

实验动物 饲养与繁殖

军事医学科学院实验动物场 编著



科学出版社

实验动物饲养与繁殖

军事医学科学院实验动物场 编著



科学出版社

1984年1月

实验动物饲养与繁殖 内 容 简 介

本书分总论、各论两篇。总论部分包括：实验动物的选择、生物学特性、建筑设备、饲料营养、遗传繁殖、动物疾病、实验动物与微生物。各论部分包括小鼠、大鼠、地鼠、豚鼠、家兔、猴、狗的饲养繁殖与疾病防治。

本书可供各生物科学研究所、医院、药厂等单位的实验动物饲养人员、大学生物系、医学院校师生参考。

实验动物饲养与繁殖

军事医学科学院实验动物场 编著

责任编辑 张志强

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984 年 6 月第 一 版 开本：787 × 1092 1/16

1984 年 6 月第一次印刷 印张：15 1/4

印数：精 1—4,100 插页：精 6 平 4

平 1—2,400 字数：348,000

统一书号：13031 · 2577

本社书号：3543 · 13—10

定价：布脊精装 3.90 元
平 装 2.90 元

前 言

实验动物科学已发展成为一门独立的多学科的综合性科学。随着科学事业的发展,实验动物在医学、药学、生理学、生化学、营养学、肿瘤学、免疫学、放射医学、畜牧兽医学、劳动卫生、环境保护等学科的研究工作中,起着越来越重要的作用;对饲养条件和饲养管理技术的要求也越来越高。实验动物的质量好坏,直接影响动物实验结果的准确性,因而也影响着科研工作的质量与成败。

编著本书的目的,是试图为从事实验动物工作的初、中级技术人员,在实验动物饲养管理的各个方面提供技术参考。因此,在内容上我们力求全面简洁,除叙述了实验动物的选择、生物学特性、建筑设备、饲料营养、遗传繁殖、疾病防治、实验动物与微生物的一般知识外,还介绍了小鼠、大鼠、地鼠、豚鼠、兔、狗、猴的饲养繁殖和疾病防治。本书所涉及的内容有不少是饲养管理人员多年的工作经验和体会,同时也参阅了有关的资料和文献,我们希望它对读者有所裨益。

本书由罗祯美、张昌顺、彭传贵、王安娜、陈世平、周吉盛、傅少才等同志执笔。脱稿后,全场同志认真座谈讨论,提出了许多宝贵的意见。本书微生物部分经渠川玖同志审阅,陈锦石同志在文字上对本书进行了修改。在编著过程中还得到刘书群、邢旭东、朱小果和马石生等同志的帮助,在此,我们谨向这些同志表示诚挚的谢意。

限于我们的水平,本书难免有不足之处,诚恳地希望读者批评指正。

编 者

一九八二年八月

目 录

总 论

绪言	1
第一章 实验动物的选择	3
第二章 实验动物的生物学特性	4
第三章 实验动物用的建筑和设备	5
第四章 实验动物的营养和饲料	7
第一节 概述	7
第二节 饲料的营养作用	7
第三节 饲料的化学组成	7
第四节 饲料的分类	13
第五节 各类实验动物的营养标准	13
第六节 饲料的加工制作、贮存和消毒灭菌	16
第五章 实验动物的遗传和繁殖	17
第一节 实验动物的遗传	17
第二节 实验动物的繁殖	25
第六章 实验动物的疾病	32
第一节 疾病的概念	32
第二节 疾病的分类	32
第三节 致病原因	33
第四节 实验动物传染病的预防	34
第七章 实验动物和微生物	39
第一节 菌丛	39
第二节 无菌动物、指定菌动物和 SPF 动物	41

各 论

第八章 小鼠(<i>Mus musculus</i>)	46
第一节 生物学特性和用途	46
第二节 解剖生理特点	47
第三节 饲料	51
第四节 饲养管理	52
第五节 繁殖	60
第六节 常见疾病的防治	66
1. 鼠痘	66
2. 脑脊髓炎	68

3. 病毒性肺炎	68
4. 细菌性肺炎	69
5. 副伤寒	70
6. 仔鼠腹泻	70
7. 小鼠体内寄生虫	71
8. 小鼠体外寄生虫	72
第九章 大鼠 (<i>Rattus norvegicus</i>)	73
第一节 主要用途	73
第二节 外貌特征和生活习性	73
第三节 解剖特点和正常生理生化常数	75
第四节 饲养大鼠的环境、笼具、设备和饲料	82
第五节 饲养管理	86
第六节 生产繁殖	87
第七节 常见疾病防治	91
1. 传染性卡他	91
2. 鼠伤寒	91
3. 仔鼠下痢	92
4. 传染性关节炎	92
5. 土拉杆菌病	93
6. 维生素 A 缺乏症	93
第十章 地鼠	95
第一节 品种和习性	95
第二节 解剖特征和生理常数	96
第三节 饲养管理	97
第四节 繁殖	100
第五节 常见疾病	103
1. 副伤寒	103
2. 恙虫病	103
3. 胃肠炎	104
第十一章 豚鼠 (<i>Cavia porcellus</i>)	105
第一节 品种和习性	105
第二节 生理解剖	107
第三节 饲养管理	110
第四节 繁殖	113
第五节 常见疾病	115
1. 豚鼠瘟	115
2. 麻痹	115
3. 传染性肺炎	116
4. 颌下脓肿	117
5. 脱毛	117
6. 假性结核病	118
7. 结核病	119

第十二章	家兔 (<i>Orytolagus cuniculus</i>)	121
第一节	品种、外形和习性	121
第二节	生理解剖	125
第三节	饲养标准和饲料配方	138
第四节	兔舍和设备	142
第五节	饲养管理	144
第六节	选种和繁殖	149
第七节	常见疾病的防治	153
一、	传染病	153
1.	巴氏杆菌病	153
2.	葡萄球菌病	156
3.	密螺旋体病(兔梅毒)	157
4.	传染性口炎	158
二、	寄生虫病	159
1.	球虫病	159
2.	兔螨病	162
三、	普通病	165
1.	便秘	165
2.	腹泻	165
3.	乳房炎	166
4.	结膜炎	166
5.	溃疡性脚皮炎	167
6.	霉饲料中毒	167
第十三章	实验猴	169
第一节	实验猴的一般知识	169
第二节	恒河猴的解剖生理学特点	171
第三节	饲料	174
第四节	猴房和设备	176
第五节	饲养管理	178
第六节	繁殖	185
第七节	常见疾病的防治	189
一、	传染病	189
1.	细菌性痢疾	189
2.	细菌性肺炎	192
3.	结核病	193
4.	变形杆菌感染	195
5.	副伤寒沙门氏菌感染	195
6.	破伤风	196
7.	细菌性脑膜炎	197
8.	病毒性疾病	197
二、	寄生虫病	197
1.	阿米巴痢疾	197

2. 结节线虫病	198
3. 其他寄生虫病	198
三、普通病	198
1. 痉挛(抽风)	198
2. 脱肛	199
附表: 1. 世界现存猕猴属(<i>Macaca</i>)动物名称、地理分布和体重的资料	200
2. 我国五种猕猴属动物的外形特征	200
3. 猕猴的繁殖资料	201
第十四章 家犬 (<i>Canis familiaris</i>)	202
第一节 品种、习性、外貌和用途	202
第二节 解剖和生理特点	203
第三节 饲料	212
第四节 狗舍建筑及其设备	214
第五节 饲养管理	215
第六节 选种和繁殖	219
第七节 疾病防治	222
一、寄生虫病	222
1. 钩虫病	222
2. 绦虫病	223
3. 蛔虫病	224
4. 犬心丝虫病	225
5. 犬食道虫病	226
6. 螨病(疥疮, 俗称狗癞皮病)	228
7. 狗的眼虫病	229
二、传染病	230
1. 狂犬病	230
2. 犬瘟热(犬热病)	231
3. 狗的传染性肝炎	232
4. 狗的上呼吸道感染	233
三、普通病	234
1. 肠卡他(拉稀)	234
2. 小狗佝偻病	234

总 论

绪 言

以科学研究为目的而进行科学饲养、繁殖的动物,称之为实验动物。

实验动物来源于野生动物。通过家养驯化,定向培育,按照科学研究的需要选育而成。如小白鼠,我国三千年前就有饲养供玩赏的踏车鼠,以后传到日本,称之为南京鼠。自十八世纪小鼠开始用于实验以来,经过纯化培育发展到目前有:肿瘤鼠、糖尿病鼠、白血病鼠、先天性肌肉萎缩病鼠等。在1972年以前国际上公认的小鼠近交系约有250个品系,现在世界上纯品系小鼠有500多个;大鼠有200多个品系;豚鼠有12个品系;家兔有6个品系。为了适应科研工作的需要,近二十年来,实验动物学工作者通过遗传学和微生物的控制,不仅培育了纯系动物,还培育了无特定病原动物和无菌动物,同时也为生物医学的特殊需要培育了各种动物模型。

实验动物的应用很广,工业劳动卫生的研究,新农药的研究,国防生物实验和医学、药理学、兽医学以及研究生命科学等大量的科学研究工作,都离不开动物实验这个重要手段,有人把实验动物称之为科研工作中活的试剂;尤其是在现代医学的研究中,实验动物占有极为重要的位置。这是因为,实验动物患有同人类许多极为相似的各种自发性疾病,如糖尿病,肌肉萎缩、视网膜变性、自家免疫性出血、高血压等。因此,可以用它们来研究与人类相似的各种疾病。近几年应用遗传学原理培育出的一种肥胖裸鼠,它既无胸腺,又有肥胖症。这种小鼠不排斥人体脂肪组织的移植,是研究人类肥胖症的极为有价值的动物模型。目前,一种不长毛而又无胸腺的突变小鼠,叫做“无胸腺裸鼠”,它抵抗力极弱,易感染各种疾病。这种动物能成功地移植人体的癌细胞,它有可能是能够突破于人类生命威胁最大的癌症的一种珍贵的动物模型。

随着科学研究的发展,实验动物本身已经发展成为一门独立的科学。它是综合性的应用科学。世界先进国家美、日、英、法、荷兰、瑞士等都成立了实验动物中心,为此建立的有关研究部门有数十个之多,所投入的经济物质、技术力量和人数也是相当惊人的。他们为发展实验动物事业所开展的工作,主要包括以下几个方面:

1. 为保证动物质量,创立合乎各种目的和要求的无菌动物、指定菌动物、无特定病原动物、裸鼠等的生产方式及生产供应中心;
2. 设计新型的合乎目的和要求的房舍,笼架用具以及喂饲饮水等装置;
3. 研制合乎各种目的和要求的一般饲养繁殖用饲料,特殊饲料等;
4. 培育高、中级有关技术人员;
5. 开辟实验动物各个领域广泛的研究机构;
6. 建立有关实验动物医学的新兴科学等。

在我国,实验动物学科随着其他科学的进展,必将得到迅猛的发展。当前,从事实验动物工作的同志肩负双重任务,既要完成目前生产供应的任务,又要深入进行科学研究工

作,只有这样,才能保证科研工作所需要的优质实验动物,为我国科学事业迅速赶上和超过世界先进水平作出贡献。

第一章 实验动物的选择

过去进行科学研究工作认为只要有动物使用就行了,但是这样做的结果,科研工作越来越感到困难,因为同样的实验,往往进行一次、二次,重复多次,实验结果重复性很差。为此,科研工作对于实验动物的质量提出了新的要求,要求生产繁殖高质量的实验动物,供应研究或检定使用。

所谓高质量的实验动物,就是通过遗传、育种和微生物等各方面的控制,培育出具有个体动物的遗传均一性、对外来刺激敏感性和实验再现性好的实验动物。

因此,为了保障科学研究等方面工作的顺利进展,一定要注意实验动物的选择。一般来说,选择实验动物应考虑以下几个方面的问题:

1. 选用的动物愈小愈好,这样的选择比较经济,如用药剂量小,动物易于饲养管理,也比较容易掌握使用;
2. 选用动物的数量要能够获得统计学上预计的数字所需要的数量,往往有些人不注意这个方面,结果与其统计学上的预想不一致而造成浪费;
3. 选用动物要根据所做实验的要求不同,而选用不同种类的动物,如小鼠、大鼠、豚鼠、家兔、狗、猴或是其他种类的动物;
4. 选用动物的质量可根据教学、科研等不同的性质而选用纯系动物、封闭群动物、突变型动物、无菌动物、已知指定菌丛动物、无特定病原动物或是普通动物;
5. 选用动物的来源,要选用经培育的实验动物,因为在实验动物的生产繁殖上至少都要建立一个无传染性疾病及无潜伏性疾病的动物群,甚至还要大量饲养繁殖无特定病原动物,培育无菌动物,并且这些动物的品系来源历史清楚,其次亦可考虑选用家畜、家禽或是野生动物。

第二章 实验动物的生物学特性

从世界上现有动物中被挑选出来供科学研究用的哺乳类实验动物有：小鼠、大鼠、地鼠、豚鼠、家兔、猫、狗、猴等，虽然它们的体型大小、外貌以及生活习性都有着明显的不同，但它们的生物学特性有如下共同特点：

1. 在动物进化的关系上是比较高等的，它们的消化系统、循环系统、神经系统等均与人类近似，因此，它们对于被实验的药物的反应常接近人类；

2. 对外界环境中的光线、温度、湿度、声音、电流、机械刺激及使人致病的病原微生物、毒素、药用化学制品等都较敏感，而且不同的动物对不同的病原微生物及外来刺激的应激性也不同。如小鼠对破伤风毒素很敏感，1%毫升的破伤风毒素即可使之致死；豚鼠对人型结核杆菌具有高度的易感性，家兔对人型结核杆菌就不敏感；又如小鼠在蓝色的光照下，其性成熟可提前三天；声音亦可引起实验动物生殖器官的改变，如用110分贝的声强，每10分钟响一次，连续响二周，可使母鼠的卵巢发育特别大；再如小鼠对温度敏感性很强，若将C₃H小鼠拿在手里20分钟后，雄鼠体温升高1.14℃，雌鼠体温升高0.52℃，如手中握数只小鼠，则雄鼠体温升高0.94℃，雌鼠体温升高0.8℃，体温的升高可持续60—110分钟；

3. 实验动物饲养成本低，占用面积小，易于饲养管理；

4. 成熟年龄早，妊娠期短，生殖力强，易于繁殖。如小鼠60天可配种投产，妊娠期18—21天，平均产仔9—11只，每年可生产60只以上；又如金黄地鼠40天即可配种投产，妊娠期为16天。

第三章 实验动物用的建筑和设备

实验动物的饲养繁殖、生产供应单位不论建于城市或郊区,也无论楼房、平房或地下室,饲养实验动物的房间不宜过大,每间以20平方米左右为好,室内不设固定笼架,便于消毒,便于更换饲养各种动物。并且在地址选择、结构设计上要符合各种动物的生活习性,做到干燥、安静、温度适宜、通风良好,选择建筑材料要坚固耐用,要便于饲养管理、清洁消毒,并有效地防止野鼠、蚊、蝇、蟑螂等进入饲养实验动物的房舍。

根据国内外的发展情况来看,1970年以后实验动物的建筑大都以楼房或地下室为主,设备条件比过去的都好,除饲养房舍之外,将清洁干净的走廊与污染的走廊分开。在城市郊区有的还是以新建平房为主,也有的是将过去老的房舍加以改建,将清洁干净的走廊与污染走廊分开,增添空调等设备,使之符合于近代饲养实验动物的要求。

一个完整的实验动物建筑设备,应该包括以下几个部分:

1. 实验动物繁殖室;
2. 实验动物的育成,储存室;
3. 实验室;
4. 外来实验动物检疫室;
5. 工作人员用房,包括办公室、休息室、淋浴及厕所等;
6. 饲料、垫料、笼具储藏室;
7. 洗刷、消毒灭菌室;
8. 检验室,包括:遗传、营养、生化、病理剖检、细菌、病毒、寄生虫等的检验;
9. 走廊,包括清洁干净走廊和污染走廊;
10. 空调、电器设备室。

根据国内外不同单位设计看来,用于饲养实验动物的房舍占整个建筑设备的26—51%,也就是说,饲养实验动物与辅助设备的建筑面积的比例是1:2或1:4。另外,储藏室是不可忽视的,它占整个实验动物建筑的8—20%。

近些年来建造的实验动物饲养室大都是封闭式的,室内的温度、湿度、光照、通风都靠人控制,对于上述各个因素的指标大致要求如下:

温度:	20—26℃
湿度:	50—70%
噪音:	60分贝以下
氨气:	20 ppm 以下
换气:	8—20次/小时
气流:	10—25厘米/分钟
照明:	10—14小时(日光灯)

气压:饲养 S.P.F. 动物的房舍高于清洁走廊和污染走廊0.16水银柱,这样可防止因未经滤过的空气进入而污染饲养 S.P.F. 动物的房舍。而饲养普通动物房舍的气压可低于清洁走廊,高于污染走廊,这样动物室内的臭味不能污染清洁走廊,如果是用做传染病研

研究的实验动物饲养室，其室内气压不能高于室外走廊的气压。如果是用于药物毒理研究的实验动物饲养室，应装有通风柜等安全装置，以防实验研究人员中毒。

实验动物饲养室对于上述各项指标应做好记录。

实验动物的笼具：

饲养小鼠、大鼠、豚鼠、地鼠的笼具分为单养和群养二种，而家兔、狗、猫、猴原则上都是单笼饲养，但有的生产繁殖单位对狗、猫、猴也采用小群饲养的方法。

制做实验动物的笼具，大致上使用以下各种材料：

不锈钢：外形美观，耐久性能最好，使用时间长，能经受高压灭菌，但价格贵。国内使用少，国外用得较多。

铁丝铁皮：价钱较低，也易于加工制做，但易于被消毒药液腐蚀，使用时间短。

塑料：重量轻，便于化学药物消毒，如选用透明塑料还便于观察，目前适用于大小鼠的笼具的制作。

木板制的笼具：具有保温性好，价钱低，动物也感到舒适，但它容易损坏，洗刷后不易干燥，因而，在五十年代我国盛行一时的实验动物木制笼具已逐渐被淘汰。

目前，防腐蚀的合金铝板正广泛用于制做实验小动物的笼具，因为这种材料具有容易加工制做，重量轻，耐热性能好，使用时间长的优点。

实验动物的笼架，是用三角铁或铁管制成的棚式架或台式架，笼架的高度要考虑操作方便和室内空气调节的方便，各层之间的距离是根据使用笼具的大小和各层所摆放的笼具数来决定，一般的设计，各层之间的间距离笼具顶面留有16—20厘米的空隙。目前，国外正在使用一种可以拆开的活动笼架，用不锈钢制成，它的立柱上打有许多等距离的孔眼，横柱可以根据饲养不同的动物，使用不同的笼具，随时调整各层之间的距离。这种设备适用于饲养动物不多，但又经常变换实验动物品种的实验室。

动物的饮水器：使用200—500毫升的玻璃瓶或塑料瓶，瓶的插管使用金属铝制的比玻璃的要好一些。如果大批饲养，给水量大时，对于大白鼠、豚鼠、家兔、狗、猴等可以使用乳嘴式自动给水器，这种饮水器坚固，它与小龙头一样可直接接在自来水网道上，但每个房舍一定要装一个减压装置。

实验动物喂料设备：小鼠、大鼠、地鼠用的是在笼具内侧用铁丝或铝板制成吊起来的引挂式料斗，放入固体饲料；其拔出孔，小鼠用的直径为8毫米，大鼠、地鼠用的10毫米。家兔、猴可用固定在笼具上的料斗；狗、猫则可用搪瓷盆或铝盆喂饲。

表1 各种实验动物每只所占的笼具面积

动 物	体 重	笼内的动物(只)	每只动物所占面积(平方米)
小 鼠	20 克	5—10	0.009—0.063
		10—20	0.005—0.009
大 鼠	150—250克	1—3	0.018—0.063
		4—10	0.018—0.045
地 鼠	120 克	1—4	0.009
豚 鼠	250—350 克	2—4	0.045—0.063
家 兔	2—4 公斤	1	0.27
狗	15 公斤	1	0.72
	30 公斤	1	1.08
猴	0.5—1公斤	1	0.09
	1—3公斤	1	0.27
	4—6公斤	1	0.36
	6—10公斤	1	0.54

第四章 实验动物的营养和饲料

第一节 概 述

所谓饲料,就是可以喂养实验动物的物质。这些物质大部分来源于植物,少部分来源于动物及矿物。无论这些物质的来源如何,所有能用来做为饲料的物质必须具备:

1. 可供给实验动物一定量的营养物质;
2. 在日粮中占有一定比例时,经长期饲喂实验动物,对其健康无害,并能起到营养需要,促进生长、发育、繁殖,维持生命等作用;
3. 具有一定的适口性,能为实验动物所采食等。

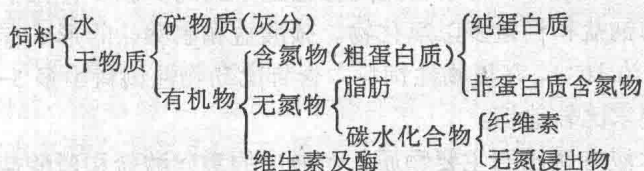
饲料是发展实验动物的重要物质基础,饲料品质的好坏,直接影响着实验动物的质量。当前,由于科学研究工作的需要,对实验动物的质量要求越来越高。对实验动物的饲养学亦有了新的认识和研究。对实验动物的饲养管理人员来说,应该广泛地了解有关实验动物营养方面的知识,才能更好地饲养实验动物。

第二节 饲料的营养作用

1. 维持生命,促进动物机体的生长发育,构造与修补机体组织。动物在生长发育期需要材料来构造新的组织,如骨、齿、肌肉、血液、毛等,同时机体组织又连续不断地破坏,需要随时修补起来,这种机体构造与修补所需的材料均由饲料中获得。
2. 供给能量,维持体温,补充运动所消耗的能量。改进健康状况,增强对疾病的抵抗力,并有助于病后健康的恢复。
3. 调节生理机能,繁殖后代,使机体内器官正常进行工作而不紊乱。如心脏有规律的跳动、肌肉的伸缩、体液的流动、神经的反应等。

第三节 饲料的化学组成

饲料的营养价值高低决定于它的各种重要营养物质的含量,化学组成是评定饲料营养价值最基本的指标。饲料营养成分如下:



1. 水

水是机体生存不能缺少的物质,也是一切细胞和组织构成的必需成分,而且是体内与生命活动有关的一切化学变化的媒介。水直接参与对营养物质的消化、吸收、运输、利用及废物的排泄等全部生理过程,并有调节体温等作用。故水在动物的生长发育及生活过程中具有非常重要的功用。对于机体来说,水比饲料尤为重要。

动物体的含水量因年龄和肥育程度而不同，成年的动物通常约为 55—60%，初生仔动物约为 75—80%。

测定饲料中水份，可取定量饲料，置于 100—105℃ 定温箱内，干燥到重量不能再减轻为止，干燥后的重量与原来未放入温箱时的重量差数即是水重。饲料中除去水份，其余物质统称为干物质。

饲料中的含水量及营养价值与贮存有关。饲料中含有水分越多，含干物质则越少，但水份多的饲料(如青饲料适口性强，易于消化，营养比较完善，各种饲料含水量可由 8—95% 不等。几种主要饲料的含水量如下：

青饲料 70—80%；	小麦麸 10—13%；
根茎类 80—90%；	谷实类 12—14%；
干草 15—20%；	油饼 9—11%。

2. 矿物质

将饲料放入坩埚内在 550—600℃ 高温燃烧完全后，残余物质称粗灰份或矿物质，在粗灰份中可测出各种矿物质元素。

矿物质对动物的生长以及成年动物健康维持，正常的繁殖均不可缺少，矿物质是组成动物机体各器官组织的重要物质，在机体代谢中亦担负着很大作用。

动物体内的矿物质以钙、磷最多。植物灰份中以钾为多，钙、磷、钠等次之。饲料中的矿物质以各种状态存在，一部分主要元素以有机和无机盐的形态存在，另一部分如铁、磷、硫、锰、硅等则与有机物相结合。

动物所必需的矿物质有钙、磷、镁、钠、钾、氯、硫、铁、铜、钴、锰、锌、碘等十多种。现将几种主要矿物质的功用分述如下：

钙 钙是构成骨骼、牙齿的主要成分。在帮助血液凝固、体内某些酶的活化、维持神经的传导性能、肌肉的伸缩性、毛细血管的正常渗透压、体内的酸碱平衡等方面起着十分重要的作用。当钙缺乏时，或钙磷平衡失调时，均会引起发育停滞，食欲减退，皮毛状况不佳，跛行，软骨，死胎等症状。钙的摄入量过多会导致钙磷比例失调及阻碍微量元素的吸收。

磷 磷是构成骨骼、牙齿的主要成分，同时也是细胞核蛋白及动物体内各种酶的主要成分。具有帮助葡萄糖、脂肪、蛋白质代谢的功能。当磷缺乏时，可阻碍钙在软骨中的沉积，引起牙齿发育不正常，骨质疏松或骨质软化，食欲不振，异嗜，瘫痪等疾病。磷缺乏时的症状与缺钙症相似。维生素 D 具有调节钙磷失调的作用。

钾、钠 钾、钠在动物体各种器官内的含量是不同的。钠多存在于体液中、钾多存在于细胞内。动物的钠盐和钾盐多以氯化物、碳酸盐和磷酸盐的形式存在。一般机体内的钠比钾多，其比例为 10:4，在植物性饲料中含钾比动物性饲料中多 3—4 倍，故一般食草动物对于食盐的要求比较迫切。

氯化钠是调节体液渗透压的主要物质。血液中的重碳酸盐和磷酸盐是主要的酸碱缓冲剂，能防止血液酸碱性的变化，维持血液呈恒定的弱碱性反应。钠离子是心肌收缩发端所必需的物质。

钾盐对渗透压的调节有关，主要起缓冲作用，钾、钙离子能共同维持心脏的正常收缩。

铁 铁是构成血红蛋白，肌红蛋白，细胞色素的主要成分。对体内的氧、二氧化碳的摄取与排出起着重要作用。缺乏铁时，可出现贫血，活力下降，毛质粗硬，皮肤松弛，呼

吸急促等症状。

补充铁对动物的正常发育是必要的,对妊娠动物及幼龄动物尤为重要。

锰 具有促进正常成骨的作用。在氧化还原过程中有极重要的作用,母种动物缺锰,可引起生殖力的降低与母体本能的减弱。

铜 铜在动物体内的含量与锰相近,具有催化血红蛋白的合成作用。铁的代谢与铜有关;缺铜时,即使铁含量丰富,亦会发生贫血,铜也是某些氧化酶的成分。

锌 参与核酸和蛋白质的代谢,锌与钙有对抗作用,食钙过多会阻碍锌吸收、利用。

钴 钴为正常造血所必需,是维生素 B_{12} 的成分,饲料中缺钴会影响动物体内微生物对 B_{12} 的合成,引起恶性贫血。

硫 硫是组成蛋白质的重要成分,也是活化动物生理过程的重要物质。在蛋白质中除甲硫氨酸含硫外,胱氨酸中也含有硫。

对硫的需要量一般可从日粮中即能满足,但在动物换毛季节需硫量较大,需另补充。

苜蓿干草、芝麻饼、鱼粉中均含有较丰富的硫。

碘 碘是构成甲状腺素的主要成分,所以它和甲状腺的机能有密切关系,动物缺乏碘时,甲状腺素就无法合成,常引起甲状腺肿胀。甲状腺素有促进体内组织氧化、调节新陈代谢的作用,因而碘通过甲状腺可以间接影响新陈代谢。

3. 蛋白质

蛋白质是维持生命与构成身体组织所必需的重要物质,是生命活动的物质基础,没有蛋白质就没有生命。机体组织有 20% 由蛋白质组成,而且组织的修补和增长都需要蛋白质。

蛋白质主要由碳、氢、氧、氮等元素所组成,大部分蛋白质亦含有硫和磷,另外还含有铁、碘、铜。植物可利用水分、二氧化碳及土壤中的氮合成本身所需的蛋白质,而动物则从饲料中获得蛋白质。供给动物足够蛋白质,可以强化心脏、血管、肌肉及消化系统的机能。

组成蛋白质的基本单位是氨基酸,其营养价值主要决定于所含氨基酸的种类与数量。目前已知的氨基酸有 20 余种,有些种类的氨基酸动物能够利用其他含氮化合物自行合成,不必直接由饲料中获得,称为非必需氨基酸;另外一些种类的氨基酸,动物不能合成,或仅能合成少量,而远不能满足机体需要,必须从饲料中获得。因此,这部分氨基酸称必需氨基酸。必需氨基酸大致有如下几种:缬氨酸、组氨酸、精氨酸、白氨酸、异白氨酸、色氨酸、苏氨酸、赖氨酸、甲硫氨酸、苯丙氨酸等。日粮中如果缺乏必需氨基酸,或者含量不足时,会使幼龄动物生长停滞,成年动物趋于衰弱,繁殖力降低等,因此,为了满足动物的生理需要,调配日粮时不仅要注意蛋白质的数量,还应注意蛋白质的质量。

蛋白质在营养效能上可分为三类:

(1) 完全蛋白质:在给饲中用此种蛋白质作唯一的蛋白质来源时,可以维持生命,并促进生长,因其含有各种必需氨基酸,并且数量充足,如牛乳中所含之酪蛋白、乳白蛋白,鸡蛋中的卵白蛋白、卵黄磷蛋白,黄豆中之大豆球蛋白等均是。

(2) 半完全蛋白质:在给饲中作为唯一的蛋白质来源时,可以维持生命,但不能促进生长,这是因为必需氨基酸含量太低之故。如大麦及小麦中的醇溶蛋白,皆属此类。

(3) 不完全蛋白质:用作唯一的蛋白质来源时,既不能维持生命,又不能促进生长发育。因其缺乏数种必需氨基酸,如玉米中之玉蜀黍醇溶蛋白等。