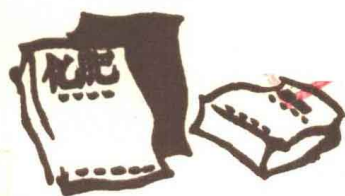


中国农民教育丛书

# 肥料高效施用技术

zhongguo nongmin jiaoyu congshu  
FEILIAO GAOXIAO SHIYONG  
JISHU



山东科学技术出版社

中国农民教育丛书  
ZHONGGUO NONGMIN  
JIAOYU CONGSHU

中国农民教育丛书

# 肥料高效施用技术

严鸿翔 刘绪超 编

山东科学技术出版社

中国农民教育丛书  
**肥料高效施用技术**

严鸿翔 刘绪超 编

\*

山东科学技术出版社出版  
(济南市玉函路 邮政编码 250002)

山东省新华书店发行  
山东新华印刷厂潍坊厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 5.5印张 114千字  
1990年9月第1版 1990年9月第1次印刷  
印数：1—45800

ISBN 7—5331—0775—6/S·124

定价：2.20元

## 《中国农民教育丛书》编审委员会

**主任** 于树立 王为珍  
**副主任** 曲明礼 王法延 毛有高 刘韶明  
**委员** (以姓氏笔画为序)  
于树立 王为珍 王法延 王彦群  
王家瑞 毛有高 卢炳群 曲明礼  
刘韶明 孙喜来 李希华 张仲诚  
张居惠 苏金卿 陈宪洲 陈建穆  
周志远 郑传春 段建志 刘新华  
贾 铎 崔学寅 潘秉水  
**主编** 张仲诚 毛有高 贾 铎  
**责任编辑** 李素国

## 出版说明

党的十三大进一步强调,要“使经济建设转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来”。为了全面地向广大农民进行政治思想、生产技术以及有关生活知识等方面的教育,我们组织农业教育、科技工作者编写了一套《中国农民教育丛书》。这套丛书可作为系列教材供乡镇和村办农民文化技术学校使用,也可用作农村初中后“3+1”教育,以及农村青壮年的自学读本。

本丛书选择适用面广的课题,一事一册,分册编写。内容坚持面向农村实际,注重科学、先进、通俗、实用,理论与实践相结合,着重联系农村生产、生活和思想实际,从多方面帮助读者提高政治思想及科学文化素质,适应农业现代化发展的需要。用作教材时,每册一般可供教学30~60课时,便于教学者根据当地实际需要选用或组合使用。生产技术部分,每册安排有复习题或实验实习指导,教学中可进一步与当地生产相结合,努力保证学得会,用得上。

本丛书由编审委员会决定编写原则,由主编负责总体设计和各册内容、文字的审定等工作。山东省各地市教育局(教委)从事成人教育工作的同志协助做了大量工作,潍坊市职业教育教研室承担了编写中的许多组织、协调工作;本丛书还吸收了各地教育、科技工作者的宝贵意见和研究成果,在此一并表示致谢。

1989年7月

# 目 录

<b>第一章 作物营养与施肥</b> .....	(1)
第一节 作物必需的营养元素 .....	(1)
第二节 作物对养分的吸收 .....	(5)
第三节 作物吸收养分的主要特点 .....	(10)
第四节 作物营养的基本原理 .....	(13)
第五节 合理施肥的原则与依据 .....	(16)
<b>第二章 农家肥</b> .....	(25)
第一节 农家肥在农业生产上的作用 .....	(25)
第二节 人粪尿 .....	(27)
第三节 畜禽粪尿 .....	(32)
第四节 堆肥 .....	(38)
第五节 秸秆直接还田 .....	(43)
第六节 土杂肥 .....	(47)
第七节 饼肥 .....	(51)
<b>第三章 绿肥</b> .....	(53)
第一节 绿肥在农业生产上的作用 .....	(53)
第二节 冬季绿肥 .....	(55)
第三节 夏季绿肥 .....	(61)
第四节 多年生绿肥 .....	(64)
第五节 野生绿肥 .....	(67)
<b>第四章 化学肥料</b> .....	(69)
第一节 氮素化肥 .....	(69)
第二节 磷素化肥 .....	(78)

第三节	钾素化肥	.....	(84)
第四节	复合肥	.....	(87)
<b>第五章</b>	<b>微量元素肥料及稀土</b>	.....	(91)
第一节	微量元素肥料	.....	(91)
第二节	稀土	.....	(98)
<b>第六章</b>	<b>配方施肥技术</b>	.....	(102)
第一节	配方施肥的目的、意义和内容	.....	(102)
第二节	配方施肥的基本技术	.....	(104)
第三节	配方施肥中化肥的合理施用	.....	(118)
<b>第七章</b>	<b>主要作物施肥</b>	.....	(134)
第一节	小麦施肥	.....	(134)
第二节	玉米施肥	.....	(138)
第三节	水稻施肥	.....	(141)
第四节	甘薯施肥	.....	(145)
第五节	大豆施肥	.....	(148)
第六节	棉花施肥	.....	(151)
第七节	花生施肥	.....	(154)
<b>附录</b>		.....	(158)
一、	主要农作物缺氮、磷、钾养分症状表	.....	(158)
二、	几种蔬菜缺氮、磷、钾养分症状表	.....	(160)
三、	几种果树缺硼、锌、锰症状表	.....	(162)
四、	主要化肥快速识别法表	.....	(163)
五、	几种氮素化肥含量换算表	.....	(164)
六、	几种磷素化肥含量换算表	.....	(165)
七、	化肥施用量换算表	.....	(165)
八、	各种肥料可否混合施用查对表	.....	(167)
九、	化肥贮存注意事项表	.....	(168)

# 第一章 作物营养与施肥

## 第一节 作物必需的营养元素

作物体内含有各种元素,大约有好几十种,其中有许多不是作物生长所必需的;有一些却是必不可少的,如果缺少了将严重影响作物的生长发育。因此,弄清那些是作物必需的营养元素,对于指导施肥是很重要的。

### 一、鉴定必需营养元素的标准

确定某种元素是不是作物所必需的,不是根据它们在作物体内含量多少,而是看它们在作物生长发育过程中所起的作用。经科学家确定,鉴定必需营养元素有三条标准:

第一,这种元素是完成作物从种子到种子整个生命循环所不可缺少的,缺少时会表现出专一的、特殊的缺素症;

第二,这种元素在作物生长发育过程中所起的作用,没有别的元素可以代替,缺少时形成的缺素症,只有补充这种元素后,症状才会消失;

第三,这种元素对作物起直接的营养作用,而不是起间接的改善环境作用。

### 二、必需营养元素的种类

据植株分析和培养试验证明,作物生长发育所必需的营养元素有16种。这些元素由于在作物体内含量不同又可分为两类:



### （一）大量元素

大量元素在作物体内约占干物重的千分之几到百分之几十，有碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)等9种。

其中氮、磷、钾三种是作物需要较多的营养元素，也是作物收获后从土壤中带走较多的元素，而通过根茬形式回归土壤的数量却不多，往往需要通过施肥来加以补充，因此，氮、磷、钾又被称为“肥料三要素”。

### （二）微量元素

微量元素在作物体内约占干物重的千分之几以下到十万分之几，有铁(Fe)、硼(B)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、钼(Mo)、氯(Cl)等7种。

近年来大量文献报导，钠、钴、硅、钒、镍等元素对某些植物的生长有良好影响，甚至也是不可缺少的。可以预计，随着今后实验方法的改进，试剂的纯化，以及测试技术的现代化，一定还会发现有更多的化学元素为作物正常生活所必需。

## 三、必需营养元素的作用

### （一）必需营养元素的基本生理作用

各种必需营养元素在作物体内都有着各自独特的作用，其组成作物体及代谢方面的一些基本作用如下：

1. 构成作物体的基本物质和生活物质：结构物质就是构成作物体的基本物质，如纤维素、半纤维素、木质素及果胶物质等。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、类脂、叶绿素及酶等。这些物质都是由碳、氢、氧、氮、磷、硫、钙、镁等元素组成的。

2. 在作物体内代谢过程中起催化作用：大多数微量元素和钾、钙、镁等，都具有加速体内代谢过程的作用。这些营养元素大多是酶的组成部分，如钼是固氮酶活性部分的重要组成部分，或是酶的活化剂；如钾是许多酶的活化剂。

3. 对作物具有特殊的功能：钾、钙、镁等在作物体内是活性较强的元素，在很多方面对作物有特殊功能，能调节细胞的透性，增强作物的抗逆性等。

总之，作物体内任何生理生化过程，都不可能由某一种元素单独完成，由于营养元素具有各自的特殊生理功能和相互作用，共同担负着各种代谢功能，保证了作物的正常生长发育。

## (二) “三要素”的主要生理作用

氮、磷、钾在作物生长发育中具有重要的作用，它们是作物体内许多重要有机化合物的成分，或以酶的活化剂形式广泛地影响作物的生长和代谢。

1. 氮：是组成蛋白质和核酸的重要成分，一般蛋白质含氮素 16~18%，核酸常与蛋白质结合成为核蛋白，它们是作物生长发育和生命活动的基础，也是叶绿素的组成成分。如作物缺氮，叶绿素无法形成，叶色变黄，导致光合作用减弱。酶本身就是蛋白质，缺氮会影响到整个新陈代谢过程。此外，许多维生素和生物碱都含有氮素。

2. 磷：是植物体内核蛋白、磷脂和核酸等化合物的组成部分，是组成原生质和细胞核的主要成分。一般种子中含磷较多。磷对作物体内的代谢过程有重要影响，在植物细胞分裂和把淀粉转化为糖的过程中起重要作用。磷能促进幼苗生长和根系发育，促进作物早熟，籽粒饱满，还能增强越冬作物的抗

寒能力。

3. 钾:能调节原生质的胶体状态,促进作物提高光合作用强度,促进单糖形成蔗糖、淀粉、纤维素等,与糖类的运输密切相关。因此,对糖用作物及含淀粉多的作物如甜菜、甘薯等,以及果树,供给充足的钾素营养,不但生长健壮,还能提高产量和含糖量。钾还能提高纤维作物如棉花、麻类的产量和纤维的品质,以及提高油料作物的含油量。保证正常的钾素营养,可使农作物的茎秆健壮,增强谷类作物的抗倒伏能力,并能增强抗寒、抗旱、抗病能力。

#### 四、营养元素的相互关系

##### (一) 拮抗作用

作物根系吸收养分,受土壤溶液中各种养分相互作用的影响,某一养分的存在抑制另一养分的吸收,叫做拮抗作用。如:磷、锌之间相互有不良影响,一般在施用磷肥过量的情况下,会影响作物对锌的吸收,需要增补锌肥。

##### (二) 相助作用

某一种养分的存在能促进对另一种养分的吸收,叫相助作用。氮肥常能促进磷的吸收,能更好地发挥磷肥的作用。反过来,磷肥也有利于氮的吸收、转化和利用。在生产上氮、磷配合施用,其增产效果常常超过单独施用,这一现象称为连应。氮和钾的关系也表现出相互促进的关系,钾能促进作物对氮的吸收利用,并使氮素更快地变为蛋白质。钾还能显著地增强豆科作物根瘤菌的固氮作用,不仅根瘤增多,而且根瘤也大。

## 复 习 题

1. 作物生长发育需要哪些必需营养元素？确定必需营养元素的标准是什么？
2. 什么叫“肥料三要素”，其主要生理作用是什么？
3. 学习了“营养元素的相互关系”对指导施肥有什么实际意义？

### 第二节 作物对养分的吸收

作物主要通过根系吸收养分，还可通过叶、茎吸收养分，不过后者只是一种辅助性吸收方式。

#### 一、根部营养

##### (一) 根对养分的吸收

一般作物都有庞大的根系。根是向下延伸生长的，主根生长到一定长度后，长出分枝形成侧根，侧根又向斜下方伸长再分枝，最后构成庞大的根系，通常大部分集中在耕作层中。根吸收养分，经试验发现，最为活跃的部位是根尖以上的分生区。但也有人用放射性同位素进行研究，结果表明，根毛区是根尖吸收养分最活跃的区域，对于根毛的作用是不能忽视的。根毛是从表皮细胞延伸出来的纤细的丝状物，数量很多，如果把一株小麦的根毛连接起来，总长度可达 20 公里，大大地增加了根的吸收面积。因此，根据根系生长和吸肥的特点，应该十分明确，施肥应有一定的深度。一般种肥施用深度较浅，应与播种深度相适应。基肥则应将肥料施到根系分布最稠密的耕层之中，一般 20 厘米上下。追肥也应根据肥

料的性质和种植状况，施到近根的地方。尤其是那些溶解度小，或在土壤中易于发生固定而移动性小的肥料，更应注意施肥的深度。将肥料撒施于地表是不科学的，不仅容易引起养分的挥发和流失，而且不与根系接近很难发挥应有的肥效。

根系发育好坏与吸收养分有着十分密切的关系。随着根的生长，根系每天都以1~2厘米的生长速度向四周延伸，而且陆续在根尖附近产生新的根毛，老的根毛则不断地衰退萎缩而脱落。根系一面吸收一面生长，不断地占据新的位置，接触新的土壤颗粒，获得更多的养分。因此，为了促进根系发育和伸展，应重视创造肥沃、深厚和疏松软绵的土层。

## （二）土壤养分的迁移

作物所需养分，主要通过庞大的根系从土壤中吸取。当根系尤其数量很多的根毛与土壤直接接触时，就可以获得养分，这种根系伸展于土壤之中直接获得养分的方式称为截获。但是根系仅以截获方式获得的养分是比较少的，即使根系十分发达，同整个土壤的接触面毕竟还是太小了。经估算，截获所得的养分，一般不到所吸收养分总量的10%。因此，根系获得养分的方式，主要靠土壤中养分的扩散作用和向根的质流作用。通过这两种作用，养分就可在土体中不断地向根表迁移，源源不断地供给作物吸收利用。

1. 扩散作用：由于作物不断地吸收土壤中非流动性养分，使得那些和作物根系直接接触的土壤所含养分的浓度相对降低，以致使土体和根表土壤之间产生养分浓度差，即土体中养分的浓度高于根表土壤中养分的浓度，就引起了养分由高浓度向低浓度处扩散。

另外，施肥以后或有机质分解后，也会使局部养分浓度

变高，而出现向周围扩散的现象。

2. 质流作用：质流是因蒸腾作用而引起的。当作物蒸腾作用消耗根表土壤中大量水分后，为了维持正常的消耗，必需不断地从周围土壤中吸取水分，造成土体中大量水分流向根系周围，以补充水分的亏缺，这就产生了质流作用。而土壤水中总是含有各种水溶性养分，也就随着水分的流动而被带到根的表面。

扩散作用和质流作用是使土体养分移至根表土壤经常起作用的主要因素，但在不同情况下，所起的作用却不完全相同。一般认为，在距离长时，质流是补充养分的主要形式；而在距离短时，扩散作用则更为重要。对氮、磷、钾三要素来讲，氮的移动性较大，质流有重要作用，而对于移动性较小的磷、钾养分，则以短距离的扩散作用为主。

养分到达根表土壤，这只是为根系吸收养分准备了条件。而养分进入作物体则是一个十分复杂的过程，这里不再加以论述。

## 二、根外营养

### （一）叶、茎对养分的吸收

实验证明，作物还可通过叶、茎吸收养分。虽然作物叶、茎的外表皮细胞壁上形成了一层蜡质层，但仍然能吸收施于表面的养分。有些资料认为，养分进入叶细胞不是通过气孔，因为气孔很小，水的表面张力很高，这会阻碍养分进入，而可能是通过角质层上的裂缝和从表层细胞延伸到角质层的胞间连丝（外壁胞质连丝）进入的。叶、茎吸收的养分和根部吸收情况相似，能在作物体内同化和运转，并与代谢作用有密切关系，代谢作用旺盛时，叶部吸收养分的强度就大。

各类作物根外追肥的效果不同。如棉花、甘薯、马铃薯、油菜等叶面积较大，角质层较薄，溶液易于透入，效果好。而水稻、小麦等叶面积较小，角质层较厚，溶液难于渗入。

各种肥料的渗透能力也不相同。许多资料报导，用尿素进行叶面施肥最为理想，因为尿素是中性肥料，不含副成分，对作物叶、茎的灼伤能力很小；尿素分子体积小，容易透过细胞膜进入细胞，渗透速度快；尿素本身有吸湿性，易被叶片吸收。如果用尿素与其它化学肥料混合喷施，也能提高养分的渗透速度。但，缩二脲含量超过一定范围也会发生毒害。

## （二）根外营养的特点

近年来，一些作物采用叶面喷肥，及在果树上喷施微量元素，都取得良好的效果，这是和根外营养的特点分不开的。

1. 避免养分施入土壤被固定而降低有效性：如铁、锌等微量元素在土壤中溶解度不高，直接喷施于叶面，效果明显提高。

2. 养分运转快：用同位素试验表明，直接涂于棉叶上的，只需几分钟就能吸收运送到各部分器官中；如施于土壤则需较长时间，甚至要十几天才能达到相同的效果。尿素施于土中，一般需4~5天或更长时间才能见到肥效；而叶面喷施，往往在1~2天内就有明显效果。这对消除某些缺素症，或作物因遭受自然灾害等特殊情况下，需迅速补充养分时有重要的作用。

3. 节省投资：根外喷施一般用量仅为土壤施肥量的1/5~1/10，可大大减少肥料费用；尤其对一些微肥，还可避免因用量过大或施肥不匀而造成危害。

4. 与根部施肥相互促进、相互补充：根外喷肥可提高光

合作用和呼吸作用的强度，影响作物体内一系列生理活动过程，作物体内代谢作用加强后，又能促进根系对养分的吸收。尤其在作物生长中、后期，根系吸收能力减弱时，根外喷肥是防止后期脱肥的好办法。

### （三）根外施肥的条件和要求：

从以上可以看出，根外喷肥有许多优点，但叶面能否有效地吸收养分，这与溶液在叶面存留时间的长短有密切关系，一般存留时间越长效果越好，通常希望在30~60分钟内保持叶面湿润。也可加入适量的“湿润剂”，如中性肥皂或较好的洗涤剂，以降低溶液表面张力，增加溶液与叶面接触面积，以提高喷肥效果。如果在气温较高的天气里，和中午日光暴晒的情况下，进行叶面喷肥，溶液蒸发快，吸收效率就低。在有露水的早晨喷肥，会降低溶液浓度，影响效果。切忌在下雨时或雨前喷肥，因为养分随即被雨水淋掉，起不到应有作用。因此，在傍晚无风的天气喷施最为理想。

必须指出，根外喷肥不能完全代替土壤营养。对于作物需要量大的元素，还是应该通过土壤来供给。因为根外喷肥受种种条件的限制，很难满足作物各个生育期对养分的要求。如增加根外喷肥次数，必然会浪费劳力和增加成本，也未必能获得高产。因此，根外施肥只是一种辅助性的施肥措施，不能代替土壤施肥。

## 复 习 题

1. 根据根系生长和吸肥特点，肥料（包括基肥、种肥和追肥）应施在哪个部位？
2. 移动性较大的养分与移动性较小的养分各自主要依



靠哪种形式在土壤中移动？氮、磷、钾三种不同的肥料应怎样施用？

3. 根外营养有哪些特点，它在作物营养中占什么位置？
4. 如何使叶面喷肥获得较为理想的效果？

### 第三节 作物吸收养分的主要特点

在土壤中，有些营养元素的数量虽多，但作物吸收利用少；有些营养元素数量较少，但作物吸收利用多。并且，作物在各个不同的生育阶段中，吸收利用养分的多少也是不相同的。上述现象说明，作物对养分的吸收利用是有选择的和分阶段的。

#### 一、作物营养的选择性

作物对养分吸收的选择性主要表现在两个方面：一是，不同作物或同一作物的不同品种从土壤中吸收利用养分的种类和数量是各不相同的。如：小麦、玉米、水稻、棉花和叶菜类蔬菜等，应以施氮肥为主，配合磷、钾肥；豆科作物和豆科绿肥，本身有固定空气氮素的能力，应以施磷肥为主；甘薯、马铃薯、烟草等作物，需要钾较多，氮次之，磷较少。二是，不同作物或同一作物的不同品种对不同形态的养分反应不同。如：水稻、马铃薯等适于施用铵态氮，烟草、甜菜等适于施用硝态氮；含氯的肥料对烟草、马铃薯等有不良影响，而对甜菜则无关紧要。

由于作物具有选择吸收养分的特性，当向土壤施入某种肥料后，必然会出现作物吸收肥料中阴阳离子不平衡的现象。施用硫酸铵后，作物吸收铵离子（ $\text{NH}^+$ ）多，吸收硫酸根