

[美] J. J. 莫尔维德特

W. L. 林 赛

P. W. 吉奥尔达诺

中国农业科学院
土壤肥料研究所

编 译

农业中的 微量元素



农 业 出 版 社

农业中的微量元素

〔美〕 J. J. 莫尔维德特
P. W. 吉奥尔达诺
W. L. 林赛

中国农业科学院土壤肥料研究所编译

农业出版社

内 容 简 介

本书有系统地介绍农业生产中主要微量元素硼、锰、钼、锌、铜、铁等全面知识。内容包括土壤中微量营养元素的化学;有关植物摄取微量营养元素和微量营养元素在植物体内的作用的概念;诊断和矫正微量元素缺乏症;微量营养元素肥料工艺及人和动物体内的痕量营养元素等5个方面,共论文24篇。各篇都由研究这一方面的专家执笔,共37人。各篇篇末附有参考文献,书末编有详细索引便于查阅。

本书可供土壤化学、植物营养、肥料制造以及农化科技人员和农业院校师生参考。

316/66

农业中的微量元素

(美) J. J. 莫尔维德特
P. W. 吉奥尔达诺
W. L. 林赛

中国农业科学院土壤肥料研究所编译

农业出版社出版(北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 34.5印张 839千字
1984年2月第1版 1984年9月北京第1次印刷
印数 1—5,300册

统一书号 16144·2477 定价 5.30元

译 者 的 话

微量元素肥料是一种新兴的化肥。有许多土地确是只因为一亩地缺少了几克这种或那种微量营养元素而产量上不去。只要施入了那几克缺少的微量元素，低产地立刻变成高产，高产地得到了更高产。国际上有这样的例子，国内也发现了这样的例子。有鉴于此，我们翻译了这本农业中的微量营养元素。

这本书是1971年4月20—22日在美国亚拉巴马州马瑟肖尔斯由美国土壤学会和田纳西流域管理局主办的一次“农业中的微量元素营养”专题讨论会的论文组成。由于会前的准备以及会后的整理和 J.J. Mortvedt 等人的编辑，印成了一本比较全面和系统的农业微量元素营养知识的总结性的书。全书24章，包括五个方面。五个方面的内容，在原序、原导言和内容简介中都有说明。

这些总结性的文章都由研究这一方面的专家执笔，因而并不是一些材料的堆砌而是又全面又有分析的章节。既然是1971年的会议论文，只能总结1971年及1971年以前的材料，很少引用1972年和那时还没有发表的材料。因此这些知识与目前对于农业中微量元素营养的知识相比，落后了十年。有人会问，已经落后了十年的书籍为什么还要翻译呢？这是一个需要答复的问题。

我国对于微量元素营养的研究和对于微量元素肥料的应用并不晚，但是对于微量元素营养的知识很不全面、很不普及。目前还没有一本象样的有关微量元素营养的中文书。把这本书译了出来而且有人能细心研读和阅读一些书内的参考文献，他对农业中微量元素营养的知识可以达到一个落后十年的水平。如果能把最近出版的有关某一元素或某一方面的文献择要阅读几篇，他的知识可以称得起赶上世界水平。在这个基础上再加以研究提高就可以对农业中的微量元素营养的知识宝库添砖补瓦了。

为了便于学习和提高起见，我们把所有参考文献全部附在每篇后面，译文内所有引用文献的作者姓名和年份都用英文排印，以利查阅文献的题目和刊物名称。为了便于查阅，原书编有详细索引和页数，我们也把全部索引和原书页数译出附在书末。原书页数与译本页数不同，原书页数附在翻译本左边。读者查阅时请注意。原文各篇篇末的志谢一律没有译入本书。

译文用词，尊重译者习惯，例如 translocation 一词译为移运、转运、转移、移位、易位或运输等不予统一，至于玉蜀黍与玉米，西红柿与番茄等更不计较。在美国，对于 micronutrients 一词尚有争论，动物营养学家喜用 trace element 字样，本译文根据原著 trace element 译痕量元素。micronutrients 一词的译文也没有统一，在书内一般指微量元素，因译为微量营养元素或微量元素，也有译为微量养分的。但是这本书是讨论植物营养问题的，因而在书名上译为微量营养元素。

这本原书最初出版时，中国科学院土壤研究所李庆远同志曾经组织翻译，后被林彪、“四人帮”干扰而停译。本翻译本内有10篇在那时已有译出，其中有四篇曾在《土壤农化》双月

刊发表。最近又由原译人和校对人加以修改，收入本译本，减轻了我所翻译量，很是感激。

全书译出后又由我所张乃凤、李文仪、张大弟、金继运四同志细心审阅和整理成书。各篇负责翻译和校对的同志姓名附在每篇篇末,此外不予列举。本书在翻译过程中,曾得到农业出版社和其他有关同志的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于我们的业务水平、英文水平、中文水平都很差，错误之处一定很多。务请读者同志提出批评和修改意见寄交北京西郊中国农业科学院土肥所科研组，以便在再版时加以改正。

the 1990s, the number of people in the world who are under 15 years of age is expected to increase from 1.1 billion to 1.5 billion. The number of people aged 65 and over is expected to increase from 200 million to 400 million. The number of people aged 15 and over is expected to increase from 3.5 billion to 4.5 billion. The number of people aged 15 and over is expected to increase from 3.5 billion to 4.5 billion. The number of people aged 15 and over is expected to increase from 3.5 billion to 4.5 billion.

中国农业科学院土壤肥料研究所科研组

前 言

在过去十年中,我们对于微量营养元素,在土壤、植物、动物营养以及在人类食物中的作用的知识有了快速的增长。多学科的技巧与精密仪器相结合,使我们关于植物中和土壤中微量营养元素的知识进入到分子水平和土壤中根际的微区域环境。微量营养元素对于缺素土壤的应用,使亩产获得了惊人的增长。世界上的许多地区,土壤中可能仍然缺少一种或几种微量营养元素。

我们面临的任务显然是包括通过精心选择研究方法和基本原理,去测出缺乏微量营养元素以及研究如何对植物供应这些养分的能力。关于微量营养元素,我们必须研究如何解释相互作用的变化,养分的需要,生理机能,以及对环境的反应。

本书的编辑委员会高明地想出了一个计划,使科学家们能够集中他们的知识和见解以及汇集一个复杂题目的各个部分。田纳西流域管理局(Tennessee Valley Authority)和美国土壤学会(Soil Science Society of America)与编辑委员会及作者们协作出版了这本书。这些团体的主要兴趣是传播有利于人类和对全人类提供足够的营养丰富的食品的知识、技巧和技术。本书试图去完成这些基本目标。

美国土壤学会主席 S.R.Olsen

田纳西流域管理局,

农业与化学制品发展部经理 Lewis B.Nelson

序

《农业中的微量营养元素》一书，由对于土壤中和动植物营养中的微量营养元素问题有权威的杰出科学家的来稿组成。本书中的文章是于1971年4月20日至22日，由田纳西流域管理局(Tennessee Valley Authority)和美国土壤学会(Soil Science Society of America)共同负责，在亚拉巴马州的马瑟肖尔斯举行的讨论会上提出的。

导言中提供了微量营养元素研究的一些重要发现的简略历史。书中的章节主体分为五个题材范围：(1)土壤中微量营养元素的化学，(2)微量营养元素摄取和在植物体内的功能的基本概念，(3)微量营养元素缺乏症的诊断和矫正，(4)微量营养元素肥料工艺，以及(5)动物营养和环境中的痕量元素。每一个题材范围都有专门的几章，因而每章的题材是专一的。虽然每一章都有简短的一节谈到了在本章主题范围内研究的需要，但是最后一章则是完全致力于这一题目。这些建议将有助于对微量营养元素的研究有兴趣的其他研究人员。

编辑委员会感谢本书的作者和他们所属单位给予的协作和支持。对于 Richard C. Di-nauer, Matthias Stelly 以及美国土壤学会(Soil Science Society of America)总部办公室的其他成员为出版工作，在手稿的校订和准备中所给予的指导和帮助表示感谢。对于不留名的评论者的帮助，亦表示感谢。

已故的 J.F. Hodgson 也应受到特殊地赞扬，他在这次讨论会筹备阶段的早期参与了这项工作。对他的指导和建议深表感谢。

田纳西流域管理局 John J. Mortvedt (主席)

田纳西流域管理局 Paul M. Giordano

科罗拉多州立大学 Willard L. Lindsay

1971年11月

著 者 介 绍

- William H. Allaway, 土壤科学家, 美国植物、土壤和营养实验室, 康奈尔大学, 伊萨卡, 纽约。
- J. E. Ambler, 植物生理学家, 水土保持研究司, 农业研究局, 美国农业部, 贝尔茨维尔, 马里兰。
- Mohammad Sobhan Ardakani, 前研究助理, 农学系, 伊利诺斯大学, 厄巴纳, 伊利诺斯(现化学研究助理, 土壤和植物营养系, 加利福尼亚大学, 伯克利, 加利福尼亚)。
- John C. Brown, 土壤科学家, 美国土壤试验室, 水土保持研究司, 农业研究局, 美国农业部, 贝尔茨维尔, 马里兰。
- Rufus L. Chaney, 植物生理学家, 美国土壤实验室, 水土保持研究司, 农业研究局, 美国农业部, 植物生产站, 贝尔茨维尔, 马里兰。
- H. E. Clark, 植物生理学教授, 拉特格斯大学, 新不伦瑞克, 新泽西。
- Fred R. Cox, 副教授, 土壤科学系, 北卡罗来纳州立大学, 罗利, 北卡罗来纳。
- H. Gordon Cunningham, 督导员, 痕量元素矿物售货处, 田纳西有限公司, 管理职员, 埃默里大学, 亚特兰大, 佐治亚。
- Boyd G. Ellis, 土壤化学教授, 作物和土壤科学系, 密执安州立大学, 东兰辛, 密执安。
- Charles D. Foy, 土壤科学家, 美国土壤试验室, 水土保持研究司, 农业研究局, 美国农业部, 植物生产站, 贝尔茨维尔, 马里兰。
- Edward A. Funkhouser, 生物学讲师, 生物系, 特拉华流域学院, 多伊尔斯城, 宾夕法尼亚和生物化学和微生物学系, 拉特格斯大学, 新不伦瑞克, 新泽西。
- Paul M. Giordano, 土壤化学家, 土壤和肥料研究部, 国家肥料发展中心, 田纳西流域管理局, 马瑟肖尔斯, 亚拉巴马。
- George Hoffmeister, Jr., 化学工程师, 化学发展司, 应用研究部, 田纳西流域管理局, 马瑟肖尔斯, 亚拉巴马。
- J. Benton Jones, Jr., 教授和农艺推广员, 佐治亚大学, 阿森斯, 佐治亚。
- Eugene J. Kamprath, 肥料管理学教授, 土壤科学系, 北卡罗来纳州立大学, 罗利, 北卡罗来纳。
- Bernard D. Knezek, 土壤科学副教授, 作物和土壤科学系, 密执安州立大学, 东兰辛, 密执安。
- Konrad B. Krauskopf, 地球化学教授, 地质系, 斯坦福大学, 斯坦福, 加利福尼亚。
- Joe Kubota, 土壤科学家, 美国植物, 土壤和营养实验室, 土壤勘测调查处, 土壤保持局, 伊萨卡, 纽约。
- John V. Lagerwerff, 土壤科学家, 水土保持研究司, 农业研究局, 美国农业部, 贝尔茨维尔, 马里兰。

James R. Lehr, 设计规划领导人, 结晶学股, 化学发展司, 国家肥料发展中心, 田纳西流域管理局, 马瑟肖尔斯, 亚拉巴马。

Willard L. Lindsay, 土壤学教授, 农学系, 科罗拉多州立大学, 柯林斯堡, 科罗拉多。

Robert E. Lucas, 土壤肥料管理学教授, 作物和土壤科学系, 密执安州立大学, 东兰辛, 密执安。

David P. Moore, 土壤学教授, 土壤科学系, 俄勒冈州立大学, 科瓦利斯, 俄勒冈。

John J. Mortvedt, 土壤化学家, 土壤和肥料研究部, 国家肥料发展中心, 田纳西流域管理局, 马瑟肖尔斯, 亚拉巴马。

Larry S. Murphy, 农学副教授, 农学系, 堪萨斯州立大学, 曼哈顿, 堪萨斯。

Wendell A. Norvell, 土壤化学研究助理, 康涅狄格农业试验站, 纽黑文, 康涅狄格。

Sterling R. Olsen, 土壤科学家, 水土保持研究司, 农业研究局, 美国农业部, 柯林斯堡, 科罗拉多。

C. A. Price, 植物生物化学教授, 生物化学和微生物学系, 拉特格斯大学, 新不伦瑞克, 新泽西。

Milton L. Scott, 动物营养学教授, 家禽科学系和营养研究院, 康奈尔大学, 伊萨卡, 纽约。

Julius Silverbery, 化学工程师, 化学发展司, 应用研究部, 田纳西流域管理局, 马瑟肖尔斯, 亚拉巴马。

F. J. Stevenson, 土壤化学教授, 农学系, 农学院, 伊利诺斯大学, 厄巴纳, 伊利诺斯。

Perry R. Stout, 土壤学教授和试验站的化学家, 土壤和植物营养系, 加利福尼亚大学, 戴维斯, 加利福尼亚。

Lee O. Tiffin, 植物生理学家, 水土保持研究司, 农业研究局, 美国农业部, 植物生产站, 贝尔茨维尔, 马里兰。

Frank G. Viets, Jr., 总土壤学家, 水土保持研究司, 农业研究局, 美国农业部, 柯林斯堡, 科罗拉多。

Leo M. Walsh, 肥料和管理学教授, 土壤系, 威斯康星大学, 麦迪逊, 威斯康星。

Harold F. Wilkinson, 土地资源科学系, 圭尔夫大学, 圭尔夫, 安大略, 加拿大。

Ronald D. Young, 加工工程股负责人, 化学发展司, 田纳西流域管理局, 马瑟肖尔斯, 亚拉巴马。

(译者说明: 著者介绍中有关地名, 均是参照 1976 年商务印书馆出版的, 辛华编著的《世界地名译名手册》而译出的。)

英制与公制单位以及植物养分换算系数

把 1 列换算为 2 列 相乘倍数	1 列		2 列		把 2 列换算为 1 列 相乘倍数
	长 度				
0.621	公里	(km)	英里	(mi)	1.609
1.094	米	(m)	码	(yd)	0.914
0.394	厘米	(cm)	英寸	(in)	2.54
	面 积				
0.386	平方公里	(km ²)	平方英里	(mi ²)	2.590
247.1	平方公里	(km ²)	英亩	(a)	0.00405
2.471	公顷	(ha)	英亩	(a)	0.405
	体 积				
0.00973	立方米	(m ³)	英亩-英寸(=3630ft ³)	(a-in)	102.8
3.532	百升	(hl)	立方英尺	(ft ³)	0.2832
2.838	百升	(hl)	蒲式耳	(bu)	0.352
0.0284	升	(l)	蒲式耳	(bu)	35.24
1.057	升	(l)	夸脱(液)	(qt)	0.946
	质 量				
1.102	公吨	(t)	美吨	(short ton)	0.9072
2.205	公担	(q)	美担	(cwt, short)	0.454
2.205	公斤	(kg)	磅	(lb)	0.454
0.035	克	(g)	两(常衡)	(oz)	28.35
	压 强				
14.50	巴	(bar)	磅/平方英寸	(psi)	0.06895
0.9869	巴	(bar)	大气压*	(atm)	1.013
0.9678	公斤/平方厘米	(kg/cm ²)	大气压*	(atm)	1.033
14.22	公斤/平方厘米	(kg/cm ²)	磅/平方英寸	(psi)	0.07031
14.70	大气压*	(atm)	磅/平方英寸	(psi)	0.06805
	产 量 或 施 用 量				
0.446	公吨/公顷	(t/ha)	美吨/英亩	(short ton/a)	2.240
0.891	公斤/公顷	(kg/ha)	磅/英亩	(lb/a)	1.12

(续)

把 1 列换算为 2 列 相乘倍数	1 列	2 列	把 2 列换算为 1 列 相乘倍数
0.891	公担/公顷 (q/ha)	美担/英亩 (cwt, short/a)	1.12
1.15	百升/公顷 (hl/ha)	蒲式耳/英亩 (bu/a)	0.87
$\left(\frac{9}{5}^{\circ}\text{C}\right) + 32$	温 度		$\frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32)$
	摄 氏	华 氏	
	-17.8°C	0°F	
	0°C	32°F	
	20°C	68°F	
	100°C	212°F	

植物养分换算——P和K

$$P \times 2.29 = P_2O_5$$

$$K \times 1.20 = K_2O$$

- 一个“大气压”的大小可以用公制或英制单位来表示。

目 录

译者的话	
前言	
序	
著者介绍	
英制与公制单位以及植物养分换算系数	
第一章 导言	P.R.Stout (1)
第二章 微量营养元素的地球化学	K.B.Krauskoff (5)
一、引言	(5)
二、硼	(8)
三、铜	(10)
四、铁	(13)
五、锰	(17)
六、钼	(20)
七、锌	(23)
八、今后研究的方向	(25)
参考文献	(27)
第三章 土壤中微量营养元素的无机相平衡	W.L.Lindsay (32)
一、引言	(32)
二、土壤中溶解度的关系	(33)
三、小结和今后研究的方向	(41)
参考文献	(42)
第四章 土壤中微量营养元素的吸附反应	B.G.Ellis和B.D.Knezek (44)
一、引言	(44)
二、吸附等温线	(44)
三、在土粒表面的结合机制	(46)
四、各个微量营养元素的吸附	(48)
五、摘要和今后需研究的内容	(55)
参考文献	(56)
第五章 有关土壤中微量营养元素的有机质反应	
F.J.Stevenson和M.S.Ardakani (61)	
一、引言	(61)
二、土壤中的天然螯合物质	(62)
三、土壤胡敏酸和富里酸的金属-络合物的稳定性常数	(72)
四、研究展望	(84)
参考文献	(85)

第六章 土壤溶液中金属螯合物的平衡	W. A. Norvell (90)
一、引言	(90)
二、土壤中金属螯合平衡的曲线图解	(91)
三、结论	(108)
参考文献	(108)
第七章 微量营养元素向植物根系的运动	H. F. Wilkinson (111)
一、引言	(111)
二、根-土壤系统的定性概念	(115)
三、定量模型的发展	(120)
四、结论与展望	(129)
参考文献	(130)
第八章 植物摄取微量营养元素的机制	D. P. Moore (135)
一、引言	(135)
二、离子摄取的特征	(135)
三、离子转移的理论模式	(140)
四、微量营养元素的吸收	(143)
五、摘要	(149)
六、需要进一步研究	(150)
参考文献	(150)
第九章 植物体内微量营养元素的运转	L. O. Tiffin (158)
一、引言	(158)
二、植物体内微量营养元素运转的形式	(159)
三、种子及其他贮藏组织中微量营养元素的运转	(168)
四、进入植物体各部分的微量营养元素数量、流向以及重新分配	(170)
五、施用的微量营养元素在植物体内的运转	(172)
六、微量营养元素向植物顶端运动的抑制和促进	(173)
七、微量营养元素从植物体内的损失	(174)
八、今后需要进行的研究	(175)
参考文献	(177)
第十章 微量营养元素在植物体内的功能	C. A. Price, H. E. Clark 和 E. A. Funkhouser (183)
一、引言	(183)
二、微量营养元素的作用	(183)
三、需要进一步研究的问题	(189)
四、摘要	(189)
参考文献	(190)
第十一章 微量营养元素的相互作用	S. R. Olsen (194)
一、引言	(194)
二、相互作用的机制	(194)
三、已经观察到的植物中微量营养元素的相互作用	(195)
四、今后研究的方向和需要	(207)
参考文献	(208)

第十二章 促成植物体内微量养分贫乏的气候条件和土壤条件.....	R. E. Lucas和B. D. Knezek(213)
一、引言.....	(213)
二、影响作物反应的因素.....	(215)
三、摘要和简介.....	(224)
参考文献.....	(226)
第十三章 微量营养元素的土壤测试.....	F. R. Cox和E. J. Kamprath (232)
一、引言.....	(232)
二、土壤测试的概念.....	(232)
三、微量养分的土壤测试.....	(236)
四、总结.....	(247)
参考文献.....	(249)
第十四章 微量营养元素的植物组织分析	J. Benton Jones, Jr. (254)
一、引言.....	(254)
二、植物分析步骤.....	(255)
三、植物中微量养分的浓度.....	(264)
四、分析结果的解释.....	(268)
五、植物分析的展望.....	(270)
参考文献.....	(271)
第十五章 通过施肥矫正微量营养元素的不足	L. S. Murphy和L. M. Walsh(278)
一、引言.....	(278)
二、硼.....	(278)
三、铜.....	(281)
四、铁.....	(285)
五、锰.....	(290)
六、钼.....	(293)
七、锌.....	(296)
八、对未来研究的要求.....	(303)
参考文献.....	(304)
第十六章 植物基因型对于微量营养元素的不同反应.....	J. C. Brown, J. E. Ambler, R. L. Chaney和C. D. Foy(312)
一、引言.....	(312)
二、在有问题的土壤中的微量营养元素的缺乏和中毒.....	(313)
三、植物作为微量营养元素的缺乏和中毒的指示者.....	(314)
四、促进植物变异的生态压力的作用.....	(326)
五、作为解决营养问题的遗传办法.....	(328)
参考文献.....	(329)
第十七章 使用微量营养元素的发展趋势.....	H. G. unningham (337)
一、引言.....	(337)
二、微量营养元素销售的发展.....	(337)
三、微量营养元素不足的调查.....	(338)
四、加价(premium)肥料.....	(339)

五、牵涉到微量营养元素的肥料法律	(340)
六、微量营养元素的消费	(341)
七、以后的发展趋势	(345)
参考文献	(346)
第十八章 含有微量营养元素肥料的配制	
..... J. Silverberg, R. D. Young和G. Hoffmeister, Jr. (348)	(348)
一、引言	(348)
二、在肥料制造过程中掺和微量营养元素	(349)
三、在颗粒肥料成品中添加微量营养元素	(350)
四、液体肥料中添加微量营养元素	(360)
五、今后需要研究的课题	(367)
参考文献	(368)
第十九章 肥料中微量营养元素的化学反应	James R. Lehr (370)
一、引言	(370)
二、化学反应机制的类型	(373)
三、肥料中微量营养元素的反应产物	(378)
四、化学原理：它们的应用和限制	(391)
五、物理方法：它们的应用和限制	(395)
六、摘要和将来需要研究的问题	(399)
参考文献	(400)
第二十章 大量元素肥料中微量元素的农业效果	
..... P. M. Giordano J. J. Mortvedt (403)	(403)
一、引言	(403)
二、受施用大量元素肥料影响的一些因素	(403)
三、颗粒肥料和流体肥料作为微量营养元素载体的效果	(411)
四、对研究的要求	(415)
参考文献	(416)
第二十一章 微量营养元素的地理分布	Joe Kubota和W. H. Allaway (420)
一、引言	(420)
二、微量营养元素问题地理分布的原因	(420)
三、美国的微量营养元素不足和中毒的地理模式	(422)
四、研究的途径	(437)
五、今后研究的趋势	(438)
参考文献	(439)
第二十二章 动物营养中的痕量元素	M. L. Scott (444)
一、引言	(444)
二、自然界中痕量元素的分布	(445)
三、影响天然饲料中痕量元素营养有效性的一般因素	(447)
四、生化作用：缺乏的效应和代谢的相互关系	(449)
五、关于动物的痕量元素营养的研究现状和今后要求的摘要	(466)
参考文献	(467)
第二十三章 铅、汞、镉是环境污染物质	J. V. Lagerwerff (473)

一、引言.....	(473)
二、铅.....	(474)
三、汞.....	(483)
四、镉.....	(492)
五、总述与对未来研究的要求.....	(497)
参考文献.....	(500)
第二十四章 展望未来.....	Frank G. Viets, Jr. (510)
肥料和螯合物词汇表.....	(514)
索引	(515)

第一章 导 言

P. R. Stout

[1*] 如果我们把物理学领域看作是反映质量的特有性质,反映万有引力的,电的,以及来源于星球及太阳核子反应的辐射能梯度的一种体系的话,那么同样的能量交换规律适用于生物界的能量的流动。我们可以为生物机器设想出一个物理模拟。生物体由大量营养元素构成,其工作部分好比是以N原子为核心而转动的蛋白质和酶所组成;而微量营养元素则为有机体内各种能量传递机制提供所需的特殊润滑剂。

1971年标志着 Julius Sachs 和 W. Knop 发现,植物能很好地生长在矿物盐和水中的第111周年。Sachs 的试验,既不需要土壤也不需要有机质,只在他的每升培养液中加入3—6滴“药用三氯化铁溶液”。由于这些实验的成功,Sachs 被誉为是发现植物生长所必需的第一批10个必要元素的人,这些元素之一是 Fe,对植物来说是一种微量营养元素。Sachs 在每升培养液中加入0.5克 NaCl,但是经过其他研究工作者多年(确切地说是83年)的研究,找不到确切的证据证明,在植物生长中 Na 或 Cl 是必要的。最后,在1954年,T. C. Broyer 和他的同事们,其中包括我本人,由于能充分地控制住周围环境中所有的氯源,而永远消除了氯对高等植物的生长确实是一种必要元素的争议。

根据多种高等植物物种,能产生严重而又完全可以重现的缺氯症前,必须克服相当大的实验上的困难,令人惊讶的是为什么 Sachs 认为有必要在其培养液中加入 NaCl。难道在 Sachs 生活的时代,空气是如此之清洁,水是如此之纯净,药品商又是如此精心细作,以致他的供试植物,除非给予 Cl 就不能生长得很好吗?我们想事情可能是这样的,因为加入市政供水中用于预防疾病的溶解的 Cl_2 是长期以来潜在的,必须加以处理的污染来源。水被蒸馏前必须用活性炭吸附这个氯,因为氧化的氯在蒸馏时将会随水蒸气一道逸出。空气进入温室之前也必须进行过滤,因为有几种植物物种已经证明,它们能够通过它们的叶子从空气中萃取它们所需要的全部氯。

[2] 事实的教训是,近代的生理学家和科学家较容易在接近工业发达的人口密集中心进行工作。从而,他们的试验就更容易受到空气带来的颗粒状氯盐类的影响,因为氯化盐在制模和铸造等高温操作中或直接从炉子里释放出来。有些 HCl 气也可以从使用 HCl 工业的工艺流程中逸出。

这次专题讨论会中的广泛兴趣表明了,在农业科学和范围广泛的农业实践中动植物的微量元素营养均已得到确认了。这些需要量很少的元素,其用量也已经可以确定,而不再任意地作为“痕量”去处理了。

有许多专门的报道阐明有关微量元素科学知识的重要意义,以及它们在制造更多的为人类能利用的能量方面所起的相当大的作用。由于著者一向对于 Mo 感兴趣,现以

* 在阐述一个问题时,为便于读者查找原书,行首方括弧中的数字即为原文书页码。——编者注