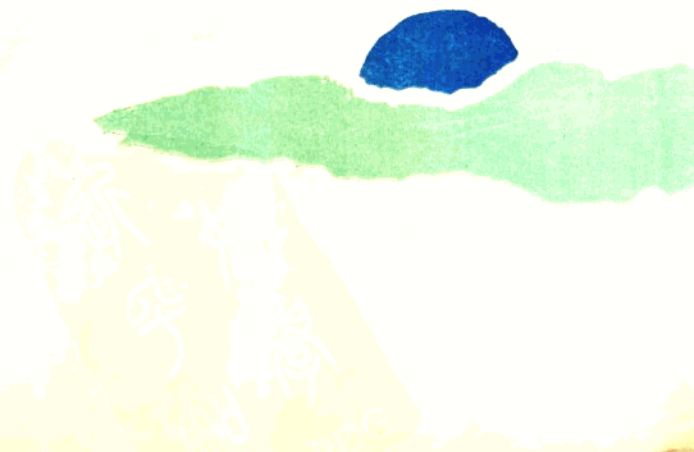


磷酸铝锶 与磷肥施用问题



王少仁 夏培桢 著
中国农业科技出版社



磷酸铝锶与磷肥施用问题

王少仁 夏培楨 著

中国农业科技出版社

(京)新登字061号

图书在版编目(CIP)数据

磷酸铝锶与磷肥施用问题/王少仁,夏培楨著. —北京:
中国农业科技出版社, 1995.12

ISBN 7-80026-970-1

I.磷… II.①王…②夏… III.①磷酸铝锶-使用 ②磷
肥-使用 IV.S143.2

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第09695号

责任编辑	王涌清
出版发行	中国农业科技出版社 (北京海淀区白桥路30号)
经 销	新华书店北京发行所发行
印 刷	北京京东印刷厂
开 本	787×1092毫米 1/32 印张: 7.6875
印 数	1—1000册 字数: 166 千字
版 次	1995年11月第一版 1995年11月第一次印刷
定 价	6.20元

前 言

有幸成长在毛泽东时代，抱着为国家作贡献的愿望，献身农业科技事业义无反顾四十载。但作为普通科技工作者要实现愿望是多么不易。为解决我国磷肥不足，开发利用不能再生的磷矿资源，拓宽对磷矿、磷肥的认识，力求做到科学施用磷肥，历尽艰辛才使此书得以问世。

本书主要以作者的试验数据和研究成果为基础，对我国磷肥的发展与需求，磷矿资源的特点作了概略的叙述，重点介绍了世界上罕见、我国四川省独有、性质特殊、平均全磷(P_2O_5) 17%左右、储量高达7500万吨以上的大型硫磷铝锶矿及其研制的磷肥新品种——磷酸铝锶（磷波磷肥）。详细介绍了制肥技术、工艺流程、理化性质、肥效和锶的影响等。关于磷肥施用中的问题，如磷肥后效、利用率、缓效率、起始施磷与增施磷肥效间的关系、磷肥复混造粒和包裹复合造粒的肥效变化，以及提高肥效的途径和对作物籽粒氨基酸的影响等大家关心的问题，均作了较深入的研讨。此外，还对我国磷矿、磷肥的元素组成、 α 与 β 放射活性也作了较系统的研究，明确了土壤有机质对 α 、 β 放射活性具有屏蔽减弱作用。

在研究工作中，先后得到化工部化学矿产地质研究院张民堂高级工程师，化工部化学矿山规划设计院郭友廉高级工程师，郑州工学院许秀成教授，四川省科学技术委员会刘仁福高级工程师，清平磷矿化肥厂刘友孟厂长，川西化工厂杨

文汉副厂长、高级工程师，地质部矿产综合利用研究所黄绍云高级工程师，江西省赣州地区农科所赖金华高级农艺师，四川省绵阳市农科所唐膜湘高级农艺师和中国农业科学院土壤肥料研究所瞿晓坪副研究员等的大力支持，出版时还得到中国农业科技出版社的热忱帮助，在此，一并致谢。

本书的研究数据与成果，未经作者同意，不能擅自用作鉴定材料申报成果，如经发现侵犯本知识产权时，将追究其责任，赔偿一切损失。由于作者水平有限，谬误之处在所难免，尚祈读者提出宝贵意见。

作者

1995年6月20日于北京

目 录

第一章 中国磷肥发展与磷矿资源概况(1)

第一节 中国磷肥的发展和对磷肥的需求(1)

一、中国磷肥发展概况.....(1)

二、农业发展对磷肥的需求.....(2)

三、解决我国磷肥供需矛盾的途径.....(5)

第二节 中国磷矿资源的主要特点.....(10)

一、磷矿床类型多,以沉积型磷块岩为主.....(10)

二、磷矿资源储量大,分布集中.....(11)

三、中低品位矿石多,富矿少.....(12)

四、难选矿多,易选矿少.....(13)

第三节 中国磷矿的元素组成.....(13)

一、不同类型磷矿的元素组成特点.....(14)

二、不同成矿时期磷灰石类磷矿的元素组成特点.....(16)

三、各行政区磷灰石类磷矿的元素组成特点.....(19)

第四节 中国磷矿的 T_{α} 和 T_{β} 比放射活性.....(23)

一、不同磷矿类型的 T_{α} 和 T_{β} 比放射活性.....(24)

二、不同成矿时期磷灰石类磷矿的 T_{α} 和 T_{β} 比放射活性.....(25)

三、各行政区磷灰石类磷矿的 T_{α} 和 T_{β} 比放射活性.....(26)

第二章 硫磷铝锶矿资源及磷酸铝锶肥的

研制和工业生产(28)

第一节 硫磷铝锶矿资源概况.....(28)

一、硫磷铝锶矿矿床分布、成因和矿层结构.....(29)

二、硫磷铝锶矿的矿物成分、特征和主要元素赋存状态.....(31)

三、硫磷铝锶矿的化学成分.....	(34)
四、硫磷铝锶矿的物理化学性质.....	(38)
五、硫磷铝锶矿中不存在 ⁹⁰ Sr.....	(40)
六、硫磷铝锶矿矿石储量.....	(41)
七、硫磷铝锶矿的分采分运.....	(43)
第二节 硫磷铝锶矿直接煅烧制磷酸铝锶.....	(44)
一、磷酸铝锶的有效磷研究.....	(44)
二、硫磷铝锶矿直接煅烧制磷酸铝锶的工艺技术.....	(47)
三、影响硫磷铝锶矿制磷酸铝锶的几个主要因素.....	(54)
第三节 工业生产磷酸铝锶肥的几种窑型.....	(59)
一、轮窑.....	(59)
二、隧道窑.....	(69)
三、回转窑.....	(75)
四、其它窑型.....	(93)
五、几种窑型的技术经济指标比较.....	(93)
第三章 磷酸铝锶的理化性质及其对环境的影响.....	(97)
第一节 磷酸铝锶的理化性质.....	(97)
一、物理性质.....	(97)
二、有效磷.....	(97)
三、酸碱度.....	(97)
四、化学组分.....	(98)
五、放射性.....	(102)
第二节 磷酸铝锶中锶的影响.....	(103)
一、环境中的锶.....	(103)
二、锶对作物和土壤的影响.....	(112)
三、自然界中锶的迁移.....	(121)
四、人、动物与锶.....	(125)

五、 尚无锶的限量标准	(137)
第三节 磷肥放射性对土壤的影响	(138)
一、磷酸铝锶肥对土壤 $T\alpha$ 、 $T\beta$ 比放活性的影响	(139)
二、三种磷肥及其用量对土壤 $T\alpha$ 、 $T\beta$ 比放活性的影响	(140)
三、土壤有机质对放射性有减弱作用	(141)
第四章 磷酸铝锶的肥效	(144)
第一节 磷酸铝锶对作物吸收磷及氮钾的影响	(144)
第二节 磷酸铝锶对土壤有效磷的影响	(146)
第三节 盆栽试验	(150)
第四节 田间试验	(152)
第五节 对比示范与推广	(160)
第五章 磷肥施用中的几个问题	(166)
第一节 石灰性土壤上磷肥的后效与 增施磷肥的肥效	(166)
一、过磷酸钙的肥效	(168)
二、磷肥的后效	(169)
三、开始施磷的残效与增施磷的肥效	(171)
四、从磷肥后效和增施磷肥效看磷肥的施用	(173)
第二节 磷肥对粮食作物籽粒中氨基酸的影响	(176)
一、氮、磷对氨基酸的影响	(177)
二、不同磷肥用量对小麦、玉米氨基酸的影响	(179)
三、磷肥残效对玉米氨基酸的影响	(181)
第三节 石灰性土壤上磷肥的利用率和缓效率	(181)
一、磷肥利用率	(182)
二、磷肥缓效率	(187)
三、每年增施磷肥磷的利用率	(188)
第四节 磷肥对作物吸收利用氮钾的影响	(193)

一、氮、磷及氮磷配施对粮食作物吸收利用	
氮磷钾的影响	(193)
二、磷肥与作物吸收氮的关系	(194)
三、磷肥与作物吸收钾的关系	(197)
四、磷肥与其它元素及农业污染	(198)
第五节 钙镁磷肥在石灰性土壤上的肥效变化 ...	(200)
一、80年代钙镁磷肥在石灰性土壤上的肥效	(201)
二、钙镁磷肥在石灰性土壤上肥效变化的原因	(203)
第六节 包裹型复合肥料	(207)
一、包裹型复合肥料及其特性	(207)
二、包裹型复合肥料的肥效	(211)
三、包裹型复合肥料中氮磷的吸收与利用	(212)

主要参考文献

附录 磷酸铝锑标准

第一章 中国磷肥发展与磷矿 资源概况

第一节 中国磷肥的发展和对磷肥 的需求

一、中国磷肥发展概况

兽骨和风化磷矿作为磷肥在我国农业上施用，可追溯到很早的年代。但用磷矿加工成磷肥始于1942年，比英国人劳斯(Lawes)1842年取得硫酸分解磷矿制造过磷酸钙的专利权和工业化生产，整整晚了一百年。

1942年云南昆阳普坪村建成了裕滇磷肥厂，日产过磷酸钙1吨，因销路不畅开工仅半年即停产。到1949年新中国诞生时，大陆上还没有磷肥厂。台湾也仅生产少量普通过磷酸钙。

新中国诞生后才真正开始了磷肥的生产、研究和使用。1953年哈尔滨、济南、南京、辽阳、衡阳和太原等地先后兴建一批过磷酸钙厂。同期还开展了热法磷肥的研究，1958年浙江金华地区首次试用炼铁小高炉生产钙镁磷肥取得突破性进展。6年后，江西东乡磷肥厂在13和40m³热风腰鼓型炼铁高炉上生产钙镁磷肥获得成功。随着国民经济发展和科技水平的提高，磷肥品种不断增加。1966年南京磷肥厂用磷酸生产磷酸二铵，1971年四川银山磷肥厂生产重过磷酸钙，1973

年长沙化工厂生产硫磷铵。1978年以后，四川、上海、江苏、浙江、河北等省市生产悬浮液体磷铵，河南开封用混酸法、山西潞城用冷冻法生产硝酸磷肥，近年四川银山磷肥厂用料浆法生产磷酸一铵。1988年中国农业科学院土壤肥料研究所与四川清平磷矿、川西化工厂合作，用硫磷铝锶矿直接煅烧研制磷酸铝锶的工业化生产获得成功。

我国磷肥发展较快，中华人民共和国成立四十多年来，磷肥工业从无到有，由少数品种向多品种、由低浓度到高浓度、由单一规格向多规格、由单磷肥向复(混)肥发展。凡国外能生产的，我国大都可以生产。1991年我国生产磷肥(按100% P_2O_5 计)455.5万吨，是1993年以前产量最高的一年，尚不能满足农业生产的需要，还进口283.8万吨来弥补。

二、农业发展对磷肥的需求

农业要发展，化学肥料的需要量就相应要增加，其中磷肥也不例外。其原因大体是：

1. 植物生长需要磷素

磷在自然界是重要的元素之一，对人体、动物、植物都是必需的。在植物体中磷约占干重的0.2%~1.1%。它是组成核酸、核蛋白、磷脂、植素、磷酸腺甙和多种酶的成分，植物体内还存在无机磷酸盐。它们对细胞增殖、遗传变异、能量转化、糖氮代谢、物质的合成与运输，以及光合作用、呼吸作用、调节细胞内酸碱平衡等生命活动都起着重要作用。作物缺磷时产量和品质都会造成不良影响，而严重缺磷则形成“僵苗”和“小老苗”，明显推迟开花和成熟，造成品质低

劣，产量锐减甚至绝收。

2. 当前我国土壤的供磷能力

我国土壤全磷量在0.04%~0.25%之间，从南到北呈逐渐增加趋势。而反映供磷水平的是土壤有效磷含量，它受耕作水平、施用磷肥和有机肥等因素的影响。一般说来，土壤有效磷(P)含量在 $20\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以内与农业生产成正相关，在此范围内，有效磷含量高，土壤生产能力高，反之则低。含量小于 $5\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的土壤，磷素就成了提高产量的限制因素。全国第二次土壤普查20个省(市)土壤的有效磷含量(表1-1)表明：缺磷和极缺磷的面积占总耕地面积的73.40%，缺磷面积大，必须施用磷肥。其余耕地虽含磷较丰，也需适当施用，不然会因不断消耗而使土壤有效磷降低，最终使产量下降。其它省市土壤的有效磷含量趋势估计也大体一致。

表1-1 我国土壤有效磷含量的丰缺*

土壤有效磷 (P) ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	<5	5~10	10~20	>20
占耕地面积 (%)	39.8	33.6	19.4	7.2
丰缺程度	极缺	缺	丰	丰富

* (1) 本表的基本数据由中国农业科学院土壤肥料研究所土壤室提供。

(2) 尚未计入的省市有北京、天津、内蒙古、江苏、河南、广东、海南、四川、西藏、青海及台湾。

(3) 本表有效磷含量为1985年以前测定。

3. 我国磷肥肥效

据1981~1983年全国化肥网试验资料，磷肥对各种作物都有增产作用(表1-2)。不同作物每公斤磷肥(P_2O_5)的效果

虽有不同，但扣除磷肥成本后，均有经济效益。

表1-2 每公斤 P_2O_5 增产量

作物	水稻	小麦	玉米	高粱	谷子	青稞	皮棉	大豆
增产公斤	4.7	8.1	9.7	6.4	4.3	4.7	0.68	2.7

作物	花生	油菜籽	甜菜	胡麻	茶叶	马铃薯	甘蔗
增产公斤	2.5	6.3	47.7	1.9	5.3	33.2	75~85

4. 氮磷比例失调

适宜的氮磷比例，可使作物获得较高的经济效益。1993年我国生产氮肥(N)1501.0万吨，磷肥(P_2O_5)351.4万吨，钾肥(K_2O)8.8万吨。其比例为1:0.234:0.0058。同年进口氮肥(N)360万吨，磷肥(P_2O_5)245万吨，钾肥(K_2O)240.0万吨。生产量加进口量N为1861.0万吨， P_2O_5 为596.4万吨，按播种面积计算，每亩平均施用 P_2O_5 2.70公斤，数量不多。 K_2O 为248.8万吨。其氮磷钾比例仅为1:0.32:0.134，与国内试验结果适宜的氮磷比1:0.5~0.6相差甚远。

5. 磷在农业系统中的消耗

磷在土壤中的淋失虽不严重，但施入土壤的有效磷并不能长期保持其有效性，它可与土壤中铁铝等作用，形成作物不易吸收利用的磷酸盐。这些磷酸盐在适宜条件下才可能再转变为作物可吸收态。施入土壤中的磷，还可被土壤吸附，土粒表面吸附的磷解吸进入土壤溶液供作物吸收，但解吸作用一般小于吸附作用。此外，土壤表面吸附的磷随时间的推

移，可向颗粒内部移动，进入颗粒内部后，作物就难以利用。无论是和铁铝作用形成的磷酸盐，或被土壤表面吸附不易解吸的磷，以及进入土壤颗粒内部的磷，均称为“磷的缓效作用”。由于“缓效作用”不能完全避免，因而补施磷肥就成为必需。

作物自土壤中吸收磷，形成农产品为人们利用。在生物循环中，有的磷不能再回归农田。如在食物和饲料消费中，被人和动物吸收利用的磷；以农产品形式转运到外地的磷；以及在排泄物收集和贮运过程中损失的磷等，各地虽不尽相同，大体估计由农产品损失的磷约占20%，这些损失也需磷肥给予补充。

三、解决我国磷肥供需矛盾的途径

解决我国磷肥供需矛盾的途径，大体可从以下几方面进行：

(一)增加磷肥产量

增加磷肥产量，必须继续发展我国磷肥工业，逐步减少磷肥进口。对如何发展有各种意见，归纳起来有：

1. 因矿制肥

我国是世界上磷矿储量丰富的国家之一。高品位磷矿储量较少，中低品位矿石储量大，且含有铁、铝、镁等杂质，选矿条件也各不相同。品位高、杂质少、选矿较易的磷矿石宜生产高浓度磷肥，这类矿倍受重视。中低品位矿杂质含量较高，又不易选矿的宜生产低浓度磷肥。品位低、含镁高的

磷矿应重点发展钙镁磷肥或钙镁磷钾肥。四川低品位的硫磷铝锶矿,我们从1982年开始对其制肥和肥效进行研究,并取得重大突破。1987年起与清平磷矿和川西化工厂协作进行工业化试制磷酸铝锶肥,于1989~1991年用轮窑、回转窑、隧道窑三种窑型生产,均先后获得成功。

2.矿肥结合

磷肥肥效和磷肥价格是农民决定是否施用磷肥的关键。我国磷矿石储量85%以上集中在云、贵、川、鄂、湘五省。布局合理、减少运输、提高质量、降低成本,便于南磷北运,这对发展大中型高浓度磷肥厂至关重要。但从当前采用料浆法生产磷酸一铵的磷肥厂布局看,几乎遍布全国各省。不少省区磷硫两矿均十分缺乏,全部依靠长途运输维持生产,与原来论证的小磷肥改造的意见不符,致使一些厂家因成本高、经济效益差难以维持。矿肥结合不好,应从中总结经验教训。

3.高浓度与低浓度磷肥的发展问题

高浓度磷肥是发展的方向,它标志我国科学技术不断进步、生产工艺日趋先进,且具有规模性,但其对磷矿石质量要求较高,有条件的地方应大力发展。低浓度磷肥与高浓度磷肥相比,在运输和施用上有很多不便之处,在强调保证质量、提高信誉的前提下可适当发展。

4.水溶性磷与枸溶性磷问题

水溶性磷易为作物吸收,但在土壤中也易与铁、铝、钙、镁等阳离子结合成难溶性磷酸盐,或进入土壤颗粒中,肥效亦随之降低,这对作物吸收和土壤有效磷的积累都不利。

枸溶性磷作物也可吸收,但因其化学活性小,在土壤中

相对不易被“缓效”，起初供磷能力虽不如水溶性磷，但肥效长，残效好。所以在考虑磷肥生产或二次加工时，不应只强调水溶性磷，最好二者取长补短协调配合。

5. 磷肥品种问题

我国磷肥工业虽起步较晚，但由于国民经济的发展，科学技术的进步，当前正处在由低浓度向高浓度、单一向复合、小规模向大规模迅速发展的关键时期。尽管国外有许多经验可以借鉴，但全面考虑我国实际情况结合农业需要和工业的可能性仍是十分重要的问题。下面就磷肥品种的发展谈几点看法。

(1) 磷酸铵类和重过磷酸钙 这两个磷肥品种是高浓度磷肥，便于南磷北运和二次加工，应是首选品种。但因它们对矿石要求高，生产工艺复杂，应结合矿源布局，不能不考虑资源条件，盲目遍地开花。磷矿不能再生，为子孙后代负责，在发展高浓度磷肥的同时，利用中低品位或性质特殊的磷矿，适量发展一些低浓度磷肥仍然是很必要的。

(2) 硝酸磷肥 硝酸磷肥为二元复肥，对各种旱地和各种作物都适宜。因其吸湿性强，硝酸态氮易随水流失，一般不宜在水田和高温多雨季节施用。硝酸磷肥含氮量高，含磷少，五氧化二磷量仅为11%~13.5%，对矿石质量要求较高，生产工艺也很复杂，只有在条件确实具备的地方方可建厂。

(3) 过磷酸钙 过磷酸钙是最古老的磷肥品种，含水溶性磷，属低浓度磷肥。它是我国目前的当家肥料，历年产量均占磷肥总产量的70%左右。对磷矿质量要求不太严格，目前应注意提高质量。

(4) 钙镁磷肥 钙镁磷肥也是我国重要的磷肥品种，

含枸溶性磷，年产量占磷肥总产的20%左右，它可利用含镁高的中低品位磷矿。

(5) 磷酸铝锶(商品名称为磷波磷肥) 用我国特有的磷酸铝类——硫磷铝锶矿直接煅烧而成。其生产工艺简单，不需酸碱，因而成本低。它的工业化制肥成功是利用性质特殊、低品位磷矿的一个典型。在我国是具有前途的新品种。后面将作详细介绍。

(二) 提高磷肥利用率

磷肥施入土壤后被作物吸收利用的数量占施入量的百分数，称为磷肥利用率。它受磷肥品种、土壤性质、作物种类与品种以及轮作制和气候条件等许多因素的影响。一般认为当季利用率为5%~20%，高时可达15%~20%以上。磷肥当季利用率不高常给人以错觉，也引起人们对磷肥残效的注意。磷的同位素 ^{32}P 半衰期较短，用它研究肥料磷利用率多为当季。由于研究手段跟不上，至今尚不能确切说明，仅用化学分析法的差减结果表示。磷肥利用率与产量一般成正相关关系，它可反映磷肥施用技术的优劣，如磷肥施用得当，利用率能够稳定地提高1%时，它不仅表示农业科技和农业生产的提高，还能为国家节约4万多吨有效磷(P_2O_5)。这个数字意味着3个年产3万吨磷酸二铵厂或6~7个年产5万吨过磷酸钙厂的产量，由此可见提高磷肥利用率的重要。

(三) 重视有机肥料的积制与施用

有机肥料含有农作物所需的各种营养元素，能直接增加土壤有效养分和潜在养分。如能认真做好积制与施用工作，