

# 陕 西 土 壤

## 磷素状况和磷肥有效施用的研究

李鼎新

### 提 要

本文对陕西省约400个耕层土壤样品和15个土壤剖面的磷素含量、组成和供给进行系统的研究,并采用根兹布勒哥—列别捷分级系统对Ca—P的组分进行了测定。结果表明,在Ca—P级中,约64—85%是磷灰石;10—24%是 $\text{Ca}_3\text{—P}$ ;  $\text{Ca}_{1..2}\text{—P}$ 只占4—18%。

研究表明,全省土壤有效磷的供给水平是低的,平均只有5.4ppm;Ca—P和Al—P与土壤有效磷呈正相关,与Fe—P呈负相关。本文还采用Olsen法连续测定土壤有效磷,本文谓之“土壤活性磷”。它因土壤的不同而变化较大,黄泥巴10ppm;黄绵土12ppm;塬土33ppm;菜园土126ppm。土壤活性磷是评价土壤供磷的重要依据,土壤含活性磷高的,供磷潜势大;反之则低。根据土壤供磷潜势低和磷肥移动有限的特点,建议集中深施在根系附近和水分供应的适当位置。

磷是植物的重要营养元素之一,也是土壤肥力的重要标志之一。近年来的研究及土壤普查结果,表明土壤缺磷是陕西地区土壤的一个重要肥力问题。渭北旱原把磷肥作为发展生产的突破口。但实践证明,磷肥增产幅度各地不一。因此,如何有效地施用磷肥,涉及到土壤磷肥力的评价问题。所以,全面系统地研究本省的土壤磷素状况、供磷水平,是磷肥合理分配及合理施用的重要依据。

### 一、供试土壤和分析方法

根据陕西省主要土壤类型及地理分布规律,分别采集耕层(0—20厘米)土壤样品400个。另外,按不同的土壤类型,分别按发生层次采集土壤剖面土样15个。

土样采回后,风干、除去根系、磨细,通过1.0及0.25毫米的筛子过筛,备用。

土壤含磷的测定采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{—HClO}_4$ 酸溶法;土壤有效磷采用Olsen法和Bray I法;土壤有机磷采用干烧法;土壤无机磷分级采用张守敬和杰克逊的方法;土壤磷酸钙的分级采用根兹布勒哥—列别捷的分级系统测定,即 $\text{pH}4.8$ 、1%  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{—pH}4.2$ 、0.5N HOAC—0.5N  $\text{NH}_4\text{F}$ —0.1N  $\text{NaOH}$ —0.5N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 系统。

### 二、结果和讨论

#### (一)陕西土壤磷素含量和形态组成

##### 1. 土壤含磷水平和分布

陕西地区气候从北到南差异很大,不同生物气候带组成的母质及发育的土壤类型各异。土壤含磷水平不同,测定结果见表1。

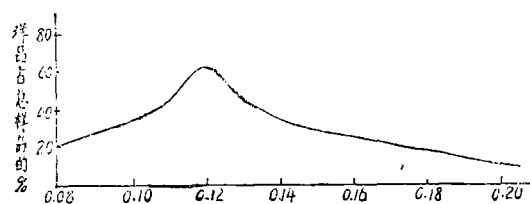
表 1 陕西地区土壤全磷的含量 ( $P_2O_5\%$ )

土 壤	地 点	样 品 数	范 围	平 均 数 ( $\bar{X}$ )	标 准 差 ( $S$ )	变 异 系 数 ( $cv\%$ )
风 沙 土	靖边、榆林	16	0.02—0.117	0.045	0.0153	16.8
沙 绵 土	绥德、米脂	44	0.105—0.145	0.125	0.0156	12.1
黄 绵 土	延安、安塞	85	0.106—0.156	0.132	0.0124	9.0
黑 垆 土	洛川、长武	20	0.096—0.180	0.138	0.0161	12.0
塬 土	蒲城、武功	134	0.065—0.290	0.140	0.0191	13.1
黄泡土(北)	汉中、安康	20	0.021—0.136	0.081	0.0135	12.1
黄泡土(南)	西乡、镇巴	8	0.026—0.180	0.096	—	—
黄 泥 巴	汉中、安康	23	0.02—0.145	0.074	0.0146	20.1
水 稻 土	汉中、西乡	30	0.049—0.169	0.104	0.0126	10.2

统计分析表明,陕西省地区土壤全磷介于0.02—0.23%之间,最高达0.34%,平均为0.12%,低于地壳的含磷量(0.28%),介于我国土壤含磷范围(0.04—0.25%)。

土壤全磷含量呈偏态分布(图1)。

土壤全磷分布区域是北部风沙土最低,向南逐渐增高,到陕南又降低,构成山脊型分布。依次为风沙土<沙绵土<黄绵土<黑垆土<塬土,陕南的水稻土、黄泥巴和黄泡土低于黑垆土和塬土。

图 1 土壤全磷分布曲线 ( $n=87$ )

## 2. 土壤磷素在剖面中的分布及特征

陕西地区土壤全磷在剖面中的分布特征见图2所示。

## 3. 土壤磷素形态和组成

土壤磷素形态和组成是母质和成土作用的函数,与土壤地带分布密切相关。测定结果见表2。

由表2可知,陕西地区大多数土壤含有机磷水平很低,占全磷8.5—23%,平均为14%。根据本省黄土区范围内26个样品统计,土壤有机磷和土壤有机质间呈正相关( $r=0.9126$ ),直线方程为 $y=161.29-36.54x$ 。土壤有机质是土壤肥力的重要指标之一,高肥力土壤,有机磷高;反之亦然。陕西省土壤有机磷的含量分布大致是北部低,逐渐向南增高。

不同生物气候条件下,不同类型土壤的无机磷的组成及分异在很大程度上与成土母

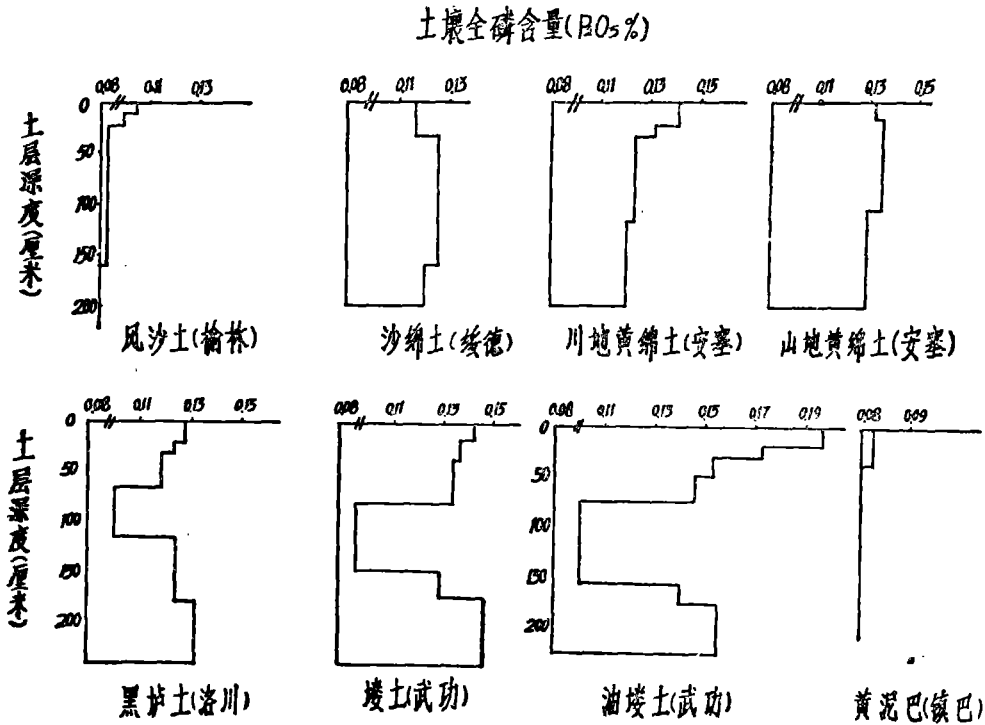


图2 土壤全磷在土壤剖面中的分布

质和风化作用密切相关。在关中和陕北高原区的主要土壤中，大多数耕层土壤以Ca—P为主要形态，占全磷的47—82%，Al—P很少，占1.6—5.5%；Ca—P自北而南渐减，而铁磷却增加。Fe—P和O—P是土壤风化作用的产物，能够反映土壤风化作用的强弱，如北部的风沙土，风化作用弱，Fe—P检不出，O—P很少。自北而南Al—P和Ca—P逐渐减少，Ca—P占全磷%由风沙土、沙绵土的71—82%减少到黑垆土和塬土的58—63%，Fe—P和O—P增加由检不出到9.7—12.6%，尤其是塬土的粘化层，Ca—P减少到占全磷47—55%；铁磷却增加相当数量，占全磷18—33%；在陕南秦巴山地区，由于副热带气候和成土母质形成另一种类型土壤，风化作用很强烈，土体中碳酸钙遭受淋失，Ca—P减少，占全磷的47%，Fe—P和O—P显著增加，分别占全磷8.7%和18.6%，黄泡土大多发育在花岗变质岩上，Ca—P测不出，Fe—P和O—P占全磷15.4%和47.2%。

如前所述，Ca—P在土壤总磷中占有很大的比重。Ca—P的结合形态是多种多样的，溶解度不同，表现土壤供磷的强弱各异。M. B. Sen, Gupta等，用0.5N HOAC把Ca—P分为磷灰石和非磷灰石，彭祥林测定塬土结果表明，塬土中Ca—P大部分是磷灰石，非磷灰石的含量和土壤性质有关。由于M. B. Sen和Gupta的分级方法不完善，我们改用根兹布勒哥—列别捷分级系统测定了陕西地区土壤中的Ca—P盐，结果见表3。

表3资料表明，在被测定的土壤中，Ca—P主要是以磷灰石形态存在，占土壤中Ca—P的64—85%，Ca<sub>1,2</sub>—P和Ca<sub>3</sub>—P含量因土壤性质不同而异，Ca<sub>3</sub>—P占全磷的10—

表2 陕西主要土壤磷素形态组成(张守敬—杰克逊方法)(P-ppm)

土 壤	层次深度 (厘米)	全 磷 (ppm)	有机磷 (ppm)	无机磷 (ppm)	无 机 磷 组 成 (%)				
					水溶磷	铝 磷	铁 磷	0—p	钙 磷
风沙土	0—20	438	7.5	92.6	2.0	1.8	0	5.9	82.9
绵沙土	0—10	560	8.9	91.2	0.8	4.2	0	6.0	80.2
	23—40	480	9.0	91.0	0.4	4.7	0	6.6	79.3
黄绵土	6—12	602	15.0	85.0	1.3	3.8	0	8.3	71.6
	33—71	530	14.2	85.8	0	3.9	0	5.6	76.3
	110—	519	5.9	94.0	0	5.0	0	6.7	82.3
黑垆土	6—20	515	20.1	80.8	0	5.0	1.7	9.7	63.5
	65—110	420	26.5	74.0	0	0	3.0	15.4	55.1
	200—	560	10.1	90.0	0	0	1.7	10.2	78.0
矮 土	0—16	640	22.1	78.0	1.5	5.6	0	12.6	58.2
	76—118	415	17.1	83.0	0	1.6	2.6	31.0	47.9
	340	627	10.3	89.6	0	3.1	0	11.4	75.1
黄泥土	0—17	455	23.0	76.9	0	1.7	8.7	18.6	46.9
	45—105	430	14.1	85.9	0	0	11.1	17.4	57.4
黄泡土	6—10	380	32.8	67.2	0	4.6	15.4	47.2	0
	70—80	215	29.7	70.2	0	0	14.9	55.3	0

表3 陕西地区磷酸钙盐的组成

土 类	地 点	层 次 深 度 (厘米)	全 磷 (ppm)	Ca <sub>1.2</sub> —P		Ca <sub>3</sub> —P		磷灰石类	
				P—ppm	%	P—ppm	%	P—ppm	%
风 沙 土	榆 林	0—20	440	15	5.4	45	16.3	216	78.2
	靖 边	0—20	410	10	4.4	40	17.7	175	77.8
黄 绵 土	米 脂	0—10	560	14	3.2	47	10.8	371	85.8
	安 塞	0—12	602	18	4.5	60	14.9	323	80.5
黑 垆 土	洛 川	0—20	515	20	6.3	70	22.1	226	71.5
矮 土	武 功	0—16	640	33	7.9	100	24.0	282	67.9
	蒲 城	0—15	632	33.4	9.0	56.0	15.3	277	75.6
黄 泥 巴	汉 中	0—17	455	40	18.4	37	17.1	140	64.5

24%， $Ca_{1,2}$ -P占全磷的3—18%，与彭祥林（1965年）分级测定结果的趋势相吻合。统计表明， $Ca_{1,2}$ -P与土壤有效磷间呈正相关（ $r=0.8465$ ），达显著水平。

(二)陕西土壤有效磷水平和供给特性

1. 土壤有效磷含量和分布

如前所述，土壤磷素有效性是一个十分复杂的问题，它主要决定于不同形态磷间的动态平衡。研究表明，土壤有效磷和全磷与有机质之间呈正相关（ $r=0.7813, r=0.9216$ ）。碳酸钙与土壤有效磷呈负相关（ $r=-0.8413$ ）。

众所周知，Olsen法普遍用于我国北方石灰性土壤。我们用Olsen法测定土壤有效磷，与生物产量作相关性检验，说明Olsen均适于本地区土壤。用Olsen法测定结果，塋土、黄泡土有效磷与作物产量呈显著正相关（ $r=0.4511, r=0.6525, N=25$ ）。以Olsen法测定土壤有效磷的结果见表4。

表4 陕西地区土壤有效磷的含量（P-ppm）

土 壤	地 点	样 品 数	范 围	平均数 ( $\bar{X}$ )	标准差 (S)	M=95% 置信区间	<5ppm 占样品%
风沙土	榆林、靖边	16	0—5.2	2.0	1.5	$2 \pm 1.19$	77
沙绵土	绥德、米脂	51	痕—12.2	3.6	3.6	$3.6 \pm 1.92$	67
黄绵土	延安、安塞	85	痕—14.5	4.8	3.3	$4.8 \pm 1.22$	62
黑垆土	长武、洛川	45	2—18.5	5.4	4.2	$5.4 \pm 1.44$	51
塋 土	蒲城、武功	154	3.1—34.0	10.1	6.7	$10.1 \pm 2.16$	35
黄泥巴	汉中、安康	18	痕—14.2	4.2	3.6	$4.2 \pm 2.19$	64
黄泡土	南郑、岚皋	61	痕—14.0	4.0	4.5	$4.0 \pm 3.47$	56
水稻土	汉中、西乡	8	8.0—25.0	7.2	—	—	—

表4资料表明，全省土壤有效磷变幅很大，约为0—34ppm；平均为5.4ppm。土壤有效磷呈偏态分布（图3）。

土壤有效磷的分布是北部低，自北向南逐渐增高，到陕南又降低。依次为风沙土<沙绵土<黄绵土<黑垆土<塋土；塋土>黄泥巴<水稻土。在所有的土壤中，以菜园土和污灌土壤含有效磷最高。

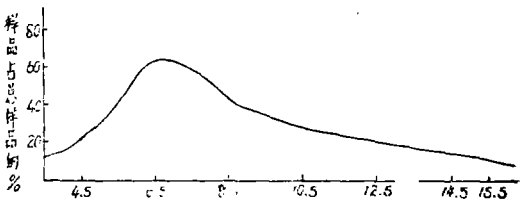


图3 土壤有效磷分布曲线（ $n=87$ ）

土壤有效磷在剖面中的分布情况见图4所示。

2. 土壤有效磷的供给特性

(1) 磷在土壤中的迁移和转化

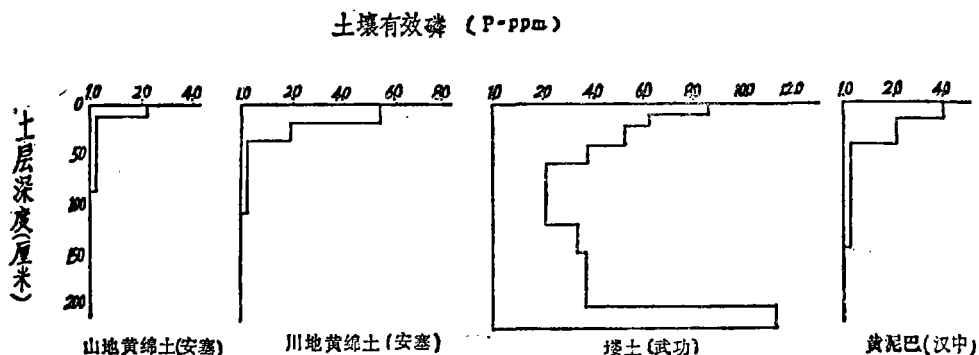


图4 土壤有效磷在剖面上的分布

我所同位素室应用 $^{32}\text{P}$ 研究磷酸盐在黄泥巴、塿土和沙绵土的扩散试验,结果说明,磷酸盐在土壤中的扩散移动范围很小。当土壤湿度在田间持水量时,磷的扩散距磷源3—4厘米,其中约80—97%的磷酸盐被截留在1厘米土层范围内。磷酸盐的扩散和土壤颗粒粗细有关,土壤颗粒愈细,扩散愈近,反之则远。米脂黄绵土扩散范围大,延安黄绵土次之,塿土更次之,黄泥巴最小。

磷酸盐的扩散移动和土壤含水量间呈正相关( $r=0.996$ ),土壤含水量为10%时,磷的扩散距离为1.5—2.5厘米,大于20%时为2.5—4.0厘米。根据我所水分组的资料,陕西地区土壤水分常年处于非饱和状态,一般12—16%。由此可知,磷酸盐在塿土、黄绵土中的扩散距离只能是2—3厘米。

磷在土壤中的转化实验表明,本省土壤无论是高钙土壤还是低钙土壤,对磷酸盐的吸持速度快,数量大。磷施入土壤后当时测定,土壤对磷的固定率为21.7—31.3%,14天后为37.0—49.0%,25天后为41—58%,50天后结果与25天接近,表明土壤对磷的固定约30天基本上达到平衡。

磷转化测定结果表明,在高钙土壤中,磷酸盐主要转化为 $\text{Ca-P}$ ,占次生磷盐的60%左右,生成的 $\text{Al-P}$ 很少,未见 $\text{Fe-P}$ 形成。在低钙土壤上,磷酸盐和胶体边缘的 $\text{Al}^{+++}$ 、 $\text{Fe}^{+++}$ 成配位结合,生成 $\text{Al-P}$ 和 $\text{Fe-P}$ ,占次生磷酸盐的34%和24%,生成的 $\text{Ca-P}$ 很少,占次生磷盐的28%,60天后, $\text{Al-P}$ 减少;一年后, $\text{Ca-P}$ 也减少, $\text{Fe-P}$ 增加,表明 $\text{Al-P}$ 和 $\text{Ca-P}$ 向难溶性的 $\text{Fe-P}$ 转化。施入低钙土壤中的磷盐,60天后,水溶磷已不能测出,但在高钙土壤中水溶磷还保持相当的数量。

值得指出的是,在高肥土壤上,施入的磷盐转化成为各种磷酸盐,其中水溶磷的回收率较高,占次生磷盐的52—60%;但是,次生的 $\text{Ca-P}$ 较低,占次生磷盐34—42%,一年以后, $\text{Al-P}$ 和 $\text{Ca-P}$ 增加,而水溶磷还保持相当的数量。

## (2) 磷素形态与有效磷的关系

从表5看出,Olsen浸提土壤有效磷与黄绵土、塿土和黄泥巴的 $\text{Al-P}$ 、 $\text{Ca-P}$ 呈正相关( $r=0.7926$ ,  $r=0.6678$ ),与 $\text{Fe-P}$ 呈负相关( $r=-0.5576$ ),表明Olsen法能够

按照土壤中的Al—P和Ca—P成比例的提取土壤有效磷，Olsen法与黄泡土中的Al—P、Fe—P呈正相关，Bray I 浸提的土壤有效磷与黄泡土中的Al—P、Fe—P呈正相关。说明Olsen和Bray I 法能够按照黄泡土中的Al—P、Fe—P成比例的提取有效磷。由此可知，Olsen法较Bray I 法适应性更广，可以作为陕西地区土壤有效磷测定的标准方法。

表 5 磷素形态与有效磷和土壤供磷的关系

磷素形态		塿 土			黄 绵 土			黄 泡 土		
		Al—P	Fe—P	Ca—P	Al—P	Fe—p	Ca—P	Al—P	Fe—P	Ca—P
测定方法	Olsen	※※ +0.7926	※※ -0.5576	※※ +0.6678	※※ +0.5678	——	※※ +0.6421	※※ +0.9641	※※ +0.6158	——
	Bray I	——	——	——	——	——	——	※※ +0.9904	※※ +0.7419	——
统计数		n=20			n=6			n=6		
吸磷率 (%)	玉米	※※ +0.7429	0	※※ +0.4398	——	——	——	——	——	——
	小麦	——	——	——	※※ 0.7055	0	+0.3615	——	——	——

### (3) 磷素形态与施磷效应的关系

表 6 资料表明，沙绵土、黄绵土和塿土中的水溶磷，Al—P与施磷效应呈负相关，表明土壤中的水溶磷和Al—P是作物的磷源；Fe—P与施磷效应呈正相关，表明Fe—P不是作物的磷源。黄绵土和塿土中的钙磷和施磷效应不显著。说明Ca—P含量虽然很高，但Ca<sub>1,2</sub>—P低。由此可知，在石灰性土壤上，Ca—P的总量很高，并不表明它就是作物的磷源；对于陕南的水稻土，Al—P和Fe—P才是水稻的磷源。

表 6 磷素形态与施磷效应关系

项 目	无 机 磷 组 成			
磷素形态	水 溶 磷	Al—P	Fe—P	Ca—P
施磷效应	※※ -0.8111	※※ -0.7796	※※ +0.6949	-0.1235

### (4). 土壤活性磷及其供磷潜势

判断磷素的供给水平，过去只重视土壤供磷的强度因素，却忽视土壤中的供磷容量因素。丹麦Larsen等人提出，在土壤中存在一个活性磷库，并绘制出土壤溶液、非活性磷和活性磷三者平衡关系图式。

我们采用Olsen法连续浸提测定土壤有效磷，至最后一次浸提土壤有效磷检不出为止。不同土壤各次测定的土壤有效磷之和，即土壤潜在的可给态磷，谓之土壤活性磷。测定结果见表 7。不同土壤类型土壤活性磷的含量差异很大，陕南的黄泥巴10ppm，黄绵土12ppm，黑垆土和塿土分别为24和33ppm。土壤活性磷的高低和土壤肥力密切相关，菜园土和川菜地分别为126ppm和132ppm，污灌土壤为134ppm。

土壤活性磷的水平分布与土壤有效磷的分布趋势一致，自北向南逐渐增加，到陕南

表 7 土壤活性磷含量 (P—ppm)

土 名	层 次	地 点	项 目	连续测定土壤有效磷的含量											活 性 磷	E 供磷潜势
			次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
沙绵土	耕层	米脂	2.5	2.3	0										4.8	1.9
沙绵土	心土层	米脂	0	0											0	0
沙绵土	耕层	绥德	2.0	1.6	0										3.6	1.8
川菜沙绵土	耕层	绥德	25	23.0	22.0	17.0	14.0	12.0	7.0	5.6	4.0	3.20	0		132	5.4
黄绵土	耕层	安塞	5.8	3.8	2.4	0									12.0	2.1
黄绵土	心土层	安塞	0	0											0	0
黄绵土	底土层	安塞	痕	0											0	0
梯田黄绵土	耕层	安塞	7.0	6.0	4.5	2.0	1.0	0							2.0	2.8
黑垆土	耕层	洛川	8.5	6.0	5.2	2.0	2.0	0							23.7	27.0
楼 土	耕层	杨陵	8.5	7.3	5.5	5.2	2.7	2.0	2.0	0					33.2	3.9
楼 土	粘化层	杨陵	2.7	1.7	1.6	1.0	0								7.1	2.6
楼 土	钙积层	杨陵	3.2	1.8	1.2	0									6.2	1.9
楼 土	母质层	杨陵	6.5	4.5	4.0	0									15.0	2.3
污灌楼土	耕层	西安	26.0	25.0	18.0	17.0	14.0	10.0	6.5	5.4	5.0	4.2	2.0	134.0		5.1
黄泥巴	耕层	汉中	4.2	3.0	2.8	0									9.8	2.3

又降低。

土壤活性磷在剖面中垂直分布亦是表层高，底土层低，大多数心土层就检不出。

土壤活性磷与一次测定土壤有效磷的含量呈正相关 ( $r=0.7612$ )，与土壤中的水溶磷，Al—P和Ca—P的总和呈正相关 ( $r=0.7312$ )。

土壤活性磷是土壤肥力的重要指标，是评价土壤供磷的依据。土壤活性磷高的，土壤供磷潜势大，反之则低。我们以土壤供磷潜势作为土壤供磷的指标，用 $E=Q/I$ 表示 ( $E$ —供磷潜势， $Q$ —土壤活性磷， $I$ —一次测定的有效磷)。根据测定的资料，将土壤供磷潜势分为三级：当 $E<3.0$ ，为低供磷土壤，如风沙土、沙绵土、黄绵土、黑垆土和黄泥巴；当 $E=3.0\sim5.0$ 时，为中供磷土壤，如油楼土、黄塔土和部分水稻土；当 $E>5.0$ 时，为高供磷土壤，如菜园土、果园土、污灌土和水稻土。

### (三)磷肥的有效施用

1. 适当深施磷肥，利用底墒，促进磷肥增产作用的发挥。植物依靠根系从土壤中



吸收磷素营养,这个作用是通过水分实现的,我们选择瘠土和黄绵土,在五种含水量(12%, 16%, 20%, 24%, 26%)条件下,对磷肥的增产效益进行了测定。结果表明,土壤水分低于最大吸湿水时,两种土壤都表现出施磷效果不明显,随着土壤含水量增加到田间持水量时,磷肥的效果以直线上升,而土壤含水量超过田间持水量时,则磷肥的增产效果不再增加。

不难想象,在自然状态下,土壤水分经常处于非饱和状态,为了提高磷肥肥效,保证磷肥移动的最低水分条件,要适当深施,利用土壤底墒水分条件,促进苗全,苗壮。到底施多深合适?一是根据墒情,二是根据作物根系的深浅,关键是要施在底墒处。田间试验资料表明,深施的小麦增产59.6%,浅施的增产29.6%。近年来,在陕北或渭北旱原区推广的套二犁施磷方法,证明增产效果显著,坡地小麦增产75%,谷子增产65%。

必须强调指出,在有灌溉的条件下,磷肥应优先施在灌溉地上,田间试验表明,亩施磷肥40斤,水浇地小麦增产78%,旱地增产25%。

**2. 磷肥与有机肥配合使用。**T.D. Dalton, H.D. Chapman研究土壤中常见的几利有机物对土壤供磷的影响,认为伴随肥料能引起土壤供磷的显著变化,其中以有机肥尤为突出。我们选择有机质不同的两种土壤(0.75%和1.65%),加入磷溶液,测定结果表明,土壤有机质低的土壤对磷的固定比含量高的土壤增加24.2%。田间试验证明,磷肥与有机肥配施增产效果显著,单施磷肥小麦增产78.9%,与有机肥配合施用小麦增产179.3%。

彭琳将磷肥与有机肥配合施用的联应分为以下三个指标:联应值 $<0.9$ 为负联应; $0.9-1.1$ 为零联应; $>1.1$ 为正联应。据此,我们对田间试验资料进行了计算,结果表明,亩施20斤磷肥,配合有机肥联应值0.87;亩施40斤磷肥,配合有机肥联应值1.28;亩施80斤磷肥的联应值0.98。由此得出,在本试验条件(土壤有机质0.65%,有效磷3.2ppm)下,亩施40斤磷肥,配合有机肥施用,其效果优于单施效果。

**3. 氮磷配合施用,以氮促磷。**多数学者认为,陕西地区大多数土壤既缺磷又缺氮,单施效果皆不显著。各地试验资料表明,氮磷配合施用增产效果显著,每斤磷增产9.6—12.1斤。氮磷配合增产的幅度与土壤中N/P有关。赵庚中(1984年)通过田间试验,对不同土地类型土壤氮磷联应值计算结果表明,坡地氮磷联应值70斤/亩,川地14.9斤/亩,梯田10.0斤/亩,塬地18.0斤/亩,坡地高出其它土地类型3.6—7.0倍。

氮磷配合的增产效果与氮肥品种有关。盆栽试验证明,氨态氮肥增产40%,硝态氮肥增产10.0%,与有机物结合的氨态氮肥优于无机氨氮肥。

**4. 集中施用磷肥。**磷肥集中施与混施,目前尚有不同的认识。究竟怎样施用,将取决于土壤条件和磷肥的用量。田间试验结果表明,磷肥撒施作底肥,小麦亩产397斤;作种肥亩产367斤;一半作底肥,另一半作种肥,亩产小麦400斤。所以说,磷肥集中作种肥或种肥与底肥结合施用较好。

### 三、结 论

1. 陕西地区土壤全磷介于0.02—0.23%之间,平均0.12%,介于我国土壤含磷范

围内(0.04—0.25%)。土壤全磷呈偏态分布。土壤全磷水平分布是陕西北部和南部两端低,中部高。依次为风沙土<沙绵土<黄绵土<黑垆土<塬土,陕南的黄泥巴、黄泡土、水稻土低于黑垆土和塬土。

2. 土壤磷素形态与土壤水平分布规律具有相关性。在磷素形态组成中,土壤有机磷含量少,占全磷8.5—23%,平均为14%,土壤有机磷和土壤有机质的含量密切相关。土壤有机质高的,有机磷也高,反之则低。陕西土壤有机磷含量分布大致是北部低,向南逐渐增高。

在无机磷组成中,大多数耕层土壤以Ca—P为主,占全磷47—82%,Al—P很少,Ca—P自北向南渐减,而Fe—P增加。Fe—P由检不出到占全磷的3.0%;O—P由占全磷的5.9%增加到18.6%。陕南的黄泥巴是另一种类型土壤,Ca—P占全磷47%,Fe—P占全磷8.7%,O—P占全磷的18.6%。

土壤中磷酸钙盐进一步分级测定结果表明,陕西土壤中磷酸钙盐以磷灰石为主,Ca—P占64—85%,Ca<sub>3</sub>—P占10—24%,Ca<sub>1、2</sub>—P含量少,占3.2—18%。

3. 土壤磷素的供给水平受全磷、pH值、有机质和碳酸钙的影响。土壤有效磷与全磷、有机质呈正相关,与碳酸钙呈负相关。陕西主要土壤有效磷含量介于0—29ppm,平均为5.4ppm,南北两端低,中间高。全省土壤有效磷供给水平低。

土壤活性磷和土壤肥力密切相关,它是土壤肥力的重要指标。当土壤供磷潜势小于3.0时为低供磷土壤,当大于5.0时,则为高供磷土壤。

4. 根据陕西土壤供磷水平低的特点,增施磷肥是改善和提高土壤肥力的重要措施。在施用磷肥时,粘重土壤多施,轻质土少施。要集中深施在根系附近和水分供应的适当位置上,利用底墒发挥磷肥的增产效果。同时配合氮肥或有机肥,提高磷肥的施用效果。

### 参考文献

- [1] 陕西省农业勘测设计院,陕西农业土壤,陕西科学技术出版社,1982.
- [2] 李鼎新等,杏子河流域坡耕地土壤肥力状况及培肥措施,中国水土保持,1984(7).
- [3] 李鼎新、赵庚申,陕南汉江流域黄泥巴特性及改良利用,土壤,1961(9).
- [4] 中国科学院南京土壤研究所,土壤理化分析,上海科学技术出版社,1978.
- [5] 张守敬、M.L.Jackson, Fraction of Soil Phosphorus, Soil Sci., 1957, Vol. 84, No. 2.
- [6] 黎耀辉,石灰性土壤上几种测定有效磷方法的比较,土壤学报, 11卷, 1963(2).
- [7] M.B.Sen Gupta, 史和译,石灰性土壤中的磷,土壤译丛, 1965(6).
- [8] P. H. Hsu M. L. Jackson, Inorganic phosphate transformations by chemical weathering in soils as influenced by pH, Soil Sci., 1960, Vol. 9, No. 1.
- [9] 李鼎新,关中塬土磷素状况及影响磷素有效性因子的研究,土壤通报, 1980, (6).
- [10] 李祖荫,石灰性土壤中碳酸钙在固磷中的地位,西北农学院学报, 1981(2).
- [11] 傅明华等,上海土壤磷素状况的研究,土壤学报, 1979(4).
- [12] 李鼎新、赵庚申,杏子河流域土壤含磷情况和磷肥增产效果,土壤, 1977(4).
- [13] 李鼎新等,黄绵土磷素状况和磷肥肥效,陕西农业科学, 1982(3).

# A Study on the Status of Soil Phosphorus and Available Application of Phosphorus Fertilizer in Shaanxi Province

Li Dingxin

## ABSTRACT

Deficient in soil phosphorus is an important problem of soil fertility in whole area of Shaanxi province. The results obtained from the study indicated that the total content of soil phosphorus range 0.04 to 0.25%, averaging 0.12%.

Study on forms of soil phosphorus indicated that the content of organic phosphorus are low, with an average 14%, however, the content of mineral phosphorus is very high, average 68%, the content of Ca-P in which makes up 47-82% of the total phosphorus and Al-P is very little, Ca-P and Al-P gradually reduce and Fe-P increases with the increasing weathering from the north to south. The fact shows that the phosphorus in the soil gradually transformed into insoluble Fe-P.

"Huang Niba" soil is another kind of soil in southern Shaanxi, in which Fe-P account to 27.3% of the total phosphorus, Ca-P 47%.

The results of study on Ca-P indicated that apatite makes up 64-85% of Ca-P,  $\text{Ca}_3\text{-P}$  10-24%,  $\text{Ca}_{1,2}\text{-P}$  4-18%.

Phosphorus supply in the soil is not adequate in Shaanxi. The content of available phosphorus in the soil ranges from zero to 34 ppm, with average value of 5.4 ppm.

The study on labile-P in the soil is of great importance in Shaanxi province. It is an important index to evaluate phosphorus fertility in the soil. The study shows that the content of labile-P in "Huang Niba" soil is 10 ppm, 12 ppm in "Huang mian" soil, 132 ppm in vegetable garden soil.

According to the characteristic of phosphorus supply in the soil and fertilizer status in the soil, the principle of phosphorus application should be centralized deep application with completely use of moisture under the horizon, meanwhile phosphorus fertilizer should be applied with nitrogenous fertilizer and organic manure.