

植物营养学通论

何文寿 编著

宁夏人民出版社

宁夏大学优秀学术著作出版基金资助

植物营养学通论

ZHI WU YING YANG XUE TONG LUN

何文寿 编著

宁夏人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

植物营养学通论/何文寿编著. —银川:宁夏人民出版社,2004.5

ISBN 7-227-02746-5

I. 植… II. 何… III. 植物营养 IV. Q945.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 038657 号

植物营养学通论

何文寿 编著

责任编辑 那大庆
封面设计 王亚新
责任印制 来学军
出版发行 宁夏人民出版社
地 址 银川市北京东路 139 号出版大厦
网 址 www.nx-cb.com
电子信箱 nrs@public.yc.nx.cn
经 销 新华书店
印 刷 宁夏美利科技印刷纸品有限责任公司
开 本 787×1092 1/16
印 张 23
字 数 530 千
版 次 2004 年 6 月第 1 版
印 次 2004 年 6 月第 1 次印刷
印 数 1000 册
书 号 ISBN 7-227-02746-5/Q·5
定 价 35.00 元

版权所有 翻印必究

序

农业是人类生存和发展的基础,栽培植物是农业生产的核心内容。农业生产的目的归根结底是通过栽培绿色植物生产人类所需要的食品和纤维,提供动物所需要的饲料。绿色植物是生物,除需要光、热、水、温、气等自然条件外,还需要营养物质(养分)。这些营养物质就是绿色植物的粮食,农业生产的物质保证,既用以构成植物体,又用以维持生存和发育,在很大程度上决定着农业生产水平的高低。人类的大部分农事活动是通过改善土壤的水肥气热条件,特别是改善水分和养分供应条件,而后改善作物生育。植物营养物质和农业生产有不解之缘,没有营养物质供应农业生产便成了无米之炊。

农业发展和农业生产水平的高低固然和营养物质的供应相依为命,但是,农业生产的持续和高产优质高效并不等于盲目地投入大量的营养元素。“过犹不及”,营养物质不足固然不能高产;不合理的高量投入也会导致农作物产量下降,品质变劣,经济收入减少,生态环境条件恶化。例如,不论通过化学氮肥或有机肥料过量投入氮素,都会导致硝态氮在蔬菜中大量积累,造成湖泊和地下水源污染,严重危害人体健康;过量施用氮肥的地区,农作物抗病虫能力减低,促使农药大量施用,既增加了农业生产成本,也会造成一些物种灭绝,生态失衡。大量不合理的氮素投入还能造成大气环境变化,引发全球性的环境问题。磷素流失是导致湖泊富营养化的主导因素,随同磷肥进入土壤的重金属如镉和铅,会危害生态环境,危害生物和人类。有些营养元素虽然本身无害,但携带这些营养元素的载体(肥料,农业和城市废弃物)却含有大量的有害或污染物质,造成的危害更严重。过去,由于各种原因,管理不善,措施不力,营养物质投入不足和投入过量同时并存。不足造成了产量不高,盲目地大量投入也产生了不少严重恶果。若不改善这种情况,长期下去,势必影响农业的持续发展,威胁人类健康生存。

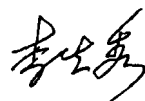
由此可见,要保证农业高产、优质、高效,既需要投入营养物质,更需要科学合理地投入营养物质。只有科学合理地投入营养物质才能保护农业生态环境,使其源固而流长,奠定农业持续发展的基础,才能满足作物的需要,保证作物健壮的生长发育,创造农业高产优质的条件,才能提高经济效益,保证农业经济的高效,建立经济上可持续的农业生产体系。这一切都有赖于对植物营养学理论的介绍和传播,有赖于对植物营养理论的理解和掌握,有赖于对植物营养理论的学习和应用。这些,不但对农业院校的学生,对从事农业教学、研究和推广的科学工作者,而且对广大农民都是十分重要的。《植物营养学通论》一书适应这种需要应运而生。要问编著本书的意义何在?这就是答案。

何文寿教授从事植物营养方面的教学和研究已有多年经历,对这门学科情有独钟,在勤恳执教之时,刻苦求索,既认真研究,不断创新,探讨新的规律,总结经验和深化认

识,又广泛阅读文献,搜集资料,集前人研究之大成。历经十年辛劳,多次删改,由此及彼,去伪存真,精心分析,反复推敲,终于撰成《植物营养学通论》一书。该书内容丰富,取材广泛,资料翔实,语言通达,立意清新,图文并茂,观点明确;寓理论于实践之中,融专著于教材之内,深入而浅出,适于众多读者之需,在植物营养著作的百花园中独树一帜,自成一统,有着明显的特色和独到之处。

我和文寿既有师生之情,又有同事之谊。文寿学风严谨,工作认真,忠于职而精于业,诚于内而谦于外,纯厚朴实,不忘故旧,书成后以文稿以示,并嘱作序。读后倍感欣慰,乃欣然命笔,凑成数语,略述感怀,是为序。

西北农林科技大学植物营养学教授、博士生导师



2004年5月于陕西杨凌

前 言

在社会、经济飞速发展的21世纪,人类对物质生活和精神生活的需求进入了更高层次。人们对农产品的要求是高产、优质、高效、安全(无污染)、高营养、保健。在此需求背景下,植物营养学肩负着重大责任。因为植物营养学是研究植物营养与肥料施用的科学,学习和研究它的根本目的是为了提_高作物产量,改进品质,提高肥料养分资源的利用效率和土壤肥力,减少环境污染,确保食品安全,促进人类健康,走农业可持续发展的道路。所以,学习和研究植物营养学,对于满足人们对农产品的需求,提高人民生活质量,促进社会发展、经济建设、环境保护等具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

《植物营养学通论》比较系统地介绍了植物营养的基本原理、基本理论和基本技术,重点讲述了各种肥料的成分、性质、土壤中的转化和有效施用技术,吸收了一些最新研究成果,特别是在高产、优质、高效、无污染施肥技术方面,介绍了最新的研究进展。本书具有以下特点:(1)系统性强,信息量大。本书从植物的营养成分入手,系统地回答了植物正常生长发育需要什么养分,怎样吸收养分,如何人为调控植物营养即该施什么肥料,施多少肥料,如何施用肥料,施肥对环境以及食品安全有何影响等一系列循序渐进的重要问题,涉及到植物营养生理学、植物营养遗传学、植物营养生态学、植物营养的土壤化学、植物根际营养、肥料学、现代施肥技术、植物营养与农产品品质、施肥与环境等多方面内容,信息承载量大。(2)编写内容和结构体系新颖,具有发展观。本书按照学科内容体系分为四篇,即植物营养原理与理论、植物矿质营养与化学肥料、植物有机营养与有机肥料、作物施肥原理与技术及人类健康,将植物营养—施肥—食品安全—人类健康有机地结合起来,在每篇开头有内容提要或导读,使读者更易阅读。(3)注重理论联系实际。植物营养学是理论性和实践性都很强的一门自然科学,在编写过程中既注重基本原理和基本理论的详尽阐述,又注重实践技术和应用环节的论述,注意实例分析和应用技术方法,可读性强。(4)内容新颖,广度和深度相结合。在讲述植物营养与肥料的基本概念、基本原理、基本知识和基本技术的基础上,充分吸收和反映学科前沿内容和最新研究成果,内容广度和深度并重,引用资料丰富新颖,语言概括流畅。

本书共分四篇十八章。第一篇主要介绍植物营养的基本原理与基本理论,分为四章。第一章是植物营养学绪论;第二章是植物的营养成分;第三章是植物对养分的吸收与运输;第四章是植物营养特性。第二篇主要介绍植物矿质营养特性和各种化学肥料的成分、性质及关键施用技术,分为七章,即第五章到第十一章。第五章是化学肥料的特点与分类;第六章是植物氮素营养与氮肥;第七章是植物磷素营养与磷肥;第八章是植物钾素营养与钾肥;第九章是植物钙镁硫营养与钙镁硫肥;第十章是植物微量元素营养与微肥;第十一章是复混肥料。第三篇主要介绍植物有机营养特性和各种有机肥料及微生物菌剂的

成分、特性、作用和关键施用技术等,分为四章,即第十二章到第十五章。第十二章是植物有机营养与有机肥料通性;第十三章是粪尿肥;第十四章是堆肥、秸秆还田与其他;第十五章是绿肥与微生物菌剂。第四篇主要介绍作物施肥的基本原理与施肥技术、施肥与人类健康的关系,分为三章,即第十六章到第十八章。第十六章是作物施肥的基本原理;第十七章是作物施肥技术,主要介绍作物常规施肥技术和施肥新技术;第十八章是植物营养与人类健康,主要介绍施肥的社会、经济和环境效益,施肥与农产品品质的关系,施肥与环境污染,植物营养与人体健康。

本书是作者多年从事植物营养学的教学与科研、学习前人的有关专著和文献资料、作者的一些学术见解和实践经验的总结,从初稿到反复修改、补充、定稿,先后用了10年时间,在有关领导、同行专家和许多同仁的关心支持下,终于正式出版奉献给读者。由于近年来植物营养学科发展迅速,限于作者的学识和水平,很难囊括最新研究成果的浩瀚信息,内容难免有疏漏和不妥之处,特别是在引用大量国内外有关专著和文献资料中,难免有对原著理解不透之处,热忱盼望阅读本书的教师、同学和同行们提出宝贵意见,有望再版时修正。

本书可用于高等院校有关本科专业,如农学、农业资源、土壤、植物营养、园艺、园林、蔬菜、植保、植物生理、生物、环保等专业的教学参考书,也可供上述专业硕士研究生和相关教师,从事农、林、牧生产、科研和技术推广人员及管理者参考,还可作为广大农民技术人员、肥料生产者、销售者和使用者普及植物营养与肥料知识的读本。

在本书编写和出版过程中,有幸得到了我国著名植物营养学家、西北农林科技大学博士生导师李生秀教授的热忱鼓励和指导,并为本书拨冗作序。得到了宁夏大学有关领导及科技处、教务处和农学院等单位领导的大力支持和关心,也得到了本校与作者长期共事的同行们的热情帮助,同时得到宁夏大学优秀学术著作出版基金的资助,在此一并表示衷心地感谢!

何文寿

2004年5月18日

内 容 简 介

本书围绕高产优质高效富营养农产品的生产和农业可持续发展的目标,系统论述了植物营养的基本原理、基本理论和各种肥料的性质、土壤中的转化和关键施用技术,同时吸收了植物营养与合理施肥的一些最新研究成果。该书共四篇十八章,分别从植物营养的基本原理与理论,植物矿质营养特性和各种化学肥料的成分、性质、土壤中转化及关键施用技术,植物有机营养特性和各种有机肥料及微生物菌剂的成分、特征、作用和关键施用技术,作物施肥的基本原理与施肥技术,施肥与人类健康的关系等方面进行了详细叙述。

本书内容丰富,信息量大,系统性强,理论联系实际。可作为高等院校植物生产类各本科专业的教学参考书,也可供相关专业硕士研究生、广大农业科技工作者和管理者参考。

目 录

第一篇 植物营养原理与理论

第一章 绪论

- 第一节 植物营养学与农业可持续发展 (3)
- 第二节 植物营养科学的发展概况 (5)
- 第三节 植物营养学的内容和研究方法 (12)

第二章 植物的营养成分

- 第一节 植物的组成成分 (15)
- 第二节 植物的必需营养元素 (16)
- 第三节 植物非必需营养元素 (21)

第三章 植物对养分的吸收与运输

- 第一节 植物吸收养分的器官和途径 (22)
- 第二节 植物根系对养分的吸收 (26)
- 第三节 影响植物吸收养分的外界环境条件 (45)
- 第四节 植物地上部对养分的吸收 (50)
- 第五节 植物体内养分的运输与分配 (52)

第四章 植物营养特性

- 第一节 植物营养的遗传性 (58)
- 第二节 植物营养的选择性、共性与个性 (85)
- 第三节 植物营养的阶段性和连续性 (86)
- 第四节 植物根系特性 (88)
- 第五节 植物根际营养特性 (96)

第二篇 植物矿质营养与化学肥料

第五章 化学肥料的特点与分类

- 第一节 化学肥料的特点 (103)
- 第二节 化肥品种与分类 (105)

第六章 植物氮素营养与氮肥

- 第一节 植物的氮素营养 (109)
- 第二节 氮肥的种类、性质与施用 (123)
- 第三节 氮肥利用率和氮肥有效施用 (140)

第七章 植物磷素营养与磷肥

- 第一节 植物的磷素营养 (149)
- 第二节 磷肥的种类、性质和施用 (159)
- 第三节 磷肥的有效施用 (174)

第八章 植物钾素营养与钾肥

- 第一节 植物的钾素营养 (178)
- 第二节 钾肥种类、性质与施用 (183)
- 第三节 钾肥对植物的影响 (186)
- 第四节 钾肥的有效施用 (187)

第九章 植物钙镁硫营养与钙镁硫肥

- 第一节 植物的钙素营养与钙肥 (190)
- 第二节 植物的镁素营养与镁肥 (200)
- 第三节 植物的硫素营养与硫肥 (203)

第十章 植物微量元素营养与微肥

- 第一节 微量元素的营养作用 (212)
- 第二节 土壤中微量元素的含量、形态与转化 (216)
- 第三节 植物缺乏微量元素的症状与诊断方法 (217)
- 第四节 常用微肥的性质与施用 (224)

第十一章 复混肥料

- 第一节 概述 (229)
- 第二节 复混肥料的制作、性质与施用 (234)
- 第三节 专用复混肥料 (243)
- 第四节 复混肥料的肥效与合理施用 (249)

第三篇 植物有机营养与有机肥料**第十二章 植物有机营养与有机肥料通性**

- 第一节 植物有机营养 (253)
- 第二节 有机肥料的营养作用 (254)
- 第三节 有机肥料的通性与分类 (257)

第十三章 粪尿肥

- 第一节 人粪尿 (261)
- 第二节 家畜粪尿 (263)
- 第三节 厩肥 (265)
- 第四节 其他粪肥 (268)

第十四章 堆肥、秸秆还田与其他

- 第一节 堆肥 (270)
- 第二节 秸秆与秸秆还田 (274)
- 第三节 沼气池肥 (278)
- 第四节 泥炭 (279)
- 第五节 腐殖酸类肥料 (283)
- 第六节 饼肥 (284)

第十五章 绿肥与微生物菌剂

- 第一节 绿肥 (286)
- 第二节 生物固氮作用 (295)
- 第三节 微生物菌剂 (303)

第四篇 作物施肥原理与技术及人类健康

第十六章 作物施肥的基本原理

- 第一节 养分归还(补偿)学说 (313)
- 第二节 最小养分律 (313)
- 第三节 报酬递减律 (315)
- 第四节 因子综合作用律 (316)

第十七章 作物施肥技术

- 第一节 常规施肥技术 (317)
- 第二节 施肥新技术 (323)

第十八章 植物营养与人类健康

- 第一节 施肥的社会、经和环境效益 (331)
- 第二节 施肥与农产品品质的关系 (333)
- 第三节 施肥与环境污染 (338)
- 第四节 植物营养与人体健康 (345)

第一篇 植物营养原理与理论

【本篇提要】 植物营养是施肥的理论基础。植物从外界环境中吸收各种营养物质,通过体内代谢,促进生长发育或建造植物躯体维持其生命活动。植物这种吸收利用营养物质的过程称为植物营养。肥料是主要的营养物质,施肥则是供给植物营养物质的重要手段。为了做到合理施肥以达高产优质高效的目的,首先应了解植物营养成分、植物对养分的吸收与体内运输、植物营养特性等内容。本篇分四章介绍。第一章是植物营养学绪论,主要介绍植物营养学与农业可持续发展、植物营养科学的发展概况、植物营养学的内容和研究方法;第二章是植物的营养成分,主要介绍植物的组成成分、植物的必需营养元素和非必需营养元素;第三章是植物对养分的吸收与运输,主要介绍植物吸收养分的器官和途径、植物根系对养分的吸收、影响植物吸收养分的外界环境条件、植物地上部对养分的吸收、植物体内养分的运输与分配;第四章是植物营养特性,着重介绍植物营养的遗传性、选择性、共性与个性、阶段性和连续性、植物根系特性和植物根际营养特性。

第一章 绪 论

第一节 植物营养学与农业可持续发展

一、植物营养学的概念及其任务

植物营养学是研究植物对营养物质的吸收、运输、转化和利用的规律及植物与外界环境之间营养物质和能量交换的科学。它是一门与多种学科相互联系、相互交叉和相互渗透的学科。研究植物营养与施肥的根本目的是为了**提高作物产量、改进品质和提高土壤肥力**,走可持续发展的道路。因此,植物营养学的主要任务是应用现代科学技术,研究揭示植物营养的基本规律,研究植物与外界环境之间物质和能量交换的过程,研究合理施肥的理论与技术,在此基础上通过施肥和遗传改良的手段调控植物的代谢和促进生长发育,在其他农业技术措施的配合下,达到高产、优质、高效的综合效果,为我国农业现代化服务。

植物营养是指导施肥的理论基础,而施肥的目的是为了营养植物。合理施肥既可供给植物养分,促进植物生长发育,提高作物产量,改善品质,又能改良土壤,提高土壤肥力。因此,要做到真正的合理施肥,不仅要掌握植物营养的基本原理和土壤特性,而且还要掌握各种肥料的特性及其合理施用技术,同时还要考虑其他外界环境条件,只有把它们结合起来当作一个有机整体看待,才能充分发挥肥料的最大效益,提高农业生产。

我国是一个人多地少的发展中国家,仅用占世界 7% 的耕地养活着占世界 22% 的人口,保证粮食总产量在农业可持续发展中占有十分重要的作用。这不仅是为了解决 13 亿人口的吃饭问题,而且还要为副食生产、畜牧业、养殖业以及工业生产(糖、酒等)提供原料。通常增加粮食产量的途径有两条,一是扩大耕地面积,二是提高单位面积产量。根据我国国情,继续扩大耕地面积的潜力已不大,虽然我国尚有一些未开垦的土地,但大多存在投资多、难度大的问题。这就决定了我国增加农产品总产量的主攻方向是提高单位面积产量。根据科学实验和生产实践证明,合理施肥是提高作物单位面积产量最根本的措施之一。因此,植物营养学不仅是一门自然科学,而且在农业可持续发展中具有十分重要的地位。

二、肥料在农业可持续发展中的地位和作用

肥料是提供植物必需营养元素,并兼有改良土壤、提高土壤肥力之功能的营养物质,是提高农业生产的物质基础之一。农谚云:“肥料是植物的粮食”。这就是说,肥料是促进植物生长发育,提高产量和增进品质而直接或间接供给植物的营养物质。同时,肥料又是改良土壤,提高土壤肥力的物质基础之一。因此,肥料在农业生产可持续发展中占有十分重要的地位。合理施用有机肥料和化学肥料,在农业生产可持续发展中的作用主要有:

(一)改良土壤,提高土壤肥力

合理施用化学肥料和有机肥料可使土壤成为适合作物生长的一种营养介质,补充土壤本身缺乏的那部分养料,归还由于作物收获而带走的和其他原因而损失的养料,改善土壤结构,从而起到改良土壤,逐渐提高土壤肥力的作用。

(二)促进植物生长发育

合理施肥可以协调供应植物各种养分,营养植物,促进植物的新陈代谢和生长发育。

(三)增进或改善品质

合理施肥能够增进或改善农产品品质,包括商业品质、市场价值、营养价值以及对各种有害物质的抗性等。

(四)提高作物产量

合理施肥是提高作物产量最有效的措施之一,是施肥的根本目的。大量统计资料表明,肥料与作物产量之间存在着密切关系,肥料对提高粮食产量的作用十分重要。根据联合国粮农组织(FAO)在不同阶段报道的统计资料,从1850~1950年的100年间,世界粮食产量的增加,50%归功于肥料的使用。从1950~1980年,全世界30年粮食总产量与化肥总用量之间的相关系数为0.980,肥料在增加粮食产量的诸因素中独占30%~60%。从1960~1977年,FAO在40个国家进行了10多万个化肥示范和试验,结果表明最好的施肥处理平均增产67%,产投比为4.8,化肥对农作物增产的贡献份额约占40%~60%。

我国从1949~2001年的50多年间,粮食总产量和单产都随着肥料施用量的逐年增加而增加(图1-1)。根据国家统计局公布的粮食产量与化肥用量统计资料,相关分析表明,从1949~2002年的50多年间,粮食总产量与化肥总用量之间的相关系数高达0.976^{**},粮食单产与每公顷养分用量之间的相关系数达0.985^{**},均达到极显著水平;人均粮食量与肥料总用量、化肥总用量之间也呈极显著正相关。我国大量科学试验和生产实践证明,施用每kg化肥可增产粮食5~10kg,化肥在粮食增产中的作用占到50%左右。这与联合国粮农组织的统计结果基本一致。

何文寿曾对宁夏粮食产量和化肥用量40多年(1958~1999)的数据进行了统计分析,结果表明,全区粮食总产量与化肥总用量之间的相关系数达0.967^{**},单产与每公顷化肥

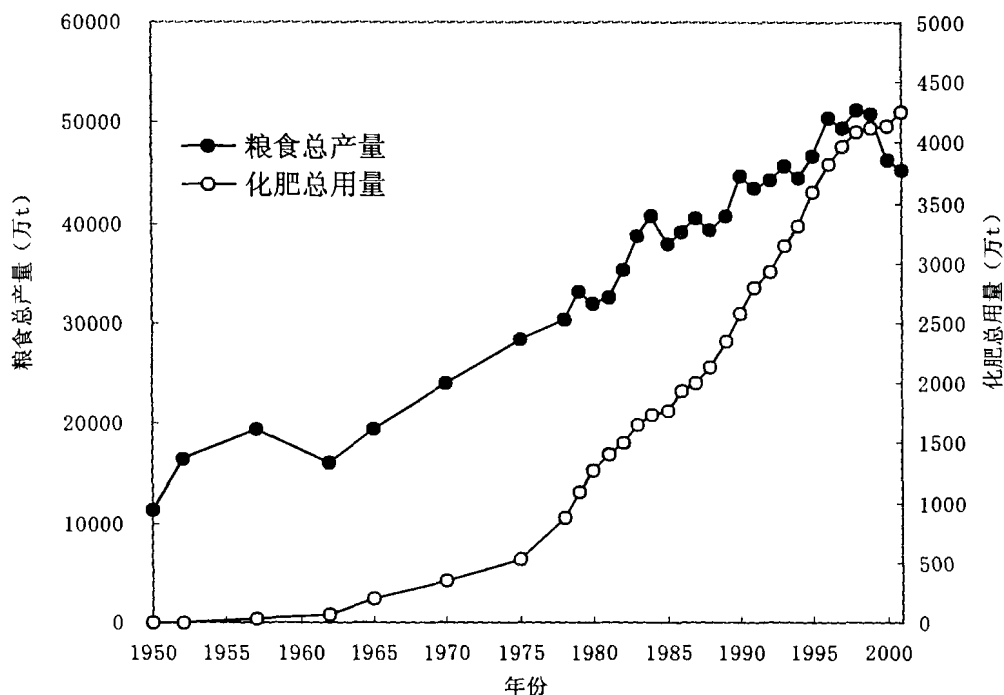


图 1-1 我国历年粮食总产量与化肥总用量之间的关系

用量之间的相关系数达 0.956”，都达到极显著水平。肥料对粮食增产的贡献份额平均为 52%。以上资料充分说明肥料在农作物增产中具有举足轻重的作用。

第二节 植物营养科学的发展概况

一、我国植物营养科学的发展

(一) 我国古代肥料的发展

我国农业历史悠久，劳动人民在长期的农业生产实践中积累了极其丰富的施肥经验，如“三看(看天、看地、看庄稼)”施肥、“三宜(时宜、土宜、物宜)”原则、“地力常新论”等施肥经验，使几千年的土壤肥力保持不衰，这是世界农业史上罕见的成就。

早在西周(约前 11 世纪~前 711)时期，在《诗经》中就有杂草烂朽后肥田的记载。

在西汉(前约 206~公元 25 年)时期，《汜胜之书》中已有施用基肥和追肥的记载。

在北魏(386~534)时期，贾思勰著的《齐民要术》中有记载绿肥种植法，其《耕田第一》中提到：“凡美田之法，绿豆为上，小豆、胡麻次之……”。堆肥的制作，最早也见于该书的《杂说》篇，称之为“踏粪法”。