

# 动物营养学

DONGWU YINGYANGXUE

● 主 编 吴晋强

第三版



时代出版传媒股份有限公司  
安徽科学技术出版社

# 动物营养学

DONGWU YINGYANGXUE

第三版

主 编 吴晋强

编著者 第一版 吴晋强 蒋兆江 罗万安

杨文正 黄志川

第二版 吴晋强 修 订

第三版 吴晋强 修 订

**ARCTIME**  
时代出版

时代出版传媒股份有限公司  
安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

动物营养学/吴晋强主编. —3版. —合肥:安徽科学技术出版社,2010.9

ISBN 978-7-5337-1859-6

I. ①动… II. ①吴… III. ①家畜营养学 IV. ①S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 39175 号

动物营养学

吴晋强 主编

出版人:黄和平 选题策划:汪卫生 责任编辑:汪卫生  
责任校对:王爱菊 责任印制:梁东兵 封面设计:冯劲  
出版发行:时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>  
安徽科学技术出版社 <http://www.ahstp.net>  
(合肥市政务文化新区圣泉路1118号出版传媒广场,邮编:230071)  
电话:(0551)3533330

印制:安徽新华印刷股份有限公司 电话:(0551)5859178  
(如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂商联系调换)

开本:787×1092 1/16 印张:29 字数:535千  
版次:2010年9月第3版 2010年9月第3次印刷

ISBN 978-7-5337-1859-6

定价:49.00元

版权所有,侵权必究

## 内 容 提 要

本书系统介绍了现代动物营养学的理论和技术,较全面地反映了当今该学科的发展趋势和水平。内容包括动物营养理论基础、饲料营养价值评定、饲料营养特性评述、动物营养需要与饲养标准和饲粮配合四部分,共 21 章,并收录了我国正式颁布的猪、奶牛、肉牛、肉羊和鸡饲养标准及中国饲料成分和营养价值表。

本书可供畜牧、饲料和兽医科技人员,高等农业院校和粮油院校师生及实际从事饲料加工和畜禽饲养的专业技术人员阅读使用。

### 第三版前言

《动物营养学》(初版,1986;第二版,1999)正式出版发行以来,得到了广大读者的支持和鼓励,并先后为国内多所高等院校用作相关专业本科生教材,或研究生学习参考用书。

近些年来,动物营养学科在其基础理论研究,饲料和饲料营养价值评定,以及动物营养需要等诸多领域均呈现了一批较为成熟的研究成果,尤其是对动物营养需要量及其表达形式的研究取得了较快的发展,并为科学估测动物营养需要量提供了一系列新的试验参数。因此一些国家先后对本国的饲养标准或营养需要量开展了修订工作。我国农业行业标准也对20世纪80年代颁布的猪、奶牛和鸡等相关饲养标准进行了修订,并补充颁布了肉牛和肉羊饲养标准(2004)。有鉴于此,作者深感有必要对本书第二版内容再次进行修订和更新,以适应教学、科研和生产的需要。在修订过程中,根据当今动物营养学科的发展,在基本保持第二版内容原有章节体例的基础上,除对有关章节内容作了全面的充实、删改外,还对其中若干章节内容作了增补和调整,其中包括:“蛋白质营养原理”增补了“肽营养”一节,“脂肪营养原理”增补了“共轭亚油酸”一节,“生长-肥育动物、繁殖动物和泌乳动物营养需要部分”相应增补了绵羊、山羊的营养需要;此外,鉴于动物采食量的调控对科学组织动物生产的重要性,且近年对动物采食量的研究已从静态描述过渡到动态描述,故特在第三版内容中增加“动物的采食量及其预测”一章(第20章),而将原“饲养标准与饲粮配合”移至最后一章(第21章),以使前后章节内容衔接有序。

《动物营养学》修订第三版内容分为动物营养理论基础(第1~9章),饲料营养价值评定(第10~11章),饲料营养特性评述(第12~13章),动物营养需要及饲养标准和饲粮配合(第14~21章)四部分。全书共21章,并收录了我国正式颁布的猪、奶牛、肉牛、肉羊和鸡的饲养标准(2004年8月),及中国饲料成分和营养价值表(中国饲料数据库,2008)。这次修订面接近全书内容的1/3。因此,全书在深度和广度上均有所改进,力求能较全面地反映当今动物营养学科的发展趋势和水平。本书可供畜牧、饲料和兽医科技人员,高等院校师生,及实际从事饲料加工和畜禽饲养的专业人员阅读参考。本书的再次修订和付印,得到了业内诸多专家的鼓励和支持,以及安徽科学技术出版社的真诚合作,从而使修订第三版得以早日问世,在此谨致以诚挚的谢意。

由于动物营养学科的进展较快,修订者因限于条件,阅读和收集的资料有其局限性,加之修订时间较为仓促,书中内容若有疏漏和不妥之处,恳请读者给予批评和指正。

修订者

2009年10月于合肥

## 再版前言

《动物营养学》(初版)自 1986 年 2 月正式出版发行以来,得到了广大读者的支持和鼓励,并先后为国内多所高等农业院校选作相关专业本科教材,或指定为研究生参考用书。

近十余年来,动物营养学科在基础理论研究、饲料及饲料营养价值评定,以及动物营养需要等诸多领域均有了长足进步,新技术、新方法和新成果不断涌现,有力地推动了动物营养学科的发展。有鉴于此,作者深感有必要对初版内容作一次全面的修订,以适应科研、教学和生产发展的需要。在修订工作中,根据学科的发展,在基本保持原有章节体例的基础上,除对有关章节内容作了全面的充实、修改和补充外,还对若干章节内容作了调整,其中包括:将原“饲料营养特性评述”一章扩展为两章;将原“生长动物营养需要”与“肉用动物营养需要”等两章,合并为“生长-肥育动物营养需要”一章。此外,将“饲养标准与饲粮配合”后移至最后一章,以使章节前后内容衔接更加有序。

《动物营养学》修订版分为动物营养理论基础(第 1~9 章)、饲料营养价值评定(第 10~11 章)、饲料营养特性评述(第 12~13 章)、动物营养需要及饲养标准和饲粮配合(第 14~20 章)四部分。全书共 20 章,并收录了我国正式颁布的猪、鸡和乳牛饲养标准,及中国饲料成分和营养价值表。此外,鉴于近年国内肉牛生产发展十分迅速,而我国尚未正式颁布肉牛饲养标准,特转录了美国 NRC(1996)肉牛营养需要量标准。在这次修订中,对《动物营养学》初版本作了较大幅度修改,并改写了部分章节内容,修订面接近全书内容的 1/2。因此,全书在内容深度和广度上均有所改进,力求能较全面地反映当今动物营养学科的发展趋势和水平。本书可供畜牧、饲料和兽医科技人员,高等农业院校和粮油院校师生,及实际从事养殖和饲料加工的专业人员阅读参考。

由于动物营养学科进展较快,文献资料浩如烟海,修订者因限于条件,阅读和搜集的资料有其局限性,加之修订时间甚为仓促,书中内容若有不全面和欠妥之处,尚祈读者给予批评指正。

修订者

1999 年 1 月于合肥

## 初 版 前 言

营养,是动物维持生长、繁殖和生产的物质基础。因此,不论何种动物均需有一定的营养源,以供作生长、繁殖和生产产品的原料。动物营养学的任务即在于研究营养源(天然饲料和合成制品)在动物机体内的物理和化学过程,包括动物的摄食、消化、吸收和组织细胞的营养转运,以及未经利用的营养源和代谢废物的排泄等。从而在此基础上确切掌握动物的营养需要量,以达到提高营养源的利用效率和充分发挥动物潜在生产性能的目的。

近二三十年来,由于化学尤其是生物化学和仪器分析的进展,为营养科学研究提供了强有力的手段,常规营养研究项目的重点已由蛋白质、碳水化合物、脂肪和矿物质转向氨基酸、微量元素、维生素、酶和激素等方面。畜牧业发达的国家和地区,由于重视动物营养科学的研究,制定了各种动物营养需要标准,采用科学配方生产全价、高效和低耗的配合饲料,从而在很大程度上提高了饲料利用效率,缩短了畜禽饲养周期,降低了饲料成本。特别是20世纪60年代后期,由于广泛深入地开展氨基酸、维生素和微量元素营养的研究,重视它们在日粮中的平衡作用,大量生产和使用各种补添加剂和添加剂,使饲料利用效率提高到了一个新的水平。例如,20世纪20年代肉猪增重1 kg至少要消耗4.5~5 kg饲料,现今却仅需2.5~3 kg。不仅饲料消耗量大大降低,而且生长速度加快,饲养周期缩短。肉猪达到90 kg体重所需的时间,已由原先的180日龄缩短到135~150日龄。肉鸡和淡水鱼的饲料利用效率提高更快,早先肉鸡每增重1 kg需饲料4 kg,现在只需1.8~2 kg;淡水鱼已达1 kg饲料增重1 kg的水平。乳牛、蛋鸡生产性能亦有了大幅度提高。高产乳牛群年平均泌乳量已可达10 000 kg以上,高产蛋鸡群1个产蛋年平均产量可达250~270枚。

近三十年来,畜牧生产水平的迅速提高,虽然是由于营养、育种、环境控制和先进管理技术等综合性措施应用的结果,但其中动物营养科学研究成果的推广应用起了关键性作用。例如,据测定在导致乳牛产乳量提高的各种因素中,营养和饲养因素的作用占到75%,而其他因素仅占25%;在肉猪增重提高的各种因素中,营养和饲养因素亦可占50%以上。动物营养科学工作者长期坚持不懈地从事对动物营养生理和营养需要的研究,同时对饲料营养价值进行了系统的研究和评定。动物营养科学将动物与饲料作为统一的研究对象,将营养需要与营养源作为统一的研究中心,将动物生产性能与饲料生产效益作为统一的研究目的;并且通过对动物生长、繁殖和生产全过程的营养需要和营养源利用的测定,确定了动物的营养需要量和饲料的营养价值,将动物营养研究成果应用于畜禽饲养实践,从而推动了畜牧业生产的发展。

鉴于目前国内有关这方面的专著甚少,为应教学、科研和生产之急需,我们收集了国内外有关资料,协同编成此书。书中内容着重系统阐明动物营养的基本原理,并着力介绍近年来一些比较成熟的科研成果,反映出动物营养科学的发展趋向。

参加本书编著人员的分工是:安徽农业大学吴晋强教授撰写前言、第1~9章及附录;福建农业大学罗万安教授编写第10~11章;扬州大学农学院杨文正教授编写第12~13章;浙江农业大学蒋兆江教授编写第14~17章,黄志川副教授编写第18~20章。书稿写成后,由

吴晋强教授对全书内容作了审定。由于编著者水平所限,掌握资料不多,加之编写时间仓促,书中内容定有不全面或欠妥之处,希望读者给予批评和指正。

编著者

1984年8月



# 目 录

第一章 动物及其饲料的化学组成 .....	1
第一节 动植物的化学组成 .....	1
第二节 动物总体及各种组织的化学成分 .....	2
第三节 植物总体及其产品的化学成分 .....	4
第二章 蛋白质营养原理 .....	6
第一节 蛋白质的生理意义 .....	6
第二节 蛋白质的基本概念 .....	7
第三节 蛋白质的消化、吸收和代谢 .....	14
第四节 氨基酸营养 .....	23
第五节 肽营养 .....	38
第六节 简单含氮化合物的利用 .....	43
第七节 提高蛋白质营养价值的方法 .....	45
第八节 蛋白质缺乏或过剩对动物的影响 .....	47
第三章 碳水化合物营养原理 .....	49
第一节 碳水化合物的生理意义 .....	49
第二节 碳水化合物的基本概念 .....	51
第三节 碳水化合物的消化、吸收和代谢 .....	56
第四节 饲料中的碳水化合物及其测定方法评述 .....	62
第四章 脂肪营养原理 .....	70
第一节 脂肪的生理意义 .....	70
第二节 脂肪的基本概念 .....	71
第三节 脂肪的消化、吸收和代谢 .....	75
第四节 必需脂肪酸 .....	80
第五节 共轭亚油酸 .....	83
第五章 能量营养原理 .....	85
第一节 基本概念 .....	85
第二节 能量代谢过程 .....	87
第三节 营养物质的氧化供能 .....	87
第四节 影响能量代谢的因素 .....	97
第五节 能量水平对动物健康和生产性能的影响 .....	99
第六章 维生素营养原理 .....	101
第一节 概述 .....	101
第二节 脂溶性维生素 .....	102
第三节 水溶性维生素 .....	110
第四节 维生素过量对动物体的影响 .....	119

第七章 矿物质营养原理 .....	120
第一节 概述 .....	120
第二节 常量元素 .....	121
第三节 微量元素 .....	128
第四节 矿物质过量对动物体的影响 .....	140
第八章 水与动物营养 .....	144
第一节 水在动物体内的含量和分布 .....	144
第二节 水的作用 .....	144
第三节 动物体的水平衡 .....	145
第四节 畜禽的需水量及其影响因素 .....	147
第九章 各种营养物质间的相互关系 .....	149
第一节 蛋白质、碳水化合物及脂肪间的相互关系 .....	149
第二节 蛋白质、碳水化合物、脂肪与维生素间的相互关系 .....	150
第三节 氨基酸间的相互关系 .....	151
第四节 维生素间的相互关系 .....	152
第五节 矿物元素间的相互关系 .....	152
第十章 饲料营养价值的评定(一) .....	154
第一节 概述 .....	154
第二节 化学成分分析与饲料营养价值评定 .....	158
第三节 消化试验与饲料营养价值评定 .....	159
第四节 代谢试验与饲料营养价值评定 .....	167
第五节 饲养试验与饲料营养价值评定 .....	170
第六节 屠宰试验与饲料营养价值评定 .....	175
第七节 同位素示踪与饲料营养价值评定 .....	178
第十一章 饲料营养价值的评定(二) .....	181
第一节 饲料能值的评定 .....	181
第二节 蛋白质营养价值的评定 .....	188
第三节 矿物质效价的评定 .....	193
第四节 维生素效价的评定 .....	197
第十二章 饲料营养特性评述(一) .....	201
第一节 饲料的分类 .....	201
第二节 青绿饲料评述 .....	203
第三节 粗饲料评述 .....	204
第四节 青贮料评述 .....	205
第五节 能量饲料评述 .....	207
第六节 蛋白质饲料评述 .....	210
第十三章 饲料营养特性评述(二) .....	216
第一节 矿物质饲料评述 .....	216
第二节 维生素饲料评述 .....	220
第十四章 动物的维持营养需要 .....	223

第一节	概述 .....	223
第二节	动物的维持营养需要 .....	224
第三节	影响维持营养需要的因素 .....	234
第十五章	生长-肥育动物的营养需要 .....	236
第一节	概述 .....	236
第二节	生长-肥育动物的营养需要 .....	242
第三节	影响生长-肥育动物饲料利用效率的因素 .....	287
第十六章	繁殖动物的营养需要 .....	291
第一节	动物妊娠前后营养需要特点 .....	291
第二节	妊娠母畜的营养需要 .....	294
第三节	种公畜的营养需要 .....	313
第十七章	泌乳动物的营养需要 .....	315
第一节	乳的成分和形成 .....	315
第二节	泌乳动物的营养需要 .....	317
第三节	影响动物泌乳的主要营养因素 .....	345
第十八章	役用动物的营养需要 .....	347
第一节	役用动物做功的原理 .....	347
第二节	役用动物的营养需要 .....	349
第十九章	产蛋家禽的营养需要 .....	353
第一节	蛋的重量和成分 .....	353
第二节	产蛋鸡的营养需要 .....	354
第三节	产蛋鸭的营养需要 .....	362
第二十章	动物的采食量及其预测 .....	364
第一节	动物的采食量及其调控 .....	364
第二节	动物采食量的预测 .....	365
第三节	影响动物采食量的因素 .....	369
第二十一章	饲养标准与饲料配合 .....	371
第一节	饲养标准 .....	371
第二节	饲料配合 .....	373
附录一	饲养标准 .....	380
	(一)猪饲养标准(2004) .....	380
	(二)奶牛饲养标准(2004) .....	386
	(三)肉牛饲养标准(2004) .....	396
	(四)肉羊饲养标准(2004) .....	405
	(五)鸡饲养标准(2004) .....	415
附录二	饲料成分及营养价值表 .....	424
参考文献	.....	448

# 第一章 动物及其饲料的化学组成

高等动物按其食性可分为杂食动物、草食动物及肉食动物三大类。在动物生产中,为人类提供畜产品或动力的动物则主要是杂食动物(如猪、禽等)和草食动物(牛、羊、马、兔等)。无论是杂食动物或草食动物,作为其基本营养源的食物均系植物或其副产品。作为动物食物的植物及其副产品,含有可供构成和更新动物体组织及形成产品的营养物质,并能氧化产生能量以维持动物的生命活动。植物利用太阳能,以二氧化碳、水、硝酸盐及其他矿物质为原料而合成脂肪、碳水化合物和蛋白质,动物则可将植物形成的这些营养物质经过异化和同化作用而构成体组织和形成产品,因而动物和植物二者在化学组成上具有密切的联系。为此,从动物营养学观点,全面研究动物与植物化学组成的异同,就有着重要的理论和实际意义。

## 第一节 动植物的化学组成

### 一、构成动植物的化学元素

动物和植物均是由许多种类化学元素所组成的。现今已知,存在于地壳表层的 90 多种化学元素,动植物体内几乎都含有。这些元素在动植物体内的含量,往往与它们在自然界(饲料、饮水、土壤、空气)中的丰度密切相关。

组成动植物的化学元素中,以碳、氢、氧和氮含量最多,其总量可占到动植物体干物质重的 90% 以上,它们主要是以复杂的有机化合物形态存在。其余的化学元素则含量甚少,总量尚不足 10%。其中含量较多的元素为钙、磷、钾、钠、镁、氯和硫等,它们的含量各占机体的百分之几至万分之几,除硫外主要是以无机化合物形态存在。含量较少的元素为铁、铜、钴、锌、锰、碘、硒、钼、铬、镍、钒、锡、氟和镉等,其含量各仅为十万分之几至千万分之几。

### 二、构成动植物的化合物

各种化学元素在动植物体中并非各自游离存在,而是相互结合成多种多样的有机或无机化合物,以构成机体的各种组织器官及其产品。构成动植物的化合物的种类如图 1-1。

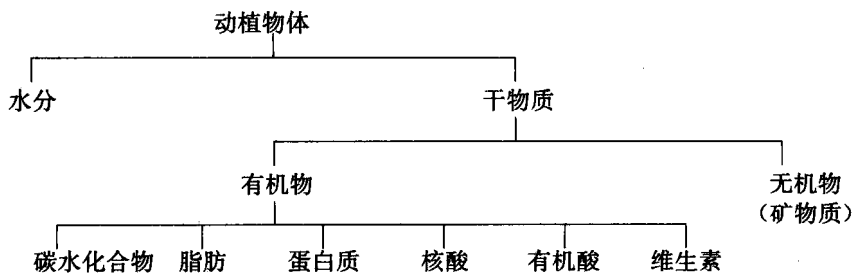


图 1-1 构成动植物的化合物

## 第二节 动物总体及各种组织的化学成分

### 一、动物总体的成分

早在 19 世纪,农业科学家 Plawes 和 Giber 即开始利用化学分析方法研究动物的化学组成。嗣后,一系列学者相继开展了这方面的研究工作。现已积累了不同种类、年龄和营养状况动物总体平均成分的材料(表 1-1)。

表 1-1 动物总体平均成分

动物种类	水分	蛋白质	脂肪	灰分	占无脂样本%			占无脂干物质%	
					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	79.5	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 8 kg)	73	17	6	3.4	78.2	18.2	3.6	83.3	16.7
猪(体重 30 kg)	60	13	24	2.5	79.5	17.2	3.3	84.3	15.7
猪(体重 100 kg)	49	12	36	2.6	77.0	18.9	4.1	82.4	17.6
马	61	17	17	4.5	73.9	20.6	5.5	79.2	20.8
兔	69	18	8	4.8	75.2	19.6	5.2	79.1	20.9
母鸡	57	21	19	3.2	70.2	25.9	3.9	86.8	13.2

根据上表材料可知,动物因种类、年龄和营养状况不同,其总体组成成分变化颇大。

动物体水分含量随年龄增长而大幅度降低。例如,牛在妊娠早期其胚胎含水分高达 95%,而初生犊牛水分含量降低到 75%~80%,5 月龄犊牛水分进一步降低至 66%~72%,及至成年仅含水分 40%~65%。动物体水分含量之所以随年龄增长而降低,是体内脂肪沉积量增多所致。要强调指出的是,动物随年龄增长体内沉积的脂肪量,在很大程度上取决于动物的采食水平。在一定范围内,采食量愈大则体脂沉积量愈多,反之则沉积量愈少。动物体脂沉积量的变化可直接影响到其他成分尤其是水分的含量。例如,未经肥育的阉牛体脂含量为 18%,水分为 57%;而经强度肥育的阉牛体脂含量可增高到 41%,而水分却降至 42%。

动物体的其他成分如蛋白质和灰分等的含量变化甚小。据 Reid(1955)的研究表明,动物总体成分按无脂样本为基础计算,平均含水分 72.9%,含蛋白质 21.6%,含灰分 5.3%。虽然水分随年龄增长而明显减少,但蛋白质和灰分含量却相对稳定。若以占无脂干物质表示,则蛋白质平均含量为 80%,灰分平均含量为 20%。动物体蛋白含量随动物种类不同而略有差异,其中以鸡、兔和犊牛等体蛋白含量最高,而经过肥育的猪、羊和牛等体蛋白含量较低。动物体灰分含量除肥育动物较低外,其他动物差异不大。

## 二、动物体各种组织的成分

### (一)血液的成分

血液占动物体重的5%~10%。血液含水分90%~92%，干物质不超过10%。血液干物质中蛋白质占到一半以上，其余则为脂肪、糖、非蛋白含氮物质和无机盐等。

血液中的无机盐，主要元素是钠和氯，其次为钾、钙、镁、磷及少量其他元素。大部分钠与氯结合以氯化钠形式存在，仅少部分钠、氯以其他化合物如碳酸氢钠、磷酸氢钠和氯化钾等形式存在。

### (二)肌肉和其他组织的成分

动物体内各种组织器官的活动依赖于肌肉的运动，因而肌肉遍布动物体各个部位。骨骼肌约占动物体重的一半。肌肉中含水分72%~78%。肌肉干物质中主要是蛋白质，可占到75%~80%，其余部分主要是脂肪、碳水化合物(糖原)和无机盐。

各种组织器官(皮肤、被毛、消化道、呼吸道和泌尿道等)的上皮组织，主要由角蛋白构成。角蛋白是一种溶解度极低的蛋白质，它可使上皮组织呈现一定的保护和防御功能。

结缔组织存在于软骨、腱、韧带、骨基质和细胞间质中，由难溶性的纤维蛋白所构成。

神经组织(脑、神经)的基本成分是脂质、蛋白质和碳水化合物等。

脂肪组织(皮下、肠膜和肾周等)的主要成分是脂肪。动物体脂肪主要储存于脂肪组织中，故脂肪组织亦称为脂肪库。此外，脂肪还储存于肌肉、骨骼和其他组织器官中，事实上各种细胞中均含有一定量的脂肪。

碳水化合物(葡萄糖、糖原)在动物体内含量甚少，通常不足1%。糖原存在于肝脏和肌肉中，葡萄糖则主要储存于血液中。

## 三、动物总体成分的计算与估测

### (一)动物总体成分的计算

在测定动物总体成分时，要求各种成分均按占空体重量(动物活重-消化道内容物重)的百分率计算。通常，在屠宰测定前20~24h就要使供测动物处于给水绝食状态。经给水绝食后的动物其消化道内容物并不能彻底排空，在计算各种成分占空体重的百分率时，必须将消化道残留内容物重量减除，方能得出正确的计算结果。据测定，各种动物经给水绝食20~24h后其消化道残留内容物占空体重的比例(以%表示)如下：

狗	2.3±1.2	兔	11.3±1.2
鼠	3.2±1.1	豚鼠	12.5±3.4
猪	3.2±0.7	绵羊	15.9±5.0
马	9.6±3.4	阉牛	15.9±3.4

### (二)动物总体成分的估测

动物总体成分的测定，是研究动物不同生长阶段和生理状态下营养需要的重要手段。因此，屠宰动物和化学分析乃是饲养试验中经常要进行的一项工作。由于动物总体成分的测定要耗费大量人力和物力，近年不少学者就如何简化总体成分测定程序，进行了大量研究工作，获得了一定成效。

动物总体成分估测方法是基于:动物体的水分与脂肪二者含量间呈高度负相关,而动物体脱水和脱脂干物质中,蛋白质和灰分二者含量基本保持稳定。

现今认为,通过估测动物体内水分含量,以推算动物体脂肪、蛋白质和灰分含量,是一种比较简便的方法。动物体水分含量可采用稀释法进行估测,即将已知浓度化合物的溶液作为标记物,定量注入供测动物体内,然后根据标记物在动物体内的稀释程度和数量分布,计算动物体水分含量。在采用稀释法估测动物体水分含量时,常用的标记物为安基比林或其类似物,亦可用氘( $^2\text{H}$ )和氚( $^3\text{H}$ )等作为标记物。

动物体水分含量测知后,脂肪、蛋白质和灰分含量即可通过公式计算求得。兹将 Reid (1972)推导的公式介绍如下:

$$Y=355.88+0.355x-202.911gx$$

式中:Y——脂肪含量(%);x——水分含量(%)。

根据上式求出脂肪含量后,蛋白质和灰分含量即可按动物体脱脂干物质含蛋白质 80.3%和灰分 19.7%计算求得。

上述公式适用于牛总体成分的估测,羊和猪总体成分亦可按类似方法估测。

### 第三节 植物总体及其产品的化学成分

#### 一、植物体及其各部位的化学成分

植物体的组成成分的种类虽与动物体相同,但各种成分的数量和比例却有很大差异。兹列举几种常用的饲用植物的成分(表 1-2),以资比较。

表 1-2 几种常用的饲用植物及其各部位的化学成分(%)

种 类	水分	蛋白质	脂肪	碳水化合物	灰分	钙	磷
整株植物(新鲜样本):							
玉 米	66.4	2.6	0.9	28.7	1.4	0.09	0.08
苜 蓿	74.1	5.7	1.1	16.8	264	0.44	0.07
猫尾草	72.4	3.5	1.2	20.7	262	0.16	0.10
植物各部位(风干样本):							
苜蓿叶	10.6	22.5	2.4	55.6	8.9	0.22	0.24
苜蓿茎	10.9	9.7	1.1	74.6	3.7	0.82	0.72
玉米籽实	14.6	8.9	3.9	71.3	1.3	0.02	0.27
玉米秸	15.6	5.7	1.1	71.4	6.2	0.50	0.08
大豆籽实	9.1	37.9	17.4	30.7	4.9	0.24	0.58
猫尾草干草	11.4	6.3	2.3	75.6	4.5	0.36	0.15

表 1-2 表明,植物同动物一样,在化学组成上也以水分含量为最多。植物随着生长至老熟,水分将逐渐降低。植物与动物二者组成上的差异,主要在于干物质的组成不同。植物干物质中主要成分是碳水化合物。它既是植物的结构物质,又是植物的储备物质。而动物干物质中主要成分是蛋白质。它是动物体软组织的结构物质,而脂肪才是储备物质。碳水化合物是一般植物饲料的主要成分,主要是作为动物体的能源物质而被消耗,或者转变

为脂肪加以储备。

植物的各个部位(叶、茎、籽实等)的组成成分有所不同。蛋白质是植物活性组织的基本成分,因而叶片蛋白质含量较之茎秆为高。植物成熟阶段籽实中蛋白质的含量要高于其他部位。脂肪在植物各部位中的含量,以籽实为最高,叶片次之,茎秆最少。各种植物的籽实所储备的能量形式不尽相同,其中多数种类籽实如玉米、高粱、大麦等主要以碳水化合物形式储备能量,而油料作物的籽实如大豆、花生、芝麻等则主要以脂肪形式储备能量。

在各种植物产品中,除油料籽实外,均以碳水化合物为主要成分;但作为结构物质与储备物质的碳水化合物,其性质却有所不同。籽实中的碳水化合物主要是以淀粉形式作为储备物质,而茎叶中主要是以纤维素形式作为结构物质。籽实外皮中亦含有较多的纤维素,它除作为结构物质外还具有一定的防护作用。纤维素及与其相联系的化合物在营养化学中将其归类于粗纤维、洗涤纤维或细胞壁。它们难以被动物(除草食动物)所消化,故饲料中若含纤维素及与其相联系的物质愈多,则其营养价值就愈低,相反则愈高。

## 二、加工副产品的化学成分

除了饲用作物、籽实和根茎可供作动物的饲料外,某些籽实的加工副产品,如麦麸、饼粕和面筋等亦是一类重要的饲料资源。籽实的各个部位的化学成分差异颇大。例如,籽实的胚乳主要由淀粉组成,纤维素等含量极微;而籽实的外皮除含大量纤维素及与其相联系的物质外,还含有较多的蛋白质、B族维生素、脂肪和矿物质等。籽实的各部位中以胚所含蛋白质、脂肪为最多,而纤维素含量最少。籽实的纤维素主要含存于外皮和胚中。现以小麦为例说明籽实各部位化学成分(表1-3)的差异。

表1-3 小麦籽实各部位的化学成分

部 位	蛋白质	脂肪	淀粉、糖等	纤维素、戊聚糖	灰分	其他
整粒小麦	11.3	2.2	66.4	8.0	2.0	10.1
胚 乳	11.2	1.2	81.4	2.1	0.4	3.7
外 皮	17.6	8.3	7.0	43.9	8.6	14.6
胚	40.3	13.5	24.3	1.7	4.8	15.4

小麦籽实经加工生产的小麦粉,主要是其胚乳部分,约占小麦籽实的70%;而小麦籽实加工副产品则主要是由外皮、胚及少量胚乳所组成。由表1-3可知,小麦籽实加工副产品所含蛋白质、脂肪和矿物质均较整粒小麦为高,然而因其所含纤维素等难消化的物质较多,故可消化性略低于整粒小麦。必须指出,小麦籽实加工副产品具有较高的营养价值,并不意味着所有籽实加工副产品均具有较高的营养价值。例如,燕麦的加工副产品中因含有大量外壳,故其蛋白质含量尚不及整粒燕麦的一半,而纤维素含量却高出1倍,因而燕麦籽实的加工副产品可消化性和营养价值均较低。大豆、花生、棉籽等油料籽实榨油后的副产品的蛋白质含量也很高,且易于消化,故营养价值甚高。



## 第二章 蛋白质营养原理

蛋白质是一种复杂的高分子有机化合物。它是体现生命现象的物质基础。一切生命活动均与蛋白质密切相关。因此,蛋白质在动物机体生命活动过程中具有特殊重要的作用。

### 第一节 蛋白质的生理意义

#### 一、蛋白质是动物机体的结构物质

动物体各种组织器官如肌肉、皮肤、内脏、血液、神经和骨骼等,均是由蛋白质作为结构物质而形成的。蛋白质是动物体内除水分外,含量最高的物质,通常可占到动物体固形物的50%左右。某些组织器官如肌肉、肝和脾等蛋白质含量可高达80%。各种组织器官之所以具有特异性的生理功能,主要是因组成该组织器官的蛋白质种类和存在形式不同所致。例如,球蛋白是构成体组织的主要组分,白蛋白是构成体液的主要组分,硬蛋白则是构成骨骼、筋腱、韧带、毛发和蹄角等的主要组分。因此,动物体的妊娠、生长、泌乳、产毛和产蛋等生理生化过程,均是以特定的蛋白质作为物质基础的。

蛋白质、脂肪和碳水化合物等三大营养物质中都含有碳、氢、氧,唯有蛋白质中含有氮。所以,蛋白质乃是动物机体的氮的唯一来源,无论是脂肪或碳水化合物均不能代替它。

#### 二、蛋白质是更新组织的必需物质

动物体在新陈代谢过程中,组织细胞通过蛋白质的不断分解与合成而更新。这种自我更新过程,正是生命的最基本特征。即使成年动物,在其体蛋白含量基本恒定情况下,亦需要不断摄入蛋白质,以补充体组织蛋白合成之需。这是因为组织蛋白质在更新过程中分解生成的氨基酸,并不能全部用于再合成蛋白质,其中有一小部分氨基酸经一系列变化而分解为尿素、尿酸及其他代谢产物而排出体外。据实验测定,动物体蛋白总量中每天约有0.25%~0.30%进行更新。若按此计算,则每经12~14个月体组织蛋白即全部更新一次。

#### 三、蛋白质是动物机体内的功能物质

动物机体中许多重要的功能物质,如催化和调节代谢过程的酶和激素,增强防御机能和提高抗病力的免疫体,以及承担氧运输的载体等,均是以蛋白质为主体而构成的。此外,动物体内酸碱平衡的维持、水分正常的分布、遗传信息的传递,以及许多重要物质的转运等,无不与蛋白质有关。

#### 四、蛋白质可供作能源物质

蛋白质亦可作为动物机体的能源物质。虽然蛋白质的主要营养生理功能并非氧化供