

# 陕西省关中地区石灰性土壤上影响 磷肥肥效因素的探讨

## I. 土壤的某些农化性质对磷肥肥效的影响\*

黎耀辉

(西北农学院土壤农化系)

我国北方石灰性土壤上磷肥的肥效,很不稳定。近年来各地围绕这一问题,进行了一些工作。大体看来,着重在肥料配合、施用方法、磷肥品种和作物种类对磷肥肥效影响的报道较多。至于土壤本身对于磷肥肥效的影响,研究的还少。由于土壤本身成分复杂,不便于在保持其他土壤性状不变的情况下,人为地变动某一土壤因素而对其加以研究,所以,即使在一些报道中提到了关于这方面的問題,也大多是根据少数典型试验作出一些揣测性见解,难以得出比较肯定的结论。不少人注意到土壤有效磷含量对磷肥肥效的影响<sup>[1-5]</sup>,但所根据的试验仍然有些不够。在目前的生产条件下,究竟土壤有效磷含量是不是影响磷肥肥效的最主要因素,还有待检验。除此以外,是否还有其他土壤因素显著地影响磷肥肥效,也是一个急待研究的问题。

本文以陕西关中石灰性土壤为对象,对可能影响磷肥肥效的几个土壤农化性状,进行了一些研究;试图找出显著地影响磷肥肥效的因素,为因土施肥提供较为可靠的依据。

### 一、试验方法

**1. 盆栽试验** 第一次盆栽试验于1962年10月至1963年5月进行。供试作物为小麦。土壤取自本校农场及附近公社不同肥力的耕层,取土深度0—18厘米,共取土样五个,每种土分对照与施磷两个处理。土样来源说明及试验方法详见前文<sup>[6]</sup>。

第二次盆栽试验于1963年6月至8月进行。供试作物为谷子。土壤取自陕西关中六个县的13个点,这些土样大致能代表关中土壤的肥力状况。取土深度0—18厘米。土样来源说明见表1。

谷子试验每种土壤都分对照、施磷、施氮、施氮磷四个处理。磷用过磷酸钙,按每公斤土0.1克  $P_2O_5$  施入。氮用硝酸铵,按每公斤土0.1克 N 施入。此外,各处理都施有硫酸钾作为底肥,用量为每公斤土0.05克  $K_2O$ 。每盆栽土2.6公斤,种植谷子16株。重复两次。栽培两个月后收获,测其地上部分干重。

**2. 田间试验** 收集武功、泾阳、宝鸡、兴平等四个县1962—1963年进行的16个小麦

\* 本文承沈素娟、曹增礼、周唯一、黄仲贤、荀建军等同志提供部分田间试验结果及相应土样;承刘荣祿、贾恒义、杨庆娟、岳宝荣、马耀华、萧蕊玲、宋崇禧、马慧珠、王桂新等同学协助分析及试验管理,特此致谢。

表 1 谷子盆栽試驗供試土壤来源說明

土 号	当地土壤名称	前 作	取 样 地 点
63001	白 墻 土	小 麦	华县东赵公社东赵村
63002	墻 土	小 麦	华县东赵公社东赵村
63003	墻 土	第三年苜蓿	渭南三张公社中张村
63004	墻 土	扁豆、麦	渭南三张公社中张村
63005	墻 土	第二年苜蓿	三原城关公社西秦村
63006	墻 土	棉 花	三原城关公社西秦村
63007	墻 土	豌 豆	富平华朱公社华朱村
63008	白 墻 土	豌 豆	富平华朱公社华朱村
63009	红 油 土	棉 花	本院农作一站六区南端
63010	红 油 土	棉 花	本院农作一站六区北端
63011	红 油 土	小 麦	武功杨陵公社社寨村
63012	黑 紫 土	小 麦	宝鸡周原公社高里村
63013	黑 紫 土	小 麦	宝鸡周原公社高里村

磷肥試驗結果，并且分析了該 16 个試驗对照区的耕层土样。这些試驗都是單純的磷肥試驗，沒有配合施用任何氮素化肥。虽然，其中有三个試驗在整地播种前曾施过土粪作为底肥，但土样是在底肥施用后采的。土粪对土壤肥力状况的影响，实际上会反映在土样中。

**3. 化学測定** 有效磷用 Olsen 的 0.5M 碳酸氫鈉法<sup>[7]</sup>，浸提温度 15—25℃，(水土比 20:1，振蕩 30 分鐘，轉速为每分鐘 100—110 轉，活性炭脫色。为了提高比色的灵敏度和顏色的稳定性，有部分測定是用硫酸-鉬试剂系統进行的。有效氮用硝化方法<sup>[8]</sup>，在 25—28℃ 下培养 12 天后測其硝态氮总量。这两种方法都在事前作过試驗，証明在石灰性土壤上能較好地反映土壤氮、磷的供应情况<sup>[6,9]</sup>。有机質用邱林法<sup>[10]</sup>；石灰含量用赫秦逊法<sup>[10]</sup>測定。每个測定都重复两次。

## 二、試驗結果与分析

### 1. 盆栽試驗 小麦盆栽試驗結果及相应的土壤农化性質分析見表 2。

表 2 小麦盆栽試驗結果及相应的土壤农化性質

土号	pH	CaCO <sub>3</sub> (%)	有机質 (%)	全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	有效磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 毫克/ /100 克土)	有效氮 (N, 毫克/ /100 克土)	对照产量* (干物质, 克/盆)	施磷产量* (干物质, 克/盆)	干物质 增加 %
62001	7.9	7.62	1.427	0.145	0.40	4.00	49.6	96.6	95
62002	7.8	7.57	1.038	0.140	2.27	3.45	87.5	99.0	13
62003	7.8	7.36	1.116	0.135	2.50	4.45	89.7	107.7	20
62004	8.1	8.40	0.903	0.160	3.58	3.43	86.4	94.5	9
62005	8.0	7.75	0.949	0.160	3.46	2.30	76.1	89.5	18

\* 地上部分干物质总量。

將施磷的增产效果与相应的各种农业化学性状进行相关分析，設想如果在这些土壤农化性状中，存在着对磷肥肥效有显著影响的因素，那么就應該在相关系数上突出地反映出来。計算結果列于表 3。

表 3 土壤农化性质与磷肥对小麦干物重增加的相关分析

土壤的农化性质	pH	CaCO <sub>3</sub>	有机质	全 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	有效磷	有效氮
相关系数	0.0105	-0.163	0.938*	-0.244	-0.905*	0.345

\* 机率小于 5%。

由表 3 可以看出, pH 值、碳酸鈣含量、全磷含量对磷肥肥效都没有显著影响, 而土壤有机质和有效磷含量, 似乎是决定磷肥肥效的主要因素。不过, 在这个试验中, 有机质和有效磷含量有密切的关系 ( $r = -0.976$ ); 那么究竟是有有效磷对磷肥肥效起决定作用? 还是有机质起决定作用? 还需进一步加以检验。至于土壤有效氮对磷肥肥效的影响, 没有在试验中反映出来; 不过, 试验中都施加了一定量的氮肥, 可能土壤有效氮的作用会因此而掩蔽。究竟土壤有效氮对磷肥肥效有无作用, 也需要在不施氮肥的条件下进行试验, 才能得到较肯定的结果。

为了检查上述试验结果, 我们又从关中 6 个县采集了 13 个土样, 用谷子为指示作物进行盆栽试验。试验和分析结果列于表 4。

表 4 谷子盆栽试验结果及相应的土壤农化性质

土号	有机质 (%)	有效磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 毫克/100克土)	有效氮 (N, 毫克/100克土)	对照产量 (干物质, 克/盆)	施磷产量 (干物质, 克/盆)	干物质增加 %	施氮产量 (干物质, 克/盆)	施氮磷产量 (干物质, 克/盆)	干物质增加 %
63001	0.802	0.95	1.38	2.65	4.14	27.4	8.50	14.43	69.7
63002	1.138	1.44	2.03	6.02	6.24	3.7	8.76	14.65	67.2
63003	1.077	3.35	3.83	8.80	8.93	1.5	14.99	15.69	4.6
63004	1.028	1.45	2.55	7.61	7.30	-4.1	14.62	16.31	11.6
63005	0.930	1.06	14.88	9.92	14.22	43.3	5.34	13.86	159.5
63006	1.036	4.15	3.49	5.79	6.43	17.7	10.29	13.57	31.8
63007	0.997	5.15	1.25	5.12	5.34	4.3	14.35	13.33	-7.1
63008	0.824	1.40	1.93	4.37	5.17	18.3	13.34	14.04	14.0
63009	0.897	1.38	2.65	3.30	4.17	26.4	5.64	11.47	103.4
63010	0.981	2.74	2.56	4.92	5.40	9.7	12.12	13.18	9.0
63011	0.931	2.15	2.62	4.02	4.55	13.2	10.13	11.93	17.8
63012	1.048	3.68	1.98	5.68	5.93	4.4	10.03	13.22	31.8
63013	0.988	1.95	1.80	4.41	5.71	29.5	9.21	12.95	40.6

将施氮条件下和不施氮条件下磷肥的增产效果, 分别与有关的土壤农化性状进行相关系数计算 (表 5)。尽管由于灌水条件控制不严, 相关系数都不十分高, 但仍可以看出, 土壤有效磷的含量确实是影响磷肥肥效的主要因素; 尤其是当氮素供应充足的情况下, 其

表 5 土壤农化性质与磷肥对谷子干物重增加的相关分析

土壤的农化性质		有机质	有效磷	$\frac{1}{\text{有效磷}}$	有效氮	有效磷及有效氮
相关系数	无氮时	-0.587*	-0.460	0.576*	0.586*	0.680*
	有氮时	-0.249	-0.579*	0.736**		

\* 机率小于 5%; \*\* 机率小于 1%。

作用更为明显。同时,也初步看出了有效氮的含量对磷肥肥效有一定影响。

在谷子試驗中,有机质含量与磷肥增产效果的关系是負相关,这与小麦試驗的結果相反,看来仅根据这两次試驗还难以肯定它对磷肥肥效的影响;小麦試驗中出現的結果,可能是在該試驗中土样过少所致。

**2. 田間試驗及盆栽試驗** 試驗結果,不一定能完全符合大田情况。盆栽試驗証明了:土壤有效磷含量是影响磷肥肥效的主要因素,土壤有效氮也在一定程度上对磷肥肥效产生影响,这一結論是否符合大田实际情况,还需要用田間試驗进行直接的檢驗。为此,我們收集了关中 4 个县 16 个小麦磷肥試驗結果和相应的耕层土样,并进行有效氮、磷的分析。其結果列于表 6。

表 6 16 个小麦磷肥肥效田間試驗結果及相应的土壤农化性质

試驗地点	前 作	重复次数	过磷酸钙施量(斤/亩)	其他肥料配合	对照产量(斤/亩)	施磷产量(斤/亩)	增产%	有效磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,毫克/100克土)	有效氮(N,毫克/100克土)
本校农化試驗站	玉 米	三 次	33	无	186.7	296.5	58.8	0.8	3.92
本校农化試驗站	苜 蓿	三 次	33	无	289.7	355.5	22.7	1.15	4.92
本校农化試驗站	小 麦	两 次	33	无	407.2	390.3	-4.2	2.5	3.32
泾阳棉花所	棉 花	两 次	20	无	134.7	192.9	43.2	0.73	2.68
泾阳棉花所	谷 子	五 次	40	无	283.4	368.8	30	0.60	4.00
泾阳棉花所	谷 子	五 次	40	无	280.8	372.8	32	0.78	6.00
兴平西吳公社	玉 米	一次(大田生产試驗)	50	底肥土粪 2,000 斤/亩*	264	228	-14	2.44	1.08
宝鸡周原公社	扁 豆	三 次	40	无	570	700	22	1.70	2.58
宝鸡周原公社	糜 子	三 次	40	无	350	355	1	3.56	2.23
宝鸡周原公社	豌 豆	三 次	40	底肥土粪 9,000 斤/亩*	465	450	-3	2.85	2.28
宝鸡周原公社	小 麦	三 次	40	底肥土粪 7,500 斤/亩*	395	425	5	3.03	3.08
武功杨陵公社	苜 蓿	一次(大田生产試驗)	30	无	278	376	35	1.20	3.94
武功杨陵公社	第二年苜蓿	同 上	30	无	385	465	21	1.48	2.70
武功杨陵公社	第三年苜蓿	同 上	30	无	326	347	7	1.60	2.72
武功杨陵公社	豌豆、麦	同 上	30	无	325	358	10	1.22	1.50
武功杨陵公社	豌 豆	同 上	30	无	384	448	17	1.80	2.70

\*分析土样是在底肥施后采集的。

尽管試驗地点分散,試驗条件有所不同,但通过相关系数計算(表 7)仍可以看出,土壤有效磷含量与磷肥肥效成明显的負相关,与土壤有效氮成正相关。这与盆栽試驗結果十分一致。看来可以相信:土壤有效磷含量,确实是当前影响磷肥肥效的首要土壤因素。此外,土壤有效氮的水平,对此也有一定影响。

表 7 土壤有效氮磷含量与磷肥增产效果的相关分析(田間試驗,小麦)

土壤的农化性质	有效氮	有效磷	$\frac{1}{\text{有效磷}}$	有效氮及有效磷	有效氮/有效磷
相关系数	0.613*	-0.685**	0.845**	0.828**	0.770**

\* 机率小于 2%; \*\* 机率小于 1%。

如将增产效果与有效磷含量作散点图(图 1), 为了排除试验误差的影响, 将增产 10% 以上看作施磷有作用, 则可以看见: 在试验条件下, 凡有效磷含量小于每百克土 1.0 毫克  $P_2O_5$  时都得到了稳定的增产效果; 由 1.0—2.0 效果不稳定, 大于 2.0 则难以生效。将这一标准和 Olsen 原订标准<sup>[7]</sup>以及最近由 Bingham 提出的标准<sup>[11]</sup>进行比较(表 8), 可以看到它们大体上是一致的。

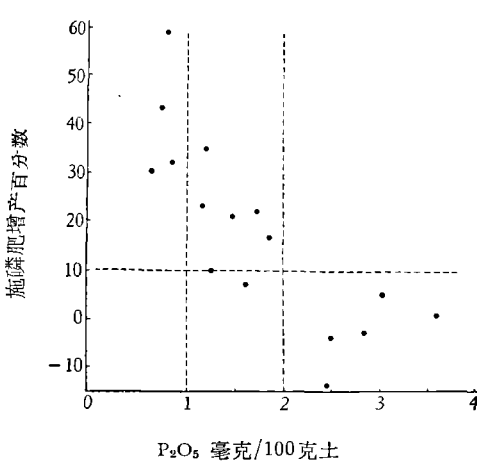


图 1 Olsen 有效磷与磷肥肥效的关系

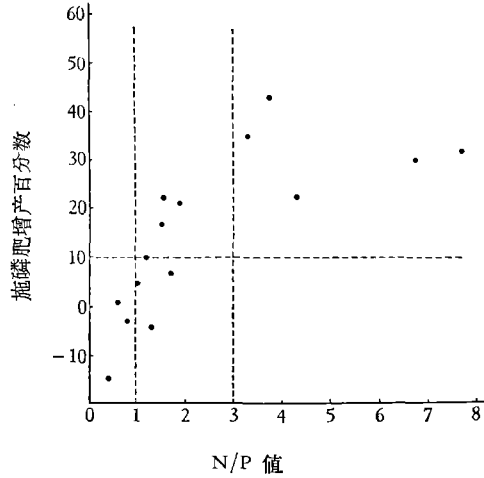


图 2 土壤有效氮磷比值和磷肥肥效的关系

如果将土壤有效氮的影响也考虑进去, 以土壤有效 N/P 比与施磷增产效果作散点图(图 2), 则能看出在试验条件下 N/P 比大于 3 者都得到了稳定的增产效果, N/P 比小于 1 者施磷无效, N/P 比介于 1—3 之间者效果不定。

当然, 试验点还嫌过少, 这些土壤指标都只能算是初步的, 但可以相信: 当作了大量磷肥试验以后, 根据土壤有效磷含量, 或者将土壤有效氮也考虑进去, 提出一个有效施用磷肥的土壤指标是可能的。

表 8 根据 Olsen 有效磷含量的分级标准

作者	分级标准及其说明	分 级 标 准			作物对象
		低	中	高	
Olsen <sup>[7]</sup>	原标准 ( $P_2O_5$ , 磅/英亩)	<25	25—50	>50	小麦、燕麦、紫苜蓿及其他类似作物
	改算标准*( $P_2O_5$ , 毫克/100克土)	<1.15	1.15—2.3	>2.3	
	施磷反应	有反应	反应不定	无反应	
Bingham <sup>[11]</sup>	原标准 (Pppm)	<4	5—7	>8	小麦等小粒禾谷作物, 大豆、玉米、牧草及其他类似作物
	改算标准( $P_2O_5$ , 毫克/100克土)	<0.92	1.15—1.61	>1.85	
	磷供应状况	缺乏	可疑	充足	
本 试 验	暂定标准( $P_2O_5$ , 毫克/100克土) 施磷反应	<1.0 有稳定效果	1.0—2.0 效果不稳定	>2.0 难以生效	小麦

\* 每英亩表土按 2,200,000 磅计。

### 三、結 論

在陝西关中石灰性土壤上,进行了盆栽和田間試驗,对可能影响磷肥肥效的几个土壤因素作了研究,得到了如下結果:

1. 在被研究的几种土壤农化性状中,土壤有效磷的含量是当前影响磷肥肥效的主要因素;在不配合施用氮肥的情况下,土壤有效氮含量对磷肥肥效也有一定影响。而 pH 值、石灰含量和全磷量都沒有看出它們对磷肥肥效有多大影响。

2. 根据試驗結果,提出了一个根据土壤有效磷含量和土壤有效氮磷比值合理施用磷肥的初步土壤指标。对于小麦这个指标是: Olsen 法的磷 ( $P_2O_5$ ) 每百克土小于 1.0 毫克,施磷肥有稳定增产效果,1.0—2.0 毫克效果不稳定,大于 2.0 毫克則施磷难于生效。如将土壤有效氮的影响考虑进去,則为: N/P 比值大于 3 施磷肥有稳定增产效果, N/P 比值小于 1 难于生效, N/P 比值 1—3 效果不稳定。

### 参 考 文 献

- [1] 赵哲权等: 河北省施用磷肥有效条件的初步分析。河北农学报, 1 卷 1 期, 2—5 页, 1962。
- [2] 山西农分院土肥所磷肥调查组: 磷肥肥效问题。山西农业科学, 2 期, 11—15 页, 1963。
- [3] 高惠继等: 土壤肥力对磷肥肥效的影响。土壤通报, 6 期, 53—54 页, 1963。
- [4] 林成谷、李中等: 山西石灰性褐色土地带提高磷肥肥效的研究。土壤通报, 1 期, 4—12 页, 1964。
- [5] 陈尚瑾等: 石灰性土壤施用磷肥肥效的研究。中国农业科学, 1 期, 34—38 页, 1963。
- [6] 黎耀辉: 几种测定石灰性土壤有效磷的方法的比较。土壤学报, 11 卷 2 期, 215—219 页, 1963。
- [7] Olsen, S. R. et al.: Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. Cir. No. 939, 1954.
- [8] 彼坚布尔斯基著(陈家坊等译): 农业化学分析。207—215 页, 科学出版社, 1955。
- [9] 黎耀辉、宋崇禧等: 石灰性土壤有效氮测定方法的研究。(未发表)
- [10] 林振骥等编: 土壤农化分析法。27—29, 159—160 页, 农业出版社, 1961。
- [11] Bingham, F. T.: Chemical Soil Tests for Available Phosphorus. *Soil Sci.*, 94:No.2, 87—95, 1962.

## EFFECT OF THE CHEMICAL PROPERTIES OF CALCAREOUS SOILS ON THE RESPONSE OF THE YIELD OF CROPS TO PHOSPHATIC FERTILIZER, KWANCHUNG DISTRICT, SHENSI

LI YAO-HUI

(Northwestern Agricultural College, Shensi)

### SUMMARY

Pot culture and field experiments on the response of the yield of wheat and millet to superphosphate were conducted on the calcareous soils of Kwanchung district, Shensi. Chemical properties of the soils were studied. Results obtained showed that the response of the yield of crops to phosphatic fertilizer was largely affected by the amount of available phosphorus and available nitrogen in soils. Soil pH value, the contents of  $\text{CaCO}_3$  and total phosphorus in soils gave no significant correlation to the response of crops to phosphatic fertilizer.

It was found that the available phosphorus determined according to Olsen's method gave good correlation to biotic experiments. Increase in the yield of crops by the application of superphosphate was found in soils containing available  $\text{P}_2\text{O}_5$  less than 10 ppm. Adequate supply of available phosphorus in soils became doubtful when this figure ranged 10 to 20 ppm. No response of crops to superphosphate was observed in soil containing available  $\text{P}_2\text{O}_5$  over 20 ppm.

Available nitrogen, as expressed by the amount of nitrified nitrogen after incubation, also showed good correlation of the response of crop yield and phosphatic fertilizer. In soils having available N/available  $\text{P}_2\text{O}_5$  ratio over 3, crops gave good response to phosphatic fertilizer. The efficiency of phosphatic fertilizer became uncertain in soils with N/P ratio ranging 1 to 3, and nitrogenous fertilizer seemed to be a limiting factor for crop yield as this ratio dropped below 1.