

研究生教学用书

教育部学位管理与研究生教育司推荐

动物必需微量元素营养学

*Essential Trace-elements
Nutrition of Animals*

张春善 主编



高等教育出版社

研究生教学用书

教育部学位管理与研究生教育司推荐

动物必需微量元素营养学

Essential Trace-elements

Nutrition of Animals

张春善 主编

李宏全 李佩国 副主编



高等教育出版社

内容提要

本书针对动物的 15 种必需微量元素(铁、铜、锰、锌、碘、硒、钴、氟、铬、钼、锡、钒、镍、硅和砷)进行了阐述。对每一种微量元素而言,就其以下方面进行了较为详尽的论述:基本化学特性,在动物体内的代谢(包括消化吸收、运输、贮存、分布及排出),在动物体内的基本理化功能,缺乏对各种动物的影响,来源及补充,生物利用率及评估,过量及中毒对动物体的影响和预防等。因为本书主要是为研究生的教学用书,所以比较注重各种微量元素在动物体内的代谢过程和相应的载体运载机制,以助于学生深入了解微量元素在动物体内的吸收、转运和分布。在本科阶段的动物营养教学中,对家动物必需微量元素的认知,一般只停留在简单的缺乏症上,而对引起相应缺乏症的机制并没有进行深入的探讨。本书在这方面做了较为详尽的论述,以使同学们在更深层次上理解各种必需微量元素在动物体内的理化功能。并且进一步明确,这些微量元素对动物机体的必需性和引起中毒的机制,从而加深对必需微量元素营养的认知。此外,本书还对各种必需微量元素的自然来源、补充和生物利用率的评定等做了较为深入的阐述。

图书在版编目(CIP)数据

动物必需微量元素营养学/张春善主编. —北京:高等教育出版社,2007.5

ISBN 978-7-04-020885-6

I. 动… II. 张… III. 动物-微量元素营养-教材
IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 039613 号

策划编辑	高新景	责任编辑	薛 玥	封面设计	李卫青
责任绘图	宗小梅	版式设计	史新薇	责任校对	刘 莉
责任印制	陈伟光				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京印刷一厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2007 年 5 月第 1 版
印 张	24.25	印 次	2007 年 5 月第 1 次印刷
字 数	400 000	定 价	38.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20885-00

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

作者简介

张春善,男,1961年3月出生于山西省河津市。1984年7月毕业于山西农大畜牧系。1998年7月毕业于内蒙古农业大学动物营养专业,获博士学位。2003年9月,晋升为教授。2005年6月被聘任为博士生导师。

一、教学

为本科生讲授“养羊学”、“养蜂学”、“动物营养学”、“养禽学”、“专业英语”及“普通畜牧学”等课程。为研究生讲授“家畜必需微量元素营养学”、“维生素营养学”及“专题讨论”等。

二、科研

研究方向为畜禽营养的互作及营养参数的评定。

主研国家自然科学基金一项,主持山西省自然科学基金两项,主持山西省科技攻关项目一项。研究成果对丰富动物营养基础理论和指导畜牧生产实践均有重要意义。

在国际国内重要学术刊物发表研究论文20余篇,其中3篇被SCI收录。

三、研究生培养

在完成科研课题的同时,培养研究生10余名。

四、教材编写

主编省级教材《养羊学》、副主编《猪营养研究进展》、参编全国统编教材《饲料与饲养学》和《动物营养学教程》。

本书编写人员

张春善	山西农业大学	河北科技师范学院
杨荣芳	辽宁农业职业技术学院	
姜俊芳	浙江省农业科学院	
王 博	山西农业大学	河北科技师范学院
王 锋	山西运城学院	
张利环	山西农业大学	
李宏全	山西农业大学	
李佩国	河北科技师范学院	
朱文进	河北科技师范学院	
关学敏	河北科技师范学院	

前 言

几年来,在为硕士研究生开设有关动物微量元素营养的课程中,发现目前国内还没有一本适合的相关教材,加上编者在动物微量元素营养方面做过一些研究工作。于是,想到把含有自己研究成果的讲稿整理成书,以便在更多的同仁中进行交流。在这个想法的驱动下,加大了资料收集的范围和速度,可以说本书是在参考了国内外主要有关书籍,加上编者在这方面的相关研究写成的。

在对每一种必需微量元素的阐述过程中,不仅注重其理化特性及在动物体内的作用机制,也对相应的缺乏症和中毒症状做了较为详细的描述。故本书除适宜用作研究生教材外,也可供在校大学生和生产一线的技术人员参考。

在本书撰写过程中,参考并广泛吸收了学术界的许多相关论著和研究成果,但在参考文献中并未一一列出,在此我们谨对原著作者表示歉意和衷心感谢。

在本书的编写过程中,研究生巩振华、高晔、杨瑞娟、杨燕燕、蒋燕霞、常亚琦、曹威荣付出了辛勤的劳动,在此表示感谢。

但由于编写时间仓促,书中缺点和疏漏在所难免。我们希望通过教学实践,广泛听取各方面的意见,以便再版时加以完善。

编 者

2007年3月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 常量元素与微量元素的基本概念	1
一、动物体内矿物元素的分类	1
二、必需元素的含义	2
三、必需微量元素	3
第二节 必需微量元素的发现	3
第三节 人体内微量元素的分布	4
第四节 动物体对元素的选择及微量元素的功能	5
一、动物体内元素的含量与海洋中相应元素的关系	5
二、动物选择元素的条件	6
三、微量元素在动物体内的功能	6
第五节 微量元素的缺乏及过量	9
一、微量元素的摄入量与缺乏、过量效应的关系	9
二、微量元素与疾病的关系	10
三、微量元素过量的预防	11
四、微量元素的添加与饲料环境的关系	12
第六节 微量元素的主要来源	12
一、河流	12
二、海洋	13
三、土壤	14
四、大气	15
五、食物	15
第七节 微量元素的分析方法	15
一、生物样品的采集	15
二、前处理方法	16
三、定量检测法	16
四、生物分子状态分析	17
五、酶活性研究	17
六、放射性示踪与免疫分析	18
第二章 铁	19
第一节 动物体内铁的代谢	19
一、铁的吸收及分布	19

二、细胞对铁的摄入和调节	24
三、铁的转运及贮存蛋白	25
第二节 动物体内的含氧铁载体	31
一、氧的利用系统和含氧铁载体	31
二、血红蛋白和肌红蛋白	31
第三节 铁的生物化学功能	33
一、细胞色素 c 及细胞色素 c 氧化酶	33
二、细胞色素 P450	34
三、含铁酶	34
四、铁与细胞的相互作用	35
五、铁与基因表达	35
六、铁与免疫	36
第四节 铁的缺乏、评估及补充	36
一、铁缺乏对动物机体的影响	37
二、机体铁状况的评估	42
三、铁的补充	42
四、铁的自然来源	43
五、铁可利用率的评定方法	44
第五节 铁过量对动物机体的影响	44
一、铁过量对人体的影响	44
二、铁过量对家畜的影响	47
三、铁过量及中毒的预防和治疗	48
第三章 铜	49
第一节 动物体内铜的代谢	49
一、铜的吸收	49
二、影响铜吸收和利用的因素	50
三、铜在动物组织中的分布	53
四、铜的排出	55
第二节 铜在动物体内的理化功能	55
一、对铁代谢和细胞呼吸的影响	56
二、对组织交联的影响	58
三、对毛发的色素和角质化的影响	59
四、对中枢神经系统的影响	59
五、对繁殖的影响	59
六、对免疫的影响	60
七、对脂质代谢的影响	62
八、对杀菌作用的影响	62
九、对能量代谢的影响	63

十、对内分泌的影响	63
十一、抗氧化、抗衰老作用	63
十二、铜与基因表达	63
十三、其他	65
第三节 铜的需要、缺乏、评估及补充	65
一、人和家畜对铜的需要	65
二、铜缺乏对动物机体的影响	66
三、机体铜状况的评估	74
四、铜的补充	75
五、铜化合物的可利用率	76
第四节 铜过量对动物机体的影响	77
一、对人体的影响	77
二、对家畜家禽的影响	78
第五节 铜与其他元素的相互作用	78
一、铜与硒	78
二、铜与铂	79
三、铜与镉	79
四、铜与钼	79
五、铜与肿瘤	79
六、铜与其他疾病	79
第四章 锰	80
第一节 动物体内锰的代谢	80
一、锰的吸收	80
二、锰的运输	81
三、锰的贮存	81
四、锰的分布	82
五、锰的排泄及丢失	82
六、影响锰吸收和利用的因素	84
第二节 锰的生物化学功能	85
一、锰酶	85
二、锰激活酶	86
三、外源凝集素	86
第三节 锰与其他元素的相互作用	87
一、锰与硒	87
二、锰与锌	87
三、锰与铅	87
四、锰与铁	87
五、锰与镍	88

六、锰与钙、磷的相互作用	88
七、多元素间的相互作用	88
第四节 锰的重要生理功能	88
一、对骨骼的影响	89
二、对糖代谢的影响	89
三、对脂质代谢的影响	89
四、对细胞功能和结构的影响	90
五、与免疫系统的关系	90
六、对脑功能的影响	90
七、与癌症的关系	91
八、与繁殖的关系	91
九、与遗传及致畸的关系	92
十、锰与造血功能	92
十一、其他	92
第五节 锰的缺乏、评估及补充	93
一、锰缺乏对动物机体的影响	93
二、机体锰况的评估	96
三、锰的补充	97
四、锰的自然来源	97
五、锰可利用率的评定方法	98
第六节 锰过量对动物机体的影响	100
一、急性中毒	101
二、慢性毒性	101
三、锰对脑组织的毒性及毒理	102
四、致癌、致畸和致突变	103
五、锰的生殖毒性	103
第五章 锌	104
第一节 锌为生命必需元素的发现和研究史	104
一、发现锌为生命必需元素的简史	104
二、锌的生物化学功能的早期研究	105
三、锌在高等动物体内的代谢	105
第二节 锌的化学性质及其在体内外分布	105
一、化学性质	105
二、环境锌和动物体内锌的分布	106
第三节 锌在动物体内的代谢	107
一、锌的吸收	107
二、锌的运输	111
三、锌的贮存	111

四、锌的分布	112
五、锌的排泄	112
六、影响锌吸收和利用的因素	113
第四节 锌与酶、激素及膜结构	114
一、锌在酶分子中的作用及对酶活性的影响	114
二、锌在激素中的作用和对激素水平的影响	115
三、锌与生物膜结构的稳定性	115
第五节 锌与动物体内物质代谢	116
一、锌与糖类代谢	116
二、锌与脂质代谢	116
三、锌与蛋白质代谢	117
四、锌与维生素	118
五、锌与核酸	118
第六节 锌与免疫	121
第七节 锌的缺乏、评估和补充	122
一、锌缺乏对人体的影响	123
二、锌缺乏对家畜的影响	125
三、机体锌况的评估	130
四、锌的补充	130
五、锌的自然来源	133
六、锌可利用率的评定方法	134
第八节 锌过量对动物机体的影响	134
一、锌过量对人体的影响	135
二、锌过量对动物体的影响	136
第九节 锌的研究动态	136
第六章 碘	137
第一节 动物体内碘的代谢	137
一、碘的吸收	137
二、碘的运输	138
三、碘的贮存	138
四、碘的分布	139
五、影响碘吸收和利用的因素	139
六、碘的排出	140
七、碘的利用	141
第二节 碘在动物体内的生物化学功能	141
一、甲状腺激素	141
二、甲状腺中的碘和甲状腺激素的合成	142
三、甲状腺激素的代谢	144

第三节 碘的缺乏、评估及补充	147
一、碘缺乏对动物机体的影响	147
二、机体碘况的评估	152
三、碘的补充	152
四、碘的自然来源	154
五、碘可利用率的评定方法	155
第四节 碘过量对动物机体的影响	157
一、各种动物对碘的耐受量	157
二、高碘甲状腺肿的机制	157
第七章 硒	159
第一节 动物体内硒的代谢	159
一、硒的吸收	159
二、硒的运输	160
三、硒的贮存	160
四、硒的分布	161
五、硒的排出	162
六、影响硒吸收和利用的因素	162
七、硒的作用	166
第二节 硒在动物体内的生物化学功能	166
一、重要的硒酶与硒蛋白	167
二、非酶硒化合物的抗氧化作用	169
三、含硒氨基酸的代谢	171
四、其他形式硒化合物的代谢	171
五、硒的其他功能	172
第三节 硒的缺乏、评估及补充	173
一、硒缺乏对动物机体的影响	173
二、机体硒况的评估	180
三、硒的补充	181
四、硒的自然来源	185
五、硒可利用率的评定方法	186
第四节 硒过量对动物机体的影响	187
一、硒过量对人体的影响	187
二、硒过量对家畜的影响	188
三、各种硒化合物的毒性	191
四、硒化合物的毒性机制	191
五、硒过量及中毒的预防和治疗	192
第八章 钴	195
第一节 动物体内钴的代谢	195

一、钴的吸收	195
二、钴的运输	196
三、钴的贮存	197
四、钴的分布	197
五、钴的排出	198
六、影响钴吸收和利用的因素	198
七、钴的利用	199
第二节 钴在动物体内的理化功能	199
一、钴的生理功能	199
二、钴的生物化学功能	201
第三节 钴的缺乏、评估及补充	204
一、钴缺乏对动物机体的影响	204
二、机体钴状况的评估	208
三、钴的补充	209
四、钴的自然来源	213
五、钴可利用率的评定方法	213
第四节 钴过量对动物机体的影响	215
一、钴过量对人体的影响	216
二、钴过量对家畜的影响	216
三、钴的中毒机制	217
四、钴过量及中毒的预防和治疗	217
第九章 氟	218
第一节 动物体内氟的代谢	219
一、氟的吸收	219
二、氟的运输	219
三、氟的贮存	219
四、氟的分布	220
五、氟的排出	221
六、影响氟吸收和利用的因素	221
七、氟的利用	222
第二节 氟在动物体内的理化功能	222
一、氟的生物化学功能	222
二、氟与生长发育和繁殖	222
三、氟与骨骼代谢	223
四、氟的防龋作用	223
五、氟与造血功能	223
六、氟与神经系统	224
七、氟与脂质代谢	224

八、氟与其他元素的关系	224
第三节 氟的缺乏、评估及补充	225
一、氟缺乏对动物机体的影响	225
二、机体氟状况的评估	225
三、氟的补充	226
四、能引起氟中毒的氟的自然来源	226
第四节 氟过量对动物机体的影响	228
一、氟过量对人体的影响	228
二、地方性氟中毒	231
三、氟过量对家畜的影响	234
四、氟的毒性机制	237
五、氟过量及中毒的预防和治疗	238
第十章 铬	241
第一节 铬在动物体内的代谢	241
一、铬的吸收	241
二、铬的运输	242
三、铬的贮存	242
四、铬的分布	242
五、铬的排出	242
六、影响铬吸收和利用的因素	243
第二节 铬的理化功能	244
一、铬在动物体内的生物化学作用结构基础	244
二、铬与葡萄糖耐量因子	244
三、高铬酵母	245
四、铬与糖代谢	245
五、铬与脂质代谢	246
六、铬与蛋白质及核酸的代谢	247
七、铬与内分泌代谢	247
八、铬与免疫功能	249
九、铬与应激	250
十、铬与胴体品质	250
十一、铬与抗生素	251
第三节 铬的缺乏、评估及补充	251
一、铬缺乏对动物机体的影响	251
二、机体铬况的评估	253
三、铬的补充	253
四、铬的自然来源	255
第四节 铬过量对动物机体的影响	255

一、铬过量对人体的影响	255
二、铬过量对家畜的影响	256
三、各种铬化合物的毒性	256
四、铬化合物的毒性机制	256
五、铬过量及中毒的预防和治疗	257
第五节 问题与前景	257
第十一章 钼	259
第一节 钼在动物体内的代谢	259
一、钼的吸收	260
二、钼的运输	260
三、钼的贮存	260
四、钼的分布	260
五、钼的排出	261
六、影响钼吸收和利用的因素	261
七、钼与其他元素的相互作用	262
第二节 钼的理化功能	265
一、钼酶	265
二、钼与类固醇激素受体	267
第三节 钼的缺乏、评估及补充	268
一、钼缺乏对动物机体的影响	268
二、机体钼状况的评估	272
三、钼的补充	272
四、钼的自然来源	272
第四节 钼过量对动物机体的影响	273
一、钼过量对人体的影响	273
二、钼过量对家畜的影响	273
三、影响钼中毒的因素	274
四、钼化合物的毒性机制	274
五、钼的遗传毒性与致癌作用	274
六、钼过量及中毒的预防和治疗	275
第十二章 硅	276
第一节 动物体内硅的代谢	277
一、硅的吸收	277
二、硅的运输	277
三、硅的贮存	277
四、硅的分布	278
五、影响硅吸收和利用的因素	278
六、硅的排出	279

第二节 硅在动物体内的理化功能	279
一、参与钙化过程	280
二、参与软骨与结缔组织的形成	280
三、结缔组织的组成成分	280
四、衰老	281
第三节 硅的缺乏、评估及补充	282
一、硅缺乏对动物机体的影响	282
二、硅的自然来源	286
三、硅的补充	288
第四节 硅过量对动物机体的影响	288
一、硅进入体内的毒性	289
二、硅的体外实验毒性	290
第十三章 镍	291
第一节 动物体内镍的代谢	292
一、镍的吸收	292
二、镍的运输	292
三、镍的贮存	293
四、镍的分布	293
五、镍的排出	294
六、影响镍吸收和利用的因素	294
第二节 镍在动物体内的理化功能	296
一、镍的生理功能	296
二、镍的生物化学功能	301
第三节 镍的缺乏、评估及补充	302
一、镍缺乏对动物机体的影响	302
二、镍的补充	304
三、镍的自然来源	305
第四节 镍过量对动物机体的影响	306
一、镍过量对人体的影响	306
二、镍过量对家畜的影响	308
三、镍的中毒机制	309
四、镍过量及中毒的预防和治疗	311
第十四章 锡	312
第一节 锡在动物体内的代谢	312
一、锡的吸收和代谢	312
二、锡的运输	313
三、锡的贮存	313
四、锡的分布	313