

科学施肥指南

杨佑明 主编



科学技术文献出版社

科学施肥指南

主 编 杨佑明

副主编 李正应 田 丰 熊平华

主要编写人员 (以姓氏笔画为序)

王 焯 田 丰 李正应

邢建华 陈子威 陈自强

杨佑明 殷成章 熊平华

科学技术文献出版社

(京)新登字130号

内 容 简 介

本书从科学施肥的基本原理出发,首先介绍化肥的种类、性质、施用、检验、混施和贮运等方面的知识,然后以作物为中心,分别介绍各种粮食作物、豆科作物、经济作物、果树及蔬菜的科学施肥的实用技术和实践经验。书中吸收了科学施肥的新成果、新技术和新型化肥知识。可供农业技术人员、初中以上文化程度的农民、军地两用人才及农业院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

科学施肥指南/杨佑明主编. —北京:科学技术文献出版社, 1993.12

ISBN 7-5023-2068-7

I. 科…

II. 杨…

III. 施肥—科教读物

IV. S147.2-62

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

北京市燕山联营印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1993年12月第1版 1997年12月第2次印刷

787×1092毫米 32开本 12.75印张 274千字

印数:2001—7000册

定价:14.30元

前 言

肥料是作物的粮食。大量科学试验和农业生产实践都证明，科学施肥不仅能提高作物产量，改善产品品质，增加经济效益，还能维持和提高土壤肥力。据联合国粮农组织(FAO)以及各国专家估计，当今谷物总增产量中30—60%应归功于化肥。

施肥是农业生产中普遍重视的一项增产增收措施。进入90年代以来，我国每年施用化肥的数量超过970亿kg（折合有效养分量235亿kg），平均每亩施化肥64kg左右。是不是只要施肥就能增产增收呢？实际生产中，同样数量的化肥增产效果大不一样。施用合理，每千克养分增产粮食10kg以上，经济收益高。用得不好，每千克养分增产粮食不到5kg，甚至施了化肥不能增产，更谈不上增收。施肥不增产或增产不增收的主要原因有：盲目加大施肥量尤其是氮肥用量，氮、磷、钾等元素的配合施用比例不协调、施肥的时期和方法不当，以及各次施肥之间的数量分配不合理等。这些问题不但影响了肥料发挥增产作用和经济效益，还会造成土壤地力消耗、土壤结构破坏和环境污染等负作用。

施肥中的不科学不合理现象，反映了科学施肥知识普及不够的问题。近年来，许多农村干部、农业技术人员以及广大农民，迫切希望提高针对具体作物生产实际的科学施肥水平。为此，我们组织全国一些高等农业院校和科研单位的人

员编写了《科学施肥指南》一书。

本书最鲜明的特点是，以作物为中心来介绍不同作物及其栽培类型的施肥技术。第一章至第三章介绍了科学施肥的基本原理和依据，化肥的种类、性质和施用方法，化肥的检验、混施和贮运，根据配方施肥的原则和方法确定施肥量，以及施肥时期和方法等。第四章至第八章着重介绍根据不同作物及其栽培类型的需肥特性、生育特点、产量水平、所处的土壤和气候条件、作物生长的实际状况，确定肥料的施用种类和用量、施用时期和方法。

在本书编写过程中，力求体现科学性、实用性和先进性，既介绍了科学施肥的理论和知识，又联系实际谈科学施肥的实用技术和实践经验，还吸收了科学施肥的新技术和新型化肥的知识。要说明的是，本书注重实用性，介绍了一般情况下施肥的种类、数量、时期和方法。科学施肥的本质就是根据具体情况施肥。情况变了，施肥的种类、数量和时间等就要适当调整。

本书面向农业技术人员和初中以上文化程度的农民，也可供各级农业院校师生参考。

本书在编写过程中得到许多前辈专家的热情关怀和指导，参考了大量文献，恕难一一列举，谨致诚挚的感谢。

囿于种种原因，书中难免有疏漏和不当之处，敬请批评指正。

目 录

第一章 科学施肥的基本原理和依据	(1)
第一节 植物的养分需要.....	(1)
第二节 科学施肥的基本原理.....	(18)
第三节 科学施肥的依据.....	(23)
第二章 化肥的种类、性质和施用	(36)
第一节 氮肥.....	(36)
第二节 磷肥.....	(54)
第三节 钾肥.....	(63)
第四节 多元肥料.....	(68)
第五节 其它元素肥料.....	(78)
第六节 化肥的检验、混施和贮运.....	(89)
第三章 施肥技术	(97)
第一节 施肥计划的制订.....	(97)
第二节 施肥方法.....	(103)
第四章 粮食作物施肥	(114)
第一节 水稻施肥.....	(114)
第二节 小麦施肥.....	(131)
第三节 大麦(青稞)施肥.....	(142)
第四节 玉米施肥.....	(146)
第五节 高粱施肥.....	(154)
第六节 谷子(粟)施肥.....	(157)

第七节	甘薯施肥	(160)
第八节	马铃薯施肥	(163)
第五章	豆科作物施肥	(167)
第一节	大豆施肥	(167)
第二节	花生施肥	(181)
第三节	绿豆施肥	(185)
第四节	蚕豆(胡豆)施肥	(187)
第五节	豌豆施肥	(189)
第六章	经济作物施肥	(191)
第一节	棉花施肥	(191)
第二节	苧麻施肥	(200)
第三节	黄麻施肥	(206)
第四节	红麻施肥	(209)
第五节	亚麻(胡麻)施肥	(210)
第六节	油菜施肥	(213)
第七节	芝麻施肥	(220)
第八节	向日葵施肥	(223)
第九节	甘蔗施肥	(225)
第十节	甜菜施肥	(231)
第十一节	烟草施肥	(234)
第十二节	茶树施肥	(244)
第十三节	咖啡施肥	(248)
第十四节	啤酒花施肥	(251)
第十五节	胡椒施肥	(253)
第十六节	椰子施肥	(256)
第七章	果树施肥	(259)

第一节	落叶果树施肥·····	(259)
第二节	常绿果树施肥·····	(310)
第八章	蔬菜施肥·····	(334)
第一节	白菜类蔬菜施肥·····	(334)
第二节	根菜类蔬菜施肥·····	(341)
第三节	葱蒜类蔬菜施肥·····	(344)
第四节	绿叶菜类蔬菜施肥·····	(350)
第五节	茄果类蔬菜施肥·····	(353)
第六节	瓜类蔬菜施肥·····	(367)
第七节	豆类蔬菜施肥·····	(379)
第八节	草莓施肥·····	(384)
附录	·····	(388)
附表 1	不同作物吸收氮、磷、钾养分的大致 数量·····	(388)
附表 2	有机肥三要素含量·····	(390)
附表 3	化肥施用量换算表·····	(394)
主要参考文献	·····	(395)

第一章 科学施肥的基本原理 和依据

第一节 植物的养分需要

一、植物的营养成分

植物的组成极为复杂，一般新鲜植物含有75—95%的水分和5—25%的干物质。在干物质中组成植物有机体的主要元素为碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)，这四种主要元素约占95%以上；另外还包括钙(Ca)、钾(K)、硅(Si)、磷(P)、硫(S)、氯(Cl)、铝(Al)、钠(Na)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、铜(Cu)、硼(B)、钡(Ba)、钼(Mo)、锶(Sr)、钴(Co)、镍(Ni)、钒(V)等几十种元素，随着科学技术的进步和检测手段的改进，在植物体内还将发现更多的元素，然而这几十种元素在植物体内只占1—5%，每一种元素在植物体内的含量，因作物种类和品种、土壤条件、气候因素及栽培管理技术等的不同而异。

在以上的这几十种元素中，有些元素是植物生长发育所必需的，尽管有些含量很低，但缺乏了这些元素，植物的正常生长发育进程就受到干扰和破坏，表现出病态，也就是常说的生理病害。相反有些元素可能是偶然被植物吸收的，甚至在体内有大量积累，但这些元素不一定是植物生长发育所必需的，缺乏这部分元素，植物的生长发育不表现病状。

表1-1 几种作物的主要元素含量(占干物质%)

元 素	小 麦			水 稻		蚕 豆		玉 米 (籽粒、茎秆、 叶、根平均)	马 铃 薯	
	籽粒	茎秆	平均	茎叶	根	穗	籽粒			茎秆
C、H、O合计	91.81	93.98	92.89	—	—	—	92.10	93.12	92.39	94.24
N	2.21	0.67	1.19	1.01	1.28	1.88	4.31	1.54	3.09	1.38
灰 分	1.98	5.35	4.12	—	—	—	3.59	5.34	4.52	3.78
其中: P	0.41	0.11	0.22	0.29	0.28	0.80	0.62	0.14	0.35	0.28
K	0.50	0.61	0.57	0.64	0.05	0.15	1.25	1.91	1.61	1.90
Ca	0.05	0.22	0.16	0.41	0.14	0.04	0.13	1.01	0.61	0.06
Mg	0.15	0.08	0.10	0.12	0.07	0.13	0.15	0.18	0.17	0.11
S	0.17	0.19	0.18	0.29	0.34	0.32	0.27	0.27	0.27	0.08
Fe	—	—	—	0.27	0.77	0.08	—	—	—	—
Si	0.02	1.70	1.08	4.79	0.79	1.14	0.01	0.13	0.10	0.03
Cl	0.01	0.09	0.06	—	—	—	0.07	0.23	0.16	0.13
Mn	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Na	0.03	0.06	0.05	—	—	—	0.02	0.07	0.05	0.08
其它	0.64	2.29	1.70	—	—	—	1.07	1.40	1.20	1.11

确定植物生长发育必需元素的最常用方法为营养液培养法。在培养液系统中有意识地减去某一种或某些元素，如果植物生长发育正常，则说明被减去的这种或这些元素不是植物生长发育所必需的元素；相反，如果植物的生长发育受到干扰和破坏，表现出异常现象，则说明被减去的这种或这些元素就是植物生长发育所必需的元素。必需元素必须具备三个条件：完成生活周期不可缺少的；缺少时呈现专一的缺乏症，唯有补充后才能得到恢复和预防；在营养上具有直接作用效果。到目前为止，已经确定了16种元素为植物必需营养元素（如表1-2所示）。

表1-2 植物营养元素•

营 养 元 素	高等植物	藻 类	真 菌	细 菌
碳(C)	+	+	+	+
氢(H)	+	+	+	+
氧(O)	+	+	+	+
氮(N)	+	+	+	+
磷(P)	+	+	+	+
钾(K)	+	+	+	+
钙(Ca)	+	+	±	±
硫(S)	+	+	+	+
氯(Cl)	+	+	-	±
铁(Fe)	+	+	+	+
镁(Mg)	+	+	+	+
硼(B)	+	±	-	-
锰(Mn)	+	+	+	+
锌(Zn)	+	+	+	+
铜(Cu)	+	+	+	+
钼(Mo)	+	+	+	±
钠(Na)	±	±	-	±

续表

营 养 元 素	高等植物	藻 类	真 菌	细 菌
硒(Se)	±	—	—	—
硅(Si)	±	±	—	—
钴(Co)	—	±	—	±
碘(I)	—	±	—	—
钒(V)	—	±	—	—

●(+)表示必需, (±)表示部分植物必需, (—)表示不必需。

表中所列的钠、硅、钴是部分高等植物所必需的元素, 如钠为盐生草 (*Halogeton glomeratus*) 和囊滨藜 (*Atriplex Vesicaria*) 等植物所必需; 硅是水稻生长发育所必需的元素; 硒为黄芪类 (*Astragalus* sp.) 植物所必需; 另外, 钴为豆科植物共生固氮时所必需, 如供给铵态氮或硝态氮, 则不需要钴元素。

在高等植物所必需的16种元素中, 植物体内的含量差异极大。依据其在植物体内的含量可分为大量元素和微量元素, 大量元素的含量常占干物质的0.1%以上, 即在1000ppm以上; 而微量元素的含量常占干物质的0.1%以下(如表1-3)。

二、作物部分营养元素的主要生理功能

作物必需的每一种元素都具有其特殊的生理功能, 表1-4和1-5介绍部分营养元素的主要生理功能及缺乏和过剩的一般症状。

三、植物对养分的吸收

(一) 根部营养

1. 根的构造及主要吸收部位

植物地下部分所有根的总称为根系。根系有直根系和

表1 3 高等植物必需的营养元素及其适合的浓度

营 养 元 素		有 效 形 态	在干组织中的含量	
			百分率 (%)	ppm
大 量 元 素	碳(C)	CO ₂	45	450000
	氧(O)	O ₂ , H ₂ O	45	450000
	氢(H)	H ₂ O	6	60000
	氮(N)	NO ₃ ⁻ .NH ₄ ⁺	1.5	15000
	钾(K)	K ⁺	1.0	10000
	钙(Ca)	Ca ²⁺	0.5	5000
	镁(Mg)	Mg ²⁺	0.2	2000
	磷(P)	H ₂ PO ₄ ⁻ .HPO ₄ ⁼	0.2	2000
	硫(S)	SO ₄ ²⁻	0.1	1000
微 量 元 素	氯(Cl)	Cl ⁻	0.01	100
	铁(Fe)	Fe ²⁺	0.01	100
	锰(Mn)	Mn ²⁺	0.005	50
	硼(B)	BO ₃ ³⁻	0.002	20
	锌(Zn)	Zn ²⁺	0.002	20
	铜(Cu)	Cu ²⁺ , Cu ⁺	0.0006	6
	钼(Mo)	MoO ₄ ⁼	0.00001	0.1

须根系之分，直根系分布较深，有明显的直根和各级侧根，双子叶植物常具有直根系。须根系分布较浅，没有明显的主、侧根之分，主要由不定根组成，单子叶植物常具须根系。

无论是主根、侧根还是不定根，其尖端在根毛生长处及以下的一段称为根尖，从顶端依次可分为根冠、分生区、伸长区和根毛区四个部分。根的主要吸收部分在根毛区及伸长区，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，在对作物进行施肥时，应尽量施于作物根系分布较集中的地方。

表1-4 一般作物必需营养元素的主要生理作用

营养元素	主要生理作用概述
碳、氢、氧 (C、H、O)	作物在光能的参与下进行光合作用时用碳氢氧制造碳水化合物——糖类。糖进一步形成复杂的淀粉、纤维以及转化为蛋白质、脂肪等重要化合物。氧和氢在作物体内生物氧化还原过程中也起着很重要的作用
氮(N)	氮是构成蛋白质的主要元素，而蛋白质又是细胞原生质组成中的基本物质。氮也是叶绿素、酶（生物催化剂）以及核酸、维生素、生物碱等的主要成分
磷(P)	磷是核酸及核苷酸的组成部分，是组成原生质和细胞核的主要成分。核苷酸及其衍生物是作物体内有机物质转变与能量转变的参与者。作物体内很多磷脂类化合物（磷的一种贮藏形态）和许多酶分子中都含有磷，它对作物的代谢过程有重要的影响
钾(K)	钾能调节原生质的胶体状态和提高光合作用的强度，与作物体内糖类的形成和运输有密切关系，对作物的氮代谢也有良好的影响。钾还能增强作物的抗逆力，减轻病害，防止倒伏
钙(Ca)	钙对于作物体内碳水化合物和含氮物质代谢作用有一定的影响，能消除一些离子（如铍、氢、铝、钠）对作物的毒害作用。钙主要呈果胶酸钙的形态存在于细胞壁的中层，能增强作物对病虫害的抵抗力
镁(Mg)	镁是叶绿素和植酸盐（磷酸的贮藏形态）的成分，能促进磷酸酶和葡萄糖转化酶的活化，有利于单糖的转化，因而在碳水化合物代谢过程中起着很重要的作用
硫(S)	硫是构成蛋白质和酶的主要成分。维生素B ₁ 分子中的硫对促进植物根系的生长有良好的作用。硫还参与植物体内的氧化还原作用
铁(Fe)	铁是叶绿素形成不可缺少的条件，直接或间接地参与叶绿体蛋白质的形成。作物体内许多呼吸酶都含有铁，铁能促进作物呼吸，加速生理的氧化

续表

营养元素	主要生理作用概述
硼(B)	硼对根、茎等器官的生长、幼小的分生组织的发育以及作物的开花结实均有一定的作用。硼能加速作物体内碳水化合物运输,促进作物体内氮素的代谢。硼能增强作物的光合作用,改善作物体内有机物的供应和分配。硼能增强豆科作物根瘤菌的活动,提高其固氮能力,还能增强作物的抗病能力
锰(Mn)	锰是酶的活化剂,对作物的光合、呼吸以及硝酸还原作用都有密切的关系。锰与叶绿素的形成也有一定的关系
铜(Cu)	铜是作物体内各种氧化酶活化基的核心元素,在催化作物体内氧化还原反应方面起着重要作用。铜能促进叶绿素的形成。含铜酶与蛋白质的合成有关
锌(Zn)	锌是作物体内碳酸酐酶的成分,能促进碳酸分解过程,与作物光合、呼吸以及碳水化合物的合成、运转等过程有关。锌能保持作物体内正常的氧化还原势,对于作物体内某些酶具有一定的活化作用。作物体内生长素的形成与锌有关
钼(Mo)	钼是作物体内硝酸还原酶的成分,参与硝酸态氮的还原过程。钼还能提高根瘤菌和固氮菌的固氮能力
氯(Cl)	氯在叶绿体内光合反应中起着不可缺少的辅助酶的作用。在细胞遭破坏、正常的叶绿体光合作用受到影响时,它能使叶绿体的光合反应活化
钴(Co)	钴与种子中某些水解酶和作物体内某些酶的活化有关。钴能防止吡啶乙酸的破坏,与促进细胞生长有关。钴对有效能源ATP合成反应的某一阶段有促进作用,对花粉的发芽、生长和呼吸有显著的促进作用,对豆科作物的固氮起一定的作用

表1-5 作物营养元素缺乏和过剩的一般症状

元 素	缺 乏 症 状	过 剩 症 状
氮(N)	1. 植株全体绿色显著减退成淡黄色。 2. 植物生长变矮，分蘖减少 3. 根的发展细长，瘦弱 4. 籽实减少，品质变坏	1. 叶呈深绿色，多汁而柔软，对病虫害及冷害的抵抗能力减弱 2. 茎伸长，分蘖增加，抗倒伏性降低 3. 根的伸长虽然旺盛，但细胞少 4. 籽实成熟推迟，果实着色不良
磷(P)	1. 缺乏症一般发生在下位叶，而后扩展到上位叶 2. 叶变窄，色暗绿，绿红、赤绿、青绿或紫色 3. 着色数减少，开花结实延迟 4. 根毛粗大而发育不良，分蘖明显减少或不分蘖	1. 一般不出现过剩症 2. 营养生长停止，过分早熟，导致低产 3. 大量施用磷肥，将诱发锌、铁、镁的缺乏症
钾(K)	1. 因钾易于移动，缺乏症首先发生在老叶 2. 新叶和老叶的中心部呈暗绿色，叶的尖端和叶缘部分黄化，坏死，与健全部分的界限明显，类似胡麻斑病 3. 叶片褶皱弯曲 4. 只在主根附近形成根，侧向生长受到限制	1. 虽然和氮一样可以过量吸收，但难以出现过剩症 2. 土壤中钾过剩时，抑制了镁、钙的吸收，促使出现镁、钙的缺乏症
钙(Ca)	1. 因为在体内难以移动，缺乏症出现在生长点 2. 因为生长组织发育不健全，芽的先端枯死，细根少而短粗 3. 籽实不饱满，妨碍成熟 4. 缺钙时番茄出现脐腐病，芹菜、白菜出现心腐病	1. 不出现钙过剩症 2. 大量施用石灰则抑制镁、钾和磷的吸收 3. pH高时，锰、硼、铁等的溶解性降低，助长这些元素缺乏症发生

续表

元 素	缺 乏 症 状	过 剩 症 状
镁(Mg)	1.妨碍叶绿素的形成,叶脉间黄化,禾本科植物呈条状,阔叶植物呈网状黄化 2.黄化部分不发生坏死 3.单独施钾则助长镁的缺乏	土壤中Mg/Ca比高时,作物生长受到阻碍
硫(S)	1.在我国北方天然供给量高,加之施用硫酸根肥料,很难出现缺硫症,南方某些土壤可见缺乏症状 2.幼叶落黄,窄小,植株矮小,茎韧性低,结实率低	1.没有看到植物自身的过剩症 2.大量施用硫酸根肥料导致土壤酸化 3.老朽化水田是由于发生 H_2S 4.近年来作为烟害的一个因素,出现了亚硫酸气体的毒害
钼(Mo)	1.叶的中脉残存呈鞭状 2.叶脉间黄化 3.叶片上产生大的黄斑 4.叶卷曲成杯状 5.因植物体矮生化而呈各种形状	1.植物一般不发生钼过剩症 2.叶片出现失绿 3.马铃薯的幼株呈赤黄色,番茄呈金黄色
铜(Cu)	1.麦类叶片黄白化,变褐,穗部因萎缩不能从剑叶里完全抽出,结实不好(新开地病) 2.缺铜使果树枝条枯萎,嫩枝上发生水肿状的斑点,叶片上出现黄斑	1.主根的伸长受阻,分枝根短小 2.铜过剩引起缺铁 3.生育不良,叶片失绿
氯(Cl)	1.叶尖枯萎,叶片失绿,进而发展成青铜色的坏死 2.大田极少看到氯的缺乏症状	盐害不是由于吸收了过量的氯,而是盐分浓度障碍