

石灰性土壤磷肥肥效的研究

金绍龄 李鸣涛 陈竹溪 刘 璐
(甘肃省农科院土肥所) (甘肃省农业厅土肥站)

摘 要

研究结果表明:(1)在缺磷土壤上,磷肥肥效的大小及其持续时间的长短,主要取决于磷肥的施用量,用量愈高,肥效愈大,后效愈长;(2)在试验期间(5年),凡磷肥总施用量相同的处理区,不管它们每年的施用量相同与否,各处理的总效果十分接近。

1981—1986年,我们进行了连续5年的磷肥肥效(包括后效)试验,以期取得有关磷肥在石灰性土壤上的肥效及其持续时间的资料,为合理施用磷肥和对储备性施用磷肥的意义进行评价提供理论依据。

一、试验方法

试验设4个处理: P_0 —不施磷肥; P_5 —每年施相当于 P_2O_5 5公斤/亩的磷肥; P_{10} —第一、三年各施入相当于 P_2O_5 10公斤/亩的磷肥; P_{20} —第一年一次施入相当于 P_2O_5 20公斤/亩的磷肥。各处理每年还施入相当于6公斤N/亩的氮肥和一定数量的农家肥料。氮肥用硝酸铵;磷肥用过磷酸钙(P_2O_5 10—12%)。指示作物为春小麦。小区面积0.04—0.05亩。重复3次,随机区组排列。试验地均为灌溉地。供试土壤(0—20厘米)的基本农化性状列于表1。

表1 供试土壤的基本农化性状*

试 验 地	有机质 %	全 氮 %	全 磷 (P)%	碱解氮 (ppm)	速效磷 (P, ppm)	速效钾 (Kppm)	碳酸钙 %	pH
省农科院土肥所 试验地	1.09	0.084	0.061	81	4	146	10	8.6
玉门市农技站 试验地	0.71	0.049	0.044	32	10	150	17	8.5
民勤县农技站 试验地	0.71	0.084	0.057	41	8	130	6	8.8
武威地区农技站 试验地①	1.49	0.110	0.083	79	13	307	未分析	8.4
武威地区农技站 试验地②	0.87	0.112	0.061	100	3	175	11	8.5
靖远县农技站 试验地	1.54	0.077	0.079	81	13	200	10	8.6

*1. 土壤分析均由甘肃省农科院土肥所代菊英、孙素英、彭春艳、苏红、张永才等同志完成。

2. 分析方法:有机质用丘林法;全氮—开氏法;全磷—酸溶,钼锑抗显色;碱解氮—1.8N NaOH恒温碱解扩散(加 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 粉),2%硼酸吸收;速效磷—0.5M $NaHCO_3$ 浸提,氯化亚锡显色;速效钾—1N NH_4OAC 浸提,火焰光度计测定;碳酸钙—气量法;pH—水土比1:1,pH计测定。

3. 武威地区农技站试验地的数据仅供参考。

二、结果与讨论

(一)各处理的增产效果

磷肥肥效的大小主要取决于土壤速效性磷的含量。速效性磷含量低,则磷肥肥效高。根据

甘肃省化肥试验网的资料, 土壤耕层的速效性磷(P)低于5ppm时, 磷肥一般能取得较高的增产效果; 含量在5—10ppm时, 磷肥仍有一定的增产作用, 而含量高于10ppm时, 磷肥增产效果则明显下降。

就速效性磷含量低的土壤而言, 凡施磷肥处理者, 均有明显的增产作用。省土肥所试验地中 P_5 、 P_{10} 和 P_{20} 处理, 当年的增产率分别为23、19和26%, 而且它们的后效也很高(表2)。例如, P_{10} 处理, 其第2年仍能使小麦增产62公斤/亩, 此增产幅度相当于第1年肥效的93%; P_{20} 处理, 其第2、3、4、5年的增产效果相当于第1年的104、108、69和60%。

在武威地区农技站试验地上也获得类似的结果, 在该试验地上, 凡施磷肥的处理, 其当

表2 各处理的当年肥效及其后效(春小麦)

处理	产 量 (公斤/亩)						平 均		
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	公斤/亩	增产%	公斤 P_2O_5 增产 (公斤)
省 土 肥 所 试 验 地									
P_0	346	356	222	250	347		304	100	
P_5	426	415	362	343	408		391	129	21.7
P_{10}	413	418	361	326	392		382	126	19.5
P_{20}	435	449	327	311	400		384	126	20.0
玉 门 市 农 技 站 试 验 地									
P_0	303	318	220	257			275	100	
P_5	307	400	222	290			305	111	6.0
P_{10}	313	422	223	272			308	112	6.6
P_{20}	330	408	225	305			317	115	8.4
武 威 地 区 农 技 站 试 验 地①									
P_0	365	355	255				325	100	
P_5	355	350	326				344	106	3.8
P_{10}	387	339	254				327	101	0.3
P_{20}	389	379	218				329	101	0.6
武 威 地 区 农 技 站 试 验 地②									
P_0			216	101	86	174	144	100	
P_5			335	258	239	371	301	209	31.4
P_{10}			363	194	264	382	301	209	31.4
P_{20}			371	266	259	375	318	221	34.8
民 勤 县 农 技 站 试 验 地									
P_0			294	333	374	333	334	100	
P_5			315	327	440	400	370	111	7.2
P_{10}			331	320	408	380	360	108	5.2
P_{20}			333	340	433	373	370	111	7.2
靖 远 县 农 技 站 试 验 地									
P_0			481	458	351		430	100	
P_5			482	470	356		436	101	1.2
P_{10}			498	470	355		441	103	1.6
P_{20}			501	483	365		450	105	2.9

年和第2、3、4年的增产率分别为55—72%、90—163%、178—207%和113—120%。

上述结果表明：(1)在缺磷土壤上，磷肥肥效的大小及其持续时间的长短，主要取决于磷肥的施用量，一般而言，施用量愈高，肥效愈明显，后效的持续时间愈久远；(2)在试验期间(5年)，凡磷肥总施用量相同的处理，不管它们每年的施用量相同与否，各处理的总效果都是十分接近的。说明在河西灌区的石灰性土壤上，并不一定要强调每年施用磷肥，而可以采取每2年或4年施用一次磷肥，对作物产量并无影响，因为一次施入的磷肥除供当季作物吸收外，其余部分则储备于土壤之中留待以后作物陆续吸收利用。

对速效性磷含量中等的土壤来说，施磷肥各处理都有一定的增产效果。民勤县和玉门市农技站试验地的结果表明，各处理当年的增产率分别为7—13%和1—9%，而4年的平均增产率为8—11%和11—15%。在此类土壤上，磷肥肥效的大小除受土壤中有效性磷含量的影响外，还要受其它因素的影响。

至于速效性磷含量高的土壤，施磷肥处理者，其当年的增产效果及其后效均不明显。武威地区农技站试验地①和靖远县农技站试验地属于此类土壤。

(二)大量施用磷肥对以后施用磷肥的肥效影响

土壤一次施入大量的磷肥后，其肥效究竟能持续多久？它们对以后施用磷肥的肥效影响如何？是每一个农业生产者极为关注的问题。为此，我们在1985年，将省土肥所已有4年试验历史的各试验小区一分为二，其中一半停止施用磷肥(P_z)；另一半施入相当于4公斤 P_2O_5 /亩的磷肥(P_4)，然后种植春小麦。试验结果表明(表3)，施入磷肥肥效的大小随原试验区磷肥用量的增大($P_0-P_5-P_{10}-P_{20}$)而逐步降低。原无磷区(P_0)，在增施磷肥后，其每公斤 P_2O_5 的平均增产率为16.8公斤，而原有磷肥区(P_5 、 P_{10} 及 P_{20})，其每公斤 P_2O_5 平均增产仅3.5公斤，收益明显下降。说明在该地区一次施入大量磷肥，则可以满足作物数年之需。也就是说，对于长期施用磷肥或大量施用磷肥的土壤来说，似乎无需强调年年施用磷肥，而

表3 各处理残留磷的肥效

处 理 1981—1984	1985	产 量 (公斤/亩)	与无磷处理 比 较 (%)	与 1985 年 不 施 磷 比 较 (%)	公斤P ₂ O ₅ 增产(公斤)*
P ₀	P _z	347b	100	100	16.8
	P ₄	414a	119	119	
P ₅	P _z	408a	118	100	4.3
	P ₄	425a	122	104	
P ₁₀	P _z	392a	113	100	7.0
	P ₄	420a	121	107	
P ₂₀	P _z	400a	115	100	- 0.8
	P ₄	397a	114	99	
平 均					
无 磷	P _z	347	100	100	16.8
	P ₄	414	119	119	
施 磷	P _z	400	115	100	3.5
	P ₄	414	119	103	

* 指新施磷肥。

可以采用隔年或每隔2年施一次磷肥,以便将有限的磷肥施到更需要磷肥的土壤和作物上,从而提高了磷肥的增产效果和经济效益。

(三)磷肥的利用率

表4 结果大体表明,各处理的磷肥利用率均较低,5年的总利用率尚不及总施磷量的20%。

表4 磷 肥 利 用 率 (省 土 肥 所, 春 小 麦)

年 分	处 理	地上部 P_2O_5 总量 (公斤/亩)	累 计 差 值 (公斤/亩)	累计施 P_2O_5 (公斤/亩)	利用率 (%)
1981	P_0	2.08			
	P_5	2.56	0.48	5	9.6
	P_{10}	2.60	0.52	10	5.2
	P_{20}	2.48	0.40	20	2.0
1982	P_0	2.46			
	P_5	3.02	1.05	10	10.5
	P_{10}	2.99	1.05	10	10.5
	P_{20}	3.34	1.28	20	6.4
1983	P_0	1.48			
	P_5	2.49	2.05	15	13.7
	P_{10}	2.72	2.29	20	11.5
	P_{20}	2.48	2.28	20	11.4
1984	P_0	1.57			
	P_5	2.33	2.82	20	14.1
	P_{10}	2.32	3.04	20	15.2
	P_{20}	2.05	2.76	20	13.8
1985	P_0	2.18			
	P_5	2.91	3.55	20	17.7
	P_{10}	3.11	3.97	20	19.8
	P_{20}	3.14	3.72	20	18.6

而且这种利用率低的情况并不因磷肥施用量分配方式的改变而有所改善或提高。但是,残留在土壤中的磷肥,其中绝大部分将相继被各季作物所吸收。

(四)磷肥施用量对土壤速效磷含量的影响

试验结果(表5)表明:(1)、施用磷肥能显著地提高土壤耕层中速效性磷的含量,但底土不受其影响,这与磷肥在土壤中移动性不大有关;(2)磷肥施用量愈大,土壤耕层的速效性磷含量提高愈烈;(3)土壤耕层中速效磷含量的变化与磷肥施用量分配方式的关系极大。年年施用磷肥者,由于能及时补充被作物吸走的磷,因而土壤中速效性磷含量基本上维持在一个稳定的水平上;而隔年施用磷肥者,土壤速效性磷含量则呈波浪式起伏;一次性施用磷肥者,土壤速效磷含量在激增以后便逐步下降。

长期以来,人们普遍认为,磷肥施入石灰性土壤后易被钙离子所固定,因而对磷肥的后效重视不够。但最近二十多年来,随着对磷肥在土壤中转化过程研究的深入,对磷的固定问题有了新的认识。现在人们倾向于认为,被固定的磷并不是植物不能利用的磷;相反,固定过程好似储备过程。就是说,磷肥施入土壤后,除小部分被当季作物吸收外,其余的大部分

表5

磷肥用量对土壤速效磷含量的影响 (P-ppm)

处 理	深 度 (厘米)	1981		1982		1983		1984		1985	
		播前	收后	播前	收后	播前	收后	播前	收后	播前	收后
P ₀	0—20	4.5	3.0	5.0	4.5	3.0	4.5	3.0	1.5	3.0	1.5
	20—40	1.5	0.5	1.5	0.5	1.0	1.5	很少	0.5	1.5	0.5
P ₅	0—20	3.0	10.5	6.5	8.0	10.0	11.0	10.0	11.5	10.0	9.5
	20—40	1.5	1.0	2.0	1.5	1.0	1.5	1.5	很少	1.5	2.0
P ₁₀	0—20	4.5	—	8.5	8.0	5.0	15.5	13.0	9.0	10.0	6.5
	20—40	2.0	1.0	2.5	1.0	0.5	1.5	1.5	1.0	2.0	2.5
P ₂₀	0—20	3.8	37.8	21.5	19.0	16.5	12.5	11.5	11.5	11.5	8.5
	20—40	2.0	3.0	2.5	3.0	2.5	2.5	1.0	1.5	4.0	0.5

都被储存在土壤的活性磷池^[1]或有效养分库^[2]中, 尽管磷肥的形态发生了变化, 但它们对作物仍然是有效的。长期施用磷肥的土壤在停止施用后, 其后效可持续数十年之久。Sturm等人的资料表明, 施入土壤中的肥料磷, 经作物长期利用, 其回收率可高达50—80%^①, Cooke则认为, 施入土壤中的磷肥大部分最终都能被作物利用^[3]。由此可见, 过分夸大磷的固定作用的消极方面和忽视磷肥后效的观点都是不符合事实的。

三、结 论

(一) 磷肥的当季肥效及后效的大小均随土壤速效磷的含量而变。速效磷(P)低于5ppm时, 磷肥不仅当年增产显著, 而且在四、五年内均有明显后效, 说明磷肥施入石灰性土壤后能较长期地保持它的有效性。

(二) 在总施磷量相同的情况下, 不管磷肥施用量的分配方式如何, 其5年的总增产、利用率和土壤速效磷水平都较接近, 说明了储备性施用磷肥的可行性。

(三) 在确定作物合理施磷量及最适肥料配比时, 不能仅依据短期试验结果, 必须考虑磷肥后效这一重要因素。就河西灌区而论, 在缺磷土壤上, 以每年每亩施用相当于5公斤P₂O₅的磷肥为宜; 若系储备性施用磷肥, 则以年平均用量不超过相当于5公斤P₂O₅的磷肥为宜。对已连续施用磷肥多年, 速效磷含量较高的土壤, 只需施少量磷肥; 在磷肥供应短缺的情况下亦可暂时不施, 以便把有限的磷肥调剂到缺磷土壤上, 发挥更大的增产作用。

参 考 文 献

- [1] E. W. Russell, 土壤条件与植物生长, 科学出版社, 1979。
- [2] J. Karlovsky, 农业生态系统中的养分循环以及植物对养分的利用, 土壤学进展, 第4期, 1982。
- [3] G. W. Cooke, 高产施肥, 科学出版社, 1978。

①引自K·Mengel: 植物营养与施肥原理, 1983。