

广东省不同母质赤红壤磷的吸附与解吸¹⁾

甘海华 梁中龙 卢 瑛 吴顺辉 李永涛

(华南农业大学资源环境学院, 广州, 510642)

摘 要

研究了广东省 4 种不同母质赤红壤磷的吸附与解吸特征, 结果表明, 4 种不同母质赤红壤等温吸附方程 (Langmuir 方程, Freundlich 方程和 Temkin 方程) 的拟合结果都达到了极显著的水平. 土壤吸附磷量由大到小的顺序为: 玄武岩 > 页岩 > 花岗岩 > 砂页岩. 赤红壤对磷的解吸顺序为: 玄武岩 < 页岩 < 花岗岩 < 砂页岩, 说明粘粒较少的母质土壤对磷的吸附力也小, 因此, 更容易解吸. 提高土壤有机质的含量, 可以改善土壤的供磷性能.

关键词: 赤红壤, 母质, 吸附与解吸, H_2PO_4^- .

广东省赤红壤以花岗岩母质为主, 其次为砂页岩和页岩, 局部地区有玄武岩母质发育的赤红壤. 土壤缺磷是赤红壤地区土壤的一个重要问题, 严重影响了作物产量的提高和磷肥的合理施用. 为了因地制宜地合理施肥, 提高磷肥的肥效, 有必要对不同母质发育的赤红壤磷酸盐吸附与解吸进行研究.

1 材料与方法

1.1 供试土壤

选取有代表性的 4 种母质发育的赤红壤 (0—20cm) 土样为研究对象, 其基本理化性状如表 1 所示.

表 1 土壤样品的基本理化性状

Table 1 The physico-chemical properties of soils

母质 类型	采样 地点	有机质	全氮	全磷	全钾	碱解氮	速效磷	速效钾	pH (H_2O)	< 2 μm 粘粒/%
			$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$			$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$				
玄武岩	博罗杨村	28.10	1.521	1.021	11.62	120.1	1.8	78.0	5.8	45.6
花岗岩 1	东莞桥头	18.72	0.972	0.713	2.54	95.4	15.0	43.2	5.7	21.8
花岗岩 2	广州石牌	23.21	1.225	0.582	21.51	85.0	18.5	67.2	5.1	26.2
页岩	肇庆端州	29.52	1.582	0.213	9.21	90.3	8.2	40.3	5.0	35.2
砂页岩	惠州集桥	10.21	0.473	0.465	9.52	55.0	3.5	37.5	5.9	18.3

1) 国家“九五”攻关项目 (96-004-03-10) 和芭田基金 (BJ2000-02) 资助.

1.2 磷的吸附与解吸

土壤磷吸附测定：称取过 2mm 筛的风干土样 2.50g，按 1:20 的土液比分别加入 50.00ml 含磷量为 0, 5, 10, 15, 20, 40, 60, 100 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的 0.02 $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ KCl 溶液，振荡 30min，放入 25℃ 恒温培养箱间歇振荡 24h，离心（3000 $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ ），测定平衡液中磷量和原液磷量之差，即得吸附磷量。

吸附磷的解吸测定：将进行吸附试验的土样，用 95% 乙醇洗涤至无磷，加入 0.02 $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ 的 KCl (pH7.0) 溶液，土液比为 1:20，在 25℃ 恒温培养箱中间歇振荡约 24h，离心，取上清液测定。

1.3 赤红壤有机质的除去

称取 2.50g 过 2mm 筛的风干土样，用 H_2O_2 加热处理除去有机质（直到无气泡反应，土体发白为止），然后对处理后的土样进行磷的吸附与解吸试验。磷的吸附试验用 1:20 的土液比，40 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的磷溶液。

2 结果与讨论

2.1 不同母质赤红壤对磷的吸附特征

研究和比较不同母质赤红壤磷的吸附特性，必须选择同一实验方法。在等温的条件下，制作了 4 种不同母质赤红壤磷的吸附模型（如图 1）。图 1 结果表明，当浸溶液磷浓度在 0—100 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 磷的范围内，土壤吸附磷的数量随浸溶液磷浓度的增大而增加；当磷浓度继续增大时，则土壤吸附磷逐渐达到平衡，曲线变得平缓；最后即使浸溶液磷浓度再增加，土壤磷的吸附量也不再增加，则土壤磷的吸附量达到最大值。在同一浸溶液磷浓度下，不同母质赤红壤磷的吸附量是不同的，从图 1 可以看出，土壤吸附磷量由大到小的顺序为：玄武岩 > 页岩 > 花岗岩 > 砂页岩 > 。这和土壤粘粒含量顺序一致，和土壤有机质的含量相反。

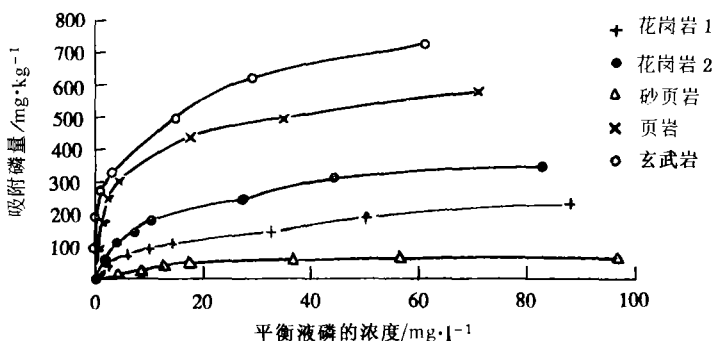


图 1 不同母质赤红壤磷的等温吸附曲线

Fig. 1 Isothermal adsorption equations of H_2PO_4^- in lateritic red soils from different parent materials

在描述土壤磷的等温吸附特性时，张新明^[1]，李鼎新^[2]，Quang V D^[3]都曾应用

Langmuir 公式, Freundlich 公式, Temkin 公式. 现按照 3 种等温式对该地区土壤磷的等温吸附曲线进行描述, 并计算 r 值, 结果见表 2. 从表 2 资料可知, 对 4 种不同母质土壤应用 Langmuir 公式, Freundlich 公式和 Temkin 公式计算其相关系数, 3 种公式的计算结果都达到了显著的水平. 由此可知, 赤红壤地区土壤对磷的吸附, 都可以用以上 3 个方程对土壤磷吸附特征进行描述.

Freundlich 和 Temkin 方程式不能计算土壤最大吸磷量, 但是 Langmuir 方程式可以计算土壤最大吸磷量和标准需磷量. 只要确定不同作物的标准需磷量, 就可以从理论上计算不同母质赤红壤的施磷量. 根据表 2 中 Langmuir 方程式计算的不同母质赤红壤磷的最大吸附量以页岩最大, 达 $532.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 其次为玄武岩, 为 $511.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 花岗岩 1 和花岗岩 2 的最大吸附量分别为 186.5 和 $313.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 砂页岩最低, 为 $170.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

表 2 不同母质赤红壤磷的等温吸附特性比较

Table 2 Isothermal adsorption equations of H_2PO_4^- in lateritic red soils from different parent materials

母质类型	Langmuir 方程	r	Freundlich 方程	r	Temkin 方程	r
花岗岩 1	$X = 25.59 C / (1 + 0.1372 C)$	0.9738	$X = 33.76 C^{0.4423}$	0.9988	$X = 53.86 \ln(0.703 C)$	0.9743
花岗岩 2	$X = 45.76 C / (1 + 0.1461 C)$	0.9921	$X = 57.87 C^{0.4375}$	0.9887	$X = 77.76 \ln(1.062 C)$	0.9933
砂页岩	$X = 3.263 C / (1 + 0.01916 C)$	0.9795	$X = 8.496 C^{0.5253}$	0.9059	$X = 19.41 \ln(0.569 C)$	0.9669
页岩	$X = 165.21 C / (1 + 0.3100 C)$	0.9978	$X = 138.67 C^{0.3746}$	0.9650	$X = 104.9 \ln(3.584 C)$	0.9992
玄武岩	$X = 606.06 C / (1 + 1.1855 C)$	0.9896	$X = 207.93 C^{0.3270}$	0.9827	$X = 107.19 \ln(9.947 C)$	0.9886

注: $n = 7$, $r_{0.05} < 0.7070$; $r_{0.01} < 0.8340$. r 值都达到了极显著水平.

2.2 不同母质赤红壤磷的解吸特征

由图 2 可知, 赤红壤磷的解吸数量随土壤吸附磷的增大而增加; 当磷浓度继续增大时, 曲线变得平缓. 由于土壤磷的吸附量有一最大值, 因此, 赤红壤磷的解吸不会无限的增大, 最终会达到一最大值. 不同母质赤红壤对磷的解吸量是不同的, 在赤红壤磷量保持相同的情况下, 玄武岩 < 页岩 < 花岗岩 < 砂页岩. 这说明粘粒较少的母质土壤对磷吸附力也小, 因此, 更容易解吸. 不同母质土壤施磷的效果是不同的, 页岩和玄武岩比花岗岩和砂页岩施较多的磷肥才能发挥作用.

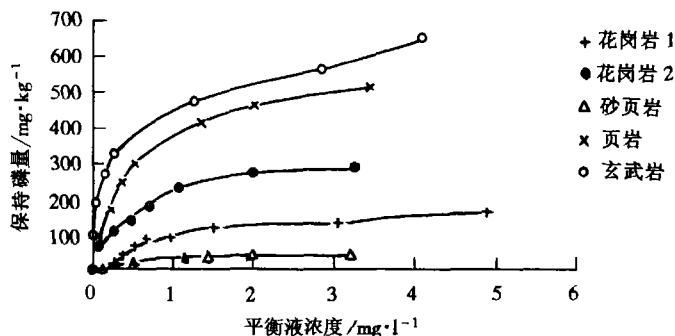


图 2 不同母质赤红壤磷的等温解吸曲线

Fig. 2 Isothermal desorption equations of H_2PO_4^- in lateritic red soils from different parent materials

2.3 有机质对赤红壤磷吸附和解吸的影响

由表 3 可以看出：赤红壤用 H_2O_2 加热除去有机质后，对磷的吸附量明显升高，并且有机质含量高的土壤对磷的吸附升高更为显著。这说明有机质与土壤矿物结合，占据了粘粒表面的活性吸附点，使其吸附量变小，因此，对有机质含量高的土壤当用 H_2O_2 加热除去有机质后，其活性吸附点暴露，吸附点增加，从而增加其吸附量。

表 3 不同母质赤红壤除去有机质前后对磷的吸附量变化 (单位: $\mu g \cdot g^{-1}$)

Table 3 Relationship between adsorption capacity of $H_2PO_4^-$ and the organic matter

母质类型	花岗岩 1	花岗岩 2	砂页岩	页岩	玄武岩
未处理	150.8	250.3	62.7	440.2	497.6
用 H_2O_2 除去有机质	170.3	288.6	73.1	529.5	573.2

表 4 为不同母质赤红壤除去有机质前后对磷的解吸量变化，从中可以看出，赤红壤用 H_2O_2 加热除去有机质后对磷的解吸量都相应减少，这是由于用 H_2O_2 除去有机质后土壤表面积增大，活性吸附点增多，对磷酸根离子的吸附能增加，因此，其解吸量就少。

上述结果说明：土壤有机质是影响赤红壤磷的吸附与解吸的重要因数^[4]，增施有机肥，提高土壤有机质的含量，可以改善土壤的供磷性能，提高土壤肥力。

表 4 不同母质赤红壤除去有机质前后对磷的解吸量变化 (单位: $\mu g \cdot g^{-1}$)

Table 4 Relationship between desorption capacity of $H_2PO_4^-$ and the organic matter

母质类型	花岗岩 1	花岗岩 2	砂页岩	页岩	玄武岩
未处理	41.7	16.9	20.5	17.2	25.1
用 H_2O_2 除去有机质	35.2	13.5	18.1	14.1	20.1

3 结论

(1) 广东省 4 种不同母质赤红壤等温吸附方程：langmuir 方程，Freundlich 方程和 Temkin 方程的拟合结果都达到了极显著的水平。土壤吸附磷量由大到小的顺序为：玄武岩 > 页岩 > 花岗岩 > 砂页岩，这和土壤粘粒含量的顺序一致，和土壤有机质的含量相反。

(2) 赤红壤对磷的解吸顺序为：玄武岩 < 页岩 < 花岗岩 < 砂页岩。不同母质土壤施磷的效果是不同的，页岩和玄武岩比花岗岩和砂页岩施较多的磷肥才能发挥作用。

(3) 土壤有机质是影响赤红壤磷的吸附与解吸的重要因数，可以通过施用有机肥，提高土壤有机质的含量来改善土壤的供磷性能。

参 考 文 献

- [1] 张新明, 李华兴, 刘远金, 广东省主要母质发育水稻土对磷的吸附特征. 应用生态学报, 2000, 11 (4): 553—556
- [2] 李鼎新, 汪美玲, 曹美英, 黄土高原地区几种土壤磷的吸附与解吸研究. 土壤通报, 1989, 20 (4): 150—

153

- [3] Quang V D, Thai V C, Linh T T T et al. , Phosphorus Sorption in Soils of the Mekong Delta (Vietnam) as Described by the Binary Langmuir Equation. *European J. Soil. Sci.* , 1996, **47**:113—123
- [4] 甘海华, 徐盛荣, 红壤及其有机无机复合体对磷的吸附与解吸规律探讨. 土壤通报, 1994, **25** (6):264—266

2001 年 2 月 24 日收到.

PHOSPHATE ADSORPTION AND DESORPTION IN LATERITIC RED SOILS FROM DIFFERENT PARENT MATERIALS IN GUANGDONG

Gan Haihua Liang Zhonglong Lu Ying Wu Xunhui Li Yongtao

(College of Resource and Environmental Science, South China Agriculture University, Guangzhou, 510642)

ABSTRACT

The phosphate adsorption and desorption in lateritic red soils from 4 parent materials in Guangdong were studied in the paper. The results showed that the isothermal adsorption equations of Langmuir equations, Freundlich equations and Temkin equations perfectly modeled the precesses of phosphate adsorption in lateritic red soils from 4 parent materials. H_2PO_4^- adsorption capacity in the lateritic red soils was followed by the order of basalt > shale > granite > sandstone. H_2PO_4^- desorption capacity was in following order: basalt < shale < granite < sandstone. The lower the clay content in lateritic red soils was, the smaller the phosphorus adsorption was, the easier the phosphate desorption was. Increasing the organic matter in the soils may improve the supply efficiency of phosphorus.

Keywords: lateritic red soil, parent materials, adsorption and desorption, H_2PO_4^- .