

实用动物饲养学

娄玉杰 主编



 吉林科学技术出版社

实用动物饲养学

姜玉杰 主编

吉林科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用动物饱饲养学/娄玉杰主编.—长春: 吉林科学技术出版社, 2002/9/12
ISBN 7-5384-2634-5

I 实... II. 娄... III. 动物—饲养管理
IV. S815

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 070284 号
责任编辑: 司荣科 郝沛龙 封面设计: 朱少远

实用动物饲养学

娄玉杰 主编

*

吉林科学技术出版社出版、发行
长春市东文印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 18.5 印张 453 000 字

2002 年 8 月第一版 2002 年 8 月第一次印刷

定价: 25.00 元

ISBN7-5384-2634-5/S·347

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换。

社址 长春市人民大街 124 号 邮编 130021 电话 5635176

电子信箱 JLKJCS@public.cc.jl.cn 传真 5635185

主 编 娄玉杰

副主编 孙 会 杨连玉

编 者 (按编写顺序)

王永军 姜海龙 姜怀志

吕文发 孙 会 张庆华

王 冲 杨连玉 王淑萍

孙泽威 娄玉杰 郭成武

前 言

本书是为高等农业院校和养殖业技术人员编写的教材。主要为畜牧专业、动物营养及饲料加工等专业的本科及专科教学而编写。

21 世纪以来,我国养殖业及饲料工业已经发展到一个崭新的阶段,为适应这一发展要求,由吉林科学技术出版社组织吉林农业大学动物营养及饲料方面的中青年专家编写了此书。本书吸收了以往传统教材的优点,对编写内容进行了适当的调整,其内容包括:饲料养分与动物营养、饲料转化、饲料科学、饲料生物学效价评定方法、动物的营养需要、动物饲养标准及典型配方、配合饲料产品及设计和附录共 8 个部分,对传统教材没有的内容,如营养与免疫、营养代谢病、抗营养因子等进行了补充,使其具有鲜明的特色,解决了传统教材内容编写上的不足,为读者提供了更为先进的理论知识。

本课程对畜牧专业和动物营养及饲料加工专业来说,分别属于专业基础课和专业课。课程的主要任务是讲授动物营养学的基础理论、饲料科学的基本知识以及动物营养理论和饲料科学知识的具体应用。为便于读者对知识的掌握,对教材内容重新做了编排,力求知识的全面性、系统性及实用性,并在编写中参阅了国内外最近出版的动物营养学、饲料学以及动物营养研究进展、饲料标准等大量书籍和资料,使一本崭新的教材呈现给读者。

因时间仓促,加之编写人员水平有限,错误或不当之处在所难免,欢迎广大读者提出宝贵的意见,再版时加以改正。

编 者

2002 年 8 月

目 录

第一章 饲料养分与动物营养	(1)
第一节 饲料养分组成	(1)
一、饲料养分	(1)
二、动植物化学组成的差异	(1)
三、影响饲料养分的主要因素	(2)
第二节 水营养	(3)
一、水的营养功能	(3)
二、影响动物对水需要量的因素	(3)
第三节 蛋白质营养	(4)
一、蛋白质及其营养功能	(4)
二、必需氨基酸和非必需氨基酸	(5)
三、限制性氨基酸	(6)
四、饲料中氨基酸平衡(理想蛋白质)及利用率	(6)
第四节 脂肪营养	(8)
一、脂肪的结构和组成	(8)
二、脂肪的性质	(9)
三、脂肪的营养功能	(10)
四、必需脂肪酸(EEA)营养	(10)
第五节 碳水化合物营养	(11)
一、碳水化合物及构成	(11)
二、碳水化合物营养功能	(11)
三、碳水化合物分类	(12)
四、碳水化合物测定方法	(14)
第六节 维生素营养	(15)
一、维生素及分类	(15)
二、脂溶性维生素营养	(16)
三、水溶性维生素营养	(20)
第七节 矿物质营养	(24)
一、矿物质营养概述	(24)
二、常量矿物质元素营养	(25)
三、微量矿物质元素营养	(28)
第八节 养分间的相互关系	(33)
一、主要有机养分间的相互关系	(33)
二、主要有机养分与维生素及矿物质间的相互关系	(33)

三、维生素与矿物质、维生素与维生素以及矿物质与矿物质间的相互关系	(35)
第二章 饲料转化	(38)
第一节 饲料采食量	(38)
一、概述	(38)
二、影响采食量的因素	(39)
三、饲料采食量的调控	(42)
第二节 饲料养分的消化吸收	(45)
一、消化器官及其功能	(45)
二、营养物质的消化吸收	(46)
三、影响消化率的主要因素	(48)
第三节 能量在动物体内的转化	(49)
一、总能	(49)
二、消化能	(50)
三、代谢能	(50)
四、净能	(51)
第四节 蛋白质的转化	(52)
一、单胃动物对蛋白质的消化吸收	(52)
二、反刍动物对蛋白质的消化吸收	(53)
三、反刍动物对非蛋白含氮化合物的利用	(53)
第五节 脂肪的转化	(54)
一、单胃动物对脂肪的消化吸收	(54)
二、反刍动物对脂肪的消化吸收	(55)
三、动物产品中 $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸富集及意义	(56)
第六节 碳水化合物的转化	(57)
一、单胃动物对碳水化合物的消化吸收	(57)
二、反刍动物对碳水化合物的消化吸收	(58)
第七节 维生素的转化	(59)
一、脂溶性维生素的吸收与利用	(59)
二、水溶性维生素的吸收与利用	(60)
第八节 矿物质的转化	(60)
一、常量矿物质的吸收与利用	(60)
二、微量矿物质的吸收与利用	(61)
第九节 营养与动物产品品质	(62)
一、营养与肉品质	(62)
二、营养与禽蛋品质	(65)
三、营养与乳品质	(67)
四、营养与毛品质	(69)
第十节 环境与营养	(71)
一、温热环境与体热平衡	(71)

二、影响营养物质利用的应激因子	(74)
第十一节 营养与免疫	(76)
一、概述	(76)
二、动物的免疫系统与免疫应答	(77)
三、营养对免疫功能的影响	(77)
第十二节 营养代谢病	(81)
一、概述	(81)
二、糖、脂肪、蛋白质营养代谢紊乱性疾病	(83)
三、维生素营养紊乱性疾病	(84)
四、常量元素营养紊乱性疾病	(85)
五、微量元素营养紊乱性疾病	(86)
第三章 饲料科学	(87)
第一节 饲料的分类	(87)
一、国际饲料分类法	(87)
二、中国饲料分类法	(88)
第二节 青饲料	(89)
一、青饲料的营养特性	(89)
二、影响青饲料营养价值的因素	(90)
第三节 青贮饲料	(90)
一、青贮饲料的特点	(91)
二、青贮原理	(91)
三、青贮设备及方法	(94)
四、青贮设备的设计	(95)
五、青贮原料的基本条件	(96)
六、青贮步骤与方法	(98)
七、青贮饲料的质量评定	(100)
八、青贮饲料的饲喂技术	(102)
第四节 能量饲料	(103)
一、谷实类饲料	(103)
二、糠麸类饲料	(106)
三、薯类及其加工副产物	(107)
四、油脂类	(108)
五、能量饲料的加工	(109)
第五节 蛋白质饲料	(110)
一、植物性蛋白质饲料	(110)
二、动物性蛋白质饲料	(115)
三、单细胞蛋白	(118)
四、非蛋白氮	(119)
第六节 粗饲料	(120)

一、干草(粉)	(120)
二、秸秆类饲料	(121)
三、叶粉及其制品	(122)
四、粗饲料加工调制的主要途径	(124)
第七节 矿物质饲料	(126)
一、食盐	(126)
二、富钙、磷饲料	(127)
三、其他矿物质饲料	(129)
第八节 饲料添加剂	(130)
一、微量元素添加剂	(130)
二、维生素添加剂	(134)
三、氨基酸添加剂	(137)
四、抗生素添加剂	(138)
五、保健促生长剂	(141)
六、产品工艺剂	(147)
七、中草药添加剂	(150)
第九节 饲料中的抗营养因子	(152)
一、胰蛋白酶抑制因子	(152)
二、非淀粉多糖	(153)
三、植酸(盐)	(154)
四、单宁	(156)
五、凝集素	(157)
六、氰苷	(158)
七、棉酚	(159)
八、硫葡萄糖苷及其降解物	(161)
九、硝酸盐及亚硝酸盐	(162)
第四章 饲料生物学效价评定	(164)
第一节 饲料能量有效率的测定	(164)
一、能量消化率的测定	(164)
二、能量代谢率的测定	(169)
三、能量净能的测定	(172)
第二节 蛋白质和氨基酸可利用率的测定	(175)
一、传统评价蛋白质生物学效价的方法	(175)
二、家禽饲料氨基酸消化率和利用率的测定方法	(178)
三、猪回肠末端取样法	(178)
四、反刍动物蛋白质质量评定方法	(179)
五、其他方法	(181)
六、内源性氨基酸的校正	(182)
第三节 矿物质微量元素的生物学效价评定	(182)

一、生物学法	(182)
二、同位素法	(183)
第五章 动物的营养需要	(185)
第一节 概述	(185)
一、动物所需营养物质的种类及数量	(185)
二、营养需要量的测定方法	(186)
第二节 维持营养需要	(187)
一、维持需要的意义	(187)
二、维持对各种养分的需要	(187)
第三节 生长营养需要	(189)
一、动物生长的一般规律	(189)
二、生长的营养需要	(191)
第四节 产肉营养需要	(197)
一、肉的营养成分	(197)
二、肉用动物的营养需要	(198)
第五节 繁殖的营养需要	(198)
一、繁殖动物的营养需要特点	(199)
二、繁殖动物的营养需要	(201)
第六节 泌乳营养需要	(204)
一、乳的成分及形成	(204)
二、泌乳的营养需要	(207)
第七节 产蛋营养需要	(212)
一、蛋的成分	(212)
二、产蛋的营养需要	(212)
第八节 产毛营养需要	(216)
一、羊毛的成分	(216)
二、产毛的营养需要	(217)
第九节 役用营养需要	(218)
一、役用动物作功原理	(218)
二、役用动物营养需要	(218)
第十节 幼龄和高产动物营养需要	(219)
一、幼龄动物营养需要特点	(219)
二、高产动物营养需要特点	(219)
第六章 动物饲养标准及典型配方	(221)
第一节 饲养标准	(221)
一、饲养标准的意义	(221)
二、饲养标准的指标	(221)
三、饲养标准的表达方法	(222)
四、饲养标准的应用	(222)

五、各种动物的饲养标准	(223)
第二节 饲料配方举例	(227)
一、猪的饲料配方	(227)
二、牛的饲料配方	(231)
三、鸡的饲料配方	(234)
四、羊的饲料配方	(237)
第七章 配合饲料产品及设计	(239)
第一节 配合饲料概述	(239)
一、配合饲料	(239)
二、配合饲料种类	(239)
第二节 饲料配方设计	(241)
一、设计饲料配方的意义	(241)
二、设计饲料配方所需资料	(241)
三、设计饲料配方的原则	(243)
第三节 配合饲料产品的设计程序与方法	(244)
一、配合饲料产品设计程序	(244)
二、配合饲料产品设计方法	(245)
三、微机优化设计配合饲料	(249)
第四节 浓缩饲料配制	(253)
一、单胃动物浓缩饲料配制	(253)
二、反刍动物精料补充料配制	(254)
第五节 预混料的配制	(255)
一、概述	(255)
二、载体与稀释剂的要求	(255)
三、配伍禁忌	(257)
四、微量元素预混料的配制	(258)
五、维生素预混料的配制	(260)
附录一 生长猪饲养标准	(263)
附录二 肉牛饲养标准	(265)
附录三 乳牛饲养标准	(268)
附录四 鸡的饲养标准	(273)
附录五 韩国肉食中允许残留基准物质	(276)
参考文献	(280)

第一章 饲料养分与动物营养

营养是动物（包括植物）从外界摄取养分以维持其生命活动的过程。动物所需的养分来自植物和其他生物，称之为饲料。

第一节 饲料养分组成

一、饲料养分

（一）饲料中的化学元素

自然界中的各种物质均由化学元素构成。在已知的 100 余种元素中，有 60 多种可在动物组织器官中找到，至少有 20 多种参与饲料的组成。

（二）饲料养分

饲料中的养分包括蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素、矿物质和水，统称 6 大营养素。

1. 蛋白质 蛋白质分子主要含化学元素碳、氢、氧、氮，有的还含有铁、硫、磷。它是一类由 25 种氨基酸按不同的顺序和构型构成的物质。虽然各种蛋白质的组成不同，但含氮量相近，平均为 16%。当测定饲料中的蛋白质含量时，只需测出饲料中氮的含量，再乘以 6.25 即可。

2. 碳水化合物 这是由碳、氢、氧 3 种元素组成的一类有机化合物，根据结构分为单糖、双糖和多糖。分子中氢与氧之比与水相同，均为 2:1，可用通式 $(CH_2O)_n$ 表示。但有些物质分子中的氢氧之比同为 2:1，但并非属于糖类，如乳酸 ($C_3H_6O_3$)、乙酸 ($C_2H_4O_2$)、甲醛 (CH_2O) 等。而另外一些物质分子中的氢氧之比虽不是 2:1，但却属糖类，如脱氧核糖 ($C_5H_{10}O_4$) 和鼠李糖 ($C_6H_{12}O_5$)。

3. 脂肪 脂肪是广泛存在于动植物体内的一类有机化合物，由碳、氢、氧 3 种元素组成。与蛋白质和碳水化合物不同的是，脂肪含碳氢较多，含氧较少。脂肪的能值高于蛋白质，约是碳水化合物的 2 倍。因此，在饲料中添加油脂，能提高饲料能值。

4. 维生素 维生素是饲料中所含的一类微量营养物质，主要由碳、氢、氧 3 种元素组成，有的还含有氮或其他矿物质。

5. 矿物质 到目前为止，人们发现饲料中共有 22 种矿物质元素对动物有营养作用，其中 15 种为微量矿物质元素，7 种为常量矿物质元素。

6. 水 水含于一切饲料中。青绿饲料中水的含量可达 80%，而风干饲料水分含量只有 10% 左右。饲料中水分含量过高会导致饲料发热、发霉或变质，因此在夏季生产、购买和保存饲料时应注意控制饲料含水量。

二、动植物化学组成的差异

组成动植物体的化学元素基本相同，种间差异不明显，其中碳、氢、氧、氮含量最高。从营养学上讲，都是由蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素、矿物质和水构成。

动物体内的蛋白质广泛存在于各器官组织中，含量比较稳定，同时还含有游离氨基酸和激素等含氮物质，但无氨化物（一种非蛋白质含氮物）。植物体内的蛋白质含量依植物种类而有差异，如豆科普遍比禾本科植物含量高。生长旺期的植物体内还含有丰富的氨化物，可被反刍动物瘤胃内细菌利用。从氨基酸组成上看，动物体内含丰富的赖氨酸和蛋氨酸，而植物含量很少。

动物体内只含有少量的碳水化合物，以糖原形式贮存在肝细胞和肌细胞内。植物通过光合作用将碳水化合物作为能源物质贮存体内，是多种植物干物质中含量最多的成分。

动物体只含有中性脂肪和脂肪酸（多为饱和脂肪酸），含量不仅受年龄和体重影响，而且与营养密切相关。喂给高能量的饲料是快速育肥的关键技术之一。植物体内的脂肪含量变异较大，除中性脂肪和脂肪酸外（多为不饱和脂肪酸），还含有色素、蜡质和树脂等。

反刍动物可以利用瘤胃微生物合成B族维生素和维生素K，单胃动物由于体内不能合成或合成不足，所以必须通过饲料补充。植物体内的维生素是通过自身合成生成的，其种类、含量与植物的生长期、部位及植物品种密切相关。如维生素C主要存在于绿色植物中，B族维生素在糠麸中含量丰富。

动物体含有的多种矿物质元素广泛分布在各器官、组织中。钙、磷主要存在于骨骼和牙齿中，铁在血液中含量丰富，肝脏内含较多的铁、铜、锌等其他元素。植物体的矿物质元素含量与植物生长的土壤条件密切相关，例如我国部分地区土壤中缺乏微量元素硒，则在这些地方生长的植物体内硒含量也少，长期以这些植物作为主要饲料喂给动物很容易患缺硒症。

水是动物各器官、组织的重要组成成分。体内含水量随年龄而变化。一般初生动物含水量高达75%~80%，以后随年龄增长比例降低，成年时为40%~45%。含脂肪多的动物体含水少，这是成年动物较幼小动物含水少的主要原因之一。植物体含水量种间差异较大，如鲜玉米（整株）与鲜苜蓿（整株）相比，前者含水66.4%，后者含水74.0%。同一植物幼嫩时含水量高，成熟后降低。

三、影响饲料养分的主要因素

（一）植物生长条件

植物生长条件包括自然条件（土壤、气候）和人工条件（施肥）。

1. 土壤和气候 肥沃土壤生长植物较贫瘠土壤植物所含的养分多；在高温多雨地区，由于土壤中的钙、磷、氮常被冲洗，所以植物中的钙、磷和蛋白质含量就比较低；光照充足的阳坡植物蛋白质含量一般较阴坡植物高；寒冷气候下生长的植物比在温热气候下生长的植物含粗纤维较多，含蛋白质和脂肪较少。

2. 施肥 正确施肥可增加草场植被生物量。施加充足的氮肥可提高植物中蛋白质含量；施加磷肥可促进蝶型花科植物生长。施肥还可改变草场植被的植物学组成，如仅施氮肥就可减少豆科植物和杂草，增加禾本科植物的发育。

（二）植物的品种、收获期、贮存时间和方式

1. 品种 不同品种植物养分含量不同，如豆科植物的蛋白质含量普遍较禾本科植物高；即使同是玉米，不同品种的蛋白质含量变动范围在7%~15%之间。

2. 收获期 植物在不同生长期，其化学成分和营养价值差别较大。一般来讲，幼嫩时含水、蛋白质、脂肪和矿物质较多，以后随植物的生长，到子实形成期，含水量、蛋白质和脂肪含量下降，纤维素含量由禾本科抽穗期和豆科孕蕾期到开花盛期止逐渐增加。饲料作物

的收获应选择在植物养分最充足的时期。通常青草的最佳收获期是在开花初期，最迟不超过开花盛期。

3. 贮存时间和方式 在贮存期间，由于植物呼吸和微生物发酵作用，会使部分有机养分损失。例如，即使在贮存良好情况下，马铃薯在整个冬季仍可失重 8% ~ 10%，主要是淀粉。将收获后的植物制成干草是贮存方式之一，但由于翻转、集堆、运输和堆垛会造成叶、茎的损失，它们是含有机养分最多的部分；青贮能通过乳酸菌厌氧发酵，抑制有害微生物的活动，从而使植物中的有机养分得以较好保存。

第二节 水 营 养

一、水的营养功能

在 6 大营养素中，水的作用是极其特殊的。一是因为水在自然界中贮量丰富，二是因为其他营养素缺乏时对动物产生的影响都不如水缺乏更具危险性。最明显的例子是在饥饿条件下，只要饮水得以保证，生存维持时间就会延长。

(一) 水是动物机体的组成成分

动物体内的水，大部分和亲水胶体相结合。机体内正是由于这种结合水的存在才使得组织具有固定的形态、硬度和弹性。缺水将导致组织器官的生理功能发生障碍，甚至死亡。

(二) 水参与机体内的各种生化反应

动物所食入的各种营养物质，都必须溶解在水中以后才能进行生化反应。所以，体内发生的各养分的分解、合成都是在水的参与下完成的。此外，水还参与氧化还原反应和细胞呼吸。

(三) 水是体内物质运输的媒介

各种营养物质（脂溶性除外）通过水运送到各组织细胞；机体代谢产生的废物通过水运送到排泄器官而排出体外。对机体具有重要调节功能的激素也是通过水来运送的。

(四) 水能调节体温

水的比热较高，因此能吸收较多的热量而本身温度增加不多，这对天气炎热时维持正常体温特别重要。当外界环境温度等于或超过动物皮肤温度时，蒸发是惟一的散热方式。1g 水在体表蒸发可带走约 2.4kJ 的热量。

(五) 水是机体的一种重要的润滑剂

水存在于动物的各关节腔、胸膜腔、腹腔脏器间，能减少关节间、胸膜间和脏器间的摩擦。唾液能润滑食物，使之形成食团，便于吞咽。

(六) 水是机体内重要的溶剂

除脂肪和脂溶性维生素外，各种养分如氨基酸、葡萄糖、无机盐及水溶性维生素等都溶于水，这是营养物质消化吸收和转化利用的前提条件，只有如此，才能满足机体对各种营养物质的需要。

二、影响动物对水需要量的因素

(一) 动物机体内水的来源

动物机体内水的来源有 3 条途径，分别是饮水、饲料水和代谢水。

1. 饮水 饮水是动物获取水的最主要方式。与野生动物不同，它们在野外生存可以主动去寻找水源，而现今畜牧业生产追求集约化，水的供给完全由人为控制，所以每天供给动物充足的引水对动物的健康十分重要。

2. 饲料水 饲料中所含的水分依饲料种类不同而有差异。青绿饲料含水量高，如牧草、叶菜类、根茎类等含水一般超过 60%；谷实类含水一般低于 12%~14%。

3. 代谢水 机体摄入的营养物质在体内要经历一系列生化反应。无论是分解还是合成，均有水生成，这种水称之为代谢水。氧化 1g 糖约产生 0.6ml 水，分解代谢 1g 脂肪和 1g 蛋白质分别产生 1.1ml 水。这部分的水只占动物总需水量的 5%~10%，而且只要代谢稳定，其生成量也基本稳定。

(二)影响动物水需要量的因素

在人工饲养条件下，动物对水的需要量主要受环境温度、饲料条件和动物自身状况影响。

1. 环境温度 动物需水量随环境温度的增加而增加。因此，夏季比冬季需水量增加。炎热天气，如果缺乏饮水，动物很快出现厌食行为，极易导致代谢紊乱，甚至死亡。

2. 饲料条件 草食动物的饲料中含有大量的粗纤维，由于未被消化的粗纤维残渣要排出体外，所以要有充足的水；当动物采食高蛋白和高无机盐饲料时，也必须排出多余的无机盐和蛋白代谢产物，同样需要增加饮水。

3. 动物自身状况 动物活动量增加，体内水消耗增多，对水的需要量也增加；哺乳期间，仔畜增重快，机体对水的需求也增加。

第三节 蛋白质营养

一、蛋白质及其营养功能

(一)蛋白质的概念

1. 粗蛋白质 饲料中的含氮物质除纯蛋白质外，还有非蛋白质含氮化合物，也称氮化物，包括游离氨基酸、肽、氨、尿素、尿酸、硝酸盐、铵盐、酰胺、生物碱、有机碱及含氮糖苷等，将纯蛋白质和上述氮化物统称为粗蛋白质。

2. 氨基酸 氨基酸是构成蛋白质的基本单位，通式为 $R-CH(NH_2)COOH$ 。根据氨基酸分子中氨基的位置分为 α -氨基酸、 β -氨基酸、 γ -氨基酸和 δ -氨基酸，其中 α -氨基酸数量最多，也最重要。天然存在的氨基酸有 200 余种，但参与动植物体组成的氨基酸仅有 20 多种，按结构分为碱性氨基酸（赖氨酸、精氨酸、组氨酸、瓜氨酸）、酸性氨基酸（谷氨酸、天门冬氨酸）和中性氨基酸（苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、半胱氨酸、胱氨酸、色氨酸、脯氨酸、羟脯氨酸、焦谷氨酸）。在所有中性氨基酸中，苯丙氨酸、酪氨酸含有苯环，又称芳香族氨基酸；蛋氨酸、半胱氨酸、胱氨酸为含硫氨基酸；色氨酸、脯氨酸、羟脯氨酸、焦谷氨酸为杂环氨基酸；其余为脂肪族氨基酸。

组成蛋白质的各种 α -氨基酸，除甘氨酸外， α -碳原子均为不对称型，固分为 D 型和 L 型。2 者结构虽然相似，但生理功能不同。除蛋氨酸外，动物基本不能利用 D 型和 DL 型，这是因为动物体内的酶系统只能作用于 L 型氨基酸，而饲料中的蛋白质经消化分解后产生的

氨基酸也恰好都是 L 型的。

3. 非蛋白质含氮化合物 主要存在于植物性饲料中，占牧草总含氮量的 20% ~ 30%，含量最多的是氨基酸，其次分别为胺类、酰胺、尿酸、硝酸盐和生物碱。

(二)蛋白质的营养功能

蛋白质是动物生命的最基本物质，没有蛋白质就没有生命。

1. 构成体组织的基本原料 几乎所有的体组织（毛、皮、肌肉、神经、内脏、骨骼、血液、角、蹄、喙等）都以蛋白质为其主要成分。它是机体内除水分外含量最多的物质，占机体固形物的 45% ~ 50%。动物产品中肉、蛋、奶的主要成分也是蛋白质。各组织器官生理功能不同，是因为组成该组织器官的蛋白质种类以及存在形式不同。构成体组织的主要是球蛋白，体液中的蛋白质主要是白蛋白，构成骨骼、毛皮、角和蹄等的主要是硬蛋白。

2. 体组织的更新物质 动物体内的蛋白质不断进行新陈代谢，部分分解成氨基酸后进一步彻底分解，生成 CO_2 、 H_2O 和简单含氮物（尿素、铵盐等）排除体外。机体内原有的蛋白质不断分解，摄入的饲料蛋白又不断转化为新的机体蛋白。据同位素示踪技术测定和推算，大约在 1 年的时间内全部组织蛋白就更新 1 次。为了保证蛋白质在体内的正常代谢和更新，动物必需依靠饲料中的蛋白质作为合成组织蛋白的原料。

3. 机体的供能物质 当饲料中的碳水化合物和脂肪不足，或蛋白质供给过量或品质不佳时，部分蛋白质可分解产生能量，满足机体需要。蛋白质脱氨基后可转化成脂肪，作为机体的能源贮备。但在正常饲养条件下，应尽可能避免将饲料蛋白作为能源，这是因为蛋白质价格较高，而且热转化效率也低。

4. 机体功能的调节物质 激素作为体内重要的信息传递物质，调节机体的生长发育、生殖、水盐代谢及内环境稳定，酶催化体内的生化反应，2 者在化学本质上都是蛋白质。血红蛋白是 O_2 和 CO_2 在血浆中运输的载体；脂蛋白运输脂溶性维生素和脂肪代谢产物；免疫球蛋白参与机体的免疫反应。可以说，生命的一切基本现象都是通过蛋白质来实现的。

综上所述，蛋白质作为 6 大营养素中惟一含氮的物质，对机体具有其他营养素不能取代的作用。缺乏时，动物生长缓慢、繁殖力降低、抗病力减弱、组织器官结构和功能异常，严重影响动物的健康和生产。

二、必需氨基酸和非必需氨基酸

(一)必需氨基酸(EAA)

不能在动物体内合成或合成量很少不能满足需要，必须从饲料中提供的氨基酸叫做必需氨基酸。

在单胃动物中，属于必需氨基酸的有 10 种：赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、色氨酸、精氨酸、组氨酸。其中，精氨酸和组氨酸成年动物体内能够合成并满足需要，是不必需的，但对于生长旺盛的动物，体内合成又不能满足需要，因而是必需的，在这种情况下，营养学上称之为半必需氨基酸。禽类的必需氨基酸除上述 10 种外，还有甘氨酸、胱氨酸和酪氨酸，所以共 13 种。

一些氨基酸可以作为合成另一些特定必需氨基酸的前体，从而节省日粮中后者的添加量。例如，胱氨酸可以代替 50% 的蛋氨酸，苯丙氨酸需要量的 30% 可通过酪氨酸转化而来，禽类日粮中丝氨酸可在一定程度上取代甘氨酸。

(二)非必需氨基酸

是指可以在动物体内合成，无须从饲料中直接提供即可满足需要的氨基酸。属于这类氨基酸的有：谷氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸、丝氨酸、脯氨酸和羟脯氨酸。

对于反刍动物来说，并不需要从饲料中获得任何种类的特殊氨基酸。瘤胃微生物在有充足氮源和碳源情况下，能够合成各种必需和非必需氨基酸来满足动物需要。微生物合成氨基酸的主要碳源来自糖类，主要氮源是氨。

三、限制性氨基酸

饲料或日粮中的氨基酸之间要求有一定的比例关系，如果某一种氨基酸的缺乏影响了其他氨基酸的利用，称这一缺乏的氨基酸为限制性氨基酸。所有的限制性氨基酸都是必需氨基酸。氨基酸的供给量与需要量之比越低则缺乏的程度越大，即限制作用越强。通常将饲料中最缺少的氨基酸称之为第一限制性氨基酸，其次缺少的氨基酸则称之为第二、三、四…限制性氨基酸。测定方法是：首先测定所用饲料或日粮中必需氨基酸含量，再与动物需要量相比，其比值最低者为第一，其余为第二限制性氨基酸。计算公式如下：

$$\frac{\text{饲料中某种 EAA 含量}}{\text{动物对某种 EAA 需要量}} \times 100\%$$

现以仔猪用玉米豆粕型日粮中限制性氨基酸为例（表 1-1）说明如下：

表 1-1 仔猪用玉米豆粕型日粮的氨基酸化学评分

必需氨基酸	需要量(%)	日粮含量(%)	氨基酸化学评分
精氨酸	0.20	0.77	385
组氨酸	0.18	0.30	165
异亮氨酸	0.50	0.58	116
亮氨酸	0.60	1.31	218
赖氨酸	0.70	0.50	71
蛋氨酸 + 胱氨酸	0.45	0.48	106
苯丙氨酸 + 酪氨酸	0.70	1.24	177
苏氨酸	0.45	0.51	113
色氨酸	0.12	0.10	83
缬氨酸	0.50	0.59	118

摘自吴晋强等（1986）、《动物营养学》。

根据上表氨基酸化学评分结果即可推断：赖氨酸和色氨酸分别是第一、第二限制性氨基酸，而其他氨基酸不缺乏。

事实上，饲料中必需氨基酸含量不同，动物对各种必需氨基酸需要量亦不同，所谓限制性氨基酸是具体的一种饲料（或日粮）对某一具体动物而言的。但是对于常见日粮，限制性氨基酸种类通常是可知的，例如赖氨酸、蛋氨酸是大多数玉米——豆粕型猪、禽日粮的限制性氨基酸，蛋氨酸对于禽、赖氨酸对于猪更是显而易见的。

四、饲料中氨基酸平衡（理想蛋白质）及利用率

（一）氨基酸平衡（理想蛋白质）

日粮中各种必需氨基酸必须保持平衡。所谓氨基酸平衡是指日粮中各种必需氨基酸在数量和比例上要同动物特定需要量相符合，即供给与需要之间是平衡的，一般是指与最佳生产水平的需要量相平衡。只有氨基酸平衡才能保证其有效地利用。这种氨基酸平衡的蛋白质在营养需要中称之为“理想蛋白质”（1980），通常用百分比来表示。理想蛋白质的意义在于：