

农业技术干部培训丛书



肥料

张淑民

科学普及出版社

农业技术干部培训丛书

肥料

张淑民 编

科学普及出版社

内 容 提 要

本书是专为地、县、社、队广大农业技术干部编写的。它以北京农业大学为基层农业技术干部编写的业余函授教材为基础，又根据五年函授和培训实践所取得的经验加以补充修订。

全书共分十三章，主要内容为植物营养的基础理论；常用化学肥料的性质和施用；常用有机肥料的特点及其积、保、施用方法；土壤和作物的营养诊断方法等。

本书可作系统培训基层农业科技干部和短期训练班的教材，也可作中等农业技术学校、农业专科学校和中央农业广播电视学校师生的参考书。

农业技术干部培训丛书

肥 料

张淑民 编

~~责任编辑~~ 刘庆坤

~~封面设计~~ 刘玉忠

科学普及出版社出版（北京白塔胡同105号院内）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

咸宁地区印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：6 1/4 字数：145千字

1982年12月第1版 1982年12月第1次印刷

印数：1—53,000册 定价：0.58元

统一书号：16051·1006 本社书号：0317

《农业技术干部培训丛书》编委会名单

主编：沈其益

编委（按姓氏笔划）：

王在德	王沛有	王经武	王象坤	古希昕	兰林旺
卢宗海	甘孟侯	陈 仁	陈兆良	陈兆英	郑开文
季学禄	张淑民	金瑞华	胡先庚	俞家宝	祖康祺
施森宝	陆子豪	徐楚年	黄汉炎	常 城	解春亭

前 言

肥料是植物的粮食。施用肥料是夺取作物高产的重要条件。肥料的作用不仅供给作物以养分，提高产品的产量和品质，还可以提高地力，改良土壤，改善作物的营养条件。实践证明，水浇地的持续增产，首先要靠肥料。但肥料的经济效益，还须根据不同土壤、作物和不同时期的需要，合理施肥，才能得到发挥，从而最大限度的提高肥料利用率。因此，学习各种肥料的基本性质，认识养分的转化规律，掌握各种肥料的有效施用方法，科学积肥，合理施肥，经济用肥，是促进农业生产，降低成本，实现农业现代化的迫切需要。

本书在编写过程中，得到河北省科学技术协会的巨大帮助，并承河北、河南、山东、北京、天津以及陕西、山西等省(市)、地区农业科研单位提供资料。书中“红萍”一节由王在德同志编写。全书定稿前又承北京农业大学阎光第同志审阅，对此一并表示感谢。书中错误、疏漏之处，切望读者惠予批评指正。

编 者

目 录

第一章 作物营养与施肥

第一节	作物需要的营养元素	1
第二节	作物对养分的吸收	4
第三节	各种营养元素的相互关系	8
第四节	作物各生育期的营养特性	10

第二章 氮 肥

第一节	氮素的营养作用	14
第二节	氮肥在土壤中的转化	17
第三节	几种常用氮肥的性质和施用	21
一、	碳酸氢铵	21
二、	氨水	25
三、	硫酸铵	31
四、	硝酸铵	33
五、	尿素	34
第四节	提高氮肥利用率的途径	37

第三章 磷 肥

第一节	磷素的营养作用	44
第二节	磷肥在土壤中的转化	48
第三节	常用的几种磷肥的性质和施用	52
一、	过磷酸钙	52
二、	钙镁磷肥	57

三、磷矿粉	58
四、骨粉	60
第四节 提高磷肥肥效的途径	61

第四章 钾 肥

第一节 钾素的营养作用	67
第二节 钾肥在土壤中的转化	69
第三节 几种常用钾肥的性质和施用	72
一、氯化钾	72
二、硫酸钾	73
三、窑灰钾肥	74
四、草木灰	75

第五章 复合肥料

第一节 复合肥料的意义及其发展动向	77
第二节 复合肥料的种类和施用	79
一、磷酸铵	79
二、液体磷铵	81
三、硝酸磷肥	81
四、磷酸二氢钾	83
五、氮、磷、钾三元复合肥料	84
六、其它复合肥料	84

第六章 微量元素肥料

第一节 硼肥	85
第二节 锰肥	87
第三节 铜肥	89
第四节 锌肥	90
第五节 钼肥	92
第六节 铁肥	94

第七章 肥料的贮存和混合

第一节	肥料的贮存与保管	96
第二节	肥料的合理混合	100

第八章 人粪尿

第一节	人粪尿的成分及其养分含量	104
第二节	人粪尿的合理贮存与管理	106
第三节	人粪尿的施用	109

第九章 家畜粪尿及厩肥

第一节	家畜粪尿的成分和性质	111
第二节	家畜粪尿在积存过程中的转化	113
第三节	合理的积肥保肥措施	116
第四节	家畜粪尿和厩肥的施用	119

第十章 堆肥与沤肥

第一节	堆肥	122
第二节	沤肥	128
第三节	沼气池肥	129

第十一章 腐植酸类肥料

第一节	什么是腐植酸类肥料	132
第二节	腐肥的功能	134
第三节	腐肥的施用方法和肥效	137

第十二章 绿 肥

第一节	发展绿肥的重要意义	141
第二节	绿肥作物的种植方式	143

第三节 主要绿肥作物的生育特性及栽培要点	145
一、田菁	145
二、草木樨	149
三、毛叶苕子(毛野豌豆)	151
四、紫穗槐	153
五、油菜	155
六、红萍	157

第十三章 土壤与作物营养诊断

第一节 土壤与作物营养诊断的意义	162
第二节 土壤与作物营养诊断的方法	163
第三节 土壤养分速测法	166
第四节 植株养分速测法	180
第五节 土壤与作物营养诊断指标的制定	184
第六节 土壤与作物营养诊断例举和指标的应用	192

附录一、各种化学肥料的主要理化性状表	198
附录二、农家肥料氮磷钾含量(%)	199
附录三、各种栽培绿肥养分含量表	200
附录四、作物吸收氮、磷、钾数量	201
附录五、作物不同生育期吸收氮、磷、钾的百分比	202
附录六、我国主要地区肥土和一般土壤中有机质和全氮的含量	203
附录七、养分测定结果的换算	203
附录八、作物计划施肥量的估算	203

第一章 作物营养与施肥

第一节 作物需要的营养元素

一、作物需要的营养元素

植株化学分析和培养试验证明，作物生长所必需的营养元素有碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、硼、锰、铜、锌、钼、氯十六种。碳、氢、氧来自空气中的二氧化碳和水，其余的营养元素都是从土壤中吸收（见图 1-1）。这些元素根据在作物体内的含量可分为两类。

（一）大量营养元素

大量营养元素又称常量营养元素，有碳、氢、氧、氮、硫、磷、钾、钙、镁九种。它们的含量占作物干重的百分之几十至千分之几。其中氮、磷、钾三种元素，由于作物需要的量比较多，而土壤中可提供的有效含量又比较少，常常需要通过施肥才能满足作物生长的要求，因此称为“作物营养三要素”或者“肥料三要素”。

（二）微量营养元素

微量营养元素有铁、氯、硼、锰、铜、锌、钼七种。它们虽然在植物体内含量极少（占作物干重的千分之几至十万

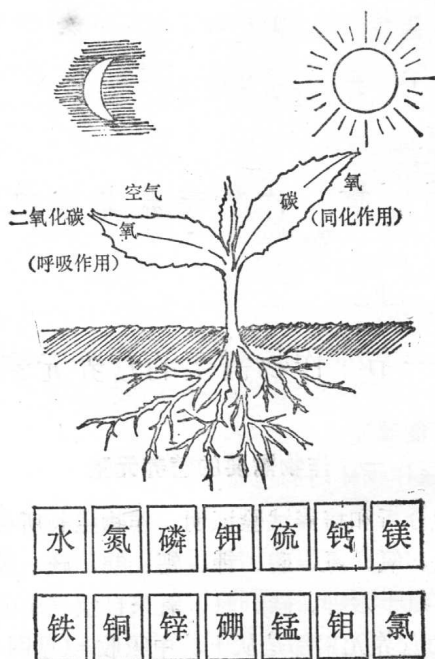


图 1-1 植物吸收养分示意图

分之几)但在生理上起重要作用。

不同作物体中各种营养元素的含量差别很大,即使同种作物,亦因不同器官、不同年龄、不同环境条件,甚至在一天内的不同时间亦有差异。从各种作物干物质中营养元素的一般含量来说,豆类、蔬菜类作物氮的含量较高,甘薯、马铃薯含钾较多;从同种作物的不同器官来说,种子中一般含磷多,茎叶中含钾、钙、硅较丰富,块根、块茎中含钾量多,从作物不同生育期来说,幼龄植物钾的含量较钙多,而老年植物

则钙比钾多。生长在盐土的作物体内，含有较多的钠和氯。

二、营养元素对作物生长的作用

必需的营养元素对作物生长发育的主要作用将在化学肥料的有关部分进行介绍，现仅就它们在组成作物体及代谢方面的一些最基本的作用，简单归纳如下。

（一）构成作物活体的结构物质及生活物质

构成有机体的结构物质，如纤维素、半纤维素、木质素及果胶物质等；生活物质如氨基酸、蛋白质、核酸、磷脂类、叶绿素、酶及辅酶等。这些有机化合物都必须由碳、氢、氧、氮、磷、硫、镁等元素组成。

（二）加速作物体内的代谢

铜、锰、锌、氯、钼、硼、铁、钙、镁、钾等是作物体内进行代谢作用的许多酶的辅基或激活酶活性的活化剂。

（三）对作物体具有特殊的功能

钾等元素在作物体内活性强，具有多种生理功能，如参加体内的各种代谢作用，调节细胞透性和增强作物抗逆性等。

由于这些营养元素的相互作用，以及它们所具有的不同生理功能，保证了作物正常的生长发育。

应当指出，作物必需的营养元素在作物体内都是同等重要的，任何一种营养元素都不能被其它元素所代替，这就叫营养的同等重要律和不可代替律。例如，作物体内氮素不足时，不仅蛋白质的合成受到障碍，而且也会降低叶绿素含量，使叶子变黄，甚至枯萎早衰，施用其它任何肥料都不能使这种症状减轻。又如当作物氮素供应充足，磷素缺乏时，由于核蛋白不能形成，影响细胞分裂和体内糖类的代谢，也

使作物的茎、叶停止生长，叶色由绿变紫，只有施用了磷肥，作物才能正常生长，否则易造成死亡。尽管作物对某些微量元素需要甚微，但缺少时也会使作物的生长发育受到阻碍。如玉米缺锌时呈现“失绿花白叶病”，严重者不抽雄穗；油菜缺硼时，严重者幼苗死亡，轻者呈现“萎缩不实”或称“花而不实”。必需的营养元素在作物体内的作用是不可代替的，即磷不能代替氮，钾不能代替磷，缺磷的土壤只能靠施磷肥去解决。因此，在施肥时，必须根据作物营养的要求，考虑不同种类的肥料配合，特别要重视有机肥料的作用，否则单一施用某种化肥，往往会导致某些营养元素的供应失调，出现缺素症。

第二节 作物对养分的吸收

一、根部对无机态养分的吸收

作物所需的养分主要是由根系从土壤中吸收的。根系吸收的养分大都是易溶于土壤溶液中的各种无机态离子，如 NH_4^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NO_3^- 、 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 、 SO_4^{2-} 等。另外也吸收少量的有机态分子，如氨基酸、糖类、磷酸酯类、生长素、维生素和抗生素等。还可吸收二氧化碳等气体。

根吸收养分最多的部位是根尖以上的分生组织区域，大致离根尖 1 厘米，越靠近基部吸收能力越弱。

土壤养分向根部移动，通常有两条途径。(1) 离子扩散——作物根系在接触的土壤中吸收养分，这部分土壤的养分含量则相对降低，使土体与根系土壤之间形成养分的浓度差，致使离子由较高浓度向较低浓度移动，产生离子的扩散

作用。(2) 质流 (即指溶解在土壤水分中的养分, 随水在土壤中移动的过程)——作物由于蒸腾作用, 耗去根表土壤大量水分, 使其水分相对降低。这时, 土体中的水分便向根表土壤移动, 使溶解在水分中的养分, 随土壤水分移至根表土壤, 因而消耗的养分得到补充。

离子扩散和质流是使土壤养分移至根表经常起作用的主要因素。氮肥 (硝酸盐)、钙、镁主要靠质流运送至根系, 而磷酸离子和钾离子在土壤中是不大移动的, 作物所需的磷和钾只有一小部分是由质流输送到根部。大部分供应的钾和几乎全部的磷是由扩散作用到达根部。一般认为, 在长距离内, 质流是补充根表土壤养分的主要形式; 而在很近的距离内, 离子扩散是补充根表土壤养分的更为重要的形式。

土壤养分到达根表, 还需要经过复杂的生物学过程, 才能进入根内。

无机养分是怎样进入根内的呢? 养分进入根细胞可以分为两个步骤:

首先是根细胞对无机养分进行交换吸附作用。不少试验指出, 植物吸收无机养分的过程, 是根细胞进行呼吸作用所产生的 H^+ 离子和 HCO_3^- 离子 (或 OH^- 离子) 与土壤溶液中阴、阳离子进行交换的过程。细胞原生质的主要成分是蛋白质, 蛋白质属两性胶体, 在一般情况下带负电荷和极少量的正电荷。由于根的呼吸产生碳酸, 碳酸解离为 H^+ 和 HCO_3^- 离子 (或由水解离为 H^+ 和 OH^- 离子), 这些离子就能被吸附在原生质膜的表面, 其中最多的是 H^+ 离子。因为所有的离子外面都有一层水膜, 兼之离子的运动能使这些吸附在根表面的 H^+ 离子向外扩散, 致使根细胞和土壤溶液间产生了负电位差。所以土壤中的阳离子就能向根部移动。离子的扩

散以及植物对水分的吸收也能促进离子向根部移动，最后被吸附在根细胞的表面，同时根外 H^+ 离子则被排到土壤溶液中，形成根和土壤溶液间的离子交换吸附（见图 1-2）。

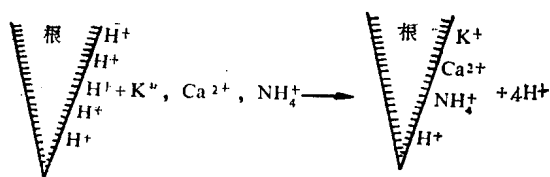


图 1-2 根系对离子的交换吸附示意图

吸收无机养分的第二步是吸附在根细胞表层的离子，经过原生质的活动把这些离子转移到细胞内部。沿着细胞间的原生质联丝向根的内部转移。有的离子就在根内参加有机物的合成，一部分进入导管，随着蒸腾液流向地上部分，参与新陈代谢过程。

二、叶部对养分的吸收

作物除了通过根部吸收养分外，还可通过叶部吸收养分。例如用稀的化肥溶液喷洒到作物茎叶上以供给作物养分，称为根外追肥。在一定条件下，根外追肥是对作物补充营养的一种辅助手段，能提高作物产量和质量，还可以达到经济用肥和提高肥效的作用。特别在作物生育后期，根系逐渐衰老，吸收能力减弱，而开花结实和种子成熟时期，还需要有机物质的合成、运转和积累。此时采用根外追肥，一般有很好的增产效果。

叶部吸收养分主要通过气孔透入。此外，当茎叶表皮外的角质层在湿润时，溶液中的无机盐类，也可渗入细胞内

部，其过程与根系吸收无机离子的情况相似。渗入茎叶细胞中的盐类离子能在作物体内运转和参与合成。

影响叶部吸收的条件是：

(1) 溶液的成分 不同的肥料成分被作物叶片吸收的速率是不同的。如钾肥，叶片吸收的速率为氯化钾>硝酸钾>磷酸二氢钾；氮肥，叶片吸收的速率为尿素>硝酸盐>铵盐。一般无机盐类比有机盐类的吸收速率快。

(2) 溶液的浓度及 pH 值 在一定浓度范围内，营养物质进入叶片的速度和数量，随浓度的增加而增加。一般在叶片不受药害的情况下，要适当提高浓度。调节溶液的 pH 值，可提高叶部营养的效果。如果主要供给阳离子时，溶液调至微碱性；主要供给阴离子时，溶液调至弱酸性，能加强叶片对养分的吸收。

(3) 叶片与养分吸收 一般双子叶作物如棉花、油菜、豆类、薯类等，叶面积大，角质层较薄，溶液中的养分易被吸收；小麦、玉米、谷子等单子叶作物，叶面积小，角质层较厚，溶液中养分的吸收比较困难，在这类作物上喷肥时要加大浓度。从叶片结构上看，叶表面表皮组织的下面是栅状组织，比较致密；叶背面是海绵组织，比较疏松，细胞间隙较大，孔道细胞也多，故喷施叶背面，养分吸收快些。

(4) 溶液湿润叶片的时间 溶液湿润叶片的时间长短与喷肥效果有一定关系。试验证明，一般保持叶片湿润的时间在 30 分钟至一小时内，吸收的速度快，吸收量大，余下未被吸收的部分，还可逐步地被叶片吸收利用。因此要求，喷施时间在下午为宜，可防止叶面很快变干。同时使用“湿润剂”，可降低溶液的表面张力，增大溶液与叶片的接触面积，对提高喷肥效果也有良好作用。

第三节 各种营养元素的相互关系

作物从土壤中吸收的养分主要是离子形态，各种养分离子间的相互关系对作物吸收养分影响很大。各种作物对离子的选择吸收能力不同；同一作物在不同营养条件下，也由于某一养分的丰缺而影响对其他养分的吸收。了解作物和土壤中各种营养元素的相互关系，对指导合理施肥有重要的意义。

一、离子间的拮抗作用

作物根系吸收养分，受土壤溶液中各种离子间相互作用的影响。某一离子的存在抑制另一离子的吸收，叫做离子间的拮抗作用。离子间的拮抗作用主要表现在阳离子与阳离子之间，或阴离子与阴离子之间。据以大麦和玉米为材料的试验表明， Ca^{2+} 对 Mg^{2+} 有抑制作用，而以大豆为试验材料时仅表现轻微的抑制。若同时存在 Ca^{2+} 、 K^{+} ，则大豆对 Mg^{2+} 的吸收所受的抑制作用就显著地增加。一价离子与二价离子之间也有拮抗作用。如水稻吸收 K^{+} 离子能减少对 Fe^{2+} 离子的吸收；铵离子浓度增加，抑制对钙离子的吸收。此外，阴离子如 H_2PO_4^- 、 NO_3^- 和 Cl^- 之间，都有不同程度的拮抗作用。

由于离子之间具有这种拮抗作用，故在酸性土壤上铵态氮肥的施用量不宜过大。因 NH_4^+ 浓度较高时，作物吸收 Ca^{2+} 困难；同时还要考虑 Ca^{2+} 对 Mg^{2+} 的拮抗作用，特别在缓冲性小的土壤上，种植薯类、麻类和豆类作物时，如果 Ca^{2+} 浓度过大也易引起这些作物缺 Mg^{2+} 。在碱土上，施用