

石灰性土壤中磷肥后效的研究

李祖荫

(西北农业大学土化系)

摘 要

通过五年田间定位试验的结果表明,磷肥具有明显而持久的后效。后效的大小和持续时间主要取决于磷肥的施用量;后效持续的时间与磷肥施用量之间是指数函数关系;当施磷处理耕层土壤速效磷水平降至与对照处理基本相同时,磷肥后效即告结束。

关键词: 石灰性土壤; 磷肥效果; 定位试验; 速效磷

磷肥在石灰性土壤上具有明显的增产效果。这一结论,早在60年代中期就被肯定。但是,磷肥的利用率一般较低,其原因通常归结为土壤对磷的固定作用。按照固磷作用的传统观点,施入土壤的水溶性磷大部分呈不可逆态被固定,不能再被植物吸收利用,致使有人得出“这些磷素已经永息”的结论^[1]。这种观念在新近翻译和出版的国内外土壤学教科书和参考书中都有反映。

按照上述观点推论,磷肥自然不应再有后效可言了。然而,有关磷肥后效的报道早就问世^[2]。以我国北方石灰性土壤来说,50年代末、60年代初期,就有人间接或直接地提出过这个问题^[3,4]。70年代后期以来,磷肥具有后效的报道逐渐增多。但看法并不一致。有的认为,磷肥有一定后效,其后效在第二季作物上明显,第三季作物上甚小;有的认为,后效可以维持两季作物;也有的认为,磷肥后效能够持续2~3季作物^[5-7]。至于后效大小,也是众说纷云。近期Ляшенко^[8]指出,在庫班弱度淋溶黑钙土上,一次施用大量磷肥能够提高产量达6年之久^[8]。

为了研究磷肥的后效大小,后效持续时间,以及影响磷肥后效的主要因素,我们设置了田间定位试验,现将1981~1986年试验结果作一初步总结。

1 材料与方法

本试验在西北农业大学农作一站进行。土壤为红油土(塬土的一种),具有灌溉条件,其基本理化性状列于表1。耕层土壤速效磷含量为8.7ppm(P_2O_5),属缺磷土壤。

本文于1986年11月9日收到。

土化系82—86届部分同学参加了此项研究。

本试验结果和有人^[1,2]报道的相同:用孕激素作预先处理配合注射 PMSG, 处理非繁殖季节母羊的发情率, 要比不用孕激素只注射 PMSG 或仅用公羊诱情组的高。表明在这个季节给母羊以外源性孕激素可增强卵巢对 PMSG 的敏感性^[3,4], 因此提高了母羊的发情率。孕激素是发情表现的先决条件, 它不仅能促进发情行为, 而且还是诱发母羊正常发情周期所必需的激素^[6]。

试验设置 5 个处理: ① P_0 —对照, 不施磷肥; ② $P_{5.4}$ —亩施 P_2O_5 2.7kg; ③ $P_{10.8}$ —亩施 P_2O_5 5.4kg; ④ $P_{21.6}$ —亩施 P_2O_5 10.8kg; ⑤ $P_{43.2}$ —亩施 P_2O_5 21.6kg。小区面积 0.02 亩, 重复 3 次, 顺序区组法排列。磷肥品种为普钙。凡施磷处理的在试验开始前按规定数量全部混施于耕层之中, 以后各年不再施用磷肥。每年播前均亩施尿素 10kg 或 12.5kg 作肥底。为了保证土壤钾素的供应, 在第四季小麦播前还施了钾肥, 用量为每亩 10kg 氯化钾。供试作物为冬小麦, 品种前三年为矮丰 3 号, 后两年为偃农 9 号。田间管理措施同当地一般大田。

试验过程中进行了基本苗、冬前与春季亩总茎数, 亩成穗数与穗粒数等调查。室内分析了土壤速效磷与植株全磷。前者采用 Olsen 法, 后者用浓 H_2SO_4 — H_2O_2 消煮、钒钼黄比色法。

2 结果与分析

2.1 磷肥具有明显的后效

2.1.1 促进小麦生长发育 由表 2 可以看出, 在缺磷土壤上施用磷肥, 能够提高小麦的单株分蘖数, 增加干物质重和亩成穗数, 且随着磷肥施用量的增加而增加。这一规律不仅表现在施肥的当年, 而且在其后的四个年度中仍很清楚。以第五年来说, 各施磷处理, 抽穗期干物质重分别比对照提高 31.9%, 38.1%, 55.8%, 74.9%; 亩成穗数依次增加 9.8%, 19.1%, 35.8%, 45.3%。此外, 施用磷肥还有促进成熟、减少无效穗数的功效。1985~1986 年度, 处理 $P_{43.2}$ 与 $P_{21.6}$ 较其它处理提早成熟 2~3 天。各处理无效穗数所占比例依次为 11.1%, 8.6%, 8.7%, 4.4% 与 4.1%。施磷量愈多, 无效穗所占比例愈少。

2.1.2 增加植株体内全磷含量 由表 3 可以看出, 增施磷肥能够提高植株体内全磷含量。总的说来, 一般随着施用量的增加, 植株体内全磷含量也提高。这种趋势表现在各个年度。以第五季小麦言, 施磷量与吸磷量在越冬期、拔节期与抽穗期的相关系数依次为 0.856, 0.988**, 0.942*。它们两者间仍有较好的相关性。同一处理的植株全磷含量, 随着小麦生育期的推移, 呈现出逐渐降低的趋势。这显然是由于植株的不断增大、生物稀释效应的必然结果。在不同年份, 由于气候等多因素的影响, 同一处理, 同一生育阶段, 植株体内全磷含量自然是有所变化的。

2.1.3 提高小麦籽粒产量 由表 2 还可明显看出, 施用磷肥能够大幅度地提高小麦籽粒产量。施用量愈多, 增产幅度也愈大。在施肥的当年, P_2O_5 施用量为 10.8kg 时, 增产率即达高峰。超过此量后, 增产率不再提高。这显然是由于 P_2O_5 用量过高的缘故。在其后的四个年度, 增产率均随着磷肥用量的增加而明显提高(图 1)。这就充分说明, 磷肥具有明显

表2 施磷对小麦生育及产量的影响

年 度	处 理	越冬 期		拔 节 期		成 熟 期		产 量	
		单株分蘖 (个)	亩干物重 (kg)	单株分蘖 (个)	亩干物重 (kg)	亩成穗数 (万)	每穗粒数 (个)	千粒重 (g)	平均亩产 (kg)
1981	P ₀	1.5	22	1.9	40	21.5	30	36.0	220
	P _{15.0}	2.8	38	3.3	122	38.5	29	35.8	360
	P _{45.0}	3.3	46	3.6	161	43.2	30	34.6	420
1982	P _{15.0}	3.0	50	3.7	193	49.4	29	33.4	447
	P _{45.0}	4.0	62	4.3	189	54.9	28	33.4	449
	P ₀	3.4	61	3.9	154	29.1	22	36.5	210
1982	P _{15.0}	4.0	75	4.6	185	35.9	25	36.0	255
	P _{45.0}	4.4	94	5.1	230	46.6	23	36.2	278
	P _{15.0}	5.7	108	6.5	294	52.2	25	35.1	330
1983	P _{45.0}	6.0	117	7.0	328	56.1	25	33.2	354
	P ₀	3.1	32	4.0	107	28.1	24	38.0	217
	P _{15.0}	3.2	33	5.0	123	31.5	24	37.7	250
1983	P _{45.0}	3.5	37	5.1	142	35.3	22	38.9	290
	P _{15.0}	4.2	42	5.3	186	42.2	22	39.2	337
	P _{45.0}	4.3	44	6.0	209	48.3	22	38.8	374
1984	P ₀	1.6	15	1.8	81	14.0	36	48.8	209
	P _{15.0}	1.9	16	2.1	79	15.6	36	48.3	240
	P _{45.0}	2.0	19	2.1	102	17.1	36	48.2	267
1985	P _{15.0}	2.4	18	2.7	117	20.8	33	48.6	309
	P _{45.0}	2.6	24	3.0	124	25.2	33	48.9	377
	P ₀	1.9	23	2.5	83	13.0	29	46.0	167
1985	P _{15.0}	2.3	24	2.8	112	14.5	30	46.3	181
	P _{45.0}	2.3	28	2.8	117	16.1	30	46.1	200
	P _{15.0}	2.5	33	3.1	128	20.3	29	46.7	246
1986	P _{45.0}	3.0	33	3.8	194	23.8	28	45.8	278
	P ₀	3.0	33	3.8	194	23.8	28	45.8	278
	P _{15.0}	3.0	33	3.8	194	23.8	28	45.8	278

表3 施磷对植株体内全磷(P_2O_5)含量的影响

年 度	处 理	越 冬 期	拔 节 期	抽 穗 期	成熟期(籽粒)
1981	P_0	0.456	0.408	0.223	
	$P_{2.4}$	0.583	0.461	0.233	
	$P_{10.8}$	0.597	0.491	0.286	
1982	$P_{2.4}$	0.678	0.557	0.360	
	$P_{10.8}$	0.785	0.609	0.449	
	$P_{43.2}$				
1982	P_0	0.352	0.340	0.237	
	$P_{2.4}$	0.391	0.308	0.246	
	$P_{10.8}$	0.550	0.313	0.251	
1983	$P_{2.4}$	0.633	0.340	0.329	
	$P_{10.8}$	0.646	0.423	0.373	
	$P_{43.2}$				
1983	P_0	0.502	0.328	0.307	0.545
	$P_{2.4}$	0.559	0.346	0.321	0.581
	$P_{10.8}$	0.568	0.355	0.348	0.586
1984	$P_{2.4}$	0.591	0.376	—	0.609
	$P_{10.8}$	0.678	0.426	0.362	0.632
	$P_{43.2}$	0.611	0.344	0.238	0.531
1984	P_0	0.701	0.366	0.263	0.543
	$P_{2.4}$	0.708	0.371	0.286	0.559
	$P_{10.8}$	0.802	0.401	0.302	0.566
1985	$P_{2.4}$	0.918	0.460	0.337	0.634
	$P_{10.8}$	0.560	0.398	0.265	0.543
	$P_{43.2}$	0.728	0.414	0.290	0.561
1985	P_0	0.708	0.402	0.289	0.554
	$P_{2.4}$	0.754	0.448	0.292	0.598
	$P_{10.8}$	0.837	0.594	0.313	0.655

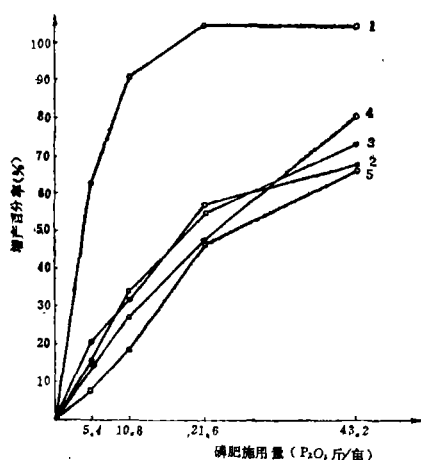


图1 不同施磷处理增产率变化

1, 1981—1982年度; 2, 1982—1983年度;
3, 1983—1984年度; 4, 1984—1985年度;
5, 1985—1986年度

的后效。后效的大小, 决定于磷肥开始施用量的多少, 施用量越多, 其后效也越大。

2.2 磷肥后效长久而缓慢

2.2.1 施用磷肥能够提高土壤速效磷水平。由表4可以看出, 施用磷肥明显地提高了耕层土壤速效磷水平。施入量愈多, 速效磷含量愈高。这一规律在试验的各个年度均表现得十分明显。统计分析表明, 两者呈显著或极显著正相关。它们的相关系数以及土壤速效磷对磷肥施用量的回归直线方程是:

$$1981-82\text{年}, \hat{y} = 6.5380 + 1.8458x \\ (r = 0.997^{**}, n = 5)$$

$$1982-83\text{年}, \hat{y} = 8.2872 + 0.7229x \\ (r = 0.987^{**}, n = 5)$$

$$1983-84\text{年}, \hat{y} = 7.0276 + 0.4662x \\ (r = 0.982^{**}, n = 5)$$

1984—85年, $\hat{y} = 8.5179 + 0.3347x$ ($r = 0.993^{**}$, $n = 5$)

1985—86年, $\hat{y} = 6.2218 + 0.3468x$ ($r = 0.941^{*}$, $n = 5$)

式中: x ——磷肥施用量 (P_2O_5 斤/亩);

$\hat{y}$ ——土壤速效磷理论含量 (P_2O_5 ppm)。

表4 磷肥对耕层土壤速效磷含量的影响

ppm

处 理	1981—1982	1982—1983	1983—1984	1984—1985	1985—1986
P ₀	8.7	9.6	8.5	8.4	8.9
P _{5.4}	16.5	11.5	9.4	11.0	7.5
P _{10.8}	26.0	13.6	11.8	12.2	8.9
P _{21.6}	42.8	26.7	14.8	14.7	11.0
P _{43.2}	88.2	39.4	28.4	23.4	22.9

注: 分析样品均采于播前

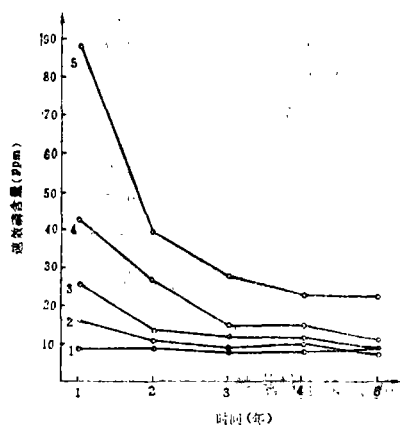


图2 历年播前土壤速效磷变化曲线

1—P₀, 2—P_{5.4}, 3—P_{10.8},

4—P_{21.6}, 5—P_{43.2}

2.2.2 土壤速效磷水平随时间的推移而降低

图2表明, 施磷各处理的土壤速效磷含量随时间的推移与作物的吸收利用而逐渐降低。前期降低幅度大, 后期降低幅度小。唯对照处理速效磷含量基本上保持在一定的水平, 试验前后变化甚微。

2.2.3 速效磷水平是衡量磷肥后效的标准前已谈到, 施用磷肥能够提高小麦产量, 施用量愈多, 增产率也愈高。虽然同一施磷处理, 增产率在不同年度是有起伏的。但总的趋势也是随着时间的推移而降低。就以原施磷量最小的处理 P_{5.4} 而言, 在试验的第五个年度仍然有 8% 的增产率。其余处理增产率更大。由此可见, 磷肥的后效是长久而缓慢的了。

对比分析表2与图2可以推知: 当耕层土壤速效磷降至与对照处理基本一致时, 磷肥将不再表现出增产效果来; 播前耕层土壤速效磷水平高低, 是衡量磷肥有无后效的客观标准。

2.3 磷肥后效持续的时间

根据不同年度小麦播前耕层土壤速效磷测定值的变化, 运用数理统计的方法, 对磷肥肥效持续时间可以进行推算。

2.3.1 时间与土壤速效磷含量的关系 施磷各处理, 在不同年度播前速效磷含量见表4。据此可以求出, 不同施磷处理播前速效磷含量对时间(年)的回归方程分别是:

$$P_{5.4}, \frac{1}{\hat{y}} = 0.0508 + 0.0149x \quad (r = 0.883^{*})$$

$$P_{10.8}, \frac{1}{\Delta} = 0.0313 + 0.0156x \quad (r = 0.930^{**})$$

$$P_{21.6}, \frac{1}{\Delta} = 0.0078 + 0.0166x \quad (r = 0.974^{**})$$

$$P_{43.2}, \frac{1}{\Delta} = 0.0071 + 0.0082x \quad (r = 0.959^{**})$$

2.3.2 施磷量与肥效持续时间的关系 当施磷处理速效磷含量理论上为8.7ppm, 即与对照处理速效磷的水平相同时, 我们认为磷肥肥效即告结束。据此, 以上述方程计算, $P_{5.4}$, $P_{10.8}$, $P_{21.6}$, $P_{43.2}$ 各处理的肥效持续时间依次为4.3、5.4、6.5和13.2年。运用这些数据, 可进一步求出磷肥肥效持续时间对磷肥施用量的回归方程是:

$$\Delta = 3.7286 \cdot e^{0.00288x} \quad (r = 0.994^{**})$$

该回归方程基本上反映了石灰性土壤上磷肥肥效持续时间与其施用量之间的关系。它们两者之间是指数函数的关系, 即随着磷肥施用量的增加, 后效持续时间增长。

3 讨 论

从五年磷肥田间定位试验结果可以说明, 磷肥在石灰性土壤上具有明显的后效。其后效的大小及持续时间, 主要取决于磷肥的施用量。这一客观事实与传统的有关磷的固定观念是相矛盾的。关于固磷作用, 早在一百多年前就提了出来。嗣后, 经过许多学者的研究论述, 逐渐为人们所接受, 似乎成了磷肥利用率很低的理论依据。但是, 1983年以来, 一些研究工作者^[1,9,10]都引用前人的研究材料得出, 磷肥利用率可以高达80%, 甚至更高的结论, 一反过去磷肥利用率很低的传统观念。我们的定位试验结果, 虽然不能对磷肥利用率提供确切的数据, 但至少表明施入土壤的磷肥, 通过长期种植作物以后, 绝大部分是可以被吸收利用的。

既然磷肥在石灰性土壤上具有明显的后效, 所施磷素绝大部分可以被作物吸收利用, 那么是否可以由此得出施用数量的多少是无关紧要的结论呢?

表5 不同处理每公斤 P_2O_5 历年累计增产值

kg/亩

处 理	1981—1982	1982—1983	1983—1984	1984—1985	1985—1986
P_0	—	—	—	—	—
$P_{5.4}$	51.8	68.6	81.0	92.3	97.5
$P_{10.8}$	37.0	49.5	63.1	73.8	79.8
$P_{21.6}$	21.1	32.2	43.3	52.5	59.7
$P_{43.2}$	10.6	17.2	24.5	32.3	37.4

表5资料说明, 当磷肥施用量每亩增加到21.6kg P_2O_5 时, 每公斤 P_2O_5 五年累计增产值仅为37.4kg, 还不到处理 $P_{10.8}$ 的一半; 就是 P_2O_5 施用量为10.8kg/亩的处理, 前三年的累

计增产值 43.3kg, 差不多只相当于处理 $P_{5.4}$ 的一半。因此, 为了充分发挥磷肥的增产作用, 在较短的时间里取得较大的经济效益, 必须考虑合理的施用量。本试验结果经计算表明, 对于缺磷的红油土来说, 施 P_2O_5 以 2.7~5.4kg/亩最为经济有效。

文中有关数理统计方面得到肖俊璋同志的热情帮助, 特表谢意。

参 考 文 献

- 蒋柏藩. 磷素的土壤——植物营养化学. 中国土壤学会论文集(下册) 1983: 197
- 2 李庆远. 关于土壤有效磷的演变. 土壤学报 1958(3)
- 3 西北生土所. 古耕普通黑褐土的磷肥肥效问题. 土壤通报 1959(2): 13
- 4 黎耀辉、杜忠斌. 陕西省关中石灰性土壤上几种磷肥肥效比较. 土壤通报 1963(6)
- 5 西农土化系. 关于小麦合理施用磷肥的研究. 西北农学院学报 1979(1): 88
- 6 山西农业大学. 增施磷肥对旱薄地小麦的增产效果. 中国农业科学 1981(6)
- 7 邱任谋. 磷肥在轮作周期中的效果与合理施用的研究. 土壤肥料 1982(3)
- 8 Ляшенко И Е. Изменения Содержания Минеральных Форм Фосфора В Почве На Фосфатных и Фосфатно-Коалииных Фонах. Почвоведение V 1983(4)
- 9 沈善敏. 论我国磷肥生产与应用对策. 土壤通报 1985(3)
- 10 К. 门格尔·植物营养与施肥原理, 外籍学者讲学材料之四十一, 西北农学院印, 1983: 68

THE RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHATIC FERTILIZER IN CALCAREOUS SOIL

Li Zuyin

(Department of Soil and Agrochemistry, Northwestern Agricultural
University)

Abstract

Through 5-year studies in fixed field on this matter, we have obtained the following preliminary results, phosphatic fertilizer had significant and long-term residual effect, the degree of the effect depending on the quantities of phosphatic fertilizer applied, the lasting time of the residual effect was determined by the amounts of phosphatic fertilizer added, and the two variables varied in exponential correlation. The residual effect of the fertilizer could no longer appear when the available phosphorus in the plot treated with phosphatic fertilizer decreased to the same level as with no application of phosphatic fertilizer.

Key words: Calcareous soil, residual effect of phosphatic fertilizer; experiment in fixed field; available phosphorus