

畜禽营养代谢与中毒病

王俊东 董希德 主编

中国林业出版社

前 言

随着经济发展、社会进步和人们生活水平的日益提高,人类对动物性食品的种类、数量、质量不断提出新的要求。从农业和畜牧业角度出发,为了尽可能地满足全球这一持续增长的需求,同时也为了自身行业的发展,目前全世界土地的1/4已用于草食动物,可耕地的1/5用于种植饲料作物。从经济意义上讲,畜禽生产已成为最重要的农事活动。就我国而言,经过20年的改革开放,我国家禽存栏数已达到54亿只,猪4.7亿头,牛1.17亿头,羊2.6亿头,各种动物总饲养量高达100亿头只,产值约8000亿元人民币,占大农业总产值的1/3(1997)。1998年,我国肉类产量占世界2.12亿吨的1/4,排位第一。其中猪肉达4327万吨,占世界总产量的一半;禽肉1119万吨,占18.4%,仅次于美国;禽蛋2224万吨,占世界的42%,已多年居世界第一位。1999年我国鸡蛋产量1785万吨,占全球36%,是第二产蛋大国美国的3.7倍,我国已成为名副其实的养殖大国。

然而,大自然及人类给动物提供的生存环境尚未使它们的生产潜力得到充分的发挥。首先,动物采食的牧草与饲料在一定条件下还不能满足动物生长发育以及生殖的要求,如制约放牧动物经济效益提高的第一限制因素仍是牧草的季节性缺乏。即使在集约化养殖条件下,如果饲料配合不平衡或发生代谢紊乱均可导致生产能力的下降或相关性疾病发生。其次是工业污染、农药及化肥的施用、兽药及添加剂的不适当应用均可影响动物的健康,甚至中毒死亡。畜产品中的兽药残留与有害物质的积累必然影响产品质量,并最终影响到人类的健康。同时畜产品的质量必然影响到市场的占有率,使养殖业本身的经济效益难以实现。此外,畜牧业在自身发展的过程中,也给资源和环境带来相当大的压力或造成一定的不良影响。如草食动物在一个地区的数量超过牧场的承载能力,必然导致植被的破坏及生态的恶化。另一方面养殖业每年产生的大量废物(全球130亿吨)对环境的污染是相当严重的。最后要提到的一点是经营者在利用现代技术获得高效益的同时,在一定程度上忽视了动物应有的生物行为表达。

因此畜牧兽医工作者的任务不但要采取必要手段,保证畜禽健康,促进畜牧业发展;更要为畜产品质量、食品安全负责,为市场、消费者负责;为我们的生存环境及可持续发展负责。同时也要善待动物,关爱动物,给动物以应有的权利与福利待遇。

如上所述,本书编写的宗旨不仅仅是单纯介绍疾病本身,而是希望从环境、生态、地质、气候等方面论述与动物健康状况的关系(这是作者多年从事动物营养代谢病与中毒病的体会),同时强调动物疾病以及动物性食品的质量与人类健康的关系、动物保护的生物学及社会意义。

在本书的编写过程中,研究生张建峰、郝俊虎、王建琳、姚华、杜改梅、葛亚明、武彩红、宋建德、曹瑾玲等做了大量的文字处理、校对等具体工作,特此致谢。

由于时间仓促,编者水平所限,书中错误敬请读者批评指正。

王俊东

2001年7月

目 录

前言

第一章 畜禽营养代谢与中毒病因学概论	(1)
第一节 地质与环境化学因素对动植物体元素含量的影响	(1)
一、动植物的化学组成与环境之间的关系.....	(1)
(一) 微量元素在岩石、土壤中的分布	(1)
(二) 微量元素在水体中的分布	(3)
(三) 微量元素在大气中的分布	(4)
(四) 微量元素在饲料类植物体内的分布	(4)
二、疾病的发生与环境化学因素的关系.....	(5)
第二节 气候条件对牧草及动物的影响	(6)
一、气候条件概述.....	(7)
二、气候对牧草生长及其营养成分的影响.....	(7)
三、草地资源的合理开发利用.....	(9)
(一) 草地的类型与功能	(9)
(二) 草地的作用.....	(10)
(三) 我国草地分布及特点.....	(10)
(四) 草地的合理利用.....	(10)
第三节 环境污染及对动植物的影响	(11)
一、资源与环境概述	(11)
二、大气污染对动植物的影响	(12)
(一) 环境污染概述.....	(12)
(二) 大气硫氧化物及酸雨对植物的影响.....	(13)
(三) 大气氟化物对植物的影响.....	(14)
三、水污染对动植物的影响	(15)
(一) 水资源概述.....	(15)
(二) 水污染概念及其危害.....	(15)
(三) 水体富营养化及其对水生生物的影响.....	(16)
(四) 水体污染及对水生生物的影响.....	(17)
四、土壤污染对动植物的影响	(17)
五、化肥污染对动植物的影响	(17)
(一) 氮肥对环境的影响.....	(17)
(二) 氮肥对牧草、蔬菜及人畜的影响.....	(18)
(三) 磷肥对环境的影响.....	(18)
六、农药污染对动植物的影响	(18)
(一) 农药对环境的影响.....	(18)

(二) 农药对生态系统的影响·····	(19)
七、噪声污染对动物的影响·····	(21)
(一) 噪声污染概述·····	(21)
(二) 噪声对人畜的危害·····	(22)
第四节 生态环境恶化的综合影响·····	(22)
一、生态系统一般概述·····	(22)
(一) 生态系统的组成与类型·····	(22)
(二) 食物链与食物网·····	(22)
(三) 营养级与生态金字塔·····	(23)
二、生态环境破坏的表现形式及危害·····	(23)
(一) 植被破坏·····	(23)
(二) 水土流失·····	(24)
(三) 荒漠化·····	(24)
第五节 饲料的卫生与安全及其对动物健康的影响·····	(25)
一、饲料的卫生与安全概述·····	(25)
(一) 饲料工业的历史与现状·····	(26)
(二) 饲料工业及其卫生学展望·····	(27)
二、抗营养因素对动物代谢的影响·····	(27)
(一) 抗营养因子的概念·····	(27)
(二) 抗营养因子的分类·····	(28)
(三) 饲料中抗营养因子的分布·····	(28)
三、饲料霉菌污染对动物健康的影响·····	(29)
(一) 霉菌污染引起饲料变质·····	(29)
(二) 霉变饲料对畜禽的影响·····	(30)
四、饲料脂肪酸败及其对动物健康的影响·····	(31)
(一) 饲料脂肪酸败的原因·····	(31)
(二) 饲料脂肪酸败的影响·····	(32)
五、饲料中添加剂使用不当·····	(34)
第二章 脂质代谢的调控及营养失衡对机体的影响·····	(35)
第一节 动物脂肪代谢调控研究进展·····	(35)
一、脂肪代谢及调控·····	(35)
(一) 脂肪的消化吸收及运输·····	(35)
(二) 脂肪的动员及分解代谢·····	(35)
(三) 脂肪酸的合成及脂肪的贮存·····	(36)
(四) 糖、脂及蛋白质代谢的关系·····	(37)
(五) 脂肪代谢的调节·····	(37)
二、降脂途径·····	(39)
(一) 遗传选育·····	(39)
(二) 使用激素·····	(39)

(三) 饲料途径·····	(40)
(四) 免疫降脂·····	(43)
三、禽蛋脂质成分的研究进展·····	(44)
(一) 蛋中的脂质构成·····	(44)
(二) 目前对食物脂质成分的看法·····	(45)
(三) 高 n-3PUFA 设计蛋·····	(45)
(四) 低胆固醇蛋·····	(46)
第二节 营养失衡对机体影响·····	(48)
一、营养与免疫·····	(48)
(一) 营养与免疫的动物模型·····	(48)
(二) 营养诱导的免疫改变机理·····	(49)
二、自由基与抗氧化剂·····	(50)
(一) 概述·····	(50)
(二) 自由基概念·····	(50)
(三) 自由基的产生与对机体的影响·····	(50)
(四) 机体的抗氧化防卫系统·····	(51)
(五) 氧化应激与有关疾病·····	(52)
三、营养与传染病的相互作用·····	(52)
四、营养与寄生虫病·····	(52)
第三章 营养代谢与中毒病的诊断与综合防治·····	(54)
第一节 营养代谢病的诊断与综合防治·····	(54)
一、营养代谢病的病因及分类·····	(54)
二、营养代谢病的诊断与亚临床监测·····	(55)
三、营养代谢病的综合防治原则·····	(56)
四、草食动物季节性营养不良及其综合预防措施·····	(56)
(一) 草食动物繁殖的季节性以及对营养的要求·····	(57)
(二) 冬春寒冷气候对动物的影响·····	(57)
(三) 放牧动物季节性营养不良与补饲·····	(57)
(四) 反刍动物季节性营养不良的综合防治措施·····	(58)
第二节 中毒病的诊断与综合防治·····	(59)
一、畜禽中毒的原因与中毒的分类·····	(59)
(一) 畜禽发生中毒的原因·····	(59)
(二) 中毒的分类·····	(60)
二、畜禽中毒的诊断·····	(60)
(一) 病史调查、询问中毒经过·····	(61)
(二) 了解和检查患病动物的临床症状·····	(61)
(三) 病理变化与某些临床生化变化·····	(63)
(四) 对可疑样品进行毒物分析·····	(63)
(五) 动物试验·····	(64)

(六) 综合分析判断中应注意的问题·····	(64)
三、中毒病的综合防治·····	(66)
(一) 中毒病的预防·····	(66)
(二) 中毒动物的急救与治疗·····	(66)
第四章 能量物质营养代谢性疾病 ·····	(69)
一、酮病 (Ketosis)·····	(69)
二、低糖血症 (Hypoglycemia)·····	(71)
三、糖尿病 (Diabetes Mellitus)·····	(72)
四、羊妊娠毒血症 (Pregnancy Toxemia of Sheep)·····	(75)
五、肥胖母牛综合征 (Fatty Cow Syndrome)·····	(76)
六、禽脂肪肝综合征 (Poultry Fatty Liver Syndrome)·····	(78)
七、鸡脂肪肝和肾综合征 (Fatty Liver and Kidney Syndrome)·····	(79)
八、马麻痹性肌红蛋白尿病 (Paralytic Myoglobinuria of Horse)·····	(81)
九、营养性衰竭症 (Dietetic Exhaustion)·····	(83)
第五章 矿物质、微量元素及维生素营养代谢性疾病 ·····	(85)
第一节 常量矿物元素营养紊乱性疾病·····	(85)
一、钙、磷营养紊乱性疾病概述·····	(85)
(一) 钙的生理作用·····	(85)
(二) 钙的吸收与排出·····	(85)
(三) 血钙的代谢调节·····	(85)
二、佝偻病 (Rickets)·····	(87)
三、骨软症 (Osteomalacia)·····	(89)
四、纤维性骨营养不良 (Osteodystrophia Fibrosa)·····	(92)
五、骨质疏松 (Osteoporosis)·····	(94)
六、妊娠性骨折 (Fracture of Pregnancy)·····	(95)
七、笼养鸡疲劳症 (Cage Layer Fatigue)·····	(95)
八、生产瘫痪 (Parturient Paresis)·····	(96)
九、躺卧母牛综合征 (Downer Cow Syndrome)·····	(100)
十、母牛血红蛋白尿 (Hemoglobinuria of Cow)·····	(102)
十一、钙磷异位沉着症·····	(105)
(一) 尿石症 (Urolithiasis)·····	(105)
(二) 肠石症 (Enterolithiasis)·····	(107)
(三) 胆石症 (Cholelithiasis)·····	(108)
(四) 鸡骨化石病 (Osteopetrosis)·····	(108)
(五) 广泛性肺钙化和骨化症 (GPCO)·····	(109)
(六) 禽痛风 (Poultry Gout)·····	(109)
第二节 微量元素缺乏性疾病·····	(111)
一、概述·····	(111)
(一) 动物体内的微量元素·····	(112)

(二) 微量元素的作用方式	(112)
(三) 微量元素缺乏病 (Disease of Trace Element Deficiency)	(112)
二、硒缺乏症 (Selenium Deficiency Disease)	(113)
(一) 白肌病 (White Muscle Disease)	(116)
(二) 仔猪营养性肝坏死和桑葚心 (Dietetic Hepatosis and Mulberry Heart Disease of Piglets)	(118)
(三) 幼驹腹泻 (Diarrhea of Foals)	(118)
(四) 禽类硒缺乏的特有病症	(119)
三、与缺硒有关的其他疾病	(119)
四、碘缺乏病 (Iodine Deficiency Disease)	(121)
五、钴缺乏症 (Cobalt Deficiency Disease)	(124)
六、锌缺乏症 (Zinc Deficiency Disease)	(125)
七、铁缺乏症 (Iron Deficiency Disease)	(128)
八、锰缺乏症 (Manganes Deficiency Disease)	(130)
九、铜缺乏症 (Copper Deficiency Disease)	(132)
第三节 维生素营养紊乱性疾病	(135)
一、维生素 A 缺乏症 (Vitamine A Deficiency)	(136)
二、维生素 A 过多症 (Hypervitaminosis A)	(139)
三、维生素 D 缺乏症 (Vitamine D Deficiency)	(140)
四、维生素 D 中毒病 (Hypervitaminosis D)	(142)
五、维生素 E 缺乏症 (Vitamine E Deficiency)	(142)
六、维生素 K 缺乏症 (Vitamine K Deficiency)	(144)
七、维生素 B 族缺乏症 (Hypovitaminosis B)	(145)
(一) 维生素 B ₁ 缺乏症 (Thiamin Deficiency)	(146)
(二) 核黄素缺乏症 (Riboflavin Deficiency)	(148)
(三) 泛酸缺乏症 (Panlothenic Acid Deficiency)	(149)
(四) 胆碱缺乏症 (Choline Deficiency)	(150)
(五) 烟酸缺乏症 (Nicotinic Deficiency Disease)	(151)
(六) 维生素 B ₆ 缺乏症 (Vitamine B ₆ Deficiency)	(153)
(七) 生物素缺乏症 (Biotin Deficiency Disease)	(153)
(八) 叶酸缺乏症 (Folu Acid Deficiency)	(155)
(九) V _{B12} 缺乏症 (Vitamine B ₁₂ Deficiency)	(156)
八、V _C 缺乏症 (Vitamine C Deficiency)	(157)
第六章 环境与原因不明性疾病	(159)
第一节 应激综合征 (Stress Syndrome)	(159)
第二节 与肉鸡生长过快有关的疾病	(162)
一、肉鸡腹水综合征 (Ascite Syndrome)	(162)
二、家禽猝死综合征 (Sudden Death Syndrome, SDS)	(166)
第三节 杂症	(167)

一、肉鸡骨骼畸形 (Bone Malformation)	(167)
二、异食癖 (Allotriphagia)	(169)
第七章 饲料、药物及添加剂中毒	(172)
第一节 饲料中毒	(172)
一、硝酸盐和亚硝酸盐中毒 (Nitrate and Nitrite Poisoning)	(172)
二、生氰糖苷类饲料中毒 (Cyanogenic Glucoside Poisoning)	(175)
三、棉籽及棉籽饼中毒 (Cottonseed and Cake Poisoning)	(177)
四、菜籽饼中毒 (Rapeseed Cake Poisoning)	(179)
五、亚麻籽饼中毒 (Linseed Cake Poisoning)	(180)
六、酒糟中毒 (Disteller's Grain Poisoning)	(181)
七、淀粉渣中毒 (Grain Powder Prege Poisoning)	(182)
八、劣质鱼粉中毒 (Poisoning by Spoiled Fish Meal)	(183)
九、水中毒 (Poisoning Caused by Water)	(184)
十、反刍兽乳酸中毒 (Ruminal Lactate Acidosis)	(185)
十一、光敏物质中毒 (Poisoning Caused by Photodynamic Agents)	(187)
十二、黄曲霉毒素中毒 (Aflatoxicosis)	(189)
十三、食盐中毒 (Common Salt Poisoning)	(191)
第二节 药物及添加剂中毒	(193)
一、磺胺类药物中毒 (Sulfa Drugs Poisoning)	(193)
二、呋喃类药物中毒 (Fura Drugs Poisoning)	(196)
三、抗生素药物中毒 (Antibiotics Poisoning)	(197)
(一) 青霉素中毒	(197)
(二) 链霉素中毒 (Streptomycine Poisoning)	(198)
(三) 四环素类药物中毒 (Tetracycline Poisoning)	(199)
四、驱虫药左旋咪唑中毒 (Levamisolvum)	(200)
五、抗球虫药中毒 (Poisoning Caused by Anticoccidin Drugs)	(201)
(一) 氯苯胍 (Robenidum Poisoning)	(201)
(二) 氨丙啉 (Amprolinum Poisoning)	(201)
(三) 马杜拉霉素 (Maduramicinum Poisoning)	(202)
(四) 氯羟吡啶 (克球粉, Clopidolium Poisoning)	(202)
(五) 球痢灵 (二硝甲苯酰胺, Dinitrolmidum Poisoning)	(202)
六、生长促进剂药物中毒	(202)
(一) 喹乙醇中毒 (Olaquinox Poisoning)	(202)
(二) 莫能菌素中毒 (Monesin Poisoning)	(203)
七、消毒药中毒	(204)
(一) 福尔马林中毒 (Falmalin Solution Poisoning)	(204)
(二) 氢氧化钠中毒	(205)
(三) 高锰酸钾中毒 (Poisoning Caused by Potassium Permanganate)	(206)
八、二恶英中毒 (Dioxin Poisoning)	(206)

第三节 有毒植物与动物中毒	(209)
一、牛蕨中毒 (Bovine Bracken Poisoning)	(209)
二、疯草中毒 (Locoism)	(210)
三、栎树叶中毒 (Oak Leaf Poisoning)	(212)
四、黄花菜根中毒 (Hemerocallis Root Poisoning)	(213)
五、有毒紫云英中毒 (Toxic Astragalus Sinicus Poisoning)	(214)
六、聚合草中毒 (Comfrey Poisoning)	(214)
七、马铃薯中毒 (Solanum Tuberosum Poisoning)	(215)
八、蛇毒中毒 (Snake Venom Poisoning)	(216)
第八章 地质及工业污染性中毒	(219)
第一节 氟中毒 (Fluorine Poisoning, Fluorosis)	(219)
一、氟中毒概况	(219)
(一) 历史与概况	(219)
(二) 氟的地球化学背景	(220)
(三) 氟的特性	(222)
(四) 毒理学	(222)
(五) 病因	(223)
(六) 临床症状	(223)
二、病理变化及其研究进展	(223)
(一) 氟对牙齿的毒性作用	(223)
(二) 对骨骼毒性作用	(229)
(三) 氟化物对非骨相系统损害	(233)
三、动物氟中毒诊断	(238)
(一) 环境氟含量指标	(238)
(二) 病理指标	(238)
四、氟中毒防治	(241)
(一) 自然病区的预防	(241)
(二) 工业氟污染区的预防	(241)
五、氟中毒研究工作评述	(245)
(一) 地氟病的广泛性与解决的艰难性	(245)
(二) 工业性氟中毒对生态环境及人畜的严重危害性	(245)
(三) 氟病的研究状况	(245)
(四) 中毒的防治	(246)
第二节 铅中毒 (Lead Poisoning)	(247)
第三节 镉中毒 (Cadmium Poisoning)	(248)
第四节 钼中毒 (Molybdenum Poisoning, Molybdenosis)	(249)
第五节 汞中毒 (Mercury Poisoning)	(251)
第六节 硅中毒 (Silicon Poisoning)	(252)
第七节 砷中毒 (Arsenic Poisoning)	(253)

第八节	铜中毒 (Copper Poisoning)	(254)
第九节	硒中毒 (Selenium Poisoning)	(257)
第九章	农药、灭鼠药中毒	(261)
第一节	有机磷农药中毒 (Organophosphateorns Insecticide Poisoning)	(261)
第二节	呋喃丹中毒 (Furadan Poisoning)	(264)
第三节	五氯酚钠中毒 (Sodium Pentachloropenol Poisoning)	(265)
第四节	氟乙酰胺中毒 (Fluroacetoamide Poisoning)	(266)
第五节	敌鼠钠中毒 (Sodium Diphacinone Poisoning)	(267)
第十章	畜禽生产与动物保护	(269)
第一节	集约化养殖动物的行为异常与痛苦	(269)
一、	动物的行为	(270)
(一)	行为的功能	(270)
(二)	行为的动机	(271)
二、	动物行为的剥夺	(271)
(一)	行为需要	(271)
(二)	行为缺失	(272)
(三)	行为剥夺与动物痛苦	(273)
三、	畜禽的异常行为	(273)
(一)	猪常见的异常行为	(273)
(二)	鸡常见的异常行为	(274)
(三)	牛常见的异常行为	(274)
(四)	马的异常行为	(275)
四、	动物的应激	(275)
五、	动物的痛苦	(276)
(一)	疾病与痛苦	(276)
(二)	非自然生活与痛苦	(277)
(三)	异常行为与痛苦	(277)
第二节	动物福利与保健	(277)
一、	动物福利	(278)
(一)	动物福利状况对动物及其产品的影响	(278)
(二)	未来“福利型”畜牧生产的要求	(279)
二、	动物保健	(279)
(一)	动物的日常保健	(279)
(二)	动物保健的一般措施	(280)
第三节	现代畜禽生产中的动物保护	(281)
一、	肉鸡生产中的保护问题	(281)
(一)	散养	(282)
(二)	笼养	(282)
(三)	与肉鸡保护有关的管理问题	(282)

二、蛋鸡生产中的保护问题·····	(282)
(一) 断喙·····	(283)
(二) 断趾·····	(283)
三、猪生产中的保护问题·····	(283)
(一) 限位分娩栏·····	(283)
(二) 早期断奶·····	(284)
(三) 母猪栓系饲养与圈养·····	(284)
(四) 舍饲育肥·····	(284)
四、肉牛生产中的保护问题·····	(286)
(一) 集中育肥引起的肉牛保护·····	(286)
(二) 犊牛生产·····	(286)
五、奶牛生产中的保护问题·····	(287)
第四节 伴侣、竞技及实验动物的保护·····	(288)
一、伴侣动物的保护·····	(288)
(一) 猫的生活习性·····	(288)
(二) 犬的生物学特性·····	(289)
(三) 保护·····	(290)
二、竞技动物保护·····	(291)
(一) 马驹的调教·····	(291)
(二) 竞技马的饲养与管理·····	(291)
三、实验动物的保护·····	(292)
(一) 实验动物饲养和管理·····	(292)
(二) 转基因动物的保护问题·····	(294)
参考文献 ·····	(295)

第一章 畜禽营养代谢与中毒病病因学概论

第一节 地质与环境化学因素对动植物体元素含量的影响

许多疾病的发生都呈一定的地区分布，影响这种地区分布差异的因素是很复杂的，例如自然地理因素、媒介物与宿主的分布，营养与饲养管理、环境与卫生设施等。就传染病而言，传染源、传播途径和宿主本身因素（分布、易感状况等）是影响地区分布的主要因素。而自然地理环境是影响营养代谢病与中毒病地区分布的主要因素。自然地理环境是由大气、水、土壤、生物和矿物等各种地理化学因素组成的有机整体，它是动物赖以生存的物质基础。地理环境各因素之间又存在着相互联系、相互渗透、相互影响的依存关系。只要其中的一个因素发生变化，就会引起其他因素的相应变化，最后必然对动物的健康产生影响。

一、动植物的化学组成与环境之间的关系

研究动物的化学组成必须以其主要营养源——植物为背景，而考虑植物的化学组成时必须以大气成分、土壤组成及流经土壤的水分为背景。因此，土壤、植物和动物是一个不可分割的统一循环圈的一环。

通过比较陆界岩石圈与生物界的化学元素组成，可以发现，生物体内的大多数元素是那些溶解度较高，且在生物条件下容易形成气体的元素。生物体中这些元素（如 N、H、P、S、Cl）的浓度比地壳中高得多。另一方面，其化合物稳定的元素（As、Si、Ti 等）在生物体内含量极少甚至可以忽略，但它们在地壳中的含量则相当高。地球上动植物都处在一定的地球化学场的作用下，植物饲料是动物用来建造身体营养物质的主要来源，因此尽管自然条件多种多样，植物和动物通常具有相同的元素成分。一定数量的 Ca、Mg、K、Na、C、N、O、P 等元素及某些微量元素是人体和其他生物体发育所必需的。环境中某些元素含量过高、过低，或存在对机体有害的其他元素均会影响动物的健康。

（一）微量元素在岩石、土壤中的分布

由于土壤介于岩石圈、水圈、大气圈、水圈和生物圈之间，植物直接生长在土壤上，土壤是植物营养物质的最主要供应地，也是营养物质的“制造工厂”和“蓄藏仓库”，起着物质转化和转移作用。

土壤的构成及其所含的微量元素是植物生长必不可少的条件。各种岩石都是形成土壤的原料。岩石经受各种气候条件和生物的作用形成了土壤。不同地区的土壤，含有不同的化学组分，而土壤中的化学成分的含量又几乎完全取决于形成土壤母质的岩石和风化过程。从分析中得到 Co、Ni、Cr、B 等元素较大量地存在于基性火层岩，La、Ba 等较大量地存在于酸性火层岩，而有些元素 Mn、Sr 等分布较均匀；V 存在于氧化铁和辉石中；Mo 置换 Si 而存在于橄榄岩中，后来成为富辉钼矿；Cu 存在于长石和铁镁矿中，在红土沉积物中 Be 和 Nb 是较丰富的。土壤中的微量元素含量见表 1-1。

表 1-1 土壤微量元素组成的中值范围

mg/kg

元素	中值	范围
Al	71 000	10 000~300 000
As	6	0.1~40
B	20	2~270
Cd	0.35	0.01~2
Co	5	0.05~6.5
Cr	70	5~15 000
Cu	30	2~250
F	200	20~700
Fe	40 000	2 000~550 000
Ge	1	0.1~5.0
Hg	0.06	0.01~0.5
I	5	0.1~25
Li	25	3~350
Mn	1 000	10 000~20 000
Mo	1.2	0.1~40
Ni	50	2~750
Pb	35	2~300
Se	0.4	0.011~2
Si	330 000	250 000~410 000
Sn	4	1~200
V	90	3~500
Zn	90	1~900

注：本表引自王夔·生命科学中的微量元素·北京：中国计量出版社，1991

在构成土壤的要素中，固相主要是无机物和有机物，而液相为土壤溶液，气相为土壤空气。固相中的无机物有大于几微米的颗粒和数微米以下的胶体状物质，大颗粒主要为造岩矿物，土壤胶体主要为黏土矿物。有机物中，有的分子可溶于水，但大部分是腐殖质的复杂聚合物。土壤溶液是生长于土壤中的植物根能直接吸收的溶液，它的作用主要是作为植物吸收矿物、黏土矿物及腐殖质中微量元素的媒介。对于植物生长的最佳土壤的容积组成为 45% 矿物质、5% 有机物、30% 水和 20% 的空气。

土壤圈中微量元素的总水平受土母岩风化作用和再沉积产物的疏松覆盖层元素浓度的制约，造成元素浓度的巨大变化，有的高达 3~4 个数量级。在其他条件相同的情况下，黏土质土壤中微量元素比砂质土壤中更丰富。大部分微量元素牢固地结合在土壤矿物中，只有在矿物被破坏时才释放出来。小部分微量元素被吸附在黏土颗粒的表面上，并且可以参与阳离子交换。在酸性介质中，吸附金属可以强烈置换氢离子。这时，结合的相对牢固性依次为 $\text{Co}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$ 。

微生物和土壤动物，尤其是无脊椎动物促进了土壤的无机矿物质部分与植物之间的相互作用。有研究结果表明，土壤无脊椎动物有选择性富集锌、银、铝，少量地富集镉、铜、镍、钴、锡的能力。土壤中有两种重要的腐殖质化合物，一是富里酸，另一个是胡敏酸。前者能和金属形成稳定的络合物，金属富里酸盐易溶解，能从土壤冲洗出来；后者难溶于水，但易溶于碱性溶液，也可和阳离子形成化合物，因其活动性不强，较难冲洗出来。

值得指出的是，土壤中微量元素的含量仅能作为储备，而可溶态的微量元素才可作为对植物的有效部分（见表 1-2）。

表 1-2 土壤微量元素活性比

土壤类型	Mn	Zn	Cu	B	Mo	%
黄河流域:						
栗钙土	1.79	0.85	3.58	0.70	9.26	
灰钙土	0.83	0.44	3.55	1.16	23.2	
风沙土	1.36	0.63	1.94	1.29	4.88	
黄棉土	1.19	0.58	3.87	0.52	5.08	
黑垆土	1.49	0.60	4.17	0.71	11.5	
灌淤土	1.58	0.96	5.91	0.50	20.9	
褐土	2.37	0.57	4.77	0.46	6.40	
潮土	2.36	0.57	4.95	0.67	10.5	
盐碱土	1.41	0.79	6.75	1.41	15.0	
普通棕壤	3.18	5.00	8.24	0.82	15.7	
普通褐土	0.95	0.93	3.60	0.41	11.4	
太湖流域:						
黄棕壤	20.5	2.85	3.39	0.23	4.96	
水稻土	17.3	3.98	11.4	0.45	11.7	
北京地区:						
褐土	3.30	1.22	—	—	—	

注: 据吴玉燕等. 土壤背景值应用研究报告, 1990

(二) 微量元素在水体中的分布

水是生物的重要环境因素之一, 也是动物维持其生命活动所必需的基本物质之一。水是构成动物体的主要成分, 约占体重的 2/3。机体的绝大部分生理过程, 如营养物质的消化、吸收和运输、代谢废物的排泄、体温的调节等都需要在水溶液中或在水的参与下才能进行。水体包括水质、底质、水中生物三方面。水体中矿物质微量元素的含量也因其所处地区或流经区域的地质、环境污染等不同而有较大的差异。例如, 地面水含氟较少, 而有的地区地下水含氟较多。水体中的氟来自磷灰石矿层和工业废水。天然水中含有微量的砷, 而水体砷污染主要来自工业废水和农药。天然水中含有微量的硒, 但大部分地区水中硒低于正常水平, 而高硒除特殊的地质情况外, 多由于工业废水的污染所致。天然水体中无汞存在, 而水体中汞的存在是来自于工业废水。汞可在水生生物体内蓄积, 无机汞还沉于水底底质污泥中, 经过厌氧细菌的作用, 转化为甲基汞, 通过水中生物富集和食物链, 可给其生物带来更大的危害。天然水体中一般不含镉, 水体中的镉也往往来自工业废水污染。用污染后的含镉废水灌溉农田, 可使镉进入农作物的籽粒部分。与上述几种微量元素不同的是, 铁、锰、铜、锌等除来自自然界外, 也可以来自环境污染。水中铁有明显的锈蚀味。锰使水呈现特殊颜色, 多出现“黑水”, 影响水味。由于长期适应环境条件的原由, 生活在不同区域内的动物基本上适应了当地环境中的水质, 但是如果饮用含微量元素低的水的家畜突然改变饮用微量元素含量高的水, 家畜就会出现暂时性不适应, 引起胃肠功能紊乱, 出现消化不良、腹泻, 也即所谓的“水土不服”; 反之亦然。然而, 经过一段时间后, 一般可以逐渐适应。水中的微量元素 (见表 1-3)。

表 1-3 天然水中的微量元素含量

μg/L

元素	中值	范围
Al	300	8~3 500
As	0.5	0.2~230
B	15	7~500
Cd	0.1	0.01~3
Co	0.2	0.04~8
Cr	1	0.1~0.6
Cu	3	0.2~30
F	100	50~2 700
Fe	500	10~1 400
Hg	0.1	0.000 1~2.8
I	2	0.5~7
Li	2	0.07~40
Mn	8	0.02~130
Mo	0.5	0.03~10
Ni	0.5	0.02~27
Pb	3	0.06~120
Se	0.2	0.02~1
Si	7 000	500~12 000
V	0.5	0.01~20
Zn	15	0.2~100

注：本表引自 Bowen H J M. Environmental chemistry of the element, [s]: Academic Press, 1979

(三) 微量元素在大气中的分布

空气是动物赖以生存的重要条件之一。它弥漫在地球周围，称为空气层，又称大气层。空气是由多种气体组成的混合物，其正常的化学组成是保证动物机能和健康的必要条件。在正常情况下，未受污染的干燥空气的气体组成很少含微量元素成分。在空气的组成中，氮、氧占空气总量的 99.97%，其他气体含量甚微。这些组成的比例几乎是不变的。但是空气中的 CO₂、H₂O 和 CO、NH₃、H₂S、CH₄、NO、F、SO₂ 等含量则会随季节、气象条件的变化以及人类生产活动的影响而发生变化。在微量元素中，氟化物在空气中的状况尤其引人注目。氟在空气里为淡黄色的气体，具有强烈的刺激性气味，它也是自然界中最活泼的非金属元素，在常温下能同许多物质发生反应。在自然情况下，一般不存在游离状态的氟，而是以氟的化合物形式存在的。国家卫生标准中，大气中氟的最高允许浓度一次量为 0.02mg/kg，日平均为 0.007mg/kg。

(四) 微量元素在饲料类植物体内的分布

因为饲料植物特定的矿物质组成取决于一定的土壤类型，所以食物链的开端就是土壤。动物的许多矿物质缺乏症大都是在矿物质非常缺乏的地区发现的，而且这些缺乏症都直接与土壤类型及土壤的物理化学特性（结构、pH 值、有效营养成分的含量等）有关。

植物在自然生长环境中，由于土壤中存在大量的化学元素，因而植物根系除了吸收氮、磷、钾等无机营养物质外，还吸收其他一些必需的微量元素。在这里，我们重点讨论饲料类植物中微量元素含量的问题。从广义上讲，天然存在的化学元素都能在饲料植物中发现，其中包括微量元素。饲料类植物吸收微量元素的数量，除了决定于某种元素的化学性质和植物本身的生物学特性外，还决定于环境中的微量元素浓度。同一种植物生长在不同的土壤中，其中微量元素的含量可能是不同的。植物体内微量元素含量也随季节而发生变化，有的在盛花期

含量最高，而有的则是在结实期含量颇丰。在年龄方面，同一株植物的老叶和幼叶中微量元素含量也有差异。从植物整体看，微量元素在植株不同器官的分布也不尽一致。一般讲，植物幼嫩的部位是正在生长的组织，是生长中心，在这些部位往往集中较多的以供生长需要的物质，因而微量元素也多集中在这些幼嫩的部位，这是值得重视的。

许多土壤中都富含各种矿物质，但其自然形式常常不被植物所吸收。植物从土壤中吸收矿物质是土壤层中以化合物形式存在的、易被植物吸收的矿物质。而天然草场上典型群体植物的生长首先取决于土壤类型和不同植物品种之间的生物竞争。在山茶科植物中的含氟量高，钴在山柳科植物中的含量高。这些具有特殊的、有遗传性浓缩和蓄积作用的植物种或属称为蓄积植物 (accumulator plant)。

蓄积植物在有些场合下常被称为指标植物 (indicator plant)，这是因为这种植物在含有某种特定元素或元素群多的土壤中生长良好的缘故。

硒的蓄积植物已知有紫云英。在美国怀俄明州硒多的地区，这种植物（干物）中最高含硒量可达 1.49%。此外，在澳大利亚昆士兰产的抱茎植物含硒量也在 0.4% 以上。

人类普通食用的蔬菜类植物，其新鲜物中的含铝量至多为 0.5~5.0mg/kg，可是石松科的石松类、浜芹科的大叶藻 (*Zoestra*) 与川曼藻 (*Ruppia*)，它们干物质中的含铝量往往可达 1%。

至于钡，在一般干谷物中的含量为 1~20mg/kg，但现已了解，在含钡多的土壤中生长的某些植物中却显著地蓄积钡。薄皮胡桃中的胡桃 (*Juglans regia*) 及洋白蜡树 (*Fraxinus pennsylvanica*)，含钡量分别达 2600mg/kg 和 1700mg/kg。此外，在可食用的巴西坚果中，含钡 3000~4000mg/kg 是十分普通的，可是它并不含那么多的同族元素锶。

铁是植物生长的必需元素，已知各种植物中均含有特别多的铁。海藻灰分中一般含 1% 以下的铁，而很早就知道，在某种藻类的细胞膜内蓄积铁。据报告某种囊状法囊藻 (*Valonia ul-tricularis*) 的灰分中含铁达 10.3%。尤为显著的是，在由酸性含铁温泉水流入的河流中生长的地衣类精细扇形边的藻类 (*Aploxia crenulata*)，其灰分呈褐色，含铁量达 7%~30%。

由此可见，植物中的元素含量因其种、属及生长地区的不同而有显著的变化，因此，要求出植物界中的平均浓度显然是困难的。此外，当利用所得的平均值时，必须仔细考虑其界限。

二、疾病的发生与环境化学因素的关系

在地球长期的历史发展进程中，地壳表面环境条件也可能存在不少区域性差异，如地壳表面元素分布的不均一性，局部地区的气候条件差异等等。这种区域性差异一定程度上影响和控制着世界地区人类、动物和植物的发展，造成了生物生态的区域性差异。如果这种环境条件的区域性差异超出了人类和其他生物所能适应的范围，就有可能造成人类、动物或植物的各种地方病。

克山病、大骨节病、地方性甲状腺肿、地方性氟中毒等疾病都是与环境化学因素有关的严重威胁我国人民健康的地方病。我国近 80% 的地区都有这类疾病，受威胁的人口高达 4 亿多，有各种不同程度的地方病病人达 3600 多万人。

缺硒病为人畜共患病，世界各国均有，始见于瑞典，后在荷兰、挪威、丹麦、芬兰、英国、美国、加拿大、墨西哥等国家又陆续报道，新西兰和澳大利亚更为普遍，前苏联及日本也有本病发生。克山病是一种曾流行于我国北方及西北地区的以心肌病变为主的地方病，与

同地区流行的动物的白肌病相似,于1965年证明硒酸盐具有治疗与预防效能,说明其发生可能与硒的缺乏有关。我国约有2/3的面积缺硒,尤以黑龙江省最为严重。本病为多种畜禽共患,幼龄畜禽多被侵害,冬春多发,有明显的地方性。

硒在地壳中的分布及含量很不均匀,致使水源及动植物食品的含硒量不一,有较显著的地区及地带性差异,因而各种地区发生各种硒缺乏病,又有个别地方存在硒中毒。世界上发生硒中毒的国家达20多个,其中较为严重的有美国的怀俄明州、爱尔兰的利默里克、以色列的Huleh盆地、澳大利亚的昆士兰州、墨西哥的加纳华托,以及哥伦比亚、委内瑞拉、加拿大、前苏联及我国湖北的恩施和陕西的紫阳等。北爱尔兰的硒中毒病区只不过77.7km²,陕西紫阳县的中毒病区也仅在双安乡很小的区域内发生,呈散在的灶状分布。

人的地方性甲状腺肿病是由缺碘所引起的,世界上几乎所有的国家都有本病发生,主要分布在远离海岸的内陆山区、丘陵、高原地带、石灰岩地区、沼泽地区、沙土地区,其患病率一般是深山区,高山区高于平原地区,平原区高于沿海区,这与碘的地球化学和迁移转化以及地形、地貌有关。在乌拉尔、伏尔加河流域、中亚细亚、高加索及远东地区多流行碘缺乏病。据最新报道,目前我国有4.2亿人缺碘,并列为最为担心的健康问题之一。在缺碘地区,家畜缺碘的发病率很高,猪达39%、绵羊为60%,在我国缺碘地区犊牛发病率为70%~80%,流产胎儿为60%。

氟的缺乏或过量都有害于健康。氟的两面性非常明显,即目前世界上不少国家和地区,为了防止人的龋齿,生产和使用加氟牙膏,甚至在饮水、食盐和牛奶中加氟;同时由于氟过多引起的氟骨症、氟斑牙等在不少地方发生,有的甚为严重。据报道,地方性氟中毒流行区域很广,亚洲、欧洲、非洲和美洲均有发生。氟的污染则与工业布局、工厂排污之间有密切关系,氟病大多发生在钢铁厂、砖瓦厂、炼铝厂等大量使用冰晶石和萤石作催化剂的工厂周围,或因饮用深井水而发生。

家畜的缺锌病首次报道于北美,荷兰曾因牧草中锌含量不足而发生较为严重的缺锌病。挪威、芬兰和希腊均报道过本病。在前苏联西北部的爱沙尼亚、白俄罗斯以及伏尔加河流域也流行本病。我国新疆有近80%的土壤含锌量不足,尤其内蒙古的哲里木盟、东胜市、翁牛特旗和山西省的大部分地区及辽宁省的彰武县境内,在冬末春初流行的脱毛症,均为缺锌所引起。

营养代谢疾病,地表土流失常可产生硒、碘、钴的缺乏和某些重金属中毒,而火山土的流失、火山溶岩和火山灰烬、风、沙、旱、涝等灾害性影响都可诱发一些微量元素缺乏或中毒病,在火山多发国家的日本,几乎不存在硒缺乏现象,大旱之年,当年冬天或次年春天常易引起低磷血症和地方性血红蛋白尿,大涝之年则又容易产生因三废污染而引起的动物急慢性中毒。

由此可见在病因调查中,应注意这些资料的积累和分析。

第二节 气候条件对牧草及动物的影响

气候对一切生物都有影响,这种影响表现在两个方面,其一是促进作用,其二是抑制作用。就以畜牧业而言,气候条件主要影响牧草,农作物的生长,发育与产量,同时也对动物有季节性影响作用。