

# 石灰性土壤适用磷肥品种的研究

李阿荣 顾益初 蒋柏藩

(中国科学院南京土壤研究所)

在黄淮海平原封丘地区的石灰性土壤中,全磷含量很丰富,可达0.12~0.15% (以 $P_2O_5$ 表示,下同),但土壤有效磷却很低,一般在3~5 ppm(0.5M  $NaHCO_3$ 提取,下同),远不能满足作物高产需要。因此,施用磷肥是农业生产中最重要的措施之一。

近几年来,该地区开始大面积施用磷肥,但绝大部分是钙镁磷肥。对一些水溶性磷肥,甚至高效复合磷肥却认识不足,以致两年前,磷酸铵不是被积压,就是被外调。为了对我国现有几种主要磷肥品种,在这一地区主要作物上的增产效果作出一定评价,我们从1983年起连续进行了磷肥品种试验,现将试验结果总结如下。

## 材 料 和 方 法

### 供试肥料:

过磷酸钙(以SP表示),南京化学工业公司生产,含磷量15.5%;钙镁磷肥(以CaMgP表示),四川大足县生产,有效磷12.6%;磷酸一铵(以MAP表示),上海化工研究院中试产品,含磷量51.9%,含氮量11.3%;磷酸二铵(以DAP表示),有美国进口和南京化学工业公司生产(商品名为磷酸铵)两种,有效成分相同,含磷量46%,含氮量18%。

### (一)田间试验

不同磷肥品种的田间试验,在河南省封丘县潘店乡黄淮海综合治理示范区进行。土壤发育于黄泛母质。试验分三组:(1)1983年夏玉米试验,供试地为两合土(轻壤),表土pH8.6,有效磷3.2ppm。(2)1983年冬小麦磷肥后效试验,即在玉米试验结束后,继续种小麦做不同磷肥品种的后效试验。(3)1983年冬小麦试验,供试地为轻沙两合土(沙壤),表土pH8.4,有效磷4.8ppm。

### 试验设计:

(1)夏玉米试验,分四个处理(对照,过磷酸钙,钙镁磷肥和磷酸二铵),三次重复,随机区组排列,小区面积33平方米。供试磷肥用量按每亩8斤 $P_2O_5$ 计算,作基肥条施。磷肥品种之间含氮量的差异用尿素补足。另外,每亩再加5斤尿素作基肥,80斤碳铵粒肥作穗肥。夏玉米品种为予双五号,6月5日播种,9月15日收获。

(2)小麦磷肥后效试验。在玉米试验结束后,保留原来试验设计的各小区,不再施磷肥,在冬小麦上观察各磷肥品种的后效。为了与当季磷肥效果相比较,将原设计中对照区一分为二,一半继续做不施磷的对照区,另一半施用过磷酸钙,按每亩8斤 $P_2O_5$ 作基肥使用。各小区的氮肥用量均按每亩100斤碳铵作基肥,20斤尿素作返青肥。冬小麦品种为百泉3217,1983年10月6日播种,1984年6月7日收获。

(3)小麦试验,分五个处理(对照,过磷酸钙,钙镁磷肥,磷酸一铵和磷酸二铵),三次重复,随机区组排列,小区面积33平方米。供试磷肥按每亩8斤 $P_2O_5$ 作基肥条施。磷肥品

种之间含氮量的差异用尿素补足。另外,氮肥按每亩100斤碳铵作基肥,20斤尿素作返青肥。冬小麦品种为晋泉3217,1983年10月5日播种,1984年6月5日收获。

## (二) 培育试验

培育试验分四个处理(土壤,土壤+过磷酸钙,土壤+钙镁磷肥,土壤+磷酸二铵),四次重复。供试土壤为轻沙两合土(沙壤),pH8.6,有效磷12ppm。供试肥料先用通过200目的化学纯 $\text{SiO}_2$ 搅匀稀释约十倍。然后将稀释的过磷酸钙和钙镁磷肥按土壤重量的1%加入,稀释的磷酸二铵的用量按土壤重量的0.25%加入。再将土壤和肥料充分混匀,加入20%水分,分别在4℃和30℃两种温度下培育70天后,用0.5M $\text{NaHCO}_3$ 在这两种温度下浸提两昼夜,测定有效磷。用同样方法测定两种温度下供试磷肥的有效磷。用酸溶法测定全磷。

## 试验结果和讨论

### (一) 田间试验产量结果

玉米试验,小麦试验及后效小麦试验的田间实产分别列于表1、表2和表3。用新复极差法对产量进行显著性测验的结果表明,供试的几种磷肥品种都有显著的增产效果。从当季作物的磷肥效果来看(表1和表2),磷铵类(MAP,DAP)肥料在玉米和小麦上都表现最优。过磷酸钙在玉米上的增产效果与磷铵类肥料相近,但在小麦上不如磷铵类肥料。钙镁磷肥在玉米上与过磷酸钙相近,但不如磷铵类肥料。在小麦上,钙镁磷肥的产量约为过磷酸钙的70%,增产效果最差。冬小麦上,磷酸一铵和磷酸二铵虽然相对增产差21%(表2),但由于田间小区地力不均的误差,在统计上差异不显著。

表1 玉米产量结果及统计

处 理	亩 产 (斤)	变异系数 (%)	增 产 (%)	差异显著性 (5%)
DAP	692	4.6	29.6	a
SP	648	6.1	21.3	ab
CaMgP	616	7.3	15.4	bc
CK(对照)	534	12.7	—	d

表2 冬小麦产量结果及统计

处 理	亩 产 (斤)	变异系数 (%)	增 产 (%)	差异显著性 (5%)
MAP	730	3.0	147	a
DAP	668	7.6	126	ab
SP	538	9.3	82	c
CaMgP	378	4.4	28	d
CK(对照)	296	9.3	—	e

表3 后效试验小麦产量结果及统计

施 肥 处 理*		亩产	变异系数	增产	相当于当季SP的效果(%)	差异显著性
前季玉米	冬小麦	(斤)	(%)	(%)		(5%)
0	SP	410	2.8	245	—	a
CaMgP	0	258	3.6	117	48	b
SP	0	225	5.2	89	36	c
DAP	0	205	7.3	72	30	cd
0	0	119	22.7	—	—	e

\* 0 为不施磷肥。

后效试验的结果(表3)表明,每亩施用8斤 $\text{P}_2\text{O}_5$ 的情况下,经过一季玉米利用后,残留在土壤中的磷肥仍有显著的增产作用。水溶性磷肥(DAP,SP)的残效,相当于当季施过磷酸钙(8斤 $\text{P}_2\text{O}_5$ /亩)肥效的1/3左右,钙镁磷肥的残效则可接近于1/2。不同磷肥品种的残效作用,似乎随当季增产趋势而相应递减。

### (二) 肥料磷的利用率及其对作物的贡献

表4是用差减法求得的作物对不同磷肥品种的利用率,并将施用磷肥后,作物增加吸收的磷量占作物地上部分总磷量的百分数,称为磷肥对作物磷素营养的贡献。

用差减法求得的磷肥利用率虽有一定的

表4 肥料磷的利用率及其对作物磷素营养的贡献 (差减法)

磷肥品种	玉米(当季)		小麦(后效)		两季作物 对磷肥总 利用率(%)	小麦(当季)		磷肥对当季 作物贡献*	
	地上部分磷量 ( $P_2O_5$ 斤/亩)	磷肥利用率 (%)	地上部分磷量 ( $P_2O_5$ 斤/亩)	磷肥利用率 (%)		地上部分磷量 ( $P_2O_5$ 斤/亩)	磷肥利 用率(%)	玉米 (%)	小麦 (%)
MAP	—	—	—	—	—	3.77	29.4	—	62.4
DAP	4.64	16.9	1.23	4.84	21.7	3.54	26.5	29.1	60.0
SP	4.20	11.4	1.31	5.84	17.2	2.69	15.9	21.7	47.2
CaMgP	3.93	8.0	1.54	8.71	16.7	2.10	8.5	16.3	32.5
CK(对照)	3.29	—	0.843	—	—	1.42	—	—	—

$$* \text{贡献}\% = \frac{\text{处理的吸收磷量} - \text{CK的吸收磷量}}{\text{处理的吸收磷量}} \times 100\%$$

缺点,但作为相对比较还是可以的。从当季利用率(表4)来看,不论玉米还是小麦,均以磷铵类肥料最高,过磷酸钙次之,钙镁磷肥最差。因此,磷铵类肥料是最优品种,无疑地应该在缺磷的石灰性土壤地区大力发展。至于磷铵类肥料与过磷酸钙增产效果之间的差异有待于进一步研究证实。

在后效上,钙镁磷肥的利用率与当季接近,如果将后效的利用率计算在内,钙镁磷肥的利用率也可达到过磷酸钙的90%左右。

表4还表明,各磷肥品种的利用率,在玉米上的差距较小,而小麦上的差距较大。说明小麦对磷肥的反应较玉米敏感。从对照区的这两种作物地上部分磷量来看,玉米是小麦的两倍以上。说明玉米对土壤磷的利用能力比小麦强,因此,当磷肥不足时,应优先用在小麦上。

表4中的“贡献”表示了不同磷肥品种改善当季作物磷素营养作用的大小。在玉米上,水溶性磷肥(DAP, SP) > 枸溶性钙镁磷肥;在小麦上,磷铵类肥料 > 过磷酸钙 > 钙镁磷肥。同时还可看出,同一品种磷肥对小麦的贡献约为玉米的两倍左右。说明磷肥对小麦产量的影响比玉米大,再次证明磷肥首先要保证在小麦上施用。

表5所列玉米、小麦一般含磷量和潘店示范区内的分析结果的比较,明显看出示范区内的作物含磷量特别偏低,尤其是茎秆。这是作物在养分元素不足时优先供给种子的特征。因此,增施磷肥,是改善作物的磷素营养水平,提高作物产量和质量的关键之一。

### (三)温度对不同磷肥品种供磷能力影响

模拟田间不同温度条件,将供试磷肥及磷肥与土壤混合后分别培育70天,测定的有效磷量结果列于表6和表7。

表5 作物含磷量比较 ( $P_2O_5\%$ )

作物	籽 实		茎 秆	
	一般*	示范区	一般*	示范区
小 麦	0.79~1.0	0.59 ( $n=68$ )	0.20	0.053 ( $n=70$ )
玉 米	0.57~0.69	0.48 ( $n=16$ )	0.30~0.38	0.12 ( $n=16$ )

\* 鲁如坤等,农业化学手册,第29页。

根据田间观察,不同磷肥品种间的差异,在作物苗期的长势上就有明显反映。夏玉米和冬小麦苗期温度相差很大。根据封丘县气象站资料,1983年6~7月份地表10厘米的土温为25~32℃,11月中旬~12月份为3.5~7℃。我们选用30℃和4℃进行培育试验,是大致代表了当地夏玉米和冬小麦生长前期的温度。

从表6看出,纯肥料状态下,水溶性磷肥(DAP, SP)在30℃时的浸提磷量已经达到全磷量,在4℃时的浸提磷量也占全磷量的85.9%以上。两种温度下的浸提磷量的相对差异虽略有出入,然均达85%以上。但钙镁磷肥在30℃的浸提量只有45%,而在4℃时的浸提磷量

表6

温度对不同磷肥品种相对供磷能力的影响

(0.5M NaHCO<sub>3</sub> 浸提两昼夜)

磷肥品种	全 磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	4℃		30℃		4℃浸提量 30℃浸提量 (%)
		浸提量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	占全磷 (%)	浸提量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %)	占全磷 (%)	
DAP	4.94	4.70	95.1	4.93	99.8	95
SP	1.56	1.34	85.9	1.57	100.6	85
CaMgP	1.47	0.140	9.5	0.862	45.0	21

仅为30℃时的21%，相差近四倍。可见温度对钙镁磷肥的供磷能力影响极大，而对水溶性磷肥影响较小。

表7

温度对不同磷肥品种与土壤培育后供磷能力的影响

(0.5M NaHCO<sub>3</sub> 浸提两昼夜)

处 理	不 培 育			培 育 70 天		
	4℃ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	30℃ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	差 异* (%)	4℃ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	30℃ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	差 异* (%)
土壤+DAP	95	120	83	83	98	91
土壤+SP	137	163	87	107	127	89
土壤+CaMgP	25	95	17	33	84	33
土壤	12	20	—	12	20	—

$$* \text{差异}\% = \frac{4^\circ\text{C浸提量} - 4^\circ\text{C土壤空白}}{30^\circ\text{C浸提量} - 30^\circ\text{C土壤空白}} \times 100\%$$

表7是不同磷肥品种与土壤培育后的测试结果。无论是磷肥刚施入土壤(即不培育处理)还是与土壤培育70天,水溶性磷肥在4℃时的浸提磷量,最低也能达到30℃时的83%,而钙镁磷肥最高只有33%。温度对两种不同性质的磷肥供磷能力的影响,与纯肥料状态时的情况是一致的。由此可以推断:钙镁磷肥在小麦上的肥效较差的重要因素之一,可能就是温度的影响。

## 小 结

1. 在黄淮海平原封丘地区石灰性缺磷土壤上,根据不同磷肥品种在玉米和小麦上的增产效果和磷肥的利用率看,磷铵类肥料是适用的最佳品种,过磷酸钙居中,钙镁磷肥最差。
2. 水溶性磷肥,尤其是磷铵类肥料,施在小麦上的增产效果比施在玉米上高。
3. 钙镁磷肥与过磷酸钙相比,在小麦上的效果远低于玉米,这与温度对钙镁磷肥供磷能力的影响有关。因此,总的来看,磷铵类肥料应该是发展品种,钙镁磷肥在石灰性土壤地区并不很适用。在目前条件下,夏作上施用钙镁磷肥比冬作上的效果要好。