

# 几种土壤的磷吸持动力学 及其影响因素的研究\*

隋红建 张家炳 刘 昌

(中国科学院管理干部学院 北京 100080)

饶纪龙

(美国耶鲁大学)

## 摘 要

本文研究了江苏、江西5种性质变化较大的土壤样品,在不同磷酸根溶液浓度,不同支持电解质浓度,振荡及磁搅拌两种实验条件下土壤磷吸持动力学特性。结果表明,土壤吸磷量是时间及溶液浓度的指数函数;支持电解质KCl浓度的增加导致体系pH值的降低,提高了土壤磷吸持量;磁搅拌实验条件下的土壤磷吸持速度明显高于振荡情况。最后用改进的Freundlich方程拟合了这5种土壤的动力学实验数据。

关键词 动力学; 磷; 吸持

影响土壤的磷吸持动力学特性的因素,主要有以下几个方面:土壤本身物理化学性质,反应体系中的磷酸根浓度,支持电解质浓度、温度,反应体系中的pH值对土壤磷酸根平衡吸持的影响<sup>(1,2)</sup>;不同水土比对土壤磷吸持动力学的影响<sup>(3)</sup>;土壤有机质含量对土壤吸持磷酸根的影响<sup>(4)</sup>,以及多种土壤的动力学方程比较<sup>(5)</sup>。但对上述影响因素缺乏较为系统的综合研究。本文针对江西、江苏5种性质变化较大的土壤样品,对其不同的磷酸根溶液浓度、电解质浓度对土壤磷吸持动力学的影响进行了探索,并对磁搅拌及振荡两种用于土壤磷吸持的实验方法进行了比较,然后用被称之为简单模型中用于描述土壤磷吸持最好的<sup>(6)</sup>Freundlich方程对实验数据进行了拟合。

## 1 样品和方法

本实验所用土样采自江苏、江西省,按土壤剖面取样后均匀混合。土样的基本性质见表1。

表1 土样的基本性质

土号	土 壤	来 源	pH	<0.002mm 粘粒(%)	BET 方程测 比表面(m <sup>2</sup> /g)	有机质含量 (g/kg)
JH	红壤	江西鹰潭	4.63	42.2	47.74	9.9
JD	红壤水稻土	江西鹰潭	5.22	26.4	27.28	9.0
NH	黄棕壤	江苏南京	5.48	30.1	36.22	10.1
ND	黄棕壤水稻土	江苏南京	6.07	23.6	22.67	6.8
SD	沉积土水稻土	江苏沙洲	7.34	25.1	15.41	12.1

注:测定pH值的水土比为4:1。

\* 中国科学院土壤圈物质循环开放实验室基金课题。

**1.1 振荡实验方法** 土壤与磷酸盐反应在 100ml 离心管中进行, 土液比为 1:40。以  $0.02\text{mol/L}$  KCl 为支持电解质, 添加的磷酸盐为  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 。具体方法是: 先对 0.75g 土壤加入不同量的 KCl 溶液, 加 3 滴氯仿抑制微生物活动。在恒温振荡仪上振荡, 温度为  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 转速为 200 转/分, 平衡 6 天, 测定悬液的 pH 值。然后加入 pH = 5.0 的不同浓度的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  溶液, 使溶液中的 P 的浓度分别为 0.1, 0.3, 1.0, 3.0, 10.0, 30.0,  $5.83\mu\text{g/ml}$ , 并使最终体积为 30ml。继续振荡, 分别在 5, 10, 30 分钟, 1, 4, 8, 24, 72 小时取出离心管, 离心, 离心液用钼锑抗比色法测定其磷浓度。

**1.2 磁搅拌法** 土液比、添加的支持电解质及磷酸盐同上。其具体作法是: 对 12.5g 土壤加入 415ml 支持电解溶液, 在室温  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  条件下连续搅拌 24 小时后, 测悬液 pH 值, 然后加入含磷  $50\mu\text{g/ml}$  的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  溶液 58.5ml, 继续搅拌, 分别在 5, 10, 30 分钟, 1, 4, 8, 24 小时吸取溶液离心, 取离子液用钼锑抗比色法测其磷浓度。

## 2 实验结果及讨论

图 1 表明了不同土壤的磷吸持量随吸持时间而变化的规律。供试 5 种土壤的磷吸持量均是时间的指数函数。在吸持开始的 1 小时内其吸磷量就接近总吸磷量的 50%。江西红壤旱地土壤吸磷量及吸持速度最大, 红壤水稻田次之, 江苏沙洲长江沉积土磷吸持强度最小。从 Na 吸收法 BET 方程得出的土壤颗粒比表面积来看, 除江西红壤水稻土外, 其余土壤呈现出比表面积越大, 磷吸持量越大的趋势。说明土壤磷吸持能力除与土壤化学成分有关外, 还与土壤比表面积, 即土壤颗粒分布密切相关。

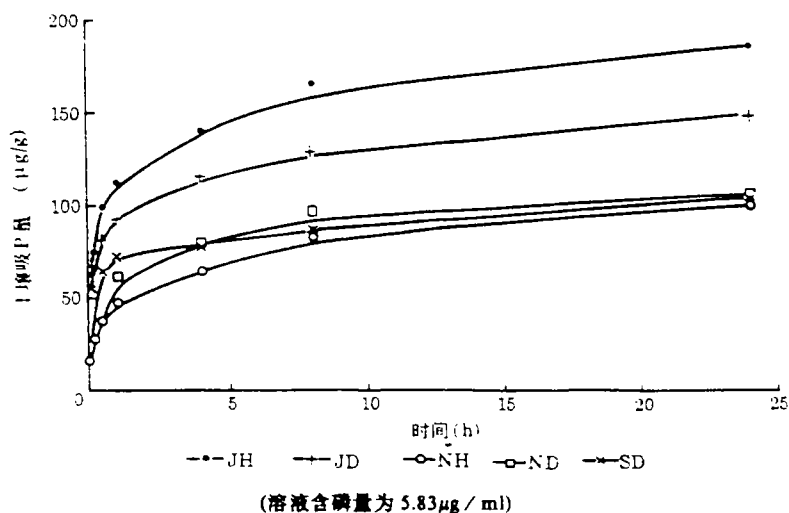


图 1 不同土壤磷吸持量与吸持时间的关系

图 2 表明了不同土壤吸磷量随溶液磷浓度的变化规律, 供试 5 种土壤磷吸持量也均是溶液含磷量指数函数。

电解质对土壤吸磷量的影响非常显著(图 3)。其加  $0.02\text{mol/L}$  电解质与不加电解质, 只加去离子水的土壤溶液体系的情况相比, 其土壤吸磷量增加了 20—60%。加电解质降低了溶液体系的 pH 值, 其降低幅度为 0.43—1.62pH 单位。假设不管这 5 种土壤的其它物理化学性质, 单从(表 1)pH 值来看, 也会发现土壤吸磷量越大, 溶液体系的 pH 值越低。

磁搅拌实验条件下的土壤吸持磷速度与强度(图 4)均高于振荡条件下的土壤吸磷量。磁搅拌条件下土壤吸磷量 1 小时内就可达到平衡吸磷量的 90%。这可能主要由两方面的因素决定的, 一是搅拌使溶液与土壤颗粒均匀混合, 加速了磷酸根在土壤颗粒表面的吸持。二是由于强力搅拌使部分土壤颗粒破碎, 增加了吸附表面积, 从而加大了土壤吸持磷的强度。

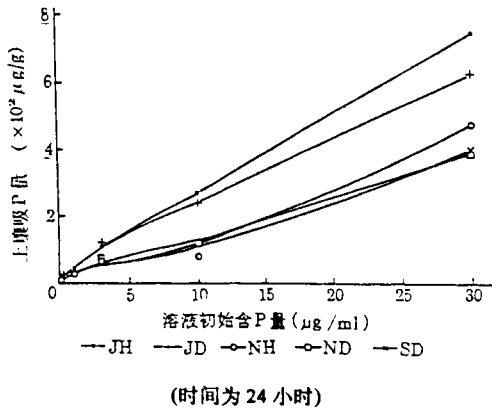


图 2 不同土壤磷吸持量与溶液含磷量的关系

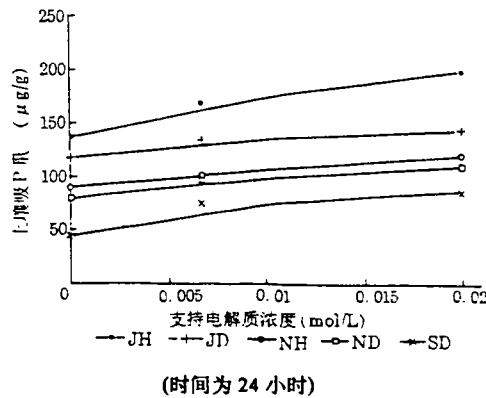


图 3 不同电解质浓度对土壤吸磷量的影响

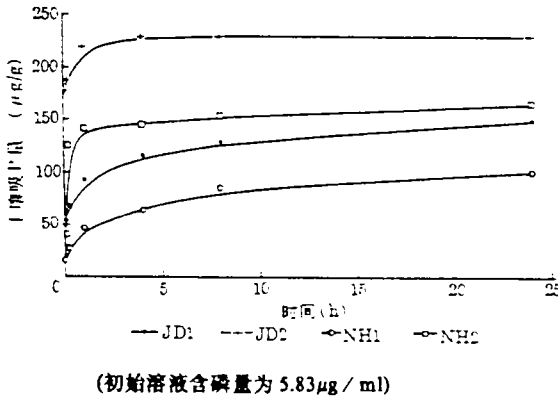


图 4 磁搅拌与振荡两种实验条件下土壤吸磷量与时间的关系

由图1,2可看出, 土壤吸磷量是时间及溶液浓度的指数函数, 因此选用改进的 Freundlich 方程拟合了土壤磷吸持动力学曲线, 其方程为:

$$S = KC^{b_1}t^{b_2} \quad (1)$$

式中: S为土壤吸P量(μg/g); C为溶液含P浓度(mg/L); t为时间(h); b<sub>1</sub>、b<sub>2</sub>及K均为拟合常数。5种土壤拟合参数见表 2。

表 2 改进的 Freundlich 方程拟合参数

土号	K	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	标准差 S
JH	20.81	0.9084	0.1816	18.91
JD	19.38	0.8821	0.1780	22.86
NH	10.55	0.7833	0.2899	31.24
ND	11.57	0.7619	0.2827	20.27
SD	14.68	0.7234	0.1858	13.79

### 3 结 语

本文采用经典振荡法及较新的磁搅拌方法研究了 5 种土壤的磷吸持动力学, 以及不同电解质及溶液浓度对土壤磷吸持动力学的影响。振荡法用于吸持动力学研究时由于采用了一系列平行实验, 因此实验操作误差(如加入磷配盐的量)直接作为实验误差出现, 这只能靠大量重复实验来消除, 因此这是一种较为笨重的方法。但此种方法较为可靠, 故它可用来作为其它方法的一种检验手段。磁搅拌法是用来研究土壤吸持动力学的一种较新的方法, 它的优点是实验误差小, 但强力搅拌致使土壤颗粒破碎, 也影响到实验精度, 如果搅拌速度过低, 虽然不会使土粒破碎, 但会降低溶液均匀度, 从而也降低实验精度。恒流淋洗法<sup>[7]</sup>是研究土

