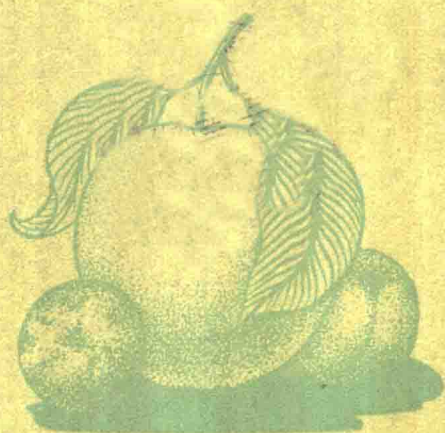


微量元素在 农业中的应用

М. Я. 什科里尼克 Н. А. 馬卡洛娃著



科学出版社

微量元素在农业中的应用

M. Я. 什科里尼克 H. A. 馬卡洛娃 著

馮 世 功 譯
旬 眞 校

科 学 出 版 社

1960

М. Я. ШКОЛЬНИК Н. А. МАКАРОВА
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Изд. АН СССР, Москва, Ленинград, 1957

內 容 簡 介

本书綜合了大量的文献材料,詳細探討了微量元素在农业生产中的意义、在植物生理中的作用和微量元素缺乏时所引起的病害,并敘述了各种微量元素对各种农作物的效果及施用方法,可供农业科学研究工作人员、高等农业院校的师生和农业技术工作人员参考使用。

微量元素在农业中的应用

М. Я. 什科里尼克 Н. А. 馬卡洛娃 著

馮 世 功 譯
旬 眞 校

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

1960 年 2 月 第 一 版

1960 年 2 月 第一次印刷

(京) 0001—7,000

书号: 2083 字数: 197,000

开本: 787×1092 1/27

印张: 3 24/27 插頁: 1

定价: 1.15 元

目 录

前言	1
第一章 微量元素对提高农作物单位面积产量的意义	4
第二章 微量元素问题的普通生物学意义	27
第三章 微量元素在植物中的生理作用	37
第四章 缺乏微量元素所引起的植物病害	61
第五章 硼肥	87
第六章 锰肥	120
第七章 铜肥	148
第八章 钼肥	165
第九章 锌肥	174
第十章 钴肥	184
第十一章 微量元素对改善草地和放牧场及提高畜牧业产品量的影响	188
参考文献	211

前 言

微量元素问题是植物矿质营养学說的一个极重要的部分。在活的有机体中經常微量存在的而为活的有机体正常生命活动所必需的化学元素,如硼、錳、鋅、銅、鉬和鈷等,称之为微量元素。这些元素在有机体的生活中起着特別重要的作用,因此它們引起了知識領域內不同部門的許多专家的注意。在这方面的研究具有很大的規模,在世界文献中所公布的关于微量元素的工作,数以千計。

苏联共产党第二十次代表大会关于提高单位面积产量和增加无机肥料产量約一倍的決議,坚定地要求研究人員重視植物矿质营养的問題,其中也包括植物的微量元素的营养在內。

因微量元素在提高农作物单位面积产量中有很重大的意义,就有必要为科学工作者、农学家和农业实践者們出版科学普及书籍,以通俗易懂的方式叙述在这方面的最重要的成就。

М. Я. 什科里尼克(Шкальчик)所著的“微量元素在植物生活和农业中的意义”一书,除了从理論上闡述了微量元素的問題外,还援引了有关微量元素的实践意义的知識,在1950年就已出版,很早就脫銷了。П. А. 符拉修克(Власюк)在1941年出版的“Нові марганцеві добрива”一书也发生了同样的情况。在1954年出版的 Я. В. 比伊維(Пейве)所著的“微量元素在苏联非黑鈣土地带农业中的应用”和1951年出版的 А. Я. 科金(Кокин)所著的“微量元素在提高单位面积产量中的意义”通俗小册子中,主要只注意了在非黑鈣土地带的条件下微量元素的作用。

М. В. 卡塔里莫夫(Каталымов)所著的“硼肥在苏联农业中的意义”(1948)和 И. А. 波斯彼洛夫(Поспелов)所著的“硼肥在灰化土上的应用”(1947)两书,仅仅叙述硼肥的問題。此外,这两本书出版比較早,有些过时了。

晚近 1952—1956 年出版的一些书如 П. А. 符拉修克的“锰肥在苏联的应用”、В. В. 雅科夫烈娃(Яковлева)的“硼肥及其应用”、О. К. 多布洛留布斯基(Добролюбский)的“微量元素在农业中的应用”以及 Г. И. 拉什凯维奇(Лашкевич)的“微量元素肥料在泥炭土上的应用”，虽然具有极为有益的材料，但是没有全面地提出微量元素的整个问题的概念。

我們着手写这本书时，我們的任务是科学地通俗地全面地闡明植物的微量元素营养問題，并且比較詳細地涉及到关于这一問題的最重要的文献。我們认为有必要不仅列举微量元素在提高单位面积产量中的意义，而且必須闡明微量元素的一般生物学的意义，簡要地叙述它們的生理作用，并描述微量元素不足所引起的功能性的病害。

由于植物的微量元素营养問題和动物的微量元素营养問題不可分离，以及由于沒有論及微量元素在提高畜牧业产品率中的意义的專門的科学通俗著作，促使我們簡要地提到了微量元素在畜牧业中的意义的問題。我們知道本书中談論这一問題的一章，远未完全包括属于这一問題的許多材料，因此不能代替关于这一問題的專門的出版物。應該指望有关的专家在最近期間将这些資料写成科学通俗书籍，或如 Я. М. 彼尔津(Берзин)1952 出版的“鉛盐和銅盐在家畜飼养中的意义”一书一样，写成专题研究的汇编。了解 А. О. 沃依納尔(Войнар)所著的“微量元素在动物和人体中的生物学作用”的大著作(我們提醒讀者注意这部书)，В. В. 科瓦里斯基(Ковальский)的关于微量元素的生理作用的論文以及 1956 年在紐約出版的王达尔伍德(Underwood)的新著，对理解微量元素在畜牧业中的作用有着极大的意义。波兰学者 А. 馬克西莫夫(Максимов)以及印度学者拉里亚 Lal 和苏巴·波(Subba Rao)关于系微量元素对动物有机体的意义的著作，与 А. П. 維諾格拉多夫(Виноградов)所著的“土壤中稀有化学元素的地球化学”一书(1950)都是十分有益的。

如果我們所写的这本书能帮助广大的农业专家和农业工作者

熟悉微量元素应用的实际问题，能为微量元素在农业中运用的事业服务，并促进苏联部长会议 1954 年 6 月 25 日的关于必须大力扩大和改善微量元素的科学研究工作的决议的实现，那么，我们将认为我们的任务已经完成了。

第一章 微量元素对提高农作物单位面积产量的意义

近几十年来标志了在植物矿质营养领域内的巨大发现。

多少年来,学者们就一直认为:除了所谓“有机物元素”(碳、氢、氧和氮)以外,只有6种矿质元素(即灰分元素)如磷、钾、钙、镁、硫和铁才是植物正常生长和发育所必需的元素。这些元素中,有3种(氮、磷和钾)广泛运用于农业中作为肥料。

由于科学不断地发展,除了上述10种元素外,植物生长需要许多的微量元素。这些微量元素中最重要的是硼、锰、锌、铜和钼。对于某些高等植物还需要钴、铝、硅和镍等;而对于某些低等植物还需要钼、钒、钨、镓、镓和铈。

这些发现使我们查明了许多种植物病害发生的原因,这些病害过去并未了解清楚,而且有时错误地认为是真菌病害或细菌病害。业已证实,这些病害都是由于土壤中缺少微量元素所引起的。对土壤施用某种微量元素,或对植物根外追施某种微量元素就可以完全消除类似的病害。

但是,不只是在发现有上述植物病害的土壤上才需要施用微量元素作为肥料。这些病害的发生已反映出土壤极端缺少某种微量元素。土壤中稍许缺少微量元素是常见的现象,在这类土壤上植物在外表上不会显出受害的特征。对于这类土壤施用必需的微量元素就能提高植物的单位面积产量。

现在已累积了大量的关于各种农作物在微量元素影响之下提高了产量和质量的数据。因此在苏联和其他国家的农业生产中已开始运用微量元素肥料,最先使用的是硼肥、铜肥、锰肥和钼肥。

在微量元素含量极其缺乏的土壤上,施用微量元素肥料具有特别重要的意义。在这类土壤上,如果不施用微量元素常常是显

粒无收。我們可以引用几个例子来証明:施用微量元素肥料可以把有些完全貧瘠的土壤改变为肥沃的土壤,使那些不施用微量元素肥料就不可能发展农业的地区,可以发展农业。

我們苏維埃的研究者对泥炭質沼泽土施用銅,已获得了卓越的效果。很明显,实行这项农业技术措施就有可能开垦从前不能利用的大片土地来栽培农作物。

以往所做的工作証明:彻底改良沼泽土必需銅素,如果这些土壤中的某些土壤不施用銅,常常是不能获得任何产量。根据 Г. И. 拉什凱維奇的材料,在白俄罗斯苏維埃社会主义共和国“五年計划的保証”国营农場栽培春小麦,完全得不到收成,但是施用銅肥时每公頃却获得了 17.7 公担的产量。莫斯科沼泽土試驗站在含有鉄和碳酸盐的沼泽地上,由于施用了含有銅的黃鉄矿渣而获得了很大的效果(表 1)。

表 1 含銅的肥料(黃鉄礦渣)对沼澤土上谷类作物产量的影响
(公担/公頃)

試 驗 处 理	大 麦 (維亞特 1163)	燕 麦 (皮沙列夫)	春小麦 (諾文克)	冬黑麦
肥底: P_2O_5 (60 公斤/公頃) + K_2O (90 公斤/公頃)	0.0	0.0	0.0	12.5
肥底 + 黃鉄矿渣 (1 吨/公頃)	15.4	10.3	6.2	18.7

在很多的泥炭土上,施用銅后谷类作物、大麻、牧草及其种子的产量可以增加 2 倍和 3 倍。

許多苏联的研究者查明施用石灰时,特别是在酸性土壤中施用石灰过多时,硼肥有极大的效果,这一事引起人們极大的兴趣。(表 2) 在后一种情况中,硼素不仅可以消除石灰的不良影响,而且保証获得丰产。这些研究表明硼素应该是一种在土壤中施用石灰时所必須施用的肥料。

这类事实在国外的农业实践中也有記載。例如澳大利亚南部貧瘠的 250 万公頃左右的砂質土壤,由于施用含銅和含鋅的微量

表 2 硼素在生長試驗的条件下(石灰作肥底)对植物產量(克/每盆)的影响

試 驗 处 理	飼用甜菜 (根)		向日葵 (地上莖叶)		甘 藍		車 軸 草 (种子)	
	缺硼	有硼	缺硼	有硼	缺硼	有硼	缺硼	有硼
缺 CaCO_3	6	未研究	63	未研究	121	未研究	1.1	未研究
CaCO_3 的施用量为 1/4 水解酸度	286	412	102	125	156	156	未研究	未研究
CaCO_3 的施用量为 1/2 水解酸度	416	517	92	130	133	170	未研究	未研究
CaCO_3 的施用量为 1 水 解酸度	176	690	75	132	127	181	3.2	5.7
CaCO_3 的施用量为 2 水 解酸度	2	834	43	135	19	172	0.3	6.4

注：关于飼用甜菜、向日葵和甘藍的材料是来自 E. A. 阿巴图洛娃 (Абатурова) 的著作, 关于車軸草的材料是来自 K. A. 德米特里耶夫 (Дмитриев) 的著作。

元素肥料, 已变为肥沃的土地。由于在澳大利亚的东南部茶园、綫兰和桉树存在着死亡的威胁, 故微量元素肥料的肥效均集中于这些地方发现。同时一种特殊的疾病大量流行也阻碍了这里的綿羊业的发展, 在个别地区整个羊羣都死于此病。业已查明, 飼料中缺乏鈷素和銅素是这种疾病发生的原因。现在为了改变澳大利亚的貧瘠的土壤, 在播种前施用硫酸銅和硫酸鋅混合肥料, 每公頃 8 公斤, 同时还加施过磷酸鈣, 每公頃 200 公斤, 每六年进行一次。

不久以前, 新西兰也获得了极显著效果。除了培育优良的车軸草品种之外, 在土壤中施用石灰和施用过磷酸鈣也使新西兰的牧場产草量达到很高的水平。目前业已証实, 在有些土壤上鉬素对新西兰的农业所起的作用, 并不低于石灰和磷素。鉬素轉变成植物不能利用的形态, 是土壤的高度的酸性对植物生长影响不良的原因之一。在有些需要施石灰的土壤上, 采用根外追肥的方法每公頃施鉬 71—142 克, 其效果同每公頃施用石灰 2.5 吨一样好。在某些情况下, 甚至每公頃施鉬 9 克也获得了良好的效果。用这样少的微量元素是完全可以办得到的事情, 因为新西兰已开始出售“鉬化过磷酸鈣” (“молибденизированный” суперфосфат)。

T. У. 沃凱尔 (Уокер) 論及列举出来的事实写道: “作者亲眼

看到的施用鉬酸鈉的若干效果,絕不能称为是罕有的現象。在一个混播車軸草和禾本科的牧場上, 对照地段和每英亩噴射 2.5 英两 (每公頃 177 克) 鉬酸鈉的地段并列一起, 噴射后的工作人員大概穿着溅有鉬酸盐的皮靴通过对照地段, 在对照地段上的皮靴印, 如同保存在地层中的任何史前两栖动物的痕迹一样的明显, 其实这都是矮生黃綠色植被上的黑綠色的斑点。”

鉬素对于改良新西兰需施石灰的交通不便的高山牧場, 具有特殊的意义。对这些牧場施石灰是有困难的, 只能用飞机撒施。在这些土壤上施用鉬化过磷酸鈣就代替了施石灰。

以下是关于硼肥的例子。多少年来, 美国田納西州苜蓿产量不高。由于在四十年代初进行研究的結果, 这些土壤缺硼是歉收的原因。在硼肥与石灰和其他矿质肥料配合施用的情况下, 在从前未施硼肥不能栽培苜蓿的土壤上栽培苜蓿, 可以获得良好的产量。

在美国的另一州中 (佛罗里达州), 最初单位面积产量增加很大, 但以后, 由于土壤中石灰含量过多而肥力逐漸减少, 几乎变成貧瘠的地方。这就是土壤中錳素变成植物不能利用的化合物而造成的結果。在这一类土壤上施用錳肥可以获得极大的效果, 可以提高植物产量达好几倍。在佛罗里达州的若干碱性土壤上, 也获得了同样大的效果。

最近几年来所进行的研究表明: 根据各种不同的土壤中可給态的微量元素的含量和植物的生理特性——更广泛地施用微量元素, 是可能的。

在植物生长与发育的临界期中 (критические периоды), 即在植物对某些营养元素需要最多的时期, 土壤要充分具备可吸态的微量元素。此外, 还必需考虑到能加强植物对微量元素需要的外在因素和內在因素。

必須指出, 关于植物需要微量元素的临界期的問題, 研究得还不够。但是, 如許多生理研究所表明的这些临界期实际上是存在的, 对于某些微量元素来讲, 是在生长中的最初阶段, 而对其余的

微量元素而言,是在生殖器官和儲藏器官成形的时期。

某些微量元素是分生組織的形成和有絲分裂过程所需要的,而其中某些微量元素能对同化物質的轉移、生殖器官的形成过程、受精和卵細胞与胚的发育发生影响,因此,植物無論是在生长初期或受精期和果实形成期,均特別需要微量元素。

为了表明植物在不同的发育期中对某种微量元素的需要有多大的差异,我們在表 3 中引用了 A. Д. 斯密尔諾娃 (Смирнова) 在草甸黑鈣土上所作的向日葵的試驗資料。

表 3 在不同时期施入硼和錳对向日葵產量的影响

試 驗 处 理	种 子 产 量	
	公担/公頃	为对照的%
未施肥	9.0	62
NPK-肥底(对照)	14.5	100
肥底+播种前施用:		
硼	15.7	108
錳	14.9	102
肥底+在花盘形成初期时施用:		
硼	18.1	124
錳	16.6	114
肥底+开花时施用:		
硼	19.5	133
錳	17.3	119

从引用的表 3 中可以看出,播种前施用硼和錳时增产不多;在硼的影响下增产 8%,在錳的影响下增产 2%。在花盘形成的时期施用同样的微量元素时,增产量相应地为 24% 和 14%,而在开花期施用这两种微量元素时,增产 33% 和 19%。

如果在这些試驗中仅仅只研究了在播种前施用微量元素的效力,会得出錳肥对这些土壤无效和硼肥的效果不大的不正确的結論。这个試驗很明显地表明在施用微量元素肥料时,特別重視有机体的功能状况是何等的重要。

研究微量元素的效果时,其他因素的影响也很重要:如土壤矿

質元素的比率、土壤的酸鹼度、溫度、光照和其他條件。

當某種微量元素施入土壤但未同時施用其他的礦質肥料時，不會顯出任何效果，這些情況大家都是知道的。在同樣的土壤中如果施用礦質肥料特別是用量很高，那麼這一微量元素便能產生很大的效果。

在 A. B. 索科洛夫 (Соколов)、И. А. 波斯彼洛夫和其他作者的著作中都會指出過，施用大量肥料時，硼肥的肥效提高，產量增加。在鋅、銅和錳等元素方面，這些因素也是大家都知道的，在施有大量的完全礦質肥料 (NPK) 的情況下，這些元素便能顯示出最好的效果。

在施有大量肥料的情況中，植物對硼的需要量很高，A. B. 索科洛夫和 И. А. 波斯彼洛夫認為這是由於植物生長加強，因此對硼的需要量也就增多的緣故。但是問題並不僅如此，當礦質元素的比率被破壞時，微量元素還能起平衡作用。我們已經指出：主要是在施用大量肥料的情況下，甚至是在施用這些肥料不能大大提高產量之時，也就是說在微量元素從土壤中淋溶出來的數量增加不多的條件下，施用硼素和若干其他微量元素能提高產量。正如我們和其他許多研究者所指出的一樣，在礦質元素比率不同的情況下，植物對硼的需求，變化很大，如施用大量石灰和氮鉀之比很高時，植物對硼的需求就增加了，反之，在施用大量的鎂和鐵時植物對硼的需要就略有降低。

根據上述列舉的事實，便可得出如下的極為重要的結論：隨着我國礦質肥料的施用量和單位面積產量的增長，對微量元素的需要勢將增多。

最近幾年來的工作業已証實在微量元素的影响下，能增加植物對於干旱、高溫、降溫、低溫、光照強度的不足和土壤溶液濃度很高的抵抗能力。例如缺乏硼或鋅所引起的生理病害（甜菜心干腐病等）在夏季炎熱而干旱的年代特別流行。在旱地農作地區含微量元素比較豐富的黑鈣土上，由於微量元素能增加植物的抗旱和抗熱的能力，能起良好的作用，特別是在四分體（花藥）形成的供水臨

界期用根外营养的方法追施微量元素,效果尤佳。

硼、銅、鋅和其他的微量元素能够提高植物的抗热性,并能經受冬天光照的不足。正如我們的研究所指出的一样,在温室中栽培蔬菜时,甚至还供給植物大量的含有微量元素的有机肥料,施用微量元素能起到极良好的作用。

还可以举出一些例子,在解决使用微量元素的实际問題时,最重要的不仅只是考虑土壤中微量元素的含量,而且要考虑到生理学上的程序。

許多研究者都証实某些微量元素(硼、鋁和某些条件下的錳)能加速植物发育和种子成熟。因此,就北部地区而言,特別是一些南方植物移到北方时,这一点就具有很大的意义。И. В. 米丘林所描述的扁桃杂种实生苗在錳的影响下第一次結实提早6年的事实,是人所周知的。Н. Н. 卡尔戈波洛娃(Каргополова)在列宁格勒附近所作的試驗中,硼素使番茄产量增加了。在硼素的影响下,最初两次所收获的紅色果实增加了4倍。

某些能促进发育的微量元素对棉花起着特別重要的作用。大家都知道,增加霜前花和收获較早的棉花的产量,具有多么重大的实际意义。М. Г. 阿布塔雷博夫(Абуталыбов)和 А. Х. 塔吉查捷(Таги-Заде)就曾經指出过,在阿塞拜疆苏維埃社会主义共和国的条件下,硼肥和錳肥能减少落鈴,促进棉株发育。因此,收获較早的第一級籽棉的产量,几乎增加了1倍。

在某些微量元素的試驗研究中沒有肥效,这常常是由于对植物使用微量元素进行营养时运用了不正确的方法所致。对微量元素的需要量很少,这一事实本身就指出了絕不能采用施用大量元素(氮肥、磷肥、鉀肥)时所采用的方法,把微量元素施于土壤之中。又如撒施微量元素肥料,然后掩埋入土,这种方法是很少有用的。这种方法只适用于施用量每公頃为300—500公斤的含有微量元素的工业废物如錳矿渣或黃鉄矿渣等。硼錳肥料在每公頃施用50—75公斤时,最好不要撒施。如 П. 庫尔古佐夫(Кургузов)所証明的一样,硼錳肥料和种子一道施于行間,可以使这种肥料用量

減少 80—86%，每公頃只需要施 10 公斤。

把微量元素施于土壤中时，由于用量很少，要使微量元素均匀地分布于耕作层中是很困难的。此外，在土壤中微量元素也往往轉化成为固結的、植物不能利用的化合物，一部分被溶淋和被土壤中微生物区系所利用。某些存留在干涸的土壤上层的微量元素，特別是在旱地农业的条件下对植物也是沒有用的。

必須重視使用微量元素进行植物間接营养的方法的研究，这种方法就是根外营养和播前的种子处理。这些方法所产生的效果往往并不低于把微量元素施于土壤的效果；而且根外营养时，微量元素肥料的用量可減少 67—80%；而进行种子播前处理时，微量元素肥料的用量可減少 90%。

如果植物在最早的生长时期需要某些微量元素，那么使用这些微量元素进行播前处理，能产生极大的效果。通常可用任何一种微量元素的溶液进行浸种。Т. Н. 戈德涅夫(Годнев)、В. М. 捷連齐耶夫(Терентьев)、А. Я. 科金以及 М. Н. 霍罗什金(Хорошкин)等，曾經都指出播前用某些微量元素溶液处理种子，其影响极为良好。

累积起来的关于使用微量元素进行植物根外营养的問題的資料，毫无例外地說明了这种方法有很大的前途。而且采用这种方法就有可能在植物最重要的生长期和发育期供給植物某种微量元素。

根据有些材料，播前用微量元素处理种子和根外营养配合起来，是特別有效的，因为这样可以保証微量元素或多或少地連續不断地供給植物。

根外营养法的优点还在于，它可以利用飞机来进行，这样便可加快施肥和減低用量价格。用飞机施肥于草地或牧場具有特別重大的意义，这从新西兰的例子中就可以看出。1954 年，新西兰曾在 80 万公頃的面积上用飞机施用微量元素和大量元素进行牧場植物的根外营养。我国暂时还只是在糖甜菜和馬鈴薯收获前根外追施磷肥和鉀肥时，才使用飞机。一般說来虽然大量元素也只是

在較小的面积上用于根外营养，但是我国使用微量元素进行根外营养的規模与用大量元素(首先是磷和鉀)进行根外营养相比，却还要小。

同时用微量元素溶液进行植物根外营养，比用同一方法施用大量元素更大。Ф. Ф. 馬茨科夫 (Мацков) 根据这个理由发表了有趣的見解。他認為根外营养独特的特点是它只限于营养液与叶表面相接触的这段时期内(因为叶片迅速干萎)。这样一来，如果后期在叶表面上沒有創造沉淀再次溶解的条件(如降露)，那么就只能保証一小部分营养物质能进入叶組織內。因此，根外营养的有效性与天气条件有很大的关系，故所得到的效果也不稳定。用微量元素进行根外营养时这种关系表現得很小，因为，叶表面上在与溶液接触的短時間內以吸附方式所固着的有效成分的数量，已足够在頗大的程度上滿足植物对某种微量元素的需要。Ф. Ф. 馬茨科夫所发表的見解，已为他在根外营养上用微量元素对豆科种株所作的試驗材料和其他研究者的材料所証实。

实行根外营养时，必須考虑到不同植株間叶片結構的差別。在美国已經查明，对叶片硬的柑橘类进行根外营养时，由于不能很好地保存溶液，最好是預先用石灰中和微量元素化合物，使之成为溶解慢的与石灰相結合的化合物，然后施在叶片上，这样才能很好地在柑橘类光滑的叶片上留下，从而使吸收营养物质的时间延长。

正如許多研究者[什科里尼克和瑪卡洛娃 (Макарова)、諾維茨卡雅 (Новицкая)、科金、米赫里松 (Михельсон) 等] 所表明的一样，用微量元素进行根外营养和播前处理的方法，在某些情况下其效果比植物根部营养的效果要好些，甚至在进行根部营养而不能提高产量时，使用这一方法仍可增产。特别是当某种微量元素在一定的土壤酸碱度的影响下形成固結的植物难以利用的化合物时，将可以发现这种現象。例如，大家都知道的，在酸性土壤上，鉬素就很难为植物利用。正如 В. П. 博任科 (Боженко) 所指出的，在这些土壤上，使用鉬素对車軸草施行根外营养的效果比施于土壤內的效果要好些。在碱性土壤上，錳素和一些其他的微量

元素也很难为植物利用。如 В. П. 捷耶娃 (Деева) 所指出的一样,在用锰素进行根外营养的影响下所获得的产量,比把锰直接施于土壤内所获得的产量要高些。П. А. 符拉修克用糖甜菜所作的试验也获得了同样的结果。在使用锌素进行根外营养方面,也可以列举出相类似的例子。Х. К. 米赫里松在北爱沙尼亚生草-潜育饱和土壤上,把硼镁肥料和硫酸锰施于土壤时,饲用甜菜的单位面积产量未得到任何的提高;而进行根外营养时,却增产很高。

在美国华盛顿州,曾流行一种果树因缺乏锌素而引起的病害。该州的许多果园把锌素施入土壤,但是未见有效。然而使用锌素进行果树的根外营养时,却获得了良好的效果。在柯斯达-里卡 (Коста-Рика) 的许多咖啡种植园中,也发生了同样的结果。该地属于森林土壤,将锌素施入土壤时,没有得到任何的效果,但是在喷射锌盐溶液时却极为有效。在阿根廷、巴西和世界其他各国中,在使用锌盐溶液方面,有相类似的发现。

使用微量元素播前处理种子,是最特殊的植物生长初期的根外营养法,在土壤的酸碱度的影响下或由于某些其他原因使施下的微量元素肥料的可移性减低时。这一方法特别有效。这种情况可用下述的例子来说明。П. В. 马达洛夫 (Маданов) 发现在经常连续出现干旱时期的瓦尔斯柯-卡姆斯草原 (Волжко-Камская степь) 的土壤-气候条件中,即使是易溶解的锰肥 ($MnSO_4$, $MnCl_2$) 在与土壤相互作用之下,也很快变成植物很难吸收的氧化物,因此他得出这样的结论。认为所采用的锰肥施用方法要能促进植物比较充分利用肥料中的锰。他将用硫酸锰溶液在播前处理种子,列为这类方法之中,这种处理在他的许多试验中获得了极良好的效果。

在 В. А. 阿加尔科夫 (Агарков) 的著作里,也列有这种材料,即播前用微量元素溶液处理糖甜菜的种子,对甜菜根的产量和出糖量 (выход сахара) 有良好的影响;而将微量元素施于土壤中时,却没有这样的效果。

但是大家都知道,有些果树栽培在某些碱性土壤上,由于缺少