

# 福建省红壤性水稻土磷素吸附特性 与磷肥效应的研究\*

刘淑欣 熊德中

(福建农学院土化系)

## STUDIES ON THE CHARACTERISTICS OF PHOSPHORUS ABSORPTION AND THE EFFECT OF APPLYING P FERTILIZER OF PADDY SOILS DERIVED FROM RED EARTH IN FUJIAN PROVINCE

Liu Shuxin and Xiong Dezhong

(Dept. of Soil Science Fujian Agricultural College)

国内外对土壤磷素吸附特性已有不少研究<sup>[1,2,4]</sup>。但以往的研究中发现水稻土的吸磷特性较为复杂。因此,本文拟运用 Langmuir 等温吸附方程及通径分析方法,探讨福建省红壤性水稻土吸磷与磷肥效应的关系。

### 一、材料与方 法

土样取自福建省 16 个县(市)的 52 个土壤,其中 32 个水稻土,20 个红壤。水稻土取自耕层,红壤采腐殖质层。速效磷用 Olsen 法,游离铁和活性铁分别用二亚硫酸钠和 pH3.2 的草酸-草酸铵浸提,邻菲罗啉比色法测定。部分供试土壤的基本性状见表 1。

土壤磷素 Langmuir 吸附等温线按通常方法制作<sup>[2]</sup>,磷酸吸收系数大的土壤加磷量适当提高。盆栽试验种植水稻,每盆装风干土(过 2mm 筛)1000 克,设置施磷  $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$  48 毫克/盆和不施磷二种处理。每盆施  $\text{N}[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  120 毫克,  $\text{K}(\text{KCl})$  100 毫克。每一处理重复 3 次。水稻秧龄 15 天,每盆插 3 丛,每丛 3 株,插秧 50 天后收获全株。

### 二、结果与讨论

#### (一) 不同母质发育的红壤性水稻土磷素吸附特性

不同母质发育的红壤性水稻土吸磷等温线特征大致可分为三种类型(图 1)。第一类型是玄武岩母质发育的水稻土,磷吸附等温线都较陡,斜率较大,土壤溶液磷浓度随加磷

\* 本研究系福建省自然科学基金资助项目。

邢世和、吴金奖提供部分土样和数据,唐莉娜、杨婷琳参加部分试验工作,在此一并致谢。

表1 部分供试土壤的基本性状

编号	取样地点	成土母质	土壤	pH	有效磷 (ppm)	全磷 P%	粘粒 (%) <0.001 mm	有机质 (%)	胡敏酸 (%)	富里酸 (%)	游离铁 (%)	活性铁 (%)	磷酸吸收 系数 (P mg/ 100g土)
871	福青	礫灰石	赤红壤	5.30	2.6	0.014	27.11	1.45	0.120	0.526	2.50	0.17	168
872			黄泥田	5.60	7.5	0.025	11.00	1.64	0.245	0.589	1.48	0.26	120
873			灰泥田	5.00	1.4	0.024	5.26	1.49	0.395	0.203	0.88	0.26	125
874	惠安	二长花岗岩	赤红壤	5.30	0.6	0.014	15.86	2.44	0.326	0.695	2.14	0.15	114
875			黄泥田	5.71	7.5	0.018	8.88	1.50	0.319	0.389	0.61	0.17	143
876			灰泥田	6.10	13.5	0.028	13.99	2.45	0.744	0.174	0.57	0.28	176
877	漳浦	玄武岩	红壤	6.97	6.4	0.092	16.27	3.46	0.450	0.674	3.94	0.74	737
878			黄泥田	6.78	4.0	0.066	10.77	2.54	0.346	0.515	3.95	1.51	793
879	漳州	第四纪沉积物	赤红壤	4.90	5.5	0.038	42.04	1.83	0.194	0.698	3.38	0.56	227
880			黄泥田	6.17	11.8	0.060	25.68	1.80	0.189	0.510	3.55	1.48	308
881			灰泥田	5.17	10.4	0.045	20.14	3.85	0.500	0.801	2.24	0.86	332
882	浦城	花岗岩	黄泥田	5.25	17.0	0.066	27.31	2.93	0.362	0.791	1.93	0.37	203
883			灰泥田	5.30	15.4	0.036	11.68	2.26	0.373	0.393	0.43	0.25	93
884			青泥田	5.00	7.3	0.038	24.47	4.29	0.721	0.659	2.27	0.93	257
887	明溪	玄武岩	红壤	5.06	1.1	0.078	54.08	3.10	0.159	1.038	18.33	1.17	515
888			黄泥田	5.25	68.9	0.104	37.23	4.70	0.560	1.082	10.60	2.97	602
889			灰泥田	5.50	34.5	0.096	33.43	10.25	1.178	1.922	9.76	3.06	688
891	沙县	闪长岩	红壤	4.80	5.76	0.035	36.54	2.85	0.197	0.841	6.07	0.24	188
892			黄泥田	5.20	37.6	0.086	31.55	4.61	0.690	0.813	2.35	0.42	315
894			烂泥田	5.02	7.3	0.063	33.72	6.58	0.828	0.925	5.13	2.60	437

量的提高上升很少,磷吸附等温线没有明显的转折过程。第二类型是闪长岩、花岗岩、第四纪冲积物母质发育的水稻土。磷吸附等温线有较明显的两个阶段,第一阶段是急剧上升,曲线斜率较大,第二阶段曲线斜率较小。这说明第一阶段吸磷作用较强,随后出现相对饱和,吸磷作用明显减弱的第二阶段。第三类型是凝灰岩、二长花岗岩母质发育的水稻土,磷吸附等温线较平缓,曲线斜率较小,土壤平衡溶液磷浓度随加磷量的增加而急剧上升。这一类型的吸磷曲线没有明显的转折过程,说明这类红壤性水稻土吸磷能力较弱。

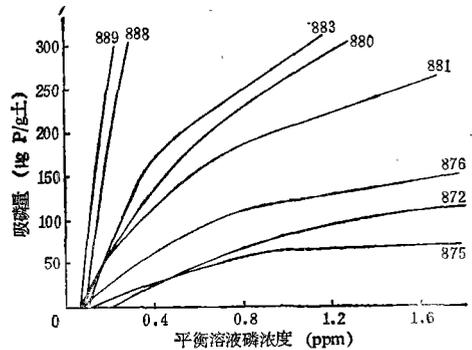


图1 不同母质发育的红壤性水稻土磷吸附等温线

同一母质发育的水稻土,在不同气候带中其最大吸磷量  $X_m$  和吸附能常数  $K$  具有明显差异。如明溪玄武岩母质发育的水稻土  $X_m$  (平均为  $918.3 \mu\text{g P/g}$  土,以下单位相同)和  $K$  (平均为 3.414) 大于漳浦玄武岩母质发育的水稻土 ( $X_m 623.8, K 0.914$ ),这是由于不同气候带温度、生物活性及水蚀条件不同所致。大多数自然土壤的  $X_m$  和  $K$  比该母质发育的水稻土要大,这主要是水耕离铁、增施磷肥,使水稻土吸磷强度降低。

## (二) 影响红壤性水稻土 Langmuir 方程中吸磷参数的因素

1. 影响土壤最大吸磷量  $X_m$  的因子分析  $X_m$  及结合能常数  $K$  的因子,国内外已有不少报道,但大多数是用相关分析进行统计。但是,简单回归和相关分析不能全面考察变数间的相互关系,使结果带有一定的片面性<sup>[2]</sup>。多元回归分析法,偏回归系数虽能反映自变数与依变数的关系,但偏回归系数是带有度量单位的,因此使原因对结果的效应不能直接进行比较。同时,它又是把其它变数固定在平均水平下进行研究两个因素的相互关系,因而不能说明因子间相互影响的大小和途径。本文采用通径分析方法,以探明各种理化性质的诸因子对  $X_m$  和  $K$  影响的相对重要性。将土壤速效磷 ( $X_1$ )、全磷 ( $X_2$ )、粘粒 ( $X_3$ )、有机质 ( $X_4$ )、游离铁 ( $X_5$ )、活性铁 ( $X_6$ )、pH ( $X_7$ )、胡敏酸 ( $X_8$ )、富里酸 ( $X_9$ ) 等九个因子与  $X_m$  (及  $K$ ) 输入 APPLE-II 计算机,根据通径分析 BASIC 程序运算<sup>[3]</sup>,结果表明,土壤游离铁、富里酸和活性铁是影响  $X_m$  的主导因子(表 2)。这三个因子对  $X_m$  的影响程度达 86.47% (决定系数  $R^2 = 0.8647$ ),其它因子对它的影响较少。从直接通径系数看出,影响土壤  $X_m$  的因子,按其作用的大小排列次序是游离铁(0.5150) > 富里酸(0.2961) > 活性铁(0.2520)。

从表 2 可知,富里酸对土壤  $X_m$  的直接通径系数为 0.2961,而通过游离铁对  $X_m$  的间接通径系数为 0.3407,这表明富里酸主要通过增加土壤游离铁来影响土壤的  $X_m$ 。南方土壤富里酸含量较高,虽然富里酸本身带有负电荷,磷的吸附量很少,但它们可与  $\text{Fe}^{3+}$  离子结合,因而对磷的吸附量也相当显著,所以土壤富里酸使磷的吸附量增加。

土壤最大吸磷量  $X_m$  的最优回归方程为:

$$\hat{Y}_{(X_m)} = 165.906 + 30.790X_5 + 49.238X_6 + 209.189X_9$$

表 2 游离铁、活性铁及富里酸对  $X_m$  的通径分析表

相关通径	直接通径	间接通径	相关系数
游离铁对 $X_m$	0.5150		0.8626
活性铁		0.1518	
富里酸		0.1958	
总数			
活性铁对 $X_m$	0.2520		0.7412
游离铁		0.3102	
富里酸		0.1790	
总数			
富里酸对 $X_m$	0.2961		0.7891
游离铁		0.3407	
活性铁		0.1524	
总数			

表 3 全磷、游离铁及活性铁对  $K$  的通径分析表

相关通径	直接通径	间接通径	相关系数
全磷对 $K$	-0.2615		0.3221
游离铁		0.7648	
活性铁		-0.1812	
总数			
游离铁对 $K$	1.2042		0.8595
全磷		-0.1661	
活性铁		-0.1786	
总数			
活性铁对 $K$	-0.2964		0.7691
游离铁		0.7253	
全磷		-0.1598	
总数			

2. 影响土壤磷素吸附平衡常数  $K$  因子的分析 通径分析表明, 土壤全磷、游离铁和活性铁是影响  $K$  的主导因子, 这三个因子对  $K$  的影响程度达 87.17% (决定系数  $R^2 = 0.8717$ ), 其他因素影响较小, 从直接通径系数可看出, 这三个因子对  $K$  的影响, 按其作用大小的排列次序为游离铁(1.2042) > 活性铁(-0.2964) > 全磷(-0.2615)(表 3)。  $K$  的最优回归方程为:

$$\hat{Y}(K) = 0.821 - 22.28X_2 + 0.749X_3 - 0.603X_4$$

式中表明, 土壤全磷量增加, 可降低土壤对磷素的结合能, 有利磷素释放。由于土壤中游离铁既包括各种形态的晶质铁, 又包括无定形新生态活性铁, 所以它在整个磷素吸附体系中占最重要的位置。

### (三) 土壤磷素吸附参数对磷肥效应的影响

对  $X_m$ ,  $K$  和  $K_m \cdot K$  与水稻磷肥回收率之间进行统计分析, 得出水稻磷肥回收率与

$X_m$ ,  $X_m \cdot K$  之间呈极显著负相关, 而与  $K$  呈显著负相关(图 2), 这说明使用磷肥应考虑  $X_m$  和  $K$  值的大小。

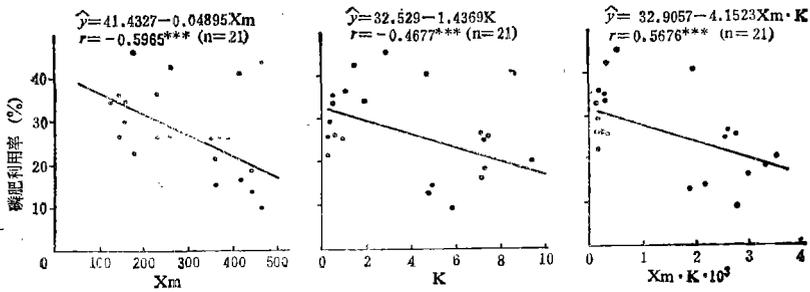


图 2  $X_m$ 、 $K$  和  $X_m \cdot K$  与水稻磷肥回收率的关系

### 参 考 文 献

- [1] 鲁如坤, 1980: 土壤磷素(一)。土壤通报, 第 1 期, 46—47 页。
- [2] 刘淑欣等, 1985: 土壤磷素 Langmuir 等温吸附特性与磷肥效果的关系。福建农学院学报, 第 14 卷 4 期, 346—347 页。
- [3] 张全德等, 1985: 农业试验统计模型和 BASIC 程序。444—478 页, 浙江科学技术出版社。
- [4] Barrow, N.J., 1978: The description of phosphate adsorption curves. J. Soil Sci., 29: 447—461.

### · 新书介绍 ·

《Salt-Affected Soils (盐渍土壤)》是最新盐渍土研究专著, 它全面论述了世界各国盐渍土壤和土壤盐渍化问题, 具有较高的学术水平和参考价值。该书于 1989 年由美国 CRC 出版社出版, 共 274 页。作者是长期从事盐渍土研究的匈牙利著名土壤学家 I. Szabolcs。全书共分五章, 主要内容有: 盐渍土壤在世界范围的地理分布, 盐渍土景观地球化学, 盐渍土壤主要盐分类型及特性, 盐渍土的种类、形成和特性, 灌溉土壤次生盐渍化和碱化问题, 以及盐渍土的利用与改良。