

SPT 21世纪高等院校教材

农林类

饲料学

陈喜斌 主编



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材(农林类)

饲 料 学

陈喜斌 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书从饲料的概念和分类启篇,共分 14 章。介绍饲料的概念和分类,饲料化学,饲料的营养价值评定,青饲料、青贮饲料、粗饲料、干草饲料、能量饲料、蛋白质饲料、矿物质饲料、维生素饲料、饲料添加剂、配合饲料及其产品设计,畜禽鱼配合饲料产品设计的特点和配合饲料生产的质量管理,并附有常规饲料营养成分分析方法。

本书可作为高等农业院校动物科学专业及饲料加工专业的教材,同时也可作为广大饲料同行的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

饲料学/陈喜斌主编. —北京:科学出版社,2003.3

(21 世纪高等院校教材(农林类))

ISBN 7-03-010988-0

I. 饲… II. 陈… III. 饲料-高等学校-教材 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 104939 号

策划编辑:李锋 黄方

文案编辑:吴寅泰 吴伶伶/责任校对:栢连海

责任印制:刘士平/封面设计:槐寿明

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 3 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2003 年 3 月第一次印刷 印张: 20 1/4

印数: 1—3 000 字数: 388 000

定价: 25.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

《饲料学》编写人员名单

- 主 编 陈喜斌 (华中农业大学)
副主编 赵广永 (中国农业大学)
编 者 陈喜斌 (华中农业大学)
赵广永 (中国农业大学)
姚军虎 (西北农林科技大学)
叶均安 (浙江大学)
张艳云 (扬州大学)
贺建华 (湖南农业大学)
田科雄 (湖南农业大学)
操继跃 (华中农业大学)
梁运祥 (华中农业大学)
黄汉英 (华中农业大学)
王玉莲 (华中农业大学)
李洁珍 (华中农业大学)
潘林阳 (华中农业大学)
王 平 (西北农林科技大学)
段玉兰 (西北农林科技大学)
审 稿 冯仰廉 (中国农业大学)
马承融 (华中农业大学)

序

改革开放以来,我国畜产品一直保持较快的增长速度,2000年我国肉、蛋、奶的产量已分别达到6125万t、2243万t和919万t;人均肉类达到48.4kg、蛋类达到17.6kg,同时畜牧业现代化水平不断提高,这些是举世瞩目的巨大成就。畜牧业迅速发展的同时,饲料产业有了相应发展,饲料科学技术获得显著进步,2000年全国配合饲料总产量已达到5911.8万t,为畜牧业的持续发展奠定了基础。预计今后十年,主要畜产品生产能力将继续稳定提高,产品质量明显改善,加工比重大幅度上升,人均畜产品占有量和畜牧业占农业总产值的比重继续增加,因此对饲料生产、饲料加工、饲料饲养科学技术提出更高要求。

1949年以来,我国在饲料生产、饲料资源、饲料加工、饲料营养价值评定、畜禽营养需要、营养物质转化及调控、饲料添加剂、饲养技术、饲料卫生等方面做了大量的科学研究工作,取得了丰硕成果,为我国现代化畜牧业的持续发展提供了先进的科学技术。在高等和中等院校中增加了饲料学、动物营养学等课程设置,充实和改进了教学内容,有的院校还增设了这方面的专业,为培养高级专门人才提供了条件。

为了适应高级专门人才培养、科学研究、饲料生产对饲料科学的需要,由华中农业大学陈喜斌博士、中国农业大学赵广永博士等编著了《饲料学》。该书系统地总结了他们多年的教学经验和教学内容、国内外近代科技成就和应用基础,从饲料的化学、营养学、饲养加工学等方面阐明各类饲料的基础科学和应用。它既是一本质量较高的高等院校的教科书,也是畜牧专业工作者的重要参考著作。

冯仰廉

2002.6

目 录

序

第一章 饲料的概念与分类	1
第一节 饲料的概念.....	1
第二节 饲料的分类和命名.....	1
一、我国传统饲料原料的分类法	2
二、L.E.Harris 的饲料原料命名与分类法	2
三、商业加工饲料的种类	5
思考题.....	5
第二章 饲料化学	6
第一节 水分	6
一、水的作用	6
二、结合水与自由水	6
三、水分活性	6
第二节 碳水化合物.....	7
一、单糖	7
二、寡糖	9
三、多糖.....	11
第三节 脂类	13
一、脂类的定义	13
二、甘油酯和脂肪酸	14
三、类脂.....	18
四、蜡	19
五、甾类.....	19
六、萜类.....	20
第四节 蛋白质	20
一、真蛋白质的分类	21
二、蛋白质的化学反应	21
三、蛋白质的变性	22
四、加热引起蛋白质的变化	22
思考题	22

第三章 饲料营养价值评定	24
第一节 概述	24
一、饲料营养价值评定的发展历史	24
二、饲料营养价值评定的意义	25
三、饲料营养价值评定的理论依据与方法	25
第二节 根据饲料的营养成分评定饲料营养价值	25
一、分析样品的采集与制备	25
二、饲料养分的表示	25
三、根据饲料的概略养分含量评定饲料营养价值	26
四、根据饲料的纯养分含量评定饲料的营养价值	27
五、化学分析的必要性及局限性	31
第三节 饲料能量营养价值的评定	32
一、饲料总能评定	32
二、饲料的消化能评定	32
三、饲料的代谢能评定	34
四、饲料的净能评定	37
第四节 国内外几种能量体系的简介和评述	39
一、总消化养分体系	39
二、Kellner 学派的淀粉价体系	40
三、Nehring (奈凌格) 的净能饲料单位	42
四、美国加利福尼亚州净能饲料体系 (CNES)	44
五、美国 Flatt 的奶牛净能体系	46
六、中国肉牛综合净能体系	47
第五节 饲料蛋白质营养价值的评定	50
一、消化率	50
二、蛋白质的生物学价值	50
三、蛋白质的化学分	51
四、饲料可利用氨基酸	53
第六节 饲料营养物质可利用率评定方法	53
一、饲料营养物质消化率的评定	53
二、饲料氨基酸的可利用率的评定	57
三、物质代谢试验	61
思考题	64
第四章 青饲料	65
第一节 天然牧草	65

第二节 栽培牧草与青饲作物	65
一、几种主要的豆科牧草	65
二、几种重要的禾本科牧草	67
第三节 蔬菜类饲料	68
一、叶菜类	69
二、根茎和瓜类的茎叶	70
第四节 水生饲料	70
第五节 青饲料营养共性及饲用	71
一、青饲料的营养共性	71
二、青饲料的饲用	72
第六节 影响青饲料营养价值的因素	74
一、土壤与肥料因素	74
二、植物生长阶段	74
三、青饲料的种类	74
四、植物体不同部位的影响	75
第七节 青饲料的加工	75
思考题	77
第五章 青贮饲料	78
第一节 一般青贮过程中的生物和化学变化	78
一、青贮时各种微生物的作用	78
二、青贮发酵过程中微生物的演替	80
三、青贮过程中的生物化学变化	81
第二节 影响一般青贮饲料品质的因素	82
一、青贮原料的糖分含量	82
二、青贮原料的水分含量	82
三、厌氧条件	83
四、适宜温度	83
五、适当密度	83
第三节 青贮饲料的品质鉴定与营养价值	84
一、青贮饲料品质鉴定	84
二、青贮饲料的营养价值	85
第四节 特种青贮饲料	87
一、促进乳酸发酵类	87
二、抑制不良发酵类	87
三、改善青贮饲料的营养价值类	89

第五节 青贮饲料的使用技术	89
思考题	89
第六章 粗饲料和干草	90
第一节 干草	90
一、青饲料干制保存的原理	90
二、干草的调制方法	90
三、干制过程中的化学变化与损失	91
四、干草的营养价值	92
五、干草的贮藏	93
六、干草的品质鉴定	95
七、干草的饲用技术	96
第二节 糠秕饲料	97
一、秸秆	97
二、秕壳	98
第三节 粗饲料的加工	98
一、机械处理	98
二、化学处理	99
思考题	101
第七章 能量饲料	102
第一节 谷类籽实的生物学结构	102
第二节 常用能量饲料	103
一、谷物及其加工副产品	103
二、块根、块茎及瓜类饲料	105
第三节 能量饲料的贮藏	107
一、能量饲料贮藏过程中的生物化学变化	107
二、影响能量饲料贮藏的几个因素	107
三、能量饲料贮藏过程中的劣变	109
四、几种常见的贮藏技术	109
第四节 能量饲料的品质鉴定	109
思考题	110
第八章 蛋白质饲料	111
第一节 植物性蛋白质饲料	111
一、豆类籽实	111
二、饼粕类饲料	112
三、工业加工副产品——糟渣类饲料	114

第二节 动物性蛋白质饲料	116
一、畜禽加工副产品	116
二、水产品加工副产品	117
三、蚕业加工副产品	118
第三节 单细胞生物蛋白质饲料	119
一、单细胞生物蛋白质饲料的种类	119
二、单细胞生物蛋白质饲料的特点	120
第四节 非蛋白氮补充饲料	120
第五节 氨基酸补充饲料	122
一、蛋氨酸	123
二、赖氨酸	125
三、色氨酸	125
四、苏氨酸	126
五、甘氨酸和丙氨酸	126
思考题	126
第九章 矿物质饲料	127
第一节 常量矿物质补充饲料	127
一、钙补充饲料	127
二、磷补充饲料	129
三、食盐	130
四、镁的补充饲料	130
五、硫的补充饲料	130
第二节 微量元素补充饲料	130
一、铁补充饲料	131
二、铜补充饲料	132
三、锌补充饲料	133
四、锰补充饲料	133
五、碘补充饲料	134
六、钴补充饲料	135
七、硒补充饲料	136
第三节 微量元素补充物的质量要求	136
思考题	138
第十章 维生素饲料	139
第一节 脂溶性维生素饲料	140
一、维生素 A 和 β -胡萝卜素	140

二、维生素 D	142
三、维生素 E	142
四、维生素 K ₃	143
第二节 水溶性维生素饲料	143
一、硫胺素	143
二、核黄素	144
三、泛酸	144
四、烟酸	145
五、维生素 B ₆	145
六、生物素	146
七、维生素 B ₁₂	147
八、叶酸	147
九、胆碱	148
十、维生素 C	148
十一、肌醇	152
第三节 维生素饲料的合理应用	152
一、饲料中维生素添加量的确定	152
二、维生素饲料的选择	154
三、维生素饲料的配伍	154
四、维生素饲料的添加方法	155
五、维生素饲料产品的包装贮存	155
思考题	155
第十一章 饲料添加剂	156
第一节 概述	156
一、作为饲料添加剂的条件	156
二、饲料添加剂的分类	157
第二节 饲料保藏添加剂	157
一、抗氧化剂	157
二、防霉剂	159
第三节 调味剂	162
一、饲用调味剂的作用和种类	162
二、常用饲用调味剂及其在饲料中的应用	163
第四节 畜产品品质改良添加剂	165
一、着色剂在饲料中的应用	165
二、着色物质及其着色效果	165

三、常用饲料添加剂着色剂及其在饲料中的应用	167
第五节 饲料加工辅助剂	167
一、黏结剂	168
二、防结块剂	171
三、吸附剂	172
四、乳化剂	172
第六节 生长促进剂	173
一、抗菌促生长剂	173
二、酶制剂	173
三、活菌制剂	173
四、寡糖	178
五、酸化剂、缓冲剂及其他促生长饲料添加剂	179
第七节 饲用酶制剂	183
一、饲用酶制剂种类	183
二、饲用酶制剂的应用原理和功能	185
三、饲用酶制剂的生产方法	187
四、饲用复合酶制剂的种类	188
五、国内外酶类添加剂的应用效果	188
六、饲用酶制剂在应用时应注意的问题	190
七、饲用酶制剂的发展	191
第八节 驱虫与抗菌饲料药物添加剂	191
一、驱虫保健剂	193
二、抗菌促生长剂	206
三、饲料药物添加剂的配伍禁忌	223
思考题	224
第十二章 配合饲料及其产品设计	225
第一节 配合饲料的概念、组成和形态分类	225
一、概念	225
二、组成	225
三、形态分类	227
第二节 配合饲料产品设计	228
一、配合饲料产品设计的一般原则	228
二、配合饲料产品设计的一般方法	231
思考题	247

第十三章 畜禽鱼配合饲料产品设计的特点	248
第一节 猪配合饲料产品设计的特点	248
一、猪配合饲料设计的类型	248
二、各种类型猪的饲料配方设计的特点	249
第二节 鸡配合饲料产品设计的特点	252
一、肉仔鸡的日粮配方设计的特点	253
二、蛋鸡的日粮配方设计的特点	253
三、鸡日粮参考配方	254
第三节 牛配合饲料产品设计的特点	254
一、牛用精料补充料配方的一般设计方法	255
二、各种类型牛饲料配方设计的特点	256
第四节 水产类配合饲料产品设计的特点	258
一、水产类动物营养需要的特点	258
二、水产类动物饲料的加工特点	260
三、水产类动物饲料原料选择的特点	260
第五节 添加剂预混合饲料和浓缩饲料产品的设计	261
一、添加剂预混合饲料的配方设计	261
二、浓缩饲料	264
思考题	264
第十四章 配合饲料生产的质量管理	265
第一节 饲料厂的质量控制体系	265
一、建立一个专门的企业质量管理部门	265
二、质量管理部门的基础工作	266
第二节 质量管理的基本内容	267
一、饲料配方设计的质量管理	267
二、原料的质量管理	267
三、生产部门的质量管理	268
四、产品检验的管理	270
五、销售质量管理	271
六、信息反馈质量管理	271
思考题	271
附录 饲料常规营养成分分析	272
一、饲料中水分的测定	272
二、饲料中粗蛋白质的测定	273
三、饲料中粗脂肪的测定	277

四、饲料中粗纤维的测定	280
五、饲料中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的测定	282
六、饲料中粗灰分的测定	286
七、饲料中无氮浸出物的计算	288
八、饲料中钙的测定	288
九、饲料中总磷量的测定	293
十、饲料中水溶性氯化物的测定	295
十一、饲料中沙分的测定	297
十二、饲料燃烧热的测定	299
参考文献	304
中文索引	305

第一章 饲料的概念与分类

第一节 饲料的概念

通常所说的饲料是指自然界天然存在的、含有能够满足各种用途动物所需的营养成分的可食物质。

由于动物生产水平的不断提高，动物生产的工业化，动物生产性能得以不断提高，要充分发挥动物生产潜力，仅靠天然饲料所提供的养分是不够的，因而各种天然的或人工合成的纯营养物质被广泛用于饲料中。当前普遍使用的各种饲料添加剂就是一例。可见上述饲料的定义已不能包含它的实际内容。

中华人民共和国国家标准《饲料工业通用术语》对饲料的定义为：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食物质。

在这一定义中，它包括两个重点：一是含有营养物质；二是可食。在具体理解饲料的含义时，应该注意饲料一词有其数量和质量的内涵，并非任何物质只要它们含有某些营养素就可以被称为饲料，有些物质虽然含有某种营养素，但其量甚微，不一定适合当做饲料；有些物质也含有某种营养素，但同时也含有毒物，对动物有毒，也不能用做饲料。同时，饲料在具体应用时有其动物属性，某种物质对某些动物可用做饲料，但对另一些动物就不一定是饲料，如秸秆和鸡粪可用做反刍动物的饲料，但不能作为猪、鸡等单胃动物的饲料。

在英文中常用 feed 来表示饲料，在许多情况下，feed 含有单一饲料、日粮或饲料的意思。同时英文中 feedstuff 也表示饲料的意思，feedstuff 一词一般情况与 feed 是同义词，所不同的是 feedstuff 是指可配合在饲料中的有营养价值的所有的天然的或人工合成的物质和产品。通常，在日粮中配进一些非营养性的物质，用来增加动物产量、提高效率、提供一定的风味、增加颜色、提高适口性和保护饲料，这些物质称为添加剂，另外，还有一些营养性的人工合成物质，如维生素 A 乙酸酯，这些物质均应归于 feedstuff 而不能归入 feed。

第二节 饲料的分类和命名

由于饲料工业的飞速发展，饲料种类越来越多，对饲料的研究也就越来越细，相同名称的饲料其质量往往因来源不同而差别很大，因此，对饲料进行系统的、准确的分类和命名是饲料生产商品化后的必然要求，详细地、系统地、准确

地对各种饲料进行分类和命名有以下几点好处：

(1) 对详细地、准确地描述饲料提供方法，建立统一的命名，使饲料消费者和生产者准确了解对方所指的具体内容。

(2) 促进计算机在日粮配合中的应用。

(3) 建立国际统一的饲料分类表。

一、我国传统饲料原料的分类法

严格说来，我国没有建立统一的分类方法，所用的一些名称实质上是对饲料的初步归类。

(1) 按养殖者饲喂畜禽时的习惯分类。精饲料、粗饲料、多汁饲料三类。

(2) 按饲料来源分类。植物性饲料、动物性饲料、矿物质饲料、维生素饲料和添加剂五类。

(3) 按饲料中主要营养成分分类。能量饲料、蛋白质饲料、维生素饲料、矿物质饲料和添加剂五类。

(4) 按中国饲料分类法。青绿多汁饲料，树叶类饲料，青贮饲料，块根、块茎、瓜果类饲料，干草类饲料，藁秕类饲料，谷实类饲料，糠麸类饲料，豆类饲料，饼粕类饲料，糟渣类饲料，草籽、树实类饲料，动物性饲料，矿物质饲料，维生素饲料，饲料添加剂，油脂类饲料及其他。

上述分类法都是不全面和不严格的，有时会出现一种饲料不适合分入任何一类，或者一种饲料同时属于好几类，这样就容易混淆。至1963年，L. E. Harris综合了各种分类方案，提出了新的分类方法。

二、L. E. Harris 的饲料原料命名与分类法

1. 饲料命名

为使饲料的命名严格地反映出其基本属性和品质，新命名法规定一个饲料的名称应包括以下几项内容：

(1) 来源 (origin)。

(2) 种、品种、类别 (species、variety、kind)。

(3) 采食部分 (part eaten)。

(4) 加工和处理方法 (processes and treatment)。

(5) 成熟阶段 (stage of maturity)。

(6) 刈割茬次 (cutting of crop)。

(7) 等级、质量保证 (grade of quality designation)。

(8) 分类 (classification)。

表1-1所示为国际饲料命名法示例。

表 1-1 国际饲料命名法示例

饲料通用名 项 目	苜蓿干草	鱼 粉	大 麦
来源	草 地	鱼	大 麦
种	紫花苜蓿	智利鱼	普 通
饲用部分	地上部分	全 鱼	籽 实
加工处理方法	脱 水	脱 水	粉 碎
成熟阶段	早茬期		
茬次	第一茬		
等级	CP \geq 17%		
质量保证	CF \leq 27%	CP \geq 60%	
分类编码	105000	513000	407000

注：CP——粗蛋白质；CF——粗纤维。

由以上命名法可见，如果用文字表达十分繁琐，为便于应用计算机的需要，将名称数字化，这样所有的饲料命名都可用数字编号来表达。

2. 饲料的分类 (feed classification) 及其数字编码

新命名法规定每一种饲料编码 (名称) 由六位数字组成，第一位为该种饲料所属的类、第二、三位数为该种饲料所属亚类，后面三位数字为同种饲料根据不同饲用部分、加工处理方法、成熟阶段、茬次、等级和质量保证进行的编号。

在新的命名和分类法中，Harris 按照动物营养需要的几个主要方面和饲料的主要营养特性，把饲料分为八大类 (见表 1-2)。

表 1-2 饲料的类别及其归类条件

类 别	编 码	条 件
粗 饲 料	100000	粗纤维含量 \geq 18%
青绿饲料	200000	天然水分含量 60% 以上的青绿植物
青贮饲料	300000	天然水分含量 70% 以上或半干青贮水分含量在 45% 以上
能量饲料	400000	CF $<$ 18%，CP $<$ 20%，NE \geq 4.18MJ/kg
蛋白质饲料	500000	CF $<$ 18%，CP \geq 20%
矿物质饲料	600000	
维生素饲料	700000	
添加剂	800000	

注：NE——净能。