

上海土壤磷的吸附特性及缓冲性能的研究

傅明华 戴朱恒 承友松 顾仲兰

(上海市农科院土肥所)

摘 要

本文以上海土壤为对象,研究选定了土壤磷等温吸附试验条件为:水土比10,平衡时间6天,控温25℃,磷加入量为100,200,400,600 μgP/g土,溶液基质为0.01M CaCl₂。磷缓冲能力试验条件为:平衡时间2天,磷加入量为20,40,100,200 μgP/g土。根据 Freundlich, Tempkin 和 Langmuir 方程计算的土壤吸附指标与土壤类型及土壤性质有密切关系,是土壤磷素肥力的重要指标。反映土壤缓冲能力的“磷肥指标”与土壤有机质、粘粒、活性铝及 pH 值相关较好。

上海几种主要土壤中以青紫泥的最大吸附量 (X_m), 0.2ppm P 吸附量和“磷肥指标”为最高,其次为青黄土,沟干泥和黄泥头,最小为夹沙泥。应用磷吸附指标与“磷肥指标”来预测土壤需磷量,初步试验是可行的,但实际应用还需进一步试验研究。

近年来的研究及土壤普查结果表明,缺磷已是上海郊区土壤的一个重要肥力问题^{[3],1-3}。但是群众在磷肥施用上盲目性较大,成本高,浪费大,很难使有限的化肥用量获得最高的作物产量。

国内、外大量研究的结果表明,生长在土壤中的植物,它的直接磷源是来自土壤溶液,而土壤溶液中磷和土壤固相吸附态磷的关系可用磷的等温吸附曲线来表示。由于土壤特性各不相同,不同土壤对于磷的吸附及缓冲能力也有很大差异。因此研究各种土壤磷的吸附特性,对了解土壤供磷能力以及进一步探索预测土壤磷肥需要量可提供一定的理论依据。

本文研究的目的在于:选定适用于上海土壤的磷等温吸附及缓冲能力的试验条件;了解上海几种主要土壤的等温吸附特性及指标;探索应用吸附指标或“磷肥指标”来预测土壤需磷量。

一、试验条件的选择

供试土壤有青紫泥、沟干泥、黄泥头及夹沙泥等主要几种土壤¹⁾。采样时间在后季稻茬口,深度0—15厘米。供试土样基本性质见表1。

1) 青浦县土壤普查办公室,1983: 青浦土壤。

2) 宝山县土壤普查办公室,1983: 宝山土壤。

3) 上海县土壤普查办公室,1983: 上海土壤。

4) 部分供试土样由本所化肥网组提供。

表 1 部分供试土壤基本性质
Table 1 Physical and chemical properties of the soils

土壤编号 Sample No.	土壤 Soil	pH		有机质 (%) O. M.	粘粒 Clay (%)		全磷 (P_2O_5 , %) Total P	有效磷 (P_2O_5 , ppm) Available P
		H ₂ O	CaCl ₂		<0.01 (mm)	<0.001 (mm)		
82205	青紫泥	6.72	6.35	6.07			0.191	68.3
82207	青紫泥	7.08	6.73	4.03				21.0
82341	青紫泥	7.11	6.78	4.14	47.1	20.6	0.166	14.2
82343	青紫泥	6.69	6.41	5.37	52.3	22.8	0.206	19.8
化216	青紫泥			4.50	50.1	19.5	0.155	25.8
化 29	青紫泥	6.76	6.38	3.16	51.7	19.3	0.164	20.9
82147	沟干泥	7.65	7.23	2.91	55.1	26.9	0.174	18.1
82208	沟干泥	6.56	6.04	2.81	67.6	20.5	0.167	28.1
82346	沟干泥	7.19	6.89	2.43	47.6	15.7	0.178	31.5
82347	沟干泥	7.01	6.67	2.82	60.3	26.4	0.157	17.4
82350	黄泥头	7.16	6.85	3.21	54.6	20.3	0.169	23.9
82356	黄泥头	7.58	7.22	2.83	48.8	22.8	0.158	11.2
82354	夹沙泥	7.77	7.42	1.79	39.4	15.5	0.176	14.2
82351	夹沙泥	7.46	7.17	3.02	36.0	12.7	0.204	30.4
化 35	夹沙泥	7.33	7.13	1.85	29.3	10.0	0.165	20.2
化144	夹沙泥	7.81	7.55	2.76			0.164	22.5
81051	青黄土	6.82	6.50	3.32			0.170	37.9
化 40	青黄土	6.97	6.65	5.38	43.1	13.7	0.187	40.7

(一) 等温吸附平衡条件的选择

等温吸附的平衡条件,影响到磷在吸附相和液相中的分配,不同学者所选用的条件是不相同的。采用适当的方法是评价土壤对磷的吸附作用差异的一个先决条件,当然要严格确定或正确地测定平衡时由固相转入液相的磷也是不可能的。为便于实际应用,我们基本采用 Fox 和 Kamprath (1970) 所叙述的方法^[1],进行了一些简单对比试验。

1. 平衡时间: 加到土壤中的可溶性磷,开始被土壤吸附很快,以后在较长的一段时间内吸附量变化较少^[1,2],除少数土壤因吸磷较少外,一般需 6—7 天才能趋向稳定。根据试验,加入量为 100, 200, 400, 600 $\mu\text{gP/g}$ 土,达到平衡时间分别为 1, 3, 5, 6—7 天(图 1)。因此,一般在 6—7 天内,吸附基本可以达到平衡。

2. 土水比: Fox 等指出,增大土水比会导致硅酸盐、硫酸盐和其他可以竞争吸附的阴离子过多解吸,减少土水比,则在正常的振荡速度下,保持粘粒、胶粒的悬浮是困难的,结果使大量的土壤沉积在离心管底,因此他建议土水比用 1:10 为宜^[1]。我们对常用的土水比 1:20, 1:10 作了对比试验,结果表明(表 2),在同样磷加入量的情况下,经过 7 天平衡后,土水比 1:10 的土壤吸附量比 1:20 吸附量为高,说明在这样实验条件下,土水比 1:10 较好。

3. 振荡时间: 为了使土粒能与溶液中磷酸根离子充分接触交换,因此在平衡时期要经常振荡。不同振荡对比试验结果见表 3,由表可见,每日振荡三次,每次 2 小时的土样吸附量要小于其他二个处理,特别是在加入量较高的情况下更明显,可能是由于振荡过度有

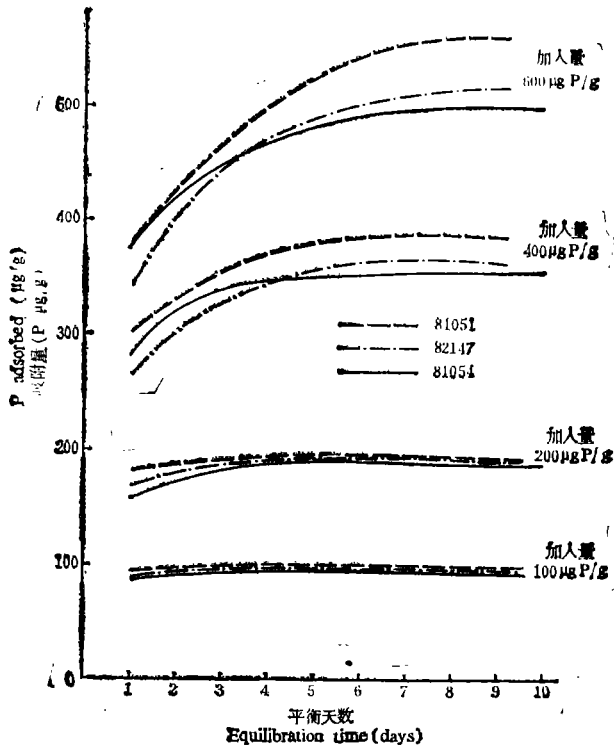


图1 不同加入量下磷吸附平衡时间

Fig. 1 Equilibrium time under various amount of P added

表2 不同土水比土壤磷吸附比较

Table 2 Amount of P adsorbed under various soil-solution ratios

青黄土 (81051) Stagnating paddy soil				青紫泥 (81054) Waterlogged paddy soil			
1/10		1/20		1/10		1/20	
C ppm	X µg/g	C ppm	X µg/g	C ppm	X µg/g	C ppm	X µg/g
0.08	99.2	0.16	96.8	0.4	96.0	0.19	96.0
0.3	197	0.65	187	1.4	186	0.70	186
1.5	385	3.70	326	5.0	350	3.2	336
4.25	558	7.75	445	10.5	495	8.0	440

C: 平衡溶液浓度 (下同)。

C: Concentration of equilibrium solution.

X: 土壤吸附量 (下同)。

X: P adsorbed by soil.

表 3 不同振荡方式对土壤磷吸附比较

Table 3 Amounts of P adsorbed under various shaking methods

每天振荡 3 次, 每次 2 小时 Shaking for 2 hour, 3 times daily		每天振荡 1 次, 每次 2 小时 Shaking for 2 hour, once daily		每天振荡 2 次, 每次 1 小时 Shaking for 1 hour, twice daily	
C (ppm)	X ($\mu\text{g/g}$)	C (ppm)	X ($\mu\text{g/g}$)	C (ppm)	X ($\mu\text{g/g}$)
0.20	97.7	0.06	99.4	0.10	99.0
0.50	195	0.20	198	0.40	196
4.00	360	1.30	387	2.30	377
13.1	469	5.10	549	7.30	528

关。经过对比试验, 每日振荡 2 次, 每次 1 小时和每日一次振荡 2 小时处理的土壤吸附量相差不多。以下试验时采用的是每日二次, 每次 1 小时的振荡方法, 溶液基质用 0.01 M CaCl_2 。

磷等温吸附特性测定步骤与曲线的制作方法^[2,4]: 将待测土样 5 克, 加入 50 毫升含有不同浓度 KH_2PO_4 (10, 20, 40, 60 ppm P) 的 0.01M CaCl_2 溶液, 放入 100 毫升塑料离心管中, 在 $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ$ 下放置 6 天, 其间每天在往复振荡器上振荡 2 次, 每次 1 小时, 使其达到吸附平衡。土壤悬液过滤后, 测定滤液中的磷量, 即为平衡溶液中的磷浓度 C(ppm P), 加入磷量与平衡溶液中磷量之差, 为磷的吸附量($\mu\text{gP/g}$ 土)。以平衡溶液磷浓度为横坐标, 磷吸附量为纵坐标作图, 即得磷等温吸附曲线。

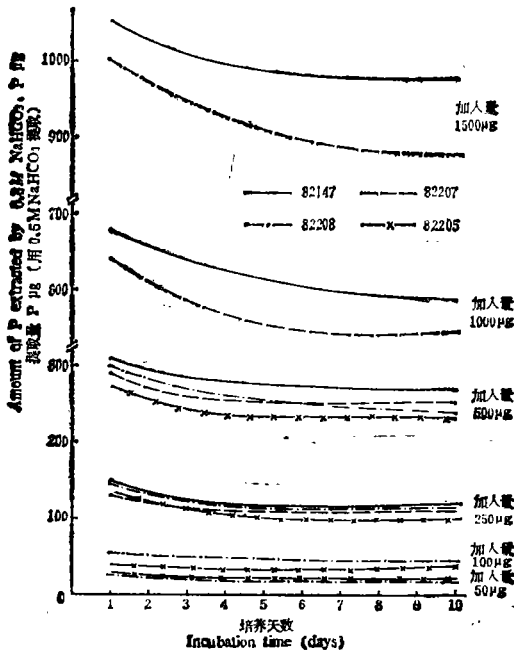


图 2 不同加入量下提取量与培养天数的关系

Fig. 2 Relationship between incubation time(days) and P extracted under the condition of various amounts of P added

(二) 土壤磷缓冲作用条件的选择

土壤磷缓冲作用的试验条件, 基本采用中国农科院土肥所提供的方法¹⁾。试验表明, 对于磷的加入量与平衡时间关系, 2.5 克土壤样本加入量在 500 μg P 以下, 2 天平衡时间是可以的。但从图 2 可见, 加入量超过 500 μg P, 二天平衡时间是不够的。温度条件仍以 25 $^{\circ}\text{C}$ 为宜。

磷缓冲作用测定方法: 取 2.5 克土样放入 100 毫升离心管内, 分别加入 1 毫升蒸馏水或不同浓度的 KH_2PO_4 溶液 (50, 100, 250, 500 ppm P), 在 $25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 加塞封闭条件下培养, 二天后用 0.5M NaHCO_3 49 毫升提取(水土比为 20:1), 按 Olsen 法测定土壤有效磷。以加入磷为纵坐标, 浸出磷为横坐标作图, 一般成直线相关, 直线的斜率即为土壤对磷的缓冲作用, 也可称为“磷肥指标”。

二、土壤磷等温吸附指标及特性

根据上述方法, 制成的土壤磷的等温吸附曲线见图 3。以代表性的 5 个土壤为例, 从图 3 可见这几种土壤吸磷量差异较大, 其中以青紫泥和青黄土的吸附量较大, 其次是沟干泥和黄泥头, 夹沙泥吸附量较低。这几条曲线经过数学处理可以符合以下几种方程式^[2]。

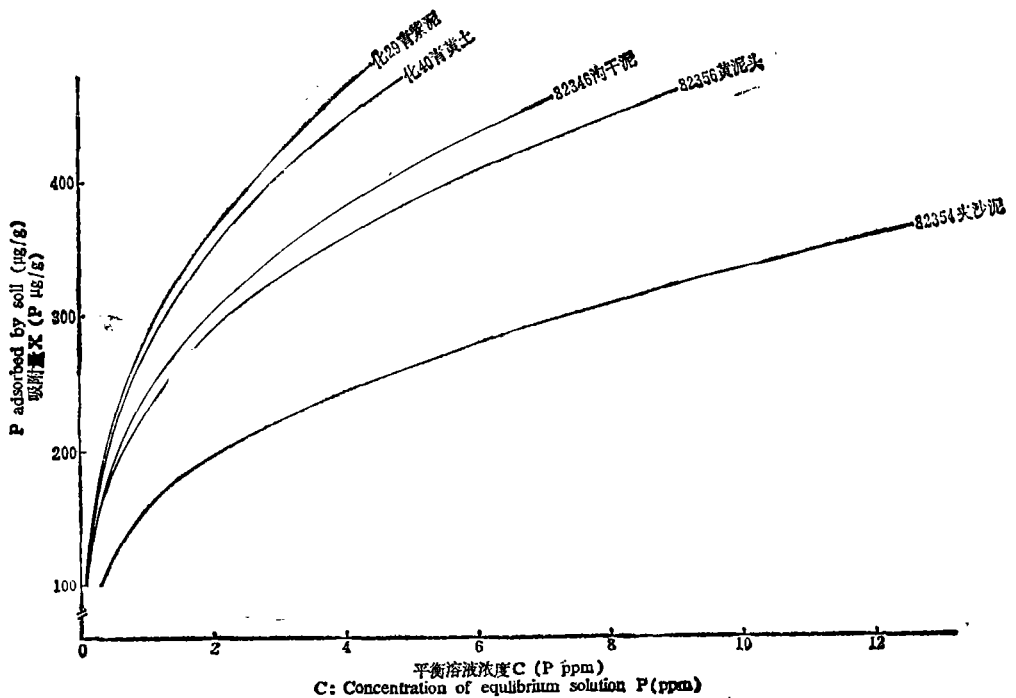


图 3 上海几种土壤磷的等温吸附曲线

Fig. 3 Phosphate adsorption (isotherm) curves of soils in Shanghai

1) 陈尚瑾、杨铮, 1981: 从土壤含磷强度和缓冲作用探索磷肥需要量, 中国农业科学院土肥所。

1. Freundlich 方程式: $X = a \cdot c^b$, X 为单位土壤的吸磷量; C 为平衡溶液中磷浓度; a, b 为常数。

2. Tempkin 方程式: $X = k_1 \ln(k_2 \cdot C)$, X 和 C 意义同上式, $k_1 \cdot k_2$ 为常数。

3. Langmuir 方程式: $\frac{C}{X} = \frac{1}{k \cdot X_m} + \frac{C}{X_m}$, X 和 C 意义同上式, X_m 为土壤最大吸附量, k 是因土壤性质而异的常数, 它代表土壤对磷结合能的大小。

X 和 C 的相关方程和相关系数的结果见表 4。

在本试验条件下, Langmuir 方程式中的 $\frac{C}{X}$ 与 C 成直线关系, $1/X_m$ 是这条直线的斜率, 但实际测定往往是一条微曲线, 图 4 是以上 5 个土壤的 Langmuir 吸附曲线。根据

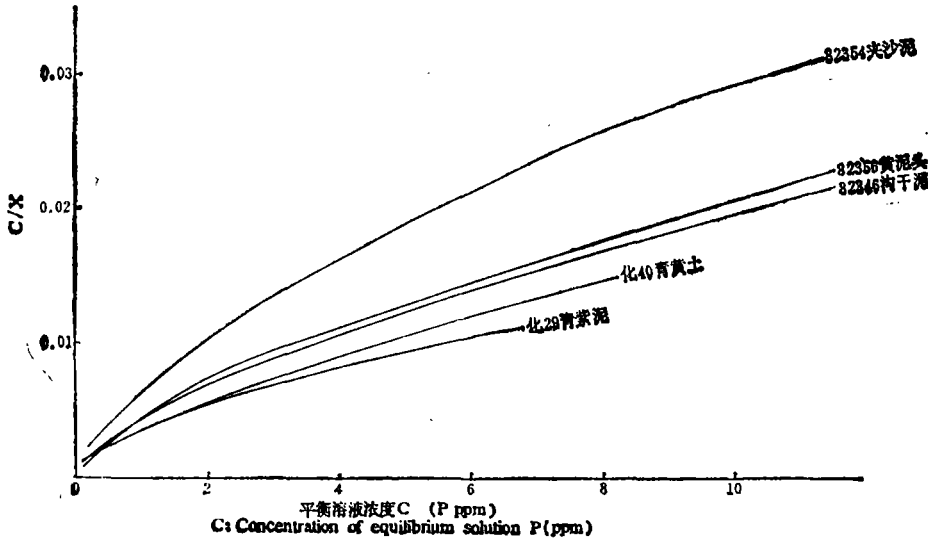


图 4 上海几种土壤 Langmuir 吸附曲线
Fig. 4 Langmuir adsorption curves of soils in Shanghai

吸附方程式可以计算出土壤磷的吸附指标, 其中最大吸附量 (X_m) 和 0.2ppm P 时的吸附量相等。据此可以计算出上海土壤平均最大吸附磷量在 535 $\mu\text{gP/g}$ 土左右 ($\sigma_{n-1} = 65.8, n = 48$)。最大吸附量与土壤有机质、粘粒含量成正相关, $r = 0.662^{***}$ 和 0.511^{**} , 达到显著水平。假如把两者结合起来考虑, 则可提高相关性。回归方程为 $f(X_m) = 385.38 + 29.00x_1(\text{有机质}) + 3.94x_2(<0.001\text{mm}\%)$, $R = 0.713^{***}$ 。 X_m 与土壤 $\text{pH}_{(0.01\text{M}\text{CaCl}_2)}$ 成负相关, $r = -0.676^{***}$ 。 X_m 与土壤全磷、有效磷含量均无显著相关。

大量研究证明, 0.2 ppm P 近似于大多数作物最适生长时土壤溶液中磷的浓度, 有人称之为“标准浓度”^[1]。根据等温吸附曲线可计算出平衡溶液在标准浓度 0.2ppm 时的吸附磷量, 这个吸附量因土壤不同而不同, 也因作物不同而有变化, 用于土壤间比较也是较合适的。表 4 中 Freundlich 方程式较 Langmuir 方程式相关更好些, 因此如果采用 $X = a \cdot C^b$ 方程求出 C 为 0.2ppm 时的吸附量 X , 可计算出上海土壤 0.2ppm 土壤磷的吸附量平均为 117 $\mu\text{gP/克土}$ ($\sigma_{n-1} = 39.2, n = 48$)。根据 Juo 和 Fox^[1] 所提出的磷吸附标准属中低水平。0.2ppmP 吸附量与土壤的有机质含量呈正相关, $r = 0.673^{***}$ (相关方程式

表 4 几种磷吸附回归方程的比较
Table 4 Comparison of P adsorption regression equations

土样号 Sample No.	土壤 Soil	Freundlich $X = aC^b$ 变量: X 和 C	Tempkin $X = K_1 \ln(K_2 \cdot C)$ 变量: X 和 $\ln C$	Langmuir $C/X = 1/K \cdot X_m + C/X_m$ 变量: C/X 和 C
化40	青黄土	$X = 247 C^{0.427}$ $r = 0.992^{**}$	$X = 110 \ln(14.82C)$ $r = 0.995^{**}$	$C/X = 0.00161 + 0.00169C$ $r = 0.996^{**}$
化29	青紫泥	$X = 261 C^{0.432}$ $r = 0.995^{**}$	$X = 112 \ln(16.38C)$ $r = 0.985^*$	$C/X = 0.00151 + 0.00165C$ $r = 0.988^*$
82346	沟干泥	$X = 226 C^{0.369}$ $r = 0.998^{***}$	$X = 91.3 \ln(19.61C)$ $r = 0.987^*$	$C/X = 0.00187 + 0.00184C$ $r = 0.992^{**}$
82356	黄泥头	$X = 227 C^{0.332}$ $r = 0.999^{***}$	$X = 80.4 \ln(29.1C)$ $r = 0.983^*$	$C/X = 0.00179 + 0.00192C$ $r = 0.992^{**}$
82354	夹沙泥	$X = 153 C^{0.350}$ $r = 0.999^{***}$	$X = 76.2 \ln(9.97C)$ $r = 0.978^*$	$C/X = 0.0047 + 0.00219C$ $r = 0.987^*$

表 5 土壤比表面与磷吸附量关系
Table 5 Relationship between soil specific surface and amount of P adsorbed

土样号 Sample No.	土壤 Soil	比表面 m^2/g Specific surface	0.2ppm P 吸附量 $\mu g/g$ P adsorbed at 0.2ppm	相关 Correlation
82341	青紫泥	9.30	143	$\hat{y} = 65.1 + 7.27x$ $r = 0.61^*$
82342	青紫泥	10.6	140	
82343	青紫泥	9.49	162	
82345	沟干泥	9.90	149	
82347	沟干泥	13.7	155	
82348	沟干泥	12.9	151	
82356	黄泥头	10.8	133	
82354	夹沙泥	7.80	87.2	
82351	夹沙泥	6.11	124.4	
82352	夹沙泥	6.28	76.0	
82357	夹沙泥	8.30	159	

为 $\hat{y}_{(0.2ppm P \text{ 吸附量})} = 51.3 + 23.3x$ (有机质 $n=48$)。0.2ppm P 吸附量与土壤粘粒 ($<0.001mm$) 含量也呈正相关), $r=0.619^{***}$ (相关方程式为 $\hat{y}_{(0.2ppm P \text{ 吸附量})} = 40.3 + 4.64x_{(<0.001mm\%)}; n=35$)。

有的学者研究指出^[1],磷的吸附量与土壤比表面积密切相关。我们用 BET 法测定部分样品的比表面积,并统计与 0.2ppm P 吸附量相关,结果见表 5,由于样本数量较少,因此相关系数(r)仅达 0.05 显著水平。

三、土壤磷缓冲作用及“磷肥指标”

有人认为施入磷量与浸出磷量成直线相关^[2],也有人认为是与浸出磷量平方根成直线

1) 陈尚瑾、杨铮, 1981: 从土壤含磷强度和缓冲作用探索磷肥需要量。

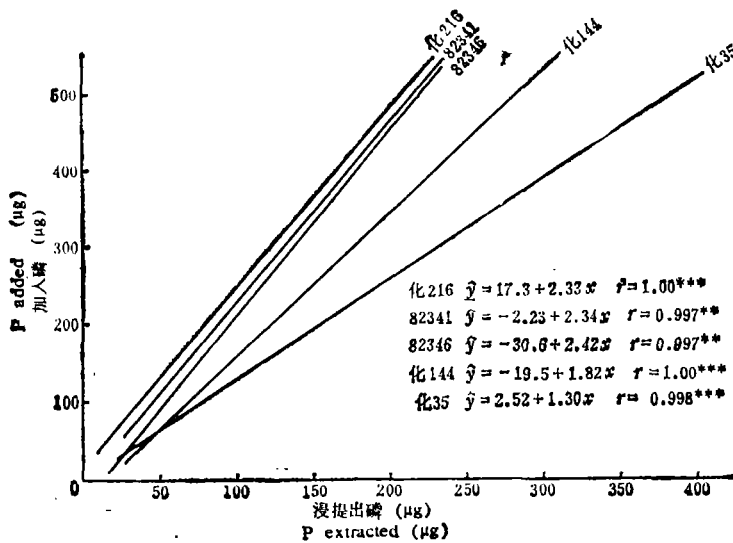


图5 加入磷与浸提出磷的关系
Fig. 5 Relationship between P added and P extracted.

相关 (图5)。试验结果表明, 施入磷量与浸出磷量成直线相关。施入磷量与浸出磷量之比称之为“磷肥指标”, 它与土壤的粘粒、有机质含量成正相关。根据 25 个样品统计, 磷肥指标与 <0.001mm 粘粒的百分数含量相关系数 $r = 0.583^{**}$, 相关方程 $\hat{y} = 1.50 + 0.034x_{(<0.001mm)}$; 与有机质含量相关系数 $r = 0.691^{***}$, 相关方程式为 $\hat{y} = 1.54 + 0.20x_{(有机质)}$ 。假如同时考虑以上二个因素, 相关系数 $R = 0.798^{***}$, 相关方程式为 $\hat{y} = 1.25 + 0.0246x_{1(<0.001mm\%粘粒)} + 0.164x_{2(有机质)}$ 。

有关资料^[6]指出, 磷肥指标与土壤活性铝和 $pH_{(CaCl_2\text{溶液})}$ 相关最好。上述土壤试验结果 $r = 0.688^{**}$ 和 $r = 0.787^{**}$ 。考虑以上二个因素则可提高它们的相关性, $R = 0.857^{***}$ ($n = 12$), 相关方程式 $\hat{y} = 1.44 - 0.224x_{1(pH)} + 0.0062x_{2(活性Al)}$ 。

根据 34 个土壤的磷肥指标与 0.2ppm 磷的吸附量的关系, 发现他们相关是很好的, $r = 0.832^{***}$, 相关方程为 $\hat{y}_{(0.2ppmP\text{吸附量})} = -93.8 + 102x_{(磷肥指标)}$ 。这说明如用 0.2ppm 磷吸附量与磷肥指标来预测土壤需要量, 结果应该是一致的。

四、几种主要土壤的磷等温吸附指标与磷肥指标及其应用的设想

上海地区土壤母质为长江冲积物, 由于沉积环境不同, 成土时间长短、土壤性质有些差异, 但总的看来并不很大。因此各种土壤磷等温吸附指标和磷肥指标差异较小 (表 6)。根据土壤分布情况, 西部地区土壤受到湖相沉积的影响, 土壤中有机质含量相对较高, 粘粒相对较多, 因此青紫泥土壤的 X_m 、0.2ppm P 吸附量、磷肥指标都较高。而青黄土受到河流冲积物影响, 故以上指标要比青紫泥低一些。中部地区的沟干泥及广大东部地区的黄泥头都属江海沉积物, 有机质和粘粒含量要比西部地区低些, 因此这些指标均较青紫泥为低。沿江沿海的夹沙泥土壤, 由于粘粒与有机质含量均较低, 因此 X_m 、0.2ppm P 吸附量、

表 6 上海几种主要土壤磷等温吸附指标和磷肥指标

Table 6 The phosphate adsorption index and phosphorus fertilizer index of main soils of Shanghai

土壤 Soil	n	X_m	K^*	0.2ppm P 吸附量 P adsorbed at 0.2ppm	磷肥指标 Phosphorus fertilizer index
青紫泥	10	600±50.79	1.53±1.17	157±46.6	2.24±0.54
沟干泥	9	541±28.1	1.28±0.61	134±32.3	2.17±0.38
黄泥头	10	542±52.9	0.764±0.275	113±28.5	2.06±0.18
夹沙泥	14	482±61.1	0.484±0.19	82.6±19.9	1.90±0.25
青黄土	6	554±67.8	1.10±0.412	125±26.7	2.15±0.44

磷肥指标均为最低。

应用磷吸附指标来预测土壤需磷量是鉴于不同土壤对磷吸附的不同能力的动力学角度出发,通过施肥调节吸附与解吸附的动力学平衡过程,使土壤达到作物吸收的最佳储备磷的水平,创造一个对不同作物最适的土壤平衡溶液磷浓度。根据 Fox 等研究^[2],证明土壤溶液中平衡磷浓度能维持 0.2ppm 时,一般作物生长量即可达到最高生长量 92—98%。对于小麦的平衡浓度为 0.3ppm,大麦为 0.6—0.7ppm,水稻为 0.1ppm。根据等温吸附试验中不同磷加入量下所达到的平衡溶液磷浓度的曲线,不难直接算出该土壤达到某一磷浓度所需要的加入量,从而进一步计算出单位面积所需施用的磷肥量。

如根据等温吸附试验加入量为 100,200,400,600 $\mu\text{gP/g}$ 土,所得到的平衡溶液浓度为 0.0719,0.388,2.15,5.75ppm P,以加入量为纵坐标(y),平衡溶液磷浓度为横坐标(x),得出方程 $y = 293x^{0.408}$,如要达到 0.2ppm(x) 平衡溶液磷浓度,就可得出加入量(y)为 152 $\mu\text{gP/g}$ 土,如达到 0.6ppm 平衡溶液磷浓度,加入量应为 238 $\mu\text{gP/g}$ 土。

根据加入量计算每亩施磷量,若按每亩 30 万斤土、磷肥以含磷 12%(P_2O_5)计,那么施入量是很巨大的,与生产实际情况不符。上例中 152 $\mu\text{gP/g}$ 和 238 $\mu\text{gP/g}$ 相当于施入量每亩过磷酸钙 870 斤和 1363 斤。我们推想造成此原因可能是由于实验条件和实际条件差异所造成。同样达到平衡溶液浓度为 0.2ppm(或 0.6ppm),实验条件下水土比为 10,而田间实际情况是含水量一般在 25—35% 左右,相差达 20 倍左右。假如把以上施入量缩小 20 倍左右,那么分别为 43.5 斤/亩和 68.1 斤/亩,比较符合实际。但以上设想还需进一步扩大田间试验来证实。

根据上海土壤多年的试验研究及生产实践验证证明,用 0.5M NaHCO_3 提取土壤有效磷,是比较适合的^[3]。同时也有许多田间试验表明土壤有效磷含量 25ppm (P_2O_5) 是麦子的适宜施磷指标。因此在应用“磷肥指标”来预测土壤需磷时,只要测定该土壤当时的有效磷水平,就可定出施用数量。如根据测定该土壤的磷肥指标为 2.44,当时土壤有效磷含量为 14.2ppm (P_2O_5),那么麦子的适宜磷肥施用量可按下列式计算:

$$y = \frac{0.3 \times C(25 - P)}{s\%}, \text{ 式中 } C \text{ 为磷肥指标; } P \text{ 为当时耕层土壤有效磷量(ppm } \text{P}_2\text{O}_5\text{);}$$

表7 二种预测土壤需磷量法与田间试验结果比较

Table 7 Comparison between predicting P requirement of soil by two methods and that obtained from field test

地点 Location	土壤 Soil	根据田间试验得出的 施肥量与产量的方程 Equation of fertilizer used and yield by field test	根据方程计算最高产量 的施肥量(磷肥斤/亩) Amount of P used of maximum yield calculated from equation (P fertilizer, jin/mu)	根据磷肥指标计算的 施肥量(磷肥斤/亩) Amount of P used calculated from phosphorus fertilizer index (P fertilizer, jin/mu)	根据 0.6ppm P 的加入 量计算的施肥量 (磷肥斤/亩) Amount of P used calculated from 0.6ppm P added (P fertilizer, jin/mu)	磷肥指标 Phosphorus fertilizer index
嘉定战浜	沟干泥	$\hat{y} = 40.9 + 0.108x - 0.00125x^2$	43.2	65.9	68.1	2.44
金山兴塔	青紫泥	$\hat{y} = 47.8 + 0.391x - 0.00273x^2$	71.7	86.0	106.2	2.77
青浦赵巷	青紫泥	$\hat{y} = 41.6 + 0.261x - 0.00172x^2$	75.9	61.3	65.1	2.26
奉贤江海	沟干泥	$\hat{y} = 42.3 + 0.327x - 0.0023x^2$	70.3	68.2	68.1	2.20
川沙唐镇	黄泥头	$\hat{y} = 27.0 + 0.189x - 0.00139x^2$	67.9	74.8	58.1	2.16
川沙蔡路	夹沙泥	$\hat{y} = 36.7 + 0.37x - 0.0027x^2$	68.7	56.7	40.9	2.32

注: 试验作物为小麦, 0.6ppm P 加入量计算施肥量, 计算量缩小 20 倍。

25 为计划达到有效磷量 (ppm P_2O_5); 0.3 为常数, 每亩耕层土壤按 30 万斤计; $s\%$ 为磷肥中有效磷含量百分数 (P_2O_5)。根据计算该土壤适宜施磷量为 65.9 斤/亩过磷酸钙 (设此磷肥含 P_2O_5 为 12%)。

以上二个方法预测土壤需磷量, 从方法上看以用“磷肥指标”法较为简便, 但实际应用还需做大量工作。1982 年我们应用此二法来预测土壤需磷量, 部分实际结果见表 7。由表可见, 二法结果尚有一定差别。

参 考 文 献

- [1] 何念祖, 1981: 热带土壤的磷吸附作用。土壤学进展, 第 5 期, 33—39 页。
- [2] 周鸣铮, 1979: 土壤磷有效度的物理化学研究法(上)。土壤学进展, 第 1 期, 39—43 页。
- [3] 傅明华、承友松, 1979: 上海土壤磷素状况的研究。土壤学报, 第 16 卷 4 期, 372—379 页。
- [4] 鲁如坤, 1980: 土壤磷素(一)。土壤通报, 第 11 卷 1 期, 43—47 页。
- [5] Fox, R. L. et al., 1970: Phosphate isotherms for evaluating the phosphate requirement of soils. Soil Sci. Soc. Amer. proc., 34: 902—907.
- [6] Lee, Y. S. et al., 1977: Assessing phosphorus fertilizer needs based on intensity capacity relationship. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 41: 710—712.

STUDIES ON THE PHOSPHATE SORPTION ISOTHERMS AND BUFFERING CAPACITIES OF MAIN SOILS OF SHANGHAI

Fu Minghua, Dai Zhuheng, Cheng Yousong and Gu Zhonglan
(*Institute of Soil and Fertilizer, Shanghai Academy of Agricultural Sciences*)

Summary

In this paper, experiments of phosphate sorption and buffering capacity of the soils collected from the suburbs of Shanghai were conducted, and the phosphate adsorption index and phosphate fertilizer index were studied.

Results obtained showed that phosphate sorption indices calculated from Freundlich, Tempkin and Langmuir equations were closely related with the types and properties of the soils, they could be regarded as an important index for soil fertility. "Phosphate fertilizer index" that reflects buffering capacity of soils was closely related with soil organic matter content, clay content, active Al content and pH value.

Results also showed that the adsorption maxima (X_m), P adsorbed at 0.2 ppm and phosphate fertilizer were in a descending order: waterlogged paddy soil > stagnating paddy soil > percolating paddy soil > permeable paddy soil > sandy permeable paddy soil.