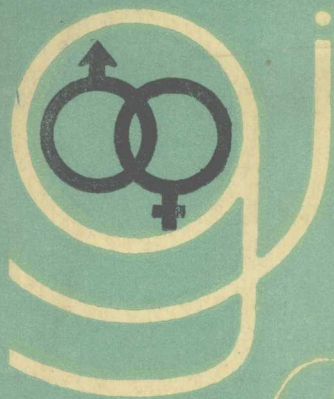




全国高等农业院校教材

动物矿物质营养

● 杨文正 主编

● 畜牧、兽医和动物营养专业用

中国农业出版社



全国高等农业院校教材

动物矿物质营养

杨文正 主编

畜牧、兽医和动物营养专业用

主编 杨文正 (扬州大学农学院)

编者 杨文正 (扬州大学农学院)

章世元 (扬州大学农学院)

林在尧 (扬州大学农学院)

陈樟勇 (扬州大学农学院)

审稿 陆治年 (南京农业大学)

前 言

矿物元素在动物营养中占有相当重要的地位。近半个世纪中,国内外许多研究人员都在此领域作过艰苦的探索,积累了相当丰富的研究资料。西方有人断言:“不理解矿物元素,就不能真正懂得什么是营养。”这句话仔细推敲起来,固有其偏颇之处,但至少反映了从事矿物元素营养研究的学者们的心声:强调人类认识矿物元素营养的紧迫性和必要性。为了使高等农业院校畜牧兽医系的学生在动物营养学的学习过程中,对动物矿物质营养有一个比较全面而深刻的了解,为今后从事动物营养科学实践以及有关的理论研究打下殷实的基础,我们根据全国高等农业院校教材指导委员会畜牧学科组的研究决定,组织有关人员编写了这本《动物矿物质营养》。

编者根据编写要求,查阅了大量的国内外有关文献资料,结合自己的教学体会,精心编写了本书。期望本书既能阐明矿物质营养的基本理论,又能较为全面地反映国内外的研究进展,特别是对近年来各家的研究结论和争论要点尽可能地达到客观的介绍,对各种矿物元素在动物体内代谢、分布、机能作用和元素间的相互影响等作了重点的描述,使本书更具参考书的特点。从理论与实践相结合的角度出发,对动物体矿物元素营养状态的评价进行了阐述,是本书的一大特点。

本书第一章至第五章由杨文正编写,第六章至第十二章由章世元编写,第十三章至第十六章及第十八章由陈樟勇编写,第十七章由陆克文编写,林在尧承担了部分矿物元素不足与过量表现的编写任务。全书草稿完成后,由林在尧、章世元进行了初校,并对书稿中的部分内容和文字作了必要的修改与补充,最后杨文正统稿。

本书初稿完成后,承蒙全国知名动物营养学家陆治年教授认真审改,提出了宝贵的建议,在此深表谢忱。此外,为了本书的出版,西北农业大学李震钟教授以及我院教材科赵颖同志也给予了热情的支持与协助,在此一并致谢。

限于编者的水平,本书在内容和文字上,肯定有不少错误和欠妥之处,敬希批评指正。

编 者

1994年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 动物矿物质营养概述	1
一、动物体内的矿物元素	1
二、矿物元素的生理功能	2
三、动物对矿物元素需要量的确定	3
第二节 动物体内矿物元素的来源	3
一、影响动物体内矿物元素来源的因素	4
二、矿物元素的补充	5
三、动物对各种来源矿物元素的可利用性	6
第三节 动物矿物质营养的监测与纠正	6
一、动物矿物质营养的监测	6
二、动物体矿物质营养的纠正	8
第二章 钙、磷	10
第一节 钙、磷的分布、生理功能及代谢	10
一、钙	10
二、磷	15
第二节 钙、磷不足或过剩的影响	20
一、钙、磷缺乏和不足	20
二、钙、磷过量	21
三、钙、磷缺乏的预防和纠正	21
第三节 钙、磷的需要量	22
一、绵羊的需要	22
二、奶牛的需要	23
三、肉牛的需要	23
四、猪的需要	23
五、家禽的需要	24
第三章 镁	25
第一节 镁在动物体内的含量和分布	25
第二节 镁的生理功能和代谢	26
第三节 镁不足或过量	28
一、镁不足	28
二、镁过量	29
三、镁缺乏的预防和治疗	29
第四节 镁的需要量	29
一、绵羊和牛对镁的需要量	30

二、猪对镁的需要	31
三、家禽对镁的需要	31
第四章 钠、钾、氯	32
第一节 钠、钾、氯在动物体内的含量与分布	32
第二节 钠、钾、氯的生理功能及代谢	35
第三节 钠、钾、氯的不足和过量	36
一、钠、钾缺乏	36
二、食盐、钾过量	37
第四节 钠、钾、氯的需要量	37
一、牛对钠、钾、氯的需要	37
二、绵羊对钠、钾、氯的需要	38
三、山羊对钠、钾、氯的需要	38
四、猪对钠、钾、氯的需要	38
五、家禽对钠、钾、氯的需要	38
第五章 硫	40
第一节 硫在动物体内的含量与分布	40
第二节 硫的生理功能及代谢	41
第三节 硫的生物化学机能	43
第四节 硫不足或过剩	43
一、硫不足	43
二、硫过剩	44
第五节 硫的来源和补充	44
第六章 铁	46
第一节 铁在动植物体内的含量与分布	46
一、植物体内铁的含量及分布	46
二、动物体内铁的含量及分布	46
第二节 铁在动物体内存在的形式及特性	47
一、血红蛋白	47
二、肌红蛋白	48
三、运铁蛋白	48
四、铁蛋白	48
五、乳铁蛋白	50
六、细胞色素和酶类	51
七、含铁血黄素	51
八、不稳定的铁贮存或铁池	51
九、无机铁	51
第三节 铁的功能及生物学作用	51
第四节 铁的吸收	52
一、吸收部位	52
二、吸收铁的性质与速度	53
三、铁进入机体后的临时贮存场所	53
四、铁的吸收和转运过程	53

五、铁的吸收量	53
六、铁吸收的调节机制	54
第五节 铁的运输和利用	55
一、铁的运输	55
二、铁の利用	56
第六节 铁的贮存和排泄	57
一、铁的贮存	57
二、铁的排泄	57
三、铁的中间代谢途径及调节因素	57
第七节 铁不足或过量的表现	58
一、铁不足	58
二、铁过量	59
第八节 动物对铁的需要量和耐受量	59
一、铁的需要量	59
二、动物对铁的最大耐受量	60
第九节 铁的来源	60
第十节 铁营养异常的检查与纠正	60
一、铁营养异常的检查	60
二、铁营养异常的纠正	61
第十一节 影响动物体内铁营养的因素	63
第七章 铜	65
第一节 铜营养的研究方法	65
第二节 动物体内的铜	65
一、动物体含铜量及其分布	65
二、铜的存在形式和特性	66
第三节 铜的功能或生物学作用	67
一、铜与动物体的造血机能	67
二、铜与体内许多酶活性的关系	68
三、铜与毛发生长和色素沉着之间的关系	68
四、铜与生殖间的关系	68
五、铜与体内几种调节机制之间的关系	69
六、铜与某些药物之间的关系	69
七、铜与机体的免疫反应	69
第四节 铜的吸收及运输	70
一、铜的吸收	70
二、铜的运输	71
第五节 铜的利用、贮存和排泄	71
一、铜的利用	71
二、铜的贮存	72
三、铜的排泄和丢失	74
第六节 铜不足或缺乏与过量的表现	75
一、铜不足或缺乏的表现	75

二、铜过量的表现	79
第七节 铜的需要量和耐受量	79
一、动物对铜的需要量	79
二、铜的耐受量	81
第八节 铜的来源及供给	82
第九节 铜营养不良的诊断、监测和纠正	83
一、铜不足或铜缺乏	83
二、铜过量或铜中毒	85
第八章 钴	87
第一节 钴在动物体内的含量与分布	87
第二节 钴的生理功能及作用机制	88
一、动物对钴需要的发现	88
二、钴的生物学功能及作用机制	89
第三节 钴的代谢	91
一、吸收	91
二、钴的运输	92
三、消化道微生物对钴的利用	92
四、钴的排泄	92
五、钴营养状况的监测	92
第四节 钴不足与钴过量	93
一、钴不足	93
二、钴过量	94
第五节 钴的需要量、耐受量及供给	94
一、动物对钴的需要量	94
二、动物对钴的耐受量	95
三、钴的来源及供给	95
第六节 钴营养不良的防治	95
一、钴不足的防治	96
二、钴过量的防治	96
第七节 影响动物体内钴营养的因素	97
一、饲料中钴的含量	97
二、动物本身的因素	97
第九章 锌	98
第一节 锌在土壤及动植物体内的含量和分布	98
一、土壤中锌的总含量及分布	98
二、植物中锌的含量及其分布	99
三、动物体内锌的含量和分布	99
第二节 锌的功能及生物学作用	100
一、锌对动物体内多种酶合成和活性的影响	100
二、促进动物生长发育	101
三、锌对碳水化合物、脂肪和能量代谢的影响	102
四、锌与动物生殖的关系	102

五、锌对视觉及血清维生素A的影响	102
六、锌与味觉及食欲之间的关系	102
七、锌与免疫的关系	103
第三节 锌的吸收和运输	103
一、动物对锌的吸收	103
二、锌的运输	105
第四节 锌的贮存和利用	105
第五节 锌的排泄与丢失	106
第六节 锌不足与过量的表现	107
一、锌不足的表现	107
二、锌过量的表现	107
第七节 动物对锌的需要量和耐受量	108
一、锌的需要量	108
二、动物对锌的耐受量	109
第八节 锌的来源	110
一、动物饲料中的锌	110
二、其它来源的锌	111
第九节 动物锌营养状况的评定与纠正	111
一、锌营养状况的评定	111
二、锌营养异常的预防与纠正	112
第十章 锰	114
第一节 锰在动物体内的含量与分布	114
一、含量和分布	114
二、骨骼及肝中的锰	114
三、动物毛、发、羽中的锰	115
四、血液中的锰	115
五、乳中的锰	116
六、蛋中的锰	116
第二节 锰的基本功能和生物学作用	116
一、与三大物质代谢之间的关系	117
二、参与机体的造血过程	117
三、维持骨骼的正常生长和保证骨结构的正常	118
四、抑制癌肿	118
五、锰与凝血过程的关系	118
六、锰的其他作用	118
第三节 锰的代谢	119
一、锰的吸收	119
二、锰的运输	119
三、锰的利用及贮存	119
四、锰的排泄和丢失	119
第四节 锰不足和过量的影响	120
一、锰不足	120

二、锰过量	120
第五节 锰的需要量、耐受量及来源	120
一、动物对锰的需要量	120
二、动物对锰的耐受量	122
三、动物饲料中锰的来源	122
第六节 动物体内锰营养状态的评价	123
第七节 影响动物锰营养的因素	123
一、土壤酸碱度及土壤中锰的含量	123
二、饲料中钙、磷、铁等元素的影响	123
三、肾上腺皮质激素的影响	124
第十一章 碘	125
第一节 碘在动物体内的含量与分布	125
一、甲状腺	126
二、血液	126
第二节 碘的生理功能	126
一、对细胞能量代谢的影响	127
二、与细胞分裂的关系	127
三、碘和甲状腺对动物生长的影响	127
四、影响动物的繁殖机能	127
第三节 碘的代谢和利用	127
一、碘的吸收	128
二、碘的排泄和丢失	128
三、碘的运输及血液碘存在形式	128
四、碘的贮存和释放	129
五、碘的利用和调节	129
第四节 碘不足和碘过量的表现	131
一、碘不足	131
二、碘过量	131
第五节 动物对碘的需要量、耐受量及来源	132
一、动物对碘的需要量	132
二、动物对碘的耐受量	133
三、碘的来源	134
第六节 碘营养状态的评价	134
第十二章 钼	136
第一节 钼在动植物体内的含量与分布	136
一、植物中钼的含量与分布	136
二、动物体内钼的含量与分布	136
第二节 钼的生理功能及生物学作用	139
第三节 钼的代谢	140
第四节 钼的需要量、耐受量及钼的供给	141
一、钼的需要量	141
二、钼的耐受量	142

三、钼的供给	143
第五节 影响动物体内钼营养的因素	143
一、硫与机体钼营养	144
二、铜与机体的钼营养	144
三、钴与机体钼营养	144
四、锰、锌、钴等元素与钼的营养	144
第十三章 硒	145
第一节 硒在自然界中的含量和分布	145
第二节 硒的生理功能及作用机制	148
一、硒参与谷胱甘肽过氧化物酶的合成	148
二、维护细胞膜的结构和功能	149
三、硒的抗氧化作用	149
四、硒对动物繁殖的影响	150
第三节 硒的代谢	151
一、硒的吸收	151
二、硒的排泄	153
第四节 硒的不足与过量	154
一、硒不足	154
二、硒过量	157
第五节 硒的需要量和耐受量	157
一、反刍动物对硒的需要量和耐受量	157
二、猪对硒的需要量和耐受量	157
三、鸡对硒的需要量和耐受量	158
四、实验动物对硒的需要量和耐受量	158
第六节 影响动物硒营养的因素	159
一、硒与维生素E营养的关系	159
二、硒与其它元素营养的关系	159
三、硒与饲料中蛋白质含量的关系	159
第十四章 铬	161
第一节 铬在动植物体内的含量和分布	161
第二节 铬的生物学性质及其生理功能	162
第三节 铬的代谢	163
第四节 铬的过量和不足	164
第五节 铬的需要量	164
第六节 影响动物铬营养的因素	165
第十五章 氟	166
第一节 氟在动物体内的含量和分布	166
第二节 氟的代谢	167
第三节 氟的生理功能	167
第四节 氟不足和过量	167
第五节 动物对氟的耐受量	168
第六节 氟中毒的防治	169

第十六章 镍	171
第一节 镍在动植物体内的含量和分布	171
第二节 镍的生物学作用	172
第三节 镍的代谢	175
第四节 镍的缺乏症	175
第五节 镍的需要量和耐受量	175
第六节 影响动物镍营养的因素	176
第十七章 稀土元素	177
第一节 稀土元素的物理、化学性质	177
第二节 稀土元素在自然界中的分布	178
第三节 稀土元素进入动物体的途径、吸收与代谢	178
一、血管外给入途径	178
二、静脉注射途径	179
第四节 稀土元素的生化效应	179
第五节 稀土牧用的卫生学评价	181
一、畜禽饲喂微量稀土的安全性	181
二、对稀土畜牧应用的卫生学评价	182
第六节 稀土元素在畜禽养殖业中的应用与技术	182
一、稀土饲喂畜禽的效果	182
二、稀土元素投喂技术和投喂量	183
第十八章 其他微量元素	184
第一节 汞	184
一、汞在自然界中的含量和分布	184
二、汞的代谢	185
三、汞的毒性与汞中毒	185
四、汞的耐受量	186
第二节 镉	187
一、镉在自然界中的含量和分布	187
二、镉的生物学作用	188
三、镉在动物体内的吸收和排泄	188
四、镉和其它微量元素之间的关系	189
五、镉的毒性	190
六、镉的需要量和中毒量	190
第三节 砷	191
一、砷在自然界和动植物体内的含量与分布	191
二、砷的生物学作用	192
三、砷的代谢	192
四、动物对砷的耐受量	192
五、砷的毒性和防治	193
六、砷不足和过量的表现	193
第四节 铅	194
一、铅在动植物体内的含量和分布	194

二、铅的代谢	194
三、铅的毒性作用	195
四、动物对铅的耐受量	196
五、铅中毒及其防治	196
第五节 铝	197
一、铝在自然界中的含量和分布	197
二、铝的生物学作用	197
三、铝的吸收和代谢	198
四、铝不足和过量的表现	199
第六节 钒	199
一、钒在自然界中的含量和分布	199
二、钒的生理功能	200
三、钒的代谢	201
四、钒不足和过量的表现	201
五、钒的需要量和耐受量	202
六、影响动物钒营养的因素	202
第七节 钛	202
第八节 锶	203
第九节 锡	204
第十节 锂	205
附表	207
1. 饲料中常量元素的含量	207
2. 饲料中微量元素的含量	211
3. 常用矿物质饲料添加剂中的元素含量	217
4. 化合物与化学元素互换系数	218
5. 常见矿物添加剂中矿物元素的相对生物学价值 (反刍动物)	219
6. 微量元素化合物中元素的相对可利用性	219
7. 中国猪的矿物元素需要量	223
8. 美国NRC猪的矿物质需要量 (第九版)	221
9. 中国鸡的矿物元素需要量	222
10. 美国NRC家禽的矿物质需要量 (第八版)	223
11. 成年母牛维持及怀孕最后4个月的钙磷日需要量	224
12. 每产1kg奶的钙磷需要量	224
13. 生长奶牛的钙磷日需要量	225
14. 生长和肥育肉牛的钙磷日需要量	226
主要参考文献	228

第一章 绪 论

自然界的所有物体都是由各种各样的元素组成，在动植物体内目前已发现有60多种元素，它们中的部分与动物的生存过程密切相关，在动物体内的含量受环境的影响较大。

第一节 动物矿物质营养概述

所谓矿物质也就是动物体内的各种无机化合物，它们大多数存在于动物体燃烧后所剩余的灰分中，仅有少数几个元素可随烟而挥发。人类发现这些矿物质在动物体内的存在、作用与代谢等有一个很长的发展过程，而正是这种长期和艰苦的实践，激发了人们不断去探索和研究矿物质与动物营养之间的关系的热情，使动物体内的矿物质营养逐步形成自己特有的体系，构成了动物营养的一个重要分支。

一、动物体内的矿物元素

在19世纪以前，人们对动物中矿物元素的起源、性质和功能的了解都是很模糊的，当时只能从一些表面现象知道动物的生长或生产需要一些矿物质的补充，但并不知道其中具体的细节，如Fordyce (1791) 最早进行了试验，发现金丝雀在产蛋时的饲料中需添加石灰石粉才能保证其健康和产蛋，从而证实了矿物质在动物营养中的作用。而后Boussingault (1847) 获得了牛饲料中需要添加食盐的实验证据；Chatin (1850—1854) 揭示了环境与食物中缺碘与人和动物地方性甲状腺肿的关系。尤其是在1925年至1950年期间，随着化学分析技术水平的提高，关于动物矿物质营养的研究取得了卓著的成效，证实了动物体内的矿物质营养异常均与“地域”有关。在以后的研究中则出现了应用纯合日粮饲喂实验动物，严格控制饲养环境等措施，从此，人们在动物矿物质营养研究方面有了更大的进步。所有这些以及近年来所发展起来的生物无机化学的研究，都已充分地证明动物的生命活动及健康成长“必需”一定数量的各种各样的矿物元素，尽管其中有一些元素在动物体内的含量很少，但其生理和临床意义很大，缺乏或过量后都可能使动物体的生理生化反应发生异常，严重时将会影响动物的健康，甚至致动物死亡。

所谓必需是按矿物元素在动物体内的生物学作用来划分的，同时也需要考虑到矿物元素剂量对动物体的影响。据此，动物营养

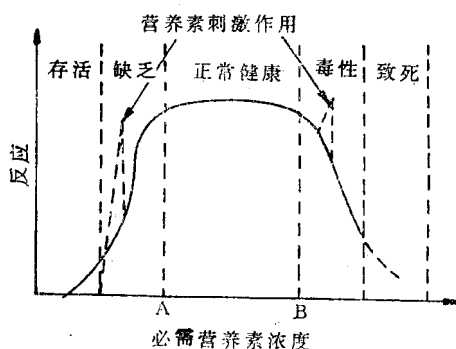


图1-1 动物对矿物元素剂量反应模式
A, 最低需要量 B, 最高允许量
(Luckey TD, 1976)

中必需矿物元素的定义应当是指某元素在一定剂量范围内,可使动物的机体结构和生理功能保持正常,超出此范围(不足或过量),则发生各种病变或疾病,对动物的生长和生产产生严重的影响,其反应模式如图1—1。判断某一矿物元素是否是动物体内必需元素的标准因研究者不同而异,这里依研究者报道时间的先后介绍几种:

首先是Cotzias (1967)对动物体内必需元素所作的标准为:①该元素存在于生物体的所有健康组织中;②在同类动物的相同组织内其浓度相当稳定;③该元素缺乏后,不论在何种动物均能出现同样的结构与生理机能的异常以及特有的生化改变;④补充该元素后可以有效地防治上述的异常与改变。

其次是Mertr (1970)提出,若一种元素缺乏会始终如一地带来动物体功能上的某种特定损害,从最适状态进入次适状态,那么这种元素就可作为动物体内的一种必需元素。

后来,Schroeder (1973)从生物体内元素的来源与性质等提出,任何一种参与生物体组成的元素都必须具备:①在生命起源地——海水中的含量丰富。②是形成正常组织结构的组成成分。③性质活泼,能与其它元素结合或键合,如为金属,则应当可溶于水,能与氧起反应,并能与含碳、氢、氧、硫、磷的有机化合物键合。

最后,Davies (1977)提出了作为动物体必需元素的七条指标是:①该元素必需以不同含量广泛地存在于自然界,并且能够被动植物有效地吸收;②该金属元素的化学性质必须与某些已知的生理功能相适应;③它的原子序数应当排列在已知是机体必需的那些元素之间;④必须能透过半透膜(胎盘和乳房屏障)供给胎儿和婴儿;⑤在组织中的浓度应较稳定,其含量应随年龄增长而逐渐降低;⑥以天然形态的该元素给动物服用后,其毒性必须很低或无毒害作用;⑦机体对该元素具有平衡和调节机制。

根据上述标准,在动物体内发现的60多种矿物元素中,现在已经确定的有21种是动物生命活动必需的矿物元素,其余几十种元素由于它们在动物体内的含量极不稳定,因而不把它们列为动物生命活动中的必需元素,一般认为仅仅是动物与环境相联系的偶然性的过渡元素。随着营养与生化技术进展,继续精确鉴定这些“偶然”元素中的一些元素,有可能被列入到“必需”元素中来。

在动物矿物质营养学中,又根据各种必需矿物元素在动物体内的含量分为常量元素与微量元素两类。前者为含量占动物体重0.01%以上的元素,包括钙、钾、磷、镁、钠、氯、硫七种,后者则为占动物体重0.01%以下的元素,包括铁、碘、锌、铜、锰、钴、钼、硒、铬、锡、钒、氟、硅、镍等十四种,后五种微量元素又称新必需微量元素,只是在特殊条件下才证实它们为动物生长所必需。

二、矿物元素的生理功能

矿物元素在动物体内的含量并不多,大约占动物体重的4%—5%,然而它们在动物机体的生命活动过程中却起着重要的作用。在生命物质中,除碳、氢、氧和氮参与构成各种有机化合物外,其他的矿物元素各具有一定的化学形态和功能,这些形态包括它们的游离水合离子,与生物体大分子或小分子配体形成络合物,以及构成硬组织的难溶化合物等。矿物元素在动物体内的功能大致可分为以下几个主要方面。

(一) 为体组织、器官的构成成分 例如钙、磷、镁、氟、硅等元素是构成骨骼和牙

齿的主要成分；磷和硫存在于肌肉组织的蛋白质成分中；铁是血红蛋白分子中的一部分等。

(二) 是体内主要的调节物质，参与维持体内内环境的恒定 矿物元素可以调节血液、淋巴液的渗透压，使体液渗透压恒定，以维持组织细胞的正常形态和功能；矿物元素可以维持血液的酸碱恒定，例如血浆中最重要的一对缓冲物质 $\text{NaHCO}_3/\text{H}_2\text{CO}_3$ 。此外，矿物元素还可以维持神经肌肉的兴奋性，使机体对外界环境的刺激处于敏感状态等。

(三) 作为体内多种酶系统的构成成分或激活剂 在动物体内含有矿物元素的酶称为含金属酶 (metalloenzymes)。在这些酶中，特定的金属原子与酶蛋白分子牢固地结合，使整个酶系统具有一定的催化活性，有时某些特定的金属原子本身就是此酶系统的活性中心。另外，体内还有一些酶系统则需要金属原子去激活。这种酶也称为金属激活酶。在这种酶系统中，金属原子与酶蛋白结合不牢固，且无特异性。过去的30年内，陆续发现并鉴定了大量的含金属酶和金属激活酶，其涉及的范围之广是难以估计的。

(四) 某些矿物元素是构成某些维生素或激素的原料之一 例如，碘在甲状腺中是合成甲状腺素不可缺少的元素。钴则是维生素 B_{12} 的构成成分。

(五) 其它作用 随着生物无机化学的发展，在兽医临床和畜牧生产实践中越来越多的事实表明，动物体内的矿物元素不仅与机体新陈代谢与繁殖机能的关系十分密切，而且还与机体的抗病防病机能有重要的关系。例如，矿物元素锌有利于机体创伤的愈合，增强机体的免疫功能，提高动物抗感染能力；而铁元素也具有促进机体抗体生成的作用，缺铁则可直接损伤淋巴细胞合成DNA，抑制抗体生成，使淋巴细胞对特定抗原的反应效力降低等。近来还证明一些矿物元素还与动物的畸胎生成和肿瘤形成有关。

总之，动物体内的矿物元素含量虽少，但作用很大，作用范围也很广。在饲养动物的实践中，了解动物体内各种矿物元素的来源、代谢与功能，以及与其它养分之间的关系等，对合理安排动物的矿物质营养是很有必要的。

三、动物对矿物元素需要量的确定

动物对矿物元素的需要，因动物种类、品种、饲养密度和所处生理状态、生产性能高低等而有所不同，其次还必须考虑到确定动物对矿物元素最低需要量的标准。例如，羊对铜的最低需要量，如以毛的质量或毛的着色作为标准，则比以生长或血红蛋白含量作标准时高得多；又如青年公羊在精子发生和睾丸发育期的最低需锌量，比单纯生长时的需锌量要高。因此，确定矿物元素的最低需要量的标准是一个值得重视的问题。

生产中动物对矿物元素的需要量通常采用二种计算方法：一种为每头每天需要量；另一种为矿物元素在动物饲料中的百分含量。前者较为精确，且与摄入饲料的种类在理论上无关，而后者较为简易，在实用上有明显的优点。

第二节 动物体内矿物元素的来源

天然散养及放牧条件下，动物体内矿物元素的最终间接来源是当地的土壤。通常在某一地区的土壤中，如果一种矿物元素的有效态含量丰富，则动物体内该元素的含量也较

高。这主要是由于在元素有效态含量丰富的土壤上生长的植物中该元素含量也较丰富，然后通过生态循环系统和食物链，使生活在这块土地上的动物体内该元素含量始终处于较高的水平。近30年来，随着集约化畜牧业的兴起，家养动物直接接触大自然的机会愈来愈少，致使动物体内的矿物元素大多直接来源于饲料和饮水，仅少部分可经呼吸过程获得。这时，饲料饮水中矿物元素的种类和数量则对动物体内矿物元素的种类和数量起着决定性的作用。

一、影响动物体内矿物元素来源的因素

虽然从表面上动物体内的矿物元素是来源于饲料，而最终仍然是取决于土壤中矿物元素的组成、含量和有效态。另外，也因动物的饲料是以植物性为主，植物的品种、生长期、收获季节及气候条件等都会影响到植物对土壤中矿物元素的吸收和利用，从而影响动物体内矿物元素的获得。动物体内的矿物元素主要受以下三个方面因素影响。

(一) 土壤 土壤中矿物元素的种类与数量一方面与其成土母质有关，另一方面也存在着人为改变元素地壳丰度的现象。它们均可直接影响植物和水中矿物元素的含量，进而影响动物体内矿物元素的组成和数量。在心脏病和白肌病高发地区，发现硒的地球化学丰度偏低，则是土壤中矿物元素与其成土母质有关的一个例证。许多重金属元素如铝、镉、汞、铬等，在地壳表层的天然丰度并不高，但由于人类对这些金属的大量需求，使它们得以从地下埋藏中被开采出来，并通过选冶、加工和运输，广泛散布到地壳表层环境中。在某些特定地点有可能富集某种元素，形成异常高的区域丰度。这些元素通过食物链通道进入动物体时就有可能造成动物中毒。此外，还有土壤pH可对植物能否有效地利用土中的矿物元素发挥重要影响；人工施肥使土中的矿物元素便于被植物体吸收和利用等。土壤是万物生存的基础，因此土壤是影响动物体内矿物元素来源的关键因素。

(二) 植物 植物的种类和品种不同，对土壤中矿物质富集的程度也不同。一般说来，豆科植物中钙和钾的含量较禾本科植物高。而禾本科植物中锰、铜和锡的含量则较丰富。植株不同部位其矿物元素的含量也不一样。有人对某铝中毒地区的晚稻草的分析结果表明：茎秆中含铝为365ppm，而叶片中则可高达730—1000ppm。此外还有植物的生长季节和成熟程度也影响到植物中矿物元素的含量，一般而言，炎热季节生长的植物中，尤其是禾本科植物中的钠含量较低。随植物生长期的延长，植物茎秆中磷浓度下降，籽实中磷水平上升，其它如镁、锌、铜、锰、钴、镍、钼和铁等在整个植株中的含量也是随着植物的成熟而呈下降趋势，但硅和钙的浓度则升高。

(三) 动物 通过食物链循环使动物体内矿物元素逐渐富集是整个自然界中物质循环的一大特点。由规模饲养以至集约化饲养逐渐取代古老的个体饲养的今天，动物性食品与饲料资源将越来越丰富。为了加快动物的生长，我国畜牧业中一直有应用肉类加工企业下脚料与其它植物性原料搭配后饲喂猪、鸡的习惯。乳及乳制品是初生动物营养的主要来源，这已无可非议。因此，随着动物性饲料资源的开发与应用，动物体内的矿物元素可成为动物获得矿物元素的另一重要来源。总的说来，动物性饲料中钙、磷、硫、铁、硒和锌的含量比较丰富，但在很大程度上还取决于加工原料。如血粉、肝粉中钙、磷含量相对较低，而铁、铜、锌、硒较高。肉骨粉、鱼粉中则含有较多的钙磷。通常可达禾本科植物中