

磷—生命的必需元素

Mark Stauffer and Gavin Sulewski

加拿大钾磷肥研究所 萨斯喀通市、加拿大 邮编 S7K1J5



磷素是构成各种生命物质所必需的成分。人体内矿物质的百分之二十是磷，它是体内含量第二丰富的矿质营养元素，而磷含量中的百分之八十存在于骨骼和牙齿中，其余的磷广泛分布于体内各细胞的脂肪、蛋白质、糖类、酶和盐类中。在细胞中，磷是基因结构的基础（DNA、RNA、基因、染色体）并且在自然界的生命活动中以 ATP 和 ADP 的形式对生物能量的产生、转换和储藏起关键作用。在植物体内，磷是光合作用、呼吸作用、细胞功能、基因转移和繁殖过程所必需的。当人们意识到磷对生命体

**如果没有磷就没有细胞，
没有植物，没有粮食.....
而且，
如果没有足够的磷
就会有许多的人挨饿.....**

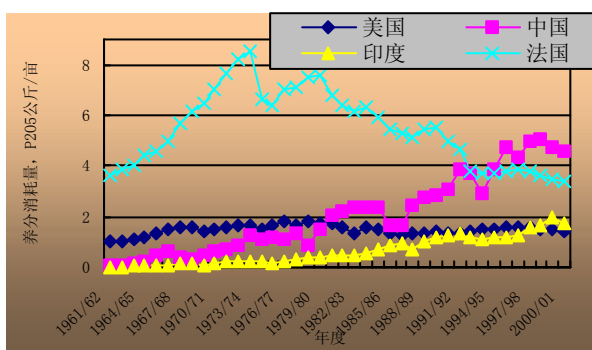
所起的重要作用后，将它表述为：

作物高产需要大量的磷。因为磷与植物的新陈代谢紧密相关，它在植物组织中移动性强，聚集在生长最活跃的地方。因此，被植物吸收的磷主要移动到和储存到所收获的果实或籽粒中。作物的持续生产需要施磷，以补充从田间移走的磷素。然而，在世界上许多为生产粮食而奋斗着的地区磷资源缺乏，“持续的”作物生产并未受到应有的重视。

磷素需求

一般来说，一个地区对磷素的需求是由当地许多的特定因素所决定的。这些因素包括人口密度的影响，土地资源与肥力水平，历来的养分利用模式，作物栽培的多样性，出口与国内的需求，政府的政策以及当地的经济状况等。不幸的是由政治的而不是地理的因素

图 1. 磷素需求量/亩



因素划分了农业经济区域，而且政治因素很容易优先于其它因素得到考虑，不管这些其他因素是否重要。

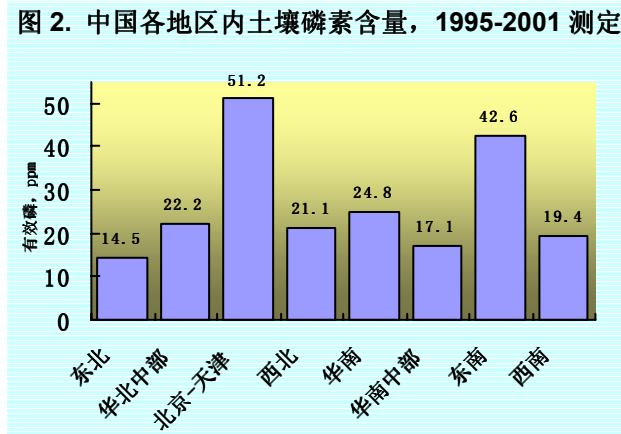
对各国磷消费模式的研究表明，磷的需求与否由一些因素综合决定（图 1）。由于许多因素都可确立磷的需求曲线，以单位面积用磷量来比较会导致错误的结论。尽管如此，它仍可反映一些对磷素的需求情况。

1980 年以前，美国对磷的需求高于中国，但在此之后它一直低于中国。在中国，大力进行磷肥市场的开发是开始于 80 年代，并使决策者确信磷的需要是不断增长的，而在美国相对稳定的曲线表明了肥沃的农业土地，相对稳定的人口增长和国内需求少而面向出口的生产体系对它的综合影响。法国在 60 年代、70 年代及 80 年代的磷肥消耗反映了当时的国内政策，该国磷肥用量的持续减少是政策调整的综合指标，可能主要是扩大了畜牧业生产而使厩肥资源大增的缘故。

对中国和印度的比较使我们对其各自的农业发展水平有所认识，中国的发展要快得多。对中国来说虽然目前部分栽培制度中磷的供应是适宜的，但施磷仍然十分重要。

在农业上可做到平衡施肥，同时在用量上仍然不足这一点是很重要的。中国和印度具有基本相同的 $N-P_2O_5-K_2O$ 施肥比例，但印度单位面积耕地的施肥量总是远远低于中国。

中国的磷素状况如何？1995 年以来中加北京实验室已分析了全国 12000 个土样，发现地区间差异明显(图 2)。北京—天津以及东南部地区有土壤磷素的累积，其余大部分地



区土壤磷平均低于 25 毫克/公斤 (ppm)，说明施磷会有好的效果。各地区之间的差异主要由土地利用和施肥的差异引起。在中国土壤中磷素累积最普遍的是菜园土壤，因与种粮食相比种菜的经济回报更高，因此投入了大量的氮肥和磷肥。部分靠近城市的蔬菜地 Olsen 磷水平高于 100 毫克/公斤，南方地区部分水田含磷高达 40 到 50 毫克/公斤。在浙江，

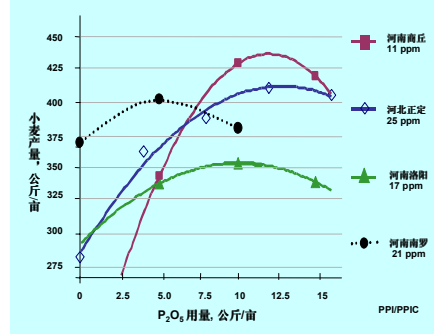
约半数的水稻土 Olsen 磷低于 15 毫克/公斤。目前江西省山区土壤 Olsen 磷含量极低，在湖北有约 20% 的柑桔果农不施磷肥，同时有 42% 的柑桔园缺磷。

磷需要量的确立

没有研究就不能确立适宜的养分用量和比例，最大经济产量研究 (MEY) 的目的是在现有投入技术的基础上，找出生产限制因子。随着认识的提高，生产指标不断更替而限制因素不断出现。这通常意味着挑战传统和现有技术，通过系统的研究找出并消除那些限制产量的因素并优化栽培措施。

但从中国北方小麦施磷的反应(图 3)来看，在施用量和平衡的磷素情况下，供试土壤的生产力是很高的。土壤磷的测定采用 ASI 方法，磷

图 3. 中国北方磷的增产效果

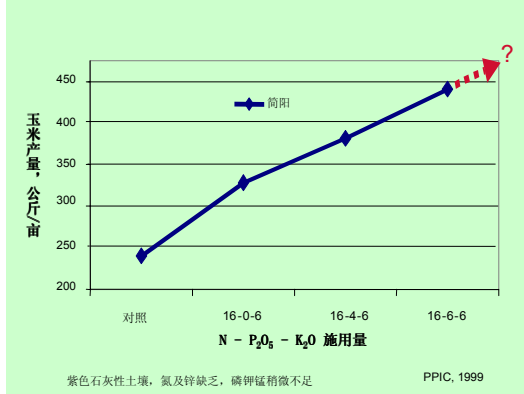


的临界水平采用 13 毫克/公斤。但显然土壤含磷超过 13 毫克/公斤时施磷仍有很好的效果，实际上超过 25 毫克/公斤以上时仍有效。研究结果还表明，由于产量曲线仍然在上升，因此土壤含磷 30 毫克/公斤以上时，仍可施一定量的磷肥。

四川简阳玉米施磷效果研究结果表明，施磷量为 6 公斤 P_2O_5 /亩时（同时施 N 16 公斤， K_2O 6 公斤/亩），产量曲线没有转折，仍然持续的直线上升（图 4）。这组数据提出了疑问：施用 P_2O_5 6 公斤/亩的量，磷是否还是限制玉米达到更高产量的因子？

一项在河北的研究表明，在施 P_2O_5 120 至 175 kg/ha 后改变了玉米产量曲线的上升趋势（图 5）。同时作物生产的理论提醒我们，要明白在此基础

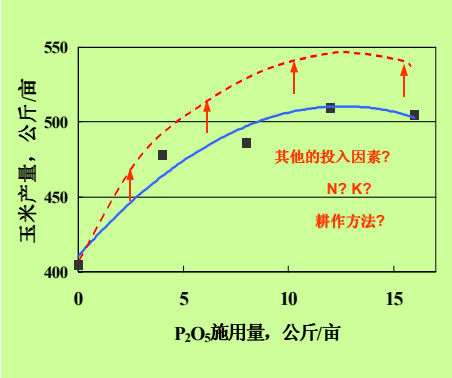
图 4. 四川玉米施磷的增产效果



上还有一些其他生产因素，例如优良品种，水分管理，合理密植，分期施肥等仍然会将该曲线中的最佳施肥量推向更高的水平。

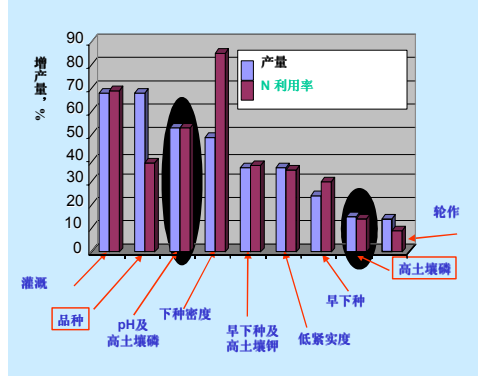
在美国的一系列玉米管理方面的研究表明了不同的“优化管理措施”（BMP）对增产的

图 5. 施用磷肥对河北玉米的增产潜力



贡献和提高氮素利用率的作用（图 6）。需要指出的是最佳土壤磷和 pH 的管理措施与土壤含磷高有关。在中国应用各种 BMP 受益的例子是在四川省旱坡地上将施用适量的 NPK 肥与生物篱的栽培相结合。

图 6 BMP 提高玉米产量及氮素利用率



面临的挑战

对中国和世界上大部分地区来说准确地重新评估现行的肥料推荐体系是一项很大的挑战，该体系常掩盖了真实的土壤生产潜力，限制了现代作物品种生产潜力的发挥。

中国对磷的需求和需要量是很大的，研究工作正逐步在有效利用土地资源和肥料的方面取得进展，进一步的深入研究将揭示我们还有很多事要做，还有很多事可以做。今后应在研究可行的农艺措施，研究高产栽培中的经济和环境限制因素方面进一步努力，适宜的磷肥施用是在最佳管理技术中明确这些限制因素的至关重要的部分。