研究工作还是最近 20 年逐渐开展起来的。同时用交换性碱和交换性酸表征土壤表面性质的报道很少,其原因之一是没有建立起一个适合的测定方法。

30 年代, Mattson<sup>[13-15]</sup> 从胶体化学的观点出发,将土壤看作由不同比例的氧化硅胶体(酸基)和氧化铝、铁胶体(碱基)组成的具有两性性质的物质,提出了交换性酸和交换性碱同时存在于同一土壤的概念,并作了一些理论上的延伸和预测。Mattson 的这一概念在以后的几十年中由于晶质粘土矿物学的崛起而被冷落了。近 20 年来,对土壤和氧化物的表面化学性质的研究特别是对阴离子配位吸附的研究,为红壤交换性碱的进一步研究提供了新的理论基础。

根据现代理论,酸性土壤胶粒的表面吸附着不同形态的铝离子,它们被溶液中的中性盐的阳离子代出进入溶液并发生水解作用产生交换性酸。土壤的 pH 越低交换性铝越多。代换出的铝离子数量与土壤的表面性质和中性盐的阳离子本性及其浓度有关<sup>[11,23]</sup>。土壤中的铁铝氧化物具有羟基化表面,其 OH 基与某些阴离子如氟离子<sup>[9,18,19,24]</sup>,磷酸根<sup>[16,17,21,22]</sup>和硫酸根<sup>[10,12,20,24,25]</sup>等发生配位交换反应而进入溶液产生交换性碱。其数量也与胶粒表面的羟基化程度和阴离子本性及其浓度有密切关系。交换性酸是土壤表面永久负电荷的反映,交换性碱则反映土壤表面可变电荷状况,它对预测土壤对某些阴离子或重金

\* 本工作接受中国科学院科学基金资助。

属和过渡金属离子的固定和吸附有重要意义。

土壤的交换性酸的例行测定方法是用  $1\text{mol/KCl}$  提取, 交换性碱尚未建立起例行测定方法。Mattson<sup>[15]</sup> 曾用  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液和水中的 pH 值之差表示土壤的交换性碱, 用  $\text{BaCl}_2$  溶液和水中的 pH 值之差表示交换性酸。之后, 我国有人<sup>[15-17]</sup> 应用类似的方法研究过红壤、黄壤的交换性酸和交换性碱。上述的方法都是以 pH 值或  $\Delta\text{pH}$  值来表示, 只有定性的意义, 不能作定量比较。因为 pH 值与氢离子浓度是指数关系, 在不同的 pH 值范围内, 相等的  $\Delta\text{pH}$  值所相当的氢离子浓度可以相差几个数量级。用中性盐中的 pH 值减水中的 pH 值来代表交换性酸碱, 概念上也不尽合理, 因为实际上它是反映交换性酸碱的净结果。

本工作建议的方法, 交换性酸、碱用  $\text{H}^+$  和  $\text{OH}^-$  的数量表示, 并分为 Na-交换性酸、Ba-交换性酸、 $\text{SO}_4^{2-}$ -交换性碱和 F-交换性碱, 计算方法(见下文)较合理。从离子本性来说, 阳离子的交换能力与其价数及离子半径呈正相关。 $\text{Ba}^{2+}$  置换土粒表面的铝离子的能力比  $\text{Na}^+$  强, 土壤的 Ba-交换性酸量大于 Na-交换性酸。 $\text{F}^-$  的吸附及吸附过程中  $\text{OH}^-$  的释放曾做为估量土壤中可反应的水合氧化物的一种方法<sup>[19, 20]</sup>, 有人<sup>[16]</sup> 建议将中性 NaF 溶液中的 pH 值作为热带土壤的例行测定项目。 $\text{F}^-$  的配位交换能力比  $\text{SO}_4^{2-}$  强<sup>[8, 24]</sup>, 在本方法中选用了 NaF 为四种提取剂之一。从以下的结果可以看出(图 2、3、4、5), 红壤的交换性酸、碱量随中性盐浓度而增大, 中性盐浓度到  $0.1\text{N}$  时已达最大值。所以本方法选用  $0.1\text{N}$  为中性盐的浓度。推荐的方法简易快速, 适合在野外现场使用。在田间用原土测定的结果更接近土壤的实际情况。

本工作作用推荐的方法, 在华南地区测定了一些主要类型土壤原土的 pH, 分别计算成两种交换性酸、碱。在室内对中性盐浓度与土壤交换性酸、碱的关系也进行了部分工作。以对华南红壤的酸度状况特别是交换性碱的状况有深一步的认识。

## 二、标本和方法

(一) 标本 在四个地区对不同母质发育的土壤进行了测定。

1. 湛江地区: (1) 凝灰岩发育的砖红壤。植被为高草和矮灌木, 土层深厚, 色泽和质地均一。(2) 玄武岩发育的砖红壤。平坦荒地, 剖面 60 厘米以下出现母岩风化体。(3) 浅海沉积物发育的黄色砖红壤。平坦荒地, 土层深厚。(4) 火山灰土。湖光岩公园内的低丘坡腰, 土色橙色, 壤土, 草类植被。

2. 南宁地区: (1) 页岩发育的赤红壤。处低山坡脚, 植被茂密, 有蕨类、芒箕和马尾松等。(2) 第四纪洪积物发育的赤红壤。处缓坡坡脚, 稀疏马尾松和短草植被。

3. 桂林地区: (1) 片岩发育的红壤。低丘地形, 小灌木及短草植被。(2) 第四纪洪积物发育的红壤。平坦荒地, 短草植被。(3) 红色石灰土。陡坡坡脚, 草类植被茂密, 2 米以下为石灰岩。

4. 昆明地区: 石灰岩发育的红壤。处山腰的缓坡地, 周围岩石露头多, 草类植被尚好。

5. 室内研究用标本: 采自广州由花岗岩发育的赤红壤。采自西双版纳由花岗岩和砂页岩发育的赤红壤。采自贵州平坝由第四纪红色粘土发育的黄壤和采自云南陆良的红色石灰土。皆为底土。电析成氢、铝质土。

(二) 方法 1. pH 值: 野外测定是用水及  $0.1\text{N}$   $\text{NaCl}$ 、 $\text{BaCl}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和 NaF 溶液以 2:1 的土液比平衡土壤, 搅拌均匀, 十几分钟后用玻璃电极和可携式 pH 计测定泥糊的 pH 值。室内测定是用不同

浓度的  $KCl$ 、 $BaCl_2$  和  $K_2SO_4$  溶液和水,以 1:5 的土液比平衡土壤一天后测定。

2. 交换性酸和交换性碱的计算: 以  $[H]_{H_2O}$ 、 $[H]_{NaCl}$ 、 $[H]_{BaCl_2}$ 、 $[H]_{Na_2SO_4}$  和  $[H]_{NaF}$  分别代表土壤在水、 $NaCl$ 、 $BaCl_2$ 、 $Na_2SO_4$  和  $NaF$  中的 pH 值所相当的氢离子浓度。

$$\begin{aligned} [H]_{NaCl} - [H]_{H_2O} & \text{ 为 } Na\text{-交换性酸} \\ [H]_{BaCl_2} - [H]_{H_2O} & \text{ 为 } Ba\text{-交换性酸} \\ [H]_{NaCl} - [H]_{Na_2SO_4} & \text{ 为 } SO_4\text{-交换性碱} \\ [H]_{NaCl} - [H]_{NaF} & \text{ 为 } F\text{-交换性碱} \end{aligned}$$

如果  $Na_2SO_4$  和  $NaF$  溶液中的 pH 值大于 7, 以  $[OH]_{Na_2SO_4}$  和  $[OH]_{NaF}$  代表所相当的  $OH^-$  离子浓度, 则

$$\begin{aligned} SO_4\text{-交换性碱为} & ([H]_{NaCl} - 1 \times 10^{-7}) + ([OH]_{Na_2SO_4} - 1 \times 10^{-7}) \\ F\text{-交换性碱为} & ([H]_{NaCl} - 1 \times 10^{-7}) + ([OH]_{NaF} - 1 \times 10^{-7}) \end{aligned}$$

这一计算方法是以  $Cl^-$  离子不产生配位交换反应为基础的。这样计算的交换性碱排除了  $Na^+$  离子所交换的酸的影响。

### 三、结果和讨论

#### (一) 中性盐对土壤 pH 的影响

当土壤分散在中性盐溶液中, 溶液中的阳离子置换胶粒表面的铝离子和氢离子产生交换性酸; 溶液中的阴离子置换表面的羟基产生交换性碱。交换性酸大于交换性碱则 pH 值降低, 反之则 pH 值升高。土壤在  $NaCl$  和  $BaCl_2$  溶液中 pH 值的降低, 定性地反映土壤交换性酸的状况; 在  $Na_2SO_4$  和  $NaF$  溶液中的 pH 值较在  $NaCl$  中升高, 定性地反映土壤的交换性碱的状况。

从表 1 看出, 各种土壤在不同的中性盐溶液中的 pH 值的大小次序几乎都是:

$$BaCl_2 < NaCl < Na_2SO_4 < H_2O < NaF$$

表明  $Ba^{2+}$  置换土粒表面的铝、氢离子的能力比  $Na^+$  强, 而  $F^-$  置换表面羟基的能力比  $SO_4^{2-}$  强。从离子的本性来说, 二价的  $SO_4^{2-}$  应比一价的  $Na^+$  的代换能力强, 如果土粒表面的酸基和碱基数量相同, 在  $Na_2SO_4$  溶液中的 pH 值应比水中者高。但测定结果(见表 1)却相反, 表明所研究的各类土壤的酸基多于碱基。

(1) 湛江地区的三种砖红壤的 pH 相差不大, 但在四种盐溶液中的 pH 值, 由浅海沉积物发育的黄色砖红壤明显地低于由基性岩发育的两种砖红壤。火山灰土的 pH 接近 6, 较砖红壤高, 在四种盐溶液中的 pH 值也较砖红壤高, 特别是在  $NaCl$  和  $BaCl_2$  溶液中者高得更多。火山灰土整个剖面的 pH 很一致, 而三个砖红壤的 pH 是表层低, 底层稍高。

(2) 南宁地区的赤红壤, 无论是在水中还是在四种盐溶液中, 其 pH 值都明显地比砖红壤低。其中在  $BaCl_2$  溶液中比水中者降低的幅度大于砖红壤者, 而在  $NaF$  中比水中者升高的幅度却比砖红壤小。表明赤红壤的交换性酸明显地大于砖红壤。赤红壤酸性的剖面变异也比砖红壤更明显, 表层的 pH 可比底层低近一个单位。

(3) 桂林地区的红壤的 pH 与赤红壤大体相同, 但在盐溶液中的 pH 却有些不同。在  $NaCl$  和  $BaCl_2$  溶液中比水中降低的幅度较赤红壤降低的幅度稍小, 在  $NaF$  中比在水中升高的幅度却较赤红壤升高的幅度稍大。红色石灰土为中性, 盐基饱和, 所以  $NaCl$  和

表 1 华南土壤在中性盐溶液 (0.1N) 中的 pH 值

Table 1 pH in neutral salt solutions (0.1 N) for soils in South China

土 类 Soil type	母质 Parent material	地点 Locality	深度 Depth (cm)	pH				
				H <sub>2</sub> O	NaCl	BaCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaF
砖红壤	凝灰岩	广东湛江	0—10	5.03	4.48	4.16	4.81	6.92
			20—30	5.05	4.42	4.05	4.69	6.78
			50—60	5.32	4.34	3.99	4.81	6.39
			80—100	5.20	4.21	3.86	4.53	6.47
	玄武岩		0—10	5.45	4.19	3.88	4.60	6.37
			30—40	5.82	4.68	4.33	5.19	7.01
			60—70	5.78	4.56	4.22	5.30	6.81
			100—120	5.63	4.57	4.26	5.22	6.83
黄色砖 红壤	浅海沉 积物	0—10	4.85	4.12	3.82	4.47	6.35	
		30—40	5.28	4.13	3.86	4.52	6.33	
		60—70	5.66	4.20	3.83	4.62	6.04	
		90—100	5.75	4.30	3.94	4.77	6.30	
火山灰土	火山灰	0—10	5.87	5.35	5.13	5.72	7.09	
		30—40	5.94	5.29	5.11	5.41	6.97	
		50—60	5.90	5.20	5.07	5.76	7.14	
赤红壤	第四纪 洪积物	广西南宁	0—10	4.54	3.71	3.43	3.97	5.94
			20—30	5.04	4.04	3.78	4.50	6.85
			60—70	5.40	4.17	3.90	4.63	7.13
	页岩		0—10	4.93	3.53	3.37	3.79	5.69
			20—30	4.52	3.69	3.50	4.02	5.84
			50—60	4.92	3.83	3.59	4.14	5.71
			100—120	5.35	4.03	3.77	4.47	5.96
			红壤	片岩	广西桂林	0—10	4.52	4.40
20—30	4.79	4.15				3.76	4.79	6.56
50—60	5.08	4.03				3.54	4.64	6.42
90—100	4.88	4.26				3.57	4.90	6.42
第四纪 洪积物	0—10	4.82		4.18		3.72	4.62	6.67
	30—40	5.03		4.14		3.77	4.59	6.35
	60—70	5.27		4.46		4.06	5.03	6.84
	90—100	5.47		4.32		3.73	4.83	6.61
红色石灰土	石灰岩	0—10	6.74	6.82	6.68	7.27	8.33	
		30—40	6.70	6.75	6.52	6.89	8.15	
		60—70	6.54	6.55	6.35	7.12	8.04	
		90—100	6.63	6.73	6.38	7.10	7.95	
红 壤	云南昆明	0—10	5.80	4.81	4.84	5.30	6.91	
		20—30	5.50	4.82	4.56	5.13	7.09	
		50—60	5.53	4.86	4.53	5.13	7.04	

BaCl<sub>2</sub> 悬液的 pH 值与水悬液者很接近, 只有 NaF 悬液的 pH 值才明显地高于水悬液者。

(4) 昆明由石灰岩发育的红壤, 受母岩的影响各项 pH 值较桂林的红壤的相应 pH

高,而与玄武岩发育的砖红壤很接近。

## (二) 中性盐浓度与交换性酸和交换性碱的关系

(1) 电析对土壤交换性酸和碱的影响 从图 1 看出,西双版纳的一个赤红壤的 K-交换性酸量随 KCl 浓度的增高而迅速增大,盐浓度  $pC(-\log C)$  值 1.4 左右时达最大值。这个土壤经电析后,其交换性酸在盐浓度高的范围内明显增大,而在低浓度范围内则明显减少,并出现负值,这表示出现了交换性碱。图 1 的结果表明强酸性土壤的胶粒表面上仍吸附有少量盐基性离子和阴离子(如  $SO_4^{2-}$ ,  $SiO_3^{2-}$  等),土壤经电析后这些离子分别被氢离子和氢氧离子置换,增加了土壤交换性酸、碱的量。另一个采自云南的红色石灰土为中性反应,原土的 K-交换性酸量很少,但电析后增大了几十倍(见图 2)。

### (2) 盐浓度对交换性酸和交换性碱的影响

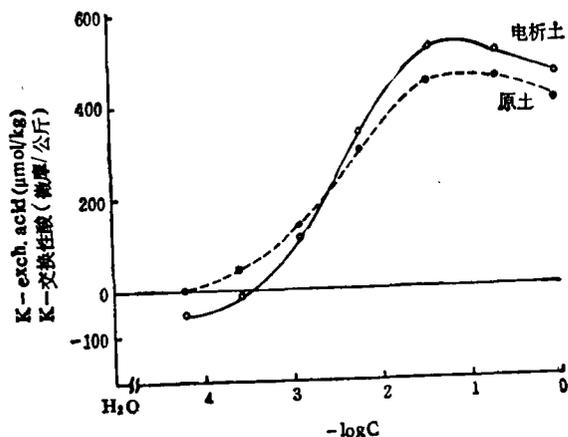


图 1 砂页岩发育的赤红壤(西双版纳)电析前后 K-交换性酸的变化  
Fig. 1 Changes in K-exchangeable acid of lateritic red earth derived from sandy shale before and after electro dialysis treatment (C, conc. of KCl in N)

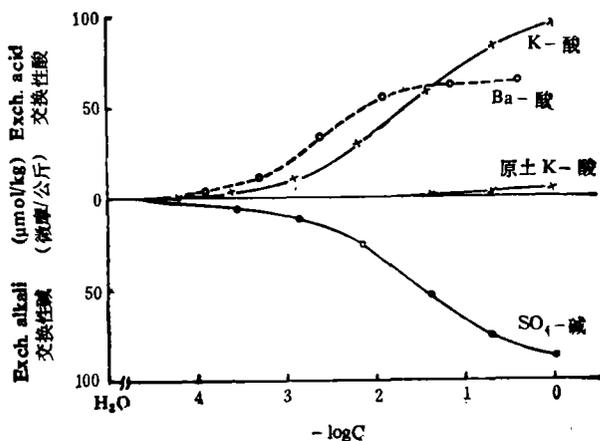


图 2 红色石灰土(陆良)的交换性酸和交换性碱(C为中性盐的当量浓度)  
Fig. 2 Exchangeable acid and exchangeable alkali of terra rossa (Yunnan) (C, conc. of salt in N)

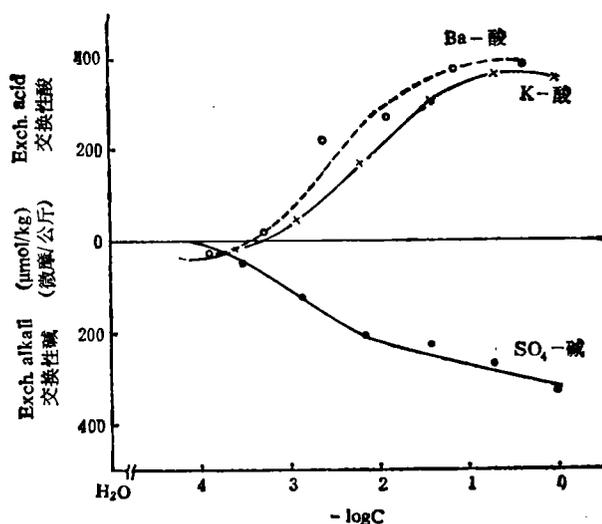


图3 黄壤(平坝)的交换性酸和交换性碱 (C为中性盐的当量浓度)

Fig. 3 Exchangeable acid and exchangeable alkali of yellow earth (Guizhou) (C, conc. of salt in N)

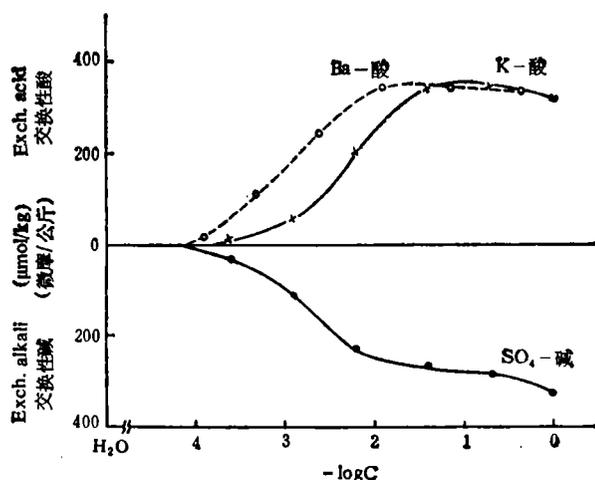


图4 花岗岩发育的赤红壤(广州)的交换性酸和交换性碱(C为中性盐的当量浓度)

Fig. 4 Exchangeable acid and exchangeable alkali of lateritic red earth derived from granite (Guangdong) (C, conc. of salt in N)

图2、3、4、5是几种土壤电析后其交换性酸和交换性碱随中性盐浓度的变化。从图可以看出,赤红壤、黄壤和红色石灰土电析后都有一定量的交换性酸和交换性碱,各种土壤的交换性酸多于交换性碱。随中性盐浓度的增大,交换性酸和交换性碱量都增大,盐浓度达到0.1当量( $pC = 1$ )时已达到或接近最大值。从两种交换性酸量比较来看,中性盐浓度低( $pC$ 大于1.5左右)时,Ba-交换性酸大于K-交换性酸,盐浓度高时, $K^+$ 的置换能力与 $Ba^{2+}$ 相差不大。从四种土壤的交换性酸和交换性碱量来看,西双版纳的赤红壤最多(图

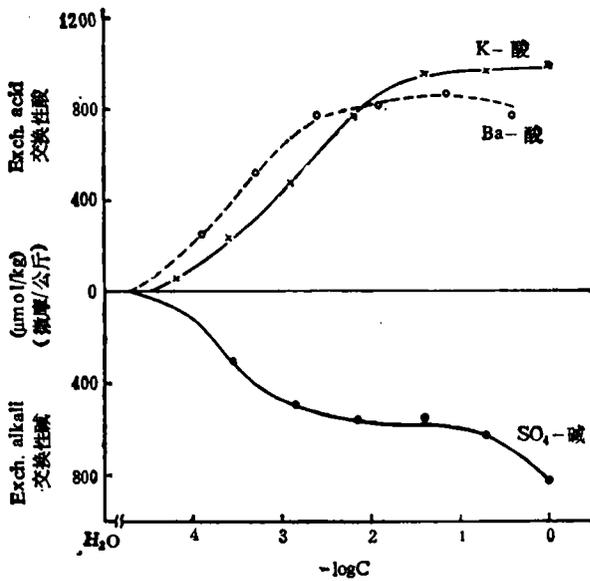


图5 花岗岩发育的赤红壤(西双版纳)的交换性酸和交换性碱(C为中性盐的当量浓度)

Fig. 5 Exchangeable acid and exchangeable alkali of lateritic red earth derived from granite (Yunnan) (C, conc. of salt in N)

5), 广州的赤红壤(图4)和贵州黄壤(图3)中等, 云南的红色石灰土最少(图2)。贵州的黄壤在盐浓度极低( $pC$  大于 3.5)时, 两种交换性酸都出现了负值(图3), 表明该土壤在此条件下产生的交换性碱大于交换性酸。

本节实验用的是电析过的土壤, 使用的水土比大, 平衡时间也长, 所以土壤的交换性酸和交换性碱量, 比下一节给出的用推荐的方法测得的结果大得多。这些结果促成我们在推荐的方法中改用  $\text{NaCl}$  代替  $\text{KCl}$ , 中性盐浓度选用 0.1 当量。

### (三) 不同土壤的交换性酸和交换性碱

用推荐的方法在野外用原土测定了一些土壤的两种交换性酸和两种交换性碱, 结果列于表 2。下面分别加以讨论。

(1) 砖红壤: 其  $\text{Na}$ -交换性酸在 10—30 微摩 (每公斤土, 下同),  $\text{Ba}$ -交换性酸为 30—70 微摩, 其中黄色砖红壤的两种交换性酸都大于红色砖红壤者。  $\text{SO}_4$ -交换性碱在 10—20 微摩之间,  $\text{F}$ -交换性碱在 15—40 微摩之间。从交换性酸和碱的剖面变化看, 凝灰岩发育的砖红壤是表层少, 向下逐渐增多, 特别是  $\text{Ba}$ -交换性酸更突出。玄武岩发育的砖红壤则是表层多, 第二层少, 再向下基本不变。黄色砖红壤剖面变化不大。

(2) 赤红壤:  $\text{Na}$ -交换性酸在 40—100 微摩之间,  $\text{Ba}$ -交换性酸在 60—200 微摩。  $\text{SO}_4$ -交换性碱在 30—60 之间,  $\text{F}$ -交换性碱在 40—140 之间。可见, 无论是交换性酸还是交换性碱, 赤红壤者都较砖红壤者高。这与赤红壤的  $\text{pH}$  较砖红壤明显为低有关, 因为  $\text{pH}$  低土壤交换性酸量多, 同时阴离子配位交换所释放的羟基量也较多。两种赤红壤的交换性酸和交换性碱的剖面分布都是由上到下, 由多变少, 且上下层相差较大。

(3) 红壤: 桂林的两个红壤的交换性酸和交换性碱量介于砖红壤和赤红壤之间。

表 2 华南土壤的交换性酸和交换性碱(微摩/公斤)  
Table 2 Exchangeable acidity and exchangeable alkalinity of  
soils in South China ( $\mu\text{mol/kg}$ )

土类 Soil type	母质 Parent material	地点 Locality	深度 Depth (cm)	Na-交换性酸 Na-exch. acidity	Ba-交换性酸 Ba-exch. acidity.	SO <sub>4</sub> -交换性碱 SO <sub>4</sub> -exch. alkalinity	F-交换性碱 F-exch. alkalinity	
砖红壤	凝灰岩	广东湛江	0-10	12	30	9	16	
			20-30	16	42	8	19	
			50-60	20	49	15	23	
			80-100	28	66	16	31	
	玄武岩		0-10	30	64	20	32	
			30-40	10	23	27	10	
			60-70	13	29	11	14	
			100-120	12	26	10	13	
黄色砖红壤	浅海沉积物	0-10	31	68	21	38		
		30-40	34	66	22	37		
		60-70	30	65	20	31		
		90-100	24	56	17	25		
赤红壤	页岩	广西南宁	0-10	127	193	66	146	
			20-30	87	143	54	101	
			50-60	68	122	38	73	
			100-120	44	62	30	46	
	第四纪洪 积物		0-10	83	171	44	97	
			20-30	41	78	30	46	
			60-70	32	61	22	34	
红壤	片岩	广西桂林	0-10	5	31	10	20	
			20-30	27	80	27	35	
			50-60	42	140	35	47	
			90-100	21	128	21	27	
	第四纪洪 积物		0-10	25	88	21	33	
			30-40	31	80	23	36	
			60-70	15	41	13	17	
			90-100	22	91	16	24	
	石灰岩		云南昆明	0-10	7	6	5	8
				20-30	6	12	4	7
				50-60	5	13	3	7
	火山灰土		火山灰	广东湛江	0-10	2	3	2
30-40		2			3	1	3	
50-60		3			4	2	3	

Na-交换性酸 10—40 微摩, Ba-交换性酸 40—140 微摩, SO<sub>4</sub>-交换性碱 10—35 微摩, F-交换性碱 20—50 微摩。从剖面变化看, Ba-交换性酸变异幅度较大, 片岩发育的红壤的底层较表层多 100 多微摩。昆明的一个红壤由于受石灰岩母质的影响, 交换性酸和交换性碱量很少。

(4) 其它土壤: 采自湛江湖光岩的一个火山灰土的交换性酸和交换性碱只有痕迹量。一般火山灰土中因含有大量水铝英石, 可被 NaF 置换出的羟基特别多。湛江的这个火山灰土的 F-交换性碱量极低, 看来不大像含有多量的水铝英石。桂林的一个红色石灰土的 pH 接近 7, 交换性酸测不出来, 交换性碱也只有痕迹量。

从本节的讨论可以看出, 不同土壤的酸度状况受土壤母质的影响很大, 酸性母质发育的红壤类土壤的交换性酸和交换性碱量比基性母岩发育者明显为高。

### 参 考 文 献

- [1] 张效年、蒋能慧, 1964: 土壤电化学性质的研究 III. 红壤胶体的电荷特征. 土壤学报, 第 12 卷 2 期, 120—131 页。
- [2] 张效年、蒋能慧、邵宗臣、潘淑贞、张毓根, 1979: 土壤电化学性质的研究 VI. 红壤对离子的吸附特点与其电荷性质的关系. 土壤学报, 第 16 卷 2 期, 145—156 页。
- [3] 于天仁、张效年, 1983: 红壤的物理化学性质, 见李庆远主编《中国红壤》74—90 页, 科学出版社。
- [4] 赵安珍、张效年, 1989: 中性盐对红壤 pH 的影响. 土壤, 第 21 卷 1 期, 5—9 页。
- [5] 侯光焯, 1960: 农业土壤生理性. 西南农学院学报, (总 2 期), 1—16 页。
- [6] 陈家坊, 1984: 氧化物研究的动态和展望. 土壤, 第 16 卷 2 期, 45—47 页。
- [7] 王振权、周瑞荣, 1986: 湘西红壤与黄壤 pH(KF) 的区分. 土壤, 第 18 卷 2 期, 92 页。
- [8] Barrow, N. J., 1985: Reaction of anions and cations with variable charge soils. *Adv. Agron.*, 38: 183—230.
- [9] Brydon, J. E. and Day, J. H., 1970: Use of the fieldes and perrott NaF test to distinguish the B horizon of podzols in the field. *Canad. J. Soil Sci.*, 50: 36—41.
- [10] Chao, T. T., Harward, M. E and Fang, S. C., 1965: Exchange reactions between hydroxyl and sulfate ions in soils. *Soil Sci.*, 99: 104—108.
- [11] Coleman, N. T. and Thomas, G. W., 1967: The basic chemistry of soil acidity. *Agronomy*, 12: 1—41.
- [12] Gebhardt, H. and Coleman, N. T., 1974: Anion adsorption by allophanic tropical soils. II. Sulfate adsorption. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 38: 259—262.
- [13] Mattson, S., 1931: The laws of soil colloidal behavior: V. Ion adsorption and exchange. *Soil Sci.*, 31: 311—331.
- [14] Mattson, S., 1932: The laws of soil colloidal behavior: VI. Amphoteric behavior. *Soil Sci.*, 32: 343—365.
- [15] Mattson, S. and wiklander, L., 1940: The laws of soil colloidal behavior XXI. The amphoteric points, the pH, and the Donnan equilibrium. *Soil Sci.*, 49: 109—162.
- [16] Parfitt, R. L., 1977: Phosphate adsorption on an oxisol. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 41: 1064—1067.
- [17] Parfitt, R. L., 1978: Anion adsorption by soils and soil materials. *Adv. Agron.*, 30: 1—50.
- [18] Perrott, K. W., Smith, B. F. L. and Inkson, R. H. E., 1976: The reaction of fluoride with soils and soil minerals. *J. Soil Sci.*, 27: 58—67.
- [19] Perrott, K. W., Smith, B. F. L. and Mitchell, B. D., 1976: Effect of pH on the reaction of sodium fluoride with hydrous oxides of silicon, aluminum, and iron, and with poorly ordered aluminosilicates. *J. Soil Sci.*, 27: 348—356.
- [20] Rajan, S. S. S., 1978: Sulfate adsorbed on hydrous alumina, ligands displaced, and changes in surface charge. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 42: 39—44.
- [21] Rajan, S. S. S., Perrott, K. W. and Saunders, W. M. H., 1974: Identification of phosphate-reactive sites of hydrous alumina from proton consumption during phosphate adsorption at constant pH values *J. Soil Sci.*, 25: 438—447.
- [22] Ryden, J. C., Mclaughlin, J. R. and Syers, J. K. 1977: Mechanisms of phosphate sorption by soils and hydrous ferric oxide gel. *J. Soil Sci.*, 28: 72—92.
- [23] Thomas, G. W. and Hargrone, W. L., 1984: The chemistry of soil acidity. in Adams, P. (ed.) *Soil Acidity and Liming*. (second edition), Pub. Madison, Wisconsin, USA
- [24] Zhang, G. Y., Zhang, X. N. and Yu, T. R., 1987: Adsorption of sulfate and fluoride by variable charge soils. *J. Soil Sci.*, 38: 29—38.
- [25] Zhang, X. N., Zhang, G. Y., Zhao, A. Z., and Yu, T. Y 1989: Surface electrochemical properties of the B horizon of a Rhodic Ferralsol, China. *Geoderma*, 44: 275—286.

## EXCHANGEABLE ALKALINITY AND EXCHANGEABLE ACIDITY OF RED SOILS IN SOUTH CHINA

Zhang Xiaonian, Zhao Anzhen, Zhang Gangya and Zhang Hong

*(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)*

### Summary

In this paper, a simple method for simultaneous determination of exchangeable acidity and exchangeable alkalinity of soils which could distinguish to Na-exchangeable acidity, Ba-exchangeable acidity,  $\text{SO}_4$ -exchangeable alkalinity and F-exchangeable alkalinity was proposed. The exchangeable acidity and exchangeable alkalinity of various red soils derived from different parent materials in South China were determined with the proposed method in the field.

The results showed that acid red soils contained not only large amount of exchangeable acid but also considerable quantities of exchangeable alkali. Because  $\text{Ba}^{2+}$  ions possess a stronger power than  $\text{Na}^+$  ions in replacing exchangeable aluminium ions, which are the principal cause of soil acidity, the amount of Ba-exchangeable acid was larger than that of Na-exchangeable acid. Likewise, because the amount of  $\text{OH}^-$  ions released by ligand exchange between  $\text{F}^-$  ions and hydroxyl groups on the surface of soil particles was higher than that when  $\text{SO}_4^{2-}$  ions were used, the amount of F-exchangeable alkali was larger than that of  $\text{SO}_4$ -exchangeable alkali. For the same type of soil, the amounts of exchangeable alkali of red soils derived from acid parent materials were higher than that of the soils derived from basic rocks.

The amounts of exchangeable acidity and exchangeable alkalinity increased with the increase in neutral salt concentration up to 0.1 N, and then approached a constant value.