



# 肥料施用知识

张耀栋 徐光璧 曹翠玉 编著

上海科学技术出版社

# 肥料施用知识

张耀栋 徐光壁 曹翠玉编著

上海科学技术出版社

# 肥料施用知识

张耀栋 徐光壁 曹翠玉编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

总发行所上海发行所发行 无锡县人民印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张6.5 字数139,000

1983年3月第1版 1983年3月第1次印刷

印数1—100,800

书号: 16119·776 定价: 0.54元

## 编 者 的 话

---

随着党在农村的各项经济政策的落实，实行了生产责任制，农业生产形势发生了深刻的变化，广大农民群众对科学施肥知识的需求越来越感迫切。为此，我们特编写《肥料施用知识》一书，以供读者学习参考。

肥料在农业生产上是一项重要农本支出，正确地施用又是一项重要增产措施。科学地正确地施用各项肥料，可以使作物得到高产、降低肥料成本，增加经济收益；盲目地施用各种肥料，不仅造成浪费，甚至导致减产，给经济上带来严重损失。因此认识肥料、正确施用，在农业生产上是十分重要的。

肥料尤其是化学肥料，不仅种类多性质各异，而且与土壤、温度、水分、作物种类等等有着密切的联系，要做到正确施肥，除应了解各种肥料的性质、功效外，还要了解它们与其他环境条件之间的关系。本书通俗地介绍了作物所需的营养元素和它们在作物生长发育中的作用，土壤中的营养元素及肥料在土壤中的变化，肥料在调节作物营养和培肥土壤中的作用，各种肥料的性质及其施用方法，如何合理施肥等。书末附有氨水成分测定法、各种无机肥料成分及性质、主要绿肥养分含量等以供读者检阅参考。希望读者能正确地运用书中的原理和方法进行施肥，以达到夺取高产，避免肥料的浪费，并不断培养和提高土壤肥力的目的。

本书中作物的营养及其土壤环境和化学肥料部分的复合化学肥料以及化学肥料配比混合、贮存与简易鉴定等章节是

由张耀栋同志编写的;化学肥料中的氮肥、磷肥、钾肥、绿肥中的夏季绿肥、多年生绿肥以及微生物肥料是由曹翠玉同志编写的;各种有机肥料、绿肥中的冬季绿肥、水生绿肥以及合理施肥的基本原则是由徐光璧同志编写的。全书由张耀栋同志作总的修改和补充。完稿后承裴保义教授对部分内容作了审阅和修正,谨致谢意。此外,李惠君、娄无忌同志对微生物肥料的性质和施用,叶钟音同志对绿肥虫害、药剂应用等进行了审核,胡霭堂同志参加了编写提纲的讨论,在此一并致谢。由于编写匆促,如有错误和不妥之处尚希读者指正。

编 者

1982年6月

# 目 录

---

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 编者的话                        |    |
| 作物的营养及其土壤环境 .....           | 1  |
| (一)作物生长必需的营养元素 .....        | 1  |
| (二)必需营养元素在作物生长发育中的作用 .....  | 4  |
| (三)作物对养分的吸收 .....           | 10 |
| (四)土壤是作物生长的物质基础 .....       | 14 |
| (五)肥料在调节作物营养、培肥土壤中的作用 ..... | 19 |
| 化学肥料 .....                  | 21 |
| 一、氮素化学肥料 .....              | 22 |
| (一)碳酸氢铵 .....               | 25 |
| (二)液氨和氨水 .....              | 28 |
| (三)硫酸铵 .....                | 34 |
| (四)氯化铵 .....                | 36 |
| (五)硝酸铵 .....                | 37 |
| (六)尿素 .....                 | 39 |
| (七)石灰氮 .....                | 41 |
| 二、磷素化学肥料 .....              | 43 |
| (一)过磷酸钙 .....               | 45 |
| (二)钙镁磷肥 .....               | 49 |
| (三)钢渣磷肥 .....               | 51 |
| (四)磷矿粉及鸟粪磷矿粉 .....          | 52 |
| 三、钾素化学肥料及草木灰 .....          | 55 |
| (一)硫酸钾 .....                | 57 |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| (二)氯化钾·····                     | 58        |
| (三)窑灰钾肥·····                    | 58        |
| (四)草木灰·····                     | 60        |
| <b>四、复合化学肥料·····</b>            | <b>62</b> |
| (一)磷酸铵·····                     | 62        |
| (二)硝酸磷肥·····                    | 63        |
| (三)磷酸二氢钾·····                   | 64        |
| (四)氮磷钾复合肥料·····                 | 64        |
| <b>五、石灰和石膏·····</b>             | <b>65</b> |
| (一)石灰·····                      | 65        |
| (二)石膏·····                      | 67        |
| <b>六、铁肥和微量元素肥料·····</b>         | <b>67</b> |
| (一)铁肥·····                      | 69        |
| (二)硼肥·····                      | 69        |
| (三)钼肥·····                      | 70        |
| (四)锌肥·····                      | 70        |
| (五)锰肥·····                      | 71        |
| <b>七、化学肥料的配比混合、贮存及简易鉴定·····</b> | <b>72</b> |
| (一)配比混合·····                    | 72        |
| (二)贮存·····                      | 74        |
| (三)简易鉴定方法·····                  | 75        |
| <b>有机肥料·····</b>                | <b>80</b> |
| (一)人粪尿·····                     | 81        |
| (二)家畜粪尿和厩肥·····                 | 84        |
| (三)禽粪·····                      | 91        |
| (四)泥肥、沤肥和沼气发酵肥·····             | 92        |
| (五)堆肥和秸秆直接还田·····               | 97        |
| (六)泥炭及腐殖酸类肥料·····               | 104       |
| (七)饼肥·····                      | 108       |

|                        |            |
|------------------------|------------|
| (八)杂肥 .....            | 110        |
| <b>绿肥</b> .....        | <b>114</b> |
| <b>一、冬季绿肥作物</b> .....  | <b>117</b> |
| (一)紫云英 .....           | 117        |
| (二)金花菜 .....           | 123        |
| (三)光叶紫花苕子 .....        | 126        |
| (四)箭筈豌豆 .....          | 133        |
| (五)蚕豆 .....            | 135        |
| <b>二、夏季绿肥作物</b> .....  | <b>137</b> |
| (一)田菁 .....            | 137        |
| (二)柃麻 .....            | 141        |
| (三)草木樨 .....           | 143        |
| <b>三、多年生绿肥作物</b> ..... | <b>146</b> |
| (一)紫花苜蓿 .....          | 146        |
| (二)紫穗槐 .....           | 148        |
| <b>四、水生绿肥作物</b> .....  | <b>151</b> |
| (一)绿萍 .....            | 152        |
| (二)细绿萍 .....           | 167        |
| <b>微生物肥料</b> .....     | <b>170</b> |
| (一)根瘤菌剂 .....          | 170        |
| (二)“5406”抗生素肥 .....    | 173        |
| <b>合理施肥的基本原则</b> ..... | <b>177</b> |
| (一)看天施肥 .....          | 177        |
| (二)看土施肥 .....          | 178        |
| (三)看苗施肥 .....          | 183        |
| (四)看肥料性质施肥 .....       | 185        |
| (五)肥料的施用技术 .....       | 185        |
| <b>附录</b> .....        | <b>193</b> |



|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 1. 氨水含氮量简易测定法.....       | 193 |
| 2. 三要素肥料的成分及主要理化性状.....  | 193 |
| 3. 微量元素肥料的成分及主要理化性状..... | 196 |
| 4. 主要绿肥养分含量.....         | 198 |

## 作物的营养及其土壤环境

一粒种子或其他繁殖器官(如薯块)播入土壤后,就会生根发芽,不断成长,最后结出籽实或生产其他经济产品。作物在生长发育的过程中,除了需要一定的光照、水分、空气和温度等条件外,还须从土壤中吸取许多种化学元素,经过作物体内复杂的变化,转变成千差万别的物质,以组成作物体的各种组织和器官,而后完成其正常的生活周期。由此可见,在农业生产中,特别在合理施肥的过程中,首先了解作物的营养及其生长的土壤环境将是十分必要的。

### (一)作物生长必需的营养元素

【作物体的组成】在农业生产中,要想做到及时满足作物对养分的要求,就必须知道作物生长需要哪些营养元素。这里,先从作物体的组成谈起。作物体的组成极为复杂,一般新鲜作物含有75~95%的水分和25~5%的干物质(当然成熟、晒干的种子要多些,有时可达90%左右)。如果灼烧干物质,就可以证明组成作物的主要元素是碳、氢、氧、氮四种。它们在灼烧过程中,成为气体挥发掉。经灼烧后的干物质,会留下少量不挥发的残渣,通常称它为“灰分”,约占5%,其中含有磷、钾、钙、镁等数十种化学元素(见表1)。由于作物种类和品种的差别以及气候条件、土壤肥力、栽培技术等不同,作物体的组成成分都会受到影响。例如在盐土上生长的作物会含有较多的钠,而在酸性土上生长的作物又会含有较多的铝。

表 1 一般作物体的元素组成及含量

| 元素种类 | 含量(%)  | 元素种类 | 含量(%)   |
|------|--------|------|---------|
| 碳    | 45.0   | 锌    | 0.015   |
| 氧    | 42.0   | 铁    | 0.014   |
| 氢    | 6.50   | 硼    | 0.005   |
| 氮    | 1.50   | 铜    | 0.0014  |
| 磷    | 0.23   | 钼    | 0.00009 |
| 钾    | 1.4    | 锰    | 0.063   |
| 钙    | 1.8    | 氯    | 0.01    |
| 硫    | 0.34   | 铅    | 0.0002  |
| 镁    | 0.32   | 钛    | 0.0001  |
| 硅    | 0.022  | 镍    | 0.0002  |
| 钠    | 0.01   | 钴    | 0.002   |
| 铝    | 0.055  | 钒    | 0.00016 |
| 锶    | 0.0026 |      |         |

【必需营养元素】 经科学实验和生产实践证明：作物体中所含的数十种化学元素并不都是作物生活所必需的，有些元素可能是偶然被作物吸收的，甚至还在体内大量积累。因此，确定某种元素是不是作物生长所必需的，不是根据它们在作物体内的含量多少，而是看它们在作物生长过程中所起的作用来决定的。凡是某一元素缺少以后，作物不能正常生长发育，完成其整个生活周期的，并且表现出专一的、特殊的缺乏病症，这样的元素就是作物的必需营养元素。目前，确定为各种作物所必需的营养元素有：碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、硼、锰、铜、锌、钼、氯等 16 种。根据它们在植株内的含量，可分为大量元素（或称常量元素）和微量元素（又叫痕量元素）两类。凡含量约占干物重的千分之几到百分之几十的营养元素被定为大量元素，它们是碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫等 9 种；铁和硼、锰、铜、锌、钼、氯等一般被列为微量元素，

因为，它们在植株内的含量大致只有干物重的千分之几到十万分之几，甚至少到百万分之几以下。

随着研究的深入，人们还发现硅对水稻是必需的；钴是豆科作物与根瘤菌共生固氮时所必需的；钠对糖用甜菜、棉花、大麻、亚麻、芹菜的生长是有益的；有少量硒时，可促进紫云英及药材黄芪的生长，说明这些元素都能起营养作用，至于它们在作物体内所起的营养功能如何，尚待进一步研究。

【肥料三要素】从作物对营养元素的需要及其供应状况来看，碳、氢、氧主要来自水和空气，它们除了出现干旱和排水不良、土壤板结等情况外，一般作物是不会感到缺乏的。然而，作物对另外 13 种来自土壤的必需营养元素则不同，一般来说，在正常的土壤上，钙、镁、硫、铁以及微量元素都能满足作物生长的需要，唯有氮、磷、钾三种营养元素，由于作物需要量比较多，而土壤中可为作物吸收的有效含量却较少，容易出现供需之间的矛盾，这种矛盾影响着作物生长和产量、质量的提高。因此，往往需要通过施用含氮、磷、钾养分的有机肥料和化学肥料，来满足作物的需求，故它们有“肥料三要素”或“氮、磷、钾三要素”之称。

但是，必须指出：我们在生产中强调氮、磷、钾三要素，是针对作物需要量和土壤供应状况而言的，这并不意味着其它必需营养元素就不那么重要了，事实恰好相反，凡属作物所必需的营养元素，它们对作物所起的独特作用都是同等重要的，无论作物对这些元素的需要量多或少，在重要性上都是没有任何差别的，而且，彼此之间是不能互相代替的。例如，缺氮时，植株矮小，叶色黄绿，产量低，品质差，此时，若增施其它养分，是不能改变作物生长发育状况的，只有施用氮肥后才能减轻或消除缺素病症，显著提高产量。同样道理，若土壤缺

硼,常会出现“花而不实”的现象,会严重影响产量,虽然作物对它的需要量远比氮素要少,也只有及早施用硼肥来消除,不能用氮肥或其它化肥来代替。因此,在生产实践中,必须根据作物的营养需要和土壤中养分的供应状况,在满足作物对三要素的需要的同时,还必须“对症下药”,进行各种肥料的配合施用。

## (二)必需营养元素在作物生长发育中的作用

【碳、氢、氧的作用】 碳、氢、氧在作物体内的含量分别约占干物重的45%、6.5%和42%。碳主要来自二氧化碳;氢和氧主要来自水和空气。作物由叶和根吸收二氧化碳,并从土壤中吸收水分和养分,在日光能和叶绿素的参与下形成简单的糖类(如葡萄糖),这个过程叫做光合作用。通过光合作用形成的葡萄糖,进一步合成纤维素、淀粉、脂肪、蛋白质等一系列复杂的有机化合物,这些物质不仅是构成作物有机体的材料,而且是作物呼吸作用必须的基本原料,由呼吸作用产生的“能量”,可供作物合成物质和生长发育时使用。

空气中二氧化碳含量一般为0.05%。适当增加空气中的二氧化碳含量,能增强光合作用,提高作物产量,但空气和土壤中二氧化碳过多,也会抑制作物根系的呼吸作用和养分的吸收。因此,在作物生育期中,需采取中耕施肥、合理灌排等措施来调节土壤中空气、水分和二氧化碳的含量,以改善碳、氢、氧营养的供应状况。

【氮的作用】 构成作物植株的最小单位为细胞,细胞中充满着原生质。组成原生质的基本物质是蛋白质,作物体内合成蛋白质需要氮;作物进行光合作用靠叶绿素,叶绿素组成中含有氮;在作物体内进行着的各种复杂化合物转化过程都

需要有生物催化剂即酶的参加，酶的主要组成物质也含有氮。此外，氮还存在于维生素、核酸等对作物生长发育起重要作用的物质之中。作物中氮的含量约占干物重的0.3~5%。较多地分布于幼嫩部位和种子里。当作物缺氮时，植株生长瘦弱、矮小，叶色黄绿，严重时老叶渐次干枯，造成早衰，低产，品质差。所以，在缺氮土壤上，要获得良好产量，往往首先要施用氮肥，来促进作物茎叶生长和繁殖器官的发育，为增产创造条件。以利用茎叶为主的作物如蔬菜、桑、茶、麻等，供应充足的氮素营养，就尤为重要了。但是，禾谷类、棉花、油料、薯类等作物，如果氮素施用时期不合适或用量过多，容易引起作物植株疯长、倒伏，易遭病虫害，贪青迟熟，产量变低，品质变差等不良后果。如水稻籽实不饱满，瘪粒多，稻谷与稻草产量比值变小；棉花延迟成熟，大量落花落蕾；油菜结籽少，成熟迟；薯类结的薯块小，不甜又不耐贮存等等。这都是由于作物吸收过量氮素与体内大量的碳水化合物合成蛋白质，以致茎叶徒长，阻碍了营养物质向作物穗部、籽实、薯块等部位转运所造成的。

**【磷的作用】** 作物体内磷的含量，一般为其干物重的0.2~1.1%。它是组成作物细胞核与原生质以及其他重要化合物如酶类、磷脂、植素等的重要元素；参与碳水化合物、含氮物质和脂肪的合成、分解和运转等代谢过程。磷还是一种名叫三磷酸腺苷的物质的组成成分，这种化合物在作物体内“能量”的贮存和调节上，起着重要的作用。所以，磷在完成作物生长发育过程中是必不可少的养分。因此，供应充足的磷素营养，特别在苗期，有利于细胞形成与增殖和幼苗的生长发育，并能增强作物的抗逆性，促进早熟，提高产量和改善品质。例如，施用磷肥，常能使籽粒饱满，增加经济产量，也能使薯类

作物的薯块中淀粉含量、油料作物种子中含油量以及豆科作物种子中蛋白质含量提高。此外,栽种豆科绿肥时,施用适量的磷肥能大大提高绿肥鲜草产量,由根瘤菌固定空气中氮素的数量也增加,这就是通常说的“以磷增氮”,是增加有机肥料和土壤氮素的有效途径。当作物缺磷时,生长停滞,分蘖少或不分蘖,叶色暗绿无光泽,有时下部茎叶出现紫红色,根系不发达,延迟开花和成熟。但后期施用磷肥过多,作物呼吸作用过强,糖分大量消耗,造成谷类作物瘪粒增多;同时也容易引起锌、铁、镁等元素缺乏,影响作物的产量和品质。

**【钾的作用】** 作物体内的钾与氮、磷不同,它不直接组成到有机化合物中,而是以离子状态( $K^+$ )存在于体内。钾比较多地存在于作物茎叶里,尤其积集在幼芽、嫩叶、根尖等处。作物体内的含钾量,一般为其干物重的0.3~4.4%。钾能促进光合作用以及活化酶类的能力,有利于碳水化合物、脂肪和蛋白质的合成。所以生产实践中,增施钾肥,可以提高薯类、糖用、纤维、豆科和油料等作物产量和改善产品品质。钾素能使作物的纤维素增多,茎秆长得坚韧,增强了抗病虫,抗倒伏的能力。另外,钾可增加细胞中的含糖量,使抗寒力提高;也能增强细胞吸持水分的能力,有利于抗旱。作物缺钾时,植株生长不良,但症状的出现比氮、磷为迟。开始老叶尖端沿叶缘逐渐变黄,有时叶卷曲呈现皱纹状。严重时,从下部叶片渐次向上部叶片发展,叶面出现斑点状的坏死组织,最后干枯死亡,造成早衰;缺钾还易引起多种病害,如水稻的赤枯病,棉花的红叶茎枯病和黄麻的花叶病等。

**【钙、镁、硫的作用】** 作物体内钙、镁、硫的含量,一般为其干物重的0.1~2%。钙主要集中在茎叶和较老的组织中,是组成细胞壁的成分,缺钙时,细胞壁不能形成,影响细胞的

分裂、根系的生长和根毛的形成，从而，养分和水分的吸收受到了限制。因此作物缺钙，植株矮小，软弱无力，呈凋萎状。症状通常先在新叶、根尖等生长点上出现。花生结荚部位土壤缺钙时还会造成荚果发育不良而大大降低产量和品质。镁是叶绿素的组成成分。因此，缺镁会影响叶绿素的形成，造成作物叶色退淡，叶脉间失绿，并由下逐步向上发展，严重妨碍光合作用的进行和作物的生长发育。硫是组成蛋白质、氨基酸、维生素和酶的成分。硫还与叶绿素的形成有关，所以缺硫时植株呈现淡绿色，幼嫩叶片失绿发黄，开花和成熟期延迟，结实少。

【铁和微量元素的作用】 作物体内的含铁量，一般为其干物重的 0.3% 左右。铁是作物体内一些氧化酶的成分，也是固氮微生物(如根瘤菌)体内固氮酶的成分；铁虽然不是叶绿素的组成成分，但它对叶绿素的形成是必不可少的。因而，缺铁会影响作物的呼吸作用和光合作用，又会影响固氮微生物固定空气中氮素的能力。由于铁在作物体内较难移动，因此缺铁的失绿症状首先在幼嫩叶片上出现。

微量元素也各自有它独特的作用。硼参与促进分生组织的分化，开花器官的发育和种子的形成。作物缺硼时，根系不发达，生长点死亡，叶色暗绿，肥厚皱缩，开花不结实。在缺硼的土壤上，棉花、油菜施用硼肥能减少蕾铃脱落或增加结荚数。锌是碳酸酐酶的组成成分，能促进碳酸的分解，增强作物的光合作用。锌还能促进生长素的合成，加速作物的生长。缺锌时，水稻叶色灰绿或出现黄白色斑点，植株矮缩僵化；玉米早期出现白苗病，推迟抽雄吐丝期；果树枝叶簇生，叶片变小，故有“小叶病”之称。锰和铜都能促进作物体内的呼吸作用和氧化还原反应。锰参与作物的光合作用，而铜能增强叶绿素



的稳定性。因此,适量供应锰和铜,有利于作物光合作用的进行。缺锰时,也会出现缺绿症状,植株矮小。严重缺锰时,失绿部分呈现褐色斑点,并逐渐扩大成斑块或连成条状。严重缺铜时,禾谷类作物叶尖变白,结实差或不结实。钼既是作物体内硝酸还原酶的成分,又是固氮微生物体内固氮酶的组成成分,所以钼能促进氮素代谢和生物固氮作用。作物缺钼时,生长不良,幼叶黄绿,叶脉间缺绿,逐渐枯萎。豆科作物缺钼时,几乎不能形成根瘤,结荚少,千粒重低。研究表明,在作物的光合作用过程中,需要氯的参与才能完成,同时氯还可以促进作物成熟。由于我国有施用人粪尿等有机肥料的习惯,其中含有氯,某些化肥如氯化铵,氯化钾也含有氯,所以目前作物的缺氯症状,尚不多见。

综上所述,各种必需营养元素在作物体内都有着各自的生理作用,就其主要作用可概括为:

1. 构成作物活体的结构物质和生活物质。所谓结构物质就是构成作物活体的基本物质,如纤维素、半纤维素及果胶物质等。而生活物质则是指作物代谢过程中最为活跃的物质,如氨基酸、蛋白质、核酸、叶绿素及酶等。它们都是由碳、氢、氧、氮、硫、磷、钙、镁等元素组成的。

2. 在作物体内代谢过程中起催化作用。大多数微量元素及钾、钙、镁等,都具有加速作物体内代谢过程的作用。它们或是许多酶的组成成分或是酶的活化剂。

3. 具有调节细胞的透性,增强作物抗逆性(如抗旱、抗寒、抗病虫)等功能。这些元素大致有钾、钙、镁等。

同时也由于各种必需营养元素具有各自的特殊生理功能,因此,当缺乏其中的某一元素时,就必然会影响作物的生长发育,并且表现出特征性的缺素生理病症。为了便于识别,