

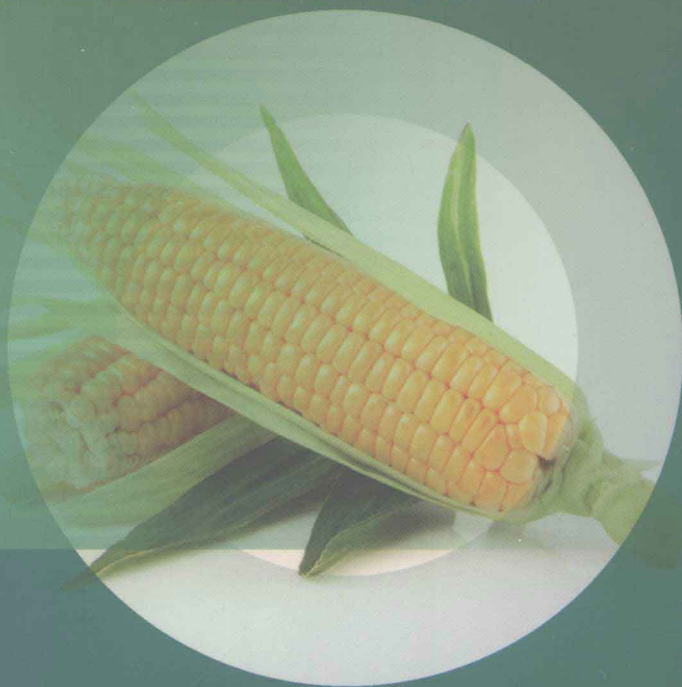



普通高等教育“十二五”规划教材
高职高专畜牧兽医类专业教材系列

动物营养与饲料加工

马美蓉 陆叙元 主编

DONGWU YINGYANG YU SILIAO JIAGONG



 科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

高职高专畜牧兽医类专业教材系列

动物营养与饲料加工

马美蓉 陆叙元 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书根据高端技能型专门人才培养目标,以饲料配方设计与加工过程为主线,设置动物营养供给、饲料原料选用、饲料配方设计与加工、饲料常规分析、饲养试验及饲养效果检查等5个项目,以及相应的11个技能训练项目。每项目均设有知识目标、技能目标、技能训练、知识链接及复习测试题;书后附有饲料卫生最新标准、动物饲养标准和最新饲料营养价值表。

本书可作为高职高专畜牧兽医专业教材,也可作为从事畜牧生产、饲料生产及各种类型养殖场的从业人员参考书和工具书。

图书在版编目(CIP)数据

动物营养与饲料加工/马美蓉,陆叙元主编. —北京:科学出版社,2012
(普通高等教育“十二五”规划教材·高职高专畜牧兽医类专业教材系列)
ISBN 978-7-03-034842-5

I. ①动… II. ①马… ②陆… III. ①动物营养-营养学-高等职业教育-教材 ②动物-饲料加工-高等职业教育-教材 IV. ①S816

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第127428号

责任编辑:张 斌 / 责任校对:刘玉靖
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012年7月第一次印刷 印张:20 3/4

字数:492 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈铭浩〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

本书编写人员

主 编 马美蓉 陆叙元
副主编 岳增华 徐 英 汪善峰
编写人员 (按拼音排序)

董 超 (浙江大北农农牧科技有限公司)

李福泉 (内江职业技术学院)

李君荣 (金华职业技术学院)

陆叙元 (嘉兴职业技术学院)

马美蓉 (金华职业技术学院)

孙凡花 (黑龙江农业职业技术学院)

汪善峰 (江苏农林职业技术学院)

汪晏伊 (黑龙江生物科技职业学院)

徐 英 (云南农业职业技术学院)

徐亚超 (盘锦职业技术学院)

岳增华 (黑龙江农业职业技术学院)

赵 燕 (温州科技职业学院)



前 言

FOREWORD

本书根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高[2006] 16号）、《农业部“十二五”教材建设规划》等有关精神，紧扣“高端技能型专门人才”的培养目标，同时吸取了自2007年以来国家示范专业建设的经验，以职业为导向、能力为本位，根据饲料行业及畜牧生产岗位要求，校企合作共同开发教材内容，设置项目化教学内容，教学内容紧贴生产实际。

本书以饲料配方设计与加工过程为主线，注重实用性和可操作性，融入饲料检验化验员、饲料品管员、饲料配方师等职业技能标准。编写逻辑合理、层次清晰，符合学生认知规律，从易至难。项目化内容组织遵循工作活动秩序，从动物营养供给、饲料原料选用供给至饲料配方的设计与加工，以及最后的实验室和养殖场检验。教材中每一项目均设有知识目标、技能目标、技能训练、知识链接及复习思考题；书后附有饲料卫生最新标准、动物饲养标准和最新饲料营养价值表，便于学习者明确学习任务，巩固知识，强化技能，对学生从事饲料行业的职业能力和职业素养养成起直接支撑作用。

本书由来自全国9所高职高专院校的11名专业教师和企业生产一线技术人员共同编写，编写分工如下：项目一由徐英、汪善峰、孙凡花编写；项目二由李福泉、岳增华、陆叙元编写；项目三由汪晏伊、李君荣编写；项目四由董超、赵燕、徐亚超编写；项目五由马美蓉编写。全书由马美蓉统稿。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

CONTENTS

前言	
导学	1
项目一 动物营养供给	3
任务一 动物营养基础知识认知	3
任务二 蛋白质供给	10
任务三 碳水化合物供给	26
任务四 脂肪供给	31
任务五 能量供给	37
任务六 矿物质供给	42
任务七 维生素供给	58
任务八 水供给	70
技能训练一 动物常见营养缺乏症的识别及原因分析	73
项目小结	76
复习测试题	77
项目二 饲料原料选用	83
任务一 青绿饲料选用	84
任务二 粗饲料选用	90
任务三 青贮饲料选用	95
任务四 能量饲料选用	99
任务五 蛋白质饲料选用	110
任务六 矿物质饲料	131
任务七 饲料添加剂	135
技能训练二 常用饲草饲料识别	144
技能训练三 氨化稻草的处理	145
技能训练四 青贮料的加工调制	147
项目小结	159
复习测试题	160
项目三 饲料配方设计及加工	163
任务一 营养需要与饲养标准	163



任务二 饲料配方设计	171
任务三 配合饲料的生产	205
技能训练五 妊娠母猪配合饲料配方设计	214
技能训练六 产蛋鸡全价饲料配方设计	215
技能训练七 浓缩饲料的配方设计	216
技能训练八 复合预混合饲料配方设计	217
技能训练九 配合饲料企业参观	217
项目小结	221
复习测试题	221
项目四 饲料常规分析	224
任务一 饲料样本的采集、制备及保存	224
任务二 饲料物理学鉴定	228
任务三 饲料常规成分分析	238
项目小结	264
复习测试题	264
项目五 饲养试验及饲养效果检查	268
任务一 饲养试验设计与实施	268
任务二 动物饲养效果检查	277
技能训练十 饲养试验方案的设计与实施	279
技能训练十一 养殖场饲养效果分析与营养诊断	281
项目小结	282
复习测试题	283
附录	284
附录一 饲料卫生标准汇编	284
附录二 部分饲料原料质量标准	288
附录三 瘦肉型生长肥育猪饲养标准	293
附录四 禽饲养标准	308
附录五 奶牛饲养标准	316
附录六 饲料描述 常规成分及饲料营养价值表	319
主要参考文献	324

导 学

所谓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，是一系列化学、物理和生理变化过程的总称。

动物为了生存、生长、繁衍后代，必须从外界摄取食物，动物的食物称为饲料。饲料中凡能被动物用以维持生命、生产产品的物质称为营养物质。

由此可知，营养物质是动物生存和生产的物质基础，饲料和动物之间存在着密切的相互关系；由于动物产品又是人类的食物，因此人与动物、饲料之间也存在着密切关系。

一、动物营养与饲料加工的定位

自 2007 年国家示范专业建设以来，畜牧兽医专业的教学改革取得丰硕成果。依托行业企业良好的合作平台，根据畜牧兽医行业岗位资格和行业技术标准，基于学生认知规律，从感性到理性，从简单到复杂，从具体到抽象，以学生职业成长过程为主线，设置生产性课程和技术性课程；基于服务专业，面向学生全面、可持续发展的要求，设置原理性课程和职业素养课程，校企共同构建畜牧兽医专业特有课程体系。

“动物营养与饲料加工”课程是此课程体系中的一门技术性课程，是畜牧兽医专业的必修课，也是专业核心课程。课程学习对畜牧兽医专业学生的综合能力发展和职业素养起到支撑作用，是专业实现人才培养目标的重要技能型课程。

本课程是在学习生产性课程，如猪生产、家禽生产、草食动物生产等课程以后开设的，重点解决生产性课程中各种动物饲养中饲料配制、饲料加工、饲料检测等技术性问题。后续课程是生产实习和毕业顶岗实习，将课程中的技术技能在实际生产中得到锻炼和提升。

二、动物营养与饲料加工的内容

本书是以饲料配方设计与加工过程为主线，设置动物营养供给、饲料原料选用、饲料配方设计及加工、饲料常规分析、饲养试验及饲养效果检查等 5 个项目。同时将饲料检验化验员、饲料品管员、饲料配方师等职业技能标准融入教学内容。项目化内容组织遵循工作活动秩序，从动物营养供给、饲料原料选用供给至饲料配方的设计与加工，以及最后饲料质量评价（实验室常规分析和养殖场检验），符合学生认知规律，从易至难。对学生从事饲料行业的职业能力和职业素养养成起直接支撑作用。

动物营养供给项目内容主要有：动植物的化学组成；营养物质的营养生理功能及消化代谢过程、营养物质缺乏症及过量的危害；来源与供应等。

饲料原料选用项目内容主要有：饲料分类及各类饲料的营养特点；常用饲料饲草



2 动物营养与饲料加工

的识别；常用饲料的营养特点及饲用价值。

饲料配方设计及加工项目内容有：配合饲料的种类；配方设计的原则与方法；单胃动物和反刍动物饲料配方设计的特点、配方实例，以及配合饲料加工工艺等。

饲料质量评价分饲料常规分析、饲养试验及饲养效果检查两部分。饲料常规分析主要包括饲料样本的采集、制备与保存；饲料感官检测与镜检；饲料成分常规分析等内容。饲养试验及饲养效果检查主要内容有饲养试验设计、实施；动物食欲表现、健康状况、产生性能及饲料转化率等饲养效果的检查。

三、动物营养与饲料加工的学习目标

本课程紧扣“高端型技能型专门人才”的培养目标，以职业为导向，以能力为本位，确保教学内容与生产实际相结合。通过学习，具备以下专业能力、方法能力和社会能力。

（一）专业能力

（1）能运用动物营养知识，综合分析动物营养缺乏症的原因，解决动物饲养中常见的营养问题。

（2）能结合当地饲料资源，正确选择饲料原料；会熟练加工和应用各种常用饲料。

（3）能熟练使用和操作实验仪器，会准确分析饲料营养成分，并能分析实验误差的影响因素。

（4）在教师的指导下，会根据各种动物不同生理特点设计较合理的饲料配方。

（5）熟悉配合饲料生产工艺流程。

（6）能根据要求设计科学合理的试验方案。会进行有效的饲养效果检查。

（二）方法能力

（1）收集资料、获取信息的能力。

（2）制订计划、撰写报告的能力。

（3）自主学习的能力，较强的知识、技术更新能力。

（4）有规范操作能力，具有使用现代仪器设备及信息工具与手段能力。

（5）观察与分析能力、独立处理突发事件的能力以及创新能力。

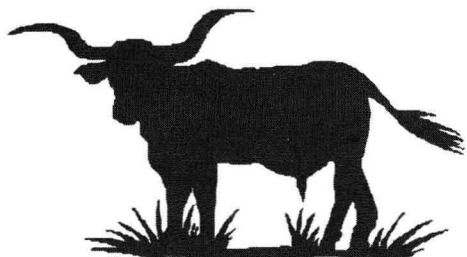
（三）社会能力

（1）服从领导安排，有精心、求实、一丝不苟的敬业精神。

（2）团队协作的能力，具有吃苦耐劳、艰苦奋斗、诚实守信的品质。

（3）有一定的语言表达与沟通能力。

（4）有一定的应变能力，有不怕挫折失败的坚强毅力。



项目一

动物营养供给

【知识目标】

1. 了解动植物的营养物质组成、营养成分的异同点及相互关系。
2. 理解各种营养物质的营养原理。
3. 掌握各种营养物质的营养生理功能。
4. 掌握不同动物对饲料中三大有机物的消化吸收特点。
5. 掌握能量在动物体内的转化过程。

【技能目标】

1. 会对动植物的化学组成进行比较。
2. 会熟练计算饲料消化率。
3. 能解释各种营养物质的主要营养生理功能。
4. 能说出单胃动物和反刍动物三大有机物的消化吸收特点。
5. 能识别维生素的典型缺乏症，在生产中能合理供给动物需要的维生素。
6. 能判别动物矿物质元素的缺乏症和中毒症，提出合理的预防和治疗方案。

动物是通过饲料摄取其自身所需要的各种营养物质，而这些营养物质一旦进入动物体后，就需要经过一系列的消化吸收过程，才能转化为动物体成分，并为动物提供能量以维持自身的生命活动，进而生产畜产品，满足人们的需要。

任务一 动物营养基础知识认知

一、动植物的化学组成

植物利用太阳能，以C、H、O、N等为原料合成脂肪、碳水化合物和蛋白质，动物则利用植物体内的这些营养物质。动物为了自身的生命活动和生产，必须从外界环



境中摄取所需要的各种营养物质，其中绝大部分来源于植物。因此，二者在化学组成上有密切联系。为了正确与合理地组织动物饲养，也为了满足动物营养需要、提高饲料转化率、增加畜产品数量和提高畜产品质量，必须首先了解动物与植物的组成。

(一) 动植物的化学元素组成

动物的饲料除了少量来自动物、矿物质及人工合成外，绝大部分来源于植物。应用现代分析技术测定，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%。按它们在动植物体内含量的多少分为两大类：含量大于或等于 0.01% 的称为常量元素，如 C、H、O、N、Ca、P、K、Na、Cl、Mg、S 等。含量小于 0.01% 的称为微量元素，如 Fe、Cu、Co、Zn、Mn、Se、I、F 等。

饲料与动物体中的元素，绝大部分不是以游离状态单独存在，而是互相结合为复杂的无机化合物或有机化合物，构成各种组织器官和产品。

(二) 饲料的营养物质组成及其影响

1. 饲料的营养物质组成

饲料中凡能被动物用以维持生命、生产产品的物质，称为营养物质，简称养分。100 多年前德国 Weende 农业站发明了一套评定饲料营养价值的体系，将饲料养分概略分为 6 大成分，分别为水分、粗蛋白质、粗纤维、粗脂肪、无氮浸出物和粗灰分，这些养分叫概略养分。采用这种常规饲料分析法，结合近代分析技术测定结果，可得到植物性饲料的营养物质组成（图 1.1）。

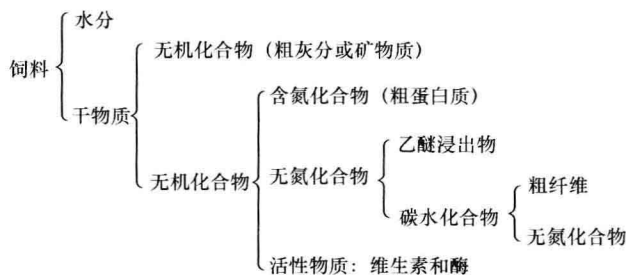


图 1.1 植物性饲料的营养成分

1) 水分

各种饲料均含有水分，其含量差异很大，高者可达 95% 以上，低者可低于 5%。水分含量越多的饲料，干物质含量越少，营养价值越低且不利于保存。同一种饲用植物由于收割时期不同，水分含量也不一样，细嫩时含水较多，成熟后较少；植株部位不同，水分含量也有差异，枝叶中水分较多，茎秆中较少。

水分也是动物机体内各种器官、组织的重要成分。其含量一般可达体重的一半。动物幼龄时水分含量多，随着年龄的增长而逐渐降低；动物营养状况不同，水分含量也有差异，脂肪沉积越多，则水分含量越低。



初水（游离水、自由水）是含于细胞间，与细胞结合不紧密，在室温下易挥发。结合水是含于细胞内，与细胞内成分紧密结合，难以挥发。总水是初水和结合水之和。

不同分析方法得到不同水分含量，饲料在 60~70℃ 烘干，失去初水，剩余物叫风干物，这种饲料叫风干（半干）饲料，这种状态叫风干基础；在 100~105℃ 烘干，失去结合水，其干物质叫全干（绝干）物质，其状态叫全干基础。

不同干物质基础的换算：新鲜基础（原样基础）；绝干基础（全干基础）；风干基础（半干基础），通常含水 10%~15%。

2) 粗蛋白 (CP)

粗蛋白质是常规饲料分析中用以估计饲料、动物组织或动物排泄物中一切含氮物质的指标，是指饲料中含氮物质的总称，包括了蛋白质和非蛋白质含氮物（NPN，如游离氨基酸、尿素等）两部分。

3) 粗脂肪 (EE)

粗脂肪是真脂肪和类脂肪的总称。常规饲料分析是用乙醚浸提样品所得的乙醚浸出物。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，故称粗脂肪或乙醚浸出物。饲料中脂肪含量差异较大，高者在 10% 以上，低的不及 1%，部位不同含脂量也不同，籽实 > 茎叶 > 根。

4) 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，其分子式是 CH_2O ，其中氢和氧的比例与水的组成比例相同，故称碳水化合物。包括粗纤维和无氮浸出物。

粗纤维是由纤维素、半纤维素、木质素、角质等组成，是植物细胞壁的主要成分，也是饲料中最难消化的营养物质。饲料有机物质中无氮物质除去粗脂肪和粗纤维外，总称为无氮浸出物，或称可溶性碳水化合物，包括单糖、双糖及多糖。

5) 粗灰分

粗灰分是饲料、动物组织和动物排泄物样品在 550~600℃ 高温炉中将所有有机物质全部氧化后的剩余残渣。主要为矿物质氧化物或盐类等无机物质，有时还含有少量泥沙，故称粗灰分。

6) 维生素

在饲料中含量不多，对动物来说，既不提供能量，也不构成组织和器官，但它对动物来说是体内代谢过程中不可缺少的活化剂和加速剂，是参与调节物质代谢，不能用任何物质来代替。

2. 影响饲料营养成分的因素

饲料营养价值成分表中所列各种营养的物质的数量与质量是多次分析结果的平均数，与具体使用的饲料养分含量有一定差异，这是因为植物的营养物质组成受诸多因素影响。

1) 饲料的种类与品种

(1) 种类。青饲料水分高，富含维生素；蛋白质饲料蛋白质含量高；能量饲料中



淀粉较多。

(2) 品种。同一种饲料品种不同，营养物质组成不同，如黄玉米中富含胡萝卜素，而白玉米中则缺乏。

2) 收获期

随着植物发育，含水量下降，到籽实形成期粗蛋白下降，粗脂肪下降，粗纤维含量上升。

3) 饲料作物部位

叶子中营养丰富，远远超过秸秆，收获、晒制、贮存、饲喂过程中，应尽量避免叶片损失。

4) 贮存时间

饲用植物的收获并不改变其化学成分和营养价值，新收割的青草和掘出不久的块根与原来的植物相比有着相同的化学成分和营养价值。但收割后的饲料经长期贮存后，会发生很大变化，因为植物细胞的呼吸、酶、微生物发酵等作用使饲料养分减少或发生变化（如糖分增加）。

贮藏时间越长，养分总量减少的程度越大。如青草经过干燥成为干草时，首先失去大量水分，其次损失一部分有机物。

5) 土壤

生长在不同土壤中的同一种植物，产量和化学成分都有差异。如肥沃的黑土可生产出优质饲料，贫瘠和结构不良的土壤生产的饲料产量和营养价值均较低。

6) 施肥

施用肥料，既可提高饲料作物产量，又可影响饲料中营养物质含量。施用不同的肥料可改变草地植被的植物组成。如施用磷肥，可提高饲料作物产量和粗蛋白含量；施用磷肥，提高饲料作物含磷量和粗蛋白含量；施用钾肥，可增加饲料作物中粗蛋白、粗灰分和钾含量，减少钙含量。

7) 气候条件

气温、光照及雨量分布等气候条件对饲用植物的收获量及化学成分有很大影响，在寒冷气候下生长的植物比在温热气候下生长的植物，粗纤维较多，而蛋白质和粗脂肪较少。

了解影响饲料中营养物质组成的因素，一方面能正确认识饲料营养价值和查用饲料营养价值成分表，做到合理利用饲料；另一方面可采取适当措施，改变饲料营养物质组成，提高饲料的营养价值。

(三) 动植物体化学组成的比较

动植物体虽含有水分、矿物质、蛋白质、脂肪、碳水化合物和维生素 6 种同名营养物质，但是，动物与植物的某些同名营养物质在组成成分上又有明显不同。

1. 元素比较

元素种类基本相同，数量差异大；动物元素含量变异小，植物的变异大。



相同点：均以氧最多、碳氢次之，其他少。

不同点：植物含钾高，含钠低；动物含钠高，含钾低；动物含钙、磷高于植物。

2. 化合物组成比较

(1) 动植物的化合物有 3 类：

构成机体组织的成分，如蛋白质、脂肪、碳水化合物、水和矿物质；

合成或分解的中间产物，如氨基酸、脂肪酸、甘油、氨、尿素、肌酸等；

生物活性物质，如酶、激素、维生素和抗体等。

(2) 植物水分含量变异大于动物。植物体内水分含量变异范围很大，成年动物体内水分相对稳定。动物体内灰分含量比植物体内多（以干物质计），特别是钙、磷、镁、钾、钠、氯、硫等常量矿物元素的含量远高于植物体。植物干物质中主要为碳水化合物，而动物则主要为蛋白质和脂肪。

(3) 植物含纤维素、半纤维素、木质素；动物体没有粗纤维，只含有少量葡萄糖，低级羧酸和糖原。

(4) 植物能量储备为碳水化合物，含量高，动物为脂肪，碳水化合物少（<1%），主要是糖原和少量葡萄糖。

(5) 植物除含真蛋白外，含有较多的氨化物；动物主要是真蛋白及少量游离氨基酸和激素，无其他氨化物；动物蛋白质含量高，变异小，品质也优于植物。

蛋白质是动物体的结构物质。构成动植物体蛋白质的氨基酸种类相同，但植物体能自身合成全部的氨基酸，动物体则不能全部合成，一部分氨基酸必须从饲料中获得。

(6) 植物除含真脂肪外，还有其他脂溶性物质，如脂肪酸、色素、树脂、蜡质；油料植物中脂类含量较多，一般植物脂类含量较少。

脂类是动物体的储备物质，动物主要是真脂肪、脂肪酸及脂溶性维生素，不含树脂和蜡质；动物因种类、品种、肥育程度等不同，脂肪含量差异大，动物脂肪含量高于除油料作物外的其他植物。

3. 相互关系

动物从饲料中摄取 6 种营养物质后，必须经过体内的新陈代谢过程，才能将饲料中营养物质转变为机体成分、动物产品或提供能量。二者关系可概括为：动物体水分来源于饲料水、代谢水和饮水；动物体蛋白来源于饲料中的蛋白质和氨化物；动物体脂肪来源于饲料中的粗脂肪、无氮浸出物、粗纤维及蛋白质的脱氨部分；动物体中的糖分来源于饲料中的碳水化合物；动物体中的矿物质来源于饲料、饮水和土壤中的矿物质；动物体中的维生素来源于饲料中的维生素和动物体内合成的维生素。但这并不是绝对的，因为饲料中各种营养物质在动物体内的代谢过程中存在着相互协调、相互代替或相互拮抗等复杂关系。

二、动物对饲料的消化吸收

动物采食饲料是为了从饲料中获得所需要的营养物质，但饲料中的营养物质一般



不能直接进入体内，必须经过消化道内一系列消化过程，将大分子有机物质分解为简单的在生理条件下可溶解的小分子物质，才能吸收。不同动物对不同饲料的消化利用程度不同，饲料中各种营养物质消化吸收的程度直接影响其利用效率。

了解动物消化饲料的基本规律和特点，有利于合理地向动物供给饲料；科学认识动物的营养过程，提高饲料利用率，降低动物生产成本，节约利用饲料。

（一）消化方式

动物的种类不同，消化道结构和功能也不同，但是它们对饲料中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、化学性、微生物消化。

1. 物理性消化

由动物摄取饲料开始，指饲料在口腔中的咀嚼和胃肠运动中的消化。靠动物的牙齿和消化道管壁的肌肉运动把饲料压扁、撕碎、磨烂，从而增加饲料的表面积，易于与消化液充分混合，并把食糜从消化道的一个部位运送到另一个部位。物理性消化后食物只是颗粒变小，没有化学性变化，其消化产物不能吸收，但它为化学消化与微生物消化做好准备。

对各类动物均不提倡将精饲料粉得过细，因咀嚼及消化器官的肌肉运动受饲料粒度之机械刺激，若没有这种刺激，消化液分泌减少，进而不利于化学性消化。

猪、牛、羊等哺乳动物，口腔是主要的物理消化器官，对改变饲料粒度起着十分重要的作用。鸡、鸭、鹅等禽类，对饲料的物理消化，主要是通过肌胃收缩的压力和饲料中的硬质物料的切搓，达到改变饲料粒度的目的，这也是禽类在笼养条件下，配合饲料中适量添加硬质沙石的依据。

2. 化学性消化

主要在动物的胃和小肠中，靠酶的催化作用进行，非反刍动物主要靠这种方式消化。动物对饲料中的蛋白质、脂肪和糖的消化，主要靠消化器官分泌相应的蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶等作用下进行的，动物对饲料中粗纤维的消化，主要靠消化道内微生物的发酵。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，这是在动物生产上合理组织饲料供应的科学依据。

3. 微生物消化

微生物消化主要是由细菌、纤毛虫等微生物在反刍动物的瘤胃和单胃草食动物的大肠中，对纤维素及其他糖类进行的消化，对反刍动物十分重要。瘤胃是反刍动物微生物消化的主要场所。

反刍动物的瘤胃可看作是一个厌氧性微生物接种和繁殖的活体发酵罐，瘤胃内环境很适合厌氧微生物的繁殖。瘤胃微生物种类繁多，主要分为两大类群：一类是原生动物，如纤毛虫和鞭毛虫；另一类是细菌。瘤胃微生物除原虫和细菌外，也还有酵母类的微生物和噬菌体等。



显然，微生物消化的最大特点是，可将大量不能被宿主动物直接利用的物质转化成能被宿主动物利用的高质量的营养素。但在微生物消化过程中，也有一定量能被宿主动物直接利用的营养物质首先被微生物利用或发酵损失，这种营养物质二次利用明显降低利用效率，特别是能量利用效率。

（二）各类动物的消化特点

1. 非反刍动物消化特点

1) 猪

猪是单胃杂食动物，其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动物年龄有关。一般粗硬的饲料咀嚼时间长，随年龄的增加咀嚼时间相应缩短。但盲肠不发达，消化管的容量也有限，其食物消化主要依靠化学性的消化作用，而微生物的消化作用较小。在生产上猪饲料宜适当粉碎以减少咀嚼的能量消耗，因此用适当的精饲料喂猪比用大量青粗饲料更为适宜。同时又有助于胃、肠中酶的消化。猪饲料中的粗纤维主要靠大肠和盲肠中微生物发酵消化，消化能力较弱。

2) 禽

家禽的消化吸收主要在小肠内进行，小肠分泌的肠液中含有淀粉酶，胰液中含蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶，加上肝分泌的胆汁有助于脂肪乳化和加强胰液的消化。

大肠分为盲肠和直肠。盲肠左右各一条，主要作用是将饲料中的粗纤维在微生物的作用下进行发酵，分解成挥发性脂肪酸，在盲肠吸收。盲肠还有吸收含氮物质和水分的功能，直肠很短，食糜在其中停留时间较短，主要是吸收一部分水分和盐类，形成粪便后经泄殖腔与尿混合排出体外。

2. 反刍动物消化特点

反刍动物牛羊的消化特点是前胃（瘤胃、网胃、瓣胃）以微生物消化为主，主要在瘤胃内进行。皱胃和小肠的消化与非反刍动物类似，主要是酶的消化。

食糜由瘤胃、网胃、瓣胃进入真胃和小肠，进行酶的消化。当食糜进入盲肠和大肠时又进行第二次微生物发酵消化。饲料中粗纤维经两次发酵，消化率显著提高，这也是反刍动物能大量利用粗饲料的营养基础。

（三）消化率及影响因素

1. 饲料消化率

饲料中的有机物被动物采食后，首先要经过胃肠消化。其中一部分被消化，另一部分未被消化。消化最终产物大部分被小肠吸收，少部分未被吸收，未被吸收的部分随同未被消化的部分一起由粪便排出体外。饲料中被动物消化吸收的营养物质称为可消化营养物质，可消化营养物质占食入营养物质的百分比称为消化率。

$$\text{消化率} = \frac{\text{可消化营养物质}}{\text{食入营养物质}} \times 100\%$$



2. 影响消化率的因素

影响消化率的因素很多，凡影响动物消化生理、消化道结构及机能和饲料性质的因素，都会影响饲料的消化率。主要影响因素来自动物、饲料及饲料加工调制、饲养水平三个方面。

(四) 吸收方式

1. 胞饮吸收

初生哺乳动物对初乳中免疫球蛋白的吸收即胞饮吸收。胞饮吸收对初生动物获取抗体具有十分重要的意义。

2. 被动吸收

经动物消化道上皮的过滤、扩散和渗透作用，一些低分子物质，如简单的多肽、各种离子、电解质、水及水溶性维生素和某些糖类的吸收。

3. 主动吸收

主要靠消化道上皮细胞的代谢活动，是一种需要消耗能量的吸收，营养物质需要有细胞膜上载体的协助。是动物吸收营养物质的主要途径，绝大多数有机物的吸收依靠主动吸收完成。

任务二 蛋白质供给

一切生命活动均与蛋白质密切相关，其作用是其他营养物质所不能代替的。蛋白质是由氨基酸组成的一种复杂的高分子化合物，包括真蛋白质和非蛋白质含氮化合物。

蛋白质的主要组成元素是碳、氢、氧、氮，大多数的蛋白质还含有硫，少数含有磷、铁、铜和碘等元素。各种蛋白质的含氮量虽不完全相等，但差异不大，一般蛋白质的含氮量按 16% 计。动植物体的粗蛋白含量是通过测定其中的总含氮量，然后乘以蛋白质系数 6.25（或除以 16%）推算得出。

一、蛋白质、氨基酸及肽的营养生理功能

(一) 蛋白质的营养生理功能

1. 蛋白质的营养生理功能

1) 蛋白质是构成动物体最基本的物质

动物体各种组织器官如肌肉、皮肤、内脏、血液、神经、精子和卵子等，均是由蛋白质作为基本物质而形成，蛋白质是动物体内除水分外含量最高的物质，通常可占到 50% 左右。某些组织器官如肌肉、肝脏、脾脏等蛋白质含量可高达 80%。各种组织