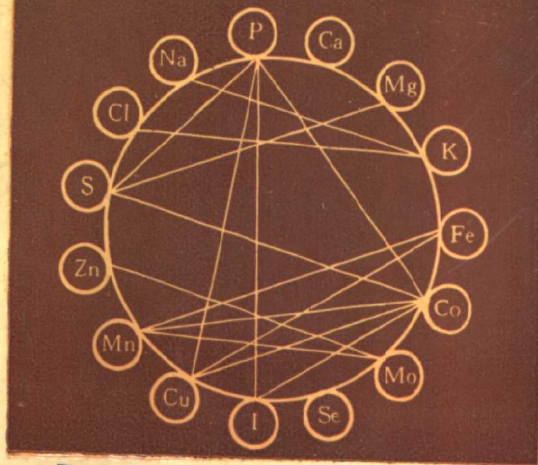
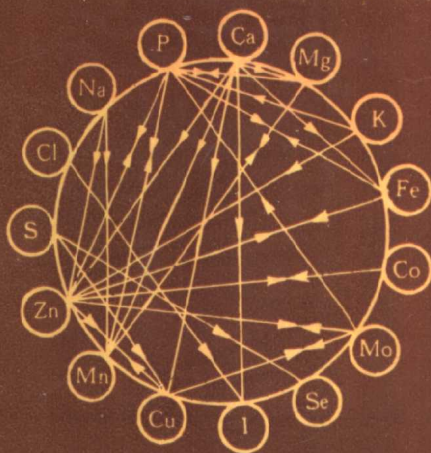




动物矿物质 营养代谢与疾病

王宗元 曹光辛 胡在朝 丁迎伟等编著



上海科学技术出版社

动物矿物质营养代谢与疾病

王宗元 曹光辛 胡在朝 丁迎伟 等编著

上海科学技术出版社

动物矿物质营养代谢与疾病

王宗元 曹光辛 胡在朝 丁迎伟 等编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 常熟市第四印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 17.5 字数 382,000

1995 年 11 月第 1 版 1995 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—4,000

ISBN7-5323-3774-X/S·421

定价: 18.00 元

编 著 人 员

王宗元	曹光辛	胡在朝	丁迎伟
王捍东	刘文龙	邵科明	周新民

前 言

动物矿物质营养代谢及其疾病的研究，已有近两个世纪的历史，特别是 20 世纪 30 年代以来，这个领域的研究有了很大进展，积累了丰富的资料，人们越来越清楚地认识到，矿物质对动物的生长发育、繁殖、免疫等方面的重要作用。它对提供优质动物性食物，保证人类尤其是儿童和老人的健康有重要意义。

随着人类对矿物质营养代谢的深入研究，生产上呈地方流行性的疾病，如牛的泥炭地拉稀、马的长牙痛、猪的脱毛症、羔羊白肌病等的形成，人们有了比较明确的认识。但是，怎样保证动物能从饲料及环境中获得最适量的矿物质营养，提高其生长、繁殖性能，防止营养代谢疾病的发生，是畜牧兽医工作者及畜牧经营者迫切需要了解和掌握的。

作者们根据自身多年来对动物矿物质营养代谢及其疾病的诊断、监测和防治的实践，并利用在国外进修及国际交流的机会，参考了国内外近年来出版的专著、发表的最新研究成果，曾编写了《动物矿物质营养代谢与疾病》讲义，并作为试用教材三年，在吸取广大师生和基层工作者意见的基础上，增补了动物矿物

质补充剂及其添加剂等许多章节，以利基层畜牧兽医工作者查阅和参考。

全书共涉及动物必需常量元素7种，必需微量元素15种，还有一些随饲料和饮水进入体内的沾污元素共30多种。对它们在动物体内的分布、代谢和功能、需要量等作了系统的介绍，对各种矿物质营养缺乏病及中毒病等的诊断、监测和防治作了较为详细的阐述，内容力求准确、精练和新颖。在编写过程中，许多内容曾得到J.Mason教授、C.Mills教授和D.Poole博士，以及国内同行专家的指教，并采纳了他们许多有益的意见和建议。借此机会，向上述许多师友深表敬意和谢意。

在编写过程中，主观上虽力求准确和通俗，然而限于编者水平，书中缺点和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

1994年3月

目 录

第一章 概述	1
第一节 动物体内矿物质分类和生物学功能	1
第二节 影响矿物质生物学功能的因素	7
第三节 矿物质营养性紊乱的诊断程序和防治措施	13
第二章 钙、磷的营养代谢与疾病	26
第一节 钙、磷在动物体内的代谢和生物学功能	26
第二节 动物对钙、磷的需要量	31
第三节 钙、磷缺乏对动物机体的影响	36
第四节 钙、磷的毒性作用和动物最大耐受量	41
第五节 钙、磷代谢障碍疾病及其监测和防治	44
第三章 镁的营养代谢与疾病	53
第一节 镁在动物体内的代谢和生物学功能	53
第二节 动物对镁的需要量	56
第三节 镁缺乏对动物机体的影响	59
第四节 镁的毒性作用和动物最大耐受量	62
第五节 镁代谢障碍疾病的监测和防治	64
第四章 钠、钾、氯的营养代谢与疾病	68
第一节 钠、钾、氯在动物体内的代谢和生物学功能	68
第二节 动物对钠、钾、氯的需要量	73
第三节 钠、钾、氯缺乏对动物机体的影响	76
第四节 钠、钾、氯的毒性作用和动物最大耐受量	80
第五节 钠、钾、氯代谢障碍疾病的监测和防治	83

第五章 硫的营养代谢与疾病	86
第一节 硫在动物体内的代谢和生物学功能	86
第二节 动物对硫的需要量	88
第三节 硫的缺乏和中毒	90
第六章 铁的营养代谢与疾病	94
第一节 铁在动物体内的分布	94
第二节 铁在动物体内的代谢和生物学功能	100
第三节 动物对铁的需要量	107
第四节 铁缺乏对动物机体的影响	109
第五节 铁的毒性作用和动物最大耐受量	113
第六节 铁缺乏症的诊断、监测和防治	115
第七章 铜的营养代谢与疾病	118
第一节 铜在动物体内的分布	118
第二节 铜在动物体内的代谢和生物学功能	125
第三节 动物对铜的需要量	129
第四节 铜缺乏对动物机体的影响	132
第五节 铜的毒性作用和动物最大耐受量	138
第六节 铜缺乏症的诊断、监测和防治	144
第八章 钼的营养代谢与疾病	148
第一节 钼在动物体内的分布	148
第二节 钼在动物体内的代谢和生物学功能	151
第三节 动物对钼的需要量	152
第四节 钼中毒和动物最大耐受量	153
第五节 钼、铜、硫之间的相互作用	158
第九章 钴的营养代谢与疾病	161
第一节 钴在动物体内的分布	161
第二节 钴在动物体内的代谢和生物学功能	163

第三节	动物对钴的需要量·····	167
第四节	钴的毒性作用和动物最大耐受量·····	168
第五节	钴缺乏症的诊断、监测和防治·····	170
[附]	钴与球茎薹草晕倒症·····	175
第十章	镍的营养代谢与疾病·····	176
第一节	镍在动物体内的分布与代谢·····	176
第二节	镍缺乏症和动物对镍的需要量·····	178
第三节	镍中毒和动物最大耐受量·····	179
第十一章	锰的营养代谢与疾病·····	182
第一节	锰在动物体内的分布·····	182
第二节	锰在动物体内的代谢和生物学功能·····	185
第三节	动物对锰的需要量·····	190
第四节	锰缺乏对动物机体的影响·····	191
第五节	锰的毒性作用和动物最大耐受量·····	195
第六节	锰缺乏症的监测和防治·····	197
第十二章	硒的营养代谢与疾病·····	200
第一节	硒在动物体内的分布·····	200
第二节	硒在动物体内的代谢和生物学功能·····	205
第三节	动物对硒的需要量·····	211
第四节	硒缺乏对动物机体的影响·····	214
第五节	硒的毒性作用和动物最大耐受量·····	222
第六节	硒缺乏症的诊断、监测和防治·····	227
第十三章	碘的营养代谢与疾病·····	232
第一节	碘在动物体内的分布·····	232
第二节	碘在动物体内的代谢和生物学功能·····	235
第三节	动物对碘的需要量·····	240
第四节	碘的毒性作用和动物最大耐受量·····	242

第五节	碘缺乏症的诊断、监测和防治	245
第十四章	锌的营养代谢与疾病	250
第一节	锌在自然界和动物体内的分布	250
第二节	锌在动物体内的代谢和生物学功能	257
第三节	动物对锌的需要量	263
第四节	锌缺乏对动物机体的影响	266
第五节	锌的毒性作用和动物耐受量	273
第六节	锌缺乏症的诊断、监测和防治	276
第十五章	铬的营养代谢与疾病	281
第一节	铬在动物体内的分布	281
第二节	铬在动物体内的代谢和生物学功能	282
第三节	动物对铬的需要量及饲料中铬的含量	283
第四节	铬缺乏症	284
第五节	铬的毒性作用	284
第十六章	钒的营养代谢与疾病	285
第一节	钒在自然界的分布	285
第二节	钒在动物体内的分布与代谢	286
第三节	钒的生物学功能和动物对钒的需要量	287
第四节	钒的毒性作用和动物耐受量	289
第十七章	硅的营养代谢与疾病	291
第一节	硅在自然界的分布	291
第二节	硅在动物体内的分布与生物学功能	291
第三节	硅在动物体内的代谢和动物需要量	293
第四节	硅的毒性作用和动物最大耐受量	294
第十八章	氟的营养代谢与疾病	297
第一节	氟在自然界和动物体内的分布	297
第二节	氟在动物体内的代谢	302

第三节	氟对动物机体的影响和动物耐受量·····	304
第四节	氟病的监测、诊断和防治·····	308
第十九章	砷的营养代谢及其对动物的影响·····	316
第一节	砷在动物体内的分布、代谢和生物学功能··	317
第二节	砷中毒的诊断、监测和防治·····	318
第二十章	镉的代谢及其对动物的影响·····	322
第一节	镉在自然界的分布·····	322
第二节	镉在动物体内的分布和代谢·····	323
第三节	镉对机体的影响及镉中毒·····	324
第二十一章	铅的代谢及其对动物的影响·····	329
第一节	铅在自然界的分布·····	329
第二节	铅在动物体内的分布和代谢·····	330
第三节	铅的毒性作用及铅中毒·····	332
第二十二章	汞的代谢及其对动物的影响·····	339
第一节	汞在自然界的分布·····	339
第二节	汞在动物体内的分布和代谢·····	340
第三节	汞的毒性作用与汞中毒·····	342
第二十三章	其他微量元素的代谢及其对动物的影响··	346
第一节	铝的代谢及其对动物的影响·····	346
第二节	硼的代谢及其对动物的影响·····	348
第三节	锶的代谢及其对动物的影响·····	350
第四节	锡的代谢及其对动物的影响·····	351
第二十四章	畜禽矿物质营养的特点和需要量·····	354
第一节	牛矿物质营养的特点和需要量·····	354
第二节	羊矿物质营养的特点和需要量·····	370
第三节	猪矿物质营养的特点和需要量·····	389
第四节	家禽矿物质营养的特点和需要量·····	406

第五节	猫、狗、狐、貂矿物质营养的特点和需要量	423
第二十五章	实验动物矿物质营养的特点和需要量	428
第一节	兔矿物质营养的特点和需要量	428
第二节	大鼠矿物质营养的特点和需要量	433
第三节	小鼠矿物质营养的特点和需要量	436
第四节	长爪沙鼠矿物质营养的特点和需要量	439
第五节	豚鼠矿物质营养的特点和需要量	441
第六节	金黄地鼠矿物质营养的特点和需要量	446
第七节	实验用鱼矿物质营养的特点和需要量	448
第八节	对虾矿物质营养的特点和需要量	450
第二十六章	动物的矿物质来源和矿物质添加剂预混料	452
第一节	动物的矿物质来源	452
第二节	矿物质添加剂预混料	465
第二十七章	矿物质营养代谢疾病的症状诊断	475
第一节	生长发育迟缓、停滞与矿物质营养代谢疾病	475
第二节	繁殖机能障碍与矿物质营养代谢疾病	480
第三节	骨、关节疾病与矿物质营养代谢疾病	484
第四节	贫血、血管机能障碍与矿物质营养代谢疾病	487
第五节	被毛、皮肤及其衍生物生长异常与矿物质营养代谢疾病	491
第六节	神经、肌肉机能障碍与矿物质营养代谢疾病	493
第七节	免疫机能缺陷与矿物质营养代谢疾病	496

第八节	癌症与矿物质营养代谢疾病·····	501
第二十八章	常见矿物元素的分析方法·····	504
第一节	样品采集和制备·····	504
第二节	各种矿物元素的分析方法·····	508

第一章 概 述

一般说来,有机物是由碳、氢、氧、氮等组成,无机物则为现今业已发现的其他元素所组成。在有机物与无机物之间很难划定一条明确的界线,某些无机物元素在燃烧过程中,一样可以挥发、升华而失掉,如碘、硒、氟、汞等,而有些有机物中,则含有相当数量的无机物元素,如蛋白质、脂肪、碳水化合物中,磷的含量较高,在维生素、激素和酶中,亦含有一定量的无机物。

迄今为止,地壳表层存在的 90 多种元素中,几乎全部能在动物体内找到。这些元素在动物体内的含量与它们在自然界中的丰度密切相关。

第一节 动物体内矿物质分类和生物学功能

一、动物体内矿物质分类

关于动物体内矿物质元素(以下简称元素)的分类,目前认识不尽相同,主要有三种:(1)根据元素对组织和器官的特异性分类:如钙、磷、镁等在骨骼中含量特别多;铁、铜、锰等在网状内皮系统中含量较高,而钠、钾、氯等几乎没有器官特异性。由于这种分类方法缺点较多,现已不被采用。(2)根据元素在体内的含量分类:凡占动物体重万分之一以上者,称为常量元素或宏量元素。除碳、氢、氧、氮构成有机物外,常量元素有钙、磷、镁、钾、钠、氯、硫。凡占体重万分之一以下者,称为微量元素,如铁、铜、钼、钴、镍、锰、硒、碘、锌、钒、硅、氟、

镉、铅等。这种分类方法比较简便,但不能说明各种元素在体内的功能。(3) 根据生物学作用分类: 必需元素、非必需元素、毒性元素三种。上述 7 种常量元素都是必需元素。在微量元素中, 现已发现 15 种元素是必需微量元素, 它们是: 铁、铜、锌、锰、钼、钴、碘、硒、铬、锡、钒、氟、硅、镍、砷。这后 6 种元素, 都是 70 年代才建议确定的, 故又称为新 6 种必需微量元素。

什么是必需微量元素? 由于对“必需”的含义理解不一, 有关必需的概念和标准也有差异。一般认为, 必需元素主要是指动物缺乏这种元素将引起生理功能和组织结构异常, 因而导致种种疾病和病变, 并非指动物离开了这种元素就不能生存。但在生产上可表现为生长缓慢、生产和繁殖能力下降, 经济效益降低等。这里仅介绍 Cotzias 氏必需元素标准: (1) 这种元素存在于一切健康机体的所有组织中; (2) 在组织中的浓度相当恒定; (3) 缺乏该元素时, 能在不同组织中产生相似的结构异常和生理功能性异常; (4) 补充该元素能防止此类异常变化; (5) 补充该元素, 可使失常的功能和结构恢复正常状态。

根据以上定义, 动物体内还有一些元素, 不能全部满足上述五项要求, 但在体内亦未表现明显的毒害作用, 对它们的生理功能不完全了解, 因而暂列为非必需微量元素。如铝、硼、锶、银、锗、铷、金、钛、锆、铌、钡等。

第三类微量元素对动物机体显示明显的毒性作用, 它们在体内贮存量虽少, 但可使动物慢性中毒, 如铅、镉、锑、铊、钡等。

矿物质元素对机体的影响, 与它们在体内的数量有密切关系。任何一种元素在体内浓度都可分为三种剂量范围: (1)

生物有效浓度。在此浓度范围内,随浓度增加,生物学作用增强。(2) 生理稳恒浓度。是从最小需要量至最大耐受量范围,即最适合范围,这一范围的大小,因各种元素不同而不同,与动物对这些元素平衡能力有关。(3) 毒性浓度。在稳恒浓度基础上,如再增加该元素在体内的浓度,则对机体产生毒性作用。由此可见,很难说一种元素是有毒还是无毒元素。

许多学者提出,应按门捷列夫元素周期表把体内元素进行分类,详见图 1-1。

Ia IIa IIIa IVa Va VIa VIIa VIII VIII VIII Ib IIb IIIb IVb Vb VIb VIIb O																																		
1 ①																	He																	
2 Li Be																	<u>B</u> C N O <u>F</u> Ne																	
3 ② Mg																	Al <u>Si</u> P S Cl Ar																	
4 ③ Ca Sc Ti <u>V</u> <u>Cr</u> <u>Mn</u> Fe <u>Co</u> <u>Ni</u> <u>Cu</u> <u>Zn</u>									Ga Ge <u>As</u> <u>Se</u> Br Kr																									
5 Rb Sr Y Zr Nb <u>Mo</u> Tc Ru Rh Pd Ag Cd In <u>Sn</u> Sb Te <u>I</u> Xe																																		
6 Cs Ba La ⁺ Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn																																		
7 Fr Ra Ac ⁺⁺																																		
+ 镧族元素 La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu																																		
++ 锕族元素 Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr																																		

图中: ○表示常量元素, □表示微量元素。

图 1-1 动物体内必需元素的分类

由图 1-1 可见,构成生物体的 11 种常量元素,适用于各种动物和植物以至微生物。而另外 15 种元素对动植物却不完全一样。如硼是植物必需微量元素,动物不一定需要它。反刍动物大约仅需要 9 种微量元素,即铁、铜、锌、钼、锰、镍、钴、硒、碘。

研究一下图 1-1,还可发现必需元素中,11 种常量元素的原子量非常小,原子序数都在 20 以内。必需微量元素多在原

子系数为 23~34, 仅钼(42)、锡(50)、碘(53)例外。但原子序数为 31 的镓、32 的锗, 至今尚未被证实是必需元素。而原子序数为 35 的溴, 目前已有建议将它列为必需元素。令人瞩目的是在第四列中, 大多数元素对动物都是必需的。而汞、镉、铅等有害的金属元素则位于周期表的下方。

二、动物体内矿物质生物学功能

矿物质在动物体内所占比例虽小, 但起着极为重要的作用。尽管各种矿物质的作用各不相同, 有的甚至还有协同或拮抗关系, 但从总体看, 矿物质生物学功能可分为以下 4 方面:

1. 体内某些器官和组织的构成成分 众所周知, 钙、磷、镁是构成骨骼和牙齿的基础原料, 磷和硫在肌肉蛋白质形成中是不可缺少的; 铁和铜是红细胞生成、成熟过程中重要原料; 碘则是甲状腺素构成成分之一。

2. 作为电解质成分参与体内环境的平衡 钾、钠、氯、钙、磷等是维持血液和脑脊髓液等体内环境恒定, 酸、碱平衡、渗透压稳定和细胞膜渗透作用的基础。同时, 也是保证组织对外界环境刺激反应的物质基础。由于这些矿物质在体内各区间的分布不同, 使得某些物质能遵循一定规律, 按一定方式进出于细胞内外, 发挥其真正的生物学作用。

3. 作为多种酶的构成成分和活性中心 目前已经知道, 约有三分之一酶的结构中含有金属离子, 或者必须有金属离子加入, 酶才能具有活性。有金属离子参与构成的酶称为金属酶(metallo enzymes)。而后者则称为金属激酶(metal activated enzymes)。两者之间并无明确的界限, 其差别是酶蛋白与金属离子结合力不一样。金属酶中金属与蛋白质分子结合牢固, 每个蛋白质上都有固定数目的金属原子, 在酶失