

普通高等教育“十三五”规划教材

饲料学导论

周 明 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

饲料学导论

周 明 主编

周明，中国农业大学

周明，中国农业大学
周明，中国农业大学



化学工业出版社

· 北京 ·

《饲料学导论》论述了饲料分类编码方法,主要介绍了能量饲料、蛋白质补充饲料、矿物质饲料、饲料添加剂、青绿多汁饲料、粗饲料等各类饲料的化学组成、营养特性、使用技术、饲用价值,并探讨了各类饲料的加工与保存方法以及饲料添加剂的生产技术,对饲料营养价值的评定与质量管理的方法以及保障饲料安全的措施等内容进行了详细阐述,同时介绍了饲粮(全价配合饲料)、浓缩饲料、添加剂预混合饲料配方的设计方法,提出了饲料资源的开发途径。理论联系实际,言简意赅。

《饲料学导论》可作为高等农林院校动物科学、动物营养与饲料加工专业兽医、水产等专业的师生教材,同时也可作为相关专业的科研、管理、企业技术人员等参考用书。

饲料学导论

周明 主编

图书在版编目(CIP)数据

饲料学导论/周明主编. —北京:化学工业出版社,
2016.3

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-25912-7

I. ①饲… II. ①周… III. ①饲料 IV. ①S816

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第308042号

责任编辑:尤彩霞

装帧设计:孙远博

责任校对:边涛

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京云浩印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张18½ 字数488千字 2016年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:45.00元

版权所有 违者必究

目录《饲料学导论》 编写人员名单

主 编 周 明

副 主 编 胡忠泽

汪海峰

编写人员 (以姓氏笔画为序)

王 翀 浙江农林大学

邓凯东 金陵科技学院

吕秋凤 沈阳农业大学

汪海峰 浙江农林大学

茅慧玲 浙江农林大学

周 明 安徽农业大学

胡忠泽 安徽科技学院

程建波 安徽农业大学

惠晓红 塔里木大学

前言

动物生存和动物养殖离不开饲料，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。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、运输和储存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，饲料储存不当，会产生黄曲霉毒素等真菌毒素，既危害畜禽，又进而危害人类，致使人体癌变或畸变。一些饲料添加剂如制菌剂、抗生素、激素、高铜制剂、高锌制剂、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。

如何高效低耗地利用饲料并开发新的饲料资源，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。这正是编著本书之目的所在。

全国高等农业院校都开设动物科学专业，部分高等农业院校还开设动物营养和（或）饲料加工专业。饲料学课程是动物科学、动物营养和饲料加工专业的主干课程。《饲料学导论》适合作为饲料学课程的教材。本书还可供科研院所相关专业的科研人员以及饲料与养殖企业的技术人员等阅读。

限于笔者水平，本书可能有不当甚至谬误之处，恳请读者批评指正！

编者

2015年12月

目 录

绪 论	1
一、饲料的含义	1
二、饲料学科内容	1
三、饲料学科理论对动物生产的指导作用	1
四、饲料学科发展史略	2
五、饲料学科研究动态	4
六、饲料学科发展趋势	6
思考题	6
第一章 饲料分类编码	7
第一节 哈里士饲料分类编码法	7
第二节 中国饲料分类编码法	8
思考题	9
第二章 能量饲料	10
第一节 谷实类饲料	10
一、玉米	11
二、小麦	18
三、稻谷	22
四、大麦	23
五、高粱	24
六、燕麦	27
七、其他谷实	27
第二节 糠麸类饲料	28
一、小麦麸	28
二、米糠	29
三、其他糠麸	31
第三节 脱水块根、块茎及其加工副产品	31
一、甘薯干	31
二、脱水马铃薯	32
三、木薯干	32
四、甜菜渣	33
五、糖蜜	34
第四节 其他能量饲料	35
一、油脂	35
二、乳清粉	38
三、玉米胚芽粕	39

思考题	40
第三章 蛋白质补充饲料	41
第一节 动物性蛋白质饲料	41
一、鱼粉	41
二、血粉	44
三、肉骨粉	46
四、肉粉	47
五、蚕蛹粉	47
六、羽毛粉	48
七、蚯蚓粉	49
八、蝇蛆	50
九、虾粉	50
第二节 植物性蛋白质饲料	50
一、大豆饼（粕）	50
二、全脂大豆	55
三、其他豆类	56
四、菜籽饼（粕）	56
五、棉籽饼（粕）	59
六、花生饼（粕）	61
七、向日葵仁饼（粕）	62
八、亚麻仁饼（粕）	62
九、芝麻饼（粕）	63
十、其他饼类	63
十一、某些加工副产品饲料	64
第三节 微生物性蛋白质饲料	66
一、微生物性蛋白质饲料的分类	66
二、微生物性蛋白质饲料生产的特点	66
三、利用废物生产微生物性蛋白质饲料	67
第四节 非蛋白氮饲料	68
一、非蛋白氮饲料的种类	68
二、非蛋白氮饲料对反刍动物的营养价值	68
三、影响反刍动物对非蛋白氮饲料利用率的因素	68
四、非蛋白氮饲料的饲用方法	69
五、非蛋白氮饲料中毒的防治	69
思考题	70
第四章 矿物质饲料	71
第一节 常量矿物元素饲料	71
一、钙源性饲料	71
二、磷源性饲料	72
三、钙、磷源性饲料	73
四、钠、钾源性饲料	74
五、硫源性饲料	75

六、镁源性饲料	75
第二节 微量矿物元素饲料	75
一、铁源性饲料	75
二、铜源性饲料	76
三、锌源性饲料	77
四、锰源性饲料	77
五、碘源性饲料	78
六、硒源性饲料	78
七、钴源性饲料	78
八、铬源性饲料	78
九、氨基酸金属元素螯合物	79
第三节 天然矿物质饲料	80
一、沸石粉	80
二、膨润土	80
三、麦饭石粉	81
四、凹凸棒石粉	81
五、海泡石粉	81
六、稀土元素	82
思考题	82
第五章 饲料添加剂	83
第一节 营养性饲料添加剂	83
一、氨基酸添加剂	83
二、其他含氮物质添加剂	86
三、维生素添加剂	87
四、微量元素添加剂	92
五、其他营养性饲料添加剂	93
第二节 非营养性饲料添加剂	94
一、保健促生长剂	95
二、酸碱缓冲剂	108
三、饲料调味剂	110
四、诱食剂	114
五、饲料保存添加剂	115
六、动物产品与饲料品质改良剂	116
第三节 添加剂预混合饲料	119
一、添加剂预混合饲料的概念	119
二、载体	119
三、稀释剂	120
四、吸附剂	120
五、生产添加剂预混合饲料时应注意的问题	120
思考题	122
第六章 青绿多汁饲料	123
第一节 青饲料	123

一、青饲料的营养特点	123
二、青饲料的分类	123
第二节 牧草	129
一、概述	129
二、禾本科牧草	131
三、豆科牧草	135
第三节 多汁饲料	144
一、甘薯	145
二、马铃薯	145
三、胡萝卜	146
四、甜菜	147
五、南瓜	148
第四节 青贮饲料	148
一、一般青贮法	148
二、半干青贮法和外加剂青贮法	150
思考题	150
第七章 粗饲料	151
第一节 影响粗饲料饲用品质的因素	151
一、植物种类	151
二、收获期	151
三、植株部位	151
四、茎叶比例	152
五、其他因素	153
第二节 秸秆类饲料	153
一、稻秸(稻草)	153
二、麦秸	154
三、玉米秸	155
四、豆秸	156
五、其他秸秆	156
第三节 秕壳类饲料	157
第四节 干草	158
一、干草种类	160
二、干草调制原则	160
三、干草调制原理	160
四、干草调制方法	161
五、影响干草品质的主要因素	162
六、干草的品质鉴定	163
第五节 树叶类饲料	164
一、树叶的化学成分变化情况	165
二、树叶的养分含量	165
三、树叶的采收方式与饲用方法	166
四、一些重要的树叶简介	166

思考题	169
第八章 饲料分析与质量控制	170
第一节 饲料常规分析	170
一、饲料分析样品的采集和制备	170
二、饲料初水分与干物质含量的测定	171
三、饲料粗蛋白质和粗脂肪含量的测定	171
四、饲料纤维性物质含量的测定	171
五、饲料粗灰分、钙与磷含量的测定	172
第二节 饲料中矿物元素含量的测定	173
一、饲料中铁、铜、锰、锌、镁含量的测定	173
二、饲料中硒含量的测定	175
第三节 常用饲料添加剂的质量控制	177
一、营养性饲料添加剂原料的质量控制	177
二、非营养性饲料添加剂的质量控制	187
第四节 饲料中有毒物质的测定	193
一、饲料中黄曲霉毒素 B ₁ 的测定	193
二、饲料中游离棉酚的测定	197
三、饲料中氢氰酸含量的测定	198
四、饲料中异硫氰酸酯含量的测定——气相色谱法	199
五、饲料中噻唑烷硫酮含量的测定	200
六、饲料中汞的测定——原子氧化物分光光度法	200
七、饲料中沙门氏菌的检测——免疫色谱反应法	202
思考题	203
第九章 饲料营养价值评定	204
第一节 饲料营养价值评定方法	204
一、饲料成分分析	204
二、消化率测定——消化试验	205
三、代谢率测定——代谢试验	207
四、饲养试验与屠宰试验	208
第二节 饲料蛋白质营养价值评定	208
一、蛋白质中氨基酸组成	208
二、饲料蛋白质消化率与利用率	209
三、饲料蛋白质生物学价值	210
四、饲料蛋白质中氨基酸消化率	211
五、饲料蛋白质必需氨基酸指数	211
六、饲料蛋白质化学积分	211
七、饲料蛋白质中氨基酸消化率与利用率	212
八、饲料代谢蛋白质或代谢氨基酸	212
九、饲料 PDI 值	214
第三节 饲料能值评定	215
一、饲料总能测定	215
二、饲料消化能测定	216

三、饲料代谢能测定·····	217
四、饲料净能·····	218
第四节 饲料矿物质营养价值的评定·····	218
一、饲料中钙的生物学有效性及其影响因素·····	218
二、饲料中磷的生物学有效性及其影响因素·····	219
三、饲料中镁的生物学有效性及其影响因素·····	221
四、饲料中硫、钠和氯的生物学有效性·····	222
五、饲料中铁的生物学有效性及其影响因素·····	222
六、饲料中锌的生物学有效性及其影响因素·····	223
七、饲料中锰的生物学有效性及其影响因素·····	224
八、饲料中硒的生物学有效性及其影响因素·····	224
九、饲料中铜的生物学有效性及其影响因素·····	225
十、饲料中钴的生物学有效性·····	225
第五节 衡量饲料营养价值的若干实用单位·····	225
一、干草当量·····	225
二、干物质单位与可消化干物质·····	225
三、淀粉价·····	226
四、大麦单位与燕麦单位·····	227
五、总消化养分·····	227
六、奶牛能量单位·····	227
七、Armsby 净能体系·····	227
八、能量饲料单位·····	227
九、美国加州净能体系·····	228
十、美国 Flatt 的奶牛净能体系·····	228
十一、英国布氏 (Blaxter) 代谢能体系·····	228
十二、饲料能值评定体系的发展过程·····	229
思考题·····	229
第十章 饲料加工与保存技术·····	230
第一节 青饲料的加工·····	230
一、切碎·····	230
二、热煮·····	230
三、打浆·····	230
四、叶蛋白饲料的生产·····	230
第二节 粗饲料的加工·····	232
一、物理性方法·····	233
二、化学性方法·····	233
三、生物性方法·····	235
四、低质粗饲料改良方法的评述·····	236
第三节 能量饲料的加工·····	236
一、粉碎·····	236
二、焙炒·····	236
三、微波热处理·····	237

四、糖化·····	237
五、发芽·····	237
第四节 蛋白质饲料的加工·····	237
一、大豆的加工·····	237
二、菜籽饼的脱毒方法·····	238
三、棉籽粕的脱毒方法·····	240
四、蓖麻籽饼的脱毒方法·····	241
第五节 饲料加工工艺·····	241
一、原料的接收与清理·····	241
二、饲料粉碎与混合工艺·····	241
三、配料工艺·····	244
四、液体料添加工艺·····	244
五、饲料制粒·····	244
第六节 饲料的保存技术·····	246
一、谷粒料、粉状料、颗粒料的保存技术·····	246
二、维生素饲料的保存技术·····	249
思考题·····	249
第十一章 饲料安全·····	251
第一节 影响饲料安全的要素·····	251
一、饲料中细菌污染及其控制·····	251
二、饲料中霉菌污染与霉变及其控制·····	251
三、饲料中农药的残留及其控制·····	253
四、饲料中重金属与非金属元素的污染及其控制·····	254
五、饲用抗生素引发的饲料安全问题·····	255
六、饲用激素引发的饲料安全问题·····	256
七、控制饲料中其他有害因子的污染·····	256
第二节 保障饲料安全的法规和技术措施·····	257
一、关于饲料安全方面的法规条例·····	257
二、保障饲料安全的若干技术措施·····	257
第三节 标准化质量控制技术在饲料质量管理中的应用·····	258
一、全面质量控制技术在饲料质量管理中的应用·····	258
二、危害分析与关键控制点系统在饲料质量管理中的应用·····	259
三、ISO 国际标准在饲料质量管理中的应用·····	261
思考题·····	262
第十二章 饲料配方设计·····	263
第一节 饲料配方软件技术·····	263
一、国内外饲料配方软件的发展过程·····	263
二、配方软件的组成·····	264
三、设计方法·····	265
四、配方软件的使用·····	265
第二节 饲粮配方的设计方法·····	266

一、日粮与饲粮	266
二、用对角线法设计饲粮配方	267
三、用试差法设计饲粮配方	268
四、线性规划与计算机在饲粮配方设计中的应用	269
五、猪饲粮配方设计	269
六、家禽饲粮配方设计	271
七、反刍动物饲粮配方设计	272
第三节 预混料配方设计	274
一、设计原则	274
二、设计步骤	274
第四节 浓缩饲料配方设计	275
思考题	276
第十三章 饲料资源的开发	277
第一节 饲料资源的类型	277
一、天然性有机养分资源	277
二、创生性有机养分资源	277
三、无机养分资源	277
第二节 我国饲料资源利用的基本现状	277
第三节 饲料资源的开发途径	278
一、精用饲料	278
二、创新和改进菜、棉籽饼(粕)和其他杂饼粕的脱毒技术,提高其利用率	278
三、加工改良低质秸秆类饲料	279
四、开发草粉饲料	279
五、开发海生饲料资源	279
六、开发微生物性饲料资源	279
七、应用生物工程技术,培育“理想型”品种植物性饲料	279
八、开发昆虫、原生动物性饲料资源	279
九、开发动物性副产品饲料	280
十、开发城市泔水饲料	280
思考题	280
参考文献	281

绪 论

一、饲料的含义

根据《饲料工业通用术语》(GB 10647—2008)定义,饲料(feeds)是指能提供饲养动物所需养分,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。

但可从广义上定义:可供饲用,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腔提供。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(如益生菌制剂,酸、碱缓冲剂等),作为信号物质调控有关生命活动(如葡萄糖、脂肪酸等调节动物的摄食活动,钙触发肌肉收缩活动,乳糖诱导乳糖酶基因表达,锌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,如风味剂能增强动物产品的风味),或有其他积极作用。

给饲料如此定义,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、饲料学科内容

系统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科学。饲料学是一门涉及种植业、养殖业、医药卫生、化工、加工业、机械设备、贸易等行业的综合性学科。

饲料学科主要内容为:饲料分类编码,各类饲料的营养化学特性、使用技术、饲用价值,饲料的生产、加工和保存技术,饲料生物技术,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,饲料资源的开发与利用技术等。

三、饲料学科理论对动物生产的指导作用

饲料学科理论对动物生产的指导作用很大,主要体现在如下几个方面。

(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。良种动物性能充分发挥的一个前提条件是其采食的饲粮营养全价有效性强。

(2) 动物采食养分不足或缺乏的饲粮时,生产性能下降,健康受损甚至死亡。动物各种营养缺乏症就是例证。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营养时,虽不表现临床症状,但新陈代谢受到不利的影响或不顺畅,因而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,产生“黄膘肉”;若用大麦、高粱、甘薯部分替代饲粮中的玉米,则猪体脂硬度增强。又如,在蛋鸡饲粮中使用较多的菜籽粕或蚕蛹粉,影响鸡蛋的风味。再如,给奶牛饲喂芜菁,会使牛乳出现异常的气味。

(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,因而医疗费用也减少。

四、饲料学科发展史略

(一) 饲料生产(开发)与应用的历史

1850 年——糖蜜开始在欧洲被用作饲料。

1855 年——尽管早就试图从棉籽中榨油,但至 1855 年前后棉籽饼才由 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 5.45~6.81kg,使牲畜中毒,直到 1900 年前后这种饼粉才勉强被接受作为饲料。

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被广泛生产,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。在试验证明了肉骨粉的饲用价值之后,这种蛋白质补充料被用于鸡和猪饲料的组分。

1898 年——废弃的糖蜜被承认是动物的优良饲料。早些时候,美国南方各州以“自由采食”方式用糖蜜饲喂家畜。美国 Cleveland 亚麻籽公司将糖蜜和亚麻籽饼等原料混合,做成产品,销售给奶牛场,首次将其用作商品饲料,并命名为“sucrene”。美国 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。美国向外国大量出口亚麻籽饼。

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

1900 年——骨粉于 1900 年以前已被用于饲喂家畜,并在 1904 年被用于配制家禽饲料。

1900 年——在 1900 年前,酒厂附近早就将白酒糟和啤酒糟作为湿(饲)料使用。当研究出其有效的干燥方法之后,酒糟产品才被接受并在市场上销售,尤其是被用作奶牛的饲料。

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饲用,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甜菜渣饲料。

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配制家禽饲料。

1910 年——在这一时期,鱼粉可能在美国西海岸开始被生产,直到 1915 年前后才被广泛销售。George Cavanaugh 教授于 1915 年在康乃尔大学用鱼粉作为饲料做家禽饲养试验。试验不久后, Philip R. Park 就将鱼粉作为家禽的饲料。

1915 年——Albers 兄弟在 1915 年前从东方进口了大豆饼。

1920 年——脱脂奶粉问世,该产品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——美国佛罗里达州开始用柑橘制作葡萄糖和柑橘罐头,发现柑橘渣是一种很好的饲料。1946 年后,冷冻浓缩橘汁大量涌入美国市场,柑橘渣的产量随之增加。

1943 年——尿素于 1939 年被开发作为反刍动物的合成蛋白质原料。由于战争期间缺乏动物性和植物性蛋白质饲料,所以对这种代用品的需求量较大。尿素于 1943 年首次被用于商业化饲料。

1952年——大豆粕总产量的1/2被用作鸡的饲料。1955—1956年由于给肉用仔鸡和蛋鸡配制高能量、低纤维日粮的,因而高蛋白-低纤维的大豆粕需求量大幅度上升。

1954年——在家禽日粮中开始添加动物脂肪。牛羊脂肪价格低廉,成为当时被应用的主要脂肪。脂肪可增加饲料能量,并能减少粉状饲料生产过程中的粉尘。其后,其他动物脂肪、植物油也得到了大量使用。

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

1958年——大豆壳(生产大豆粕的一种副产品)被加工成片状,成为一种新的大容积饲料原料,具有较高的消化率和吸收液体的能力,用作奶牛日粮的原料颇为理想。

1960年——木材糖蜜饲料首次由Masonite公司销售。它是生产压制木纤维板的一种副产品。

1960年——鸡粪被发现是一种有用的饲料,它在一些州正式被用作饲料,但未得到(美国)食品与药物管理局(FDA)的批准而进行州际间的运输流通。

1977年——液体蛋氨酸羧基类似物首次面市,为液体蛋氨酸产品的饲用开辟了道路。

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

进入21世纪,全球饲料年产量不断增加,如2013年全球商品饲料产量为9.63亿吨,预计2014年将突破10亿吨。据统计,2012年中国商品饲料产量约为1.94亿吨,2013年中国饲料商品产量约为1.89亿吨,连续几年居全球第一。

(二) 饲料营养价值评定的发展历史

饲料营养价值评定,是实现经济饲养动物的桥梁。饲料营养价值评定经历了近两个世纪,走过了一段漫长的道路。在这个过程中,学者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“干草等价(heuwert)”。将100lb(45.36kg)干草饲喂动物的效果作为衡量饲料营养价值的单位。

(2) 19世纪中叶,Grouven(1859)用农业化学分析法,用干物质作为衡量单位来概括蛋白质、脂类和糖类化合物的营养价值,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“干草等价”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的基础上,制定了“大麦饲料单位”作为评定饲料营养价值的单位。

(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的营养价值。

(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)在淀粉价理论和方法

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, 根据奶牛能量平衡的大量试验结果, 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. 一些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。

(2) 美国、加拿大等国在 1915 年后广泛使用总可消化养分 (TDN)。在 1959 年, 美国开始使用能量单位 (净能)。

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

(4) 我国 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 年研制了最低成本的奶牛饲料产品, 向长期沿用的许多饲养观念提出了挑战。宾夕法尼亚州立大学的 Robert F. Hutton 博士将线性规划方法应用到配合饲料工业, 做出了重要贡献。到 1975 年, 已有一些饲料公司进行这一技术改革的尝试, 主要的公司包括 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”为题发表了一系列文章。于是, 用线性规划方法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, 这些工厂生产规模巨大, 有能力承担所增加的费用。许多饲料公司拥有自己的电子计算机系统和训练有素的技术人员。

当今, 最低成本饲料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, 开始试用饲料概率配方技术和最大效益配方技术效益包括: 生物学效益、生态效益和经济效益。

五、饲料学科研究动态

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和功能性氨基酸 (如精氨酸、谷氨酰胺等) 生物学作用的研究。

(2) 在脂类物质方面, 主要是研究油脂在奶牛、蛋鸡、仔猪、母猪、鱼类等动物饲粮中应用的营养效应和预防代谢病的作用。另外大力研究多不饱和脂肪酸 (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或其前体的新作用, 如叶酸、生物素、 β -胡萝卜素等对动物生殖机能的作用, 又如维生素 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, 目前研究较多的是铬、锌等元素的生物学作用。例如, 有机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。锌可通过激活多种锌指蛋白转录因子在转录水平上直接调控基因表达。

(6) 抗生素等药物饲料添加剂在动物饲粮中应用所产生的问题越来越严重。为了解决这些问题, 绿色饲料添加剂正在被如火如荼地研究和开发应用。