

化肥

应用手册



王涌清 刘秀奇 编
中国农业科技出版社

化肥应用手册

王涌清 刘秀奇 编著

中国农业科技出版社

(京) 新登字061号

内 容 提 要

本书从认识各种化学肥料的特性及其在土壤中的变化入手,系统地阐述化肥的施用技术和贮存、运输方法,文字通俗易懂,技术具体实用。具有科学性、新颖性和实践性强等特点,适合基层农业技术推广人员、具有初中以上文化水平的农民以及广大农村自学青年阅读参考。

化肥应用手册

王涌清 刘秀奇 编著

责任编辑 李祥洲

技术设计 刘淑民

中国农业科技出版社出版(北京海淀区白石桥路30号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

三河市印刷二分厂印刷

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 4.125 字数: 91千字

1993年6月第一版 1993年6月第一次印刷

印数: 1—4000册 定价: 2.20元

ISBN 7-80026-384-3/S-293

前 言

施用化肥是现代化农业的重要组成部分。在发展中国家中，绿色革命即意味着矮秆高产品种与化肥和农药的使用。在今天人口不断增加和人民生活日益提高的情况下，仅依靠土壤本身的生产力已很难满足人们对农产品数量和质量的需求。事实证明，增加肥料的投入，通过施肥来提高土壤生产力，利用肥料的增产量来解决这一矛盾，这是现代农业经常采用的必不可少的手段。另外，我们每年都从田地里收获农产品，随之从土壤中带走了不少养分，使土壤养分含量日益减少，只有通过施肥才能维持土壤的基本生产力。

我国是一个有着11亿多人口的大国，以占世界7%的耕地解决了占世界22%的人口的吃饭问题，这不能不说是一个奇迹。在诸多增产因素中，增施化肥功不可没。据专家们估计，化肥的增产作用约占30~60%。另据《中国农业年鉴》1990年的统计，我国化肥总施用量按有效成分计，1952年为7.8万吨，1989年为2357万吨，1989年的化肥施用总量比1952年增长了301倍。同期的粮食总产也在同步增长，1952年的粮食总产为16394.5万吨，1989年为41442万吨，37年间粮食总产增长了1.53倍。可以肯定，今后我国农业生产的持续发展在一定程度上仍将依赖化肥的投入。

但是，目前我国在化肥的销售使用上还存在一些问题。例如，化肥分配上存在地区间的不均衡，高产地区拥有的化

肥数量多，施肥的效果和经济效益较低，而化肥增产潜力大的中低产地区则感化肥不足；化肥利用率仍很低，亟需进一步提高施肥技术；贮存、运输不当造成浪费或损失，等等。作者为适应这一需要编写了这本小册子。本书试图从认识各种化学肥料的特性及其在土壤中的变化入手，进一步阐述化肥的施用技术和贮存、运输方法，文字通俗易懂，技术具体，适于基层农业技术推广人员和具有初中以上文化水平的农民阅读参考。

由于作者水平所限，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1993.2.

目 录

一、化学肥料与农业生产	(1)
1. 植物生长需要哪些营养元素?	(1)
2. 植物必需的营养元素从哪里来?	(2)
3. 氮的生理功能与缺氮症状	(3)
4. 磷的生理功能与缺磷症状	(4)
5. 钾的生理功能与缺钾症状	(6)
6. 钙、镁、硫的生理功能与缺素症状	(7)
7. 微量元素的生理功能与缺素症状	(8)
8. 化学肥料的巨大增产潜力	(9)
二、作物营养的阶段性和施肥原理	(12)
1. 作物营养的阶段性	(12)
2. 作物营养的临界期	(12)
3. 作物营养的最大效率期	(13)
4. 最小养分率	(14)
5. 养分归还学说	(15)
6. 报酬递减率	(16)
三、化学肥料的分类、性质、质量指标和发展趋势	(18)
1. 化学肥料的分类	(18)
2. 化学肥料的物理化学性质	(19)
3. 肥料商品的质量指标	(21)

4. 化肥产量和库存量表示法	(22)
5. 肥料商品生产、使用动态	(23)
四、氮素化学肥料	(25)
(一) 氮素化学肥料的种类	(26)
(二) 碳酸氢铵	(26)
1. 碳酸氢铵的性质	(26)
2. 水田中碳酸氢铵的施用方法	(27)
3. 碳酸氢铵在旱作上的施用方法	(28)
4. 碳酸氢铵的包装、运输和贮存	(29)
(三) 氨水	(30)
1. 氨水的性质	(30)
2. 氨水的施用技术	(31)
3. 氨水的包装、运输和贮存	(32)
(四) 硫酸铵	(34)
1. 硫铵的性质	(34)
2. 硫铵的施用方法	(35)
(五) 氯化铵	(37)
1. 氯化铵的性质	(37)
2. 氯化铵的施用方法	(38)
(六) 硝酸铵	(39)
1. 硝酸铵的性质	(39)
2. 硝酸铵的施用方法	(40)
3. 硝酸铵的包装、运输和贮存	(41)
(七) 尿素	(42)
1. 尿素的性质	(42)
2. 尿素的施用方法	(44)

(八) 其他氮素化肥	(45)
1. 液氮的特性与施用	(45)
2. 石灰氮的特性与施用	(46)
3. 硝酸钠和硝酸钙的特性与施用	(47)
五、磷素化学肥料	(49)
1. 磷素化学肥料的分类	(49)
2. 过磷酸钙的特性与施用	(49)
3. 重过磷酸钙的特性与施用	(51)
4. 钙镁磷肥的特性与施用	(52)
5. 钢渣磷肥的特性与施用	(54)
6. 脱氟磷肥的特性与施用	(55)
7. 磷矿粉和鸟粪磷肥的成分、性质和施用	(55)
六、钾素化学肥料	(58)
1. 钾肥的种类与肥效	(58)
2. 硫酸钾的特性与施用	(59)
3. 氯化钾的特性与施用	(60)
4. 窑灰钾肥的特性与施用	(61)
七、硫肥和钙镁肥	(63)
1. 硫素营养和硫肥	(63)
2. 钙素营养和钙肥	(64)
3. 镁素营养和镁肥	(67)
八、微量元素肥料	(69)
1. 微量元素丰缺标准与作物反应	(69)
2. 硼肥的肥效与施用	(70)
3. 锌肥的肥效与施用	(73)
4. 锰肥的肥效与施用	(75)

5. 铜肥的肥效与施用	(77)
6. 钼肥的肥效与施用	(79)
7. 铁肥的肥效与施用	(81)
九、复(混)合化学肥料	(84)
1. 复合肥料的一般概念	(84)
2. 复合肥料有效成分和含量的指标	(86)
3. 二元复合肥料的种类、性质和施用	(87)
4. 三元复合肥料的种类、性质与施用	(89)
5. 复混肥料质量标准	(91)
十、肥料的混合	(93)
1. 肥料混合的原则	(93)
2. 化学肥料之间的混合	(93)
3. 矿质肥料与有机肥料的混合	(96)
4. 肥料混合的用量计算	(97)
5. 肥料与农药混合	(98)
十一、固体化学肥料的包装、运输和贮存	(102)
1. 固体化学肥料的一般特性	(102)
2. 固体化学肥料的包装	(103)
3. 化学肥料的合理运输和安全运输	(104)
4. 固体化学肥料的贮存	(105)
主要参考文献	(109)
附录 I 农用化学肥料的产品标准	(110)
附录 II 中华人民共和国国家标准 固体化学肥料包装 (选录)	(119)
附录 III 常用化肥定性鉴别方法	(121)
附录 IV 作物营养元素缺乏症检索简表	(122)

一、化学肥料与农业生产

1. 植物生长需要哪些营养元素？

“种瓜得瓜，种豆得豆”。农民把种子播种在土壤里，随之生根发芽，长出茂盛的茎叶，开花并结出丰硕的果实。在这一农业生产中，为人们提供了必不可少的农产品，如粮食、纤维、水果、蔬菜等等。那么，植物需要什么才能维持其生长？

要弄清楚这个问题，首先必须知道植物体是由哪些物质组成的。无数分析测定结果告诉我们，新鲜植株中一般含有75~95%的水分和5~25%的干物质。在干物质中，碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)四种主要元素占95%以上，它们在燃烧过程中，成为气体挥发掉，余下的残渣称为灰分元素，占植株干重的5%。植物体内的灰分元素，成分相当复杂，有几十种之多，但并非都是植物生长所必需的。植物生长必需的营养元素，不是根据含量多少，而是以其所起的生理作用决定的。必需营养元素必须是：（1）缺乏该种元素时，植物就不能正常生长发育；（2）缺少该种元素时表现出的缺素症状，只有补充该种元素后才能予以消除；（3）该元素的营养作用是直接的，而不是由于它促进和改善了其他方面，提高了其他元素的营养作用而产生的间接效果。

根据上述标准来判断，目前，已查明植物生长必需的营养

养元素有磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、硼(B)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、钼(Mo)、氯(Cl),加上前面谈到的四种主要元素,共有16种。根据植物体内含有这些营养元素的数量多少,可分为大量元素和微量元素。一般把占植物体干重千分之几以上的营养元素叫大量元素,有碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫9种;含万分之几以下的叫微量元素,有铁、硼、锰、铜、锌、钼、氯7种。尽管在植物体内,这些元素的含量有多少之分,但它们对植物生长发育所起的作用是同等重要,彼此不可替代的。

2. 植物必需的营养元素从哪里来?

植物必需的16种营养元素中,碳、氢、氧来源于空气和水,植物比较容易获得;其余13种元素则依赖于土壤供给,从这一意义上来说,土壤提供养分的能力在很大程度上代表土壤的生产力。土壤提供养分的能力与土壤类型和土壤肥力密切相关。肥力高的土壤提供养分的能力就强,肥力低的土壤提供的养分就少,存在障碍因子的土壤,如盐渍土、碱化土、风沙土等,提供养分的能力也相应下降。

如果我们把土壤本身提供养分的能力看作土壤的基础肥力,那么,在这种肥力基础上生产的农产品数量就是基础产量。基础产量是有限的,在今天人口不断增加和人民生活日益提高的情况下,很难满足人们对农产品数量和质量上的需求。事实证明,增加肥料的投入,通过施肥补充土壤养分,利用肥料的增产量来解决这一矛盾,这是现代农业经常采用的必不可少的手段。另外,我们每年都从田地里收获农产

品，随之从土壤中带走了不少养分，使土壤肥力逐年下降，只有通过施肥才能维持土壤的基本生产力。因此，施肥是农作物获取必需营养元素的重要补充来源。

通过施肥补充的营养元素中，氮、磷、钾三元素作物需要量最大，而土壤中可供给的数量却较少，一般必须季季或年年施用肥料，才能满足作物的需要。因此，人们常称氮、磷、钾为“肥料三要素”。作物需要微量元素的量虽不大，然而，当土壤缺乏这些营养元素之一时，作物往往表现出明显的缺素症。如油菜缺硼引起的花而不实症；玉米缺锌产生的白苗病，等等，缺素严重时可招致大幅度减产。在某些土壤中，钙、镁、硫三种大量元素有时也会供应不足。因此，在生产实践中，必须根据作物营养需要和土壤供肥特点综合考虑，在注意施用“三要素”肥料的同时，有针对性地配合施用其他营养元素，以保证作物正常的生长发育，获取满意的收成。

3. 氮的生理功能与缺氮症状

氮素的生理功能及其在作物营养中的作用可以概括为三个方面。

(1) 氮是蛋白质和核酸的重要组成成分 作物体内的蛋白质，一般含有16~18%的氮，可见氮是蛋白质的主要成分。蛋白质是构成原生质的基本物质，而原生质是作物体内一切生命活动的中心。从植株外部形态来看，氮素能显著加速茎叶等营养器官的生长。氮也是核酸的组成成分，核酸广泛存在于作物体内的活细胞中，尤以分生组织含量最高。蛋白质和核酸都是作物生长发育和生命活动的基础，核酸还是

遗传信息的传递者。因此，可以毫不夸张地说，没有氮，就没有蛋白质，也就没有生命。

(2) 氮是叶绿素的组成成分 在作物叶片中，叶绿体占其干重的20~30%，而蛋白质占叶绿体干重的45~60%。氮能促进叶绿素的形成，而叶绿素是作物进行光合作用的场所，是制造干物质的工厂，对作物生长发育和产量的形成均起着举足轻重的作用。

(3) 氮素是酶的组成成分 酶的主要成分是蛋白质，作物体内的代谢过程，都必须在相应的酶参与下才能进行。

总之，氮素对作物的生命活动乃至产量和品质都有极其重要的作用，在生产实践中，合理施用氮肥是非常重要的。

氮素供应充足时，作物就会生长得花繁叶茂，籽粒重，产量高。作物缺氮时，主要表现生长受阻，植株矮小，叶片细狭，叶色变淡呈黄绿色。症状先从下部叶片开始，逐渐向上部叶片发展，在作物生长后期，叶子枯黄现象特别明显，出现早衰现象。缺氮使作物营养生长不良，可使蔬菜、桑、茶、麻等利用茎叶为主的作物的产量和品质受到严重影响，对于谷类作物则因分蘖减少，过早成熟，穗小粒轻而减产。但是，氮素过多时，作物营养生长过旺，茎秆柔软、徒长，常引起倒伏、蕾铃脱落、成熟延迟等不良后果，同样会降低作物的产量和品质。

4. 磷的生理功能与缺磷症状

作物体内的全磷(P_2O_5)含量，约相当于其干重的0.2~1.1%。作物体内的许多重要有机物质，如核酸、核蛋白、植素、磷脂、磷酸腺苷和许多酶中，都含有磷。

核酸与核蛋白是细胞核和原生质的组成成分，在作物的生命过程与遗传变异中起重要的作用。没有磷的供应，就不能形成核酸和核蛋白，细胞的分裂和增殖受到抑制，新细胞和新器官不能形成，作物的生长发育就不能继续进行。

植素是磷的一种贮藏形态，作物开花后，在繁殖器官中迅速积累，最后大量贮存于种子中。种子萌发时，在酶作用下，磷酸变为游离形态，供作物幼苗利用。植素的存在，无机酸便相应减少，有利于淀粉的生物合成和积累，可使作物籽粒饱满，提高块根、块茎的淀粉含量，提高水果和糖料作物的含糖量。

磷脂是类似脂肪的物质，既有疏水性又有亲水性，能增强细胞的渗透压，有利于脂肪的代谢和转化。磷酸腺苷是作物新陈代谢中能量转换的中转站，对能量的贮存和供应起着非常重要的作用。磷还存在于许多酶中，是作物进行呼吸作用、光合作用、氮代谢等生化过程的催化剂。综上所述，磷与糖类代谢、氮代谢、脂肪代谢都有着密切的关系。此外，磷还能增强作物的抗旱能力和抗寒性。

作物缺磷时，主要表现植株生长缓慢、矮小，叶色浓绿或呈紫红色，如玉米、番茄和油菜等茎叶，在严重缺磷时，可明显地呈现出紫红色的条纹或斑点。但是，缺磷的外部症状不象缺氮那样明显，除少数对磷敏感的作物（如油菜、玉米、番茄等）外，多数作物很难在早期从外貌上进行诊断。当发现作物在外形上呈现缺磷症状时，已为时过晚，即使施用磷肥也难以补救。因此，应重视土壤测试诊断，对于缺磷土壤应在播种前施足磷肥。

5. 钾的生理功能与缺钾症状

分析资料表明，马铃薯、糖用甜菜、烟草等喜钾作物和作物茎秆中含钾量都较高，其含量接近或超过含氮量。

钾是作物体内多种酶的活化剂，其中许多酶与氮、碳代谢有关。钾能促进光合作用的进行，对碳水化合物的合成、代谢和运转都起着重要作用。薯类、纤维类、糖料、烟草等以获取碳水化合物为主的作物，施用钾肥不仅可以增加产量，而且可以提高品质。钾还能促进油脂的形成，花生、大豆、油菜等油料作物施用钾肥，可以提高含油量。钾还可提高蛋白质的含量，对改善产品品质具有独特的作用。

钾可以增强作物的抗逆性能。由于钾离子能调节原生质的胶体特性，使胶体保持一定的分散度、水化度、粘滞性和透性，所以施用钾肥能增强作物的抗旱力。由于钾能增加作物体内糖的储备，提高细胞渗透压，从而能提高作物的抗寒力。钾供应充足时，能使作物茎叶纤维素含量增加，促进维管束发育，厚角组织细胞加厚，植株生长健壮，茎秆强度增大，增强了抗倒伏的能力。

作物缺钾时的症状主要表现在叶部，一般在生长中、后期才表现出来。作物缺钾时，老叶的尖端或边缘呈红褐色或黄色，叶面形成白色斑点，叶片干枯而脱落，并逐渐向上部叶片扩展，如新叶也出现缺钾症状，则表明缺钾已十分严重。不同作物缺钾外观症状不尽相同。水稻缺钾时，易发生胡麻叶斑病，新叶不易抽出。玉米缺钾时，植株矮小，节间变短，老叶叶尖和边缘逐渐变褐，焦枯至整个叶片枯死。小麦缺钾，初期全部叶片呈绿色，叶质柔弱、卷曲，以后老叶尖端及边缘发黄，逐渐成棕色而枯死。

6. 钙、镁、硫的生理功能与缺素症状

(1) 钙 钙以果胶酸钙的形态存在于作物体内，是细胞壁中胶层的组成成分。钙是某些酶促作用的辅助因素，对氮和碳水化合物的代谢有一定的影响。钙还能中和作物代谢过程中所形成的有机酸，与钾离子配合，能调节原生质的正常代谢。钙离子与某些离子（如铵、钙、氢、铝、钠等离子）产生拮抗作用，可以消除这些离子过多的毒害作用。

钙主要集中在茎叶或较老的组织中，缺钙症状首先在根尖、顶芽等部位发生。作物缺钙时，生长停止，植株矮小，未老先衰，幼叶卷曲而脆弱，叶缘发黄，根短小，常出现不结实或结实不良。

(2) 镁 镁是叶绿素和植素的组成成分，对光合作用产生重要影响。镁离子是许多酶的活化剂，能促进作物体内糖类的代谢及其他代谢过程。镁能促进作物体蛋白质的合成，还能促进维生素 A 和 C 的形成，可以提高水果和蔬菜的品质。

作物体内含镁量一般在 0.1~0.6% 之间。由于镁在作物体内较易移动，所以缺镁症状首先表现在下部老叶上，先出现叶脉间缺绿，严重时，整个叶片变黄或发亮，最后叶肉组织变为褐色而坏死，开花受抑制，果实产量降低。

(3) 硫 作物体内几乎所有的蛋白质都含硫，蛋白质中一般含硫量为 0.3~2.2%，有的高达 7.2%。大部分硫以硫氢基 (-SH) 或联硫基 (-S-S) 与许多有机物结合，如许多酶即含有 -SH 基，这些含硫有机化合物参与作物体内的氧化还原过程，以及呼吸作用、脂肪代谢、氮代谢和淀粉的合成。硫还能促进叶绿素和豆科作物根瘤的形成。

作物缺硫，植株顶端及幼芽受害最早，幼芽先变黄色，根细长而不分枝，开花结实时间延长，果实减少。水稻缺硫，移栽后长期发黄新根少，生长不良，引起“发僵”。

7. 微量元素的生理功能与缺素症状

作物需要的微量元素数量虽然很少，但它们对作物的营养作用和生理功能都是同等重要，非大量元素所能代替的。

(1) 硼 硼不是作物体内的结构成分，但它对作物的某些生理过程有着特殊的影响。硼对作物体内碳水化合物的运转、生殖器官的建成起重要作用，对光合作用也有影响。缺硼时，作物根系不发达，生长点死亡，花器发育不健全，受精作用受阻，籽粒不能形成，如甘蓝型油菜“花而不实”、棉花“蕾而不花”、春小麦“穗而不实”皆系缺硼所致。硼对豆科作物根瘤的形成和固氮能力也有良好的作用。

(2) 锰 锰能促进作物体光合作用和氧化还原过程的进行，能活化作物体内许多酶系统。锰在促进水稻、玉米、油菜等种子萌发及幼苗生长方面作用明显，它能加速花粉萌发和花粉管伸长，提高结实率。作物缺锰时，幼叶叶脉间失绿，失绿部分发生焦灼状斑点。

(3) 锌 锌在作物体内主要参与生长素的合成和某些酶系统的活动。锌能促进蛋白质的合成。缺锌时作物会出现生理病害。水稻缺锌，出叶速度慢，植株萎缩，发生“萎缩病”；玉米缺锌，叶片退绿呈黄白色，发生“白苗病”，果穗缺粒秃顶；果树缺锌，叶片小而聚生，形成簇叶，称为“小叶病”。

(4) 铜 铜是作物体内多种氧化酶的组成成分，对氧