

辽宁省主要土壤的供磷特点及磷肥肥效

金安世 刘兴寰

(辽宁省农业科学院土肥研究所)

影响磷肥肥效的因素,其中最为重要的是土壤条件。施用磷肥效果的大小,既取决于土壤中可给态磷的含量,也决定于与磷肥相互作用的土壤性质,如引起难溶性磷酸盐的溶解,或可给态磷酸盐的固定等特点。近年来随着我国农业生产中施用磷肥的大量增加,对于这方面的研究工作已有广泛开展^[1-7]。由于农业生产具有强烈的地区性,为了解决本省的磷肥有效施用问题,我们在确定全省不同地区,不同土壤上施用磷肥的增产效益的同时,又对本省主要土壤中磷的含量及其供磷能力状况、特点与磷肥效果的关系进行了研究。研究工作主要是在1963—1965年进行的,1973、1974年又作了部分工作。本文着重讨论辽宁省主要土壤的供磷特性及中性土壤有效磷的分级指标问题。

一、不同土壤供磷特性与磷肥效果的关系

辽宁省的东部和西部为低山丘陵区 and 丘陵地区,主要农业土壤有棕黄土和砂土,均属于棕壤。西北部为低丘黄土丘陵,分布有半干旱地区的褐土(即黄白土)。中部为广阔冲积平原、有中性和石灰性淤土,即浅色草甸土。沿海分布有滨海盐渍土。

在不同类型土壤上,布置了589个磷肥试验点。磷肥的小区试验一般重复2至3次,大区对比试验不设重复,本文所列资料为每亩施用过磷酸钙20—60斤的试验结果。

同时,选取磷肥试验中有代表性的试验点。采取其耕层土壤,进行磷的化学分析。全磷用60%过氯酸消煮,钒钼黄比色法测定。有机磷的测定用灼烧法,于550℃灼烧一小时,以0.2N硫酸溶液加热浸提,减去未灼烧土壤中同样方法提取的磷即为有机磷。土壤有效磷测定,中性土壤用稀氟酸-盐酸(0.025N HCl + 0.03N NH₄F)浸出液,石灰性土壤用pH8.5的0.5M NaHCO₃浸出液^[9]。

(一) 丘陵地区土壤中磷的含量与磷肥效果

丘陵地区中的砂质棕壤和棕壤在本省的分布很广,往往于同一地区中同时存在。砂质棕壤的形成多来源于火成岩如花岗岩母质,土壤中含有多量的粗砂碎石,土层薄,肥力低。棕壤是发育在黄土性粘土物质母质上的土壤,土层深厚,但土壤肥力也较低。两类土壤的pH为6.5—7.0。分析结果表明,土壤磷的总量是较低的,两类土壤都未超过0.12%。土壤有机磷含量平均为每百克土中P₂O₅20—22毫克,约占全磷的15—20%。最高者不超过35%,这又说明土壤中潜在磷源不足。一般以土壤有效磷作为土壤供磷能力强弱的具体指标,砂质棕壤平均有效磷(P)为3.1 ppm,棕黄土为5.4 ppm,标志着这两类土壤的供磷能力相当低。磷肥肥效试验结果与土壤中磷的这种含量状况相一致,绝大多数试验中施

用磷肥表现了明显效果,只有个别点没见增产。增产幅度平均为20—50%,可以认为是属于缺磷土壤,而需要施用磷肥。

褐土为靠近内蒙一带的半干旱黄土丘陵地区的主要土壤,地形为波状坡地或台地。母质为含有石灰的黄土性物质。由于水土流失,所以耕层薄、有机质积累少。土壤肥力比上述两类土壤更低,甚至有的亩产不到100斤粮食。pH 7.5—8.0以上,土壤中磷的含量也最低,全磷一般不到0.1%,有机磷也极为贫乏,最高者每100克土壤中只有 P_2O_5 20.4毫克,平均不到全磷的20%,土壤有效磷也很少。这种状况表明土壤中磷的含量既少,且其有效性也很差。施用过磷酸钙对各类作物都是大幅度的或几乎是成倍的增产,是本省最需要施用磷肥的土壤(表1)。

(二) 平原地区土壤中磷的含量与磷肥效果

本省中部为东北松辽平原南端的广阔平原,地势低平,地下水位较高,对于土壤的形

表 1 丘陵地区土壤中磷的含量与磷肥效果

Table 1 Effect of soil phosphates on the response of crop yield to phosphatic fertilizer in some important hill-land soils, Liaoning province

土壤磷的含量 Content of soil phosphorus	全磷(%) Total phos. (P_2O_5)	有机磷 (mg/100g) Organic phos. (P_2O_5)	有机磷与全磷(%) Organic phos./Total phos.	有效磷 (ppm) Available phos. (P)	作物类别 Crops	产量(斤/亩) Yield, grain (jin/mu)		增产(%) Yield increase	试验点数 Number of trials
						对照 No P	施磷 P-fert.		
砂 质 棕 壤 Sandy brown earth									
平均值 Mean value	0.118	20.7	14.4	3.1	禾谷类 Cereals	219	290	32.4	7
变幅 Ranging	0.066—0.195	10.3—39.5	9.2—27.2	1.6—7.0					
分析样数 Number of samples analysed	11	6		11	豆科 Legumes	142	172	21.1	17
棕 壤 Brown earth									
平均值 Mean value	0.105	22.8	20.9	5.4	禾谷类 Cereals	183 268	287 272	56.8 —	48 1
变幅 Ranging	0.054—0.146	12.0—39.8	11.1—34.9	0.7—24.2					
分析样数 Number of samples analysed	34	23		34	豆科 Legumes	145 274	200 256	37.9 -6.6	22 1
褐 土 Cinnamon soil									
平均值 Mean value	0.074	15.4	19.7	2.1	禾谷类 Cereals	78	144	84.6	7
变幅 Ranging	0.054—0.099	12.1—20.4	9.0—27.7	0.5—6.7					
分析样数 Number of samples analysed	14	10	—	14	豆科 Legumes	58	103	77.6	5

成及其特性有很大影响。辽南平原草甸土是近代河流沉积物上发育的土壤, 在辽河左岸的土壤, 一般属于中性, 土壤 pH 6.5—7.2, 土层较深, 有的砂粘层次相间。由于冲积母质中携带有较多养分, 并有充足水分条件, 加上本区农业经济基础较高, 连年施用大量粪肥、精耕细作, 因之, 辽南冲积平原草甸土是本省土壤肥力水平最高的地区。土壤全磷和有机

表 2 平原地区土壤中磷的含量与磷肥效果

Table 2 Effect of soil phosphates on the response of crop yield to phosphatic fertilizer in some important soils of the plain area

土壤磷的含量 Content of soil phosphorus	全磷(%) Total phos. (P ₂ O ₅)	有机磷 (mg/100g) Organic phos. (P ₂ O ₅)	有机磷占全磷(%) Organic phos./Total phos.	有效磷 (ppm) Available phos. (P)	作物类别 Crops	产量(斤/亩) Yield, grain (jin/mu)		增产(%) Yield increase	试验点数 Number of trials
						对照 No P	施磷 P-fert.		
辽南平原草甸土 Meadow soils, southern Liaoning plain									
平均值 Mean value	0.123	24.7	18.4	12.4	禾谷类 Cereals	450	510	13.3	20
变幅范围 Ranging	0.072—0.248	14.2—38.8	7.3—36.9	1.4—43.4		512	511	-0.2	6
分析样数 Number of samples analysed	35	19	—	35	豆科 Legumes	213	267	25.4	9
						240	239	-0.4	8
山间平地及河谷淤积性土壤 Alluvial soils of filled-in valleys and river deposits									
平均值 Mean value	0.119	31.0	25.8	8.0	禾谷类 Cereals	303	362	19.5	38
变幅范围 Ranging	0.070—0.220	8.8—51.3	10.6—34.0	0.7—25.5		362	360	-0.6	7
分析样数 Number of samples analysed	21	8	—	21	豆科 Legumes	120	171	42.5	5
						245	245	0	0
石灰性草甸土 Calcareous meadow soils									
平均值 Mean value	0.142	19.7	15.5	3.3	禾谷类 Cereals	290	336	15.9	18
变幅范围 Ranging	0.070—0.295	5.0—33.8	6.1—35.1	1.0—9.3		293	295	0.7	5
分析样数 Number of samples analysed	18	10	—	18	豆科 Legumes	121	180	48.8	4
滨海盐渍土 Saline soils									
平均值 Mean value	0.082	31.9	38.4	8.3	禾谷类 Cereals	648	890	37.3	6
变幅范围 Ranging	0.075—0.112	11.0—48.0	14.7—42.9	4.0—16.8					
分析样数 Number of samples analysed	8	48	—	8					

磷含量皆较丘陵区土壤的含量有所提高,但有机磷含量占全磷的比重并不太大,说明无机磷数量的积累大于有机磷数量的增加,有效磷平均含量达 12 ppm 以上,可见这类土壤的供磷能力很强。但分析资料中有半数试验点的土壤有效磷不足 8 ppm,以此估计这类土壤应有一半以上的地区施用磷肥可以有不同程度的增产效果。这与磷肥肥效试验结果基本上一致。总的看来,这类土壤供磷能力强,磷肥效果差。但其中常年粪肥施用少,肥力稍低的土壤还是需要施用磷肥的。

辽西冲积平原的土壤,受上游石灰性黄土母质或含有碳酸盐地下水上升的影响,这个地区主要分布有石灰性草甸土, pH 7.5—8.0 以上。其肥沃程度已显著低于左岸的冲积草甸土,有机磷含量在平原地区土壤中为最少。而有效磷含量也低,平均不足 5 ppm,所以磷肥效果一般较显著,增产幅度也大于其他平原地区的土壤。

除本省中部平原地区的草甸土和石灰性草甸土外,在丘陵区中的谷地,山间平地或河流两侧,也分布有淤积冲积性土壤。但因所在地理位置、土壤母质来源及耕作施肥的不同,土壤中磷的含量及其供磷状况也有很大差异。一般可以看出其肥力水平在上述两类淤土之间,磷肥肥效试验有四分之三以上获得了增产效果。

沿海地区的盐渍土中,还有相当大的面积为低产田,这些低产田往往是由于土壤有效磷的供应不足而引起的,施用磷肥能收到显著功效(表 2)。

1973 年的试验,在各类土壤上的 70 处试验田中,对于粮食、豆类、棉花、苹果等作物施用过磷酸钙增产小于 5% 的,作为施磷无效共 17 处,占 18.9%,肥效明显的占 81.1%。其中棕壤和褐土分别增产数在 80—90%,草甸土类占 70% 以上,盐渍土区也有明显效果。这一结果与以前的试验结果趋势基本一致,据此可以推断辽宁省缺乏有效磷的土壤总计可占全省耕地土壤的 80% 以上,高产栽培时甚至普遍需要磷肥。

(三) 土壤肥力水平与土壤供磷能力的关系

前述几类土壤的供磷能力与施用磷肥效果之间的关系,就总的看来,土类不同而土壤的供磷能力也有差异。但也看出,虽属同一土壤类型,因土壤母质来源、所在地形部位,特别是经过长期的农业利用与耕作施肥上的不同,而使土壤肥力发生很大变化。这一问题,在平原的草甸土上表现尤为突出。因而,即使为同一类型土壤,其供磷能力与施用磷肥效果,也有很大差异(表 3)。

表 3 表明,随土壤肥力的提高土壤有效磷含量也随着增加。施用过磷酸钙的增产效果则随土壤肥力的提高而降低。所以土壤肥力水平与磷肥效果是有一定关系的。然而土壤肥力水平是一个综合概念,它包含着水、肥、气、热等因素。土壤有效磷供应的高低,固然也是土壤肥力水平的一个标志,但又不能完全取决于这一因素。如以作物产量作为衡量土壤肥力水平时,发现在表 3 试验资料里,即或属于同一产量范围的土壤中有效磷含量差异还是很大的。如禾谷类作物在中上肥力水平一级土壤的有效磷平均为 11.2—ppmP,而其中最低者仅为 2.5—ppmP,高者达 43.4—ppmP,施用磷肥的增产幅度也有很大变化。1973 年的试验,也看出如以作物产量作为衡量土壤肥力的指标,对禾谷类作物来说,单产愈高,磷效愈差。反之,磷肥效果愈高(表 4)。

这种现象在高肥力或低肥力土壤上,不如中等肥力土壤上那样复杂。在肥力高的土壤上可给态磷的供应一般皆高;在低肥力土壤上一般皆低。这也是为什么在中肥力土壤

表 3 土壤有效磷含量与作物对于磷肥效应的关系
Table 3 Effect of the content of soil available phosphorus on the response of crop yield to phosphatic fertilizer

土壤有效磷分级 Level of available phos.	平均有效磷 (ppm) Available phos. mean value (P)	产量(斤/亩) Crop yield (jin/mu)		平均增产(%) Rate increase of yield	试验点数 Number of trials
		对照 No P	施磷 P-fert.		
禾谷类作物 Cereals (grain)					
低 Low	2.9	136.4	186.1	36.4	8
中下 Medium-low	3.5	276.1	322.2	16.7	17
中上 Medium-high	11.2	499.5	543.2	8.7	15
高 High	16.4	712.3	743.7	4.4	9
豆科作物 Legumes (seed)					
低 Low	1.6	72.1	128.3	77.9	8
中下 Medium-low	3.2	136.2	178.2	30.8	19
中上 Medium-high	5.6	181.4	216.8	19.5	17
高 High	13.0	280.5	300.2	7.0	8

表 4 产量水平与磷肥效果的关系
Table 4 Level of crop yield in relation to the response of phosphatic fertilizer

磷肥效果 Effect of phosphatic fertilizer	对照(斤/亩) No P-fert.(jin/mu)	施磷(斤/亩) P-fert. applied (jin/mu)	增产(%) Rate of increase	试验点数 Number of trials
无效 Ineffective	951	947	0	7
较明显 Effective	885	926	5	7
明显 Significantly effective	725	819	13	11
显著 Very significantly effective	644	832	29	2

上确定施用磷肥的土壤指标时,不如高肥力或低肥力土壤上易于决定。虽然如此,看来土壤肥力水平可以作为确定施用磷肥的一个相对指标。本省除草甸土类型土壤外,多数土壤的土壤肥力普遍较低,施用磷肥是提高这类土壤肥力和增加作物产量的一个重要措施。

二、不同土壤的无机磷形态特点及土壤有效磷的分级

(一) 土壤无机磷形态特点与土壤有效磷之间的关系

土壤有效磷主要来源于土壤无机磷,因而了解土壤中无机磷存在的形态及其含量,就可能使我们较为正确的认识和确定土壤的供磷能力,而可能采用较为适宜的方法测定土壤有效磷。我们测定土壤中非闭蓄态的各类无机磷含量^[9]列于表 5。

表 5 土壤中不同形态无机磷含量与小麦产量的关系
Table 5 Correlation of soil inorganic phosphorus with the yield of wheat plant (pot culture experiment)

土壤类型 Soil type	取土地点 Locality	pH	无机磷形态 (mg/100g) Form of inorganic phos. (P_2O_5)				无机磷总量 (mg/100g) Total inorganic phos. (P_2O_5)	土壤有效磷 (ppm) Available phos. in soil (P)	小麦产量(克/盆) Yield of wheat (g/pot)	
			Al-P	Fe-P	Ca-P	总计 total			对照 No P	施肥 P-fert.
棕壤 Brown earth	沈阳	6.7	6.0	9.5	19.0	34.5	67.0	5.9	7.4	17.8**
	昌图	6.9	5.5	6.5	22.5	34.5	43.9	5.6	5.0	21.5**
	宽甸	7.0	10.8	20.0	20.0	58.0	86.7	9.8	14.5	19.5*
	兴城	6.9	15.5	3.0	42.5	61.0	95.5	24.2	29.4	30.2
草甸土 Meadow soils	鞍山	6.9	4.0	7.0	21.5	32.5	63.8	7.2	8.4	29.0**
	铁岭	7.2	7.0	3.5	40.0	50.5	64.4	7.7	22.3	39.7**
	辽阳	7.0	24.0	3.5	87.5	115.0	126.2	38.5	37.1	30.6
	沈阳	7.2	15.0	3.5	75.0	93.5	158.4	18.6	16.7	16.1
石灰性草甸土 Calcareous meadow soils	黑山	7.8	3.8	4.0	28.5	36.5	93.6	2.8	8.0	25.2**
	锦县	7.8	8.5	2.5	67.5	78.5	115.7	7.5	26.5	35.6**
	新民	7.9	13.0	2.0	42.5	57.5	125.0	9.3	18.1	30.1**
褐土 Cinnamon soils	阜新	7.8	4.0	2.0	21.0	27.0	69.2	3.5	22.3	35.9**
	北票	7.5	5.8	1.8	25.0	32.6	79.4	3.3	18.8	32.0**
	建平	8.1	4.0	1.5	42.5	48.0	73.3	3.3	14.8	28.0**

* $p = 0.05$ ** $p = 0.01$

在本省中性土壤中如棕壤、草甸土中的铝、铁和钙磷酸盐之和约每 100 克土中 P_2O_5 35—110 毫克,三类磷酸盐之和占无机磷总量的 50% 以上,可见这三种无机磷酸盐在无机磷总量中占有重要地位。这三类无机磷含量之多少,直接的影响着土壤有效磷含量,并与施用磷肥效果有一定关系。当棕壤和草甸土中三类磷酸盐之和大于或接近于每 100 克土中 P_2O_5 60 毫克以上时,土壤有效磷则大于 9 ppm,施用过磷酸钙的效果是稍为明显或是无效的。其中含量最多的是钙磷酸盐,它的含量的多少,对土壤有效磷含量之多少,有一定的相关性 ($r = 0.856$, $p = 0.05$),说明土壤有效磷中的一部分是来自钙磷酸盐。铁磷酸盐含量一般较少,只有个别样本中分析结果较高,其含量与土壤有效磷量之间的关系不甚密切,相关性很小。铝磷酸盐含量的高低,与土壤有效磷含量之间相关性很高 ($r = 0.972$, $p = 0.01$),铝磷酸盐含量高者,土壤有效磷含量也高,其 P_2O_5 数量每 100 克土中达 15 毫克以上时,有效磷含量则显著增加,施用磷肥无效。铝磷酸盐 P_2O_5 为每 100 克土 10—15 毫克时,土壤有效磷含量属于中等含量,施用磷肥效果也为中等。

本省石灰性土壤中,如石灰性草甸土及褐色土中无机磷成分主要是以钙磷酸盐状态存在,铁、铝磷酸盐含量皆较低,而钙磷酸盐在碱性环境中对植物的可溶性较差。加之本省石灰性土壤中潜在磷源也较低,因而供磷能力表现较弱,施用过磷酸钙一般能获得良好效果。

(二) 中性土壤有效磷分级指标的问题

用化学方法测定土壤有效磷,国内外已有许多人进行研究,国内以酸性土壤或石灰性

土壤有效磷测定报道资料较多^[8], 对中性土壤有效磷的研究尚不多。而本省大部分土壤属于中性或微酸性, 对于测定这类土壤有效磷及确定其分级指标, 在本省来说, 有着实践意义。

我们通过盆钵试验, 比较了几种化学方法测定土壤有效磷^[9,10]。不同方法测定土壤有效磷所得的含量不同, 与施用磷肥效果的关系也不同。试验资料表明, 用碳酸氢钠和稀氟酸-盐酸法测定的土壤有效磷与施用磷肥效果相关性极显著。而二者之间差异不大。其

表 6 土壤有效磷含量与磷肥效果相关性(1963年)
Table 6 Soil available phosphorus with the correlation coefficient of the crop response to phosphatic fertilizer

试验时期 Time of trial	0.5M NaHCO ₃	0.025NHCl +0.03N NH ₄ F	0.002N H ₂ SO ₄	HAc+ NaAc	0.5N HAc	0.2N HCl	1%柠檬酸 Citric acid	0.1N HCl
夏季 Summer	0.857**	0.856**	0.816*	0.743*	0.913**	0.865**	0.757*	0.673
冬季 Winter	0.992**	0.981**	0.956**	0.999**	0.802*	0.750*	0.819*	0.699
平均值 Mean value	0.925**	0.919**	0.886**	0.872**	0.857**	0.807*	0.788*	0.687

* p = 0.05 ** p = 0.01

表 7 中性—微酸性土壤有效磷含量与磷肥效果
Table 7 Relationship between the available phosphorus in neutral to slightly acid soils with the effect of phosphatic fertilizer

编号 No.	土壤名称 Soil type	pH	土壤有效磷 (ppm) (P) Available phos. in soil		作物 Crops	增产率(%) Rate of increase (Take no P-fert. as 100)
			NaHCO ₃	NH ₄ F + HCl		
1	西丰棕壤 Brown earth	7.2	2.0	2.8	大豆 Soybean	113.6
2	铁岭棕壤 Brown earth	7.3	1.0	4.9	大豆 Soybean	214.7
3	铁岭棕壤 Brown earth	7.3	1.0	4.9	大豆 Soybean	232.1
4	宽甸草甸土 Meadow soil	6.1	1.0	4.2	大豆 Soybean	112.7
5	昌图草甸土 Meadow soil	6.8	1.0	4.2	玉米 Maize	120.0
6	昌图棕壤 Brown earth	6.6	0.7	3.5	大豆 Soybean	173.4
7	开原草甸土 Meadow soil	7.0	11.6	6.3	水稻 Rice	103.2*
8	凌源棕壤 Brown earth	7.5	迹	1.4	高粱 Sorghum	112.0
9	西丰棕壤 Brown earth	7.1	4.0	4.9	大豆 Soybean	167.1
10	法库棕壤 Brown earth	7.0	9.6	17.9	大豆 Soybean	112.8**
11	法库棕壤 Brown earth	7.1	迹	2.1	大豆 Soybean	146.3
12	敖汗棕壤 Brown earth	7.4	2.7	9.1	高粱 Sorghum	126.1
13	盖县棕壤 Brown earth	6.7	0.7	2.8	小麦 Wheat	112.4
14	盖县棕壤 Brown earth	6.1	迹	2.5	苹果 Apple	130.0
15	复县棕壤 Brown earth	7.2	2.0	9.5	苹果 Apple	191.5
16	金县棕壤 Brown earth	7.2	2.7	4.6	苹果 Apple	114.1

* 与两种浸提液测定的有效磷分级都不符合。

No positive correlation with available phosphorus determined by two extractants.

** 与 NH₄F + HCl 法不符合。

No positive correlation with NH₄F + HCl extractant.

次是用硫酸、醋酸盐—醋酸法也有较明显的相关性,但盐酸和柠檬酸法较差。相关系数测定值如表 6。

在本省的中性(和微酸性)土壤上采用稀氟酸-盐酸或碳酸氢钠法测定土壤有效磷(表 7) 都可以作为指示施用磷肥的指标。但此二者间相比较时,稀氟酸-盐酸法测定手续简便、迅速、操作方法易于掌握。

因此田间磷肥试验测定土壤有效磷采用了稀氟酸-盐酸法。根据试验结果,得出土壤有效磷在小于 4 ppm 时,施用磷肥效果极为显著,一般增产在 20% 以上。4—8 ppm 时,施用磷肥效果也是明显的,可增产 15% 左右。8—12 ppm 时,施用磷肥效果属于中等。可增产 5—10%,有的增产还要高些,但也有不增产的。大于 12 ppm 时,一般施用磷肥没有效果。在 101 处田间试验中有 7 处与此规律不相符合,约占试验田总数的 7%。由此可见,用稀氟酸-盐酸法测定中性土壤有效磷大约有 93% 以上是符合田间实际情况的。

1974 年的田间试验,0.5 M 碳酸氢钠和稀氟酸-盐酸法,测定土壤有效磷含量与磷肥效果的趋势,基本与以前的试验相似。归纳上述结果,中性土壤有效磷分级指标见表 8。

表 8 中性土壤有效磷的分级与作物产量的关系
Table 8 Level of available phosphorus in neutral soils in relation with the crop response to phosphatic fertilizer

土壤有效磷分级 Grade of soil available phos. (P, ppm)	有效磷含量 (ppm) Content of available phos. (P)		产量(斤/亩) Yield (jin/mu)		增产(%) Rate of increase	试验点数 Number of trials
	平均 Mean value	变幅范围 Ranging	对照 No P	施磷 P-fert.		
豆科作物 Legumes (seed)						
<4 磷效显著 Very significant	2.0	0.7—3.8	130	186	42.8	28
4—8 磷效明显 Significant	5.4	4.1—7.4	180	207	15.0	15
8—12 磷效中等 Effective	9.5	8.8—10.5	222	245	10.1	5
>12 施磷无效 Ineffective	23.2	18.2—29.1	264	265	0.5	4
禾谷类作物 Cereals (grains)						
<4 磷效显著 Very significant	2.3	0.7—3.9	289	345	19.3	21
4—8 磷效明显 Significant	5.7	4.2—7.4	346	391	13.1	14
8—12 磷效中等 Effective	9.9	8.6—11.2	577	605	4.9	2
>12 施磷无效 Ineffective	20.9	12.6—43.4	632	657	3.9	12

三、结 语

本省七类主要土壤中磷的总量及作为土壤中磷的潜在给源的有机磷含量普遍较低。

土壤的供磷能力表现为平原区土壤大于丘陵地区的土壤, 在平原地区又以草甸土大于石灰性草甸土。施用过磷酸钙效果与土壤中磷的总量及有机磷含量之间的关系, 并不完全一致, 而土壤有效磷含量与土壤供磷能力的强弱及磷肥效果的大小之关系甚为密切。不同土壤中有效磷含量在中性及微酸性土壤中的顺序是辽南平原草甸土 > 山间及河谷淤土 > 棕壤 > 砂质棕壤; 石灰性土壤则为石灰性草甸土 > 褐土。这与不同土类上施用过磷酸钙的效果成负相关。

中性(包括微酸性)土壤如棕壤、草甸土中非闭蓄态的铝、铁、钙的磷酸盐之和约占无机磷总量的 50% 以上, 因而这三类无机磷盐在无机磷总量中占有重要地位。它们含量的多少直接影响着土壤的供磷能力, 因而与磷肥效果有密切关系。其中以钙磷酸盐含量最多, 对土壤的供磷能力有一定影响。铁磷酸盐含量一般较低。对土壤的供磷能力影响较小。而铝磷酸盐含量的多少与土壤有效磷含量的高低相关性很大, 与施用磷肥效果也成负相关。石灰性土壤中无机磷主要是以钙磷酸盐状态存在, 铝、铁磷酸盐含量皆较低, 而钙磷盐在碱性环境中对植物的可给性一般较差, 加之土壤供磷能力较弱, 因而施用过磷酸钙一般可获得显著效果。

用稀氟酸-盐酸法测定土壤中有有效磷, 基本上可以反应出本省中、微酸性土壤中可给态磷的供应状况, 其含量与施用过磷酸钙效果关系密切。土壤中有有效磷一般小于 4 ppm 时, 标志着土壤供磷能力极弱, 施用过磷酸钙有极显著效果; 4—8 ppm 时, 土壤供磷能力也较弱, 磷肥效果明显; 8—12 ppm 时, 供磷能力中等, 施用过磷酸钙效果不稳定。大于 12 ppm 时, 表示土壤中可给态磷含量丰富, 施用过磷酸钙无增产效果。在 101 处田间试验结果, 约有 93% 的试验结果与上述分级法相一致, 1974 年的田间试验有类似趋势。

参 考 文 献

- [1] 李中平、邹权祥, 1962: 山西省石灰性褐色土上磷肥肥效试验。土壤通报, 第 1 期, 49—56 页。
- [2] 史瑞和、邱嘉璋、陈邦本、鲍士旦、秦怀英、孙维伦, 1962: 江苏省几种主要土壤磷素供应状况和磷肥效果。土壤学报, 第 10 卷 4 期, 374—379 页。
- [3] 陈尚瑾、陈永安、杜芳林, 1962: 丘陵地区水稻田磷肥肥效初步研究。中国农业科学, 第 5 期, 46—47 页。
- [4] 陈学杨, 1964: 黄泛区石灰性浅色草甸土壤中过磷酸钙的肥效研究初报。土壤通报, 第 4 期, 5—7 页。
- [5] 金安世、胡岱琼, 1962: 氮磷钾肥在辽宁省几种主要土壤对几种主要作物的肥效初步研究。辽宁农业科学论文集, 第 1 辑, 109—125 页, 辽宁人民出版社。
- [6] 苗其项, 1962: 黄壤地区磷肥肥效研究初报。土壤通报, 第 6 期, 36—39 页。
- [7] 鲁如坤、蒋柏藩, 1962: 我国南方几种水稻土的磷肥施用问题。土壤学报, 第 10 卷 2 期, 175—181 页。
- [8] 黎耀辉, 1963: 几种测定石灰性土壤有效磷方法比较。土壤学报, 第 11 卷 2 期, 215—219。
- [9] Jackson, M.L., 1958: Soil Chemical Analysis. 159—168, Constable & Co., Ltd., London.
- [10] Соколов, А. В., Ответ. Ред., 1960: Агрохимические методы исследования почв. 74—114, Издательство Академии Наук СССР, Москва.

CHARACTERISTICS OF SOIL PHOSPHORUS AND THE RESPONSE OF CROP YIELD TO PHOSPHATIC FERTILIZER IN SOME IMPORTANT SOIL GROUPS, LIAONING PROVINCE

Jin An-shi and Liu Xing-huan

(*Institute of Soil and Fertilizer, Liaoning
Academy of Agricultural Science*)

Summary

The potential of phosphorus supply is higher in soils of plain region than those occurring on hilly land in Liaoning Province. The rate of response of crop yield to phosphatic fertilizer showed no definite correlation with the content of total phosphorus and organic phosphorus, but was highly correlated with the content of available phosphorus.

The order of content of available phosphorus in neutral and weak acid soil is as follows: Meadow soil > Alluvial soil > Brown earth. As for the calcareous soils, the order is: Saline soil > Calcareous meadow soil > Cinnamon soil.

Extensive field trials on the efficiency of phosphatic fertilizer to cereal crops and legume crops have been made on soils with different levels of available phosphorus. Comparisons of methods for the determination of available phosphorus by various extractants and their correlation of the response of crop yield to phosphatic fertilizer were also studied. Detailed data concerning the above mentioned topics are presented on Table 1 to 8 in the Chinese text of this article provided with English heading and necessary explanation.