

# 三种紫色土表面电荷性质的研究

杨兴伦 李 航

(西南农业大学资源环境学院, 重庆 400716)

**摘 要** 采用恒流置换法测定了酸性、中性、石灰性紫色土表面电荷总量、表面电位、表面电荷密度、表面电场强度以及比表面积, 并讨论了电解质浓度、类型、环境温度以及 pH 对这些电性参数的影响。结果表明: (1) 在 2:1 型电解质体系 ( $Mg(NO_3)_2$ ) 中, 三种紫色土的表面电位分别约为  $-0.16 \sim -0.18$  V、 $-0.17 \sim -0.19$  V、 $-0.18 \sim -0.19$  V; 表面负电荷密度分别为  $-0.26 \sim -0.44$   $Cm^{-2}$ 、 $-0.37 \sim -0.59$   $Cm^{-2}$ 、 $-0.58 \sim -0.67$   $Cm^{-2}$ ; (2) 随电解质浓度的增加, 三种紫色土的表面电位的负值都表现出下降的趋势, 而表面电荷密度负值则表现出稍微增加趋势; (3) 在 2:1 型电解质体系中三种紫色土的表面电位都约为在 1:1 型电解质体系 ( $KNO_3$ ) 中的一半, 而表面电荷密度、表面电场强度和比表面积则在两种体系中基本相等; (4) 随温度的升高, 三种紫色土的表面电位的负值、表面电荷密度负值都表现出减少的趋势。

**关键词** 紫色土; 表面电位; 表面电荷密度

中图分类号 S153.2

文献标识码 A

土壤表面带有电荷是土壤具有一切理化性质的根本原因<sup>[1]</sup>, 表面电荷性质对于土壤发生分类、土地改良利用以及土壤污染控制都非常重要。但是关于土壤表面电荷性质的资料特别是关于表面电位、表面电荷密度的资料还相当缺乏, 最主要原因是长期以来缺少可靠的测定方法<sup>[2]</sup>。现在, 由于李航提出了测定任何土壤表面电位、表面电荷密度的方法, 方便地获得土壤表面电化学参数成为可能<sup>[3]</sup>。

紫色土是一种在中国农业生产中具有重要地位、在土壤学科中具有特殊位置的土壤之一。一般根据 pH 和有碳酸盐反应将紫色土分为酸性、中性、石灰性紫色土三种<sup>[4]</sup>。基于土壤表面电位、表面电荷密度测定方法的提出, 本实验拟对三种紫色土的表面电学性质进行测定, 讨论三种紫色土表面电荷性质的特点以及测定条件对表面电荷性质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品

以采自云南禄丰、安徽休宁、贵阳和重庆北碚的三种紫色土为研究对象, 土样过 0.25 mm 筛, 石灰性紫色土用稀盐酸除游离碳酸钙后烘干再过筛。基本

理化性质采用常规方法测定。供试土样某些理化性质如表 1。

### 1.2 方法

**1.2.1 平衡吸附量 ( $N_{\infty}$ ) 的测定** 开启恒流泵, 流速设定为  $1 \text{ ml min}^{-1}$ 。称取两张烘干至恒重的圆形滤纸, 将其中一张铺在交换柱的平面上(该表面上均匀分布着小孔, 圆形滤纸直径比该表面直径稍大), 滴加几滴去离子水润湿。小心将滤纸下的气泡赶出, 用力压紧使其紧贴到交换柱的平面和圆周上, 直到观察到在恒流泵抽吸下无空气从滤纸边缘进入为止(如有空气从边缘进入, 则润湿的滤纸会泛白)。称取 0.1~0.2 g 土样于三角瓶中, 加 5 ml 左右的去离子水搅拌均匀。用滴管吸取该溶液均匀滴加到铺好的滤纸上, 待滴加的土样被抽干时, 在样品上轻轻放上另一张滤纸(防止液体直接冲击土样)。盖上流动柱上盖, 将整个流动柱放入达到设定温度的恒温水浴锅中, 连接装有达到热平衡的  $0.5 \text{ mol L}^{-1}$   $Ca(NO_3)_2$  容量瓶。当流动柱中形成约 1 cm 厚液层后, 关闭流动柱上盖的空气阀, 使液体在保持液层厚度下均匀通过土样, 处理 1 h 即完成了土样的表面处理。断开  $Ca(NO_3)_2$  溶液, 抽干后改换连接达到热平衡的去离子水, 按上方法使其通过土样, 淋洗至流

表 1 供试土样的基本理化性质  
Table 1 Some chemical and physical properties of soil samples

类型 Soil type	采集地 Location	层次 Horizon	pH	CEC ( $\text{mol kg}^{-1}$ )	交换性酸 Exchangeable acid ( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	盐基饱和度 Salt saturation (%)	比表面积 SSA <sup>①</sup> ( $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ )
酸性 Acidic	安徽 Anhui	A	4.08	10.43	7.07	41.4	32
		B	4.10	10.84	6.05	44.7	30
		C	4.10	11.56	6.00	49.4	30
	云南 Yunnan	A	4.00	12.9	5.74	76.3	31
		B	4.10	13.51	4.13	83.3	30
		C	4.60	14.25	0.46	97.3	30
中性 Neutral	重庆 Chongqing	A	7.08	25.8	0.00	100	86
		B	5.38	23.3	0.18	99.0	84
		C	5.60	21.2	0.23	99.0	85
	重庆 Chongqing	A	7.56	17.1	0.73	98.0	87
		B	7.60	20.6	0.20	99.0	86
		C	7.42	27.6	0	100	86
石灰性 Calcareous	重庆 Chongqing	A	7.80	26.4	—	100	93
		B	7.82	25.5	—	100	91
		C	7.81	23.4	—	100	90
	贵阳 Guiyang	A	7.84	28.5	—	100	91
		B	7.74	24.5	—	100	90
		C	8.02	23.7	—	100	90

① Specific surface area

出液中检测不出  $\text{Ca}^{2+}$  离子为止(一般 2~4 h)。断开去离子水,抽干后改换连接达到热平衡  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  或  $\text{KNO}_3$  溶液使其通过土样,打开自动部分收集器,时间间隔设定为 10 min,当第一滴出流液流出时开始记时。收集 3~4 h 后,断开交换液,抽干后,将交换柱中的土样连同滤纸一同取出,放入烘箱在 100~105 °C 下烘干至恒重,计算土壤样品的质量。收集的流出液用原子吸收法测定其中的镁离子或钾离子浓度,计算平衡吸附量。

**1.2.2 固定液膜体积 ( $V$ ) 的测定** 取两张滤纸,都铺在交换柱表面上,按 1.2.1 的步骤滴加约 1 g 土样,待流动柱中刚好无液体流出时,取下土样和上层滤纸(仍铺在交换柱表面上的另一张滤纸防止液体回流);将大部分土样尽可能迅速地转入一已知质量的铝盒并立即称重。然后放入烘箱在 100~105 °C 下烘干至恒重,烘干前后质量之差即为土样固定液膜的质量,计算单位质量土样固定液膜体积。

**1.2.3 平均离子浓度、表面电位、表面电荷密度、表**

面电场强度和比表面积的计算<sup>[3]</sup>

(1) 固定液膜中平均离子浓度

$$c_p = \frac{N_\infty}{V} \quad (1)$$

(2) 表面电位

在 2:1 型电解质体系中:

$$\phi_0 = \frac{RT}{2F} \ln \left[ 3 \left( \frac{c_0}{c_p} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \quad (2)$$

在 1:1 型电解质体系中:

$$\phi_0 = \frac{RT}{F} \ln \left[ 4 \left( \frac{c_0}{c_p} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \quad (3)$$

其中,  $N_\infty$  为平衡吸附量,  $V$  为固定液膜的体积,  $R$  为气体常数,  $T$  为温度,  $F$  为法拉第常数,  $c_0$  为交换液原液浓度。

(3) 表面负电荷密度

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{2RT\epsilon_0}{\pi}} \sinh \frac{ZF\phi_0}{2RT} \quad (4)$$

其中,  $\epsilon$  为水的介电常数, 值为  $8.9 \times 10^{-9} \text{C}^2 \text{J}^{-1} \text{m}^{-1}$ ;

$\pi$  为圆周率。

(4) 表面电场强度

$$E_0 = \sqrt{\frac{32RT\pi c_0}{\epsilon}} \sinh \frac{ZF\phi_0}{2RT} \quad (5)$$

(5) 比表面积

$$SSA = \frac{ZF(N'_\infty - c_0V)}{\sigma_0} \quad (6)$$

其中,  $Z$  为交换液阳离子电荷价数,  $N'_\infty$  是采用

Schofield 法测定的电荷总量<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 三种紫色土在 2 1 型电解质体系中的电荷性质

三种紫色土各剖面土样的固定液膜体积、平衡吸附量、平衡时液膜内平均离子浓度以及表面电位、表面电荷密度的计算结果列于表 2。

表 2 土样在 2 1 型电解质( $Mg(NO_3)_2$ )中的表面电荷性质

Table 2 Surface charge properties of the soil samples in 2 1 type electrolyte of  $Mg(NO_3)_2$

类型	地点	层次	$V$	$N_\infty$	$c_p$	$\phi_0$	$\sigma_0$	$E_0$	$N'_\infty$	SSA
Type	Location	Horizon	(ml g <sup>-1</sup> )	(mol kg <sup>-1</sup> )	(mol m <sup>-3</sup> )	(V)	(C m <sup>-2</sup> )	(J m <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup> )	(mol kg <sup>-1</sup> )	(m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )
酸性 Acidic	安徽 Anhui	A	0.47	0.04	78.92	-0.16	-0.26	-2.05E+08	0.04	26
		B	0.47	0.05	101.48	-0.17	-0.33	-2.64E+08	0.05	26
		C	0.47	0.05	108.22	-0.17	-0.35	-2.82E+08	0.06	26
	云南 Yunnan	A	0.47	0.06	120.77	-0.18	-0.39	-3.14E+08	0.06	26
		B	0.47	0.06	126.48	-0.18	-0.41	-3.29E+08	0.07	26
		C	0.47	0.06	133.4	-0.18	-0.44	-3.47E+08	0.07	26
中性 Neutral	重庆 Chongqing	A	0.67	0.11	169.43	-0.18	-0.55	-4.41E+08	0.13	45
		B	0.67	0.09	139.88	-0.18	-0.49	-3.64E+08	0.12	45
		C	0.67	0.10	150.39	-0.18	-0.46	-3.91E+08	0.11	45
	重庆 Chongqing	A	0.67	0.09	112.30	-0.17	-0.37	-2.92E+08	0.09	45
		B	0.67	0.09	135.28	-0.18	-0.44	-3.52E+08	0.10	45
		C	0.67	0.13	181.25	-0.19	-0.59	-4.72E+08	0.14	45
石灰性 Calcareous	重庆 Chongqing	A	0.61	0.12	190.43	-0.19	-0.62	-4.96E+08	0.13	41
		B	0.61	0.11	183.93	-0.19	-0.60	-4.79E+08	0.13	41
		C	0.61	0.11	168.79	-0.18	-0.60	-4.79E+08	0.12	41
	贵阳 Guiyang	A	0.61	0.13	205.57	-0.19	-0.67	-5.35E+08	0.14	41
		B	0.61	0.11	176.72	-0.18	-0.58	-4.60E+08	0.12	41
		C	0.61	0.10	170.95	-0.18	-0.58	-4.45E+08	0.12	41

注( Note):  $T=303\text{ K}$ ,  $c_0=0.084\text{ mol m}^{-3}$ ,  $\text{pH}=7$

从上表可知, 三种紫色土的表面电位分别约为  $-0.16\sim -0.18\text{ V}$ 、 $-0.17\sim -0.19\text{ V}$ 、 $-0.18\sim -0.19\text{ V}$ 。无论酸性、中性和石灰性紫色土, 在各层次上表面电位没有明显的差异。

Greene Kelly 认为, 大多数土壤表面电荷密度在  $-0.1\sim -0.37\text{ C m}^{-2}$  的范围内<sup>[6]</sup>; 采用传统测定方法所得三种紫色土的表面电荷密度分别为  $-0.26\sim -0.44\text{ C m}^{-2}$ 、 $-0.18\sim -0.30\text{ C m}^{-2}$ 、 $-0.28\sim -0.35\text{ C m}^{-2}$ 。从表 2 可知, 三种紫色土表面负电荷密度分别为  $-0.26\sim -0.44\text{ C m}^{-2}$ 、 $-0.37\sim -0.59\text{ C m}^{-2}$ 、 $-0.58\sim -0.67\text{ C m}^{-2}$ , 实验结果比

传统方法所得值大, 也超过了 Greene Kelly 的预测值范围。还可以看出, 酸性紫色土表面电荷密度用两种测定方法所得结果接近, 而中性和石灰性紫色土的表面电荷密度用两种方法测定结果相差较大。传统方法测定表面电荷密度必须依赖电荷总量和比表面积的数值, 而电荷总量用两种方法测定结果相差很小, 因此可以排除电荷总量这一因素导致对两种方法测定结果的影响, 又因为传统方法采用的比表面积值(表 1)比本实验计算所得比表面积值(表 2)大 50% 左右, 所以, 可能因素为传统方法测定的比表面积值。作者认为, 目前普遍采用的甘油吸附法

在测定土壤比表面积时存在较大的局限, 因为其理论基础没有考虑表面的不均匀性和分子之间的相互作用<sup>[7]</sup>, 而土壤表面又具有显著的非均一性, 且毛细管凝聚显著, 这使实验结果往往较严重地偏离理论值。可能正是这种原因导致中性和石灰性紫色土的表面电荷密度用两种方法测定所得结果相差较大。而本实验通过计算获得比表面积, 不存在是否偏离理论的问题。此问题还有待进一步的研究。

从表 2 可知, 三种紫色土的表面电荷密度的大小顺序为: 酸性 < 中性 < 石灰性。这可能与成土母质有关: 两个酸性紫色土样的成土母质是紫色砂岩, 两个石灰性紫色土样的成土母质为紫色泥岩, 而中性紫色土电荷密度较低者其母质为紫色泥页岩, 较高者母质是紫色泥岩。表 2 同时反映了三种紫色土各剖面层次上表面电荷密度变化的规律: 酸性紫色土表现为表土层 < 心土层 < 底土层。导致这样的变化规律可能的原因是酸性紫色土土层相对疏松且较薄, 表土层和心土层中的胶体迁移并在底土层中积累; 而中性紫色土其中一个土样的表面电荷密度表现为表土层 > 心土层 > 底土层。另一个表现为表土层 < 心土层 < 底土层, 这种变化规律可能除了与成土母质有关外, 还与地形有关, 前者处于地势较低的地方, 心土层和底土层经历了一定程度脱盐基过程, 而表土经常有刚风化的被流水带来的新土, 而后者则处于地势高的地方, 脱盐基程度从表土到心土逐渐变小; 石灰性紫色土表现为表土层 > 心土层 ≈ 底土层。

## 2.2 环境条件对三种紫色土表面电荷性质的影响

### 2.2.1 电解质浓度对表面电荷性质的影响

电解质浓度对三种紫色土表面电荷性质影响如图 1 和图 2 所示。从图 1 可知, 表面电位随电解质浓度的增加而降低。杨亚提等在研究离子强度对恒电荷土壤吸附铜、铅的影响时也获得同样的变化规律<sup>[8]</sup>。根据静电学理论中电势迭加原理可知, 土壤胶体双电层中的任何一点电位都是体系中所有带电离子以及土壤所具有的电荷共同作用的结果<sup>[9]</sup>, 随电解质浓度的增加, 空间中的反离子增加, 土壤胶体表面的电位将会随之下降。这种变化趋势也是非常合理的, 因为随电解质浓度的增加, 双电层的扩散层被压缩, 表面电位必然降低, 导致滑动面上的电位也降低, 从而使土壤胶体趋于聚合, 这与胶体稳定性理论吻合<sup>[10]</sup>。所以从这个方面来讲, 实验的结果是可靠的。

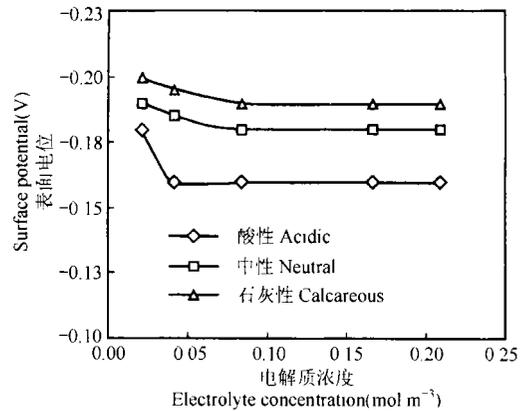


图 1 电解质浓度对土样表面电位的影响

Fig. 1 Effect of electrolyte concentration on surface potential

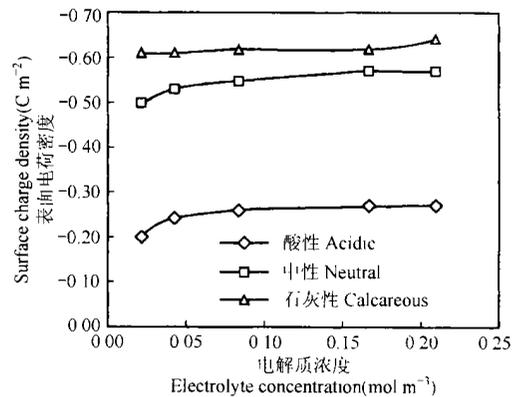


图 2 电解质浓度对土样表面电荷密度的影响

Fig. 2 Effect of concentration on surface charge density

从图 2 可知, 三种紫色土表面电荷密度随电解质浓度的增加有所增加, 但增加的幅度总体而言较小。当电解质浓度增加到  $0.208 \text{ mol m}^{-3}$  时, 表面电荷密度相当于电荷总量 (Schofield 法) 作为平衡吸附量计算出的表面电荷密度, 即表面电荷密度达到最大值。酸性紫色土表面最大电荷密度约  $-0.26 \text{ C m}^{-2}$ , 中性和石灰性紫色土约为  $-0.60 \text{ C m}^{-2}$  和  $-0.70 \text{ C m}^{-2}$ 。另外, 根据 Uehara 和 Gillman 的关于混合型表面电荷密度与电解质浓度的关系的理论可知, 当电解质浓度趋近于零时, 可变电荷密度趋近于零, 此时的表面电荷密度等于表面恒电荷密度。根据图 2 的曲线外推到  $c_0 = 0 \text{ mol m}^{-3}$  处, 获得三种紫色土的表面恒电荷密度分别约  $-0.19 \text{ C m}^{-2}$ 、 $-0.48 \text{ C m}^{-2}$  和  $-0.64 \text{ C m}^{-2}$ , 三者都约为最大表面电荷密度的 80% ~ 90%。也就是说, 恒电荷是三种紫色土的主要电荷类型。作者采用同样的方法对砖红壤表面电荷密度进行测定, 所获

得的比值约 20%。是否该比值在某种程度上可以反映混合型表面土壤中恒电荷表面和可变电荷表面的比例还有待进一步的研究。

**2.2.2 电解质类型对表面电荷性质的影响** 电解质的离子价数、离子半径和水化层的厚度等的差异将导致其与土壤胶体表面的相互作用不同,从而影响土壤胶体的电荷性质。这方面已经有较多的研究,但结果并不一致<sup>[2]</sup>。表 3 是三种紫色土在 2:1 型电解质体系 ( $Mg(NO_3)_2$ ) 和 1:1 型电解质体系 ( $KNO_3$ ) 中所测定的表面电荷性质。由表 3 可知,在

2:1 型电解质体系中,三种紫色土表面电位都明显低于在 1:1 型电解质体系中的测定值,前者约为后者的 50%;而在两种电解质体系中表面电荷密度大致相当。表面电位在二价离子体系中低于一价体系的原因可能是根据电势迭加原理,当其他条件相同时,本体溶液中二价离子对土壤表面电位产生的抵消作用强于一价离子;也可能是  $Mg^{2+}$  在双电层中的分布状况与  $K^+$  不同。表面电荷密度、表面电场强度在两种电解质体系中的差异不明显主要受电中性原理以及紫色土以恒电荷表面为主的性质决定。

表 3 土样在 2:1 型电解质 ( $Mg(NO_3)_2$ ) 和 1:1 型电解质 ( $KNO_3$ ) 体系中表面电荷性质的比较

Table 3 Comparison in surface charge properties between the 2:1 type electrolyte and the 1:1 type one

类型 Type	地点 Location	电解质体系 Electrolyte	$\phi_0$ (V)	$\sigma_0$ ( $C m^{-2}$ )	$E_0$ ( $J m^{-1} C^{-1}$ )	$S$ ( $m^2 g^{-1}$ )
酸性 Acidic	安徽 Anhui	2:1	-0.16	-0.26	-2.05E+08	26
	云南 Yunnan	2:1	-0.18	-0.39	-3.14E+08	26
	重庆 Chongqing	1:1	-0.32	-0.27	-2.05E+08	26
中性 Neutral	重庆 Chongqing	2:1	-0.18	-0.55	-4.41E+08	45
	重庆 Chongqing	1:1	-0.36	-0.55	-4.41E+08	45
	重庆 Chongqing	2:1	-0.17	-0.37	-2.92E+08	45
	重庆 Chongqing	1:1	-0.35	-0.37	-2.92E+08	45
石灰性 Calcareous	重庆 Chongqing	2:1	-0.19	-0.62	-4.96E+08	41
	贵阳 Guiyang	2:1	-0.19	-0.67	-5.35E+08	41
	贵阳 Guiyang	1:1	-0.38	-0.7	-4.95E+08	41
	贵阳 Guiyang	1:1	-0.38	-0.7	-5.33E+08	41

注 Note:  $T = 303 K$ ,  $c_0 = 0.083 mol m^{-3}$ ,  $pH = 7$

**2.2.3 温度对表面电荷性质的影响** 从图 3 和图 4 可知,随温度的升高,三种紫色土的表面电位、表面电荷密度都表现出减少的趋势。例如,温度从 298 K 上升到 313 K,表面电位降低约 20%,而三者

的表面电荷密度降低 30% 左右。可能三个因素造成了该现象:一是实验方法本质上是离子吸附法,而大多数的吸附反应都是放热反应,温度升高将使土壤胶体对指示离子的吸附量减少;另一方面可能

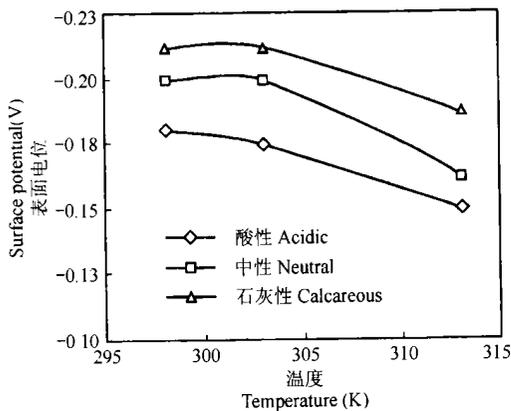


图 3 温度对土样表面电位的影响

Fig. 3 Effect of temperature on surface potential

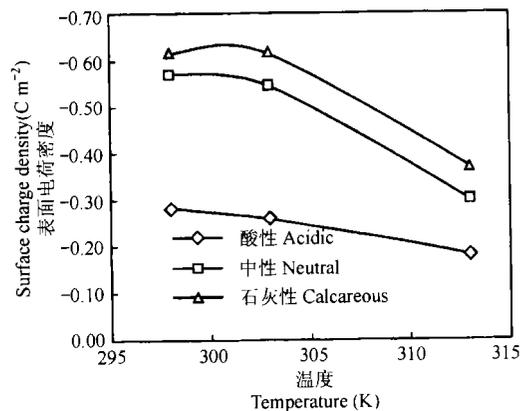


图 4 温度对土样表面电荷密度的影响

Fig. 4 Effect of temperature on surface charge density

是温度升高导致土壤胶体聚合,从而使某些交换位点被掩盖,这样也可能使指示离子的吸附量减小<sup>[11]</sup>;还有一个重要方面是温度升高,土壤胶体双电层中的离子的热运动加剧,部分离子在双电层中的分布发生改变,从而导致表面电荷性质的改变,就如同温度升高,气体分子难吸附在固体表面一样。

**2.2.4 pH 对表面电荷性质的影响** 由于H<sup>+</sup>的水合离子半径小,竞争吸附位点的能力强,因此在低pH状况下,H<sup>+</sup>必然会与指示离子竞争吸附位点,因此忽视竞争吸附位点的这一部分H<sup>+</sup>对表面电荷的作用则不能真实反映在低pH条件下土壤胶体表面的电荷性质。但是要测定被电性吸附的这部分H<sup>+</sup>还存在困难,因为朱茂旭、蒋新等人的研究表明,H<sup>+</sup>进入土壤后除了部分将转变成交换性酸外,还有部分将转化成表面正电荷、可溶性铝<sup>[12]</sup>。但考虑到紫色土以恒电荷表面为主以及实验置换时间较短,因此可以粗略地将交换液中H<sup>+</sup>的减小量看作电性吸附量,真实的平衡吸附量则约等于指示性离子的平衡吸附量加上H<sup>+</sup>的减小量。图5和图6是用浓度为0.084 mol m<sup>-3</sup>的系列pH值的KNO<sub>3</sub>溶液作交换液,采用上述处理方式所获得的三种紫色土表面电荷性质,从图曲线可以看出,pH<5时三种紫色土表面电位表现出降低的趋势,降低了约0.1V,而表面电荷密度则出现稍微的增加;pH>5时表面电位、表面电荷密度基本保持不变。导致这种结果的可能原因是,当pH<5时,H<sup>+</sup>改变了土壤的表面性质,同时因H<sup>+</sup>的浓度较高,从而产生如2.2.1的效应;而当pH>5时,H<sup>+</sup>的浓度很小,对土样的表面影响微弱,而紫色土又主要以恒电荷表面为主,因此表面电荷密度基本保持不变。这种处理方式是否科学还需要进一步研究。

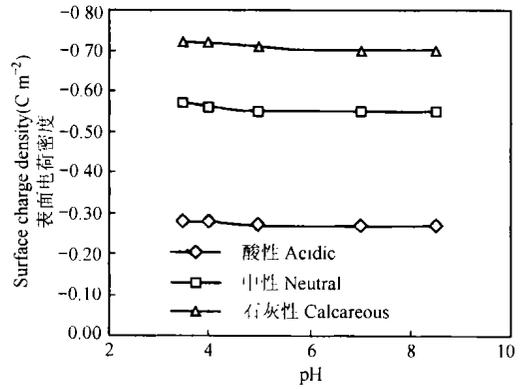


图6 pH对表面电荷密度的影响  
Fig. 6 Effect of pH on surface charge density

### 3 结论

由以上的分析可知,在2:1型电解质体系(Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)中,三种紫色土的表面电位分别约为-0.16~-0.18V、-0.17~-0.19V、-0.18~-0.19V;表面负电荷密度分别为-0.26~-0.44 C m<sup>-2</sup>、-0.37~-0.59 C m<sup>-2</sup>、-0.58~-0.67 C m<sup>-2</sup>;随电解质浓度的增加,三种紫色土的表面电位的负值都出现下降的趋势,而表面电荷密度负值、表面电场强度负值和比表面积则出现上升的趋势;在2:1型电解质体系中三种紫色土的表面电位都约为在1:1型电解质体系中的1/2,而表面电荷密度、表面电场强度和比表面积则在两种体系中基本相等;随温度的升高,三种紫色土的表面电位的负值、表面电荷密度负值表现出减少的趋势。

### 参考文献

[1] 于天仁. 我国农业持续发展和生态环境中重大土壤问题的化学机理研究建议. 土壤, 2001, (3): 119~122. Yu T R. Some suggestion about the great issues of soil chemical mechanism in the national agricultural sustainable development and in the ecology environment (In Chinese). Soils, 2001, (3): 119~122

[2] 于天仁, 季国亮, 丁昌璞主编. 可变电荷土壤的电化学. 北京: 科学出版社, 1996. 25~30. Yu T R, Ji G L, Ding C P. eds. Chemistry of Variable Charge Soil (In Chinese). Beijing: Science Press, 1996. 25~30

[3] Li H, Wei S Q, Qing C L. An approach to the method for determination of surface potential on solid/liquid interface: Theory. Journal of Colloid and Interface Science, (in press)

[4] 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土(上篇). 北京: 科学出版社, 1991. 175~179. Laboratory of Soil Science in Chengtu, Chinese Academy of Sciences. ed. Purple Soil in China

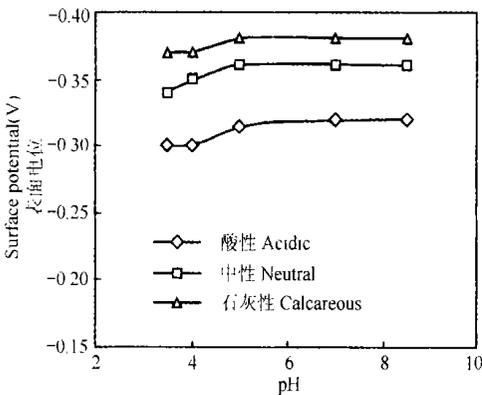


图5 pH对表面电位的影响  
Fig. 5 Effect of pH on surface potential

- (In Chinese). 1st Vol. Beijing: Science Press, 1991. 175~ 179
- [ 5 ] 熊毅, 傅积平, 陈家坊, 等. 土壤胶体(第二册). 北京: 科学出版社, 1985. 325~ 327. Xiong Y, Fu J P, Chen J F, *et al.* Soil Colloid (In Chinese). 2nd Vol. Beijing: Science Press, 1985. 325~ 327
- [ 6 ] 张效年, 蒋慧能. 土壤电化学性质的研究 III. 红壤胶体的电荷特性. 土壤学报, 1964, 12(2): 120~ 129. Zhang X N, Jiang H N. The study on electrochemistry in soil III. The charge properties of Lotosal (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1964, 12(2): 120~ 129
- [ 7 ] 王军民, 薛芳渝, 刘芸. 物理化学. 北京: 清华大学出版社, 1993. 311~ 312. Wang J M, Xue F Y, Liu Y. Physical Chemistry (In Chinese). Beijing: Tsinghua University Press, 1993. 311~ 312
- [ 8 ] 杨亚提, 张一平. 离子强度对恒电荷土壤吸附  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Pb}^{2+}$  的影响. 环境化学, 2001, 20(6): 566~ 571. Yang Y T, Zhang Y P. Ionic strength effects on  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Pb}^{2+}$  adsorption in constant charge soil colloids (In Chinese). Environmental Chemistry, 2001, 20(6): 566~ 571
- [ 9 ] 李航, 陈明树. 关于“恒电位表面”概念的讨论. 土壤学报, 1999, 36(2): 198~ 202. Li H, Chen M S. Discussion on the conception of “constant potential surface” (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1999, 36(2): 198~ 202
- [ 10 ] Li H, Wei S Q, Qing C L. Discussion on the position of the shear plane. Journal of Colloid and Interface Science, 2003, 258: 40~ 44
- [ 11 ] 江龙. 胶体化学概论. 北京: 科学出版社, 2002. 111~ 118. Jiang L. The Generality of Colloid Chemistry (In Chinese). Beijing: Science Press, 2002. 111~ 118
- [ 12 ] 朱茂旭, 蒋新, 杨杰文, 等. 可变电荷土壤和恒电荷土壤与氢离子相互作用机理. 地球化学, 2001, 30(2): 194~ 199. Zhu M X, Jiang X, Yang J W, *et al.* The mechanism of interaction of constant and variable charge soil with  $\text{H}^+$  ions (In Chinese). Geochimica, 2001, 30(2): 194~ 199

## SURFACE CHARGE PROPERTIES OF ACIDIC, NEUTRAL AND CALCAREOUS PURPLISH SOILS

Yang Xinglun Li Hang

(College of Resources and Environment, Southwest Agriculture University, Chongqing 400716, China)

**Abstract** All the physical and chemical properties of soil are ascribed to surface charge of soil particles. Many processes taking place in the soil system are influenced by surface charge. Therefore, parameters of its electrochemical properties, especially the surface potential and the surface charge density, are of the most importance. However, there is no reliable method available in accurately determining these parameters until recently. Li Hang solved this issue in his study by deducing the relationship between average potential and surface potential in the double layer. By using his method, surface charge properties of acidic, neutral and calcareous purplish soils were studied in this paper. The total charge volume, surface potential, surface charge density, electric field strength on surface and SSA (specific surface area) were determined. The effect of electrolyte concentration, cation variety, temperature and pH on the surface charge properties was also studied. The experimental results show that: (1) in 2:1 type electrolyte system ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ), the surface potential is  $-0.16 \sim -0.18 \text{ V}$ ,  $-0.17 \sim -0.19 \text{ V}$  and  $-0.18 \sim -0.19 \text{ V}$  and the surface charge density is  $-0.26 \sim -0.44 \text{ C m}^{-2}$ ,  $-0.37 \sim -0.59 \text{ C m}^{-2}$  and  $-0.58 \sim -0.67 \text{ C m}^{-2}$  for acidic, neutral and calcareous purple soil samples, respectively; (2) the surface potential of the samples decreases with the electrolyte concentration increasing, but the surface charge density, and the electric field strength increase slowly; (3) the surface potential in 2:1 type electrolyte system is about 50 percent as much as the one in 1:1 type ( $\text{KNO}_3$ ), however, there is little difference found in the surface charge density, the electric field strength and SSA between the two types of electrolyte system; (4) the surface potential, surface charge density and electric strength decrease with the temperature rising.

**Key words** Purple soil; Surface potential; Surface charge density