

中国北方土壤磷素状况及磷肥的增产作用

周艺敏博士

天津市土壤肥料研究所 天津 邮编 300192



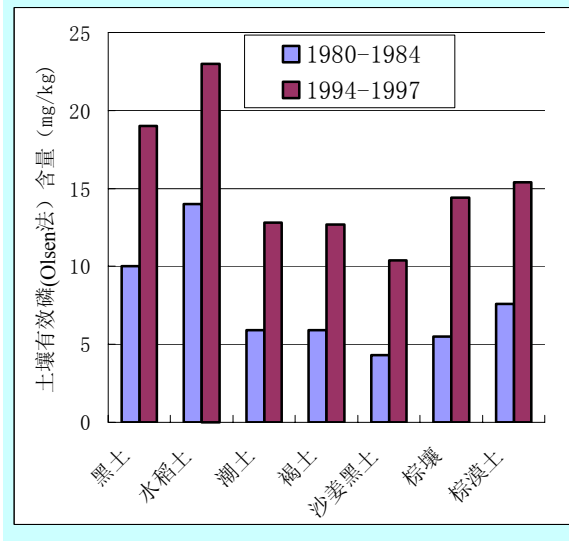
北方历来为全国的重点缺磷地区，农田耕地土壤缺磷面积约占75%以上。在大规模施用磷肥，土壤磷素状况得到明显改善。近年来土壤养分状况的系统研究和大量田间试验结果显示，中国北方土壤磷素仍然是继N之后的主要养分限制因子。从农业的持续发展出发，仍需高度重视合理施用磷肥问题，以提高肥效，培肥土壤。本文汇总了北方协作组几年来有关磷肥的研究成果，对北方土壤磷素状况、磷肥的合理施用以及肥效进行分析。

北方农田土壤磷素及平衡状况

1. 耕层土壤磷素状况及平衡

根据北方主要土壤养分动态监测结果表明，八十至九十年代以来随着农业生产的发展，磷肥的大量投入，农田土壤磷素平衡出现盈余。九十年代与八十年代相比农田磷肥投入量增长2-8倍。有机肥在磷肥投入的贡献率占25%-30%。磷肥的大量投入使土壤磷素平衡出现盈余。耕层(0-20cm)土壤有效磷含量水平普遍提高。图1显示了吉林、山东、新疆3省主要土壤类型的有效磷含量变化情况。从图中可看出九十年代与八十年代相比主要土壤类型的有效磷含量平均提高了3-10mg/kg。

图1 北方地区主要土壤类型速效磷含量变化情况



2. 北方农田土壤养分限制因子中缺磷对产量的影响

采用国际农化服务中心(ASI)推荐的土壤养分状况系统研究方法，对北方13个省市10多个代表性土壤类型的199个样点进行养分限制因子温室盆栽试验，结果表明(见表1)，土壤磷素的亏缺依然是继氮之后的第二大养分限制因子。与最佳处理量(OPT)对比，土壤不施磷(-P)，平均生物量仅达最佳处理的49%。

表1 北方农田土壤养分限制因子分析结果(1992-1998)

地区平均	样点数	OPT	-N	-P	-K	-S	-Fe	-Zn	-B	不施肥
		-----标准化后的生物量*, % -----								
东北平均	46	100	37.3	47.4	78.7	79.5	86.5	83.6	91.6	32.9
华北平均	129	100	44.8	54.1	79.8	80.1	81.0	81.7	78.4	38.6
西北平均	24	100	36.1	43.6	78.1	75.7	82.5	71.5	80.3	25.0
总平均	199	100	40.0	49.0	79.0	78.9	82.7	79.2	83.8	35.0

*生物量为出苗后6个星期地上部分的干物重，以最佳处理(OPT)为100%。各处理除标定的养分外均施用相等于OPT的养分量，如-N为除N外施用所有其它的养分。

养分限制因子位序为 N>P>S>K>Zn>Fe>B>Mn>Cu。从东北，华北，西北 3 个区土壤平均肥力状况看，不施肥区（CK）平均生物量分别为 32.9%，38.6%和 25.0%，即华北地区土壤肥力水平>东北地区>西北地区。从土壤缺磷的相对产量看分别为 47.4%，54.1，43.6%，即西北地区土壤磷素的亏缺对作物产量限制更加严重。西北地区的土壤磷肥的合理施用更应引起关注。

3. 土壤对磷的吸附固定

天津及河南农科院土肥所对 60 多个不同类型土壤进行的施入磷肥吸附试验表明，施入磷肥被土壤吸附固定量占加入量 24%-57%，平均为 36%。土壤类型不同对磷的吸附量差异较大。砂姜黑土，水稻土和粘质潮土对施入磷的吸附都超过 50%。土壤对磷的吸附量与土壤质地密切相关。天津市土肥所对 48 个样点土壤的机械组成与有效磷含量进行了相关分析显示，土壤物砂粒（1-0.01mm）多吸附量小，粘粒(>0.01mm)多吸附量大。含有粘粒愈多的土壤对磷的吸附量愈大，施入磷肥的有效性愈差。因此，我们应注意粘重土壤磷肥的施用方法，施用时间和用量。为经济合理施肥，应根据土壤养分吸附特征采取相应对策。

二、磷肥对作物的增产效果及合理施用

1. 磷肥对作物的增产效果

从 1992-1997 年在北方的河南、河北、天津、山东、山西、辽宁、吉林、宁夏和新疆等省市在不同作物上进行了磷肥试验。各试验点土壤有效磷含量范围在 3-16mg/kg，属于缺磷或潜在缺磷的土壤上进行的。结果显示不同土壤类型，不同地力条件下每公斤磷肥的增产效益相差很大。从各种作物的增产效应来看（图 2 和图 3），粮食作物施磷肥平均增产 12.5%，每公斤 P₂O₅ 增产粮食 8.7 公斤。其中冬小麦表现了较高增产效应，每公斤 P₂O₅ 平均增产小麦 11.5 公斤。棉花和甘薯对磷肥也表现了较好的增产效果，增产分别达 20%和 26%。试验结果表明在中国北方合理增施磷肥是作物稳产高产的关键措施。

2. 长期施肥看磷肥的合理施用

磷肥的农化特点是土壤对磷的化学固定性强，在土壤中移动性差，当季肥效和利用率低。而北方地区大部分为石灰性土壤，施入磷肥的化学固定严重。因此，研究磷肥的有效施用条件和方法，提高磷肥肥效，维持土壤养分平衡，是保证农业稳产高产和持续利用的需要。

3. 不同施肥措施对土壤磷素的影响

河南农科院土肥所在潮土、褐土和砂姜黑土上进行了长期定位试验（1980-1997），从

图 2 不同作物施磷的增产效应

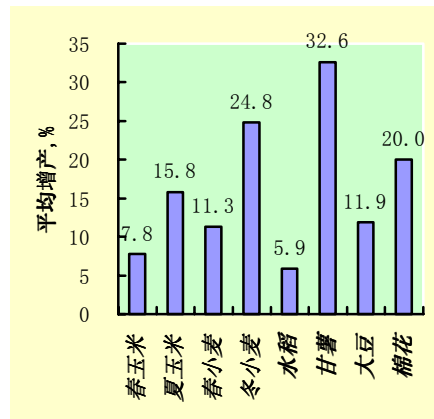


图 3 施入单位 P₂O₅ 的增产量（公斤）

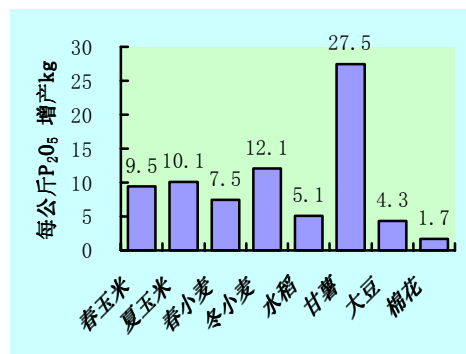
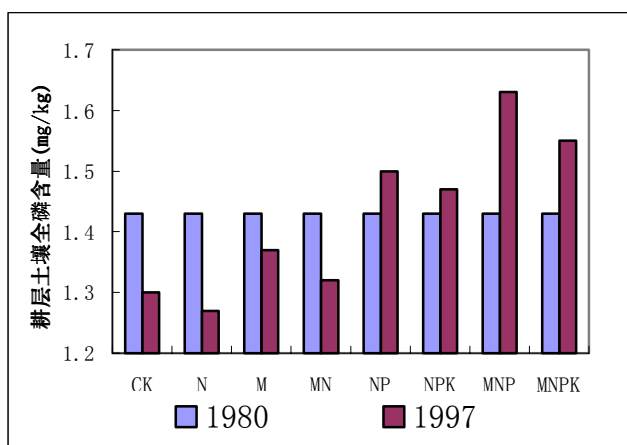


图 4 不同施肥处理耕层土壤全磷含量变化



17 年试验结果看，不施肥（CK），单施氮肥（N），单施有机肥（M）和氮与有机肥（MN）配施四个不施磷肥的处理，土壤中磷素均是亏损（图 4）。施磷肥的处理磷素平衡皆有盈余。耕层土壤全磷含量(图 4)下降最快的为单施氮肥（N）处理，17 年累减 0.16g/kg，比不施肥（CK）处理还低 0.03g/kg。耕层土壤全磷增加的处理为氮磷配施（NP），氮磷钾配施（NPK）和氮磷配施有机肥（MNP），氮磷钾配施有机肥（MNPK）。增加最快者

为氮磷有机肥配施（MNP）处理，17 年来累积增加 0.20g/kg，比不施肥（CK）处理高 0.33g/kg。土壤有效磷状况与土壤全磷相类似。

从磷素的垂直分布看（表 2），各处理的土壤全磷和有效磷都表现了表层（0-20cm）高于下层的特征。在氮磷（NP），氮磷钾（NPK）和氮磷配施有机肥（MNP），氮磷钾配施有机肥（MNPK）处理中随着土壤表层磷素的积累，土层 20-40 cm 深也表现了一定程度的积累。从以上结果看出，氮磷，氮磷钾和有机肥的配合施用是保持土壤磷及其他养分平衡和持续利用的重要措施，应大力提倡。

表 2 潮土定位试验点 0~100cm 土体内全磷含量分布和平均含量的变化(g/kg)

土层 cm	CK	N	M	MN	NP	NPK	MNP	MNPK
0-20	1.30	1.27	1.37	1.32	1.50	1.47	1.63	1.55
20-40	1.07	1.11	1.08	1.07	1.17	1.12	1.26	1.26
40-60	0.95	1.04	1.03	0.96	1.00	1.00	1.08	1.07
60-80	0.86	0.90	0.91	0.87	0.90	0.96	0.93	0.90
80-100	0.85	0.62	0.89	0.87	0.90	0.90	0.92	0.90
总量	5.03	4.94	5.28	5.09	5.47	5.45	5.82	5.68

4. 土壤供磷能力确定合理的磷肥用量

根据土壤供磷能力确定合理的磷肥用量是有效施用磷肥的重要措施之一。新疆、宁夏、甘肃及河南农科院土肥所都根据该省土壤有效磷含量测定结果和多年的磷肥肥效田间试验，来划分土壤的供磷能力。并建立起磷肥的效应方程，确定在不同肥力和不同有效磷的情况下经济最佳施磷量来作为合理施用磷肥的指标，达到增产增收的目的。

北方石灰性土壤中磷素的转化特性也受到土壤水热条件变化的影响。山东农科院土肥所研究磷肥在冬小麦、夏玉米轮作茬口间分配时总结出在冬小麦、夏玉米轮作制中，土壤有效磷变化有“冬低夏高”规律。冬小麦从出苗到起身期是土壤有效磷含量最低的时期，夏玉米播种到抽雄是土壤有效磷含量的高峰期。确立在全年亩产 700 公斤的情况下，磷肥分配以每年一次重施于小麦，夏玉米利用其残余磷肥后效。掌握“重冬轻夏”的分配原则。

以上措施在实践中都得到了充分验证。并取得了增产、增收、培肥地力、改善环境等巨大的经济效益和社会效益。

三、小结

本文总结了北方协作组近几年有关磷肥的研究成果,总结以下几点:

1. 农业生产的发展,磷肥的大量投入,农田土壤磷素含量提高。但是在高产的要求下,北方土壤磷素仍然是继N之后的主要养分限制因子。
2. 采用ASI法对北方13个省市199个样点不同土壤类型进行的养分限制因子诊断结果表明,土壤磷素的亏缺依然是继氮之后的第二大养分限制因子。与最佳处理相比,不施磷素的土壤缺磷,平均生物量仅有49%。西北地区土壤磷素的亏缺对作物产量限制更加严重。
3. 不同类型土壤进行的施入磷肥吸附试验表明,施入磷肥被土壤吸附固定量占加入量24%-57%。土壤类型不同对磷的吸附量差异很大并与土壤质地密切相关。
4. 不同作物的磷肥试验显示不同土壤类型,不同地力条件下磷肥的增产效益相差很大。粮食作物施磷肥可提高平均产量5.9%-24.8%,每公斤 P_2O_5 可提高粮食产量5.1-12.1公斤。其中在冬小麦上表现的增产效应最好。经济作物中,棉花和甘薯对磷肥表现了较好的增产效果。
5. 长期施肥的定位试验显示,不同施肥处理对土壤磷素含量有重要的影响。氮磷,氮磷钾和有机肥的配合施用是保持土壤磷及其他养分平衡和持续利用的重要措施。根据土壤供磷能力确定合理的磷肥用量是有效施用磷肥的方法。



即将上市的大白菜施磷肥比不施磷肥单颗菜颗大,颗壮(本文作者提供)



天津市土壤肥料研究所于2001年在天津市宝坻区石桥镇石桥村进行的大白菜磷肥肥效试验(本文作者提供)