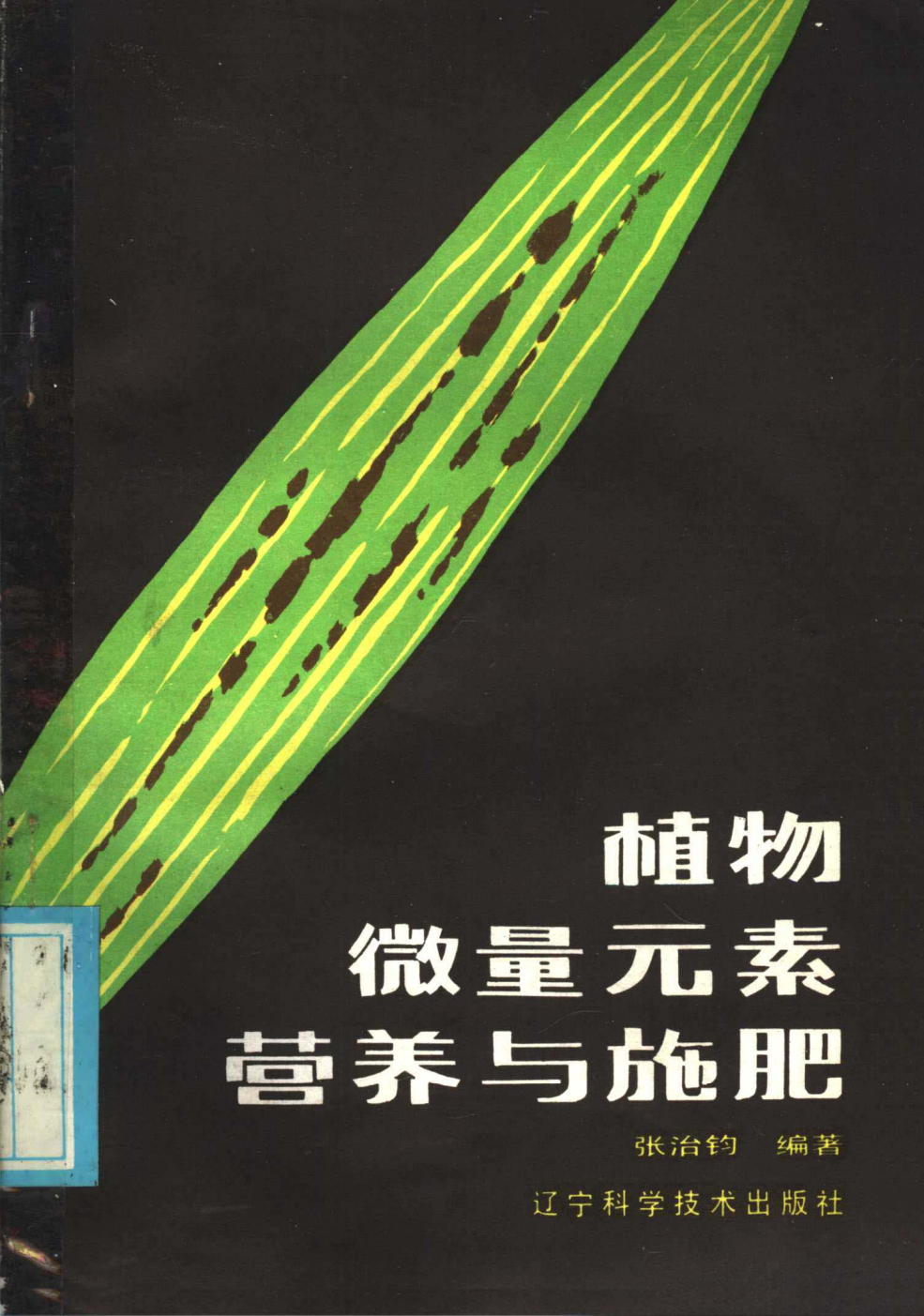




植物 微量元素 营养与施肥

张治钧 编著

辽宁科学技术出版社

植物微量元素营养与施肥

张治钧 编著

辽宁科学技术出版社

1986年·沈阳

植物微量元素营养与施肥
Zhiwu Weiliang Yuansu Yingyang Yu Shifei

张治钧 编著

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)
辽宁省新华书店发行 丹东印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 2 1/8 字数: 32,000
1986年2月第1版 1986年2月第1次印刷

责任编辑: 周文忠 封面设计: 杨丽珠

印数: 1—17,300

统一书号: 16288·114 定价: 0.39元

前 言

目前已发现植物体内含有七十多种元素。其中，碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁和硫九种元素，占植物体全部重量的大部分，通称为大量营养元素。钼、硼、锰、铜、锌、钴、氯等，在植物体内含量很少，仅占十万分之几，甚至百万分之几（百万分之一，即1吨植物体干重中含有1克，或1公斤中含有1毫克），所以称为微量元素。铁在植物体内含量也很低，也常列入微量元素中。这些元素生理作用有很强的专一性，大多数是酶或辅酶的组成部分，其含量虽少，但作用却很大。

当土壤中微量元素供给不足时，会引起作物生长不良，产量下降和品质降低，严重时甚至颗粒无收；当土壤中微量元素供给充足时，植物生长正常，这时再施用微量元素肥料也不能充分发挥作用；当施用某种微量元素肥料过多时，还会对作物产生毒害，生长不良，产量下降。所以，了解某一作物对某种微量元素营养的需要量和土壤供给能

力，是判定合理施用微量元素肥料措施，达到增产目的的重要依据。

微量元素不仅是植物生育所必需的，同时也是人体营养中不可缺少的。如果不足或过多，对人体健康会有不良影响，假如人们长期吃缺少某种微量元素的食物，可能要因这种微量元素营养的不足而得病。比如，甲状腺肿是缺碘，缺氟儿童患龋齿病，缺钼易患食道癌，缺铜易患心血管病，缺锌易患矮小病，缺铁易患缺铁性贫血病等。某种元素过多对人体也是有害的，比如，镉过多易得骨痛病，氟过多易得氟斑牙和骨骼氟中毒等。大量事实说明，微量元素用量虽少，但作用很大，所以绝对不能忽视，它对生物的生理转化有举足轻重的作用。

随着农业上应用需肥量大、产量高的新品种和杂交种，每年从土壤中带走各种养分的数量是相当大的，而向土壤中补充的肥料，主要是氮、磷和钾肥，微量元素长期得不到补充，会严重影响作物生长。缺少微量元素产生的症状，在十几年以前还很少发现，近几年来发现缺少微量元素肥料的现象越来越普遍。随着大量元素肥料施用量普遍增加，微量元素肥料也就成为一些作物土壤营养的限制因素。

作者根据多年研究结果，并搜集国内外有关资

料，编写成册，以期科学地合理地施用微量元素肥料。

本书稿经金安世高级农艺师和张宝烈同志认真审阅，并提出了许多宝贵意见，谨致谢意。

编 者

1985年4月

目 录

一、锌 肥	1
(一) 锌在植物体内的含量、分布和生理作用	1
(二) 锌在土壤中的含量、形态和转化	2
(三) 怎样判断植物缺锌	5
(四) 常用的锌肥	11
(五) 锌肥的施用技术	12
二、锰 肥	14
(一) 锰在植物体内的含量、分布和生理作用	14
(二) 锰在土壤中的含量、形态和转化	15
(三) 怎样判断植物缺锰	17
(四) 植物锰中毒	20
(五) 常用的锰肥	21
(六) 锰肥的施用技术	22
三、铁 肥	22
(一) 铁在植物体内的含量、分布和生理	

作用·····	22
(二) 铁在土壤中的含量、形态和转化·····	23
(三) 怎样判断植物缺铁·····	24
(四) 水稻亚铁中毒·····	26
(五) 常用的铁肥·····	28
(六) 铁肥的施用技术·····	28
四、铜 肥 ·····	30
(一) 铜在植物体内的含量、分布和生理 作用·····	30
(二) 铜在土壤中的含量、形态和转化·····	31
(三) 怎样判断植物缺铜·····	32
(四) 常用的铜肥·····	34
(五) 铜肥的施用技术·····	34
五、硼 肥 ·····	35
(一) 硼在植物体内的含量、分布和生理 作用·····	35
(二) 硼在土壤中的含量、形态和转化·····	38
(三) 怎样判断植物缺硼·····	39
(四) 常用的硼肥·····	43
(五) 硼肥的施用技术·····	43
六、钼 肥 ·····	44
(一) 钼在植物体内的含量、分布和生理	

作用·····	44
(二) 钼在土壤中的含量、形态和转化·····	45
(三) 怎样判断植物缺钼·····	46
(四) 常用的钼肥·····	48
(五) 钼肥的施用技术·····	48

附 表:

一、植物体的元素组成 ·····	51
二、植物叶片中微量元素含量范围和判断指标 ·····	51
三、不同作物各部位微量元素含量 ·····	52
四、不同作物收获期各部位的生物量 ·····	54
五、不同作物对微量元素吸收量、带出量和 归还量 ·····	55
六、各种营养元素之间的关系 ·····	56
七、土壤中可能造成微量元素亏缺的各种因素 ·····	57
八、地壳、成土母岩及土壤中微量元素含量 ·····	58
九、土壤中Cu、Zn、Fe、Mn含量与土壤质地的 关系 ·····	58
十、不同土类对锌离子的吸附固定 ·····	59

一、锌 肥

(一) 锌在植物体内的含量、 分布和生理作用

1、锌在植物体内的含量与分布：植物体内的锌主要集中在幼嫩部位。缺锌时，植物体内的锌大部分可重新分配，优先输送给根尖、生长点以及顶端第一片叶，下部叶片含量逐减。施锌与不施锌的作物比较，中部叶片中锌的含量差异较大，可做为缺锌诊断的取样部位。植物各部位的含锌量是不同的，例如水稻根中（73.3ppm）多于茎叶（35.3ppm），茎叶中多于种子（19.5ppm）。

2、锌在植物体内的生理作用：锌与叶绿素、生长素（吲哚乙酸）合成有关，它又是许多酶的组成成分。锌参与碳水化合物的合成与转化及氮的代谢作用。因此，缺锌的植株表现矮小，并在体内产生了铵态氮的累积，缺锌不利于种子形成。

锌还有其它一些生理作用。例如，锌过多或缺

乏都能引起遗传的突变；缺锌会破坏种胚正常发育以及使花粉不能成熟；锌能提高某些作物的抗病性、抗寒性和耐盐性，并有促进早熟、提高作物子粒产量的作用。

锌是碳酸酐酶的组成成分，碳酸酐酶能促使进入植物体内的 CO_2 水化向叶绿体扩散，因而有助于光合作用。当光照强度强时，植物对锌需要量明显增加，因而，缺锌的苹果树小叶病在树冠的阳面表现严重。

根据作物对锌反应的敏感程度分为：

(1) 对锌最敏感的：玉米、豌豆、亚麻、番茄、蓖麻、柑桔、葡萄、桃、苹果、李、水稻等。

(2) 中等敏感的：马铃薯、圆葱、甜菜、棉花、大豆、高粱、花生等。

(3) 不敏感的：小麦、大麦、胡萝卜、苜蓿等。

(二) 锌在土壤中的含量、形态和转化

植物缺锌的原因是多方面的，但主要是土壤供给植物锌的能力不足，所以了解锌在土壤中的含量、形态和转化是非常重要的。

我国土壤的全锌含量范围是 3—790ppm，平均为100ppm。土壤全锌含量多少与成土母质有关。据中国科学院林业土壤研究所分析资料表明，土壤中有效态锌的含量，以辉绿岩发育的土壤含锌量最高(5.46ppm)，砂岩次之(3.11ppm)，灰岩、页岩为2.00—2.89ppm，千枚岩、片麻岩和花岗岩为1—1.9ppm，石英岩发育的土壤有效锌含量最低，为0.86ppm。

锌在土壤中的形态可以分为水溶态、缓效态、难溶态和有机态四种。它们在一定条件下可以相互转化。矿物风化后锌以 Zn^{2+} ， $Zn(OH)^+$ 等离子形态进入土壤溶液中。有时也会生成一价络离子，例如 $ZnCl^+$ ， $Zn(NO_3)^+$ 等。含锌络离子或锌离子又会转化成难溶化合物或被固定，不能为作物利用。

影响锌在土壤中形成不同形态的主要因素有：

1、土壤pH值：土壤中有效锌的含量与pH值之间呈负相关，即有效锌的含量随着土壤pH值的升高而减少。缺锌的土壤多发生在 $pH > 6.0$ 的条件下，当pH值在6.0—7.85之间时，锌多呈 $Zn(OH)_2$ 沉淀，这是一种基本不溶的含锌化合物，其溶度积为 1.0×10^{-17} 。当pH值大于7.85时，锌呈锌酸状态 (ZnO_2^{2-} ， $HZnO_2^-$)，如果与 Na^+ 结合生成

锌酸钠，锌的溶解度增加，如果与 Ca^{2+} 结合，即生成溶解度很低的锌酸钙。关于pH值和土壤中锌的形态变化如下：

pH7.85		6.0
ZnO_2^{2-}	$\text{Zn}(\text{OH})_2 \downarrow$	Zn^{2+}
HZnO_2^-		
(碱性)	(石灰性土壤)	(酸性)

有的文献介绍，当土壤溶液pH值为5时，土壤 Zn^{2+} 浓度为6.5ppm，而当pH值为8时， Zn^{2+} 浓度仅为0.007ppm，即pH值增加一个单位， Zn^{2+} 浓度即要下降100倍。

2、粘土矿物与碳酸盐：锌离子与镁离子有相似的离子半径（ Zn^{2+} 离子半径为0.83Å， Mg^{2+} 离子半径为0.78Å），因而锌离子能代换粘土矿物晶格中的镁离子被固定。

土壤中加入碳酸盐，作物吸收锌量因碳酸盐的增加而减少，而且与碳酸盐颗粒的粗细也有一定关系，这说明锌除了转化成 ZnCO_3 和 $2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2$ 等溶解度低的化合物外，吸附在碳酸盐矿物表面的锌也不易为作物吸收。石灰性土壤或在酸性土壤上施用过量的石灰会诱发缺锌。

3、有机质：有机质有两重性。一方面，有机

质中的胡敏酸部分吸附固定锌；另一方面，与氨基酸、有机酸相结合的锌对作物是有效的。微生物将有机质分解又能部分的将锌释放于土壤溶液中。

4、土壤温湿度：一般在低温潮湿的季节或年份容易发生缺锌，其原因之一是植物吸收的锌减少了。在长期积水的条件下，土壤速效锌含量降低，施锌肥可收到较好的效果。

（三）怎样判断植物缺锌

1、植物缺锌症状：植物缺锌常见的症状，一是小叶丛生，即缺锌小叶病，苹果、桃、李和葡萄等果树最明显。缺锌使植物叶片中的细胞数减少，是引起小叶病的原因；二是植株矮化，例如玉米缺锌株型矮化，节间缩短；三是失绿，产生条纹花叶。例如玉米苗期的白芽病和中期的黄（灰白）绿相间的条纹花叶病，水稻幼叶中脉失绿和成龄叶的褐斑病等；四是缺锌植物叶片呈青铜色，也有称为青铜病等。

几种对锌敏感的作物和果树的缺锌症状介绍如下：

（1）玉米：出苗后一周就可能出现缺锌初期症状，叶脉间出现浅黄色条纹，有时在叶片或叶缘

上出现白色斑点，并且迅速扩大，甚至会坏死。叶面半透明，有时沿失绿条纹开裂，部分叶缘也可能坏死。新芽为白色，所以称为白芽病。植株较大时，除了新叶表现上述症状外，老叶叶脉间也形成失绿条纹，有时在主脉和叶缘间形成较宽的黄色到白色带状失绿区，又称为花白叶，这种症状主要出现在叶的下半段。老叶的叶鞘变成紫色，严重时变成褐色而坏死。植株下部各节变紫，缺锌越严重紫色越深。节间缩短，植株矮小，根系变黑。在中度缺锌时，只有下部叶片发病，上部新叶正常，紫色部分也不十分明显。缺锌使玉米成熟期推迟，果穗缺粒、秃尖而减产。高粱缺锌症状与玉米相似。

（2）水稻：缺锌的水稻，在移栽后两周到一个月（叶龄为5—6片）生长迟缓，最初在植株下部老的叶片上，沿主脉出现失绿条纹，继而出现褐色锈斑，呈圆形或卵圆形，大小约1—3毫米，严重时形成条纹。缺锌植株生长受抑制，株高和分蘖都显著降低。缺锌能使水稻成熟期延迟3—5天，空壳率高，产量下降。

（3）大豆：缺锌时叶片呈青铜色，严重时出现坏死斑点，植株矮小，果荚易脱落，造成减产。

（4）小麦：某些小麦品种缺锌时，下部叶片轻微褪色，3—4周后便开始出现缺锌症状，在叶

脉间产生不规则的白色或淡黄色小斑，然后逐渐扩大合并成淡绿色斑或条纹，蔓延至上部叶片，褪绿部位逐渐坏死。

(5) 棉花：由第一片真叶开始，幼叶呈青铜色，叶脉间严重失绿。叶片变厚变脆，易碎裂，叶缘向上卷曲。节间缩短，生长停滞，植株矮小，生育期延迟。

(6) 果树：苹果、桃、李和葡萄等，缺锌初期叶片出现浅绿色，或呈现黄色失绿叶斑，但叶脉和叶脉附近仍保持原有绿色。在中度和严重缺锌时，出现小叶现象，幼龄枝条顶端的叶片小而狭长，向上直立，叶片失绿现象明显。由于节间缩短，许多叶片聚集呈簇状。有时叶片脱落形成顶枯。

2、化学分析：

(1) 植物缺锌和中毒的指标：植物正常含锌量一般为25—150ppm。很多植物缺锌时，锌的含量则少于20—25ppm。不同植物含锌量差异很大(表1)。

表1 一些植物的含锌量(叶片)

植物名称	含锌量(ppm)	植物名称	含锌量(ppm)
玉米	70—150	大豆	70—150
水稻	20—120	番茄	大于120
小麦	40—50	苹果	大于50
马铃薯	大于30	桃	大于40

生长在被锌污染土壤上的玉米，其锌浓度高达1,000ppm，大麦能达到700ppm。这些浓度都超过了作物所能承受的中毒临界值。锌中毒的玉米生长缓慢，植株矮小，叶绿素含量少。有人提出作物锌中毒的指标为400ppm。有的文献报道棉花叶片中锌含量达到200ppm时降低产量10%。锌中毒指标因土壤pH值和作物品种不同而有变化。对同一品种大豆来说，当土壤pH值为5.5，植物体中锌的浓度为131ppm时，大豆已出现锌中毒症状；而当pH值为6.5时，大豆锌中毒的浓度为263ppm。

作物对锌的敏感性与品种所具有的利用土壤有效锌和植物体中输送所吸收锌的能力有关；与植物吸收磷和铁的数量有关，吸收磷、铁越多的品种对锌越敏感。另外有的资料指出，植株中磷锌比值要在100—120为适宜，如果大于250就会造成缺锌。

(2) 土壤缺锌的临界标准：土壤缺锌的临界值一般为0.5ppm (DTPA提取，pH7.3)。中国科学院南京土壤所刘铮等提出，一般植物的缺锌临界值为1—1.5ppm。还有人提出玉米土壤缺锌的指标为0.8ppm，高粱为0.6ppm，而水稻则为1ppm。另据一些材料报道，玉米的土壤速效锌中毒水平为11ppm，小麦为7.0ppm，燕麦等谷类作物为20ppm。这样的浓度在穴、条施用锌肥时皆很容易达