

饲料学

SILIAOXUE

● 主 编 周 明

第二版



时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

饲料学

SILIAOXUE

第二版

主 编 周 明

副主编 张 新 胡忠泽 季学枫 夏伦志 汪海峰

编著者 (以姓氏笔画为序)

丁小玲 吴义师 汪海峰 张 宇

张 新 周 明 周 圻 季学枫

范恒青 胡忠泽 赵阿勇 夏伦志

章礼刚 程玉冰 解正会 蔡海莹

5816

2782

2011.10
2011.10
2011.10



时代出版传媒股份有限公司
安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

饲料学/周明主编. —2 版. —合肥:安徽科学技术出版社, 2010. 10
ISBN 978-7-5337-3867-9

I. ①饲… II. ①周… III. ①饲料 IV. ①S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 123464 号

饲料学

周 明 主编

出版人: 黄和平 选题策划: 汪卫生 责任编辑: 汪卫生
责任校对: 潘宜峰 责任印制: 梁东兵 封面设计: 冯 劲
出版发行: 时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>
安徽科学技术出版社 <http://www.ahstp.net>
(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号出版传媒广场, 邮编: 230071)
电话: (0551)3533330

印 制: 合肥晓星印刷有限责任公司 电话: (0551)3358718
(如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂商联系调换)

开本: 787×1092 1/16 印张: 25 字数: 588 千
版次: 2010 年 10 月第 2 版 2010 年 10 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5337-3867-9

定价: 45.00 元

版权所有, 侵权必究

第二版前言

本书第一版得到了广大师生和读者的肯定和喜爱,也获得了华东地区优秀科技图书二等奖。现应广大读者的要求,我们对本书作了修订。修订的主要内容如下:第一版的错漏字;增写、改写或充实了部分章节的内容;吸纳了近几年来有关饲料方面的研究新成果;更新了有关饲料方面的标准和法规。尽管我们作了种种努力,但本书第二版可能还有不尽如人意的地方。请读者批评指正!并希望读者一如既往地喜欢和关爱此书!

编著者

2010年6月28日

第一版前言

民以食为天,动物亦如是。动物的生存和生产离不开饲料,饲料是养殖业的物质基础。饲料方面的经济开支,占动物生产总成本的70%左右。因此,饲料的合理利用,是养殖业低耗高产的主要技术措施。全世界科学家普遍认为,人类粮食短缺问题愈来愈突出。尽管如此,还要拿出相当部分粮食用于动物。在这种情况下,开发非粮食饲料显得尤为重要:不仅维持养殖业的可持续发展,而且对民生产生重大影响。这是因为减少粮食性饲料用量,能缓解人类粮食短缺,保持社会稳定。饲料工业已是我国的支柱产业之一,在国民经济中占有重要地位。

随着社会经济的发展和人们生活水平的提高,动物性食品在膳食中所占的比例越来越高。更重要的是,人们对食物的品质尤其是安全卫生质量越来越重视。饲料是动物的食物,而动物产品(肉、蛋、奶等)是人类的食物。因此,饲料是人类的间接食物,其品质与人类健康密切相关。

饲料在生产、加工、贮存和运输等过程中都可能产生或染有某些有毒有害物质,因而对动物有毒害作用,并能通过食物链损害人类健康。例如,饲料贮存不当,会产生黄曲霉毒素等真菌毒素,既危害畜禽,又通过食物链进而危害人类,致使人体癌变或畸变。各种各样的饲料添加剂如酶制剂、高铜制剂、高锌制剂、抗生素、激素、人工合成色素(如苏丹红等)、诱食剂、镇静剂、兴奋剂等,在饲料中乱用、滥用已严重威胁动物乃至人类的健康。若长此下去,其后患难以估量。疯牛病、口蹄疫、猪链球菌病、(无名)高热病、蓝耳病、禽流感等的蔓延也可能与饲料的不合理使用有关。

如何高效低耗地利用饲料并开发新的饲料,从而减少粮食性饲料用量,缓解人类粮食短缺,保持社会稳定?怎样从饲料这个源头控制毒原、病原,以期生产出安全卫生的动物性食品?所有这些,将有赖于一系列的饲料科学理论的指导和一整套先进技术的应用。这正是编著本书的出发点与归宿点。

本书的主要特点是集理论性、技术性、实用性、可操作性、可读性、前瞻性等于一体,力图体现“五强”——先进性强、适用性强、可操作性强、前瞻性强、可读性强。所谓“先进性强”,是指本书较充分地反映了饲料学科中的新理论、新技术、新知识等;所谓“适用性强”,是指本书能适应我国的国情,适应饲料资源及其开发情况、饲料利用水平和养殖业发展的需要;所谓“可操作性强”,是指读者阅读本书的相应内容时可边看边操作,使饲料方面的先进技术迅速变为现实的生产力;所谓“前瞻性强”,是指本书瞄准我国养殖业及饲料工业的发展动向,能适应21世纪养殖业及饲料工业发展的需要;所谓“可读性强”,是指本书内容精炼,读者易于阅读、理解和掌握。

本书可供大专院校、科研院所相关专业的师生和科研人员以及饲料与养殖企业的技术人员等阅读。

限于编著者水平,本书可能有不妥甚至谬误之处,恳请读者批评指正!

安徽农业大学动物营养与饲料学教授 周 明

2007年6月18日

目 录

绪 论	1
第一章 饲料成分及其在动物体内的转化	7
第一节 饲料蛋白质及其在动物体内的转化	7
第二节 饲料糖类物质及其在动物体内的转化	18
第三节 饲料脂质及其在动物体内的转化	26
第四节 饲料能量及其在动物体内的转化	34
第五节 饲料维生素及其在动物体内的转化	36
第六节 饲料矿物质及其在动物体内的转化	53
第七节 饲料中的水分	83
本章小结	86
第二章 饲料分类编码	87
第一节 哈里士饲料分类编码法	87
第二节 中国饲料分类编码法	88
本章小结	89
第三章 能量饲料	90
第一节 谷实类饲料	91
第二节 糠麸类饲料	110
第三节 块根、块茎及其加工副产品	113
第四节 其他能量饲料	118
本章小结	124
第四章 蛋白质补充饲料	125
第一节 动物性蛋白质饲料	125
第二节 植物性蛋白质饲料	136
第三节 微生物性蛋白质饲料	152
第四节 非蛋白氮饲料	154
本章小结	157
第五章 矿物质饲料	158
第一节 常量矿物元素饲料	158
第二节 微量矿物元素饲料	161
第三节 天然矿物质饲料	162
本章小结	164
第六章 饲料添加剂	165
第一节 营养性饲料添加剂	165
第二节 非营养性饲料添加剂	174

第三节 添加剂预混合饲料	200
本章小结	203
第七章 青绿多汁饲料	204
第一节 青饲料	204
第二节 牧草	209
第三节 多汁饲料	222
第四节 青贮饲料	226
本章小结	228
第八章 粗饲料	229
第一节 秸秆类饲料	229
第二节 秕壳类饲料	231
第三节 干草	231
第四节 树叶类饲料	232
本章小结	234
第九章 饲料营养价值评定	235
第一节 饲料营养价值的评定方法	235
第二节 饲料蛋白质营养价值的评定	239
第三节 饲料能值的评定	247
第四节 饲料矿物质营养价值的评定	251
第五节 衡量饲料营养价值的一些实用单位	260
本章小结	265
第十章 饲料的加工与保存技术	266
第一节 青饲料的加工	266
第二节 粗饲料的加工	269
第三节 能量饲料的加工	273
第四节 蛋白质饲料的加工	274
第五节 饲料的保存技术	277
本章小结	280
第十一章 饲料添加剂生产技术	282
第一节 营养性饲料添加剂生产技术	282
第二节 非营养性饲料添加剂生产技术	286
本章小结	296
第十二章 饲料成分检测技术	297
第一节 饲料分析	297
第二节 常用饲料添加剂的检验	310
第三节 饲料中有毒物质的测定	327
本章小结	341
第十三章 饲料安全	342
第一节 影响饲料安全的要素	342

第二节 保障饲料安全的一些技术措施.....	348
第三节 标准化质量控制技术在饲料质量管理中的应用.....	349
本章小结.....	353
第十四章 饲料配方设计与加工工艺.....	354
第一节 概述.....	354
第二节 饲料配方设计.....	357
第三节 预混料配方设计.....	364
第四节 浓缩饲料配方设计.....	367
第五节 饲料加工工艺.....	368
本章小结.....	372
第十五章 喂料技术.....	373
第一节 动物采食量的调控.....	373
第二节 畜禽喂料技术.....	379
第三节 鱼类喂料技术.....	381
本章小结.....	382
第十六章 饲料资源的开发.....	383
第一节 饲料资源的类型.....	383
第二节 我国饲料资源利用的基本现状.....	384
第三节 饲料资源的开发途径.....	384
本章小结.....	387
参考文献.....	388

绪 论

一、饲料的涵义

按《饲料工业通用术语》(GB10647—89)定义,饲料(feeds)是指能提供饲养动物所需的养分,保证健康,促进生长和生产,且在合理使用下不发生有害作用的可饲物质。

也可这样定义:可供饲用,并对动物有积极作用的一切物质就称为饲料。饲用是指投给动物的物质为经口提供。可供饲用是指物质无毒或毒性很小,不足以使动物中毒;或有毒,但可脱毒。这里的积极作用主要指对动物有营养作用(这是饲料的最基本作用,如玉米、大豆饼粕等)或无营养作用但能改善动物营养微环境(如饲用微生物制剂、酸、碱缓冲剂等有此作用);作为信号物质,调控有关生命活动(如葡萄糖、脂肪酸等能调节动物的摄食活动,钙能触发肌肉收缩活动,锌能调节金属硫蛋白基因表达等,这方面是分子营养学当前研究的重点之一);或具有特殊用途(如增色剂可使动物产品着色);或其他作用。给饲料如此之定义,在饲料短缺的现阶段,对人们开发利用新的饲料资源有一定的启发和指导作用。

二、饲料学的研究内容

专门介绍饲料方面的理论、技术、知识、研究进展以及探索开发并高效利用饲料资源的途径和方法等的一门学科就是饲料学。饲料学是一门涉及种植业、养殖业、医药卫生、化工、机械设备、贸易等行业的综合性学科。

饲料学主要研究内容如下:饲料成分及其在动物体内的转化;饲料分类编码;各类饲料的营养特性、使用技术、饲用价值;饲料的生产、加工和保存技术;饲料营养价值的测定;饲料安全卫生与质量管理;饲料配制技术;喂料技术;饲料资源的开发与利用技术等。

三、饲料学理论对动物生产的指导作用

饲料学理论对动物生产的指导作用很大,主要体现在以下几个方面:

(1)要改良培育一个动物品种,除需合理的育种方法外,还要有科学的饲养技术。在适宜的营养环境中,目标基因可顺利地表达,才能实现动物遗传组成的质变。

(2)很明显,动物营养不良时,生产性能就下降,并会发病甚至死亡。动物各种营养缺乏症便是例证。动物营养不良时,免疫机能下降,因而抗病力下降。此外,动物轻度或临界缺乏养分时,虽不表现临床症状,但新陈代谢受到不利的影响或不顺畅,动物的生产潜力不能充分发挥。

(3)饲料或饲粮化学组成能影响动物产品质量。例如,用玉米型饲粮肥育肉猪,体脂硬度下降;若用大麦部分替代饲粮中的玉米,则肉猪体脂硬度增大。又如,在蛋鸡饲粮中使用

较多的蚕蛹粉,则会影响鸡蛋的风味。再如,给奶牛饲喂芜菁,使牛乳有特殊的气味。

(4)动物生产方式不断沿革,即:个体散放饲养→小群饲养→农场化饲养→工厂化饲养。工厂化饲养动物的特点为:动物群体大,畜(禽)舍密闭,人工气候。这就要求动物的饲料营养全价、平衡,否则动物就会发病甚至死亡。

(5)据估计,饲料成本约占动物生产总成本的70%。因此,降低饲料成本,对降低动物生产总成本的意义很大。对动物全价平衡饲养,可使动物生产潜力和饲料营养价值充分发挥,因而生产成本下降。另外,营养状况好的动物,发病率下降,医疗费用也会相应减少。

四、饲料学发展史略

(一)饲料生产(开发)与应用的历史

1850年——糖蜜在欧洲被用作饲料。

1855年——尽管早就试图从棉籽中榨油,但至1855年左右棉籽饼才由Paul Aldige首次加工成功。由于早期的饲养者对该饼的用量大,每天每头牛饲喂5.45~6.81 kg,使牲畜中毒,直到1900年左右这种饼才勉强被接受。

1888年——玉米蛋白饲料首次在布法罗的市场上被销售。

1888年——玉米蛋白粉在芝加哥广泛生产,并与玉米籽实展开了激烈的竞争。

1890年——肉骨粉和肉屑开始被用于养殖业。早在1870年,这种原料就被干燥后用作肥料。记录表明,在试验证明了肉骨粉的营养价值之后,这种蛋白质补充料被用于鸡和猪的日粮。

1898年——废糖蜜被承认是优良的牲畜饲料。早些时候,美国南方各州以“自由采食”方式用其饲喂牲畜。Cleveland亚麻籽公司在其芝加哥的工厂里将糖蜜添加到亚麻籽饼和标准的粗粉中销售给奶牛场,首次将其用作商品饲料,并命名为“Sucrene”。Wayne饲料公司一直沿用这个商品名。

1900年——亚麻籽饼在1900年前已在欧洲被广泛应用,但美国对此反应较慢。由于当地的需求量甚少,美国大量出口亚麻籽饼。

1900年——苜蓿粉被发现具有很高的饲用价值,并首次被用作马的饲料,其后用于家禽、奶牛和猪的日粮中。

1900年——骨粉于1900年以前已被用于畜禽饲养,并在1904年被用于配制家禽饲料。

1900年——在1900年前,在制酒厂附近早就将烧酒糟和啤酒糟作为湿(饲)料使用。当研究出有效的干燥方法之后,这种产品才被接受并在市场上销售,尤其是用作奶牛饲料。

1903年——Larrowe制粉公司创始人James E. Larrowe将干甜菜渣引进美国。在欧洲干甜菜渣被广泛应用,但美国的奶牛场主却迟迟不肯接受,直到1910年饲料公司才开始大量使用。

1910年——由于干燥工艺得到完善,黄油奶水可被加工成干粉;1915年, Sherman Edwards在芝加哥首次将其用于家禽粉料。

1910年——在这一时期,鱼粉可能在美国西海岸开始生产,直到1915年左右才被广泛

销售。George Cavanaugh 教授于 1915 年在康奈尔大学进行鱼粉用于家禽日粮的实验。实验开始不久, Philip R. Park 将其用于家禽粉料。

1915 年——据报道, Albers 兄弟 1915 年前从东方进口了大豆饼。

1920 年——脱脂奶粉问世, 其在配合饲料中的用量不断增加。

1922 年——美国首次生产大豆粕。

1931 年——随着佛罗里达州柑橘业开始制作葡萄糖和柑橘罐头, 柑橘渣被发现是一种很好的饲料。1946 年后冷冻浓缩橘汁大量涌入美国市场, 柑橘渣的数量随之增加。

1943 年——尿素于 1939 年被开发作为反刍家畜的合成蛋白质来源。由于战争期间缺乏动物和植物性蛋白质, 对这种代用品的需求量较大。尿素于 1943 年首次进入商业化饲料应用。

1952 年——所生产的大豆粕中 50% 被用作鸡饲料。1955 年和 1956 年引进了高能量、低纤维的肉用仔鸡和蛋鸡日粮, 使这种高蛋白、低纤维产品的用量大幅度上升。

1954 年——在家禽日粮中添加动物脂肪。牛、羊脂肪价格低廉, 成为当时应用的主要脂肪。脂肪可增加能量, 并降低粉料中的粉尘含量, 因而能改善饲料结构。目前, 其他动物、植物脂肪也得到了利用。

1956 年——通过多年研究后开始生产羽毛粉。此前, 羽毛是家禽加工业的大宗废弃物。

1958 年——大豆壳, 一种加工含蛋白质 50% 大豆粕的副产品, 被加工成片状, 成为一种新的大容积原料, 具有较高的消化率和液体吸收能力, 用于奶牛日粮颇为理想。

1960 年——木材糖蜜首次由 Masonite 公司销售。它是一种生产木纤维板的副产品。

1960 年——鸡粪被发现是一种有用的饲料, 它在美国的某些州可正式使用, 但尚未得到(美国)食品与药物管理局(FDA)的批准进行州际间的流通。

1977 年——液体蛋氨酸类似物首次上市, 为液体蛋氨酸产品的使用开辟了道路。

20 世纪 90 年代——开发了多种液体组分: 氨基酸、维生素、着色因子、霉菌抑制剂、防腐剂 and 香味剂。

(二) 饲料营养价值评定的发展历史

饲料营养价值的评定, 是实现经济饲养动物的桥梁。饲料营养价值的评定经历了近两个世纪, 走过了一段漫长的道路。在这一过程中, 科学家们提出了许多评定体系。根据其内容和指标, 可大致分为以下两大类评定体系。

1. 物质评定体系

(1) 德国科学家 Thear 于 1810 年最早提出了衡量饲料营养价值的单位, 即“干草当量(heuwert)”。

(2) 19 世纪中叶, Grouven(1859) 用农业化学分析法, 用干物质为单位来概括蛋白质、脂质和糖的营养价值, 故称 Grouven 的单位为“干物质单位(dry matter)”。化学成分分析在评定饲料营养价值上, 要比原始的“干草当量”前进了一步。

(3) Wolff(1854) 提出以可消化营养成分作为评定饲料营养价值的指标, 并根据饲料化学成分和消化试验结果, 采用“可消化干物质(digestible dry matter)”作为衡量饲料营养价值的单位。这就将饲料营养价值的评定工作又向前推进了一步。

(4)德国科学家 Kellner(1907)根据其纯淀粉在阉牛体内沉积的脂肪量,提出了衡量饲料营养价值的单位——淀粉价(starch equivalents, SE)。其后,瑞典科学家 Hanson(1913)在淀粉价的理论和方法基础上,制定了“大麦饲料单位”作为评定饲料营养价值的单位。前苏联科学家也以淀粉价为基础,提出了“燕麦饲料单位”。

(5)美国科学家 Morrison(1915)提出以总可消化养分(total digestible nutrients, TDN)作为衡量饲料营养价值的单位。

2. 能量评定体系

(1)德国科学家 Kuhn(1894)最早提出按能量评定饲料营养价值。

(2)美国科学家 Armsby(1917)采用呼吸测热器进行能量平衡试验,提出了以“热姆(Therm)单位”作为衡量饲料营养价值的单位。

(3)Kellner 的学生,也是 Kellner 学派的继承人 Nehring(1969)在淀粉价的理论与方法的基础上提出了“能量饲料单位(energy feed unit)”。

(4)在这期间,美国基于 Kleiber(1961)的试验工作,根据奶牛能量平衡大量试验结果,提出美国 Flatt 奶牛净能体系。英国科学家 Blaxter(1969)提出了英国布氏代谢能体系。

3. 世界主要国家使用饲料营养价值单位的沿革

(1)德国、英国、日本等国都长期使用淀粉价作为评定饲料营养价值的单位。前联邦德国从 1982 年 10 月 1 日起,对奶牛饲料的评定改用泌乳净能为单位,但对肉牛饲料仍沿用淀粉价单位。

(2)美国、加拿大等国在 1915 年后广泛使用 TDN。在 1959 年,美国开始用能量单位(净能)。

(3)前苏联早期使用燕麦单位,从 1963 年开始改用能量饲料单位(代谢能)。

(4)英国先是使用淀粉价,从 1969 年开始用能量单位(布氏代谢能体系)。

(5)我国在 1950~1978 年均套用前苏联的燕麦单位。1978 年后,在饲料营养价值评定中改用能量体系,即对猪饲料采用消化能,对鸡饲料采用代谢能,而对乳牛饲料采用净能。在制定我国黑白花奶牛饲养标准时,根据我国的习惯,提出了以泌乳净能为基础的奶牛能量单位(NND)。

(三)动物饲粮配制技术的发展

Waugh 于 1951 年研究出了最低成本的奶牛饲料,向许多长期沿用的饲养观念提出了挑战。宾夕法尼亚州立大学的 Robert F. Hutton 博士在把线性规划引入配合饲料工业方面起了主要作用。到 1975 年,已有几家公司进行这一技术的试验,主要的公司有 G. L. F. McMillen 饲料公司和 Nutrena 饲料公司。1958 年, Hutton 博士以“线性规划在饲料加工中的应用”为题发表了一系列的文章。用线性规划配制最低成本饲料在大型饲料加工厂得到迅速普及和推广,他们的生产规模巨大,有能力承担所增加的费用。许多公司拥有自己的电子计算机系统、计算机和训练有素的人员。

当今,最低成本配方几乎被所有饲料加工厂、畜禽生产联合企业与大型农场经营者采用。电子计算机的扩大应用使畜禽生产联合企业得以实现最低成本生产。近年来,在配制动物饲粮时,开始试用概率饲料配方技术和最大效益配方技术。

五、饲料学研究动态

1. 进一步研究饲料中某些养分的生物学作用

(1) 在含氮物质方面,目前主要集中于寡肽生物学作用的研究。

(2) 在脂质方面,主要是研究脂肪在奶牛、鸡、仔猪等动物饲料中应用的营养效应和预防代谢病的作用并大力研究不饱和脂肪酸(如共轭亚油酸等)在动物产品中的富集方法。

(3) 在糖类物质方面,主要研究寡聚糖(如寡果糖、甘露寡糖、 α -寡葡萄糖、寡乳糖等)的营养免疫作用、多聚糖(如 β -葡聚糖、阿拉伯木聚糖等)的有效利用方法和蛋白聚糖(或糖蛋白)的生物学作用。

(4) 在维生素方面,主要研究某些维生素的新作用如叶酸、生物素、 β -胡萝卜素等对动物生殖机能的作用;如维生素 A、维生素 D、维生素 E、生物素等对基因表达的调控作用。

(5) 在矿物质方面,目前研究得较多的是铬、锌等元素的生物学作用的研究。例如,铬能改善畜禽的胴体品质,增强动物的免疫和抗应激能力,提高猪等动物的繁殖机能。锌可通过多种锌指蛋白转录因子在转录水平直接调控基因表达。

(6) 抗生素在动物饲料中应用所产生的问题愈来愈严重。为了解决这一问题,绿色饲料添加剂正在被研究和开发应用。

2. 用基因重组技术,提高饲料中养分含量 例如,澳大利亚科学家用遗传工程技术培育了一种富含蛋白质的苜蓿新品种。将豌豆种子中一个基因转移到苜蓿叶子上,该基因含有合成含硫氨基酸的密码。豌豆中的白蛋白与其他植物中的白蛋白不同,它在瘤胃中不被分解,但绵羊几乎全部将其吸收利用。用这种苜蓿新品种喂绵羊,能促进羊毛的生长,使羊毛产量提高 5%。

又如,现已育成了高蛋白玉米、高赖氨酸玉米、高油脂玉米等,这些品种玉米中蛋白质和(或)赖氨酸或脂肪含量显著多于普通玉米。巴西已育成抗亚洲锈病真菌的大豆新品种。再如英国科学家正研究改造大麦蛋白质的氨基酸组成,且已取得了很大的进展。巴西农业研究公司(EMBRAPA)的研究人员正在培育富含 β -胡萝卜素的玉米新品种。

3. 用基因重组技术,降低饲料中有害成分含量 菜籽及其饼粕中含有硫甙、芥子酸等有害物质。鉴于此,加拿大科学家已育成了双低油菜新品种,如 Canla、Candle、Altex、Regent 等。棉籽及其饼粕中含有游离棉酚等有害物质,美国科学家也因此育成了无腺棉花新品种,其饼粕不含游离棉酚毒性物质。生大豆及其生饼粕中含有胰蛋白酶抑制因子等抗营养因子。中国农业大学已育成了名为“中豆-28”的大豆新品种,其豆实中不含胰蛋白酶抑制因子。大麦中含有较多量的 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖,将大麦用作单胃动物特别是鸡和仔猪的饲料时,效果差。鉴于此,科学家正研究培育不含 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖的大麦新品种,低植酸的玉米品种,以及低水苏糖、低棉籽糖、低氧合酶的大豆新品种。

4. 用微生物接种技术,提高饲料的营养价值 欧洲国家正研究给青贮饲料接种乳酸菌等微生物,以期提高青贮料营养价值。英国 Newcastle 大学用接种方法生产的青贮料酸度增强、粗纤维含量降低、养分损失减少、适口性增强,动物对其采食量增加。

粗饲料资源丰富,但营养价值低。科学家正研究用微生物改良粗饲料。已研究证明:用软腐真菌、放线菌、嗜热性孢子丝菌等接种处理法可不同程度地提高粗饲料营养价值。粗饲

料微贮技术的效果较好。

5. 用生物技术,提高饲料转化率 已能用生物工程技术生产大量的淀粉酶、蛋白质消化酶、纤维素酶、植酸酶、 β -葡聚糖酶、阿拉伯木聚糖酶等,并将这些酶加到饲料中,能提高饲料消化率,消除饲料中抗营养因子,改善动物生产性能。

人们可用重组 DNA 技术,从微生物中生产纯度很高的生长激素,主要包括牛生长素(bST)、猪生长素(pST)和禽生长素(aST)。科学家们用生长素提高畜禽生产性能,同时饲料利用率也得到了显著的提高。

6. 创新和发展饲料加工技术,以提高饲料营养价值 多数饲料在用前都要经过适当的处理,这便是加工。可以说,加工是饲料高效利用的一个重要技术手段。这方面的研究方兴未艾。

7. 开发利用非常规饲料,以逐步解决人畜争粮之矛盾 例如,在动物生产中,用粪便作饲料已有一段时间。现正研究粪便的安全饲用技术。又如,科学家正研究开发海洋性食品和饲料,并已取得了一定的成效。再如,发展草业,利用绿色能源,以草养畜正在兴起。

8. 利用食物链加环延长原理,对饲料多级利用,以提高饲料的经济价值和生态效益 现今提出的“立体养殖技术”就是这方面的实践应用。例如,

饲料喂鸡 → 鸡粪喂猪 → 猪粪喂牛 → 牛粪喂鱼 → 鱼塘淤泥肥田。

值得强调的是,要对食物链上每一级食物中病原微生物、寄生虫(卵)等进行严格的灭杀处理,以确保卫生安全。

六、饲料学发展趋势

今后对饲料养分在动物体内转化过程的调控研究将进一步加强。动物生产实质上就是将饲料原料通过动物这部“活机器”生产肉、蛋、奶、毛等产品的过程。饲料学的一个主要任务就是探索以最少的饲料原料生产数量最多和质量最好的动物产品的方法。要实现这一目标就须对饲料养分在动物体内转化过程进行调控。目前在这一方面已取得了较大进展,但还远远不够。预期今后将从不同层次上如从动物环境、动物整体、动物组织细胞、动物体内营养物质分子代谢水平进行调控。

低质粗饲料的改良仍是今后饲料研究的一个重要任务。用物理性方法改良粗饲料的效果不够理想,用化学性方法改良粗饲料的效果较好,但一方面成本较高,另一方面可能会造成对饲料、环境的化学污染。因此,上述两法可能在未来受到一定的限制。饲料学家们一致看好改良低质粗饲料的微生物方法,这方面的研究方兴未艾。可以预见,科学家们将筛选培育出一种或多种微生物,从而能使秸秆(如稻草、麦秸等)等粗饲料变成葡萄糖等小分子营养物质,迎来所谓的“白色农业”或“白色革命”。

对饲料安全卫生的研究工作将更加重视。开发使用绿色饲料原料,生产安全卫生的饲料产品,从而实现饲料工业乃至养殖业的安全生产,保障人畜健康和环境清洁。

今后饲料研究的另一个方面是通过基因工程技术培育出无毒害物质、无抗营养因子,并且其中养分种类、含量及其比例完全符合动物营养需要的“理想饲料”。

第一章 饲料成分及其在动物体内的转化

天然饲料中一般都含有蛋白质、糖、脂、维生素、矿物质和水等成分,以及蕴含于有机质中的能量。饲料中这些成分被动物食入后,在其体内经过或简或繁的转化,一部分形成动物产品,另一部分被排出体外。饲料成分转化为动物产品的效率在较大或很大程度上取决于饲料的化学组成。一般来说,饲料成分和动物产品成分相似度越大,转化效率就越高。可能因为如此,大多数动物性饲料的营养价值都较高。了解饲料成分在动物体内转化过程,对如何提高动物产品的量和质有指导作用。

第一节 饲料蛋白质及其在动物体内的转化

天然饲料中都或多或少地含有含氮物质,含氮物质包括真蛋白质和非蛋白含氮物质。

一、蛋 白 质

1816 年,Magendie 用狗的饲养试验证明:含氮食物对生命是必需的。“蛋白质”术语是由荷兰生物化学家 JanMulder 于 1838 年提出的。“蛋白质”一词源于希腊字“proteios”,意为“第一”重要,故国内有许多学者建议将 protein(proteios)译为“朊”,但未推广开来,现多用译名“蛋白质”。Boussingault 于 1839 年首次用马、牛做氮平衡试验,证明了动物不能从空气中固定氮,而含氮食物才是动物所必需的。19 世纪 50 年代,Rthamsted 通过饲养试验和对农场动物的调查研究证明:不同的蛋白质营养价值不同。1909 年 Karl Thomas 提出了蛋白质生物学价值的概念和测定方法。1946 年,Block 和 Mitchell 提出了衡量蛋白质品质的其他公式,并发展了以蛋白质中氨基酸组成为基础的化学积分法。Rose 及其同事(1938)证明了成年人需要 8 种必需氨基酸。

蛋白质(protein)主要由碳、氢、氧、氮四种化学元素组成(表 1-1),有些蛋白质还含有硫、磷、铁、碘等,由于现时用凯氏法(Kjeldahl method)测定的蛋白质中除真蛋白质(true protein)外,尚含有非蛋白氮物质,故在饲料学科中将之称为粗蛋白质(crude protein,CP)。将含有化学元素氮的一切化合物都称为粗蛋白质。

表 1-1 组成蛋白质的化学元素(%)

化学元素	碳	氢	氧	氮	硫	磷	铁
含 量	50.0~55.0	6.0~7.3	19.0~24.0	15.0~17.0	0~4.0	0~1.5	0~0.4

蛋白质含氮量相对稳定,平均约为 16%(15.0%~17.0%)。饲料中每克氮的存在,就表明其中约含 6.25(100/16)克蛋白质。通常,将 6.25 称为蛋白质的转换系数(protein conversion coefficient)。

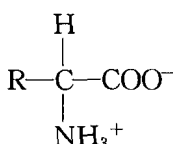
不同种类饲料,其中蛋白质含量有很大差异。例如,血粉中蛋白质含量可达 80%,羽毛

粉中蛋白质含量高达 90%，饼粕类饲料中蛋白质含量为 30%~50%，豆科籽实中蛋白质含量为 25%~38%，豆科干草中蛋白质含量为 12%~22%，谷实中蛋白质含量为 8%~13%，禾本科干草中蛋白质含量为 6%~13%，块根块茎和瓜果类饲料中蛋白质含量仅为 0.5%~1.0%。

一般来说，动物性饲料蛋白质品质较好，植物性饲料蛋白质品质较差，微生物性饲料蛋白质品质居中。在植物性蛋白质中，豆类蛋白质品质较好，棉、菜籽饼粕蛋白质品质尚可。

二、氨基酸

所有蛋白质，不论其功能或物种来源如何，都是由基本的 20 种氨基酸(amino acids, AA)组成。AA 的结构通式如下：



在蛋白质分子中，各种氨基酸按一定顺序排列，以共价键肽键相连接。氨基酸的氨基和羧基皆连接于 α -碳原子上，故名 α -氨基酸。除甘氨酸外，其他所有氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子，具有光学异构现象。大多数氨基酸属 L 系，即 L- α -氨基酸。但极少的也有 D 系氨基酸，主要存在于某些抗生素和个别生物碱中。

按侧链 R 基极性性质，可将 20 种基本氨基酸分成以下四类。

(1)非极性(疏水性)氨基酸。这类氨基酸包括丙氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、脯氨酸、苯丙氨酸、色氨酸、蛋氨酸。

(2)极性(不带电荷)氨基酸。丝氨酸、苏氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、天门冬酰胺、谷氨酰胺、甘氨酸属不带电荷的极性氨基酸。

(3)带正电荷(碱性)氨基酸。这类氨基酸有精氨酸、赖氨酸和组氨酸。

(4)带负电荷(酸性)氨基酸。天门冬氨酸、谷氨酸为带负电荷(酸性)氨基酸。

必需氨基酸(essential amino acids, EAA)：对于猪、禽等单胃动物，根据直接从饲料中供给的必需性，分为 EAA 和非必需氨基酸(non-EAA)。所谓 EAA，是指动物体不能合成或能合成但合成的量不能满足动物营养需要，必须从饲料中补充的一类氨基酸。对于成年人、猪、鼠，EAA 有以下几种：赖氨酸(lysine)、蛋氨酸(methionine)、色氨酸(tryptophane)、苯丙氨酸(phenylalanine)、亮氨酸(leucine)、异亮氨酸(isoleucine)、苏氨酸(threonine)和缬氨酸(valine)。这 8 种氨基酸不能在动物体内合成，完全仰赖饲料补充。对于生长猪、鼠，因体内合成的精氨酸(arginine)、组氨酸(histidine)量不能满足其需要，也要通过饲料补充一部分，故精、组氨酸也被列为 EAA。对于家禽，上述 10 种氨基酸和甘氨酸(glycine)共被列为 EAA。现已确认，半胱氨酸(cysteine)可节省部分(40%)蛋氨酸的需要量；酪氨酸(tyrosine)可节省部分(30%)苯丙氨酸的需要量；丝氨酸(serine)和甘氨酸在动物体内可相互转化，故丝氨酸也可取代部分甘氨酸。因此，有人把半胱氨酸、酪氨酸和丝氨酸称作半必需氨基酸(semi-essential amino acids)。

骨桥蛋白(osteopontin)是一种糖蛋白，是子宫和胎盘细胞间黏附、重叠和信息交流的物质基础，即胚胎附植的物质基础(Johnson 等, 2003)。胚胎附植是胚胎发育成功的关键环

节。骨桥蛋白中含有精氨酸-甘氨酸-天冬氨酸序列,该序列对骨桥蛋白的黏附功能起着重要作用。日粮添加精氨酸,能增加母猪的窝产仔数(Ramaekers 等,2006;Mateo 等,2007)。因此,有人认为,精氨酸是妊娠母猪的条件性必需氨基酸(conditioned amino acid)。断奶仔猪由于断奶应激使得仔猪消化机能降低,体质弱,抗病机能差,易腹泻,甚至并发其他疾病。在断奶仔猪基粮中添加谷氨酰胺,有助于修复肠道黏膜损伤、预防或控制仔猪的腹泻。因此,也有人将谷氨酰胺作为断奶仔猪的条件性必需氨基酸。

对于中低产成年反刍动物,由于其瘤胃微生物能合成几乎所有的氨基酸,且合成的量连同基粮中含量能满足需要,故 EAA 无实际意义。但对于高产反刍动物,因为其瘤胃微生物合成的赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸等氨基酸量连同基粮中含量不能满足需要,所以仍需从其日粮中适当补充这些氨基酸,以维持其高产性能。对于幼龄反刍动物,由于其瘤胃微生物区系尚未建立,或发育不成熟,不能合成 EAA 或合成的能力很弱,故仍需从日粮中补充 EAA。

一般地,植物性蛋白质中的 EAA 含量较少,故其品质较差;而动物性蛋白质中的 EAA 含量较多,故其品质较好。

限制氨基酸:饲料或饲粮中含量较动物最快生长或最佳生产时需要量少的一类 EAA 就叫限制性氨基酸(limiting amino acid,LAA)。若饲料或饲粮中 LAA 缺乏,就限制了其他氨基酸的利用。通常,将饲料或饲粮中最缺少的 EAA,称作第一限制性氨基酸(first LAA, fLAA);其次缺少的,称第二限制性氨基酸(second LAA, sLAA);再次缺少的,称第三限制性氨基酸(third LAA, tLAA),以此类推。现将常用饲料中 fLAA、sLAA 和 tLAA 列入表 1-2 中。

表 1-2 常用饲料中限制性氨基酸(鸡)

饲料	粗蛋白质含量(%)	fLAA	sLAA	tLAA
玉米	9.0	赖氨酸	色氨酸	精氨酸
高粱	9.5	赖氨酸	精氨酸	蛋氨酸
小麦	12.6	赖氨酸	苏氨酸	精氨酸
大豆饼	46.2	蛋氨酸	苏氨酸	色氨酸
菜籽饼	35.3	亮氨酸	赖氨酸	精氨酸
棉籽饼	36.1	赖氨酸	亮氨酸	蛋氨酸
椰子饼	21.2	赖氨酸	亮氨酸	蛋氨酸
棕榈饼	12.9	色氨酸	组氨酸	赖氨酸
鱼粉	60.8	精氨酸	—	—
肉粉	70.7	蛋氨酸	—	—
肉骨粉	48.6	色氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸

三、非蛋白氮物质

非蛋白氮物质(non protein nitrogen, NPN)是指分子结构中不含有肽键(peptide bonds)的一类含氮化合物。或按《饲料工业通用术语》(GB10647—89)定义,非蛋白态的含氮化合物就称非蛋白氮物质。这类物质主要包括:氨基酸、酰胺类、含氮脂、生物碱、胺、嘌呤、嘧啶、铵盐、硝酸盐、B 族维生素等。表 1-3 列举了两种牧草中 NPN 的组成。