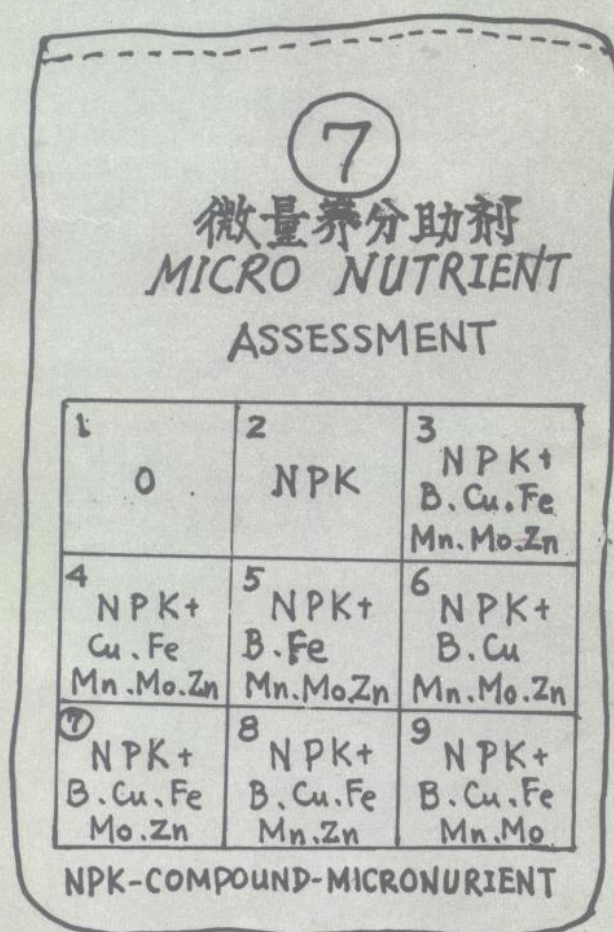


微量养分

7



中 国

农业科技出版社



联合国

粮食及农业组织

微量养分

作者：J. C. 凯泰亚尔

N. S. 兰德哈瓦

(印度农业研究委员会)

土地与水利开发处肥料与植物营养科

中国农业科学院科技文献信息中心

根据其同

联合国粮食及农业组织的协议出版

粮农组织
肥料及营养丛书

7

中 国
农业科技出版社
北京 1988



联合国
粮食及农业组织

微量养分

责任编辑 贝 刚

中国农业科技出版社 (北京海淀区白石桥路30号)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国农业科学院科技文献信息中心印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米, 1/16印张: 5 980千字
1988年11月第一版 1988年11月第一次印刷

印数: 1—3000册 定价: 3.00元

ISBN 7-80026-087-9/S·57

前 言

尽管在利用化肥增加作物生产方面取得了喜人的发展，但每年从土壤中被移去的微量养分仍比砂质肥料中其他养分一起或单独施在土壤中的多2—6倍。有些移去的养分可由秸秆、农家肥等代替，但一般而言，养分平衡可能仍是负的，这一点尤其附合于世界上较不发达的地区。

微量养分还没有连同普遍肥料一起定期地施于土壤，土壤单施微量养分可能会加重这些养分组合之间和多种单一养分之间的不平衡。此外，通过精耕细作和利用高产品种增加产量、通过淋失造成的微量养分流失、施石灰、与化肥相比农家肥数量的日益减少、化肥纯度提高以及其他一些因素，都正在造成土壤中有效微量养分储备的加速耗竭。

很明显，未发现的微量养分缺乏的情况要比一般估计更为普遍。现在被认为仅是局部问题的微量养分问题，如果它们得不到适当研究和及时诊断，在不远的将来可能会变成较严重的问题，从而广泛出现在许多新地区，并对生产产生普遍而复杂的限制作用。即使了解了微量元素功能的许多性质，应用这种知识也是不容易的。

联合国粮农组织认识到上述问题的复杂性，已与印度政府农业部合作，在挪威政府信用资金项目（GCP/RAI/064/NOR）的财政支持下，1979年9月在印度新德里组织了一个“农业微量养分的施用和效率”的全国性研讨班，目的在于详细整理和讨论这一领域得到的大量研究结果。本研讨班推荐此手册，是为了满足把技术传授给农民的需要。

因此，为了帮助田间人员正确诊断和纠正微量元素缺乏，本书以明了的语言写成。书中的资料不局限于特定地区，因此希望能提供适用于各种环境的基本知识和指南。

我们很欢迎有关本书改进和增加内容的建议，以便再版时修订。

本书原版为联合国粮农组织的肥料及营养丛书（7）《微量养分》（FAO Fertilizer and plant nutrition bulletin No.7. Micronutrients ISBN 92—5—101445—0）

本书中所用名称及材料的编写方式并不意味着联合国粮农组织对于任何国家、领地、地市或地区或其当局的法律地位或对于其边界的划分表示任何意见。使用“发达经济”和“发展中经济”这两个词是出于统计上的方便，并不是对某个国家或地区在发展过程中已达到的发展阶段作出的判断。

CPP/88/13

ISBN 7—80026—087—9/S·57

版权所有。未经版权所有者事前许可，不得以电子、机械、照相复制等任何方法或其他程序全部或部分翻印本书，或将其存入检索体系，或发送他人。申请这种许可应写信给联合国粮农组织出版司司长（意大利罗马 Via delle Terme di Caracalla, 00100）并说明希望翻印的目的和份数。

C. 粮农组织

北京 中文版 1988年

目 录

前言

第一章 引言	(1)
--------	-----

第二章 锌	(2)
-------	-----

2.1 植物中的 锌	(2)
------------	-----

2.1.1 功能	(2)
----------	-----

2.1.2 植物中的浓度	(2)
--------------	-----

2.1.3 植物中的临界水平	(2)
----------------	-----

2.1.4 缺锌症状	(3)
------------	-----

2.1.5 诊断性喷施	(4)
-------------	-----

2.2 土 壤 中的 锌	(5)
--------------	-----

2.2.1 锌的形态	(5)
------------	-----

2.2.2 全锌含量	(5)
------------	-----

2.2.3 有效锌含量	(5)
-------------	-----

2.3 锌 的 土壤测试	(6)
--------------	-----

2.3.1 土壤中锌的临界值	(6)
----------------	-----

2.4 锌肥 施 用	(7)
------------	-----

2.4.1 锌肥源	(7)
-----------	-----

2.4.2 施锌方法	(8)
------------	-----

2.5 作物对施锌的 反 应	(10)
----------------	------

2.6 锌肥施用的 经 济 学	(11)
-----------------	------

2.7 小 结	(11)
---------	------

第三章 铁	(12)
-------	------

3.1 植物中的 铁	(12)
------------	------

3.1.1 功能	(12)
----------	------

3.1.2 植物中的浓度	(12)
--------------	------

3.1.3 临界值	(12)
-----------	------

3.1.4 缺铁症状	(13)
------------	------

3.1.5 毒害症状	(13)
------------	------

3.2 土壤中的 铁	(14)
------------	------

3.2.1 铁的形态	(14)
------------	------

3.2.2 全铁	(14)
----------	------

3.2.3 有效铁	(14)
-----------	------

3.3 铁的土壤 测 试	(15)
--------------	------

3.4 铁肥 施 用	(16)
------------	------

3.4.1	铁肥源	(16)
3.4.2	施用方法和用量	(17)
3.5	作物对施铁的反应	(18)
3.6	小结	(18)
第四章	锰	(20)
4.1	植物中的锰	(20)
4.1.1	功能	(20)
4.1.2	植物中的浓度	(20)
4.1.3	缺锰症状	(21)
4.1.4	毒害症状	(21)
4.2	土壤中的锰	(21)
4.2.1	锰的形态	(21)
4.2.2	全锰	(22)
4.2.3	有效锰	(22)
4.3	锰的土壤测试	(23)
4.4	锰肥施用	(24)
4.4.1	锰肥源	(24)
4.4.2	土壤施用方法和用量	(25)
4.5	作物对施锰的反应	(26)
4.6	小结	(26)
第五章	铜	(27)
5.1	植物中的铜	(27)
5.1.1	功能	(27)
5.1.2	植物中的浓度	(27)
5.1.3	缺铜症状	(28)
5.1.4	铜毒害	(28)
5.2	土壤中的铜	(28)
5.2.1	土壤中铜的形态	(28)
5.2.2	全铜含量	(29)
5.2.3	有效铜含量	(29)
5.3	铜的土壤测试	(30)
5.4	铜肥施用	(31)
5.4.1	铜肥源	(31)
5.4.2	施用方法和用量	(31)
5.4.3	铜毒害	(32)
5.5	作物对铜的反应	(32)
5.6	小结	(32)
第六章	硼	(34)

6.1	植物中的 硼	(34)
6.1.1	功能	(34)
6.1.2	植物中的浓度	(34)
6.1.3	缺硼症状	(34)
6.2	土壤中的 硼	(35)
6.2.1	硼的形态	(35)
6.2.2	全硼含量	(36)
6.2.3	有效硼	(36)
6.2.4	硼毒害	(37)
6.3	硼的土壤 测试	(37)
6.4	硼肥 施用	(38)
6.4.1	硼肥源	(38)
6.4.2	施用方法和用量	(38)
6.5	作物对硼的 反应	(39)
6.6	小 结	(39)
第七章	钼	(41)
7.1	植物中的 钼	(41)
7.1.1	功能	(41)
7.1.2	植物中的浓度	(41)
7.1.3	临界浓度	(41)
7.1.4	缺钼症状	(41)
7.2	土壤中的 钼	(42)
7.2.1	钼的形态	(42)
7.2.2	全钼含量	(42)
7.2.3	有效钼含量	(42)
7.3	钼的土壤 测试	(43)
7.4	钼 肥	(44)
7.4.1	钼肥源	(44)
7.4.2	施用方法和用量	(44)
7.5	作物对施钼的 反应	(45)
7.6	钼 毒 害	(45)
7.7	小 结	(45)
第八章	氯	(47)
8.1	植物中的 氯	(47)
8.1.1	功能	(47)
8.1.2	含量	(47)
8.1.3	缺氯症状	(47)
8.2	土壤中的 氯	(47)

8.2.1	形态	(47)
8.2.2	含量	(47)
8.3	氮肥施用	(48)
8.4	小结	(48)
第九章	钴	(49)
9.1	植物中的钴	(49)
9.1.1	功能	(49)
9.1.2	植物中的浓度	(49)
9.1.3	缺钴症状	(49)
9.2	土壤中的钴	(49)
9.3	钴肥施用	(50)
9.4	小结	(50)
参考文献		(51)

表 格

1.1	必需养分元素表.....	(1)
2.1	不同作物的锌含量.....	(3)
2.2	一些作物用的推荐取样法.....	(3)
2.3	作物对缺锌的敏感性.....	(6)
2.4	用于锌分析常用浸提剂表.....	(7)
2.5	含锌物质.....	(8)
2.6	锌肥的建议施用量.....	(9)
2.7	八个农民田块中有或无氮磷钾和/或作锌处理的水稻平均产量.....	(10)
3.1	不同作物的铁含量.....	(12)
3.2	水稻植株中的全铁和二价铁.....	(13)
3.3	栽培作物对缺铁的敏感性.....	(15)
3.4	铁分析中常用的浸提剂.....	(16)
3.5	农业上利用的携铁物质.....	(17)
4.1	不同作物的锰含量.....	(20)
4.2	作物对缺锰的敏感性.....	(23)
4.3	锰分析中常用的提取剂.....	(24)
4.4	常用锰肥.....	(24)
4.5	施锰最佳用量.....	(25)
5.1	不同作物中的铜含量.....	(27)
5.2	作物对缺铜的敏感性.....	(30)
5.3	铜的土壤测试.....	(30)
5.4	某些含铜物质及建议施用量.....	(31)
6.1	不同作物的含硼浓度.....	(34)
6.2	作物对缺硼的敏感性.....	(37)
6.3	硼源.....	(38)
6.4	土壤施硼的用量及施用法.....	(39)
7.1	一些作物的钼含量.....	(41)
7.2	作物对缺钼的敏感性.....	(43)
7.3	常用的携钼物质.....	(44)
9.1	常见饲料植物中的钴含量.....	(49)

插 图

2.1	植物锌含量和小麦产量.....	(封面)
2.2	缺锌水稻叶片。中脉两侧出现典型褐色区.....	(55)
2.3	水稻缺锌症。低位叶片褐色化.....	(55)
2.4	缺锌稻田,许多苗死亡,植株矮化,外表干枯并呈褐色.....	(55)
2.5	缺锌玉米。叶片出现黄白区,叶缘和叶尖呈绿色.....	(56)
2.6	缺锌黑绿豆。叶脉间出现失绿区.....	(56)
2.7	苹果树缺锌。典型症状为莲座状顶端簇叶.....	(56)
2.8	种植三季稻时的有效锌。只在最初以20千克锌/公顷施锌一次.....	(57)
2.9	小麦对土壤施锌(10千克锌/公顷)和叶面施锌(1.5千克锌/公顷)的反应.....	(57)
2.10	经过施锌处理和未经施锌处理的水稻间的明显差异。右边小区施锌,生长正 常,而左边小区未施锌不能结籽.....	(58)
2.11	施肥的经济学.....	(59)
3.1	埃及三叶草缺铁。幼小三出复叶完全失绿.....	(60)
3.2	失绿的桃树,缺铁一例.....	(60)
3.3	缺铁旱稻。前景为完全失绿的作物,背景为正常绿色的作物.....	(60)
3.4	土壤施入无机铁源不是很有效。每公顷施用100千克硫酸铁或450千克二硫化铁 不能纠正旱稻缺绿症.....	(60)
4.1	柑桔缺锰.....	(61)
4.2	大豆缺锰。幼叶和中部叶出现叶脉间失绿,以后发展为褐色坏死斑,其接合形 成大坏死区.....	(61)
4.3	不同施锰方法和用量下的大豆产量.....	(61)
5.1	禾谷类叶片缺铜的发展阶段,“白尖”症.....	(62)
5.2	糖用甜菜缺铜。老叶出现严重退色,前部叶缘出现灼伤。以后,这种作用扩展 到整个叶脉间区域,受影响组织干枯.....	(62)
6.1	糖用甜菜缺硼,叶片出现退绿斑纹,叶柄肿大,顶部腐烂.....	(63)
6.2	葡萄缺硼。缺硼引起葡萄受精不良,造成浆果发育差,称为“母子共存” 症.....	(63)
7.1	糖用甜菜缺钼。叶片呈金黄色,边缘向内卷曲.....	(64)
7.2	缺钼引起叶卷曲,从而出现箭形叶。另一株植物表明叶坏死和灼焦.....	(64)
7.3	花椰菜缺钼.....	(64)

第一章 引言

至今，人类已经知道了100多种元素，其中近20种是植物茂盛地健康生长所必需的。必需元素系指植物没有它就不能完成生活周期的元素。它把光能转化为化学能及合成各种各样物质（它们构成了有生命的植物成分）的基本功能，是不能用替代物达到的。此外，必需元素与植物营养直接有关即或者作为生命物质分子的组成成分，或者对无数的酶促反应来说是必不可少的。

表1.1 必需养分元素表

大量养分元素	微量养分元素
碳 (C)	锌 (Zn)
氢 (H)	铜 (Cu)
氧 (O)	铁 (Fe)
氮 (N)	锰 (Mn)
磷 (P)	硼 (B)
钾 (K)	钼 (Mo)
钙 (Ca) *	氯 (Cl)
镁 (Mg) *	
硫 (S) *	

*也可归入《次要》养分元素

表1.1中列出的16种必需元素划分为大量养分元素和微量养分元素两类。其中，硼、锌、铁、镁、铜、钼和氯被归入微量养分元素一类。钴 (Co) 也被归为一种必需元素，但它并不通用。此外，有些植物种表现出在其生长基质中有钠 (Na)、硅 (Si)、可能还有钒 (V) 时受益。微量养分数量小，植物需要的数量相对也小。例如，10吨禾谷类作物（5吨籽粒+5吨秸秆），可能含有大量养分氮约100千克，但其微量元素锌的含量很难超过250克，相差400倍。尽管这些微量养分在作物中的数量小，但要使植物生长得最好并获得最高产量，所有这些养分都必须以足够的数量存在。缺乏其中任何一种都会影响正常产量。如果严重缺乏则会导致作物严重歉收。本书提供了诊断微量养分缺乏及其改良方法的资料。尽管已建议用缺乏症状以及植物和土壤分析作诊断技术，但营养缺乏病的发生应当通过田间验证试验加以证明，这也是无需强调的。

第二章 锌

2.1 植物中的锌

2.1.1 功能

锌主要作为一系列酶的金属组分起作用。由锌激活的最重要的酶是碳酸酐酶和大量脱氢酶。缺锌被认为会限制 RNA 合成，这样又会阻碍蛋白质合成。因此，缺锌植物的蛋白质含量低。

锌参与植物生长素的行成。缺锌植物的芽和枝条中植物生长素的含量非常低。这就引起矮化和生长减慢。最后的结果为植株矮化和生长期延长。

2.1.2 植物中的浓度

植物中的锌浓度变化很大，低到 1 ppm，高达 10,000ppm（以干重为基础）。常见的锌浓度在 20ppm 和 200ppm 之间（表 2.1）。影响植物内锌浓度的几个因素如下：

- 植物的取样部位：幼嫩的植物器官一般比老器官含锌多；叶片比茎秆含锌多。
- 作物株龄：锌浓度大体上随株龄增长而降低；非常幼小的植株可能例外。
- 养分相互作用：土壤中磷的有效性过高会降低植物中的锌含量；过量的铁和锰也具有同样的影响。

植物的锌浓度是土壤中有效锌水平的反映。它也表明了土壤环境的影响。因此，植物组织测试真让有助于诊断或确定该植物是否缺锌。考虑到上述影响植物锌含量的因素，有必要把取样部位和取样时间标准化。

表 2.2 列出了一些大田作物、蔬菜作物和果树的取样方法。做锌分析时，植物要在早期生长阶段取样。离顶端的第二片全展叶或植物顶部的二至四片全展叶，能令人满意地代表作物的锌状况。在样品制作和处理期间，应谨防锌污染。

2.1.3 植物中的临界水平

在组织锌浓度与作物生长和产量之间存在着数量上的联系。图 2.1 表明了小麦产量和组织中锌含量之间的关系。很明显，锌含量低于 20ppm 就可能限制小麦产量。表 2.1 给出了一些重要作物的类似的临界值。表中数据表明，不可能提出一个为所有作物划分缺锌定义的锌浓度。尽理如如，对几种作物来说，锌浓度低于 20ppm 便表示可能缺锌，低于 15ppm 则表明肯定缺锌。

与缺乏范围相比，对毒害范围了解得更少。一般认为锌浓度约 100ppm 即在过量范围内。约 400ppm 的锌浓度对一些作物有毒害。

因此，缺锌可通过组织的锌浓度诊断出来。但是，结果的解释应在充分认识锌与其他养分相互作用的条件下进行，因为一种养分的缺乏可能造成植物其他养分的过度积累。

表2.1 不同作物的锌含量

作物	生长阶段	锌浓度 (ppm)				
		缺乏	低	正常	高	毒害
玉米叶片	营 养	0—10	11—20	21—70	71—150	150
大豆叶片	营 养	0—10	11—20	21—70	71—150	150
小麦、大麦、燕麦	8—30厘米生长	0—10	11—20	21—40	41—150	150(过量)
棉花	营 养	—	—	20—30	—	—
水稻(低地*)	营 养	0—10	11—20	21—50	—	—
糖用甜菜	营 养	0—10	11—20	21—70	70+	—
马铃薯	—	—	0—16	17—40	30+	—
苜 蓿	—	0—8	—	—	9—14	—
番茄叶片	—	0—10	11—20	21—120	121+	—
柑 桔	—	0—15	16—25	26—80	81—200	200(过量)
苹果叶片	—	0—15	16—20	21—50	51+	—
葡萄叶片	—	—	0—30	31—50	51+	—

来源: Sauchelli (1969) 引自 Sparr 等 (1968)

*katyal (1972)

表2.2 一些作物的推荐取样法

作物	生产阶段	取 样 部 位	植物取植数
玉米	苗期 (低于30厘米)	所有的地上部分	20—30
	或 抽雄前	蓬叶下整片全展叶	15—25
大豆或其他豆 科植物	苗期 (低于30厘米)	所有的地上部分	20—30
小粒作物 (包括水稻)	苗期 (低于30厘米)	所有地上部分	50—100
甘 蔗	生长四个月时	离顶端第三或第四片全展叶	15—25
花 生	开花前或开花时	主茎和子叶侧枝上的成熟叶片	40—50
棉 花	第一次开花前或开花 时, 或首次显蕾时,	主茎上最幼完全成熟叶片	30—40
甘蓝和其他叶 球植物	结 球 前	距蓬叶中心的第一片成熟叶	10—20
萝卜、洋葱或 其他根茎作物	根或根茎膨大前	中心成熟叶片	20—30
柠檬、酸橙	生长季中期	新结果顶梢上最新顶生芽的成熟叶片	20—30

来源: Jones (1972)

2.1.4 缺锌症状

缺锌可能使植物减产达50%，而不产生任何症状。可见症状最常见于叶片。偶尔在其他植物器官上也可看到。缺锌不仅影响植株的整体发育，甚至阻碍根系生长。症状的严重程度

可作为缺锌程度的指标。许多作物常见缺锌症状为：

——叶片，特别是较老的低位叶片的叶脉间产生淡绿色、黄色或黄化斑点；在有些作物上，也可看到褐色锈斑。

——枝条尖端叶片非常小；小叶常畸形，形成丛簇状外表。

——由于茎秆节间缩短引起矮化苗。

——缺锌组织死亡，接着植株死亡；作物植株疏密不匀。

——推迟成熟。

果实发育不正常，产量甚微，或颗粒不收。

缺锌症状在水稻、玉米、柑桔、葡萄和苹果上非常明显。描述如下：

（1）水稻

低位叶片中脉失绿，特别是在靠近基部处。这些叶片出现褐色锈斑，锈斑连结形成连续区（图2.2和2.3）。严重缺锌情况下，整个叶片变褐、干枯，植株可能死亡。缺锌田块上水稻外表呈褐锈色，稻苗群体参差不齐（图2.4）。

· 印度的Khaira病、日本的Akagare Type II病、菲律宾的Taya-Taya和Apulapaya病、巴基斯坦的Hadda病，都是水稻缺锌病的不同叫法。

（2）玉米

老叶叶脉间有黄色条纹或退绿条纹（图2.5）。缺锌严重时，可能在叶中脉和叶边缘间出现宽黄色或纯白色带。在严重情况下，伸展幼叶可能呈白色或黄色，所以称为玉米“白芽病”。

（3）菜豆

植株生长受阻，叶片呈黄色或淡绿色。叶脉和中脉呈绿色，而其周围的组织变成黄色和青铜色。老叶枯萎而脱落（图2.6）。

（4）苹果

在苹果树上，缺锌多表现为簇叶病。幼叶叶脉间逐渐失绿。叶脉保持绿色。叶片变皱，窄小，在茎顶端形成典型的莲座状簇叶（图2.7）。

（5）柑桔

在缺锌的柑桔树上，枝梢顶端叶片常常大大减小（小叶病）。缺锌叶片有不规则米黄色斑纹，其他部分为黑色（斑纹叶病）。

（6）葡萄

缺锌的葡萄叶片变小、失绿。

根据症状进行缺锌诊断看起来容易，但实践中并不易。此方法的成功与否取决于诊断者对一具体作物缺锌症状的经验。如果同时发生多种养分缺乏，根据症状诊断就无把握。所以，怀疑的缺乏症总应通过诊断性喷施加以证实。

2.1.5 诊断性喷施

为了证实怀疑的缺锌症，用硫酸锌溶液（0.5%硫酸锌+0.25%石灰）给植株喷施，并观察作物的恢复情况。如果缺锌，喷过的植株应在10—14天内恢复正常生长。新叶应为绿色，没有在向乏缺症状。如果作物在生长初期得到喷施便会增加喷施测试的成功机会。洋葱对喷施测试无反应，所以是个例外。

2.2 土壤中的锌

2.2.1 锌的形态

土壤中的锌以下列形态出现：

——矿物结构的成分，特别是在铁镁矿物、辉石、角闪石和黑云母中。

——盐分，例如闪锌矿 (ZnS)、菱锌矿 (ZnCO_3)、红锌矿 (ZnO) 和硅锌矿 (ZnSiO_3 和 ZnSiO_4)。

——土壤交换性复合体上的吸附锌。

——有机复合体，可溶性的和不可溶性的。

——水溶性的，包括离子态锌 (Zn^{2+}) 和锌与有机物质的可溶性复合体。

土壤中的大多数锌存在于原生矿物结构中。从植物营养角度看，水溶性锌（其含量水平非常低，仅0.002—0.2ppm）才是紧要的。在水溶性锌和其他形态的锌之间存在着动态平衡。

2.2.2 全锌含量

土壤全锌含量变化在10—300ppm范围内，平均值约为80ppm。有些高度淋洗的酸性砂土全锌异常地低 (<30ppm)。在这类土壤上，由于固有的锌含量低，可能发生缺锌。除此之外，植物含锌的状况通常与土壤中的全锌无关。例如，在测得每公顷表层20厘米中含锌约200千克的一土壤上观察到了水稻缺锌，而这一数量约比正常水稻可以吸收的数量高1000倍。所以，土壤全锌含量高并不总是防止缺锌的保证。

2.2.3 有效锌含量

植物的有效锌水平控制着作物的锌营养。全锌中对植物有效的是一小部分，仅几个ppm，更常见的是低于1个ppm。影响锌有效性的有若干因素：

(1) pH (酸碱度)

锌的有效性表现为对pH的强依赖性。在酸性土壤中，锌的有效性较高。相反，在碱性土壤中，有效性甚低。在高pH (>6.0) 土壤上，常见到严重缺锌。石灰性土壤由于碱性反应大多缺锌。

某些管理措施能增加或降低土壤pH，因此会导致或减轻缺锌。施石灰增加土壤pH，因此抑制锌的有效性。过量施石灰会引起严重缺锌。另一方面，连续施用生理酸性化肥（如硫酸铵）会使土壤酸化，因而增加锌的有效性。某些酸性土壤可能含有致毒的锌水平。

(2) 有机物质

有机物质分解能产生螯合剂，它们对锌对植物的有效性有促进作用。有机物质低的土壤易于缺锌，因为业已发现有效锌随土壤中有机物质水平的增加而增加，在已移去含有有机物质的表土的地方，更常见到缺锌。但是，有机物质高的土壤（泥炭土和腐殖土）例外，它们也表现出有效锌贫乏。

(3) 质地

较粗的土壤组分含有和保持的锌少。因此，轻质地土壤一般缺锌。

(4) 土壤的磷酸盐水平

土壤的磷有效性高，不管是固有的还是通过磷酸盐肥料过量施用产生的，都表现出对几种作物的锌营养有不利的影响。在石灰质土壤中，高磷对锌有效性的拮抗效应加强。

397636

(5) 温度

在冷湿季节常见缺锌，随着天气转暖通常缺锌消失。业已表明，土壤温度的增加有利于锌对作物的有效性。

(6) 土地平整

一般而言，植物的有效锌集聚在表土中，其水平在底土层中降低。不管是因侵蚀或由于为自流灌溉所进行的土地平整过程而造成的表土移去，都会使锌贫乏的底土裸露。在这两种情况下，都会增加缺锌的可能性。

(7) 作物敏感性

作物品种在其对缺锌的敏感性上差异很大。例如，在一测试DTPA可浸提锌0.8ppm的土壤上，淹育水稻遭受缺锌，而小麦就不受影响。因此，一种土壤对一种作物锌不足，可能对另一种作物则充足。表2.3列出不同敏感性类别的作物。

表2.3 作物对缺锌的敏感性

敏 感 作 物	中度敏感作物	不敏感作物
柑桔	棉花	豌豆类
落叶果树	马铃薯	小粒谷物
皮甘山核桃树	番茄	辣椒
葡萄	苜蓿	天门冬属植物
菜豆	三叶草类	芥菜和其他十字花科植物
大豆	高粱	饲用牧草
蛇麻草(酒花)	苏丹草	红花
玉米	糖用甜菜	胡萝卜
利马豆		
亚麻		
蓖麻		
洋葱		

表注来源: Viets (1966)

2.3 锌的土壤测试

可用几种浸提剂测定土壤的有效锌含量。表2.4中列出了较常见的浸提剂。任何一种都可用来估计锌的有效性。由于干旱和半干旱土壤总是石灰质的，在这些土壤上酸性浸提一般不很成功。在这种情况下，已经提出了采用校正可滴定碱度的方法。整合剂在各种不同的土壤上都比较成功，因为浸提pH可以调整到土壤的正常pH。近年来，由科罗拉多州立大学Lindsay和Norvell发明的DTPA浸提法已应用于世界上的许多国家。这种方法或许是评价土壤有效锌含量最广泛采用的浸提方法。

2.3.1 土壤中锌的临界值

区别缺锌土壤和不缺锌土壤的土壤锌临界值，因作物而异。这些差异与作物对缺锌的敏感性不同有关(表2.3)。即使对同一作物，由于影响微量养分有效性的因素有几个，所以不