

石灰性土壤上磷肥的后效*

李祖荫

(西北农业大学土化系)

摘 要

5年的试验表明,磷肥在石灰性土壤上有明显后效,其后效的大小及持续时间主要取决于磷肥的用量。在试验地区,以每亩施相当于2.7—5.4公斤 P_2O_5 的磷肥最为经济有效。

磷肥在石灰性土壤上具有明显的增产效果,早在60年代中期就被肯定。但是,磷肥利用率一般较低。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。这种观点,在新近翻译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,磷肥不应再有后效可言了。然而,有关磷肥后效的报道早就问世^[1]。就以我国北方石灰性土壤来说,50年代末,60年代初,就有人间接或直接地提出过这个问题^[2,3]。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^[4]”;有的认为,后效至少可以维持两季作物^[5];也有的认为,“磷肥后效能够持续2—3季作物^[6]。至于后效大小,只能根据具体情况而论。苏联И.Е.Ляшенко指出,在库班弱度淋溶黑钙土上,一次施用大量磷肥能够提高产量达六年之久^[7]。

究竟磷肥的后效有多大,后效能够持续多久,影响后效的主要因素是什么?研究这一课题,不仅具有理论价值,而且具有重要的实际意义。为了探讨上述问题,从1981年秋播开始,我们设置了田间定位试验。现已进行了五年,下面将试验结果作一初步总结。

一、试验材料与方法

试验是在西北农业大学农作一站农化试验场地上进行的。土壤为红油土(壤土的一种),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仅8.7ppm(P_2O_5),属缺磷土壤。

表1 红油土基本理化性状 (0—20cm)

腐殖质 (%)	碱解氮 (ppm)	速效磷 (P_2O_5 , ppm)	$CaCO_3$ (%)	pH (H_2O)	质 地
1.16	45	8.7	7.88	8.2	重壤

注:腐殖质测定用丘林法;碱解氮用碱解扩散法; $CaCO_3$ 用气量法;速效磷用Olsen法;pH用雷兹—25型酸度计。

* 文中有关数理统计得到农化教研室肖俊璋同志热情帮助,土化系82—86届部分同学参加此项工作。

① 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,197页,1983年。

试验设 5 个处理：(1) P₀—对照，不施磷肥；(2) P_{5.4}—亩施 P₂O₅ 5.4 斤；(3) P_{10.8}—亩施 P₂O₅ 10.8 斤；(4) P_{21.6}—亩施 P₂O₅ 21.6 斤；(5) P_{43.2}—亩施 P₂O₅ 43.2 斤。小区面积 0.02 亩，重复三次，顺序区组排列。磷肥品种为普钙。施磷处理区在试验开始前将规定数量磷肥全部混施于耕层之中，以后各年不再施磷肥。每年播前均亩施尿素 20 斤或 25 斤作肥底。为了保证土壤钾素的供应，在第四季小麦播前每亩施 20 斤氯化钾。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。其田间管理措施同当地一般大田。

试验过程中进行了基本苗、冬前和春季亩总茎数、成穗数和穗粒数等调查。分析了土壤速效磷与植株全磷(浓 H₂SO₄—H₂O₂ 消煮、钒钼黄比色法)。

二、试验结果分析

(一) 磷肥后效的主要表现

1. 从小麦生长看：在缺磷土壤上施用磷肥，能够提高小麦单株分蘖数，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都很清楚。以第五年来说，各施磷处理区，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，施用磷肥还有促进早熟、减少无效穗数的良好功效。

2. 从小麦产量看：由表 2 结果可明显看出，施用磷肥能够大幅度提高小麦产量。在试验范围内施用量愈多，增产幅度也愈大。当 P₂O₅ 施用量为 21.6 斤时，在施肥的当年，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 P₂O₅ 施用量过高的缘故。在其后的四个年度，各处理增产率均随着磷肥用量的增加而明显提高。这说明磷肥确有明显的后效。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。

表 2 磷 肥 在 小 麦 上 的 后 效

年度	处理	亩产 (斤)	增产 (%)	后效	亩产 (斤)	增产 (%)	后效	亩产 (斤)	增产 (%)	后效	亩产 (斤)	增产 (%)	后效	亩产 (斤)	增产 (%)
1981	P ₀	439	—	1982	420	—	1983	433	—	1984	418	—	1985	334	—
1982	P _{5.4}	719	64	1983	510	21	1984	500	16	1985	479	15	1986	395	8
矮丰 3号	P _{10.8}	839	91	矮丰 3号	555	32	矮丰 3号	580	34	偃农 9号	533	28	偃农 9号	435	19
	P _{21.6}	894	104		660	57		673	55		617	48		491	47
	P _{43.2}	897	104		707	68		747	73		754	80		555	66

3. 从植株全磷量看：增施磷肥能够提高植株体内全磷含量。随着施用量的增加，植株全磷含量有所提高。这一趋势表现在各个年度。以第五季小麦而言，施磷量与吸磷量在越冬期、拔节期和抽穗期的相关系数依次为 0.856，0.988**，0.942*。同一处理植株的全磷含量，随着小麦生育期的推移，呈现出逐渐降低的趋势。这显然是由于植株不断增大而产生的生物稀释效应的结果。

籽粒含磷量与磷肥施用量之间，在试验范围内，施磷量愈多，籽粒含磷量一般也愈高。这说明施用磷肥是改善小麦品质的重要技术措施之一。

4. 从土壤速效磷含量看：由表 3 可以看出，施用磷肥明显地提高了耕层土壤速效磷水平。施入量越多，速效磷含量越高。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

表3

磷肥对耕层土壤速效磷含量的影响

(P₂O₅, 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：土样均在播种前采集。

归直线方程是：

$$1981—1982年, \quad \hat{y} = 6.5380 + 1.8458x \quad (r = 0.997^{**}, n = 5)$$

$$1982—1983年, \quad \hat{y} = 8.2872 + 0.7229x \quad (r = 0.987^{**}, n = 5)$$

$$1983—1984年, \quad \hat{y} = 7.0276 + 0.4662x \quad (r = 0.982^{**}, n = 5)$$

$$1984—1985年, \quad \hat{y} = 8.5179 + 0.3347x \quad (r = 0.993^{**}, n = 5)$$

$$1985—1986年, \quad \hat{y} = 6.2218 + 0.3468x \quad (r = 0.941^*, n = 5)$$

注： \hat{y} —土壤速效磷理论含量(P₂O₅ ppm)X—磷肥施用量 (P₂O₅ 斤/亩)

(二)土壤速效磷含量是衡量磷肥后效的标准 前已谈到,施用磷肥能够提高小麦籽粒产量,施用量愈多,增产率也愈大。同一施磷处理,增产率在不同年度虽有起伏,但总的趋势是随着时间的推移而逐渐降低。以原施磷量最小的处理P_{5.4}而言,在试验进行的第五年仍有一定的增产量。其余处理增产率更大一些。由此可见,磷肥的后效是持久而缓慢的。比较表2与表3即可看出,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。当耕层土壤速效磷含量降至与对照处理基本相一致时,磷肥将不再表现出增产效果来。

当然,土壤速效磷含量是随时间的推移而逐渐降低的。各施磷处理区速效磷含量的倒数对时间x(年)的回归方程分别为:

$$P_{5.4}, \quad \frac{1}{\hat{y}} = 0.0508 + 0.0149x \quad (r = 0.883^*, n = 5)$$

$$P_{10.8}, \quad \frac{1}{\hat{y}} = 0.0313 + 0.0156x \quad (r = 0.930^*, n = 5)$$

$$P_{21.6}, \quad \frac{1}{\hat{y}} = 0.0078 + 0.0166x \quad (r = 0.974^{**}, n = 5)$$

$$P_{43.2}, \quad \frac{1}{\hat{y}} = 0.0071 + 0.0082x \quad (r = 0.959^{**}, n = 5)$$

(三)施磷量是决定肥效持续时间的主要因素 当施磷处理的速效磷含量与对照处理速效磷的水平相同时(理论上为8.7ppm),我们认为磷肥肥效即告结束。根据前节回归方程计算P_{5.4}、P_{10.8}、P_{21.6}与P_{43.2}各处理区的磷肥肥效持续时间依次为4.3年、5.4年、6.5年和13.2年。利用这些数据,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:

$$\hat{y} = 3.7286e^{0.0288x} \quad (r = 0.994^{**}, n = 4)$$

该回归方程表明,石灰性土壤上磷肥肥效持续时间与磷肥施用量之间的关系是指数函数的关系,即随着磷肥施用量的增加,后效持续的时间增长。

三、讨 论

从五年田间定位试验结果可以看出,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。这与传统的有关磷的固定观念是相矛盾的。1983年以来,西德著名学者K. 门格尔在我国讲学中,南京土壤所蒋柏藩在土壤学会第五次全国代表大会上的报告中以及东北林土所沈善敏发表的论文中,都引用国外研究材料按生态系统平衡的估称方法,磷肥利用率可以高达80%,一反过去磷肥利用率很低的传统概念。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,但至少可以支持施入土壤的磷肥通过长期种植作物以后,绝大部分磷素是能够被吸收利用的观点。

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被作物吸收利用,那么表4

每斤 P_2O_5 历年累计增产值(斤/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

施用多少才是最经济有效的呢?表4可以说明这一问题。由表4可以看出,当磷肥施用量(P_2O_5)增加到43.2%斤/亩时,每斤 P_2O_5 五年累计增产值仅为37.4斤,还不到处理 $P_{10.8}$ 的一半;就是 P_2O_5 施用量为21.6斤/亩的处理,前三年的累计增产值为43.3斤,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,以亩施 P_2O_5 5.4—10.8斤最为经济有效。

参 考 文 献

- [1] 李庆远, 对于土壤有效性磷的演变。土壤学报, 第3期, 215页, 1958。
- [2] 西北生土所, 古耕普通黑褐土的磷肥肥效问题。土壤通报, 第2期, 9页, 1959。
- [3] 黎韶辉等, 陕西省关中石灰性土壤上几种磷肥肥效比较。土壤通报, 第6期, 4页, 1963。
- [4] 西农土化系, 关于小安合理施用磷肥的研究。西北农学院学报, 第1期, 85页, 1979。
- [5] 苗果园等, 增施磷肥对旱薄地小安的增产效果。中国农业科学, 第6期, 46页, 1981。
- [6] 邱任谋等, 磷肥在轮作周期中的效果。土壤肥料, 第3期, 30页, 1982。
- [7] Ляшенко, И. Е. Почвоведение, 4期, 46—48页, 1983。
- [8] 沈善敏, 论我国磷肥生产与应用对策。土壤通报, 第3期, 98页, 1985。