

生命科学中的微量元素

Trace Elements in Life Sciences

(第二版)

主编 王 葵

副主编 孙旺发 徐修智 罗晓慧



科学出版社

Q58
47

Y4120/23

生命科学中的微量元素

Trace Elements in Life Sciences

(第 二 版)

主编 王 菱^{kùì}

副主编 唐任寰 徐辉碧 罗贤懋

中国计量出版社

(京)新登字 024 号

图书在版编目 (CIP) 数据

生命科学中的微量元素=TRACE ELEMENTS IN LIFE SCIENCES/王夔主编 —2 版.
北京:中国计量出版社,1996.7
ISBN 7-5026-0803-6/Q·1

I. 生… I. 王… III. 生物-微量元素-研究 IV.Q581

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 10195 号

内 容 提 要

本书在第一版基础上,增添了 90 年代以来国内、外重大研究成果和最新文献资料,充分反映了我国在本领域内开拓研究和应用的水平。本书内容更加丰富、新颖、实际,力求从分子、亚分子水平阐明结构-性质-功能方面的问题。对微量元素缺乏引起的地方病、元素过量累积的中毒症、儿童发育不良、老年营养补充和成人合理膳食平衡等均有科学的论述,是目前国内、外同类书中具有显著特色的专著。

全书各章依次论述为:导言,氟,硅,钒,铬,锰,铁,钴,镍,锂,硼,铝,稀土,铜,锌,硒,钼,锡,碘,锗,砷,镉,汞,铅等。其中包括 14 种人体必需微量元素,6 种潜在有益元素以及常见有害环境的元素。书后有“常用中草药中微量元素含量”、“生物标准物质”、“我国健康人体液和组织中的微量元素值”、“中国矿物药中微量元素含量”和“饮用天然矿泉水”国家标准等重要附录。

本书适用作医药、卫生、营养、环保、生物、化学、农牧业等专业的大学教学指导书和科研工作的基本参考书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

河北省永清县第一胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787×1092 毫米 16 开本 印张 67.25 字数 1623 千字

1996 年 7 月第 2 版 1996 年 7 月第 2 次印刷

*

印数 2101—4600 定价:95.00 元

从微观世界探索宏观
生命科学，为开拓我国
微量元素科研领域
作贡献。

陆敏章

一九九〇年

祝贺“生命科学中的

微量元素”出版

改善食物结构提高
人民素质的良师益友

俞瑾元九

年九月

微量元素生理功能的逐一发现
揭开了许多生命的奥秘，使
过去难以理解的现象获得
了科学的解释。对这一领域
的深入研究必将大大提高
人类生命的質量，並从而延
长人类的预期寿命。

题赠

「生命科学中的微量元素」

于若木

己巳仲夏

微量元素是保障人
民健康提高農業
生產的重要物質

白希清

一九八九年八月

题 词

中华人民共和国卫生部部长

陈敏章

中华人民共和国农业部顾问

边 疆

中国微量元素科学研究会理事长

于若木

中国食品工业协会高级顾问

原中国医学科学院院长

白希清

中华医学会名誉会长

本书编写人员

王 斐	薄云红			北京医科大学药学院
唐任寰	张完白	肖广庆		北京大学技术物理系
吴炳辅				北京医科大学公共卫生学院
钟广涛	孔聘颜	兰定国		中山大学化学系
罗贤愚	胡国刚	魏慧娟		中国医学科学院肿瘤研究所
王顺荣	林玉环			中国科学院生态环境研究中心
徐辉碧	黄开勋	高秋华	杨祥良	华中理工大学生物物理与生物化学研究所
周井炎	范华汉	王万春		华中理工大学化学系
黄仲贤				上海复旦大学化学系
魏赞道				贵阳医学院预防医学系
陈秀娜	陈学敏			同济医科大学公共卫生学院
刘汴生	李慎思			湖北省老年医学研究所
孟紫强				山西大学环科系
田卫群				湖北民族学院化学系
谢 燕				湖北医科大学附一院
王一鸣				湖北省农业科学院测试中心
颜世铭				江西医学院预防医学系
孙恩杰				武汉工业大学材工系
徐 隼				云南大学化学系

主要审阅人

彭 安 朱莲珍 徐光禄 李芳生 吴易元 陈国树

初 版 序

近年来,对微量元素在生命过程中的作用进行的研究吸引了许多学科的学者,取得了不少成果。但是,这些工作具有内在的弱点。目前对微量元素的研究有两种流派:一派依靠先进的分析测定方法和数据处理方法,目的在于建立微量元素与某种生物效应的相关性;另一派则依靠先进的结构测定方法、热力学和动力学研究方法以及现代配位化学理论,研究生物活性物质的结构-性质-生物活性关系。如果把一个生物体系当作“黑盒子”,则前者着重研究该系统的输入与输出的关系,后者着重研究“黑盒子”里面的变化。事实上,真正认识微量元素在生命过程中所起的作用,必须二者结合。本书编写的主导思想便是融合二者,给各学科的读者提供相互渗透的材料。

研究微量元素的学科基础是生物无机化学。最近,国内、外都有些生物无机化学的教材或入门书籍出版,可以引导各学科人员进入这一领域,但是,在各个领域中具体工作大都涉及某种物质的某种性质以及由此决定的生物效应。这就迫切需要关于每种元素的这方面的资料。本书就是为了这个目的编写的。它提供了每种重要微量元素的最新研究成果,也开辟了一系列新的思路。

国外已出版了几本微量元素的书,我们希望我们这一套书具有中国的特色。我国学者结合国内实际情况进行研究,他们取得的成果有直接指导意义。尤其是微量元素分布的地区特征很强,不同民族的人和不同种属的植物和动物,加上环境、饮食和习性有别,微量元素的摄入、代谢、分布等等都可有差异(首先是量上的差异,也有本质的区别)。为此,本书除提供全面知识以外,还注意到我国地区性、种属性特色。

因为每种元素有其特点,每位作者也有其思路,所以本书每章的选材和编写方式不强求一致。

欢迎同志们的建议和批评。

王 夔

1989年4月20日于北京

第二版序

以中国科学院院士、北京医科大学教授王夔为首撰写的《生命科学中的微量元素》(上、下卷)自1991年初版以来,受到广大读者和专家们的普遍欢迎,在短短几个月里即告售罄。为了及时反映我国和先进国家在微量元素科学领域中的最新成果,满足读者的需要,中国计量出版社决定出版第二版。

本书第二版修订的主要内容为:

1. 更新内容,引入90年代以来国内、外的重大研究成果,增加初版未能及时介绍的最新进展。
2. 学科交叉更加广泛、深入,由不同学科的专家加强审核、修改,并部分重写。
3. 更好地体现我国在本领域内的开拓研究和应用特色,充分反映蓬勃进展和精采内容。
4. 在检索国际最近10年的文献基础上,增补重要附录和最新参考文献,并更正了初版中的印刷错误。

世界卫生组织有关健康的新定义中提到,每个人享受可能达到的最高水平的健康是每个人的基本权利和福利要求。

我国历史悠久,在营养和饮食方面极其注意与人们健康的关系,并在发掘食物资源、酿酒、发酵食品、豆制品和烹调技术上著称于世。国外最近完成的一项历时6年的调研表明:在世界范围内,中国人的饮食最益于健康。微量元素是与蛋白质、脂类、碳水化合物、维生素和水具有同等重要的营养素,如何合理摄取、吸收有益微量元素,做到既不缺乏又不过量并避免有害元素的掺入,以享受最高水平的健康,读者可从书中获得满意的答案。

各章分别论述的有:14种必需微量元素;锗、锂、铝、砷、硼和稀土等对动物或植物可能有益的元素;以及严重危害人体健康的镉、汞、铅。全书内容系统、全面、新颖,理论联系实际,对微量元素缺乏引起的地方病、元素过量累积的中毒症、儿童发育不良、老年营养补充和成人合理膳食平衡等均有科学的论述。书中在介绍国外最新进展的同时,特别注意反映我国取得的成就。无论微肥施用,锌、铁、硒、碘、钼缺乏症,或传统中医药微量元素组分的研究都令人瞩目。在目前同类书中,具有显著的我国特色。

值得注意的是,某些微量元素药物或含有益微量元素的饮料、矿泉水、强化食品等正进行着可喜的开发应用;书中同时指出,应避免滥用微量元素带来的不良后果。任何事物都是辩证地发展的。

我国科学工作者的生动实践表明,在微量元素领域里充满着诱人的探索和发现的机会。随着科学的普及和深入,它必将为我国提供更加合理的营养和食物,帮助人们征服疾病、增进健康、延长寿命。这正是本书撰写的主要目的。

参加本书编写的有国内多年从事医学、化学、环境科学、农学和公共卫生等方面的专家、学者,在中国计量出版社的大力支持下,他们历尽艰辛,反复耕耘。在困难的时刻,得到卫生部、农业部、中华医学会和微量元素研究会领导的鼓励和支持,使得这套凝结着集体智慧和汗水的书籍得以再次和读者见面。这里应该特别提到的是,在本书的出版过程中,自始至

终得到了中国计量出版社王朋植和王平等同志的真诚帮助，没有他们的努力参与，恐怕还徘徊在梦幻之中。

在本书的修订过程中，承蒙中国科学院院士、长春应用化学研究所倪嘉缙研究员和中国科学院院士、北京大学刘元方教授提出非常宝贵的意见，并给予热情的支持；中国科学院生态环境研究中心彭安研究员以书评形式给予作者积极的鼓励和充分的肯定；西安医科大学徐光禄教授、中国人民解放军第一军医大学陈瑗教授、中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所朱莲珍研究员、中国水稻研究所袁凌沧研究员、华中理工大学化学系施文赵教授以及北京大学化学与分子工程学院叶蕴华教授等许多专家均提出十分有益的建议。各章审阅人逐一认真审核、严格把关，这对我们都是很大的帮助和支持，我们谨致以衷心的感谢。

即将到来的21世纪将是高科技角逐的时代，为使本书能如实反映生命科学中微量元素在高科技领域的真实地位，以及它在维持人民健康方面日益增长的重要作用，我们作了反复的切磋与修改。鉴于我们的经验和水平所限，本书又是由多作者写成，其中的内容、取材和文字等难免有不少错误和不妥之处，为适应本门科学的飞速发展以及我国国情紧密结合起来的需要，我们诚恳希望继续得到读者、专家的宝贵批评和建议。

编 者

1996年1月20日于北京

目 录

第一章 导言	唐任寰 (1)
第一节 生命元素	(1)
一、地球环境对生命体系的影响	(1)
二、必需性的含义	(2)
三、必需微量元素的发现	(3)
第二节 元素的主要来源	(5)
一、河流	(5)
二、海洋	(6)
三、土壤	(9)
四、大气	(10)
第三节 生物体中的元素分布	(13)
一、分布状况	(13)
二、哺乳动物组织	(15)
三、脊椎动物血液	(18)
第四节 生物元素的功能	(20)
一、元素的自然选择	(20)
二、生物元素功能和分类	(21)
第五节 微量元素与食物营养	(25)
一、植物的营养	(25)
二、平衡膳食组成	(25)
三、理想食物中的微量元素	(27)
四、微量元素与食物链	(31)
第六节 微量元素的毒性	(32)
一、元素缺乏症及过量积累的毒性	(33)
二、金属中毒机制	(36)
三、食品中的金属毒物问题	(37)
四、金属中毒的整合促排法	(41)
第七节 微量元素的研究方法	(43)
一、生物样品的预处理	(43)
二、定量检测法	(44)
三、生物分子结构特征	(45)
四、酶活性研究	(48)
五、放射性示踪与免疫分析	(49)
第八节 微量元素研究现状及展望	(50)
参考文献	(54)
第二章 氟 Fluorine	魏赞道、刘汴生、李慎思、徐隼 (58)

第一节 氟的化学	(58)
一、氟的物理、化学性质	(58)
二、氟的生物化学	(60)
第二节 自然界的氟	(61)
一、氟的地球化学	(61)
二、氟在自然界的分布	(62)
三、氟在自然界的循环	(65)
第三节 人体内的氟	(66)
一、人体内氟的含量与分布	(66)
二、氟的代谢	(67)
三、人体体液和组织中的氟及其评价	(70)
第四节 氟的生物化学功能	(74)
一、氟与生长发育和繁殖的关系	(74)
二、氟与骨骼代谢的关系	(75)
三、氟的防龋作用	(75)
四、氟对造血功能的影响	(75)
五、氟对神经系统的作用	(75)
六、氟对脂代谢的影响	(76)
第五节 氟的毒性作用	(76)
一、氟的急性毒害	(76)
二、氟的慢性毒害	(76)
第六节 地方性氟中毒及其防治	(81)
一、地氟病研究简史	(81)
二、地氟病在世界及我国的分布	(83)
三、地氟病的症状与体征	(84)
四、地方性氟中毒的流行因素	(86)
五、氟、铝联合中毒	(95)
六、氟、砷或硒联合中毒	(95)
七、饮茶型氟中毒	(96)
八、地氟病的卫生标准	(98)
九、地氟病的综合治理	(100)
第七节 饮水加氟防龋问题	(102)
一、问题的提出	(102)
二、两种截然不同的意见	(102)
三、广州市饮水加氟的教训	(103)
第八节 氟的测定方法	(104)
一、比色法	(104)
二、氟离子选择电极法	(105)
参考文献	(111)
第三章 硅 Silicon	胡国刚、罗贤懋 (115)
第一节 硅的元素化学	(115)
第二节 自然界中的硅	(116)

一、岩石中的硅	(116)
二、土壤中的硅	(116)
三、水中的硅	(117)
四、原始生物中的硅	(117)
五、高等植物中的硅	(117)
六、环境中的硅来源	(117)
七、食物中的硅	(118)
第三节 生物体内的硅	(118)
第四节 硅与其它元素的相互作用	(120)
一、硅与锗	(120)
二、硅与铜	(121)
三、硅与铝	(122)
第五节 硅的生理和生化功能	(122)
一、钙化过程	(122)
二、软骨与结缔组织的形成	(122)
三、结缔组织的组成成分	(123)
四、衰老	(123)
五、矽肺的分子标志	(124)
六、硅与高等植物	(125)
第六节 硅的代谢	(125)
一、硅在呼吸道吸收、贮留与清除	(125)
二、硅在消化道吸收及其代谢与排泄	(126)
第七节 硅的毒性作用	(126)
一、硅进入体内的毒性	(127)
二、硅的体外实验毒性	(127)
第八节 硅与健康、疾病的关系	(128)
一、生长发育的必需微量元素	(128)
二、对胶原形成的作用	(129)
三、对心血管的作用	(130)
四、硅与矽肺	(133)
五、硅与肿瘤	(135)
六、硅与肾脏疾病	(136)
七、硅与骨疾患	(136)
第九节 硅化合物利用和研究现状	(136)
一、抗癌药物	(137)
二、抗菌药物	(137)
三、激素类药物	(138)
四、消沫剂	(138)
五、医用的生物工程材料	(138)
第十节 硅的测定方法	(139)
一、粉尘中硅的测定	(139)
二、生物样品中硅的测定	(140)

参考文献	(141)
第四章 钒 Vanadium	钟广涛、孔聘颜 (145)
第一节 钒的元素化学	(145)
一、钒元素性质	(145)
二、钒的溶液化学	(146)
三、钒酸与磷酸	(147)
第二节 自然界中的钒	(148)
一、土壤和矿石中的钒	(148)
二、水中的钒	(148)
三、大气中的钒	(149)
第三节 生物体内的钒	(149)
一、植物	(149)
二、动物	(150)
三、钒的吸收和代谢	(152)
第四节 钒的生物化学功能	(153)
一、Na、K-ATP 酶	(154)
二、Ca-ATP 酶	(155)
三、腺苷环化酶	(156)
四、钒的类胰岛素作用	(158)
第五节 钒的生理作用	(158)
一、造血作用	(158)
二、胆固醇代谢	(158)
三、心血管系统作用	(159)
四、对肾脏的影响	(159)
五、其它生理作用	(160)
第六节 钒与人体健康	(160)
一、心血管疾病	(161)
二、躁狂抑郁症	(161)
三、龋齿	(162)
四、胆石症	(162)
第七节 钒的毒理学性质	(162)
一、钒毒性与价态	(162)
二、钒致毒机制	(163)
三、钒急性慢性中毒	(163)
第八节 生物体内钒的测定	(164)
一、样品的制备	(164)
二、生物样品中钒的测定	(165)
三、生物组织中钒的电子顺磁共振研究	(168)
参考文献	(168)
第五章 铬 Chromium	高秋华 (172)
第一节 铬的元素化学	(172)
一、铬的一般性质	(172)

二、铬的氧化还原性	(172)
三、铬的配位化合物	(173)
第二节 自然界中的铬	(173)
一、土壤中的铬	(174)
二、水圈中的铬	(175)
三、大气圈中的铬	(176)
第三节 生物和人体内的铬	(177)
一、植物体中的铬	(177)
二、动物和人体内的铬	(177)
三、生理需要量	(181)
第四节 铬的生物化学功能	(182)
一、葡萄糖耐量因子	(182)
二、高铬酵母	(183)
三、铬在糖代谢中的生物化学功能	(183)
四、铬在脂代谢中的生物化学功能	(185)
第五节 铬的毒理学性质	(186)
一、铬的毒性	(186)
二、铬的致癌性	(187)
三、铬的致突变性	(187)
第六节 铬与疾病、健康	(188)
一、铬与糖尿病	(188)
二、铬与动脉粥样硬化	(189)
第七节 铬的特殊化合物及研究现状	(190)
一、Cr(Ⅰ)-核苷酸配位化合物	(190)
二、Cr(Ⅰ)的胰岛素衍生物	(194)
第八节 铬的测定方法	(197)
参考文献	(198)
第六章 锰 Manganese	田卫群、颜世铭、王万春 (202)
第一节 锰的元素化学	(202)
第二节 自然界中的锰	(203)
第三节 生物体内的锰	(204)
一、在植物中的存在	(204)
二、在人体及动物体内的含量与分布	(205)
三、锰的代谢	(206)
第四节 锰的生物化学	(209)
一、锰酶	(209)
二、锰激活酶	(212)
三、外源凝集素	(215)
第五节 锰与其它元素的相互作用	(216)
一、锰与硒	(216)
二、锰与锌	(217)

三、锰与铅	(217)
四、锰与铁	(217)
五、锰与镍	(217)
六、多元素间的相互作用	(218)
第六节 缺锰与疾病	(218)
一、对骨骼结构和生长的影响	(219)
二、对糖代谢的影响	(219)
三、对类脂化合物代谢的影响	(220)
四、对脑功能的影响	(220)
五、与繁殖、遗传及致畸的关系	(221)
六、与免疫系统的关系	(221)
七、与癌症的关系	(222)
八、与其它疾病的关系	(222)
九、生理需要量	(223)
第七节 毒性及毒理	(223)
一、急性毒性	(223)
二、慢性毒性	(225)
三、对脑组织的毒性影响及毒理	(226)
四、致癌、致畸和致突变效应	(228)
第八节 分析测试方法	(228)
参考文献	(228)
第七章 铁 Iron	王夔、薄云红 (233)
第一节 铁的元素化学	(233)
一、概述	(233)
二、铁的溶液化学	(234)
第二节 生物体内的铁	(241)
一、植物中的铁	(241)
二、人体铁代谢	(241)
第三节 铁的运送及贮存蛋白	(244)
一、铁运载体	(244)
二、转铁蛋白类	(244)
三、铁蛋白及血铁黄素	(249)
第四节 生物体内的含铁氧载体	(253)
一、氧的利用系统和含铁氧载体	(253)
二、肌红蛋白和血红蛋白	(254)
第五节 细胞色素	(263)
一、呼吸链及细胞色素	(263)
二、细胞色素 c 及细胞色素 c 氧化酶	(264)
三、细胞色素 P450	(266)
第六节 含铁酶	(271)
一、血色素酶	(271)
二、过氧化物酶	(272)