



# 新型肥料 施用技术

主编 高贤彪 卢丽萍

山东科学技术出版社

# 新型肥料施用技术

主编 高贤彪 卢丽萍

山东科学技术出版社

## 新型肥料施用技术

主编 高贤彪 卢丽萍

\*

山东科学技术出版社出版发行

(济南市玉函路 邮政编码 250002)

威海日报印刷厂印刷

\*

787mm×1092mm 1/32 开本 9印张 187千字

1997年6月第1版 1997年6月第1次印刷

印数:1—10000

ISBN7—5331—1976—2

S·298 定价:10.00元

**主 编** 高贤彪 卢丽萍

**副主编** 张丽华 张 军

**编 者** (以姓氏笔画为序)

卢丽萍 史衍玺 巩庆平

张 军 张丽华 杨 果

李玉华 郑加贵 高贤彪

# 前 言

氮、磷、钾、硫、钙、镁、硼、锰、锌、铜、铁、钼等元素，是作物生长发育所必需的营养元素。随着农业发展、粮食产量的提高，作物从土壤中吸收的营养数量也日益增多，那么原来非限制因素的一些元素也逐渐在某些作物上表现出缺乏症状，成为作物再高产和产品质量再提高的限制因素。近年来作物需要以肥料补充的营养由氮、磷、钾发展到中、微量元素，也就是出现了各种各样的新型肥料。这些肥料的出现，也给农业生产带来了新的活力；同时，由于生产技术水平低，施用方法不合理，带来了资源的浪费和环境的污染。本书就是以介绍新型肥料、推广合理施肥技术为目的编写而成的。

全书共分九章。第一章阐明肥料在农业生产中的地位和目前肥料施用中存在的问题；第二章至第七章分别介绍了各种肥料的性质和施用技术；第八、九章介绍了肥料的检验和贮存。编写分工如下：第一章卢丽萍，第二章卢丽萍、杨果，第三章高贤彪、史衍玺，第四章高贤彪、巩庆平、张军，第五章高贤彪、张丽华，第六章张丽华，第七章卢丽萍、张丽华，第八章张丽华、郑加贵，第九章张丽华、李玉华。参加编写人员单位：高贤彪、卢丽萍、张军、杨果为山东省农科院土壤肥料研究所，张丽华为山东省农科院中心实验室，史衍玺为山东农业大学，巩庆平为山东省农业厅，郑加贵为莒县人民政府，李玉华为山东省吉地尔复合肥厂。

本书在编写过程中得到有关单位和领导的支持,也参考和引用了省内外一些科研单位和专家的试验数据和材料,在此一并致谢。由于编写水平有限,错误之处难免,敬请读者批评指正。

**编者**

1997年2月

# 目 录

第一章 概论.....	1
一、肥料的分类 .....	1
二、化学肥料的品质指标 .....	3
三、作物营养与施肥 .....	5
第二章 大量元素肥料 .....	13
一、氮肥.....	13
二、磷肥.....	22
三、钾肥.....	28
第三章 中量元素肥料 .....	32
一、钙肥.....	32
二、镁肥.....	39
三、硫肥.....	42
第四章 微量元素肥料 .....	47
一、概述.....	47
二、硼肥.....	53
三、锌肥.....	65
四、锰肥.....	74
五、铁肥.....	82
六、钼肥.....	89
七、铜肥.....	99
八、多元微肥 .....	104

九、稀土肥料 .....	106
第五章 复混肥料 .....	115
一、概述 .....	116
二、复合肥料 .....	127
三、混合肥料 .....	140
四、流体复合肥料 .....	145
五、专用复合肥料 .....	152
六、多功能复混肥料 .....	179
第六章 生物肥料 .....	188
一、概述 .....	188
二、根瘤菌肥料 .....	194
三、固氮菌肥料 .....	197
四、磷细菌肥料 .....	199
五、钾细菌肥料 .....	203
六、菌根真菌肥料 .....	211
七、固氮蓝藻肥料 .....	213
八、抗生素肥料 .....	214
九、复合生物肥料 .....	216
第七章 有机肥料 .....	219
一、有机肥料的特点 .....	219
二、腐植酸类有机肥 .....	221
三、有机复混肥料 .....	235
第八章 肥料检验 .....	238
一、肥料的样品采集 .....	238
二、化学肥料识别与定性鉴定 .....	242
第九章 肥料的混合、包装和贮运 .....	247



一、肥料混合 .....	247
二、肥料的包装 .....	250
三、肥料的贮运 .....	252
附录 .....	254
一、主要农作物每生产 100 千克经济产量吸收氮、磷、钾 的数量(千克) .....	254
二、主要农作物缺氮、磷、钾养分症状表 .....	256
三、几种蔬菜缺氮、磷、钾养分症状表 .....	258
四、几种果树缺硼、锌、锰症状表 .....	259
五、各种肥料三要素含量表 .....	260
六、主要肥料产品标准中技术指标 .....	266
七、主要肥料快速识别法 .....	274
八、肥料施用量换算表 .....	275
九、不同作物根外施化肥、农家肥的适宜浓度(%) .....	276
参考文献 .....	277

# 第一章 概 论

世界农业生产发展的实践证明,充分和合理使用化学肥料,是促进作物增产,提高作物品质,加速农业发展的一条行之有效的途径。

近年来,随着化学工业和农业生产的发展,新型肥料、新的施用方法不断涌现和更新换代,如何经济合理施用化肥,充分发挥化肥的最大经济效益,是当前农业生产上值得重视的大问题。

## 一、肥料的分类

肥料包括化学肥料和有机肥料两种。有机肥料是利用人畜粪尿、农作物秸秆、饼粕、草炭、城市垃圾、污水、污泥等有机肥源经过生物处理而制成的。

化学肥料种类较多。在分类上因需要不同,分类方法也不完全一样。

### 1. 按肥料对植物与土壤作用的特点分

直接肥料:即直接作为植物氮、磷、钾和其他营养元素来源的肥料,如氮肥、磷肥、钾肥和微量元素肥料等。

间接肥料:即首先可以改善土壤物理、化学和生物化学性质的肥料,如石灰、石膏、细菌肥料等。

### 2. 按肥效快慢分

速效化学肥料:凡易溶于水,施用后能很快被植物吸收利

用的肥料,如硫酸铵、氨水等。

缓效化学肥料:即施用后,要在适当条件下经过分解转化,才能被植物吸收利用的肥料,如石灰氮等。

迟效化学肥料:施用后必须经较长时间的转化,才能被植物吸收利用的肥料,如磷矿粉肥、骨粉等。其特点是肥效持久,不易流失,施后有较长的后效。

### 3. 按化学肥料水溶液的酸碱反应分

化学酸性肥料:水溶液呈弱酸性反应的肥料,如硫酸铵、过磷酸钙、重过磷酸钙等。

化学中性肥料:水溶液呈中性反应,如尿素、硫酸钾、氯化钾、硝酸钾等。

化学碱性肥料:水溶液呈碱性反应,如碳酸氢铵、氨水、石灰氮等。

### 4. 按化学肥料对土壤反应的性质分

生理酸性肥料:即肥料施入土壤后,溶解在土壤溶液中,并解离成阳离子和阴离子,通过作物选择性吸收,吸收阳离子多于阴离子,最后在土壤中残留较多的阴离子,并与 $H^+$ 结合,使土壤变酸。这种通过生物选择性吸收所产生的酸度称为“生理酸性”,具有这种性质的肥料称为“生理酸性肥料”。如硫酸铵、氯化铵等。

生理碱性肥料:即肥料施入土壤后,溶解在土壤溶液中,并解离成阳离子和阴离子,通过作物选择性吸收,吸收阴离子多于阳离子,如硝酸钠解离成 $Na^+$ 和 $NO_3^-$ , $NO_3^-$ 可被作物吸收利用,不能被土壤吸附,作物在吸收 $NO_3^-$ 的同时,由于离子交换排出 $HCO_3^-$ ,此 $HCO_3^-$ 和土壤中 $Na^+$ 化合,生成碳酸氢钠,碳酸氢钠进一步水解形成 $NaOH$ ,增加了土壤溶液中

$\text{OH}^-$  的浓度,因而使土壤反应变碱。这种肥料称为“生理碱性肥料”。

生理中性肥料:即肥料施入土壤后,溶解在土壤溶液中,并解离成阳离子和阴离子,两者都能被植物吸收利用,不残留其他副成分,对土壤反应无影响的肥料,如尿素、碳酸氢铵、硝酸铵、硝酸钾、磷酸铵等。

### 5. 按化学肥料所含养分的种类分

完全化学肥料:即化学肥料中含有氮、磷、钾三种营养元素的肥料,如“氮磷钾”复合肥。

不完全化学肥料:即化学肥料中只含有氮、磷、钾三种营养元素中的一种或两种元素的肥料,如硫酸铵、过磷酸钙、硝酸钾等。大部分化学肥料属此类。

### 6. 按肥料所含养分和物质分

可分为大量元素肥料、中量元素肥料、微量元素肥料、有机肥料、复混肥料、生物肥料等。

## 二、化学肥料的品质指标

化学肥料的品质指标,是判断肥料品质优劣的标志。一般常用以下几方面来判断。

### 1. 有效成分含量

凡三要素含量愈高(接近理论值)品质愈好。通常氮素化肥中以含氮(N)量计算,氨水则以含氨( $\text{NH}_3$ )量计算,磷肥以含五氧化二磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )计算,钾肥以含氧化钾( $\text{K}_2\text{O}$ )计算,均以百分数来表示。这种有效成分的含量必须以化学分析的方法才能测定。这种有效成分含量的多少也是化学商品肥料确定价格的主要依据。

## 2. 外形

品质好的化学肥料,如氮肥多为白色或浅色、松散、整齐的结晶或细粉末状,不结块。其颗粒大小因品种性质而异,一般多将难溶于水的肥料如磷矿粉肥等制成粉末,则应愈细愈好,施用后便于转化;易溶于水的化肥最好制成颗粒,颗粒大可以减少化肥与空气的接触面,增大颗粒间隙,降低吸湿性和结块性,便于保管和施用。

## 3. 游离酸

即生产硫酸铵、过磷酸钙等化肥时所加入的硫酸,在生产过程中没有完全发生反应,因而产品中残留着少量的酸。这种游离酸的存在,能增加化肥的吸湿性,而发生潮解或结块,腐蚀包装,造成运输、保管和施用上的困难。此外,游离酸多,施用后也会增加土壤酸性,妨碍有益微生物活动以及影响种子发芽和伤害作物的幼根、幼芽。因此,游离酸含量应尽可能减少到最低限度。

## 4. 水分

化学肥料含水分愈少愈好。含水分高的产品,物理性能不好,易结块,对贮运、施用均不便,过量的水分不仅降低产品的有效成分,同时还会使肥料水解,损失养分。如湿碳铵含水量为5%,干碳铵含水量为0.5%,两者在同样温度条件下,湿碳铵的养分损失比干碳铵大得多。

## 5. 杂质

化学肥料中除含水分、游离酸外,通常还含有其他杂质。如硫酸铵、石灰氮、尿素等化肥中存在着少量的氰化物、硫化物、缩二脲。这些杂质的存在,不仅降低有效成分,而且施用后易造成植物毒害。因此,杂质必须严格控制。

### 三、作物营养与施肥

作物从种子发芽到开花结实的整个生长发育周期中,除了要求一定的光照、水分、空气和热量等条件外,还必须从土壤中吸收各种营养物质。不同作物或同一作物在不同生长发育阶段,所需要的养分种类、数量及比例都是不相同的。施肥就是为了最大限度地满足作物对养分的要求,如果施肥不当,某种营养元素供应不足或过多,各种养分之间的比例失调,就会影响作物的正常生长发育。要满足作物对各种营养元素的要求,首先就必须了解作物的营养特性及外界环境条件,加以综合考虑,合理地施用化学肥料,以调节作物营养,提高土壤肥力,达到高产、稳产的目的。

#### 1. 作物必需的营养元素

经过许多科学家的实践确定,碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、硼、锰、铜、锌、钼和氯等 16 种元素是高等植物生长发育所必需的营养元素,若植物缺少这 16 种元素中的任何一种,植物就不能正常生长,甚至不能完成其生命周期。所以,人们称它们为植物的必需营养元素。

植物体的化学组成很复杂,它不仅含有 16 种必需营养元素,而且还含有几十种其他的化学元素。由于这些元素不是所有植物生长发育所必需,所以称它们为非必需营养元素。但是应该指出,在非必需营养元素中有一些元素,对植物有刺激生长的作用,或是为某些植物类群所必需,目前称这些元素为有益元素。

必需营养元素与非必需营养元素的主要区别在于,前者为所有高等植物生命活动所必需,其营养功能不能被其他化

学元素所代替；而非必需营养元素则往往并非植物主动吸入植物体，它是由于受植物所处环境条件的影响，或是某些特殊原因，被动进入植物体内的。按 16 种必需营养元素在植物体内的含量可划分为大量营养元素、中量营养元素和微量营养元素三类。

植物必需营养元素的来源渠道很广。碳主要来自空气中的二氧化碳，氢来自水和空气，氧气来自二氧化碳和空气，而其他营养元素则主要来自土壤，只有豆科作物能从空气中获得一部分氮素。土壤既是陆生植物扎根的场所，也是矿质养分的供给者，它担负着提供各种养分的双重任务。就植物所需的各种矿质养分来说，氮、磷、钾对提高作物产量有重要作用。因为土壤中有效态氮、磷、钾的数量往往不能满足作物的需要，必须通过施用相应的肥料才能大幅度提高产量。因此，氮、磷、钾素有“肥料三要素”之称。

## 2. 各种必需营养元素的主要营养作用

16 种营养元素的营养作用各有特点，但按其生理功能和代谢作用，可分成作用相似、性质相近的几组。

(1) 碳、氢、氧：碳、氢、氧三元素是植物有机体的主要组成成分。三者的总量占植物干重的 95%，这足以说明它们是植物体的基础。碳、氢、氧三者以不同的方式组合起来可形成多种多样的碳水化合物，如纤维素、半纤维素和果胶质等，它们是细胞壁的组成物质，而细胞壁是支撑植物体的骨架。碳、氢、氧也可构成植物体内多种生物活性物质，如某些维生素和植物激素等，它们直接参与体内代谢活动，也都是植物体正常生长所必需。此外，它们可构成糖、脂肪、酚类等化合物，其中以糖最为重要。糖类是合成植物体内许多重要化合物的基本原

料,如蛋白质和核酸等。碳水化合物在代谢过程中还可释放出能量,供植物利用。这也是不可忽视的重要功能之一。

从植物代谢角度来看,这三种元素各自都有许多特殊的作用。例如, $\text{CO}_2$ 是光合作用的原料,绿色植物必不可少。 $\text{O}_2$ 为植物有氧呼吸所必需。

(2)氮、磷、硫:单纯由碳、氢、氧三元素组成的各种化合物,在植物体中虽很重要,但不能构成有关生命的物质,在与植物体生命有关的物质中,最主要的是含有氮、磷、硫的蛋白质和核酸。它们的生理功能与营养作用将在第二章和第三章中叙述。

(3)钾、钙、镁:在9个大量和中量营养元素中,钾、钙、镁是金属元素。在植物体中,它们的含量虽然远远少于碳、氢、氧,甚至比氮素还要少,但它们对植物生长发育所起的作用是不可低估的。它们以离子的形态被植物吸收。这三种离子常作为酶的活化剂,使酶蛋白处于最佳状态,以提高酶的活性。它们都有各自特殊的作用,将分别在第二章和第三章中叙述。

(4)微量营养元素:虽然植物对微量元素的需要量很少,但它们在植物营养上的作用,与大量营养元素相比却毫不逊色。缺少任何一种微量元素都有可能对农作物产生不利的影晌,主要功能将分别在第四章中叙述。

### 3. 营养元素功能的专一性和综合作用

各种必需营养元素在植物体内均有其特殊作用。每一种必需营养元素的特殊作用是其他任何一种营养元素所不能代替的。无论其含量多少,它们对植物生长发育的重要程度没有差别,而且它们所起的作用,在元素之间是不能相互代替的,这就是必需营养元素的同等重要和不可代替律。必需营养元



素的专一性还体现在当缺少任何一种必需营养元素时,植物即产生独特的缺素症,唯有补充该元素后才能使缺素症状消失或减缓;若长期得不到该元素的补充,植物最终将死亡。此外,各营养元素之间存在着相互作用的效应。往往在不增加施肥量的条件下,只要配合适当,就会有明显的效果。当缺乏某一必需营养元素时,增加另一化学性质相似的元素能表现出良好的反应,这似乎为元素之间可相互代替提供了依据。但是必须指出,这种代替只是在次要功能上,或是部分的、暂时的代替,而不能完全的代替,这只能看作是同等重要和不可代替律的补充。必需营养元素在植物体内所具有的某些特殊生理作用最终是绝对不可能被代替的。

在强调各种必需营养元素具有独特专一作用的同时,并不排斥各种营养元素在植物体内综合作用。事实上,多种营养元素是在相互配合条件下发挥作用的。某些营养元素彼此之间常保持着紧密的关系,相互配合,相互协调,共同发挥其特殊的专一作用。例如,碳、氢、氧只有相互在一起才能组成多种多样的碳水化合物,而且它们必须与氮、磷、硫结合,才能构成有生命的蛋白质、核酸等物质,这体现了营养元素的综合作用。

#### 4. 作物的营养特性和施肥

作物的生育期长短不一,所需营养的时期也有差别,因此,肥料在不同时期施用,其效果也不相同。

(1)作物的营养期:植物从种子萌发,经营养生长、生殖生长到形成种子的整个生活周期内,要经历不同的生育阶段。在这些生育阶段中,除前期种子营养阶段和后期根部停止吸收养分阶段外,在其他的各生育阶段中都要通过根系从土壤中