

生命科学中的微量元素

Trace Elements in Life Science

上 卷

王 夔 主编

徐辉碧 唐任寰 罗贤懋 副主编



中国计量出版社

生命科学中的微量元素

Trace Elements in Life Science

上 卷

主编 王 夔

副主编 徐辉碧 唐任寰 罗贤懋

中国计量出版社

内 容 提 要

微量元素作为生物无机化学的重要分支,正以崭新的活力向生命科学各个领域交叉、渗透并迅速发展,并且,在我国某些地方病防治和农作物增产等方面取得了举世公认的成就。所有这些在本书中都做了生动的介绍。

本书内容系统性强、论述全面、理论联系实际,力求从分子、电子水平阐明问题和反映当代微量元素科学领域的最新成就。全书分两卷出版。上卷为:导言,氟,铝,铜,硒,钼,汞;下卷为:硼,硅,钴,锌,砷,镉,碘,稀土元素,锂,钒、铬、锰、铁、镍、锆、钇、铅。上卷书后附有“常用中草药中微量元素含量”和“生物标准物质”两个附录供读者参考。

本书可作为化学、生物、医药、营养、环保、农牧业等专业的大学指导书,也可作为这些领域科学工作者的书。

生命科学中的微量元素

Trace Elements in Life Science

上 卷

主编 王夔

副主编 徐辉碧 唐任寰 罗贤懋

责任编辑 王朋植

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

朝阳区科普印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本787×1092/16 印张 25 字数 600 千字

1991 年 5 月第 1 版 1991 年 5 月第 1 次印刷

印数1—2100

ISBN7-5026-0311-5/N·1

定价 15.00元

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做“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,本书除去提供全面知识以外,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,所以本书每章书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 璠

一九八九.四.二十日于北京

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
原中国医学科学院院长	白希清
中华医学会名誉会长	
中国微量元素与健康研究会理事长	于若木
微量元素与食物链研究会名誉会长	

《生命科学中的微量元素》编委会

主 编:	王 夔			
副主编:	徐辉碧	唐任寰	罗贤懋	
编 委:	王 夔	王朋植	王顺荣	刘汴生
	陈宽基	罗贤懋	唐任寰	徐辉碧

本卷编写人员（按内容次序）：

王 夔	北京医科大学药学院
唐任寰	北京大学技术物理系
刘汴生	湖北省梨园医院
李慎思	湖北省梨园医院
吴炳辅	北京医科大学公共卫生学院
周井炎	华中理工大学化学系
徐辉碧	华中理工大学化学系
范华汉	华中理工大学化学系
罗贤懋	中国医学科学院肿瘤研究所
魏慧娟	中国医学科学院肿瘤研究所
林玉环	中国科学院生态环境研究中心
高秋华	华中理工大学化学系
王顺荣	中国科学院生态环境研究中心

从微观世界探索宏观
生命科学，为开拓我国
微量元素的研究领域
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

俞卫平
年九月

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

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
人类生命的质量，并从而延
长人类的预期寿命。

题赠

「生命科学中的微量元素」

于英木

己巳仲夏

目 录

第一章 导言 Introduction	(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	(2)
第二节 元素的主要来源	(5)
一、河流	(5)
二、海洋	(6)
三、土壤	(8)
四、大气	(10)
第三节 生物体中的元素分布	(11)
一、分布状况	(11)
二、哺乳动物组织	(13)
三、脊椎动物血液	(16)
第四节 生物元素的功能	(18)
一、元素的自然选择	(18)
二、生物元素功能和分类	(19)
第五节 微量元素与食物营养	(23)
一、植物的营养	(23)
二、平衡膳食组成	(24)
三、理想食物中的微量元素	(25)
四、微量元素与食物链	(29)
第六节 微量元素的毒性	(30)
一、元素缺乏症及过量积累的毒性	(31)
二、金属中毒机制	(33)
三、食品中的金属毒物问题	(35)
四、金属中毒的螯合促排法	(39)
第七节 微量元素的研究方法	(40)
一、生物样品的预处理	(40)
二、定量检测法	(41)
三、生物分子结构特征	(42)
四、酶活性研究	(45)
五、放射性示踪与免疫分析	(46)
第八节 微量元素研究现状及展望	(47)
参考文献	(51)
第二章 氟 Fluorine	(54)
第一节 氟的化学	(54)
一、氟的历史	(54)
二、氟的物理化学性质	(54)
三、氟的生物无机化学	(56)

第二节 氟在自然界的循环.....	(58)
一、氟的地球化学.....	(58)
二、氟在自然界的分布.....	(58)
三、氟在自然界的循环.....	(61)
第三节 生物体内的氟.....	(62)
一、人体内氟含量与分布.....	(62)
二、动、植物体内的氟.....	(63)
第四节 氟的代谢.....	(63)
一、氟的吸收.....	(63)
二、氟的运输和贮存.....	(64)
三、氟的排泄.....	(65)
第五节 氟的生物化学功能.....	(66)
一、氟与生长发育和繁殖的关系.....	(66)
二、氟与骨骼代谢的关系.....	(66)
三、氟的防龋作用.....	(67)
四、氟对造血功能的影响.....	(67)
五、氟对神经系统的作用.....	(67)
六、氟对脂代谢的影响.....	(67)
第六节 缺氟与疾病.....	(68)
一、氟与人体健康.....	(68)
二、人体的氟摄入量.....	(68)
三、人体的氟缺乏的原因.....	(69)
四、人类缺氟表现.....	(70)
第七节 氟的毒性和人体氟中毒.....	(70)
一、氟对细胞的毒性.....	(71)
二、氟对造血和血液的毒性.....	(72)
三、氟对硬组织的毒性作用.....	(72)
四、氟的肾毒作用.....	(72)
五、氟对神经系统的毒性.....	(73)
六、氟对某些酶的影响.....	(73)
七、氟对其它组织器官的毒性.....	(73)
八、人体的急性氟中毒.....	(73)
九、慢性氟中毒.....	(74)
十、地方性氟中毒.....	(75)
第八节 氟的测定方法.....	(78)
一、氟测定方法概况.....	(78)
二、氟测定的生物检材收集和制备.....	(78)
三、氟化物的测定方法.....	(79)
参考文献.....	(81)
第三章 铝 Aluminum.....	(84)
第一节 铝的元素化学.....	(84)
一、铝的存在.....	(84)
二、铝及其化合物制备.....	(84)
三、铝的性质.....	(85)

四、铝的用途.....	(87)
第二节 铝在自然界中的状态与循环.....	(87)
一、铝在自然界的存在状态.....	(87)
二、铝在自然界的局部循环.....	(90)
三、铝在自然界中的循环.....	(94)
第三节 生物体内的铝.....	(94)
一、人对铝的暴露.....	(94)
二、铝的吸收与排泄.....	(94)
三、体内铝含量.....	(97)
四、铝的结合状态.....	(101)
第四节 铝与其它元素间的相互作用.....	(103)
一、钙.....	(104)
二、锌.....	(104)
三、铜.....	(105)
四、氟.....	(105)
五、镁.....	(106)
六、铁.....	(107)
第五节 铝的生物化学.....	(107)
一、铝三磷酸腺苷络合物.....	(107)
二、铝对脱氧核糖核酸 (DNA) 的作用.....	(108)
三、酶.....	(110)
四、铝对钙调蛋白结构的影响.....	(111)
五、转铁蛋白.....	(111)
六、钙、磷代谢.....	(111)
七、血铝和脑铝水平.....	(111)
八、其它.....	(111)
第六节 铝的毒理学性质.....	(112)
一、铝的环境毒性作用.....	(112)
二、铝的神经毒性作用.....	(112)
三、铝对酶的作用.....	(113)
四、铝的工业毒性作用.....	(113)
五、铝的致畸作用.....	(114)
六、后记.....	(114)
第七节 铝与健康、疾病的关系.....	(115)
一、神经性疾病.....	(115)
二、骨骼疾病.....	(116)
三、造血系统疾病.....	(116)
四、铝中毒的临床诊断.....	(116)
五、治疗.....	(117)
第八节 铝化合物的利用和研究现状.....	(118)
一、医药.....	(118)
二、净水剂.....	(120)
三、食品.....	(120)
四、铝络合物.....	(121)

五、杀虫剂.....	(122)
第九节 铝的测定方法.....	(122)
一、概述.....	(122)
二、铝的分析方法.....	(122)
三、样品采集与污染.....	(127)
四、分析质量的保证.....	(129)
五、铝分析质量控制中的 SRM.....	(130)
六、结束语.....	(131)
参考文献.....	(131)

第四章 铜 Copper.....(138)

第一节 铜的元素化学.....(138)

一、概述.....	(138)
二、铜的物理化学性质.....	(138)

第二节 铜在自然界中的循环.....(140)

第三节 铜在生物体内的存在.....(142)

一、铜在生物体内的存在形式.....	(142)
二、铜的代谢.....	(144)

第四节 铜与其它元素的相互作用.....(146)

一、硒.....	(146)
二、铂.....	(146)
三、镉.....	(147)
四、钼.....	(147)
五、锌.....	(147)

第五节 铜的生物化学功能.....(148)

一、超氧化物歧化.....	(148)
二、运送和贮存铜.....	(151)
三、电子传递.....	(153)
四、O ₂ 的运送.....	(154)
五、有机底物的氧化.....	(156)
六、单氧合作用.....	(158)
七、端基氧化酶.....	(160)
八、细胞色素C氧化酶.....	(164)

第六节 铜的毒理学.....(164)

一、人的铜中毒.....	(164)
二、动物的铜中毒.....	(166)
三、铜对于微生物、植物的毒性.....	(168)
四、各种铜化合物的毒性.....	(169)
五、铜化合物的毒性机理.....	(170)
六、铜中毒的诊断和防治.....	(170)

第七节 铜与健康 and 疾病.....(171)

一、Menkes综合征.....	(171)
二、Wilson氏病(肝豆状核变性).....	(173)
三、人体铜缺乏症.....	(174)
四、铜与其它疾病.....	(175)

第八节 具有生物功能的铜的特殊化合物	(176)
一、载氧铜蛋白的模型化合物	(176)
二、具有医药用途的铜配合物	(177)
第九节 生物样品中铜的测定	(180)
一、样品的制备	(180)
二、原子吸收分光光度法 (AAS) 法	(181)
三、电感耦合等离子体发射光谱 (ICP-AES 法)	(182)
四、阳极溶出伏安法 (ASV 法)	(183)
五、其它测定方法	(184)
参考文献	(185)

第五章 硒 Selenium (189)

第一节 硒的元素化学 (190)

第二节 自然界中的硒 (191)

- 一、土壤中的硒 (191)
- 二、水中的硒 (193)
- 三、大气中的硒 (193)

第三节 硒在生物体内的存在 (193)

- 一、硒在生物体内的存在形式 (193)
- 二、硒的吸收及其在生物体内的分布 (196)
- 三、硒的代谢 (197)

第四节 有生物效应的人工制备含硒物质 (201)

- 一、类似硒酶的 ebselen (201)
- 二、富硒酵母 (202)
- 三、硒化角叉菜胶 (203)
- 四、某些合成的特殊硒化合物及其临床意义 (205)

第五节 硒与其它元素的相互作用 (214)

- 一、硒与硫的作用 (214)
- 二、硒与砷的作用 (215)
- 三、硒与镉的作用 (216)
- 四、硒与铅的作用 (216)
- 五、硒与汞的作用 (217)
- 六、硒与铜的作用 (217)
- 七、硒与银的作用 (218)
- 八、硒与钴的作用 (218)
- 九、硒与锰的作用 (218)
- 十、硒与碲的作用 (218)

第六节 硒的生物化学功能 (219)

- 一、含硒谷胱甘肽过氧化物酶的抗氧化作用 (219)
- 二、含硒磷脂过氧化氢谷胱甘肽过氧化物酶的抗氧化作用 (221)
- 三、非酶硒化合物的抗氧化作用 (223)
- 四、硒与维生素E在抗氧化中的协同作用 (224)
- 五、硒的其它生化功能 (225)

第七节 硒与健康 and 疾病 (226)

- 一、硒与癌 (226)

二、硒与心血管病	(230)
三、硒与克山病和大骨节病	(231)
四、硒与衰老	(232)
五、硒与免疫	(233)
六、动物的缺硒症	(234)
七、食物中的硒和人体应有的硒摄入量	(236)

第八节 硒的毒理学 (237)

一、动物的硒中毒	(238)
二、人的硒中毒	(238)
三、各种硒化合物的毒性	(239)
四、硒化合物的毒性机理	(239)
五、硒中毒的预防和控制	(241)

第九节 生物样品中硒的测定 (241)

一、样品的制备	(241)
二、中子活化法测硒	(242)
三、荧光法测硒	(242)
四、原子吸收法测硒	(243)
五、分光光度法测硒	(243)
六、极谱法测硒	(243)
七、阳极溶出与阴极溶出伏安法测硒	(244)
八、气相色谱法测硒	(244)
九、硒的形态分析	(244)

参考文献	245
------	-----

第六章 钼 Molybdenum (249)

第一节 元素化学 (249)

一、钼的发现	(249)
二、理化性质	(249)
三、钼的化合物	(250)
四、钼辅助因子	(250)
五、钼的来源、制备与用途	(251)

第二节 自然界中的钼 (252)

一、岩石中的钼	(252)
二、土壤中的钼	(252)
三、植物中的钼	(254)
四、环境中钼的来源	(255)
五、食物中的钼	(256)

第三节 钼在生物体内的分布 (258)

一、肝钼	(259)
二、血钼	(260)
三、骨和牙齿中的钼	(260)
四、乳汁钼	(260)
五、毛发钼	(260)

第四节 钼与其它元素间的相互作用 (261)

一、钼与铜	(261)
二、钼与硫	(263)

三、钼与钨	(263)
第五节 钼的生物化学功能	(264)
一、钼酶	(264)
二、钼与类固醇激素受体	(268)
三、钼在植物体内的生化功能	(268)
第六节 钼的代谢	(269)
一、钼的吸收	(269)
二、钼的排泄	(270)
三、钼的平衡代谢试验	(271)
四、钼的膳食供给量	(273)
第七节 钼的毒性作用	(274)
一、影响钼中毒的因素	(274)
二、钼中毒的症状	(274)
三、牛的钼中毒	(275)
四、家畜钼中毒的治疗	(275)
五 人的钼中毒	(275)
六、钼的遗传毒性与致癌作用	(276)
第八节 钼与健康、疾病的关系	(277)
一、动物的缺钼	(277)
二、缺钼对人体健康的影响	(278)
第九节 钼化合物的利用和研究现状	(288)
一、钼肥	(288)
二、钼酸钠与钼酸铵	(290)
三、四硫代钼酸盐	(291)
第十节 钼的测定方法	(291)
一、样品的收集和处理	(291)
二、定性分析	(292)
三、定量分析	(292)
参考文献	(294)

第七章 汞 Mercury (300)

第一节 元素化学	(300)
一、概述	(300)
二、汞的配位化学	(301)
第二节 环境中的汞	(305)
一、环境中汞的分布	(305)
二、汞的地球化学循环	(307)
二、汞在环境中的存在形态	(308)
第三节 生物体内的汞	(309)
一、生物体对汞的摄取	(309)
二、汞在生物圈内的传递	(310)
三、汞在生物体内的存在形态及转化	(312)
第四节 汞的生物化学	(316)
一、汞与氨基酸、蛋白质、酶的相互作用	(316)
二、汞与嘌呤、嘧啶和核酸的相互作用	(318)

三、汞与细胞、细胞质组分的相互作用.....	(319)
第五节 汞的代谢与毒性.....	(320)
一、汞在人体内的代谢.....	(320)
二、神经系统汞中毒的机理.....	(323)
三、汞毒性的拮抗作用研究.....	(327)
第六节 汞与疾病和健康.....	(329)
一、汞污染引起的疾病.....	(329)
二、汞的急性中毒.....	(331)
三、胎儿水俣病.....	(332)
四、疾病的预防和对策.....	(332)
第七节 汞的分析方法.....	(333)
一、总汞分析法.....	(333)
二、烷基汞的分析方法.....	(335)
三、阳离子交换树脂富集-原子吸收法.....	(336)
参考文献.....	(337)
附录1 常用中草药中微量元素含量.....	(339)
附录2 生物标准物质.....	(373)