



固原市农业学校

“国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划”项目教材

# 动物营养与饲料

DONGWU YINGYANG YU SILIAO

刘春雨◎主编



黄河出版传媒集团  
阳光出版社



固原市农业学校

“国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划”项目教材

# 动物营养与饲料

DONGWU YINGYANG YU SILIAO

刘春雨◎主编



黄河出版传媒集团

阳光出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

动物营养与饲料 / 刘春雨主编. — 银川: 阳光出版社, 2013.7

ISBN 978-7-5525-0919-9

I. ①动… II. ①刘… III. ①动物营养—中等专业学校—教材②动物—饲料—中等专业学校—教材  
IV. ①S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 172701 号

---

## 动物营养与饲料

刘春雨 主编

责任编辑 王薇薇 段继科  
封面设计 静 璇  
责任印制 郭迅生

黄河出版传媒集团  
阳光出版社 出版发行

地 址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)

网 址 <http://www.yrpubm.com>

网上书店 <http://www.hh-book.com>

电子信箱 [yangguang@yrpubm.com](mailto:yangguang@yrpubm.com)

邮购电话 0951-5044614

经 销 全国新华书店

印刷装订 宁夏书宏印刷有限公司

印刷委托书号 (宁)0015943

---

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印 张 16.25

字 数 260 千

版 次 2013 年 7 月第 1 版

印 次 2013 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5525-0919-9/S·86

---

定 价 23.00 元

---

版权所有 翻印必究

# 《动物营养与饲料》编委会

主 编:刘春雨

副主编:刘 静 宋学功

编 委:(以姓氏笔画为序)

王 勇 王 霞 王新钧 邓志忠 何贵明  
杨春泉 周正祥 黄坤勇 黄淑媛 詹兴中

# 前 言

本教材为适应我校中等职业教育和市场职业需求形势,根据教育部有关规定、要求和行业发展情况而编写的。编写本教材时,充分考虑到当前我国畜牧业发展的要求,紧扣主题和培养目标,始终“以培养职业能力为核心,以训练职业技能为重心,以提高综合素质为目标”的理念,按照“理论够用,技能实用”的思路方针,本教材考虑了畜牧兽医专业化方向的教学需要,又参考了各学校不同教材的知识内容。

全书共分饲料营养物质与动物营养、动物营养需要与饲养标准、饲料的分类及其特点、饲料配方设计与配合饲料生产等四章节,并附有实验实习项目操作要求,以利于学生进行独立的操作和学习。重点介绍饲料生产及动物饲养过程中的最基本的操作技能。书中附有大量最新饲料营养需要价值表。语言规范,言简意赅,信息量大,突出实用性、可操作性、可读性和先进性。本教材适用于中等职业学校养殖、畜牧兽医专业教学,也可作为动物养殖户及养殖企业技术人员的生产参考用书。

在教材的编写过程中,得到了校领导的大力支持,同时也得到了同事们的大力帮助,并提出了宝贵意见,在此表示感谢,并特别感谢宁夏正旺农牧科技有限公司周正祥和宁夏大学外国语学院杨春泉给本书有关数据的核实、部分资料的翻译工作。由于编者水平有限,疏漏和不妥之处恳请广大读者批评指正。

编者

2013年3月20日

# 目 录

## 绪 论

- 第一节 营养与动物营养学 ..... 001
- 第二节 动物营养与动物生产 ..... 002
- 第三节 动物营养学的发展历程 ..... 003

## 第一章 饲料营养物质与动物营养

- 第一节 畜禽消化系统的构造与饲料的消化过程 ..... 006
- 第二节 动、植物体的化学组成 ..... 008
- 第三节 水与动物营养 ..... 012
- 第四节 蛋白质与动物营养 ..... 015
- 第五节 碳水化合物与动物营养 ..... 020
- 第六节 脂肪与动物营养 ..... 024
- 第七节 矿物质与动物营养 ..... 027
- 第八节 维生素与动物营养 ..... 034
- 第九节 各营养物质之间的相互关系 ..... 043

## 第二章 动物营养需要与饲养标准

- 第一节 营养需要与饲养标准 ..... 048
- 第二节 维持需要 ..... 051
- 第三节 繁殖的营养需要 ..... 053
- 第四节 生长肥育的营养需要 ..... 058
- 第五节 泌乳的营养需要 ..... 068
- 第六节 产毛的营养需要 ..... 072
- 第七节 产蛋的营养需要 ..... 076

## 第三章 饲料的分类及其特点

- 第一节 饲料原料的概念及分类 ..... 080

---

第二节 粗饲料 .....	085
第三节 青绿饲料 .....	089
第四节 青贮饲料 .....	097
第五节 能量饲料 .....	106
第六节 蛋白质饲料 .....	119
第七节 矿物质补充饲料 .....	123
第八节 维生素补充饲料 .....	128
第九节 饲料添加剂 .....	130
<b>第四章 饲料配方设计与配合饲料生产</b>	
第一节 畜禽的饲养标准 .....	133
第二节 配合饲料 .....	135
第三节 全价饲粮配方设计 .....	138
第四节 浓缩料的配方设计 .....	142
第五节 预混合饲料的配方设计 .....	145
主要参考文献 .....	148
附录 1: 实验实习指导 .....	149
附录 2: 畜禽饲养标准 .....	208

# 绪 论

## 第一节 营养与动物营养学

### 一、营养的概念

营养是有机体消化吸收食物并利用食物中的有效成分来维持生命活动、修补体组织、生长和生产的全部过程。食物中的有效成分能够被有机体用以维持生命或生产产品的一切化学物质,即通常所称的营养物质或营养素、养分。由此可知,有机体的营养过程就是营养物质在机体内的代谢过程。

营养是生物界的共同现象,也是生物与环境相互联系的纽带。自然界中的生物根据其营养特点不同,可分为自养生物和异养生物两大类。自养生物和异养生物是生物界物质循环的两大主要生物群落。它们相互制约、相互依存,并同时对环境产生影响,由此构成复杂的生态系统。营养是维系这一系统及其平衡的根本机制,没有合理的营养,生态系统就会被破坏。营养学是研究生物体营养过程的科学。通过这一过程的研究,可以阐明生命活动的本质,并通过营养调控措施维持生态系统的平衡。

根据研究的对象,营养学分为动物营养学、植物营养学和微生物营养学三大学科。动物营养学和植物营养学分别是动物生产和植物生产的支柱学科,微生物营养学不但可同时为动物生产和植物生产服务,而且可直接为人类健康和食物生产服务。

营养物质在土壤——植物——动物——人食物链中的流向与转移,不但是农业生产的根本基础,也是农业生产的最终目的。现代农业的最大特点就是营养物质在食物链中的快速和高效转移与回流。要体现这一特点,必须研究和掌握动物、植物和微生物营养。因此,营养学或其三大分支学科是农业生产及其可持续发展的理论基础。

### 二、动物营养学的目的与任务

营养学是通过研究生物体营养过程,掌握营养物质摄入与动物生命活动(包括生产)之间关系的科学。养分是动物生命活动的物质基础。研究养分的摄入与动物健康和高效生产的定

性定量规律,不但可以为动物生产提供理论根据和实践指南,维持动物生产的高效进行,而且有助于揭示动物生命活动的本质、动物与人及环境的互作关系。因此,动物营养学不但是动物生产的理论基础,也是生命科学和资源环境科学的组成部分。

动物营养学的主要研究内容包括以下几方面。

第一,确定必需营养素及其理化特性;

第二,研究必需营养素在体内的代谢过程及其调节机制;

第三,研究营养摄入与动物健康的关系;

第四,研究动物营养与人及环境之间的互作规律;

第五,制定不同条件下、不同生产目的的动物对各种营养物质的需要量;

第六,研究动物营养学的研究方法。

通过研究,揭示养分利用的定性定量规律,形成饲料资源的高效利用、动物产品的高效生产、人类健康及生态环境的长期维护的动物营养科学指南,使动物生产在土壤——植物——动物——人食物链中与其他要素协调发展,为维持食物链的高效运转发挥积极作用。

由此可见,动物营养学研究内容深、广,研究目标远、难,十分艰巨。完成这一任务,不但需要长期不懈的努力,更需要多学科理论和技术的融合。动物营养学至少与 30 多门自然科学特别是与生命科学有关的学科,以及经济、政治、环境等社会学科有联系。掌握或了解这些学科的基本知识有助于全面深入理解动物营养学的内涵,推动动物营养学的发展。

有些学科还是动物营养学的理论基础和方法基础。与动物营养学关系十分密切的学科包括《普通化学》《动物生物化学》《动物生理学》《数学》《土壤学》《微生物学》《生态学》《畜牧经济学》《饲料与饲养学》等。

## 第二节 动物营养与动物生产

### 一、动物生产的特点

动物生产的特点是将粮食及人类不能直接利用的物质转化为人类生存的生活质量提高所必需的食物、衣物、药物、娱乐、劳力、自然环境等产品或方式。其中,生产食物是动物生产的主要目的。从生产人类食物的角度看,动物生产的重要特点是物质利用效率低。下表说明,动物生产的蛋白质转化效率平均只有 20%左右,而能量转化率只要 15%左右。

动物生产的另一个特点是动物可以将人类不能直接利用的养分资源(如牧草、各类副产品等)转化为人类食品,从而提高食物生产体系中的养分利用率。以人类可食部分为基础计算的投入产出效率明显高于总效率。其中,产奶的能量和蛋白质以及生产牛肉的蛋白质的投入产出效率均超过 100%,意味着从事这两类产品的生产不仅不存在与人争食的矛盾,而且会提高人类食品的生产水平和效益。

### 二、动物营养学在动物生产中的作用

动物营养学在动物生产和饲料工业中起着核心作用。

### (一)在动物生产中的作用

动物营养学在动物生产中的作用表现在以下几个方面。

1. 保障动物健康。

2. 提高生产水平。动物生产的实质是养分的沉积(产肉)或分泌(产奶、产蛋),营养是生产产品的物质基础。与 50 年前比较,现代动物的生产水平提高了 80%~200%。其中,营养的贡献率占 50%~70%。

3. 改善产品质量。

4. 降低生产成本。动物生产的总成本中,饲料成本占 50%~80%。

5. 保护生态环境。

### (二)在饲料工业中的作用

饲料工业是以动物营养为基础,以养殖业为服务对象的从事商品饲料生产的工业行业,包括饲料原料工业、饲料添加剂工业、饲料机械工业和饲料加工工业。

动物营养是决定饲料企业产品定位、产品产量与质量、企业生产效率的核心因素。饲料产品的结构、饲料原料及添加剂的选用与配比、饲料工厂的设计、饲料机械的选用、饲料加工工艺设计等均需要以动物营养学为理论基础和行动指南。

## 第三节 动物营养学的发展历程

### 一、动物营养学的发展历史

现代动物营养学大体经历了三个阶段共两百多年时间才形成的。从 18 世纪中叶到 19 世纪中叶的一百年时间为第一阶段。此时期的最大成就是法国化学家 Antoine Lavoisier (1743~1794 年)创立了燃素学说,奠定了营养学的理论基础,第一阶段营养学进展很慢。

从 19 世纪中叶开始以后的一百年为第二阶段。此阶段的主要成就是认识到了蛋白质、脂肪和碳水化合物三大有机物是动物的必需养分。大部分研究集中在这三大养分及能量利用率上,并开始积累有关矿物元素的资料。

从 20 世纪中叶起,动物营养学的发展进入第三个阶段,即现代动物营养学的形成与发展阶段。从 20 世纪 30 年代开始,维生素、氨基酸、必需脂肪酸、无机元素、能量代谢、蛋白质代谢、动物营养需要及养分互作关系的研究取得巨大进展。特别是在 20 世纪 30~40 年代,分离并阐明了维生素的化学结构以后,微量养分的营养就初步形成了。20 世纪 40 年代开始了对氨基酸的营养研究。到 20 世纪 50 年代,对微量元素、维生素、氨基酸这些微量养分的营养功能和需要量进行了大量研究,同时发现了低剂量的抗生素具有促进动物生产和改善饲料利用率的功效。这些研究成果表明,在天然饲料中加入这些微量的营养性物质(微量元素、维生素和氨基酸)以及非营养性的抗生素,可使动物生产潜力得到最大限度发挥,由此诞生了“饲料添加剂”的概念。到了 20 世纪 60 年代,维生素、氨基酸、抗生素的人工合成取得成功,养殖业也开始向规模化、集约化方式发展,大大促进了动物营养学在生产实际中的应用。与此同时,饲料工业进入迅速发展时期。应用已知的动物营养学知识所生产的配合饲料能够促使养殖生产水平和饲粮利用率的大幅度提高,标志着现代动物营养学已经形成。从 20 世纪 60 年代至今,现代动物营养学得到了迅速发展。

动物营养学的形成与发展归因于长期以来农牧民养殖经验的总结和近一个世纪以来动物科学及相关学科科学技术的发展。

## 二、动物营养学的现状

在过去的四五十年间,现代动物营养学取得了巨大成就,主要体现在以下几方面。

第一,确定了 50 种必需养分。

第二,了解了养分的主要代谢过程,掌握了养分的基本功能,弄清了养分的缺乏症和某些养分的中毒症。

第三,制定了各类动物对主要养分的营养需要量,掌握了主要养分的利用效率,使动物生产能够在较准确的营养调控下进行。

第四,建立了一整套动物营养学的研究方法。

第五,了解了多种因素对营养代谢和需要量的影响。

第六,认识了饲料添加剂在动物营养中的重要作用。

第七,研究领域正在由宏观向微观、由群体营养向细胞营养分子营养、由局部向整体、由静态向动态方向发展,分支学科和交叉学科正在形成,如环境营养学、免疫营养学、微生物营养学、分子营养学等。

动物营养学的巨大成就促进了饲料工业的迅速发展和动物生产水平与效益的提高。

动物营养学存在的主要问题有以下几方面。

第一,缺乏动物组织代谢和生长的细胞调节和分子调节过程的基本知识。

第二,缺乏对动物与其消化道微生物生态系统相互关系的了解。

第三,对营养与遗传、营养与健康、营养与环境及动物福利、营养与产品品质等关系的研究十分薄弱。综合考虑这些因素的相互作用时,动物营养需要的含义及需要量有何变化,目前知之极少。

第四,对动物达到最佳生产性能时的采食量及其调控机制与措施了解不足。

第五,高效迅速地检测饲料中养分和抗营养因子的含量以及评定养分的生物利用率的技术尚不完善。

第六,新饲料资源的开发及利用各类副产物合成动物的必需养分或其前体物的研究十分有限。

第七,缺乏准确、客观评定动物福利要求的理论和技术。

## 三、动物营养学的发展趋势

现代动物营养学的薄弱领域就是动物营养学未来的研究重点和发展方向。重要领域包括:

第一,蛋白质合成与动物生长的细胞调节与分子调节机制。

第二,消化道微生物生态系统、消化功能和动物营养之间的相互关系。

第三,动物营养需要的动态模型。

第四,采食量的调控机制与措施。

第五, 饲料及饲粮养分生物学效价的快速准确评定。

第六, 动物生产目标的改变、动物福利、环境与资源保护、人畜健康、立法等因素将明显影响动物营养需要与饲养方式, 成为未来动物营养学的热门研究领域。

第七, 提高生产效率的营养管理综合技术。

第八, 研究手段的更新。

# 第一章 饲料营养物质与动物营养

**基本要求:**了解动物体的消化系统结构及异同点,掌握各营养物质在畜禽体内的转化规律,明确动、植的化学组成及动物的消化、吸收特点。

**重点:**应着重掌握各营养物质在畜禽体内的转化规律。

## 第一节 畜禽消化系统的构造与饲料的消化过程

饲料中的营养成分,除水、矿物质和维生素可被机体直接吸收利用外,碳水化合物、蛋白质和脂肪都是较复杂的大分子有机物,不能直接吸收,必须在消化道内经过物理的、化学的和微生物的消化,分解成为简单的小分子物质,才能被机体吸收利用。饲料在消化道内的这种分解过程叫消化。饲料经过消化后,营养物质通过消化道黏膜上皮细胞进入血液循环的过程叫吸收。

### 一、消化系统的结构

消化系统由消化道和消化腺两部分组成。消化道为饲料通过的管道,起始于口腔,经咽、食管、胃、小肠、大肠,止于肛门。消化腺是分泌消化液的腺体。包括唾腺,肝、胰、胃腺和肠腺等。消化系统根据其不同结构可以分为以下三种类型:

(一)单胃类 肉食类、杂食类和草食类,如猪:食道、胃、小肠、大肠(盲肠、结肠和直肠)。

(二)反刍类 如牛、羊等,食道、瘤胃、网胃、瓣胃、皱胃、小肠和大肠(盲肠、结肠和直肠)。

(三)禽类 鸡、鸭、鹅、火鸡等,上食道、素囊、下食道、腺胃、肌胃、十二指肠、小肠、盲肠、直肠和泄殖腔。

### 二、动物对饲料的消化方式

动物按其采食习性可分为肉食类,如狗、猫等;杂食类,如家禽、猪等;草食类,如牛、马、羊、兔等。它们消化道的构造和功能均有差异,但是它们对饲料中各种营养物质的消化却具有许多共同的规律,其消化方式主要归纳为物理性消化、化学性消化和微生物消化。

### (一)物理性消化

口腔中的物理性消化。动物口腔内饲料的消化主要是物理性消化。它主要靠动物的咀嚼器官(牙齿)和消化道管壁的肌肉运动把食物压扁、撕碎、磨烂,增加食物的表面积,使其易与消化液充分混合,并把食糜从消化道的一个部位运送到消化道的另一个部位。

家禽口腔内没有牙齿,靠喙采食饲料。喙也能撕碎大块食物。鸭和鹅为扁平状的喙,边缘粗糙面具有很多小型的角质齿,也有切断饲料的功能。饲料与口腔内分泌的黏液混合,再吞咽入胃进行酶的消化。

猪口腔内牙齿对饲料的咀嚼比较细致,咀嚼时间长短与饲料的柔软程度和猪的年龄有关。一般粗硬的饲料咀嚼时间长,随猪年龄的增加,咀嚼时间相应缩短。

非反刍草食动物,马主要靠上唇和门齿采食饲料,靠臼齿磨碎饲料,咀嚼比猪更细致。咀嚼时间愈多,饲料的润湿、膨胀、松软愈好,愈有利于胃内继续消化。草食性的家兔,靠门齿切断饲料,臼齿磨碎饲料,并与唾液充分混合而吞咽。该类动物的饲料饲喂前适当切短,有助于动物采食和牙齿磨碎。

反刍动物采食饲料后,不经充分咀嚼就吞咽到瘤胃。饲料在瘤胃受水分及唾液的浸润被软化,休息时再返回口腔仔细咀嚼。这是反刍动物特有的反刍现象,也是饲料在口腔内进行的物理性消化。经反刍后的食糜,颗粒很细,有利于微生物的进一步消化。胃肠内物理性消化饲料在动物胃、肠内的物理性消化,主要靠管壁肌肉的收缩,对食糜进行研磨和搅拌。家禽靠肌胃壁强有力的收缩磨碎食物,鸡饲料中有少许沙石,更有利于肌胃机械性的磨碎饲料。

### (二)化学性消化

动物对饲料的化学性消化。主要是酶的消化。酶的消化是高等动物主要的消化方式,是饲料变成动物能吸收的营养物质的一个过程,对非反刍动物的营养具有特别重要的作用。各种消化酶均有其专一作用的特征,可以将酶分为三类:分解碳水化合物的是淀粉酶,分解蛋白质的是蛋白酶,分解脂类的是脂肪酶。

不同种动物同一部位消化酶分泌的特点不同,动物口腔分泌物中通常含有黏液,用来润湿食物,便于吞咽。人的唾液中含淀粉酶较多,猪和家禽唾液中含有少量淀粉酶,牛、羊、马唾液中不含淀粉酶或含量极少,但存在其他酶类,如麦芽糖酶、过氧化物酶、酯酶等。唾液淀粉酶在动物口腔内消化很弱,随食糜进入胃内,在胃内还可以进一步消化。反刍动物唾液中所含碳酸氢钠和磷酸盐,对维持瘤胃适宜酸度具有较强的缓冲作用。不同生长阶段的动物,分泌消化酶的种类、数量、酶的活性不同。

### (三)微生物消化

消化道中的微生物,在动物消化过程中起着积极的不可忽视的作用。这种作用对反刍动物的消化十分重要,是反刍动物能大量利用粗饲料的根本原因。反刍动物的微生物消化场所主要在瘤胃。成年反刍动物瘤胃容积庞大,大型牛为140~230L,小型牛为95~130L,几乎占整个腹腔的一半,约为4个胃总容积的80%,为消化道容积的70%。瘤胃好似一个厌氧的高效率的发酵罐。瘤胃中经常有食糜流入和排出,食物和水分相对稳定,渗透压接近血浆水平,温度通常保持在38.5℃~40℃,pH值维持于5~7.5,呈中性而略偏酸,很适合厌氧微生物的繁殖。瘤胃微生物种类复杂,主要为嫌气性的纤毛虫和细菌两大类群。其数量随着饲料种类、饲喂制度及动物年龄等因素的不同而变化。一般成年反刍动物每1ml瘤胃液含细菌为(0.4~6.0)

$\times 10^{10}$ , 含纤毛虫  $(0.2 \sim 2.0) \times 10^6$ , 总体积约占瘤胃内容物的 5% ~ 10%, 其中细菌和纤毛虫各半。瘤胃微生物若按鲜重计算, 绝对量达 3 ~ 7kg。瘤胃微生物除纤毛虫和细菌外, 也还有酵母类型的微生物和噬菌体等。

瘤胃中微生物能分泌  $\alpha$ -淀粉酶、蔗糖酶、呋喃果聚糖酶、蛋白酶、胱氨酸酶、半纤维素酶和纤维素酶等。这些酶可将饲料中的糖类和蛋白质分解成挥发性脂肪酸、氨气等营养性物质, 同时微生物发酵也产生甲烷、二氧化碳、氢气、氧气、氮气等气体, 通过暖气排出体外。有试验证明, 绵羊由瘤胃转入真胃的蛋白质, 约有 82% 属菌体蛋白, 可见饲料蛋白质在瘤胃中大部分已转化成了菌体蛋白。瘤胃微生物不仅与宿主存在共生关系, 而且微生物之间彼此存在相互制约、相互共生的关系。纤毛虫能吞食和消化细菌, 除了菌体能提供营养来源外, 还可利用菌体酶类来消化营养物质。

瘤胃微生物在反刍动物的整个消化过程中具有两个优点: 一是借助于微生物产生的纤维素分解酶( $\beta$ -糖苷酶), 消化宿主动物不能消化的纤维素、半纤维素等物质, 提高动物对饲料中营养物质的消化率; 二是微生物能合成必需氨基酸、必需脂肪酸和 B 族维生素等物质供宿主利用。瘤胃微生物消化的不足之处是微生物发酵使饲料中能量损失较多, 优质蛋白质被降解和一部分碳水化合物发酵生成甲烷、二氧化碳、氢气及氧气等气体, 排出体外而流失。

非反刍草食动物的微生物消化也是比较重要的。如马的盲肠类似瘤胃, 食糜在马盲肠和结肠滞留达 12 小时以上, 经微生物充分发酵, 饲草中粗纤维 40% ~ 50% 被分解为 VFA(挥发性脂肪酸)、氨气和二氧化碳。家兔的盲肠和结肠有明显的蠕动与逆蠕动, 从而保证盲结肠内微生物对食物残渣中粗纤维进行充分消化。

## 第二节 动、植物体的化学组成

动物与植物虽然营养方式不同, 但在化学组成上却十分相近。目前已知的 109 种化学元素中, 动植物体内已发现 60 多种, 其中绝大多数元素分布于元素周期表中第 I 族和第 VIII 族, 多数处于第 1 ~ 4 周期内, 原子序数较小, 是比较轻的元素。这些元素中, 以 C、H、O、N 含量最多, 占总量 95% 以上。矿物元素的含量较少, 约占 5%。构成动植物的化学元素并非都游离存在, 绝大部分构成复杂的有机和无机化合物。

### 一、动物体的化学成分

动物体的化学成分依动物种类、年龄、体重、营养状况不同而不同。

#### (一) 水分

动物体内水分含量随年龄的增加而大幅度降低。以牛为例, 胚胎期含水分高达 95%, 初生犊牛含水 75% ~ 80%, 5 月龄幼牛含水 66% ~ 72%, 成年牛体内含水仅 40% ~ 60%, 相对稳定。动物体内水分随年龄增长而大幅度降低的主要原因是由于体脂肪的增加。从表中可以看出: 瘦阉牛体内含脂肪 12%, 含水 64%; 肥阉牛体内含脂肪 41%, 含水 43%。又如猪从体重 8kg 至 100kg, 水分从 73% 下降到 49%, 脂肪则从 6% 上升到 36%。由此可见动物体内水分和

脂肪的消长关系十分明显。

水分是动物体成分之一,不同器官和组织因机能不同,水分含量亦不同。血液含水分 90%~92%,肌肉含水分 72%~78%,骨骼组织含水分约 45%,牙齿珐琅质含水分仅 5%。

动物体内的化学成分(%)

动物种类	水分	蛋白质	脂肪	灰分	无脂样本			无脂干物质	
					水分	蛋白质	灰分	蛋白质	灰分
犊牛(初生)	74	19	3	4.1	76.2	19.6	4.2	82.2	17.8
幼牛(肥)	68	18	10	4.0	75.6	20.0	4.4	81.6	18.4
阉牛(瘦)	64	19	12	5.1	72.6	21.6	5.8	79.1	20.9
阉牛(肥)	43	13	41	3.3	72.5	21.9	5.6	75.9	20.5
绵羊(瘦)	74	16	5	4.4	78.4	17.0	4.6	78.2	21.8
绵羊(肥)	40	11	46	2.8	74.3	20.5	5.2	79.3	20.7
猪(体重8kg)	73	17	6	3.4	78.2	18.2	3.6	83.3	16.7
猪(体重30kg)	60	13	24	2.5	79.5	17.2	3.3	84.3	15.7
猪(体重100kg)	49	12	36	2.6	77.0	18.9	4.1	82.4	17.6
母鸡	57	21	19	3.2	70.2	25.9	3.9	86.8	13.2
兔子	69	18	8	4.8	75.2	19.6	5.2	79.1	20.9
马	61	17	17	4.5	73.9	20.6	5.8	79.2	20.8
人	60	18	18	4.3	72.9	21.9	5.2	80.7	19.3

## (二)有机物质

脂肪和蛋白质是动物体内两种重要的有机物质。动物体内碳水化合物含量极少。蛋白质是动物体各组织器官重要的组成成分。动物体内各种酶、抗体、内外分泌物、色素以及对动物有机体起消化、代谢、保护作用的一些特殊物质多为蛋白质。动物体内的蛋白质是由各种氨基酸按一定顺序排列构成的真蛋白质。

动物种类不同体内的脂肪含量不同。一般说来,猪体脂肪贮量最高,牛、羊次之,鸡、兔、鱼等动物体内脂肪贮量较少。脂肪的含量与营养水平、采食量密切相关。同一种动物用高营养水平,特别是高能量水平饲料饲喂,体脂的贮量则高。动物随年龄和体重的增加,体脂肪和水分含量呈显著负相关( $r=-0.89$ )。动物生产上分割脂肪组织含脂肪 30%~90%。分割肌肉组织含脂肪较少。如猪的肌肉组织含脂肪约 20%;鸡的胸肌组织含脂肪不足 20%;大理石状的牛腰肉含脂肪 15%~20%。

动物体内碳水化合物含量少于 1%,主要以肝糖原和肌糖原形式存在。肝糖原约占肝鲜重的 2%~8%,总糖原的 15%。肌糖原约占肌肉鲜重的 0.5%~1%,总糖原的 80%。其他组织中糖原约占 5%。葡萄糖是重要的营养性单糖,肝、肾是体内葡萄糖的贮在库。

## (三)灰分(矿物质)

1.常量元素 含量大于或等于 0.01%者称为常量元素。

动物体内灰分主要由各种矿物质组成,其中钙、磷占 65%~75%。90%以上的钙、约 80%的磷和 70%的镁分布在动物骨骼和牙齿中,其余钙、磷、镁则分布于软组织和体液中。据 18 头

不同年龄的阉牛空体成分(除去消化道内容物)分析,主要矿物元素平均百分含量为:Ca 1.33、P 0.74、Mg 0.04、Na 0.16、K 0.19、Cl 0.11、S 0.15。

2.微量元素 含量小于 0.01%的元素称为微量元素。除以上矿物元素外,含量仅为动物体十万分之几至千万分之几的 Fe、Cu、Zn、Mn、Co、Se、Mo、F、Cr、Ni、V、Sn、Si、As 等 15 种元素,是动物必需的微量元素。Ba、Cd、Sr、Br 等元素是否必需,尚无定论。另外还有一些元素在动物体内存在,但生理作用不了解,它们是动物所必需的还是因环境污染而进入动物体内的,尚待进一步研究。

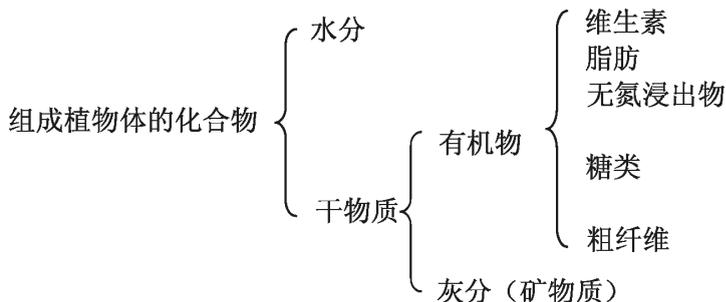
#### (四)动物活体成分的估计

动物总体成分的分析,是研究动物营养经常要进行的一项工作。鉴于动物总体成分分析耗费大量人力、物力,不少学者进行了大量研究,简化分析程序,获得了一定成效。

根据动物活体成分构成规律,动物总体重 = 水分重 + 脂肪重 + 脱脂干物质重。水分与脂肪含量呈显著负相关。脱水和脱脂干物质中,蛋白质和灰分含量又相对稳定。因此估计动物的活体成分只需要测出体脂肪或水分含量,即可估测活体其他成分。有人认为用相对密度法可以测定动物活体脂肪含量;用各种染料(如 evans 蓝染料)或氧化氘或氙等作标记物,静脉注射,然后测定该化合物在动物体内的稀释量,由此估计动物体内水分含量。

## 二、植物体的化学成分

植物不同部位,化学成分相对比例变异较大。植物整体水分含量随植物从幼龄至老熟,逐渐减少。碳水化合物是植物的主要组成成分。碳水化合物分为粗纤维和无氮浸出物。粗纤维是植物细胞壁的构成物质,在植物茎秆中含量较高。蛋白质、脂肪、矿物质的含量随植物种类不同差异很大。如豆科植物含蛋白质较多,牧草特别是豆科牧草含矿物质相对较多。一般说来,动物体内蛋白质含量较高,植物体内碳水化合物含量较高。



植物不同部位的成分差异较大。植物成熟后,将大量营养物质输送到籽实中贮存,因而籽实中蛋白质、脂肪和无氮浸出物含量皆高于茎叶,粗纤维含量则低于茎叶。如玉米籽实和玉米秸的成分差异较大。植物叶片是制造养分的主要器官,叶片中蛋白质、脂肪、无氮浸出物含量比茎秆高,粗纤维则比茎秆低。动物生产上,叶片保存完整的饲料植物营养价值也相对较高。