

磷和砷专性吸附对砖红壤 胶体动电电位的影响

陈同斌*

中国科学院
(地理研究所, 北京 100101)
国家计划委员会

张效年 张宏

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 不同 Na_2HPO_4 和 NaH_2AsO_4 浓度及其配比的试验表明, 磷酸根离子和砷酸根离子专性吸附都会显著地降低砖红壤胶体的 ζ 电位及其等电点 (IEP), 但后者的吸附对动电性质 (ζ 电位和 IEP) 的影响比前者的影响更大。磷和砷的专性吸附对砖红壤表面电荷的影响是很相似的。

关键词 砖红壤; 磷酸根吸附; 砷酸根吸附; IEP; ζ 电位

土壤胶体的表面电荷对土壤的化学性质 (如 CEC、阴离子和阳离子吸附种类和数量) 和物理性质 (如团粒结构的稳定性^[5]、耕作性能等) 有很大的影响。而这些物理和化学性质对土壤中养分的保持、供应以及植物生长都有影响, 因此, 土壤胶体表面电荷与土壤肥力的性质以及土壤资源的合理利用和管理都有密切的关系。

前人的研究已经指出^[1~3, 6], 土壤正负电荷的变化与土壤粘土矿物组成以及铁铝氧化物和有机质含量有关, 同时也受介质的 pH 和电解质浓度的影响。关于离子专性吸附对胶体表面电荷的影响虽然已有报道, 但多以各种纯氧化物为研究对象^[2]。

磷和砷在元素周期表中都属于第 V 族元素, 它们在土壤化学性质方面有许多相似之处 (如吸附行为十分相似^[4]), 但前者为植物生长所必需的主要营养元素, 而后者却为毒性很强的污染元素。因此, 对土壤-植物系统中磷、砷化学行为和生理行为的异同进行比较研究是很有意义的。笔者已在此方面做过一些尝试。本文的研究则是以我国高度风化的砖红壤为例, 探讨磷、砷专性吸附对土壤胶体动电性质的影响。

1 材料与方 法

1.1 供试样品及其制备

供试土壤取自广东省徐闻的底土层, 土壤类型为玄武岩发育的砖红壤, 粘土矿物主要由高岭石、三水铝、氧化铁组成。土壤的 pH (H_2O) 为 5.0, 有机质含量为 4.0 g/kg 土, 游离氧化铁、无定形氧化铁 (以 Fe_2O_3 计) 和活性硅 (以 SiO_2 计) 含量分别为 114, 3.4 和 4.0 g/kg 土。

供试土壤用超声波分散后提取小于 1 μm 的胶体, 在低压电下电渗析成氢 (铝) 质胶体,

* 华南农业大学土壤学与植物营养系毕业生。

1992-09-09 收稿

在 60℃ 下烘干, 研磨, 过 100 目筛。

1.2 实验方法

取一定量的供试土壤胶体, 配制成浓度为 $1.25 \times 10^{-4} \text{ kgL}^{-1}$ 的胶体悬液系列, 分别加入不同体积的稀盐酸或 NaOH 溶液调节 pH, 然后加入含有供试阴离子的溶液, 摇匀, 室温下放置平衡 3 天, 测定悬液的电泳速度、电导率和 pH。电泳速度的测定采用 DPM-1 型微电泳仪。然后计算出悬液系列中不同 pH 下胶体表面的动电电位 (ζ 电位)。以 ζ 电位对 pH 作图, 从图中查出 ζ 电位为零时的 pH, 此点的 pH 即为等电点 (IEP)。

2 结果与讨论

2.1 阴离子浓度对胶体 ζ 电位的影响

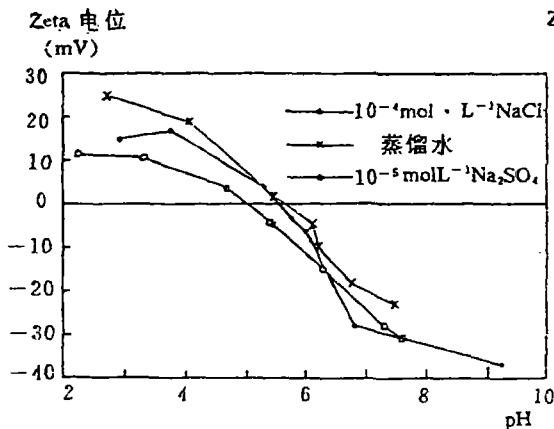


图1 Na_2SO_4 和 NaCl 对 IEP 的影响

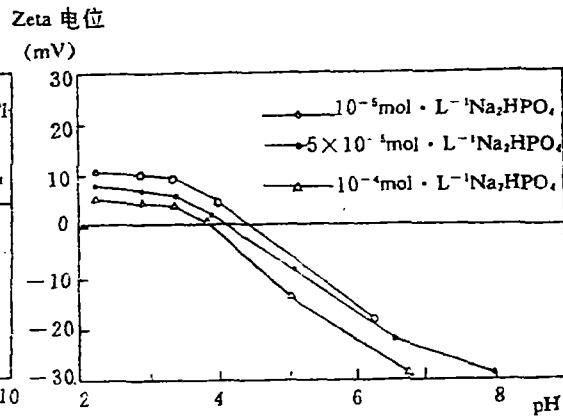


图2 Na_2HPO_4 浓度对 IEP 的影响

图 1 是对照处理 (只加蒸馏水, 不加电解质) 和添加 NaCl 、 Na_2SO_4 的处理中砖红壤胶体 ζ 电位随 pH 的改变而变化的实验结果。它们的 IEP 分别为 5.7, 5.5, 5.1。

从图 2 可以看出, Na_2HPO_4 的添加量对砖红壤胶体的 ζ 电位有明显的影响。当添加的 Na_2HPO_4 浓度为 10^{-5} , 5×10^{-5} 和 $10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ 时, 胶体的 IEP 分别为 4.5, 4.1 和 3.8。因此, 悬液中磷酸根离子的浓度越大, 则胶体的 IEP 越小。从不同 Na_2HPO_4 浓度的三个处理中胶体 ζ 电位差异来看, 在相同 pH 条件下, 胶体的 ζ 电位大小的顺序均为: 添加 Na_2HPO_4 的浓度为 $10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ 时 < 添加浓度为 $5 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ 时 < 添加浓度为 $10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ 时; 也就是说, ζ 电位会随着悬液体系中磷酸盐离子浓度的升高而降低。因此, 实验结果表明, 磷酸盐离子浓度对土壤胶体的动电性质有明显的影响。

从图 2 与图 1 的比较可以看出, 无论添加的 Na_2HPO_4 浓度为多少, 凡是添加 Na_2HPO_4 的处理, 胶体的 IEP 均低于对照处理和添加 NaCl 、 Na_2SO_4 的处理。因此, 专性吸附作用较强的磷酸根离子对砖红壤胶体动电性质的影响, 比不发生专性吸附的 Cl^- 和专性吸附能力较差的 SO_4^{2-} 对动电性质的影响更大。

磷酸根阴离子在土壤胶体中主要是通过阴离子配位交换 (ligand exchange) 机理而被专性吸附的^[7,8]。被专性吸附的磷酸根阴离子进入胶体表面双电层的内层后, 可诱导胶体固相表面的净负电荷增加。因此, 为了平衡胶体表面的负电荷使之达到等电点 (IEP) 所需的 H^+ 离子较多, 即需要加入的酸的量较对照处理多。所以, 磷酸根离子发生专性吸附后会使得胶体的 IEP 降低。当添加的 Na_2HPO_4 浓度不太高时, 悬液体系中的 Na_2HPO_4 浓度越高, 则通

过配位交换而进入双电层内层的磷酸根阴离子就越多,胶体表面的净负电荷增多。因此, Na_2HPO_4 浓度越高,胶体的 ζ 电位和 IEP 越低。

从图 3 可以看出,不同浓度的 NaH_2AsO_4 对胶体动电性质的影响也有明显的差异。当添加的 NaH_2AsO_4 浓度为 10^{-5} 、 10^{-5} 和 10^{-4} mol L^{-1} 时,胶体的 IEP 分别为 4.6、4.2 和 3.3, ζ 电位也依次降低。因此,与磷酸根离子浓度对胶体动电性质的影响一样,砷酸根离子浓度增加,则胶体的 ζ 电位和 IEP 就降低。在土壤中,砷酸根离子与磷酸根离子的吸附行为非常相似,它也可以通过配位交换机理而被专性吸附^[6],从而进入胶体表面双电层中的内层,使胶体表面净负电荷增多, ζ 电位和 IEP 降低。从图

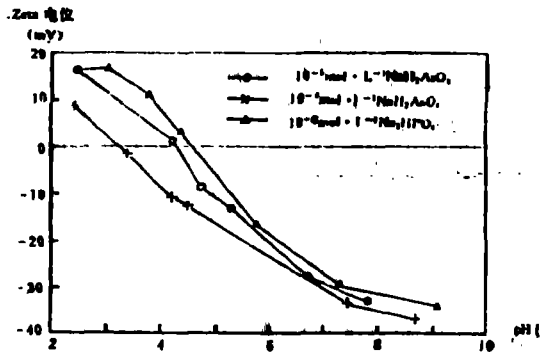


图 3 NaH_2AsO_4 浓度对 IEP 的影响

2 和图 3 可以看出,当 Na_2HPO_4 和 NaH_2AsO_4 浓度均为 10^{-5} mol L^{-1} 时, Na_2HPO_4 和 NaH_2AsO_4 两个处理中胶体的 IEP 分别为 4.5 和 4.2;而当它们的浓度均为 10^{-4} mol L^{-1} 时,胶体的 IEP 分别为 3.8 和 3.3。因此,在相同浓度下,砷酸根离子与磷酸根离子在专性吸附行为及其对胶体动电性质的影响方面是很相似的;所不同的是,在相同浓度条件下,前者对胶体动电性质的影响比后者更大。

前人的研究结果表明^[17],土壤中不同阴离子的吸附强弱为:砷酸根离子 > 磷酸根离子 > SO_4^{2-} > Cl^- 。而本研究中各种阴离子对胶体 IEP 的影响大小也是:砷酸根离子 > 磷酸根离子 > SO_4^{2-} > Cl^- 。因此,阴离子对砖红壤胶体 IEP 的影响大小与它们在土壤中吸附作用强弱的变化趋势是一致的。

2.2 不同磷砷比例对胶体 ζ 电位的影响

图 4 的结果表明,当 Na_2HPO_4 和 NaH_2AsO_4 的总浓度固定为 10^{-5} mol L^{-1} 时,调节两者的混合比例,使 As/P 的比率为 4:1, 1:1 和 1:4,则胶体的 IEP 分别为 2.9, 3.8 和 4.7。因此,As/P 比值越大,则它们对胶体 IEP 的影响也越大。改变 As/P 的比例对胶体 ζ 电位的影响也与对 IEP 的影响的变化趋势一致(图 4)。因此,从不同 Na_2HPO_4 和 NaH_2AsO_4 混合比例

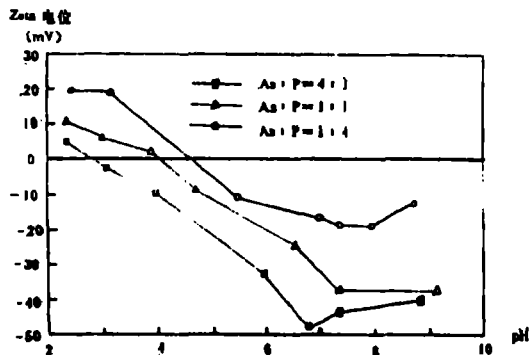


图 4 砷:磷比值对 IEP 的影响

混合比例的结果也可以看出,砷酸根离子吸附对动电性质的影响比磷酸根离子的影响大。当砷酸根离子或磷酸根离子单独存在于悬液中时,实验的结果也是前者对动电性质的影响比后者大。因此,上述两方面的实验结果是吻合的。

参 考 文 献

- 1 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): 162~174
- 2 赵安珍, 张效年. 氧化铁对红壤电荷性质的影响. 土壤, 1991, 23 (5): 231~235
- 3 李学垣. 两种夏威夷热带土壤的表面电荷特征. 土壤学报, 1985, 22 (2): 120~126
- 4 陈同斌. 土壤中砷的吸附特点及其机理. 中国博士后文集 (第4集). 北京: 北京大学出版社, 1991, 564~570
- 5 Atkinson R J, A M Posner and J P Quirk. Adsorption of potential-determine anions at the ferric oxide-aqueous electrolyte interface. J phys Chem, 1967, 71: 550~558
- 6 Wada S I and K Wada. Charge characteristic and exchangeable cation Status of Korean Ultisols and Alfisols and Thailand Ultisols and Oxisols. J Soil Sci, 1985, 36: 21~29
- 7 Parfitt R L. Anion adsorption by soils and soil materials. Advances in Agronomy, 1978, 30: 1~50
- 8 Barrow N J. Reaction of anions and cations with variable-charge soils. Advances in Agronomy, 1985, 38: 183~230

EFFECT OF PHOSPHATE AND ARSENATE ADSORPTION
ON ZETA-POTENTIAL OF LATERITE COLLOID

Chen Tongbin

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Zhang Xiaonian Zhang Hong

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

Abstract From the results of the electrophoresis experiments with different concentrations of Na_2HPO_4 and NaH_2AsO_4 , and different ratios between the two salts, it was concluded that the specific adsorption of phosphate and arsenate in laterite soil reduced significantly the Zeta-potential and IEP of the colloid, but the influence of the latter was larger than that of the former. Therefore, behaviours of the specific adsorption of phosphate and arsenate on surface charge of laterite soil were similar.

Key words Laterite; Phosphateadsorption; Arsenate adsorption; IEP; Zeta-potential