

广东省酸性水稻土磷的解吸与吸附的关系*

张新明, 李华兴, 刘远金

(华南农业大学 资源与环境学院, 广东 广州 510642)

摘 要: 利用广东省主要母质发育的酸性水稻土对土壤吸附磷的解吸与磷吸附参数的关系进行了探讨. 结果表明, 同一供试水稻土的磷解吸量与相应吸附量呈极显著的指数关系, 与相应的平衡溶液浓度则呈极显著的线性关系. 研究还表明, 起始磷溶液浓度从 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 至 $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 供试土壤的磷解吸量与相应的最大磷吸附量呈显著负相关, 而同一起始浓度下的磷解吸量与相应磷吸附饱和度呈显著的正相关.

关键词: 磷的解吸与吸附; 酸性水稻土; 广东省

中图分类号: S 153 **文献标识码:** A

土壤中磷的解吸过程是土壤磷吸附的逆反应, 它影响土壤中磷的形态转化和植物磷素营养, 也制约着磷在土壤中的迁移及其环境效应. 根据国内外的研究, 通过土壤对磷酸盐的等温吸附试验, 利用 Langmuir 方程对吸附数据进行模拟, 可以得到供试土壤对磷素吸附的重要参数: 磷的最高吸附量 (X_m)、吸附强度因子 (K) 和磷的最大缓冲容量 (MBC)^[1~4]. 关于磷解吸与吸附参数的关系, 王建林等^[5]研究表明, 供试土壤磷的解吸量与相应的吸附量呈正相关, 且与直线和指数方程拟合. 但是关于土壤磷的吸附饱和度与土壤磷解吸量关系的研究少见报道, 而这一关系与合理施用磷肥有密切的关系.

本研究将对广东省酸性水稻土磷的解吸与磷吸附的关系进行探讨, 为广东省水稻土磷肥的合理施用提供理论依据.

1 材料与方法

供试水稻土分别取自广东省湛江市、化州市、阳春市、新兴县、从化市、东莞市和番禺市, 成土母质主要有玄武岩、砂页岩、花岗岩及珠江三角洲沉积物. 土壤的 pH 值: 4.80 ~ 6.51; 粘粒质量分数 ($< 0.002 \text{ mm}$): 29.00% ~ 50.37%; 有机质质量含量: 18.51 ~ 38.67 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; 全磷质量含量: 0.502 ~ 1.066 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; CEC: 4.48 ~ 12.11 $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$; 无定型氧化铁: 2 503 ~ 8 300 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 无定型氧化铝: 834.3 ~ 2 344 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. 分析方法参见《土壤理化分析》^[6].

土壤对磷的等温吸附试验: 称取风干土样 (1 mm) 2.500 g, 放到 100 mL 的有盖塑料离心管中, 分别加入含有 $w(P)$ 为 0、5、15、25、50、100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 0.0 2mol/L KCl 溶

* 基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (990719), 广东省“九五”科技攻关资助项目 (9622035-01); 国家“九五”科技攻关资助项目 (96-004-03-10)

收稿日期: 2000-09-18; 作者简介: 张新明 (1965 ~), 男, 博士后, 副教授; 研究方向: 土壤化学与土壤肥力.

液（pH 6.5）各 50 mL，25 ℃恒温下间歇振荡，平衡 4 d 后离心，取上清液，用钼锑抗比色法测定 P 的浓度。利用初始浓度与平衡溶液浓度之差计算出土壤吸附量，然后用 Langmuir 方程进行模拟。Langmuir 方程式的线性表达式为： $C/X = 1/K * X_m + C/X_m$ ，其中：C 代表磷平衡溶液浓度（ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ），X 代表磷的吸附量（ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ），K 代表吸附强度常数， X_m 代表磷的最大吸附量（ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ）。

吸附磷的解吸试验：将吸附实验后的土壤用 95% 的乙醇洗涤 3 次（每次 25 mL），除去游离磷。然后分别加入 50 mL $0.02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KCl 溶液（pH 6.5），25 ℃恒温下间歇振荡，平衡解吸 4 d 后离心，测定溶液中的磷的浓度（用钼锑抗比色法）。

分析数据利用 EXCEL 进行了绘图及相关分析。

2 结果与分析

2.1 解吸量与磷吸附及平衡溶液浓度的关系

同一供试水稻土吸附磷的解吸量分别与相应的吸附量和原平衡溶液浓度呈极显著的指数相关和线性相关关系（见表 1）。解吸量与吸附量之间的相关系数从 0.966 ~ 0.999，均达到 0.01 显著水平；解吸量与原平衡溶液浓度的相关系数达 0.983 ~ 0.999 8，均为 0.01 显著水准。结果表明，解吸与吸附存在内在联系，只有土壤颗粒吸附了一定量的磷，土壤才能释放出相应的磷量。这一研究结果与王建林等^[5]的研究结果基本一致。

表 1 供试水稻土的磷解吸量与磷的吸附量和平衡溶液浓度的相关系数¹⁾

成土母质	r^2_{ad}	$rad^{2)}$	r^2_{de}	$rde^{2)}$	成土母质	r^2_{ad}	$rad^{2)}$	r^2_{de}	$rde^{2)}$
玄武岩	0.986	0.993	0.9997	0.9998	花岗岩	0.940	0.970	0.980	0.9899
玄武岩	0.974	0.987	0.9993	0.9996	花岗岩	0.998	0.999	0.990	0.9950
砂页岩	0.934	0.966	0.967	0.9834	珠江三角洲沉积物	0.978	0.989	0.987	0.9935
砂页岩	0.984	0.992	0.998	0.9990	珠江三角洲沉积物	0.988	0.994	0.998	0.9990

1) rad 表示解吸量与吸附量之间的相关系数； rde 表示解吸量与平衡溶液浓度之间的相关系数。

2) 表示相关系数达到 0.01 的显著水平。

2.2 磷解吸量与磷的最大吸附量之间的关系

结果表明，当起始质量浓度分别为 10、15、25、50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时，磷的解吸量（ X_d ）与磷的最大吸附量（ X_m ）之间均呈显著负相关，相关系数分别为 -0.845（0.05 显著水平）、-0.852（0.01 显著水平）、-0.788（0.05 显著水平）和 -0.715（0.05 显著水平）（见图 1）。说明磷最大吸附量越高的土壤，在相同的起始浓度下，其释磷能力越小。

2.3 磷的解吸量与磷的吸附饱和度的关系

如表 2 所示，供试土壤磷的解吸量与磷的吸附饱和度之间呈显著的正相关，起始质量浓度为 10、15、25、50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时的相关系数分别为：0.897（达 0.01 显著水平）、0.855（达 0.01 显著水平）、0.739 和 0.728（达 0.05 显著水平）。说明只有土壤颗粒表面吸附达到一定的饱和度时，才能释放出一定量的磷以满足作物的需要。具有实际意义的结果是，因不同的土壤吸附磷的能力不同，土壤的磷最大吸附量越高，则需要施用较多的磷，以达到相同的饱和度。

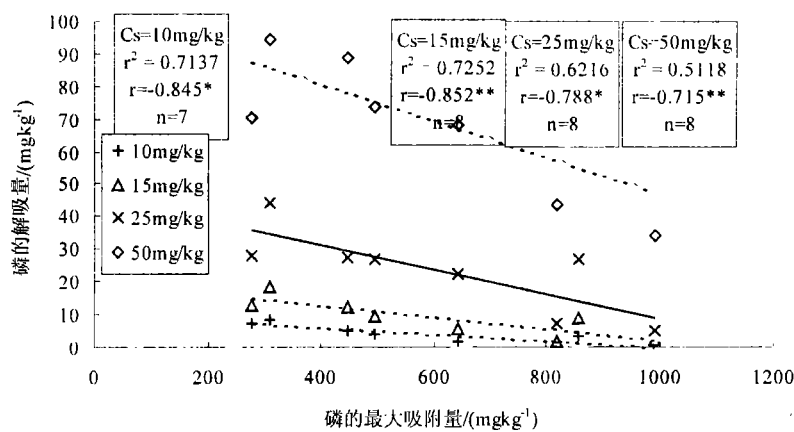


图 1 不同起始浓度磷的解吸量与土壤最大吸附量的关系图

表 2 解吸量与磷的吸附饱和度之间的相关性¹⁾

$w(P) / (mg \cdot kg^{-1})$	相关系数 (r)	决定系数 (r^2)	样品容量 (n)
10	0.897**	0.805	7
15	0.855**	0.732	8
25	0.739*	0.546	8
50	0.728*	0.530	8

1) **表示相关系数达到 0.01 的显著水平；*表示达到 0.05 的显著水平

3 结 论

- (1) 土壤磷的解吸受土壤吸附磷特性的制约，在供试浓度范围内，随着吸附量的增加，同一土壤磷的解吸量呈指数增长。
- (2) 磷最大吸附量高的土壤，同一起始浓度下，其磷的解吸量较小。
- (3) 磷的解吸量与磷的吸附饱和度成正相关，这意味着土壤的磷最大吸附量越高，则需要施用较多的磷才能达到某一磷的饱和度，以释放出足够的磷供作物生长的需要。

参考文献：

[1] 刘淑欣,熊德中.土壤磷素 Langmuir 等温吸附特性与磷肥效果的关系[J].福建农学院学报,1985, 14 (4):344~351.

[2] 何振立,朱祖祥,袁可能,等.土壤对磷的吸持特性及其与土壤供磷指标之间的关系[J].土壤学报, 1988,25(4):397~404.

[3] ZHANG M K, WILSON MJ, HE Z L, et al. Phosphate adsorption and surface charge characteristics and their relation to mineralogy of some soils from southern China[J]. Pedosphere,1998, 8(4):297~304.

[4] AMRANI M, WESTFALL D G, MOUGHILI. Phosphate sorption in calcareous Moroccan soils as affected by soil properties[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1999, 30(9&10):1299~1314.

[5] 王建林,陈家坊.土壤中可变电荷表面磷的解吸特性[J].土壤学报,1991,28(1):14~23.

[6] 中国科学院南京土壤所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.97~286.

Relationship between Phosphorus Desorption and Adsorption of Acid Paddy Soils in Guangdong Province

ZHANG Xin-ming^{*}, LI Hua-xing, LIU Yuan-jin

Abstract: The relationship between phosphorus desorption and adsorption of soils was studied, by using the acid paddy soils derived from main parent materials in Guangdong Province. It was shown that for each tested soil, the correlation between desorption and adsorption behaved significantly exponential, and significant linear relationship existed between desorption amount and the corresponding equilibrium P concentration. The results also showed that at the same start phosphorus concentration ($w(P) = 10, 15, 25$ or $50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), phosphorus desorption amounts (X_d) of the tested soils had markedly negative correlation with the corresponding Maximum P Adsorption (X_m), but significantly positive relationship with the corresponding P adsorption saturation on soil particles.

Keywords: phosphorus desorption; phosphorus adsorption; acid paddy soils; Guangdong province

* College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China