

中南地区几种土壤的表面电荷特性^{*}

III. 土壤的电荷量, 电荷零点(PZC)和净电荷零点(PZNC)

刘冬碧

(湖北省农业科学院土壤肥料研究所, 武汉 430064)

贺纪正 刘凡 李学垣

(华中农业大学农业部亚热带土壤资源与环境重点开放实验室, 武汉 430070)

摘要 研究了中南地区3种土壤的电荷量、电荷零点(PZC)和净电荷零点(PZNC)等表面电荷性质及其与土壤矿质组成的关系。结果表明: (1) 从赤红壤、红壤到黄棕壤, 永久负电荷量(CEC_p)趋于增大, 主要与土壤的粘土矿物组成和粘粒含量有关; 可变负电荷量(CEC_v)变异趋势不明显, 主要与土壤氧化铁铝的组成及含量有关; 可变负电荷量占负电荷总量的比例趋于降低; 正电荷量趋于减小。(2) 供试赤红壤、红壤和黄棕壤的PZC分别为3.90、3.35~3.50和2.96~3.12; 赤红壤和红壤的PZNC分别为3.85和2.15~2.84, 黄棕壤不存在PZNC。(3) 初步提出可变电荷土壤表面电荷性质的指标为: PZC>3.0、PZNC>2.0、PZC-PZNC<1.0和CEC_v/CEC_{8.2}>0.4。

关键词 电荷量, 电荷零点(PZC), 净电荷零点(PZNC), 表面电荷性质指标, 可变电荷土壤
中图分类号 S153.2

随着世界农业发展重点向热带亚热带地区转移, 对含永久电荷矿物和可变电荷矿物混合体系土壤的表面化学特性的研究日益受到重视^[1], 提出了“可变电荷土壤”的概念^[1~5]。60年代以来, 我国对红壤类土壤的离子吸附特点、电荷零点(PZC)和净电荷零点(PZNC)等表面电荷特性及其与土壤物质组成的关系进行了研究^[6~14]。最近, 于仁等提出了可变电荷土壤的划分标准^[14]。本文在比较中南地区几种土壤PZC和永久负电荷量测定方法的基础上^[15, 16], 着重研究土壤的电荷量、PZC和PZNC等表面电荷特性及其与土壤矿质组成的关系, 探讨了可变电荷土壤的表面电荷性质指标, 以为我国土壤的发生分类, 可变电荷土壤的综合治理和合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土样的基本性状分别列于表1和表2。

* 国家自然科学基金(49301013)和湖北省自然科学基金(96J057)资助项目

收稿日期: 1997-12-08; 收到修改稿日期: 1999-01-15

表1 供试土壤的基本性质

Table 1 Basic properties of soil samples

样号 Sample No.	土壤类型 Soil type	采样地点 Location	层次 Depth (cm)	母质 Parent material	粘粒含量 Clay content (g/kg)	有机质 O.M. (g/kg)	pH _{8.0}	ECEC (cmol/kg)
1	赤红壤	广东惠阳	45~90	花岗岩	333	5.00	5.48	1.83
2	红壤	湖南郴县	30~57	Q ₂	471	11.2	4.89	3.32
3	红壤	湖北咸宁	15~40	Q ₂	482	11.0	5.13	7.04
4	黄棕壤	湖北武汉	16~42	Q ₃	289	19.7	5.98	8.05
5	黄棕壤	湖北孝感	20~46	Q ₃	222	4.31	6.96	17.2

表2 供试土壤的氧化铁铝含量及粘土矿物组成

Table 2 The content of Fe and Al oxides and clay mineral association of soil samples

样号 Sample No.	无定形氧化物 (Feo+Al _o) Amorphous oxides (Feo+Al _o) g/kg	DCB提取的氧化物 (Fed+Al _d) Oxides extracted by DCB (Fed+Al _d) g/kg	粘土矿物的约略含量 (%)* Clay mineral association %
1	6.11	59.1	Kt(95),G(Tr),Mi(Tr),1.4In(Tr)
2	5.93	56.8	Kt(90),1.4In(10),Mi(Tr)
3	10.48	51.2	Mi(50),Kt(40),1.4In and Ver(10)
4	7.07	29.2	Mi(50),Kt(25),1.4In and Ver(25)
5	9.29	35.0	Mi(65),Ver(20),Kt(15)

*Kt: 高岭石 (kaolinite), G: 三水铝石 (gibbsite), Mi: 水云母 (hydromica), Ver: 蛭石 (vermiculite), 1.4In: 1.4nm 过渡矿物 (1.4nm intergrade mineral), Tr: 微量 (trace)。

1.2 测定方法

1.2.1 土样 过 60 目筛,基本性质的测定均用常规方法^[17,18]。

1.2.2 土壤电荷量的测定: Mehlich 法^[16,19,20] pH8.2 负电荷量 (CEC8.2) 和永久负电荷量 (CECp) 的测定: 称一定量过 60 目筛的样品一式六份分别于漏斗中, 铺平, 盖上一层滤纸, 蒸馏水润湿。将样品分成两组, 其中一组用 0.05mol/L HCl 淋洗 5 次 (每次 10ml, 下同), 另一组用 pH8.2 BaCl₂-TEA 缓冲液淋洗 2 次。6 份样均再用 0.3mol/L BaCl₂ 淋洗 5 次, 然后用蒸馏水和酒精淋洗至无 Cl⁻ 为止。最后用 50ml 0.3mol/L CaCl₂ 分 5 次淋洗和 40ml 蒸馏水分 3 次淋洗, 淋洗液收集于 100ml 容量瓶中, 定容。同时作空白实验, 待测液中 Ba²⁺ 的测定: K₂CrO₄ 沉淀, HCl 溶解, 比色法。根据 Ba²⁺ 离子的浓度计算 CEC8.2 和 CECp。pH8.2 时的 CEC_v=CEC8.2-CEC_p。

1.2.3 土壤电荷零点 (PZC) 的测定 盐滴定 - 电位滴定法 (STPT)^[15,21]。

1.2.4 土壤净电荷零点 (PZNC) 的测定 离子吸附法 (IA)^[1,22] 在 10 个预先称重的 50ml 离心管中分别称入相当于烘干重 2.00g 的 KCl 饱和土样。加 10ml 0.02mol/L KCl 溶液, 适量蒸馏水和约 0.1mol/L HCl 或 KOH, 使管中溶液的最终体积为 20ml, 并使 pH 值分布在适当的范围 (如 2~8)。在 25℃ 下平衡 3~4 天, 其间每天振荡 1 小时, 然后测悬液的 pH 值; 离心, 保留上清液测其 K⁺ 和 Cl⁻ 的浓度, 称离心管重以确定残留在样品中和管壁上的 KCl 溶液体积。用 0.5mol/L NH₄NO₃ 溶液洗涤 5 次, 每次 20ml, 以代

换土壤表面吸附的 K^+ 和 Cl^- , 洗涤液收集于 250ml 容量瓶, 定容, 测其中 K^+ 和 Cl^- 的浓度, 计算其吸附量。 K^+ 的测定用火焰光度计法, Cl^- 的测定用自动电位滴定法。以 K^+ 和 Cl^- 吸附量对 pH 值作图, 确定 K^+ 和 Cl^- 的吸附量相等的点, 即为土壤的 PZNC。

2 结果与讨论

2.1 土壤的电荷量

由表 3 可见, 供试土壤的 CECp 为 1.91~9.31 cmolc/kg。永久负电荷产生于土壤矿物同晶置换, 大小主要取决于土壤中粘土矿物组成及土壤粘粒含量^[20]。2 个红壤土样的粘粒含量相当, 但 2 号红壤 (湖南郴县) 粘土矿物组成以 1:1 型高岭石占优势, 而 3 号红壤 (湖北咸宁) 以 2:1 型水云母为主, 且后者的 CECp 较前者约高出 77%; 2 个黄棕壤样品的粘粒含量相差不大, 但 5 号样的水云母和蛭石含量均比 4 号样高, 其 CECp 约高出 4 号样 88%; 与 3 号样比较, 4 号样的 1.4nm 过渡矿物和蛭石含量较高, 但其粘粒含量较低, CECp 较 3 号样也略低 (约低 10%)。可见, 供试土壤的永久负电荷量随土壤粘粒中 2:1 型粘土矿物含量的逐渐增多而趋于增大, 并受土壤粘粒含量的影响。

供试土壤在 pH8.2 时的 CECv 为 2.04~3.21 cmolc/kg (表 3)。土壤中的有机质、氧化物、粘土矿物的边面都可提供一定数量的可变负电荷^[6], 但氧化物的作用更大, 尤其是非晶形氧化物提供的可变负电荷更多^[11]。DCB 提取的氧化铁铝总量虽然从 1—5 号样递减, 但非晶形氧化物和有机质含量呈递增趋势, 致使不同土壤 CECv 大小的变异趋势不明显。

表3 供试土壤的表面电荷性质

Table 3 Surface charge characteristics of soil samples

样号 Sample No.	Mehlich method			CECv/CEC8.2	STPT method		IA method PZNC	PZC-PZNC
	CEC8.2	CECp	CECv		PZC	δp cmol/kg		
1	4.33	1.91	2.42	0.56	3.90	2.35	3.85	0.05
2	5.27	3.11	2.16	0.41	3.50	5.00	2.84	0.66
3	7.54	5.50	2.04	0.27	3.35	5.60	2.15	1.20
4	8.97	4.94	4.03	0.45	3.12	6.65	*	*
5	12.5	9.31	3.21	0.26	2.96	10.2	*	*

* 不存在 PZNC 点。

土壤 CECv 占 pH8.2 时负电荷总量 (CEC8.2) 的比例, 赤红壤为 0.56, 2 号红壤为 0.41, 3 号红壤为 0.27, 4 号黄棕壤为 0.45, 5 号黄棕壤为 0.26。4 号黄棕壤的 CECv/CEC8.2 相对较高, 可能主要与其有机质含量较高有关。总的来看, CECv/CEC8.2 从 1~5 号样趋于降低, 亦即随土壤发育程度加深, 可变负电荷变得越来越重要。

综上所述, 土壤的 CECp 随土壤中 2:1 型矿物含量的增加而趋于增大, 并受土壤粘粒含量的影响; 不同土壤 CECv 的变异趋势不明显, 但 CECv 随土壤发育程度加深变得越来

越重要。

2.2 土壤的表面电荷密度(δp)和电荷零点(PZC)

由图 1 可见, STPT 法测定的供试土壤的盐滴定-电位滴定曲线交点对应的 pH 值即土壤的 PZC, 对应的 H^+ 吸附量可大致代表土壤的永久负电荷量(δp)^[12, 15, 16]。由表 3 可见, 土壤的 δp 为 2.35~10.2cmol/kg, 从赤红壤、红壤到黄棕壤依次增大, 且与土壤的 ECEC 和 CEC_p 呈显著正相关($r=0.9657^{**}$ 和 0.9623^{**} , $n=5$), 表明它们都能较好地反映土壤表面永久负电荷容量的大小^[16]。

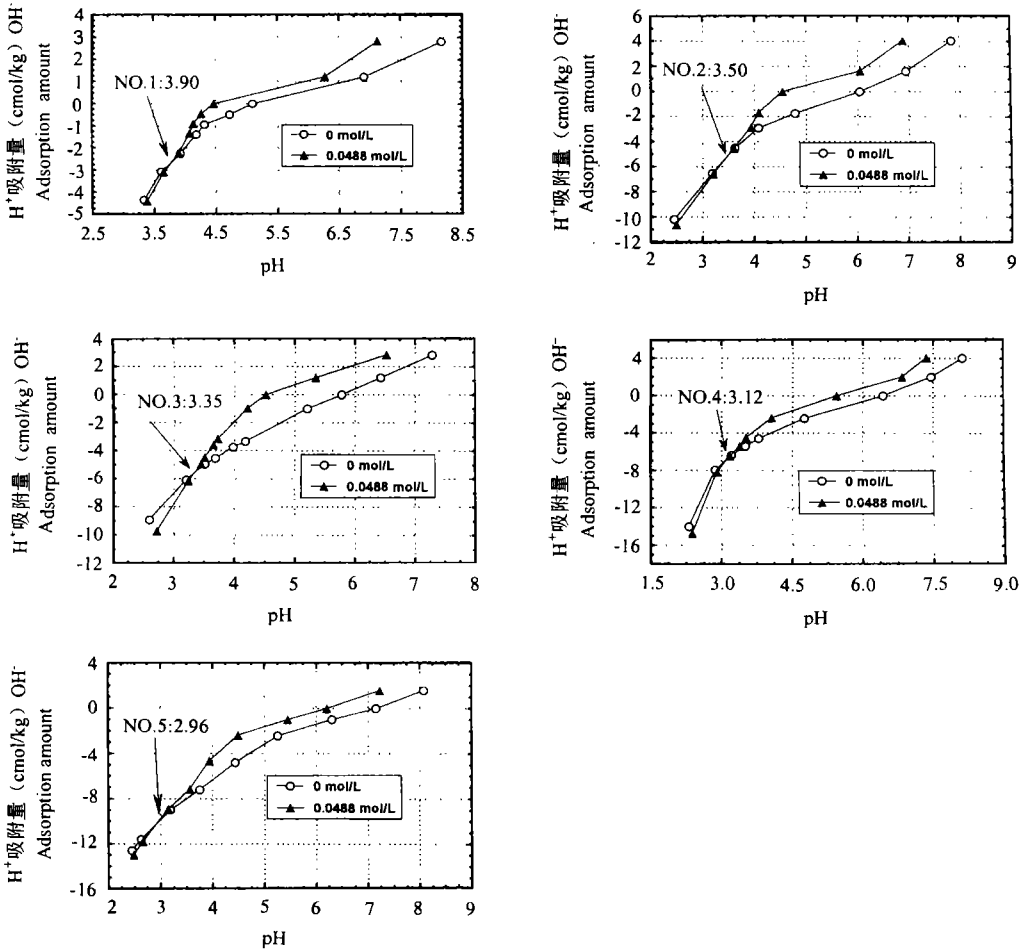


图1 供试土壤的盐滴定-电位滴定曲线

Fig.1 The Salt titration-potentiometric titration curves of the examined soils

供试赤红壤的 PZC 为 3.90, 红壤为 3.35~3.50, 黄棕壤为 2.96~3.12(图 1, 表 3)。随着土壤中 2:1 型粘土矿物含量增加, 1:1 型矿物和氧化铁铝的含量降低, 土壤 PZC 值降低。PZC 大小的变化趋势与 DCB 提取的铁铝总量大小变化趋势基本一致 ($r = 0.8703$, $n = 5$), 表明土壤中 DCB 提取的铁铝总量是影响 PZC 大小的重要因素。这与有关研究结果相一致^[6, 10, 12, 13]。

表4 在pH4.0和pH6.5时供试土壤对K⁺的吸附量比较 (cmol/kg)

Table 4 Comparison of K⁺ adsorption by soil at pH4.0 and pH6.5 (cmol/kg)

样号 Sample No.	$\Gamma_{\text{pH}4.0}$	$\Gamma_{\text{pH}6.5}$	$\Gamma_{\text{pH}6.5} - \Gamma_{\text{pH}4.0}$	$(\Gamma_{\text{pH}6.5} - \Gamma_{\text{pH}4.0}) / \Gamma_{\text{pH}4.0}$
1	1.80	3.80	2.00	1.11
2	2.54	5.60	3.06	1.20
3	5.00	8.55	3.55	0.71
4	4.35	7.50	3.15	0.72
5	8.12	11.7	3.58	0.44

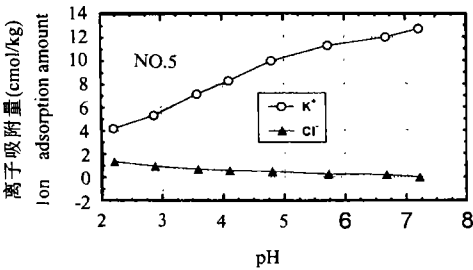
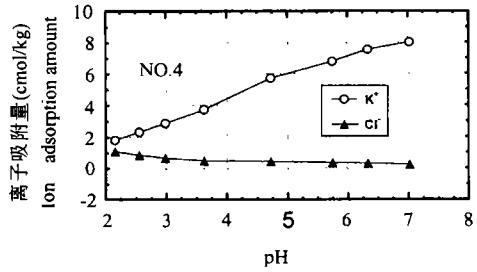
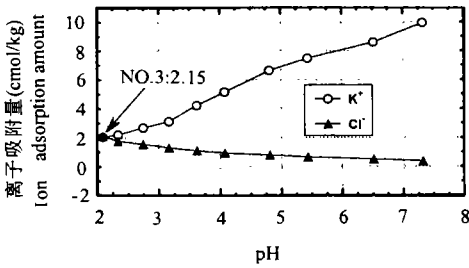
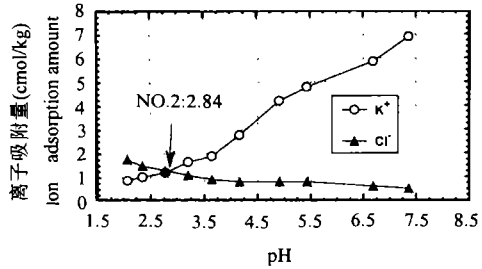
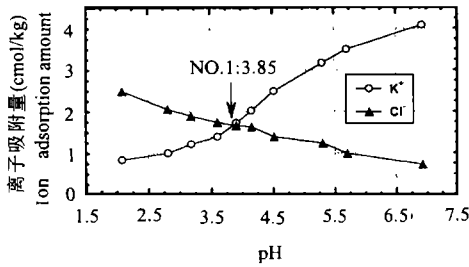


图2 供试土壤的pH-K⁺、Cl⁻吸附曲线

Fig.2 pH-K⁺、Cl⁻ adsorption curves of the examined soils

2.3 土壤对 K⁺ 和 Cl⁻ 吸附的特点及净电荷零点 (PZNC)

由图2 供试土壤的 pH-K⁺、Cl⁻ 吸附曲线可见, 土壤对 K⁺ 的吸附量随 pH 升高而增加, 但不同土壤这种变化的量或程度不一样。在 pH4.0 时, 土壤对 K⁺ 的吸附量为 1.80~8.12cmol/kg, 其大小与土壤的 CEC_p 和 δp 分别呈极显著和显著正相关 ($r = 0.9983^{**}$ 和 0.9471^{**} , $n = 5$)。这是因为在 pH4.0 时土壤产生的可变负电荷较少, 绝大部分表面负电

荷为永久负电荷^[8]。在 pH6.5 时, K^+ 吸附量增加到 3.80~11.7cmol/kg, 增加量以赤红壤较少, 其他土壤较高; 但 K^+ 吸附量增加的幅度 ($(\Gamma_{pH6.5} - \Gamma_{pH4.0}) / \Gamma_{pH4.0}$) 为 1、2 号样 > 3、4 号样 > 5 号样 (表 4)。上述变化规律与土壤的矿质组成相吻合。

土壤对 Cl^- 的吸附量随 pH 升高而减小, 并在 pH 升高到一定值时趋近于 0 (图 2)。在 pH4.0 时, 土壤对 Cl^- 的吸附量, 赤红壤为 1.64cmol/kg (单位下同), 红壤为 0.86~1.00, 黄棕壤为 0.50~0.65。随着 DCB 提取的铁铝总量由赤红壤到黄棕壤逐渐减少, 吸附量也趋于降低。

赤红壤的 PZNC 为 3.85、红壤为 2.15~2.84, 黄棕壤不存在 PZNC。PZNC 是土壤表面吸附阴离子和阳离子 (本实验为 Cl^- 和 K^+) 相等时体系的 pH 值, 它主要取决于土壤表面正负电荷量的相对大小。黄棕壤以 2:1 型水云母为主且氧化物含量较低 (低于 4%), 不存在 PZNC; 3 号红壤虽然也以 2:1 型矿物为主, 但由于其氧化物含量较高 (大于 5%), 仍可测得其 PZNC (表 2, 图 2)。有研究表明, 江西进贤红壤的粘土矿物以 1:1 型高岭为主, 游离氧化铁含量为 4.37% (低于 5%), 且不存在 PZNC^[9]。看来, 土壤 PZNC 受氧化物含量的影响可能比粘土矿物还要大。

Uehara 和 Gillman 表面电荷理论模式, 适用于含永久电荷矿物和可变电荷矿物的热带土壤^[1], 根据这一理论, 土壤的表面电荷密度 δ_t , 是永久电荷密度 δ_p 和可变电荷密度 δ_v 之和, 即 $\delta_t = \delta_p + \delta_v$, PZNC 即 $\delta_t = 0$ 时体系的 pH 值。在 25℃ 时, 对于 PZC 和 PZNC 相差小于 1 个 pH 单位的土壤, 1:1 型电解质浓度 (N)、 δ_p 、PZC 和 PZNC 之间有如下关系^[1,3]:

$$PZNC = PZC + \delta_p / 0.135N^{1/2}$$

该式即混合体系土壤的表面电荷理论模式, 由该式可判断土壤表面净电荷的符号。供试 1~3 号土壤的 PZC 均大于 PZNC, 表明土壤表面带净负电荷, PZC 与 PZNC 差值越大, 所带净负电荷越多。

2.4 关于可变电荷土壤电荷性质指标的讨论

带电粒子之间的相互作用及其化学表现一直是土壤化学微观研究的核心问题。尽管早在 1949 年英国土壤学者 R.K.Schofield 就提出了永久电荷和可变电荷的概念, 但长期以来许多研究者一直认为土壤胶体负电荷是恒值, 对土壤电荷可变性的研究未引起足够的重视^[5,6]。70 年代以来, 人们逐渐发现热带亚热带土壤不仅所带负电荷随环境条件而变, 而且还带数量可变的正电荷, 即土壤是一个既有永久电荷又有可变电荷的混合体系^[1,2], “可变电荷土壤”概念应运而生。1981 年, 国际土壤学会在新西兰召开“可变电荷土壤”学术讨论会并出版了《可变电荷土壤》一书^[5], 提出了可变电荷土壤的主要类型; 我国于 1996 年出版的《可变电荷土壤的电化学》一书根据土壤粘土矿物组成 (以 1:1 型高岭为主) 和氧化物含量 (大于 5%) 粗略地区分了可变电荷土壤与恒电荷土壤^[14], 但尚未讨论可变电荷土壤表面电荷性质的指标。

本研究的结果, 供试土壤 CEC_v 变异趋势不明显; ECEC, CEC_p 和 δ_p 作为土壤永久负电荷量的容量指标, 不仅与土壤粘土矿物组成有关, 还受粘粒含量等的影响, 难以作为土壤的特征指标。PZC 是土壤可变电荷表面的一项特征参数^[6,7,12,18], PZNC 大小可反映土壤表面正负电荷的相对多少^[22], PZC-PZNC 可反映永久电荷的相对多少^[3,13,22], CEC_v/CEC_{8.2} 则反映负电荷总量中可变电荷的相对多少^[21], 综合比较这些土壤电荷性质参数, 似乎可作为判断土壤是否为可变电荷土壤的主要依据。

综合有关研究结果^[1,7~10,12~14],我们初步提出可变电荷土壤表面电荷性质的指标为: $PZC>3.0$, $PZNC>2.0$, $PZC-PZNC<1.0$ 和 $CECv/CEC8.2>0.4$ 。根据这一标准,供试 1、2 号土壤为可变电荷土壤,5 号土壤不属于可变电荷土壤。3 号红壤氧化铁铝总量较高(5.12%),且 $PZC>3.0$, $PZNC>2.0$,但由于其粘土矿物组成以 2:1 型水云母等为主,永久负电荷相对较多($PZC-PZNC$ 为 1.2),可变负电荷相对较少($CECv/CEC8.2$ 为 0.27),因此 3 号红壤不宜划分为可变电荷土壤;4 号黄棕壤的 $CECv/CEC8.2$ 为 0.45, $PZC>3.0$ 但不存在 $PZNC$,且矿物组成以 2:1 型粘土矿物为主(约占 75%),氧化铁铝总量较低(低于 3%),因此 4 号黄棕壤也不宜划分为可变电荷土壤。3、4 号土壤地处亚热带北部,可能属于可变电荷土壤与恒电荷土壤之间的过渡类型。

需要指出的是,以上指标只是初步提出划分可变电荷土壤的表面电荷性质指标,尚有待进一步完善。自然界土壤几乎都是永久电荷矿物和可变电荷矿物组成的混合体系^[1]。在热带亚热带地区,并非所有的土壤都具有可变电荷土壤的特点;同样,在温带地区,也并非所有的土壤都是恒电荷土壤。可变电荷土壤表面电荷性质指标的提出,有利于从电荷性质指标上判断一个土壤是可变电荷土壤还是恒电荷土壤,从而克服仅仅从区域分布上来认识土壤的不足。

参 考 文 献

1. Uehara G, Gillman G P. The Mineralogy, Chemistry and Physics of Tropical Soils with Variable Charge Clays. Westview Press, Inc. Boulder. 1981. 31~66, 137~148
2. Van Raij B, Peech M. Electrochemical properties of some oxisols and alfisols of the tropics. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1972, 36: 587~593
3. Uehara G, Gillman G P. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals. I. Theory. Soil Sci. Soc. Am. J., 1980, 44: 250~252
4. Gillman G P, Uehara G. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals. II. Experimental. Soil Sci. Soc. Am. J., 1980, 44: 252~255
5. 于天仁. 可变电荷土壤. 土壤通报, 1981, (5) : 40~45
6. 贺纪正. 土壤表面化学的发展与研究进展: 土壤资源的特性与利用. 北京: 北京农业大学出版社, 1992. 135~141
7. 张效年, 赵安珍. 土壤电化学性质的研究 X. 红壤胶体的表面性状和离子专性吸附对表面电荷性质的影响. 土壤学报, 1988, 25 (2): 164~174
8. 张效年, 蒋能慧, 邵宗臣, 潘淑贞, 张晚根. 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, 1979, 16(2): 145~156
9. 邵宗臣. 土壤中水合氧化物型表面的化学区分 I. 表面电荷. 土壤学报, 1990, 27(2): 159~164
10. 邵宗臣, 汤丽雅. 土壤中水合氧化物型表面的化学区分 II. 电荷零点. 土壤学报, 1992, 29 (3): 296~300
11. Shao Z C, Wang W J. Relationship between iron oxides and surface charge characteristics in soils. Pedosphere, 1991, 1(1): 29~39
12. 袁朝良. 几种土壤胶体电荷零点(ZPC)的初步研究. 土壤学报, 1981, 18(4): 345~352
13. Li X Y, Fan S F, Xu F L. The clay mineral composition and surface charge characteristics of red earth and yellow brown earth in Wuhan. J. of Huazhong Agri. Univ. 1989, 8(1): 53~62
14. 于天仁, 季国亮, 丁昌璞等著. 可变电荷土壤的电化学. 北京: 科学出版社, 1996. 1~65
15. 刘冬碧, 贺纪正, 刘凡, 李学垣. 中南地区几种土壤的表面电荷特性 I. 几种测定电荷零点的方法的比较. 见: 迈向二十一世纪的土壤与植物营养科学. 北京: 中国农业科技出版社, 1997. 97~101
16. 刘冬碧, 贺纪正, 刘凡, 李学垣. 中南地区几种土壤的表面电荷特性 II. 几种测定永久负电荷量的方法的比较. 热

- 带亚热带土壤科学, 1997, 6(4): 260~264
17. 中国科学院南京土壤研究所主编. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 4~7, 132~136, 146~152, 177~182
 18. 熊毅等. 土壤胶体, 土壤胶体研究法. 北京: 科学出版社, 1985. 74~186, 241~262, 390~404
 19. Mehlich A. Charge characterization of soils. Trans. 7th Inter. Congr. Soil Sci., 1960, 2: 292~302
 20. 贺纪正, 李学垣, 徐凤琳. 天宝山土壤的表面电荷特性 I. 土壤的电荷量. 华中农业大学学报, 1991, 10(3): 268~273
 21. Sakurai K, Ohdate Y, Kyuma K. Comparison of salt titration and potentiometric titration methods for the determination of zero point of charge (ZPC). Soil Sci. Plant Nutr. 1988, 34(2): 171~182
 22. 贺纪正, 李学垣, 徐凤琳. 天宝山土壤的表面电荷特性 II. 土壤的电荷零点 (PZC) 和净电荷零点 (PZNC). 华中农业大学学报, 1992, 11(1): 57~63

SURFACE CHARGE CHARACTERISTICS OF SOILS IN CENTRAL AND SOUTHERN CHINA

III. CHARGE AMOUNT, POINT OF ZERO CHARGE (PZC) AND POINT OF ZERO NET CHARGE (PZNC)

Liu Dong-bi

(*Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan 430064*)

He Ji-zheng Liu Fan Li Xue-yuan

(*Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070*)

Summary

Charge amount, point of zero charge (PZC), point of zero net charge (PZNC), the relationships among the above surface charge properties, and the composition of 3 types of soils in central and southern China were studied. Results showed that: (1) From lateritic soil, red soil to yellow brown soil, the permanent negative charge amount (CEC_p) which chiefly relates to soil clay mineral composition tends to increase; whereas the variable negative charge amount (CEC_v) which mainly depends on Fe and Al oxides content of the soils shows no obvious trends; the variable negative charge to total negative charge ratio and positive charge amount tend to decrease. (2) For the examined lateritic soil, red soil and yellow brown soil, PZC is 3.90, 3.35~3.50 and 2.96~3.12, respectively; PZNC for the examined lateritic soil and red soil is 3.85 and 2.15~2.84, respectively, For yellow brown soil, there is no PZNC. (3) Surface charge indexes of variable charge soils were suggested to be $PZC > 3.0$, $PZNC > 2.0$, $PZC - PZNC < 1.0$ and $CEC_v / CEC_{8.2} > 0.4$ for the soils in central and southern China.

Key words Charge amount, Point of zero charge (PZC), Point of zero net charge (PZNC), Surface charge index, Variable charge soil