



成人高等教育教材

*DONGWU
YINGYANGXUE*

动物营养学

◎ 夏中生 主编





成人高等教育教材

动物营养学

广西课程教材发展中心组编

主 编 夏中生

副 主 编 邹优敬 胡占杰

编写人员 夏中生 邹优敬 唐湘方 麻艳群
廖志超 胡占杰 宋小白



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

· 桂林 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

动物营养学 / 夏中生主编. — 桂林: 广西师范大学出版社, 2005.8

成人高等教育教材

ISBN 7-5633-5604-5

I. 动… II. 夏… III. 动物营养—营养学—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 062850 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

(湖南省衡阳市园艺村 9 号 邮政编码: 421008)

开本: 720 mm × 960 mm 1/16

印张: 19 字数: 315 千字

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数: 0 001~1 000 册 定价: 21.40 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、编写了这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

本书是在成人高等教育教材研究课题中编写出版的教材之一。主要是为农业成人高等教育的动物科学专业、动物医学专业、动物营养与饲料加工专业等专业方向的本科教学而编写的专业基础课试用教材,同时也可供广大的畜牧兽医和饲料行业的科技人员参考。

改革开放 20 多年来,我国的饲料工业和畜牧养殖业迅猛发展,现配合饲料年产量已达 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,年人均肉产品产量已达 50kg 以上,这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,又面临着严峻的挑战。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。近十多年来,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对教材现代化的时代要求,也不适应社会主义市场经济时期农村经济建设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发展需要;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和技术人员担任主编和副主编,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学学科理论领域的新成就、新观点,代表当代动物营养科技的发展水平;基础理论的深度和广度、基础知识、基本技能及难度



适应本专业成人教育的专业教学特点,先进性与实用性相结合,重视对学生整体素质的培养。编写中根据本课程在专业中的地位 and 任务,研究、参阅了国内外出版的《动物营养学》、《动物饲养学》等教材以及《动物营养研究进展》的最新文献资料,也反映了编写人员多年从事本课程教学研究的经验、学术观点和成果。在编写出版本教材的同时,还编写了配套的学习指导书,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。本书的编写工作,得到了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以及继续教育学院等的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。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,恳请同行和读者指正。

编 者
2004 年 10 月



绪论	1
第一章 动物与饲料	4
第一节 动物体与饲料的组成	4
第二节 动物与植物体的组成成分	12
第三节 动物对饲料的消化	17
第二章 蛋白质与氨基酸的营养	24
第一节 蛋白质的组成及其营养作用	24
第二节 单胃动物蛋白质营养	28
第三节 反刍动物蛋白质营养	30
第四节 氨基酸营养	34
第五节 蛋白质营养价值的评定方法和指标	41
第六节 提高饲料蛋白质利用率的方法	45
第三章 碳水化合物的营养	47
第一节 碳水化合物的组成及其营养生理功能	47
第二节 单胃动物碳水化合物营养	52
第三节 反刍动物碳水化合物营养	56
第四章 脂类的营养	61
第一节 脂类的化学及营养生理作用	61
第二节 动物对脂类的消化吸收	66
第三节 脂类在动物体内的转运	68
第四节 必需脂肪酸的营养	71
第五章 能量营养	76
第一节 能量来源及能量单位	77
第二节 饲料能量在动物体内的转化及影响因素	78

第三节	饲料能值及动物能量需要的表示体系·····	82
第四节	饲料能量的转化效率·····	83
第五节	影响能量利用率的因素·····	85
第六章	水的营养·····	88
第一节	水的性质和生理作用·····	88
第二节	动物体内水的平衡及调节·····	90
第三节	动物的需水量及影响因素·····	92
第七章	矿物质营养·····	96
第一节	概述·····	96
第二节	常量元素营养·····	100
第三节	微量元素营养·····	106
第八章	维生素营养·····	123
第一节	维生素概述·····	123
第二节	脂溶性维生素·····	126
第三节	水溶性维生素·····	133
第九章	各类营养物质之间的相互关系·····	146
第一节	能量和营养物质的关系·····	146
第二节	蛋白质、氨基酸以及其他营养物质之间的关系·····	149
第三节	碳水化合物、脂肪与其他营养物质之间的关系·····	151
第四节	维生素与矿物质、维生素与维生素、矿物质与矿物质之间的相互关系·····	152
第十章	动物营养需要的研究方法·····	155
第一节	动物营养需要的度和衡量指标·····	156
第二节	动物营养需要的研究方法·····	158
第十一章	维持的营养需要·····	168
第一节	维持需要的概念及意义·····	168
第二节	维持状态下的营养需要·····	171
第三节	影响维持需要的因素·····	178
第十二章	生长肥育的营养需要·····	182
第一节	生长的概念及其一般规律·····	182
第二节	影响生长的因素·····	185
第三节	生长肥育的营养需要·····	188

第四节	生长肥育的饲料利用效率	195
第五节	营养对肉品质的影响	197
第十三章	繁殖的营养需要	201
第一节	配种前母畜的营养需要特点	201
第二节	妊娠母畜的营养需要	203
第三节	种公畜的营养需要	206
第十四章	泌乳的营养需要	209
第一节	乳的成分及影响因素	209
第二节	泌乳的营养需要	218
第三节	营养对泌乳的影响	224
第十五章	产蛋的营养需要	227
第一节	蛋的成分及形成	227
第二节	营养因素对产蛋及蛋成分的影响	229
第三节	产蛋禽的营养需要	230
第十六章	役畜工作的营养需要	235
第一节	役畜工作的营养生理	235
第二节	役畜工作量的衡量	236
第三节	役畜工作的营养需要	238
第十七章	产毛的营养需要	242
第一节	毛的成分	242
第二节	产毛的营养需要	243
第十八章	饲养标准及其应用	247
第一节	饲养标准	247
第二节	饲养标准及其应用	252
第十九章	动物的采食量	255
第一节	采食量的概念和意义	255
第二节	采食量的调节	258
第三节	影响采食量的因素	263
第二十章	动物营养与环境	270
第一节	动物饲养的环境因素及环境应激	270
第二节	温热环境对动物营养的影响	272
第三节	动物营养与环境保护	276

第二十一章 动物营养与免疫	280
第一节 营养素对免疫功能的影响	280
第二节 免疫应激对动物营养代谢的影响	285
第三节 免疫应激对动物营养需要的影响	287
主要参考文献	290

绪论

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。动物营养学作为成人高等教育动物科学及相关专业的教材,主要介绍、阐明动物体与饲料营养物质的内在联系,揭示其供需动态平衡规律,达到科学合理地饲养动物、提高动物生产效率和经济效益并确保环境效益及动物生产可持续发展的目的。

动物营养是指动物摄入、消化、吸收、利用饲料中营养物质(又称营养素或养分)的全过程,是一系列物理、化学和生理变化过程的总称。营养是动物一切生命活动和生产活动的基础。

动物营养学是阐明营养物质摄入与生命活动之间关系的科学。通过研究摄入营养素对动物生命活动的影响,揭示动物利用营养物质的量变和质变规律,为动物生产和饲料工业提供理论依据和指南。重点介绍动物营养学的基础原理和基本方法及其在动物生产实践中的应用,其主要任务和内容包括:① 揭示和阐明动物生存和生产所需要的营养物质的种类,各种营养素的生理或生物学功能及其相互间的关系,营养素缺乏或过量对动物生产和健康的影响。② 研究不同种类的动物对饲料中营养物质的摄取、消化、吸收、代谢等过程的量变规律及其特点,阐明动物机体与饲料营养物质间的内在联系。③ 研究不同种类、不同生产目的的动物在不同条件下的营养需要量以及估计和确定营养需要量的基本原理和方法、饲养标准及其应用。④ 阐明影响动物利用饲料或养分的因素及提高饲料养分利用效率的措施和途径。⑤ 研究动物营养与环境、动物营养与免疫、动物营养与动物产品品质的相互关系,介绍动物营养学的研究进展和发展趋势。⑥ 探求和改进动物营养研究的新方法、新手段,开拓动

物营养研究的新领域。

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,现已成为国民经济的重要产业之一。至 2002 年,我国年产配合饲料已达 8 300 多万吨,预混合饲料添加剂达 300 多万吨,总产量仅次于美国,位居世界第二位。

动物营养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比 50 年以前提高了 1 倍以上,出栏时间缩短至 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;肉鸡由增重 1 kg 需饲料 4.0 kg 降低到如今只需 1.8~2.0 kg;奶牛每头年产奶量已从 1 000 kg 上升到 5 000 kg,不少牛群平均达 9 000 kg,世界记录已刷新到 23 000 kg;肉牛生长到 500 kg 所花的时间,已由以前的 5~6 年缩短到现在的 1 年左右,体重每增加 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,肉猪增重饲料比已下降到 3.1~3.5,肉鸡、蛋鸡的生产水平已基本达到或接近国际先进水平。我国近 10 多年来,粮食产量并未有大幅度增长,而动物产品如肉产量及人均占有肉量却大幅增加。现今我国肉、蛋总产量连年稳居世界第一位,人均年占有肉量已达 50kg 以上,畜牧业产值占农业总产值的 30% 以上。这些巨大成绩的取得,是与我国动物营养和饲料科学研究成果在饲料工业和动物养殖业生产上的广泛应用、饲料工业的快速发展以及动物科学和动物医学等专业大批人才的培养密不可分的。据资料统计,现我国从事畜牧业生产的劳动力有 8 000 余万人。畜牧业生产在农村经济结构调整和增加农民收入的历史进程中发挥着极其重要的作用。

然而,在我国农村,尤其是欠发达地区至今尚未完全摆脱传统的饲养方式,仍在使用质量差、配比不合理、营养不均衡的混合饲料,甚至还存在“有啥喂啥”现象,浪费了不少饲料资源。因此,进一步普及动物营养和饲料科学知识,推广科学饲养技术仍是一项重要的任务。

在未来的社会发展中,“粮食与畜禽”、“人畜争粮”、“环境保护”、“绿色食品”等将成为人们关注的全球性问题。解决这些问题,需要我们不断提高动物生产中饲料营养物质转化效率,更好地利用有限资源,促进高效优质动物生产及维护动物生产的可持续发展。动物营养学的研究任重道远,需要我们继续努力,加强团结协作,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人才。

动物营养学既是动物科学专业和动物医学等专业的重要基础课程,也是动物科



学专业的三大主干学科之一,该课程又是动物营养及饲料加工专业的专业课程,是理论性和应用性都较强的学科,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、微生物学、生物统计学、分子生物学、计算机应用基础等。尤其是动物生理学和生物化学与动物营养学紧密相关,是动物营养学阐述营养物质在体内代谢转化以及评定动物对营养物质需要量的理论根据。这两门学科的发展对动物营养研究具有特别重要的推动作用,它们也是学好动物营养学和从事动物营养研究、揭示营养作用机制必备的基本知识。微生物学是动物营养学研究消化道营养,特别是反刍动物和单胃草食性动物营养的重要理论基础。分子生物学的理论和实验技术将有助于动物营养学学科从根本上阐明营养物质的摄入与生命活动之间的关系。

动物营养学又是为后续课程,如饲料与饲养学、饲料分析及质量检测、动物生产学、兽医学等课程的学习奠定基础并向其渗透,可见本课程的学习在本专业中起着承前启后的桥梁作用。同时通过本课程的学习,可获得从事动物营养方面的生产及科研所必备的基本理论、基本知识和基本技能,也为学习者进一步深造、拓宽就业范围奠定基础。学习和掌握动物营养学知识和技能对合理指导或科学组织动物生产、饲料工业生产及其新产品、新资源的开发与利用等都具有重要意义。

第一章

动物与饲料

DIYIZHANG

本章提要 1 动物与植物的相互关系 2 饲料中营养物质，尤其是概略养分分析中的六大成分的概念 3 饲料中营养物质的基本功能 4 动植物体的化学成分及其比较 5 动物对饲料营养物质的消化方式和特点 6 影响消化率的因素

动物生命活动的维持、生长、繁殖后代及生产产品，都必须从外界环境摄取必需的营养物质或含这些营养物质的饲料。动物的饲料来源主要是植物及其产品，因此了解动物与植物的化学组成，是学习动物营养学的重要基础。

第一节 动物体与饲料的组成

● 一、动物与植物的相互关系

高等动物属于异养生物，是食物链的消费者，其自身不能生产有机物，必须从体外环境获取所需的有机物。按其食性不同，高等动物可分为草食动物、杂食动物和肉食动物。畜牧业中养殖的牛、羊、鹿、马、兔、鸵鸟等是草食动物，猪、禽、犬等是杂食动物，而狐狸、蛇、牛蛙等是肉食动物。许多微生物（如细菌、真菌、放线菌）和一些土壤动物（如无脊椎动物的蚯蚓、蛭螂等）也属于异养生物，但其食物来源主要是植物的枯

枝、落叶、死根,动物的死尸和残余物等。细菌和真菌的菌丝分泌出的消化酶能消化有机物,把固定的能量释放出来,并将矿物质和其他养分返回无机环境,供生态系统循环之用。绿色植物属于自养生物,是有机物的创造者、食物链中的生产者,如藻类、海草、牧草、饲料作物、蔬菜、瓜果、树木等。这些植物通过叶绿素、水、空气中的二氧化碳及各种无机物经光合作用截取、转化太阳能,生产各种有机物质,同时也贮藏能量、释放氧气,为动物生存提供条件。

动物的食物,即饲料,直接或间接来源于植物,当然也利用动物和矿物质。这些物质为动物提供营养来源,用于维持其生命活动、组织器官的生长发育、更新和生产产品所需的原料和能量。

由此可见,生物中的植物与动物以营养为纽带,构成各种不同的食物链,把生物与生物、生物与环境紧密地联系在一起。在生产领域中,动物生产与植物生产是农业生产的两大支柱。植物生产除了为人类提供粮食外,也为动物提供饲料,特别是人类不能直接利用的作物如秸秆等副产物,可以通过动物转化成优质的肉、蛋、奶、皮、毛等动物产品,供人类应用。与此同时,动物生产又为植物生产提供有机肥料,有利于农作物增产。因此,动物生产和植物生产也是相互依存、相互促进的。

● 二、饲料中的营养物质

动物为了生存、生长和繁衍后代,必须从外界摄取食物,动物的食物即饲料。一切能被动物采食、消化、吸收,并对动物无毒无害的物质,皆可作为动物的饲料。饲料中凡能被动物用以维持生命、生长发育、繁殖、生产产品及劳役,具有类似化学成分的物质,称为营养物质或营养素,简称养分。养分可以是简单的化学元素,如 Ca、P、Mg、Na、K、Cl、S、Fe、Zn、Mn、Cu、I、Se 等;也可以是复杂的化合物,如蛋白质、脂肪、碳水化合物和各种维生素等。

饲料营养物质的分析测定有概略养分分析法和纯养分分析法两种。1864年,德国 Weende 试验站的 Hanneberg 和 Stohmann 两位科学家创立的常规饲料分析方案,亦称为饲料近似成分分析或概略养分分析方案,将饲料中的养分分为六大类(如图 1-1)。该分析方案概括性强,简单、实用,尽管存在不少缺点,特别是关于粗纤维的分析尚待改进,但该方法在世界各国至今仍普遍采用。