

江苏省几种主要土壤磷素供应状况 和磷肥效果

史瑞和 邱嘉璋 陈邦本 鲍士旦 秦怀英 孙维伦

(南京农学院, 江苏省农业科学院)

磷肥在我国的施用,不問北方的石灰性土壤或长江流域的土壤,解放前和解放初期所进行的試驗和調查总结,都表明过磷酸鈣的肥效不一致,反应显著的不多。但是,近年各地試驗結果表明,磷肥肥效有逐渐显著的趋势。江苏省的情况也是这样^[1],宜兴、溧阳、高淳、金坛的紅砂土、黃砂土(酸性紅壤)等地区,磷肥对許多作物的增产效果都很显著;苏北里下河地区,在漚改旱过程中,新种旱作的最初两三年,加施过磷酸鈣也有显著的增产作用。其他許多地区磷肥对豆科作物如蚕豆、綠肥等也有显著的增产作用。还有一些試驗結果表明,长在白土(酸性水稻土)上的水稻对过磷酸鈣也有良好的反应。但各地試驗結果,磷肥效果还不够稳定,必須进一步作深入的研究。

磷肥的肥效,一方面决定作物的需要,另一方面,决定于土壤中磷的供应状况。土壤中磷的供应状况,过去常用土壤全磷来表示,現在一般都用土壤速效磷来衡量。土壤中速效磷的測定方法很多,国内各地所采用的方法也很不一致,但对于每种方法的可靠性和适用范围,却缺少材料說明,特别是水稻土磷的供应状况,还缺少可靠的方法来研究,很显然,一种方法适用于某种土壤,不一定适用于另一种土壤,为了确定某种方法的适用范围,必須对試驗因素和土壤因素,詳加分析,并結合田間試驗,才能評定方法的可靠性。

土壤中磷呈各种不同形态存在着,有有机形态的,也有无机形态的。无机形态磷又成各种不同盐类的結合状态。这些不同形态的磷对土壤磷供应所起的作用是不同的,不同土壤中不同形态磷所起的作用又不一样。近年来很多土壤工作者认为土壤中不同形态磷的分析,也就是土壤中磷的分級,更能說明不同土壤磷的供应状况。这种分析資料作为土壤的基本性状来看,是很有价值的。

本試驗是在田間試驗的基础上,从各地試驗站采集不同类型的土壤,进行土壤中不同形态磷的分析和速效磷的測定,以研究本省不同土壤磷素肥力状况,为磷肥的施用,提供資料。

一、試驗方法

(一) 田間試驗

田間試驗分布在专区农科所和县农科所等 15 个点上。作物有三麦、油菜、蚕豆、苕子、紫云英等。磷肥的用量为每亩 20—40 斤过磷酸鈣,作基肥条施在播种行内,十分之一亩小区試驗,重复 3—4 次。

(二) 速效磷的測定

1. Truog 法^[2]: 0.002N H₂SO₄, pH 3.0, 水土比例 200:1, 振蕩半小时。

2. Williams 法^[3]: 2.5% CH₃COOH, pH 2.6, 水土比例 40:1, 振蕩 2 小时。

3. Olsen 法^[4]: 0.5M NaHCO₃, pH 8.5, 水土比例 10:1 (Olsen 原来建議中的水土比例为 20:1), 振蕩半小时。

4. 此外, 作者在 Truog 的稀硫酸液中, 加入每升 0.5 克的 NH₄F, 使在酸性土壤中能包括一部分和 Al、Fe 相結合的速效性磷。NH₄F—0.002N H₂SO₄, 每升溶液中含 (NH₄)₂SO₄ 3.0 克, NH₄F 0.5 克; pH 3.0, 水土比例 200:1, 振蕩半小时。

按上述不同方法提取土壤, 然后吸取一定量的提出液, 用 2, 4-二硝基酚作指示剂, 調節溶液 pH 为 3.0, 加 Truog 法的硫酸鉬試剂, 最后用 SnCl₂ 还原剂显色。

(三) 不同形态磷的分析

全磷的分析, 用过氯酸分解土壤样品, 溶液中磷用鉬蓝比色法測定。

各种形态磷的系統分析系根据 Jackson 等的建議^[5,6], 称取 1.00 克土壤样品, 先用中性 NH₄Cl 溶液淋洗, 以除去 Ca、Mg 等元素, 然后用 0.5N 中性 NH₄F 溶液提取鋁磷酸盐。土壤經食盐溶液洗滌后繼續用 0.1N NaOH 溶液提取鉄磷酸盐。上述处理后的土壤繼續用 0.5N H₂SO₄ 溶液提取鈣磷酸盐, 最后用柠檬酸鈉——Na₂S₂O₄ 溶液提取包裹状态的鉄磷酸盐。

提出液中磷的測定, 一般均用 Truog 法試剂, 但在鉄磷酸盐的測定中, 为了防止鉄的干扰作用, 采用了有机还原剂抗坏血酸。

阴离子交換量的測定則根据 Piper 的“土壤与植物分析”^[7]一书所建議的方法。

二、試驗結果和討論

(一) 田間試驗結果

由于基层机构进行調整, 有一部分試驗站工作未能繼續进行。現將九个試驗点的結果列于表 1 (見下頁)。

从表 1 可以看出, 苏州黃泥土和揚州砂壤土, 磷肥对各种作物均无增产效果; 而高淳黃砂土和盐城白砂土, 磷肥对試驗作物均有显著的增产效果。徐州砂壤土、靖江黃夾沙和如皋砂壤土, 磷肥对三麦无增产效果, 但对豆科作物如蚕豆、綠肥等有显著的增产作用, 根据观察結果, 并能促进根瘤的发育; 淮阴砂壤土上, 磷肥对小麦无增产作用。昆山青泥土磷肥对紫云英有增产作用。

(二) 室內分析結果

1. 从土壤全磷含量和几种不同方法測出的速效磷含量来看, 南京馬干土、揚州砂壤土、江阴白砂土和苏州黃泥土磷的供应状况很好; 高淳黃砂土、溧阳板浆白土、盐城白砂土、昆山青泥土、灌云黃淤土、里下河鴨屎土和邳县老土磷的供应不足, 南通壤粘土、靖江壤粘土、如皋砂壤土、淮阴砂壤土、徐州砂壤土磷的供应状况則介于前两者之間。結合田間試驗結果来看, 實驗室分析結果頗能反映田間实际情况。在第一类土壤上磷肥对各种作物均无增产作用; 而在第二类土壤上, 磷肥对冬季作物均有显著的增产效果; 在第三类的土壤上, 磷肥单独施用对三麦无增产作用, 而对豆科作物如蚕豆、綠肥等則有良好的反映, 不仅提高产量, 而且促进根瘤的发育, 增加氮的固定, 在这类土壤上, 如果磷肥与化学氮肥配

表1 田間試驗結果

土壤类型*	作物种类	作物生长情况			
		株高(厘米)		产量(斤/亩)	
		对照	磷肥区	对照	磷肥区
徐州砂壤土 (石灰性壤质粘土)	小麦	77	80	233	238
	苕子	—	—	4,500	6,375
高淳黄砂土 (酸性粉砂质粘壤土)	小麦	49	77	23	99
	大麦	52	65	49	84
	苕子	31	135	197	3,048
苏州黄泥土 (微酸性粘质水稻土)	小麦	95	100	371	359
	大麦	90	92	373	385
	蚕豆	95	94	91	95
	紫云英	—	—	6,574	6,480
淮阴砂壤土 (石灰性,砂壤土)	小麦	48	45	72	65
扬州砂壤土 (石灰性砂壤土)	油菜	115	112	154	158
	苕子	104	113	5,114	5,104
昆山青泥土 (中性壤粘质水稻土)	小麦	—	—	—	—
	紫云英	84	90	3,405	4,310
盐城白砂土 (石灰性砂壤土)	大麦	67	76	150	184
	蚕豆	40	57	159	249
靖江黄夹沙 (石灰性壤粘质水稻土)	元麦	87	90	252	253
	蚕豆	61	76	143	256
	金花菜	31	42	2,320	4,051
如皋砂壤土 (石灰性砂壤土)	小麦	79	73	200	150
	蚕豆	39	48	229	324

* 一般是羣众性命名,括号内说明土壤性质。

合施用,仍可发挥磷肥对小麦的增产作用。

2. 从几种不同速测方法的比较中, Truog 法 ($0.002N H_2SO_4$) 似乎比较能反映不同土壤的不同磷素肥力状况, Williams 法 (2.5% 醋酸) 虽有相同趋势,但其灵敏度没有 Truog 法高。上述两种方法对水稻土测出的结果均偏低。我们将 Truog 法加以改进,加入 NH_4F , 则测出的结果一般都提高,这样,苏州黄泥土不致被列入缺磷的土壤,这才符合田间实际情况,这个方法对水稻土速效磷的测定,可以作进一步的鉴定。

3. 根据 Olsen 及其他一些土壤工作者的报导,认为 $NaHCO_3$ 提取法比较能适用于较大范围的不同土壤,我们原希望它能适用水稻土中速效磷的测定,但是我们的分析结果,普遍偏低。

4. 从土壤中不同形态磷的分析结果,初步可以看出以下几点:

(1) 用中性 NH_4F 溶液提出的铝磷酸盐,也有人叫它表面磷,是比较活性的一种磷酸盐。磷肥加入到土中后,首先转变成铝磷酸盐的形态,然后根据不同土壤条件转变成其他各种形态的磷酸盐。这种类型的磷酸盐与土壤 pH 似乎没有多大关系,它与土壤中速效

表2 土壤机械组成

土 壤*	粗 砂 2—0.2 毫米 (%)	细 砂 0.2—0.02 (%)	粉 砂 0.02—0.002 (%)	粘 粒 0.002(%)
徐州砂壤土(石灰性壤质粘土)	0.91	31.09	39.60	28.40
新沂黄砂土(中性砂质粘壤土)	7.21	49.79	24.60	18.40
灌云黄淤土(石灰性粘土)	0.38	2.62	21.60	75.40
高淳黄砂土(酸性粉砂质粘壤土)	4.34	22.66	46.60	26.40
苏州黄泥土(微酸性粘质水稻土)	3.74	14.26	34.60	47.40
淮阴砂壤土(石灰性砂壤土)	0.64	73.36	17.60	8.40
南通沙夹黄(石灰性壤质粘土)	1.46	33.34	38.80	26.40
邳县老土(石灰性粘质水稻土)	2.75	43.05	25.80	28.40
邳县砂土(石灰性砂壤土)	25.40	47.40	12.20	15.00
扬州砂壤土(石灰性砂壤土)	3.04	61.56	21.00	14.40
江阴白砂土(石灰性砂壤质水稻土)	1.92	57.88	29.80	10.40
昆山青泥土(中性壤粘质水稻土)	1.01	20.79	33.20	45.00
盐城轻盐渍土(石灰性砂壤土)	2.83	76.69	6.50	14.00
靖江黄夹沙(石灰性壤粘质水稻土)	5.22	44.78	20.00	30.00
溧阳板浆白土(酸性壤粘质水稻土)	1.16	21.84	42.00	35.00
里下河鸭屎土(石灰性壤粘质水稻土)	2.41	25.59	34.00	38.00
如皋砂壤土(石灰性砂壤土)	1.57	58.43	28.00	12.00
南京马干土(中性壤粘质水稻土)	4.50	27.50	31.00	37.00

* 土壤名称,大部是群众命名的名词,其中少数是根据国际制的质地命名的,括号内说明土壤性质。

表3 土壤速效磷测定结果

土 壤 ¹⁾	0.002N H ₂ SO ₄		2.5% 醋酸		0.5M NaHCO ₃		NH ₄ F-0.002 NH ₂ SO ₄	
	表 土 ²⁾	底 土	表 土	底 土	表 土	底 土	表 土	底 土
	(ppm-P)		(ppm-P)		(ppm-P)		(ppm-P)	
徐州砂壤土	42	31	26	18	2.6	2.0	116	62
新沂黄砂土	95	82	27	23	1.7	1.1	87	55
灌云黄淤土	26	22	12	12	1.1	1.1	9	3
高淳黄砂土	19	15	3	3	1.0	1.0	12	7
苏州黄泥土	24	24	2	2	2.6	1.7	146	87
淮阴砂壤土	52	30	8	6	1.0	0.9	74	48
南通沙夹黄	21	19	3	3	1.7	1.7	67	38
邳县老土	24	24	3	3	1.1	1.1	34	29
邳县砂土	64	—	7	—	1.7	—	78	—
扬州砂壤土	345	295	61	57	1.7	1.4	318	226
江阴白砂土	126	111	21	20	3.0	2.8	136	110
昆山青泥土	22	24	3	3	1.2	1.0	36	—
盐城轻盐渍土	26	26	5	5	1.2	1.2	34	25
靖江黄夹沙	26	26	3	3	1.1	0.8	48	27
溧阳板浆白土	21	18	3	3	0.8	0.8	19	13
里下河鸭屎土	—	—	3	3	0.9	0.8	61	41
如皋砂壤土	—	—	22	16	1.1	1.1	52	47
南京马干土	—	—	—	—	—	—	316	310

1) 土壤性质见表2。

2) 表土0—15厘米,底土15—30厘米。

表 4 土壤不同类型磷的分析结果

土 壤*	pH	CaCO ₃ (%)	铝磷酸盐		铁磷酸盐		钙磷酸盐		包裹态铁磷酸盐		全磷量 (表土) P ₂ O ₅ (%)	阴离子交换量 (毫当量/ 100克)
			表土 0—15 厘米 (ppm-P)	底土 15—30 厘米 (ppm-P)	表土 0—15 厘米 (ppm-P)	底土 15—30 厘米 (ppm-P)	表土 0—15 厘米 (ppm-P)	底土 15—30 厘米 (ppm-P)	表土 0—15 厘米 (ppm-P)	底土 15—30 厘米 (ppm-P)		
徐州砂壤土	7.75	11.40	48.8	40.8	0	0	604	600	78.0	74.8	0.176	—
新沂黄砂土	7.18	0.90	40.8	28.8	33.8	33.1	227	202	54.0	—	0.113	0.31
灌云黄淤土	8.04	16.40	29.4	23.8	0	0	315	300	80.0	85.0	0.136	0.014
高淳黄砂土	5.42	0	0	0	8.12	13.5	7	7	26.0	31.0	0.04	0.49
苏州黄泥土	6.58	0	32.5	23.1	13.8	90.5	159	145	79.0	79.0	0.155	0.53
淮阴砂壤土	8.16	8.15	29.9	19.3	0	0	593	585	49.8	42.5	0.155	0.15
南通沙夹黄	7.78	7.70	12.2	11.9	8.43	6.78	479	470	10.3	12.2	0.167	0.43
邳县老土	7.98	6.35	12.5	10.6	2.18	1.50	338	338	69.0	74.0	0.130	0.52
扬州砂壤土	8.16	2.00	99.4	73.5	25.5	21.2	716	647	45.0	46.0	0.243	0.17
江阴白砂土	7.57	2.40	52.8	52.6	27.0	25.1	548	540	37.0	33.5	0.195	0.16
昆山青泥土	7.05	0	8.75	6.87	30.6	27.1	140	124	70.0	88.8	0.115	0.60
盐城白砂土	8.05	9.00	7.50	6.68	0	0	470	440	54.0	52.0	0.144	0.13
靖江黄夹沙	7.97	6.90	4.81	2.50	7.62	2.50	432	410	65.0	92.5	0.148	0.21
溧阳板浆白土	5.25	0	0	0	16.7	15.4	20	16	26.0	35.0	0.048	0.65
里下河鸭屎土	7.72	2.15	7.99	4.87	16.0	10.3	200	222	25.5	23.5	0.100	0.68
如皋砂壤土	7.80	2.40	20.1	12.9	5.49	—	488	473	40.0	53.5	0.158	0.12
南京马干土	—	—	100	—	26.5	—	187	—	70.0	—	0.201	0.45

* 土壤名称见表 2 注。

磷含量有很高的相关性。

(2) 土壤中鉄磷酸盐与土壤 pH 和石灰含量有密切的关系。含石灰高的土壤如灌云黄淤土、徐州砂壤土、淮阴砂壤土、盐城白砂土,根本测不出这种类型的磷。另外,它与土壤水分状况也有重要的关系,一般水稻土中这种形态的磷有增加的趋势。

表 5 水稻土速效磷测定结果

土 壤*	0.002N H ₂ SO ₄		NH ₄ F—0.002N H ₂ SO ₄	
	表土 0—15 厘米 ppm-P	底土 15—30 厘米 ppm-P	表土 0—15 厘米 ppm-P	底土 15—30 厘米 ppm-P
苏州黄泥土	24	24	146	87
昆山青泥土	22	24	36	—
邳县老土	24	24	34	29
溧阳板浆白土	21	18	19	13
里下河鸭屎土	—	—	61	41

* 土壤名称见表 2 注。

(3) 土壤中钙磷酸盐与石灰含量和土壤质地有密切关系,钙磷酸盐主要分布于较粗的土粒中,由于我们分析的土壤多数是轻质地的,这就反映了钙磷酸盐与土壤全磷含量有很大的相关性。

(4) 土壤阴离子交换量与土壤质地和鉄磷酸盐有一定的相关性,它对土壤磷素供应能力的作用,需要作进一步的研究。

(5) 包裹态鉄磷酸盐也叫还原态可溶性鉄磷酸盐,似乎与土壤粘粒含量有一定的关系,也反映一定的水分状况,它在水稻土中的作用需要作进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 沈粹培等：对江苏省施用磷肥的意见。中国农业科学，1961年，第八期，28页。
- [2] Truog, E.: 1930. The determination of the readily available phosphorus of soils. *J. Am. Soc. Agron.*, 23: 874—882.
- [3] Williams, E. G. and Stewart, A. B.: 1943. Studies on phosphate fixation in Scottish soils. *I. J. Agr. Sci.*, 33: 179.
- [4] Olsen, S. R.: Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *U. S. Dept. Agr. Circ.*, 934.
- [5] Chang, S. C. and Jackson, M. L.: 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, 84: 133—144.
- [6] Jackson, M. L.: 1958. Soil phosphorus fractions in some representative soils. *J. Soil Sci.*, 9: 109—119.
- [7] Piper, C. S.: 1950. Soil and plant analysis. pp. 190—196.

**ON THE STATUS OF SOIL PHOSPHORUS AND THE RESPONSE
OF APPLIED PHOSPHATIC FERTILIZERS TO CROPS OF
SOME IMPORTANT SOIL TYPES,
KIANGSU PROVINCE**

SHIK SHUI-HO ET AL.

(Nanking Agricultural Collage; Kiangsu Branch, Agricultural Academy of China)

(SUMMARY)

According to the results obtained from field experiments laid on phosphatic fertilizer and from the fractionation of soil phosphorus, the writers classified the important soil types of Kiangsu Province into three groups:

(1) Soils rich in phosphatic nutrients gave no response to superphosphate by all crops. Soils of this type include neutral grey-brown loamy clay derived from Hsiashu loam of Nanking district, calcareous sandy loam derived from alluvial deposits of lower Yangtze plain and neutral clayly paddy soil from lacustrine deposits of Su-Chou district.

(2) Soils deficient in phosphatic nutrients include yellowish-red earth (pH 5—5.5, silty clay loam) on the upland of Southwestern Kiangsu and acid paddy soils of the same area. Calcareous paddy soils developed from the bogged soils of Li-Shia-Ho district are also of phosphorus deficiency.

(3) Large areas of calcareous soils (pH 7.2—8.0) of Northern Kiangsu plain are more or less mixed with loessial ingredients. These soils gave no response to superphosphate by small grain crops but effect of phosphatic fertilizer was usually significant in legume crops.