

只有在苗期有所反映。我们曾在麦苗生长期观察不同处理土壤对麦苗生长影响。在同样浇水量下,对照由于土壤结构性不良,蒸发散失水分多,麦苗首先发生凋萎。分蘖期时,麦苗分蘖数有明显的差异,在重粘土中,对照每盆分蘖数只有3.0个,而水解聚丙烯腈和聚乙烯醇各处理分别平均为9.0个和11.5个。而轻壤土中则分别为2.5、6.8和8.5个。从各季旱作物产量看,施用0.05~0.1%聚合物者有一定增产趋势。直至第四茬作物产量仍有所反映。但由于环境条件不易控制,及试验重复不够等因素,致使产量差异不显著。以头茬黄豆为例,仅轻壤土上0.1%水解聚丙烯腈处理者比对照显著增产(增产15.3%,达5%显著水平)。

三 小 结

两种聚合物在改善粘质和轻质土壤结构特性中,均具有良好的功效。其中水稳性团聚体增加的数量轻壤土显著高于重粘土,而水解聚丙烯腈处理的高于聚乙烯醇。聚合物在重粘土中明显地增加了通气孔隙的数量。在轻壤土中,水解聚丙烯腈处理可增加土壤持水量。

在考察聚合物作用持效性时,从提高土壤抗御水蚀(防止水土流失)能力看,施用0.1%聚合物后,重粘土中增加的水稳性团聚体数量约可维持17个月,而在轻壤土则更长。而从防止土壤订板沉实、减少耕犁阻力、创造良好的根系生长环境来看,施用聚合物后获得的良好土壤物理特性,二种土壤上均能维持三年左右。

对照土壤在盆栽条件下水稳性团聚体增加,并没有改善土壤孔隙和松紧状况,可见这类团聚体的农学质量是较差的。因此对聚合物的改土作用和持效性,应根据不同改土目的,运用多项指标进行综合评价。

参考文献

- [1] 朱永绥:水解聚丙烯腈对土壤物理性质及小麦产量影响。土壤学报, 13(1):92—94, 1965。
- [2] 袁朝良:聚乙烯醇改良砂板土的效果。土壤, 第5期, 216~219页, 1974。
- [3] 徐富安、林长英、臧惠林:水解聚丙烯腈的改土和增产作用。土壤, 第1期, 34—40页, 1975。

我国45个磷矿直接施用的肥效鉴定*

时正元 朱荫湄 顾益初

(中国科学院南京土壤研究所)

近年来磷矿粉的直接施用又重新引起了人们的巨大注意[1]。联合国也于1978年第一次把直接施用的磷矿粉列入磷肥的统计中[2]。

我国对磷矿粉直接施用问题,早已进行了大量而系统的研究[3—6]。它在我国的重要意义是大家都知道的。这不仅仅因为我国有大量的中低品位磷矿,而且有大面积适于施用磷矿粉的酸性土壤。除那些适于选矿的磷矿外,一些并不完全适于选矿的中低品位磷块岩矿,直接施用是合理利用的主要途径。但是我国磷矿粉的推广与其应有的规模相比,是相当不够的,这涉及到一系列的政策和各个环节的问题。

生产实践证明,并不是任何磷矿都能有效地直接施用。如果磷矿选择不当,即使其他条件都具备,磷矿粉也是不能得到良好增产效果的。因此,本研究的目的是对全国主要磷矿直接施用的适用性作一个统一评

价,这样就有可能使磷矿粉的直接施用得到较好的效果;另外,对磷矿鉴定的化学方法以及肥效高低的原因也作一些探讨。

一、磷矿肥效的统一鉴定及其评价

所谓统一鉴定,就是在同一条件下,使用比较合适的土壤和作物,对磷矿粉增产效果与等磷量化学磷肥的比较。为了达到这种要求,进行了温室盆栽试验。试验选用了广泛分布在浙赣丘陵地区由第四纪红色粘土发育的红壤荒地(pH4.5),并以吸收磷能力强的荞麦

* 本工作在鲁如坤、蒋柏藩同志领导下进行,段平福、史陶钧同志参加部分工作。各磷矿标本的搜集承前燃化部及有关磷矿大力支持;磷矿的X-衍射线鉴定和电子显微镜观察,分别由本所物化研究室、实验技术室协助进行;并此致谢。

表1

我国45个磷矿的相对肥效(荞麦,盆栽试验)

磷矿编号	磷矿类型	荞麦植株干重		荞麦吸收磷量		植株含磷量	对钙磷肥产量的增产效率
		克/盆	%	P ₂ O ₅ 毫克/盆	%	(P ₂ O ₅ %)	(%)
28	变质磷块岩	1.47	28.1	8.5	13.5	0.58	9.6
11	磷灰岩	1.66	31.7	12.5	19.9	0.75	14.1
15	变质磷块岩	2.12	40.5	13.8	21.9	0.65	25.2
17	磷块岩	3.16	60.3	22.1	35.1	0.70	50.1
56	"	3.22	61.5	24.5	39.0	0.76	51.6
1	变质磷块岩	3.71	70.8	29.7	47.2	0.80	63.3
7	"	1.75	33.4	13.0	20.7	0.74	16.3
38	"	1.91	36.7	12.8	20.3	0.67	20.1
70	"	1.74	33.2	8.2	13.0	0.47	16.1
79	"	1.26	24.0	6.8	10.8	0.54	4.6
80	"	1.88	35.9	13.2	21.0	0.70	19.4
37	磷块岩	3.17	60.5	20.9	33.2	0.66	50.4
54	"	2.59	49.4	16.8	26.7	0.65	36.5
58	"	3.53	67.4	25.1	39.9	0.71	59.0
73	"	2.81	53.6	16.0	25.4	0.57	41.7
9	"	2.56	48.9	20.0	31.8	0.78	35.7
5	变质磷块岩	1.69	32.3	11.7	18.6	0.69	14.9
13	"	1.52	29.0	9.4	14.9	0.62	10.8
21	磷块岩	2.93	55.9	21.4	34.0	0.73	44.6
26	"	3.76	71.8	26.7	42.4	0.71	64.5
35	变质磷块岩	2.69	51.3	19.4	30.8	0.72	38.8
46	"	2.01	38.4	12.9	20.5	0.64	22.5
50	磷块岩	3.86	73.7	25.1	39.9	0.65	66.9
32	"	2.89	55.2	18.8	29.9	0.65	43.6
33	"	2.76	52.7	17.4	27.7	0.63	40.5
51	"	2.50	47.7	16.8	26.7	0.67	34.3
60	"	3.08	58.8	22.2	35.3	0.72	48.2
63	"	3.51	67.0	24.9	39.6	0.71	58.5
64	"	2.13	40.6	10.9	17.3	0.51	25.4
65	"	4.23	80.7	27.5	43.7	0.65	75.8
78	"	2.75	52.5	19.8	31.5	0.72	40.3
19	"	3.90	74.4	29.3	46.6	0.75	67.9
40	"	2.76	52.7	20.7	32.9	0.75	40.5
41	"	3.93	75.0	30.3	48.2	0.77	68.6
77	"	4.08	77.9	31.0	49.3	0.69	72.2
30	"	3.24	61.8	24.6	39.1	0.76	52.0
2	"	4.00	76.3	29.6	47.1	0.74	70.3
3	"	3.30	63.0	30.4	48.3	0.92	53.5
4	"	3.60	68.7	33.5	53.3	0.93	60.7
23	"	3.71	70.8	25.2	40.1	0.68	63.3
47	"	3.73	71.2	27.2	43.2	0.73	63.8
81	溶洞型	4.09	78.1	27.3	43.2	1.40	72.4
75	磷块岩	3.45	65.8	24.2	38.5	0.70	57.1
43	"	4.13	78.8	28.1	44.7	0.68	73.4
44	"	2.78	53.1	17.8	28.3	0.64	41.0
	钙磷肥	5.24	100	62.9	100	1.20	100
	不施磷	1.07	—	3.5	—	0.33	—

作为指示作物。磷矿粉肥效的高低用增产效率表示，按下式计算：

$$\text{增产效率}(\%) = \frac{\text{施磷矿粉的产量} - \text{不施磷的产量}}{\text{施钙镁磷肥的产量} - \text{不施磷的产量}} \times 100$$

表 1 是根据上式计算的各个磷矿直接施用的增产效率。

为了清楚起见，把 45 个磷矿按增产效率的高低顺序排列于图 1，并分为三类：

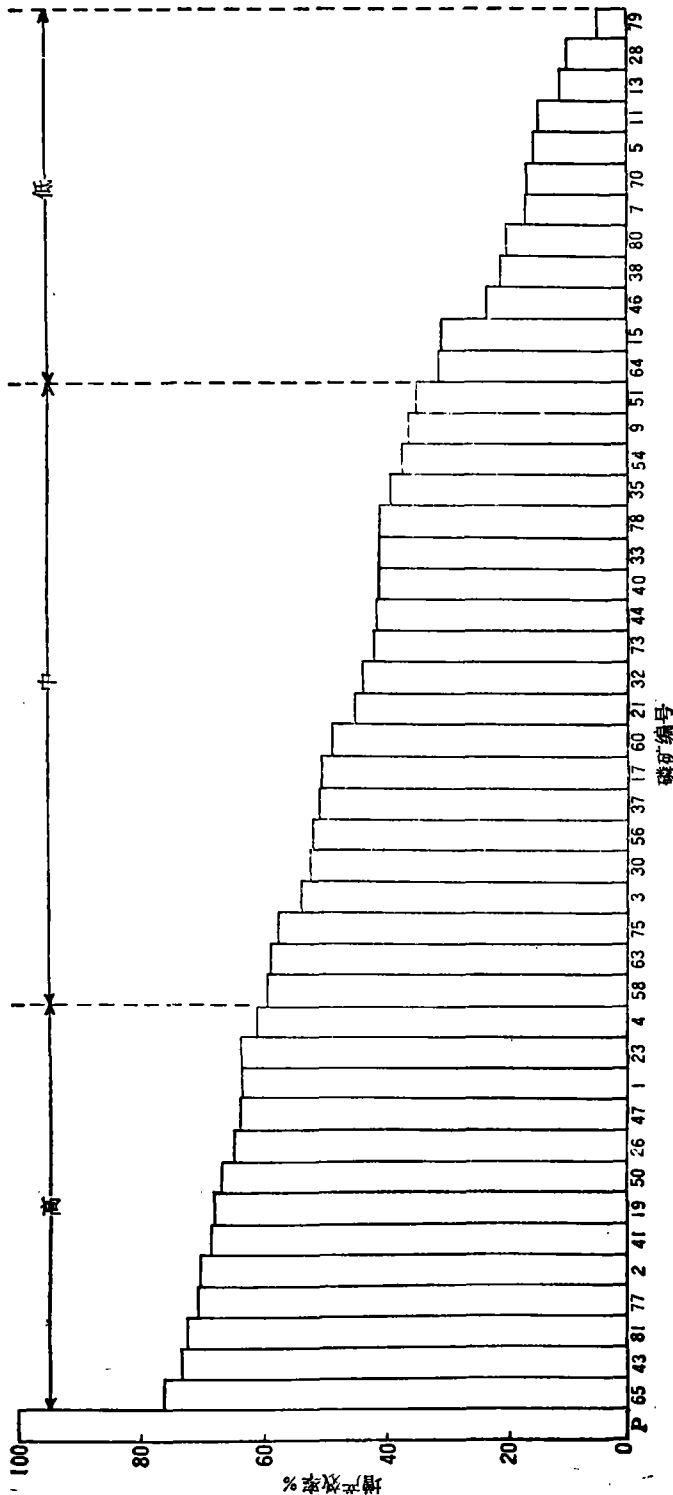


图 1 我国 45 个磷矿的肥效比较 (磷矿编号同表 1, P 为钙镁磷肥)

1. 高效磷矿 凡增产效率 60% 以上的磷矿列入这一类(共 13 个矿)。一般说来，在生产磷矿粉时，这类矿应该优先选用。但有几个问题必须注意：(1) 如与化学磷肥的原料有矛盾时，应该首先满足化学磷肥原料的需要。(2) 在本类中有两种矿应该是直接施用较理想的磷矿，即溶洞型磷矿和品位较低但增产效率高的磷矿，如 81 号、65 号等矿。这两种磷矿一般不会产生与化学磷肥争原料的问题，因为或者是品位低，或者是贮量小而分散，但肥效却好。(3) 在试验中发现，同一矿区，不同矿体，在肥效上相差甚大。例如，63 号、64 号、65 号三个矿在肥效上分别属于高、中、低。显然这三种矿体的利用途径也应有所不同，比如 65 号，肥效高但品位低，应以直接施用为主；63 号，品位较高，肥效中等，应以作化学磷肥原料为主；64 号，肥效低，品位也低，它是硫磷铝锑矿，应以综合利用为主。

2. 中效磷矿 凡增产效率在 30—60% 的磷矿列入这一类(共 20 个矿)。这类矿中品位较高的应尽可能用于生产化学磷肥。在作磷矿粉直接施用时，一个重要原则是应该就近施用，并选择土壤及作物条件都较好的情况下施用。因此，那些分布在中性特别是石灰性土壤地区的磷矿，如 17 号，21 号，43 号等矿不宜作磷矿粉，而应该考虑通过选矿后作化学磷肥原料。

3. 低效磷矿 这类磷矿的增产效率都在 30% 以下(共 12 个矿)。因而在一般情况下，不适于直接施用。这类矿大多数是变质磷块岩，因而易于选矿。所以，即使有的矿品位较低，也仍应以选矿后作化学磷肥为主。

二、磷矿直接施用的经济效益

任何技术措施必须考虑经济效益，因此磷矿粉的施用必须在经济上有益才合理。为了估计经济效益，决定在什么情

况下可以选用磷矿粉，什么情况下不应选用，拟提出下列公式：

$$\frac{R_p \times P_{ca}}{Ca_m \times P_R} - E = 0 \dots\dots\dots (1)$$

- R_p ——磷矿粉价格(元/斤)
- P_{ca} ——钙镁磷肥品位(P_2O_5)
- Ca_m ——钙镁磷肥价格(元/斤)
- P_R ——磷矿粉品位(P_2O_5)
- E ——磷矿粉的增产效率

当(1)式为负数或为0时,应选用磷矿粉;为正数时,应选用化学磷肥。

下面举几个例子说明(1)式的应用:

1. 某个磷矿粉含 P_2O_5 25%，价格为0.05元/斤，增产效率为55%，而钙镁磷肥(含 P_2O_5 20%)价格为0.08元/斤。在这种情况下从经济效益考虑,应使用磷矿粉还是使用钙镁磷肥?

将上述数据代入(1)式

$$\frac{0.05 \times 0.20}{0.08 \times 0.25} - 0.55 = -0.05$$

结果为负,故应选磷矿粉。

2. 试问在什么条件下应选用中效磷矿?

从价格看,令 $R_p = x$ 代入(1)式

设其他条件同例1,而中效磷矿的增产效率设为40%。

$$x = E \times \frac{Ca_m \times P_R}{P_{ca}}$$

$$x = 0.40 \times \frac{0.08 \times 0.25}{0.20}$$

$$x = 0.04 \text{ (元/斤)}$$

即只有当中效磷矿的价格等于或低于0.04元/斤,才能选用该磷矿粉。

再从品位看,令 $P_R = x$ 代入(1)式

设其他条件同上。

$$x = \frac{R_p \times P_{ca}}{Ca_m \times E}$$

$$x = \frac{0.04 \times 0.20}{0.08 \times 0.40}$$

$$x = 25\%$$

即只有当该磷矿的品位不低于25%(P_2O_5)时可采用。

在上述估算中,磷矿粉的价格和品位都偏高,并且实际施用量比化学磷肥要高,所以该公式只能作为参考。

三、磷矿性质与肥效的关系

因为生物试验(无论是盆栽试验或大田试验)都是

很费时间的,所以人们曾进行了大量工作来研究磷矿性质与肥效的关系,探索磷矿可以直接施用的理论基础,并找一个鉴定肥效的简易方法。

除分析了45个磷矿的基本性质(表2)外,肥效鉴定还在两个方面进行了研究:一是磷矿的结晶情况,二是磷矿肥效的化学指标。已有的研究表明〔6〕,磷矿直接施用的肥效高低与X-衍射线鉴定的磷矿类型及其结晶情况有一定的相关。虽然这种方法对于某些性质差别很大的磷矿可以说明一定问题(表3),但从大量的结果看是不够理想的。图2是三种不同肥效磷矿在电子显微镜下看到的结晶情况。例如,高效磷矿(77号,贵州开阳矿)电子显微镜放大到一万倍时仍呈多孔的泡沫疏松体,结晶形状不够明显,单体一般都小于0.5微米(图2a),说明这类矿结晶很差或者极小。而低效磷矿(70号,江苏锦屏矿),在一千倍电子显微镜的照片中,就可以清楚地看到晶体的清晰棱角,单体在3—10微米(图2b),说明低效磷矿结晶良好,晶形巨大。中效磷矿(21号,湖北荆襄矿)晶体有一定形状,单体大小大致介于前两者之间(图2c)。

从以上三种典型样品的观察,可以清楚地看到不同肥效的磷矿在结晶情况上有明显的差异。但是,这种方法也难达到定量的程度,而且也发现个别矿(如43号矿)肥效好,结晶也很好,其原因还有待于进一步研究。国外近来应用X-衍射仪测定晶胞参数来判断磷灰石中 PO_4 被 CO_2 同晶置换的程度,进而判断肥效。

应用化学提取法鉴定磷矿直接施用的肥效,也是一个有效途径。2%柠檬酸溶液提取有效磷量的测定结果表明,除 CO_2 含量大于7%的样品以外,磷矿的有效磷量和增产效率有很高的相关性(图3)。如果把含 CO_2 高的样品包括进去,就可发现相关系数显著降低。其原因可能是由于所含碳酸盐中和了一部分柠檬酸,以致测定结果偏低。例如,肥效很高的65号矿,有效磷含量只有0.71%,而 CO_2 含量却高达14.8%。因此,改善这种情况的办法,必须去除 CO_2 的干扰。这方面值得进一步工作,但是作为磷矿直接施用肥效的参考指标,则2%柠檬酸法对多数磷矿仍是适用的。

四、结 语

从目前我国化肥生产情况看,氮肥与磷肥的比例不够协调,因此大力加速发展磷肥工业,多品种、多途径地为农业生产提供大量合适的磷肥,很有必要。根据我国的磷矿资源情况和土壤条件,在发展高效复合磷肥的同时,生产、推广一部分磷矿粉作为磷肥直接施用,对合理利用我国的磷矿资源并为农业生产提供更多的磷素养分,是具有重要意义的。

本文根据我国主要的45个磷矿的肥效鉴定,提出

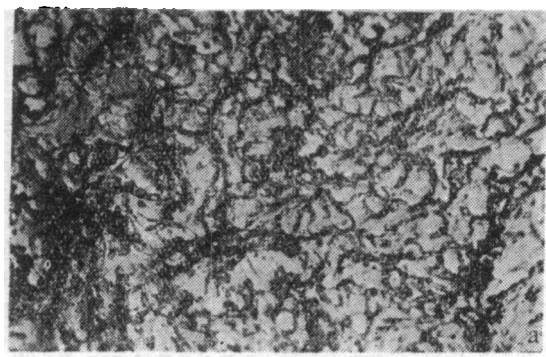
表2

我国45个磷矿的基本性质

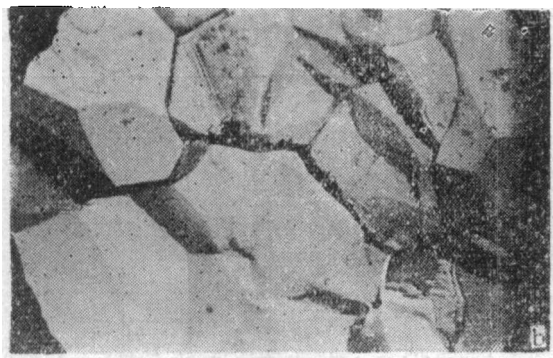
磷矿号	磷矿类型	全磷量 (P_2O_5 , %)	有效磷量* (P_2O_5 , %)	有效磷占全磷 (转化率, %)	二氧化碳量 (CO_2 , %)	主要物相分析(X-衍射线鉴定)**
79	变质磷块岩	25.1	0.22	0.9	13.3	中量石英, 中量方解石、白云石
44	磷块岩	21.0	0.27	1.3	11.6	少量石英、方解石
70	变质磷块岩	10.5	0.46	4.4	26.7	中量石英、方解石, 极大量白云石
65	磷块岩	14.4	0.71	4.9	14.8	中量石英、方解石, 少量白云石, 结晶差
37	"	22.0	1.44	6.5	10.5	少量石英、方解石、白云石
32	"	21.3	1.50	7.0	17.4	极少量石英, 少量方解石, 中量白云石
13	变质磷块岩	30.4	2.27	7.5	0.52	极少量方解石
73	磷块岩	11.3	0.87	7.7	16.5	
33	"	17.3	1.40	8.1	22.4	极少量石英, 中量白云石
26	"	19.6	1.65	8.7	21.2	极少量石英、方解石, 极大量白云石
54	"	30.0	2.64	8.8	4.42	极少量石英、方解石
58	"	23.6	2.23	9.4	7.09	少量石英, 中量白云石、方解石
7	变质磷块岩	30.4	3.07	10.1	0.11	少量石英
80	"	24.2	2.68	11.1	8.60	中量石英、方解石、白云石
35	"	26.2	3.00	11.3	0.22	少量石英
60	磷块岩	29.0	3.50	12.1	3.18	极少量石英、锶, 少量白云石
63	"	32.3	3.90	12.1	1.55	极少量方解石, 更少量石英、锶
46	变质磷块岩	20.0	2.43	12.2	0.35	中量石英
43	磷块岩	28.9	3.53	12.2	3.40	少量石英、方解石
50	"	32.7	4.10	12.5	4.39	极少量石英、白云石、方解石
38	变质磷块岩	25.3	3.17	12.5	0.03	中量石英, 无白云石、方解石
78	磷块岩	32.3	4.28	13.3	0.53	极少量方解石、锶
64	"	12.9	1.95	15.1	0.17	$SrAl_3(SO_4)(PO_4)(OH)_6$ 为主
30	"	34.3	5.32	15.5	0.26	少量石英, 极少量锶
21	"	25.5	3.94	15.5	3.20	少量石英、方解石、白云石
17	"	32.4	5.20	16.0	0.38	杂质少, 结晶好, 少量石英
5	变质磷块岩	10.2	1.68	16.5	0.19	大量石英
56	磷块岩	31.0	5.28	17.0	1.21	少量石英
15	变质磷块岩	12.3	2.18	17.7	0.23	大量石英
28	"	4.89	0.87	17.8	0.12	少量石英、白云石, 杂质多, 磷很少
77	磷块岩	35.9	6.60	18.4	1.91	极少量石英、白云石、很纯
51	"	19.8	3.99	20.2	0.54	极少量方解石
47	"	26.2	5.28	20.2	1.00	中量石英, 少量锶
40	"	25.5	5.16	20.2	0.43	中量石英, 无白云石、方解石
41	"	34.3	7.43	21.7	4.01	少量石英、白云石
23	"	29.0	6.35	21.9	1.74	中量石英
75	"	25.5	5.74	22.5	0.40	少量石英
9	"	19.0	4.32	22.7	0.71	中量石英
1	"	21.5	4.99	23.2	2.80	中量石英, 极少量白云石、方解石
19	"	26.8	6.30	23.5	0.48	中量石英
4	"	26.8	6.78	25.3	2.82	少量石英
3	"	26.8	7.08	26.4	2.41	少量石英
11	磷灰岩	4.20	1.15	27.4	0.12	极大量石英
2	磷块岩	14.7	5.60	38.1	1.25	大量石英
81	溶洞型	23.2	18.7	80.6	9.33	少量方解石

* 用2%柠檬酸溶液提取。

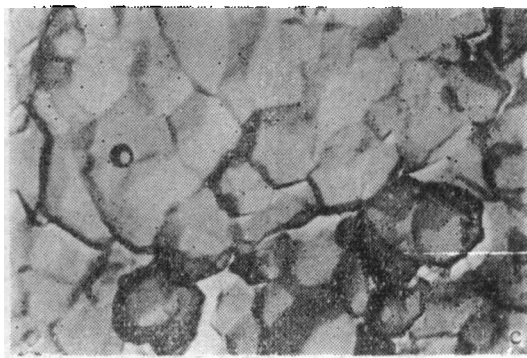
** 许冀泉同志鉴定。



a 77号, 贵州开阳矿 ($\times 10000$)



b 70号, 江苏锦屏矿 ($\times 1000$)



c 21号, 湖北荆襄矿 ($\times 10000$)

图2 不同肥效的磷矿结晶情况

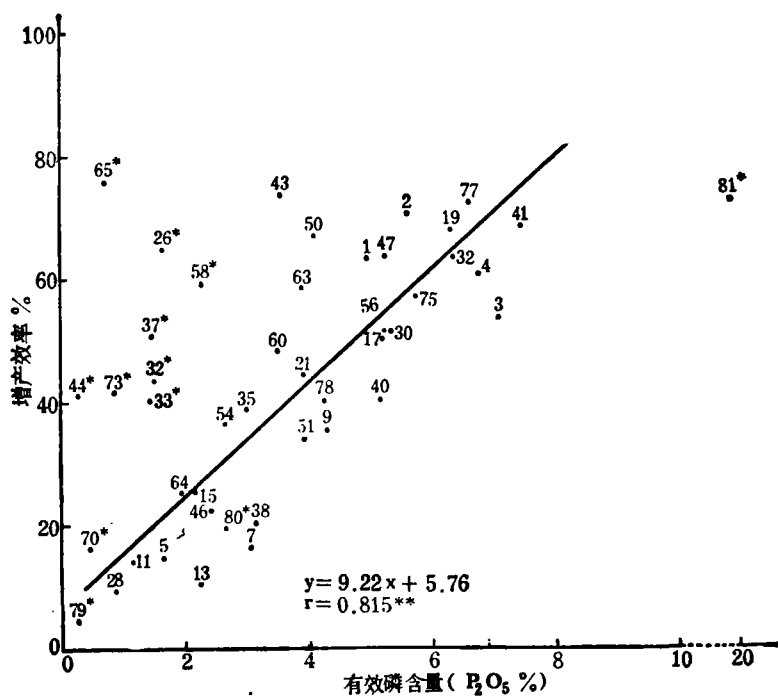


图3 我国45个磷矿的有效磷量与增产效率的关系
 (磷矿编号同表1。有*者为 $CO_2 > 7\%$, 未统计在内。)

了不同性质的磷矿的合理利用的可能和途径,并且从理论上和经济效益方面进行了有关问题的讨论。

表3 磷矿的X-衍射线主峰(2,799)参数与相对肥效的关系

磷矿编号	磷矿类型	X-衍射线(主峰)			生物试验的增产效率(%)
		宽度(毫米)	高度(毫米)	宽度高度	
79	变质磷块岩	3.7	48.6	0.076	4.6
21	磷块岩	5.0	34.0	0.15	44.6
77	磷块岩	6.7	24.5	0.27	72.2

参考文献

- [1] Khasawneh, F. E. and Doll, E. C., *Advances in Agron.*, 30:159—204, 1978.
- [2] 联合国粮食及农业组织, 1978肥料年鉴, 罗马, 1979.
- [3] 李庆远、何金海、胡祖光, 海州磷灰石肥效试验的初步报告。土壤学报, 第2卷1期, 37—42页, 1952.
- [4] 李庆远、何金海、鲁如坤、胡祖光, 磷灰石肥效试验第二次报告。土壤学报, 第2卷3期, 167—177页, 1953.
- [5] 李庆远、胡祖光, 甘家山试验场对于磷灰石肥效试验第三次报告。土壤学报, 第4卷1期, 43—50页, 1956.
- [6] 李庆远, 磷矿粉肥效问题的理论基础。科学通报, 第2期, 49—57页, 1966.

太湖地区土壤磷素含量图及其说明*

李锁宝 鲁如坤 蒋柏藩

(中国科学院南京土壤研究所)

太湖地区位于长江三角洲的南部,西起莫干山、茅山,南临钱塘江,北至长江,东达东海。包括江、浙、沪太湖周围的三十一个县。面积约三万多平方公里,其中低山丘陵、水面各占20%,平原圩田约占60%。该地区土壤磷素状况过去系统研究不多,一般认为磷肥在该地区肥效不大。但随着生产的发展,氮、磷不平衡的问题愈来愈明显起来,缺磷面积不断扩大。为此,我们采集了太湖地区的不同类型土壤耕层标本(0—15厘米)180个,进行全磷、有机磷和有效磷的分析,并据此绘制了“太湖地区土壤有效磷含量示意图”和“太湖地区土壤全磷、有机磷含量示意图”,其目的是对该地区土壤磷素基本状况有个概括的了解,并为物资部门和生产部门在磷肥分配和合理施用方面提供参考。

一、土壤全磷(P)含量

土壤全磷是用通过100目的土样,采用酸溶消煮法测定[1]。本区土壤全磷量一般变幅在0.035—0.070%范围内,侧渗水稻土是本区全磷含量最低的土壤,一般都在0.04%以下,甚至低到0.02%。全磷最高的土壤是漏水型水稻土,一般含量在0.07%左右。按土壤类型分①,土壤全磷含量有如下次序:漏水水稻土>爽水水稻土>囊水水稻土>滞水水稻土>侧渗水稻土(表1)。

土壤全磷含量明显受到母质等重大影响,例如,漏

水水稻土全磷量之所以高,是由于其母质为含磷较高且风化微弱的海积物和江河冲积物。而板浆白土可能是由于地形和水分状况而导致全磷含量很低。

土壤全磷含量和土壤供磷能力并无直线相关,因此,在制图时,土壤全磷的分级并无一个通用的分级界限。但考虑到土壤全磷低到一定水平后,磷素即感缺乏,这一界限大概是在0.035%,所以我们把最低一级定在<0.035%,其余各级则主要根据本地区土壤全磷含量的范围而定。

二、土壤有效磷(P)

我们用20目的土样按Olsen法测定,浸提温度为 $25 \pm 1^\circ\text{C}$,这一方法在我国应用较广,且与作物产量有较好相关。图中所有的分级是参考生产上对磷肥的反应和过去的资料[2—5]而制定的。其不同有效磷

* 本图是以我所徐瑛等同志编制的百万分之一土壤图为基础编制的,由绘图室李宝琴、谢佩珠两同志清绘。上海农科院土肥所、嘉兴地区农科所、吴县农科所、本所水稻土生态研究组、钾组、周正度和朱荫溥同志提供了部分标本或数据。有关县市农业局在采集标本过程中给予了大力支持。在此一并致谢。

① 徐瑛等:太湖地区水稻土的发生分类。太湖地区水稻土肥力研究论文集(摘要), 9—13页, 1979年。