

黄淮海地区潮土对磷的吸附和解吸特性

沈仁芳 蒋柏藩

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

对黄淮海地区潮土进行的磷吸附试验结果表明,土壤粘粒含量和 CaCO_3 含量是影响潮土吸附磷能力的主要因素,潮土对磷的吸附随质地而异,其顺序是淤土>二合土>砂土。潮土的吸附特性与Langmuir等温吸附方程式相当吻合。潮土磷的解吸量与磷的吸附量有一定的关系。一般情况下,吸附的磷越多,解吸的磷也越多,但是解吸磷占吸附磷的百分率不一定越高。磷的解吸量的相对大小也是与土壤吸磷特性密切相关的。

长期以来人们对土壤磷的吸附和解吸研究多着重于机理^[1]及影响因素^[2]等方面,并主要以氧化物含量高的酸性土壤或纯矿物作为研究对象^[1,3-5]。本文研究了黄淮海地区潮土磷的吸附和解吸特性对潮土供磷能力及磷的有效性的影响,为经济施用磷肥提供一定的理论依据。

一、材料与方法

(一)供试土壤

为冲积性黄土母质发育的石灰性潮土。共5个土样,它们分别采自河南省封丘县的黄陵(13号砂土)、潘店(15号,16号二合土)、居厢(17号,18号淤土)3个乡。采样深度均为20厘米。土壤pH为8.31—8.51,平均8.42;有机质含量为8.4—13.0 gkg^{-1} ,平均10.1 gkg^{-1} ;碳酸钙含量为53.9—94.0 gkg^{-1} ,平均72.3 gkg^{-1} ;粘粒($<0.01\text{mm}$ 粒径)含量为142—547 gkg^{-1} ,平均363 gkg^{-1} ;全磷(P)含量0.556—0.904 gkg^{-1} ,平均0.689 gkg^{-1} ;Olsen—P为3.95—13.7 mgkg^{-1} ,平均7.61 mgkg^{-1} 。

(二)土壤对磷的吸附和解吸试验

1. 等温吸附试验 称20目风干土2.50g于100ml离心管中,分别准确加入含磷为0,10,20,30,40,50 mg/kg P的溶液(以pH7的0.01 mol/L KCl为解质)50ml。每管加氯仿3滴,以防微生物活动,密封后于25℃下振荡半小时,置于25℃保温箱培育平衡6天,每天早、晚各振荡半小时。离心测定清液中的磷^①。

(2) 等温解吸试验 先用饱和NaCl溶液洗涤已做过等温吸附试验后的土样2次。然后加入50mlpH7的0.01 mol/L KCl溶液,20—25℃振荡半小时,继续培养6天,振荡方法同上,离心后测定清液中的磷^①。

二、结果与讨论

(一)潮土对Langmuir等温吸附方程的吻合性

① 曹志洪,黄土性土壤的磷素化学,中国科学院南京土壤研究所博士论文,1985。

图1是根据5种潮土对磷的吸附资料绘制的等温吸附曲线。从图中可以看出,5种潮土间对磷的吸附性能差异较大,例如淤土(18号)在加 $1000\mu\text{gP/g}$ 土时才趋于饱和,而砂土(13号)在磷加入量比较低时就趋于饱和了。

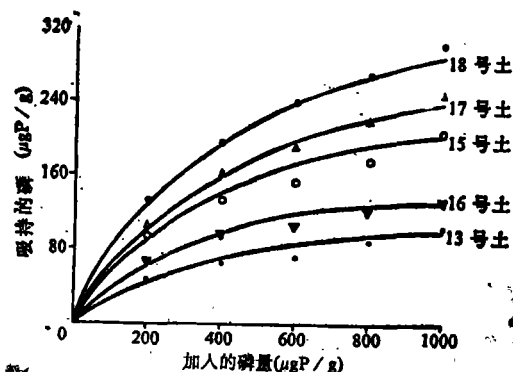


图1 潮土对磷的等温吸附曲线

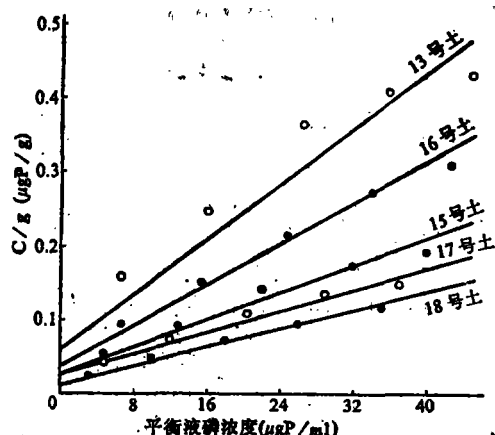


图2 潮土磷的Langmuir等温吸附曲线

根据Langmuir方程,可以计算出一些有关磷吸附的物理化学参数,结果见表2。从表2可见,潮土中以淤土(18号)吸附磷能力最强,而砂土(13号)对磷的吸附能力最弱。磷的最大吸附量是土壤磷库容量的一种标志,当磷库达到一定容量时,土壤才有可能向作物提供磷素养分。所以从供试潮土的最大吸磷量来看,磷肥施入潮土中的供磷能力与土壤粘粒的特性是不可分割的,

吸附常数 K 值在一定程度上反映了土壤吸磷的能级。例如淤土的 K 值比较大,表明淤土对磷的吸附能级较强,因而供磷强度较弱;而砂土则相反,即对磷的吸附能级弱而供磷的强度则较强。这在理论上和生产上是完全吻合的。

最大缓冲容量(MBC)是 q_m 与 K 的乘积,是磷吸附的强度与容量两个因子的综合参数,一般都认为它能较好地表征土壤的吸磷特性。MBC值大的土壤(如淤土),磷肥用量必须大,土壤才有一定的供磷能力来满足作物的磷素需要,但其供磷持续的时间也长。MBC值小的土壤(如砂土),供磷能力则较高。

回归分析表明,供试土壤对磷的等温吸附与简单Langmuir方程式的相关性均达极显著水平(表1),前人类似试验结果表明①,用Freundlich、Temkin方程式来描述土壤对磷的等温吸附特征均不太适合,说明用简单Langmuir方程来描述供试潮土对磷的吸附特性是比较合适的。它们的Langmuir等温吸附模式曲线见图2。

(二)潮土对磷的吸附特性及其与某些土壤理化性质的关系

表1 潮土对Langmuir等温吸附方程式的适合性

土样号	等温吸附模式 $c/q = a + bc$	相关系数 r
13	$c/q = 0.063952 + 0.009385c$	0.9571
15	$c/q = 0.024590 + 0.004614c$	0.9687
16	$c/q = 0.035601 + 0.007002c$	0.9764
17	$c/q = 0.019465 + 0.003806c$	0.9716
18	$c/q = 0.011866 + 0.003176c$	0.9833

注: $r(0.01) = 0.874$

表2 潮土吸附磷的有关参数

土样号	$q_m(\mu\text{g/g})$	$K(\mu\text{g/ml})$	MBC
13	107	0.1468	15.6
15	217	0.1876	40.7
16	143	0.1967	28.1
17	263	0.1955	51.4
18	315	0.2677	84.3

注: q_m —最大吸附磷量; K —吸附常数; MBC—最大缓冲容量

为了研究影响潮土吸磷性能的有关因子,对上述吸附磷有关的一些参数与某些土壤基本特性之间的关系进行了统计分析。表3的结果表明, q_m 和 MBC 均与粘粒含量和碳酸钙含量呈极显著正相关,说明潮土的粘粒含量和碳酸钙含量是影响土壤吸附磷性能的重要因子。有机质似乎对磷的吸附影响不很大,当然,这可能与土壤有机质含量较低有关。

表 3 潮土的吸附磷参数与土壤基本性质的关系

	q_m	K	MBC
碳酸钙	0.9488	0.7801	0.9134
粘粒	0.9799	0.7999	0.9184
有机质	0.5575	0.1790	0.3521

注: $r(0.05) = 0.8114$ $r(0.01) = 0.9172$

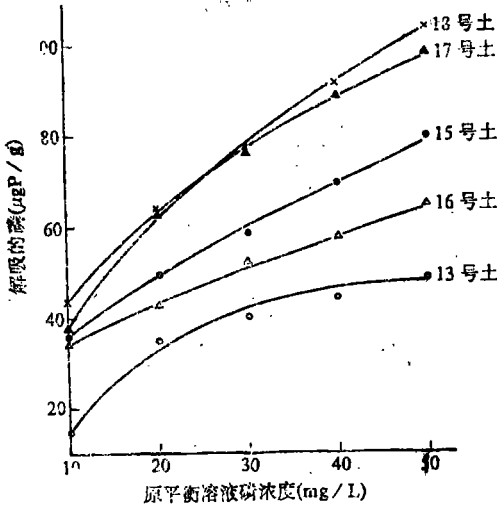


图 3 潮土对磷的等温解吸曲线

(三)潮土对吸附磷的解吸特性

磷的等温解吸试验的结果表明,供试潮土所吸附的磷都能在一定条件下被解吸下来,它们的等温解吸曲线见图3。

比较供试土壤等温解吸曲线(图3)与等温吸附曲线(图1)可以看出,各种土壤的两

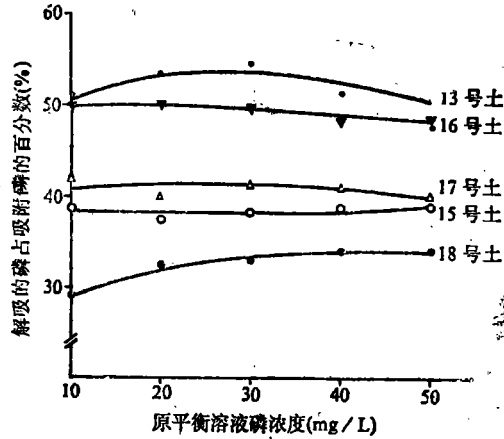


图 4 潮土吸附磷的解吸百分数

种曲线在图上的排列位置基本上是一致的。说明吸附磷多的土壤,解吸的磷也多。但是等温解吸曲线与等温吸附曲线并非完全一致,表明不同性质的土壤,其吸附反应和解吸反应的可逆程度亦并非一致。如将解吸磷占吸附磷的百分数与原平衡溶液磷的浓度作图(图4),可以看出,在平衡溶液的任何磷浓度下,各个土壤的解磷百分数基本上是比较一致的。如再比较解吸磷的百分数与吸附等温曲线上相应土壤的排列位置,可以看出,一般情况下,吸附磷能力强的土壤(如18号淤土),尽管解吸的磷也相对较多,但解吸的百分率却比较低;而吸附磷能力弱一些的土壤,解吸的百分率就较高。说明解吸磷的相对大小也是与土壤吸磷的特性密切相关。

参 考 文 献

- [1] Robert. W. et al., Soil Sci. Soc. Am. J., 42:432-436, 1978.
- [2] 叶柄等,应用 Langmuir 等温式解释我国东北某些土壤对磷酸盐离子的吸附作用,土壤学报,21:21-28 1984.
- [3] 赵美芝等,土壤对磷酸盐离子($H_2PO_4^-$)吸附的初步研究,土壤学报,18:71-79,1981.
- [4] Kuo. S. et al., Soil Science. 116:400-406, 1973.
- [5] Yuan, J. L., Soil Sci. Soc. Am. J., 44:951-955, 1980.