

磷肥对水稻和旱作的肥效及其后效的研究*

魯如坤 蔣柏藩 牟潤生
(中国科学院土壤研究所)

在南方紅壤地区,磷肥的肥效已为大量的农业实践所証明,因此,进一步提高磷肥的施用技术,就成为当前磷肥研究中的主要問題之一。在生产实践中早已指出: 在同一类型的土壤上, 磷肥对于旱作的肥效往往比对水稻的肥效来得显著; 在栽培双季稻的情况下,磷肥对早稻的肥效又比晚稻明显。这个現象提出了一个很主要的問題,即在不同輪作制度下磷肥究竟应该怎样施用才合理; 同时, 对这种表現現象的实質的探討,在理論上也是有一定意义的。本文就磷肥对水稻和主要旱作的肥效、后效及有关理論进行了一些研究,目的在于对当前紅壤地区的磷肥合理施用提供参考。

一、供試土壤和試驗方法

(一) 供試土壤的基本性質

供試土壤系采自江西第四紀紅色粘土母質上发育的紅壤和紅壤性水稻土, 江苏下蜀系黃土母質发育的水稻土和黃褐土, 江苏北部黄河冲积物发育的石灰性土壤和广东南海珠江冲积性水稻土等 8 种。田間試驗在江西进賢下埠人民公社第四紀紅色粘土母質发育的紅壤性水稻土上进行。这些土壤的基本性質的分析結果列于表 1。

表 1 供試土壤的基本性質

土号	采集地点	土壤名称	pH		全氮 (%)	全 磷 (P-ppm)	有机质 (%)	速效磷 ¹⁾ (P-ppm)
			水 提 (1:5)	1N KCl 提 (1:5)				
71	江西进賢	紅壤性水稻土	5.7	4.7	0.09	336	1.40	20.1
89	江西进賢	紅壤	5.7	4.4	0.10	549	1.69	12.8
91	江西进賢	紅壤 ²⁾	8.0	6.5	0.07	526	1.09	19.6
128	江苏南京	黃褐土性水稻土	7.4	6.2	0.13	828	2.00	40.4
127	江苏南京	黃褐土	6.8	5.1	0.11	799	1.55	40.0
70	广东南海	珠江冲积性水稻土	8.0	7.3	0.22	514	4.28	—
123	江苏灌云	石灰性冲积土	8.3	7.0	0.10	695	1.33	11.9
130	江苏徐州	石灰性冲积土	8.5	7.1	0.08	733	1.09	8.4
339	江西进賢	紅壤性水稻土	5.8	4.3	0.14	350	1.75	22.4
340	江西进賢	紅壤性水稻土	6.0	4.5	0.14	333	1.95	16.7

1) 酸性土壤 (71, 89, 91, 339, 340) 用 0.025N HCl—0.03N NH₄F 提取,其他土壤用 0.5M NaHCO₃ 提取。
2) 施过大量石灰。

* 先后参加工作的还有顾益初、李阿荣、段平帽、马茂桐。

(二) 试验方法

1. 盆栽试验：盆栽试验都在温室进行。试验共有四组：

第 I 组 供试土壤 8 种基本性质(见表 1 的 71, 89, 91, 128, 127, 70, 123 和 130 号土), 装在 15×12 厘米的瓷钵中, 每盆土重 1.5 公斤。肥料用量: N 0.17 克/公斤土; K_2O 0.17 克/公斤土; P 55 毫克/公斤土, 分别以 $(NH_4)_2SO_4$ 、 K_2SO_4 和放射性 KH_2PO_4 (P^{32} 用量每盆 83 微居里) 形态加入, 与土壤均匀混合。试验重复三次。1962 年 11 月 1 日种植小麦(南大 2419), 1963 年 1 月 2 日收获, 将植株烘干、称重、分别测定放射性磷及全磷, 计算“A”值^[1]。土壤风干并重新压碎后, 在 1963 年 5 月 11 日继续种水稻(老来青)。播种前补施氮、钾肥, 用量同上。1963 年 7 月 29 日分蘖期收获, 称重并测定全磷。

第 II 组 供试土壤及处理同第 I 组, 但在 1963 年 4 月 24 日先种水稻(老来青), 1963 年 6 月 25 日分蘖期收获, 然后将土壤风干压碎, 在 1963 年 11 月 28 日继续种植小麦(南大 2419)。播种前补施氮、钾肥, 于 1964 年 1 月 28 日收获, 所有测定同前。

第 III 组 供试土壤为江西进贤红壤性水稻土(71 号), 土壤 2.75 公斤, 加 10 克稻草, 室温清水培育约 10 个月(1962 年 7 月—1963 年 5 月, III_A), 在种植水稻前, 混施液体氮、钾肥料及放射性磷 (P^{32} 用量每盆 150 微居里, 载体 0.73 毫克 P)。另一对照 III_B 未经培育, 但同样施用氮、钾肥及放射性磷。1963 年 4 月 23 日播种水稻(老来青), 6 月 27 日收获。植株称重, 分别测定放射性磷及全磷。

第 IV 组 供试土壤、处理和测定项目完全同第 III 组, 但在播种前将土壤风干压碎(IV_A) 混施肥料后, 土壤水分保持最大持水量的 60% 左右。在 1963 年 5 月 9 日播种旱稻(团头旱), 同时布置另一未经培育的但同样处理的作为对照(IV_B), 1963 年 7 月 13 日收获。

2. 田间试验：供试土壤的基本性质见表 1 (339 和 340 号土)。试验布置在相邻的两块土壤上, 分四个大区, 同时进行下列四种轮作方式:

- I 区 旱(早大豆)—旱(晚大豆)
- II 区 旱(早大豆)—水(晚稻)
- III 区 水(早稻)—水(晚稻)
- IV 区 水(早稻)—旱(晚大豆)

每一大区有三种肥料处理, 即 NK (早造)—NK (晚造); NKP—NK; NKP—NKP。N 用 $(NH_4)_2SO_4$ 15 斤/亩作基肥, 穗分化期追施 15 斤/亩; K 用 K_2SO_4 20 斤/亩作基肥; P 用过磷酸钙 40 斤/亩作基肥。小区面积 1/20 亩, 重复三次, 按照拉丁方排列。早稻在 1964 年 4 月 22 日插秧, 每亩 9,700 穴, 7 月 16 日收 NKP 处理, 7 月 19 日收 NK 处理; 早大豆在 1964 年 4 月 14 日播种, 每亩 9,300 穴, 每穴种子 7—8 粒, 7 月 10 日收。晚稻在 1964 年 7 月 20 日插秧, 每亩 8,500 穴, 10 月 30 日收获; 晚大豆在 1964 年 7 月 22 日播种, 每亩 7,700 穴, 每穴种子 4—5 粒。旱—旱和水—旱两处理分别在 11 月 19 日和 21 日收获。

二、试验结果和讨论

(一) 磷肥对水稻和旱作的肥效及其后效

磷肥对水稻和小麦当季肥效的盆栽试验结果列于表 2, 早稻和早大豆的田间试验结果列于表 3。盆栽试验结果表明, 任何一种土壤在同一处理的条件下, 种植水稻所得的产

表 2 磷肥对水稻和小麦的当季肥效(盆栽试验)

土号	土 壤 名 称	茎叶产量(克/盆)		吸收磷总量 (毫克/盆)		来自肥料中的磷 (%)		A 值 (P-ppm)		ΔA (P-ppm)
		小麦	水稻	小麦	水稻	小麦	水稻	种小麦	种水稻	
71	红壤性水稻土	8.78	12.3	18.5	25.7	41.9	31.2	66	144	78
89	红壤	8.57	8.85	14.5	12.0	41.5	25.8	64	184	120
91	红壤	7.93	11.4	21.0	25.0	71.4	61.6	17	40	23
128	黄褐土性水稻土	7.16	15.6	14.1	51.1	22.3	18.8	168	290	122
127	黄褐土	8.64	14.4	26.8	47.8	28.4	15.5	127	362	235
70	珠江冲积性水稻土	11.5	12.9	29.5	29.0	78.6	62.7	3	39	36
123	石灰性冲积土	8.16	13.0	15.5	25.9	60.3	67.0	29	32	3
130	石灰性冲积土	9.24	11.3	20.7	27.0	80.1	88.7	10	8	-2

表 3 磷肥对早稻和早大豆的当季肥效
(田间试验——红壤性水稻土)

供 试 作 物	早 大 豆		早 稻	
处 理	NK	NKP	NK	NKP
产量(斤/亩)	105±4.5	148±1.3	426±8.7	523±2.2
相对(%)	100	141	100	123

量和吸收的总磷量都比种植旱作小麦为高。然而,在所吸收的磷中,来自肥料部分(放射性磷肥)的比例,除石灰性土壤以外,水稻比小麦的相对百分数都明显较低。因此,所求出的土壤有效磷量“A”值,种水稻时大于种小麦。由于一般认为“A”值是估量土壤有效磷素供应水平的良好指标^[2],所以种植水稻和小麦时求得的“A”值的差值,即 ΔA 增量的大小,可以标志土壤有效磷素供应水平提高的幅度。从表 3 田间试验的产量来看,早大豆与早稻的相对增产百分数有近乎一倍之差,这表明了在同一块土壤上,早大豆对磷肥的需要性比水稻更为迫切。根据中南土壤研究所的资料^[3],在广州花岗岩母质发育的红壤性水稻土上进行的田间试验结果,磷肥对于旱作早花生、甘薯和水稻的相对肥效表现了同一趋势。显然,这与盆栽试验所获得的结果(种植水稻时土壤有效磷素供应水平(“A”)比种植小麦时显著为高)是有内在联系的。

种植水稻和小麦以后,再以盆栽试验进行后效检定(第 I、II 组),结果列于表 4,不同轮作方式进行后效的田间试验的产量结果列于表 5。为了便于比较,表 4 中分别列出了第一季作物和第二季作物的吸收磷量、产量及二季总量。

从这些结果可以看出,在第 I 组盆栽试验中,即磷肥先施在小麦上,下季作物水稻吸收的磷量比前作第一季小麦吸收的磷量要高得多,比第 II 组试验(磷肥先施在水稻上)中小麦所吸收的磷量更高。尤其值得注意的是,它与磷肥施给当季水稻所吸收的磷量大致相仿。这说明磷肥施给第一季旱作小麦吸收以后残留在土壤中的磷素对下季水稻的有效程度几乎与磷肥施给当季水稻上的利用情况相当。由于磷肥被前后两季作物利用的程度不同,因此在第一种施肥方式下,两季作物吸收的总磷量一般比第二种施肥方式高出一倍

表 4 磷肥的后效(盆栽试验)

土号	土 壤 名 称	磷肥先施在旱作上的 的产量(克/盆)			磷肥先施在水稻上的 的产量(克/盆)			磷肥先施在旱作上的 的吸收磷量(毫克/盆)			磷肥先施在水稻上的 的吸收磷量(毫克/盆)		
		第一季 小麦	第二季 水稻	总产量	第一季 水稻	第二季 小麦	总产量	第一季 小麦	第二季 水稻	总吸 收量	第一季 水稻	第二季 小麦	总吸 收量
71	红壤性水稻土	8.78	14.5	23.3	12.3	2.74	15.0	18.5	28.7	47.2	25.7	4.19	29.9
89	红壤	8.57	13.9	22.5	8.85	1.65	10.5	14.5	16.0	30.5	12.0	少量	12.0
91	红壤	7.93	16.6	24.5	11.4	1.34	12.7	21.0	32.8	53.8	25.0	少量	25.0
128	黄褐土性水稻土	7.16	19.6	26.8	15.6	3.11	18.7	14.1	45.8	59.9	51.1	2.75	53.9
127	黄褐土	8.64	20.3	28.9	14.4	3.26	17.7	26.8	56.0	82.8	47.8	2.28	50.1
70	珠江冲积性水稻土	11.5	17.5	29.0	12.9	1.72	14.6	29.5	34.6	64.1	29.0	0.97	30.0
123	石灰性冲积土	8.16	18.3	26.5	13.0	1.24	14.2	15.5	33.0	48.5	25.9	少量	25.9
130	石灰性冲积土	9.24	19.4	28.6	11.3	1.94	13.2	20.7	32.7	53.4	27.0	0.84	27.8

表 5 磷肥的后效(田间试验——红壤性水稻土)

试 验 区	I			II			III			IV		
轮 作 方 式	旱—旱			旱—水			水—水			水—旱		
供试作物(前作)	晚大豆(早大豆)			晚稻(早大豆)			晚稻(早稻)			晚大豆(早稻)		
处 理	NK— NK	NPK— NK	NPK— NPK	NK— NK	NPK— NK	NPK— NPK	NK— NK	NPK— NK	NPK— NPK	NK— NK	NPK— NK	NPK— NPK
产量 (斤/亩)	177± 2.6	203± 7.5	213± 5.5	545± 1.0	574± 11.0	573± 4.8	344± 4.2	364± 2.0	358± 6.0	117± 6.3	145± 6.6	181± 1.0
相 对(%)	100	115	120	100	105	105	100	106	104	100	124	154
		100	105		100	100		100	98		100	124

左右,产量情况也相应一致。

田间试验的结果(表 5) 同样指出, 磷肥无论是施在第一季作物的早大豆上或者早稻上,对于下季作物水稻的后效都是非常显著的。例如, 在旱—水(早大豆—晚稻)轮作中, 第一季施用磷肥时在下季水稻的产量与第二季继续施用过磷酸钙 40 斤/亩的产量完全相当,即第二季施用的 40 斤/亩过磷酸钙好象没有显示出肥效。在水—水(早稻—晚稻)轮作中的产量情况同样亦是如此。但是,磷肥对于下季旱作晚大豆的后效,情况就不同。尤其是在水—旱(早稻—晚大豆)轮作中,第二季继续施用过磷酸钙 40 斤/亩时,与第一季施磷时的产量比较,又相对增产 24%。这意味着依靠施在第一季作物上的残余磷肥的后效,不能满足下季旱作晚大豆的需要,因此,增施磷肥仍然可以增产。

上述的盆栽和田间试验结果说明了一个问题: 在同一季作物上, 磷肥对于旱作的肥效比水稻显著。在水旱轮作中,磷肥的后效则有两种情况: 如果下季作物是水稻,则土壤磷素供应水平已经相当充分,不必再增施磷肥; 如果下季作物是旱作晚大豆,磷肥虽然有一定的后效,但土壤磷素供应水平仍感不足,增施磷肥能够显著增产,假如从第一季作物的地上部分自土壤中带走的磷量来考虑,则根据分析结果计算,早稻与早大豆大致相近,而且水—水和旱—水的两种轮作方式比较,后效并不受前作早稻或早大豆带走磷量的影响。因此从表现现象来看,磷肥肥效和残余部分的后效的不同,主要的只能归之于在渍水

种植水稻或者旱作时土壤条件的差异引起了土壤磷素有效性的变化，或者因两类作物在生理性能上对磷素的吸收能力不同所致。

(二) 磷肥肥效差异的主要原因

如何正确地理解和评价影响磷肥对于水稻和旱作的肥效和后效差异的原因，这对于确切掌握磷肥的合理分配和施用是有意义的。根据过去的研究^[4]，酸性土壤中大量存在的非闭蓄态的磷酸铁化合物，由于渍水还原过程的影响，有可能成为水稻磷素营养的重要给源。在上述盆栽试验（第 I、II 组）中种植水稻和种植小麦时求得土壤有效磷量“*A*”值的增量的变化，以及在田间试验中磷肥对于早稻和早大豆增产幅度的差异及其后效等结果来看，显然都与渍水还原过程有关。然而在这些试验中，水旱两类作物的生理性能，即其根系对磷素养分的吸收能力可能有差异，而且土壤水分条件对根系吸收能力亦会有一定影响。当土壤磷素转化及不同作物特性的两个因子同时存在并共同影响土壤有效磷量“*A*”值的变化时，弄清楚何者为主是很必要的。因为“*A*”值在一定程度上随试验条件（包括作物）的改变而相对改变，所以严格说来，上述的试验结果只说明了一种现象，还没有明确说明影响磷肥肥效和后效差异的主要原因。

表 6 渍水培育对于土壤有效磷素供应水平的影响*（盆栽试验）

作物	试验号	处 理	吸 收 P^{32} (毫克/克干物质)	吸 收 P^{31+32} (毫克/克干物质)	<i>A</i> 值 (P-ppm)	ΔA (P-ppm)
水稻	III _A	渍水培育	0.000921	1.13	328	105
	III _B	未渍水培育	0.00138	1.16	223	
旱稻	IV _A	渍水培育	0.00234	1.25	139	70
	IV _B	未渍水培育	0.00423	1.15	69	

* 供试土壤的基本性质见表 1 土号 71。

表 6 是第 III、IV 组盆栽试验的结果。这一试验的特点是避免了作物和土壤水分条件可能对测定“*A*”值的影响，而是在同一土壤、同一水分状况、种植同一作物的条件下，直接比较渍水还原过程所引起的土壤有效磷素供应水平的变化。结果指出，土壤经过渍水还原培育以后与未曾培育的比较，在种植水稻时土壤有效磷的增量 $\Delta A = 105$ ，种植旱稻时 $\Delta A = 70$ 。因此，无论是渍水种水稻或者是旱地的水分条件种植旱稻，两者的有效磷素供应水平相对的均有显著增加。这就证明，土壤有效磷素供应水平的提高，主要是渍水还原培育的影响。 ΔA 增量的幅度与表 2 同一土壤（71 号）测定的结果比较也大致相应。因之，磷肥对水稻和旱作（小麦、大豆）肥效的差异基本上应该是由于土壤本身有效磷素水平的提高所致。

既已证明磷肥肥效差异的主要因素是由于土壤有效磷素供应水平的提高，则可以进一步探讨这一主要因素发生变化的实质。根据种植水稻土壤的有效磷量“*A*”值与土壤中非闭蓄态的磷酸铁化合物显著相关的结果^[4]来看，磷肥对水稻和旱作的肥效的差异与无机磷存在的形态可能是有关的。现将表 2 中主要的三种土壤类型，包括石灰性、中性和酸性的六个土壤标本的有效磷的增量 ΔA 与磷素存在形态的分析结果列于表 7。

在表 7 中，石灰性土壤中的磷酸钙这一级的磷，无论从占非闭蓄态三级磷（包括磷酸

表 7 土壤有效磷素水平的变化与磷素形态的关系

土 号	土 壤 名 称	无机磷形态分布 (P-ppm)				有效磷的增加 ΔA (P-ppm)
		磷 酸 铝	磷 酸 铁	磷 酸 钙	闭蓄态磷	
128	黄褐土性水稻土	29.8	210	111	461	122
127	黄褐土	37.3	175	85.0	365	235
89	红壤	12.6	101	35.2	293	120
71	红壤性水稻土	11.2	51.2	23.6	168	78.0
123	石灰性冲积土	25.3	1.90	399	195	3.00
130	石灰性冲积土	11.0	4.70	462	228	-2

铝、磷酸铁和磷酸钙)中的相对量或者绝对含量来看,都占有绝对的优势,但是在渍水种植水稻时有效磷的增加量极小。这表明石灰性土壤中的磷酸钙形态的磷渍水以后向有效方向转化的可能性很小。从各种土壤中非闭蓄态的磷酸铁化合物的含量与 ΔA 值之间的关系来看,似有一定的相关。即凡是以磷酸铁为主的土壤,渍水种植水稻以后,土壤有效磷量的增加(ΔA)都非常明显。这说明渍水前后,土壤有效磷的增加主要是由于磷酸铁的作用,而磷酸钙的变化不大。关于磷酸铝在渍水前后有效性的变化,则尚不清楚,从石灰性土壤的情况看,似乎没有显著变化。

从表 7 也可以看到,渍水以后土壤有效磷量的增加(ΔA)并不与磷酸铁量成简单的正比关系。可以认为,在以磷酸铁为主的土壤中(主要是酸性土壤和一部分中性土壤),渍水以后土壤的磷素是向有效的方向转化的,其中主要是非闭蓄态的磷酸铁化合物的转化。转化的程度则一方面决定于磷酸铁的绝对数量,另一方面也决定于它的结晶状态、渍水时间的长短和还原作用的强度(土壤有机质含量的多少)等因素。

(三) 磷肥的后效和土壤磷素转化的可逆性

“后效”对于磷肥来说是具有重要意义的。因为磷肥的利用率远远低于氮、钾肥,通常约在 10—20% 左右^[5]。在当季作物收获以后,仍有 80% 以上的磷遗留在土壤中。如何更好地利用这部分养分,以充分发挥磷肥的后效,在生产上是一个重要问题。

表 4 的结果表明,随着旱—水、水—旱轮作的不同,磷肥施用的次序使磷肥的后效向着两个完全相反的方向转化。例如,磷肥先施在旱作小麦上,对下季作物水稻的后效非常显著。这表明在旱—水轮作时除了土壤原有的磷素以外,残余的磷肥是向有效的方向转化的,这亦为田间进行的轮作试验(旱—水)所证实。根据 Chang^[6] 的研究,溶性磷肥施在酸性土壤中,必然向磷酸铁的方向转化。由此可以理解,所谓残余磷肥向有效的方向转化,实际上也就是渍水还原对非闭蓄态磷酸铁的转化作用。相反,磷肥先施在水稻上时,对下季作物小麦的后效很小,即能为小麦吸收利用的磷量远远低于磷肥施给当季小麦所吸收的磷量。这说明在水—旱的轮作方式中,残余的磷肥是向着难效的方向转化的。田间轮作试验(水—旱)的结果,在表观上不易觉察,实际上这种转化是同样存在的。否则,就无法解释在晚大豆上继续施用磷肥时的肥效(24%)又是如此明显。虽然,这种转化过程在程度上不如盆栽试验中那样显著,但趋势是一致的。土壤磷素向难效方向的转化,实质上也就是磷酸铁化合物由无定形态向晶形态的老化过程。因此,从理论上可以推断,土壤中的一部分磷素,即非闭蓄态磷酸铁化合物向着有效或难效的二个相反方向的转

化过程,在水旱輪作交替的情况下,可能与一个可逆性的化学反应相似,不断地和反复地在进行着。

(四) 从土壤磷素轉化探討磷肥的合理施用

在上述試驗研究的基础上,有可能对于磷肥的合理施用提出一些参考意見。从南方紅壤地区水旱两类作物来考虑,按現在国家对磷肥的供应情况,磷肥應該主要施用在旱作上面。因为在酸性土壤中,一般都含有較大量的磷酸鉄化合物,在种植水稻时,可以借助于土壤中这部分磷素的有效轉化过程,使土壤磷素的供应水平相对地高于种植旱作时的情况,所以旱作对磷肥的需要性更为迫切,磷肥对旱作的經濟效益也就会超过水稻。我們在双季稻地区进行旱—水輪作試驗,并不是企图推广这种輪作方式,而是与另一些輪作試驗統一比較,目的是研究在一年內以水稻为中心的整个輪作中合理施用磷肥的方案。根据上述的一些研究可以指出,将磷肥施用在冬季綠肥或冬季豆科綠肥上,不仅当季綠肥吸收的磷素和从大气中获得的氮素可供下季水稻利用^[7],而且殘余的磷肥由于漬水还原的轉化过程,几乎完全可以再被下季水稻所利用。因此,这样的施磷方法,除了可以达到“以磷增氮”这一目的以外,还能充分發揮殘余磷肥的經濟效益,所以是磷肥合理施用的最好方法之一。由于冬季綠肥上殘余的磷肥在下一季作物水稻上可以再被利用,所以在下一季水稻上,只需按南方农民习惯使用的沾秧根方法施用少量磷肥(一般 10 斤/亩左右)就能滿足这季水稻对磷素养分的需要。这是由于,在水稻的生长初期,气温較低,土壤中的磷酸鉄的有效轉化还刚开始(室內試驗結果指出,在第四紀紅壤性水稻土中加一定量稻草在 30℃ 漬水培育后,在 3 天后还原条件已經形成,但磷酸鉄的还原过程在 10 天以后还没有明显变化),土壤有机磷(来自作物殘根及农家肥料)的矿化速度也較慢^[8],而水稻根系幼小,根表面积有限,吸收磷素养分的能力亦較弱,所以此时磷素的供应必須依賴于一部分磷肥的补給。但是随着水稻的生长,殘余在土壤中的磷肥轉化,这样使新形成的水稻根系需要的磷素养分有了客观供应的可能,所以在生长中期以后,水稻的磷素营养主要可依賴于殘余磷肥的活化来供給。对于晚稻,根据田間的試驗結果,在中等肥力水平的土壤上,磷肥虽然在水稻生长初期表現了一定效果,但在穗分化期以后就完全消失,产量上不能获得磷肥的經濟收益,因此可以尽量少施(5 斤/亩左右,仍用沾秧根方法),或者不施(对肥力水平中等以上的土壤)。磷肥所以对晚稻不能見效的原因,主要也与土壤长期漬水还原而使土壤中的非閉蓄态磷酸鉄变得充分有效有关。根据試驗結果,初步看来,在本試驗的土壤条件和所获得的产量水平下,假如一年总的磷肥(鈣鎂磷肥或者过磷酸鈣)用量在 40 斤/亩(二季粮食作物)左右是比較合适的。这样的用量既充分經濟地利用了磷肥,又基本上滿足了每季作物对磷素的需要,既發揮了土壤潜在磷素的供应能力,但仍保持了土壤的肥力水平而且略有提高。

三、摘 要

盆栽試驗和不同水旱輪作的田間試驗結果表明,在含有大量非閉蓄态磷酸鉄化合物的南方酸性和中性土壤中,在同一条件下,磷肥对旱作的肥效远較对水稻显著。在輪作中,磷肥的后效亦有两种情况:在旱—水(早大豆—水稻)輪作中,殘余在土壤中的磷素供应水平与繼續施用过磷酸鈣的供应水平比較,在水稻产量上几乎完全相等;但是,在水—

旱(早稻一晚大豆)輪作中,則繼續施用过磷酸鈣的,在晚大豆产量上又增加 24%。

磷肥对水稻和旱作的肥效有所差异的原因,主要是由于在漬水还原条件下土壤磷素向有效的方向轉化所致,而其实質就是土壤中非閉蓄态的磷酸鉄化合物的有效轉化。这种轉化过程的方向及其对磷肥后效的影响視条件而异。在旱一水輪作时,施在旱作上的殘余磷肥由于漬水还原条件的影响而向着有效的方向轉化;在水一早輪作时,則向着难效的方向轉化。因此,在水旱交替的輪作过程中,土壤磷素向有效的或难效的两个相反方向的轉化过程,即土壤中非閉蓄态的磷酸鉄化合物的活化和老化过程,可能是不断地反复地进行着的。

根据上述的試驗結果,对于南方含有大量非閉蓄态的磷酸鉄化合物的酸性和中性水稻土的磷肥合理施用問題提出了一些参考意見。

参 考 文 献

- [1] Fried, M. et al.: A concept concerning the measurement of available soil nutrients. *Soil Sci.*, 73: 263—271, 1952.
- [2] Fried, M.: "E", "L" and "A" values. 8th. Intern. Congr. Soil Sci., Abstracts of papers, Vol.4., p.18.
- [3] 中南土壤研究室: 过磷酸鈣在黑泥格田的肥效初报。1963。(未发表)。
- [4] 蔣柏藩、鲁如坤等: 南方水稻土中的磷酸鉄对水稻磷素营养的意义。土壤学报, 11 卷 4 期, 361—369 页, 1963。
- [5] 鲁如坤、蔣柏藩: 我国南方几种水稻土的磷肥施用問題。土壤学报, 10 卷 2 期, 175—182 页, 1962。
- [6] Chang, S. C. and Chu, W. K.: The fate of soluble phosphate applied to soils. *J. Soil Sci.*, 12: 286—293, 1961.
- [7] 李庆遠等: 海州磷灰石肥效試驗的初步报告。土壤学报, 2 卷 1 期, 37—42 页, 1952。
- [8] Thompson, L. M. and Black, C. A.: The effect of temperature on the mineralization of soil organic phosphorus. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, 12: 323—326, 1947.

STUDIES ON THE METHODS OF APPLICATION OF PHOSPHATIC FERTILIZER IN RELATION TO THE YIELD OF CROPS

R. K. LU, P. F. CHIANG AND Y. S. MU

(Institute of Soil Science, Academia Sinica)

SUMMARY

In order to study the effect of the methods of application of phosphatic fertilizer on the yield of crops in dry land crop-rice rotation, pot and field experiments on various soils of different pH value and phosphorus composition were conducted. Results obtained showed that the response in yield of wheat or soybean to superphosphate was much more prominent than that of rice in the acid and neutral paddy soils containing large amount of non-occluded iron phosphates. Furthermore, there was good residual effect of superphosphate on rice when the superphosphate was applied to its proceeding crops (wheat or soybean). Additional application of superphosphate to rice in the soybean-rice rotation gave no increase in its yield, whereas the supplementary supply of phosphatic fertilizer to soybean in the rotation of rice-autumn soybean gave marked increase in yield of this subsequent crop.

The improvement of the nutrition status of phosphorus in soil after water-logging, as was revealed by the response in yield of crops to phosphatic fertilizer and by the change of "A" value of soil phosphorus, is practically due to the change of the status of iron phosphates in soil. Non-occluded iron phosphates, through the reduction of ferric ion to ferrous state, are converted into a more available form under water-logged condition. This reaction, however, seems to be reversible. The availability of iron phosphates was decreasing again when the rice field was once drained off for dry farming.

From the results obtained it is concluded that for the acid and neutral paddy soils containing large amount of non-occluded iron phosphates, as in cases prevailing in the red earth region in southern China, it seems to be an appropriate recommendation to apply phosphatic fertilizer to dry land crop and leave its residual effect to meet the need of rice.