

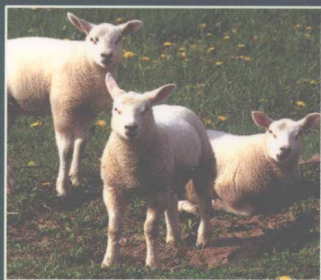


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

Animal  
Nutrition

# 动物营养学

计成 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

要路管内

Animal  
Nutrition

# 动物营养学

计成 主编



高等教育出版社  
Higher Education Press

## 内容提要

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

教材内容包括绪论和 15 章,其中绪论主要介绍动物营养学的历史、现状、任务和学习方法;第 1~9 章分别阐述了动物营养的基本知识和基础理论;第 10~13 章介绍了动物营养需要的研究方法,并对维持、生长、妊娠、泌乳、产蛋和产毛等需要量的估测过程加以举例说明;第 14 章综述了动物的营养需要与饲养标准;第 15 章介绍了动物营养学研究进展。

本教材以科学性、启发性和适用性为原则,强调难点和重点,突出规律性和特殊性,注重理论联系实践。此外,为适应新一代大学生形象思维活跃的特点和现代多媒体教学手段的需要,增加了照片、原理图、示意图、表格、例题等在教材中的比重。

本书适合作为动物科学专业本科生基础课教材或动物医学等专业本科生任选课程教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

动物营养学/计成主编. —北京:高等教育出版社, 2008.3

ISBN 978-7-04-023126-7

I. 动… II. 计… III. 动物营养-营养学-高等学校-教材 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 009443 号

策划编辑 潘超 责任编辑 王玲 封面设计 于文燕 责任绘图 尹莉  
版式设计 范晓红 责任校对 胡晓琪 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本 787×1092 1/16  
印 张 19  
字 数 470 000

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 3 月第 1 版  
印 次 2008 年 3 月第 1 次印刷  
定 价 24.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究  
物料号 23126-00

## 编委会成员：

---

- |     |     |        |
|-----|-----|--------|
| 主 编 | 计 成 | 中国农业大学 |
| 副主编 | 单安山 | 东北农业大学 |
|     | 冯定远 | 华南农业大学 |
|     | 陈代文 | 四川农业大学 |
| 编 者 | 孟庆翔 | 中国农业大学 |
|     | 赵国先 | 河北农业大学 |
|     | 张春善 | 山西农业大学 |
|     | 王志祥 | 河南农业大学 |
|     | 何 欣 | 北京农学院  |
|     | 马秋刚 | 中国农业大学 |
|     | 刘来亭 | 河南工业大学 |
|     | 丁丽敏 | 中国农业大学 |
|     | 主 审 | 李德发    |
| 譙仕彦 |     | 中国农业大学 |

# 前 言

我国动物营养学课程可以追溯到 1951 年的《家畜饲养学》，其后半个多世纪以来，许多学界同行在《动物营养学》的教学内容、教学方法和教材建设等方面进行了大胆探索，取得了很好的教学成果。现在《动物营养学》课程已经成为动物科学学科(包括动物营养、动物遗传和动物繁殖等)本科生的专业基础课，也是动物医学专业和草业科学专业本科生的任选课程，是衔接动物科学学科基础课和专业课之间的重要“桥梁”课程。

在长期教学过程中发现《动物营养学》教材存在知识点多，易学难记等特点，特别是按照教育部“进一步提高教学质量、优化教学安排、加强实践教学、提高学生创新能力”的要求进行的教学改革过程中，各学校的教学学时普遍压缩，如何在 40~50 学时内圆满完成教学目标已经成为一个十分具有挑战性的课题。

高等教育出版社在 2004 年，组织国内几所农业院校的《动物营养学》课程主讲教师在郑州召开了教学经验交流会，委托中国农业大学组织编写“全国高等学校农林规划教材”《动物营养学》，2006 年正式列入“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材计划”。

教材内容包括绪论和 15 章，其中绪论主要介绍动物营养学的历史、现状、任务和学习方法；第 1~9 章分别阐述了动物营养的基本知识和基础理论；第 10~13 章介绍了动物营养需要的研究方法，并对维持、生长、妊娠、泌乳、产蛋和产毛等需要量的估测过程加以举例说明；第 14 章综述了动物的营养需要与饲养标准；第 15 章介绍了动物营养学研究进展，反映本学科的发展趋势，建议安排学生自学。本书以科学性、启发性和适用性为原则，强调难点和重点，突出规律性和特殊性，注重理论联系实际。为了适应教学改革后学时压缩的需要，删减了部分与《动物生理学》、《动物生化学》、《饲料与饲养学》、《猪的营养》、《家禽营养》和《反刍动物营养》、《家畜环境卫生学》等课程重复较多的内容。此外，为适应新一代大学生形象思维活跃的特点和现代多媒体教学手段的需要，增加了照片、原理图、示意图、表格、例题等在教材中的比重。

编写组成员由 9 所农业院校的 12 位一线教师组成，部分研究生参与了文献资料查阅。编写过程中，对相关课程教学情况进行了广泛调研，并参考了国内外大量教材资料。高等教育出版社对书稿编写做了大量组织工作。审稿专家也进行了认真审阅。对于以上单位和个人在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中缺点和不妥之处，敬请读者指正。

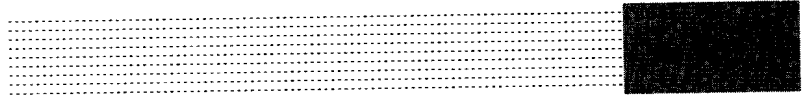
编 者

2007 年 8 月 6 日于北京

# 目 录

绪论 .....	1	第六章 蛋白质 .....	87
第一章 动物与饲料 .....	6	第一节 蛋白质的概念、分类与 作用 .....	88
第一节 饲料营养物质及其基本功能 .....	7	第二节 蛋白质的消化、吸收与 代谢 .....	93
第二节 饲料营养物质的概略分析 .....	9	第三节 氨基酸的营养 .....	100
第三节 动物与饲料的关系 .....	13	第四节 蛋白质营养价值评定体系 .....	105
思考题 .....	17	第五节 非蛋白氮和肽的营养 .....	109
第二章 采食、消化和吸收 .....	18	思考题 .....	113
第一节 动物对饲料的采食 .....	19	第七章 矿质元素 .....	114
第二节 动物对饲料的消化吸收 .....	26	第一节 矿质元素的基本概念、分类与 分布 .....	115
第三节 消化率概念及其影响因素 .....	32	第二节 常量元素 .....	119
思考题 .....	37	第三节 微量元素 .....	126
第三章 能量 .....	38	思考题 .....	139
第一节 能量的概念与来源 .....	39	第八章 维生素 .....	140
第二节 能量代谢 .....	40	第一节 维生素的基本概念与分类 .....	141
第三节 能量的作用和利用效率 .....	47	第二节 脂溶性维生素 .....	143
思考题 .....	52	第三节 水溶性维生素 .....	152
第四章 碳水化合物 .....	53	思考题 .....	169
第一节 碳水化合物的概念、分类与 作用 .....	54	第九章 水 .....	170
第二节 碳水化合物的消化、吸收与 代谢 .....	58	第一节 水的基本特性、分布与 作用 .....	171
第三节 非淀粉多糖抗营养作用和 寡糖的益生作用 .....	65	第二节 水分的来源、排泄及平衡 .....	174
思考题 .....	69	第三节 动物对水的需要与质量 要求 .....	177
第五章 脂类 .....	70	思考题 .....	182
第一节 脂类的概念、分类与作用 .....	71	第十章 动物营养需要的研究 方法 .....	183
第二节 脂肪的消化、吸收与代谢 .....	77	第一节 营养物质分析 .....	184
第三节 必需脂肪酸和共扼亚油酸 .....	82		
思考题 .....	86		

第二节	消化试验 .....	186			
第三节	代谢试验 .....	193			
第四节	平衡试验 .....	196			
第五节	饲养试验 .....	200			
第六节	屠宰试验 .....	204			
第七节	析因法和综合法 .....	206			
第八节	同位素技术 .....	207			
第九节	外科手术造瘻 .....	208			
	思考题 .....	210			
<b>第十一章</b>	<b>动物维持与生长的营养需要 .....</b>	<b>211</b>			
第一节	维持的营养需要 .....	212			
第二节	生长肥育的营养需要 .....	220			
	思考题 .....	232			
<b>第十二章</b>	<b>繁殖的营养需要 .....</b>	<b>233</b>			
第一节	妊娠的营养需要 .....	234			
第二节	泌乳的营养需要 .....	240			
第三节	种公畜的营养需要 .....	250			
	思考题 .....	252			
			<b>第十三章</b>	<b>产蛋与产毛的营养需要 .....</b>	<b>253</b>
			第一节	产蛋的营养需要 .....	254
			第二节	产毛的营养需要 .....	263
				思考题 .....	266
			<b>第十四章</b>	<b>动物的营养需要与饲养标准 .....</b>	<b>267</b>
			第一节	营养需要与饲养标准 .....	268
			第二节	各种动物的营养需要 .....	271
				思考题 .....	281
			<b>第十五章</b>	<b>动物营养学研究进展 .....</b>	<b>282</b>
			第一节	微生态营养学概述 .....	283
			第二节	分子营养学概述 .....	284
			第三节	免疫营养学概述 .....	286
			第四节	营养与畜禽产品品质 .....	288
			第五节	营养管理与环境保护 .....	289
			第六节	动态营养需要与精确饲养 .....	290
				思考题 .....	293
				<b>主要参考文献 .....</b>	<b>294</b>



# 绪 论



## 一、动物营养学的概念

动物营养是指动物摄取、消化、吸收、利用饲料中营养物质的全过程,是一系列物理、化学及生理变化过程的总称。

《动物营养学》是一门应用基础课程,是阐述动物摄入、消化和利用营养物质的过程与生命活动、动物生产关系的科学。通过研究营养物质对生命活动的影响,揭示动物利用营养物质的量变及质变规律,为动物生产提供理论依据和饲养指南。

由于动物驯化和养殖技术的不断发展,人类对动物营养有了逐渐深入的认识。尤其是近代生理学和生物化学的研究成就,进一步促使动物营养学的出现并形成了一门独立的学科。随着人们生活水平的不断提高,市场对肉、奶、蛋等动物产品的需求日益增加,而动物养殖水平的不断改进满足了这种需要,合理的饲养是整个养殖过程必需的一个环节。动物营养学研究的成果推动了养殖业的快速发展,并将对畜牧业持续、健康、高效发展发挥更大作用。

## 二、动物营养学的发展

人类驯养动物大约有几千年的历史,经过长期的生产实践,很早就有了不同食物或饲料会影响人类和动物生长发育的认识。战国时期《素问》一书记载了“五谷为养,五果为助,五畜为益,五菜为充,气味合而服之,以补精益气”朴素的营养学概念。虽然当时还不知道这四类食物所含营养物质的种类和数量,但以养、助、益、充说明了它们各自对人或动物的营养作用和互作关系。

人类早已在生产实践中发现与应用了有关营养的知识,其中以我国最早。公元前4世纪,《庄子》已记载有“癭病”,即现代的地方性甲状腺肿病。到公元4世纪时,葛洪已开始应用含碘丰富的海藻来治疗“癭病”。有关缺乏维生素 $B_1$ 而引起的脚气病、缺乏维生素A导致“雀目”(夜盲症)等营养物质缺乏症,在我国也早有记载;孙思邈(公元581—682年)已经认识到用糙米煮粥治疗脚气病、用猪肝治疗“雀目”。只是这些早期的经验并未开展试验研究升华为理论。

直到1783年,法国化学家拉瓦锡(A. L. Lavoisier, 1743—1794)奠定了营养学的基础。他在著名的呼吸代谢试验中提出“动物的呼吸是食物中碳水化合物在动物体内的氧化,生命是一个化学过程”的理论。

近代营养学是在人类进入18世纪欧洲工业革命以后开始发展的。经过半个多世纪的研究探索,人们基本上认识了蛋白质、脂肪和碳水化合物等物质的营养作用。

在研究生命物质的初期,化学家们就发现了一类性质奇特的物质。在加热时,这类物质由液态变为固态,而不是由固态变为液态。1777年,法国化学家麦夸尔把所有加热后凝固的物质归为特殊的一类,称之为蛋白质。1838年荷兰科学家格里特发现有生命的东西离开了蛋白质就不能生存。马根迪(Magendie, 1783—1855)1816年提出食物成分是由含氮物质和非含氮物质组成的,它们对动物的生长具有不同的意义。德国慕尼黑大学的比希(Liebig, 1803—1873)1842年指出,动物体内脂肪主要来自饲料中的碳水化合物。

19世纪初期科学家开始通过试验的方法来评定不同食物或饲料的营养价值。1809年德国科学家塔尔(Albrecht Daniel Thaer 1752—1828)提出的以干草当量评价饲料营养价值的体系已显现了饲养标准的雏形。在这以后的许多研究工作都是围绕饲料的营养价值评定

和饲养标准制订而进行。真正意义上的饲养标准出自于德国霍恩海姆农业大学科学家沃尔夫(Emil von Wolf, 1845—1895),他在 1874 年应用可消化养分表示奶牛的营养需要,并对不同体重、不同产奶量奶牛给予了不同的可消化蛋白质、可消化脂肪和可消化碳水化合物的需求。美国科学家亨利(W. A. Henry, 1850—1932)1898 年在沃尔夫·罗曼饲养标准的基础上,将可消化蛋白质、可消化碳水化合物和可消化脂肪相加,并且在可消化脂肪前乘以系数 2.4(原文中的数据)作为总可消化营养物质(TDN)的指标用以衡量动物的营养需要量和不同饲料原料中的含量,但由于其未用能值表示,且没有考虑饲料在消化道中发酵产生气体的能量损失,因此不如代谢能准确。此后以单一成分或饲料原料为单位,确定动物的营养需要并衡量不同饲料营养价值的体系相继出现。例如,燕麦单位、淀粉价、北欧饲料单位等。这些建立在科学试验基础上的饲养体系在动物生产过程中的成功应用,推动了养殖业的发展。1928 年美国人 Hamilton 等提出了代谢能体系,并为绵羊评定了饲料的营养价值,直到 1965 年和 1969 年英国和苏联才提出用代谢能代替当时的燕麦单位和淀粉价,最终逐渐建立了现在各国的饲养标准体系。前人的这些卓越贡献,为现代动物营养学奠定了坚实的科学基础。

1807 年英国科学家 Fordyce 通过试验证明产蛋鸡需要补钙,由此揭开了矿物质营养的研究。而 1847 年铁与血红蛋白结合的发现是对微量元素生理作用的最早认识;1850—1854 年发现地方性甲状腺肿与食物缺碘有关,认识到微量元素在生命过程中的作用。从发现铁的生理作用到发现硒的功能经过了 100 多年的时间。1930 年以后,相继发现许多地区由于矿质元素(铁、铜、硒等)的缺少或过多而产生人或动物体质衰弱、生长停滞和死亡率增高等现象。法国科学家施瓦茨(Schwarz)1957 年发现硒对肝脏有保护作用,改变了人们认为硒是有毒元素的观念。

20 世纪初期,营养学领域重要成就之一就是相继发现了各种维生素的营养生理功能。1907 年荷兰医生艾克曼(Christian Eijkman, 1858—1930)通过家禽试验,认为糙米中含有一种能预防和治疗脚气病的微量物质。1912 年波兰化学家芬克(Casimir Funk)发现,糙米中含有能够防治人类脚气病和禽类多发性神经炎的有机物质,是一类含氮化合物,命名为 vitamine,中文词义“生命胺”,也称硫胺素(维生素 B<sub>1</sub>)。

20 世纪初还发现了不同蛋白质的营养价值决定于它所含必需氨基酸的种类与数量。随着研究手段的更新以及对氨基酸营养功能的不断认识,人们评定饲料蛋白质营养价值时,不但采用粗蛋白质水平,同时还考虑十几种必需氨基酸的总量、回肠末端表观可消化氨基酸及真可消化氨基酸含量,使动物(尤其是单胃动物)的蛋白质营养真正成为氨基酸营养。近来的研究发现,动物机体除了对各种氨基酸的需求外,小肽的吸收有重要的营养意义,从而使小肽营养加入了蛋白质氨基酸营养行列。

目前,已知道动物生长、生产过程中至少需要 40 多种营养物质。

总之,动物营养学的发展大致经历了三个阶段。18 世纪中叶到 19 世纪中叶的 100 年时间为第一阶段,此期的最大成就是法国化学家 Lavoisier 创立了燃素学说,奠定了营养学的理论基础;19 世纪中叶开始至以后的 100 年间是近代动物营养学的孕育阶段,其特点是注重营养素功能及表观饲养效果的研究,并逐渐向有效能、生物学效价、维生素的功能、微量元素的盈缺规律及功能方面发展。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。维生素、氨基酸、必需脂肪酸、矿质元素、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。研究手段的革新为营养

学问题的研究创造了条件,动物营养研究开始从以静态为主描述营养物质的转化利用规律转向动态营养研究。

### 三、动物营养学与畜牧业

畜牧业是人类发展过程中所从事的重要生产活动之一,在长期的生产实践中,人们利用动物将农产品尤其是人类所不能利用的农业加工副产品转化为肉、奶、蛋、皮和毛等高级营养食品或生活用品。畜牧业的发展经历了从对动物的驯化到有目的的培育和养殖;从随意的饲喂到科学的配方;从自然繁殖到人工授精和胚胎移植的科学发展过程。动物遗传育种学、动物营养及饲养学和动物繁殖学等领域取得的科学成就,在畜牧业的发展过程中起到了巨大的推动作用。随着工业生产的出现,畜牧业发生了根本的变化,目前在发达国家已经发展成为以规模化、机械化、标准化、自动化为特征的现代化生产方式。

提高动物生产效率,除了合理选用品种外,在很大程度上依赖于营养物质利用效率的提高,后者则取决于动物营养研究的发展。半个多世纪以来,随着动物营养各方面研究的深入和动物营养学相关学科领域不断扩展,动物生产力得到了突飞猛进的发展,动物生产水平显著提高。全世界猪的平均日增重 1911 年仅为 220 g,1955 年为 600 g,1985 年为 800 g,而现在则达到 850~900 g,料肉比 1911 年为 7:1,1955 年为 4:1,1985 年为 3.5:1,目前则降至 2.5~3:1,出栏时间也缩短到 6 个月以下。蛋鸡年产蛋数则由 1955 年的 80 枚,1980 年的 240 枚,1990 年的 250 枚,增至目前的 300 枚;料蛋比则由 1955 年的 3.5:1,1980 年的 2.7:1,1990 年的 2.3:1,降至目前的 1.8~2.1:1。肉鸡的饲养期则由 8~9 周降到 6 周;料肉比由 4:1 降到 1.6~2.0:1。奶牛年产奶量已从 1 000 kg 上升到 8 000~10 000 kg。肉牛长到 500 kg 体重所需要的饲养期由 5~6 年降到 1 年左右;料肉比也从 8~9:1 降至 5~5.5:1。

我国畜牧业的发展开始于上 20 世纪 70 年代末期,1977 年我国开始着手制订了第一部家畜饲养标准即动物对营养物质的需要标准,2004 年又颁布实施了各种动物饲养标准的修订版,使得我国配合饲料质量有了质的飞跃,动物的生产水平有了巨大的进步。1978 年我国的年肉、蛋、奶和饲料总产量分别仅有 856 万吨、234 万吨、97 万吨和 300 万吨。而到了 2005 年,全国肉、蛋、奶的总产量则分别达到了 7 650 万吨、2 860 万吨、2 845 万吨,饲料工业产品总产量也达到了 1.03 亿吨,配合饲料产量达 7 300 万吨,居全世界第二位。2005 年肉、蛋、奶和饲料总产量分别是 1978 年的 8.9 倍、12.2 倍、29.3 倍和 34.3 倍。肉鸡的生产已基本上达到国际水平。这些成绩的取得,是与我国动物营养研究成果的广泛应用和大批专业人才的培养密不可分的。

动物生产与营养科学的结合,是通过饲料工业技术来实现的。动物营养研究的新成果不断运用于饲料生产,使得配合饲料中各种营养指标越来越符合动物的营养需要,从而使动物的生产性能得到不断的提高。配合饲料作为物质基础,对畜牧业的发展起着至关重要的作用。

### 四、动物营养学的主要内容、任务与发展趋势

动物营养学是动物科学专业的一门专业基础课,是现代饲料工业发展的基础和后盾,是开辟新型饲料资源、提高动物生产效率的有力工具。动物营养学的主要任务是研究动物所需营养物质的种类、功能及其在体内的转化规律;探讨动物对各种营养物质的需要量及其研究方法;揭示动物生命活动的本质及其与人和环境的互作关系,并通过营养调控措施维持生

态平衡,促进养殖业和饲料工业的持续健康发展,为动物生产者提供理论根据和实践指南。

动物营养学的主要内容包括以下几个方面:

1. 研究动物维持生命活动、生长、生产和繁殖过程所必需的各种营养物质的种类、理化特性和营养生理作用,并揭示动物摄入营养物质缺乏或过量对动物生产和健康的影响。

2. 研究不同动物对必需营养素的消化、吸收、代谢过程和规律及其调节机制,探索提高动物对饲料利用率的方法和途径。

3. 探究各种动物在不同生理阶段、不同生产目的、不同生产水平及不同环境条件下对各种营养物质的需要特点及饲养标准。

4. 研究和发发展动物营养学的研究方法或手段。

5. 研究营养与动物健康、动物体内外环境及动物产品品质的关系。

### 五、动物营养学与相关课程的关系

动物营养学是生命科学中理论性和实践性均较强的一门课程,该学科与其他相关课程的关系密切,比如:动物生物化学、动物生理学、生物学、饲料学、动物饲养学、生物统计学、微生物学、分子生物学、计算机技术等,同时也与哲学、自然辩证法、经济学和法律等人文学科有关课程相互联系。掌握相关知识将有助于更全面深入地了解动物营养学,并进一步推动营养学研究的发展。

在 20 世纪初以前,动物营养学与家畜饲养学是结合在一起的一门课程,并且营养学的很多内容包含在生理生化课程中。在 20 世纪 30 年代动物营养学逐渐从家畜饲养学中分离出来形成一门独立的课程。饲料学是动物营养学的姊妹课程,它是在动物营养学的基础上,阐明各种饲料原料与饲料产品之间关系的科学。它主要研究各种饲料原料中营养物质及抗营养物质的含量、饲粮配合、饲料原料及饲料产品的加工调制方法及工艺流程、饲料质量检测及管理。饲料学的主要目的是揭示饲料原料营养特性,并以动物营养学为指导,为不同畜禽提供安全、环保、高效的饲料产品。

动物生物化学和生理学是动物营养学的基础课程,它们是动物营养学阐明营养物质消化吸收、代谢转化以及评定动物对营养物质需要量的理论根据。这两门课程为学好动物营养学和从事动物营养研究、揭示营养作用机理提供必备的基本知识。微生物学则是动物营养学研究消化道微生态营养,特别是反刍动物和单胃草食动物消化道微生物营养的重要理论基础。分子生物学和细胞生物学将有助于动物营养学从根本上阐明营养物质的摄入、利用的机理。动物营养学与之相互结合,将给动物营养的研究带来重大突破。

营养学的发展也大大得益于快速发展的分析技术和大量的有关土壤学、植物学、动物科学、工程学、基因学、染色体学、蛋白质组学和其他相关课程的知识。比如能够检测到十亿倍稀释的微量成分的仪器的出现,使有关矿质元素营养的研究快速发展。此外,光谱学的发展使得稳定同位素的使用成为可能。同位素的应用可以通过采用相应的标记物(碳、氮、氧和其他元素)来标记饲料营养成分,从而研究饲料中碳水化合物、脂肪、氨基酸、蛋白质和矿质元素的代谢过程;能够更加清楚地了解营养物质的代谢过程和动物以及人类整个生命周期各阶段的营养物质的需要。因此,对于有能力的、实践经验比较丰富的营养学家来说,不仅应该了解各营养素的化学特性、分布情况、代谢的相互关系,而且更应该对动物行为学、动物生理生化学、基因学、动物饲养学、微生物学等相关课程有深入的了解。这些学科的发展已经改善了饲料的配制技术,提高了动物的饲养管理水平,从而促进各种动物生产效率的提高。

## 第一章

# 动物与饲料

饲料是动物的食物,是营养物质的载体;动物需要的不是饲料本身,而是饲料中含有的营养物质。作为生态系统中物质循环的一个重要环节,动物通过食物链从饲料中摄取营养物质,在体内经过复杂的消化、吸收和代谢过程,用于维持生命活动并转变为机体的成分和动物产品。

本章主要介绍动物与饲料的营养物质组成、基本功能,动物与饲料的化学组成及其差异比较。

## 第一节 饲料营养物质及其基本功能

### 一、饲料的概念与成分

饲料(feed)是指一切能被动物采食、消化、吸收和利用,并对动物无毒无害的物质。饲料中能够被动物用以维持生命、生产产品的化学成分,称为营养物质(nutrient),简称养分或营养素。营养物质是饲料中的有效成分,饲料是营养物质的载体。动物需要的不是饲料本身,而是饲料中含有的营养物质。营养物质是动物营养的基础,在动物体内具有重要的生理作用。

饲料的来源包括植物、动物、微生物和矿质元素。通常人们把这些来源不同、化学组成较为稳定的可饲物质,称为饲料原料。单一的饲料原料一般不直接饲喂动物。在实际生产中,需要根据动物生产目的和生长阶段,并按照动物营养物质需要量和饲料原料中营养物质含量,将多种饲料原料科学搭配成饲料后饲喂给动物。科学配制的饲料不但能够提供动物所需的营养物质,保证动物健康,促进动物生长和生产,而且在合理使用下也不会对所饲养动物发生毒害作用。由于营养物质在不同饲料原料中含量不均衡,因此需要对饲料中营养物质进行科学分类,并对其含量进行分析测定。

目前自然界中已发现的 100 多种化学元素中,动植物体内约有 60 多种。其中碳、氢、氧、氮含量最多,占动植物体组成的 95% 以上,是生物体的有机物质基础,有时也被统称为生命元素;其余元素统称为矿质元素,约占动植物体组成的 5% 左右。常量矿质元素有:钙、磷、钾、钠、氯、镁、硫等;微量矿质元素有铁、铜、锌、锰、钴、硒、碘、钼、铬、氟等。饲料中的这些元素,大部分不是以游离的化学元素状态单独存在,而是相互结合为复杂的无机化合物或有机化合物。

一般根据饲料成分的物理结构和化学性质将其分为六大类,即水、碳水化合物、脂类、蛋白质、维生素和矿质元素,其相互关系见图 1-1。饲料中的营养物质含量的高低是评价饲料营养价值的最基础的指标。

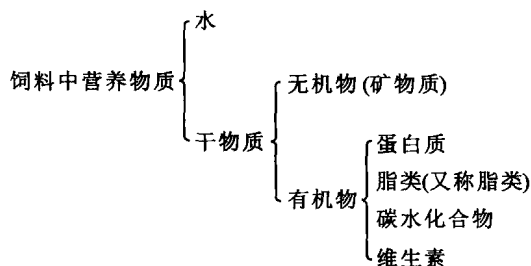


图 1-1 营养物质的种类及其关系

### 二、营养物质分类

#### (一) 水(water)

水是动物不可缺少的营养物质之一,具有重要的营养生理功能。饲料中的水分别以游离水、吸附水和结合水三种形式存在。游离水(free water)是存在于饲料表面和细胞间隙中,加热时易蒸发逸出,也称为自由水;吸附水(absorbed water)为吸附在细胞内蛋白质、淀粉等胶体物质或细胞膜上的水,难以挥发;结合水(bound water)是与糖和盐类通过化学键

结合的水,在一般情况下不会挥发,有时也被称为结晶水。

## (二) 碳水化合物(carbohydrate)

碳水化合物是多羟基的醛、酮或其简单衍生物以及能水解产生上述产物的化合物总称,其广泛存在于植物性饲料中,是动物能量的主要来源。碳水化合物包括单糖、寡聚糖、淀粉、纤维素、半纤维素、木质素及角质等成分。其中淀粉是葡萄糖通过 $\alpha-1,4$ -糖苷键或 $\alpha-1,6$ -糖苷键聚合而成的同质多糖;纤维素是由 $\beta-1,4$ -葡萄糖聚合而成的同质多糖;半纤维素是葡萄糖、果糖、木糖、甘露糖和阿拉伯糖等聚合而成的异质多糖;木质素则是一种苯丙基衍生物的聚合物。由于结构和成分的差异,它们对于动物具有不同的营养价值和抗营养作用。

## (三) 脂类(lipid)

脂类又称脂质,是广泛存在于动植物体内的一类具有某些相同理化特性的重要营养物质。其共同特点是不溶于水,但溶于多种有机溶剂。脂类作为生物膜的组成成分和能量的贮备存在于动物体内。根据脂类的结构不同被分为真脂肪和类脂肪两大类。

## (四) 蛋白质(protein)

蛋白质是由氨基酸组成的一类含氮化合物。蛋白质是生命的物质基础,其在动物营养中的作用是非常广泛和重要的,不能被其他的营养物质所代替。饲料中含氮物质除了真蛋白质外,还有非蛋白质含氮化合物,称为非蛋白氮(NPN),如游离氨基酸、肽、酰胺、生物碱、有机碱、氨、尿素、尿酸和硝酸盐等。其中氨基酸、肽、谷氨酰胺和天冬酰胺对动物的营养价值与真蛋白质相同;尿素等其他非蛋白氮对反刍动物营养价值较高,对单胃动物营养价值很低。

## (五) 矿质元素(mineral element)

矿质元素(原称矿物质)是在动物维持生命和生产过程中有重要作用的一大类无机营养物质。其作用包括维持体内内环境、组成骨骼、作为酶的活化剂和成分、组成激素的成分等。

## (六) 维生素(vitamin)

维生素是一类动物所必需的低分子有机物质,分为脂溶性维生素和水溶性维生素。动植物体内都含有各种维生素,但含量和种类变化较大。维生素一般在动物体内代谢过程中,作为活性物质的辅基或辅酶;有的是激素的组成成分或起抗氧化作用等。

# 三、饲料中营养物质含量的表示方法

## (一) 营养物质含量的一般表示方法

1. 百分比(%). 在100 g(或 mg、 $\mu$ g)饲料总量中,某种营养物质所占的比例。水分、粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、无氮浸出物含量通常用百分比表示。

2. mg/kg 或 g/t. 在1 kg(或 t)饲料总量中,某种营养物质的质量(单位 mg 或 g)。饲

料中含量较少的微量元素通常使用该种表示方法。

3.  $10^{-6}$  或  $10^{-9}$ ；其中  $10^{-6}$  相当于第二种表示方法；而  $10^{-9}$  则用于饲料中极微量的营养物质的含量，如稀有元素。习惯性表示方法中的 ppm、ppb(不建议使用)。

## (二) 不同基础上的表示方法

不同基础上的养分含量表示方法。可以将特定养分含量根据需要换算成另一种基础上的含量，这种换算有利于比较不同饲料的养分含量，便于了解饲料原料的营养价值。一般表示为饲喂基础、风干基础和绝干基础。饲喂基础即是养分在不加任何处理的原样中的含量，有时也称为原样基础或鲜样基础；风干基础即是养分在风干状态样品中的含量；绝干基础即是养分在绝干状态样品中的含量。不同基础上的养分含量可以按照以下公式进行转换。

$$\frac{\text{饲料养分(A)基础表示的含量}(\%)}{\text{该饲料在 A 基础的干物含量}(\%)} = \frac{\text{该饲料养分(B)基础表示的含量}(\%)}{\text{饲料中在 B 基础的干物质含量}(\%)}$$

## 四、饲料中营养物质的基本功能

饲料中营养物质的基本功能可以归纳成四个方面。

### (一) 营养物质是动物体组织的成分

动物的肌肉、骨骼、皮肤、内脏、血液、神经、结缔组织、腺体、精液、毛发、牙齿、角、喙等组织器官均以蛋白质、脂类、碳水化合物、矿质元素和水等营养物质为基本成分。因此，营养物质是动物维持生命活动和生长繁殖必不可少的物质。

### (二) 营养物质是动物所需能量的来源

动物维持生命活动和生产畜产品都需要能量。能量来源于饲料中的碳水化合物、脂类和蛋白质。碳水化合物由于在动物的常用饲料中含量较多，是供能的最主要和最经济的来源。脂类的能值最高，是动物体内贮存能量的最好形式。蛋白质也可以氧化供能。

### (三) 营养物质是体内活性物质的组成成分

动物体内的代谢过程是在酶和激素等活性物质的调控下进行的。维生素、矿质元素、氨基酸、脂肪酸是这些活性物质的组成成分。当这些营养物质缺乏时，影响到活性物质的合成，动物正常代谢就会出现紊乱。

### (四) 营养物质是形成肉、蛋、奶、毛等畜产品的原料

饲养动物的目的是在维持动物生命和健康的前提下，为人类提供畜产品。肉、蛋、奶、毛等畜产品是饲料中的营养物质经在动物体内进行一系列代谢后的最终表现形式，也就是说，饲料中的营养物质是畜产品中成分的来源。

## 第二节 饲料营养物质的概略分析

受分析方法的限制，应用常规方法测定出的饲料中营养物质的含量，一般不是单纯的某



一化学成分的含量,而是性质相同或相似的多种成分的混合物,被称为饲料的概略养分或常规成分。饲料的概略养分分析或饲料常规成分分析,即是利用物理化学的基本原理和方法,通过对饲料中的常规成分或概略养分进行分析测定,为评价饲料原料或产品的质量提供基础数据。

目前,国际上通用的是德国 Weende 试验站科学家 Hanneberg 等人 1864 年创立的“饲料概略养分分析方案(feed proximate analysis)”。尽管这一分析方案还存在某些不足或缺陷,但长期以来,在科研和生产中被广泛采用。其分析方案(见图 1-2)。在概略养分分析方案中的水分、粗蛋白质、乙醚浸出物(粗脂肪)和粗灰分分别是样品中水、蛋白质、脂类和矿质元素的概略分析值。样品中碳水化合物含量按照其物理化学性质的差异,在概略养分分析方案中被划分为无氮浸出物和粗纤维两部分。维生素含量不能通过概略养分分析方案分析确定。

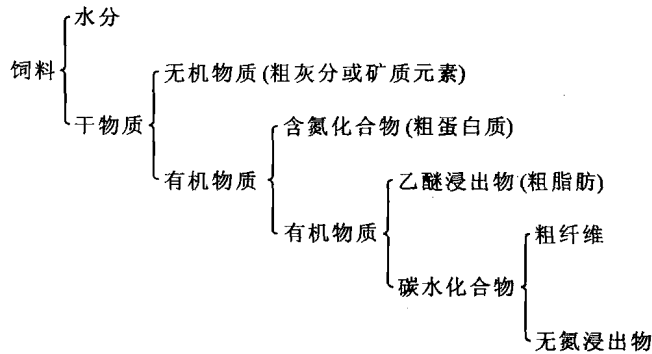


图 1-2 饲料概略养分分析方案

### (一) 水分(moisture)

在概略养分分析方案中水分包括初水分(primary moisture)和吸附水分(adsorbed moisture),分别是游离水和吸附水两部分水含量的分析值,二者的总和称为总水分。

1. 初水分(primary moisture) 青饲料、多汁饲料(水生饲料)、青贮饲料等新鲜样本中含有大量的游离水和少量的吸附水,两者的含水量约占样本重的 70%~90%。饲料中水分含量高,则不易粉碎和保存,因此通常要先测定它们的初水分,制成风干样本后用于进一步分析和保存。其测定方法如下:用已知重量的瓷盘在普通天平上称取鲜样 200~300 g,放入 105℃烘箱中烘 10~15 min 使酶灭活,然后迅速将瓷盘移入 65℃烘箱中烘 8~12 h(视样本含水量而定),取出放置室内空气中冷却 24 h,使风干样本中水分与室内湿度平衡,充分回潮后称重,再将瓷盘放入 65℃烘箱中烘 2 h,按上述方法回潮、称重,直至两次称重之差不超过 0.2% 为止,并取最低值作为风干饲料质量进行初水分含量的计算。计算公式如下:

$$\text{初水分} = \frac{\text{鲜饲料质量(g)} - \text{风干饲料质量(g)}}{\text{鲜饲料质量(g)}} \times 100\%$$

2. 吸附水分(adsorbed moisture) 准确称取测定初水分后的风干饲料、自然风干的饲料或谷物饲料 2~5 g 于称量瓶中。在 105℃烘箱中烘 3 h 后取出,盖好称量瓶盖。在干燥器中冷却 30 min 称重。再同样烘干 1 h 并冷却后称重,直到两次质量差小于 0.000 2 g 为止,即为恒重。失去的质量为吸附水。

$$\text{吸附水} = \frac{\text{风干饲料质量(g)} - \text{烘干后饲料质量(g)}}{\text{风干饲料质量(g)}} \times 100\%$$