

ZHONGYANG

NONGYE GUANGBO DIANSHI

XUEXIAO YINGYONG JISHU

中央农业广播电视学校应用技术教材

微量元素 与微肥施用

邹邦基 编著

JIASHU JIAOCAI

农业出版社

中央农业广播电视学校应用技术教材

微量元素与微肥施用

邹邦基 编著

农业出版社

中央农业广播电视学校应用技术教材
微量元素与微肥施用
邹邦基 编著

责任编辑 田桂山 贺志清

农业出版社出版 (北京朝阳区东直门内大街)
新华书店北京发行所发行 北京通县向阳印刷厂印刷

787×1092mm32开本 5.25印张 102千字

1989年2月第1版 1989年2月北京第1次印刷

印数 1—2,600册 定价 1.30元

ISBN 7-109-01168-2/S·839

序

中央农业广播电视学校应用技术系列教材出版了，这是中央农业广播电视学校贯彻中央教育改革精神的一项重要措施，必将受到广大读者的欢迎。为使读者了解这批应用技术材料编出的背景，有必要向广大读者先介绍一下中央农业广播电视学校的产生、发展和成就。

中央农业广播电视学校是一所面向农村的远距离成人农业中等专业学校。从她诞生起就显示出旺盛的生命力，受到农村广大知识青年、基层干部的热忱欢迎和爱戴。七年来在农业部、国家教委、广播电影电视部等部委的关怀、领导和各级政府的支持下，正茁壮成长。目前已建成除西藏、台湾外的29个省、自治区、直辖市，黑龙江、广东、海南、新疆、云南农垦，黑龙江林业等共35个省级学校和2300所县级分校，县以下还设有24000多教学班，并拥有3万名专兼职干部和师资队伍，开设农学、林业、畜牧、淡水养鱼、农经、乡镇企业经营管理、财务会计七个专业。初步建成教学、辅导、管理体系。七年来注册学员150余万，现有在校学生70余万，为国家培养中等专业学历教育毕业生20万，成为全国最大的一所农业成人中等专业学校。

为了贯彻教育为经济建设服务的方针，适应农村产业结构调整和发展商品经济的需要，中央农业广播电视学校正加快和深化教育改革的步伐，在办好三年制学历教育的同时，大

力开展岗位培训、应用技术培训等非学历教育，调整结构，增加层次，增强适应性和活力，发挥多功能的作用，以加速农村中、初级农业科技人才的培养。这套教材是专为举办各类应用技术培训班编写的，旨在普及农业科学技术，推广先进生产经验，为振兴农村经济和农民致富服务。其特点是：种类多、系列化，包括农、牧、副、渔业等各方面；理论联系实际，通俗易懂；知识新，通用性、实用性强；它既不同于普通教材，又区别于科普读物，而是着力于把必要的理论基础知识和应用技术、先进经验有机地结合起来，以提高学员的应用能力和致富本领；对农业广播电视学校开展应用技术培训和多层次办学以及农民自学成才，都会起到积极的推动作用。希望各级农业广播电视学校把岗位培训、应用技术培训等非学历教育当作一项重要任务来抓，充分发挥这套教材的作用，并根据当地需要，编写一些有乡土特色的应用技术教材，互相补充，配合使用，不断扩大培训范围。我相信，随着岗位培训和应用技术培训的蓬勃开展，必将使我校更加充满活力，为繁荣农村经济做出新的贡献。

刘锡庚

1988年6月18日

编写说明

为适应农村商品经济的发展，满足中央农业广播电视学校广大学员和农民学习农业新技术，开展多种经营，生产致富的要求，中央农业广播电视学校与农业出版社共同编辑出版了这套应用技术教材。

本套教材着重编写可在全国通用的种植业、养殖业、加工业等方面的农村实用技术。一个专题写一本教材，每本教材8—10万字(个别教材有增减)。内容以介绍生产技术、实践经验为主，并适当阐明原理，以便学以致用，发展生产，取得经济效益。

这套教材主要作为中央农业广播电视学校开展多层次、多学科、多形式的非学历教育用书，供农村广大农民、知识青年、专业户学习。各级农业广播电视学校可根据当地生产需要及办学条件，选择其中一本或几本教材与各级分校自行编写的地方性应用技术教材，组合开办各种门类、形式多样的短期应用技术培训班。

为使这套教材能适应培训班教学和农村基层干部、知识青年自学的特点，教材列有教学安排，说明教学的目的要求、内容、方法及课时安排，供举办培训班参考。文字力求通俗易懂，附以插图及表格，每章后列出复习思考题，结合教材内容安排了实习操作。

考虑到学习的对象比较广泛，学员的基础参差不齐及对

教材要求不尽相同，因此，在基本教学内容外，有些门类的教材还编排一部分实验内容，作为教学补充，各地可根据条件选择安排。

编写应用技术教材，开展短期培训，是学校的初步尝试，在今后的教学实践中，将根据广大读者意见，进一步进行修改、充实和提高，以不断提高教材的质量。

中央农业广播电视学校

1988年6月

教 学 安 排

目的要求

1.了解微量元素的化学性质及在土壤植物中微量元素的运动规律和作用机理,认清微量元素在植物营养生长中所起的重要作用以及过量时对作物的毒害。

2.熟悉诊断土壤植物微量元素丰缺的基本方法,做到合理调控土壤微量元素含量范围,创造最佳植物营养吸收环境。

3.掌握合理施用微量元素的技能,保证增产增收,合理改善生态环境。

4.能将课本知识应用到生产实际中,做到经济合理地施用微肥。

课时安排

章 次	章 名	课 时 数		
		授 课	实习实验	合 计
第一章	总 论	3		3
第二章	铁及铁肥	3		3
第三章	锰及锰肥	4		4
第四章	铜及铜肥	3		3
第五章	锌及锌肥	4		6
	实习一:玉米缺锌症状观察		2	
第六章	钼及钼肥	4		6
	实习二:豆科植物缺钼症状观察		2	
第七章	硼及硼肥	4		6
	实习三:油菜缺硼症状观察		2	
第八章	其它微量元素	4		4
总课时		29	6	35

教学内容 包括各种微量元素铁、锰、铜、锌、钼、硼等的化学性质及其在土壤中的分布概况、营养功能、缺素诊断和合理施用方法等。

学习方法 学员以自学为主；培训班进行面授辅导，并组织学员进行生产操作实习；学业结束时进行考试。

学员安排足够时间自学，按时完成学习计划，消化吸收教学内容，在掌握必要的理论知识的基础上，着重学会生产操作技能，学业结束后能独立从事生产经营，并能取得较好的生产效益和经济效益。

前 言

农业的根本问题是如何使作物和禽畜生长发育旺盛，获得不断增长的产量和经济效益，同时不断改善生态环境，保持最佳的生态平衡。然而，不论植物、动物或人类的生活都离不开微量元素。从构成生物体的重量来说，所有微量元素一般总共只占0.5%以下，但缺少任何一个必需的微量元素，那怕它只占机体百万分之几的重量，也会使之生长受阻，甚至不能维持生命；相反，如果微量元素过量，也会产生毒害。这两方面都会危及农业生产和生态平衡。因此，决不可因为其量微而置之不顾，应该主动去认识它、控制它；在农业中控制它的主要途径是施用微量元素肥料和改良土壤。本书以介绍土壤植物中微量元素与微肥施用技术为基本内容，使读者通过学习认识主要微量元素的性质及在土壤植物中的运动规律和作用机理，从而增长诊断微量元素丰缺的本领和掌握调控土壤微量元素有效性及合理施用微量元素肥料的技术，以致在生产中能把植物的营养状况和土壤营养环境调控到最佳状态，保证增产增收和生态环境不断改善。

现已证明我国广大地区土壤缺乏微量元素，生产中植物缺素症亦屡见发生；把合理施用微量元素肥料当做解决生产中普遍存在问题的窍门来学习亦未尝不可；但要掌握这种窍门，简单背熟一些现成的施用方法是不够的，必须象学作医生一样，了解微量元素缺乏或毒害发生的规律，提高诊断和

处理技能，这样就能做到因地制宜、对症下药。因此，要求学习中应在理解的基础上熟练技术，对有关的基本原理决不可忽视。本书编写已照顾到了这一点，但学习时还可以参考有关的资料，弥补其不足。

本书编写虽有良好的愿望，但因水平有限，错误或不妥之处在所难免，望广大读者多多指正。

编 者

目 录

序

编写说明

教学安排

前言

第一章 总论	1
第一节 微量元素与微肥的概念	1
第二节 微量元素在土壤中含量分布概况	2
第三节 微量元素在植物中含量分布概况	5
第四节 植物对土壤微量元素的吸收利用	7
第五节 微量元素营养缺乏的原因与诊断	10
第六节 矫正微量元素营养缺乏的途径	14
第七节 微量元素与微肥的生态效应	17
第二章 铁及铁肥	23
第一节 铁的化学性质与植物营养功能	23
第二节 土壤中的铁及对植物的有效性	28
第三节 植物缺铁症状与需肥诊断	34
第四节 铁肥及其施用技术	37
第三章 锰及锰肥	41
第一节 锰的化学性质与植物营养功能	41
第二节 土壤中的锰及对植物的有效性	46
第三节 植物缺锰症状与需肥诊断	52
第四节 锰肥及其施用技术	56

第四章 铜及铜肥	60
第一节 铜的化学性质与植物营养功能	60
第二节 土壤中的铜及对植物的有效性	65
第三节 植物缺铜症状与需肥诊断	70
第四节 铜肥及其施用技术	73
第五章 锌及锌肥	76
第一节 锌的化学性质与植物营养功能	76
第二节 土壤中的锌及对植物的有效性	82
第三节 植物缺锌症状与需肥诊断	90
第四节 锌肥及其施用技术	95
第六章 钼及钼肥	100
第一节 钼的化学性质与植物营养功能	100
第二节 土壤中的钼及对植物的有效性	105
第三节 植物缺钼症状与需肥诊断	110
第四节 钼肥及其施用技术	114
第七章 硼及硼肥	118
第一节 硼的化学性质与植物营养功能	118
第二节 土壤中的硼及对植物的有效性	124
第三节 植物缺硼症状与需肥诊断	129
第四节 硼肥及其施用技术	134
第八章 其它微量元素	138
第一节 卤族元素	138
第二节 钴和镍	144
第三节 硒	150
第四节 钒	154

第一章 总 论

第一节 微量元素与微肥的概念

一切物质都由化学元素组成。各种元素的性质有一定差异，按其自然规律性已归纳成元素周期表。人们发现各种元素在自然界存在的数量亦有一定差异，因此又把元素按存在的数量进行分类。在地球化学研究领域内，通常把构成地壳中含量2%以上的元素(O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg)称为主要元素(大量元素)，其它所有含量低的元素都叫微量元素。然而在研究大气圈和水圈时，哪些元素是大量元素，哪些是微量元素就不能和地壳(岩石圈)一概而论了。例如，大气中N和O显然是大量元素，而在地壳中作为大量元素的Al、Fe、Ca、Na等在大气和水中却成了微量元素。

土壤中元素的数量组成和岩石圈有些类似，但某些植物养分元素(如N、P、S)已和O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg等同样归属于大量元素。土壤中微量元素绝大多数分布在 10^{-1} ppm(百万分之一浓度)至 10^3 ppm含量范围内，但有的低于 10^{-1} ppm，个别元素(Ti)则高于 10^3 ppm，已接近于土壤中某些大量元素的含量水平。

从动植物营养学的观点来看，微量元素是指对生活必不可少但需要量极小的营养元素，或称为微量养分。现已确认的微量营养元素为数不多，主要有Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Co、B、Cl、I、Se、F等，其中有的仅为动物必需(如F)，

有的则仅为植物必需(如B)。然而,作为构成动植物体成分(不管其必需性如何)的微量元素则多达几十种,植物体内已检出的微量元素达七十多种,几乎土壤中存在的元素植物体内都有。动植物体内各种微量元素的含量变动在 10^{-2} ppm至 10^3 ppm范围内。

在十九世纪中叶,曾对动植物体进行大量光谱分析,发现体内许多元素以痕迹量存在,于是称之为痕量元素或痕迹元素。这一术语曾得到长期而广泛的流传,至今国外一些动物营养学家还喜欢采用。其实,都可译成微量元素。总之,微量元素是人们根据各种化学元素在自然界存在的数量划分出的一部分含量很小的元素。按照纯化学和应用化学国际联盟的规定,微量元素的含量常小于0.01%,即100ppm。然而,实际上在各种自然体中的含量是不同的,在土壤和植物体中其含量往往变动在 10^{-2} ppm至 10^3 ppm范围内。这些微量元素中有一部分已确认为生物生命活动所必需,称为微量营养元素。

微肥是我国通常对微量元素肥料的简称,不包括微生物肥料,后者通常简称菌肥。微量元素肥料应该是指以满足植物微量元素营养需要为主的肥料,其用量是少的。实际上往往在大量元素肥料中添加微量元素制成各种混合或复合肥料,这类肥料以N、P、K等养分为主,概念上不同于微肥,但成分上包括微肥,使用上应同时考虑土壤和植物对大量元素肥料与微量元素肥料的需要。

第二节 微量元素在土壤中含量分布概况

土壤中的微量元素主要来自成土母质,仅少数非金属元

素，如B、Cl、I、F等可部分来自海洋和火山烟雾(人为活动形成的污染源另当别论)。土壤中微量元素的含量分布往往反映出成土母质的特点。成土母质是地壳岩石风化变迁形成的，在此过程中微量元素的含量分布亦会发生变化。因此土壤中微量元素的含量分布虽然和地壳岩石有根本上的联系，但已存在明显的差异。图1为土壤和岩石圈中各种微量元素丰度的比较。从平均值看，有些元素(如Mn、Cu、Co等)土壤显著低于岩石圈，另一些元素(如B、Br、I等)则相反。

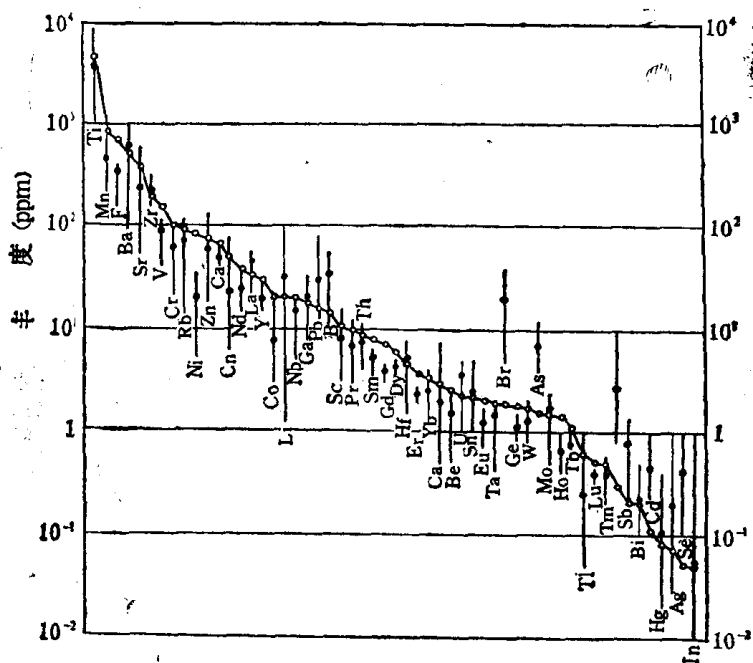


图1 土壤与岩石圈中微量元素丰度的比较

空点，岩石圈中平均含量；实点，表土中平均含量；垂线，表土中通常发现的含量。

由成土母质形成土壤的过程中,矿物风化作用仍然存在,元素的移动受矿物稳定性和元素化学性质的影响。大多数富含微量元素的矿物(如橄榄石、角闪石、辉石、黑云母、钙长石、中长石)是比较容易风化的,但有些矿物,尤其是富含B的电气石十分稳定。各种元素在矿物风化后产生离子,离子电势 < 3 的主要形成自由离子(如 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Co^{3+}),离子电势 > 3 的则易于形成络离子和水解产物(如 Fe^{3+} 、 Mn^{4+} 、 Mo^{4+} 、 Mo^{6+})。离子半径小并在水溶液中形成较小水化离子的元素移动性较大。但离子的形成和移动还受环境条件的影响,低的pH(酸碱度)和 E_h (氧化还原电位)条件下微量元素容易移动。

成土过程最本质的特点是生物活动。生物活动(尤其是植物的吸收、累积及残体分解和腐殖质化)对控制元素的移动与分布起重要作用。此外,灰化、盐碱化、富铝化、硅铝化、砖红壤化、水成作用等成土过程亦各以不同的特点控制元素的累积和移动。例如,灰化过程使许多微量元素(如Co、Cu、Zn、Mn、Mo等)从灰化层中淋溶出去,而有些微量元素则累积在淀积层中;富铝化过程随着硅和盐基的强烈淋失、粘粒与次生矿物不断形成和铁铝氧化物的明显累积,B、I、Se等元素淋失,而Co、Mn、Mo、V等元素则累积;盐碱化作用使许多微量元素(B、Mo、Se、Co、Cu、Zn等)在表层累积,尤其是B的富化;水成作用则导致微量元素(B、Co、Cu、I、Mn、Mo、Se等)在有机质层累积。

因此,从成土母质形成土壤的过程中,在风化作用和各种成土作用的影响下,微量元素通过淋溶、沉淀、吸附和结合,在土壤剖面的不同深度形成一定的分布规律。同时,由