

磷酸盐对土壤胶体和矿物表面吸附酸性磷酸酶的影响*

赵振华 黄巧云[†] 李学垣 郭学军

(华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070)

摘要 研究了系列浓度磷酸盐体系中, 酸性磷酸酶在黄棕壤、砖红壤胶体和高岭石、针铁矿及 $\delta\text{-MnO}_2$ 表面的吸附特点。结果表明: 随着磷酸盐浓度升高, 磷酸酶在土壤胶体和矿物上的等温吸附曲线类型逐渐由 L 型向 C 型转化, 等温吸附方程由 Langmuir 方程向线性方程转化, 这种转化可能与磷酸和酶在胶体矿物表面对不同点位的利用及其能量特点有关。随着体系中磷酸盐浓度的增加, 酶吸附量呈现先急剧下降后逐渐稳定的趋势。磷酸盐对土壤胶体和矿物上酶吸附的影响取决于矿物表面的类型特别是羟基的数量、体系中磷酸盐浓度及酶的加入量。针铁矿及含铁铝氧化物较多的砖红壤胶体对酶的吸附受磷酸盐的抑制作用最为显著。

关键词 磷酸盐, 酸性磷酸酶, 吸附, 土壤胶体和矿物

中图分类号 S153.3

土壤酶是土壤中重要的生物大分子, 在土壤养分循环、污染物转化等生物化学过程中起着催化和协调作用。在土壤中, 酶一旦从生物体内分泌释放出来, 多以吸附、固定形式与各种土壤组分结合, 特别是土壤胶体^[1]。胶体对酶的吸附固定常常导致酶活性的丧失及酶与底物分子的亲和力降低^[2,3]。不同的土壤胶体组分对酶的吸附特性不同, 有关不同类型土壤粘粒矿物及氧化物对酶的吸附固定特性已有较多的研究报道^[4-9]。在土壤体系中, 酶是与各种可溶性有机、无机分子如有机无机配位体共存的, 特别是在根际土壤。这些离子或有机分子可对土壤酶的存在状态产生深刻的影响^[10]。磷酸离子被认为是一种强配位体, 在高浓度时, 它还是磷酸酶的抑制剂^[11]。Naidja 等的工作表明, 蒙脱石与羟基铝的复合物对酪氨酸酶的吸附量受磷酸盐的影响大于蒙脱石, 而对于磷酸离子的作用机制他们并未进行深入的讨论^[12]。本文以我国热带、亚热带地区两种代表性土壤的胶体和某些常见土壤矿物为材料, 选取在土壤有机磷分解中起催化作用的酸性磷酸酶, 探讨了磷酸离子对胶体矿物表面酶吸附影响的特点, 以期阐明土壤胶体表面磷酸根与酶蛋白分子相互作用的机理。

1 材料和方法

1.1 试剂

酸性磷酸酶试剂(EC3.1.3.2, Type II, 0.8 units mg^{-1} , from potato, 分子量约 100 kDa) 购于 Sigma 公司。

1.2 土壤胶体和粘粒矿物制备

供试土壤分别为湖北孝感 Q3 母质发育的黄棕壤(0~20 cm)和海南东山峙花岗岩发育的砖红壤(17~35 cm); 高岭石为化学试剂。以上土壤和矿物制成悬浊液后以 0.1 mol L^{-1} 的 NaOH 调 pH 至中性, 超声波分散, 沉降法分离小于 2 μm 的粘粒, 用 0.5 mol L^{-1} 的 CaCl_2 絮凝, 去离子水和酒精洗至无 Cl^- 离子, 45 $^\circ\text{C}$ 烘干, 过 100 目筛。

针铁矿按 Atkinson 的方法合成: 在含有 50 g $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 的 825 ml 溶液中, 在电动搅拌下缓慢滴加 200 ml 2.5 mol L^{-1} 的 KOH 溶液至 pH 为 12, 然后在 60 $^\circ\text{C}$ 下老化 24 h, 用砂芯漏斗抽滤, 用 pH 9 的 KOH

* 国家自然科学基金(40271064)和教育部优秀青年教师资助计划

[†] 通讯作者, qyluang@mail.hzau.edu.cn. Tel. 027-87280271

收稿日期: 2001-07-05; 收到修改稿日期: 2002-01-05

溶液洗涤沉淀, 110°C 下干燥 24 h, 过 100 目筛^[13]。δ-MnO₂ 按 Paridu 的方法合成: 取 180 g MnSO₄·H₂O 溶解到 1500 ml 浓度为 29 mmol L⁻¹的 H₂SO₄ 溶液中, 另取 120 g KMnO₄ 溶于 1500 ml 蒸馏水中, 在搅拌下将该溶液缓慢加入到 MnSO₄ 溶液中, 抽滤, 用蒸馏水洗涤数次, 放置 12 h, 110°C 干燥后, 过 100 目筛^[14]。制备的土壤胶体和矿物的主要性状列于表 1。

表 1 土壤胶体和粘粒矿物的某些基本性质
Table 1 Some properties of soil colloids and clay minerals

粘粒矿物 Clay minerals	有机质 Organic matter (g kg ⁻¹)	游离氧化铁 Free iron oxide (g kg ⁻¹)	比表面 Specific surface area (m ² g ⁻¹)	电荷零点 PZC	矿物组成 Mineral composition (%)
高岭土	—	—	20	3.6	高岭石
针铁矿	—	—	83	8.3	针铁矿
δ-MnO ₂	—	—	277	2.5	δ-MnO ₂
黄棕壤	10.9	36.2	245	2.9	伊利石, 1.4nm 矿物, 高岭石
砖红壤	5.86	90.5	84	3.9	高岭石, 伊利石和三 水铝石(微量)

1.3 土壤胶体和粘粒矿物悬浊液制备

称取 2.5 g 土壤胶体或粘粒矿物于锥形瓶中, 加适量去离子水, 以 0.1 mmol L⁻¹ 盐酸或氢氧化钠每隔 2 h 调悬浊液的 pH, 直至稳定在 5.5 (约需 1 周), 定容至 250 ml。

1.4 土壤胶体和粘粒矿物对酸性磷酸酶的吸附

在磁力搅拌下吸取土壤悬浊液 1 ml 于 10 ml 的贝克曼离心管中, 加入浓度为 0~2000 μg mL⁻¹、pH 5.5 的酶溶液 1 ml, 然后加入 1 ml pH 5.5 的磷酸二氢钾溶液(0~500 mmol L⁻¹, 以 0.15 mol L⁻¹ NaCl 作支持电解质)。25°C 下振荡 3 h, 静置 1 h, 30 000 g 离心, 用 Folin-酚试剂法测定上清液中酶的含量。各体系中加入酶的总量扣除上清液中的酶量, 即为土壤胶体和粘粒矿物对酶的吸附量。

1.5 酶含量的测定

Folin-酚试剂法: 吸取 0.2 ml 含 0~600 μg mL⁻¹ 的酶溶液于玻璃试管中, 加入 1 ml 的福林试剂甲, 摇匀, 室温下放置 10 min, 加入 0.1 ml 的福林试剂乙, 立即混匀, 于 40°C 水浴中恒温 30 min, 以不含酶的试剂做空白对照, 在 VIS-7220 型分光光度计上比色测定, 测定波长为 650 nm。

2 结果和分析

2.1 磷酸盐体系中酸性磷酸酶在土壤胶体和矿物上的等温吸附

由图 1 可见, 不加磷酸盐时, 针铁矿对酸性磷酸酶的等温吸附曲线符合 Langmuir 方程($R^2 > 0.95$), 随着体系中酶浓度的升高, 酶的吸附量最初上升很快, 随后增加的速度逐渐减缓, 曲线类型属于 L 型^[15]; 当磷酸盐浓度为 10~500 mmol L⁻¹ 时, 对应的酶等温吸附曲线符合线性方程($R^2 > 0.98$), 曲线类型为 C 型, 即随着体系中酶浓度的升高, 酶在固液两相中的分配是按恒定比例进行的。对黄棕壤、砖红壤、高岭石和 δ-MnO₂ 而言, 当磷酸盐浓度为 0~100 mmol L⁻¹ 时, 对应的酶等温吸附曲线符合 Langmuir 方程, 曲线类型为 L 型, 当磷酸盐浓度升高到 500 mmol L⁻¹ 时, 等温吸附曲线符合线性方程, 为 C 型曲线。上述结果表明, 随着体系中磷酸盐浓度的升高, 各供试土壤胶体和矿物对酶的吸附等温曲线类型逐渐由亲和力较高的 L 型向亲和力较低的 C 型转化。

2.2 磷酸盐浓度改变对土壤胶体和矿物吸附酸性磷酸酶的影响

由图 2 可看出, 当体系中磷酸盐的浓度从 0 增加至 100 mmol L⁻¹, 酶的加入量为 1000 μg 时, 酶在矿物表面的吸附百分率呈急剧下降趋势, 如针铁矿对磷酸酶的吸附百分率从 89% 迅速下降到 14%, 两种

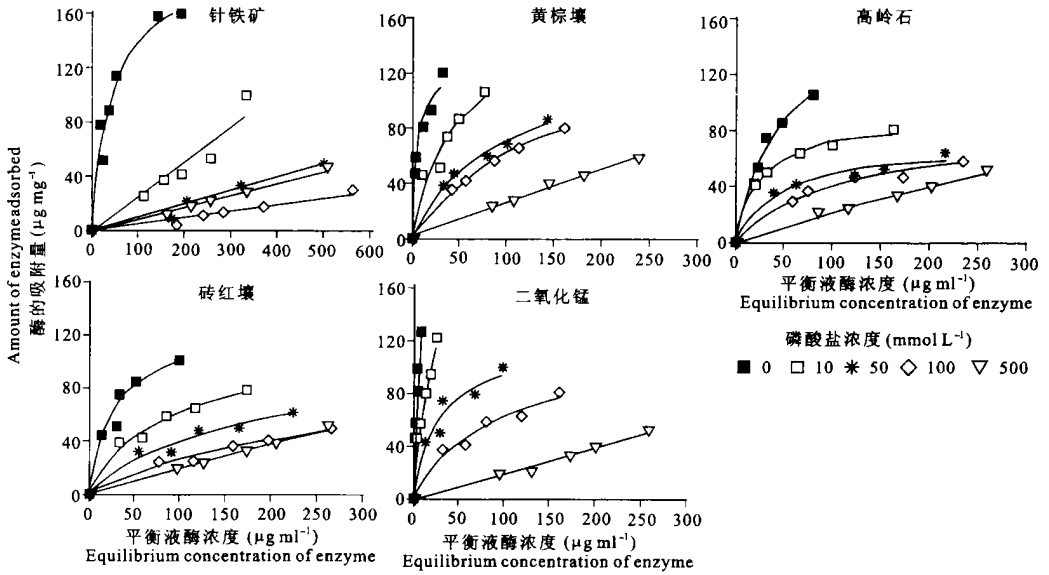


图 1 磷酸盐体系中土壤胶体和矿物对酸性磷酸酶的等温吸附曲线

Fig. 1 Isotherms of acid phosphatase adsorption by soil colloids and clay minerals in a series of solutions different phosphate concentration

土壤胶体和其它矿物对酶的吸附百分率则从 90% 下降到 40% ~ 65%, 这说明酸性磷酸酶在土壤胶体、矿物表面占据的吸附点位和磷酸根所占据的点位可能在很大程度上是相似的, 二者在土壤胶体、矿物表面出现了激烈的点位竞争。当磷酸盐浓度为 100~ 500 mmol L⁻¹ 时, 酶在土壤胶体、矿物表面的吸附率逐渐减缓。如砖红壤和高岭石对酶的吸附百分率仅从 45% 下降到 40% 左右, 黄棕壤和 δ-MnO₂ 虽仍保持一定的下降速率(下降了 20 个百分点), 但相对于低磷浓度时酶的吸附下降速率(下降了 35 个百分点)仍比较小, 而针铁矿对酶的吸附率基本上稳定在 14% ~ 22% 之间。可见随着体系中磷酸盐浓度的升高, 酶在供试土壤胶体和矿物表面的吸附百分率呈现为先急剧下降后逐渐稳定的趋势。

各供试土壤胶体和矿物对酶的吸附量从大到小的顺序为: δ-MnO₂ > 黄棕壤 > 高岭石 > 砖红壤 >> 针铁矿。磷酸盐对土壤胶体、矿物表面酶的吸附抑制效率可根据以下公式计算,

$$D = (A_0 - A_x) \times 100 / A_0$$

其中 *D* 为磷酸盐对酶的吸附抑制效率(%), *A*₀ 为不加磷酸盐时酶的吸附量, *A*_{*x*} 为某一磷酸盐浓度时酶的吸附量。表 2 的结果表明, 当磷酸盐浓度为 10 mmol L⁻¹ 时, 其对针铁矿表面酶的吸附抑制效率可高达 53%, 对其它土壤胶体、矿物酶的吸附抑制效率仅在 4% ~ 23% 之间。当磷酸盐浓度增大到 100 mmol L⁻¹ 时, 其对黄棕壤和 δ-MnO₂ 表面酶吸附的抑制效率分别增大到 31% 和 35%, 针对铁矿的酶吸附抑制效率仍最高为 85%, 对高岭石和砖红壤的则分别为 44% 和 52%。当磷酸盐浓度继续升高到 500 mmol L⁻¹ 时, 针铁矿所受到的吸附抑制效率仍可达 75%, 而其它胶体矿物则在 50% ~ 60% 之间。可见,

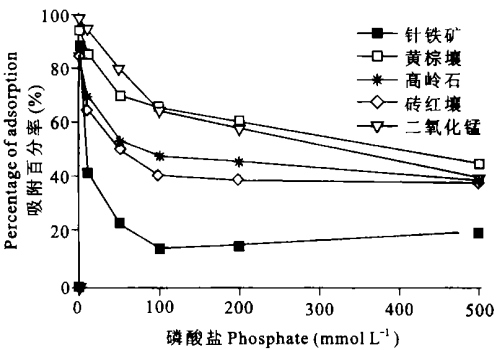


图 2 不同浓度磷酸盐体系中胶体和矿物对酶的吸附百分率

Fig. 2 Percentage of enzyme adsorption on soil colloid and minerals in the presence of phosphate different in concentrations

磷酸盐对针铁矿表面酶吸附的抑制作用在供试的磷酸盐浓度范围内最为显著,对砖红壤胶体吸附酶的抑制作用在低磷浓度时也明显大于黄棕壤和两种矿物。

表 2 磷酸盐对酸性磷酸酶吸附的抑制效率
Table 2 Inhibitory effect of phosphate on adsorption of acid phosphatase

磷酸盐浓度 Conc of phosphate (mmol L ⁻¹)	针铁矿 Goethite	黄棕壤 Yellow brown soil	高岭石 Kaolinite	砖红壤 Latosol	二氧化锰 δ-MnO ₂
0	0	0	0	0	0
10	53	9	19	23	4
50	74	26	38	40	19
100	85	31	44	52	35
500	75	51	54	54	59

2.3 不同酶加入量下磷酸盐系列浓度对酶在土壤胶体和矿物上吸附抑制效率的影响

为探讨不同酶加入量时,磷酸盐对土壤胶体、矿物表面酶的吸附影响,设计了图3的试验。由图3可见,当酶加入量从480 μg增大到1300 μg时,对黄棕壤、砖红壤、高岭石和δ-MnO₂而言,10 mmol L⁻¹的磷酸盐对酶的吸附抑制效率可从0.85%~15%之间增大到3%~24%之间,增大的倍数一般超过两倍以上。50 mmol L⁻¹磷酸盐对酶的吸附抑制效率可从6%~29%之间增大到21%~39%之间,增大倍数也超过一倍以上。当磷酸盐浓度增大到500 mmol L⁻¹时,磷酸盐对酶在以上土壤胶体、矿物表面的吸附抑制效率分别稳定在51%、57%、52%和60%。此时的磷酸盐浓度正好与等温吸附曲线中C型曲线出现时的磷酸盐浓度一致,可见对上述几种土壤胶体、矿物来说,低浓度磷酸盐体系中,酶加入量的改变可明显影响磷酸盐对酶的吸附抑制效率,但在高浓度磷酸盐体系中,这种影响较小。对针铁矿而言,这个吸附抑制效率恒定值出现得较早,一般从10 mmol L⁻¹磷酸盐开始,但500 mmol L⁻¹磷酸盐对酶在针铁矿上的吸附抑制效率反而下降,这可能与高浓度的磷酸盐配体对针铁矿晶体结构有一定的破坏作用,从而使酶的吸附点位增加有关。

3 讨论

上述结果表明,在0~100 mmol L⁻¹的磷酸盐浓度范围内,土壤胶体和矿物表面对酶的吸附量急剧下降,这与酶和磷酸盐在土壤胶体、矿物表面激烈竞争吸附点位有关^[10]。随着磷酸盐浓度的继续升高(100~500 mmol L⁻¹),酶在土壤胶体、矿物表面的吸附量逐渐稳定,说明在这一磷酸盐浓度范围内磷酸根与酶分子的点位竞争作用较小。引起这种现象的原因可能有两点:(1)磷酸-酸性磷酸酶复合物的形成,削弱了磷酸盐的竞争作用。通过对磷酸酶-磷酸复合物的精细X-射线衍射和核磁共振波谱的研究发现,当磷酸盐:酶的摩尔比超过1:1时,就可形成磷酸-酶复合物^[16]。而且,磷酸和酸性磷酸酶的两个活性中心金属原子及相邻氨基酸残基形成的五配位复合物,位于酶分子中两个单聚体界面形成的深沟的底部^[12],这样由于立体位阻作用,复合的和未被复合的磷酸将很难再与土壤胶体、矿物表面发生作用,即达到了动态平衡。因此当磷酸盐浓度较高时,磷酸-酶复合物的大量形成,减少了游离磷酸与酶在土壤胶体、矿物表面的竞争作用。(2)高浓度磷酸盐时,酶和磷酸可能分别占据不同的吸附点位,磷酸与酶在土壤胶体、矿物表面的竞争作用趋于缓和。一般认为,磷酸主要通过羟基配位交换吸附在土壤胶体、矿物表面,而酶则可以通过专性吸附、疏水力、静电力和氢键等多种作用吸附在土壤胶体、矿物表面^[17,18]。在高浓度磷酸盐时,酶和磷酸对专性吸附点位的竞争已经达到平衡,此时酶可能主要占据非羟基化表面,而磷酸主要占据羟基化表面,由于占据的点位不同,因此磷酸的增加对酶吸附量的影响较小。

随着磷酸盐浓度的增加,酶在供试的土壤胶体和矿物上的等温吸附曲线类型逐渐由L型向C型转化。这与供试体系中磷酸和酶在土壤胶体、矿物表面的相对亲和力的变化有关。已有的资料表明,磷酸

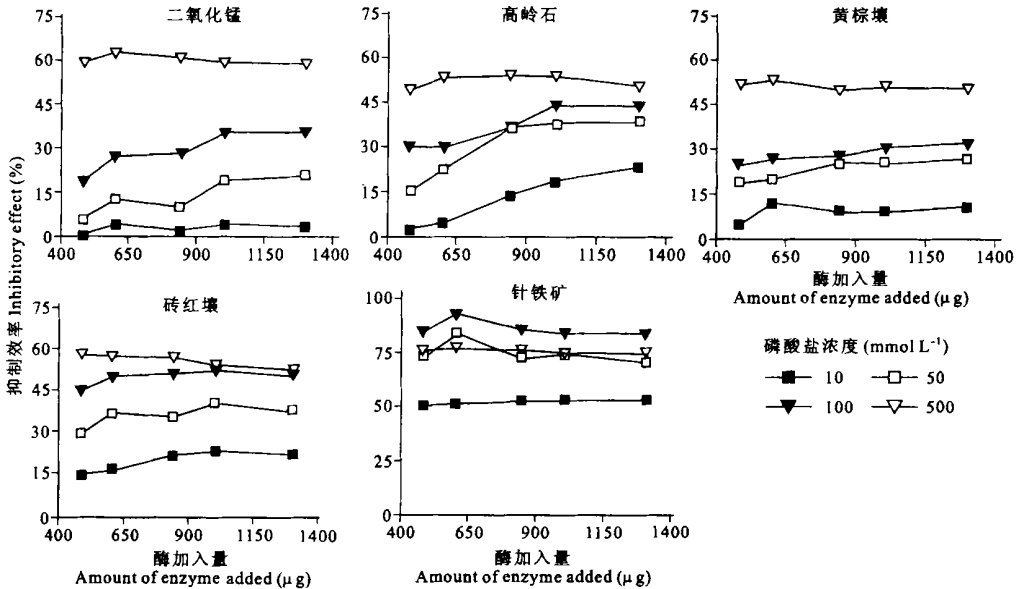


图 3 不同酶加入量下磷酸对酶的吸附抑制效率

Fig. 3 Inhibitory effect of phosphate on enzyme adsorption as affected by the amount of enzymes added

主要是通过快速配位羟基交换作用吸附在土壤胶体和矿物的表面。在低浓度时, 磷酸一般在土壤胶体、矿物表面形成双基配合物, 而在高浓度时, 磷酸则通过单基配合物吸附, 单基配位的磷酸比双基配位的磷酸更容易被解吸^[19]。Luisella 等的研究表明, 磷酸在针铁矿表面的等温吸附曲线可出现两个平台, 第一个平台(0~ 20 mmol L⁻¹磷酸盐)对应着所谓的双基配位阶段, 第二个平台(> 20 mmol L⁻¹磷酸盐)则对应着单基配位阶段^[20]。本试验中, 当磷酸盐浓度 > 10 mmol L⁻¹ 时, 针铁矿对磷酸酶的等温吸附曲线开始由 L 型向 C 型转化, 在其它土壤胶体、矿物体系中, 这种转化出现在较高的磷酸盐浓度 (500 mmol L⁻¹), 这意味着磷酸在土壤胶体、矿物上的双配位向单配位的转化改变了酶与土壤胶体、矿物表面的亲和力。低磷浓度时, 酶既可利用非羟基化表面, 也可利用较多的未被磷酸占据的羟基点位, 但被双配位磷酸占据的羟基点位却很难被酶利用。高磷酸盐浓度时, 酶在土壤胶体、矿物表面的吸附主要利用非羟基化表面, 也可通过交换部分单配位磷酸创造吸附点位, 但交换单配位磷酸所付出的能量将远远大于它直接利用土壤胶体、矿物表面未被磷酸占据的羟基点位所付出的能量, 导致酶在土壤胶体、矿物表面的亲和力相对于低磷酸盐浓度时有所降低。

上述结果表明, 磷酸盐对针铁矿吸附酶的抑制作用远远大于其对其它土壤胶体和矿物的抑制作用, 这与不同矿物表面的特征不同有关。磷酸主要利用表面的羟基点位, 在磷酸的竞争下, 磷酸酶很难利用针铁矿表面羟基点位, 因此, 其对酶的吸附量较低。Naidia 的研究也表明, 在磷酸盐体系中, 蒙脱石被羟基铝包被后, 其对酪氨酸酶的吸附量明显降低^[10]。以层状硅酸盐矿物为主的土壤胶体和高岭石, 它们结构中所含有的硅氧烷表面较多, 有利于酶的非专性吸附, 磷酸根对这部分吸附的酶的竞争作用较小, 因此在磷酸盐体系中, 这几种土壤胶体、矿物对酶的吸附百分率较高。值得注意的是, 在黄棕壤、砖红壤和高岭石三种体系中, 磷酸盐对砖红壤表面酶的吸附抑制作用最强, 这与其含有较多的铁铝氧化物有关。供试的 δ -MnO₂ 虽也属氧化物, 但可供磷酸根交换吸附的表面羟基较少^[21], 因此其对磷酸酶的吸附受磷酸根的影响也相对较小。

4 结论

1. 体系中磷酸盐浓度的改变, 显著影响着酸性磷酸酶在土壤胶体和矿物表面的亲和力和吸附量, 随着体系中磷酸盐浓度的增加, 酶的等温吸附曲线类型逐渐由 L 型向 C 型转化。

2 磷酸盐对酶吸附的抑制效率, 决定于胶体矿物类型、体系中磷酸盐浓度及酶的加入量, 磷酸盐对供试的几种胶体矿物酶吸附的抑制效率大小为: 针铁矿 >> 砖红壤 > 高岭石 > 黄棕壤 \geq δ - MnO_2 。

参考文献

1. Bums R G. Interactions of enzymes with soil mineral and organic colbids. *In: Huang P M, Schnitzer M. eds. Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes. Soil Sci. Soc. Am. Special Publication No. 17. Madison, WI, 1986. 429~ 451*
2. 黄巧云, 李学垣. 粘粒矿物和有机质对酶活性的影响. *土壤学进展*, 1995, 23: 12~ 18
3. Gianfreda L, Rao M A, Violante A. Adsorption, activity and kinetic properties of urease on montmorillonite, aluminum hydroxide and Al(OH)_x-mont complex. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, 24(1): 51~ 58
4. Gianfreda L, Rao M A, Violante A. Invertase (β -fructosidase): Effects of montmorillonite, Al-hydroxide and Al(OH)_x-montmorillonite complex on activity and kinetic properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 1991, 23(6): 581~ 587
5. Nannipieri P, Sequi P, Fusi P. Humus and enzyme activity. *In: Piccolo A. ed. Humic Substance in Terrestrial Ecosystems. Elsevier Science B. V., 1996. 293~ 327*
6. Huang Q, Jiang M, Li X. Adsorption and properties of urease immobilized on several iron, aluminum oxides and kaolinite. *In: Berthelin J, Huang P M, Bollag J M, et al. eds. Effect of Mineral-Organic-Microorganism Interactions on Soil and Freshwater Environments. New York: Kluwer Academic Plenum Publishers, 1999. 167~ 174*
7. Huang Q, Shindo H, Goh T B. Adsorption, activities and kinetics of acid phosphatase as influenced by montmorillonite with different interlayer materials. *Soil Sci.*, 1995, 59: 271~ 278
8. Huang Q, Jiang M, Li X. Effect of iron and aluminum oxides and kaolinite on adsorption and activities of invertase. *Pedosphere*, 1998, 8(3): 251~ 260
9. Rao M A, Gianfreda L, Palmiero F, et al. Interactions of acid phosphatase with clays, organic molecules and organo-mineral complexes. *Soil Science*, 1996, 161(11): 751~ 760
10. Rao M A, Violante A, Gianfreda L. Interaction of acid phosphatase with clays, organic molecules and organo-mineral complexes: Kinetics and stability. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, 32: 1007~ 1014
11. Klabunde T, Sträter N, Fröhlich R, et al. Mechanism of Fe(III)-Zn(II) purple acid phosphatase based on crystal structures. *J. Mol. Biol.*, 1996, 259: 737~ 748
12. Naidja A, Violante A, Huang P M. Adsorption of tyrosinase onto montmorillonite as influenced by hydroxyaluminum coatings. *Clays and Clay Minerals*, 1995, 43(6): 647~ 655
13. Atkinson R J, Posnel A M, Quisk J P. Adsorption of potential-determining ion at ferro aqueous electrolyte interface. *J. Phys. Chem.*, 1967, 71(3): 551
14. Paridu K M. Studies on MnO₂ I. Chemical composition microstructure and other characteristics of some synthetic MnO₂ of various crystalline modifications. *Electrochim. Acta*, 1981, 26(3): 435~ 443
15. Giles C H, MacEwan T H, Nakhwa S N, et al. Studies in adsorption Part XI. A system of classification of solution adsorption isotherms and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface area of solids. *Journal of the Chemical Society*, 1960, 111: 3 973~ 3 993
16. 夏佑林, 吴秀辉, 刘琴等编著. 生物大分子多维核磁共振. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1999. 246~ 248
17. Sepelyak R J, Feldkamp J R, Moody T E, et al. Adsorption of pepsin by aluminum hydroxide I: Adsorption mechanism. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 1984, 73(11): 1514~ 1517
18. Quiquampoix H, Abadie J, Baron M H. Mechanisms and Consequences of Protein Adsorption on Soil Mineral Surfaces. *In: Hobert T A, Brash J L. eds. Protein al Interfaces II: ACS Symposium Series No. 602. Washington D C: American Chemical Society, 1995. 321~ 333*
19. 刘凡, 贺纪正, 李学垣, 等. 磷溶液浓度与针铁矿表面吸附磷的化学状态. *科学通报*, 1994, 39(21): 1996~ 1999
20. Luisella Celi, Elisabetta Barberis, Franco Ajmone Marsan. Sorption of phosphate on goethite at high concentrations. *Soil Science*, 2000, 165(8): 657~ 664
21. Post J E. Crystal structure of manganese oxide minerals. *In: Skinner H C W, Fitzpatrick R W. ed. Biomineralization Processes, Iron, Manganese. Catena supplement 21, Gremingen, 1992, 51~ 73*

EFFECT OF PHOSPHATE ON ADSORPTION OF ACID PHOSPHATASE TO THE SURFACE OF SOIL COLLOIDS AND MINERALS

Zhao Zhen-hua Huang Qiao-yun Li Xue-yuan Guo Xue-jun
(College of Resource & Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Summary

Adsorption of acid phosphatase on yellow brown soil, latosol, kaolinite, goethite and $\delta\text{-MnO}_2$ in a series of phosphate solutions different in concentration was investigated. Results showed that, with increase in phosphate concentration, isotherms of phosphatase adsorption on soil colloids and minerals were changing from L type (Langmuir) to C type (linear). The transformation of adsorption isotherm was ascribed to competition between phosphate and enzyme molecules for adsorption sites on soil colloids and minerals. With the increase in phosphate in the system from 0 to 100 mmol L^{-1} , a sharp fall was observed for the amount of enzyme adsorbed. When the concentration came within the range of $100 \sim 500 \text{ mmol L}^{-1}$, no remarkable variation of the amount of enzyme adsorbed was observed. The inhibitory effect of phosphate on the adsorption of enzyme was dependent on the surface characteristics of soil colloids and minerals, especially the quantity of hydroxyls, the concentration of phosphate and the amount of enzyme added. The most effect was found in goethite and lateritic colloids which contain more ferri-aluminum hydroxide.

Key words Phosphate, Acid phosphatase, Adsorption, Soil colloids and minerals