



福建省全民科学素质工程科普教育丛书·新农村建设篇

南方作物施肥

指南

主编 福建省科学技术协会
福建省农村致富技术函授大学
编著 施木田



福建科学技术出版社
Fujian Science & Technology Publishing House



福建省全民科学素质工程科普教育丛书·新农村建设篇

南方作物施肥 指南

主 编 福建省科学技术协会
福建省农村致富技术函授大学
编 著 施木田

“福建省全民科学素质工程科普教育丛书·
新农村建设篇”编委会

主 任	叶顺煌	陈青文	兰 生
副 主	符卫国	林玉榜	丁红萍
委	武红谦	黄国慧	潘伟建
	张彩珍	郑如光	邓积伟
	鲁伟群	吴旺民	
	陈建华	胡腾旭	
	江 新		

福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

南方作物施肥指南/施木田编著. —福州: 福建科学技术出版社, 2009. 12 (2010. 1 重印)

(福建省全民科学素质工程科普教育丛书)

ISBN 978-7-5335-3495-0

I. ①南… II. ①施… III. ①作物—施肥—指南
IV. ①S147. 2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 222546 号

书 名	南方作物施肥指南 福建省全民科学素质工程科普教育丛书
编 著	施木田
出版发行	福建科学技术出版社(福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
网 址	www. fjstp. com
经 销	各地新华书店
排 版	福建科学技术出版社排版室
印 刷	福建省金盾彩色印刷有限公司
开 本	889 毫米×1194 毫米 1/32
印 张	3. 25
字 数	85 千字
印 次	2010 年 1 月第 2 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5335-3495-0
定 价	5. 20 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

2006年2月，国务院颁发了《全民科学素质行动计划纲要》，正式启动了全民科学素质建设工作。福建省委省政府高度重视，成立了全民科学素质工作领导小组，制定了《福建省全民科学素质工程实施方案》，积极推动这一工作落实，并已取得了实际成效。

《福建省全民科学素质工程实施方案》明确指出，我省农民科学素质行动的主要任务：一是面向农民宣传科学发展观，重点开展保护生态环境、节约水资源、保护耕地、防灾减灾、倡导健康卫生、移风易俗和反对愚昧迷信、陈规陋习等内容的宣传教育，在广大农村形成讲科学、爱科学、学科学、用科学的良好风尚，促进社会主义新农村建设；二是围绕科学生产和增效增收，激发广大农民参与科学素质建设的积极性，增强科技意识，提高获取科技知识和依靠科技脱贫致富、发展生产和改善生活质量的能力，并将推广使用技术与提高农民科学素质结合起来，着力培养有文化、懂技术、会经营的新型农民；三是提高农村富余劳动力向非农产业和城镇转移就业的能力；四是提高农村妇女及贫困地区、革命老区农民的科学文化素质。

农业、农村和农民问题，是关系我国改革开放和社会主义现代化建设全局的重大问题。提高广大农民科学素质，是解决农业、农村和农民问题的基础性工作，是新农村建设的一项基础性工程与战略性任务。因此，大力实施全民科学素质“四大行动”之一的农民科学素质行动，对于推动海峡西岸经济区新农村建设和和谐社会建设，有着重要意义。

针对我省农民科学素质现状，围绕农民科学素质行动的主要任

务，结合海峡西岸新农村建设实际，我们从2008年开始，着手组织有关专家、学者编辑出版“福建省全民科学素质工程科普教育丛书——新农村建设篇”。这套丛书遵循实际、实用、实效的原则，注重传授“三农”发展新知识、新方法、新观念，致力普及推广农民生产和生活中急需的“五新”（新品种、新技术、新化肥、新农药、新农具）技术；内容涵盖了种植业、养殖业、农村环境卫生、节约能源、科学生活及防灾减灾等诸多方面，深入浅出，通俗易懂，力求让农民一看就懂，一学就会，学了能用，用能致富。这套丛书既可以作为福建省农村致富技术函授大学的专用教材，也可以作为农民教育培训教材，还是一套帮助广大农民脱贫致富的实用科普读物。

这套丛书在编辑出版过程中，有关专家、学者以及编委会成员，付出了辛勤劳动，贡献了智慧力量。相信丛书出版后，对我省农村普及科技知识，推广“五新”技术，推动农村生产发展，提高农民科学素质，加快新型农民培养，加速推进海峡西岸经济区新农村建设，必将产生积极而深远的影响。

**“福建省全民科学素质工程科普教育丛书·
新农村建设篇”编委会**

2009年6月

目 录

第一章 作物施肥理论基础.....	(1)
一、作物生长发育必需营养元素.....	(1)
(一) 作物生长必需营养元素	(1)
(二) 营养元素同等重要律和不可替代律	(2)
二、作物对养分的吸收.....	(3)
(一) 作物根部营养	(3)
(二) 作物叶部营养	(6)
三、作物营养与施肥有关概念.....	(8)
(一) 最小养分律	(8)
(二) 作物营养临界期	(9)
(三) 作物营养最大效率期	(9)
四、土壤肥力与施肥.....	(9)
(一) 福建主要土壤养分含量.....	(10)
(二) 土壤供肥性和保肥性.....	(11)
(三) 土壤氧化还原性.....	(12)
(四) 土壤反应.....	(12)
第二章 氮、磷、钾、钙、镁、硫肥料	(15)
一、氮肥	(15)
(一) 氮肥形态与性质.....	(15)
(二) 常用氮肥性质与施用.....	(16)
(三) 有效施用氮肥.....	(20)
二、磷肥	(22)
(一) 磷肥种类与性质.....	(22)

(二) 常用磷肥性质与施用	(23)
(三) 有效施用磷肥	(27)
三、钾肥	(29)
(一) 钾肥性质与施用	(29)
(二) 有效施用钾肥	(31)
四、钙肥	(32)
(一) 含钙肥料种类与性质	(32)
(二) 石灰肥料的作用	(33)
(三) 石灰的使用	(34)
五、镁肥	(35)
(一) 含镁肥料种类与性质	(35)
(二) 镁肥的使用	(36)
六、硫肥	(36)
(一) 硫肥种类与性质	(36)
(二) 硫肥的使用	(37)
第三章 微量元素肥料与复合肥料	(38)
一、微量元素肥料	(38)
(一) 硼肥	(38)
(二) 钼肥	(41)
(三) 锌肥	(43)
(四) 铜肥	(45)
(五) 铁肥	(46)
(六) 锰肥	(47)
二、复合肥料	(48)
(一) 复合肥料基本概念	(48)
(二) 复合肥料特点	(49)
(三) 复合肥料种类和施用	(50)
(四) 肥料混合的原则与方法	(54)

第四章 有机肥与菌肥	(59)
一、有机肥料特点与产品质量标准	(59)
(一) 有机肥料与化肥肥效特性比较	(59)
(二) 施用有机肥料的必要性	(60)
(三) 有机肥料与有机-无机复混肥料产品质量标准	(61)
二、各种有机肥料	(62)
(一) 人粪尿	(62)
(二) 家畜粪尿	(63)
(三) 厩肥	(65)
(四) 堆肥	(67)
(五) 沤肥	(68)
(六) 饼肥	(69)
(七) 海肥	(70)
(八) 泥土肥	(71)
三、绿肥	(72)
(一) 绿肥在农业生产中的作用	(72)
(二) 绿肥植物种类、养分含量与发展方向	(73)
(三) 主要绿肥作物的种植与利用	(75)
四、菌肥	(77)
(一) 菌肥性质与种类	(77)
(二) 菌肥的作用	(78)
(三) 菌肥的施用	(79)
第五章 购肥指南	(81)
一、肥料产品不合格的表现及问题	(81)
(一) 养分含量没有达到标准规定的技术指标	(81)
(二) 其他项目没有达到标准规定的技术指标	(83)
(三) 假冒伪劣产品	(83)
二、真假化肥的简易鉴别方法	(84)

(一) 有特殊气味.....	(84)
(二) 无特殊气味.....	(85)
三、如何选购优质化肥	(87)
(一) 选门店、听推荐.....	(87)
(二) 看标识、认品牌.....	(88)
(三) 细算帐、购好肥.....	(88)
四、如何维护自己的合法权益	(89)
(一) 购买肥料的注意事项.....	(89)
(二) 诉诸法律.....	(92)
主要参考文献	(95)
后记	(96)

第一章 作物施肥理论基础

一、作物生长发育必需营养元素

一般新鲜植物含有 75%~95% 的水分和 5%~25% 的干物质。据测定，在干物质中，组成植物的碳、氢、氧、氮 4 种主要元素占 95% 以上；剩余的 1%~5% 则为钙、钾、硅、磷、硫、氯、铝、钠、铁、锰、锌、硼、镍、钴、钒、钡、铜、钼等灰分元素。

（一）作物生长必需营养元素

必需的营养元素是指：①这种元素是完成作物生长周期所不可缺少的；②缺少时呈现专一的缺素症，唯有补充它后才能恢复或预防；③在作物营养上具有直接作用的效果，并非由于它改善了作物生活条件所产生的间接效果。这 3 条是判断作物生长必需的营养元素的标准。

目前已确定为作物生长必需的营养元素，共有碳、氢、氧、氮、磷、钾、硫、钙、镁、铁、锰、锌、铜、硼、钼、氯等 16 种。此外，钠、硅、硒等元素虽尚未确定，但对某些作物的生长确是有益的。了解作物生长必需的营养元素，是研究植物营养和进行合理施肥的重要依据。现根据它们在作物物体内的含量及主要作用分述如下。

1. 必需营养元素在作物体内的含量

根据必需营养元素在作物体内含量的多少，一般可分为如下两类。

(1) 大量营养元素 又称常量营养元素，有碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫等 9 种，它们的含量占作物干重的百分之几十至千分至几。其中的氮、磷、钾 3 种元素，由于作物需要的量比较多，而土壤中可提供有效含量又比较少，常常须通过施肥才能满足作物生长的要求，因此，被称为“作物营养三要素”或者“肥料三要素”。

(2) 微量营养元素 有铁、氯、硼、锰、铜、锌、钼 7 种，它们的含量占作物干重的千分之几至十万分之几。

2. 必需的营养元素在作物体内的主要作用

(1) 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（包括纤维素、半纤维素、木质素及果胶物质等）、生活物质（包括氨基酸、蛋白质、核酸、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、钙等元素组成。

(2) 加速作物体内代谢的催化元素 这些元素有铜、锰、锌、氯、钼、硼、铁、钙、镁、钾等，它们是作物体内进行代谢作用的许多酶的辅基或者活化酶活性的活化剂。

(3) 对作物体具有特殊功能的元素 钾、镁、钙等元素在作物体内活性强，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。

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。从作物体的元素组成来看，各种作物都包含有这些必需的营养元素，但是不同的作物对各种营养在数量上都有不同的要求。这反映了作物最重要的一种营养特性。

(二) 营养元素同等重要律和不可替代律

作物必需的营养元素在作物体内不论数量多少都是同等重要的；任何一种营养元素的特殊功能都不能被其他元素所代替，这就叫营养元素的同等重要律和不可替代律。

必需的营养元素在作物体内的生理功能是不可代替和同等重要的，即磷不能代替氮，钾不能代替磷，缺磷的土壤只能靠施用磷肥去解决，如此等等。因此，实际施肥时，必须根据作物营养的要求，考虑不同种类的肥料配合，以免导致某些营养元素的供应失调。

二、作物对养分的吸收

（一）作物根部营养

根系是作物吸收养分和水分的主要器官，作物和环境之间的物质交换，在很大程度上也要通过根系进行。因此，加强根部营养是供给作物养分最主要的方式，也是促进作物高产的最重要手段。

1. 根的吸收部位与土壤养分的迁移

根系吸收的养分主要是溶液中的各种无机态离子，如 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mn^{2+} 、 NH_4^+ 、 Zn^{2+} 和 NO_3^- 、 $HMnO_4^-$ 、 $H_2PO_4^-$ 、 HPO_4^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 $H_2BO_3^-$ 等。其次是少量的有机态分子，如氨基酸、糖类、磷脂类、生长素、维生素和抗生素等。此外，根系还可吸收 CO_2 等气体。

养分离子向根部迁移，一般有三条途径，即截获、扩散和集流。

（1）截获 根从土壤中吸收养分，首先是根表面与养分的接触。根和根毛纵横交织穿透于土层中，并且直接与土壤黏粒紧密接触，密集根毛增大了吸收面积，组成了土壤—作物根系的复杂体系，从土壤黏粒或溶液中直接截获养分。肥沃、深厚、疏松的土层可充分促进作物根系的伸展，加强根部营养。

但是作物要不断地从土壤中吸取养分，仅靠根系接触土壤的那一部分仍然是非常有限的。大量所需养分通常由土壤中离子的扩散

和集流两条途径提供。土壤中完成这两种过程的动力与作物根系活动有直接关系。

(2) 扩散 作物根系从土壤中吸收养分，使这部分土壤中养分含量相对降低，在土体与根表土壤之间形成养分的溶度差，溶度差引起的化学位（势）差异致使离子由化学位较高的一相向较低的一相移动，结果产生离子的扩散作用。这是养分由土体向根表土壤运动的一种补充形式。

(3) 集流 作物的蒸腾作用，消耗根表土壤大量水分，使其水分相对降低。因而，促进了水分向根表移动，溶解在水分中的养分也随之移至根表土壤，以补充消耗的养分。氮和钙、镁主要是由集流供给的，钙、镁集流供应量常能满足一般作物的需要。

2. 根部对无机态养分的吸收

(1) 离子的被动吸收 作物体内不断进行新陈代谢作用，也就引起了营养物质在体内外分布的不平衡。细胞原生质中的大量蛋白质分子是带有电荷的，固定在细胞内而不扩散，成为不扩散基，因而引起了阴、阳离子的被动透入，这些现象可以用杜南平衡的原理解释。

杜南平衡指两相间存在一种半透性膜，可让外相的离子自由透过，但不让内相的胶体带电粒子透过。透过的阴、阳两种离子达到平衡时，内外两相的离子浓度乘积相等。即满足如下关系式：

$$[M^+]_i \cdot [A^-]_i = [M^+]_o \cdot [A^-]_o$$

其中， $[M^+]$ 、 $[A^-]$ 分别代表+、-离子的浓度；i、o 分别代表内相和外相离子。

(2) 离子的主动吸收 由于不同作物对养分的吸收具有选择性，作物体内的浓度又常比土壤溶液高，选择性吸收的养分要逆浓度进入；同时养分主要以离子状态被吸收，还要克服带电体之间的相互影响，这些都必须消耗一定能量。其解释理论有载体学说、离子泵假说等。

3. 根部对有机养分的吸收

作物根系能吸收有机分子，已为灭菌培养和离体根培养试验所证明。生产上使用有机生理活性物质，也取得了一些效果。但有机物质究竟以什么方式进入根细胞，因研究较少，目前尚无肯定的结论。一般认为，有机物分子脂溶性的大小与透过质膜的难易有关。

一般说来，脂溶性的有机物分子，大部分是比较容易被细胞吸收的。同时，有机物的分子大小也是影响吸收的一个重要因素。水与脂的亲水性虽小，但其透性很大，像水那样的有机分子能够很好地被吸收；相反，溶于脂相的极大有机分子却很难透过。

4. 环境条件对养分吸收的影响

(1) 光照 绿色植物能利用大自然的光能，把它转变为腺苷三磷酸 (ATP)，供二氧化碳的同化，最后形成碳水化合物等成分。因此，在植物生长期中，如何提高光能的利用率，是获取高产的一个重要措施。

(2) 温度 温度影响着土壤养分的有效性和根系的吸收能力。一般在 $6\sim 38^{\circ}\text{C}$ 范围内，随温度增高，作物吸收养分的数量增加；反之则减少。有人用示踪元素研究温度对几种作物吸收养分的影响，发现低温显著影响四季萝卜对钙、磷的吸收，而对葱、黄瓜、萝卜的影响则较小。

(3) 土壤通气状况 作物根细胞或组织在不同通气状况下，其呼吸与养分吸收量会发生变化。

(4) 土壤反应 介质的 pH 直接影响根系对阴、阳离子的吸收。以番茄吸收 NH_4^+-N 的培养试验为例，在一定范围内，培养液的 pH 愈低，则根表面阳性基的解离就愈受抑制，从而使阴离子的吸收增加；反之，则阴离子的吸收减少。

(5) 土壤水分状况 土壤水分是化肥的溶剂和有机肥料矿化的必要条件。养分的扩散与质流，以及根系养分运输都必须通过水分来进行。在干旱地区，采取保墒措施可加强根部对养分的吸收。然

而，土壤溶液过稀也会影响作物对养分的吸收。在溶液中养分含量小于 0.003 毫克/升时，溶度增高，根系的吸收量增大。因此，在灌区要合理用水，这对防止肥分损失和提高肥效都是有利的。

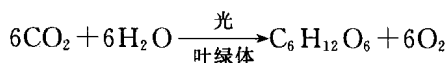
（二）作物叶部营养

作物除了根部吸收养分外，还可通过叶部吸收养分。许多研究证明，叶部吸收的营养元素和根部吸收的一样，能在作物体内同化和运转，叶部营养也是作物营养的一种方式。特别在根部营养无法实现的情况下，可及时通过叶部营养去补救。因此，叶部营养是根部营养的一种辅助手段，对加强作物营养具有一定的意义。

1. 叶部对养分的吸收

（1）叶部对有机及无机态养分的吸收 叶部吸收养分的形态和机制与根部类似。影响外部溶液进入叶内的主要障碍，是叶面具有层均一无孔的角质膜，而溶液通过角质膜的多少或快慢与角质膜蜡质的化学性质有关。

（2）叶部对 CO_2 的吸收 叶子通过光合作用固定 CO_2 并不全部被叶子再利用，而是通过气孔外逸，同外围环境间的 CO_2 交换。叶子从外围空气中吸收的 CO_2 ，主要经由气孔进入叶肉，通过细胞间隙及叶肉细胞的表面流入叶绿体，在叶绿体内经过一系列酶促反应变成单糖，其反应式为：



由于光合作用中 CO_2 被固定，使该处 CO_2 溶度降低，因此就产生了向叶绿体的 CO_2 流，使 CO_2 继续被吸收、固定。

2. 叶部营养的特性

（1）直接供给作物养分，防止养分在土壤中的固定和转化 有些易被土壤固定的元素如铜、锰、铁、锌等，叶部喷施能避免土壤固定，直接供给作物需要；某些生理活性物质，如赤霉素、维生素

B₆ 等，施入土壤易于转化，采用叶部喷施就能克服这种缺点；在寒冷或干旱地区，通过土壤施肥不能取得良好的效果时，采取叶部追肥则能及时供给作物养分。

(2) 叶部对养分的吸收转化比根部快，能及时满足作物需要一般尿素施于土壤，4~5 天后才见效，但叶部施用往往 1~2 天内就呈现出明显效果。据试验，施用尿素 24 小时，叶部施用者可吸收施用量的 1/3，其中的 1/2 已转移于临近叶片、生长点和根部。由于叶部施肥的吸收和转移的速度快，这一技术可作为及时防治某些缺素症和作物因遭受自然灾害而需要迅速供给营养的补救措施。

(3) 叶面营养有利作物生长 叶部营养直接影响作物的体内代谢，有促进根部营养、提高作物产量和改善品质的作用。

(4) 适于施用微量元素肥料 叶部营养供给是经济、有效施用微量元素肥料的一种方式。

3. 影响叶部营养的条件

(1) 溶液的组成 溶液的组成取决于叶部追肥的目的，同时也要考虑各种成分的特点。例如，磷、钾与碳水化合物的形成、转运有密切关系，故喷施磷、钾肥对提高马铃薯的产量有良好的效果。此外，在选用具体肥料时，还要考虑肥料的各种成分和吸收速率。就钾肥来说，叶片吸收的速率 $KCl > KNO_3 > K_2HPO_4$ ；就氮肥来说，叶片吸收的速率为尿素 > 硝盐 > 铵盐。一般而言，叶片对无机盐类的吸收比有机盐类（尿素除外）快。在喷施生理活性物质和微量元素肥料（如锌、硼、铁等）时，加入尿素可提高吸收速率并防止叶片出现暂时的黄化。

(2) 溶液的浓度及反应 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。一般在叶片不受肥害的情况下，适当提高浓度并调节溶液的 pH，可提高叶部营养的效果。如果主要供给阳离子，则溶液应调至微碱性；主要供给阴离子时，溶液应调至弱酸性。

(3) 溶液湿润叶片的时间 溶液湿润叶片的时间长短与喷施效果有一定关系。一般保持叶片湿润的时间在 30 分钟至 1 小时，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，喷施时间以下午为宜，可防止叶面很快变干。同时使用湿润剂降低溶液的表面张力，增大溶液与叶片的接触面积，对提高喷施效果也有良好作用。

(4) 叶片与养分吸收 一般双子叶植物叶面积大、角质层较薄，较易吸收溶液中的养分；单子叶植物叶面积小、角质层较厚，不易吸收溶液中的养分，在这类作物上进行根外追肥要加大浓度。从叶片结构上看，叶子表面的表皮组织下是栅状组织，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。

(5) 喷施次数及部位 各种养分进入叶细胞后在叶细胞内的移动是不同的。据研究，移动性很强的元素为氮、钾、钠，其中氮>钾>钠；能移动的元素为磷、氯、硫，其中磷>氯>硫；部分移动的元素为锌、铜、锰、钼等微量元素，其中锌>铜>锰>铁>钼；不移动的元素硼、钙等。在喷施不易移动的元素时，必须增加喷施的次数，同时必须注意喷施部位，如铁肥只有喷施在新叶上，效果才好。

三、作物营养与施肥有关概念

(一) 最小养分律

最小养分律（或称最低因子律）是李比希最早提出的。所谓最小养分律是指当营养环境中缺少某种养分时，作物产量即受这种养分的制约，而且产量是随着这种养分供给量的增加而提高。这种见解现在看来基本上是正确的，它反映了作物土壤养分在种类和数量