

中国土壤学会科普工作委员会主编

土壤肥料知识丛书

新型化肥及其施用

孙秀廷 编 著



土壤肥料知识丛书

新型化肥及其施用

孙秀廷 编著

土壤肥料知识丛书编委会

主编 沈梓培 严昶升 张俊民

编委 (以姓氏笔划为序)

李仁霖 张俊民 严昶升 沈梓培

金耀青 林蒲田 侯传庆

中国土壤学会科普工作委员会主编

土壤肥料知识丛书

新型化肥及其施用

孙秀廷 编著

责任编辑 贺志清

农业出版社出版(北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行

通县曙光印刷厂印刷

787×1092mm32开本 4.75印张 93千字

1989年8月第1版 1989年8月北京第1次印刷

印数 1—4,950册 定价 1.80元

ISBN 7-109-01111-9/S·807

出版说明

土壤是农业的基础，肥料是植物的粮食。培肥地力，施好肥料，对农业稳定增产起着很大作用。人们日益认识到，即或有了优良品种，如果没有良好的、适宜的土壤条件作保障，种子的优良品性也难以发挥。土壤肥料在农业生产上的重要地位，自古以来就受到远见卓识的人士和广大土地经营者们的高度重视；近年来，国内外在土壤肥料科学方面又有了很多新的进展，在我国农村改革、农业生产蓬勃发展的大好形势下，每个农户都成为农业生产的生产者和经营者，迫切需要科学技术作指导，出现了前所未有的学科学、用科学的热潮。为了适应广泛的社会需要，中国土壤学会科普工作委员会于1984年长沙会议上决定组织编写这套《土壤肥料知识丛书》，它迅即得到各有关单位和专家的支持和落实。

这一丛书为中级科普读物，读者对象主要是各级农业技术干部、农业院校师生，以及具有初中以上文化的农业行政干部和一代新农民。其内容着重介绍土壤肥料近年在科学研究和技术革新方面的新成就，既阐明其理论知识，又讲究实用技术，做到图文并茂，数据可靠，表述准确，文字通顺。

各分册的编著者都是该专业的专家，他们具有较深的造诣和丰富的实践经验。正是由于他们的积极努力，辛勤劳动，

同时又得到有关各方面的大力支持和帮助，本丛书才得以同广大读者见面。值此，我们首先向编著者和多方热心支持者表示深切感谢。自然，本丛书也难免有疏漏以致错误之处，更请读者不吝指正。

中国土壤学会科普工作委员会

前 言

新中国成立以来，化肥工业有了突飞猛进的发展，年产量（按实物计算）由1949年的6万吨增加到目前的7千多万吨，对促进我国的农业生产作出了很大的贡献。

但是，与社会主义现代化建设的形势和需要相比，与化肥工业发达的国家相比，还有较大的差距。施肥水平每亩耕地不到100斤（按实物计算），化肥质量还不高，品种单调，氮磷钾比例失调。氮肥仍以含量低、易挥发结块的碳酸铵（碳铵）为主；磷肥也主要是过磷酸钙（普钙）和钙镁磷肥；钾肥则极少。而高浓度的优质复合肥、施用方便的大颗粒肥和液体肥、以及抗御淋溶的长效肥等新型化肥品种则很少。因从，肥料工作者正面临着新的形势，肩负着艰巨的任务。

研究和开发新型化肥是社会主义现代化建设的需要。随着社会主义现代化进程的不断推进，改革、开放、搞活方针政策的贯彻，农村商品经济迅速发展，大批劳力从土地上解放出来，兴办各种乡办企业，直接从事种植业的人将逐年减少。在这种新形势下，原来的耕作方式已远不能适应，必须采用新的耕作措施，提高机械化水平，减轻劳动强度。就化肥来讲，不仅要提高产量，还要提高质量，开发化肥新品种，用一次施肥代替分次施肥，用机械施肥代替人工施肥。

随着现代化进程的不断推进，农业将逐步工厂化，人们

将在“车间”里生产瓜果蔬菜,培育花卉苗木。在这种条件下,施用普通化肥会带来一系列问题:如氨害、盐害、病虫害等。必须开发新型的化肥品种,以适应这种“设施栽培”的需要。

到21世纪,全球人口将超过60亿,而耕地面积却在逐年减少,人们不得不需向海洋索取蛋白,在海洋上建立起大规模的“藻类草场”,用以喂养高蛋白的海洋生物,为人们提供丰富的蛋白质。在这种特殊的环境下施肥,普通化肥已完全不能适用了,必须有一种新型化肥来取代它。

近几年我国化肥生产特别是氮肥发展很快,不少地方出现滥施化肥的现象,使水源受到严重污染,引起所谓“富营养化作用”,影响人畜健康,开发新型化肥,提高肥料利用率,减少肥料淋失,是保护土壤生态环境的需要。

可见,不论从农业现代化和未来农业的需要出发,还是从保护土壤生态环境来看,都必须重视对新型化肥的研究和开发。为此,特编写这本丛书,供有关方面参考。

书中第三、四章所引用的资料主要是中国科学院南京土壤研究所原长效肥组的成果。初稿完成后,曾经鲁如坤研究员进行了详细的审阅且提出了许多宝贵的修改意见。在编写过程中,还得到张俊民副研究员的帮助以及曹志洪副研究员和蒋佩弦工程师的热情鼓励和大力支持。中国科学院南京土壤研究所地理室绘图室还帮助清绘了全部插图,在此一并致谢。

由于编者水平有限,时间匆促,定有错误和不当之处,敬希读者批评指正。

编 者

中国科学院南京土壤研究所 1987年6月25日

目 录

出版说明

前言

第一章 植物营养元素与施肥原理	1
一、大量元素——氮、磷、钾	1
二、中量元素——钙、镁、硫	8
三、微量元素——硼、锰、铜、锌、钼	11
四、施肥的基本原理及其与土壤、作物、气候的关系	17
第二章 农业现代化与新型化肥	24
一、农业现代化对化肥的要求	25
二、化肥与环境污染	26
三、高产施肥与经济效益	29
第三章 大粒肥料	34
一、碳铵粒肥的造粒工艺	34
二、碳铵粒肥在土壤中的养分移动和施用技术	40
三、碳铵粒肥深施的效果	44
第四章 长效肥料（缓效肥料）	53
一、合成缓溶性有机氮肥	54
二、合成缓溶性无机氮肥	71
三、包膜肥料	73
四、利用富含腐殖酸的有机物制备的长效肥料	96
五、长效磷肥和长效钾肥	97

第五章 复合肥料	102
一、磷酸铵	103
二、硝酸磷肥	108
三、硝磷钾肥、硝铵磷钾肥和磷酸尿钾肥	115
四、尿素磷酸盐	118
五、氨基磷脂	121
六、其他复合肥料	123
第六章 液体肥料和悬浮肥料	133
一、液体肥料的优点	133
二、液体肥料的生产	134
三、悬浮肥料的生产	138
四、液体肥料和悬浮肥料的肥效	142
参考文献	143

第一章 植物营养元素与施肥原理

农业化学是研究植物营养和施肥的科学，研究的对象包括以下三个方面：

第一，土壤养分供应状况和供肥特点；

第二，植物对养分的吸收利用及需肥规律；

第三，根据土壤的供肥特点、作物的需肥规律和肥料性质，研究肥料的合理施用。

经过长期的试验研究，到目前为止，已经确定的植物所必需的营养元素有16种：碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、氯、铁、硼、锰、铜、锌、钼等。其中碳、氢、氧、氮、磷、钾称为大量元素，钙、镁、硫称为中量元素，硼、锰、铜、锌、钼、铁等称为微量元素。

一、大量元素——氮、磷、钾

在大量元素中，碳、氢、氧来自空气和水，氮、磷、钾主要从土壤中获得。而土壤中的氮、磷、钾，除本身含有的以外，主要通过施肥供给，其中氮素对豆科作物来说，可以通过根瘤菌的固氮作用直接从空气中获得。

（一）植物的氮素养分和氮肥施用

1. 氮的生理功能 氮是极其重要的营养元素，氮在植物体内最重要的作用在于它存在于蛋白质的分子结构中。蛋白质中氮的含量占16—18%，而蛋白质是生命的存在形态，因此可以说没有氮就没有生命。氮也是叶绿素的重要组成部分，植物靠叶绿素进行光合作用，叶绿素的多少直接与光合作用产物——碳水化合物的形成密切相关。当氮素供应不足时，叶绿素减少，叶片呈黄绿色，影响光合作用，碳水化合物的产量也就减少。氮又是酶的重要组成部分，植物体内各种复杂的生理生化过程都必须有酶的参加，起着生物催化剂的作用。氮还是核酸的重要组成部分，核糖核酸和脱氧核糖核酸是合成蛋白质和遗传基因的物质基础，植物体内的遗传信息主要靠脱氧核糖核酸进行传递。植物体内许多维生素如 B_1 、 B_2 、 B_6 等也含有氮，它们是辅酶的成分，参与植物的新陈代谢过程。此外，某些生物碱如烟草中的烟碱，茶叶中的茶碱等都含有氮。

一般农作物中含氮量占干物重的0.3—5.0%。当作物缺氮时，由于蛋白质合成受阻，导致细胞小而壁厚，植株矮小瘦弱，叶色发黄，严重时老叶逐渐干枯，产量低，品质差。

2. 植物营养的氮素来源 植物的氮素营养除来自大气、雨水和灌溉水外，主要来自土壤和肥料。

(1) 土壤中的氮。土壤中的全氮含量反映土壤氮素的总贮量和土壤的基本肥力状况，在某些条件下，与作物产量成正相关。一般耕层土壤全氮含量多在0.02—0.20%，据此估计，地球上土壤中含有 15×10^{10} 吨氮，大部分(80%以上)以有机态存在，其中蛋白质氮约占30%，腐殖酸类化合物占

50%以上，还有各种氨基酸、酰胺等。这些有机氮化物必须经过土壤微生物的分解、矿化，变成无机态氮，才能被作物吸收利用。土壤中的无机态氮包括 NO_3^- 、 NO_2^- ，交换性 NH_4^+ 以及被粘土矿物的晶格所固定的 NH_4^+ ，即所谓非交换性 NH_4^+ ，这部分氮较难被作物吸收利用。

(2) 氮肥。尽管土壤中含有那么多的氮，但由于有效氮含量很低，所以大多数土壤都表现出缺氮，远不能满足作物生长发育的需要，为了获得好收成，大多数土壤和作物每季都要施用氮肥。氮肥施入土壤后，由于挥发、反硝化、淋失和径流等作用，损失比较严重，氮素利用率较低，一般只有30—50%。图1大致可以说明氮肥施入土壤后的变化和损失途径。

如果是水田，在与水层相接触的土表有一层不到1厘米厚的氧化层，含硝化细菌比较多，当 NH_4^+ —N 肥表施到氧化层时，很快氧化成 NO_3^- —N，并随灌溉水下渗，一部分在还原层中被嫌气性细菌夺去氧，发生反硝化作用，生成 NO ， N_2O 和 N_2 ，散逸到大气中，这就是所谓脱氮损失。据估计，全世界每年由于反硝化作用所造成的脱氮损失大约有 83×10^7 吨的氮，这部分数量可观的氧化氮进入大气同温层，夺取同温层中的臭氧，破坏了臭氧平衡，使照射到地球表面的紫外线增多，导致皮肤癌的发病率增高。还有一部分 NO_3^- —N 随地面水和地下水流进河湖池塘，造成所谓富营养化作用，使水源受到污染，然后进入人的食物链，影响人们的健康。

合理使用化肥，改进施肥技术，采用新的肥料剂型，如颗粒化肥、缓效化肥等，不仅能提高肥效，而且对减少环境

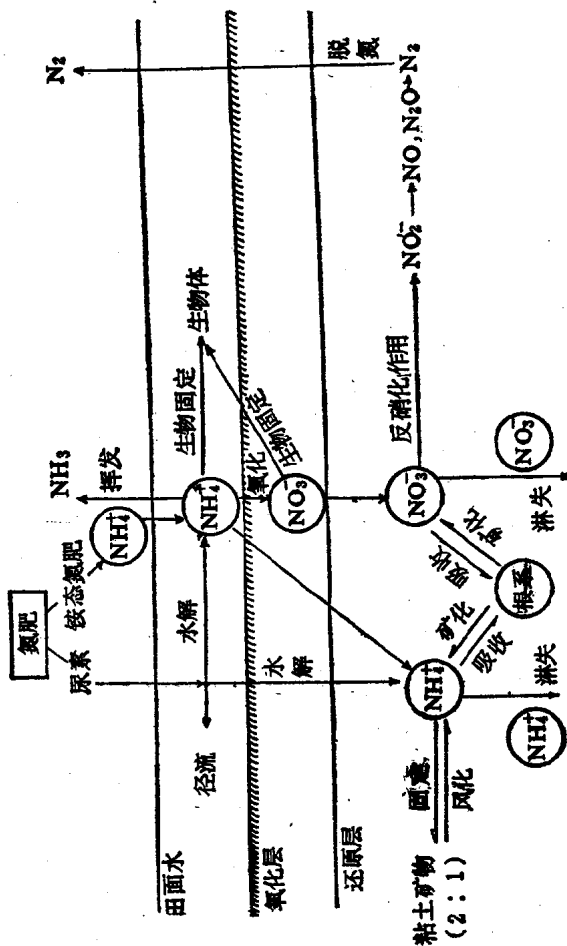


图1 氮肥施入水田后的变化和去向

污染，将会有积极的意义。

（二）植物的磷素养分和磷肥的施用

1. 磷素的生理功能 作物体内磷的含量一般为干物重的0.2—1.1%，主要集中在种子内，磷在植物体内以有机磷和无机磷两种形态存在，有机磷包括磷脂、核酸和植素等；无机磷包括磷酸钙、磷酸镁和磷酸钾等。磷参与碳水化合物、蛋白质和脂肪的合成、分解以及运输等一系列代谢过程。磷是核酸的重要组成元素，而核酸是形成核蛋白的主要成分，存在于细胞核和原生质中，核糖核酸和脱氧核糖核酸是合成蛋白和构成遗传物质的基础。磷脂是细胞的组成成分，植物体内含有多种磷脂，与蛋白质一起构成生物膜，这些生物膜是外界物质流、能量流和信息流进出细胞的通道，起到调节植物生命活动的作用。磷在植物的能量转换中起着极其重要的作用，各种高能磷酸键和二磷酸腺甙（ADP）和三磷酸腺甙（ATP），贮备着大量的能量，这些能量参与光合作用中二氧化碳的固定和还原，以及氨基酸的活化和蛋白质的合成等，同时还为蔗糖、淀粉和纤维的合成提供能量。磷对氮代谢、脂肪代谢也都起着极为重要的作用。

施用磷肥能提高作物的抗旱、抗寒和抗病能力。磷有利于细胞增殖，促进作物生长发育，使籽粒饱满，提高产量和品质。缺磷时植株生长缓慢，分蘖少，叶色暗绿无光，下部叶片往往出现紫红色，老叶有坏死斑点。但在不少情况下，缺磷并不出现紫红色症状，而是呈暗绿色，植株矮小。

2. 植物营养的磷素来源

（1）土壤中的磷。土壤全磷（ P_2O_5 ）含量大体在0.04—

0.25%范围内，它受成土母质和成土因子的影响。耕作土壤还受耕作管理特别是施肥的影响。土壤全磷包括无机磷和有机磷两大类。土壤无机磷可能有30余种化合物。在酸性土壤中，无机磷主要是磷酸铁、磷酸铝和被铁铝胶膜包被起来的“闭蓄态磷”，这些磷酸盐都难于被作物利用，所以酸性土壤常常缺磷，这是主要原因之一。在石灰性土壤上，无机磷主要是磷酸二钙、磷酸八钙、羟基磷灰石和氟磷灰石，除磷酸二钙可部分被作物吸收利用外，其余都是难溶性的，很难被作物吸收利用。

土壤中的有机磷主要有植素、磷酸糖、核酸、核蛋白和磷脂等，它们在土壤微生物的作用下逐步分解，可部分被作物吸收利用。

(2) 磷肥。磷肥施入土壤后，由于很快变成不溶性化合物，这会大大降低磷肥的有效性，所以常称作磷的固定。被固定的磷移动性很小，一般不超过1厘米，所以磷不大会流失。由于固定，磷的利用率较低，当季作物只有10—20%左右，有时还要低一些。如何减少磷在土壤中的固定，是提高磷肥肥效和磷素利用率的关键。

目前我国主要磷肥品种为过磷酸钙和钙镁磷肥。过磷酸钙是水溶性磷肥，它的主要成分是磷酸一钙，容易被土壤固定，因此要求集中施用，以尽量减少与土壤的接触面，从而减少固定。钙镁磷肥是枸溶性磷肥，施入土壤后先要进行溶解，才能被作物吸收，因此施在酸性土壤上效果较好；而在石灰性土壤上，其肥效只有普钙的80—90%。此外，钢渣磷肥、磷矿粉等迟效性磷肥也只适用酸性土壤。新型的磷肥，包

括氮磷复合肥、长效性磷肥等既适合于酸性土壤，又适用于石灰性土壤，可以大大减少磷的固定从而提高了磷的利用率。

(三) 植物营养的钾素来源和钾肥的施用

1. 钾素的生理功能 被称为植物营养三要素之一的钾，在植物体中的含量在1—5%之间，有时甚至更高。钾与氮、磷不同，它是以钾离子形态存在于活体细胞的细胞质和细胞液中，而不参与植物体内任何分子的稳定结构，然而植物需要大量的钾。它主要起着辅酶和活化剂的作用。目前已知的60多种酶的活化都需要一价阳离子，而其中钾是最有效的；钾在细胞中增加了渗透压，有利于水分向细胞中扩散；钾影响着植物的光合作用，主要是影响光合磷酸化的速率以及还原作用的基本过程；钾还影响根际的含氧量和根系的氧化力，缺氧会造成根的还原条件。近年来的研究表明，蛋白质的合成需要钾作活化剂。缺钾时，蛋白质合成受阻，影响植物生长；缺钾时，还会使植株内淀粉和多糖水解成单糖，使淀粉合成和多糖聚合作用受阻，严重影响作物产量和品质。

2. 植物营养的钾素来源

(1) 土壤中的钾。我国土壤全钾 (K_2O) 含量变幅很大，大体在0.06—5.60%范围内，平均为1.5—2.5%。土壤钾素主要来自含钾原生矿物如钾长石、白云母和黑云母以及次生粘土矿物如伊利石、水云母、蛭石和绿泥石。我国南方红壤，如玄武岩发育的砖红壤，花岗岩发育的富铝化红壤以及广东、广西部分由石灰岩发育的石灰土等，含钾矿物的数量极为有限，含钾量极低，土壤缓效性钾 (K) 一般都低于6.6毫克/100克土，缺钾已成为产量的限制因子；北方石灰

性土壤主要含钾粘土矿物为水云母和蛭石，土壤含钾量较高，一般不缺钾。只是一些草炭土和质地较轻的砂质土，含钾量较低。

(2) 钾肥。70年代以前，我国基本上没有化学钾肥供应，主要靠农家肥、土杂肥、铲草皮熏烧、秸秆还田来补充土壤钾素，以维持土壤钾平衡。但随着氮磷肥用量的逐年提高，高产耐肥品种的推广，复种指数的提高，产量大幅度增加，每年从土壤中带走大量的钾，土壤中的钾已入不敷出，缺钾的矛盾越来越突出，在某些地区已成为产量的限制因子，钾肥效果非常显著。目前我国尚未发现大型钾矿资源，化学钾肥近几年才开始生产，且产量很低，目前主要靠进口，但仍远远满足不了农业生产的需要。要解决这个矛盾，除扩大肥源，充分利用生物钾外，还应注意合理施用钾肥，在钾肥数量有限的情况下，应首先用于需钾量大、增产效果最高的作物上，特别要注意与氮、磷肥的配合，应避免单一施用。此外，大多数作物的需钾临界期都在苗期，因此，钾肥用作基肥可以获得较好的增产效果，秧田施用钾肥可以大大节省本田的钾肥用量。

北方石灰性土壤主要粘土矿物为水云母和蛭石，土壤含钾量较高，一般情况下不缺钾，只是对那些需钾多的作物如棉花、烟草、薯类等，需要补充钾。

二、中量元素——钙、镁、硫

(一) 钙 钙是植物营养中一个很重要的矿质元素，它