

上海土壤磷素状况的研究*

傅明华 承友松

(上海市农业科学院土壤肥料研究所)

根据几年来的调查研究,上海地区土壤中全磷含量一般在0.13—0.18%,主要几种土壤的全磷量如表1。不同土壤的有效磷量(0.5M NaHCO₃ 溶性磷),根据56个标本的测定结果,>22ppm(P₂O₅)占35.7%,12—22ppm为44.6%,<12ppm是19.7%。所以一般来说,约有三分之二的土壤有效磷含量在中等水平以下,作物对磷肥反应较明显,五分之一的土壤严重缺磷。因此近年来上海郊区,特别是一些高产单位对施用磷肥非常重视。

表1 上海地区各种土壤全磷含量状况(P₂O₅)

土壤	全磷 (%)	幅度	土壤	全磷 (%)	幅度
沟干泥	0.146 (26)	0.100—0.175	青紫泥	0.153 (35)	0.115—0.185
黄泥头	0.171 (18)	0.130—0.220	青黄泥	0.165 (15)	0.130—0.188
夹沙泥	0.181 (21)	0.135—0.220	青泥土	0.133 (5)	0.110—0.145
沙泥	0.176 (6)	0.160—0.190	小粉泥	0.164 (6)	0.120—0.170

注: 1. 括号内是统计样本数; 2. 青黄泥即为西部地区黄泥头; 青泥土即为荡田青紫泥。

但由于对土壤磷素状况了解不够,造成施用不当,浪费很大,效果不高,而成本却很高。为此,搞清土壤磷素的形态组成、固定、转化以及磷肥的有效条件等等,对合理施用磷肥、培育高产土壤具有重要意义。1977—1978年我们对上海郊区的土壤磷素状况进行以下几方面的研究。

一、土壤的磷素形态

我们应用张守敬等提出的分级磷方法(杰克逊,1964),测定结果见表2。表2结果表明,土壤中磷的形态以无机磷为主,有机磷含量相对较少,除青紫泥外,其它土壤无机磷都占全磷量的90%以上。青紫泥由于土壤多呈过湿状态,嫌气环境有利有机质积累,因此有机磷相对较高,无机磷占全磷80—85%。在无机磷中,磷酸钙一般占全磷的50%以上,占无机磷的60%。而磷酸铁和磷酸铝含量较低,二级总量仅占全磷的8—15%左右,占无机磷的10—18%。闭蓄态磷一般占全磷的20—30%,占无机磷的22—30%。

土壤中磷酸钙的化学形态是多样的,不同化学形态在作物营养上的意义也是不同的。不少资料已证实土壤中磷酸一钙、磷酸二钙、磷酸八钙和磷灰石类矿物(如氢氧磷灰

* 汪寅虎、顾仲兰同志也参加部分工作。

表 2 土壤中磷素形态分组情况 (ppm, P₂O₅)

地 点	土 壤	全磷	Al-P			Fe-P			Ca-P			闭蓄态磷			无机磷		有机磷	
			含量	占无机磷%	占全磷%	总和	占全磷%	含量	占全磷%									
青浦县 城东大队	青紫泥	1573	89	6.7	5.7	51	3.9	3.2	811	61.3	51.6	371	28.0	23.6	1323	84.1	250	15.7
		1429	73	6.4	5.1	39	3.4	2.7	709	61.7	49.6	329	28.6	23.0	1150	80.5	279	19.5
	青泥土	1541	79	6.4	5.1	214	17.5	13.9	813	69.6	55.4	79	6.4	5.1	1226	79.6	315	20.4
金山县 八二大队	青黄泥	1656	138	9.2	8.3	145	9.7	8.8	903	60.2	54.5	305	20.3	18.4	1500	90.6	156	9.4
		1854	165	9.6	8.9	108	6.3	5.8	972	56.8	52.4	457	26.7	24.6	1712	92.3	142	7.7
金山县永 久大队	青黄泥	1419	89	6.9	6.3	48	3.7	3.4	817	62.5	57.6	354	27.1	25.0	1308	92.2	111	7.8
松江县 古松种子场	青紫泥	1647	93	7.2	5.7	133	10.3	3.2	568	43.8	34.5	502	38.7	30.5	1296	78.7	351	21.3
		1629	44	3.3	2.7	99	7.3	6.1	686	50.7	42.1	520	38.4	31.9	1353	83.1	276	16.9
南汇县 人民大队	夹沙泥	1758	61	3.7	3.5	106	6.4	6.0	1035	62.6	58.9	449	27.1	25.5	1657	94.3	101	5.8
		1680	64	4.3	3.8	109	7.3	6.5	972	65.4	57.9	336	22.6	20.0	1486	88.5	194	11.6
		1741	59	5.3	3.4	80	7.2	4.6	974	87.0	55.9	未检出	—	—	1119	64.3	352	20.2
嘉定县徐 行大队	沟干泥	1846	88	5.1	4.8	168	9.8	9.1	952	55.3	51.6	512	29.8	27.7	1721	93.2	125	6.8

表 3 土壤无机磷形态分组测定结果

土样编号	土 壤	全磷%	Ca-P (ppm)									Al-P (ppm)		Fe-P (ppm)		
			全量	磷酸一、二钙			磷酸三钙			磷灰石			含量	占全磷%	含量	占全磷%
				含量	占全磷%	占全钙%	含量	占全磷%	占全钙%	含量	占全磷%	占全钙%				
78003	沟干泥	0.187	1155	50.3	2.7	4.4	165.2	8.8	14.3	939	50.1	181.3	30.3	1.6	71.2	3.8
78004	青紫泥	0.167	935	39.2	2.4	4.2	140.3	8.4	15.0	755	45.3	80.8	35.9	2.2	107.6	6.5
78008	青泥土	0.124	906	125.4	10.1	13.8	146.3	11.8	16.2	634	51.3	70.0	50.8	4.1	132.9	10.7
78009	沟干泥	0.194	1408	213.5	11.0	15.2	288.9	14.9	20.5	906	46.8	64.3	39.3	2.0	100.8	5.2
78015	黄泥头(青黄泥)	0.150	984	17.9	1.2	1.8	86.9	5.8	8.8	879	58.6	89.3	22.7	1.5	111.0	7.4
78016	黄泥头(青黄泥)	0.166	1210	46.7	2.8	3.9	179.1	10.8	14.8	984	59.1	181.3	35.2	2.1	91.0	5.5
78017	黄泥头(青黄泥)	0.172	1121	95.0	5.5	8.5	100.9	5.9	9.0	925	53.7	82.5	21.5	1.3	101.3	5.9
78023	青紫泥	0.208	1208	57.2	2.8	4.7	222.9	10.7	18.5	928	44.7	76.8	59.6	2.9	109.8	5.3
78029	夹沙泥	0.184	1235	22.0	1.2	1.8	243.5	13.3	19.7	969	52.8	78.5	29.2	1.6	68.6	3.7
78032	夹沙泥	0.202	1427	75.7	3.7	5.3	230.1	11.4	16.1	1121	55.4	78.6	41.8	2.1	96.4	4.8
78033	夹沙泥	0.156	1152	19.1	1.2	1.7	186.4	11.9	16.2	947	60.5	82.2	25.5	1.6	40.8	2.6

石、氟磷灰石)等,其中磷酸一钙、二钙对作物是有效的,而磷灰石对作物的效果一般较小(黎耀辉,1964)。

为此我们又应用 HAC—NH₄F—NaOH—H₂SO₄ 循序浸提法,用三种浸提剂把磷酸钙细分为三组¹⁾。分析结果表明(表3)土壤中磷酸钙绝大部分是以磷灰石类的形态存在。

1) 浙农大土壤教研组编,1975: 土壤中无机磷分组的系统测定。

它可以占到全磷酸钙形态的 70—80% 左右。磷酸一钙和二钙一般都在 10% 以下,其他的钙盐占 15—20%。用此法测定的磷酸钙含量一般要占全磷的 60—70%,而 Al-P 和 Fe-P 二级含量一般只占全磷的 4—8%。据统计,磷酸钙总量与土壤全磷含量有显著相关,相关系数 $r=0.69^*$ 。而磷灰石类与磷酸三钙二级与土壤全磷含量的相关系数 $r=0.72^{**}$,达到非常显著相关水平。

二、土壤对磷素的吸收、固定和转化

不同土壤由于其性质不同,它对磷酸的吸收能力也是不同的。我们测定的方法是:称 20 克土样,加 100 毫升 45.8ppm (P_2O_5) 的 KH_2PO_4 溶液,振荡,放置 24 小时(其间多次振荡),过滤,测定滤液中的磷,测定结果见表 4。其结果表明吸收磷酸的能力依次为青

表 4 不同土壤磷酸吸收能力测定结果

编号	土壤	磷酸吸收力 P_2O_5 (毫克/100克)	平均	粘粒 (< 0.001 毫米) %	相关系数	有机质(%)	相关系数
78004	青紫泥	21.7	21.5	21.0	$r=0.994^{**}$	5.06	$r=0.86^*$
78023		21.2				5.35	
78003	沟干泥	19.2	19.1	18.0		2.00	
78009		19.0				3.04	
78015	黄泥头 (青黄泥)	18.6	18.1	15.4		1.75	
78016		17.7				1.79	
78033	夹沙泥	15.1	15.1	10.0		1.41	

表 5 不同土壤固定磷酸的能力(%)

土 壤	培 养 天 数									
	2 天		7 天		19 天		28 天		61 天	
	提取率	固定率	提取率	固定率	提取率	固定率	提取率	固定率	提取率	固定率
青紫泥	57.4	42.7	50.2	49.8	39.4	60.6	38.2	61.8	26.9	73.1
沟干泥	62.7	37.3	58.1	41.9	47.0	53.0	45.4	54.6	36.9	63.1
黄泥头(青黄泥)	64.0	36.0	56.3	43.7	43.3	56.7	43.6	56.5	30.2	69.8
夹沙泥	74.1	25.9	67.8	32.2	55.3	44.7	54.3	45.7	44.7	55.4

注: 5月31日开始培养。

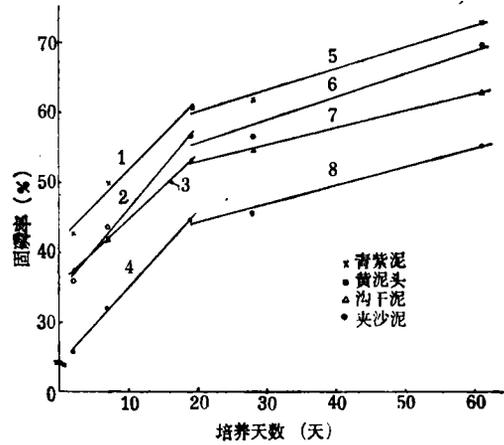
紫泥、沟干泥、黄泥头、夹沙泥。统计表明,影响土壤磷酸吸收能力的因子与土壤粘粒、有机质含量成正相关。

但土壤对磷酸的吸收能力并不能完全反映土壤对磷素的固定能力。为此,我们应用同位素 ^{32}P 标记方法,对四种主要土壤的固磷能力进行测定。具体方法是:用 5 克土样,加 100ppm (P_2O_5) $KH_2^{32}PO_4$, 10 毫升(代表施入肥料磷,放射强度为 55 微居里),进行淹水培养(代表水田土壤),然后每隔一定时间用 0.5M $NaHCO_3$ 浸提土壤中有效磷,用切伦科

夫辐射计数法测定有效磷放射性强度(王遗宝等, 1978)。同时测定标准放射性样品, 从而计算出 $0.5M NaHCO_3$ 溶性肥料磷的提取率, 用 100 减去提取率, 即是土壤固定肥料磷的百分率。测定结果见表 5。

由表 5 可见, 随土壤培养时间延长, 土壤对施入的肥料磷的固定率逐步增大, 四种土壤固磷能力以青紫泥最高, 其次为黄泥头和沟干泥, 夹沙泥最小。当磷肥施入土中 19 天内, 土壤固磷率上升较快, 19 天后土壤固磷率的增加逐渐缓慢(图 1)。

磷肥在水稻土中的形态转化, 以同样四种土壤的盆栽试验进行。每盆施 ^{32}P 标记的过磷酸钙 10 克, 然后在水稻不同生育期, 分析土壤中各种形态的磷(水溶性磷、Al-P、Fe-P、Ca-P)。试验初步结果表明, 肥料磷施入土壤后, 短期内有一些水溶性磷存在(表 6), 但初期大部分是以磷酸铝的形态存在, 以后除夹沙泥外, 其余三种土壤的磷逐渐向以 Fe-P 的形态为主, 夹沙泥中的磷大部分转化为 Ca-P, 最后四种土壤中提取出的肥料磷含量大部分是以 Ca-



$$1—y=41.4+1.03x \quad r=0.993$$

$$2—y=34.3+1.19x \quad r=0.996$$

$$3—y=35.5+0.92x \quad r=1.00$$

$$4—y=24.1+1.09x \quad r=0.999$$

$$5—y=54.0+0.31x \quad r=0.993$$

$$6—y=48.8+0.34x \quad r=0.976$$

$$7—y=48.1+0.25x \quad r=0.998$$

$$8—y=39.1+0.27x \quad r=0.993$$

图 1 不同土壤固磷率

表 6 肥料磷在土壤中转化状况

土 壤	测定日期 (月·日)	水溶性磷 (毫克/盆)	Al-P		Fe-P		Ca-P	
			毫克/盆	占提出磷%	毫克/盆	占提出磷%	毫克/盆	占提出磷%
黄泥头 (青黄泥)	8.18	47.2	756.1	58.8	469.5	36.5	60.5	4.7
	9.22	痕迹	293.7	30.4	581.7	60.2	90.9	9.4
	10.31	—	13.5	24.0	1.5	2.6	41.4	73.5
青紫泥	8.18	19.7	664.2	48.0	571.7	41.3	149.3	10.8
	9.22	痕迹	89.8	15.5	402.8	69.6	85.9	14.8
	10.31	—	痕迹	0	8.6	16.6	43.3	83.4
沟干泥	8.18	29.0	671.5	51.8	493.9	38.1	130.7	10.1
	9.22	痕迹	220.0	23.2	500.6	52.7	228.9	24.1
	10.31	痕迹	11.9	18.4	1.1	1.7	51.6	79.9
夹沙泥	8.18	89.5	619.0	50.8	285.3	23.4	313.8	25.3
	9.22	痕迹	135.9	16.0	109.3	12.9	604.6	71.2
	10.31	—	10.6	7.1	4.7	3.1	134.9	89.8

注: 8月6日施入磷肥。

P 形态为主。这进一步说明上海土壤中的磷,是向磷酸钙方向转化。

三、对有效磷的估价

1. 有效磷

过去几年我们曾用 Troug 法 (0.002 N H₂SO₄ 浸提) (中国农业科学院江苏分院, 1960) 和 Olsen 法 (0.5 M NaHCO₃ 浸提) (杰克逊, 1964) 测定土壤有效磷。实践证明后者反映较好。因此我们应用 Olsen 方法, 根据群众反映的土壤肥力高低状况, 测定了不同土壤的有效磷量, 计算出 F 值, 检验差异显著性的结果见表 7。统计表明, 不同土壤肥力状况反映在 Olsen 法测定土壤有效磷上的差异是显著的。

表 7 不同肥力水平土壤有效磷含量 (ppm, P₂O₅)

地 点	土 壤	肥力水平	有效磷	地 点	土 壤	肥力水平	有效磷
南汇县新场公社 杨辉大队	黄泥头	上	66.1	南汇县黄路公社 海沈大队	夹沙泥	上	18.4
		中	43.1			中	12.1
		下	22.7			下	14.0
川沙县黄楼公社 黄楼大队	黄泥头	上	64.5	南汇县万祥公社 新三大队	夹沙泥	上	11.7
		中	76.5			中	9.4
		下	49.0			下	8.7
奉贤县江海公社 建国大队	沟干泥	上	47.2	金山县枫围公社 新华大队	青紫泥	上	30.9
		中	12.6			中	25.1
		下	22.7			下	13.4
上海县纪王公社 纪王大队	沟干泥	上	27.8	宝山县顾村公社 羌家大队	沙 泥	上	46.1
		中	27.8			中	21.1
		下	9.7			下	8.7

注: 1. $F=4.34$ ($F_{0.01}=3.47$),
2. 0.5M NaHCO₃ 提取。

在水稻产量上, 用 Olsen 法测定的土壤有效磷也是较令人满意的。根据原定的标准, 含有效磷在 12ppm (P₂O₅) 以下的土壤对作物磷素的供应总是不足的, 23ppm 左右是中等水平但并不能满足高产的要求, 含 50ppm 以上的土壤施用磷肥通常是没有明显的增产效果。在青浦县周家港大队的试验统计证明 (表 8), 有效磷含量从 6.9—26.2 ppm 左右, 土壤有效磷量与产量的相关系数为 0.894, 达到非常显著水平, 其中从 6.9ppm 分别提高到 15ppm, 其含量与产量的相关系数为 0.977, 也达到非常显著水平, 而有效磷含量在 20 ppm 以上者 (金山县八二大队) 和产量的相关性就不显著 (上海市农业科学院土肥植保所土壤组, 1978)。由上说明, 0.5M NaHCO₃ 浸提土壤有效磷是基本上能反映上海地区土壤有效磷的水平。

表 8 土壤有效磷与早稻产量关系

地 点	有效磷 (P_2O_5 , ppm)	产量 (斤/亩)	相关性	地 点	有效磷 (P_2O_5 , ppm)	产量 (斤/亩)	相关性
青浦县朱家 角公社周家 港大队	6.9	523	$r=0.894^{**}$ $r=0.977^{**}$	金山县金 卫公社八 二大队	20.9	1050	无相关
	9.2	587			26.1	980	
	11.7	694			42.9	1009	
	13.7	718			41.4	1027	
	15.1	734			36.4	989	
	18.4	762			29.5	1019	
	21.3	751					
	26.2	821					

表 9 土壤有效磷总量 (ppm, P_2O_5)

编 号	土 壤	有效磷 x	有效磷总量 y	编 号	土 壤	有效磷 x	有效磷总量 y
78004	青紫泥	29.9	50.9	78015	黄泥头 (青黄泥)	21.8	35.3
78023		40.6	62.1	78016		31.9	46.9
78003	沟干泥	10.6	15.5	78029	夹沙泥	32.8	46.5
78009		35.7	51.3	78033		33.3	41.9

表 10 土壤连续浸提有效磷总量 (ppm, P_2O_5)

编 号	土 壤	1	2	3	4	5	6	7	总和
78004	青紫泥	22.0	17.2	15.3	11.5	11.5	13.4	9.6	100.5
78023		47.8	23.9	14.3	12.4	11.5	9.1	7.6	126.6
78008		21.1	19.2	14.4	13.4	11.5	9.6	9.6	98.8
78003	沟干泥	21.2	10.6	5.9	4.7	2.4	0.6	—	45.4
78009		41.8	28.5	20.0	16.2	14.3	12.4	11.4	144.6
78002		9.4	4.7	9.4	3.5	3.5	1.2	—	31.7
78015	黄泥头(青黄泥)	21.7	13.2	11.3	8.5	9.4	5.7	4.7	74.5
78016		30.3	20.8	14.2	17.0	8.5	5.7	7.5	104.0
78017		33.1	21.7	15.1	11.3	9.5	8.5	9.5	108.7
78029	夹沙泥	29.0	18.7	9.4	9.4	7.5	6.6	7.5	88.1
78032		57.0	24.3	15.4	14.0	15.9	8.4	8.4	143.4
78033		33.6	15.0	7.5	5.6	7.5	5.6	6.1	80.9

2. 有效磷总储量

为了进一步了解土壤有效磷的总量, 我们应用同位素稀释法来测定土壤中有有效磷的

总量(索科洛夫, 1960), 测定结果见表 9。用同位素稀释法测定有效磷总量与用化学法测定的有效磷含量相关性非常显著, $r = 0.956^{**}$, 相关方程为 $y_{(\text{有效磷总量})} = 1.886 + 1.418 x_{(\text{Olsen法测定有效磷})}$ 。

根据进入浸提液中磷酸盐有重新沉淀的可能, 我们还采用一种浸提剂连续浸提的方法来估计土壤中有效磷的总储量(表 10)。试验结果表明上海地区一般土壤经过七次连续浸提, 土壤中有效磷含量就极微了。我们把七次测定量的总和称为土壤有效磷的总储量。有效磷总储量与一次测定的含量相关性也极好, $r = 0.848^{**}$, 相关方程

$$y_{(\text{连续浸提有效磷总量})} = 26.80 + 2.239 x_{(\text{一次浸提有效磷总量})}$$

用以上二种方法测定土壤有效磷的总储量, 连续浸提法的绝对值要高于同位素稀释法, 两法的相关性也很好, $r = 0.871^{**}$ 。我们认为应用连续浸提法测定有效磷总储量, 较能反映土壤有效磷的含量状况。连续浸提的有效磷总量与土壤无机磷中磷酸一钙二钙、Fe-P、Al-P 的形态含量总和相关较好, $r = 0.59^*$ 。说明如果土壤中这些形态的磷酸盐含量高, 而有效磷含量也较高。

四、合理施用磷肥的几点建议

1. 因土施磷, 避免盲目性

根据同位素 ^{32}P 在几种不同土壤上磷肥盆钵试验表明, 作物磷肥的吸收利用率与土壤中有效磷含量成负相关, 即土壤中有效磷含量越高, 作物吸收磷就越少, 从而磷肥的利用率就越低, 浪费越大。反之, 土壤中有效磷含量越低, 作物吸收肥料磷就越高(表 11)。因此, 在施用磷肥时, 要考虑土壤中磷素供应水平, 决定磷肥的施用。另外, 从土壤有效磷与早稻产量相关性来看, 土壤有效磷含量在 23ppm 以下, 施用磷肥都有明显的增产作用; 有效磷在 23—50ppm 之间, 施用磷肥增产不明显; 有效磷在 50ppm 以上, 土壤供磷丰富, 就不必强调磷肥的施用, 即使施用所得到的经济效益亦差。因此, 在目前磷肥供应不足的情况下, 应把有限的磷肥施用在更缺磷的土壤上。

表 11 土壤有效磷含量与水稻吸收肥料磷的关系 (P_2O_5)

地 点	土壤中有效磷含量 (ppm)	吸收肥料磷量(毫克/盆)
金山县八二大队	67.3	21.8
青浦县城东大队	25.6	35.1
嘉定县徐行大队	15.2	66.5
南汇县人民大队	39.4	32.3

2. 重点放在旱作上

上海地区耕作制度以麦—稻—稻和粮—棉为主的水旱轮作制, 水田回旱之后, 由于干湿交替的作用, 难溶性的高价磷酸铁和闭蓄态磷含量的增加, 降低了土壤中有效磷的含量, 而渍水后可以导致这部分磷素有效性的提高(蒋柏藩等, 1963)。试验和生产实践表明, 在旱田作物上施用磷肥效果更为突出。因此, 在磷肥施用, 不要每季作物平均施用; 而应把重点放在旱作上。同时, 对低洼淤田和二熟制绿肥茬早稻也应注意磷肥的施

用。

3. 改进方法, 减少土壤固定

根据试验, 肥料磷施入土壤后, 随着时间的延长, 有效磷逐渐转化为难溶性磷, 最后转化为磷酸钙类型为土壤所固定。因此, 减少磷肥与土壤接触的机会, 是提高磷肥利用率行之有效的方法, 应值得提倡和推广。例如磷肥掺入有机肥料混合施用、条施、穴施和集中秧田施用等。

参 考 文 献

- 上海市农业科学院土肥植保所土壤组, 1978: 上海郊区高产水稻土的肥力特征及其培育途径。中国农业科学, 第2期, 22—66页。
- 中国农业科学院江苏分院编, 1960: 土壤肥料分析法。31—34页, 上海科技出版社。
- 王遗宝、张国强、沈国卫, 1978: 对硬 β 放射性的切伦科夫计数。生物化学与生物物理进展, 第5期, 1—4页。
- 杰克逊, 1958 (蒋柏藩等译, 1964): 土壤化学分析。174—192页, 科学出版社。
- 索科洛夫, 1960 (高金方译, 1963): 用放射性磷(P^{32})测定土壤中可溶性和有效性磷酸盐贮量方法。同位素应用译丛, 1期, 42—44页。
- 蒋柏藩、鲁如坤、顾益初、李阿荣, 1963: 南方水稻土中磷酸铁对水稻磷素营养的意义。土壤学报, 第11卷4期, 361—369页。
- 黎耀辉, 1964: 从不同浸提剂所浸出的磷酸盐形态探讨几种速效磷的测定方法的意义。土壤学报, 第12卷1期, 78—82页。

STUDIES ON THE PHOSPHORUS STATUS OF THE SOILS IN SHANGHAI

Fu Ming-hua and Chen You-song

(Soil and Fertilizer Institute of the Shanghai Academy of Agricultural Science)

Summary

The present paper mainly deals with the phosphorus status of the soils in the suburbs of Shanghai. Two different methods were employed to extract the different forms of phosphorus in the soils. The results obtained showed that inorganic phosphorus comprised about 90% of the total phosphorus, and of the inorganic phosphorus calcium phosphate accounted for more than 50%. 70—80% of calcium phosphate took the forms of rock phosphate.

Moreover, determination of the transformation of phosphorus in paddy soil by ^{32}P labelling method revealed that, after the application of phosphorus fertilizer to the soils, at first, the majority of phosphorus existed in the form of Al-P, then gradually converted to Fe-P, and finally, most of them were transformed into Ca-P.

Through comparative study of extraction of available phosphorus in the soils and through field trials, it proved that Olsen's method is suitable for the soils in Shanghai.

This article puts forward some suggestions on the application of phosphorus fertilizers to the soil in the suburbs of Shanghai.