



成人高等教育教材

SILIAOXUE

饲料学

◎ 夏中生 主编





成人高等教育教材

饲料学

广西课程教材发展中心组编

主 编 夏中生

副 主 编 邹优敬 唐湘方

编写人员 夏中生 邹优敬 唐湘方 麻艳群

李影球 赵 峰 刘 丹



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

· 桂林 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

饲料学 / 夏中生主编. — 桂林: 广西师范大学出版社,
2005.11

成人高等教育教材
ISBN 7-5633-5741-6

I. 饲… II. 夏… III. 饲料—成人教育: 高等教育—教材 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 110159 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市育才路 15 号 邮政编码: 541004)
网址: <http://www.bbtpress.com>

出版人: 肖启明

全国新华书店经销

湖南省地质测绘印刷厂印刷

(湖南省衡阳市圆艺村 9 号 邮政编码: 421008)

开本: 720 mm × 960 mm 1/16

印张: 18.75 字数: 336 千字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

印数: 0 001~2 000 册 定价: 21.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。

成人高等教育教材编委会

主 任:余益中

副 主 任:黄 宇

委 员:(按姓氏笔画排序)

卢小珠	刘 冰	吴郭泉	余益中	余国强
陈洪江	何锡光	何清平	罗庆芳	周克依
周度其	秦 成	唐春生	唐 宁	黄 宇
覃殿益	蒋就喜	廖克威		

总 主 编:唐佐明

副总主编:钟海青

编写说明

为了进一步贯彻落实教育部关于“教材建设精品化,教材要适应多样化教学需要”的指示精神,加强成人高等学校教材建设,推动成人高等教育的改革与发展,我们组织力量开发、编写了此套成人高等教育教材。

这套教材的开发采取科研课题管理模式进行。首先严格按照《广西成人高等教育部分教材建设实施方案》申报立项,然后通过专家论证和评审,最后经广西高等学校教材建设和管理委员会批准,从200多项申报材料中确定首期研究开发项目46项,编写出版的教材共47种。这47种教材涵盖了文学、法学、教育学、医学、动物科学和艺术等几大门类的学科。为了适应本、专科学生不同层次的学习要求,我们对主要学科分设了本科教材和专科教材。

本套教材力求体现成人高等教育的教学特点,注重教材的实用性,并适合成人高等教育的教学形式和教学规律。在强调基础理论、

基本知识、基本技能的同时,着重考虑内容的深入浅出,注意科学性与实践性的结合。在内容的选择上,教材注意面向大多数学生,既确保落实教学大纲的基本要求,又具有适当的弹性,能够适应学生进一步提高的要求,也给授课教师留有较大的选择和发挥空间。在教材编写体例上,采取了总论和分述的编写结构:总论部分概括阐述了课程的主要内容和知识点,分述部分则对各知识点进行详细的讲解。同时,为了帮助学生全面深入地掌握教材内容,便于学生自学,我们根据教材内容的特点编写了相应的学习指导书,对教材中的重点和难点予以点评和解析,并提供习题或自测题给学生自学,力求提高学生的学习效果。

本套教材已经广西高等学校教材建设和管理委员会审查通过。教材得以顺利编写、出版和使用,与广西教育厅领导的高度重视和大力支持是分不开的,同时,凝聚着广西各高等院校成人教育机构的领导和有关专家特别是广大编写人员的心血和汗水,在此谨向他们表示诚挚的谢意。

由于时间仓促,书中难免有错漏之处,恳请各位专家、广大师生批评指正。

成人高等教育教材编写组

2004年6月

前 言

本书是成人高等教育教材之一,主要为农业成人高等教育的动物科学专业、动物医学专业、动物营养与饲料科学等专业方向的本科教学而编写的试用教材,也可供高等农业院校、职业技术学院相关专业的师生和广大从事畜牧兽医、饲料生产行业的科技人员阅读参考。

改革开放 20 多年来,我国饲料工业和畜牧养殖业迅猛发展,现配合饲料年产量已超过 8 000 多万吨,仅次于美国居世界第二位;我国肉类和禽蛋产量位居世界首位,人均肉产品已达 50 kg 以上,极大地丰富和改善了人民的膳食结构,提高了人民的生活水平。随着我国加入 WTO,农业产业结构的进一步战略性调整以及农村全面建设小康社会,畜牧业和饲料工业既获得良好的发展机遇,又面临严峻挑战。针对我国目前畜牧业技术人才不足、从业人员科学文化素质较低、现代科学技术的普及推广难度较大、科研成果转化缓慢的现状,发展高产、优质、高效和可持续畜牧养殖业,除了需要加大科技的投入、加快成果转化外,培养大批农业技术人员是亟待解决的重要问题。

成人高等教育是近代教育发展的成果,在我国已成为国民教育体系的一个重要组成部分。近 10 多年来,农业成人高等教育发展迅速,培养了一大批农业专门人才,为促进农业和农村经济的发展作出了重要贡献。但是农业成人高等教育的教材建设落后于新技术革命要求教材现代化的时代需要,也不适应社会主义市场经济时期农村经济发展培养合格人才的需要。主要表现在:成人教育所使用的教材大多是搬用全日制学生的教材,内容过于重视理论传授,忽视应用技能的培养;部分教材更新滞后,内容陈旧,跟不上经济建设、科技进步和教育体制改革的需要;教材品种单一,缺少形式多样的配套资料等。可以说,至今还没有形成具有农业成人高等教育专业特色的教材体系。

本书的编写是一种尝试,由多年从事农业高等教育和成人高等教育工作的专职教师担任主编和副主编,以本专业学科课程设置及教学计划为依据,按照成人教育的培养目标,力求其内容既具有理论性、系统性和完整性,又体现科学性、先进性、针对性和前瞻性,反映国内外动物营养和饲料科学学科理论领域的新成就、新观点,代表当代动物营养和饲料科技发展的水平。基础理论的深度和广度、基础知识、基本技能及

难度适应本专业成人高等教育的专业的教学特点,先进性与实用性相结合,重视培养整体素质人才。编写中根据本课程在专业的地位和任务,研究、参阅了国内外出版的《饲料学》、《配合饲料学》、《动物饲养学》、《饲料与饲养学》等教材以及动物营养与饲料研究进展的最新文献资料,也融入了编写人员多年从事本课程的教学经验、学术观点和研究成果。在编写本教材的同时,还配套编写了相应的学习指导书,旨在突出重点、分散难点、启发辅导、激发兴趣,便于学生自学、理解和掌握。

本书编写过程中,得到广西壮族自治区教育厅、广西师范大学出版社和编者所在单位广西大学动物科技学院的大力支持,在此表示衷心的感谢。

因时间仓促以及编写人员水平所限,书中错漏和不当之处在所难免,敬请同行和读者指正。

编者

2004年12月



绪论	1
第一章 饲料的组成成分	5
第一节 碳水化合物	5
第二节 含氮化合物	11
第三节 脂类	15
第四节 矿物质	17
第五节 维生素	18
第六节 水分	18
第七节 其他成分	19
第二章 饲料分类	22
第一节 国际饲料分类法	22
第二节 中国饲料分类法	24
第三章 饲料营养价值评定	30
第一节 化学成分分析	31
第二节 消化试验	33
第三节 代谢试验	38
第四节 饲养试验	43
第五节 饲料能量价值评定	47
第四章 青饲料	56
第一节 青饲料营养特性及其影响因素	56
第二节 青饲料的饲用	60
第五章 青贮饲料	63
第一节 青贮的意义和原理	63
第二节 青贮饲料的饲用	66

第六章 粗饲料	72
第一节 干草	72
第二节 秸秕饲料	75
第三节 其他粗饲料	77
第四节 粗饲料的加工调制	79
第七章 能量饲料	85
第一节 谷实类饲料	85
第二节 糠麸类饲料	91
第三节 块根、块茎及瓜类饲料	94
第四节 液体能量饲料	98
第五节 能量饲料的加工	99
第八章 蛋白质饲料	101
第一节 植物性蛋白质饲料	101
第二节 动物性蛋白质饲料	111
第三节 微生物蛋白质饲料	116
第四节 非蛋白氮饲料	118
第九章 矿物质饲料	121
第一节 常量矿物质补充料	121
第二节 微量矿物质补充料	124
第三节 非常规天然矿物质饲料资源的开发利用	127
第十章 饲料添加剂	130
第一节 概述	130
第二节 营养性添加剂	132
第三节 非营养性添加剂	141
第十一章 其他饲料	155
第一节 乳品及乳制品饲料	155
第二节 动物废物饲料	158
第十二章 我国饲料资源及其开发利用途径	164
第一节 牧区饲料资源	165
第二节 农区饲料资源	166
第三节 非常规饲料资源	167
第四节 饲料资源开发利用途径	168

第十三章 饲料配方与配合饲料生产	175
第一节 概述	175
第二节 饲料配方设计	179
第三节 配合饲料生产	197
第十四章 饲料中的有毒有害物质	205
第一节 饲料源性有毒有害物质	205
第二节 非饲料源性有毒有害物质	221
第十五章 饲料安全与“绿色”无公害饲料生产	235
第一节 饲料安全	235
第二节 饲料法规	241
第三节 “绿色”无公害饲料的生产	243
第十六章 饲料与动物产品品质	246
第一节 饲料与胴体品质和肉质	247
第二节 饲料与禽蛋品质	257
第三节 饲料与牛乳品质	261
第四节 饲料与毛品质	265
第十七章 动物的饲喂技术	267
第一节 动物与饲养有关的生物学特点	267
第二节 饲喂技术	268
附录 国家部分饲养标准	279
主要参考文献	285

绪 论

饲料是能够提供动物所需的营养物质,保证动物的健康,促进动物生产,且在合理使用条件下不发生有害作用的可饲物质。饲料是动物生产的原料,是维持动物生命活动和生产产品的物质基础。饲料是外形,养分是内质。即饲料是营养物质和能量的载体,动物需要的并非饲料本身,而是饲料中的营养物质。人类进行动物生产,其实质是通过动物将饲料尤其是质量比较差的饲料转化为优质的动物产品(肉、蛋、奶、皮、毛等),以满足人类的需要。动物转化利用饲料的程度是动物生产效率的具体体现。

在动物生产经营中,饲料所占成本最大,一般情况下达70%。因此,科学合理地利用饲料、提高饲料利用率在动物生产中具有十分重要的意义。

饲料学是动物生产和饲料工业的主要科学支柱,是一门以动物营养、饲料生产、饲料加工、人畜卫生、畜产品品质、环境保护以及现代生物技术等学科为基础,同时涉及农业、畜牧、食品、医药、卫生、轻工、机械、国内外贸易等多个行业的综合性学科。

就学科的性质而言,饲料学是紧密结合动物生产实际、直接为动物养殖业服务的一门应用科学,是农业院校动物科学专业的一门重要专业基础课和动物营养与饲料科学专业的一门专业课。其基本任务是研究并阐明动物的营养源——饲料的营养代谢规律、饲用价值和各种饲料在动物营养需要背景下的科学配合,指出如何合理而高效地使用各种饲料满足动物生产的一般性规律,以发挥动物的最大生产潜力,为动物生产达到优质、高效、安全、符合现代环保要求及可持续发展等目标提供饲料保证。根据饲料学的性质和任务,其主要研究内容是:

- (1) 阐明饲料的种类、来源,研究饲料中营养成分及其生理、生物学功能;
- (2) 研究饲料营养价值评定的原理、方法和技术,评定各种饲料对不同动物的营养价值;
- (3) 研究如何根据不同种类、年龄、性别、生产目的、生产方式和生产水平等的动物对各种营养物质的需要量(饲养标准),科学而又经济地利用各种饲料原料配制饲料,阐明配制饲料的原则、方法、手段和技术;
- (4) 研究饲料中各种营养物质对动物产品品质及风味的关系,揭示饲料中的有毒有害物质、抗营养因子对动物生产性能及环境的影响,寻求为了人畜安全如何钝化

或减少饲料中的有害因子,为生产优质安全的无公害动物产品提供理论依据和技能,使饲料生产和动物生产可持续发展,及其预防、处理和确保饲料安全的措施;

(5) 论述旨在提高饲料利用效率的不同饲料和饲草的加工处理方法和技术;

(6) 介绍我国饲料资源的状况及科学开发饲料资源的利用的途径、方法和技术等;

(7) 介绍动物生产实践中动物饲养的一般原则和要求等。

我国饲料工业起步于 20 世纪 80 年代。近 20 多年来,我国动物养殖业发展迅猛,饲料工业从无到有,从小到大,发展迅速。1984 年是饲料工业发展的重要一年,这一年粮食产量创历史最高记录,发展饲料工业已提到重要议事日程。1984 年 12 月,国务院颁布了《1984~2000 年全国饲料工业发展纲要(试行草案)》,提出了中国饲料工业发展的指导思想、方针和奋斗目标;1990 年前主要是打好基础,创造条件;后 10 年要健全饲料工业体系,使饲料工业进入一个新的振兴时期。1999 年 5 月国务院颁布施行《饲料和饲料添加剂管理条例》,饲料行业的权威管理法规出台。到 2002 年,已达到年产配合饲料 8 300 多万 t,预混合饲料添加剂达 300 多万 t。自 1991 年以来,我国饲料产品产量仅次于美国,一直稳居世界第二位。国家产业政策已把饲料工业列为优先发展和重点扶持的产业。饲料工业已成为国民经济中的一个重要支柱产业。

动物营养学和饲料学的科研成果在动物生产和饲料工业的应用,很大程度上促进了动物生产水平和生产效率的提高。全世界猪的生长速度和饲料与 50 年以前相比提高了 1 倍以上,出栏时间缩短到 6 个月以下。以前肉猪增重 1 kg 需消耗 5 kg 饲料,而今只需 2.5~3.0 kg 饲料;肉鸡增重 1 kg 需饲料从 4.0 kg 降低到 1.8~2.0 kg;奶牛每头年均产奶量已从 1 000 kg 上升到 5 000 kg 以上,不少牛群平均达 9 000 kg,世界记录已刷新到 23 000 kg;肉牛达到 500 kg 体重,已由以前需饲养 5~6 年缩短到 1 年左右,每增加 1 kg 所需饲料已由以前的 8 kg 以上降到 5~6 kg;高产蛋鸡群年平均每只产蛋量可达 250~270 枚。

我国动物生产效率从 20 世纪 70 年代后期至今也有了极大的提高,肉猪增重与饲料比已下降到 3.1~3.5,肉鸡、蛋鸡的生产水平已基本上达到或接近国际先进水平。我国近 10 多年来,粮食产量并未大幅度增长,而动物产品,如肉产量及人均占有肉量却大幅度增加。近年来我国肉、蛋总产量连年稳居世界第一位,人均年占有肉量已达 50 kg 以上。这些成绩的取得,与我国动物营养和饲料科学研究成果在饲料工业和动物生产养殖业的广泛应用、饲料工业的快速发展以及动物科学和动物医学等专业的大批人才的培养密不可分。

但是,当前我国饲料业还存在饲料(尤其是蛋白质饲料)及添加剂资源短缺、配合饲料的使用比例还较低、单个饲料生产企业的规模小、基础研究薄弱、饲料产品科技含量还较低以及饲料安全的隐忧等诸多问题。另外,在我国农村至今还未完全摆脱传统的饲养方式,仍在质量差、配比不合理、营养不平衡的混合饲料,甚至还存在“有啥喂啥”现象,浪费了不少饲料资源。因此进一步普及饲料与饲养科学知识、推广饲料与饲养科学技术,仍是一项十分重要和艰巨的任务。

在未来社会发展中,“粮食与畜禽”、“人畜争粮”、“环境保护”、“绿色食品”等都是人们十分关注的全球性问题。在今后相当长的时期内,我国饲料工业将处于发展与调整并存、以调整为主的时期,整个饲料工业发展的总趋势包括如下几个方面。

(1)饲料企业向规模化、产业化发展。那些生产规模小、无核心竞争力、资金缺乏和产品雷同的企业必定会退出市场。今后的饲料企业数目以减少、收购、兼并、托管等多种形式进行的资源重组将日益普遍,产业化生产和经营将是畜牧业发展的基本形式,最终将形成区域性大型饲料加工企业。一条龙、集团化生产经营将越来越多。

(2)饲料企业管理向现代化发展。作为一个现代饲料企业,其人力资源管理、财务管理、信息管理、生产管理、销售管理和品质管理等方面将越来越受到重视,并不断引入全新的管理理念和管理方式,促进饲料企业高效、稳步发展。

(3)饲料产品向多样化发展。饲料产品多样化是为了适应市场需求以及动物营养科研新成果的不断出现而发展的。饲养动物新品种的产生,饲养方式的改变,消费者追求的变化,动物营养研究更加深入精细,等等,都将促使饲料企业开发更多的饲料新产品。

(4)饲料产品将更加注重质量、安全问题。食品安全已成为当今社会关注的一个热点问题,而动物食品安全的关键是饲料安全。各种违禁药物和添加剂将严格禁止在饲料产品中使用,特殊用途的饲料添加剂将按饲料添加剂使用规程进行管理和监督。饲料原料的有毒有害物质、微生物污染也将通过科学的品质管理控制在安全范围内。

(5)环保型饲料将受到重视。饲料工业产品造成的氮、磷和重金属等的污染问题已直接影响到生态环境和动物养殖业的发展,通过日粮配方技术、酶制剂应用、使用替代促生长剂的新型饲料添加剂等多种营养和饲养措施,可以减少饲料产品的污染问题。

(6)功能性饲料开发促进功能性食品生产。有特殊生理功能和独特风味的动物产品生产必须依靠功能性饲料。如富含不饱和脂肪酸和脂肪酸、天然抗氧化剂、低胆固醇、高硒、高锌等的功能食品在人体内发挥特殊的生理功效,通过生产含有能富集

到动物产品中的功能性成分的饲料可满足这方面的需求。

(7)非常规饲料原料资源开发将缓解饲料工业原料供应紧张和价格上升的矛盾。随着研究开发工作的深入,过去不能使用的各种非常规饲料原料将得以广泛使用,特别是轻工业副产品、动物性下脚料以及草叶粉类饲料原料等,通过适当的加工、使用某些添加剂处理等多种方法,可以减少原料中的抗营养成分,改善饲料原料的物理特性,提高非常规饲料原料的营养价值和饲用价值。

综上所述,我国饲料工业起步较晚,发展很快,对动物养殖业的贡献大,且具有较大的发展潜力,但存在的问题也不少。正视现状、面对挑战、着眼未来,动物营养和饲料科学的发展还任重道远,需要我们继续努力,加强协作,共同攻关,求实创新。同时要培养和造就一大批勇于献身、学识渊博、开拓创新意识强的学术队伍和专业技术人才。

饲料学是理论性和应用性紧密结合的学科,其先行课程是基础化学、有机化学、分析化学、动物生理学、动物生物化学、动物营养学、微生物学、生物统计学、计算机应用基础等,尤其是动物生理学、动物生物化学和动物营养学知识是学好饲料学所必备的基础。饲料学为后续课程,如猪生产学、牛生产学、羊生产学、兔生产学、家禽生产学、饲料加工工艺等课程的学习奠定基础并向其渗透,同时也为学习者进一步深造、拓宽择业范围奠定基础。学习和掌握饲料学知识对合理指导或科学组织饲料工业生产和动物生产都具有重要意义。

第一音

饲料的组成成分

DIYIZHANG

- 本章提要**
1. 饲料中的碳水化合物、含氮化合物、脂类、维生素等营养物质。
 2. 饲料中的抗营养因子、色素及异味物质。

动物要维持生命,满足生长、繁殖、产肉、产蛋或产奶等生产和劳役需要,就必须不断地从外界摄取各种营养物质,即养分。这些养分来源于各种植物、动物、矿物质、微生物及其产品等饲料。因此,了解饲料的组成成分,包括营养的、非营养的和有毒有害的物质及相关知识,是我们评定饲料营养价值,合理配制饲料,科学利用饲料,开发饲料资源的基础。

第一节 碳水化合物

碳水化合物(carbohydrate)是自然界分布最广的一类有机物质,是植物性饲料的重要成分,约占植物体干物质质量的50%~80%。除乳汁外,动物性饲料中碳水化合物含量很少。碳水化合物主要由碳、氢、氧三大元素组成,为多羟基醛、酮及其缩聚物和其他衍生物的总称。

碳水化合物是动物能量的主要来源,根据单糖聚合度不同可将其分为单糖(不能被水解的简单化合物)、寡糖(聚合度 ≤ 10 ,又称低聚糖)和多糖(聚合度 > 10 ,又称高聚糖)三大类。按概略养分分析方案,碳水化合物又可分为无氮浸出物和粗纤维两大类,无氮浸出物包括单糖、寡糖和多糖(淀粉)等,粗纤维包括纤维素、半纤维素等多糖

以及缩戊糖、木质素、果胶和角质等。

● 一、单糖

单糖是最简单的碳水化合物,包括丙糖、丁糖、戊糖、己糖、庚糖及其衍生物。

单糖既具有醇的结构,又有醛基或酮基结构。单糖的这种结构特性决定了其不仅可以起多羟醇作用(如酯化、脱水、脱氧、氨基化等),还可产生醛或酮的化学反应(如氧化还原性)。具有醛基的称为醛糖(如葡萄糖),具有酮基的称为酮糖(如果糖)。这些醛糖或酮糖在化学反应或酶促反应中被氧化成糖酸或被还原成醇。

丙糖是最简单的单糖,比较重要的丙糖有甘油醛(丙醛糖)和二羟丙酮(丙酮糖)。

单糖中以戊糖(五碳糖)和己糖(六碳糖)最常见。戊糖包括核糖、木糖等。核糖是核酸的组成成分。在自然界,单一戊糖状态少见,多以戊聚糖形式存在,而后由其再水解生成戊糖。如木材、干草、秸秆中所含的木聚糖经水解后会形成木糖。己糖作为动物体内的代谢物质在营养上起着很大的作用。己糖中有葡萄糖、果糖、半乳糖、甘露糖等,但在自然界内以游离态存在的只有葡萄糖和果糖。葡萄糖的甜味不高,甜度仅为蔗糖的 $3/4$ 。果糖在所有糖中是最甜的,易于发酵。

● 二、寡糖

也称低聚糖,一般是指由 $2\sim 10$ 个单糖通过糖苷键组成的一类糖。其中以双糖分布较广,营养意义也较大。

::(一) 双糖

植物组织中存在的双糖主要有蔗糖、麦芽糖、纤维二糖、乳糖、海藻糖、蜜二糖等,而动物乳中则含有较多的乳糖。双糖需在动物消化道内经相应酶分解成单糖后,才能被动物体吸收利用。

1. 蔗糖 由葡萄糖和果糖缩合而成,是一种非还原性二糖。它主要存在于甘蔗、甜菜和成熟的果实内。酵母和消化液中的蔗糖酶能使蔗糖水解生成葡萄糖和果糖。初生乳猪小肠和胰脏分泌的蔗糖酶极少,此时若喂蔗糖,则易引起乳猪严重下痢。一般乳猪出生后 2 周方可喂养少量蔗糖或淀粉。

2. 乳糖 由葡萄糖和半乳糖脱水缩合而成的一种还原性双糖,主要存在哺乳动物的乳中。猪、牛乳中乳糖含量为 $4\%\sim 6\%$ 。乳糖酶仅存在于幼龄动物体内,因而若成年家畜摄取乳糖过多,除部分由肠道微生物发酵得以吸收外,其余都被排出