植物营养与肥料学报 2006,12(5):732-737
Plant Nutrition and Fertilizer Science

中国低浓度磷肥的使用现状与发展展望

王 利[1,2], 高祥照[1,3], 马文奇[4*], 张卫峰[2]
(1 华中农业大学资源与环境学院,湖北武汉 430070; 2 中国农业大学 植物—土壤相互作用教育部重点实验室, 北京 100094; 3 全国农业技术推广服务中心土壤肥料技术处,北京 100026; 4 河北农业大学资源与环境学院,河北保定 071001)

摘要: 近年来,高浓度磷复肥的迅速发展带动整个磷肥产业蓬勃发展的同时,在一定程度上影响了低浓度磷肥的发展空间。传统的低浓度磷肥(过磷酸钙、钙镁磷肥)的产量从 2000 年的 428 万吨 P_2O_5 到 2004 年的 468 万吨 P_2O_5 基本稳定的情况下, 在磷肥总产量中的比重从 64.6%下降到 46.0%。基于农户调查和统计数据,对我国低浓度磷肥的生产分布状况、使用状况、资源利用状况的分析表明,低浓度磷肥产量的徘徊不前与农业生产对中量元素需求增加的矛盾将拓展低浓度磷肥的市场空间; 生产低浓度磷肥适用的磷矿品位与我国磷矿资源条件的吻合,使低浓度磷肥在未来有很大的发展空间。另外, 通过核算低浓度磷肥的中微量元素价值来提高产品的性价比是促进低浓度磷肥产业健康发展的可能途径。总之,在现阶段磷肥产业的结构的调整、农民消费群体对低浓度磷肥的深入认识和低浓度磷肥企业生产技术水平与管理水平的提高,都将对低浓度磷肥的持续健康发展产生较大的影响。

关键词: 低浓度磷肥; 过磷酸钙; 钙镁磷肥; 农业使用
中图分类号: S143.2　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1008-505X(2006)05-0732-06

The using conditions and developing directions of Chinese phosphorous fertilizer

WANG Li[1,2], GAO Xiang-zhao[1,3], MA Wen-qi[4*], ZHANG Wei-feng[2]
(*1 College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;*
2 Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, MOE, China Agricultural University, Beijing 100094, China;
3 National Agro-technical Extension and Service Center, Ministry of Agriculture of China, Beijing 100026, China;
4 College of Resources and Environment Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: In recent years, the rapid development of high analysis phosphorous fertilizer have influenced the developing of low analysis phosphorous fertilizer, although it have brought the flourishing development of phosphorous fertilizer industry. From 2000 to 2004, the low analysis phosphorous fertilizer leveled off with the outputs of 4,280,000—4,680,000 t P_2O_5, while the proportion in the total output of phosphorous fertilizer was dropped from 64.6% to 46.0%. The conditions of low analysis phosphorous fertilizer's manufacture, use and resources utilization were studied base on the inquisitional and statistical data. It shows that the inconsistency between the steady outputs of low analysis phosphorous fertilizer and the rapid demand of all kinds of nutrient for agricultural production can increase the market room of low analysis phosphorous fertilizer. It also indicates that the inconsistency between the phosphate demand of low analysis phosphorous fertilizer and the usability of phosphate rock can bring great development in future. In addition, improving the cost performance of the products through checking and calculating the trace element value in low analysis phosphorous fertilizer is possible ways to protect the healthy development of low analysis phosphorous fertilizer industry. In a word, the adjustment of the structure of the phosphorous fertilizer industry at the present stage, farmer's know with low analysis phosphorous fertilizer and the improving of enterprise's engineering and management level can make great influence on the healthy development.

Key words: low analysis phosphorous fertilizer; single superphosphate; calucium-magnesium-phosphate; agricultural use

---

收稿日期: 2005-07-01　　**修改稿收到日期**: 2005-10-31
基金项目: 农业部 948 项目(2003-Z53); 中化化肥农大研发中心项目资助。
作者简介: 王利(1981—),男,山东泰安人,华中农业大学博士研究生,主要从事养分资源综合管理研究。* 通讯作者

磷肥工业是中国农业发展的重要基础，属于国民经济的重要支柱产业。我国化学磷肥生产和施用始于 20 世纪 50 年代[1]。20 世纪 90 年代中期磷铵工业的兴起，带来了磷肥工业的规模化与现代化。进入 21 世纪，中国磷肥生产保持了较快的连续发展势头，2004 年磷肥产量达到 1017 万吨 P_2O_5[2]；但是磷肥产业的繁荣景象并没有带动我国低浓度磷肥的快速发展，低浓度磷肥的生产和使用没有受到足够的重视。而从我国农业生产对中、微量元素的使用和充分利用我国品位不高、选矿难的中低品位磷矿的角度来看，低浓度磷肥还有很大的市场使用和发展空间。

1　低浓度磷肥的生产现状

1.1　低浓度磷肥的产量与结构

我国主要的低浓度磷肥品种是过磷酸钙与钙镁磷肥，2004 年全国低浓度磷肥的产量 468.3 万吨 P_2O_5，占到我国磷肥总产量的 46%。从我国历年来磷肥的发展趋势来看（图 1），1991 至 1998 年，磷肥总产量缓慢增长，高浓度磷肥产量缓慢增长，但是由于基数小对磷肥总产量的影响不大；低浓度磷肥产量波动性增长，也是磷肥产量增长的主要推动力。1999 至 2004 年，磷肥总产量迅速增长，高浓度磷肥产量急剧上升，成为磷肥产量增长的主要推动力；低浓度磷肥变化幅度很小，基本上维持在 450 万吨 P_2O_5 的产量。

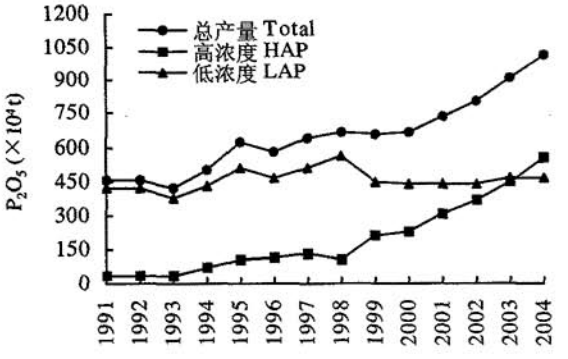

图 1　我国磷肥生产的结构与变化趋势

Fig.1　The structure and developing trend of phosphorous fertilizer in China

（HAP：High analysis phosphorous fertilizer；LAP：Low analysis phosphorous fertilizer）

1.2　我国低浓度磷肥生产的空间分布

从我国低浓度磷肥生产的空间分布来看（图 2），低浓度磷肥的生产分布广泛而又相对集中。大型的生产区域主要集中在西南地区的四川、云南、贵州等地，华中地区的湖北、湖南等地，华东地区的安徽、江苏、山东等地也有较高的产量。其中湖北、四川和云南 3 省的低浓度磷肥产量位居全国前三位，低浓度磷肥的产量均在 50 万吨 P_2O_5 以上。其中钙镁磷肥的生产分布更加集中，主要分布在湖北、湖南、贵州、广西、江苏等省份。

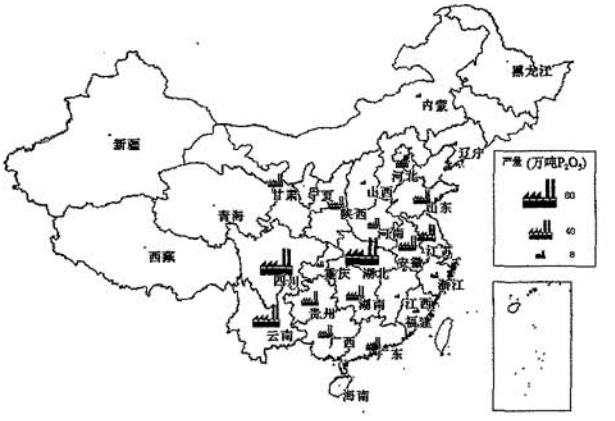

图 2　2004 年我国低浓度磷肥生产的空间分布

Fig.2　The special distributing of low analysis phosphorous fertilizer of China in 2004

1.3　低浓度磷肥资源利用状况

从磷矿资源的利用状况来看（图 3），按照 2003 年不同低浓度磷肥品种的生产量和磷单耗折算，低浓度磷肥的磷矿资源消耗折标矿达到 1802 万吨。我国磷矿生产集中在云南、贵州、湖北和四川 4 省，占全国总产的 98.3%，而低浓度磷肥生产分布在 27 个省市，云南、贵州、湖北和四川 4 省占全国总产的 49.0%。矿肥明显分离，在河北、广东等地矿肥分离现象比较严重。由于生产增值和市场价值都相对较低，低浓度磷肥生产企业受到原料的影响相对较大，只有进一步加强矿肥结合才有利于降低生产的原料成本，提高市场竞争能力。

许秀成[3]推算，若我国磷矿开采量在未来 30 年维持年开采量 2000 万吨，则 6.97 亿吨富矿亦仅能开采 35 年。而我国生产高浓度磷肥（TSP、DAP、MAP、NP、NPK）一般运用 P_2O_5 含量大于 33% 的富矿[4]，虽然可以通过选矿技术利用 P_2O_5 含量大于 28% 的磷矿，但在这个过程中存在很大的选矿损失。而按照常规来看，低浓度磷肥（SSP、FMP）生产的磷矿石品位只要大于 16% 即可入选[5]。因此，适当发

展低浓度磷肥既不与我国发展高浓度磷复肥争夺原料，还能对合理、充分利用国家磷矿资源起到重要作用。

此外，低浓度磷肥生产中还可有效地利用硫、硅、镁等中、微量元素资源。这部分资源在农业生产中的作用将随着时间的发展越来越明显，而且相对于专门的中、微量元素肥料来讲，将这些资源作为低浓度磷肥的组分是目前最为经济的利用方式。低浓度磷肥既有满足我国农业生产一半以上磷养分使用的特点，还有在广泛满足我国农业生产的中、微量元素使用的基础上适应我国广大农村总体经济水平不高状况的优势。当然，要使得低浓度磷肥的中、微量元素变成更加高效的中、微量养分还需要生产技术的进一步提高。这也是低浓度磷肥取得长足发展的突破点和难点。

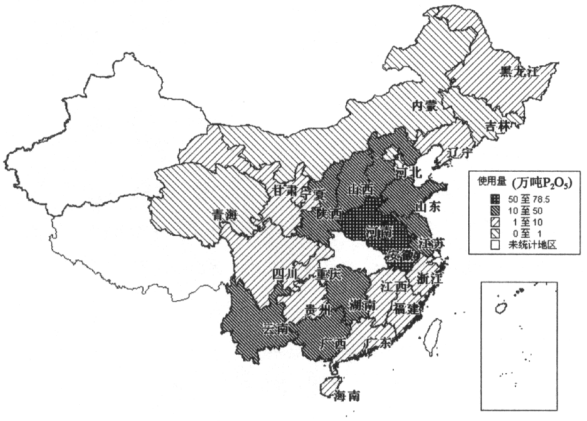

图3 全国低浓度磷肥农业使用分布状况

Fig.3 The distributing condition of the low analysis phosphorous fertilizer matched to agricultural use of China

2 低浓度磷肥的使用现状

2.1 低浓度磷肥使用的区域分布

从理化性质上来看，过磷酸钙是水溶性磷肥，适宜在中性、碱性和微酸性土壤上使用，适用范围广泛几乎可遍布全国；钙镁磷肥是枸溶性磷肥，适用于酸性土壤，在南方土壤使用更好。

从全国农业技术推广服务中心2003年统计数据看（图3），我国农业生产中低浓度磷肥使用的分布基本上符合以上规律。在调查的27个省份中，河南、安徽的低浓度磷肥使用量超过了50万吨P_2O_5，河北、山东、江苏等8个省份的低浓度磷肥使用量超过了10万吨P_2O_5，吉林、内蒙等5省区的低浓度磷肥使用量不足1万吨P_2O_5，其余的12个省份的低浓度磷肥使用量在1～10万吨P_2O_5之间。

过磷酸钙和钙镁磷肥这两种主要低浓度磷肥品种分布的区域差异比较明显。在已调查的27个省份中过磷酸钙的使用分布比较广泛（图4），使用量也很高。除了广西外，年使用量在10万吨P_2O_5以上的省份主要分布在华北和华东地区；年使用量在1万吨P_2O_5以下的省份主要有吉林、内蒙以及青海等，其余的省份年使用量都在1～10万吨P_2O_5左右。钙镁磷肥的使用分布也比较广泛（图5），但是使用量不高。除了山东、河南等省份外，钙镁磷肥年使用量在1万吨P_2O_5以上的省份主要集中在南方的湖南、广西、贵州等地。

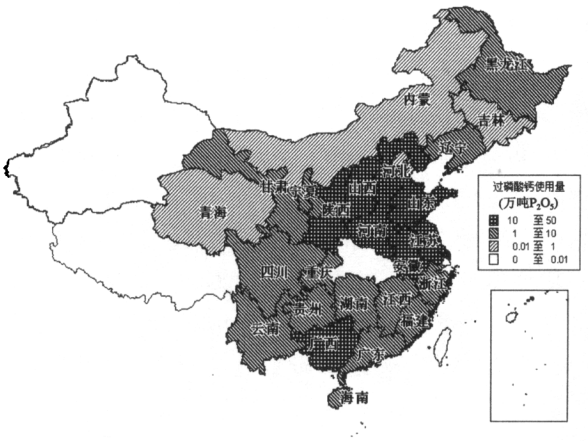

图4 全国过磷酸钙农业使用分布状况

Fig.4 The distributing condition of single superphosphate matched to agricultural use of China

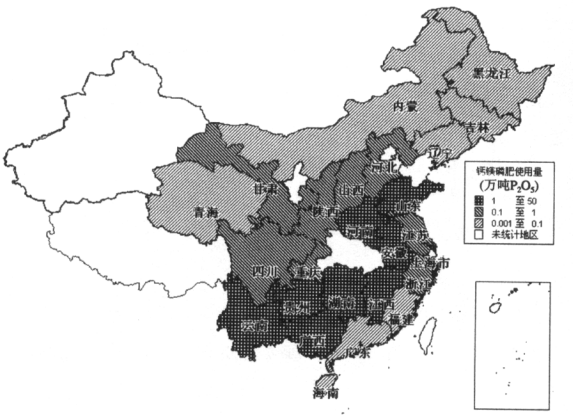

图5 全国钙镁磷肥农业使用分布状况

Fig.5 The distributing condition of calcium magnesium phosphate matched to agricultural use of China

2.2 低浓度磷肥使用的作物分布

2001 年，农业部全国农业技术推广服务中心肥料处对农作物的施肥情况做了调查，调查点分布在全国 20 多个省（市、自治区），涉及全国 15000 多个农户的十余种农作物。根据这项调查获得的数据，对低浓度磷肥在我国主要作物如小麦、玉米、水稻、薯类、豆类、蔬菜、果树、棉花和油菜上施肥特征的分析，从而得到了低浓度磷肥在不同作物上施用的分布状况。总体上来看，过磷酸钙和钙镁磷肥主要是作为基肥施用于不同作物，一般不用做种肥和叶面肥。不同作物的施用量、施肥面积和区域差别较大。

2.2.1 小麦　小麦基肥品种有明显的区域特征。从调查省份中使用过磷酸钙做底肥的施用面积比例来看，福建、贵州、山西、甘肃均在 50% 以上，河北、河南在 25%～30% 之间，其他省份均在 15% 以下；少数省份应用钙镁磷肥和三料磷肥作底肥，其中新疆三料磷肥比例约为 18%。过磷酸钙的施用量在 600～750 kg/hm^2 之间。河南省过磷酸钙用量接近 150 万吨，其次是河北，接近 65 万吨，山东 43 万吨，甘肃、贵州 30 万吨左右，山西 20 万吨，总用量接近 300 万吨。

2.2.2 水稻　水稻基肥品种省（市、区）之间有明显的差异。从调查省份中用过磷酸钙作底肥的施用面积比例来看，海南、福建、广东、山东均在 65% 以上，河南、湖南、广西、云南、江西在 40%～60% 之间，贵州为 37%，只有河北较低，不到 5%。河南和湖南应用钙镁磷肥的比例在 10% 左右。过磷酸钙的使用量均在 450 kg/hm^2 以上，山东、贵州、河南、上海较高。各种基肥品种中，过磷酸钙（或钙镁磷肥）以湖南最多，达 120 多万吨，其次广东、江西和广西，均在 50 万吨以上，云南和福建在 30 万吨，贵州 25 万吨，河南 15.9 万吨，其他省（市、区）低于 10 万吨。

2.2.3 玉米　玉米施肥量变异幅度要小于水稻。从 13 个省（市、区）调查结果看，各种复合肥是玉米常用的基肥品种。过磷酸钙作底肥的施用面积比例，广东、云南、贵州较高，均大于 45%，甘肃和山西在 30% 左右，广西为 20%。其平均用量在 450～750 kg/hm^2 之间，其中甘肃和贵州为 750 kg/hm^2，云南和广西为 600 kg/hm^2，而广东和山西为 465 kg/hm^2。硝酸磷肥只有山西较多，平均用量为 405 kg/hm^2。过磷酸钙作为基肥的总用量在 100 万吨以上。西南的云南和贵州过磷酸钙用量较多，均大于 25 万吨，其次山西和甘肃在 10 万吨左右，而华南的广西和广东在 7 万吨上下。

2.2.4 其他作物　在蔬菜施肥中，磷的投入以山东最高，过磷酸钙的用量达到 1725 kg/hm^2，除了贵州的施用量达到 1650 kg/hm^2 以外，其余省份的过磷酸钙施用量均在 450～1200 kg/hm^2。果树磷的比例也较高，P_2O_5/N 比均在 0.4 以上，有 7 个省（市、区）超过 0.6。过磷酸钙和钙镁磷肥主要是作为基肥在果树上施用，山西和云南过磷酸钙的施用比例超过了 10%，河南和山西钙镁磷肥的用量分别达到 1500 kg/hm^2 和 1600.5 kg/hm^2。从油菜基肥从甘肃、贵州、河南、湖南、青海、上海和云南的调查结果看，油菜磷肥施用较普遍，除青海外，施用面积比例均在 60% 以上，有的超过了 80%。过磷酸钙施用量均在 450～750 kg/hm^2 之间，多数在 600 kg/hm^2 左右；油菜的过磷酸钙年施用量超过 10 万吨的省份有湖南、贵州和河南。过磷酸钙是棉花施用的主要磷肥品种，多数省份的用量都超过 600 kg/hm^2。薯类作物、豆类作物以及杂粮的种类比较多，各省（市、区）构成也不同，因此，化肥投入量各省（市、区）差别较大，并且可比性差。

2.3 低浓度磷肥在农业养分投入中的作用日渐明显

过磷酸钙含有效 P_2O_5 12%～20%，CaO 28% 左右，S 11%～13%，另外也含有多种微量元素。钙镁磷肥的成分几乎全部都是枸溶性的，含有枸溶性的 P_2O_5 12%～20%、CaO 30%～50%、MgO 8%～15%、SiO_2 20%～28%[6]，此外还含有 Fe、Mn、Zn、Cu 等微量元素。因此，相对于高浓度的磷肥品种，过磷酸钙和钙镁磷肥的生产和施用特征决定其具有养分成分多样、使用范围广以及对土壤养分潜在供应能力强等优势。

从我国土壤缺硫状况来看，中国南方 10 省估算的缺硫面积约为 660 万公顷[7]。中国有 14 个省报道缺硫，施硫增产作物 20 种。黑龙江省有 48.2% 的土壤缺硫，主要分布在西部地区；陕西省有 27.1% 的土壤缺硫，主要分布在中北部地区；河南省的缺硫土壤占 25.6%。从不同作物对氮、磷、钾、硫的使用量来看，多数作物对硫的吸收量与磷相当。但是由于作物从土壤带走的硫越来越多、化肥品种不断追求高浓度、含硫农药被替代以及大气含硫量受环境保护的要求逐渐降低等因素的影响，土壤的硫养分缺乏和作物的硫养分使用的矛盾越来越突出。因此，土壤中每年至少需要补充硫 180～210 万吨[8]，而过磷酸钙是目前我国主要的硫源，2002 年生产过磷酸钙约为 370 万吨 P_2O_5，相应每年带入土壤中的

S约310万吨。因此,低浓度磷肥在保证农业硫养分使用中的作用是不可替代的,而且随着土壤缺硫现象的加剧,这种作用将越来越明显。

从我国土壤缺镁状况来看,据全国土壤普查资料,我国不少地区土壤缺镁状况比较严重,缺镁土壤面积达553.3万公顷,约占全国耕地总面积的6%左右。我国土壤有效镁含量处于严重缺乏状态的土壤占8%;处于缺乏状态的土壤占13%;中等缺镁土壤占33%,共有54%的土壤需要不同程度的补充含镁肥料[9]。过磷酸钙和钙镁磷肥是补充土壤镁养分的重要载体,相对于硫酸镁等镁肥品种,钙镁磷肥在施入土壤后能够中和土壤酸性,改良土壤,由于不含硫酸根能改造老朽化的水田。据估算,我国钙镁磷肥每年可向土壤提供70多万吨MgO[10]。

从我国土壤有效钙的补充状况来看,由于在过磷酸钙中含有3.5%~5.5%的游离酸,因此,过磷酸钙在土壤中的施用不仅能通过产品本身带入部分有效钙,还能活化土壤中的部分钙。全国过磷酸钙和钙镁磷肥每年向土壤补充CaO达到720万吨左右[11]。

目前对过磷酸钙中微量元素的农业效果研究比较少,但是有试验表明,铁、锰、铜、锌在成品中的养分含量分别为3427.88、203.3、1519.35、622.85 mg/kg[12]。根据估算,过磷酸钙每年可以潜在性的向土壤提供1~1.5万吨的铁、锰、铜、锌养分。另外,也有报道指出,全国耕作土壤缺有效硅的面积约有1/2,而我国钙镁磷肥则每年向土壤提供200多万吨的枸溶性SiO_2[10]。

3 低浓度磷肥的发展展望

3.1 低浓度磷肥的产品竞争力亟待提高

低浓度磷肥虽然能向土壤提供较多的中、微量元素,但是单位产品供应大量元素磷的数量与效率与高浓度磷复肥有较大差距。因此,低浓度磷肥可以在与其他肥料品种结合的基础上提高单位产品有效养分的供应效率,进而提升自身的竞争力。目前,主要的途径是开发以过磷酸钙或者钙镁磷肥为基础肥的专用复混肥。其中,对尿基过磷酸钙复合肥的研究比较多,尤其是在工艺上的研究已经比较成熟[13-14],过磷酸钙喷涂法生产硫基复合肥的工艺也有很多研究[15]。另外,目前也有直接在钙镁磷肥产品生产中直接添加多种中、微量元素的研究[16],但还没有真正实现规模化的生产。

3.2 低浓度磷肥市场竞争力有很大上升空间

3.2.1 充分发挥利用中低品位磷、硫资源的优势 相对于高浓度磷肥来讲,低浓度磷肥具有很高的资源利用效率。一方面,低浓度磷肥可以直接利用中低品位的磷矿生产优质产品,也是体现"优矿优用、劣矿巧用"原则的重要组成部分。另一方面,低浓度磷肥消耗的绝大多数硫资源也通过磷石膏等含硫物质转移到肥料成品中。这既是低浓度磷肥充分合理利用我国硫资源的重要体现,也是缓解我国专用硫肥不足的重要途径。因此,低浓度磷肥可以首先占领更多的原料市场,并通过提高生产技术水平合理利用中低品位磷资源和国内硫资源来降低成本,扩张生产,进而提高市场占有率。

3.2.2 过磷酸钙和钙镁磷肥适合于我国农民的施肥习惯 从产品本身来看,低浓度磷肥符合我国大部分地区土壤的要求。低浓度磷肥施用的区域和作物分布对巩固现有的农业市场有很大作用;农民的施肥习惯在很大程度上影响了这种分布。因此,低浓度磷肥应该继续从适合农民施肥习惯和引导农民对其正确认识的角度,促进农业的使用市场健康发展。尤其是积极引导农民对钙、镁、硫等中、微量元素在农业生产中的增产效果和低浓度磷肥在促进农产品高产优质中作用的正确认识,有可能进一步稳固并开拓广阔的农业市场。

3.2.3 低浓度磷肥仍然具有一定的成本效益 与高浓度磷肥相比,低浓度磷肥由于原料适用性广,生产工艺简单,成本相对较低而且售价低,给农民带来经济实惠。

3.2.4 低浓度磷肥的中、微量元素可以提高低浓度磷肥的附加值 由于长期以来补充土壤中磷的缺乏是低浓度磷肥的主要目标,相对于高浓度磷肥来讲单位产品的有效养分供应比较低,因此,市场认知度比较低。低浓度磷肥含有一定量的中、微量元素,在土壤的中微量元素缺乏现象逐渐受到重视的条件下,为低浓度磷肥打开市场奠定了基础。

参考文献:

[1] 谢如林,谭宏伟. 我国农业生产对磷肥的使用现状及展望[J]. 磷肥与复肥, 2001. 16(2): 6-9.
Xie R L, Tan H W. The present and future demand of phosphate fertilizer in China in the light of agricultural production[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2001, 16(2): 6-9.

[2] 齐焉. 2004年全国硫酸磷肥生产情况[J]. 硫酸工业, 2005(2): 11-14.
Qi Y. Situation of China's sulphuric acid and phosphate fertilizer in 2004[J]. Sulphuric Acid Industry, 2005(2): 11-14.

[3] 许秀成．更新观念，重新审议磷矿加工的合理性[J]．磷肥与复肥，2003，18(3)：5-9.
Xu X C. Updating conception and reconsideration of rationality for the process of phosphorite[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2003, 18(3): 5-9.

[4] 霍丹群，侯长军．磷矿性质与磷肥品种生产的关系[J]．四川轻化工学院学报，1995，8(2)：23-26.
Huo D Q, Hou C J. A relationship between production of phosphate fertilizer and phosphate rock[J]. J. of Sichuan Institute of Light Industry and Chemical Technology, 1995, 8(2): 23-26 .

[5] 范可正．中国肥料手册[M]．北京：中国化工信息中心，2001. 214-230.
Fan K Z. China fertilizer manual[M]. Beijing: China National Chemical Information Center, 2001. 214-230.

[6] 武希彦．我国磷肥工业的现状及展望[J]．磷肥与复肥，2001，16(1)：1-4.
Wu X Y. The present status and prospects of phosphate fertilizer industry in China[J]. Phosphate and Compound Fertilizer, 2001, 16(1): 1-4.

[7] 刘崇群．中国南方土壤硫的状况和对硫肥的使用[J]．磷肥与复肥，1995，10(3)：14-18.
Liu C Q. Sulfur status and demand of sulfur fertilizer in the soil of south area of China[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 1995, 10(3): 14-18.

[8] 曾宪坤．中国硫肥发展前景展望[J]．磷肥与复肥，2003，18(4)：5-7.
Zeng X K. An outlook for China's fertilizer industry[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2003, 18 (4): 5-7.

[9] 白由路，金继运，杨俐苹．我国土壤有效镁含量及分布状况与含镁肥料的应用前景研究[J]．土壤肥料，2004(2)：3-5.
Bai Y L, Jin J Y, Yang L P. Study on the content and distribution of soil available magnesium and foreground of magnesium fertilizer in China[J]. Soil and Fertilizer, 2004(2): 3-5.

[10] 艾华林．试论钙镁磷肥的作用及其在肥料中的地位[J]．磷肥与复肥，1999，14(5)：15-16.
Ai H L. Discusing on the function of FMP and its status in fertilizer [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 1999, 14(5): 15-16.

[11] 白应分，路振岭，金丽娟．重新评价钙镁磷肥和过磷酸钙[J]．河南化工，1997(7)：3-5.
Bai Y F, Lu Z L, Jin L J. Reappraising SSP and FMP[J]. Chemical Industry of Henan, 1997(7): 3-5.

[12] 刘代滨，郭天锡，杨濮．过磷酸钙是含多种营养成分的好肥料品种[J]．磷肥与复肥，1995，10(2)：28-30.
Liu D B, Guo T X, Yang P. A kind of good fertilizer with multiplex nutrient—SSP[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 1995, 10(2): 28-30.

[13] 董彬．尿素过磷酸钙系复混肥料生产的一种新工艺[J]．磷肥与复肥，2002，17(3)：54-55.
Dong B. A new technology for production of compound fertilizer based on urea SSP[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2002, 17(3) : 54-55.

[14] 刘代俊，张允湘，钟本和，等．尿基过磷酸钙复合肥新工艺研究[J]．磷肥与复肥，2000，15(6)：13-14.
Liu D J, Zhang Y X, Zhong B H *et al*. Study on new technology for manufacture of urea based SSP compound fertilizer[J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2000, 15(6): 13-14.

[15] 王恒涛，曹广峰．过磷酸钙喷涂法生产硫基复合肥工艺研究[J]．化肥工业，2003，30(3)：31-32.
Wang H T, Cao G F. Production of sulfur2based compound fertilizers by spraying on single superphosphate[J]. J. of the Chemical Fertilizer Industry, 2003, 30(3): 31-32.

[16] 吴江．钙镁磷肥生产中微量元素的自动添加[J]．磷肥与复肥，2004，19(6)：11-12.
Wu J. Automatic addition of trace nutrients in production of FCMP [J]. Phosphate & Compound Fertilizer, 2004, 19(6): 11-12.