

畜牧学



概 论

XUMUXUE GAILUN

李光全 胡常红 主编



电子科技大学出版社

畜牧学

概 论

XUMUXUE GAILUN

李光全 胡常红 主编

常州大学图书馆
藏书章



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

畜牧学概论 / 李光全, 胡常红主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2016.4
ISBN 978-7-5647-3518-0

I. ①畜… II. ①李… ②胡… III. ①畜牧学—概论
IV. ①S81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 052662 号

畜牧学概论

李光全 胡常红 主编

出 版: 电子科技大学出版社
地 址: 成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 (610051)
策划编辑: 罗 雅
责任编辑: 马 瑶 李 倩
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 四川永先数码印刷有限公司
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 15.25 字数 362 千字
版 次: 2016 年 4 月第 1 版
印 次: 2016 年 4 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-3518-0
定 价: 42.00 元

版权所有★侵权必究

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

我国是农业大国，在农业总产值中，畜牧业占有的比重已超过 30%。1998 年，我国肉类总产量已占世界肉类总产量的 26%，人均占有的肉量和禽蛋量均超过世界平均水平。我国已成为世界畜牧业大国。畜牧业不但为提高与丰富我国人民的物质生活做出了重要贡献，成为国民经济收入的重要来源，而且为轻工业、医药工业、外贸出口提供了重要的原料，畜牧业在国民经济中占有非常重要的地位。

我国畜牧业 50 年的稳步发展，特别是国家推行改革开放政策以来，畜牧生产的整体水平有了很大提高，已由过去传统粗放型的农村副业，发展成为农村经济乃至国民经济的一个支柱产业。现代生物技术、生态学、系统学、计算机和工程技术等纷纷渗透交叉，各种自然科学新技术被广泛应用于当代畜牧业，许多社会科学新成果也正被现代畜牧企业应用于决策、管理和经营过程。随着畜牧产业化进程的发展，特别是人民生活水平的提高与环境保护意识的增强，可持续发展战略正日益为人们所关注。国家大力推进农业产业结构调整，改二元种植结构为三元种植结构，合理利用植物资源，变草为肉、变草为乳，逐步改变我国畜牧业中以猪、禽等耗粮型动物为主的生产结构，大力发展节粮型草食家畜生产，畜牧业呈现出前所未有的良好发展态势。但目前我国畜牧业整体生产水平与世界发达国家相比较低，特别是畜牧业产业化与社会化发展不够，养殖业的科技含量还不高，畜产品的深加工尚处于初级阶段，畜牧生产的发展与环境保护的矛盾正逐步显现出来。一个国家，没有畜牧业的高度发展，农业现代化就无从谈起。当今发达国家的畜牧业产值占农业总产值的比重一般都在 50% 以上，畜牧业现代化建设与发展的潜力巨大。随着人民生活水平的不断提高，畜牧产业必将成为我国现代化建设的一个新的生长点，我国也将由世界畜牧业大国逐步发展成为畜牧业强国。

教材简要论述了畜牧业与农业和人类生态环境的关系，系统、概要地介绍了畜牧科学的基本原理、现代畜牧业各养殖部门的饲养管理方法及畜禽规模生产的模式与技术。教材内容力图反映当代畜牧科技水平，探索与畜牧科学发展动态相结合的新路子。考虑到非动物科学专业学生使用的特点，教材在努力覆盖畜牧科学的基本内容、注意系统性的同时，注意突出重点及与其他专业知识的关联。

由于编写者水平有限，编写时间比较急促，书中定有不足甚至错误之处，敬请读者批评指正。

编 者
2016 年 1 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 畜牧业生产的概念及特点	(1)
第二节 畜牧业在我国国民经济中的地位	(1)
第三节 我国畜牧业的现状、存在的主要问题与发展对策	(3)
第二章 动物营养与饲料	(4)
第一节 饲料与畜体的化学组成	(4)
第二节 饲料营养物质与畜禽营养	(5)
第三节 饲料营养价值的评定	(23)
第四节 动物的维持营养需要	(28)
第五节 生产的营养需要	(29)
第六节 动物的饲养标准	(36)
第七节 饲料的分类及营养特性	(39)
第三章 家畜遗传的基本原理	(45)
第一节 细胞的遗传基础	(45)
第二节 家畜育种的基本理论与方法	(52)
第三节 动物数量性状的遗传	(64)
第四节 生物技术在家畜繁育上的研究进展	(67)
第四章 家畜育种	(73)
第一节 家畜的品种	(73)
第二节 动物生长发育的规律	(77)
第三节 家畜外形与生产性能评定	(80)
第四节 家畜的选种与选配	(84)
第五节 动物育种方法	(90)
第六节 杂种优势的利用	(97)
第五章 家畜繁殖	(100)
第一节 家畜生殖器官构造及机能	(100)
第二节 家畜的生殖生理特点	(103)
第三节 人工授精	(112)

畜牧学概论

第六章 养牛生产	(131)
第一节 养牛生产概述.....	(131)
第二节 牛场选址与牛舍建筑.....	(134)
第三节 奶牛的饲养管理.....	(137)
第四节 肉牛的饲养管理.....	(145)
第七章 养羊生产	(151)
第一节 养羊生产概论.....	(151)
第二节 羊的品种.....	(155)
第三节 羊的产品.....	(158)
第四节 羊的饲养管理.....	(167)
第八章 养猪生产	(175)
第一节 猪场建设与基本条件.....	(175)
第二节 种猪的饲养管理.....	(178)
第三节 幼猪培育.....	(184)
第四节 肉猪生产.....	(189)
第九章 养禽生产	(193)
第一节 家禽的生物学特性和品种.....	(193)
第二节 蛋禽生产.....	(196)
第三节 肉用禽生产.....	(205)
第十章 经济动物生产	(208)
第一节 经济动物生产概论.....	(208)
第二节 哺乳类经济动物生产.....	(209)
第三节 鸟类经济动物生产.....	(221)
第四节 两栖类和爬行类经济动物生产.....	(230)
第五节 昆虫类经济动物生产.....	(233)
参考文献	(238)

第一章 绪 论

第一节 畜牧业生产的概念及特点

畜牧业是从事畜禽养殖为人类提供生产与生活资料的产业。畜牧业生产是人类利用驯养动物的自然再生产能力，以植物性和部分动物性产品为主要食物（饲料），获取人类必需动物性产品的整个过程，是自然再生产和经济再生产的有机整体。在这个整体中，动物既是生产资料，又是生活资料，动物在整个畜牧业生产过程中的这种双重性，也是畜牧业区别于其他行业的主要特点。畜牧业生产是以植物生产为基础的第二性生产。植物生产是经过光合作用将太阳能转化为以碳、氮等物质为媒介体的植物化学能（仅能转化到达地面太阳能的1%）的第一性生产。而动物生产则是利用动物（尤其是草食动物）的生理机能，把绿色植物产品转化成为动物性产品，同时将一部分动物不能吸收利用的物质排出体外，作为肥料归还土地而成为植物生产所需的养分，这就形成了一个植物生产和动物生产相互联系、相互作用的农业生态系统。在这个生态系统中，植物生产是第一性生产，动物生产是第二性生产。动物生产应以植物生产为基础，其功能是将植物化学能转化成动物化学能并以动物产品的形式储存下来。

随着人类社会经济的发展及生活水平的逐步提高，动物性产品在人类膳食结构中所占比重不断增加，畜牧业生产已经成为农业生产体系的重要组成部分。在现代农业生产体系中，要求动物饲养量和个体生产水平不断提高，仅仅依靠植物生产的剩余粮食及其秸秆作为动物饲料已无法满足动物生产的需要。因此，植物生产应适应动物生产的需要而进行结构调整。据资料报道，在现代农业发达国家，畜牧业产值占农业总产值的比重一般在65%以上，饲料作物种植面积至少占农业用地面积的55%以上。畜牧业是我国国民经济的重要组成部分。畜牧业生产的目的是以最低的生产成本和环境代价，获取数量最大、品质优良和安全卫生的畜产品，丰富人们的生活，提高人们的健康水平，同时带动经济发展。也就是说在市场经济条件下，畜牧业生产的主要特征应当是“安全卫生”“优质”“高产”“生态”和“高效”。“安全卫生”是畜牧业生产的基本前提；“优质”是现代畜牧业生产不断追求的目标；“高产”是现代畜牧业生产的基本要求；“生态”是畜牧业可持续发展的客观要求；“高效”是现代畜牧业生产的永恒主题。正因为如此，不断提高畜牧业生产经济效益是每一个畜牧业生产者永恒的追求，而如何提高畜牧业生产经济效益就成了一个长期不变的命题。

第二节 畜牧业在我国国民经济中的地位

农业是我国国民经济的基础，是人类生存之本，而畜牧业是农业和整个国民经济的重要组成部分。世界上许多国家的畜牧业产值均接近或超过农业总产值的50%，如美国占

50.1%，英国占 59.8%，畜牧业比较发达的国家如新西兰、澳大利亚等占农业比重在 70% 以上。而我国畜牧业产值只占农业产值的 35% 左右，发达国家人均摄入肉、蛋、奶的量是我国人均的 2~3 倍。畜牧业发展水平也是一个国家经济发展阶段和人民生活水准的重要标志，畜牧业在农业和整个国民经济中占有重要地位。

一、促进农业可持续协调发展

以牧促农是确保种植业高产、稳产的基础。农业要高产，必须培育有机质含量高，具有良好结构和性能的肥沃土壤。将有机肥与无机肥配合使用，既提高土壤肥力，增强土壤抗旱保墒的能力，改善土壤结构及养分的有效性，又可降低农产品成本，提高农业生产的经济效益。畜多，肥多，粮多，这是被大量事实所证明的一条客观规律。

畜牧业可为农业生产提供大量的有机肥料，这些肥料不仅氮、磷、钾三要素齐全，还能供给农作物生长所需的钙、镁、硫、铁、硼、锌、铜等矿物质及微量元素。在农业生产中，大量使用无机肥料虽然可使生产量提高，但也带来明显的不良后果，如土壤结构严重恶化，致使农作物缺乏必要的营养而生长发育不良等。

发展畜牧业可使自然资源得到充分的合理利用，有助于生态平衡。从太阳能转化利用来看，人类大约只能利用 25% 的农作物产品，剩余 75%（糠麸、秸秆及加工副产品）需要通过畜禽转化为动物产品才能被人类利用。由此可见，实行农牧结合，以农养牧，以牧促农，反映了全面发展农业的客观规律，这是现代农牧业发展的必然趋势。

二、为人类提供营养价值高的动物性食品

乳类是经过家畜家禽对饲料营养物质进行转化的动物性食品，其营养价值高、味道好、易消化。动物性蛋白质的组成更适合人类的营养需要。动物性蛋白质在膳食结构中的比例，一定程度上反映了人民的生活水平与健康水平。

猪肉、禽肉、牛肉、羊肉是我国人民的主要肉食来源。猪肉味道鲜美，含热量高，一般含脂肪 28%、蛋白质 14%。禽肉蛋白质含量为 23.67%，超过其他肉类，且富含各种氨基酸。牛肉的营养丰富，是高蛋白低脂肪食物，中等肥度的含蛋白质 20.6%、脂肪 5.5%。羊肉含蛋白质 16.4%、脂肪 7.9%，胆固醇含量低于牛肉、猪肉。此外，畜牧业还可为人们提供马、驴、兔肉等。随着特种经济动物养殖业的发展，也给人们提供特种动物肉食品。

乳及乳制品所含营养物质丰富，易于消化吸收；乳中的矿物质种类也非常丰富，除了我们所熟知的钙以外，磷、铁、锌、铜、锰、钼的含量都很多。

三、为工业提供原料，促进出口创汇

畜牧业的发展能促进食品、制革、毛纺、医疗等工业的发展。肉、乳、蛋等为食品工业的重要原料。牛、羊、猪是制革工业的重要原料，可制作皮鞋、皮帽、皮夹克等。羊毛、兔毛可用于毛纺工业制作毛线、毛毯等。羽毛、血、骨、蛋壳可加工成动物饲料。羽绒富含弹性，保温性强，可制作被褥、寒衣等。许多生物药品取材于畜禽的内脏、腺体或血液，与制药工业关系密切。畜产品不仅是轻工业的原料，也是我国重要的出口创汇物资，如猪鬃、肠衣、羔皮、裘皮、兔毛、山羊皮、山羊绒、蜂蜜等产品的出口都居世界前列，换取了大量的外汇，对加快我国经济建设具有重要的意义。

第三节 我国畜牧业的现状、存在的主要问题与发展对策

一、我国畜牧业的现状

在我国，畜牧业是农村的一个中间产业，对农村经济发展起着至关重要的作用，它一头连着种植业，实现了粮食及其副产品转化增值，一头连着加工业和城镇市场，使产品变成现金，直接增加农民收入，同时对于提高人民群众生活水平起着不可替代的作用。改革开放以来，我国畜牧业稳步发展，无论是畜禽的饲养量，还是畜牧业产品产量及人均占有量都呈明显的上升趋势。特别是近些年来，随着强农惠农政策的实施，畜牧业呈现出加快发展势头，畜牧业生产方式发生积极转变，规模化、标准化、产业化和区域化步伐加快。2012年全国肉类产量达8221万吨、禽蛋产量2861万吨，居世界第一位；奶类产量3744万吨，居世界第三位。畜牧业产值2.6万亿元。从产量上说，我国是一个畜牧业大国，但是还远不是一个畜牧业强国。2012年，我国人均肉类占有量为61.9kg、禽蛋占有量为21kg，奶类占有量为28.6kg。肉类的消费达到了中等发达国家的水平，人均奶类的占有量现在为世界平均水平的1/4。我国畜牧业生产水平与世界发达国家水平相差很大。我国荷兰斯坦奶牛年平均单产仅为6855kg，大大低于美国9682kg的平均单产。预计到2015年，畜牧业总产值比重将达到48.6%，超过种植业47.4%的比重，成为农业中总产值第一大产业。畜牧业发展快的地区，畜牧业收入将达到农民收入的50%以上。

由此可见，我国畜牧业在保障城乡食品价格稳定、促进农民增收方面发挥着至关重要的作用，许多地方畜牧业已经成为农村经济的支柱产业，成为增加农民收入的主要来源，一大批畜牧业优秀品牌不断涌现，为促进现代畜牧业的发展做出了积极贡献。

二、存在的主要问题与发展对策

（一）品种

存在问题：种源丰富但良种覆盖率不高。

发展对策：在选择与杂交等常规育种技术基础上，推广先进的育种新技术和良种补贴政策。

（二）饲料

存在问题：人畜争粮，蛋白质资源严重缺口，草原退化等是制约畜牧业进一步发展的主因。

发展对策：调整种植结构，开发利用饲料资源，建立饲料工业体系，发展草食动物。用大量粮食发展畜牧业是极大的浪费，而用一定的种粮地换成种高产、优质饲料作物和牧草，是调整农业种植结构的重要内容。

（三）饲养管理

存在问题：饲养方式和饲养技术落后。

发展对策：全价饲料，科学饲喂。

（四）疫病预防

存在问题：疾病尚未清除，防疫体系不完善。

发展对策：建立健全疫病防治体系。

（五）宏观调控

存在问题：畜牧业价格波动大，宏观调控能力差。

发展对策：完善两大体系（产品供求市场体系和流通体系），加强政府宏观调控。

第二章 动物营养与饲料

第一节 饲料与畜体的化学组成

动物为了生存和生产，必须从外界环境中摄取食物（饲料）以获取所需要的各种营养物质。畜禽饲料的主要来源是植物，次要来源是动物性、矿物性或工业生产产品。因此，了解植物与动物在化学组成上的异同，是学习动物营养学的基础。

一、饲料中的营养物质及其分类

按照概略养分分析法可以把饲料中的营养物质分为水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、无氮浸出物和粗灰分六大类。

饲料中的营养物质及它们之间的关系见图 2-1。

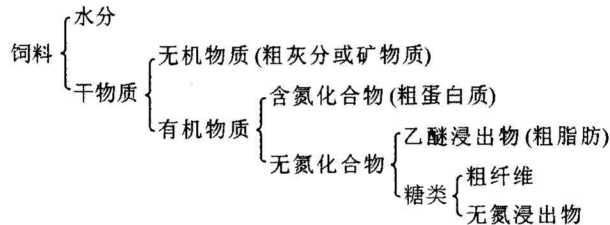


图 2-1 饲料的概略养分组成及其相互关系

（一）水分（moisture）

各种饲料都含有水分，含量变异很大。水分含量越多的饲料，干物质含量越少，相对而言，营养价值也越低。

饲料中的水分常以两种状态存在。一种是含于动植物体细胞间、容易挥发的水，称为游离水或自由水，也叫初水分；另一种是与细胞内胶体物质紧密结合在一起、形成胶体水膜、难以挥发的水，称为结合水或束缚水。这两种水分之和，称为总水分。

（二）粗蛋白质（Crude Protein, CP）

粗蛋白质是饲料中含氮物的总称，包括真蛋白质和非蛋白质含氮物，如游离氨基酸、酰胺、胺、硝酸盐等。常规饲料分析测定粗蛋白质，是用凯氏（Kjeldahl）定氮法测出饲料样品中的含氮量，然后用含氮量乘以蛋白质系数 6.25 或除以蛋白质的平均含氮量 16% 来计算粗蛋白质含量。

（三）粗脂肪（Ether Extract, EE）

常规饲料分析中用乙醚浸提样品所得的乙醚浸出物，称为粗脂肪。粗脂肪中除真脂肪外，还含有其他溶于乙醚的有机物质，如叶绿素、胡萝卜素、有机酸、树脂、脂溶性维生素等物质。

（四）粗纤维（Crude Fiber, CF）

粗纤维是饲料样品经过稀酸、稀碱和乙醇处理后的干物质，减去无机物（即粗灰分）

后的所有组分，包括纤维素、半纤维素和木质素。粗纤维是植物细胞壁的主要组成部分，是植物性饲料中最难消化的组分。但粗纤维并未包含饲料中所有不能或不容易被动物消化的全部组分。

(五) 无氮浸出物 (Nitrogen Free Extract, NFE)

无氮浸出物是饲料中除粗纤维以外的糖类，包括单糖、双糖和淀粉等。常规饲料分析不能直接测定无氮浸出物，而是通过计算得出。计算公式如下：

$$\text{无氮浸出物含量} = 100\% - (\text{水分} + \text{灰分} + \text{粗蛋白质} + \text{粗脂肪} + \text{粗纤维})\%$$

(六) 粗灰分 (crude ash)

饲料经 550℃ 灼烧后得到的残留物称为粗灰分，是饲料中的矿物质。

二、饲料与畜体的化学组成与差别

构成动植物体的主要化学元素是 C、H、O、N，其占动植物干物质的 91% ~ 95%。这些元素并非单独存在，而是结合成复杂的有机化合物。饲料与畜体的化学组成差异表现为：

一是植物性饲料中都含有粗纤维，而家畜体内完全不含粗纤维；

二是植物性饲料的粗蛋白质中包括氨化物，而家畜体内除含真蛋白质外，只含游离氨基酸和激素，不含氨化物；另外，植物性蛋白质和动物性蛋白质的氨基酸组成上有很大差异；

三是饲料粗脂肪中除中性脂肪和脂肪酸外，还含有色素和蜡质等，而家畜体内只有真脂肪，且通常含量高于植物性饲料；

四是植物性饲料中无氮浸出物含量较高，且多为淀粉，而家畜体内无氮浸出物含量小于 1%，化学成分是葡萄糖和糖原；

五是植物性饲料中钙少、磷多，但大多以难以被动物消化的植酸磷形式存在，而动物体矿物质中的主要成分是钙、磷，且钙、磷通常以一定比例存在。

第二节 饲料营养物质与畜禽营养

蛋白质是一切生物生命活动的物质基础，是细胞的重要组成部分，它是动物体内除水分外含量最多的物质。蛋白质不仅是生命体的组成成分，而且极具重要的生物学性质，在体内执行着各种各样的生物学功能。所以，蛋白质在畜禽营养中占有十分特殊的地位。

一、蛋白质与畜禽营养

(一) 蛋白质的化学组成

蛋白质是由许多氨基酸按照一定的序列通过肽键缩合而成的生物大分子物质的总称。大多数蛋白质含有碳、氢、氧、氮、硫五种元素，少数还含有磷、铁、铜和碘等。各种蛋白质的含氮量虽不完全相等，但差异不大 (15.5% ~ 18.0%)。一般蛋白质的含氮量平均为 16%，即 1g 蛋白氮相当于 6.25g 蛋白质。动物组织和饲料中真蛋白质含氮量的测定比较困难，通常只测定其中的总含氮量，并以粗蛋白表示。

氨基酸是组成蛋白质的基本单位，它的组成也就决定着蛋白质营养价值的高低。由于组成蛋白质的氨基酸数量、种类和排列顺序的不同形成了各种各样的蛋白质。因此，蛋白

质的营养实际上是氨基酸的营养。已知组成动植物蛋白质的氨基酸有 20 余种，不论哪种氨基酸都有一个氨基连接在与羧基相邻近的碳原子上。可用 $R-CH(NH_2) \cdot COOH$ 来表示。植物能合成自己全部的氨基酸，动物蛋白虽然含有与植物蛋白同样的氨基酸，但动物不能全部自己合成。氨基酸有 L 型和 D 型两种构型。除蛋氨酸外，L 型的氨基酸生物学效价比 D 型高，而且大多数 D 型氨基酸不能被动物利用或利用率很低。天然饲料中仅含易被利用的 L 型氨基酸。微生物能合成 L 型和 D 型两种氨基酸。化学合成的氨基酸多为 D、L 型混合物。

(二) 各类动物蛋白质的营养特点

1. 非反刍动物

(1) 消化

饲料蛋白质进入胃，在胃酸和胃蛋白酶的作用下，部分蛋白质（20%左右）被分解为分子较小的肽与胨，然后随同未被消化的蛋白质一同进入小肠继续进行消化，蛋白质和大分子肽在小肠中经胰蛋白酶和糜蛋白酶的作用下消化，分解生成大量游离氨基酸和小分子肽（寡肽），在胃和小肠未被消化的饲料蛋白质经大肠以粪的形式排出体外，其中部分蛋白质和氮化物在腐败细菌作用下可降解为吲哚、粪臭素、酚、氨等有毒物质，一部分经肝脏解毒后随尿排出。在大肠中，部分蛋白质和氮化物还可以在细菌利用下，不同程度地降解为氨基酸和氨，其中部分可被细菌利用合成菌体蛋白，但合成的菌体蛋白绝大部分随粪排出，只有少部分被再度降解为氨基酸后，能由大肠吸收极少部分。

由于马、驴、骡等草食动物的盲肠结构较为发达，利用氮化物的能力比猪强，其主要方式是微生物发酵。

(2) 吸收

单胃动物主要以氨基酸的形式吸收、利用蛋白质，其吸收部位在小肠，而且主要在十二指肠，亦可吸收少量寡肽。新生的幼猪、幼驹、幼犬、犊牛及羔羊的血液内几乎不含 γ -球蛋白。但在出生后 24~36h 内可依赖肠黏膜上皮的胞饮作用，直接吸收初乳中的免疫球蛋白，以获取抗体得到免疫力。

(3) 特点

①猪蛋白质消化吸收的主要场所是小肠，并在酶的作用下，最终以大量氨基酸和少量寡肽的形式被机体吸收、利用，而大肠的细菌虽然可利用少量氮化物合成菌体蛋白质，但最终绝大部分还是随粪便排出，因此，猪能大量利用饲料中的蛋白质，而不能大量利用氮化物。

②禽腺胃容积小，饲料停留时间短，消化作用不大，而肌胃又是磨碎饲料的器官，因此，家禽蛋白质消化吸收的主要场所是小肠，其特点大致与猪相同。

③马属动物和兔等单胃草食动物，盲肠与结肠相当发达，它们在蛋白质消化过程起着重要作用，这一部位消化蛋白质的过程类似反刍动物，而胃和小肠蛋白质的消化过程与猪类似，因此，草食动物不仅能利用饲料中的蛋白质，还能利用饲料中的氮化物。

2. 反刍动物

(1) 消化

饲料蛋白质进入瘤胃，在瘤胃微生物蛋白质水解酶的作用下，首先分解为肽，进一步分解为游离氨基酸，蛋白质消化分解产物——肽和氨基酸，部分被微生物用于合成菌体蛋

白质，部分氨基酸亦可在细菌脱氨酶的作用下经脱氨基进一步降解为 NH_3 、 CO_2 和挥发性脂肪酸，饲料中的非蛋白氮化合物（NPN）亦可在细菌尿素酶的作用下分解为 NH_3 和 CO_2 。 NH_3 可被细菌用于合成微生物蛋白质（MCP），亦称菌体蛋白质。在瘤胃中被发酵而分解的蛋白质称为瘤胃降解蛋白质（RDP）。在瘤胃中，只有细菌能利用氮化物，纤毛虫只能利用现成的由细菌分解而来的肽和氨基酸，合成纤毛虫体蛋白，具有改善饲料蛋白质品质的作用。

未经瘤胃微生物降解的饲料蛋白质直接进入后部胃肠道，通常称这部分饲料蛋白质为过瘤胃蛋白质（RBPP），亦称未降解蛋白质（UDP）。过瘤胃蛋白质与瘤胃微生物蛋白质一同由瘤胃转移至皱胃，随后进入小肠，其蛋白质的消化过程和单胃动物相近，靠胃肠道分泌的蛋白质酶水解。

（2）吸收

瘤胃壁对 NH_3 的吸收能力极强，饲料中的蛋白质和氮化物在瘤胃被细菌降解生成的氨，除被用以合成蛋白质外，部分经瘤胃、真胃和小肠吸收后转运到肝脏合成尿素。尿素大部分进肾脏随尿排出，小部分被运送到唾液腺随唾液返回瘤胃，再次被细菌利用。氨如此循环被反复利用的过程称为瘤胃氮素循环（或尿素循环）。这对反刍动物的蛋白质营养具有重要意义，既可提高饲料中劣质粗蛋白质的利用率，又可将食入的植物性粗蛋白质反复转化为菌体蛋白质，供畜体利用，从而提高了饲料蛋白质的品质。但过多的蛋白质，特别是优质蛋白质，被细菌降解，反而降低蛋白质的吸收率，且不利于氮化物的利用。

小肠对蛋白质的吸收形式同单胃动物一样。

（3）特点

蛋白质消化吸收的主要场所是瘤胃，靠微生物的降解，其次是小肠，在酶的作用下进行；反刍动物不仅能大量利用饲料中的真蛋白质，而且也能很好地利用氮化物；饲料蛋白质在瘤胃进行较大改组，通过微生物合成饲料中不含有的氨基酸；反刍动物的小肠可消化蛋白质中，来源于瘤胃合成的微生物蛋白质和饲料过瘤胃蛋白质；瘤胃微生物蛋白质品质好，仅次于优质动物蛋白质，与豆饼、苜蓿叶蛋白质相当，而优于大多数谷物蛋白质。

（三）蛋白质、氨基酸的质量与利用

蛋白质的质量是指饲料蛋白质被动物消化吸收后满足动物新陈代谢和生产对氮和氨基酸需要的程度。饲料蛋白质愈能满足动物的需要，其质量就愈高。其实质是指氨基酸的组成比例（模式）和数量，特别是必需氨基酸的比例和数量，愈与动物所需一致，其质量愈高。因此，准确评定、了解饲料蛋白质的质量具有重要的意义。

1. 必需、非必需及限制性氨基酸

（1）必需氨基酸

组成蛋白质的氨基酸有 20 多种，对动物来说都是必不可少的，但并非都必须由饲料直接提供。某些种类氨基酸在动物体内不能合成，或者合成速度慢，数量少，不能满足机体需要，必须由饲料供给，这类氨基酸称为必需氨基酸，对成年动物必需氨基酸有 8 种，赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、缬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、异亮氨酸；对生长动物有 10 种，上述 8 种加上精氨酸、组氨酸；对雏鸡有 13 种，上述 10 种加上甘氨酸、胱氨酸、酪氨酸。

各种动物所需必需氨基酸的种类大致相同，但因各自遗传特性的不同，也存在一定的

差异。

(2) 非必需氨基酸

某些种类氨基酸在动物体内可以合成，或者可由其他种类氨基酸转化而来，不是必须通过饲料直接提供的氨基酸称非必需氨基酸，如丙氨酸、谷氨酸、丝氨酸等。

从饲料供应角度分，氨基酸有必需与非必需之分，但从营养角度考虑，二者都是动物合成体蛋白和合成产品所必需，且它们之间的关系密切，某些必需氨基酸是合成某些特定非必需氨基酸的前体，如果饲料中某些非必需氨基酸不足时则会动用必需氨基酸来转化代替。这点在饲养实践中不可忽视，必须要供给充足的非必需氨基酸，防止必需氨基酸转化为非必需氨基酸。研究表明，蛋氨酸脱甲基后可转变为胱氨酸和半胱氨酸。猪和鸡对胱氨酸需要量的30%可由蛋氨酸来满足。若给猪和鸡充分提供胱氨酸，即可节省蛋氨酸；提供充足的酪氨酸可节省苯丙氨酸；丝氨酸和甘氨酸在吡哆醇的参与下，可相互转化。丝氨酸可完全代替甘氨酸参与体内的合成反应，而对雏鸡生长速度及饲料转化率均无影响。

反刍动物自身同样不能合成必需氨基酸，但瘤胃微生物能合成宿主所需的几乎全部的必需和非必需氨基酸。对于产奶量高或生长快速的反刍动物，瘤胃合成氨基酸的数量和质量则不能完全满足需要，必须以过瘤胃蛋白的形式由饲料补充。

(3) 限制性氨基酸

动物对各种必需氨基酸的需要量有一定的比例，但不同种类、不同生理状态等情况下所需要的比例不同，饲料或日粮缺乏一种或几种必需氨基酸时，就会限制其他氨基酸的利用，致使整个日粮中蛋白质的利用率下降，故称它们为该日粮的限制性氨基酸。必需氨基酸的供给量与需要量相差越多，则缺乏程度越大，限制作用越强。根据饲料或日粮中各种必需氨基酸缺乏程度的大小，分别称为第一、第二、第三……限制性氨基酸。

非反刍动物饲料限制性氨基酸的顺序容易确定。反刍动物由于瘤胃微生物的作用，只有讨论过瘤胃饲料蛋白和微生物蛋白混合物的限制性氨基酸才有意义。瘤胃微生物提供的蛋氨酸相对较少，此氨基酸可能是反刍动物的主要限制性氨基酸。不同的饲料，对不同的动物，限制性氨基酸的顺序不完全相同。对于猪，赖氨酸常为第一限制性氨基酸；对于家禽，蛋氨酸一般为第一限制性氨基酸。在生产实践中，饲料或饲料限制性氨基酸的顺序可指导饲料氨基酸的平衡和合成氨基酸的添加。

2. 氨基酸平衡与理想蛋白质

(1) 氨基酸平衡

氨基酸平衡是指日粮中各种必需氨基酸在数量和比例上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。蛋白质的质量问题实质上是必需氨基酸的数量和比例是否恰当的问题。而在实际生产中，常用饲料的蛋白质及必需氨基酸含量和比例与动物需要相比，大多不够理想，有的还相差甚远。因此，如何平衡饲料氨基酸是一个重要的问题，它直接涉及饲料蛋白质的质量和利用率。

①氨基酸的缺乏。一般在低蛋白质饲料情况下，可能有一种或几种必需氨基酸含量不能满足动物的需要。氨基酸缺乏不完全等于蛋白质缺乏。某些情况下，如我国南方常使用机榨菜籽饼作为猪的主要蛋白质饲料，有可能饲料蛋白质水平超过标准，而个别氨基酸（如赖氨酸）含量仍不能满足需要；或者蛋白质不足，但个别氨基酸并不缺乏。

②氨基酸的失衡。饲料氨基酸的相互比例与动物的需求比例不一致。一种或几种氨基

酸数量过多或过少则会出现氨基酸平衡失调。失衡主要是比例问题，缺乏主要是量不足。在实际生产中，饲粮氨基酸失衡一般都同时存在氨基酸的缺乏。

③氨基酸的互补。氨基酸的互补是指在饲粮配合中，利用各种饲粮氨基酸含量和比例的不同，通过两种或两种以上饲料蛋白质配合，相互取长补短，弥补氨基酸的缺陷，使饲粮氨基酸比例达到较理想状态。在生产实践中，这是提高饲粮蛋白质品质和利用率的经济有效方法。

④氨基酸的拮抗。某些氨基酸在过量的情况下，有可能在肠道和肾小管吸收时与另一种或几种氨基酸产生竞争，增加机体对这种（些）氨基酸的需要，这种现象称为氨基酸的拮抗。例如，赖氨酸可干扰精氨酸在肾小管的重吸收而增加精氨酸的需要；缬氨酸与亮氨酸、异亮氨酸之间存在拮抗作用；苯丙氨酸与缬氨酸、苏氨酸，亮氨酸与甘氨酸，苏氨酸与色氨酸之间也存在拮抗作用。存在拮抗作用的氨基酸之间，比例相差愈大拮抗作用愈明显。拮抗往往伴随着氨基酸的不平衡。

⑤氨基酸的中毒。氨基酸中毒是指过量添加某种氨基酸而引起动物生产性能下降，且不能用补加其他氨基酸的办法加以消除的现象。添加其他氨基酸可部分缓解中毒症，但不能完全消除，尤以蛋氨酸具有毒性，过量摄食可引起动物生长抑制，降低蛋白质的利用率。在必需氨基酸中，蛋氨酸最容易发生氨基酸中毒。

(2) 理想蛋白质

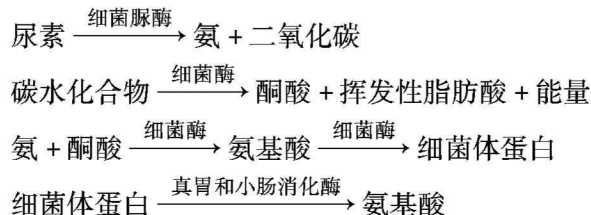
所谓理想蛋白质是指各种必需氨基酸以及供给合成非必需氨基酸的氮源之间具有最佳平衡的蛋白质。必需氨基酸总量与非必需氨基酸总量之间的比例约为 1:1，即日粮蛋白中的氨基酸供应量与动物的实际需要量相一致。

从理论上讲（如木桶原理）各种氨基酸成比例地参与某一蛋白质代谢过程，是以某种氨基酸的最低值为基准，循此比例参与代谢，超过此比例要求的所有过量的氨基酸都不能参与代谢，而是含氮部分经过转氨基作用、脱氨基作用等形成尿素或尿酸排出体外，不含氮部分或形成体脂肪，或最终分解为二氧化碳和水，并释放出能量，结果蛋白质浪费，生产性能降低。

(四) 反刍动物对非蛋白含氮物的利用

反刍动物营养中所说的含氮物（NPN）化合物，一般是指简单的含 N 化合物如尿素、二缩脲、铵盐等，可代替植物或动物来源的蛋白质饲料，饲喂反刍动物以提供合成菌体蛋白所需要的氮源，节省动植物性蛋白质饲料。

反刍动物对 NPN 的利用主要靠瘤胃中的细菌，利用 NPN 作为氮源，以可溶性碳水化合物作为碳架和能量的来源，合成菌体蛋白，进而和饲料蛋白质一样在动物体消化酶的作用下，被动物体消化利用，其利用机制（以尿素为例）如下：



尿素含有碳、氢、氧、氮，动物本身无法直接利用。尿素溶解度很高，在瘤胃中能迅速转化成氨，若大剂量饲喂，在瘤胃中可能积聚大量的氨而引起致命性的氨中毒；若饲喂

恰当，则是反刍动物很好的氮源。

因此，反刍动物饲料中使用尿素应注意以下几点。①瘤胃微生物对尿素的利用有一个逐渐适应的过程，一般需2~4周适应期。②用尿素提供氮源时，应补充硫、磷、铁、锰、钴等的不足，因尿素不含这些元素，且氮与硫之比以(10~14):1为宜。③当日粮已满足瘤胃微生物正常生长对氮的需要时，添加尿素等NPN效果不佳。至于多高的日粮蛋白水平可满足微生物的正常生长并非定值，常随着日粮能量水平、采食量和日粮蛋白本身的降解率而变，一般高能或高采食量情况下，微生物生长旺盛，对NPN的利用能力较强。④反刍动物饲料中添加尿素还需注意氨的中毒，当瘤胃氨水平上升到800mg/L，血氨浓度超过50mg/L就可能出现中毒。氨中毒一般多表现为神经症状及强直性痉挛，0.5~2.5h可发生死亡。灌服冰醋酸中和氨或用冷水使瘤胃降温可以防止死亡。一般奶牛饲料中尿素的用量不能超过饲料干物质的1%，才能保证既安全又有良好的效果。如果饲料本身含NPN较高，如青贮料，尿素用量则应酌减。

二、碳水化合物与畜禽营养

碳水化合物是自然界分布极广的一类有机化合物。它主要存在于植物体组织中，而在动物体内含量甚少。因其来源丰富、成本低而成为动物生产中的主要能源，在动物营养中具有重要意义。

(一) 碳水化合物的组成与性质

碳水化合物主要是由碳、氢、氧三种元素遵循1:2:1的结构规律构成的基本糖单位，其中氢和氧的比例与水的组成比例相同，故称碳水化合物。在生物化学中常用糖类这个词作为碳水化合物的同义语。但是，习惯上糖是指水溶性的单糖和寡聚糖，不包括多糖。寡聚糖又称为低聚糖或寡糖，含2~10个糖单位；含10个糖单位以上的称为多聚糖，包括淀粉、纤维素、半纤维素、果胶、半乳聚糖、甘露聚糖、黏多糖等；纤维素、半纤维素、果胶则统称为非淀粉多糖(NSP)。根据非淀粉多糖的水溶性，将溶于水的称为可溶性非淀粉多糖，如 β -葡聚糖、阿拉伯木聚糖等；不溶于水的则称为不溶性非淀粉多糖，如纤维素、半纤维素。可溶性NSP的抗营养作用日益受到关注。大麦中可溶性NSP主要是 β -葡聚糖，同时含部分阿拉伯木聚糖，猪、鸡消化道缺乏相应的内源酶而难以将其降解。它们与水分子直接作用增加溶液的黏度，且随多糖浓度的增加而增加；多糖分子本身互相作用，缠绕成网状结构，这种作用过程能引起溶液黏度大大增加，甚至形成凝胶。因此，可溶性NSP在动物消化道内能使食糜变黏，进而阻止养分接近肠黏膜表面，最终降低养分消化率。

在常规饲料分析中，碳水化合物包括无氮浸出物和粗纤维两大类。

1. 无氮浸出物

无氮浸出物是饲料有机物除去含氮物质、脂肪和纤维性物质以外的物质的总称，包括单糖、双糖和多糖类(淀粉类)等，又称为可溶性碳水化合物。无氮浸出物很容易被动物消化吸收和利用，是动物所需能源的主要来源，多余的部分能转化为体脂被储存起来。

2. 粗纤维

粗纤维通常是指植物性饲料中那些不溶于水或稀酸、稀碱难溶，动物难于消化的一系列物质的化合物，它包括纤维素、半纤维素、果胶、木质素等。

①纤维素

纤维素是构成植物细胞壁的主要成分，在粗饲料中，占粗纤维含量的70%~80%，是天然有机物中存在数量最多的化合物。动物消化液中没有分解纤维素的酶，但是瘤胃和大肠内的一些细菌、原虫以及霉菌等都能分泌纤维分解酶，这些微生物对反刍动物的营养有着极其重要的作用。

②半纤维素

半纤维素是植物细胞壁的构成成分之一。在植物体内一般和纤维素一起存在，并与木质素紧密联系，大量存在于植物的木质化部分，是己糖和戊糖的混合聚合物。它不受动物消化酶的作用，但受瘤胃微生物的作用，所以在研究粗饲料利用方面，不能忽视它的存在。

③果胶

果胶作为一种胶体物质存在于细胞之间，还有一部分充满细胞壁内的纤维物质的间隔，在植物细胞壁中占1%~10%。果胶中有一部分可溶解于草酸溶液内，这种可溶性的果胶是瘤胃细菌的良好营养液，几乎全部都被发酵利用。但非反刍动物的肠道细菌对其利用却有限。另外，一部分果胶是和木质素以及其他纤维物质紧密地结合在一起的，它不溶于草酸溶液，这部分果胶消化率低，在禾本科牧草内的含量比豆科高。天然的纤维素很难被纤维酶作用，这可能与细胞壁的胶体物质（主要是果胶覆盖）有关。

④木质素

木质素实质上并不是碳水化合物，不过，因为它是细胞壁的重要组成成分之一，对其他纤维物质的利用影响很大，所以，往往把它和碳水化合物放在一起讨论。木质素是植物生长成熟后才出现在细胞壁中的物质，含量为5%~10%，它是苯丙烷衍生物的聚合物，动物及其体内微生物所分泌的酶均不能使其降解，它通常与细胞壁中的多糖形成动物体内的酶难降解的复合物，从而限制动物对植物细胞壁物质的利用。但特殊的霉菌和土壤细菌则可破坏木质素的结构；用碱处理秸秆时，可破坏半纤维素与木质素的联系，有利于动物对半纤维素的消化。

（二）各类动物碳水化合物的营养特点

1. 非反刍动物

①消化

饲料碳水化合物进入口腔同唾液混合后便开始化学消化。但这种作用不是所有非反刍动物都有的。猪、兔、灵长目动物等的唾液中含有 α -淀粉酶，在微碱性条件下能将淀粉分解成麦芽糖和糊精。但因时间短，消化很不彻底。其他非反刍动物的唾液只起物理消化作用。下面以猪为例，介绍其对碳水化合物的消化代谢过程。

饲料碳水化合物中的淀粉，在猪的口腔可以分解一部分，把淀粉变为麦芽糖，这部分麦芽糖和未被分解的淀粉一起进入胃中，在胃内酸性条件下，仅有部分淀粉和部分半纤维素被酸解，消化甚微。淀粉和麦芽糖又向后移，到达十二指肠后受肠、胰淀粉酶和麦芽糖酶的作用，把淀粉水解为麦芽糖，麦芽糖再水解为葡萄糖。其他的糖类，则由相应的酶作用水解成单糖。小肠内未被消化的淀粉及葡萄糖，转移到盲肠及结肠，受细菌作用产生挥发性脂肪酸和气体（二氧化碳、甲烷等）。气体随粪便排出体外，挥发性脂肪酸则被肠壁吸收，参与体内代谢。饲料中的纤维性物质进入猪胃和小肠后不发生变化，转移至盲、结肠后，经细菌发酵，纤维素被分解为挥发性脂肪酸（VFA）和二氧化碳（CO₂），除部分