

应用放射性磷矿粉进行土壤性质对植物 吸收磷素的影响的研究*

李庆逵 曹翠玉 戎捷

(中国科学院土壤研究所)

用 P^{32} 标记的磷肥已在磷素营养的研究中得到广泛的应用,并且已经有了不少的综合性总结^[1,2,3]。但是,应用放射性磷矿粉来研究其肥效的报告,则还极为有限。1949年 Fried 和 Makenzie^[4] 曾用 Florida 磷矿粉在缺磷的湿草原土上对苕子和苜蓿进行了试验,放射性磷是用中子原来辐照的。在以后的许多磷矿粉肥效的试验中,都没有直接应用放射性磷矿粉。我们曾怀疑辐照后的磷矿粉在晶体构造上是否有所变化,或者除磷以外的其他嬗变产物是否会影响到以后的放射性测定。本试验中所用的放射性磷矿粉,是通过反应堆来制备的。根据制品的晶体检定以及放射性元素的化学分析和生物试验,说明这种人工嬗变产物可以作为一个有效的工具,来标记磷矿粉,进行肥料试验。

关于磷矿粉在不同性质土壤上的肥效问题,苏联、美国和西欧都曾做过大量工作,并且各就本国的土壤条件和农业情况进行了综述。解放以后,我国开始了磷矿粉肥效的系统研究,主要工作是在红壤区进行的^[5,6]。1962—1964年间,我们曾就红壤、黄褐土(小粉土)、浅色草甸土和黑土等的物理化学性质及其与磷矿粉肥效的关系进行了比较^[7]。但是这些工作只能说明土壤性质(包括磷素形态和土壤物理化学性质)与作物产量的关系,并没有阐明作物在不同土壤条件下对磷矿粉的吸收性能。因为幼苗试验和大田试验都证明,即使在磷肥对作物没有增产作用时,也并不一定说明作物不吸收磷肥^[2,8]。这篇报告通过放射性磷矿粉的应用,就土壤性质、作物产量以及作物对磷矿粉吸收之间的关系做了分析。试验也应用了放射性过磷酸钙,来研究当磷矿粉与过磷酸钙混合施用,作物对难溶性磷、可溶性磷与土壤磷素的选择吸收。

在苏联的一些报告中,常常提到磷矿粉和有机肥料混合施用的好处,并强调难溶性磷转化过程中的生物作用。Аскинази^[9] 在1958年曾在这方面进行了总结。关于磷矿粉和有机肥混合效应的研究,在美国于1916年前后即已开始,但是试验结果及其论断是很不一致的。Seatz 等在1959年曾就这些文献加以简要的总结^[10]。在我们的试验中,也应用放射性磷矿粉进行了有机肥对磷矿粉有效性的影响的研究。

工作是在1962和1963年用盆栽试验进行的。

一、试验材料和试验方法

放射性磷矿粉的性质:把100目细度的昆阳磷矿粉在原子反应堆中辐照以后,根据

* 参加工作的尚有李荫明同志,放射性磷矿粉的制备承我院原子能所协助进行,谨表谢意。

X-射线衍射谱鉴定它的晶体构造(图1)¹⁾。为了避免强烈的放射性对X-射线衍射谱背景的影响,鉴定系在衰变三个月以后进行。但是在试验中所用的放射性磷矿粉,是用普通磷矿粉加人工嬗变产物来标记的。

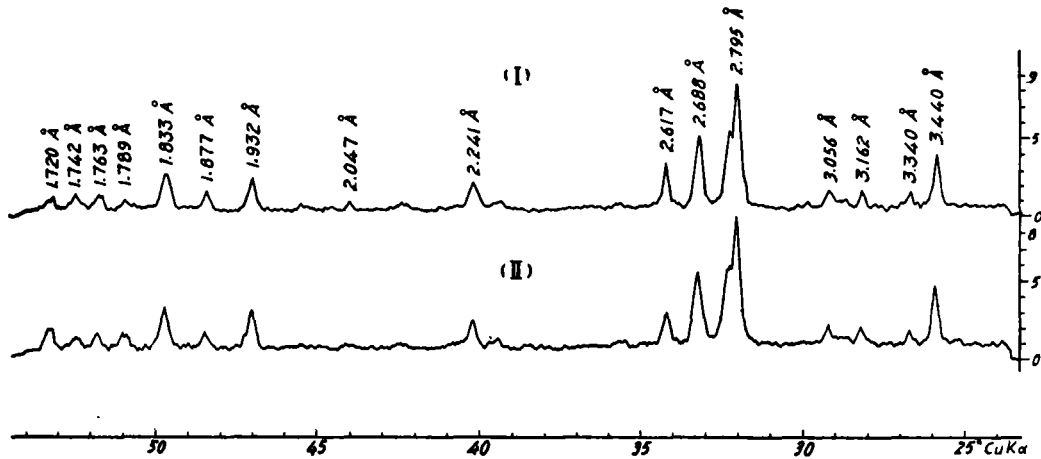


图1 昆阳磷矿粉在原子反应堆处理以前(I)及处理以后(II)的X-衍射图谱

图1显示在照射处理以后,矿物晶体并没有受到影响。试验所用昆阳磷矿粉含 P_2O_5 36.00%, SiO_2 1.56%, Fe_2O_3 0.37%, Al_2O_3 1.22%, CaO 53.45%, F 3.78%, H_2O 0.66%。用化学分析方法,把放射性磷矿粉中的钙沉淀为草酸钙,检查结果表明钙的放射度极弱。在用放射性磷矿粉进行盆栽试验的时候,样品的衰变曲线服从 P^{32} 衰变的理论值。

土壤性质: 试验是用三种土壤进行的: (1) 浅色草甸土,壤土,采于徐州旧黄河冲积地,母质为石灰性冲积物,种小麦、玉米、小米等; (2) 黄褐土(小粉土),采于南京低丘陵地,重壤土,母质为下蜀黄土,种植番薯、黄豆、小麦等; (3) 红壤,采于江西进贤低丘陵地,轻粘土,母质为红色粘土,种植番薯、油菜、小麦等旱作。三种土壤的化学性质见表1。

表1 试验土壤的化学性质

土壤	pH(水)	磷酸钙(%)	有机质(%)	阳离子代换量 (毫克当量/100克土)	盐基饱和度(%)	有效磷*(P-ppm)	磷酸钙**(P-ppm)	磷酸铁**(P-ppm)
浅色草甸土	8.6	6.4	0.99	—	—	微量	363	痕迹
黄褐土	5.8	—	1.21	14.9	72	18	34	43
红壤	5.2	—	1.85	9.9	11	12	17	50

* 土样用0.03N NH_4F 加0.025N HCl 混合液提取,水土比为50:1,振荡1小时。

** 磷酸钙及磷酸铁按“Chang and Jackson 土壤磷的分级”方法测定。

试验方法: 全部试验用盆栽法。盆径20厘米,高20厘米,装土6公斤。每盆除磷肥外,一律施入 $(NH_4)_2SO_4$ 4.72克, K_2SO_4 1.0克。在施用放射性过磷酸钙的处理中,播种时每盆剂量200微居里,在施用磷矿粉的处理中,每盆剂量为600或1000微居里。全部磷

1) X-射线衍射鉴定承许冀泉等同志协助进行。

肥都与土壤均匀混和。为了检查这样高的放射强度是否会影响植物生长,需把施用标记磷肥的植物与施用普通磷肥者相比较,发现生长状况并无区别,干物质重量及其含磷百分数也没有统计上的显著差异,这点在以后的试验附表中也可以看到。Mattingly 在 Rothamsted 石灰性土壤上的试验,曾发现具有强度放射性的磷肥,虽然不影响黑麦的生长和黑麦对磷素的吸收总量,但是减低了植株对肥料中磷素的吸收,相应的增加了植株对土壤中磷素的吸收^[11]。关于这种差异的可能性,在我们设计试验时并没有考虑到。

试验中每一处理重复三次,植物生长过程中的放射性磷是用干物质测定的,最后一次收割刈物的放射性磷,是在灰化后进行测定。

二、土壤性质对磷矿粉中磷素活度的影响

我们根据植物在不同土壤上对磷矿粉的增产效应、以及植物吸收磷矿粉的磷素、过磷酸钙磷素和土壤磷素的相对比例,来说明磷矿粉在不同土壤中的活度。至于土壤化学性质与磷矿粉肥效关系的研究,已经另有报告^[7]。在浅色草甸土和黄褐土上,试验是用小米为指示作物进行的。由于小米在强酸性红壤上生长不良,另外布置了一组黄豆和一组荞麦试验。为了辨别在混合磷肥中作物对磷矿粉与过磷酸钙的吸收比例,我们布置了二组混合肥料的处理,每盆加入 5.64 克磷矿粉和 0.90 克过磷酸钙(磷量为 9:1),一组只标记磷矿粉(1000 微居里),另一组只标记过磷酸钙(200 微居里),分别计算植株对磷矿粉的吸收量和对过磷酸钙的吸收量。植株对土壤磷的吸收是从植株全磷量中减去两种磷肥的 P^{32} 总和而得。由于试验是在磷肥和土壤均匀混和下进行的,因此所得结果代表根系对三种磷素来源的选择性。

在供试土壤中,浅色草甸土含有大量的磷酸钙(363ppm),土壤可给态磷是比较充足的,田间试验证明只有在较高的化学氮肥的结合施用下,过磷酸钙才有增产效益^[12]。表 2 结果说明无论施用过磷酸钙或磷矿粉,盆栽试验中的小米都没有增产。但是在加入过磷酸钙时,小米籽实中的磷含量从 0.22% 提高到 0.27%,而在单施磷矿粉时则没有这项变化,可见磷矿粉中磷素的活度并不比土壤磷素强。

在单施磷矿粉的一组试验中,小米有三分之一的磷素来自磷矿粉,其余三分之二的磷素应该是浅色草甸土所提供。但是在施用磷矿粉与过磷酸钙混合肥料的处理中,小米便大量利用可溶性磷(约占全磷的 42%),而对磷矿粉和土壤磷的摄取比例仍保持不变。

黄褐土(小粉土)虽然是具有一定磷肥水平的土壤,但是在不施有机肥而只施化学氮肥时,过磷酸钙通常是起增产作用的。田间试验也证明了在不施肥料(包括化学氮肥和有机肥)时,单施磷矿粉对豌豆、苕子和荞麦均起增产作用^[7]。表 2 的结果说明在每盆加入 5.64 克磷矿粉时,小米籽实有极明显的增产(以 1% 的最小显著相差数为标准),小米从磷矿粉和从土壤中所摄取的磷大约各占二分之一。这说明在中度酸性的黄褐土中,磷矿粉的活度远较石灰性浅色草甸土为强。在混施有过磷酸钙时,作物对磷矿粉的吸收量便大为减低。

在红壤的试验中,除了小米由于在强酸性土壤上生长不良而剔除以外,黄豆和荞麦的结果极为一致。由于荞麦在最后一次收割时,各盆间放射强度的测定重复间误差较大,因此选取了黄豆做代表。在红壤的试验中,由于土壤有效磷极为贫乏,磷肥对作物增产极为

显著。表 2 说明在高度缺磷的土壤中所生长的黄豆, 植物体内的含磷量大約只有正常生长的黄豆的一半。单施磷矿粉的处理和与过磷酸钙混施者相比, 在产量和含磷量上的差别不大。当单施磷矿粉时, 植株中有 80% 以上的磷素来自磷矿粉¹⁾, 土壤所提供的磷不到 20%。在与过磷酸钙混合施用, 黄豆从过磷酸钙中所吸收的磷素极低(只有 4%, 荞麦为 4—7%), 而磷矿粉的磷素供应率则基本不受过磷酸钙的影响。过磷酸钙的活度这样低, 可能是由于在肥料与红壤均匀混合后, 可溶性磷的固定率较强。

表 2 作物在不同性质土壤上对磷矿粉和过磷酸钙的吸收性能

土壤	作物	处理	茎秆(干物质)					穗部或豆粒(干物质)					全植株			
			重量(克)	全磷(%)	磷素来源(占吸收量%)			重量(克)	全磷(%)	磷素来源(占吸收量%)			吸收磷总量(毫克)	磷素来源(占吸收量%)		
					过磷酸钙	磷矿粉	土壤			过磷酸钙	磷矿粉	土壤		过磷酸钙	磷矿粉	土壤
浅色草甸土	小米	不施磷肥	10.0	0.05	—	—	100	14.3	0.21	—	—	100	35	—	—	100
		磷矿粉*	12.0	0.04	—	40	60	15.4	0.22	—	32	68	39	—	35	65
		磷矿粉*+过磷酸钙	11.1	0.04				15.5	0.27	45	17	38	45	42	18	40
		磷矿粉+过磷酸钙*	11.3	0.05	20	29	51	13.6	0.27							
黄褐土	小米	不施磷肥	9.8	0.05	—	—	100	10.6	0.30	—	—	100	37	—	—	100
		磷矿粉*	11.4	0.04	—	63	37	14.9	0.31	—	51	49	51	—	52	48
		磷矿粉*+过磷酸钙	11.5	0.04				16.0	0.30	12	33	55	53	12	34	54
		磷矿粉+过磷酸钙*	12.5	0.04	10	43	47	14.9	0.32							
		最小显著差	5%	无差异性			2.45									
		1%				3.48										
红壤	黄豆	不施磷肥	3.8	0.08	—	—	100	3.0	0.28	—	—	100	12	—	—	100
		磷矿粉*	9.5	0.20	—	**		7.6	0.53	—	86	14	60	—	86	14
		磷矿粉*+过磷酸钙	9.5	0.19				8.8	0.52	4	81	15	67	4	81	15
		磷矿粉+过磷酸钙*	9.8	0.19	4	**		9.8	0.53							
		最小显著差	5%				1.80									
		1%				2.57										

* 指放射性肥料, 下同。

** 标本沾污, 把豆粒中吸收比例列在全植株中供参考。

概括上述结果, 在本试验条件下, 石灰性浅色草甸土上施用磷矿粉时小米对肥料磷的吸收率为 35%, 但不起增产作用, 也不改变植株中的含磷百分数。在黄褐土上施用磷矿粉时, 小米对肥料磷的吸收占总吸收量的 52%, 使籽实产量有显著增加, 但没有提高植株的含磷百分数。在高度缺磷的红壤上, 作物的磷素约有 86% 来自磷矿粉, 除了增产以外, 使植株的含磷百分数提高一倍左右。

当过磷酸钙与磷矿粉混合施用, 在浅色草甸土上, 小米磷素来源于过磷酸钙、磷矿

1) 荞麦在收割时植株中来自磷矿粉的磷素占全磷 90% 以上, 由于 P³² 的放射强度已经很弱, 计算上的误差相应增大, 所以没有引用。

粉和土壤的比例約为 40:20:40。在黃褐土上三者的比例約为 10:35:55, 在紅壤上約为 5:80:15。这些結果說明过磷酸鈣和磷矿粉对作物的相对可給性是由土壤条件, 特别是土壤的化学性质和磷素状态所决定。Fried 等的盆栽試驗^[4]也說明在酸性的湿草原土中(未施石灰时 pH 4.9), 苕子所吸收的磷素有 81% 来自磷矿粉(肥料用量大約相当于 6 公斤土壤加入 6 克磷矿粉, 磷矿粉含 P_2O_5 35.4%, 与昆阳磷矿粉属同一类型)。而在长期施用石灰后的同一土壤中 (pH 5.8), 苕子中的磷来自磷矿粉者下降至 49.5%, 虽然两种土壤中磷矿粉的增产率是大致相似的。

三、有机肥料对磷矿粉有效性的影响

試驗中, 把 2 克磷矿粉或 1 克过磷酸鈣与 30 克粉状的干有机肥(一半为猪粪, 一半为紅花草)相混合。一組加水 37.5 毫升, 在恆温 (25—28°C) 和通气的条件下培育 15 天; 另一組不經培育, 在施用临时混合。为了照顾到 P^{32} 的衰变, 只有使培育条件比較有利于有机质的分解, 而在時間上則尽可能短。凌云霄等曾在同样条件下做了不同培育時間的有机肥分解率的測定, 証明 15 天内約分解全部有机碳的五分之一^[13]。試驗是用砂培法(3 公斤砂)进行, 培育时的磷矿粉和过磷酸鈣的放射强度均为 500 微居里, 試驗期中, 加入了无磷培养液。小麦在生长 84 天后收割, 产量和磷素吸收情况見表 3。

表 3 磷矿粉和有机肥混合施用时对小麦生长及磷素吸收的影响

磷 肥 給 源	植株干重 (克)	植株含磷 (%)(干物质)	吸磷总量 (毫克)	从过磷酸鈣或 磷矿粉中吸收 磷(%)	从有机肥中 吸收磷(%)
有机肥	17.0	0.28	48	—	100
有机肥+过磷酸鈣*	15.4	0.37	57	50	50
有机肥+磷矿粉*(經过培育)	16.5	0.28	45	13	87
有机肥+磷矿粉*(临时混合)	16.0	0.28	45	13	87

可以看出, 在施用一定的有机肥时, 对小麦来讲无机磷肥的补充是没有必要的, 表 3 中产量的差异都没有統計学上的显著性。但是試驗却說明了不同磷肥的活度。当过磷酸鈣与有机肥混合施用, 小麦从无机磷肥中所摄取的磷素占全磷的 1/2, 当磷矿粉与有机肥混合施用, 小麦中絕大部分的磷素(87%)来自有机肥料。此外, 当有机肥料加入过磷酸鈣时, 小麦干物质的含磷百分数从 0.28% 增至 0.37%, 这项“奢侈吸收”可以认为是由活度較强的可溶性磷肥所造成的。在磷矿粉与有机肥相混合时, 不仅产量没有比单施有机肥者增加, 而且植株的含磷百分数也没有变化, 說明磷矿粉中的磷素活度并没有超过有机磷。当然, 在施用有机肥的基础上, 无机磷肥的肥效与有机肥料中的氮磷供应比例有关。在这个研究室的另一項工作中(未发表), 曾証明在含磷較高的猪粪中加入过磷酸鈣后并不使作物进一步增产, 而在含氮很高, 含磷較低的紅花草中加入过磷酸鈣, 則是可以进一步增产的。我們所用的有机肥含氮 2.76%, 含磷(P)0.86%, 这或者就是磷肥没有表现出增产效果的原因。

苏联的很多学者通常主张把磷矿粉和厩肥混合堆置(加少量石灰或不加石灰)。他們的絕大部分論据是对馬鈴薯、玉米和小米等的田間增产作用来讲的, 而在理論上則強調微生物活动在磷矿粉轉化中的作用^[9]。在美国的一些研究中, 对有机酸、 CO_2 等对磷矿粉的

分解作用大都是否定的,他们一般认为有机肥与磷矿粉混合施用,即使具有有利作用,也不在于增进磷矿粉中的磷素有效性^[10]。从表3的结果中可以看到,小麦对磷矿粉中的磷素吸收率,并没有因为经过堆腐而有所提高,在有机肥的腐解过程中并没有增加磷矿粉的活度。当然这项结果并不排除有机肥与磷矿粉混合施用时的其他有利因子。

四、不同生长时期作物对肥料磷和土壤磷的吸收情况

在盆栽试验的过程中,我们在不同生长时期采集植株,测定了作物对肥料磷和土壤磷的吸收情况。在浅色草甸土和黄褐土的两组试验中,小米从分蘖、拔节、抽穗到成熟的各个生长期内,磷素来源的比例并没有显著差异,表4中数字系三盆平均值,其差异都在误差范围之内。根据这些结果可以理解,在土壤与肥料均匀混合时,在土壤有效磷含量比较充分的浅色草甸土和黄褐土上生长的小米,在整个生长过程中,作物对可溶性磷肥、难溶性磷肥及土壤磷的吸收比例,大体上是不变的。当然,如果变更施肥的方法,可能会影响植物在不同生长期中对肥料磷和土壤磷的吸收比例。例如 Mattingly^[2] 在石灰性土壤上进行的田间试验表明,当将过磷酸钙施在表土层时,植物生长的初期通常吸收较多的肥料磷,但是根系伸展到亚表土层后,土壤磷进入植物体内的比例也随着提高。

表4 作物不同生长期对肥料磷及土壤磷的吸收情况(单位: 占植株全磷的百分数)

土 壤	作 物	生 长 期	过磷酸钙磷	磷矿粉磷	土 壤 磷
浅 色 草 甸 土	小 米	分 蘖 期	38	22	40
		拔 节 期	41	19	40
		抽 穗 期	40	20	40
		成 熟 期	42	18	40
黄 褐 土	小 米	分 蘖 期	13	25	62
		拔 节 期	14	24	62
		抽 穗 期	16	28	56
		成 熟 期	12	34	54
红 壤	黄 豆	始 花 期	2	50	48
		成 熟 期	4	81	15

在对红壤所进行的两组试验中,荞麦在整个生长期中吸收过磷酸钙的磷占全磷的4—7%。早期吸收的磷矿粉磷占全磷的26%左右,但是始花以后急剧增加,可达全磷的90%以上。由于后期测定中计算引起的误差较大,所以没有把结果列在表内。黄豆在开花前植株中的磷矿粉磷约占50%,成熟时占81%。在红壤中植物对磷矿粉吸收率不断提高的原因,一方面当然是由于红壤本身缺磷,另一方面也是由于磷矿粉在酸性土壤条件下其有效性逐渐提高。

五、摘 要

应用放射性磷矿粉(昆阳矿)和放射性过磷酸钙在浅色草甸土(石灰性冲积物母质)、黄褐土(弱酸性下蜀黄土母质)、及红壤(第四纪红色粘土母质)进行了盆栽试验,试验是在肥料与土壤均匀混合的条件下进行的。X-射线衍射鉴定及放射化学分析证明,磷矿粉经

过反应堆处理后,其晶体构造未变,在施用时磷矿粉放射强度的衰变规律与 P^{32} 相符合。

試驗結果說明,在含磷比較充足的浅色草甸土上,单独施用磷矿粉虽然并不使小米产量增加,也不提高小米植株中的含磷百分数,但是作物中所含的磷素,仍然有 35% 是从磷矿粉中摄取而来。

当磷矿粉与过磷酸鈣混合施用(每盆加磷矿粉 5.64 克和过磷酸鈣 0.90 克),在紅壤中,黄豆和荞麦的磷有 80% 以上来自磷矿粉,而来自过磷酸鈣和土壤者只分别占 4—7% 和 15% 左右。在酸性黄褐土(小粉土)上施用磷矿粉和过磷酸鈣混合肥料时,也起增产作用,小米中的磷有 12% 来自过磷酸鈣, 34% 来自磷矿粉, 54% 来自土壤。在含磷酸鈣 363 ppm 的浅色草甸土中,小米所摄取的磷素只有 18% 来自磷矿粉,而来自过磷酸鈣和土壤的各约占 40%。这时磷肥沒有使作物增产。

当土壤与磷肥均匀混和时,在浅色草甸土和黄褐土中小米各个生长时期对土壤、磷矿粉和过磷酸鈣的磷素吸收率,保持相当稳定的比例。但是在紅壤中,黄豆和荞麦在生长后期所摄取的磷素,几乎全部来自磷矿粉,虽然在早期只占 25—50%。

用放射性磷矿粉与有机肥相混合,进行了小麦的砂培試驗。一組經過培育腐解以后施用,另一組临时混和施用。結果証明有机肥的腐解过程并不能对磷矿粉的活度起增进作用。培育腐解后的混合肥料或临时混和的,既不使小麦产量較单施有机肥者有所增加,也不使植株的含磷百分数有所提高。

参 考 文 献

- [1] Mattingly, G. E. G.: The use of isotope P^{32} in recent work on soil and fertilizer phosphorus. *Soils and Fert.*, 20: 59—68, 1957.
- [2] Mattingly, G. E. G. and Talibudeen, Q.: Isotopic exchange of phosphates in soil. Report Rothamsted Exp. Sta., 1960, 246—265, 1961.
- [3] Mitchell, J.: A review of tracer studies in Saskatchewan on the utilization of phosphates by grain crops. *J. Soil Sci.*, 8:73—85, 1957.
- [4] Fried, M. and Mackenzie, A. J.: Rock phosphate studies with neutron irradiated rock phosphate. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 14:226—231, 1949.
- [5] 李庆遠等: 磷灰石肥效試驗第二次报告。土壤学报, 2 卷, 3 期, 167—177 頁, 1952。甘家山試驗場对于磷灰石肥效試驗第三次报告。土壤学报, 4 卷, 1 期, 43—50 頁, 1956。
- [6] 蔣柏藩等: 我国主要磷矿粉的性质及其直接施用于紅壤的肥效。土壤专报, 33 号, 51—60 頁, 1958, 土壤研究所。
- [7] 李庆遠等: 土壤物理化学性质与磷灰石肥效的关系。1964。(尚未发表)
- [8] Stanford, G. and Dement, J. D.: A method for measuring short-term nutrient absorption by plants. I. Phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 21:612—617, 1957.
- [9] Аскинази, Д. Л.: О возможной роли микроорганизмов в повышении эффективности фосфоритной муки как удобрения. Почвоведение, № 4, 31—39, 1958.
- [10] Seatz, L. F. et al.: The influence of organic matter additions on rock phosphate availability to crops. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 23:374—376, 1959.
- [11] Mattingly, G. E. G.: Effects of radioactive phosphate fertilizers on yield and phosphate uptake by rye grass in pot experiments on calcareous soils from Rothamsted. *J. Agric. Sci.*, 49:160—168, 1957.
- [12] 刘光崧等: 江苏省五种主要土壤的氮素供应状况和磷肥肥效的关系。土壤学报, 11 卷, 1 期, 25—34 頁, 1963。
- [13] 瘦云霄等: 猪粪、紫云英、稻草腐解过程中氮磷转化状况及其与化学氮肥和化学磷肥结合施用时的肥效研究。1964。(尚未发表)

EFFECT OF THE STATE OF SOIL PHOSPHORUS ON THE AVAILABILITY OF ROCK PHOSPHATE TO PLANT FROM IRRADIATED ROCK PHOSPHATE POWDER

C. K. LEE, T. Y. TSAO AND C. YUN

(Institute of Soil Science, Academia Sinica)

(SUMMARY)

Studies of the uptake of phosphorus by plant from soils and phosphatic fertilizers were conducted in pot culture experiments with the application of irradiated rock phosphate powder and labelled superphosphate. The soils used were a red soil, a yellow drab soil of slightly acid reaction and a calcareous light colored meadow soil. Fractionation of soil phosphorus was given in the report.

Experiments revealed that, when powdered rock phosphate was applied to a calcareous light colored meadow soil at the rate of 5.64 grams per 6.0 kilograms of soil, no response in crop yield was observed, although the plants took up 35% of their absorbed phosphorus from the fertilizer. In a similar experiment with red soil deficient in phosphorus, more than 80% of the plant phosphorus was originated from rock phosphate, and soyabean and buckwheat showed marked increase in yield with the application of this fertilizer. In the experiment with yellow drab soil, millets took up almost equal amounts of phosphorus from the soil and rock phosphate, and significant response in yield of grains was found.

When a mixture of 5.64 grams of powdered rock phosphate and 0.90 grams of superphosphate was applied to each of the above mentioned soils, it was found that the proportion of uptake of phosphorus by millet in a calcareous light colored meadow soil was 40 from soil; 42 from superphosphate; 18 from rock phosphate. The proportion of phosphorus uptake by millet in a yellow drab soil from the respective sources was 54:12:34 and by soyabean in a red soil, 15:4:81.

When powdered rock phosphate was incubated with organic manure, tracing technic showed that no increase in the availability of rock phosphate to wheat was observed after incubation.