

土壤与植物营养

第一集

(土壤与植物营养诊断法)

SAIV

科学技术文献出版社重庆分社

S 158-3

4-9

土壤与植物营养 (第一集)

中国科学技术情报研究所重庆分所 编辑

科学技术文献出版社重庆分社 出版

重庆市市中区胜利路91号

四川省新华书店重庆发行所 发行

陕西省宝鸡市人民印刷厂 印刷

开本: 787 × 1092毫米 $\frac{1}{16}$ 印张: 4 $\frac{5}{8}$ 字数: 11万

1978年6月第1版 1978年6月第一次印刷

印数: 11000

统一书号: 16176·40

定价: 0.35元

目 录

前 言	(1)
锌对植物的有效性	(2)

文 摘 部 分

土壤微量元素的测定法	(13)
作物营养诊断	(26)
一、一般问题	(26)
二、粮食作物	(33)
稻	(33)
麦类	(34)
玉米、高粱	(36)
马铃薯	(39)
三、经济作物	(40)
棉花	(40)
糖料作物	(41)
油料作物	(43)
烟 草	(44)
茶 叶	(44)
四、果 树	(45)
五、蔬 菜	(54)
六、饲料作物	(56)
仪器, 测定技术和浸提剂	(58)
氨基酸比色法的田间应用	(63)
土壤作物营养诊断模拟比色阶的制作	(64)
配制各种标准色阶所需试剂	(69)

前 言

近年来,国内外采用微量元素(这里主要指B、Cu、Mg、Mn、Mo、Fe、Zn等)作肥料(下简称微肥)越来越引起人们的重视。国外,如美国、苏联、日本、西德、法国、印度、澳大利亚……等对微肥的生产、调制和使用上做了许多工作,并取得了一定成绩。由于化学试剂的提纯和新的精密仪器在化学分析上的应用,使分析精度越来越高,从理论上探讨微肥在植物和微生物体内的生理生化过程的作用机制提供了有利条件,并搞清了多数微量元素都参予各种酶的作用,如锰对植株内核糖核酸、脱氧核糖核酸和蛋白质的形成都有积极的影响;缺硼时,玉米叶绿体中的叶绿素a、叶绿素b类脂物和磷脂含量都减少;缺铜对向日葵的营养叶片中磷酸酶活性有强烈的抑制作用,但对子叶的磷酸酶活性的抑制作用很小。在应用方面,已从实验室和小块试验推广到大田和大面积区域施用;从果树开始施用推广到粮食作物、经济作物、蔬菜、烟、茶及饲料牧草上施用,都不同程度地取得增产和提高收获物品质的作用,如澳大利亚“90哩沙漠”改造,就是通过施用微肥解决的,日本“五月产业公司”生产的化学品“基库”(KiKu)——是含7.0%铁离子和1.5%镁离子及其他组分的一个化学品,经日本和菲律宾稻田使用,增产效果很好,比对照区增产78%的稻谷。至于锌肥(多用ZnSO₄和ZnEDTA作为锌源)在水稻、玉米上的施用和研究工作,近年来有大量的文献报导和评论。可见,微肥被列入植物营养必要元素已无可置疑了。日本在1973年已生产各种含微量元素的复合肥料达8000吨左右,苏联近年生产含硼素的微肥就达2—3万吨,美国生产微肥

已远远超过5万吨以上。

在施用量和施用方法上,并不是愈多愈好,也不是什么时期施用都能取得同一效果。施用微肥能否获得预期效果,关键在于及时地对土壤和植株进行分析诊断,找出缺素,再选择适当的微肥种类和用量。其次,微肥必须在氮、磷、钾营养供应较为充足的基础上才能增产,第三是施用方法,有种子处理(如浸种蘸枝条、根)、直接施入土壤,目前大多数采用根外喷施,也少数采用将溶液注射入植株输导组织中去。喷施浓度必须严格控制,以免造成毒害。美国70年代初就进行了30多种主要作物大量元素和微量元素的分析 and 诊断工作,并分别提出了诊断标准,美国许多州对果树、蔬菜和大田作物的叶、果内微量元素含量都作了规定,并根据土壤中养分含量、制定微量元素的使用定额。这里根据“美国植物养料控制协会制定的安全含量百分率抄到如下(见《Micronutrients in Agriculture》, Soil Sci. Soc. America Inc. 1972, pp. 419—429)。

微肥品种	安全含量%	允许缺少率%
硼	0.02	0.003% + 15% 安全含量
铜	0.05	0.005% + 10% //
铁	0.1	0.005% + 10% //
锰	0.15	0.005% + 10% //
钼	0.0005	0.0001% + 30% //
锌	0.05	0.005% + 10% //

近年来许多国家,如西德、东德以及苏联若干加盟共和国进行了全国范围内的土壤微量元素普查、鉴定,为生产配制、使用微量元素肥料提供可靠的依据。美国每隔3—5年进行一次普查。

我国对微肥的研究始于四十年代初,到

目前全国主要省市、自治区都不同程度地推广施用,并取得许多可喜的成果。为了在我国更快更广泛地推广施用微肥,特编辑了本专题文献汇编资料,以供广大生产、科研和教学工作参考。由于时间所限,仅只选编了1971—1977年内发表在英国“土壤肥料文摘”上的资料,在编辑过程中蒙云南农业大学土化系、西南农学院土化系、四川农学院

土化系等老师和南京土壤研究所的大力支持,在此一并表示衷心谢意。

本专题分第一、二两集,第一集为土壤和作物营养诊断;第二集为微肥的施用和作物的反应。

由于我们水平有限,错误和缺点在所难免,望读者多多批评指正。

编者1978.6.

土壤和植物营养中的锌

Lindsay, W.L.

(一) 锌对植物的有效性

A. 缺锌的表现

二十世纪初期,就有一定数量的关于农作物生长异常的报告。现在可以把这些报告看做是缺锌的资料。缺锌的最初症状通常是产生一些枯萎发黄的斑块。农作物中,如玉米是在叶片中脉两边产生条状枯黄斑块。树木上则是芽周围均匀分布的正常大小的叶片,变成丛状的小而硬的叶片。总之,缺锌通常是引起叶片变小,或成丛状,产生斑块或萎黄。

Chapman (1960, 1966)总结了关于缺锌及其调节的大量而详尽的资料,指出了各种农作物缺锌植株与正常植株的含锌量以及缺锌的可见症状。

不同作物对缺锌的敏感性是不一样的。果树,特别是柠檬、桃与苹果是缺锌的优良的指示植物。山核桃、菠萝也可指示缺锌。在一年生作物中,玉米、菜豆、洋葱与马铃薯对缺锌也敏感。一般说来收草、豆科与小

谷粒对缺锌不太敏感。

Beeson (1957)在报告中指出了美国各种作物缺锌的地区。稍后,Berger(1962)指出美国至少有30个州报导缺锌。如果翻一下地图就可看到美国几乎所有的州都缺锌。

在美国若干地区,锌的问题引起了最大的兴趣。在澳大利亚南部有长达90哩缺乏微量元素的荒原,那里超过三亿英亩土地受到微量元素缺乏的影响,这是最引人入胜的微量元素问题之一。锌与铜、钼常常是最缺乏的微量元素。

Ryan等(1967)在联合国粮农组织(FAO)的报告中断定15个欧洲国家中的10个国家以及以色列都属于含锌低的国家。随着调查工作的继续进行,全世界缺锌的地区还在继续增加。

B. 影响锌有效性的因素

Lucas与Knezek (1972)最近评述了助长作物缺锌的气候与土壤因素。FAO在一分报告中也总结了15个欧洲国家中的微量

元素问题。影响缺锌的因素是很多的，现就若干因素讨论如下：

1. 土壤含锌量低

砂土有效锌经常是不足的，因为石英一般含锌量很低。砂土全锌量本来就低，通常只有10—30ppm，尽管其水溶性锌的比例高于粘土，但有效锌数量还是要低得多。所以植物根际的锌容易被耗尽。

有些时候，泥炭土与腐泥土（有机土）也发生缺锌。这里全锌量又是一个起作用的因素。因为植物根系所生长的表层与含有矿质锌的底层被隔断了。

在降雨量大的地区，酸性条件占优势，风化释放的矿质锌很快淋失。所以酸性土壤缺锌一般与土壤含锌量低有关。虽然有时酸性土壤全锌量也相当高，但由于风化释放的锌很快从剖面中淋失，所以有效锌仍然相当低。

2. 根系生长受限制的土壤

缺锌常发生在根系生长受限制的土壤。这种情况的发生，可能是由于硬盘层的存在、地下水水位高以及其它因素所引起。容器中生长的植物，如盆栽中也常发生缺锌。被拖拉机轮压的地方也有发生缺锌的情况。

3. 钙质土

钙质土pH一般达7.4或更高一些。如图1（略）所示水溶性锌则是随pH上升而下降，因此，缺锌大部分应发生在钙质土上。事实上也有这方面的报导。虽然，钙质土含锌量通常并不低于非钙质土，实际上甚至还比非钙质土高。锌被碳酸盐吸附也是钙质土有效锌低的原因之一。

Udo等（1970）指出，含锌量与碳酸盐之间并没有明显的相关性（ $r=0.428$ ，相关不显著），但由朗格缪尔吸附公式计算的最大吸附量来看，锌与碳酸锌含量是相关的（ $r=0.755$ ）。Grunes等（1961）报导裸露的底土上生长的玉米与马铃薯严重缺锌。

4. 含有机质少的土壤

缺锌最常发生在表土被冲刷的地方，这

至少可能有两方面的原因：裸露的底土一般有机质含量低而pH与碳酸盐含量则通常较高。

若干作者已指出，化学抽提的锌量与有机质呈正相关。如Follett与Lindsay（1970）指出，有机质含量与DTPA抽出的锌量有很高的相关性（ $r=0.76$ ）。随着剖面的加深，有机质含量与DTPA抽出锌量都显著下降，而它们的关系数仍保持不变（全层 $r=0.71$ ）。缺锌相常发生在原来瓦管排水的地方。因为那里的表土埋下去了，底土则裸露了出来。

5. 微生物固定锌

在农作物中，如玉米常可观察到这样的现象，前作为甜菜比前作为玉米及其它作物的缺锌更严重。DeRemer与Smith（1964）指出，把甜菜的地上放犁翻到土壤中之后，可降低对后作蚕豆有效物锌。Boawn（1965）的进一步研究也指出，甜菜残茬物对后作缺锌的很大影响。一般认为甜菜施用高量磷肥可能是引起后作缺锌的主要因素。

在原来做牲口圈的地方也经常产生缺锌现象。据信，微生物的迅速增长至少会引起有效锌的暂时缺乏。

6. 土温低

大田作物在生长早期常常产生缺锌现象，而到生长中期以后则逐渐消失。在科罗拉多州寒冷潮湿的春季常常严重缺锌，而到7月中旬就缓解。根据观察到的缺锌表现可以提出几种解释，一是在寒冷的土壤中植物根系不发达，其营养范围受到限制；二是有效锌来自土壤有机质，土温低降低了微生物活性，因而有效锌的释放受阻。当土温提高后，就可释放足够的有效锌。

7. 植物种类与品种

不同植物吸收土壤锌的能力有很大差异。这种差异不仅发生在不同植物，而且也发生在不同品种之间。这一点在密执安州表现得最明显。在缺锌的土壤上豌豆Saginaw品种生长很好，而Sanilac品种则生长很

差,表现缺锌。关于植物种属对微量元素(包括锌在内)的不同效应,最近已出版有详细的综述(Brown, 1972)

8. 高水平磷

土壤中高水平的有效磷会引起缺锌。

Barnette等(1936)发现锌肥与过磷酸钙合用会降低锌的有效性。Thorne与Wann(1950)发现犹他州果树缺锌常常与CO₂一可溶性磷高有关。相反,Viets等(1950)发现华盛顿州中部增施磷肥并不减弱锌对玉米的有效性。

Olsen(1972)对土壤与植物中锌与磷的关系问题作了详细的述评,因此在这里不再重复。从图1(略)可看出Zn₃(PO₄)₂·4H₂O比土壤锌更易溶于水。这就是说Zn₃(PO₄)₂·4H₂O可以在土壤中溶解,供给植物锌并不降低锌的有效性。据测定增施磷肥一般都不会引起水提取锌、0.1N HCl提取锌与二苯硫脲提取锌量的减少。很明显,引起磷与缺锌有联系的并不是土壤中形成不溶性磷酸锌的沉淀。

施用磷肥主要是干扰植株对锌的吸收、输送与利用。有些情况下,使植物地上部分含锌量减少,但吸收总量并没有减少。一般认为,施用磷肥可降低植株对锌的吸收。

不管怎样,过高浓度是会干扰植物细胞内锌的代谢作用。尽管如此,锌的浓度本身并不是引起这种干扰的直接原因。总之,磷引起缺锌的真正原因现在还不太清楚。好在是这种干扰在施用适量的锌肥(5—10公斤/公顷)之后就可缓解。直接从植株细胞的生物化学水平着手研究其原因和效应是合乎逻辑的。

9. 氮素效应

据报导氮也是影响锌有效性的一个因素,但没有磷那样明显。Ozanne(1955)观察到三叶草地下部分随着氮供应的增加缺锌也随之增加。而且他还指出这种效应并不是由于生长的增加所引起。他提出氮的增加导致蛋白氮的增加,而蛋白氮可在根中形成锌

一蛋白质络合物,从而束缚更多的锌。

Viet等(1957)研究了各种氮源对锌有效性的影响。他们发现伴随应用氮肥而引起的pH变化对锌的吸收及植物生长有更大的影响。Boawn等(1960)比较了(NH₄)₂SO₄、NH₄NO₃与Ca(NO₃)₂等氮肥,也发现氮肥引起的土壤pH变化有更大的影响,就是说降低影响土壤pH的氮源可增加锌的有效性。

有时,氮肥能有效地增加锌的吸收。Drake(1965)提出氮可增加根的代换量,从而可增加对土壤溶液中锌的吸收。

C. 锌向植物根系的移动

1. 对流与扩散

营养元素移向根系一般包括两个过程:对流(Convection)即营养元素随着土壤溶液移动;扩散即营养元素通过土壤溶液移动。Olsen与Kemper(1968)对这个问题有详细评论。最近Wikinson(1972)又评述了包括微量元素在内的扩散原则。

对流移向植物根系的营养元素数量,由植株水分蒸腾使土壤溶液营养元素浓度增加的数量来计算。Elgawhay等(1970a)应用上述方法计算的结果是玉米所需要的锌,只有5%以下是由对流吸收。其余则都由扩散所引起。很清楚,锌的扩散是锌移向植物的一个重要因素。

Barber等应用自动放射性照相说明了这个问题;植物根际的锌被消耗了,于是形成扩散梯度。不同植物从稀溶液中吸收营养的能力是不同的,因此可形成不同的扩散梯度。这也是解释为什么在同样环境中有的植物生长繁茂、有的则产生缺素症的原因之一。

2. 强度因素与容量因素

不仅土壤溶液中的锌可向植物根系扩散,而且易溶的不稳定的固相锌也是潜在的可扩散锌。Elgawhary等(1970a)应用Zn⁶⁵

测定了Platner壤土中不稳定锌。他们得出的数值是571，就是说每一分水溶性锌有571分不稳定锌作为后备。可见不稳定锌对有效锌也有很重要的意义。如果没有这种不稳定锌来补充土壤溶液中的锌，那么锌被植物吸走后，土壤就会变得不适宜植物生长。

因此，锌向植物根系移动既决定于强度因素（溶液浓度），又决定于容量因素（补充能力）。pH增加会降低土壤中锌的溶解性，从而使锌的浓度、浓度梯度以及锌的吸收与锌对植物的有效性都下降。

3. 螯合物在锌移动中的作用

螯合剂可增加土壤溶液中金属离子的浓度，它与锌结合的程度决定了锌的可溶性。Elgawhary等（1970a）指出土壤中螯合锌的数量与土壤中锌的扩散系数有直接关系。螯合物能同时增加锌的对流移动与扩散移动。浓度的增加意味着更多的螯合锌随着细流被吸收；也意味着根系吸附表面与土壤溶液间扩散梯度的增大。Hodgson等（1967）指出 $2 \times 10^{-3}M$ 的柠檬酸使锌穿过琼脂的能力比纯水大100倍。Elgawhary等（1970b）指出在块根中作为根排泄物的螯合剂显著增加了 Zn^{65} 向块根扩散的速率。类似过程也提高了土壤中金属离子的有效性。

D. 植物对锌的吸收

1. 吸收锌的速率

Carroll与Loneragan（1969）测定的吸收锌的速率低至每天每克新鲜根2纤克原子。他们应用不断供应营养溶液流的技术保证锌不至被吸收尽。Sohmid等（1965）报导，切割过的大麦吸收锌的速率可高达每天每克新鲜根4000纤克原子。如果保持这样的吸收速率一方面可导致锌的缺乏，另一方面也可引起中毒。Hewitt（1966）报导，营养液中植物生长最适合的锌水平为0.3—3.0 μM （微克分子）。

Carroll与Loneragan（1968）在一定锌

浓度范围内培养了若干种植物。所有植物在0.01 μM 锌浓度中都生长很好。而生长量最大则是在0.025 μM 或稍低的浓度中。在营养液中锌浓度约为10 μM 浓度范围内锌被吸收的数量与锌的浓度成直线相关。在1—6 μM 水平内就可产生中毒。从前的报导之所以致毒水平较高，显然是因为以前的报导所指的锌浓度是最初浓度，锌被植物吸走后并没有得到补充。

2. 主动吸收与被动吸收

Moore（1972）评述了植物吸收微量元素的多种途径。争论最大的是根系对包括锌在内的营养元素的主动吸收与被动吸收。这些争论的产生是因为早期工作者难以区分被动的交换吸附与主动的细胞积累。被动吸附产生于细胞壁表面与根系内部自由孔隙表面的静电吸附。这种吸收没有选择性，而且不具备新陈代谢活性。相反，有效积累具有很高的选择性和新陈代谢活性。在短期吸收试验中交换性锌可占植物根系保持的全锌量的90%以上，虽然交换性锌达到饱和是很容易的，但随着吸付继续进行，交换性锌占被吸收的全锌量的百分比就愈来愈小。由于在许多短期吸收试验中交换性锌尚未转移、减少，常被认为锌是被动吸收的证明。另外有一些试验，由于在营养介质中缺乏足够的钙质来维持细胞膜的完正性，因而也不可完全相信。

据Tiffin（1967）与Ambler等（1970）报导，打顶的蕃茄与大豆其木质部渗出液中锌的浓度较营养液高得多。这可说明只有在内部的锌没有被螯合或其存在形态与外部营养液不同的情况下才有有效吸付。

3. 螯合剂的效应

正如第三部分C—3已指出的，螯合剂可增加土壤中锌的可溶性并使锌易于迅速向根系移动。在营养液中螯合剂对锌的吸收常有决定性的影响。据Dekock与Mitchell（1957）报导，芥菜对锌的吸收由于营养液中加入DTPA而减少了。J.C. Brown（1961）与J.C. Brown等（1960）报导，大豆、姜黄

并伴随节间变短, 这种症状他们认为是缺铁引起。但这种症状更有理由认为是缺锌所引起的。Gwinn与Joham (1962) 指出加入EDTA与HEEDTA使棉花植株中锌含量显著变低。

Halvorson (1971) 作水培玉米试验, 营养液中含有 $1.54\mu\text{M}$ 的EDTA或DTPA作为铁的来源。当营养液维持在pH 5时, 生长正常。但达pH 7.5时, DTPA处理引起严重缺锌。这由植物对 ZnSO_4 的反应得到证实。为了寻求这种现象的解释, Halvorson推算出 Zn^{++} 的浓度是营养液pH值的函数, 结果列入图6(略)。在到pH 7的范围内两种螯合剂降低锌浓度的程度是相同的, 而在pH 7以上, DTPA继续抑制锌致使锌对植物无效。在pH 7.5时DTPA将锌浓度降低到 $10^{-11.7}\text{M}$ 或者说低于EDTA 25倍。因此, EDTA处理仍可产生正常的植株, 但植株体内的含锌量显著低于在pH 5时生长的植株。

螯合平衡公式有助于我们理解螯合剂与植物在吸收锌时的竞争。

4. 其它离子的效应

据Chaudhry与Loneragan (1972) 对小麦的研究, 指出碱土金属在广泛的浓度范围内都强烈降低锌的吸收。其影响的次序是: $\text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} = \text{Ba}^{++} = \text{Sr}^{++}$

Bowen (1969) 与Schmid等 (1965) 指出 Cu^{++} 降低锌的吸收, 而且铜好像是在同一吸收点被吸收。 Mn^{++} 与 Zn^{++} 的竞争要少些。

Khadr与Wallac (1964) 指出, 柠檬幼苗由于施用磷肥减少了对锌的吸收。可是大量施用含有磷的钾 (K , $10,000\mu\text{M}$) 则有助于减少磷的影响。当阳离子浓度低而稳定时, 磷对吸收锌的影响与 Cl^- 、 NO_3^- 或 SO_4^{2-} 相似。

E. 锌在植物中的分布

1. 含量

多数作物与牧草体内锌的水平通常在10—100ppm范围内。一般嫩的幼苗中锌的含量最高, 随着年龄的增长而逐渐减少。有人报导, 认为锌的含量随植株年龄增长而减少, 反映了土壤与培养液中有有效锌被逐渐消耗。

即使在同样培养或同一土壤中, 不同种或品种的植物累积锌的能力也有很大差异。毫无疑问, 这种差别在决定各种作物对缺锌的敏感性中有重要意义。

2. 植物体内的分布

与其它营养元素比较起来锌在植物体内的可移动性属中等。当将 Zn^{60} 引入根系培养液后, 据放射性示踪检查, 几小时内锌就转移到植物的其它部位。Thorne (1957) 总结了磷、铁、氮和光影响锌在植物体内转移的一些早期工作。

根系含锌量往往比地上部分高得多。当植物生长在含有高量有效锌的培养液中的时候, 尤其是这样。Riceman与Jones指出减少锌的供应, 引起三叶草中根系中锌向地上部分转移, 直到根中锌的水平与地上部分接近时为止。如果锌的供应充分, 根系中锌的累积往往达到过多的水平, 而当植物生长在缺锌的条件下时, 多数锌就被地上部分再分配与再利用。

Bukovac与Riga (1962) 调查了蚕豆子叶中锌及其它营养元素的分布状况。开始时94%的锌在子叶中, 只有6%的锌在其它组织中, 到第六天, 则只有43%的锌在子叶中, 而57%的锌在其它组织中。由于某些植物在生长早期就落掉子叶, 因此迅速输出子叶中的养分是重要的。对锌来说6天内就输出了一半。

Massey与Loeffel (1967) 研究了玉米中锌的分布。从抽穗到成熟这段时间内, 一个玉米品种每颗植株吸取了3mg(毫克)锌, 而在穗中累积的锌大于3mg, 表明有锌从其它部位转移到穗中。茎秆贡献最大, 在穗的上部与下部茎秆中各约失掉一半锌。

许多两年生与多年生植物都是从老叶及其它营养组织中将营养物质转移地方以保存营养物质。

3. 锌转移的机构

根系吸收的多数营养物质都是通过木质部转运到其它部位。而叶片中的代谢产物及某些矿质元素则通过韧皮部从叶片运出。多数研究指出锌通过木质部向上的通道要超过叶片从韧皮部输出的通道。电泳研究指出锌在木质部液流中不会高于其它金属阳离子（如Ni、Cu与Fe）的水平。Tiffin (1967) 发现蕃茄木质部渗出物中的锌稍带负电，而合成的锌-柠檬酸络合物是带正电。因此，渗出物就不可能是锌-柠檬酸络合物。

F. 锌在植物体中的作用

在我们正确认识锌在植物新陈代谢中的作用以前，土壤中的锌与植物营养的关系是不可能完全清楚的。在几年以前只有碳酸盐

脱水酶是在活组织中得到证实的锌代谢酶。

Thorne (1957) 评述了某些研究，指出锌在生长素的形成与其它酶系统中起着重要作用。现在锌被认为是若干脱水酶、蛋白酶与酞酶的重要成分。植物中这些酶包括：

- (1) 碳酸盐脱水酶，
- (2) 乙醇脱氢酶，
- (3) 谷氨酸脱氢酶，
- (4) L-乳酸脱氢酶，
- (5) D-3 磷酸甘油醛脱氢酶，
- (6) 苹果酸脱氢酶，
- (7) D-乳酸脱氢酶，
- (8) D-酶酸-细胞色素-C-还原酶，
- (9) 缩醛酶。

Price等 (1972) 摘录了若干研究。指出一个早期研究报导锌缺乏引起细胞内RNA与核糖的含量显著下降。Prask与Plocke (1971) 发现锌缺乏引起丝虫藻 (*Englena gracilis*) 的核糖严重不足。如果Price等 (1972) 的意见得到证实的话，锌就是稳定细胞原生质核糖的重要因素。锌对植物正常生长的这种专门作用已为大家以很大的兴趣所接受。

(二) 缺锌的诊断

确定是否缺锌的首要方法就是具体观察叶面追施锌肥后缺锌症状的变化。植株分析与土壤锌的测试现在也在广泛应用。原子吸收光谱与直接读数的发射光谱极大地简化了锌的分析程序，因而取代了其它方法。至于缺锌症状则已在第一部分A点交待过了。

A 植物分析

据Jones (1972) 报导在美国每年为农民与栽培工作者分析的植物样品达40万个以上。植物组织分析可以反映在当地条件下土壤供给营养之素的能力。在这方面土壤测定还常常不能精确反映土壤与植物的关系。因为植物与土壤的关系在生长季节中经常处于变动之中。

植物分析必须要正确采集与处理植物样品。若干关于植物分析时采样步骤的综述是有用的。Floyed与Rodland (1966) 指出尘埃污染对分析植物组织中锌的影响比对其它元素如铁、锰等要小得多。因为后者在灰尘中的浓度要大些。Labanaukas (1968) 曾以洗涤剂洗柠檬叶片，然后以3% HCl冲洗干净，以减少锌及其它金属元素对叶片的污染。

不同植物与植物不同部位在缺锌时的含锌水平有很大差异。Neubert等 (1969) 曾发表解释25种作物营养缺乏诊断的资料。甜菜叶片的含锌量比叶柄高3倍。Jones与Mederski (1964) 发现大豆叶片中的锌随年龄稍有增加，而茎中的锌则随年龄减少。Viets等 (1954a) 建议应用蚕豆上部成熟

叶片诊断锌缺乏。后来，他们根据植株组织分析与肥效试验区分出20种对锌敏感的作物。苜蓿需锌量就只有其它许多作物的1/2—1/3。

Goodall与Gregory (1947) 曾论及借助植物分析诊断缺锌的早期工作。在这方面最显著的进展为果树植物。

植物含锌的临界水平（即低于这个水平植物发生缺锌，高于这个水平植物就不缺锌）尚未得到大家公认。事实上有充足的资料表明不同植物生长最大时所需要的锌水平有极大的差别。Viets等 (1954a) 从玉米田间试验得出结论即在玉米花粉散落时，玉米成熟叶片（往上数第6叶或上面穗下的第2叶）含锌15ppm对植株是足够的。而且至少可获得每英亩100—125蒲式尔的收量。

B 土壤锌的测定

在植物没有表现缺锌症状或没有进行植物分析时，农民是否需要锌肥？这时土壤有效锌的测定就是很有用的了。

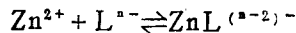
最近已有两本关于土壤微量元素测定的详细综述出版物。这里不打算重复这些详细的资料。只打算补充一些新近的资料及讨论一些测定土壤锌时存在的问题。

土壤锌测定的目的主要是指出一定田块对一定作物是否缺锌。如果有一个标准，那么测定结果就可自动指出锌是否接近临界水平。大多数作物需要锌的数量很小，通常都少于0.4公斤/公顷，关于施多少锌肥的问题并不重要。一般施用4—10公斤/公顷锌肥可管若干年。

需要认真讨论的是土壤中锌的各种类型及其有效性的问题。如Viets (1962) 分为5种类型：（1）水溶性，（2）交换态，（3）专性吸附的、螯合的或络合的，（4）次生粘土矿物或氧化物，（5）原生矿物。可是植物及大多数用来测定有效锌的化学浸提剂不能够区别这些没有联系的类型。

扩散理论用来指出影响土壤养分有效性的强度因素与容量因素是有用的。Elgawhary等测定的一个土壤的有效锌值为571，这就是说溶液中的锌每被吸走一分需要571分补充的锌。良好的土壤测定应该同时反映与水溶性锌及补充的有效锌相联系的强度因素与容量因素。

与锌反应形成可溶性络合物的螯合剂显然优于其它许多土壤测定方法。首先螯合剂与锌离子按下列反应结合



这里L代表螯合剂，n代表它的负电荷数。在这个反应中螯合锌随着螯合剂与锌的结合累积在溶液中，从而引起有效固相释放出更多的锌。可溶性金属螯合物通过过滤很容易与土壤固相基质分离。而滤液中的锌用原子吸收光谱很容易测定出来。

螯合物浸提剂还有一个超过强酸的优点，就是它的pH值可以精心选择与控制。这样就避免土壤中酸性矿物如碳酸盐和氧化物受到破坏。特别是钙质土壤碳酸盐破坏后可释放出封闭的锌，而这些锌是不能被植物利用的。Nelson等 (1959) 建议以滴定碱度作为区别钙质土为缺锌与不缺锌的重要因素。

Viets与Boawn (1965) 断定当时只有两种测定方法经过田间试验与盆栽试验的校准。这两种方法是 NH_4OAc -二苯硫脲法与0.1N HCl 法。Stewart与Berger (1965) 应用 MgCl_2 浸提可溶性与交换性锌。

Trierweiler与Lindsay (1969) 应用pH8.6的EDTA与1M $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 的缓冲液以避免破坏 CaCO_3 。他们认为EDTA浸提优于0.1N HCl ，并且也比二苯硫脲更合适。

稍后Lindsay与Norvell (1969) 报导应用DTPA作浸提剂可同时测定锌、铁、锰与铜。浸提液是由0.01M CaCl_2 、0.005M DTPA与0.1MTEA（三乙醇胺）组成的pH 7.3的缓冲液。10克土壤加20毫升浸提液，

振荡两小时后过滤，然后直接用原子吸收光谱测定滤液中的锌、铁、锰与铜。他们应用此法成功地将科罗拉多州的77个土壤区分为缺锌与不缺锌两大类。这个方法不仅对测锌有优越性，而且同时对测铁、锰与铜也有优越性。

Brown等(1971)在加利福尼亚用4种测锌方法进行了92个田间测试。他们报导的预测值DTPA是83%、二苯硫脲为79%、0.1N HCl为73%、EDTA为72%。他们选择了DTPA法，并建议以此法测定的锌浓度0.5ppm作为区分缺锌与不缺锌土壤的临界水平。

Dolar与Keeney(1971)报导了DTPA法、0.1N HCl与pH7.0 EDTA缓冲液法比较的结果。但是应当指出，他们应用DTPA缓冲液pH为10.9而不是Lindsay的pH 7.3。

最近Lauer(1971)报导了关于DTPA法和0.1N HCl法与土壤有效锌的一些有趣的结果。他以 Zn^{65} 标记了30个土壤，经历约一月的干湿交替后种上玉米，然后用各种化学方法浸提锌。以玉米植株测定的土壤活性锌是4.6ppm，用DTPA测定的是4.3ppm，而用0.1N HCl测定的则为7.7ppm。玉米植株反映的有效锌数值与DTPA几乎相同，有

很高的相关性($r=0.98$)。0.1N HCl浸提的有效锌要高得多，这是因为它浸出了一些对植物无效的锌。Martens等(1966)的结论也与此相似，即0.1N HCl浸提超过二苯硫脲的部分是植物不能吸收的。

Wear与Evans(1968)比较了若干种的化学浸提剂。化学浸提锌与玉米吸收锌之间相关性最好的是 $0.0025NH_2SO_4 + 0.05N HCl$ ($r=0.89$)。他们的研究限于酸性土壤，质地由砂土到壤土。Massey发现当pH与二苯硫脲都与植物吸收的锌相关时，它们的相关系数的乘积达0.80。这种研究也是限于肯塔基州的34个酸性土壤。

在酸性土壤上，似乎0.1N HCl法与二苯硫脲法对预测缺锌同样有效。当土壤含有 $CaCO_3$ ，则EDTA法、DTPA法与二苯硫脲法优于0.1N HCl法。而EDTA法与DTPA法比二苯硫脲法更合适。DTPA法的优点还在于它可同时测定Zn、Fe、Mn与Cu。总起来说，测定土壤微量元素的DTPA法似乎是测定锌的比较有前途的方法。关于各种EDTA的浸提步骤以及pH7.0、pH8.6的缓冲液与无缓冲性溶液的重要性都还没有进行细致的比较试验，而这种比较试验将是很有价值的。

三 缺锌的调节

广泛发生的缺锌现象。可能使缺锌成为一个严重的营养问题。幸运的是缺锌可通过叶面喷施锌肥或对土壤施锌肥加以调节。一般每公顷施用5公斤锌至少可管3—8年。

Thorne(1957)总结了借助于土壤处理，茎杆注射与叶面喷雾控制缺锌的早期工作。这些方法包括用含锌的注射器注入茎干，用 $ZnSO_4$ 涂抹切开的伤口，用锌溶液浸根以及进行叶面喷雾。为了评价何种方法调节缺锌最为有效，进行了大量的田间试验和盆

栽试验。Murphy与Walsh(1972)最近对这个问题作了述评。

在迅速发展的科学领域内，常常由于只见树木而不见森林。在评价微量元素时也有这种情况。在这里也不打算详细介绍锌肥的许多研究。注意力只集中在作为指导施用锌肥的基本原则上。

A. 喷雾与注射

喷雾对调节树木缺锌最有效。一般叶面

喷雾建议每378升水溶解 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.9—4.5公斤（2—10磅/100加仑）在初夏进行一次，必要时可重复进行。通常还要加适量熟石灰中和酸性以避免叶面与果实受伤。叶面喷雾常用于菠萝、柠檬等落叶果树与核果类。也可在冬季或早春进行休眠喷雾。这时的浓度为每378升水加 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 4.5—23公斤。锌螯合物也可作叶面喷雾。

大田作物与蔬菜作物，一般在缺锌症状出现之后才作叶面喷雾。如玉米每公顷可用920升0.5% $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 喷施，于3叶期施一次，5叶期再施一次。适宜浓度与适施数量因作物而不同，应通过试验确定。一般说，控制大田作物与蔬菜作物的缺锌作土壤施锌比叶面喷施广泛得多。

对树干注射锌液曾应用于调节树木缺锌，但不管是否有效，实际上都从未广泛应用过。

B. 锌 肥

对植物施用不同锌肥的效果，可用这些肥料在土壤中可溶性与化学反应加以说明。这些反应及其反应速度决定于土壤pH及肥料施用位置。因此肥料物质将与施肥位置在一起讨论。

1. 矿质锌

从图1（略）锌的可溶性中可明显看出 ZnO 、 $ZnCO_3$ 与 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ 等锌化合物都可充分溶解并供给植物有效锌。这些化合物锌的水平将近于正常土壤锌的 10^4 倍。可是许多试验却表明，在某些情况下这些化合物都不能控制植物缺锌。这又是什么原因呢？

第一，肥料对植物根系的物理可接收性是很重要的。当锌化合物呈颗粒状并停留在原施用的地点，那么土壤总容积中就只有很小一部分能供给有效锌。Brown与Krantz（1966）曾说明矿质锌源停留在施用地点一般都使其肥效降低。相反，如果将这些锌肥

同一小部分土壤，如同土壤总容积的1/16混合就可有效控制缺锌。由于一般矿质锌肥的可溶性随pH增高而降低，所以在pH高的土壤中，这种限制锌肥移动的效应就更强。

硫酸锌是应用最广泛的一种锌肥。这个肥料由于水溶性很好，在土壤中很容易溶解。它释放的锌也可能与氧化物、氢氧化物、碳酸盐或硅酸盐形成沉淀，也可能被吸附在土壤基质上。带状施用 $ZnSO_4$ 比同样施用的粒状 ZnO 或 $ZnCO_3$ 肥效通常要高些，特别是在pH高的土壤上。在酸性土壤上由于 ZnO 与 $ZnCO_3$ 溶解性也高， $ZnSO_4$ 与 ZnO 或 $ZnCO_3$ 之间的差别通常很小。

其它矿质锌肥也是类似情况。 ZnS 与其它烧结锌作为锌肥都不成功。因为它们溶解得很缓慢，作用只限于直接与肥料颗粒接触的根系。如果这些肥料充分磨细并与土壤混合肥效一般都可提高。在酸性土壤上它们的肥效一般比碱性土壤高。另外由于它们释放锌很慢，施用量应该大些。

2. 锌螯合物

关于锌螯合物与矿质锌的肥效比较曾做了大量的研究。

一般就单位数量的锌来说螯合锌比矿质锌有效得多，当然也有很多例外情况。如果没有一些对土壤中金属螯合物平衡的基本知识，这些现象就难于解释。这种平衡关系在第II部分G点已讨论过了（略）。这里只介绍有关应用方面。

Anderson（1964）研究了钙质土壤上施用螯合锌以调节玉米缺锌的效果。他的结果总结如图7（略）。研究是在温室中进行的，肥料物质都是条施的。锌螯合物供应锌的能力次序如下： $ZnDTPA > ZnEDTA > ZnEDDHA > ZnSO_4 > Zn$ 聚黄素。在钙质土壤上pH接近8时 $ZnDTPA$ 的肥效稍微超过 $ZnEDTA$ ，是从螯合物稳定性（图4，略）就可以推论出来的。对pH6—7的土壤 $ZnEDTA$ 与 $ZnDTPA$ 、 $ZnEDDHA$ 之间就不会有多少差异了。由于在这些土壤中

Zn^{2+} 被 Fe^{3+} 所取代, 这些物质都成为较差的锌肥。 $ZnSO_4$ 的肥效较低则是由于条状施肥限制了它的移动。 $ZnRayplex$ 在土壤中也是迅速解离而释放出锌。其它锌螯合物在增加土壤中锌可溶性的效应从图5(略)也可以推论出来。在pH低的情况下, 由于 Zn^{2+} 被 Fe^{3+} 从螯合物中置换出来, 多数螯合剂的效应将降低。土壤中锌螯合物的pH平衡图是用来理解与推论不同土壤上各种螯合物肥效的很有用的工具。

一些肥料商、推广工作者与农民常常企图得出某一个有效因素, 作为比较螯合锌与矿质锌肥的有价值的基础。由于土壤pH与施肥方法的影响如此之大, 这样单一的有效因素常常会把人引入歧途。如果是用条施法来比较螯合锌与矿质锌, 那么螯合锌将会更有效些。如果锌肥与足够数量的土壤混合, 二者肥效差别就要大为减少, 因为在这种情况下矿质锌变得更易为根系所吸收。如果比较试验是在钙质土壤上进行, 肥效差别就比较酸性土壤上大。如果螯合锌是用到很酸的土壤上, 它们将变为铁螯合物, 因而螯合锌的肥效就不比矿质锌高。此外, 还要考虑不同锌螯合物之间的差异。很多天然有机产物也常可当作螯合物, 在土壤中也很容易解离, 其表现基本上类似水溶性矿质锌肥。

当肥料以穴状或带状施用时, 不容易解离的螯合物将更为有用, 特别是在pH高的土壤上。螯合锌由于具有很大的可移动性, 因而可移动至很大容积的土壤中, 这样与根系接触的机会就大为增加。如果锌肥施用时与土壤充分混合或施用在酸性土壤上, 那么螯合锌超过矿质锌的优越性就要大为降低。

3、大量元素肥料中的锌

锌与大量元素结合施用可消除分别施肥, 对于降低成本常常是合适的。但这样做会产生一个问题: 这种结合会影响锌肥的效果吗?

Silverberg等(1972)综述了在大量元

素肥料(包括固态、液态与悬浮态)中结合施用微量元素的技术问题。Lehr(1972)论述了加入的微量元素与大量元素之间化学上的相互作用。这种相互作用是很重要的, 因为与所接触的土壤发生反应的正是肥料相互作用的产物。由于这两篇评论相当详尽, 其中的资料就不准备在这里重复了。

Giordano与Mortvedt(1972)总结了关于大量元素中锌的农学效应的研究。这些研究多数是由TVA(归纳西流域管理局)与其合作者在过去几年中作的。这里补充少数他们总结中没有的调查结果。

锌肥通常与各种氮肥结合施用, 最常结合的氮肥是硝铵与硫酸铵。不管是否与大量元素结合, 颗粒状肥料都降低锌的可溶性并减少其在土壤中的分布。Lauer(1969)调查了在颗粒肥料周围形成可溶性锌— NH_3 络合物的可能性, 这样就会增加Zn在周围土壤中的可溶性。 $ZnSO_4$ 的形成在一定程度上增加了锌的可溶性。这可能是硫酸盐提高锌有效性的一个重要因素。但这还需要进一步研究。

当锌肥与磷肥结合时, 形成大量的反应产物。如果其中混有铵盐与钾盐的话, 有些反应产物将含有 NH_4^+ 或 K^+ 。多数含有 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ 的产物水溶性很高, 使土壤中充满对植物有效的锌源。某些不溶性产物则阻碍锌与土壤的反应, 从而限制锌从肥料颗粒或肥料区移动出来。这种效应在集中施肥时比混合施肥更强烈。

锌与液态氮化聚磷酸盐肥料结合作为锌肥的问题有人作过估计。由于液态肥料在土壤中分布均匀, 一般显然优于同类的颗粒肥料。当然, 在肥料与土壤充分混合的情况下这种差别会减小。当11—33—0液态氮化过磷酸盐(APP)开始应用时, 有许多人认为锌-聚磷酸盐络合物可显著而稳定的增加锌的可溶性及其在土壤中的有效性。Truelson(1967)比较了锌与磷酸一铵(MAP)聚磷酸盐(APP)结合的效应。以玉米作的

盆栽试验结果总结如图8(略)。很清楚, $ZnSO_4$ 与聚磷酸盐结合的肥效并不比它与磷酸一铵结合的高。对各种和正磷酸盐结合的锌肥及与不同比例聚磷酸盐(0—100%)结合的锌肥都进行了研究。结果各种锌肥中锌被吸收的数量与锌-MAP几乎完全一样。 $ZnEDTA$ 作为锌源则显著优于聚磷酸锌盐。Truelson的进一步研究还指出聚磷酸锌盐络合物在土壤中是不稳定的,它在保持锌可溶性中作用很小。Norvell(1972)计算了土壤中 $Zn-P_2O_7$ 与 $Zn-P_3O_{10}$ 络合物的相关性,并指出这些络合物是不稳定的,因而土壤中的络合锌与螯合锌的有益作用就要打点折扣。但它们在液态肥料中的作用是很好,因为它们可使锌肥很容易加入液态磷酸肥料中。

C 锌肥的后效

多数土壤浸提液的测定与植物吸收试验都指出锌肥有很显著的后效。后效的长短则决定于作物、土壤与施用数量。

Boawn等(1960)报导在Ritzville细

砂壤土上,施用锌肥18公斤/公顷,在种了四季作物后以0.1N HCl浸提0-20厘米土层中的锌,发现还保存有将近35%的锌。每公顷施用4.5公斤锌的处理与未施锌的处理之间在5年之后才没有显著差别。Boawn等(1964)还发现施用相当于2.5ppm锌的 $ZnSO_4$ 可满足连续种植6或7季作物的要求。以明显缺锌的土壤作盆栽试验表明,当施入12.5ppm的锌肥时,连续种植10季作物都没有缺锌现象,随着作物的不断栽培,土壤中二苯硫脲浸提的锌逐渐减少,当降到0.55ppm时植物就要求进一步施用锌肥。Follett与Lindsay(1971)指出盆栽试验中的11种土壤在第一周中DTPA浸提的锌量都迅速下降,以后则逐渐下降。最近Boawn(1971)报导在3年的田间试验中DTPA提出的锌也有类似情况。

现代研究表明,锌肥的后效由于作物种类、土壤类型与施用量不同可保持2—8年。而且以0.1N HCl、二苯硫脲与DTPA浸提的锌量,对于监视有效锌的水平与确定是否需要锌肥都是很成功的。

四 总结与需要进一步研究的问题

在世界的许多地区农作物缺锌现象都增加了。锌成了最普遍缺乏的微量元素之一。

我们关于土壤中锌的化学的知识也增加了。虽然以现代方法测定的土壤中锌的浓度只是一定数量的土壤,但可进一步抽象出一般规律。因此,关于矿物锌可溶性图式、溶液中离子种类与锌螯合物pH稳定性图式都能得到发展。这些平衡公式对于理解土壤和肥料中锌的表现是极有价值的。对于控制土壤中锌浓度起作用的土壤固相基质的特点则还需要进一步研究。

扩散的重要性与锌流向植物根系的机制已经充分得到阐明。螯合物在这个运输过程

中起着十分重要的作用。土壤上生长的植物对锌吸收的速率往往受这个过程的制约。这个过程也还需要进一步作批判性的检验。

从作者的观点看来,最引人入胜的发展或许是土壤中锌与其它金属螯合物平衡公式理论基础的发展。这种发展对于阐明螯合剂中金属离子的定量交换极有用处。这些公式为理解与阐明土壤中螯合剂的表现及其对锌有效性的影响提供了坚实的基础。关于天然的锌有机络合物的特性还需要进一步研究,只有这样这些络合物才不致以仅凭经验加以调节。

锌肥的施用在过去二十年有了很大的发

展。有希望的是，我们对于土壤和肥料中锌的化学知识的增加可促进这个领域的继续进步。而勿须像过去的研究中那样常常只凭经验办事。

现代进展也使我们我们可以阐明根系对锌吸收的特点。但如同锌向植物根系运输的问

题一样，这个问题也需要继续研究。关于锌在植物新陈代谢中的特殊作用也需要继续研究。

参考文献187篇（略）

曹文藻节译自《Advances in Agronomy》Vol.24, 1972, 158—186。

文摘部分

土壤微量元素的测定

001 用中子活化分析法测定土壤提取液中的钼——(Zmijewska, W.等)

《Chemia Analit》, 1969, 14, 23—27 (英文) [SFA-71-173]

在水或醋酸铵 (NH_4OAc) 提取液蒸干的固态物进行照射，经乙醚分离和用含 CHCl_3 的苯偶 α -烟肼的提取浓缩后，根据它们的 γ -光谱来测定钼。钼的含量在10微克时的变差系数为 $<8\%$ ；在1微克的灵敏度极限时的变差系数约 26% 。

002 硼从分层土柱中淋洗的一种计算机分析方法——(Tanji, K.K.) 《Soil Sci.》1970 110, 44—51 (英文)

[SFA-71-72]

讨论了计算机方法的演算程序（从实验室的土柱预示硼的运动和解吸作用的方法）用来研究吸附和解吸附过程中的朗格缪（Langmuir）吸附等温线和置换可溶性硼的色层分离方程。

003 测定土壤中除草剂的生物方法——

(Kuramoto, M.等) 《Anais Eze. sup. Agric. 'Luiz Queiroz'》1968, 25, 213—218 (葡萄牙文, 摘要; 英文) [SFA-71-3768]

将黄瓜 (*Cucumis Sativus*) 和小麦 (*Avena Sativa*) 栽种子装有400克砂土或

粘土的盆中，盆内含有0.2—20.0毫克不等的敌草隆。黄瓜对敌草隆很敏感，它可能用以检出每400克土壤中含1毫克的敌草隆含量。

400 土壤中被固定的和全量钙、镁的测定——(Haqvenne, W.等) 《Bull. Rech. Agron. Gembloux》1970, 4, 517—531 (法文, 摘要; 英文)

[SFA-71-169]

在 $\text{pH}6.8$ 的 NH_4OH 中沉淀 Fe 和 Al 以消除它们的干扰之后，用火焰光度计测定土壤提取液中的 Ca 和 Mg ，能得到满意的结果。 Ca 的变差系数为 1.59% ， Mg 的为 11.09% ， Ca 和 Mg 的回收率分别为 107.0% 和 106.7% 。如果溶液中加入锶 (Sr)，用原子吸收分光光度法测定，则更为快速与准确。对于再现性和回收率的对应数值为 2.42% 、 1.75% 、 96.2% 和 101.0% 。

005 用原子吸收分光光度计测定土壤中的活性铜、钴、锌和锰的含量——(Лепнер, Л等) 《Агрохимия》1970, 7, 137—143 (俄文, 摘要; 英文)

[SFA-71-175]

006 一种微量（元素）盆栽试验用以评价从土壤中提取微量元素的化学方法——

(Болшаков, В, А等)《Агрохимия》1970, №.6, 128—132 (俄文, 摘要: 英文) [SFA-71-176]

该文介绍了微量(元素)盆栽试验的结果和Cu, Zn, Mo的化学提取法结果之间的相关系数。

007 用以测定矿物和土壤含镁量的Wor-ks 实验室方法——(Drews, M,)《Dte Gartenb》1969, 16, 182—184 (英文) [SFA-71-1133]

Mg (在每升含18毫克的浓度范围内)的测定是用黄色试剂(C.I.Direct黄4号)处理后的0.025N CaCl_2 的提取液, 在30分钟内于560毫微米下测定其消光值。

008 对一个单一土壤全钒、铬和钼的测定——(Lyvblmova, Z. N.)《Vest.mosk.vniv.ser.biол.pochv.》1970 №. 3, 73—79. (俄文)

[SFA-71-1136]

用 $\text{HF} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 消化后, 再用王水或 HNO_3 补充氧化有机质, 在强碱溶液中沉淀 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 。在沉淀了 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的溶液中测定Cr(铬), 在滤液中测定V(钒)和Mo(钼)。

009 用原子吸收分光光度计(配合一个用机械可分离的光焰)分析土壤EDTA(乙二胺四醋酸)提取液中的铜、锌、锰——(Ure, A. M.等)《Analytica Chim.Acta》1970, 52, 247—257 (英文) [SFA-71-1137]

用原子吸收分光光度计(配合一个用机械可分离的气体乙炔火焰)分析土壤提取液中的Cu、Zn和Mn表明, 在灵敏度和检定极限方面都比通常的非分离火焰装置有所改进。对Cu作了详尽的研究。干扰作用很小, 甚至微不足道。根据素烧杯溶液技术和火花激发, 这个方法和发光分光光度计法作了比

较。Cu和Mn的测定结果很一致。用200个土壤提取液对Cu的测定结果进行统计学的比较, 两种方法无显著差异。用原子吸收分光光度法测定Zn, 在灵敏度和精密密度方面特别好。

010 比哈(Bihar)土壤中钼的研究——(Verma, K. P.等)《J.Indian Soc Soil Sci.》1970, 18, 37—39 (英文) [SFA-71-2838]

用HCl提取和用无水 Na_2CO_3 熔化以测定全Mo量, 用酸性草酸铵提取和用黑曲菌(*ASPergillus, niger*)生物测定变量Mo, 这些测定进行了比较以作为植物有效性Mo的指标。土壤pH和大豆、花生含Mo量或有效性Mo(黑曲菌生物测定法)之间的相关达1%显著水准。用黑曲菌生物测定法测出的有效性Mo与大豆、花生的含Mo量间的相关达1%显著水准。

011 利用土壤化学分析法诊断微量元素的缺乏——(Duval, L.等)《Annls agron.》1970, 21, 573—586 (法文, 摘要: 英文、德文、俄文)

[SFA-71-3244]

评述了植物中的Fe、Cu、Mn、Zn、B和Mo的缺乏与土壤中这些元素含量之间的关系。在法国不同地区(括号内)的检出临界为: 缺Fe失绿病的, 70%“活性” CaCO_3 (东南部); 缺Cu, 7—8 ppm全Cu量(Armorican Massif); 缺Mn, pH7.60的土壤中含20ppm可提取Mn, 而有Mn害的, 则pH<5.0土壤中含100ppm可提取Mn(Brittany); 缺Zn的, 在pH>6.4的土壤中含<3ppm稀HCl可提取的Zn(西南部)。参考文献54篇。

012 可淋洗的土壤硼的实验室测定——(Rhoades, J. E.等)《Proc. Soil Sci.Soc.Am.》1970, 34, 871—875