

家畜微量元素代谢 障碍的预防

王英民 杨荣良 殷国荣 编译

农 业 出 版 社



家畜微量元素代谢障碍的预防

王英民 杨荣良 殷国荣 编译

封面设计：蓝 橙

家畜微量元素代谢障碍的预防

王英民 杨荣良 殷国荣 编译

• • •

责任编辑 刘博浩

农业出版社出版（北京朝阳区枣营路）

新华书店北京发行所发行 张掖河西印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 6.25印张 131千字

1988年2月第1版 1988年2月甘肃第1次印刷

印数 1—2,000册 定价 1.40元

ISBN 7-109-00007-9/S·6

前 言

本书以苏联B. T. 萨莫黑(B. T. Самохин)所著《家畜微量元素代谢障碍的预防》一书为蓝本, 结合编译者近年来调查研究的结果, 参阅了国内外有关家畜微量元素方面的资料编译而成。

该书主要论述了家畜体内微量元素降低的原因及微量元素缺乏时的病理发生过程, 同时阐述了微量元素添加剂对机体代谢的影响, 也论述了微量元素对氮的代谢、糖的能量代谢、脂肪代谢、维生素供给、内分泌系统机能状态、瘤胃消化过程, 特别是营养物质在胃肠道利用过程的作用及对生产力的影响。还阐述了微量元素缺乏与酶的合成和酶活性的关系, 以及微量元素与激素形成的关系等。

为了预防机体微量元素缺乏, 通过饲料搭配, 减少机体微量元素排出, 提高土壤及植物内微量元素含量, 补喂浓缩微量元素力强的植物等方法, 来提高体内微量元素含量, 以预防微量元素缺乏。

此外, 还阐述了微量元素缺乏和家畜疾病的关系以及微量元素缺乏症防治的具体措施。

本书可供教学、科研及畜牧兽医工作者参考, 特别对养殖业的发展具有指导意义。

在编译过程中, 承蒙东北农学院徐忠宝教授审校, 北京农业大学王洪章教授、南京农业大学陈振旅教授审阅, 在此一并致谢。由于编译者水平所限, 错误之处在所难免, 至希读者予以批评指正。

编译者

一九八六年三月于山西农业大学

目 录

前 言

第一章 微量元素概述	1
一、微量元素及分类	1
二、必需微量元素的标准	3
三、必需微量元素的共同性质	4
第二章 微量元素在家畜体内的作用方式及特点	6
一、微量元素在家畜体内的作用方式	6
二、微量元素对家畜机体的作用特点	13
第三章 研究和预防微量元素缺乏症的重要性	20
一、在现代畜牧业中的地位	20
二、生态学意义	22
三、经济学意义	24
四、卫生保健意义	27
第四章 家畜体内物质代谢障碍与微量元素缺乏的关系	28
一、微量元素缺乏与糖代谢	28
二、微量元素缺乏与脂类代谢	29
三、微量元素缺乏与蛋白质代谢	31
四、微量元素缺乏与矿物质代谢	32
五、微量元素缺乏的临床病理学变化	33
第五章 家畜日粮中微量元素的全价性	36
一、影响饲料中微量元素含量的因素	36
二、家畜对微量元素的需要标准	41

第六章 家畜体内微量元素降低的原因	50
一、胃肠道机能状态对微量元素吸收的影响	50
二、饲料成分及矿物元素对微量元素吸收的影响	52
三、微量元素的化学形式对吸收的影响	55
第七章 微量元素缺乏时家畜体内病理过程的发展顺序	58
一、消化机能的变化	58
二、物质代谢的变化	60
三、酶的活性变化	61
四、内分泌系统的变化	61
五、机体维生素的供给	63
第八章 微量元素与家畜骨骼病	65
一、锌	66
二、铜	68
三、锰	70
第九章 微量元素对家畜繁殖机能的影响	72
一、硒与家畜的繁殖机能	72
二、锌与家畜的繁殖机能	79
三、铜与家畜的繁殖机能	80
四、锰与家畜的繁殖机能	82
五、碘与家畜的繁殖机能	84
六、钴与家畜的繁殖机能	85
七、微量元素综合缺乏与家畜繁殖机能的关系	86
八、其它微量元素与家畜繁殖机能	93
第十章 家畜微量元素供给的监测	95
一、动物毛中微量元素的监测	101
二、肝脏中微量元素的监测	109
三、血、乳、尿中微量元素的监测	113

第十一章 添加微量元素对家畜机体的影响	118
一、应用微量元素的适应证	118
二、添加微量元素对机体含量的影响	120
三、添加微量元素与氮代谢	122
四、添加微量元素与糖代谢	125
五、添加微量元素与脂类代谢	129
六、添加微量元素与维生素的供给	132
七、添加微量元素对内分泌机能的影响	136
八、添加微量元素与营养物质的吸收	142
九、添加微量元素对产乳量和乳品质的影响	148
第十二章 微量元素缺乏症的预防方法	151
一、正确认识畜禽微量元素缺乏症	151
二、减少机体内微量元素的排泄	153
三、提高饲料中微量元素的利用率	155
四、提高土壤微量元素的含量	159
五、增加日粮中的微量元素	164
第十三章 动物体内微量元素过剩	170
一、铜	170
二、锌	172
三、铁	173
四、锰	174
五、钼	175
六、硒	176
七、钴	178
八、碘	178
九、锶	179
十、钒	181
十一、铬	181

十二、氟	182
十三、镍	184
十四、砷	185
十五、硼	187
十六、锡	188
第十四章 微量元素在治疗上的应用	190
附 录	194

第一章 微量元素概述

一、微量元素及分类

“微量元素”这一术语，究竟是何人何时首先提出来的，并不清楚。“微量”一词是来自英语的“micro”，许多国家亦称痕量元素（trace element），也有称之为次要元素（minor element），我国通常翻译为微量元素。

所谓微量，必定是就其量而言的，就是这些元素在动物体内的含量极小。与微量相对的就是宏量元素，亦称常量元素和主要元素。而在体内含量比微量更小的元素，称之为超微量元素。我们知道，动物体是由诸多的含量不同的元素组成。这些元素在动物体内的含量有很大的差异。依其在体内的含量不同，将其分为常量元素和微量元素两大类，亦有再分出超微量元素一类。凡占机体总重量的万分之一以上者，称之为常量元素，如：碳、氢、氧、氮、钙、磷、镁、钠、钾、氯、硫等11种元素，这些元素约占体重的99%以上。凡占机体总重量万分之一以下者，称之为微量元素，如：铁、铜、锌、钴、锰、铬、硒、碘、镍、氟、钼、钒、锡、硅、砷等，这些元素共约占体重的0.05%。凡占体重总重量的百万分之一以下者，称之为超微量元素。所有这些元素在体内的生物学作用都不相同。然而常量元素和超微量元素不是本文介绍的重点，这里想要阐明的是微量元素与动物的健康问题。

就目前所知，组成动物机体的所有元素中，有26种为正常生命活动所必需，其中有11种为常量元素，其余15种为微量元素。这样就将这些组成元素分为必需元素和非必需元素。就微量元素而言，分为必需微量元素和非必需微量元素。然而，要想为这些微量元素提出一个确切的分类方法，或是在微量和常量元素之间划一条完全满意的分界线，是有困难的。这是因为人们对这些元素的研究仍在继续中。随着研究手段的不断更新，证明必需微量元素的数目在迅速增长。在70年代到80年代初的十年中，又有六种微量元素，即锡、硅、氟、镍、钒和砷，亦加入了必需微量元素的行列。

目前，对于微量元素的分类法较多，且不太一致。一般将其分为必需微量元素、非必需微量元素和可能必需微量元素。又将非必需微量元素分出毒性微量元素组（有害微量元素），称之为毒性元素，这对于少数几个元素，如：铝、镉和汞那是合理的，因为它们在本生物学意义上，迄今表现为在较低浓度下具有毒性或可能具有毒性。但这一分类方法价值不大，因为所有微量元素，如进食或吸入的量较大，历时较久，都具有毒性。

已经证实，动物生活所必需的微量元素有15种，即：铁（Fe）、锌（Zn）、铜（Cu）、锰（Mn）、铬（Cr）、钼（Mo）、钴（Co）、硒（Se）、镍（Ni）、钒（V）、锡（Sn）、氟（F）、碘（I）、砷（As）、硅（Si）。也有将锶（Sr）列为必需元素的。可能必需的微量元素有：硼（B）、铷（Rb）和锶（Sr），也有的文献将砷（As）和硅（Si）列为可能必需元素。非必需微量元素中，有5种为无害微量元素，即：铝（Al）、钡（Ba）、钛（Ti）、铌（Nb）

和锆 (Zr)；也有将溴 (Br) 划为无害元素。毒性元素 (有害元素) 主要有：铋 (Bi)、锑 (Sb)、铍 (Be)、镉 (Cd)、汞 (Hg)、铅 (Pb) 等。在这里我们再次强调的是，这种分类仅仅是为了研究上的需要，在实际意义上不能将它们绝然分开，因为，同一种元素，既是营养学方面所必需的，又呈现出毒性作用。这是由于这些元素在体内的量所决定的。早在1912年，Bertrand就确认了这一事实，并把这种剂量依赖性定名为Bertrand氏定律。

二、必需微量元素的标准

历年来许多研究者对“必需”的含义理解不一，对其认识不尽相同。一般认为，那些对以动物和植物为主的生物体所必需的，不可缺少的，且是以极少量存在的元素，为必需微量元素。

这里介绍几种对必需微量元素所定的标准。

Cotzias (1967) 对必需微量元素的解释为，必需微量元素必须符合下列标准：(1) 它存在于所有生命物质的全部健康组织中；(2) 其浓度在同类动物中相当恒定；(3) 如机体缺乏该种微量元素后，可重复出现同样的生理上的和结构上的异常，不论研究的种类如何；(4) 给予动物该种元素时可以预防或治疗上述异常情况；(5) 缺乏所引起的异常情况，总会伴有特异的生化改变；(6) 当缺乏现象得到预防或治愈时，这些生化改变亦同时得到预防或治愈。

1970年，Mertr提出的标准是，一种元素如缺乏时会一贯带来功能上的损害，从最适状态进入次适状态，就可作为

必需元素。

Schroeder (1973) 提出, 任何一种参与生命物质组成的元素, 必须具备如下的特点: (1) 在生命的起源地——海水中的含量丰富; (2) 性质活泼, 能与其他元素结合或键合; (3) 能形成正常组织结构的组成部分; (4) 如为金属, 应该能够溶于水, 能与氧起反应, 并能与含碳、氢、氧、氮、硫、磷的有机化合物键合。

Davies (1977) 对必需微量元素的含义提出七条指标: (1) 该微量元素必须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) 在组织中的浓度必须保持不变, 其含量应随年龄增长而逐渐降低; (6) 以天然形态的该物质给动物服用后, 毒性必须极低或无有害作用; (7) 机体对该物质具有平衡和调节机能。

三、必需微量元素的共同性质

必需微量元素的共性, 有以下两方面:

一是必需微量元素的作用浓度, 一是其在元素周期表中的位置。

Underwood (1977) 指出, 必需微量元素唯一共同的性质是它们在生活组织中, 平时都是以低浓度存在并发挥其功能的。这就是微量元素的共性。通常用百万分之一来表示其在组织中的浓度, 即 ppm、微克/克 ($\mu\text{g/g}$) 或 10^{-6} 。

对于某些微量元素，如碘、铬、镍和钒等，则按其组织中占的十亿分之一，即ppb、ng/g或 10^{-9} 表示。

微量元素的特征性浓度和功能形态，必须保持在很窄的范围内。这样，组织中的功能与结构的统一性才能得到保证，动物的生长、健康和繁殖力才能保持不受破坏。

从必需微量元素在元素周期表中的位置，很容易看出，大多数必需微量元素在第四周期。从原子序数可看出，大多数必需微量元素的原子序数在23—34之间，15种元素中就有10种在这个位置。据此，人们现在十分重视居于这些必需元素之间的另两种元素镓(Ga)和锗(Ge)的研究。在其后原子序数为35、37和38的溴(Br)、铷(Rb)和锶(Sr)，大量的研究已经认为可能是必需的微量元素。已发现的全部必需微量元素都居于前53个元素之中。序数最高的是碘，依次为50位的锡和42位的钼，41位的铌和40位的锆为无害微量元素，再向前则是铈、铟、溴，被认为是可能的必需微量元素。

从元素的性质来看，大多数必需微量元素为金属，已知的15种必需微量元素中就有10种为金属元素，2种为半金属元素，这也是必需微量元素的重要特征。所以，必需微量元素有“生命的金属”之称。

第二章 微量元素在家畜体内的 作用方式及特点

一、微量元素在家畜体内的作用方式

早在18世纪，研究者就在动物体内发现了钴、锰、铜和其他金属，但当时误认为它们是随饲料和饮水进入体内的偶然的混杂物。至19世纪时发现，土壤、空气和饮水中的碘缺乏，是人类地方性甲状腺肿的原发性和特异性原因。20世纪初期，已明确地证实了地方性氟中毒的流行是因为饮水中氟过多所致。

研究植物和动物生命活动中金属所起的作用，开始于1922年，В.И.Вернадский创建了土壤化学区学说及生物体内的化学成分与地壳组成密切联系的学说之后。现在应用先进的方法检查人和动物机体，发现了所有已知的化学元素和它们的同位素。

根据В.И.Вернадский的定义，所有组成动物组织的化学元素，按数量大小划分为三种：常量元素（含量占湿重的0.01—1%），微量元素（含量占0.001—0.00001%），超微量元素（含量低于0.00001%），这些化学元素的生物学作用各不相同。

在机体生命活动中作用最大的是元素氮、氧、氢和碳。它们构成蛋白质、碳水化合物和脂类，还能形成许多其它有机化合物。钾、钙、镁、钠、磷、氯、硫、铁也有相当重要的生物学作用，它们是骨组织的组成部分，并决定渗透压，参与矿物质代谢。其他化学元素的生物学作用及对有机体的物质代谢和生理过程的影响，正在继续研究。

对微量元素在动物饲养中的作用估计不足，常常会引起严重后果。最终给畜牧业造成巨大的经济损失。

机体内所有物质代谢过程都是以化学反应和生物化学反应的形式进行。在这些反应过程中，合成蛋白质、脂肪和糖类，动物才能生长和发育。代谢将形成的中间代谢产物和终末产物从机体排出。物质代谢过程的强度和趋向性，决定机体的生长发育速度和蛋白质、脂肪及其它营养物质在机体内的蓄积，也决定乳、蛋、毛的生物合成。动物的生产效率越高，则物质代谢过程越强。

在生物体的每一个细胞中，同时进行着大约四千种生物化学反应。在这些反应过程中，合成，补充，分解蛋白质、糖、脂肪，并形成和利用能量。

所有这些生物化学反应过程，按照固定的速度，在不同的方向，同时进行。但他们之间相互作用，并且有着严格的协调性，这是因为有着生物催化剂——酶的参与。“生命的调节器”——酶类是一种特殊的蛋白质。微量元素通过“生命的调节器”——酶类，发挥着重大的作用。

酶类是构造复杂的蛋白质。其中许多酶含有一种非蛋白质成分，但具有催化活性，叫做酶的辅基。辅基内含有维生素（主要是B族维生素）、有机铁化合物、大量的二价金属

微量元素。例如，某些催化水解蛋白质分子肽链的酶的活性，则依靠辅基中钴、锌、锰的存在。碳酸酐酶能催化组织和肺释放出的二氧化碳结合成碳酸的过程。在碳酸酐酶的活性中心发现锌。铜是激活能氧化尿酸的尿酸酶的必需元素。铜还能激活细胞色素氧化酶，这种酶参与组织的氧化过程。

独立的辅基是没有蛋白质的金属，催化作用弱，而酶的蛋白质部分——酶蛋白，没有辅基，也没有活性。酶蛋白与辅基结合形成的复合物，其活性增加几万倍。

许多酶的活性，决定于活性中心以外同酶相互作用的金属，这些金属是钴、铜、锌、锰等微量元素。这些金属象化学活性元素一样同酶化合，而改变酶蛋白分子的空间结构，使酶蛋白成为三级结构或四级结构。这就决定了酶的活性。微量元素的这种作用叫做抗空间构型作用。

众所周知，酶的活性取决于进入动物体内的微量元素。例如，K. Ланг (1969) 和 СР. Я. Беренштейн (1966) 的资料认为，即使机体中度缺乏铜，细胞色素氧化酶和丁二酸氧化酶也会明显减少。锰可以致活组织中氧化枸橼酸的脱氢酶，钴能致活氧化 β -羟丁酸的酶；镁、锰、钴、锌等离子可致活碱性磷酸酶，现已发现锌与八十多种酶的活性有关。可见，微量元素能直接影响酶的活性，从而决定着物质代谢过程的强度。

细胞里的微量元素主要在酶系统中起着催化剂的作用，有着广泛的功能。它们在这一方面的作用，可表现为从弱的离子效应，直到高度特异的结合体，称为金属酶。在这种酶里，金属和蛋白质牢固地结合在一起，每个蛋白质分子都有固定数目的金属原子，那些原子不能由其他金属取代。可

是, Vallee (1971) 证明, 钴和镉能取代好几种保持活性的酶中的天然锌原子。他还进一步认为“金属酶的特异性及催化潜力, 看来关键在于其积极的部位残基及其金属原子二者的多样性与布局上的排列, 所有这些是同它们的底物相互作用的”。他认为这些金属酶活性部位的探测, 可以揭示同这些系统的功能有关的、几何的和电子的细节。他在这一领域的基本研究, 对于了解涉及金属酶的分子机制以及在它们的反应中金属离子的特异性, 是一个重要的开端。

Stiefel (1973) 就 5 种已知的钼酶 (固氮酶、硝酸盐还原酶、醛还原酶、黄嘌呤氧化酶和亚硫酸盐氧化酶) 连同他们的多方面的功能进行了研究。在这些酶所催化的反应中, 每个产物的电子和质子同底物相比, 以两个或它的倍数相差。每种酶都有一个简单的分子机制, 它包含着同底物之间来去的成对的电子——质子转移, 而这种底物与钼的配位化学是一致的。

不断有证据表明, 蛋白质——金属之间的相互作用不仅可使酶的活性加强, 还可增加蛋白质部分对代谢周转的稳定性。Harris (1976) 就证实, 铜是雏鸡主动脉中赖氨酰氧化酶的一个关键调节者, 并且可能是那种组织中酶稳定状态的主要决定者。现在已知, 当动物微量元素缺乏或中毒时, 许多有关的金属酶在组织中的水平和活性发生改变。可是, 动物体内, 随着微量元素缺乏或过多而出现的许多临床症状和病理障碍, 尚难以用生化的或酶的名词术语予以解释。可以说, 还有许多代谢上有意义而依赖微量元素的酶有待发现, 或者它们的确实部位有待确定; 或者说, 那些微量元素是机体组织中与生命有关的其他化合物的活性与结构的一部分。