

〔法〕H. 奥贝尔 M. 潘塔 著

土壤中的 微量元素

科学出版社

土壤中的微量元素

〔法〕H. 奥贝尔 M. 潘塔 著

刘 铮 朱其清 唐丽华 等译

刘 铮 校

科 学 出 版 社

1 9 8 2

内 容 简 介

本书比较系统、简明扼要地按土壤中的硼、钼、锰、锌、铜、钴、镍、铬、钒、钛、铅、硒、碘、锂、铷、铯、钡、锶、铈、镓、锗、银、锡二十三种微量元素概括性总结了它们在各种土壤中的含量、分布、形态、缺乏与过量等以及有关统计数据；有的元素还介绍了施肥方法与效果。书后按元素列有详细表格，介绍含量及其变幅、缺乏与过量以及施肥效果。书中还附有到1975年为止的参考文献目录。

本书可供土壤、地学、农业科技人员以及高等院校有关师生参考。

H. Aubert M. Pinta

TRACE ELEMENTS IN SOILS

Elsevier Scientific Publishing Company

Amsterdam-Oxford-New York 1977

土壤中的微量元素

[法] H. 奥贝尔 M. 潘塔 著

刘 铮 朱其清 唐丽华 等 译

刘 铮 校

责任编辑 陈培林

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982年12月第一版 开本：787×1092 1/32

1982年12月第一次印刷 印张：13 1/4

印数：0001—5,700 字数：299,000

统一书号：13031·2099

本社书号：2863·13—12

定 价：2.05 元

序 言

在土壤中有某些化学元素占优势或者是很大的存在，这些元素是氧、氢、硅、铝、铁、碳、氮、钙、镁、钠、钾、磷、硫等。它们的含量变幅很大，因土壤而异。例如下象牙海岸的铁铝土，富含高岭石，而在新喀里多尼亚的同类土壤中，则主要为氧化铁，邻近的岛屿上的土壤却富含氧化铝，便是在同一土壤剖面的不同层次中，这些元素的含量也有很大的变化。另外一些元素，象铜、铅、镍、钴、钼等在土壤中仅以痕迹量存在。虽然是这样，这些元素的大多数(纵然不是全部)在植物营养和发育中却起着重要的作用。这些微量元素的微小变化对植物的效应还不能准确的加以测定。但它们的缺乏和过量的后果在大多数情况下至少是能够观察到的。

在一些土壤中，这些微量元素由于母岩的性质、气候条件、地形条件(成土因素)的缘故而变得十分丰富。这种富集现象在一些土壤或者一定土壤的某一层次中非常突出，形成了矿石，可供工业开发利用(锰、镍、钴等)。而在另一方面，较低的微量元素的浓度在土壤形成中却起着重要作用。所以微量元素的存在和动力学的知识对于土壤学家是十分重要的。虽然长期以来这些事实已是众所周知的，虽然法国的 G. Bertrand 在本世纪初便开始了他的有价值的研究工作，直到近几十年土壤中的微量元素仍然没有成为重要的研究课题。这种情况可能是由于测定一些微量元素存在着困难。近三十年来由于在土壤分析中引用物理方法取得了进展(象光谱仪和原子吸收分光光度计等)，微量元素研究显著地增多。

地球化学的发展也导致了一些基本概念的建立，这些基本概念有助于对微量元素的存在、结合与演变作深入的了解。这些事实已被 G. Pedro 和 A. B. Delmas 近年对法国土壤中微量元素的研究工作(见农学年报)和外国科学工作者 (V. M. Goldschmidt, R. L. Mitchell, V. Kovda, K. K. Turekian, K. H. Wedepohl, A. P. Vinogradov 等)的工作所证实。

法国海外科学技术研究院 (O. R. S. T. O. M.) 的土壤学家的工作是研究各生态区的土壤。他们研究在极不相同的母质和差别很大的发生条件下的土壤。长期以来，微量元素的测定工作由邦迪地方的海外科学技术研究院科学服务中心承担，为该院和各协作科研单位服务。最近几年则由海外科学技术研究院在许多国家设立的研究单位进行分析。

邦迪地方的科学服务中心光谱实验室的工作人员在 M. Pinta 的领导下，搜集了关于这一研究领域的大量数据，并且致力于许多土类中微量元素的存在和地球化学的研究。我本人也常常参考 M. Pinta, L. Nalovič, D. Rambaud 的著作。就这些数据加以总结看来是必要的，M. Pinta 和 H. Aubert 承担了这一工作，编辑了这本书。

涉及微量元素的论文很多，不可能搜集一个完全的文献目录，并且我们不能阅读未译出的用不十分流行的外国文字写作的著作。我们深知本书是不完备的，但是我们希望它能够对许多科学工作者有所裨益，尤其是土壤学家和农学家。

G. 奥贝尔

译 序

土壤中的微量元素的研究已有几十年的历史，涉及到地球化学、农业化学、植物生理、农学、园艺、畜牧、医学等许多领域，并且互相交叉和渗透着。尤其是近三四十年，发展得十分迅速，在农牧业生产中的收获也是巨大的，不论国内、国外都引起了相当大的注意。在一定情况下，应用微量元素已成为进一步提高农产品的产量和质量的有力措施，有的时候，缺乏微量元素会成为提高农作物产量的限制因素，严重缺乏时甚至会颗粒无收。近年来我国陆续地发现了由于缺少微量元素而引起的农作物生长不良和严重减产的现象，像缺硼引起的甘蓝型油菜只开花不结实问题和小麦不稔问题，都是比较突出的例证。在我国北方，缺铁引起的果树和其它植物失绿黄化现象，也是十分严重的，分布得更更为广泛，在石灰性土壤上几乎普遍存在着。在石灰性水稻土上，水稻“僵苗”、“缩苗”等现象，便是缺锌引起的，通过施用锌肥便恢复正常，产量大幅度提高。许多地方，在豆科植物上施用钼肥已成为施肥常规。畜牧业方面也存在着微量元素问题，一定地区的家畜患有缺硒病或者硒毒病，严重地影响家畜的健康。这些问题的发生，不是偶然的或者孤立的，都与土壤中微量元素的供给情况有密切的关系。土壤中微量元素的供给情况是由土壤类型和土壤条件决定的。明确土壤中微量元素含量、分布、形态、转化的规律有助于对微量元素供给情况作出较准确的判断，是在生产实践中应用微量元素的科学依据。

关于土壤中微量元素的含量、分布、形态和转化规律性的

研究,近几十年来,各国都进行了大量的研究工作,文献资料极多,很难搜集齐全而窥其全貌,因而对有关的综述、总结和专著的需要颇为迫切。1950年苏联的维诺格拉多夫发表了《土壤中稀有与分散元素的地球化学》一书,就当时的资料进行了较全面的总结,并且被翻译成中文、英文和德文,但是在1959年增订以后便没有更新的版本问世,近年的文献资料未能总结进去。Mitchell 在 Bear 主编的《土壤化学》一书中,以一章的篇幅精练地介绍了微量元素的土壤化学,以后出版的几本土壤化学中也或多或少地涉及微量元素问题,但篇幅是有限的。1963年 Hodgson 在他的题为“土壤中微量营养元素的化学”的综述(刊载在“农学进展”第15卷)中谈到,他仅仅是对 Mitchell 的著作进行补充。Swaine 的《土壤中微量元素的含量》一书,资料搜集得相当齐全,但是是在1955年出版的,以后便没有增订。本书是1971年出版的,资料比较齐全,尤其是近年的资料。并且由于作者是在法国海外科学技术研究院科学服务中心工作的,所以介绍了比较多的非洲热带土壤的情况,可以认为这是本书的特点之一。原著是法文,1977年译成英文出版,列为“土壤科学进展”丛书的第七册。书中所引用的原始论文中的土壤名称是不统一的。作者在附表(土壤中微量元素的含量)中都按法国的土壤分类系统译成法文,英译本则又按美国第七次土壤分类系统译成相应的土壤名称。在翻译本书时,将附表中的这一栏删去。英译本的译者在文献目录中增补了1968—1975年的新发表的文献,使本书所包括的资料更为完善,并且在每一章以后,介绍了1968年以后发表的较新的文献,对读者来说当然也是受欢迎的。

我国近年来对微量元素的研究工作已引起广泛的兴趣。我们翻译本书的动机便是希望能够减少在工作中查阅文献资料的劳动,书中所介绍的土壤中微量元素含量和分布等规律

对于我国有关的研究工作也许会有所借镜，起一些参考作用。但是，由于我们的外文水平有限，误译和不妥之处在所难免，希望广大读者批评指正。

刘 铮

目 录

序言.....	iii
译序.....	v
绪论.....	1
第一章 硼.....	6
第二章 钼.....	15
第三章 锰.....	26
第四章 锌.....	41
第五章 铜.....	54
第六章 钴.....	65
第七章 镍.....	74
第八章 铬.....	82
第九章 钒.....	89
第十章 钛.....	96
第十一章 铅.....	102
第十二章 硒.....	108
第十三章 碘.....	112
第十四章 其他元素.....	117
一、稀有碱族元素：锂、铷、铯.....	117
二、碱土族元素：钡、锶.....	123
三、铋.....	129
四、镓.....	131
五、锗.....	135
六、银.....	137

七、锡.....	139
第十五章 结论.....	143
附录：各国土壤中微量元素含量.....	172
硼.....	172
钼.....	198
锰.....	240
锌.....	282
铜.....	312
钴.....	350
镍.....	388
钛.....	406

绪 论

在各种介质中的微量元素的重要性现在已获得公认，这是本世纪初以来特别是 1945 年以后在这一领域中进行的大量研究工作的结果。

在农学的领域中，特别是在土壤肥力方面，微量元素具有重要的作用。植物所吸收的微量元素过少或者过多能导致植物发生缺乏或中毒性疾患，最后使食用这些植物的动物患病。这说明为什么长期以来农学家、土壤学家、地球化学家和生物化学家对这些问题发生兴趣 (Saukov, 1931; Wallace, 1947, 1961; Monnier-Williams, 1950; Stiles, 1951; Yoe 和 Koch, 1957; Goldschmidt, 1954; Swaine, 1955; Mitchell, 1948; Underwood, 1956; Vinogradov, 1959; Pinta, 1971; Shaw, 1964; Sauchelli, 1969; Pedro 和 Delmas, 1970)。除了这些作者发表的基本著作以外，关于这一领域中的一些特殊的方面，在许多出版物发表了和正在发表数目很大的论文。对于这些资料加以摘录和整理是有益的。

本书所包括的数据主要涉及 15 个微量元素。在过去 10 年里对这些元素所进行的研究是最为频繁的。但是这并不意味着未曾包括在内的元素没有重要作用。例如铝、铁和硅并没有包括在本书中，因为它们虽然在植物中是微量元素，在土壤中却是大量存在的。

对于一些元素，像硼、钼、锰、钴、锌、铜、镍等，就相当数量的不同性质的参考文献及出版物进行了摘录。在大多数情况下，所摘录的著作是对于一定的地理区域内的不同类型的土

壤中一个或几个元素进行系统性的研究，有的则以填绘微量元素分布图为目的（例如苏联），有的限于在一个国家内不同地区的数目很多的土壤中对一个元素进行研究（例如印度），有的则对有限数目的土壤进行研究（例如研究特定的微量元素缺乏现象）。

其他元素像铬、碘、钒、铅及硒，文献和出版物的数目较少，当然这并不意味着这些元素的重要性较小。这方面的研究是较为近期的，并且主要是关于缺乏和中毒的（特别是碘）。

至于法国土壤，Coppenet（1970）最近发表了编年史式的综述，讨论了微量元素的缺乏和它们对植物的效应。这篇论文连同 Pedro 和 Delmas 的论文，组成了农学年报（Annales Agronomiques）的一期专号，专门讨论法国的微量元素问题。

在本书的参考文献中还加入了法国海外科学技术研究院（O. R. S. T. O. M.）的科学服务中心土壤光谱实验室的分析数据。这个实验室自从建立以来，便根据农学家、土壤学家等在热带国家的研究工作中所提出的，关于分析大量热带和亚热带土壤中微量元素含量的要求进行了许多工作。这些土壤的微量元素含量和它们在耕作中的应用在过去知道得很少，现在已成为以此发展为目的的系统研究计划的目标。

关于本书的编写作如下的说明。

结果的表示法

每个元素都有一个附表*，表中列有以下各项：来源、母岩、土壤类型、全量、对植物有效部分含量、缺乏和中毒等。依

* 本书选译了附表的一部分。——译者注

次地介绍如下。

母岩和它的微量元素含量

母岩对于决定土壤中的微量元素含量起着重要作用。母岩是微量元素的原始来源和贮备。在形成同一类型土壤的不同母岩间，土壤与母岩的一定的微量元素含量往往有直接的关系。母岩和土壤间的微量元素含量的差异是形成土壤时发生的一些过程所造成，这些过程有淋溶、淀积，一定层次中的生物积累等。

土壤类型

所研究的土壤的命名是根据原始著作。一些术语是根据土壤学家目前使用的分类法（美国、法国和苏联的分类法）。其他的术语根据土壤学的观点则很不准确，或者只代表物理特征，或者只代表化学特征，前者例如颜色（黑土、红土等）和质地（砂土、粘土等），后者例如酸度（石灰性土壤、碱性土壤、酸性土壤等）；所以这些土壤不能与分类系统中的任何土类相联系。各国的分类制度不同，有时不同的分类制度间具有令人满意的关系，但是有时则需要列出原有的名称，特别是关于气候和地理的资料，以便确定所研究的土壤的类型。

层次

本栏包括采样地点关于土壤层次的资料，即表层、耕作层等等。与层次有关的其他栏包括微量元素的全量和对植物有效部分的含量，并且指出微量元素在剖面中的分布情况。

微量元素全量

微量元素全量的表示方法因著作者而有所不同，大多数

情况下,是以 $n \times 10^{-4}\%$, ppm 或毫克/公斤来表示(干土重量)。为了便于比较,本书一律换算成百万分之一即 ppm,这是较为常用的单位。

微量元素含量是以该元素的 ppm 数来表示的,而不是氧化物或其他化合物。假如土壤的数目有限,则根据原出版物列出全土或层次的最高含量、最低含量和平均含量。在一些情况下,最低含量写作“低于某一数值”,这一数值因所用的测定方法而异。有时则以高含量、低含量和平均含量等字样来表示,而不列出数据。在可能时则注明该作者所研究的标本的数目。

对植物有效态的微量元素含量

微量元素的对植物有效部分的含量以干土的 ppm 数表示。

在常用的提取试剂中列出以下几种,或者用于提取一个微量元素,或者同时提取多种元素:

沸水 提取硼(Berger 和 Truog, 1939)。

草酸-草酸铵缓冲溶液, pH 3.3 提取钼(Grigg, 1953)。

0.1N 盐酸 提取锌(Bornig 和 Heigener, 1956)。

1N 醋酸铵, pH 7 提取铜锌钴锰钼等(Mitchell, 1948)。

2.5% 醋酸, pH 2.5 提取铜锌钴镍锰铬等(Mitchell, 1948)。

0.5M EDTA 提取铜锌(Mitchell, 1948)。

0.1N 盐酸, 1N 硝酸 提取铜锌钴镍(Peyve, 1958)。

对植物“有效的”或者“可吸收的”的表示法有重要意义,后者有人认为是“代换态的”。考虑到植物生长的复杂环境,定量的测量是有一定的困难。但是稀酸和它的盐类(例如 2.5% 醋酸)按其作用的性质而论,则似乎是相似的。

在农业中，测定微量元素对植物有效部分的含量是很重要的，因而能够对植物的缺乏微量元素或者中毒进行诊断。但是，数据的评价则应根据所使用的提取方法。本书所列的分析结果都明确注明提取方法。与微量元素全量一栏一样，也列出了全剖面或层次的最高最低和平均含量。

微量元素含量的变化

某一微量元素含量的变化按下列因子进行分类：在土壤剖面中层次的位置、土壤特性（pH 值、有机物含量、细粒部分含量：粘粒及壤粒）。这些因子的作用往往是很重要的，并且因元素而异。

缺乏与中毒

微量元素的缺乏与中毒的数据采取植物和动物生长受到影响的场合（例如缺钴和硼中毒等）。所需要的最低和最高含量因元素种类、土壤类型、pH 值和植物品种而异。

含有微量元素的肥料的作用

含有微量元素的肥料的作用往往是结合缺乏和中毒症状来研究的。这些中毒或缺乏，或者通过施用石灰或者施用含有所研究的微量元素的肥料来校正。根据所用肥料的形态，肥料的作用有大有小（喷施溶液、撒粉）。

参 考 文 献

每一附表的最后一栏为参考文献。

（刘 铮译）

第一章 硼

地壳的所有的岩石都含有硼,浓度因岩石性质而异:

基性火成岩(玄武岩、粒玄岩等)为 1—5ppm。

酸性火成岩(花岗岩、流纹岩等)为 3—10ppm。

变质岩(片岩)和陆相沉积岩(粘土、砂土、冲积物、石灰岩等)为 5—12ppm。

海相沉积岩的含硼量非常高 为 ≥ 500 ppm。

地壳的平均含硼量约为 50ppm (Vinogradov, 1959; Kovda 等, 1964)。

与所研究的土壤有关的母岩很少进行分析,少数的分析结果则与上述的平均含量是十分一致的,例如:

低量: 2.5ppm, 白俄罗斯的古代冲积砂(苏联)。

平均含量: 8—10ppm, 德国的多种石灰岩和苏联阿穆尔地区的花岗岩及砂质冲积物。

最高含量为冰川粘土、湖相沉积物和层状平原沉积物为 35—70ppm (苏联白俄罗斯和阿穆尔地区); 和德国的红色的介壳灰岩和古生代片岩 80—100ppm; 含量特别高的海相沉积物未包括在内。

(一) 土壤的全硼含量

土壤的全硼含量范围为 1—2ppm (白俄罗斯的灰壤)到 250—270ppm (以色列的中性泥炭土)。含量的差异部分是由于形成土壤的母岩,更大程度上是由于土壤类型,这些土壤

类型反映出各种地理区域和气候带之间的差异。

1. 温带和寒温带*地区

含量最低的是各种砂质土,特别是灰壤和灰化土:

苏联拉脱维亚的滨海砂土为 5ppm;白俄罗斯的轻度灰化的淋溶土,粘壤土及冰水砂上发育的灰壤为 1.3—4.3ppm;爱沙尼亚的灰壤为 6.5ppm。

含量为中度水平的为棕色森林土:中国东北部的玄武岩发育的棕色森林土为 45ppm;黑龙江流域的平原层状沉积物发育的水成草甸土为 55—85ppm。

黑色石灰土和棕色钙质土的含硼量可能很高,例如以色列的泥炭岩发育的棕色钙质土为 100—145ppm。

2. 干旱和半干旱地区

干旱和半干旱地区的土壤具有中等到高的全硼含量。

黑钙土:南斯拉夫(塞尔维亚)为 25—40ppm;保加利亚北部为 28—53ppm;苏联(亚美尼亚)的平均含量为 30ppm (平均含量)。

棕色均匀腐殖质土具有相同的含硼量:以色列由冲积物(来自红色石灰土并混有风积物)发育的棕色均匀腐殖质的全硼含量为 24—40ppm。

变性土的全硼含量一般为中等:印度在玄武岩、片岩或滨海冲积发育的变性土的全硼含量为 25—50ppm。

另一方面,盐土(碱土、盐化碱土)的全硼含量常高于平均含硼量,有时则非常高:

南斯拉夫(塞尔维亚)的碱土为 40—65ppm;苏联(乌兹

* 寒温带地区 (boreal region) 按 Köppen 对气候带的分类法,指北纬 40—65° 间的地带。——译者注