


全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 动物营养与饲料学

陈代文 主编



 中国农业出版社



中国科学院植物研究所  
INSTITUTE OF BOTANY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

# 植物花卉与园林科学

第11卷 第1期



ISSN 1000-9102

全国高等农业院校教材  
全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 动物营养与饲料学

陈代文 主编

中国农业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

动物营养与饲料学/陈代文主编. —北京: 中国农业出版社, 2005. 7

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-09750-1

I. 动... II. 陈... III. ①动物营养-营养学-高等学校-教材②动物-饲料-高等学校-教材 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 072528 号

**中国农业出版社出版**

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 叶 岚

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

---

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 28

字数: 670 千字

定价: 36.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

# 前 言

《动物营养与饲料学》作为高等农业院校动物科学专业本科主干专业基础课教材，主要为动物科学、动物营养及饲料加工等专业编写。

根据我国养殖业及饲料工业现代化建设和动物营养学现代科技发展的需要，分别开展动物营养学和饲料学的教学，已不能完全满足农业院校动物科学专业本科教学的需要。国内不少高校已将动物营养学和饲料学两门课程合为动物营养与饲料学一门课程。但由于缺乏统编教材，给本课程的规范教学带来一定的影响。为此特编写本教材。本教材主要讲授动物营养学的基础理论、基本知识和基本方法，以及饲料的化学组成、营养特性、饲料营养价值评定方法和饲料的合理利用途径。根据学科和行业的进展及要求，本教材在国内已有的相关教材基础上还增加了微生态营养、营养与免疫、营养与畜产品安全、饲料生物安全等新内容。按照“思想性、科学性、先进性和实用性”的原则，做到既能反映学科和生产发展的现实成就和未来需要，又把握好本科层次学生应具有的知识水平和业务技能，使教材的知识体系和深度适合本科学生的需要。在内容上力求全面、系统和由浅入深。为便于学生的学习，每章进行了小结，并根据教学内容列出了复习思考题；书后附有主要术语中英文对照。

教材编写组由四川农业大学、湖南农业大学、云南农业大学、西南农业大学、石河子大学、贵州大学、西南民族大学、广西大学、西南科技大学、江西农业大学和广西师范大学等11所大学的富有教学经验的20位教师组成。为了确保教材的质量，编写组多次开会研讨编写提纲和内容。初稿完成后主编和副主编进行了交叉审阅和修改。

鉴于教材编写难度大、时间仓促和编写人员水平有限，书中的不足之处在所难免，恳请读者批评指正，以便修订完善。

编 者

2005年5月

# 目 录

绪论.....	1
本章小结 .....	4
复习思考题 .....	5

## 第一篇 动物营养原理

第一章 动物营养生理 .....	9
第一节 动植物在食物链中的地位与关系 .....	9
第二节 动植物的化学组成 .....	11
第三节 饲料中的养分 .....	15
第四节 动物对饲料养分的消化利用 .....	18
第五节 各类动物的消化生理特点 .....	20
本章小结 .....	23
复习思考题 .....	24
第二章 蛋白质、肽和氨基酸营养 .....	25
第一节 蛋白质的组成与营养作用 .....	25
第二节 单胃动物蛋白质和氨基酸营养 .....	28
第三节 反刍动物的蛋白质营养 .....	34
第四节 蛋白质的周转代谢 .....	39
本章小结 .....	43
复习思考题 .....	44
第三章 碳水化合物的营养 .....	45
第一节 碳水化合物的组成和分类 .....	45
第二节 淀粉的营养 .....	48
第三节 非淀粉多糖的营养 .....	51

第四节 非淀粉多糖的抗营养作用 .....	54
本章小结 .....	56
复习思考题 .....	57
<b>第四章 脂肪及脂肪酸的营养 .....</b>	<b>58</b>
第一节 脂肪及脂肪酸的性质与作用 .....	58
第二节 脂肪及脂肪酸的消化利用 .....	62
第三节 必需脂肪酸 .....	66
本章小结 .....	68
复习思考题 .....	69
<b>第五章 能量的营养 .....</b>	<b>70</b>
第一节 能量的来源及在动物体内的转化 .....	70
第二节 饲料中有效能及测定方法 .....	72
第三节 能量与动物生产 .....	77
本章小结 .....	81
复习思考题 .....	82
<b>第六章 水的营养 .....</b>	<b>83</b>
第一节 水的性质和作用 .....	83
第二节 动物体内水的平衡及调节 .....	84
第三节 影响各种动物需水量的因素及饮水品质 .....	87
本章小结 .....	90
复习思考题 .....	91
<b>第七章 矿物质营养 .....</b>	<b>92</b>
第一节 概论 .....	92
第二节 常量矿物元素营养 .....	94
第三节 微量矿物元素营养 .....	100
第四节 电解质营养 .....	111
本章小结 .....	113
复习思考题 .....	114
<b>第八章 维生素的营养 .....</b>	<b>115</b>
第一节 维生素营养概述 .....	115
第二节 脂溶性维生素 .....	116
第三节 水溶性维生素 .....	125

本章小结 .....	139
复习思考题 .....	141
<b>第九章 各类营养物质间的相互关系 .....</b>	<b>142</b>
第一节 三大有机物质间的相互关系 .....	142
第二节 有机物与维生素、矿物元素间的相互关系 .....	144
第三节 维生素与矿物元素间的相互关系 .....	146
本章小结 .....	148
复习思考题 .....	149
<b>第十章 动物微生态营养 .....</b>	<b>150</b>
第一节 微生态的概念 .....	150
第二节 动物微生态营养原理 .....	151
第三节 微生态平衡 .....	155
本章小结 .....	157
复习思考题 .....	158
<b>第十一章 环境与动物营养 .....</b>	<b>159</b>
第一节 温热环境与动物营养 .....	159
第二节 管理环境与动物营养 .....	165
本章小结 .....	167
复习思考题 .....	168
<b>第十二章 营养与免疫 .....</b>	<b>169</b>
第一节 机体的免疫机制 .....	169
第二节 营养对机体免疫力的影响 .....	171
第三节 免疫应激对营养代谢的影响 .....	176
本章小结 .....	178
复习思考题 .....	179
<b>第十三章 营养与畜产品品质 .....</b>	<b>180</b>
第一节 营养与肉质 .....	180
第二节 营养与乳品品质 .....	183
第三节 营养与蛋品品质 .....	185
第四节 营养与羊毛品质 .....	189
本章小结 .....	190
复习思考题 .....	191



<b>第十四章 动物的采食量</b> .....	192
第一节 采食量的概念和意义 .....	192
第二节 采食量的调节 .....	193
第三节 采食量的估计和影响采食量的因素 .....	196
本章小结 .....	198
复习思考题 .....	199

## 第二篇 饲料学

<b>第十五章 饲料营养价值的评定</b> .....	203
第一节 饲料营养价值的评定方法 .....	203
第二节 动物饲料营养价值评定体系 .....	212
本章小结 .....	220
复习思考题 .....	221
<b>第十六章 饲料的分类</b> .....	223
本章小结 .....	227
复习思考题 .....	227
<b>第十七章 青粗饲料</b> .....	228
第一节 青绿饲料 .....	228
第二节 青贮饲料 .....	231
第三节 干草 .....	234
第四节 藁秕饲料 .....	237
本章小结 .....	241
复习思考题 .....	242
<b>第十八章 能量饲料</b> .....	243
第一节 谷实类饲料 .....	243
第二节 谷实类加工副产物饲料 .....	250
第三节 块根、块茎及瓜果类饲料 .....	254
第四节 其他能量饲料 .....	257
本章小结 .....	264
复习思考题 .....	265

<b>第十九章 蛋白质饲料</b> .....	266
第一节 植物性蛋白质饲料 .....	266
第二节 动物性蛋白质饲料 .....	278
第三节 单细胞蛋白质饲料 .....	284
第四节 非蛋白氮饲料 .....	287
本章小结 .....	288
复习思考题 .....	290
<b>第二十章 矿物质饲料</b> .....	291
第一节 常用矿物质饲料的特点 .....	291
第二节 矿物质补充料的生物利用率 .....	295
本章小结 .....	298
复习思考题 .....	299
<b>第二十一章 饲料添加剂</b> .....	300
第一节 概述 .....	300
第二节 营养性饲料添加剂 .....	302
第三节 非营养性饲料添加剂 .....	312
本章小结 .....	322
复习思考题 .....	324
<b>第二十二章 饲料生物安全</b> .....	325
第一节 饲料生物安全的概念及意义 .....	325
第二节 饲料与动物安全 .....	325
第三节 饲料与畜产品的食用安全 .....	328
第四节 饲料与环境 .....	329
第五节 确保饲料安全的措施 .....	330
本章小结 .....	331
复习思考题 .....	332

### 第三篇 动物营养需要及饲料配制

<b>第二十三章 营养需要与饲养标准</b> .....	335
第一节 营养需要与饲养标准 .....	335
第二节 动物营养需要量的研究方法 .....	338

本章小结 .....	341
复习思考题 .....	341
<b>第二十四章 维持的营养需要 .....</b>	<b>343</b>
第一节 维持需要的概念及意义 .....	343
第二节 动物维持状态下的营养需要 .....	344
本章小结 .....	347
复习思考题 .....	348
<b>第二十五章 生长育肥的营养需要 .....</b>	<b>349</b>
第一节 生长育肥的生理基础 .....	349
第二节 生长育肥动物的营养需要 .....	354
本章小结 .....	365
复习思考题 .....	366
<b>第二十六章 繁殖的营养需要 .....</b>	<b>367</b>
第一节 营养对动物繁殖的影响 .....	367
第二节 繁殖的营养需要 .....	369
本章小结 .....	375
复习思考题 .....	376
<b>第二十七章 泌乳的营养需要 .....</b>	<b>377</b>
第一节 乳的成分及乳的形成 .....	377
第二节 泌乳的营养需要 .....	381
本章小结 .....	389
复习思考题 .....	390
<b>第二十八章 产蛋的营养需要 .....</b>	<b>391</b>
第一节 产蛋的营养生理 .....	391
第二节 产蛋的营养需要 .....	393
本章小结 .....	396
复习思考题 .....	396
<b>第二十九章 其他营养需要 .....</b>	<b>397</b>
第一节 产毛的营养需要 .....	397
第二节 役畜工作的营养需要 .....	399
第三节 其他动物 .....	403

## 目 录

---

本章小结 .....	408
复习思考题 .....	409
<b>第三十章 配合饲料与配方设计</b> .....	<b>410</b>
第一节 配合饲料的特点、分类、作用 .....	410
第二节 饲料配方的设计原则 .....	411
第三节 饲料配合设计的基本步骤 .....	412
第四节 各类饲料的配方设计 .....	417
本章小结 .....	423
复习思考题 .....	424
<b>主要名词术语中英文对照</b> .....	<b>425</b>
<b>主要参考文献</b> .....	<b>430</b>

# 绪 论

## 一、营养与营养学的概念与地位

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。食物中的能够被有机体用以维持生命或生产产品的一切化学物质称为营养物质或营养素、养分。养分可以是简单的化学因素，如钙、磷、钾、钠、氯、镁、硫、铁、铜、锰、锌、硒、碘等，也可以是复杂的化合物，如蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素等。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，也是生物及其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。大部分植物和微生物能够利用土壤中的无机元素、硝态或氨态氮、水及空气中的二氧化碳和叶绿素捕获的太阳能，通过光合作用合成自身需要的各种有机物，同时释放出氧。这些生物属自养生物。大多数动物不能像自养生物那样以简单无机物为食，必须从环境中直接获得所需的有机物及氧。这些生物属异养生物。自养生物的存在成为异养生物的主要食物；异养生物在生命活动中的排泄物和死后尸体，经微小的异养生物（主要是微生物）分解，最后转化为无机物还原于自然界，成为自养生物的食物来源。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。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，营养学是农业生产及其可持续发展的理论基础。

## 二、动物营养与饲料科学的研究内容

动物营养与饲料学是研究营养物质摄入与动物生命活动（包括生产）之间关系的科学。饲料

是动物生命活动的物质基础。研究饲料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和饲料资源的合理利用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,动物营养与饲料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。

动物营养与饲料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,研究饲料的种类、营养价值和饲用价值;第七,研究饲料的科学利用原理和方法;第八,研究动物营养和饲料学的研究方法。通过研究,揭示饲料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,动物营养与饲料学研究内容深、广,研究目标远、难,任务十分艰巨。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。动物营养与饲料学至少与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与饲料学的内涵,推动动物营养与饲料学的发展。

有些学科还是动物营养与饲料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》、《分析化学》、《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。

### 三、动物营养与饲料学在现代动物生产与饲料工业中的作用

动物生产的目的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。

我国的动物养殖已有几千年的历史,但只有到了20世纪中叶,现代动物营养学基本成熟以后,动物养殖才真正开始摆脱盲目低效的状态,进入以科学技术为指南的有目的的高效生产时代。养殖方式也逐渐由粗放分散的副业养殖向专业化、集约化和工厂化的产业养殖方向发展。现代养殖业已成为国民经济的重要行业。

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。自1875年John Barwell在美国Illinois州建立第一家饲料加工公司以来,饲料工业已有100多年的历史。随着动物营养与饲料学及相关学科的发展,随着养殖业的进步,饲料工业有了长足进展。目前已形成了包括饲料原料工业、饲料添加剂工业、饲料机械工业和饲料加工工业在内的完整的工业体系。

动物营养与饲料学在动物生产中的作用表现在以下几个方面。

第一,保障动物健康。合理的营养有利于提高机体免疫机能,增强对应激和疾病的抵抗力。

第二,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%。

第三,改善产品质量。畜禽产品的色泽、风味、储藏期及对人类的保健作用与饲料营养直接相关,合理的营养管理有助于改善产品品质。

第四,降低生产成本。动物生产的总成本中,饲料成本占50%~80%(表0-1)。只有重视和改善营养管理,才能降低生产成本,提高生产效益。

表0-1 饲料成本占动物生产总成本的比例(%)

(引自 Gillespie, 1987)

动 物	饲料成本	动 物	饲料成本
猪	65~80	蛋鸡	55
奶牛	50~60	肉鸡、火鸡	65
肉牛	70	羔羊育肥	50

第五,保护生态环境。动物生产是环境氮、磷等元素污染的重要原因。只有应用动物营养学的原理和技术,提高动物对养分的利用效率,才能降低氮、磷等的排泄量,减少环境污染。

在饲料工业中,动物营养和饲料学原理和技术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、饲料加工工艺流程设计等均需要以动物营养学为理论基础和行动指南。

## 四、动物营养与饲料学的发展历程

现代动物营养和饲料学大体经历了三个阶段共200多年时间才形成的。从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 Antoine Lavoisier (1743—1794) 创立了燃素学说,奠定了营养学的理论基础。Lavoisier 把豚鼠装在自己设计的小室中,用温度表、天秤测量了体热损失、消耗的氧气和呼出的二氧化碳。他从中得出结论:动物呼吸是与体外物质燃烧相似的一种燃烧过程;动物产热与氧的消耗直接有关。第一阶段营养学进展很慢。

从19世纪中叶开始,以后的100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。1875年,美国成立全球第一家饲料厂,标志着动物营养学已进入到实际应用阶段。但其产品只考虑了干物质和总消化养分(TDN)两项质量指标。

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。40年代开始了对氨基酸的营养研究。到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发挥。由此诞生了“饲料添加剂”的概念。到了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和饲料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和饲料学知识所生产的配合饲料能够促使养殖生产水平和饲料利用率的大幅度提高，标志着现代动物营养和饲料学已经形成。从60年代至今，现代动物营养和饲料学得到了迅速发展。

动物营养和饲料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。动物营养的主要成果，如确定养分种类、了解养分代谢过程及营养功能、定义营养缺乏症、制定不同条件下动物的营养需要量等，均是世界范围内的科学家以家畜（禽）或实验动物、动物组织、微生物等为试验模型进行大量研究的结果。如大鼠对研究维生素、氨基酸、矿物元素和毒物起了巨大作用；狗在发现胰岛素、研究碳水化合物代谢以及烟酸在预防和治疗糙皮病中的功效等方面发挥了重要作用；豚鼠是阐明坏血病病因和预防措施的实验动物。此外，仓鼠、猪、猴、禽、鹌鹑及其他动物在动物营养知识的扩展中均发挥过作用。有了这些试验模型来替代动物本身，营养学的研究才能深入不断地进行。否则，由于成本、时间、动物保护与福利等原因，只应用本动物进行研究不可能获得目前所知的动物营养学知识。

动物营养和饲料学的迅速发展也得益于分析技术的进步和化学、数学、生物化学、生理学及其他相关学科的发展。随着这些学科以及其他相关学科的发展，动物营养与饲料学正朝着交叉领域纵深发展，分子营养学、营养与免疫学、生态营养学、饲料生物技术学等新兴学科领域正在形成和发展。动物营养与饲料学正在向以上述交叉学科的形成作为特征的第四阶段发展。动物营养与饲料学的进步必将推动动物生产和饲料工业的进一步发展。

### 本章小结

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。有机体的营养过程实质上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，也是生物及其与环境相互联系的纽带，是维系生态系统平衡的根本机制。

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。农业生产的本质是营养物质在食物链中的转移与回流，因此，营养学是农业生产及其可持续发展的理论基础。

动物营养与饲料学是研究营养物质摄入与动物生命活动（包括生产）之间关系的科学。既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。

动物营养与饲料学的任务是研究饲料及其中的营养物质的理化特性、在动物体内的代谢、动物的营养需要、营养与环境 and 动物健康的关系等，通过研究，揭示饲料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，使动物生产在食物链中与其他要素协调发展。完成这一任务，需要多学科理论和技术的融合。与动物营养学关系十分密切的学科包括《化学》、《动物生物化学》、《动物生理



学》等。

动物营养与饲料学的理论与技术在保障动物健康、提高动物生产水平、改善畜产品质量、降低生产成本、保护生态环境以及推动饲料工业发展等方面具有重要作用。

现代动物营养和饲料学大体经历了三个阶段共 200 多年时间才形成的。随着相关学科的发展，动物营养与饲料学正朝着交叉领域纵深发展。动物营养与饲料学的进步必将推动动物生产和饲料工业的进一步发展。

### • 复习思考题 •

1. 营养的概念与意义。
2. 自养生物和异养生物的代谢特点。
3. 动物营养与饲料学的目的和研究内容。
4. 动物营养与饲料学的过去、现在和将来。
5. 学习动物营养与饲料学的意义。