

粮 棉 卷

中国农村百页丛书

作物营养与

ZHONGGUONONGCUNBAIYECONGSHU

合理施肥技术

张漱茗 编著
刘毅志



济南出版社

中国农村百页丛书

(粮棉卷)

作物营养与合理施肥技术

张漱茗 刘毅志 编著

济南出版社

开本:787×1092毫米 1/32

1992年3月第1版

印张:3.5

1992年3月第1次印刷

字数:60千字

印数1—15200册

ISBN 7-80572-524-1/S·9

定价:1.20元

(如有倒页、缺页、白页直接到印刷厂调换)

《中国农村百页丛书》

编委会

主 任 姜春云

副 主 任 王建功

编 委	王渭田	何宗贵	谢玉堂
	徐世甫	周训德	王伯祥
	孙立义	杨庆蔚	胡安夫
	蔺善宝	阎世海	徐士高
	冯登善	马道生	张万湖
	王大海	李仲孚	肖开富

本书作者 张漱茗 刘毅志
(山东省农科院土肥所)

责任编辑 于 干

前 言

党的十三届八中全会决定指出：“农民和农村问题始终是中国革命和建设的根本问题。没有农村的稳定和全面进步，就不可能有整个社会的稳定 and 全面进步；没有农民的小康，就不可能有全国人民的小康；没有农业现代化，就不可能有整个国民经济的现代化。”努力做好农业和农村工作，对于推进整个国民经济的发展，巩固工农联盟，加强人民民主专政，抵御和平演变，具有重大意义。

进一步加强农业和农村工作，最重要的是稳定和完善党在农村的基本政策，继续深化农村改革，坚持实行以家庭联产承包为主的责任制，建立统分结合的双层经营体制和政策。同时要牢固树立科学技术是第一生产力的马克思主义观点，把农业发展转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。把适用的先进技术送到农村，普及到千家万户，使科技成果尽快转化为现实生产力。现代科学技术在农业上的应用极其广泛。例如，我国每年大约可培育出100个各种农作物新品种，使用这些新品种，可使作物增产10%左右；在作物栽培方面，采用模式栽培技术和地膜覆盖技术等，可使作物产量增加10~60%；采用配方施肥技术，可提高化肥利用率10%左右；目前，病虫害对我国农作物造成的损失约占水稻总产量的10%，棉花总产量的20%，果品总产量的40%，若科学采用病

4300

虫害防治办法,可望挽回损失 10~20%。这些数据清楚说明,在我国农村依靠科技进步、推广新品种、新技术、新经验的巨大潜力。

为了贯彻落实党的十三届八中全会精神,进一步推动农村经济的发展,我们隆重推出了《中国农村百页丛书》。该套丛书已列入“八五”期间国家重点出版计划。它以“短、平、快”的方式,介绍当今国内农、副、渔业方面的最新技术、最新品种,它以简明通俗的语言,告诉农民“什么问题,应该怎么办”。例如,玉米怎样高产,西瓜如何栽培,怎样防治鸡病,怎样种桑养蚕,怎样盖好民房,如何设计庭院,怎样搞好农村文化生活,怎样建设五好家庭;同时介绍农村适用的法律知识、富民政策和生活知识。这套丛书内容全面,实用性强,系列配套,共分为粮棉卷、蔬菜卷、果树卷、桑蚕卷、林业卷、渔业卷、禽畜卷、生活卷和文化卷,每卷包含若干分册,每分册百页左右,定价均为 1.20 元。这套丛书以服务于广大农村读者为宗旨,凡有初中文化程度的农村读者,一读就懂,懂了就会做。

我们希望这套崭新的丛书,能为全面发展农村经济,使广大农民的生活从温饱达到小康水平,逐步实现物质生活比较丰裕,精神生活比较充实,居住环境改善,健康水平提高,公益事业发展,社会治安良好的农业和农村工作的目标,为建设有中国特色的社会主义新农村做出贡献。

编委会

1991 年 10 月

目 录

一、作物营养.....	(1)
(一) 作物体内有机物质	(1)
(二) 作物必需的营养元素	(6)
(三) 作物对养分的吸收	(8)
(四) 主要营养元素的生理作用.....	(15)
二、施肥原理	(31)
(一) 养分归还学说.....	(31)
(二) 最小养分律与同等重要律.....	(31)
(三) 报酬递减律.....	(36)
(四) 综合因素作用律.....	(38)
三、配方施肥技术	(43)
(一) 配方施肥中施肥量的确定.....	(44)
(二) 配方施肥中的合理施肥.....	(50)
(三) 配方施肥中施肥时期的确定.....	(57)
(四) 合理施肥的应用.....	(58)
四、主要作物施肥技术	(61)
(一) 小麦施肥.....	(61)
(二) 水稻施肥.....	(69)
(三) 玉米施肥.....	(74)
(四) 甘薯施肥.....	(81)

(五) 棉花施肥	(87)
(六) 花生施肥	(93)
(七) 大豆施肥	(97)
(八) 谷子施肥	(102)

一、作物营养

(一) 作物体内有机物质

作物从周围环境中吸收水分、无机营养元素，在光能作用下，在体内合成复杂的有机物质。这些物质的一部分在呼吸过程中被消耗掉，而大部分转化并形成作物的细胞、组织和器官，也有一些以种子或块根（茎）等形式被贮藏起来。作物体内有机物的含量占总干重的 90~95%，它们不断地进行着分解与合成的物质转化过程，不仅供给作物本身生长发育的需要，而且供养了动物和微生物，并为人类提供了生活所必需的粮、棉、油、果、菜等。

1. 主要有机物

作物体内的有机物主要是碳水化合物、蛋白质和脂肪，这 3 类物质都是光合作用的直接或间接产物，是农产品的主要成分，在作物的生命活动中具有重要作用。

(1) 碳水化合物：碳水化合物由碳、氢、氧 3 种元素组成，是作物体内分布最广、数量最多的有机物，含量占干物量的一半以上。谷物杂粮中的淀粉，甘蔗、甜菜、水果中的糖，棉花、麻类等纤维中的纤维素等，都由碳水化合物所组成。碳水化合物的种类繁多，可分为单糖、双糖和多糖 3 类。

①单糖：以葡萄糖、果糖、核糖、脱氧核糖最为常见和

重要。葡萄糖是经常被利用的呼吸底物，也是构成淀粉、纤维素的基础，还可以形成糖苷。游离的葡萄糖广泛存在于植物体内，也常与果糖、蔗糖同时存在。

②双糖：在作物体内最重要的双糖是蔗糖和麦芽糖。蔗糖由一份葡萄糖和一份果糖缩合而成，是作物生命活动中碳水化合物在体内运转的主要形式，在甘蔗和甜菜中含量最多。

③多糖：淀粉和纤维素是作物体内最重要的多糖。淀粉有直链淀粉和支链淀粉两种，其中支链淀粉粘性大、有香味。在作物体内淀粉常以淀粉粒的形态存在，淀粉粒中除含淀粉外，也含有磷和其他营养元素。禾谷类作物的种子、薯类作物的块根和块茎中均含有大量淀粉。纤维素是细胞壁的主要成分。绿色植物体内的碳水化合物大部分是纤维素，据统计，植物同化的二氧化碳（ CO_2 ）约有 $1/3$ 用于形成纤维素。因而纤维素也是地球上数量最多的有机物（见表 1）。

表 1 淀粉种子的化学成分（%）

作物	糖	脂肪	蛋白质
小麦	72	1.4	12
水稻	73	2.0	10
玉米	76	4.0	8
谷子	76	2.0	10
高粱	74	4.0	10

(2) 蛋白质：由碳、氢、氧、氮、硫、磷等化学元素组成，是生命活动中最重要的物质基础，它是构成细胞原生质和酶等生命物质的重要组成成分，在生命活动中具有极其重

要的生理功能。作物体内的蛋白质有贮藏蛋白质和结构蛋白质之分，前者是养料贮存，后者是原生质的物质基础。

(3) 脂肪：由碳、氢、氧 3 种元素组成，是作物体中含能量最高的贮藏养料。脂肪的转化和形成与碳水化合物的形成和转化有密切关系。在油料作物种子形成过程中，最初积累的不是脂肪，而是淀粉等碳水化合物，随着种子的成熟，碳水化合物逐渐减少，而脂肪逐渐增加（见表 2）。

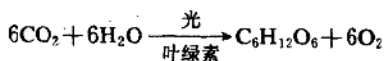
表 2 油料种子的化学成分（%）

作物	碳水化合物	脂肪	蛋白质
芝麻	11	58	22
向日葵	14	51	23
蓖麻	27	51	19
花生	16	46	30
大豆	30	20	39

2. 能量和物质的转化

(1) 能量的转化和利用：作物在生命活动过程中，需要不断消耗能量，主要是在光合作用中，将光能转变为化学能，在呼吸作用中释放能量。

① 光合作用：作物的绿色部分以二氧化碳和水为原料、阳光为动力、叶绿素为机器，进行光合作用合成有机物并贮存能量和放出氧气。其具体过程很复杂，通常用下式表达：



光合作用的本质，就是将二氧化碳合成为有机物，同时将光能转变为化学能。

②呼吸作用：是通过吸收氧气，把由光合作用产生的有机物氧化，分解为二氧化碳和水并释放出能量的过程。呼吸作用中消耗的有机物主要是葡萄糖。通常用下式表示：

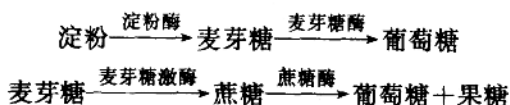


呼吸作用是以产生能量为主的生物氧化过程，其特点是呼吸底物逐步氧化释放能量，放出的能量被利用或暂时贮存。

(2) 作物生长过程中有机物质的转化：作物体内的有机物按其生理功能不同，主要分为结构物质和贮藏物质两大类。其中，结构物质是构成作物机体的有生命物质，是组成原生质的成分，一般很少变动。贮藏物质又称营养物质，是细胞的内含物，分解后可以供给作物生命活动所需的能量或变化结构物质。这些有机物在作物体内是相互依存、相互变化的。

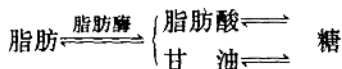
①种子萌发时有机物质的转化：在种子中贮藏的淀粉、脂肪、蛋白质等有机物质，在种子萌发过程中逐步被分解为简单的营养物质，并沿着韧皮部的筛管系统向上或向下运输到生长部位，作为构成新组织或器官的组成成分和产生能量的原料，使种子干重逐步减轻、各种物质不断变化。试验证明，禾谷类作物的种子在萌发后 9 天，胚乳中的淀粉与蛋白质减少 70% 以上，脂肪减少 50% 以上。

碳水化合物的转化：禾谷类作物种子萌发时，在淀粉酶的作用下，淀粉粒逐步水解为麦芽糖，再水解为葡萄糖。其通式为：



脂肪的转化：种子萌发时，在脂肪酶的作用下，脂肪分

解为甘油和脂肪酸，再转化为糖。



蛋白质的转化：在蛋白酶的作用下，种子中贮藏的蛋白质水解为氨基酸。一部分被再利用，组成新的蛋白质和用来形成幼苗的新器官；一部分在脱氨基酶的作用下，进一步分解成氨和不含氮的有机物。这些不含氮有机物经氧化分解为二氧化碳和水。在作物一定的生育阶段或器官中，也可被合成为碳水化合物和脂肪等。

②种子成熟时有机物质的积累：种子成熟时有机物转化的过程，与种子萌发时所进行的分解转化过程正好相反。在种子成熟时，可溶性的糖、氨基酸和无机盐等物质，大量地从茎叶、穗部等器官被运输到种子中并合成淀粉、蛋白质和脂肪等化合物。种子增长过程中物质积累和合成的外观表现是，体积增大，粒重增加，含水量减少。小麦在小花授粉后，种子体积迅速增大，到开花后 30 天达最大值；水分含量自开花后 8 天占 80%，到成熟时降到 22% 左右，与此同时干重迅速增加，到开花后第 35 天达最大值；可溶性糖含量在开花后第 7 天为 46%，接近成熟时下降为 3%；淀粉含量则由 13% 上升为 68%；蛋白质由 12.8% 增加到 14.7%。

油料作物种子以油脂和蛋白质为主要贮藏物质，在物质转化上表现为总糖量的减少和油脂、蛋白质的积累，大量的碳水化合物转化为脂肪。与此同时，氮素以氨基酸的形式，再合成较多的蛋白质并贮存在种子中。

(二) 作物必需的营养元素

作物从种子萌发到结籽成熟的整个生活周期中，除通过光合作用制造有机养料外，还必须从土壤中吸收各种营养物质。不同作物以及同一作物在不同的生长发育阶段，所要求的养分种类、数量、比例都是不同的。根据这些特点，合理施用肥料可以调节营养，提高土壤肥力，夺取丰收。

组成作物体的物质大部分是水。一般新鲜植株含有 75~95% 的水分。若将植株烘干去掉水分，剩下的是干物质。干物质中含有多种化学元素，其中碳 (C) 占 45%、氢 (H) 占 43%、氧 (O) 占 6.5%、氮 (N) 占 2.0%，还有磷、钾、钙、镁等营养元素。干物质燃烧后，碳、氢、氧、氮都变为气体损失，留下来的灰分是多种元素的氧化物。据分析，灰分中所含的元素约有几十种，但这些并不都是作物所必需的。通过溶液培养法已确定，作物所必需的营养元素有：碳、氢、氧、氮、磷、钾、硫、钙、镁、铁、硼、锰、铜、锌、钼、氯等 16 种。这些元素由于在作物体内含量不同又可分为两类：

1. 大量元素

大量元素在作物体内约占干物质重的千分之几到百分之几十。

(1) 碳、氢、氧：碳和氧主要来自空气，即空气中的二氧化碳由气孔进入叶片内部，同根部吸收的水分和养分经过光合作用，合成含有碳、氢、氧 3 种元素的碳水化合物。空气中二氧化碳的浓度大约为 0.03%。试验证明，当空气中二氧化碳的浓度在 0.05~0.15% 的范围内，光合作用强度随二

氧化碳浓度的增加而提高。当二氧化碳浓度超过 0.15% 时，光合作用就开始受到抑制。因此，适当增加空气中二氧化碳的浓度，可以提高作物光合作用的强度，以合成更多的有机物，提高作物产量。在作物高产栽培中，特别是在温室栽培的情况下，实行二氧化碳施肥是很有成效的。

此外，作物根系也能从土壤中吸收二氧化碳和碳酸，其吸收量约占作物吸收总碳量的 20~25%。不同作物或同一作物不同生育期，以及不同的土壤环境和施肥情况，对作物根系吸收二氧化碳均有较大影响。

(2) 氮、磷、钾、硫、钙、镁：这些都属于作物的矿质营养元素，主要是作物通过根系从土壤中吸收来的，其中氮、磷、钾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，通过根茬形式归还给土壤的数量有限，需要通过施肥来补充。因此，氮、磷、钾又被称为“肥料三要素”。

2. 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。主要有铁、硼、锰、铜、锌、钼和氯等 7 种。

此外，禾本科作物含硅较多，也是这些作物不可缺少的营养元素；钴是豆科作物共生固氮作用所必需。近年来也有文献报导，钠、钒、镍等元素，对某些植物的生长发育有良好影响，甚至也是不可缺少的。随着科学技术的发展和测试手段的改善，将会发现更多的作物所必需的营养元素。

(三) 作物对养分的吸收

在作物所必需的营养元素中，碳和氧主要来自空气；而氮、磷、钾、钙、镁、硫以及微量元素等则来源于土壤。作物吸收养分是一个复杂的过程。各种营养元素主要通过空气营养、根部营养和根外营养过程进入作物体内（图1），并供给生活周期的营养需要。



图1 植物从土壤和空气中吸收的元素

1. 空气营养

叶片从空气中吸收二氧化碳的营养方式叫做空气营养。被吸收的二氧化碳主要用于光合作用并形成光合产物。空气中的二氧化碳浓度一般为0.03%，或300ppm。小麦、玉米等作物的光合强度随

二氧化碳浓度增加而提高，大约在0.09%左右达最适点。在高产栽培中，在供给充足营养的情况下，提高环境中二氧化碳浓度，也是增产的措施之一。

2. 根部营养——作物营养的主要内容

作物通过庞大的根系从土壤中吸收营养元素。根吸收养

分最活跃的部位是根尖以上分生区的根毛区（图2）。根毛是从根表皮细胞中延伸出来的纤细丝状物，数量很多，长度很长。如果将1株小麦的根毛连接起来，其总长度可达20公里，因而根毛的吸收面积很大。为便于施用的肥料被吸收，基肥应深施到根系分布最密集的土层，一般禾本科作物在30厘米左右。此外，根系有向肥性，基肥深施也有促进根系向下生长的作用，以扩大吸收面积和强度。追肥也要根据肥料性质和作物种植情况，施到距根系近的部位，便于被吸收。尤其对磷肥等溶解度小或在土壤中易于被固定而移动性差的肥料，更应注意施肥深度和肥料分布的均匀性。

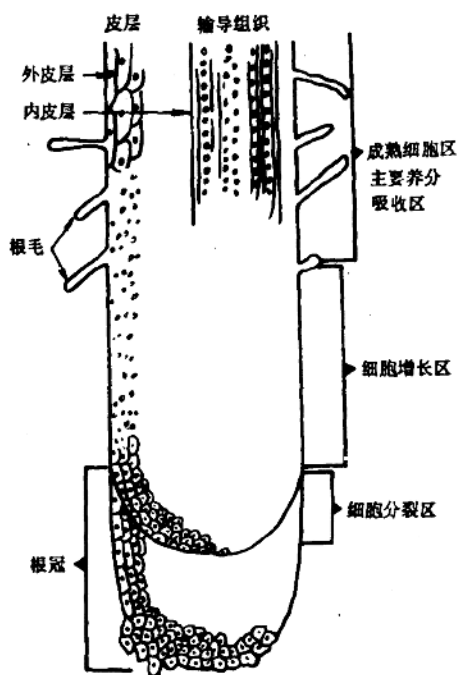


图2 根的解剖

作物根系吸收矿质养分是被水或弱酸溶解的状态，或土