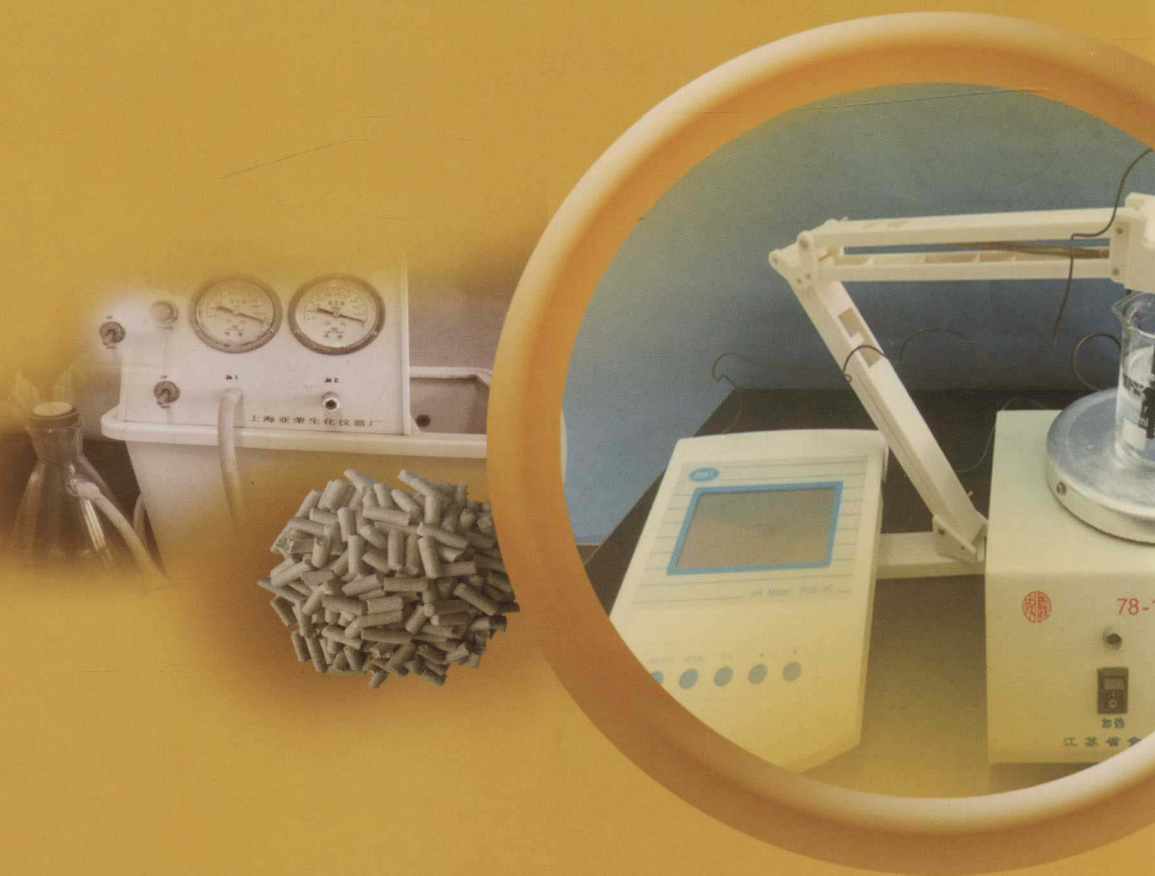


国家示范骨干高职院校重点建设专业系列教材

饲料配制与检测

Siliao Peizhi yu Jiance

范先超 陈继武 ● 主编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

国家示范骨干高职院校重点建设专业系列教材

饲料配制与检测

范先超 陈继武 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

为适应 21 世纪畜牧兽医行业的发展对高职高端技能型人才的需求,编者根据多年实践和教学工作经验,并结合国家骨干高职院校建设对人才培养的要求编写了本教材。

本教材共 5 个项目 20 个任务。项目一为畜禽营养与供给,主要介绍了畜禽营养基本理论及供应畜禽营养物质的主要饲料的营养特点与使用方法;项目二为饲料实验室检验,主要介绍了饲料常规营养成分、饲料卫生指标检测及饲料显微镜检查等方法与技能;项目三为配合饲料配方设计,主要介绍了配合饲料配方设计、浓缩饲料配方设计和预混合饲料配方设计等设计方法与技能,特别是充分运用电子计算机运算功能优化设计运算的方法与技能;项目四为配合饲料加工,主要介绍预混合饲料加工及浓缩饲料、配合饲料加工等技能;项目五为饲料质量管理与检测,主要介绍了配合饲料加工工艺和饲料质量管理的内容与措施,着重介绍了配合饲料加工质量指标检测的方法与技能。书后附有最新饲料营养成分表,猪、鸡、牛饲养标准等。

本教材可作为高等农业职业院校畜牧兽医专业教材,也可作为畜牧及饲料生产第一线技术人员从事相关技术工作的参考书和工具书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

饲料配制与检测/范先超,陈继武主编. —北京:中国农业大学出版社,2012. 12
ISBN 978-7-5655-0668-0

I. ①饲… II. ①范…②陈… III. ①饲料-配制②饲料-检测 IV. ①S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 011978 号

书 名 饲料配制与检测

作 者 范先超 陈继武 主编

策划编辑 康昊婷 伍 斌

责任编辑 姚慧敏

封面设计 郑 川

责任校对 王晓凤 陈 莹

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62818525,8625

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 19 印张 470 千字

定 价 33.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编写人员

主 编 范先超(黄冈职业技术学院)

陈继武(黄冈职业技术学院)

参 编 王小芬(黄冈职业技术学院)

王平江(武威东方希望动物营养有限公司)

石浪涛(黄冈职业技术学院)

任 雷(山东菏泽环山饲料有限公司)

余亮彬(黄冈职业技术学院)

夏小林(武汉傲农生物科技有限公司)

秦春娥(黄冈职业技术学院)

程思亮(黄冈职业技术学院)

程喜荣(黄冈职业技术学院)

戴益刚(黄冈职业技术学院)

前 言

为适应 21 世纪畜牧兽医行业的发展对高职高端技能型人才的需求,编者根据多年从事实践和教学工作经验,并结合国家骨干高职院校建设对人才培养的要求编写了本教材。

随着我国经济、科技和社会的发展,一方面促进了畜牧业发展;另一方面对畜牧业生产也提出了更高的要求:一是畜牧业生产向标准化、专业化、规模化、集约化发展;二是食品安全问题引导出对饲料安全问题日益重视。这些对畜牧业职业人才培养提出了更高要求,要求畜牧业职业人员不仅要有高超指导畜牧生产理论基础和技能,还要具有强烈绿色意识、环保意识、安全意识。本教材在传统教材基础上,加重了饲料安全控制与检测内容。

随着信息技术发展,计算机运用得到普及,提高了人们的工作效率。通过运用计算机运算功能,优化饲料配方设计计算过程,使配方设计者从繁重的计算过程中解放出来,集中精力研究营养理论应用和统筹饲料资源,不仅能提高配方设计效率,还能提高配方设计水平和质量。本教材在传统教材基础上,增加了运用通用办公软件(Microsoft Office Excel)辅助设计饲料配方的内容。

我国高等职业教育经历了规模扩张到内涵发展过程,现代高等职业教育思想和理念日趋成熟,依据职业岗位任职要求,引入行业企业技术标准,开发课程,优化教学内容,既是课程开发的要求,也是教材编写的依据。本教材吸取了现代高等职业教育思想和理念,把目标确定在培养学生具备应职岗位所必需的动物营养、配合饲料配制、饲料质量检测的基础知识和基本技能等,达到初步具备独立开展岗位工作、解决实际问题的高端技能型人才。本教材是高等职业院校畜牧兽医专业的一门必修专业课程,是各类动物生产必不可少的基础知识和技能。

本教材分为畜禽营养与供给、饲料实验室检验、配合饲料配方设计、配合饲料加工、饲料质量管理与检测五个项目和附录的最新饲料营养成分表,猪、鸡、牛饲养标准等组成。编写人员中既有长期从事高职教育的教师,也有长期工作在生产一线的专家和技术员,编者在编写前对编写大纲进行了详细的讨论,明确了编写内容;编写过程中,注意吸取相关高职教材的长处,注重教材内容的整合,注重理论联系实践,突出内容的实用性、可操作性和应用性。

限于编者水平有限和时间仓促,又有许多内容仍处于探索阶段,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 12 月

目 录

项目一 畜禽营养与供给	1
任务一 畜禽营养与营养物质	1
◆相关知识	1
一、饲料中营养物质组成及饲料分类	1
二、畜禽营养	5
三、畜禽营养需要及转化规律	7
◆相关技能	12
常用饲料的分类	12
任务二 能量营养与供给	12
◆相关知识	13
第一部分 能量营养与能量来源	13
一、能量对畜禽的营养作用	13
二、能量水平对动物与生产性能的影响	13
三、能量在动物体内的转化	14
四、畜禽能量的来源	17
第二部分 供能饲料	24
一、能量饲料	24
二、其他供能饲料	29
◆相关技能	30
常用能量饲料现场验收	30
一、目的要求	30
二、实训条件	30
三、方法步骤	30
四、考核评定	31
任务三 蛋白质、氨基酸、小肽营养与供给	31
◆相关知识	31
第一部分 蛋白质、氨基酸、小肽营养及其来源	31
一、蛋白质、氨基酸、肽的营养生理功能	32
二、蛋白质缺乏症与过量的危害	34
三、单胃动物蛋白质营养特点及其应用	35
四、反刍动物蛋白质营养特点及其应用	38

第二部分 蛋白质、氨基酸、小肽的供给	40
一、蛋白质饲料	40
二、氨基酸饲料添加剂	47
三、小肽添加剂	47
四、其他供应	47
◆相关技能	48
技能训练一 畜禽蛋白质缺乏症的识别与分析	48
技能训练二 常用蛋白质饲料现场验收	49
技能训练三 编排饲料限制性氨基酸顺序	50
任务四 矿物质营养与供给	50
◆相关知识	51
一、钙、磷营养与供给	51
二、钾、钠、氯营养与供给	54
三、镁的营养与供给	55
四、硫的营养与供给	56
五、铁的营养与供给	57
六、铜的营养与供给	58
七、锌的营养与供给	59
八、锰的营养与供给	60
九、碘的营养与供给	61
十、硒的营养与供给	62
十一、钴的营养与供给	63
十二、矿物元素间的协同与拮抗	64
◆相关技能	64
矿物质元素缺乏症的识别与分析	64
任务五 维生素营养与供给	65
◆相关知识	66
一、维生素的分类与需要特点	66
二、脂溶性维生素的营养与供应	67
三、水溶性维生素的营养与供应	71
◆相关技能	76
维生素缺乏症的识别与分析	76
任务六 水的营养与供给	77
◆相关知识	78
一、水的营养生理功能	78
二、动物体缺水的危害	78
三、动物体内水的来源与排泄	79

四、动物需水量及影响因素	79
五、动物体水的供应	80
任务七 青、粗饲料使用与调制	81
◆相关知识	81
一、粗饲料	81
二、青饲料	83
三、青贮饲料	86
◆相关技能	88
技能训练一 青干草的制作与品质鉴定	88
技能训练二 秸秆的氨化处理	90
技能训练三 青贮饲料的调制及品质鉴定	91
项目二 饲料实验室检验	95
任务一 饲料原料样本的采集与制备	95
◆相关知识	95
◆相关技能	96
饲料样品的采集与制备	96
任务二 饲料常规养分含量测定	101
◆相关技能	101
技能训练一 饲料中水分和其他挥发性物质含量的测定(GB/T 6435—2006)	101
技能训练二 饲料中粗蛋白含量测定(GB/T 6432—1994)	104
技能训练三 饲料中粗脂肪含量测定(GB/T 6433—2006)	107
技能训练四 饲料中粗纤维含量测定(过滤法 GB/T 6434—2006)	111
技能训练五 饲料中粗灰分含量测定(GB/T 6438—2007)	115
技能训练六 饲料中钙含量测定(GB/T 6436—2002)	118
技能训练七 饲料中总磷含量测定(分光光度计 GB/T 6437—2002)	121
技能训练八 饲料中水溶性氯化物含量测定(GB/T 6439—2007)	124
技能训练九 饲料中水分、粗蛋白质、粗纤维、粗脂肪、赖氨酸、蛋氨酸快速测定 (近红外光谱法 GB/T 18868—2002)	126
任务三 饲料卫生指标检测	131
◆相关知识	131
一、影响饲料卫生的因素	131
二、加强饲料卫生管理的措施	132
三、饲料卫生标准的指标	133
◆相关技能	133
技能训练一 饲料用大豆制品中尿素酶活性的测定(GB/T 8622—2006)	133
技能训练二 饲料中黄曲霉毒素 B ₁ 的测定(薄层色谱法 GB/T 8381—2008)	135
技能训练三 饲料中黄曲霉毒素 B ₁ 测定(酶联免疫吸附法 GB/T 17480—2008)	143

技能训练四	饲料中游离棉酚的测定方法(GB 13086—1991)	147
技能训练五	饲料中氰化物的测定方法(GB/T 13084—2006)	149
技能训练六	饲料中亚硝酸盐的测定(比色法 GB/T 13085—2005)	153
技能训练七	饲料中细菌总数的测定(GB/T 13093—2006)	155
技能训练八	饲料中霉菌总数的测定(GB/T 13092—2006)	160
任务四	饲料显微镜检查(GB/T 14698—2002)	163
◆相关知识		163
◆相关技能		163
	饲料显微镜检查(GB/T 14698—2002)	163
项目三	配合饲料配方设计	168
任务一	配合饲料特点及饲养标准的应用	168
◆相关知识		168
一、配合饲料概念与分类		168
二、畜禽配合饲料配方特点及原料选择		170
三、配合饲料配方的设计原则		174
四、配合饲料配方设计的基本依据		175
◆相关技能		179
	确定奶牛总营养需要量	179
任务二	配合饲料配方设计	180
◆相关知识		180
一、配合饲料配方设计的基本原理		180
二、配合饲料配方设计的基本步骤		180
三、配合饲料配方设计计算方法		181
◆相关技能		182
技能训练一	以浓缩料、能量饲料为原料设计单胃畜禽配合饲料配方	182
技能训练二	以预混合饲料为原料设计单胃畜禽配合饲料配方	186
技能训练三	设计奶牛精料补充料配方	199
任务三	浓缩饲料配方设计	203
◆相关知识		203
一、浓缩饲料的概念		203
二、浓缩饲料的分类		203
三、浓缩饲料的特点		203
四、浓缩饲料配制的原则		204
五、发展浓缩饲料的意义		204
◆相关技能		204
技能训练一	设计单胃畜禽浓缩饲料的配方	204
技能训练二	设计反刍动物浓缩饲料配方	207

任务四 预混合饲料配方设计	208
◆相关知识	208
一、添加剂预混合饲料的概念	208
二、添加剂预混合饲料的分类	208
三、预混合饲料中活性成分需要量与添加量确定的原则	209
四、预混料非活性成分的选择与加工	211
◆相关技能	212
技能训练 设计单胃畜禽添加剂预混合饲料的配方	212
项目四 配合饲料加工	218
任务一 预混合饲料加工	218
◆相关知识	218
一、预混合饲料加工工艺	218
二、预混料的加工要求	218
三、预混料原料的粒度要求	219
四、预混料原料选择	219
五、影响预混合饲料混合均匀度的因素及改进措施	220
六、油脂添加	220
◆相关技能	221
技能训练一 混合机混合均匀度的测定(GB/T 5918—2008)	221
技能训练二 配合饲料最佳混合时间的确定	222
任务二 浓缩饲料、配合饲料加工	224
◆相关知识	224
一、浓缩饲料加工工艺	224
二、配合饲料(全价配合饲料)加工工艺	225
三、配合饲料加工的注意事项	225
◆相关技能	228
技能训练 考察配合饲料加工厂	228
项目五 饲料质量管理与检测	230
任务一 配合饲料质量管理	230
◆相关知识	230
一、配合饲料质量管理的意义	230
二、配合饲料质量的内容	230
三、配合饲料质量管理的过程	231
四、质量管理措施	232
五、配合饲料的质量管理标准	233
任务二 配合饲料质量检测	234
◆相关知识	235
一、饲料质量检测的基本内容	235

二、饲料质量检测的基本方法·····	235
三、饲料质量检测的必要条件·····	236
◆相关技能·····	236
技能训练一 配合饲料粉碎粒度测定(两层筛筛分法 GB/T 5917.1—2008)·····	236
技能训练二 配合饲料混合均匀度测定(GB/T 5918—2008)·····	238
技能训练三 颗粒饲料硬度测定·····	241
任务三 饲养试验与饲养效果评价·····	242
◆相关知识·····	242
一、饲养试验的目的·····	242
二、动物饲养试验的特点·····	242
三、试验设计的基本原则·····	243
四、饲养试验的步骤与内容·····	243
五、饲养试验设计的方法·····	244
六、试验结果分析及饲养效果评价·····	246
◆相关技能·····	248
设计饲养试验方案·····	248
附录·····	249
参考文献·····	291

项目一 畜禽营养与供给

任务一 畜禽营养与营养物质

◆知识目标

1. 掌握营养、营养物质、营养需要的概念；
2. 掌握饲料的概念及分类方法；
3. 初步掌握畜禽对营养物质利用的特点。

◆能力目标

1. 能根据饲料中营养物质含量,对饲料进行分类；
2. 能运用营养物质在动物体内转化基本规律指导畜牧业生产。

◆相关知识

一、饲料中营养物质组成及饲料分类

(一) 饲料中营养物质组成

饲料是动物生产的物质基础,一切能被动物采食、消化、利用且对动物无毒害作用的物质,均可作为动物的饲料;能全面供给动物营养,并按一定比例配制而成的混合饲料称为饲粮;而供给动物一昼夜营养所需的各种饲料总量称作日粮。动物的饲料,除少数来自于动物、矿物质及人工合成外,绝大多数来源于植物。

凡能被动物用以维持生命、生产产品,具有类似化学成分性质的物质,称为营养物质或营养素,简称养分。

营养物质是由单一化学元素或若干化学元素相互结合而成的,在已知的 100 余种化学元素中,动植物体内含有 60 余种。按它们在动植物体内含量的多少分为两大类:含量大于或等于 0.01% 的称为常量元素,如碳、氢、氧、氮、钙、磷、钾、钠、氯、镁和硫等;含量小于 0.01% 的称为微量元素,如铁、铜、钴、锰、锌、硒、碘、钼、铬和氟等。其中,碳、氢、氧、氮 4 种元素,所占比例最大,在植物体中约占干重的 95%,在动物体中约占干重的 91%。动物植物体中的元素,绝大部分不是以游离状态单独存在,而是互相结合为复杂的无机化合物或有机化合物。采取概略养分分析法,并结合近代分析技术测定的结果,将饲料营养物质分为水分、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪、碳水化合物和维生素 6 种(图 1-1)。

由于饲料中活性物质含量很少,在常规饲料分析中,常将饲料中营养物质概括为水分、粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪、碳水化合物(粗纤维和无氮浸出物)5 大成分。

(1)水分 饲料中水分含量直接影响饲料的营养价值和贮存。水分含量越高,干物质越少,饲料的营养价值就越低,且易发霉变质,不利于饲料的运输和保存,但水分高的饲料适口性

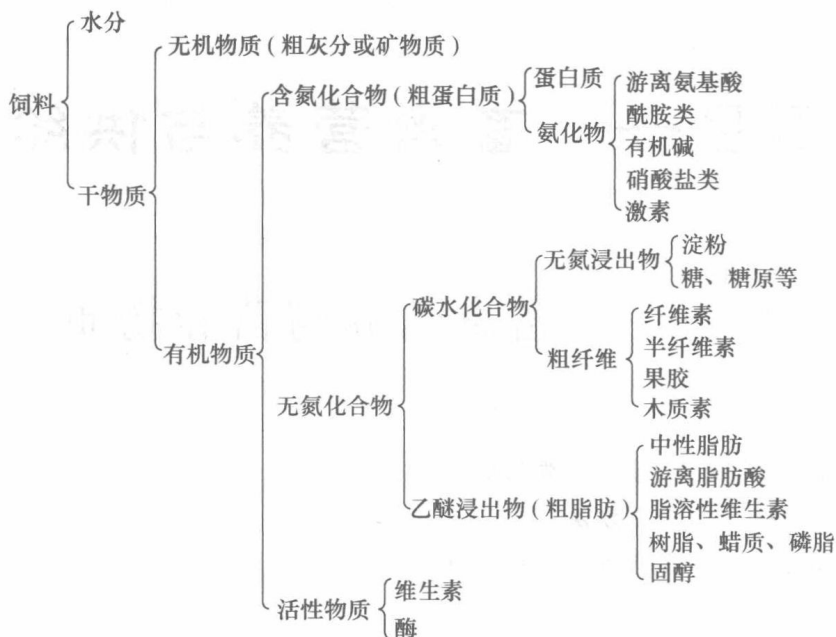


图 1-1 概略养分与饲料的营养成分

好,易消化。国家饲料标准要求,在南方配合饲料及原料中水分不得超过 12.5%,北方不得超过 14%。

(2)粗灰分 饲料样品在 550~600℃ 高温炉中灼烧,所有有机物全部完全燃烧氧化后剩余的残渣即为粗灰分。主要为矿物质或盐类,有时还含有少量泥沙,不能表明饲料的营养价值,对有机饲料而言,粗灰分过高其营养价值下降。

(3)粗蛋白质 饲料中一切含氮物质的总称,包括真蛋白和非蛋白含氮物。饲料中粗蛋白含量平均为 16%,常规分析测定粗蛋白质是先测出氮的量,再除以 16%(即乘以 6.25)计算出粗蛋白质的含量。一般来说,饲料中粗蛋白质越高,饲料营养价值也越高,但对猪和家禽,饲料中氨基酸尤其是有效氨基酸含量更能衡量饲料的营养价值。

(4)粗脂肪 饲料中脂溶性物质的总称,包括真脂肪和类脂肪。粗脂肪的常规分析测定是用无水乙醚(石油醚)浸提,所以粗脂肪又称乙醚浸出物。一般来说,饲料中粗脂肪越高,饲料的能量含量越高,但脂肪含量高的饲料不易贮存。

(5)碳水化合物 动物的主要能量来源。按照饲料常规分析及营养作用,碳水化合物分为粗纤维和无氮浸出物。粗纤维是植物细胞壁的主要成分,饲料中粗纤维含量越高,饲料的消化率越低,其营养价值越低,动物性饲料中一般不含粗纤维。无氮浸出物是饲料中可溶性碳水化合物的总称,主要由易被动物消化利用的淀粉、糖等组成,饲料中无氮浸出物含量越高,其营养价值越高。动物性饲料中碳水化合物极低。

动物通过摄取这些养分来维持生命,满足生长、繁殖、产肉、产蛋或产奶等生产和劳役的需要,提高对疾病的抵抗能力,保障机体的健康,并调控畜产品品质。营养物质是动物根本需要,饲料是营养物质的载体。

(二) 饲料分类

1. 国际分类法

饲料的种类很多,分布甚广,各种饲料的营养特点和利用价值也各异。1963 年由美国

L. E. Harris 提出的国际饲料分类原则和编码体系,已被多数国家承认并接受。该法将收集的 6 152 种饲料,根据饲料的营养特性将饲料分为 8 大类(表 1-1)。

表 1-1 国际饲料分类依据原则

%

饲料类别	饲料编码	划分饲料类别依据		
		水分(自然含水量)	粗纤维(占干物质)	粗蛋白质(占干物质)
粗饲料	1-00-000	<45	≥18	—
青绿饲料	2-00-000	≥45	—	—
青贮饲料	3-00-000	≥45	—	—
能量饲料	4-00-000	<45	<18	<20
蛋白质饲料	5-00-000	<45	<18	≥20
矿物质饲料	6-00-000	—	—	—
维生素饲料	7-00-000	—	—	—
饲料添加剂	8-00-000	—	—	—

2. 中国现行饲料分类法

我国 20 世纪 80 年代初,根据国际饲料分类原则与我国传统分类体系相结合,提出了我国的饲料分类和编码体系(表 1-2)。1987 年开始建立中国饲料数据库,将中华人民共和国建立以来积累的有关饲料各种成分分析和营养价值资料进行整理、核对和筛选,并输入数据库。

表 1-2 中国饲料分类编码

%

饲料类别	饲料编码	划分饲料类别依据		
		水分(自然含水量)	粗纤维(占干物质)	粗蛋白质(占干物质)
一、青绿饲料	2-01-0000	≥45.0	—	—
二、树叶				
1. 鲜树叶	2-02-0000	≥45.0	—	—
2. 风干树叶	1-02-0000	—	≥18	—
三、青贮饲料				
1. 常规青贮饲料	3-03-0000	65~75	—	—
2. 半干青贮饲料	3-03-0000	45~55	—	—
3. 谷实青贮饲料	4-03-0000	28~35	<18	<20
四、块根、块茎、瓜果				
1. 含天然水分的块根、块茎、瓜果	2-04-0000	≥45	—	—
2. 脱水块根、块茎、瓜果	4-04-0000	—	<18	<20

饲料类别	饲料编码	划分饲料类别依据		
		水分(自然含水量)	粗纤维(占干物质)	粗蛋白质(占干物质)
五、干草				
1. 第一类干草	1-05-0000	<15	≥18	—
2. 第二类干草	4-05-0000	<15	<18	<20
3. 第三类干草	5-05-0000	<15	<18	≥20
六、农副产品				
1. 第一类农副产品	1-06-0000	—	≥18	—
2. 第二类农副产品	4-06-0000	—	<18	<20
3. 第三类农副产品	5-06-0000	—	<18	≥20
七、谷实	4-07-0000	—	<18	<20
八、糠麸				
1. 第一类糠麸	4-08-0000	—	<18	<20
2. 第二类糠麸	1-08-0000	—	≥18	—
九、豆类				
1. 第一类豆类	5-09-0000	—	<18	≥20
2. 第二类豆类	4-09-0000	—	<18	<20
十、饼粕				
1. 第一类饼粕	5-10-0000	—	<18	≥20
2. 第二类饼粕	1-10-0000	—	≥18	—
3. 第三类饼粕	4-10-0000	—	<18	<20
十一、糟渣				
1. 第一类糟渣	1-11-0000	—	≥18	—
2. 第二类糟渣	4-11-0000	—	<18	<20
3. 第三类糟渣	5-11-0000	—	<18	≥20
十二、草籽、树实				
1. 第一类草籽、树实	1-12-0000	—	≥18	—
2. 第二类草籽、树实	4-12-0000	—	<18	<20
3. 第三类草籽、树实	5-12-0000	—	<18	≥20
十三、动物性饲料				
1. 第一类动物性饲料	5-13-0000	—	—	≥20
2. 第二类动物性饲料	4-13-0000	—	—	<20
3. 第三类动物性饲料	6-13-0000	—	—	<20
十四、矿物质饲料	6-14-0000	—	—	—
十五、维生素饲料	7-15-0000	—	—	—
十六、饲料添加剂	8-16-0000	—	—	—
十七、油脂类饲料及其他	4-17-0000	—	—	—

3. 饲料编码说明

国际饲料编码,对每类饲料予以6位数的编码,分3节表示为△-△△-△△△。首位数代表饲料归属的类别,第2位、第3位数为该种饲料所属亚类,后面3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。

中国饲料分类法将饲料分成8大类、17亚类、37小类,对每类饲料冠以相应的中国饲料编码,共7位数,首位为国际饲料编码,第2、3位为中国饲料编码亚类编号,代表饲料的来源、形态、生产加工方法等属性,第4~7位代表饲料的个体编码。例如,吉双4号玉米的分类编码是4-07-6302,表明是第4大类能量饲料,07则表示属谷实类,6302则是该玉米籽实的个体编号。

二、畜禽营养

畜禽营养是指动物消化、吸收和营养物质的利用率,以维持生命、生产产品整个过程。

(一)消化

饲料中的营养物质,除水、矿物质、维生素和部分小肽能被机体直接吸收利用外,碳水化合物、蛋白质、脂肪等大分子有机物,不能直接吸收,必须在消化道内经过物理的、化学的和微生物的消化,分解成简单的小分子物质,才能被机体吸收利用。饲料在消化道内这种分解过程称为消化。

1. 消化方式

动物对饲料的消化方式归纳起来,主要有3种:物理性消化、化学性消化和微生物消化。

(1)物理性消化 主要是指饲料在动物口腔内的咀嚼和消化道管壁的肌肉运动把饲料压扁、撕碎、磨烂的过程,利于在消化道内形成多水的食糜,从而增加饲料的表面积,易于与消化液充分混合,并把食糜从消化道的一个部位运送到另一个部位。

尽管物理性消化是化学性及微生物消化之前奏,食物只是颗粒变小,没有化学性变化,其消化产物也不能被吸收,但是咀嚼时间的长短及消化器官的肌肉运动强弱受饲料粒度的影响,而消化液分泌又与咀嚼和肌肉运动有关,所以,生产上对动物饲料粒度都有适当要求,以保证饲料有合理的物理性消化强度。

(2)化学性消化 酶的消化是高等动物的主要消化方式,是指饲料中不能被吸收的大分子营养物质在消化酶的作用下分解成能被吸收的小分子营养物质的过程。酶消化具有很强的特异性,受动物消化道内酶的种类、数量影响,合理开发、利用外源性酶,将有利于促进饲料营养物质的消化利用。

(3)微生物消化 主要是动物消化道内微生物对饲料的发酵过程,其消化酶来源于微生物而非动物本身,其中含有许多是动物消化道内所不能分泌的酶。微生物消化过程实际上包括两个方面,即分解和合成。分解是指饲料大分子营养物质在微生物酶的作用下被分解为小分子营养物质,其中包括许多动物本身无法消化的大分子营养物质,如纤维素、半纤维素等。合成是指微生物能将一些小分子物质合成可被动物消化、利用的营养物质,其中还会产生一些饲料中原本不存在的营养物质,如利用氨态氮合成菌体蛋白,产生B族维生素等。同时,微生物消化也存在着不足,如将能被动物本身消化的优质蛋白降解,发酵过程中产生一些气体和热量排出体外,造成优质蛋白源和能量的损失等。

动物的物理性、化学性和微生物消化过程,并不是彼此孤立的,而是相互联系共同作用的,

只是在消化道某一部位和某一消化阶段,某种消化过程才居于主导地位。

2. 动物的消化力与饲料的消化性

动物消化饲料中营养物质的能力称为动物的消化力,同一动物对不同饲料具有不同的消化能力;饲料被动物消化的性质或程度称为饲料的消化性,同一饲料对不同动物具有不同的消化特性。饲料的消化性和动物的消化力是营养物质消化过程中不可分割的两个方面。消化率是衡量这两个方面的统一指标。消化率是指饲料中可消化营养物质占食入营养物质的百分率。

$$\text{消化率} = \frac{\text{可消化营养物质}}{\text{食入营养物质}} \times 100\% = \frac{\text{食入营养物质} - \text{粪中排出物质}}{\text{食入营养物质}} \times 100\%$$

粪中排出的物质,并非完全是饲料中未消化吸收的营养物质,还有消化道脱落细胞及分泌物、肠道微生物及其产物,故此消化率又称为表观消化率。

$$\text{真消化率} = \frac{\text{食入营养物质} - (\text{粪中排出物质} - \text{粪中代谢产物})}{\text{食入营养物质}} \times 100\%$$

表观消化率比真消化率低,而真消化率测定比较复杂困难,一般常用的是表观消化率。饲料的消化率可通过消化试验测得。

(二) 吸收

消化后的营养物质和可被动物直接吸收的营养物质通过消化道黏膜上皮细胞进入血液或淋巴循环的过程称为吸收。

1. 吸收的部位

消化道的部位不同,吸收程度也不同。各种动物口腔和食道均不吸收营养物质;单胃动物的胃可以吸收少量水分和无机盐;成年反刍动物的前胃(瘤胃、网胃和瓣胃)能吸收大量的挥发性脂肪酸,约75%的前胃微生物消化产物在前胃中吸收;小肠是各种动物吸收营养物质的主要场所,其吸收面积最大,吸收的营养物质也最多;肉食动物的大肠对有机物的吸收作用有限,而在草食动物和猪的盲肠及结肠中,还存在较强烈的微生物消化,其消化产物也能被强烈地吸收。

2. 吸收方式

(1) 胞饮吸收 此方式吸收的物质,可以是分子形式,也可以是团块或聚集物。初生哺乳动物对初乳中免疫球蛋白的吸收即胞饮吸收,这对初生动物获取抗体具有十分重要的意义。

(2) 被动吸收 一些低分子的营养物质经动物消化道上皮的滤过、扩散和渗透等作用,不需要消耗机体能量,即被吸收,如简单的多肽、各种离子、电解质、水及水溶性维生素和某些糖类等。

(3) 主动吸收 主要靠消化道上皮细胞的代谢活动,需要有细胞膜上载体的协助,消耗能量的吸收过程,是高等动物吸收营养物质的主要途径,绝大多数有机物的吸收依靠主动吸收完成。

(三) 营养物质的利用率

吸收后的营养物质,被利用于两个方面:一是形成动物体成分(体蛋白、体脂肪及少量糖