

XINBIAN FEILIAO
SHIYONG JISHU

新编肥料

郎宁 吕林 陆仁健 编著

广西科学技术出版社

施用 技术



新编肥料施用技术

郎 宁 吕 林 陆仁健 编著

广西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编肥料施用手册/朗宁编著.—2版.—南宁:广西科学技术出版社,2002

ISBN 7-80619-133-X

I. 新... II. 郎... III. 施肥—技术手册
IV. S147.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第023983号

新编肥料施用技术

郎宁 吕林 陆仁健 编著

*

广西科学技术出版社出版

(南宁市东葛路66号 邮政编码530022)

广西新华书店发行

广西民族语文印刷厂印刷

(南宁市望州路251号 邮政编码530001)

*

开本 890×1240 1/32 印张 8.5 字数 230 000

2002年6月第2版 2002年6月第3次印刷

印数:8 001—13 000册

ISBN 7-80619-133-X/S·7 定价:13.00元

本书如有倒装缺页,请与承印厂调换

编者的话

该书吸收了各方面的素材，并结合当前的种植业生产及其发展要求，从实用的角度为出发点，以高产、优质、高效、无害化为归宿，编写各种肥料及各种作物施肥技术成册。这是广大农科人员及作者多年深入实践和辛勤工作的成果。该书的出版发行，将对有关作物的施肥具有一定的参考价值和指导作用。

该书比较全面地阐述了各种肥料的特性和南方主要农作物的施肥技术，注重实用性，通俗易懂，可作为基层农科人员、种植业主的参考工具书。施肥技术只是各种农业技术措施系统中的一个组成部分。各种农业措施是相互作用和相互制约的，作物生长发育不仅受各种农业措施的影响，而且还受各种自然因素和环境因素的制约。同一种作物，在不同的栽培方式、不同的环境条件下，其施肥时期、施肥种类及其数量均有所不同。所以，在应用施肥技术时，应考虑各种因素的影响，做到因地因时因苗施肥，才能真正实现科学施肥。

编著者
2002年2月

目 录

一、农作物的营养元素及其作用	(1)
(一) 农作物对养分的需要与吸收	(1)
(二) 营养元素对农作物的作用	(5)
二、合理施肥的原则与方法	(9)
(一) 合理施肥的原则	(9)
(二) 合理施肥的依据	(10)
(三) 确定施肥量的基本方法	(11)
(四) 施肥时期的确定方法	(13)
(五) 施肥的操作方法	(13)
三、施肥技术的发展趋向	(15)
(一) 有机肥与无机肥配合施用	(15)
(二) 推广施用生物肥料是现代农业的出路	(18)
(三) 发展高浓度专用复合肥	(21)
(四) 与农化服务相结合	(23)
四、化学肥料	(24)
(一) 氮肥	(26)
(二) 磷肥	(32)
(三) 钾肥	(35)
(四) 复合肥料	(36)
五、有机肥料	(41)
(一) 粪肥和厩肥	(41)
(二) 堆肥、沤肥和秸秆	(45)
(三) 绿肥	(47)
(四) 饼肥	(51)
(五) 垃圾、污水和污泥	(53)
六、生物肥料	(58)

(一) 根瘤菌肥料·····	(58)
(二) 固氮菌肥料·····	(60)
(三) 磷细菌肥料·····	(61)
(四) 钾细菌肥料·····	(62)
(五) 其他菌肥·····	(64)
七、其他肥料·····	(68)
(一) 微量元素肥料·····	(68)
(二) 稀土·····	(82)
(三) 叶面肥料·····	(87)
八、粮食作物的施肥技术·····	(103)
(一) 水稻施肥·····	(103)
(二) 小麦施肥·····	(107)
(三) 玉米施肥·····	(113)
(四) 木薯施肥·····	(116)
(五) 红薯施肥·····	(118)
九、经济作物的施肥技术·····	(120)
(一) 基本施肥方法·····	(120)
(二) 大豆施肥·····	(126)
(三) 油菜施肥·····	(129)
(四) 花生施肥·····	(135)
(五) 芝麻施肥·····	(139)
(六) 黄麻施肥·····	(144)
(七) 苧麻施肥·····	(146)
(八) 甘蔗施肥·····	(150)
(九) 烟草施肥·····	(157)
(十) 茶树施肥·····	(163)
十、瓜菜作物的施肥技术·····	(168)
(一) 番茄施肥·····	(170)
(二) 辣椒施肥·····	(174)
(三) 茄子施肥·····	(176)

(四) 萝卜施肥	(179)
(五) 胡萝卜施肥	(181)
(六) 根用芥菜施肥	(183)
(七) 芹菜施肥	(184)
(八) 菠菜施肥	(186)
(九) 莴苣施肥	(187)
(十) 小白菜施肥	(190)
(十一) 芥菜施肥	(192)
(十二) 茴香施肥	(193)
(十三) 马铃薯施肥	(194)
(十四) 生姜施肥	(198)
(十五) 山药施肥	(200)
(十六) 魔芋施肥	(201)
(十七) 黄瓜施肥	(202)
(十八) 西瓜施肥	(206)
(十九) 甜瓜施肥	(208)
(二十) 冬瓜施肥	(210)
(二十一) 南瓜施肥	(211)
(二十二) 苦瓜施肥	(213)
(二十三) 菜豆施肥	(214)
(二十四) 豌豆施肥	(217)
(二十五) 结球甘蓝施肥	(218)
(二十六) 花椰菜施肥	(221)
(二十七) 大白菜施肥	(223)
(二十八) 大蒜施肥	(225)
(二十九) 芦笋施肥	(229)
十一、南方主要果树的施肥技术	(233)
(一) 龙眼施肥	(233)
(二) 荔枝施肥	(234)
(三) 芒果施肥	(236)

(四) 柑橘 (含橙类、柚) 施肥	(237)
(五) 香蕉施肥	(239)
(六) 菠萝施肥	(240)
(七) 梅、李、桃施肥	(241)
(八) 黄皮施肥	(242)
(九) 枇杷施肥	(243)
(十) 梨施肥	(243)
(十一) 柿施肥	(244)
(十二) 葡萄施肥	(245)
(十三) 板栗施肥	(246)
(十四) 石榴施肥	(246)
(十五) 枣树施肥	(247)
(十六) 杨桃施肥	(248)
(十七) 番石榴施肥	(249)
(十八) 杨梅施肥	(249)
(十九) 番荔枝施肥	(250)
(二十) 佛手施肥	(250)
(二十一) 油梨施肥	(251)
(二十二) 橄榄施肥	(252)
(二十三) 番木瓜施肥	(252)
(二十四) 火龙果施肥	(252)
(二十五) 草莓施肥	(253)
十二、附录	(254)
附录一 常见农作物吸收氮、磷、钾养分的水平	(254)
附录二 常见农作物氮素营养缺乏症状	(256)
附录三 常见农作物磷素营养缺乏症状	(257)
附录四 常见农作物钾素营养缺乏症状	(258)
附录五 常用氮肥的成分、性质与施用技术要点	(259)
附录六 常用磷肥的成分、性质与施用技术要点	(260)
附录七 常用钾肥的成分、性质与施用技术要点	(261)

一、农作物的营养元素及其作用

合理的施肥技术，应当按照农作物营养的作用和农作物的营养特性，结合气候、土壤和栽培技术等因素综合考虑。也就是说，施肥要把农作物内在的代谢作用与外界环境条件结合起来当做一个整体，并运用现代科学技术，辩证地研究它们相互间的关系，从而找出合理施肥的理论及技术措施。

（一）农作物对养分的需要与吸收

1. 农作物对养分的需要

农作物在生长发育过程中，除了需要阳光、空气、水分和温度外，还需要多种营养元素。哪些营养元素是农作物必需的，需要多少，何时需要以及如何被吸收等，都是合理施肥的重要依据。

一般农作物鲜体含有 75%~95% 的水分和 5%~25% 的干物质。干物质主要由碳、氢、氧、氮和灰分组成，平均分别占农作物体干重的 45%、42%、6.5%、1.5% 和 5.0%。在 5.0% 的灰分中含有几十种元素，其中多数元素并不是每种农作物生长都必需的。由于农作物种类、品种的差别，以及气候条件、土壤肥力、栽培技术等不同，都会影响农作物的组成成分。有些元素，可能是偶然被农作物吸收，甚至还能大量积累；有些元素，农作物需要虽极微量，然而却是其生长不可缺少的营养元素。

农作物必需的营养元素有碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、氯(Cl)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、硼(B)、铜(Cu)、钼(Mo)等 16 种。前 9 种占农作

物体干物重千分之一以上的营养元素，称为大量元素，后7种占农作物干物重千分之一以下的，称为微量元素。而农作物对氮、磷、钾3种元素的需要量较多，土壤往往不能满足农作物生长的需要，往往必须以肥料的形式加以补充，所以通常把它们称为肥料三要素。

农作物必需营养元素的三条标准：一是对于所有农作物都是不可缺少的，如果缺少，就不能完成其生活史。二是其他元素不可替代。三是对农作物起直接营养作用。有人研究发现硅(Si)、钠(Na)、钴(Co)、硒(Se)、钒(V)、镍(Ni)等元素对某些农作物的生长也具有良好的作用。比如硅，是水稻需要的元素，甜菜、芹菜有钠供应时生长较好，但还不能证实是每种农作物都必需的，因此不列为农作物必需的营养元素。

农作物的各种必需营养元素是同等重要的，也是不可相互代替的。例如硼元素一般仅占农作物干物重的十万分之二，如果硼元素不足，农作物就表现为花药和花丝萎缩，花粉管形成困难，出现“花而不实”、“穗而不实”的现象。其他营养元素施用再多也不能弥补这一损失。有些元素化学性质相近，如钠和钾，在生理功能上虽然表现出有相互代替的趋势，但这只是暂时的、部分的，并不能完全替代对方的生理功能。

2. 农作物对养分的吸收

(1)农作物吸收养分的阶段性。农作物在生长发育过程中，除了前期依靠种子中贮存的营养和后期根部停止吸收养分阶段以外，其余各个生育期都要从外界环境中吸取养分，故必须通过施肥的办法满足作物整个生育期对养分的要求。不过在这个阶段里，作物对养分的要求无论是种类、数量还是比例都不完全相同，但有两个极其重要的时期，一是作物营养临界期，二是作物营养最大效率期。

作物营养临界期是指营养元素过多、缺乏或比例失调，对作物造成的为害最大的那段时期，即使后期补施也难以完全纠正或弥补，所以是施肥的重要时期。这时需要养分的数量虽然不多，但很迫切。营养临界期通常出现在作物生长发育的初期，不同的养分种

类临界期并不一致。如磷的营养临界期多出现在由种子营养转入根际营养的时期，因为这时种子中的磷已近用完，而根系发育差，根的数量少，吸收能力弱，农作物幼苗更易缺磷。土壤中若有适量的有效磷供应，则农作物的生长发育不致受影响，否则就会影响苗期的正常生长。又如氮的营养临界期一般要比磷稍后一些，小麦在分蘖期至幼穗分化期，玉米在穗分化期，棉花在现蕾初期，水稻，秧苗在三叶期，大田在幼穗分化期。至于钾的营养临界期，水稻则在分蘖初期到幼穗形成期。

农作物营养最大效率期，是指农作物吸收养分能发挥最大效率的那段时期。这时，农作物生长迅速，对养分需要量很大，吸收养分的能力极强，若能满足作物对养分的需要，增产效果十分显著。几种农作物的最大效率期如下：水稻的氮在拔节前；棉花的氮、磷均在花铃期；小麦的氮在拔节至抽穗期，春小麦的氮在出苗后第20~第45天；油菜的氮在开花期；豌豆的氮在生长的第15~第40天；红薯在生长初期施氮的效果最好，而在块根膨大时，磷、钾的效果最佳；玉米的营养大量吸收期，氮一般在孕穗前后，钾在开花前后，磷在乳熟前后。农作物在营养大量吸收时，吸收的养分往往占全生育期的45%以上。由此可见，作物营养临界期和最大效率期是农作物营养中的两个关键时期，也是合理施肥的关键时刻，必须保证有适当的养料供应，才能提高产量和品质。当然，也不可忽视农作物吸收养分的连续性。

(2)农作物吸收养分的方式。农作物主要通过根部吸收养分，也可以通过叶面的表皮和气孔吸收离子和某些简单的分子。

①根部营养：根吸收养分的主要部位在根毛区及伸长区，事实上矿质营养的旺盛吸收部位比水分的旺盛吸收部位更接近根尖。因此，在对农作物进行施肥时，应当尽量施于农作物根系分布较集中的地方。

②根外营养：农作物除了通过根部吸收养分外，叶部也能吸收养分，并具有直接供给所吸收的养分，防止养分在土壤中被固定和转化，吸收速度快，能及时补充作物需要等优点，因而叶部营养是

经济有效的营养方式。除了叶部吸收养分外，茎部也可吸收养分。如树的茎干注射法和打洞埋藏法施肥，就是利用茎部对养分的吸收特性。

(3)影响农作物对养分吸收的外界因素。影响农作物对养分吸收的外界因素主要有光照、温度、通气状态、土壤溶液反应、养分浓度、离子间相互作用及水分等。分述如下。

①光照：如光照充足，则作物光合作用强，光合产物较多。农作物呼吸作用的原料——糖是光合作用的产物，如呼吸作用正常，产生的能量多，则作物吸收养分的能力强，吸收养分较多。在光照不足的山垄田、背阴田，作物吸收养分的能力下降。

②温度：在一定温度范围内，如温度增加，则呼吸作用加强，植物吸收养分的能力也随着增加。但低温时，作物的代谢作用较缓慢，而在高温时易引起体内酶的变性，从而影响作物对养分的吸收。每一种作物都具有吸收养分的最适温度范围，如水稻适宜水温为30~32℃，其他作物最适根际土温为：大麦18℃、棉花28~30℃、烟草22℃、玉米25~35℃、马铃薯20℃。

③通气状态：通气有利于有氧呼吸作用，可增强根部吸收养分的能力。土壤通气不良，吸收养分少，甚至根部还会外渗养分。所以施肥要结合中耕除草，以促进作物吸收养分。

④土壤溶液反应：土壤溶液反应会影响根细胞表面的电荷，常影响农作物对养料的吸收。在酸性反应中，农作物更易吸收阴离子；在碱性反应中，则易于吸收阳离子。土壤反应直接影响土壤微生物的活动和土壤中矿物质的溶解和沉淀，因而间接地影响了土壤中有效养料的多寡。

⑤养分浓度：只有当营养成分的浓度适宜时，才有利于农作物吸收。如养分浓度偏低，则吸收速度慢；而养分浓度太高，则会对农作物根系造成伤害，也影响养分吸收。因此，每一种农作物都有一个适宜的养分吸收浓度范围，在这个范围内，适当提高养分浓度有利于吸收营养。

⑥离子间相互作用：离子间有的有拮抗作用，有的有协助作

用。所谓拮抗作用，是指某一种离子的存在能够抑制另一种离子的吸收。相反，某一种离子的存在能够促进另一种离子的吸收，称为离子间的协助作用。离子间的拮抗作用主要表现在阳离子和阳离子之间，当然阴离子之间也有拮抗作用，如 K^+ 、 Cs^+ 和 Rb^+ 彼此间有拮抗作用， NH_4^+ 对 Cs^+ ， Ca^{2+} 对 Mg^{2+} ， K^+ 对 Fe^{2+} ； Cl^- 与 Br^- 之间， $H_2PO_4^-$ 、 NO_3^- 和 Cl^- 之间都有不同程度的拮抗作用。离子间也存在协助作用，如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 能促进 K^+ 、 Rb^+ 、 Br^+ 离子吸收， NO_3^- 、 $H_2PO_4^-$ 和 SO_4^{2-} 均能促进阳离子吸收。

⑦水分：一方面，水分可以加速肥料的溶解和有机肥料的矿化，促进养分释放，有利农作物吸收养分。另一方面，水分可以稀释土壤中养分的浓度，并加速养分的流失。

(二) 营养元素对农作物的作用

1. 大量营养元素对农作物生长发育的作用

植物必需的大量营养元素，包括碳、氢、氧、氮、磷、钾 6 种。它们在植物生长发育过程中起着十分重要的生理作用。

(1)碳、氢、氧。它们是植物体内各种重要有机化合物的组成元素，如碳水化合物、蛋白质、脂肪和有机酸等；植物光合作用的产物——糖，是由碳、氢、氧构成的，而糖是植物呼吸作用和体内一系列代谢作用的基础物质，也是代谢作用所需能量的原料；氢和氧在植物体的生物氧化还原过程中也起着很重要的作用。

(2)氮。蛋白质和核酸中都含有氮素，而蛋白质又是构成原生质的基本物质。氮是叶绿素的组成成分。叶绿素是高等绿色植物进行光合作用不可缺少的物质；氮也是植物体内许多酶的成分。酶是一种催化剂，如同发面时用的“起子”一样，能控制体内各种生物化学反应的过程；一些维生素和生物碱中也含有氮素。

(3)磷。磷是细胞核和核酸的组成成分。核酸在植物生活和遗传过程中有特殊作用。磷脂中含有磷，而磷脂是生物膜的重要组成部分。腺三磷成分中有磷酸，而腺三磷是植物体内能量的“中转

站”，积极参与能量代谢作用。磷是植物体内各项代谢过程的参与者，如参与碳水化合物的运输，蔗糖、淀粉及多糖类化合物的合成。磷还具有提高植物抗旱、抗寒等抗逆性和适应外界环境条件的能力。

(4)钾。钾是光合作用中多种酶的活化剂，能提高酶的活性，因而能促进光合作用。钾能提高植物对氮素的吸收和利用，有利于蛋白质的合成。钾具有控制气孔开、闭的功能，有利于植物经济用水。钾能促进碳水化合物的代谢，并加速同化产物向贮藏器官中运输。钾还能增强植物的抗逆性，如抗旱、抗病等。

作为肥料三要素的氮、磷、钾，是首先应该充分供应的养分。要发挥其他养分的作用，也需在氮、磷、钾充足的基础上才有可能。由此可见，施用氮、磷、钾肥的重要性。

2. 中量营养元素对农作物生长发育的作用

植物必需的中量营养元素包括钙、镁、硫3种。它们在植物生长发育过程中也起着十分重要的生理作用。

(1)钙。钙是质膜的重要组成成分，具有防止细胞液外渗和早衰的作用；钙又是构成细胞壁不可缺少的物质。缺钙时，会影响细胞的分裂和新细胞的形成。钙是某些酶的活化剂，例如淀粉酶。钙有中和酸性和解毒的作用，如草酸钙的形成，对细胞的渗透调节十分重要。

(2)镁。镁是叶绿素的组成成分，缺镁时植物合成叶绿素受阻；镁是糖代谢过程中许多酶的活化剂。镁还能促进磷酸盐在体内的运转。它参与脂肪的代谢和促进维生素A和维生素C的合成。

(3)硫。有3种氨基酸中含有硫，因而它是蛋白质的成分。缺硫时蛋白质形成受阻。在一些酶中也含有硫，如脂肪酶、脲酶都是含硫的酶。硫能提高豆科作物的固氮效率。硫参与植物体内的氧化还原过程。硫对叶绿素的形成有一定的影响。

随着农业生产的发展和作物单产的不断提高，植物对中量营养元素的需要量日益增多。由于施用高浓度单质磷肥和复混肥料的数量增加，在一些地区及某些农作物上陆续出现缺乏中量营养元素的

症状。因此，施用含钙、镁、硫的肥料，对于提高作物产量十分必要。

3. 微量营养元素对农作物生长发育的作用

植物所需的微量营养元素共有 7 种，即铁、硼、锰、铜、锌、钼和氯。它们的生理作用可归纳为以下几个方面。

(1) 构成某些酶的成分。大多数微量营养元素都是某些酶的成分。如铁是细胞色素氧化酶、过氧化氢酶的成分，锰是某些脱氢酶、羧化酶、激酶、氧化酶的成分，铜是多种氧化酶的成分，锌是碳酸酐酶的成分，钼是硝酸还原酶的成分。

(2) 参与体内碳氮代谢。微量营养元素积极参与植物体内碳水化合物和蛋白质的代谢作用。如硼能促进碳水化合物的运输，有利于蛋白质的合成，并能促进籽粒的受精作用；锰能促进氨基酸合成肽，有利于蛋白质合成，也能促进肽水解生成氨基酸，并运往新生的组织和器官；锌与碳水化合物的转化有关，也能促进蛋白质的合成；铜对氨基酸活化及蛋白质合成有促进作用；钼能促进豆科作物固氮。

(3) 与叶绿素合成及稳定性有关。铁是合成叶绿素时所必需的元素。植物缺铁会导致叶绿体结构被破坏。锰直接参与光合作用过程中水的光解。叶绿体中含有较多的铜，它不仅与叶绿素合成有关，而且能提高叶绿素稳定性，避免叶绿素过早地被破坏。

(4) 参与体内的氧化还原反应。铁与有机化合物结合后，能提高其氧化还原能力，以调节体内氧化还原状况。铜是植物体内很多氧化酶的成分，它以酶的方式积极参与体内氧化还原反应。锰参与氧化还原反应，影响硝酸还原作用。

(5) 促进生物固氮。钼能促进豆科作物固氮。豆科作物缺钼表现为根瘤发育不良，根瘤少且小，从而降低固氮能力。铜对共生固氮作用也有影响。当植物缺铜时，根瘤内的末端氧化酶的活性降低，导致固氮能力下降。

(6) 促进生殖器官的发育。硼对农作物生殖器官的发育有着特殊的作用。它能刺激植物花粉的发育和花粉管的伸长，有利于籽粒

受精。甘蓝型油菜的“花而不实”，棉花的“蕾而不花”，小麦的“穗而不实”，花生的“有壳无仁”以及果树的坐果率低、果实畸形，都是缺硼的表现。

总之，尽管农作物对微量营养元素的需要量很少，但它们所起的生理作用却很重要。目前全国缺乏微量元素的农田面积有逐年增加的趋势。微肥的合理施用尚未引起广大农民足够的重视。从养分平衡和平衡施肥的角度来看，合理施用微肥将是进一步提高作物产量的重要措施。

植物所需的16种必需营养元素，在植物生长发育过程中具有同等重要和不可代替的关系。尽管植物体内各种营养元素的含量差异很大，但它们各自担负的营养生理作用却是独特的，相互之间是不可代替的。因此，对于农作物来讲，各种营养元素是同等重要和不可代替的。例如，不能认为植物体内含量多的氮、磷、钾重要，而含量少的微量营养元素就不重要；也不能用多施氮肥来代替磷、钾肥。同样的道理，也不能因为施用了氮、磷、钾肥料，就不需要施用微量元素肥料了。应该认识到，这是指导合理施肥，实现作物高产、优质、高效综合目标的一个基本原则。

二、合理施肥的原则与方法

(一) 合理施肥的原则

1. 养分平衡施用

只有充分满足植物生长发育所需一切营养元素及其合理配比，才能获得高产优质的产品 and 最佳的经济效益。平衡施肥，就是根据作物的营养特性和产量品质目标，制定和实施用肥种类、数量等施肥方案，以获得最佳的生长量、产量和品质。当作物所需某种营养元素的数量达不到要求时，生长发育就会受到影响，产量和品质就会降低。由于目前多数种植者缺乏检测设施和必要手段，在满足施用大量、微量元素的化学肥料的同时，应配合施用适量有机肥，以供给植物全面的养分。

2. 实行有机肥与化肥配合施用

有机肥和化肥各具优缺点。有机肥养分比较全面，肥效长，能改良土壤，但养分浓度低、肥效慢。化肥则养分浓度高、肥效快，但肥效短，改良土壤的作用小，如使用不当则有破坏土壤理化性质的可能。由于化肥的使用较简便易行，且直观效果好，故很多种植者只顾单一使用，却忽视了有机肥的使用和植物残枝落叶归还田地，造成农产品品质低劣，土壤理化性状恶化。

3. 合适的肥料投入获得适宜的产量和最佳的经济效益

在一定的施肥量范围内，农作物随着施肥量的增加产量相应提高，产出与投入的比率亦随之提高；但超过适宜的施肥量后，随着施肥量的增加，产量增幅不大甚至会减产，产出与投入的比率则随