

BETTER CROPS CHINA  
2002年3月(总第8期)

# 高产施肥



<b>高产施肥 2002年3月</b>		
本期目录	页数	主编：王家骧
加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告（8）	3	编辑委员：金继运、陈防、涂仕华、吴荣贵、刘荣乐
磷—生命的必需元素	5	<b>国际项目总部</b> - - Saskatoon, Saskatchewan, 加拿大 M.D. Stauffer, President, PPIC, and Senior Vice President, International Programs, PPI S.S. Portch, V.P., PPIC, China & India Programs T.L. Roberts, V.P., PPIC, Latin America Programs <b>理事会</b> H. Mathot, Chairman of the Board Cargill, Incorporated S.A. Riemann, Vice Chairman of the Board Farmland Industries, Inc. J.M. Van Brunt, Chairman, Finance Committee Agrium Inc. <b>行政办公室</b> - Norcross, Georgia, 美国 D.W. Dibb, President, PPI T.L. Roberts, Vice President, PPI <b>北美项目总部</b> - Brookings, South Dakota, 美国 P.E. Fixen, Senior Vice President, PPI <b>中国项目部</b> 金继运主任，吴荣贵，刘荣乐，梁鸣早，北京办事处 陈防副主任，武汉办事处 涂仕华副主任，成都办事处
中国“入世”：农业与肥料的对策	8	
中国磷肥工业现状和发展趋势	10	
中国磷肥施用量与氮磷比例问题	13	
中国的化肥结构和发展预测	17	
磷肥的施用对环境的影响	21	
北方土壤磷素状况及磷肥的增产作用	24	
南方土壤磷素状况及磷肥效应	28	
PPI/PPIC 中国项目部的变动	31	
王家骧博士荣获江西省庐山奖	32	
<b>封面设计：</b> Gavin Sulewski,背景为磷矿采掘。插入图片，玉米缺磷症状，中化代表团参观磷矿场，在产矿斗中留影		
<b>《高产施肥》为</b> PPI/PPIC 中国项目部的出版物， 每年三月及九月各出一期 本刊物以推动科学化的合理施肥为目标 可免费向北京，武汉或成都办事处索取		
<b>网页：</b> <a href="http://www.ppi-ppic.org">www.ppi-ppic.org</a> 电邮：主编王家骧 <a href="mailto:jwang@ppi-ppic.org">jwang@ppi-ppic.org</a> 编辑委员：金继运 <a href="mailto:jjin@ppi-ppic.org">jjin@ppi-ppic.org</a> 陈防 <a href="mailto:fchen@ppi-ppic.org">fchen@ppi-ppic.org</a> 涂仕华 <a href="mailto:stu@ppi-ppic.org">stu@ppi-ppic.org</a> 吴荣贵 <a href="mailto:wu@ppi-ppic.org">wu@ppi-ppic.org</a> 刘荣乐 <a href="mailto:rlliu@ppi-ppic.org">rlliu@ppi-ppic.org</a>		
The Government of Saskatchewan helps make this publication possible through its resource tax funding. We thank the Government for this important educational project. 此刊物由加拿大萨斯喀彻温省政府资助。特此致谢。		
<b>会员公司：</b> Agrium Inc. Cargill, Incorporated Farmland Hydro, Inc. IMC Global Inc. Intrepid Mining, LLC/Moab Potash Mississippi Chemical Corporation Potash Corporation of Saskatchewan Inc. Simplot		

## 加拿大钾肥公司在中国的平衡施肥示范项目报告（8）

鲍泽善博士

PPI/PPIC 中国项目部 香港特区

加拿大钾肥公司的平衡施肥示范项目直接帮助了中国在许多方面能更有效的来利用土地资源。这里谈到的是其中之一。

中国的耕地中有很大部分是酸性的土地，主要分布在中国的南方、东南和西南地区。在这种地区酸度降低了肥料的利用率也降低了作物的产量，农民的收入也就收到了影响。

白云石或石灰石形态的农用石灰在世界各地常被用来改良酸性的土地，但是在中国却不常见。细粉状的白云石是一种很好的农用石灰，它的成分是碳酸钙和镁。白云石不仅能提高土壤的酸度，减低酸土中铝铁及锰的毒性，还能提供在酸土中极为缺乏的钙和镁两种必要的植物养分。

施用农用石灰的方法在“优良作物”和“国际肥料和农业发展论文集”

*(Liming Tropical Soils - A Management Challenge by Jose Espinosa in Better Crops, Vol. 80. 1996, No.1, pp 28-31 及 Liming Acid Soils – A Good Management Practice by Jose Espinosa in Proceedings of the International Symposium on Fertilizer and Agricultural Development October 15, 1996, Beijing pp 512-526 (Chinese and English versions))* 中各有一篇可供参考。这两本书可以在 PPI/PPIC 中国的办事处找到。

平衡施肥示范项目在安徽、四川和云南资助的农用石灰试验结果，对中国农民施用石灰可产生的效益提供了有力的数据。

在安徽，亩施用 73 公斤的白云石可见地土壤铝的毒害，提供的钙和镁使小麦的产量从 154 公斤提高到 175 公斤，增产率为 13.4%。首季作物的产投比为 2.18，连续 6 年的后效可将产投比提高到 26.16。在评估施用石灰的经济效益时，应该把连续几季的效益都考虑进去。在施用磷肥和在有些时候施用钾肥时也应该考虑几季作物的效益。但是在氮肥的施用上则不适用。在安徽的试验中将白云石的用量由亩施用 73 公斤提高到 167 公斤并没有将产量再提高很多。

白云石和石灰石都在云南种植在酸性土的蚕豆上作了试验。

表 1 农用石灰和钼在云南联中酸性土上对蚕豆产量的影响，产量单位公斤/亩

养分投入量，公斤/亩	砖红壤			红黄壤		
	pH	产量	增产	pH	产量	增产
N-P-K (2-8-10)	5.41	211	-	4.50	203	-
N-P-K, 钼	5.41	234	11.0%	4.60	259	27.6%
N-P-K, 石灰石 300 公斤	6.60	316	46.6%	6.19	258	26.8%
N-P-K, 白云石 375 公斤	6.58	304	44.0%	6.32	314	54.6%

资料来源：洪丽芳。



结果显示即使施用了氮磷钾肥，蚕豆在砖红壤及红黄壤上的产量很低（表 1）。施钼肥可以明显的提高产量。在石灰石或白云石如砖红壤及白云石施入红黄壤后，产量大幅增加。这种结果证实了酸性土上施用石灰可促进土壤肥力及提高肥料利用率。石灰石可能较适用于缺钙的砖红壤，白云石在云南缺镁的红黄壤上效果较好。

经济分析的结果显示砖红壤上施用石灰石净收入可增加 44 元，红黄壤上施用白云石可增加 73 元。如将后效计算在内，石灰的效益还要增加数倍。

在四川省资中县的玉米和绵山县的小麦田间试验的结果显示在红黄壤上采用平衡施肥并施用微量元素而不用石灰小麦可增产 5.7%。配合石灰的施用把土壤的目标 pH 提高到 4.5，可再增加 21% 的产量。目标 pH 和石灰用量的关系是由盆栽试验得来。将酸性土壤的 pH 用石灰调到 5.5-6.5 可提高小麦产量 29%。石灰对产量的影响极为明显。结果也显示出在红黄壤的 pH 为 5.5 时适合于小麦生长。

这种情形可看出农用石灰能把低产的酸性土壤变成高产农地并带给农民财富。

## 石灰的使用

当使用石灰时应注意以下 4 个管理的方法。

1. 石灰只应该施用在低 pH，高活性酸度，高交换性铁铝锰或者是缺钙、锰的土壤上。
2. 石灰种类的选择很重要。石灰石的成分为碳酸钙而白云石为碳酸钙及碳酸镁。如果石灰石用在缺镁的土壤上，会造成钙和镁的不平衡，植物的长势会比不用石灰的情况还要差。
3. 测定土壤可提供给你石灰的种类和需要量的信息。
4. 施用石灰而不配合施用其它的植物必要养分，如氮磷钾等，会使石灰的效应降低也使农民的收益减少。

大多数的酸性土壤都在复种指数高的南方。农民施用石灰在一年中的每茬作物都可得益。

农用石灰的供应是扩大石灰使用的问题之一。一般来说，农用石灰的颗粒应可通过 2 毫米的网筛，其中有 50% 应可通过 0.15 毫米的网筛。在混入湿的酸性土壤后可很快的起做用。

中国约有 3 亿亩的耕地上施用石灰可提高产量并使农民得益。中国必须要在需用地区找寻到廉价石灰供应的办法。石灰石和白云石的资源是很丰富的。但是必须要形成商业化的生产。商业化的生产包括了矿石的开采、磨粉、销售、运送和田间施用的最终产品。

中国对未来粮食的供应，在人口不断地增长和耕地不断地减少的情况下，用石灰并配合平衡施肥的方案，将低产田变成高产田，会是一个合理及经济的策略。农用石灰在酸性土上施用可以提高肥料利用率，提供给农民好的效益。在环境上，可以促进植物对地表的覆盖及对施入养分的吸收。

中国目前已到了广泛利用农用石灰的时候了。让我们来了解在你们的村、乡、镇和地区对石灰的需要和使用情形。农用石灰和其他植物养分的调配可以使农户得益。

平衡施肥不是仅指氮、磷和钾。它代表了高产、高收益和环境安全。由 CANPOTEX 平衡施肥示范项目所得到的结果证明了农用石灰的效益。

# 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.....**

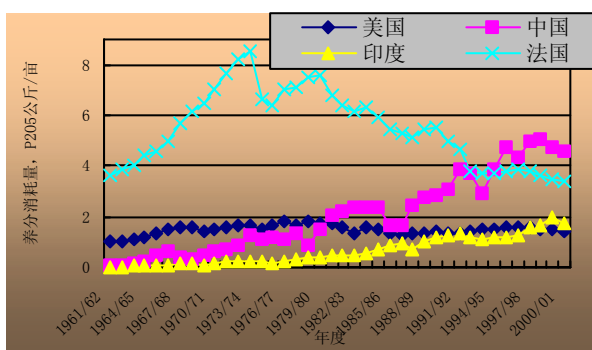
所起的重要作用后，将它表述为：

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。

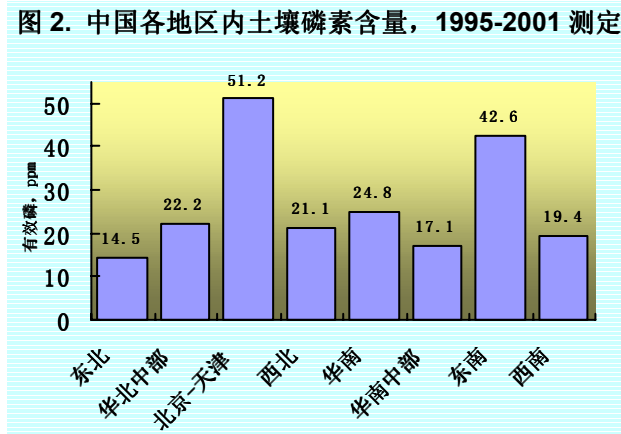
对各国磷消费模式的研究表明，磷的需求与否由一些因素综合决定（图 1）。由于许多因素都可确立磷的需求曲线，以单位面积用磷量来比较会导致错误的结论。尽管如此，它仍可反映一些对磷素的需求情况。

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，

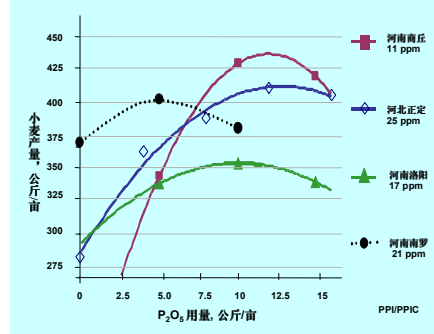
约半数的水稻土 Olsen 磷低于 15 毫克/公斤。目前江西省山区土壤 Olsen 磷含量极低，在湖北有约 20% 的柑桔果农不施磷肥，同时有 42% 的柑桔园缺磷。

### 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**

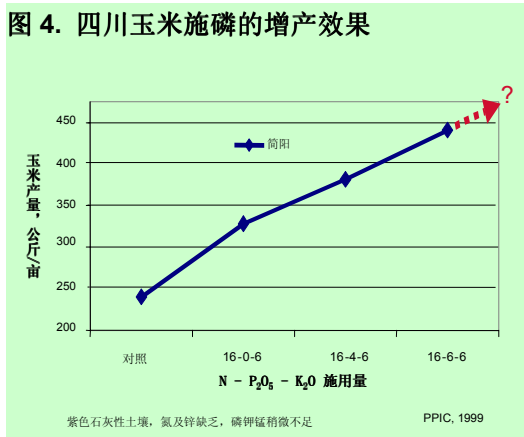


的临界水平采用 13 毫克/公斤。但显然土壤含磷超过 13 毫克/公斤时施磷仍有很好的效果，实际上超过 25 毫克/公斤以上时仍有效。研究结果还表明，由于产量曲线仍然在上升，因此土壤含磷 30 毫克/公斤以上时，仍可施一定量的磷肥。

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

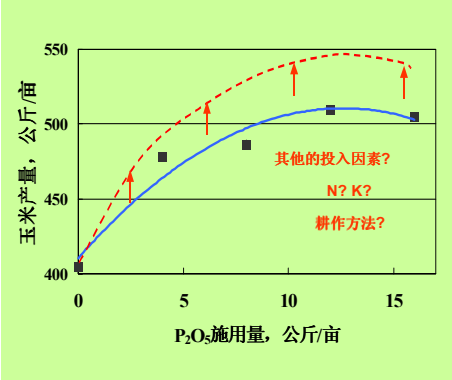
图 4. 四川玉米施磷的增产效果



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。

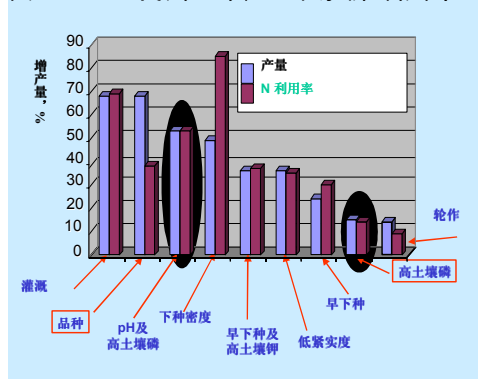
在美国的一系列玉米管理方面的研究表明了不同的“优化管理措施”（BMP）对增产的

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。

# 中国“入世”：农业与肥料的对策

郭书田

中国农业部软科学委员会 北京 邮编 100026



## “入世”后农业的应对措施

我们清醒地看到，中国“入世”对农业和农民的冲击是巨大的而且是全局性的。因为农业不仅是国民经济的基础，关系国计民生和国家安全，而中国人多地少，农业还基本上是传统农业，它的基础脆弱、后劲不足、经营规模小、科技含量低、抗御自然灾害和市场风险能力差，多数农产品缺乏竞争能力。在“入世”以后，“弊大于利”的危险是存在的。特别是对农民收入和农民就业两大问题的压力会明显增大。我们没有别的选择，只能面对现实，采取一切有效措施，应对“入世”面临的严重挑战，努力使“弊大于利”转化为“利大于弊”。主要的措施是：

1、利用WTO的规则，特别是“绿箱政策”，增加对农业的投入，加强

农业的基础设施建设，大力改善农业的生态环境。同时加强农业教育和农业科技与推广工作，从总体上提高农业的综合生产能力、抗御自然灾害与市场风险能力以及竞争能力。

- 2、加速农村工业化、城镇化的进程，减少农业人口和劳动力。一方面扩大农民的就业门路，增加农民收入；另一方面为扩大农业的经营规模，提高农业劳动生产率和现代化水平创造条件。
- 3、大力推广先进科学技术，努力提高产品质量，确保食品安全。按照国际产品质量标准（ISO9000）和环境质量标准（ISO14000），大力推行“无公害食品”、“绿色食品”（包括A级和AA级）和“有机食品”。
- 4、大力发展以农产品为原料的加工工业，由传统的初级产品的生产逐步转变为经过加工后的最终产品的生产，提高农产品的附加值。目前中国农产品加工率只有30%，加工业产值只相当农业产值的80%。这是农业落后的重要显现。
- 5、在保证粮食安全的前提下，大力调整农业产业结构，推进生态农业建设，提高资源的配置效率，保护资源和生态环境。

为保护粮食安全，采取以下10项措施：一是提高粮食综合生产能力，由目前的5亿吨水平提高到2030年的6.4亿吨水平（人均400公斤）；二是保护耕地总量动态平衡（19.5亿亩），作为基本国策和红线；三是依法保护基本农田；四是保证粮食播种面积（包括提高复种指数）不低于16亿亩（人均1亩）；五是提高单位面积产量，由目前平均每亩300公斤提高到400公斤；六是控制外贸依存度，净进口量为5%左右，适当利用国际资源，减轻国内压力；七是重点扶持粮食主产区的商品粮基



地建设；八是对粮食主产区继续实行保护价收购的政策；九是鼓励和支持种粮食的大户实行规模化经营；十是健全粮食市场体系（农贸市场、批发市场、期货市场），注入竞争机制。

在调整结构中要根据国内外市场的需求变化，发挥各地的资源优势，发展有竞争能力的优质经济作物，逐步形成有区域特色的粮食作物、经济作物和饲料作物的三元结构。在农业内部要大力发展养殖业，并严格控制工业的污染和农业的面源污染。

- 6、根据我国资源优势和国际市场的需要，实行农业“走出去”的发展战略，把开展“农业外交”作为“经济外交”的基础。首先应发展同周边国家的农业合作；其次大力发展与发展中国家的农业合作；第三有针对性地发展与欧美、日本等发达国家的农业合作，形成全方位的合作格局。
- 7、在“入世”以后，要与发展中国家合作，为反对大国集团的跨国公司把WTO作为推销他们农产品，实行“经济殖民主义”的工具。

### “入世”对肥料的影响和对策

农产品的大幅度增加是与大量施用化学肥料分不开的，增施肥料为农业形势的根本好转做出了不可磨灭的贡献。1978年，全国化肥施用量（纯量）为884万吨，由于经济作物和养殖业的发展，化肥使用的范围也不断扩大。到1999年全国化肥施用量达到4124万吨，创历史最高水平。与此同时，化肥的结构也发生了重大变化。氮肥的比重逐年下降，而钾肥和复合肥的比重和数量大幅度上升，这符合农业可持续发展的要求。这种可喜的变化是与加拿大钾磷肥研究所（PPIC）在中国实施平衡施肥的试验分不开的。PPIC在解决肥料结构失衡问题上做出了重要贡献。

中国“入世”，将进一步促进可持续发展战略的实施。农业必将发生重大变化，走上新台阶。主要有：一是从以数量型为主转向以质量型为主；二是从粗放型转向集约型；三是从自给半自给型转向商品型；四是从初级产品型转向最终产品型；五是从资源消耗型转向资源节约型；从单一国内市场型转向国内国际两个市场型。总之，从单纯地追求经济效益转向经济效益、社会效益、生态效益、文化效益的统一。

在这种情况下，特别是由于大面积推行无公害食品、绿色食品、有机食品，对平衡施肥提出更高的要求，包括已经推行的“沃土计划”要增加新的内容，施肥的功能和目标发生新的变化：一是保证人、畜、环境的安全；二是改善农产品的品质；三是增加农产品数量；四是降低农产品成本；五是增强农作物抗逆性；六是提高农产品竞争能力。为达到这些目标，应采取以下对策：

- 1、加强对土壤营养状况的动态监测，根据农作物品种结构的调整，确定施肥的品种和数量，实现“测土施肥”，保持和提高地力。
- 2、增加有机肥料的比重，降低化学肥料的比重，实现有机肥与化肥的平衡。
- 3、降低氮肥的数量和比重，增加磷钾肥的数量和比重，特别应重视磷肥（80年代以来，磷肥比重下降），实现氮磷钾肥的平衡。
- 4、重视氮磷钾与中、微量元素的平衡。
- 5、加强对农民的培训 and 施肥技术的指导，大力改进施肥方法，减少肥料的损耗，降低成本，提高肥料的有效利用率。
- 6、采取有效措施，防止硝酸盐对土壤和水体的污染和富营养化。
- 7、在肥料价格放开以后，必须加强肥料市场的管理，坚决打击假冒假劣产品。
- 8、调整化肥生产企业的布局和进口品种结构。对环境污染严重的小氮肥厂实行关停并转，减少氮肥的生产和进口，增加磷钾肥的生产和进口。

# 中国磷肥工业现状和发展趋势

林 乐

中国磷肥工业协会 北京 邮编 10011



## 一、中国磷肥工业现状

### 1. 普钙和钙镁磷肥

中国从 50 年代开始发展普钙。经过近 50 年的发展，现在全国已有普钙厂 400 多个，达到或大于 20 万吨/年的厂有 20 多家。普钙年产量在 360 万吨  $P_2O_5$  左右，占磷肥产量的 55%。钙镁磷肥（以下简称 FMP）的生产则是从 50 年代后期开始研制生产。目前全国共有 FMP 工厂约 100 个，能力达到或大于 20 万吨/年的工厂近 10 家。FMP 年产量约 65 万吨  $P_2O_5$ ，占磷肥产量的 10%。

### 2. 磷铵

中国从 80 年代开始发展高浓度磷肥和复合肥料的生产，迄今已投入 500 亿元，建设了相应的工厂和磷矿、硫铁矿等原料基地。首先从国外引进技术和设备，建设了 15 个大中型磷复肥厂，目前已形成实物能力 692 万吨。磷酸一铵（MAP）的生产是从 1988 年开始发展。目前可生产 289 万吨的 MAP 及 24 万吨的三元过磷酸钙（TSP）。1993 年，NPK 复合肥的生产在山东展开，生产硫基 NPK（15-15-15），产品含氯 < 3%，目前共有 24 个工厂生产，实物总能力约 523 万吨。

### 3. 复混和掺混肥

80 年代初开始生产的复混肥料多为低浓度（三元为 25%，二元为 20%）。90 年代中期，少数厂开始生产高浓度（ $\geq 40\%$ ）的复混肥料。目前工厂最大规模已达 60 万吨/年。采用掺混法（BB 肥）生产的厂家很少，较大的有广州中加（18 万吨），天津嘉吉（10~30 万吨）。主要是受到颗粒原料来源、价格和销售方式的限制。另有少数厂家采用挤压法生产。

1999 年，取得复混肥料生产许可证的厂有 2240 余家，总能力 3000 余万吨，但实际产量估计只有 800 万吨左右。2000 年，我国化肥产量预计为 3185 万吨，其中氮肥产量 2398 万吨（N），磷肥产量 663 万吨（ $P_2O_5$ ）钾肥产量 124 万吨（ $K_2O$ ），氮磷比例为 1:0.28。化肥产量居世界第一位，磷肥产量仅次于美国，居世界第二位。近几年来中国磷复肥分品种产量见表 1a 及表 1b。在磷肥产量中，高浓度磷肥占磷肥比例达到了 35% 以上。有 1/3 的磷肥被加工成复合或混合肥料形式销售。复混肥料在化肥产量中的比重已达到 16%。

表 1a. 近年来中国磷肥产量，万吨养分 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000
磷肥总产量	618.6	575.1	640.8	662.9	636.1	663.0
SSP	391.4	384.9	418.2	426.3	360.4	367.2
FMP	120.5	80.5	91.2	81.2	68.1	64.4
TSP	10.0	11.9	13.8	18.9	26.1	18.5
单一肥料占%	84.4	83.0	81.6	79.4	71.5	66.6

表 1b. 近年来中国磷复肥产量，万吨实物

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000
复合肥总产量	292.6	336.4	470.7	533.4	623.6	763.3
MAP (11-42)	69.7	93.8	120.6	158.6	186.7	179.8
DAP (18-46)	50.3	61.9	78.4	94.9	100.5	150.9
NPK(15-15-15)	74.2	99.4	142.2	186.6	246.8	352.9
NP (13-27)	55.7	64.8	71.9	77.0	89.6	79.7

## 二、中国磷肥工业发展趋势

### 4. 增加产量，满足市场需求。

多年以来，中国磷肥产量只能满足国内市场需求的 70% 左右（表 2）。据预测，中国在 2005 年时对化肥的需求量和产量（万吨，折纯）将如表 3 所列。从资源条件来看，中国 2000 年开采了磷矿 1937 万吨，不仅满足了国内需求，而且出口了 345 万吨，价格也比国外为低。因此在今后 5 年内提高 200 万吨 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的磷肥产量，使市场占有率达到 80% 以上，是可以实现的。

表 2. 中国磷肥进口和消费量(万吨 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000
表观消费量	949	829	891	957	943	858
磷肥进口量	330	254	250	294	288	195
进口量占消费量%	34.8	30.6	28.1	30.6	30.5	22.7

表 3. 估计 2005 年中国化肥的需求量和产量（万吨，折纯）

	需求量	产量
化肥	4600	3555
氮肥	2740	2550
磷肥	1070	875
钾肥	700	130
N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	100:43: 25	

## 5. 增加高浓度磷肥和复混肥料在化肥中的比重。

今后 5 年，磷肥的品种发展方向将以磷铵和 NPK 为主，使其在磷肥中的比重由目前的 32% 提高到 45%。

TSP 由于市场需求不旺，企业效益较差，将不再新建，现有工厂将视情况适当改产 DAP / NPK。

NP 厂对磷矿质量要求高，工艺流程长，投资大，在当今硫磺价格较低的情况下，也不会再新建装置，现有厂将改造为兼产 NPK 产品。

SSP 和 FMP 将基本保持现有产量水平，但要减少生产厂点，淘汰部份条件太差的工厂。SSP 和 FMP 虽然都是低浓度磷肥，但它们含有大量的钙、镁、硫、硅等营养元素，对维持作物的养分平衡发挥了重要的作用，因此还要全面评价这两种肥料的多元素养份价值，改变对它们的形象宣传，继续推广施用。

农民购买肥料的费用中，一半左右是用于支付包装、运输、贮存和销售费用，因此提高肥料的养分含量一直是化肥工业的一个发展方向。但是高浓度肥料的生产成本一般要比低浓度肥料高 20~30%，如果肥料销售范围的半径不大，运输的费用不足以抵消它所增加的生产成本，那么选择低浓度肥料品种可能更为经济。

化肥品种从单一元素肥料过渡到以复混肥料为主，是一个国家化肥工业和农业发展水平的重要标志。当前，世界化肥产量中复混肥料所占的比重已经达到 30% 以上。而发达国家的复混肥比重，一般是 50% 左右的 N，90% 以上的  $P_2O_5$  和  $K_2O$  均加工成复混肥料形式后供给农民使用。“十五”期间，将大力增加复混肥料的产量，使复混肥料在化肥中的比重可由 16% 提升到 25% 左右。复混肥料的生产只是对肥料进行一下简单的二次加工。据国外比较，生产复混肥料的四种工艺，即散装掺混、挤压造粒、蒸汽团粒和化学料浆法其投资比例为 1:2.7:3.2:5.1，生产成本比例为 1:1.02:1.052:1.14。因此复混肥料今后应以发展蒸汽团粒和散装掺混法为主。目前，中国大颗粒尿素能力已达 200 万吨，“十五”末预计可达 400~500 万吨，将为发展掺、混法创造条件。在品种上，要根据各地土壤、作物的需求，因地制宜的生产各种配比专用肥。同时添加必要的中量和微量营养元素，以及农药、除草剂等，使磷肥逐步发展成为具有复合型、功能型等更具个性的专用复混肥料。

## 6. 滚动发展、低成本扩张，提高竞争优势。

目前，中国有一批工厂已做到生产成本低于进口磷肥的到岸成本，而硫基 NPK 则已经做到低于国外工厂的生产成本，说明中国的磷肥工业是具有竞争潜力的。

预计，2001 年 12 月中国加入世界贸易组织（WTO）后。中国磷肥工业要想立足于世界之林，还需要大力提升自身的竞争优势。

中国磷肥工业的发展，将主要立足于现有工厂，通过加强管理，技术进步，挖潜改造，以最少的投入取得最大的产出，从而大幅度降低成本。

同时，要在云贵等地建设 100~200 万吨/年级的磷肥生产基地。基地建设要在建设模式上改革创新，充分利用现有基础，提高技术含量，采用国内技术和设备，严格管理，精简人员，公用工程尽量实现社会化，以降低投资和成本，走一条具有国际竞争性的发展之路。

# 中国磷肥施用量与氮磷比例问题

林葆 李家康

中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081



中国国产磷肥以低浓度的单一磷肥普通过磷酸钙和钙镁磷肥为主, 近年来高浓度磷肥和磷复肥发展很快, 磷肥的自给率已达 70% 左右。加上每年进口大量氮磷二元复合肥(磷酸铵)和三元复混肥, 磷肥用量又有增加, 氮磷比例逐渐趋于合理。从全国各地土壤磷素的测定看, 有积累的趋势, 土壤速效磷含量逐年提高。但是, 磷肥的施用量和氮磷比例不确切, 这是须要搞清的问题。同时, 随着氮、钾肥用量的增加, 磷肥的需求量和适宜的氮磷比例也是一个值得重视的问题。本文以中国 1980 年~1999 年的化肥生产、进口和施用量的统计资料为依据, 参考国内外的有关资料, 对中国磷肥的用量和氮磷比例问题进行分析。

## 一、中国磷肥生产、进口和施用量以及氮磷比例

### 1. 磷肥的生产量和氮磷比例

中国磷肥产量在上世纪 80 年代为 250 万吨~300 万吨, 到 90 年代后期增长到 600 万吨左右, 产量增加了一倍多, 氮磷比例也由 100:20~25 上升到 100:25~30。但是, 磷肥数量依然不足, 磷肥的比例偏低。

表 1 中国化肥生产量 (万吨)

年份	总量	其中			N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O (N=100)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1980	1232	999	231	2.0	100: 23:0.2
1990	1880	1464	412	4.6	100: 28:0.3
1999	3001	2324	636	41.3	100: 27:1.8
合计	382736	30033	8006	239	100: 27:0.8

引自《中国化肥手册》及《中国化工年鉴》。

### 2. 磷肥的进口量和氮磷比例

在 1980 年代以进口氮肥为主, 数量超过了磷、钾肥之总和。从 1991 年开始, 进口磷、钾肥的比例明显增加。从 1997 年起, 中国成为以进口磷、钾肥为主, 氮肥主要是复合肥中的氮和少量尿素。这对增加中国磷、钾化肥用量, 调整氮磷钾比例起到了重要作用。

### 3. 化肥的施用量

由于化肥生产量和进口量的增加, 化肥的施用量增长很快, 由 1980 年的 1269 万吨, 增加到 1999 年的 4125 万吨, 19 年增加了 2855 万吨, 增长了 2.3 倍, 平均年增加 150 万吨(表 3)。从不同肥料的增长率看, 钾肥增加了近 11 倍, 复混肥增加了 32 倍, 远远

超过了氮肥和磷肥，说明了目前化肥施用发展的趋势。但是，在化肥施用量的统计资料中，对日益增长的复混肥中到底有多少氮、磷、钾，没有加以区分。因此，从这一统计资料中，不能直接了解中国氮、磷、钾化肥的施用量。

**表 2 中国化肥进口量 (万吨)**

年份	总量	其中			N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O (N=100)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1980	229	153	36.7	39.3	100: 24: 26
1991	937	461	284	192	100: 62: 42
1997	902	297	260	345	100: 87:116
1999	782	137	288	357	100:211:261
合计	12486	5878	3322	3287	100: 57: 56

引自《中国农业持续发展中的肥料问题》及《中国化工年鉴》。

**表 3 中国化肥施用量 (万吨)**

年份	总量	其中			复合及复混肥
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1980	1269	934	273	34.6	27.3
1999	4125	2181	697	366	880
增长倍数	3.2	2.3	2.6	11	32

引自《中国农业年鉴》。

## 二、中国磷肥用量和氮磷比例分析

### 1. 中国拥有的化肥资源

到上世纪末，中国化肥的表观消费量(生产量加进口量之和)达到每年 3700 万吨左右，其中氮肥的表观消费量达到每年 2400 万吨左右，磷肥达到 900 万吨左右，N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 约为 100: 37。由于进口量年度间有波动，我们以每 5 年表观消费量进行比较，则氮肥由第 1 个 5 年(1980~1984)的 6337 万吨增加到第 4 个 5 年(1995~1999)的 12053 万吨，增加了 90%；磷肥在同期中 1619 万吨，增加到 4431 万吨，增加了 174%。氮磷比也由 100: 26 上升到 100:37。

### 2. 中国的化肥施用量与表观消费量比较

为了两者可以相互比较和分析，把施用量中的“复合肥”(按《肥料和土壤调理剂术语》国家标准，应当是复合肥和复混肥)分解为氮(N)，磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)和钾(K<sub>2</sub>O)。施用的复合肥和复混肥可分两部分来计算其中的氮、磷、钾。一部分是进口的二元复合肥(主要是磷酸二铵)、三元复混肥和国产的二元复合肥(磷酸一铵、磷酸二铵和硝酸磷肥)，这一部分是可以根据有关统计资料，逐一计算出氮、磷、钾数量的。由于进口的磷酸二铵比重很大，历年计算的结果，这部分的复合肥和复混肥的氮磷钾比例大致为 3:6:1(100:200: 33)。另一部分是国产的复混肥料，包括各种三元和二元的复混肥，其中有相当一部分是以单一化肥经二次加工而成的。根据国家化肥质检中心(北京)从各地抽样检验的结果，大致

为 100:80: 80。根据这一思路，我们对施用的“复合肥”进行分解，加上施用的单一氮、磷、钾化肥后，成为表 5。现将表 5 与表 4 进行比较：

**施用总量与表观消费总量比较** 从道理上说，20 年的施用量与表观消费量应当是一致的。20 年的化肥施用总量为 52126 万吨，而同期的表观消费量为 50762 万吨，施用量高出 1363 万吨，高出 2.7%。可以认为两者基本一致。在前 15 年，两者一致。在 1995~1999 年的 5 年中，施用量大量的高出表观消费量。

**表 4 中国化肥资源量（生产量+进口量）及氮磷钾比例（万吨）**

年份	总量	其中			N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O (N=100)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1999	3783	2461	924	398	100: <b>38</b> :16.2
1980~84	8263	6337	2015	463	100: <b>26</b> : 4.8
1985~89	10390	7912	2015	463	100: <b>26</b> : 4.8
1990~94	13861	9609	3262	990	100: <b>34</b> :10.3
1995~99	18249	12053	4431	1766	100: <b>37</b> :14.7
1980~99	50762	35911	11327	3526	100: <b>32</b> : 9.8

**表 5 中国化肥施用量及氮磷钾比例（万吨）**

年份	总量	其中			N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O (N=100)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1999	4125	2481	1100	543	100: <b>44</b> :21.9
1980~84	7517	5408	1813	296	100: <b>34</b> : 5.5
1985~89	10202	7144	2434	626	100: <b>34</b> :14.0
1990~94	14794	9597	3853	1344	100: <b>40</b> :14.0
1995~99	19612	12028	5350	2235	100: <b>44</b> :18.6
1980~99	52126	34177	13449	4501	100: <b>39</b> :13.2

**施用的氮、磷、钾量与表观消费的氮、磷、钾量比较** 20 年施用氮肥 34177 万吨，比表观消费氮肥量 35911 万吨低 1734 万吨，低 5.1%。施用量低于表观消费量主要发生在 1980 年~1989 年的 10 年中。20 年的磷肥施用量为 13449 万吨，明显高于表观消费量 11327 万吨，高出 2122 万吨，高 18.3%。在 20 年中，磷肥的每年施用量均高于表观消费量，尤其是后 10 年高出较多。钾肥除第一个 5 年外，也是施用量高于表观消费量。20 年共高出 975 万吨，高 27.7%。

### 3. 磷肥用量和氮磷比的分析 and 讨论

从表 4 表 5 中可以看出以下几点：

**化肥的施用量和表观消费量的多年数据应当是一致的** 20 年的结果比较，施用量高于表观消费量主要在 1995 年~1999 年，可能的原因是上世纪的 90 年代以来，二次加工的复混肥有了较大发展，在施用量的统计中，有无重复计算的情况，是一个值得注意的问题。

**20 年中中国实际拥有的磷肥资源(生产+进口)应当是可靠的** 到 90 年代接近 900 万吨，而施用量的数据则为 1000~1100 万吨，要高出 100~200 万吨，可能偏高。

**磷肥施用量偏高的可能原因** 一是施用的“复合肥”统计量偏大，二是在分解这一部分的肥料氮、磷、钾时，磷、钾的比例偏高。

可以初步认为，到 20 世纪末，中国磷肥的施用量为 900 万吨左右，氮磷(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)比约为 100:37。

### 三、 近期中国磷肥的需求量和氮磷肥料比例

上世纪 80 年代的一些材料，在讨论中国适宜的化肥氮磷比例时，对磷的比例提得过高，是对中国磷肥需求量提得偏高的一个重要原因。

#### 1. 适宜的氮磷比例(N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)问题

世界化肥的发展是从磷肥开始的，继而开发钾肥。用合成氨的办法生产氮肥，比生产磷肥要晚半个多世纪。同时，欧洲各国畜牧业比较发达，采用有豆科牧草的轮作制，使作物的氮素营养得到一定补充，施用磷、钾肥有很好的效果。长期以来，化肥中的磷、钾肥比例一直高于氮肥(表 6)。直到进入 60 年代，氮肥用量才超过磷、钾肥。此后氮肥发展很快，磷、钾肥的比例急剧下降。

**表 6 世界化肥消费量及氮磷钾比例 (万吨)**

年份	总量	其中			N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O (N=100)
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1934/35	685	159	297	228	100: 44:21.9
1964/65	3791	1533	1339	1099	100: 34: 5.5
1984/85	13057	7065	3402	2590	100: 34:14.0
1997/98	13725	8118	3347	2261	100: 40:14.0

到上世纪末，世界化肥的消费量中 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 约为 100 : 40。根据 FAO 《肥料年鉴》的资料，上世纪末美国消费的化肥 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 100 : 38，德国和英国由于有长期施用磷肥的历史，化肥的 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 已降到 100 : 30 或更低。而中国的情况与这些发达国家不同，是先发展氮肥，后发展磷肥，钾肥至今仍主要依靠进口。因此，化肥中磷肥的比例是一个逐步提高的过程。磷的比例一个下降，一个提高，异途同归，最后达到一个交汇点，这就是 100 : 40 左右。

#### 2. 中国近期的磷肥需求量问题

中国化肥的施用量还在增加，氮、磷、钾的比例和品种结构在不断调整。随着种植业结构的变化，化肥施用的作物种类也愈加广泛。由于施肥对农产品质量、环境和食品安全问题日益引起人们关注，同时，随着中国加入 WTO，某些农产品进口还会增加。中国化肥施用量的增加速度将会放慢。当 2010 年前后中国化肥用量达到 5000 万吨时，N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O 为 100 : 40 : 25 即氮肥 3000 万吨左右，磷肥 1200 万吨左右，钾肥 750 万左右可能是适宜的。按照化工部门的规划，2010 年国产磷肥将达到 950~1050 万吨，届时磷肥仍将有 200 万吨左右的缺口。



# 中国的化肥结构和发展预测

李家康 林葆 梁国庆

中国农业科学院土壤肥料研究所，北京，100081



## 一、近 20 年施肥结构的变化

随着国内市场经济的发展，种植业结构的调整，以及茶树、果树、桑园、热带经济林木等面积扩大和施肥的普及，中国的施肥结构也发生了很大变化。根据中国农业年鉴的统计资料，1980 年到 1999 年的 19 年期间，粮食作物播种面积一直保持在 17 亿亩左右，粮食总产的增长主要是通过增施肥料、提高单产的途径来实现。而同期，经济作物种植面积迅速扩大。各类作物总施肥面积由 1980 年的 22.4 亿亩，增加到 1999 年的 25.2 亿亩。粮食作物施肥面积占总施肥面积的比例则由 1980 年的 78.0%，降到 1999 年的 67.5%（表 1）。而且，粮食作物单位面积施肥量，又往往比经济作物低。

表 1 近 20 年中国种植业结构的变化（亿亩）

作物种类	1980	1985	1990	1995	1999
粮食作物	17.5	16.3	17.0	16.5	17.0
大田经济作物	2.8	4.0	4.1	4.9	5.4
果树	0.3	0.4	0.8	1.2	1.3
其它	1.6	1.2	1.1	1.1	1.1
合计	22.4	22.3	23.4	24.1	25.2
其中粮食（%）	78.0	73.3	72.8	68.5	67.5
大田经济作物（%）	12.4	18.0	17.5	20.4	21.5
果树（%）	1.2	1.8	3.3	5.0	5.2

引自《中国农业年鉴》

根据中国农科院土肥所对中国的吉林、山东、陕西、四川、湖北、广西、江苏等 7 省、自治区的 1958 个农户调查结果显示，1996 年在粮食作物上的化肥用量为每亩 18.2 公斤，而经济作物为每亩 29.4 公斤。经济作物的化肥用量要高于粮食作物 61.5%。如果按中国农业年鉴统计的各种作物种植面积和上述施肥量调查资料进行计算，则 1998 年中国化肥施用量中约有 40% 用于经济作物。这种趋势大致反映了中国近 20 年来施肥结构的变化情况。

## 二、化肥需求增加的预测

中国人口在不断增长，到 2030 年将达到 16 亿。中国耕地后备资源不足，要依赖提高单位面积产量，来实现农产品总量的增长。中国原有的以粮食作物为主体的种植业结构还需进一步调整，林业、草业和养殖业施肥落后，这些都是中国的基本国情。

中国以往进行化肥预测时，多偏重于种植业，尤其是粮、油、棉，很少考虑其它。因此，所作的化肥需求预测，往往低于实际施用量，本次预测除种植业外，还考虑林

业、草业和养殖业等对化肥的需求。在具体预测时，粮食作物以化肥肥效为依据，林业、草业和养殖业目前的施肥面积究竟有多少，国内没有统计资料，大致按增加施肥面积进行匡算。

### 1. 粮食作物化肥需求预测

在粮食作物上的化肥需求状况仍然是影响中国化肥需求总量的主导因子。对于粮食作物化肥需求预测的方法,有采用养分平衡法,但采用这种方法需要很多参数,包括土壤肥力参数,作物养分吸收参数,化肥利用率参数等。中国迄今还没有足够的调查与研究数据可作为建立这些参数的依据。本预测采用的化肥肥效法,即根据大量田间肥效试验结果和农作物目标产量(粮食需求目标),估算出化肥需求量,这一计算方法已得到国内许多专家的认可。

目前,中国粮食作物约占农作物种植面积的70%,按19.5亿亩耕地,30.4亿亩播种面积计算,粮食作物的实际播种面积应为21.3亿亩。预计未来的几十年里,粮食作物的种植面积不会发生大的变化。换言之,要满足不断增加的人口对粮食的需求,将主要依靠增加化肥投入、提高作物单产来实现。目前中国粮食总产量约为50000万吨左右,按人均保持粮食400公斤,2010、2015和2030年中国人口为13.8、14.4和16.0亿计算,则需增加粮食分别为5200、7600和14000万吨。根据全国化肥网1981-1983年取得的5000多个田间试验结果,每公斤化肥可增加粮食8-10公斤计算,则分别需增加化肥520-650、760-950和1400-1750万吨(表2)。

表2 粮食作物化肥增加量预测

	1999	2010	2015	2030
播种面积(亿亩)	21.3	21.3	21.3	21.3
粮食总产(万吨)	50000	55200	57600	64000
粮食单产(kg/亩)	235	259	270	301
化肥增加量(万吨)	-	520-650	760-950	1400-1750
化肥总用量(万吨)	2475	2995-3125	3235-3425	3875-4225
每亩化肥用量(公斤)	11.6	14.2-14.7	15.2-16.1	18.2-19.9

注: 1) 1999年粮食作物化肥总用量按占化肥总消费量4124.5万吨的60%计算,其它各年度粮食作物化肥总用量在1999年的基础上,加上化肥增加量而得。

2) 化肥增加量按每公斤化肥增产粮食8-10公斤计算。

按粮食作物化肥用量占化肥总消费量的60%计算,则1999年粮食作物的化肥总用量约为2475万吨,到2030年,粮食作物的化肥总用量将会达到3875-4225万吨,每亩化肥用量将为18.2-19.8公斤。根据全国化肥试验网50个肥料长期定位试验的结果(1980-1993),在每亩施用2000公斤有机肥的基础上,增施化肥氮(N)10-12公斤、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)3-5公斤、钾(K<sub>2</sub>O)4-6公斤,总量约为20公斤,即可获得每亩350-400公斤的粮食产量,并可保持和提高土壤肥力。而中国2030年粮食单产达到每亩300公斤时,即可实现粮食总产6.4亿吨的目标。因此,长期定位试验的结果也表明,采用表2中的预测数是可行的。

## 2. 经济作物化肥需求预测

1999年，中国农作物实际播种面积为30.4亿亩，经济作物（含其它作物）约占30%（表1），经济作物的播种面积为9.1亿亩。经济作物除蔬菜、油料外，其它作物的播种面积已基本稳定。多年生经济作物（包括茶树、果树、桑树、热作）当年的种植面积1.7亿亩。考虑到中国果树业的发展，今后中国多年生经济作物的种植面积将增加到1.9亿亩。上述两项合计总面积为10.9亿亩。在今后一段时期内，这些经济作物的化肥用量还会逐步提高。若按2010、2015和2030年经济作物上每亩化肥用量分别提高3.3公斤、4.7公斤、和6.7公斤计算，则在经济作物上需多投入化肥366、512和732万吨（表3）。

表3 各需肥行业新增化肥量概况（万吨）

年份	2010	2015	2030
粮食作物	520-650	760-950	1400-1750
经济作物	366	512	732
林业	126	189	252
草业	44.7	57.5	61
渔业	35.1	52.8	70.5
合计	1092-1222	1571-1761	2515-2865

## 3. 林业化肥需求预测

根据林业部第三次普查（1989-1993）的结果，中国拥有经济林、毛竹、苗圃面积共有2.36亿亩。这些林木一般需要施肥，按每亩施肥量26.7公斤，2010、2015、2030年新增施肥面积分别为总面积的20%、30%和40%计算，则各时期施肥面积分别为21、27.5和42亿亩，需要增加化肥投入分别为126、189和252万吨（表3）。

## 4. 草业化肥需求预测

1994年农业部畜牧兽医司统计，中国人工种草保留面积为0.91亿亩。根据农业部的规划，中国人工种草的面积还会增加。估计2010、2015和2030年的人工草地保留面积将分别达到1.68、2.16和2.29亿亩。由于人工种植草场多分布在西北干旱地区，施肥面积不可能增加很快，施肥量也不可能很大。拟按各时期施肥面积为总面积的20%，每亩施肥13.3公斤计算，则2010、2015和2030年草业方面分别需增加化肥投入44.7、57.5和61.0万吨（表3）。

## 5. 渔业化肥需求预测

目前中国约有池塘养殖面积3218万亩，水库河沟及其它养殖面积面积3210万亩，湖泊面积1367万亩。根据湖北、河南、山东、福建、浙江、内蒙、山西和江苏各省的施肥推荐，池塘养鱼施肥量约为39.1公斤/亩，水库河沟养鱼施肥量为14.1公斤/亩，湖泊养鱼施肥量为3.8公斤/亩，按2010、2015和2030年养鱼施肥新增面积为20%、30%和40%估算，需增加化肥投入分别为35.1、52.1和70.5万吨（表3）

综上所述，在未来的30年时间里，随着人口的增加，中国土地面积不可能有大幅度增加的情况下，为了满足增长的人口对粮食、蔬菜和瓜果类等农产品的需求，只能通过

增加化肥投入，提高单位面积产量水平来实现。另外，随着市场经济的发展和人们生活水平的提高及环境意识的加强，林业、草业和渔业的化肥需求也将逐步提高。预计在2010、2015和2030年，包括粮食作物、经济作物、林业、草业和渔业等需肥行业在内，需新增化肥分别为1101-1231、1571-1761和2515-2865万吨（表3）。

## 6. 化肥需求总量预测

目前，中国年化肥总用量约为4000万吨，加上新增化肥用量，预计2010、2015、2030年中国化肥需求量为5101-5231、5571-5761和6515-6865万吨（表7）。即到2030年，化肥消费总量在现有的基础上，再增加65%左右。按中国实际播种面积30.4亿亩计算，则每公顷化肥施用量将达到21.4-22.6公斤，这一施肥水平大致与目前英国的施肥水平相当。

表7 不同年份化肥需求总量预测（万吨）

年份	2010	2015	2030
化肥需求量	5092-5222	5571-5761	6515-6865
N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O	100:40:25	100:40:30	100:40:30
N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	3086-1234-772	3277-1311-983	3832-1533-1150
	3165-1266-791	3389-1356-1017	4038-1615-1211

综上所述，中国化肥需求总量的上限为7000万吨左右，如果2030年中国的人口数量能控制在16亿左右，则随着科学技术的发展，农业生产条件的改善，中国化肥用量控制在7000万吨以内，是有可能实现的。

## 三、小结

中国是一个地少人多的国家，要发展农业以满足人口日益增加的需要，必须增加农业外部的物质，即化肥的投入。

根据种植业、林业、草业、养殖业发展的需要，预测中国化肥需求量2010年为5092-5222万吨，2015年为5571—5761万吨，2030年为6515—6865万吨；氮磷钾养分需求量2010年为（3086~3165）—（1234~1266）—（772~791）；2015年为（3277~3389）—（1311~1356）—（983~1017）；2030年为（3832~4038）—（1533~1615）—（1150~1211）。

1998年，中国化肥生产能力为3808万吨，其中氮肥生产能力2909万吨，磷肥生产能力854万吨，钾肥生产能力44万吨。按生产能力来说，至2010年氮肥仍能基本自给，磷肥缺口约390万吨，钾肥缺口约730万吨。

本预测只针对国内农业发展需要，没有考虑达到这一投肥所需的资源、资金、技术等的可能性，也没有考虑农民的经济回报问题，以及中国加入WTO后农产品市场的变化情况。

# 磷肥的施用对环境的影响

鲁如坤

中国科学院南京土壤研究所 南京 邮编 210008



农田磷素在土壤因长期施用磷肥后,磷水平提高对环境主要的影响可从两个方面来探讨(不包括磷肥生产中的环境问题)。一是农田土壤磷水平提高对水体环境的影响,二是长期施磷时带入的重金属杂质,特别是镉的积累问题,这里将简单地加以讨论。

## 农田有效磷素水平和水体环境

近年来非点源磷污染对水体环境的影响在国外引起了广泛的注意。在国内,由于各大湖泊几乎都或轻或重地存在着水体的富营养化问题,有些达到了甚为严重的程度。因此,农田磷素对水体环境的影响受到了相当程度的重视。但这是一个复杂的问题,涉及到一系列相关的问题。有报告指出,磷素经由水体被带入一些湖泊(如滇池、洱海,淀山湖和南四湖等)的总磷量中,来自农田的约占 14—68%。这种情况说明了,在我们应当重视农田磷素对水体环境的威胁。

大量的研究表明,进入水体的磷主要是通过径流所带入,当然渗漏也会占有一部分。而径流水溶磷的浓度必然和土壤有效磷水平有关,但其间的数量关系则远未清楚。我们曾对土壤有效磷水平和水溶磷的关系作了一些探索,发现:

1. 土壤水溶磷浓度和土壤有效磷的关系因土壤而有不同,它们并不是直线的关系。
2. 南方红壤和砖红壤的旱地土壤在现有土壤有效磷水平条件下,一般不会有水溶磷存在。
3. 砖红壤在土壤有效磷升至 46 毫克/公斤(ppm)时而红壤在有效磷达到 60 毫克/公斤时开始出现水溶磷。
4. 质地较轻的红壤性水稻土在有效磷达到 20 毫克/公斤,质地较重的达到 40 毫克/公斤时出现水溶磷。

由此推论,

1. 在目前土壤有效磷水平(3-17 毫克/公斤)条件下,旱地红壤和砖红壤中的磷,不会对水体环境构成威胁。
2. 在南方不同质地的水稻土中,目前土壤有效磷含量低于 20 毫克/公斤的条件下,也不会对水体环境产生威胁。
3. 在南方高产区的高产田块中,当土壤有效磷在质地轻的水稻土中高于 20 毫克/公斤或在质地较粘的水稻土中高于 40 毫克/公斤时,对水体环境会构成现实的威胁。但是根据我们的了解,这类土壤面积比重不大。

4. 一个特别应引起注意的问题是全国的蔬菜土壤,它们的有效磷含量一般都很高(表 1)。当径流存在时,会对附近的湖泊水体环境构成大的威胁。

一般来说,露地的蔬菜土壤中有有效磷水平在 60—90 毫克/公斤已经可以满足生产上的需要,温室栽培需要量要高一些(约 100 毫克/公斤)。但以维护环境的观点来看,却是过高了。而那些达到 400 毫克/公斤以上地方,从生产上说,也无比必要。蔬菜地磷的利用率很低,只有 6%。因此,蔬菜地磷的积累很快。

**表 1 我国城市郊区蔬菜土壤的有效磷水平平均含量,毫克/公斤**

城市	样品数	有效磷 (大棚)	城市	样品数	有效磷 (露地)
哈尔滨	12	510	上海	14	41
大庆	3	519	南京	14	64
天津	13	145	武汉	13	37
南京	5	199	南昌	12	59
苏州	7	182	成都	16	37
无锡	8	136	广州	13	82
常州	6	269	哈尔滨	3	50
镇江	9	162	大庆市	3	25
海口	13	113	沈阳	110	115

注:资料来自马茂桐、夏立忠、孟鸿志、赵风艳等。

### 长期施磷导致镉在土壤中的积累及其影响

由于磷矿中含有重金属如镉等杂质,它们会随着磷肥的施用而进入土壤中。镉为对人体有毒性的重金属,因此镉的积累引起了人们的注意。

我们在原化工部磷肥处的支持下,对全国磷矿和磷肥的重金属,特别是镉的含量进行了研究得到了以下的结论:

1. 中国主要磷矿的镉含量在 0.1—2.9 毫克/公斤范围内,平均为 0.98 毫克/公斤,远比其他国家磷矿中含镉量低。
2. 中国主要的磷肥产品(过磷酸钙和钙镁磷肥)平均含镉 0.60 毫克/公斤,特别是钙镁磷肥,平均镉含量只有 0.11 毫克/公斤,相当于磷矿平均含镉量的 1/10,过磷酸钙的 1/6。
3. 根据我国土壤、磷肥用量和含镉量以及土壤最大镉负荷量,我们认为随磷肥进入土壤的镉量在相当长的(如数百年)时间内不会对生态环境造成大的冲击。

### 施用磷肥需要面对的问题

#### 1. 施磷的原则

我们在施用化肥时,所依据的一个基本原则是“缺什么(养分)施什么,不缺不施”这一原则在过去无疑是正确的,但是对于今天的磷肥来说就有进一步研究的必要,即对于那些因磷素积累,施磷当季已不再增产的田块是否还需施用磷肥呢?答案可能是肯定的,也就是说虽然磷肥当季不再增产仍然需要施用磷肥以保持充足的磷素供应达到高产优质的要求。否

则土壤磷素水平就要下降,就难于达到高产优质。但土壤磷素水平大大超过临界值也是没有必要的,特别考虑到不能对环境造成威胁。因此有必要建立新的施磷原则即建立可持续性的施磷制度。需针对我国具体的土壤,作物经济和资源等条件,建立新的磷肥施用制度。

## 2. 磷素的临界值

我国已经有了一套土壤有效磷的临界值,或称丰缺指标,曾经在施磷推荐上起了重要作用。但在作物品种有了巨大改变,单产有了巨大提高等等条件下,可能需要一套新的临界指标。例如中国新的水稻品种单位面积产量可达到 1000 公斤/亩的情况下它所需要的临界值就要比 350 公斤/亩或 500 公斤/亩的产量时要高。

## 3. 提高磷肥利用率

这是一个大家关心的老问题。中国在这方面曾进行了不少工作,包括利用近代生物技术,取得了不少成果,但远未达到人们的期望。所以我们在这方面仍值得作更大的努力。但是在取得新的成就前,把已有成果有效地利用起来,也同样是重要的。

## 4. 健全施磷推荐制度和推广

中国在健全施肥推荐和推广方面作了很大努力。如何根据实际国情建立施肥推荐系统是一个迫切的问题,特别是当高浓度的 NP 复合肥和 NPK 混合肥的比重日益增加的情况下,科学的符合地区配方的审批制度都亟待建立和健全。能将这些制度建立健全起来,将会大幅度的提高肥料的利用率。

## 5. 有机—无机结合的施肥制度

中国历来有施用有机肥的传统,但在新的条件,随着农业集约化程度的加大,有机肥的地位只能加强而不应削弱,因为有机无机结合的施用能改进土壤的各种性质并降低土壤对磷的固定量以及调节其他养分的供应等作用。但是应注意有机肥施用不当也会造成环境上的问题,特别是厩肥的使用。

## 6. 菜地的合理施肥及环境

城郊菜地的土壤有效磷水平远高于农田,超过 100 毫克/公斤的不在少数(表 1)。这就给环境带来巨大的威胁,特别是对城市邻近湖泊在生态环境方面的威胁。昆明的滇池、苏州的太湖、南京的玄武湖、北京的昆明湖和杭州的西湖等湖泊,目前在生态上已受到了严重威胁。但蔬菜等经济作物的种植又是人民生活所必须,所以要保护环境,又能达到高产的目标,就必须执行合理施肥。合理施肥在我国是一个重大问题,对蔬菜生产地更应该重视。

# 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



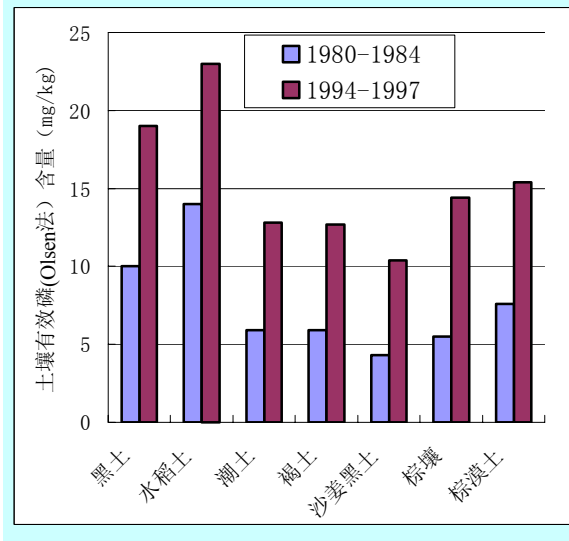
北方历来为全国的重点缺磷地区，农田耕地土壤缺磷面积约占75%以上。在大规模施用磷肥，土壤磷素状况得到明显改善。近年来土壤养分状况的系统研究和大量田间试验结果显示，中国北方土壤磷素仍然是继N之后的主要养分限制因子。从农业的持续发展出发，仍需高度重视合理施用磷肥问题，以提高肥效，培肥土壤。本文汇总了北方协作组几年来有关磷肥的研究成果，对北方土壤磷素状况、磷肥的合理施用以及肥效进行分析。

## 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  $P_2O_5$  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  $P_2O_5$  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

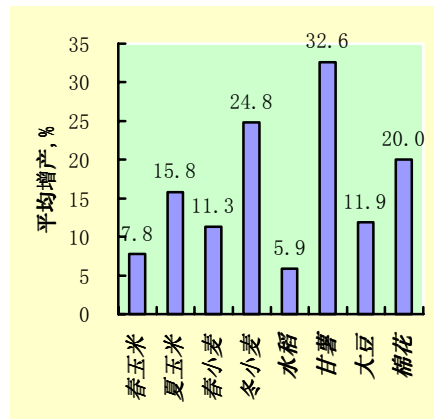


图 3 施入单位  $P_2O_5$  的增产量 (公斤)

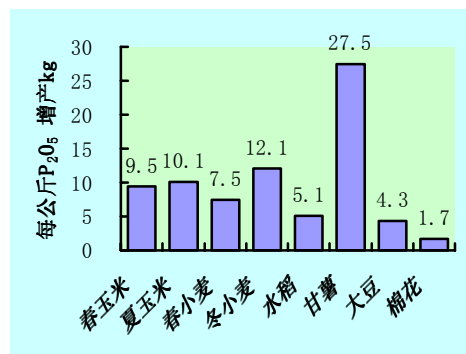
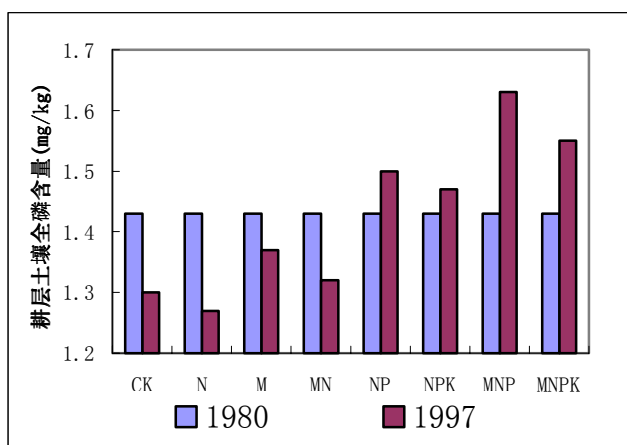


图 4 不同施肥处理耕层土壤全磷含量变化



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20-40cm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的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)

# 南方土壤磷素状况及磷肥效应

谭宏伟 周柳强 谢如林 黄美福

广西农科院土肥所 南宁 邮编 530007



由于磷是植物生长所必需的元素，它存在于植物的活细胞内。磷参与植物的能量转化、光合作用、糖分和淀粉的分解、养分在植物体内的运输及性状的代间遗传等。众多的研究结果指出，我国南方热带和亚热带地区磷是作物生产的主要养分限制因子之一。土壤中有效磷含量低，磷素多被铁铝氧化物或氢氧化物固定。为此，研究不同耕作制中土壤磷素状况及磷肥效应，对于提高磷肥效益有重要意义。

## 一、种植结构及施肥量

不同耕作制下，作物产量差异大，施肥管理也不相同，磷肥的增产效应差异也大。南方江西、福建、广东、广西、海南等省区水稻田及早地的主要耕作制分别列于表1及表2。热带地区还有香蕉等热带作物。

表1 南方五省区水稻田及早地的耕作制度

水稻田耕作方式	旱地耕作方式	分布
稻—稻—冬闲	玉米—大豆	福建、江西、广东、广西、海南
稻—稻—菜	花生—红薯	福建、江西、广东、广西、海南
稻—稻—绿肥	甘蔗	福建、江西、广东、广西、海南
稻—稻—油菜	--	福建、江西、广东、广西、海南
香蕉及其它	香蕉及其它	福建、广东、广西、海南

不同耕作制施肥差异很大。各种作物在不同耕作制中的平均施肥量列于表2。

表2 不同作物平均物施肥量（公斤/亩）

作物	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N: P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O
水稻	10.7	4.2	5.1	100 : 39 : 48
玉米	11.3	4.6	4.7	100 : 41 : 41
薯类	3.6	2.9	2.5	100 : 81 : 68
大豆	3.5	3.5	3.1	100 : 100 : 89
花生	3.5	3.7	3.5	100 : 104 : 100
甘蔗	11.2	5.7	7.7	100 : 51 : 68

## 二、不同耕作制土壤中磷素状况及磷肥效应

### 水稻田耕作制土壤中的磷及施磷效应

水稻田土壤全磷含量为0.35~1.07克/公斤，大部分为非水溶性或难溶性磷，不易被水稻吸收。土壤有效磷，由于受人为施肥等影响变化很大。在多年稻田试验的结果显

示，早稻移栽前速效磷平均值为 7.6 毫克/公斤，晚稻移栽前，土壤速效磷平均含量为 7.1 毫克/公斤，降低了 0.5 毫克/公斤。水稻田土壤速效磷含量普遍偏低，是限制水稻高产的主要养分因子之一。施用磷肥 4-6 公斤/亩能提高土壤速效磷含量 0.6-6.0 毫克/公斤。水稻施磷有显著增产效应，结果列于表 4。

**表 3 水稻田磷含量状况**

作物	全磷(克/公斤)	土壤速效磷含量(毫克/公斤)	
		变幅	平均
早稻栽前	0.136~1.07	0.9~18.5	7.6
晚稻栽前		0.4~16.0	7.1

**表 4 水稻施用 5 公斤/亩磷素时的增产效应**

处理	产量	施磷增产	每公斤 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 增产, 公斤	增产率	施磷增产元/亩
	-----公斤/亩-----				
NK	481	-	-	-	-
NPK	557	75	18.9	15.70%	38

### 旱地耕作制土壤中的磷

旱地土壤中磷的含量，总体较水田低。这是在过去长时期重视水田生产及施肥的结果。旱地土壤全磷含量范围在 0.17~0.99 克/公斤，比水田为低。

据中国科学院南京土壤研究所对福建、广西等省区红壤地区调查显示，5 年期间磷素变化，全磷量增加而速效磷含量减少，减幅为 0.4—1.4 毫克/公斤（表 5）。

**表 5 红壤磷素养分变化**

地点	样本数	采样间隔	全磷(克/公斤)	速效磷(毫克/公斤)
福建	18	5 年	0.7	6.6
			1.0	5.2
广西	12	5 年	0.8	6.0
			0.8	5.5

### 玉米—大豆耕作制土壤中的磷及施磷效应

在玉米—大豆耕作制中，栽玉米前，37 个样品土壤速效磷平均含量为 6.8 毫克/公斤。玉米收获后，在大豆栽前，土壤速效磷平均含量 4.5 毫克/公斤，降低了 2.3 毫克/公斤（表 6）。大豆施磷不足，将会影响到大豆产量的提高。

**表 6 玉米—大豆耕作制土壤中的磷**

作物	全磷(克/公斤)	土壤速效磷含量(毫克/公斤)	
		变幅	平均值
玉米栽前	0.17~0.99	0.44~22	6.8
大豆栽前		0.40~16	4.5

玉米施磷可增产 46 公斤/亩，增产率 16.4%，通常施磷 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 2.5~5 公斤/亩，由于玉米吸收磷量大，投入量不能提供足够的磷素，因此导致土壤磷素降低了 2.3 毫克/公

斤（表 6）。后作大豆，施用磷肥的增产效果更为显著，施磷增产大豆 22.6 公斤/亩，增产率 55.5%。玉米、大豆两季作物施磷总增收 78 元/亩。

表 7 玉米—大豆耕作体施磷的增产效应

作物	处理	产量	施磷增产	增产率	施磷总增产 元/亩
		----公斤/亩----			
玉米	NK	286	-	-	-
	NPK	332	46	16.4%	-
大豆	NK	40.7	-	-	-
	NPK	63.3	22.6	55.5%	78

### 甘蔗、菠萝、香蕉种植区土壤中的磷及施磷效应

由于甘蔗是生长周期较长的作物，生物产量高，需要吸收大量养分，南方五省区 109 典型甘蔗生产种植区的土壤分析显示土壤速效磷含量平均为 6.7 毫克/公斤，滨海沉积物发育形成的赤红壤一般含量较低（表 8）。

香蕉生长周期在 1 年以上，主要分布于广东、广西、福建和海南，原以旱地种植为主，近年扩展到原为水田的农地种植。土壤速效磷平均含量为 9.1 毫克/公斤。

菠萝以旱坡地种植为主，土壤速效磷平均含量为 2.9 毫克/公斤。是旱地种植体系中，土壤速效磷含量最低的种植区之一（表 8）。

表 8 甘蔗、香蕉、菠萝种植区土壤磷状况

作物	全磷(克/公斤)	土壤速效含量(毫克/公斤)	平均值(毫克/公斤)
甘蔗	0.162—0.95	0.4~20.7	6.7
香蕉	0.150—0.99	0.4~46	9.1
菠萝	0.107~0.81	0.4~13	2.9

甘蔗施磷增产效果甚为明显，在施磷（ $P_2O_5$ ）2.5~5 公斤/亩范围内，随施磷量增加，甘蔗产量也增加。NP<sub>1</sub>K（施用 2.5 公斤磷素）较 NK（不施磷）增产 316 公斤/亩，NP<sub>2</sub>K（施用 5 公斤磷素）较 NK 增产 844 公斤/亩。施磷 5 公斤/亩可提高收入 169 元。

表 9 甘蔗施磷增产效果

处理	产量	施磷增产	增产率	施磷增值 元/亩
	公斤/亩			
NK	4201	—	—	—
NP <sub>1</sub> K	4516	316	7.5%	63
NP <sub>2</sub> K	5045	844	20.1%	169

### 三、小结

综上所述，南方五省区不同耕作制中土壤磷含量偏低，尤其是速效磷低。由于作物复种指数和生产量高，磷素消耗量大，供应不足会限制作物产量的提高。施磷可有显著的增产效果和良好经济效益。

## PPI/PPIC 中国项目部的变动

PPIC 中国及印度项目部副总裁 鲍泽善博士

PPI/PPIC 在 2001 年有些主要的变动。

吴荣贵博士已从加拿大的萨斯喀彻温省大学获得了博士学位。刘荣乐博士从北京的中国农业大学获得了博士学位。这两位博士将会继续在 PPI/PPIC 北京办事处工作。

工作人员的职责也作了一些调整。

1. 吴博士主要负责 PPI/PPIC 中国项目部在西北地区的工作，包括甘肃、内蒙、宁夏、青海、陕西和新疆省（自治区）。
2. 刘博士将负责 PPI/PPIC 中国项目部在华北地区的活动，包括北京、河北、河南、山东、山西、和天津市（市）。
3. 金博士将兼管东北地区工作，包括黑龙江、吉林和辽宁省。



金继运博士



吴荣贵博士



刘荣乐博士

为了准备先缩减并在 2002 年底关闭香港办事处，王家骧博士在 2001 年八月调回加拿大萨斯喀通 PPIC 总部。他将继续中国项目部《高产施肥》刊物的主编以及其它的工作。他负责的福建和江西两省由座落在中国科学院武汉植物所内的 PPIC 武汉办事处的陈防博士接手。座落在四川省农业科学院的 PPIC 成都办事处的涂仕华博士负责王博士在海南的任务。涂博士在 2001 年底接手鲍博士在广西和广东的责任。

在 2001 年 11 月金博士被任命为 PPI/PPIC 中国项目部的主任，取代我从 1989 年起担任的职位。我在 2002 年底退休前，将保留 PPI/PPIC 中国和印度项目部副总裁的职务。香港办事处在 2002 年元月由香港岛中环区雪厂街 24-30 号顺豪商业大厦 5B 室迁往香港岛薄扶林区碧荔道 37 号地楼(G/F)。这个办事处将在 2002 年 12 月底关闭，PPI/PPIC 中国项目部到那时将不再拥有办事处在香港。

1986 年都德博士在香港设立办事处，当时是 PPI/PPIC 中国项目部在中国唯一的代表。我本人在 1988 年加入并在 1989 年都德博士离职后接任项目主任的职位。

PPI/PPIC 中国项目部由当时的一位博士扩展到目前的七位博士，强烈的显示出了 PPI/PPIC 对中国和中国农业发展的重视。中国项目部在人员及资金方面，在 PPI/PPIC 国际项目中一直都是最大的，将来也会是。

过去的 15 年来很高兴能在中国工作。中国同仁们的合作达到了很大的成就。对我来说是很好的回报。过去的 15 年来中国的迅速发展，使中国大多数的人民明显的受益。我去过中国很多的地方（我去过所有的省、市和地区，有些不只一次），能见识到农业及其它方面的快速发展是很好的经历。

但是最有价值的是能有机会在中国各地结识了许多朋友，建立了长期深厚的友谊。愿这些友谊长存。

世界是一直在改变的，这次的改变会变得更好。

---

---

### 《高产施肥》期刊 联络处地址

北京：金继运博士，中关村南大街 12 号，中国农科院土壤肥料研究所，  
PPI/PPIC 办事处，邮编 100081

武汉：陈防博士，武昌磨山，中国科学院武汉植物所，PPI/PPIC 办事处，邮编 430074

成都：涂仕华博士，静居寺路 20 号，四川农科院院部，PPI/PPIC 办事处，邮编  
610066

---

---

## 王家骧博士荣获江西省庐山奖

加拿大钾磷肥研究所王家骧博士荣获江西省 2001 年庐山奖。该奖项系为奖励对江西省有突出贡献的外籍人士所设。王家骧博士为加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)土壤养分和平衡施肥的专家，在过去的九年中，与江西农业大学及江西省农业科学院共同推动 PPI/PPIC 在江西省实施的科学化高产施肥项目。1997 年起受聘为江西农业大学客座教授，担任硕士研究生导师并讲授植物营养管理等专题。

依靠省内农林业专家的智慧和王博士引进平衡施肥的新理念、新信息和新技术的科学指导，有效地推动了江西省主要农林产品生产过程施肥新技术的广泛使用。对提高毛竹、油茶、柑桔、水稻、花生、油菜和棉花的产量、品质以及生产效率产生了显著的效果。同时，也有力地促进了中一加院所间学术交流和学科发展。

王博士专程由加拿大回到江西南昌参加 2001 年的江西省外国专家表彰会并接受朱英培副省长颁发的奖牌及证书。王博士对江西农业大学的提名表示感谢，认为省政府的表彰是对所有参与科研及生产单位工作人员的鼓励。



王家骧博士在表彰会中接受朱英培副省长颁发的庐山奖奖牌及证书(摄影，宋翔)



王家骧博士(中)与江西农业大学杜天真副校长(右二)廖为明院长(右一)胡松竹院长(左二)及郭晓敏教授(左一)在会后合影(摄影，宋翔)