

可变电荷土壤中铜离子的解吸*

邹献中^{1,2} 徐建民¹ 赵安珍² 季国亮²

(1 浙江大学环境与资源学院, 杭州 310029)

(2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 研究了我国四种可变电荷土壤红壤、赤红壤、砖红壤和铁质砖红壤以及二种恒电荷土壤黄棕壤和黑土中吸附性铜离子的解吸特征。研究表明,可变电荷土壤吸附的一部分铜离子可以被去离子水解吸,而且在 pH~解吸率曲线上在一定 pH 值时出现解吸率最大值。在最大值时不同土壤中铜离子解吸率的大小与土壤中氧化铁的含量有关。氧化铁的含量越高,在最大值时铜离子的解吸率越大。当用中性电解质解吸可变电荷土壤吸附的铜离子时,电解质的浓度越大,解吸率越低。与此相反,恒电荷土壤吸附的铜离子不能被去离子水解吸,只能被中性电解质解吸,且电解质的浓度越高,解吸率越大。这表明,可变电荷土壤中吸附性铜离子的解吸规律,完全不同于恒电荷土壤中者。本文初步讨论了其原因。

关键词 可变电荷土壤;铜离子;解吸

中图分类号 S153.3 文献标识码 A

土壤中金属离子的化学性质和移动性,主要决定于土壤与离子之间的相互作用。这种相互作用通常表现为土壤对金属离子的吸附和解吸反应。因此,土壤对金属离子的吸附和解吸成为土壤化学中重要的研究内容之一。与对土壤中金属离子的吸附反应的研究相比,对土壤中吸附性金属离子的解吸的研究则少得多^[1]。通常认为,土壤吸附的重金属离子只能被中等或中等以上浓度的惰性电解质、吸附能力更强的无机盐或者有机络合剂解吸。因此,在土壤化学中研究重金属离子的解吸反应时,都是采用某种合适的解吸剂进行解吸,并据此将离子的吸附机理区分为电性吸附和专性吸附。但周代华等^[2]在研究氧化铁中吸附性铜离子的解吸时,发现去离子水对铜离子的解吸能力最大。但到目前为止,在研究土壤中铜离子的解吸时,都是以电解质或络合剂溶液为解吸液,而未见关于用水解吸土壤中铜离子的报道。

可变电荷土壤的矿物组成以高岭石为主,并含有大量铁、铝氧化物。因此,这类土壤表面带有大量正电荷,负电荷较少,而且这些表面电荷受环境条件特别是 pH 的强烈影响。已有的研究表明,可变电荷土壤对重金属离子的吸附行为不同于恒电荷土壤^[3,4]。可以预期,这类土壤中吸附性重金属离

子的解吸也与恒电荷土壤中不同。

本工作对比研究了我国南方四种可变电荷土壤,即红壤、赤红壤、砖红壤、铁质砖红壤和二种恒电荷土壤,即黄棕壤和黑土吸附的铜离子的解吸及其影响因素,并对解吸机理作了初步探讨。

1 材料和方法

1.1 供试样品

1.1.1 土壤样品 供试土壤为我国南方的红壤、赤红壤、砖红壤、铁质砖红壤和南京黄棕壤及哈尔滨的黑土。所有样品均为底层土壤,它们的基本性质见表 1。红壤、赤红壤、砖红壤和铁质砖红壤的粘土矿物以高岭石为主,并且含有大量的氧化铁,属可变电荷土壤。黄棕壤的粘土矿物以水云母为主,并含有少量蛭石和蒙皂石。黑土的粘土矿物以水云母、绿泥石和蛭石为主,氧化铁的含量都很低,属于恒电荷土壤^[5,6]。

将土壤样品用电渗析法制成氢、铝质土壤^[4]。

1.1.2 去铁土壤样品的制备 将 31.5 g 草酸和 62.1 g 草酸铵溶于 2 500 ml 去离子水中,配制成 pH 值为 3.2 左右的酸性草酸-草酸铵提取液。将过 60 目筛的土壤样品浸泡于提取液中,置于阳光照射处,

* 国家自然科学基金项目(49831005)资助

作者简介:邹献中,博士,土壤化学专业。E-mail: patrooa@hznc.cn

收稿日期:2002-08-09;收到修改稿日期:2003-03-12

使土壤在进行溶液化学反应的同时进行光化学反应。每隔 2~3 d 更换一次溶液, 时间间隔和换液次数视土壤含铁量而定。如此反复多次, 即可除去土

壤中大部分氧化铁。将去铁土样用电渗析法纯化, 红外灯烘干, 磨碎, 过 60 目筛备用。

表 1 供试土壤的基本性质
Table 1 Basic properties of studied soils

土壤 Soil	地点 Locality	有机质 O. M. (g kg ⁻¹)	CEC (cmol kg ⁻¹)	Fe ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)	pH (H ₂ O, I: 2.5)	pH (KCl ¹⁾ , I: 2.5)	粘土矿物组成 Clay minerals ²⁾
红壤 Alf Haplic Acrisol	江西进贤 Jiangxi	4.4	8.91	51.1	4.80	4.37	高岭石、水云母为主, 少量蛭石 K, I (V, F)
赤红壤 Ferralf Haplic Acrisol	广州石牌 Guangzhou	4.2	6.05	48.9	4.71	4.37	高岭石为主, 少量水云母、蛭石 K (I, V)
砖红壤 Rhodic Ferralsol	广东徐闻 Xuwen	7.0	7.15	156.4	5.61	5.40	高岭石、三水铝石和赤铁矿 K, G, H (Go)
铁质砖红壤 Hyper Rhodic Ferralsol	昆明黑龙潭 Kunming	6.9	5.28	211.4	4.80	4.40	高岭石、三水铝石、赤铁矿为 主, 少量蛭石 K, G, H (V, A, Go)
黄棕壤 Haplic Luvisol	南京 Nanjing	5.4	16.61	16.9	6.46	4.83	水云母为主, 少量蛭石、高岭石 I (V, K)
黑土 Phaeozems	哈尔滨 Harbin	13.5	24.97	11.4	6.26	5.58	水云母为主, 一定量蒙皂石, 少 量绿泥石、高岭石、石英 I (M, C, K, Q)

1) KCl: 1 mol L⁻¹; 2) A, anatase; F, ferric oxide; G, gibbsite; Go, goethite; H, hematite; I, hydrous mica; K, kaolinite; V, vermiculite; M, morionite; C, chlorite; Q, quartz

1.2 研究方法

1.2.1 铜离子的吸附 称土样 1.00 g 于已知重量的离心管中, 加入 20 ml 去离子水, 用稀 NaOH 或稀 HNO₃ 溶液调节至合适的 pH 值, 加入 0.2 ml 的 0.1 mol L⁻¹ Cu(NO₃)₂ 溶液, 用 FZ-2 型往返振荡机, 以每分钟 30 次的速度振荡平衡 12 h。吸附平衡后, 用 TDL-5 型离心机, 以每分钟 4 500 转的速度离心分离, 倾出上清液, 测定上清液中铜离子的浓度和 pH 值。从吸附前后溶液中铜离子的浓度计算铜离子的吸附量。

1.2.2 铜离子的解吸 将上述含土壤残渣的离心管称重, 计算残留于土样中的平衡溶液的体积, 从平衡溶液的体积和浓度, 计算土样中铜离子的残留量。加入 20 ml 去离子水或不同浓度的 NaNO₃ 溶液, 振荡平衡 12 h 后离心, 测定上清液中铜离子的浓度和 pH 值, 减去解吸前土壤溶液中残留的铜离子量, 并计算铜离子的解吸百分率。在研究水对可变电荷土壤吸附的铜离子的解吸时, 将红壤、赤红

壤、砖红壤、铁质砖红壤分别在 10⁻³ mol L⁻¹ Cu(NO₃)₂ 溶液中吸附铜离子达平衡, 然后用去离子水进行解吸。

2 结果

2.1 水对可变电荷土壤吸附的铜离子的解吸

由图 1 可见, 虽然上述四种可变电荷土壤的组成和性质各异, 但它们吸附的铜离子都可被去离子水解吸, 并且在不同 pH 时的解吸趋势也大致相同。在 pH 3.5~7 之间, 随着 pH 升高, 铜离子的解吸率逐渐增大, 在 pH 4.2 左右达到最大值, 然后又逐渐降低。四种可变电荷土壤吸附的铜离子的最大解吸率的顺序为: 铁质砖红壤 > 砖红壤 > 赤红壤 > 红壤, 与土壤中氧化铁含量的顺序基本一致(表 1)。这说明, 土壤中氧化铁的含量越高, 铜离子的解吸率越大。出现铜离子解吸率最大值时的 pH 值似乎也与氧化铁的含量有关。

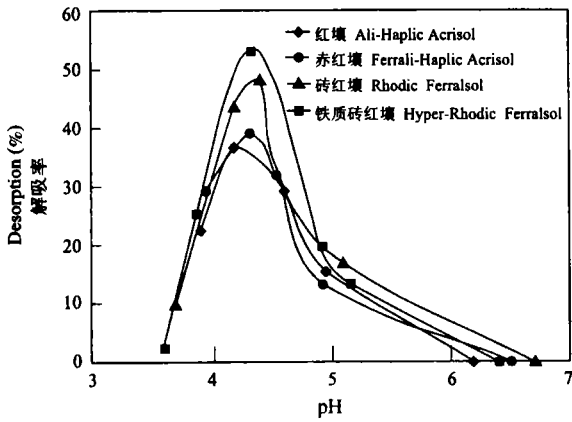


图1 不同 pH 时可变电 荷土壤中铜离子的解吸曲线

Fig. 1 Desorption of Cu ions adsorbed by variable charge soils at different pH

如果使赤红壤、砖红壤和铁质砖红壤在含 $0.01 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 的介质中吸附铜离子, 然后用去离子水进行解吸, 在 pH~ 解吸率曲线上同样可以出现一个解吸峰, 即随着 pH 升高, 铜离子的解吸率逐渐增大, 到一定的 pH 值时, 出现一个最大值, 随后逐渐降低(表 2)。

表 2 不同 pH 时可变电 荷土壤吸附的铜离子的解吸率¹⁾

Table 2 Desorption percentage of Cu^{2+} in variable charge soils at different pH

赤红壤		砖红壤		铁质砖红壤	
Ferralsol	Haplic Acrisol	Rhodic Ferralsol		Hyper Rhodic Ferralsol	
pH	解吸率 (%)	pH	解吸率 (%)	pH	解吸率 (%)
Desorption		Desorption		Desorption	
6.25	0	5.41	0	5.94	0
5.58	2.2	5.43	7.5	5.42	8.4
4.85	19.0	4.99	18.2	4.95	6.7
4.55	20.5	4.62	54.1	4.55	13.4
4.04	47.2	4.21	39.2	4.24	38.2
3.92	50.4			4.06	28.2

1) $0.01 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 溶液中吸附; 去离子水解吸 Adsorption of Cu^{2+} in $0.01 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ solution; Desorption of Cu^{2+} by deionized water

2.2 水对恒电荷土壤吸附的铜离子的解吸

在相同的条件下, 用去离子水解吸恒电荷土壤黄棕壤和黑土在 $10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中吸附的铜离子时, 发现黄棕壤在 pH 4.49~ 6.25, 黑土在 pH 4.15~ 6.33 的范围内, 吸附性铜离子都不能被去离子水解吸。图 2 说明这些恒电荷土壤吸附的铜离子不能被去离子水解吸。而在相同情况下, 可变电 荷土壤如红壤吸附的铜离子则可被去离子水解吸。但如果将可变电 荷土壤如砖红壤去除氧化铁, 在同样的条件下吸附铜离子, 则其吸附的铜离子也不能

被去离子水解吸(图 2)。

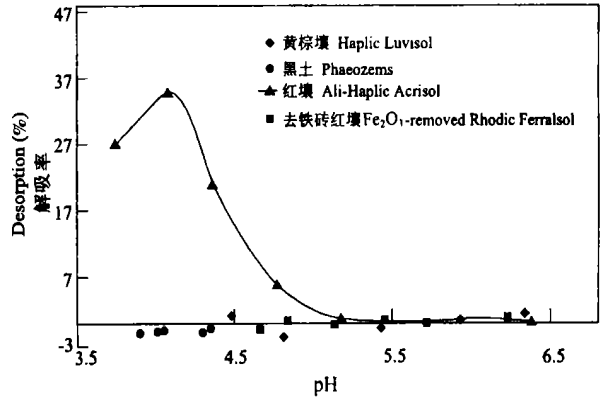


图 2 不同 pH 时去离子水对土壤中吸附性铜离子的解吸

Fig. 2 Desorption of Cu^{2+} adsorbed on soils by deionized water at different pH

2.3 NaNO_3 对可变电 荷土壤吸附的铜离子的解吸

如果将上述四种可变电 荷土壤在 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中吸附的铜离子用去离子水解吸至不能再解吸, 随后分别用 0.01 mol L^{-1} 、 0.1 mol L^{-1} 和 $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 解吸。对红壤, 在 pH 4.8~ 6.4 的范围内, 用 $0.01 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 溶液第一次进行解吸时, 只有平均 10% 左右的吸附性铜离子被解吸, 接着用同浓度的 NaNO_3 溶液第二次进行解吸时, 则没有铜离子可被解吸。当用 $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 溶液继续进行解吸时, 则在 pH 4.5~ 5.5 的范围内, 有平均 15% 左右的吸附性铜离子可被解吸。当用同浓度的 NaNO_3 溶液第二次进行解吸时, 则没有铜离子解吸。接着再用 $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 溶液进行解吸, 则也没有铜离子解吸。同样, 对赤红壤, 在 pH 4.5~ 5.8 的范围内, 当用 $0.01 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 溶液第一次进行解吸时, 只有平均不到 10% 的吸附性铜离子可解吸。当用同浓度的 NaNO_3 溶液第二次进行解吸时, 则没有铜离子解吸。当用 $0.1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 溶液继续进行解吸时, 在 pH 4.6~ 5.8 的范围内, 有平均 20% 左右的吸附性铜离子解吸。当用同浓度的 NaNO_3 溶液第二次进行解吸时, 则没有铜离子解吸。如果用 $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ 溶液继续进行解吸, 则也没有铜离子解吸。对于砖红壤和铁质砖红壤, 三种浓度的 NaNO_3 溶液都不能使被水解吸后剩余的吸附性铜离子解吸。这表明, 可变电 荷土壤中除去可被去离子水解吸的吸附性铜离子后, 剩余的吸附性铜离子被 NaNO_3 解吸的难易程度与土壤中氧化铁的含量有关。氧化铁的含量越高, 解吸越难; 氧化铁的含量越低, 解吸越容易。说明氧化铁是土壤中对铜离子发

生专性吸附的主要物质^[7]。

2.4 NaNO₃ 对恒电荷土壤中吸附性铜离子的解吸

结果表明, 当用 0.01 mol L⁻¹ NaNO₃ 溶液解吸黄棕壤和黑土在 Cu(NO₃)₂ 溶液中吸附的铜离子时, 在 pH 3.6~5.0 的范围内, 随着 pH 升高, 铜离子的解吸率由 31% 降至 4% 左右。当用 0.1 mol L⁻¹ NaNO₃ 溶液解吸时, 在 pH 3.4~4.6 的范围内, 随着 pH 升高, 铜离子的解吸率由 79% 降至 30% 左右。说明恒电荷土壤吸附的铜离子可被 NaNO₃ 解吸。在相同 pH 时, NaNO₃ 的浓度越高, 解吸率越大 (图 3)。

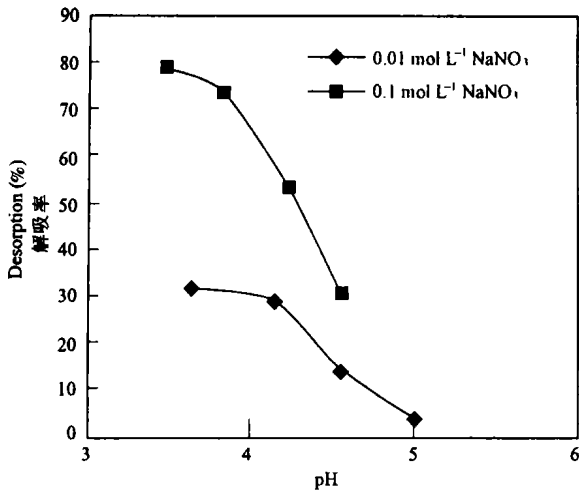


图 3 黄棕壤中吸附性铜离子的解吸

Fig. 3 Desorption of Cu ions adsorbed on Haplic Luvisol by different concentrations of NaNO₃

3 讨论

通常认为, 土壤对离子的吸附机理可以分为电性吸附和专性吸附。根据有关定义, 吸附的离子能被中等或中等以上浓度惰性电解质解吸, 称为电性吸附; 反之, 则称为专性吸附^[8]。前者主要是由于土壤胶体表面与离子之间的库仑力的作用发生吸附, 而后者则是由于土壤胶体表面与离子之间的某种化学力的作用发生吸附, 这类吸附性离子只能被吸附能力更强的离子或有机络合剂解吸。本研究结果表明, 恒电荷土壤吸附的铜离子不能被去离子水解吸, 大部分可被 0.1 mol L⁻¹ 或更高浓度的 NaNO₃ 解吸, 但即使中性电解质的浓度高至 1 mol L⁻¹, 仍有小部分不能被解吸。说明恒电荷土壤中大部分吸附性铜离子为电性吸附, 小部分为专性吸附。与恒电荷土壤相反, 可变电荷土壤吸附的大部分铜离子可被去离子水解吸。例如在 pH 4.3 左右, 红壤、赤

红壤、砖红壤和铁质砖红壤吸附的铜离子, 用去离子水第一次解吸时, 铜离子的解吸率分别可达 37%、39%、48% 和 54% 左右。显然, 这部分铜离子的吸附机理既不是电性吸附, 也不是专性吸附。这些离子究竟通过何种机理被可变电荷土壤吸附是一个值得进一步研究的问题。

图 1 表明, 当可变电荷土壤吸附的铜离子被去离子水解吸时, 在 pH~ 解吸率曲线上会出现一个最大值。对红壤、赤红壤、砖红壤和铁质砖红壤, 该最大值出现在 pH 4.1~4.4 之间。在研究不同 pH 时可变电荷土壤对铜离子的吸附时, 发现在 pH~ 吸附率曲线上在 pH 4.2 左右会出现一个明显的转折点 (图 4)。低于此 pH 值时, pH 对吸附率的影响很小; 高于此 pH 值时, pH 的影响较大。这说明在该转折点前后, 铜离子的吸附机理发生了变化。而在此 pH 范围内, 恒电荷土壤的 pH~ 吸附率曲线无明显的转折点。此外, 在研究土壤吸附铜离子引起氢离子的释放时, 发现可变电荷土壤吸附铜离子前后两条酸、碱滴定曲线在 pH 高于一定值时才分开, pH 低于一定值时两条曲线完全重合^[9]。此 pH 值与土壤中氧化铁的含量有关。氧化铁含量高, 该 pH 值高; 氧化铁含量低, 该 pH 值低。对大多数可变电荷土壤, 该 pH 值为 4 左右。

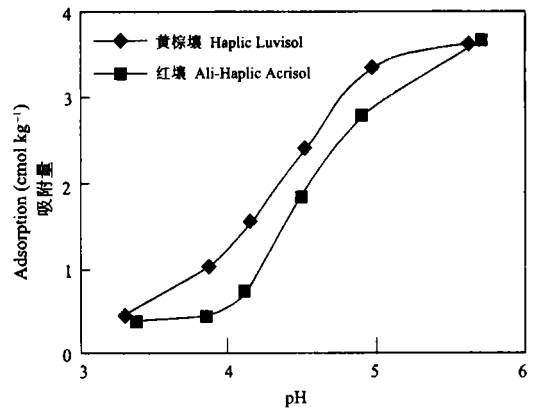


图 4 不同 pH 时黄棕壤和红壤吸附 Cu 离子的曲线

Fig. 4 Adsorption of Cu ions by Haplic Luvisol and Ali-Haplic Acrisol at different pH

上述结果表明, 可变电荷土壤吸附铜离子时, pH~ 吸附率曲线出现明显转折点时的 pH 值、吸附铜离子前后二条酸、碱滴定曲线分开时的 pH 值和用去离子水解吸铜离子时解吸率最大时的 pH 值十分接近。因为这些现象总是能重复出现, 因此不能认为这是一种偶然现象, 而是一种客观事实。它反映了在一个特征 pH 值前后, 可变电荷土壤对铜离

子的吸附机理发生了变化。

虽然用去离子水解吸可变电荷土壤吸附的铜离子时,在一定的 pH 值时出现解吸率最大值的原因目前还不清楚,但似乎可以从可变电荷土壤的表面电位特征进行探讨。

可变电荷土壤的表面电位通常由恒电荷表面电位和可变电荷表面电位组成。其中可变电荷表面电位与 pH 的关系可由下式表示^[10]:

$$\psi = \frac{RT}{F} 2.303(\text{pH}_0 - \text{pH})$$

其中 R、T 和 F 分别为气体常数、绝对温度和法拉第常数, pH_0 为可变电荷表面的电荷零点。

由(1)式可见,当 $\text{pH} > \text{pH}_0$ 时,可变电荷表面电位为负。pH 越高,表面负电位越大,对铜离子的吸附越有利,解吸越困难。因此,随着 pH 升高,铜离子的解吸率逐渐减小。当 $\text{pH} = \text{pH}_0$ 时,可变电荷表面电位为 0,此时铜离子与可变电荷表面之间的相互作用力较小。因此,铜离子的解吸率较大。当 $\text{pH} < \text{pH}_0$ 时,土壤的可变电荷表面电位为正。pH 越低,正表面电位越大,对铜离子的吸附越不利。因此,在低 pH 时,铜离子的吸附量很低(图 4)。因为此时土壤的表面净电荷为正,显然这部分铜离子只能通过专性吸附被土壤吸附。可以预期,此时吸附性铜离子的解吸率较小。Yu 等^[3]在研究可变电荷土壤对锌离子的吸附时指出,在较低的 pH 范围内,专性吸附的锌离子占吸附总量的 100%,而在较高 pH 时,专性吸附的锌离子只占锌离子吸附总量的 60%~70%。这个结果与本工作的研究结果相似。

此外,也可从可变电荷土壤的表面电荷与电解质浓度的关系探讨上述铜离子解吸现象的原因。可变电荷土壤的表面电荷随电解质浓度而变,这是这类土壤不同于恒电荷土壤的又一重要特点。电解质浓度影响表面电荷的机理颇为复杂。从胶体扩散层的理论看,有两种机理存在。可变电荷矿物表面为恒电位非极化可逆表面。这种表面上的电荷密度(σ)与溶液中离子浓度(C)的平方根成正比,即 $\sigma = KC$,其中 K 为常数^[11]。这是电解质浓度影响可变电荷胶体的表面电荷的主要原因。此外,可变电荷胶体表面上存在着独立的负电荷点和正电荷点,它们各有带反号离子的扩散层。根据扩散层理论,扩散层的厚度与溶液中离子浓度的平方根成反比,离子浓度减小时扩散层的厚度将增大。当扩散层的厚度扩展到一定程度后,土壤胶体上相邻近的正电荷点的扩散层和负电荷点的扩散层可能部分相互重

叠,使一部分正、负电荷相互抵消,减少了对阴离子和阳离子的吸附^[12]。在本工作中,可变电荷土壤在含有一定量的电解质的溶液中吸附铜离子,当用去离子水进行解吸时,介质中电解质的浓度将降低。因此,土壤表面电荷密度将减小。同时,胶体表面正电荷点和负电荷点邻近的扩散层的厚度将增大,并可能部分相互重叠,使一部分正、负电荷相互抵消。这两种原因,都可使阴离子和阳离子的吸附量减少。因此,吸附的铜离子可被去离子水解吸。

由于可变电荷土壤表面既带正电荷,又带负电荷,电荷性质可变性大,这种土壤胶体表面与离子的相互作用很复杂。对可变电荷土壤中吸附性铜离子解吸时所发生的现象及其机理,值得进一步深入研究。

参考文献

- [1] Naidu R, Kookara R S, Sumner M E, *et al.* Cadmium sorption and transport in variable charge soils: A review. *J. Environ. Qual.*, 1997, 26: 602~617
- [2] 周代华,李学垣,徐凤琳. 电介质浓度对铁、铝氧化物表面解吸重金属离子的影响及其原因. *科学通报*, 1995, 40: 2 088~2 090. Zhou D H, Li X Y, Xu F L. Effect of electrolyte concentration on desorption of heavy metal ions from surface of iron and aluminum oxides and its cause (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 1995, 40: 2 088~2 090
- [3] Yu T R, Sun H Y, Zhang H. Specific adsorption of cations. *In: Yu T R. ed. Chemistry of Variable Charge Soils*. New York, Oxford, Oxford University Press, 1996. 112~139
- [4] 徐明岗,季国亮. 恒电荷土壤和可变电荷土壤与离子间相互作用的研究 I. 共存离子对 NO_3^- 吸附的影响. *土壤学报*, 2001, 38: 204~211. Xu M G, Ji G L. Studies on the interaction of ions with constant charge soils and variable charge soils I. Effects of co-existing cations and anions on adsorption of NO_3^- (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38: 204~211
- [5] 于天仁,季国亮,丁昌璞,等. 可变电荷土壤的电化学. 北京: 科学出版社, 1996. 1~8. Yu T R, Ji G L, Ding C P, *et al.* *Electrochemistry of Variable Charge Soils* (In Chinese). Beijing: Science Press, 1996. 1~8
- [6] Theng B K G. *Soils with Variable Charge*. New Zealand Society of Soil Science, Lower Hutt, 1980. 69~146
- [7] McBride M B. Reactions controlling heavy metal solubility in soils. *Adv. Soil Sci.*, 1989, 10: 1~56
- [8] 于天仁. 土壤化学原理. 北京: 科学出版社, 1987. 246~324. Yu T R. ed. *Principle of Soil Chemistry* (In Chinese). Beijing: Science Press, 1987. 246~324
- [9] 邹献中,季国亮. 可变电荷土壤吸附铜离子时氢离子的释放. *土壤学报*, 2002, 39: 308~317. Zou X Z, Ji G L. Release of hydrogen ions during adsorption of copper ions by variable charge soils (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2002, 39: 308~317

- [10] Zhang X N, Zhao A Z. Surface charge. In: Yu T R. ed. Chemistry of Variable Charge Soils. New York, Oxford, Oxford University Press, 1997. 17~ 63
- [11] van Olphen H. Introduction to Clay Colloid Chemistry. N. Y.: Interscience, 1977. 30~ 44
- [12] Barber R G, Rowell D L. Charge distribution and the cation exchange capacity of an iron rich kaolinite soil. J. Soil Sci., 1972, 23: 135~ 146

DESORPTION OF COPPER IONS ADSORBED BY VARIABLE CHARGE SOILS

Zou Xianzhong^{1,2} Xu Jianmin¹ Zhao Anzhen² Ji Guoliang²

(1 College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

(2 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract In the present work, desorption of copper ions adsorbed by variable charge soils was studied. Four variable charge soils, i. e., Al⁺-Haplic Acrisol, Ferral⁺-Haplic Acrisol, Rhodic Ferralsol and Hyper Rhodic Ferrasol collected from south China, were used. As contrast, two constant charge soils, i. e., Haplic Luvisol and Phaeozems collected from Nanjing and Harbin respectively, were also used. The results showed that the copper ions adsorbed by variable charge soils could be desorbed by deionized water. When the adsorbed copper ions were desorbed at different pH, a pH~ desorption rate curve could be obtained. A peak with maximum desorption rate could occur on the curve at a certain pH value. When the pH of soil suspension was higher than this pH value, the desorption rate decreased with the increase in pH. When the pH was lower than this pH value, the desorption rate decreased with the decrease in pH. For different variable charge soils, this pH value was related to the content of iron oxides in soils. The higher the content of iron oxides, the higher this pH value. After removal of copper ions which could be desorbed by deionized water, the residual copper ions adsorbed could be desorbed by dilute solution of NaNO₃. For different variable charge soils, the higher the content of iron oxides and the higher the concentration of electrolyte, the more difficult the desorption of the residual copper ions adsorbed. On the contrary, the copper ions adsorbed by constant charge soils could not be desorbed by deionized water, but could be desorbed by electrolyte solution. The higher the concentration of electrolyte, the greater the ability of desorption of electrolyte. It is suggested that the mechanism of adsorption of copper ions by variable charge soils was different from that by constant charge soils.

Key words Variable charge soil; Copper ions; Desorption