

化肥实用指南

中国农业科学院土壤肥料研究所编



农业出版社

化肥实用指南

中国科学院土壤肥料研究所编

农业出版社

化肥实用指南

中国农业科学院土壤肥料研究所编

农业出版社出版(北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 涿县向阳印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 6.25印张 136千字
1983年11月第1版 1985年9月北京第3次印刷
印数 203,001—230,500册

统一书号 16144·2670 定价 0.81元

前 言

我国化肥生产发展很快，化肥用量迅速增加，目前每年的农用化肥数量超过六千万吨，在农业生产上发挥了很大作用。化肥品种也由建国初期单一施用氮肥，发展为施用磷肥、钾肥、复合肥料和微量元素肥料。但是，目前我国化肥存在结构比例不协调、分配不合理、施用不得当、科学用肥知识不普及等问题，影响化肥发挥更大的增产作用 and 经济效益。

赵紫阳总理在五届人大四次会议的政府工作报告中指出，要“改变化肥结构，实行合理施肥”。自从农村实行多种形式的生产责任制以来，农民群众迫切要求学习科学施用化肥的知识和技术。为了向农村基层干部、技术人员和农民普及这方面的知识，我们编写了这本小册子。在编写时我们既考虑到基础知识的介绍，更着重使用技术的介绍；基础知识的介绍也是为了用，在用上尽量写得详细具体一些。

参加本书编写的有中国农业科学院土壤肥料研究所林葆、李家康、林继雄、黄增奎、吴祖坤同志。陈尚谨研究员审阅了书稿，郭金如同志提了一些意见。最后由林葆同志整理。由于编者水平有限，缺点错误难免，请读者提出宝贵意见。

编 者

一九八二年七月

目 录

第一章 施用化肥的基本原理和知识.....	1
第一节 作物营养与施肥.....	2
一、作物需要哪些营养元素.....	2
二、作物营养元素的主要作用及其同等重要和不可代替性.....	5
三、作物对养分的吸收及其阶段性.....	8
第二节 土壤条件与施肥.....	12
一、我国土壤养分含量概况.....	12
二、影响土壤中养分转化的因素.....	14
三、土壤的保肥和供肥性能.....	17
第三节 有机肥、绿肥、化肥之间的相互关系.....	18
一、有机肥与化肥.....	18
二、绿肥与化肥.....	21
三、不同种类的化肥之间的关系.....	22
第四节 目前化肥施用中的几个问题.....	23
一、对科学施肥和化肥作用的认识问题.....	24
二、报酬递减现象和经济施肥问题.....	26
三、工、农、商各业的配合问题.....	28
第二章 氮肥.....	30
第一节 氮素在作物营养上的作用.....	30
第二节 氮素在土壤中的形态和转化.....	31
一、土壤中氮素的形态.....	31
二、土壤中氮素的转化.....	33
第三节 作物对氮素的吸收利用.....	35

第四节 常用氮肥的品种、性质和施用	36
一、碳酸氢铵	37
二、氨水	46
三、尿素	53
四、硝酸铵	58
五、硫酸铵	60
六、氯化铵	62
七、石灰氮	64
第五节 氮肥的经济合理施用技术	66
一、氮肥的合理分配	66
二、氮肥与有机肥配合施用	70
三、氮肥与磷、钾肥配合施用	70
四、氮肥施用量	71
五、氮肥施用期	71
第三章 磷肥	78
第一节 磷素在作物营养上的重要作用和缺磷症状	78
第二节 磷素在土壤中的形态和转化	81
一、土壤中磷的形态	81
二、土壤中磷的转化	84
第三节 作物对磷素的吸收利用	87
第四节 常用磷肥品种的成分和性质	89
一、过磷酸钙	90
二、重过磷酸钙	91
三、沉淀磷酸钙	91
四、钙镁磷肥	92
五、钢渣磷肥	93
六、脱氟磷肥	93
七、偏磷酸钙	94
八、磷矿粉	94
九、骨粉	95
第五节 磷肥的经济合理施用技术	96

一、因土施磷	97
二、因作物施磷	101
三、磷肥与氮、钾肥配合施用	103
四、磷肥的施用期、施用量和施用方法	105
第四章 钾肥	110
第一节 钾素在作物营养上的作用和缺钾症状	111
一、钾素在作物营养上的作用	111
二、缺钾症状	113
第二节 钾素在土壤中的形态和转化	114
一、钾素在土壤中的形态和转化	114
二、我国主要土壤对钾肥的反应	115
第三节 作物对钾素的吸收利用	117
第四节 常用钾肥品种的成分和性质	118
一、氯化钾	118
二、硫酸钾	120
三、窑灰钾肥	121
四、钾镁肥	122
五、草木灰	122
第五节 钾肥有效施用条件和施用技术	124
一、钾肥有效施用条件	124
二、钾肥施用技术	131
第五章 微量元素肥料	135
第一节 锌肥	135
一、锌在作物营养上的作用	135
二、土壤中锌的状况	137
三、常用锌肥品种及施用方法	138
第二节 硼肥	140
一、硼在作物营养上的作用	140
二、土壤中硼的状况	142
三、常用硼肥品种及施用方法	143
第三节 钼肥	145

一、钼在作物营养上的作用	145
二、土壤中钼的状况	145
三、常用钼肥品种及施用方法	146
第四节 锰肥	148
一、锰在作物营养上的作用	148
二、土壤中锰的状况	150
三、常用锰肥品种及施用方法	151
第五节 铁肥	154
一、铁在作物营养上的作用	154
二、土壤中铁的状况	154
三、常用铁肥品种及施用方法	155
第六节 铜肥	156
一、铜在作物营养上的作用	153
二、土壤中铜的状况	153
三、常用铜肥品种及施用方法	157
第六章 复合肥料和混合肥料	159
第一节 复合肥料	159
一、复合肥料的性质	160
二、复合肥料的优缺点和一般施用要点	161
三、常用的几种复合肥料	162
第二节 混合肥料	167
第七章 其他矿质肥料	170
第一节 酸性土壤施用石灰	170
一、石灰的种类和性质	170
二、酸性土壤施用石灰的作用	171
三、石灰的施用技术	173
第二节 碱土施用石膏	175
一、石膏的种类和性质	175
二、碱土施用石膏的作用	175
三、石膏的施用技术	176
第三节 镁肥的施用	177

第四节 硫肥的施用	178
一、作物的硫营养	178
二、土壤中的硫	179
三、硫肥的施用技术	180
第五节 硅肥的施用	180
附录	183
一、主要化学肥料的组成和养分含量	183
二、肥料混合规则	184
三、化学肥料简易鉴别方法	185
主要参考文献	185

第一章 施用化肥的基本原理和知识

作物生长发育需要阳光、水分、热量、空气和养分。作物需要的水分和养分主要是从土壤中吸收的。施肥的生产实践已经有很久的历史，例如我国在两千多年前就有施肥提高产量和改良土壤的记载。但是，科学的植物营养理论的建立和开始施用化学肥料，则是最近一百多年的事。1840年德国化学家李比希提出矿质营养理论，奠定了现代化肥工业的基础。1842年英国人劳斯取得了用硫酸处理骨粉，生产过磷酸钙的专利，这是世界上最早的化肥。1861年德国开始从盐水中提取钾肥。从盐水湖和钾盐矿生产钾肥则是本世纪的事。氮肥的发展晚于磷、钾肥。十九世纪末只有天然矿藏智利硝（硝酸钠）和工业副产品硫酸铵。1903年用电弧法生产硝酸并加工成硝酸钙是最早的合成氮肥。1908年德国人哈伯研究出合成氨的生产方法，1913年建成了第一座日产27吨合成氨的工厂。世界化肥的大量生产是在第二次世界大战以后，每十年左右总产量就翻一番。我国的化肥工业是解放后发展起来的。1949年我国年产化肥仅3万吨，1976年化肥总产2800万吨，1980年达到6000万吨，1977—1980年四年中总产翻了一番多，这种发展速度在世界上是罕见的。1981年我国生产氮肥4695万吨（N 985.9万吨），磷肥1353.9万吨（ P_2O_5 243.7万吨），钾肥13.14万吨（ K_2O 3.28万吨），氮磷钾肥总产6062.04万吨（有效成分1232.88万吨），居世

界第三位。

肥料是作物的“粮食”。科学施肥的目的，在于使作物高产稳产，改善产品品质，有较高经济收益，并不断提高土壤肥力。

第一节 作物营养与施肥

一、作物需要哪些营养元素

作物鲜体一般含有75—95%的水分、5—25%的干物质。构成作物体的营养元素主要是碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)，其平均含量大致如下：

碳 占作物体干重的45.0%

氢 占作物体干重的42.0%

氧 占作物体干重的6.5%

氮 占作物体干重的1.5%

灰分元素 占作物体干重的5.0%

占作物体干重5%左右的灰分元素，其组成十分复杂，有几十种元素之多，但是，这些元素并非都是作物生长必需的营养元素。经研究肯定的作物必需的营养元素有十五种，除上述的碳、氢、氧、氮外，灰分中尚有磷(P)、钾(K)、硫(S)、钙(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、硼(B)、铜(Cu)、钼(Mo)。还有硅(Si)、氯(Cl)、钠(Na)、钴(Co)、钒(V)等是某些作物必需的营养元素，但是否所有作物必需，尚待肯定。十五种营养元素在作物幼芽和叶片中的含量如下(表1—1)。

表 1—1 营养元素在作物嫩芽和叶片中的平均含量
(干重%) 及其来源

营养元素	含 量	来 源
碳	42.1	} 空气和水
氢	37.9	
氧	5.5	
氮	4.3	} 土壤和空气 (例如豆科作物能利用空气中的氮)
磷(P_2O_5)	1.03	
钾	5.5	
硫	0.3	} 土 壤
钙	0.6	
镁	0.3	
铁	0.03	
锰	0.01	
锌	0.002	
硼	0.001	
铜	0.001	
钼	0.0002	

一般把占作物体干重千分之几以上的营养元素叫大量元素, 万分之几以下的叫微量元素。以上十五种营养元素中有大量元素九种, 微量元素五种。营养元素铁有人认为应属大量元素, 有人认为是微量元素, 本书将在微量元素中叙述。碳、氢、氧三个元素在作物体中的含量虽然高达90%左右, 来源于空气中的二氧化碳(CO_2)和土壤中的水分(H_2O), 作物比较容易获得; 而氮、磷、钾三个元素作物需要量较

多，但土壤中供应较少，往往需要以肥料形式加以补充，通称为肥料三要素。

作物从土壤中吸收氮、磷、钾等营养元素的数量和比例是有一定规律性的。从成熟的作物植株分析结果，氮磷主要集中在籽粒中，钾钙主要分布在秸秆中（但豌豆、大豆籽粒中钙的含量也较高）。各种作物每生产 100 斤主产品（如籽粒），连同副产品（如秸秆，但不包括地下部的根茬）在内，从土壤中吸收氮、磷、钾的数量大致如下（表1—2）：

表 1—2 每百斤主产品（包括秸秆等副产品）从土壤中吸收氮、磷、钾的数量（斤）

作物	氮 (N)	磷 (P_2O_5)	钾 (K_2O)
水稻	2.1—2.4	0.9—1.3	2.1—3.3
冬小麦	2.8	0.9	2.9
春玉米	3.5—4.0	1.2—1.4	5.0—6.0
夏玉米	2.5—2.7	1.1—1.4	3.7—4.2
谷子	2.5	1.2	2.0
甘薯	0.35	0.15	0.55
马铃薯	0.5	0.2	1.2
棉花(籽棉)	5.0	1.8	4.0
大豆	7.2	1.8	4.0
花生(荚果)	6.8	1.3	3.8
油菜	5.8	2.5	4.3
甘蔗(茎)	0.2	0.08	0.3
甜菜	0.4	0.15	0.6
烟草(地上部干重)	4.8	0.7	1.2

禾本科粮食作物需氮较多，每生产百斤粮食吸收氮、磷、钾的数量和比例约为8 : 1 : 3。甘薯、马铃薯、甘蔗、甜菜等需钾较多。大豆、花生需要较多的氮，由于这些豆科作物根上长有根瘤，可固定空气中的氮，因而要从土壤中吸收较多的磷、钾。不同作物从土壤中吸收养分的特点不同，在施肥时应根据不同作物有所侧重。但是，表1—2中列出的数字，只是大致情况，作物体内的营养元素含量和每百斤产品从土壤中吸收养分的数量，因栽培条件（如土壤、施肥、浇水等）、品种和产量水平而变化，有时变化的幅度还是相当大的。例如施用氮肥往往使作物籽粒和秸秆中的氮素含量明显提高。又如近年为夺取小麦、水稻高产，采用矮秆耐肥品种和杂交种，吸钾量明显增加。山东省农业科学院1957年测定亩产609斤的小麦（品种：石家庄407），每百斤产品吸收氮（N）2.8斤、磷（ P_2O_5 ）0.9斤、钾（ K_2O ）2.9斤。1977年中国农业科学院土壤肥料研究所在山东省临朐县测定亩产823斤的小麦（品种：泰山1号），每百斤产品吸收氮、磷、钾的数量为2.76斤、0.87斤和3.64斤，其中氮、磷吸收量无明显变化，而钾的吸收量增加较多。

二、作物营养元素的主要作用及其同等重要和不可代替性

各种营养元素在作物体内有各自的生理功能，现就它们在参加作物体的构成和代谢作用方面所起的基本作用，归纳为以下三个方面。某一种营养元素的生理功能，将在以后各章中叙述。

1. 参加作物机体的构成，是作物体的结构物质或生活物质的组成成分。例如作物体内的各种糖类、淀粉、纤维素

等，通称为碳水化合物，是由碳、氢、氧三个元素构成。蛋白质、核酸、叶绿素等物质，除碳、氢、氧外，还有氮、磷、硫、镁等元素参加。

2. 促进作物体内新陈代谢作用。铁、锰、硼、锌、铜、钼等微量营养元素和部分大量营养元素（如氮、磷）起这种作用。它们主要是参加作物体内各种生理功能的活化剂——酶或辅酶的组成，或存在于维生素、生长激素中，从而调节作物体的新陈代谢作用。

3. 对作物体的生命活动具有特殊功能。例如钾在作物体内含量较大，但它不是作物体内某种物质的组成成分，以无机的离子状态存在。钾的存在能使细胞质胶体充水膨胀，有利代谢作用的进行，减少水分的蒸腾。钾能提高光合作用的强度，有利糖和淀粉的合成，增加作物的抗旱、抗寒能力等等。钙、镁在作物体内也有一些调节生命活动的特殊功能。

各种营养元素在作物体内的作用是同等重要和不可代替的。这就是说，不同的营养元素在作物体内的含量虽然差异很大，多的达作物体干重的百分之几十，少的只有十万分之几或百万分之几，但是，它们对作物的生长发育都是不可缺少的。它们各自所起的作用也不能相互代替。例如硼在作物体内的含量一般只有0.002%，但是，如果缺少了它，有的作物因此造成烂心，有的作物就不能正常受粉和结实。所以硼对作物的生长发育来说，和大量营养元素一样，是十分重要和必不可少的。另外，各种营养元素各有各的作用，例如磷素供应不足，多施氮肥并不能弥补或代替。这个道理对指导施肥有重要的意义。我们在施肥前一定要了解，在某一地区、某一种土壤、某一个具体地块，什么营养元素比较丰富，什

么营养元素比较缺乏。从作物营养的角度来看，产量的提高，往往受某种供给不足的营养元素的制约。因此，补充某种比较缺乏的营养元素，可以大幅度提高产量，这也是施肥要解决的主要矛盾。所谓“最小养分律”就是说产量的高低受数量最少的养分（即具体条件下作物最感缺乏的营养元素）所决定，在一定程度上产量随这种养分的增减而变化。但在满足最小养分供给的同时，也必须同时改善影响作物生育的其他因素，如其他营养元素和水、热、气等条件的改善（图1—1）。

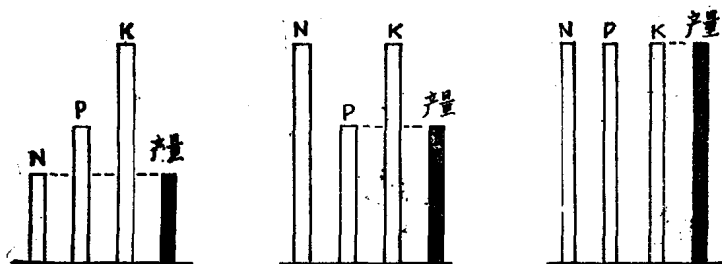


图1—1 最小养分律示意图

解放三十多年来，我国农业生产实践中最小养分的情况在不断变化。五十年代氮素最感不足，施用氮肥产量迅速提高。六十年代磷素不足成了增产的限制因素，施用磷肥明显增产。七十年代在南方一些土壤上缺钾的问题又突出表现出来了。某些地区和某些地块，锌、硼等微量营养元素成了最小养分。因此，不同地块、不同时期、最小养分是在发展变化的。要用发展的观点来认识最小养分律，抓住不同时间、不同地点的主要矛盾，决定重点施用什么肥料的问题。并且

要注意不同养分之间的相互联系和影响，才能把肥料用得更好。

三、作物对养分的吸收及其阶段性

1. 作物是怎样吸收养分的 作物吸收养分的主要器官是根，被作物吸收的养分的主要形态是无机物，是含有营养元素的各种阴、阳离子。作物也可以直接吸收一些简单的有机化合物，如氨基酸、糖等作为营养来源。近年来的研究证明，叶片和地上部的幼嫩组织也能吸收养分。

作物吸收的氮素主要是铵离子(NH_4^+)和硝酸根离子(NO_3^-)。吸收的磷素主要是磷酸氢根离子(H_2PO_4^- ， HPO_4^{--})。硫、硼、钼以硫酸根(SO_4^{--})、硼酸根(BO_3^{---})和钼酸根(MoO_4^{--})进入作物体内。作物吸收的钾、钙、镁、铁、锰、锌、铜主要是这些营养元素的离子，如钾离子(K^+)、钙离子(Ca^{++})、镁离子(Mg^{++})等等。多数化肥是一些无机盐类，施用后遇水即离解为含有营养元素的阴、阳离子，作物可以直接吸收利用。

作物的根吸收离子态的养分是一个复杂的过程。首先养分必须到达根系表面。根系本身的生长，可以与土壤粒子表面的离子或溶液中的离子接触。更主要的是由于土壤溶液中的离子浓度不同，由浓的地方向稀的地方扩散，以及土壤溶液中的离子随水向根部流动（由于作物的蒸腾作用，从土壤中吸收水分），使养分到达根的表面。根的呼吸作用产生二氧化碳(CO_2)，与水结合后形成碳酸(H_2CO_3)。碳酸离解后产生氢离子(H^+)和碳酸氢根离子(HCO_3^-)，与土粒表面吸附的离子或土壤溶液中的离子交换，使养分进入