

平衡施肥技术丛书

PINGHENG SHIFEI JISHU CONGSHU

经济作物施肥

邹国元 吴玉光 编



化学工业出版社

应用化学与“三农”读物出版中心



平衡施肥技术丛书

经济作物施肥

邹国元 吴玉光 编

化学工业出版社

应用化学与“三农”读物出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

经济作物施肥/邹国元, 吴玉光编. —北京: 化学工业出版社, 2001.2
(平衡施肥技术丛书)
ISBN 7-5025-3153-X

I. 经… II. ①邹…②吴… III. 经济作物-施肥
IV. S560.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 03033 号

平衡施肥技术丛书

经济作物施肥

邹国元 吴玉光 编

责任编辑: 徐永文 王蔚霞 汪舵海

责任校对: 李 林

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
应用化学与“三农”读物出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 5 $\frac{3}{4}$ 字数 126 千字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-3153-X/S·89

定 价: 10.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

随着国家种植业结构的调整，经济作物栽培在全国范围内得到进一步的重视。广大农户在追求经济作物高产的同时，更关注其品质的提高，以期获得最佳的经济效益。科学合理的施肥措施是保证作物高产优质的基础。当然，环境问题也是施肥中应该引起注意的重要方面，通过科学合理施肥同样可以起到保护环境的作用。

经济作物的种类很多，范围也很广，本书具体阐述的四类13种经济作物科学施肥问题，基本涵盖了我国广泛栽培的主要经济作物。对于同一种经济作物，其营养规律、施肥原则是大体相同的。但由于品种不同，种植区的气候条件不同，栽培方式不同，经济、技术基础条件不同等因素，各地在施肥措施上应当有所差异，希望读者朋友们在阅读和使用本书时能注意到这个问题。

经济作物的营养与生理、平衡施肥原理及肥料特性等内容构成了本书的第一章，是经济作物施肥的基础知识。其后各章则分别论述各种经济作物的科学施肥问题。全书各章内容独立成文，读者可以在任何一章开始阅读。这也是作者力图使本书做到方便、实用的初衷。

本书是应化学工业出版社之约而编写的，为《平衡施肥技术丛书》中的一本。在编写过程中，我们力图使本书具有通俗易懂、科普性强、实用性好的特点，希望他能对基层农技人员、农村干部及广大种植经济作物的农户有所帮助。本书在成

文过程中得到许多同志的协助，使他能如期与读者见面。其中王丽春对部分书稿进行了录入工作，徐新对全文书稿进行了校对，此外李志宏、庞欣、刘宏斌、方放等同志提供了相关的参考资料与建议。在此一并向他们表示衷心的感谢。由于编者水平有限，不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2000年9月10日

内 容 提 要

《平衡施肥技术丛书》共分六个分册，本书为其中一册，详细介绍了各种经济作物的平衡施肥技术。

本书从平衡施肥的基本原理和肥料的基础知识入手，根据各种经济作物具体需肥特性和养分吸收特点，详细介绍了各自的施肥时间、方法和技术，内容实用，通俗易懂，为农业生产中各种经济作物提高产量，改善品质，节约成本，保护环境提供了有益的借鉴和参考。

本书以广大基层农村科技工作者、农村干部为读者对象，也可供广大农业种植人员阅读和使用。

目 录

第一章 概述	1
第一节 经济作物施肥的原理和依据	1
一、经济作物的营养成分	1
二、经济作物养分吸收特点	2
三、经济作物施肥原理和依据	6
四、营养诊断与施肥	8
第二节 经济作物施肥基本方法	11
一、施肥量的确定	11
二、施肥时期的确定	14
三、经济作物的施肥方式	17
第三节 常用肥料简介	18
一、化肥	18
二、有机肥料	45
第四节 施肥与经济作物的品质	51
一、氮肥与经济作物品质的关系	52
二、磷钾肥与经济作物品质的关系	54
三、有机肥与经济作物品质的关系	55
第二章 油料作物施肥	56
第一节 大豆施肥	56
一、概述	56
二、大豆的需肥特性	59
三、大豆施肥技术	64
第二节 油菜施肥	68
一、油菜的经济价值及生产概况	68

二、油菜栽培的生物学基础	71
三、油菜生长发育对环境条件的要求	73
四、油菜施肥技术	77
第三节 花生施肥	81
一、概述	81
二、花生施肥技术	87
第四节 芝麻施肥	89
一、概述	89
二、芝麻的营养与需肥特点	91
三、芝麻施肥技术	94
第五节 向日葵施肥	97
一、概述	97
二、向日葵的养分需求特性	100
三、向日葵的施肥技术	103
第三章 纤维作物施肥	107
第一节 棉花施肥	107
一、概述	107
二、施肥技术	111
三、地膜棉的营养环境与施肥	115
第二节 黄麻施肥	117
一、概述	117
二、黄麻的需肥特点	119
三、黄麻的施肥技术	120
第三节 亚麻施肥	122
一、概述	122
二、亚麻的施肥技术	126
第四节 苧麻施肥	128
一、概述	128
二、苧麻施肥技术	131
第四章 糖料作物施肥	135

第一节 甜菜施肥	135
一、概述	135
二、甜菜的施肥技术	139
第二节 甘蔗施肥	141
一、概述	141
二、甘蔗的施肥技术	146
第五章 嗜好作物施肥	152
第一节 烟草施肥	152
一、概述	152
二、烟草施肥技术	160
第二节 茶树施肥	162
一、概述	162
二、茶树的施肥技术	168
主要参考文献	172

第一章 概 述

第一节 经济作物施肥的原理和依据

一、经济作物的营养成分

所有的作物都是由水和干物质组成的，而干物质又由有机物质和矿物质构成。新鲜作物一般含有 75%~95% 的水分和 5%~25% 的干物质。如果将干物质燃烧，其中的碳、氢、氧、氮等元素以二氧化碳、水、分子态氮和氮的氧化物形式跑掉，留下的残渣称为灰分，约占干物质的 5% 左右，成分十分复杂。

作物已知需要碳 (C)、氢 (H)、氧 (O)、氮 (N)、磷 (P)、钾 (K)、钙 (Ca)、镁 (Mg)、硫 (S)、铁 (Fe)、锰 (Mn)、锌 (Zn)、铜 (Cu)、钼 (Mo)、硼 (B)、氯 (Cl) 等各种营养元素。其中，碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫等 9 种元素作物需要量大，称为大量元素。铁、硼、锰、锌、铜、钼、氯等 7 种元素作物需要量小，称为微量元素。由于作物生长在不同的环境中，其元素含量变化很大，因此，微量元素和大量元素之间的界限并不十分明确。一般而言，大量元素一般占干物质质量的 0.1% 以上。钙、镁、硫元素根据在作物体内的含量，有时把它们单独划出称为中量元素。

此外，还有些元素如钠、硅、钴、硒等，虽然不为所有作物所必需，但它们为部分作物所必需。一般将这些元素称之为作物的有益元素，如甜菜含钠可达 3%~4%，施用硝酸钠和

硫酸钠等肥料对甜菜有较好效果。甜菜、甘蔗等的生长，硅是必需的。大豆、豌豆等豆科作物固氮时需要钴，黄芪则是需硒作物。

其他一些有益元素，有的对作物生长有一定促进作用，如稀土元素等，有的是动物所必需的，只有当作物保持一定量时，才能满足动物营养上的需要，硒和碘就是其中的一类。多数有益元素，在低浓度下对作物生长有促进作用，但往往高浓度下对作物的毒害很大，而且还将对环境产生污染，因此在应用中必须谨慎从事。

二、经济作物养分吸收特点

经济作物生长发育所需要的营养元素来自土壤、肥料、水和大气，作物体内的碳、氢、氧主要由水和大气提供，而矿物质营养来自土壤和肥料。经济作物从环境中吸收营养元素，主要通过根系和叶面来完成。

1. 经济作物根系对养分的吸收

根系是经济作物吸收养分的主要途径，根系养分的吸收受到多方面因素的影响。

(1) 不同作物对养分的吸收有其自身的特点 吸收养分的种类和数量，主要是由作物本身的营养特性决定的。如缺硼白菜中含硼量对油菜是足够的，缺硼油菜的含硼量对啤酒大麦是足够的，而缺硼啤酒大麦的含硼量对水稻则是足够的。上述情况表明，作物营养特性与养分吸收间有着十分密切的关系，纵观各方报道，影响养分吸收的特性，通常应考虑以下几个方面：①根、茎、叶的形态学特征；②根冠比值；③干物质总量、产量和品质等。一般而言，凡根系活力强，则吸收利用养分能力强。

(2) 天气条件对养分吸收的影响

① 光照 光照和作物营养的基本关系可分为四种：a. 低光照和高营养水平下（特别是氮），容易引起徒长，导致落花、落果；b. 增加光照和较高的供肥水平，植株能旺盛生长；c. 继续增加光照和适量施肥，有利于促进开花、结果；d. 进一步增加光照和减少供肥。因养分不足而使叶片变小、变黄、植株矮化易早衰。因此，应该根据光照强弱控制肥料用量。即光照弱，应适当少施肥；光照强，供肥水平就可适当增加。作物对养分的吸收明显受到光照的影响。光照不足，磷、钾、氮的吸收显著减低，但对钙、镁影响较小。其吸收降低的顺序是：磷>钾>氮>镁>钙。

② 温度 在一定的温度范围内，根部吸收养分随土壤温度的提高而加快。这是因为适温有利于根系生长发育和土壤养分的转化与移动。另外，温度不仅影响养分吸收数量，而且还影响养分吸收种类。低温时，根系对钾、磷吸收影响最大，而对钙、镁吸收影响较小。由于各种经济作物适宜的温度范围不同，在同样温度下，对不同根系吸收养分的影响是不一样的。如棉花的最适温度是 28~30℃，而烟草则是 22℃。在适宜土温下，养分吸收最多。

(3) 土壤条件对养分吸收的影响

① 土壤的供肥能力 土壤养分供应能力取决于土壤有效养分的多少和土壤潜在养分补充有效养分的能力。当作物根系对养分的吸收速率大于土体潜在养分转化为有效养分的速度时，根表面附近可出现养分的亏缺现象。施肥可提供土壤有效养分，提高供肥强度，满足作物吸收养分的需要。

② 水分 水分一方面可以加速肥料的溶解和有机肥料的矿化，促进根系对养分的吸收；另一方面水分影响土壤溶液中养分的迁移而影响根系的养分吸收，另外水分还会导致土壤养

分的流失，使作物吸收养分出现亏缺。

③ 土壤通气性 土壤通气性对作物养分吸收的影响主要表现在三个方面：a. 通气良好条件下有利于根系呼吸，产生更多的能量供养分吸收；b. 通气不良条件下，土壤容易产生和积累有毒物质，如硫化物、氰化物等，这些有害物质会抑制呼吸作用，减少养分吸收；c. 影响养分的有效性，如硫在通气条件下以 SO_4^{2-} 离子存在，对作物有效性高，而在淹水条件下，不利于吸收。

④ 土壤酸碱性 土壤酸碱性一方面影响作物对养分的选择吸收，更主要是影响土壤养分的有效性。在不同的土壤酸碱性条件下，养分离子的有效性是不同的。氮在土壤中以有机形态为主，其各种转化过程需要一定的酸碱（pH）条件。总的来说，在 pH 值 6~8 范围内，土壤中有有机氮含量较多。磷在土中以 pH 值 6.5~7.0 最适当。钾、钙、镁等养分在 pH 值 6 左右时吸收利用较好，在酸性条件下，钾、钙、镁离子容易被淋洗，影响作物的吸收利用。硫同样在酸性土壤中容易缺乏。另外铁、锰、锌、铜等微量元素在酸性土壤中有效性高，而在北方盐碱地、石灰性土壤上则容易缺乏。钼则在酸性土壤上易被固定，因此比较复杂。当然作物本身对土壤酸碱性的适应性是非常重要的，不同作物均有各自最适的 pH 值条件，过高过低均不利于作物生长，从而也直接影响根系对养分的吸收。

⑤ 离子间的相互作用 土壤溶液中一种离子的存在影响另一种离子对作物的作用，可以是促进作用，也可以是抑制作用。如磷和钾能促进氮的吸收，生产上氮、磷、钾配施有很好的增产效果，过多的磷会抑制锌的吸收，导致作物缺锌。大量施锌会诱发镁的缺乏。这些现象在施肥时需引起注意。

2. 经济作物叶面对养分的吸收

经济作物不仅可以通过根系吸收养分，而且可以通过叶面喷施而吸收养分。叶面对养分吸收的重要性在于当根系吸收养分受阻，土壤施肥不能见效时，叶面施肥可取得良好的效果。

(1) 叶面养分吸收特点 经济作物叶面吸收养分具有以下特点：

① 直接供给植株养分，养分吸收无需通过土壤，可避免水溶性养分被土壤固定或淋失，减少养分损失；

② 养分吸收运转快，肥效及时，对矫正某些缺素症十分有效；

③ 根系和叶面养分吸收相互促进补充。叶面对养分的吸收有利于根系生长发育，提高根系活力，使根系吸收养分能力增强。而根系吸收能力的改善，又能促进地上部生长，叶面积增大，为叶面养分吸收创造良好条件；

④ 肥料用量少，效益高，一般叶面施肥只有土壤施肥量的10%~20%，有些微量元素和生物活性物质的用量则更少。因此施肥效益比较高。但由于施肥量小，维持时间没有根部营养那么长，在生长中要根据具体情况增加施用次数。

(2) 影响叶面养分吸收的因素 叶面施肥效果与喷施作物种类、喷施浓度、喷施部位、喷施时间等因素有关。

① 喷施作物种类 大豆、棉花等双子叶作物的叶面积大、角质层薄，溶液中的养分容易被吸收；而单子叶作物叶片竖立、狭小、表面角质层和蜡质层较厚，喷洒溶液容易滚落，溶液渗透进入叶片内部也较困难。因此不同经济作物叶面施肥时，喷施浓度、施用次数等方面应分别对待。

② 喷施浓度 不同肥料种类，其喷施浓度各异。尿素0.1%~1%，过磷酸钙1%~3%，磷酸二氢钾0.2%~0.5%，硫酸钾、氯化钾0.5%~2%，微量元素通常在0.1%~0.5%。

调节喷施溶液 pH 值，可提高喷施效果，如果主要供给 NH_4^+ 、 K^+ 等阳离子，应把溶液调至中性或微碱性；若主要是提供 NO_3^- 、 H_2PO_4^- 等阴离子，则溶液应调至弱酸性，以利于叶片对养分的吸收。

③ 喷施部位 叶片吸收养分需消耗能量，这个能量来自叶肉细胞的光合作用，而幼叶及功能叶片的代谢旺盛，是喷施的主要部位，由于下表皮的气孔比上表皮多，所以应该多喷些。另外，叶面喷施部位还需考虑养分的移动性，一些移动性差的养分，要针对容易缺乏的部位喷洒，如钙应喷洒在养分容易缺乏的果实、新梢、新叶上；喷施铁肥也应在新生的幼叶上；对移动性差的养分或不容易吸收的养分，需要增加喷施次数。

④ 喷施时间 中午温度高，溶液中水分容易蒸发，不利于对养分吸收，露水未干时，也不宜施用，通常以下午 3 点后无风天气喷施为宜。另外，溶液中增加表面活性剂（浓度为 0.1%~0.2%），可增加养分与叶面的接触，提高施肥效果。

叶面施肥虽然对消除某些养分的缺乏症，防止作物生长后期根系养分吸收能力不足能起重要作用，但由于其供肥时间短、量少，是一种辅助性的施肥方式，不能完全代替根部营养。

三、经济作物施肥原理和依据

人类在土地上种植作物，并把产物拿走，作物从土壤中吸收矿质元素，就必然会使地力逐渐下降，从而土壤中所含养分将会越来越少，如果不把作物带走的营养归还给土壤，土壤最终会由于土壤肥力衰减而成不毛之地。因此要恢复和保持地力，就必须将从土壤中拿走的营养物质还给土壤，处理好用地与养地的矛盾。这就是施肥的基本原理之一——养分补偿

学说。

在经济作物施肥中还应认识到的一个问题是，不论大量元素或微量元素，对作物来说都是同等重要的，缺一不可，缺少了其中的任何一种营养元素，就会出现缺素症状，而不能正常的生长发育，结实，甚至会死亡，导致减产或绝收。这是因为作物需要的各种营养元素，在作物体内都有其一定的功能，相互之间不能互相代替。如缺少钾，不能用磷代替，缺磷不能用氮代替。也不能用和它们化学性质十分相似的元素代替。缺少什么元素，就必须施用含有该元素肥料。

要保证作物的正常生长发育获得高产，就必需满足它们所需要的一切元素的种类数量及其比例。若其中有一个达不到需要的数量，生长就会受到影响，产量就受到这一最小元素所制约。最小的那种养分就是养分限制因子（见图 1）。无视这种养分的短缺，即使其他养分非常充足，也难以提高作物产量。需要指出的是最小养分不是指土壤中绝对含量最少的养分，而是对作物的需要而言的，是指土壤中有效养分相对含量最少（即土壤的供给能力最低）的那种养分。最小养分不是不变的，它随作物种类、产量和施肥水平而变。一种最小养分得到满足后，另一种养分就可能成为新的最小养分。例如，解放初期，我国基本上没有化肥工业，土壤贫瘠，突出表现缺氮，施用氮肥都有明显的增产效果。到了 20 世纪 60 年代，随着生产的发展，化学氮肥的施用量有了一定增长，作物产量也在提高，但有些地区开始出现单施氮肥增产效果不明显的现象，于是土壤供磷不足就成了当时进一步提高产量的制约因素。在施氮基础上，增施磷肥，作物产量大幅度增加。到了 20 世纪 70 年代，随氮、磷用量的增长及复种指数的提高，作物产量提高到了一个新水平，对土壤养分有了更高的要求，南方的有些地区开始

表现缺钾；北方一些高产地块也出现了土壤供钾不足或某种微量元素缺乏。在施肥实践上，应根据土壤有效养分含量和作物需肥特性，首先施用含量小养分的那种肥料，当发生最小养分转变，新的最小养分出现时，施肥的目的随之转变到解除新的最小养分限制作用上来，因而在实际施肥过程中，需进行各种肥料的配合施用，使各种养分因子在较高水平上满足作物需要。

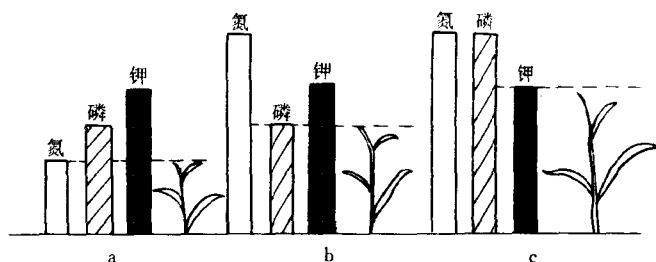


图1 最小养分随条件变化与作物增产的关系示意

a—土壤供氮水平低；b—土壤供磷水平低；c—土壤供钾水平低

四、营养诊断与施肥

营养诊断是利用生物、化学等测试技术，分析研究影响作物正常生长发育的营养元素丰缺、协调与否的一种重要手段。其任务是通过诊断为施肥作出科学判断。它包括土壤诊断、植株诊断等。而植株诊断又包括形态诊断、养分含量诊断等各种方法，其中植株形态诊断比较容易掌握、也不需要专门测试仪器，下面进行这一方面内容的介绍。

经济作物的形态诊断是在比较短的时间内了解营养状况的重要依据。因为一切生物在生长发育过程中的外部形态，都是其内在代谢过程和外界环境条件的综合作用的反映。当作物吸