



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

饲料与饲养学

单安山 主编

 中国农业出版社

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

饲料与饲养学

单安山 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

饲料与饲养学 / 单安山主编. — 北京: 中国农业出版社, 2006. 7

全国高等农业院校教材

ISBN 7 - 109 - 10623 - 3

I. 饲... II. 单... III. ①饲料-高等学校-教材
②饲养学-高等学校-教材 IV. S81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 074185 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 彭明喜

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 22.25

字数: 393 千字

定价: 29.00 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

从1978年改革开放以来，中国饲料工业与动物养殖产业取得了辉煌的成就。饲料工业年产值达到2400多亿元，成为国民经济重要的支柱产业。动物养殖产业年产值已过万亿元大关，正在变成农业产业中的主业。

但是，目前中国饲料与动物生产效率、资源利用、产品质量、环境保护等方面与发达国家相比还有很大的差距。资源匮乏与浪费、环境污染与破坏、饲料与畜产品安全与质量等方面的问题还很严重，这些问题如果不能解决，饲料工业与动物养殖产业的可持续发展是不可能的。

植物与动物是自然界物质循环中的两个基本环节。动物生存与生产依赖于植物及其产品获取营养物质，其代谢的排泄物和废弃物又返回土壤，经分解后又成为植物的营养来源。由此形成土壤→植物→动物（包括人类）→土壤的生态系统。

人类在社会经济活动中，畜牧业（动物农业）和种植业构成农业中相互依存，互为发展的两大支柱产业。发达国家畜牧业的产值，一般都占农业总产值的50%以上，由此可见动物生产举足轻重的地位。

人类通过动物生产，能够将丰富的自然资源及农副产品加以利用，使其营养物质转化成优质的动物性食品，从而提高人们的膳食水平，改善营养状况，益民于生。动物生产又可为工业提供优质原料，促进国民经济发展。

从总体上讲，动物生产就是依托优良品种转化营养的潜能，饲料则提供营养之源，通过科学饲养管理，节约能源，发挥饲料和动物两方面的潜力，使其不断发展。经营者依靠科技，得到以最小投入，获取最大产出，回报于社会。

饲料与饲养学，汇集了化学、动物生理学、动物生物化学、动物营养学、生物科学等各领域知识和科研成果，把饲料与饲养理论和生产实践紧密结合，形成一门直接指导生产，服务于生产的应用科学。其主要任务在于：

第一，研究饲料化学成分与营养成分含量的关系，阐明各种饲料营养价值、特性、作用、效果及其规律。

第二，评定饲料营养价值，阐明饲料量与质的供给，研究饲料利用与转化的关系。探讨影响营养物质利用因素，提高利用的措施。

第三, 研究饲料加工及质量的关系, 阐明饲料配方, 产品质量控制和检测方法。研究高质量饲料添加剂和全价营养配合饲料产品。开拓饲料资源, 缓解饲料短缺矛盾, 促进养殖业可持续发展。

第四, 研究各类动物的营养需要与饲养技术, 合理使用营养标准。阐明国内、外推荐的饲养标准的科学试验依据与应用价值。明确变化中的客观因素, 灵活调整标准指标的原则。

第五, 研究环境对动物生产力的影响, 阐明所处环境影响动物行为和生理活动。环境条件直接影响代谢机能, 导致能量利用及分配方向的改变。掌握各类动物适宜的环境条件, 创造符合动物生存、生产的适宜空间, 发挥动物的最大生产潜力。

第六, 研究绿色饲料的标准及生产体系。制定指标、标准及检测方法并验证可行性。贯彻法律法规制度, 健全监控体系, 保护环境不受污染, 动物保健, 维护人民身体健康。

当然, 饲料与饲养学需要研究的内容很多, 涉及动物生产的方方面面, 不能一言而足。随着畜牧科学和有关学科密切合作, 它定会遵循实践—理论—再实践……的循环规律, 不断发展, 日臻完善。

本教材针对我国饲料工业和动物养殖产业的现状, 全面系统地介绍了饲料营养原理, 饲料营养价值评定, 各种饲料原料及其加工处理, 饲料配制技术, 饲料卫生、安全、检测及质量控制技术, 饲料、饲养标准与法规, 猪、鸡、牛、羊等动物的饲养管理技术等, 力图保证该教材的科学性, 先进性和实用性。

饲料与饲养学是动物科学专业、动物营养与饲料加工专业一门重要的专业课。学习该课程需要动物生理学、动物生物化学和动物营养学等方面的基础知识。

本书编写具体分工如下: 前言与第一章由东北农业大学单安山编写, 第二章、第十章由天津农学院郭亮编写, 第三章由湖南农业大学张石蕊编写, 第四章由吉林农业大学娄玉杰编写, 第五章及第十二章第一节由河北科技师范学院宋金昌编写, 第六章由河南农业大学林东康编写, 第七章由中国农业大学计成编写, 第八章和第九章由云南农业大学郭荣富编写, 第十一章由东北农业大学王安编写, 第十二章第二节、第三节、第四节由山西农业大学张春善编写, 第十二章第五节、第六节、第七节由山东农业大学杨在宾编写。全书由四川农业大学王康宁审阅。

因编者经验不足, 水平有限, 问题在所难免, 敬请广大读者批评指正。

编者

2006年4月

目 录

前言

第一章 引论	1
一、畜牧、饲料与饲养学发展历史	1
二、饲料与饲养学在动物生产中的重要作用	3
三、饲料与饲养学发展趋势	4
第二章 饲料营养成分与作用	7
第一节 水	7
一、水的重要性	7
二、水的生理作用	7
第二节 碳水化合物	8
一、碳水化合物的组成	8
二、植物中的碳水化合物	8
三、碳水化合物的营养作用	10
第三节 蛋白质	11
一、蛋白质与氨基酸	11
二、蛋白质的营养作用	14
第四节 脂类	15
一、脂类的分类	15
二、脂类的性质	16
三、必需脂肪酸	17
四、脂类的营养作用	18
第五节 矿物质	19
一、常量元素	19
二、微量元素	22
第六节 维生素	25
一、维生素的概念和分类	25

二、脂溶性维生素	25
三、水溶性维生素	27
思考题	32
第三章 饲料营养价值评定	32
第一节 饲料营养物质的消化利用	32
一、动物消化系统特点及主要功能	32
二、饲料营养物质的消化过程	33
第二节 饲料能值评定	39
一、饲料总能	40
二、饲料消化能	41
三、饲料代谢能	42
四、饲料净能	44
第三节 饲料蛋白质营养价值评定	46
一、单胃动物饲料蛋白质营养价值评定	46
二、反刍动物饲料蛋白质营养价值评定	50
第四节 矿物元素营养价值评定	54
一、矿物元素的生物学效价	54
二、影响矿物元素生物学效价的因素	56
三、矿物元素效价	56
第五节 维生素营养价值评定	59
一、脂溶性维生素生物学效价评定	60
二、水溶性维生素与生物学效价评定	61
思考题	63
第四章 饲料分类与饲料原料	64
第一节 饲料分类与命名	64
一、饲料分类	64
二、国际饲料分类法	64
三、中国饲料分类法	65
第二节 能量饲料	67
一、谷实类饲料	67
二、糠麸类饲料	70
第三节 蛋白质饲料	72

一、植物性蛋白质饲料.....	72
二、动物性蛋白质饲料.....	76
三、单细胞蛋白质.....	78
四、非蛋白氮.....	79
第四节 矿物质饲料.....	79
一、常量矿物质饲料.....	80
二、微量矿物质饲料.....	82
三、天然矿物质.....	84
第五节 维生素饲料.....	85
一、脂溶性维生素.....	85
二、水溶性维生素.....	86
第六节 添加剂饲料.....	88
一、营养性添加剂.....	88
二、非营养性添加剂.....	90
第七节 粗饲料.....	95
一、秸秆类.....	95
二、干草.....	96
三、壳类.....	96
四、其他粗饲料.....	97
五、树叶和其他饲用林产品.....	97
第八节 青绿饲料.....	98
一、青绿饲料营养特性及其影响因素.....	98
二、使用青绿饲料应注意的问题.....	99
三、青绿饲料的饲用.....	100
第九节 牧草.....	103
一、禾本科牧草.....	103
二、豆科牧草.....	104
三、其他科牧草.....	105
思考题.....	106
第五章 饲料原料加工处理.....	107
第一节 籽实饲料加工处理.....	107
一、饲料在贮藏期间的生理变化.....	107
二、贮藏饲料的方法和技术.....	111

三、贮藏期的检查	112
四、原料贮藏条件	113
第二节 粗饲料加工处理	113
一、自然干燥	113
二、人工干燥	114
三、在调制与贮藏青干草过程中应注意的事项	114
四、粗饲料的调制与加工	116
第三节 饲料发酵	118
一、碳水化合物谷实类或糠麸类饲料	118
二、青饲料	119
三、粗饲料	119
四、人工瘤胃发酵饲料	120
第四节 饲料青贮	120
一、饲料青贮的意义	120
二、青贮的分类	121
三、饲料青贮的原理	121
四、青贮的生物化学变化	122
五、青贮的条件控制	124
六、青贮的操作程序	125
七、添加剂青贮	125
八、青贮料的品质鉴定	126
九、青贮料的利用	127
思考题	128
第六章 饲料配制	129
第一节 配合饲料的概念和种类	129
一、配合饲料的概念和优越性	129
二、配合饲料的种类	129
第二节 日粮配合的原则	132
一、日粮、饲粮的概念	132
二、饲粮配合的原则	132
第三节 饲料原料价格合理性评价方法	135
第四节 饲料配方的设计方法	136
一、全价配合饲料配方的设计方法	136

二、浓缩饲料配方的设计方法	145
三、草食家畜精料混合料配方设计方法	148
四、添加剂预混料配方的设计方法	149
第五节 饲料配制工艺和设备	153
一、原料的处理	153
二、配料	154
三、混合	156
四、制粒	157
五、膨化	158
六、包装	159
思考题	160
第七章 饲料卫生与安全	161
第一节 饲料中天然有毒有害物质	161
一、青绿饲料中天然有毒有害物质	161
二、饼粕类中有毒有害物质	163
三、谷实类及其加工副产品中有毒有害物质	168
四、块根块茎类饲料中有毒有害物质	168
五、糟渣类饲料中有毒有害物质	169
六、鱼粉中有毒有害成分	170
第二节 饲料外源性有毒有害物质	171
一、重金属和农药对饲料的污染	171
二、禁用饲料添加剂的污染	176
三、添加剂过量造成的污染	177
第三节 有害微生物及毒素	182
一、饲料中微生物的来源	182
二、饲料原料微生物区系	183
三、饲料中霉菌及其毒素污染	183
四、致病性细菌对饲料的污染	188
五、致病性病毒对饲料的污染	190
第四节 虫害、鼠害	191
一、饲料害虫及其防治	191
二、饲料的鼠类防治	194
第五节 转基因饲料	194

一、转基因状况简介	194
二、转基因食品（饲料）安全性评估	195
第六节 HACCP 与饲料安全	196
一、HACCP 简介	196
二、HACCP 的基本原理——七大原则	199
三、饲料企业 HACCP 与其他质量保证体系的关系	201
四、我国饲料企业实施 HACCP 与饲料安全	202
思考题	202
第八章 饲料质量控制	203
第一节 饲料取样方法	203
一、采样的目的和要求	203
二、饲料取样方法	205
三、样品的制备	207
四、样品的管理	208
第二节 饲料原料质量控制	208
一、原料采购	208
二、原料接收	209
三、原料的贮存	209
四、原料的卸货和摆放	210
第三节 饲料加工生产工艺质量控制	211
一、原料加工的质量控制	211
二、粉碎过程的质量控制	212
三、配料过程的质量控制	213
四、饲料混合过程的质量控制	214
五、制粒过程的质量控制	215
六、包装和仓储质量控制	216
第四节 饲料成品质量控制	218
一、分批生产和运输记录系统	218
二、装载和运输程序	218
三、实验室检测	219
四、动物饲养试验	219
五、生产性验证试验	220
思考题	220

第九章 饲料检测	221
第一节 饲料细度的测定	221
一、饲料粒度概述	221
二、饲料粒度的测定	221
第二节 饲料混合均匀度的测定	222
一、饲料混合均匀度概述	222
二、饲料混合均匀度的测定方法	222
第三节 饲料营养成分检测	225
一、饲料水分的检测	225
二、粗蛋白质的检测	225
三、饲料中粗脂肪的检测	226
四、饲料中粗纤维的检测	226
五、饲料中粗灰分的检测	226
六、饲料中钙的检测	227
七、饲料中总磷的检测——光度法	227
八、总能的测定	227
九、氨基酸的测定	227
十、脂肪酸的测定	228
十一、矿物元素的测定	228
十二、维生素的测定	229
十三、酸性洗涤纤维的测定	229
十四、中性洗涤纤维的测定	230
十五、木质素的测定	232
第四节 饲料中有毒有害物质检测	232
一、饲料中有毒有害物质的检测	232
二、异硫氰酸盐和噁唑烷硫酮测定	235
三、亚硝酸盐的测定—— α -萘胺法	236
四、氰化物的测定——吡啶盐酸联苯胺比色法	237
五、尿素酶的活性的测定——pH 增值法	238
六、黄曲霉毒素 B ₁ 的测定——高效液相色谱法	239
七、植酸磷的测定——TCA 法	240
第五节 饲料中违禁物质检测	242
一、饲料中违禁物质概述	242

二、饲料中违禁物质的检测	243
第六节 饲料掺假成分检测	254
一、饲料掺假成分概述	254
二、饲料掺假成分的检测	256
思考题	262
第十章 饲养标准、饲料标准与法规	263
第一节 标准的概念与分类	263
一、概念	263
二、分类	263
三、标准的国际性	264
第二节 饲养标准	264
一、饲养标准的概念与历史	264
二、饲养标准的内容与表达	265
三、各种动物的饲养标准	266
四、饲料成分与营养价值表	267
第三节 饲料标准	270
一、饲料标签标准	270
二、配合饲料产品标准	273
第四节 饲料法规	273
一、饲料工业标准和法规的制定	274
二、兽药、饲料、动物、食品全程监控检测网络体系	275
三、欧盟动物源食品安全管理法规	276
思考题	280
第十一章 动物采食量调控与饲喂技术	281
第一节 动物采食量调控	281
一、动物营养的稳恒性	281
二、影响动物采食量的因素	282
三、动物采食量的自身调节	283
四、动物采食量的人为调控	286
第二节 饲喂技术	288
一、喂料方式	288
二、饲料更换	291

三、限饲与丰饲	292
四、供水	294
思考题	296
第十二章 动物的饲养管理	297
第一节 猪的饲养管理	297
一、猪饲养管理的一般原则	297
二、种公猪的饲养管理	299
三、种母猪的饲养管理	300
四、哺乳仔猪的饲养管理	302
五、断乳仔猪的饲养管理	303
六、后备猪的饲养管理	304
七、肥育猪的饲养管理	305
第二节 蛋鸡的饲养管理	305
一、蛋鸡的饲养方式	306
二、蛋鸡的管理方式	306
三、雏鸡的培育	307
四、育成鸡的培育	309
五、产蛋阶段的饲养管理	312
六、日常管理	313
七、季节管理	314
八、蛋用种鸡的饲养管理	314
九、鸡舍有害气体的来源及控制	315
十、强制换羽	316
第三节 肉鸡的饲养管理	318
一、现代肉鸡的特点	318
二、现代肉鸡的类型	318
三、肉仔鸡的饲养管理	319
四、肉种鸡的饲养管理	319
第四节 鸭的饲养管理	321
一、雏鸭的饲养管理	321
二、育成鸭的饲养管理	322
三、种鸭的饲养管理	322
四、商品蛋鸭的饲养管理	323

五、商品肉鸭的饲养管理	324
第五节 奶牛的饲养管理	325
一、犊牛的饲养管理	325
二、后备期奶牛的饲养管理	326
三、妊娠期奶牛的饲养管理	327
四、泌乳期奶牛的饲养管理	328
五、干奶期奶牛的饲养管理	329
第六节 肉牛的饲养管理	329
一、肉牛的生长发育规律	329
二、不同生理阶段肉牛的饲养管理	331
第七节 羊的饲养管理	333
一、羔羊的饲养管理	333
二、育成羊的饲养管理	334
三、种公羊的饲养管理	335
四、种母羊的饲养管理	336
思考题	337
主要参考文献	338

第一章 引 论

一、畜牧、饲料与饲养学发展历史

“民以食为天”。人类通过生产劳动实践，逐步认识食物与人体（包括动物）之间的关系，不断积累了膳食、营养、饲料等方面的丰富经验。正是这些宝贵的知识汇集和先行科学理论的借鉴，通过试验得以理论的升华，奠定了饲料与饲养学的诞生与发展。

早在远古时期，人类长期过着穴居岩洞、茹毛饮血的生活，衣、食的来源以狩猎为主，兼采植物果实为生。经过漫长的岁月，约在中石器向新石器时代过渡的 14000~12000 年前开始定居，由单纯狩猎转向动物驯化。到了新石器晚期，许多重要家畜已先后驯化。驯化地点、年代大体如下：

犬	欧亚交界	14000~12000 年前
猪	东南亚、欧洲	11000 年前
山、绵羊	近东、地中海中岸	11000 年前
牛	东南亚、欧洲	9000 年前
鸡、鸭、鹅	东南亚	新石器末期
鱼		6—7 世纪

我国是动物驯化、饲养最早的国家之一。自古有伏羲氏教民养六畜的传说。《易·系辞》中称，“古者包羲氏王天下……作结绳而为罟，以佃以渔”。从动物圈养到繁衍后代，捕、养、管的方法都向前跨进了一大步。

新石器晚期到殷商，是母系社会向父系社会的过渡时期，虽无文字记载，但从已发掘的墓葬陪葬坑中发现的兽骨与兽形陶俑，可见猪是当时的主要家畜，而且还发现大型圈栏设施，证明饲养管理条件已改善，养猪已具有一定规模。

商、周、春秋及青铜时代。甲骨文中已有稻、稷、黍、粟等作物和马、牛、羊、鸡、犬、豕、象七畜名字。甲骨文中及篆书中，都有豕的象形字。东汉许慎所著《说文解字》中释“圉”谓“从豕在口中也”，像豕（猪）关在圈里；释“家”字谓“从宀，居也”，乃定居的象征，可见豕（猪）在家庭中的地位。商代已出现车舆，以车乘和战马数量显示经济与军事实力。

从战国到近代，延续两千余年。铁器用于农耕，发展谷物生产，同时把农作与养畜密切结合起来。到后魏，贾思勰所著的《齐民要术》一书总结了中原地区劳动人民饲养牛、马、驴、骡、猪、羊、鸡、鸭、鹅、鱼等饲养管理、生产等宝贵经验。谈到“春夏春生，随时放牧，糟糠之属，当日别与；八九十月放而不饲；所有糟糠则蓄待穹冬春初……”。清《三农纪》概括为“近山林者宜收橡粟之属，采嫩叶野蔬，煮以豢之；近湖水宜收浮萍泽菜之属，煮以豢之；陆地平原宜用田一丘，原粪熟耕……”这些论述可誉为我国古代内容丰富，涉及面广，亦农亦牧，饲养管理技术直观认识经验总结篇。

人类在长期生产劳动中，很早以前就有了对食物、饲料营养价值和饲养效果的认识。古罗马时代的普利尼就认识到了“适时收割的干草，要比成熟时收割的好”，又提到“改进饲养才能获得良好家畜生产效益”。我国春秋战国时代孟子云：“数罟不入洿池，鱼鳖不可胜食也”。又说“鸡豚狗彘之畜，无失其时，七十者可以食肉矣”。认识到食而不能绝其源，明确保护资源、扩大资源以利持续发展的重要性。黄帝内经所提到的“五谷为养，五果为助，五畜为益，五菜为充”，不仅总结了满足营养需要的方法，还概括了各类营养物质的作用，已具备了多种配合，提高膳食营养的理念。从侧面讲，对动物营养需要和满足均衡营养，提高饲养技术予以启迪。

我国古代劳动人民在饲料利用、动物饲养技术、畜产品加工等方面都处在世界领先地位。但由于 2000 多年的封建统治，闭关自守，固步自封，牧业长期处于副业地位，致使发展缓慢，产业革命以后与西方国家差距加大。

从 18 世纪以后到 20 世纪中叶，随着工业、农业（种植、养殖）的迅速发展，科学研究不断深化，饲料与饲养学经过近 2 个世纪才得以形成为一个独立学科。

产业革命以后，18 世纪中叶，法国化学家拉瓦锡（Lavoisier，1743—1794），在已发现的氧元素与氧化作用的基础上，建立了燃素说。认定了动物呼吸同样是化学反应，定量研究了动物呼吸产热，首创了动物热力学。为饲料营养与饲养学的发展奠定了理论基础。19 世纪初德国科学家 Thaer 早在 1809 年提出以干草价衡量各种饲料相对营养价值的评定方法，由此延伸了饲料营养价值评定。从化学方法评定概略养分分析到饲料与动物体内代谢转化相联系的能量评定体系，以及以后的蛋白质质量评定，维生素及矿物质元素效价评定等，使人们深入了解各种饲料营养特性，掌握各种动物对饲料养分利用及其变化规律。还是被誉为饲料营养价值评定奠基人的 Thaer 倡导的制定饲喂定额的提议，启动了制定饲养标准的研究。约经 300 年时间才由粗到细，把已经研究清楚的营养素绝大部分包容到饲养标准之中，为按标准科学饲养奠定了