



普通高等教育“十二五”规划教材
黑龙江省卓越农林人才培养项目资助出版

特种经济动物饲料学

王忠艳 编



 科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

特种经济动物饲料学

王忠艳 编 东北林业大学

(黑龙江省卓越农林人才培养项目资助出版)

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了饲料行业从形成到发展的整个历程及其展望、饲料学基础知识、国际及我国饲料原料分类体系,粗饲料、青饲料、青贮饲料、能量饲料、蛋白质饲料、矿物质饲料、维生素饲料及饲料添加剂这八大类饲料原料的营养特点、组成、对动物的饲喂价值、合理使用方法及品质控制,配合饲料的基本概念、动物的不同营养需要、饲料配方设计、配合饲料产品质量调控及饲料安全,饲料中抗营养因子分类、抗营养作用机制及其灭活方法,饲料原料的初加工技术和饲料对动物产品品质的影响等内容。

本书适合于高等院校饲料加工、动物科学、特种经济动物饲养、野生动物保护与利用等专业的本、专科学生及研究生使用,也可作为相关领域的科研、生产及行政管理人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

特种经济动物饲料学/王忠艳编. —北京:科学出版社,2015

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-045242-9

I. ①特… II. ①王… III. ①经济动物-饲料-高等学校-教材

IV. ①S865.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 170209 号

责任编辑:丛楠 韩书云 / 责任校对:桂伟利

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:铭轩堂

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>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年8月第一版 开本:787×1092 1/16

2015年8月第一次印刷 印张:18

字数:446 000

定价:40.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

饲料或食物是生物个体得以生存和发展的物质基础。食物链是把自然界中动物、植物及微生物联系起来的纽带,不同生物于食物链的不同部位繁衍生息,与其他生物及环境共同构成了纷繁绚烂的生物圈。各种生物在生物圈内和平共处、和谐发展的基础是丰富的食物。而一旦食物出现匮乏、食物链发生断裂,各种生物之间和谐的氛围将被打乱。“民以食为天”这句名言适用于所有生物。可见,饲料不仅是动物发挥生产性能的物质基础,也是其种族繁衍生息的物质保证,更是人类食物丰富度及食物质量的基础。

我国饲料行业经历了快速发展阶段,通过并购重组,现已进入平稳发展时期。饲料行业经过了这些年的积淀,其抗击风险的能力不断提高,安全评价、检验检测和监督执法三位一体的饲料安全保障体系基本建立;饲料资源开发与利用水平明显提升,特别是节能减排、低氮低磷等环保型饲料资源开发与利用逐渐展开,饲料添加剂的使用更加规范。尽管如此,饲料行业仍然面临着挑战,随着饲料原料价格不断上涨,鱼粉等蛋白质饲料对进口的依赖越来越强,饲料粮供需矛盾加大,由饲料引发的食品安全问题不断出现;得益于现代育种的高产特种经济动物品种,其抗逆性能越来越差,而同时疾病越来越复杂、难控。因此养殖业面临着新的挑战,同样,与其紧密相关的饲料业也面临着严峻的考验。

目前,我们的主要任务一方面是攻破动物产品的贸易壁垒,打破当前美国对我国虾类产品的反倾销制裁、欧洲对我国禽肉出口限制等,因此,应进一步加强饲料品质监控、规范饲料添加剂使用、积极开展绿色环保型饲料的研发与推广;另一方面,我国特种经济动物还是以散养为主,集约化程度低,这限制了商品饲料的使用。因此,应从特种经济动物生产抓起。我国自改革开放以来,特种经济动物生产进入了快速发展时期,不论是养殖种类的增加还是参与到本行业人员数量的增加都是空前的。从环境资源角度来说,充分利用当地自然资源及环境条件发展一些特色养殖,可充分利用现有的圈舍、闲散人员创造经济价值。并且,通过人工饲养特种经济动物不但可以满足人们追求野味、饮食时尚的需要,更是保护野生动物、保护生态环境行之有效的途径。

多年来,我国在特种经济动物生产及饲料科研方面进行了较多的基础研究,很多研究成果接近发达国家水平,但是产业化水平还比较落后,因此,把一些研究的先进成果应用到生产领域,同时提高行业人才培养速度、提高从业人员总体素质是非常必要的。所以,作者在本书撰写过程中,力争内容可全面反映本学科、本行业的理论知识和技术内容,拓宽行业视野,展示本行业最新研究成果及未来发展动态。另外,虽然特种经济动物种类繁多,食性各异,采食特点也不尽相同,但是它们对各种营养素的需要是一样的,即蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质及维生素,这是其生存、繁殖和生产动物产品的物质基础,所不同的只是承载这些营养素的饲料形态不同,这是本书写作的基础,也是全面掌握特种经济动物饲料学的着眼点。

首先感谢科学出版社对我的认可,使我能够把这样的知识展示给读者,也希望广大读者能够喜欢本书。同时也非常感谢我所引用、参考的大量科学研究论文的作者,虽然不能够一一列出其名字,但是他们的辛勤劳动和无私奉献,才使得这本书具有丰富的内涵和扩展的外延。同时也更真诚地希望本书能不负读者宝贵的时间,读后能有所裨益,这将是我最的心愿。我

一直认为能够把人类经过艰苦卓绝的努力而得到的宝贵知识、经验乃至教训介绍给后来者,是一件非常有意义的事情,更是加快人类社会前进的有效途径之一。这是善事,既可善人也可善其心智,是正能量,能够从事这样的工作是我的荣幸。在此非常感谢本书编辑出版人员的真诚奉献和无私的付出!

最后,鉴于编者水平,书中难免有疏漏、偏颇及欠妥之处,敬请广大读者及同仁提出批评和修改意见,以便再版时加以修正。

王忠艳

2015年6月于哈尔滨

目 录

前言	
第一章 概述	1
第一节 饲料工业发展历史、现状及展望	1
第二节 饲料学基础知识	5
第三节 饲料原料分类	16
主要参考文献	20
第二章 粗饲料	21
第一节 粗饲料营养	21
第二节 干草和草粉	24
第三节 秸秆类饲料	39
第四节 秕壳、藤蔓类饲料	44
第五节 干树叶类	45
第六节 糟渣类饲料	48
第七节 粗饲料加工	49
主要参考文献	53
第三章 青饲料	54
第一节 青饲料概述	54
第二节 青饲料的栽培	57
第三节 影响青饲料营养价值的因素	59
第四节 禾本科牧草	61
第五节 豆科牧草	64
第六节 其他科牧草	67
第七节 青饲作物	70
第八节 果蔬类饲料	74
第九节 水生饲料	77
第十节 鲜树叶饲料	82
第十一节 青饲料的使用	85
主要参考文献	89
第四章 青贮饲料	90
第一节 概述	90
第二节 青贮饲料调制技术	95
第三节 半干青贮	97
第四节 草捆青贮	99
第五节 添加剂青贮	101
第六节 合理使用青贮饲料	105

主要参考文献·····	109
第五章 能量饲料 ·····	111
第一节 禾本科植物的籽实类饲料·····	111
第二节 谷物加工副产品类饲料·····	125
第三节 淀粉质根茎瓜类饲料·····	130
第四节 液体能量饲料·····	131
第五节 能量饲料的开发利用·····	135
主要参考文献·····	137
第六章 蛋白质饲料 ·····	138
第一节 豆科植物籽实类饲料·····	138
第二节 饼、粕类饲料·····	141
第三节 动物性蛋白质饲料·····	150
第四节 单细胞蛋白质饲料·····	156
第五节 工业合成氨基酸类饲料·····	157
第六节 非蛋白质含氮化合物·····	159
第七节 小肽类饲料·····	163
第八节 蛋白质饲料开发与利用·····	165
主要参考文献·····	169
第七章 矿物质饲料 ·····	171
第一节 植物性饲料中矿物质元素含量·····	171
第二节 常量矿物质饲料·····	173
第三节 微量矿物质饲料·····	175
第四节 饲料中重金属的问题·····	179
第五节 天然矿物质饲料资源·····	181
主要参考文献·····	186
第八章 维生素饲料 ·····	187
第一节 维生素饲料概述·····	187
第二节 脂溶性维生素·····	189
第三节 水溶性维生素饲料·····	191
第四节 类维生素·····	194
主要参考文献·····	195
第九章 饲料添加剂 ·····	196
第一节 饲料添加剂概述·····	196
第二节 饲料品质调节剂·····	197
第三节 其他类饲料添加剂·····	208
主要参考文献·····	221
第十章 配合饲料 ·····	223
第一节 基本概念·····	223
第二节 动物的不同营养需要量·····	226
第三节 饲料配方设计·····	229

第四节 配合饲料产品质量调控·····	234
第五节 饲料安全·····	237
主要参考文献·····	240
第十一章 饲料中的抗营养因子·····	241
第一节 抗营养因子分类·····	241
第二节 饲料中常见的抗营养因子及其作用机制·····	243
第三节 抗营养因子的灭活·····	245
主要参考文献·····	247
第十二章 饲料原料的初加工技术·····	248
第一节 饲料原料的干燥·····	248
第二节 饲料原料的膨化·····	249
第三节 饲料原料的发酵·····	253
主要参考文献·····	257
第十三章 饲料与动物产品品质·····	258
第一节 影响禽蛋质量的饲料·····	258
第二节 影响肉质的饲料·····	267
第三节 影响奶质的饲料·····	274
主要参考文献·····	278

第一章 概述

饲料是各种营养素的载体,是动物生存、生长、繁殖及生产动物产品的物质基础。从营养角度来讲,任何动物都需要蛋白质、碳水化合物及脂肪这三大营养物质(营养素),以及各种维生素和微量元素等营养物质。按饲料属性来说,不同食性的动物所需要的饲料是不同的。例如,食草动物是以采食青、粗饲料为主,以精料为辅;食肉动物则是以动物性蛋白质饲料为主;而杂食动物食性广,可采食大多数常规和非常规饲料。

但同时,人们也应该知道,食草动物也需要脂肪及蛋白质等营养素;而肉食性动物也需要青、粗饲料中的粗纤维和各种维生素。另外,人们喂给动物的配合饲料属于饲料,在野生状态下,动物自主采食的食物也属于饲料。

特种经济动物是指具有较大经济价值且不同程度被人工驯化,能进行人工养殖的各种野生动物。国家允许饲养的特种经济动物种类较多,如狐狸、貉、水貂、獭兔、野猪及各种野禽类等。

第一节 饲料工业发展历史、现状及展望

饲料及饲料工业是以动物营养为基础、以动物养殖业为服务对象,从事饲料研究及商品饲料生产的工业行业。饲料工业从无到有,走过了 200 多年的发展历程。

一、饲料工业发展历史

就世界范围来说,现代饲料业的发展可追溯到 1810 年德国的饲料常规分析,该分析系统可以使人们对饲料中的粗蛋白质、粗纤维、氮、灰分和水分含量数字化,并可把这样的营养分析数据引用到饲料配方中,这是饲料生产中的里程碑。首次饲喂粉碎谷物的记录是 1813 年于美国佛蒙特州,首次使用混合饲料的报道是 1870 年于美国的马萨诸塞州。而饲料工业起点应为 1875 年 John Barwell 在 Illinois 建立的全球第一家饲料厂。最初的饲料厂选址多为面粉加工厂附近,如堪萨斯、芝加哥、明尼阿波勒斯和布法罗一带。其他的营养成分加入面粉副产品中即当时的饲料产品。此后,饲料配方更加复杂,饲料生产企业越来越向养殖场靠近。20 世纪 50 年代首次引入膨化宠物食品。60 年代末,饲料企业开始扩张规模。然而,一些育肥场和养殖场选择建立自己的饲料厂,以降低饲料成本。预混料的发展开始于 70 年代。这使得越来越多的饲料生产企业选址更加靠近养殖场。1975 年开始采用电脑化饲料生产,这更加推动了饲料厂分散的趋势。饲料制粒是 80 年代出现的。40 年代合成维生素首次问世。50 年代开始使用抗生素。70 年代开始首次使用抗球虫药。70 年代后期开始使用液体蛋氨酸,80 年代其他合成氨基酸相继问世。

近 30 年来开发了许多饲料添加剂。例如,活性酵母培养物首次在奶牛日粮中使用是 20 世纪 80 年代早期。饲料酶制剂用于单胃动物饲料始于 1987 年,1990 年起植酸酶在饲料业普遍使用。美国于 1992 年开始在全球推广使用甘露聚糖饲料添加剂产品。至此,饲料工业已经走过了 200 多年的历史。在这漫长的 200 年,随着动物营养学、饲料添加剂学、饲料机械、分析

检测等相关科学和技术的发展,饲料工业有了长足的进展。

中国饲料起步于 20 世纪 70 年代中期,虽然中国的饲料工业起步晚,但就是在这短短的几十年时间里,走过了发达国家上百年才走完的历程,完成了从手工作坊式生产到世界第二大饲料生产国的跃进。期间经历了 3 个主要阶段。

第一个阶段是 20 世纪 70 年代中期到 80 年代,属起步期。从自给自足的饲料加工车间到以 1976 年 4 月北京市粮食局用国产设备自行设计和安装的中国第一家大型饲料加工厂即北京南苑饲料厂为标志的中国饲料工业开端。这一发展阶段具有两个特点:一是当时的饲料市场完全是卖方市场,由于当时饲养业的崛起,对饲料具有无限的需求空间。到 1979 年年底建成并投产的年单班产量在 2000t 以上的饲料厂仅 40 多家,年产配(混)合饲料不足 40 万 t。特别是从 1980 年开始,随着机械化养鸡高潮的掀起,有限的饲料生产能力越来越满足不了日益高涨的饲料的需求。二是当时的饲料生产企业都是政府或政府机关的下属企业,因为当时还是计划经济,粮食和饲料都属统购统销。养殖业由主要集中在城郊向广大的农村渗透。

第二个阶段是 20 世纪 80 年代中期到 20 世纪后期,属成长期。随着市场经济的到来及饲养业的迅速发展,饲料工业进入了快速成长阶段,到 1991 年,中国的工业饲料产品已达 3583 万 t,其中配(混)合饲料 3490 万 t,浓缩饲料和添加剂等产品从无到有,产量分别达到 59 万 t 和 30 万 t。但是也不可否认,由于当时科学、技术的落后,产品总量中有 25% 为营养不全价的混合饲料产品。但进入 90 年代后,各类产品产量逐年增加,饲料工业继续快速向前发展。这期间饲料工业有 3 个主要特点:一是饲料市场逐渐由卖方市场向买方市场转变,饲料产品由短缺走向过剩,特别是进入 20 世纪后期,饲料工业曾处于徘徊不前的局面,原因之一是养殖业产品出现结构性过剩。二是饲料工业走向以私营企业为主的多种所有制形式并存的局面。三是饲料市场处于无序状态,国有、集体、私营、外资等所有制形式的饲料企业都在争夺国内市场,这也是饲料工业处于徘徊不前的另一个原因。但同时也有一批如希望饲料集团、通威集团有限公司等民营企业脱颖而出。

第三个阶段是 21 世纪以后,属调整期。这个时期是我国饲料工业逐步走向成熟的必然经历,其主要特点为:市场竞争由数量型向质量型转变;由分散型向集约型转变;由专业化生产到产业链整合转变。期间饲料总产量增长态势放缓,但产品中科技含量逐步增加,从业人员素质进一步提高。产品质量安全监管体系逐步完善,产品质量进一步提高。同时,由于企业数量过多和生产过剩,导致一些小型饲料企业被淘汰、收购或兼并,而大型集团化企业得到稳步发展,一些大型饲料企业积极发展产业链上下游,如建立饲料原料生产基地、畜禽养殖基地与畜禽屠宰加工厂等。

二、饲料工业现状

全球饲料业的销售额超过 1000 亿美元,饲料是玉米、谷物和大豆的主要使用形式之一。配合饲料形式多样化,不仅有全价配合饲料,还有浓缩料、补充料及预混合料等,而饲料产品形式除粉料外,还有颗粒状及碎粒状。同时从业人员越来越专业化,饲料加工技术越来越先进,生产企业越来越产业化。纵观全球饲料业的产业化进程,这一趋势还将延续发展下去,即饲料企业数量更少、企业规模更大。欧洲就是一个很好的例子。更多的国家加入欧盟,使欧盟的饲料业发生了巨大的变化。饲料厂规模从平均年产万吨发展到今天的平均年产 5 万 t,而饲料厂的数量从 1 万家减少到今天的 2000 家。美国饲料企业的发展也复制了欧洲的趋势,饲料厂数量减少、规模扩大。

(一) 国内饲料工业现状

首先,我国饲料工业经过几十年的发展,工业总产量实现连年增长,从1992年以来,产量已连续17年稳居世界第二位,成为全球饲料工业大国。多年来,饲料工业在市场化程度、增长率、投资回报率等方面均表现稳定,产业成长、经营稳健,因此即使是在全球金融危机时受到的影响也较少。到2010年,我国饲料总产量连续8年过亿吨,成为世界第一大饲料生产国。但是到2013年,我国饲料工业总产量急剧下滑,较2012年同比下降1.8%。因此,应该看到我国饲料行业生产能力出现了相对过剩,饲料企业之间的竞争非常激烈。随着更多实力较强的大型国际饲料企业进入中国,市场竞争更趋白热化;而国内大型的养殖企业与肉食品加工企业纷纷向产业链两端进行延伸,更加恶化了国内饲料企业的经营环境,这些因素共同导致国内很多饲料企业存在开工不足与产能闲置问题。一批行业领先企业通过兼并、收购与联盟等多种形式进行重组,逐步走上集团化与规模化道路。随着这种饲料企业集团化与规模化发展,饲料企业的数量明显降低,饲料工业的集中度显著提高。在2007年,我国饲料企业数量为1.5万家,到2013年缩减到不足万家,使饲料行业进入整合期。这样产业集中度不断提高,1991年我国饲料产量前10个省份的总产量占全国的比重为55%,到2013年这个数量达到66%,产量超过千万吨的省份达到8个。

其次,随着养殖规模化和大宗原料价格的不断变化,饲料产品结构也在发生改变,近十年的主要变化趋势是配合饲料比例提高、浓缩饲料呈现下降趋势;猪饲料比例不断加大,改变了禽类饲料占较大比例的格局,水产饲料、特种动物饲料及宠物饲料产品日益丰富、产量不断提高。饲料产品结构的完善不仅满足了养殖业结构调整的需求,也推动了养殖业迅速发展。

再次,我国饲料工业发展区域差别明显。2012年与2005年相比,东部10省增长83%,中部6省增长76%,西部11省增长92%,东北3省增长70%。可见,增长速度最快的是西部地区,这也归功于国家层面的政策倾斜。

另外,产品科技含量稳步提高,因此而产生的经济效益是十分显著的。例如,肉鸡配合饲料转化率由“八五”期间的2.5:1提高到1.8:1,这可使肉鸡提早出栏18d;育肥猪饲料转化率由3.3:1提高到3.0:1,缩短出栏时间达40d。

饲料行业管理全面规范化也是一大特点,目前我国已初步形成了一套较为完善的饲料行政法规体系。该体系以《饲料和饲料添加剂管理条例》为核心,以相关管理规定和规范性文件为辅助,以地方性管理规定为补充,明确了生产、经营单位的主体责任与生产、经营饲料、相关产品及配套设施的标准和模式。在行业标准方面,到2013年年底,国家共制定和修订标准520项,其中包括如《饲料卫生标准》、《饲料标签标准》等基础性标准。自2011年10月26日国务院第177次常务会议再次通过了《饲料和饲料添加剂管理条例》,农业部先后出台了《饲料和饲料添加剂生产许可管理办法》、《饲料添加剂和添加剂预混合饲料产品批准文号管理办法》等6项相关管理办法,制定和颁布了《饲料原料目录》、《饲料生产企业许可条件》和《混合型饲料添加剂生产企业许可条件》。随着《饲料质量安全管理规范》的颁布和实施,饲料行业的法律法规更加完善,我国饲料行业管理体系将迎来重大调整和变革。

饲料工业由快速发展进入整合期,这是发展之必然。饲料行业作为国民经济发展支柱产业之一,其发展速度是与国内生产总值(GDP)相一致的。例如,2002~2012年我国GDP年平均增长率为15.8%,而饲料总产量年平均增长率为8.9%,这是正常现象。并且饲料行业已经进入由畜牧带动饲料行业发展的时期,大环境决定着消费行为。国民消费结构的多元化也是

一个因素。同时,饲料原料资源制约因素更不容忽视。2012年以来,中国大豆对外依赖度再度提高,而鱼粉一直依赖进口。由于产量规模、土地资源的因素,玉米的宽松应是相对、阶段性的,随着饲料产量的增长,饲料原料的需求刚性,原料资源紧缺更为突出。

(二) 我国饲料工业在全球饲料工业布局中的地位

2010年,我国工业饲料产量达到1.62亿t,首次超过美国而成为全球第一大饲料生产国,其中禽类饲料首次超过猪饲料成为第一大品种。中国、美国、欧盟、巴西合计饲料产量约占全球产量的64%;在产品结构中,家禽饲料成为全球最大的饲料品种。以欧盟及美国为代表的发达国家,饲料产量维持平稳态势,以中国、巴西、印度为代表的发展中国家,饲料产量保持着较快增长趋势。同时中国饲料添加剂产业发生了质的变化,主要品种产量快速增长,主流产品基本实现国产化,由进口国转为出口国,为饲料工业的发展起到了积极的推动作用。到2013年年底,中国已有饲料添加剂生产企业1377家,且生产规范化程度越来越高。虽然2013年受养殖业景气度下行、畜产品行情低迷及部分添加剂品种产能过剩等因素影响,全球饲料添加剂产量有所下降。但是中国饲料添加剂总产量保持增长,同比增长4.0%,主要品种中氨基酸、酶制剂、防腐防霉剂、微生物产量同比增长,而维生素、矿物元素及其络合物、抗氧化剂产量同比下降。从近5年来看,中国饲料添加剂产量快速增长,国际竞争力持续增强,已实现全部氨基酸类、维生素类饲料添加剂国产化,其中赖氨酸和维生素类饲料添加剂主导国际市场。

综上所述,我国饲料业经过多年来的调整与发展,已进入了相对稳定的调整阶段,已开始由产量及企业数量的增长向以扩大企业规模、调整企业发展模式、产品结构和质量安全为主的转变。在横向方面,饲料行业内部管理更加规范、企业扩张重组步伐更加稳健而深入;在纵向方面,行业管理触角将进一步延伸,全程式质量控制管理制度将得到有效推广和落实,企业现代化管理模式及产业链延伸速度会更快、更贴近实际。我国饲料行业将进入大转型、大竞争、大淘汰的格局,企业整合式发展速度加快,有实力、有品牌的企业规模进一步扩大,整个行业已进入高成本、微利化、规模化发展阶段,企业抗风险能力明显增强。

三、饲料工业展望

首先,全球饲料业的产业化进程将延续发展下去,因此饲料企业数量还会减少,企业规模将更大。例如,当今更多国家加入欧盟,使欧盟的饲料业发生了巨大的变化。饲料厂规模从平均年产万吨发展到今天的平均年产5万t,而饲料厂的数量从1万家减少到今天的2000家。美国饲料企业的发展也复制了欧洲的趋势,饲料厂数量减少,规模扩大。而中国饲料业的发展也呈现了欧洲和美国的趋势,甚至中国饲料业整合和并购的速度更快,存活的饲料企业不断发展壮大,年产50万t以上的饲料企业目前有30多家,饲料产量占中国饲料总产量的42%。

其次,饲料企业的选址越来越趋向于尽可能地靠近养殖场,尤其是饲料用量大的客户。全球无论是发达国家还是发展中国家的饲料业均呈此发展趋势。在美国和欧洲,饲料厂家给客户运送饲料的距离取决于饲料的价格和利润空间,通常饲料从厂家到最终客户的平均运送距离不超过34km。较长运送距离的通常是宠物饲料产品、水产饲料、马饲料及用于幼龄动物的专业饲料,因为这些饲料产品的价格较高,每吨饲料的利润空间相对较大。在发展中国家,如中国,饲料的运送距离通常在56~104km,价值较高的饲料产品的运送距离可远至130~200km。

再次,全球饲料业正向现代化、机械化的方向发展,即使是在劳力成本相对较低的国家。

主要是因为生物安全 and 质量可追溯性正成为饲料业越来越重要的议题,从而加速推动了机械化的进程。

另外一个发展趋势是,饲料成本的大幅上升促使所有的饲料企业越来越关注如何提高饲料转换效率。因为廉价的饲料原料将会越来越短缺,生产技术的改进将为人们提供新型的饲料原料,这无疑将转变人们配制饲料的方式,这不仅包括单胃动物饲料的配制,也包括反刍动物饲料的配制。

而在全球环保方面,关注消费者的饲料企业将更加注重减少温室气体的排放、更加推进转化效率高而环保的饲料产品。随着人们对动物养殖业对环境的影响及养殖生产的可持续发展的关注,将促使饲料和养殖业积极采用改革创新技术,以减少现代农业生产对环境的影响。

在饲料安全方面,按照中国政府《全国畜牧业发展第 12 个 5 年规划(2011—2015 年)》的要求,饲料产品质量合格率必须达到 95% 以上,违禁添加物检出率控制在 0.1% 以下,生鲜乳收购站 100% 实现持证收购和标准化管理,生鲜乳质量安全保障机制更加健全,全面实现了生鲜乳加工的安全保障体系。但是随着消费者对自己所吃的食品有更多的选择,他们也越来越关心动物所吃的饲料,并对饲料企业进行问责。因此,饲料安全问题也将继续成为人们的关注点。

作者相信,未来的饲料业将进一步加大利用信息技术的力度,不断增强养殖场、饲料企业及加工企业之间的信息联系,使得信息由食品链的一端顺畅地流向另一端。为了使饲料的现有资源与需求相匹配,需要尽可能地提高动物养殖的生产效率,减少废物排放。

第二节 饲料学基础知识

正确而全面地理解饲料的概念、组成、营养特点及影响因素是学习动物饲料的基础。

一、饲料的概念

中国国家标准《饲料工业通用术语》对饲料的定义是: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。

根据这一概念知道,饲料是一切可被动物采食的物质,包括营养物质也包括非营养物质,如饲料添加剂中赋予饲料一定的颜色、风味及物理属性的组分。如果人们为了治疗动物某种疾病而添加到饲料中的药物,因为这样的药物种类是针对某种疾病、且用量为治疗剂量,所以它们不属于饲料,相反如果仍然是药物甚至是同类药物,加到饲料中的目的不是治病而是以预防为主、且以预防剂量添加的,这类药物则属于饲料添加剂的一种,它属于饲料范畴。饲料不只包括人们加工后饲喂给动物的食物,对于特种经济动物或野生动物来说,特别是驯化程度不高的野生动物如虎、豹等,它们在野外所采食到的一切食物也属于饲料。对任何动物来说,蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质、维生素等各种营养素都是必需的,但动物不能单纯摄入这些营养素,而只能摄入承载这些营养素的载体——饲料,即饲料是养分的存在形式,养分是饲料的本质,并且饲料种类应与动物消化系统特点相关。承载不同营养素的不同种类饲料对不同的特种经济动物来说,具有不同的营养意义。例如,具有粗纤维较多的粗饲料是食草动物必不可少的饲料类别,但是对于单胃动物来说就不具有营养意义。饲料是供动物采食的、是动物生产的物质基础之一,是动物存在和发展的物质基础,动物生产是国民经济的重要组成部分,养殖业在国民经济总收入中所占的比例很大,而且处于不断增加的地位。尽管养殖业经营者有

动物育种工作者提供的各种优良品种和杂交后代,有兽医卫生工作者设计的免疫防病和良好的卫生条件,但为了获得动物产品所要消耗的饲料,从养殖经营成本上看,它仍然占有较大的比例,一般情况下要占到 60%~70%,可见饲料的地位是何等重要!

二、饲料的组成

饲料的组成包括饲料的元素组成和化学组成两部分内容。

(一) 饲料的元素组成

饲料是养殖业的物质基础,也是满足动物生长、发育及生产动物产品的物质基础。所有动物产品都是由饲料中的营养物质转化而来的。因此为获得高品质的动物产品,就必须以高质量的饲料作保证。由于饲料本身只是各种营养物质的载体,而动物真正需要的是饲料中的营养物质,因此营养物质全价与否是饲料品质的最重要的决定因素。

饲料中含有很多的营养物质,就其化学元素来说,在化学元素周期表中除放射性元素外,有 60 多种元素都可以在饲料中找到,它们共同构成了饲料的各种营养及非营养成分。这些元素有些是单独存在的,有些是以同其他元素化合或螯合等形式存在的,它们是组成饲料成分的物质基础。所以说,饲料中含有极为丰富的元素种类。另外,饲料中所含有各种元素量也不尽相同。例如,含有人们称为常量元素的诸如 C、H、O、N、S、P、Mg 等,也含有人们称为微量元素的如 Fe、Cu、Zn、Mn 等及极微量元素如 I、Co、Se 等。

(二) 饲料的化学组成

就饲料中所含有的化学成分来说,动物性饲料与植物性饲料有所不同。多数动物性饲料中含有较多的蛋白质,而植物性饲料中含有较多的碳水化合物。如果按绝干基础计算,总体来说,动物性饲料大约含有蛋白质 40%、脂肪 50%、矿物质 10%,碳水化合物(糖类)的含量不到 1%。而植物性饲料中的谷物籽实含碳水化合物 70%~80%、蛋白质 10%~14%,脂肪含量一般较低。由于全价配合饲料中大部分组成成分为植物性饲料原料,因此碳水化合物在全价配合饲料营养中占有非常重要的地位。

1. 碳水化合物(carbohydrate) 是一类含有碳、氢和氧的化合物。而其规范称谓是:多羟基醛或多羟基酮及其缩聚物和某些衍生物的总称。这类营养物质主要存在于植物性饲料中,特别是禾本科植物成熟的种子即人们常说的谷籽中,其含量在 40%~80%。其组成中多数由己糖即 6 碳糖所构成,也含有 5 碳糖,而 4 碳、3 碳和 2 碳的化合物则很少。碳水化合物是动物能量的主要来源。但是由于动物食性的不同,其消化碳水化合物的能力也不同,在特种经济动物中如各种野禽类对其消化较好,可直接利用,是其饲料中能量的主要来源;但是对于肉食性动物如水貂、犬类来说,由于其消化系统中淀粉酶活性不高,因此对其消化率较低。而碳水化合物又是较廉价的能量来源,因此在生产这类动物饲料时需要把谷实类饲料熟化后再利用,如制粒、膨化、蒸煮等。

在碳水化合物这个大家族中,人们常根据其分子质量的大小将其成员分为 3 类,分别叙述如下。

(1) 单糖(monosaccharide) 单糖是构成碳水化合物的基本单位,其共同的化学分子式为 $C_6H_{12}O_6$ 。单糖分子中除含有醇基外,还有醛基和酮基,因此在结构上有链状结构也有环状结构,而存在于饲料中的单糖则以环状结构为主。它们是植物利用空气中的水和二氧化碳在

叶绿素中通过光合作用生成的。而在动物体内则进行着与植物体内逆向的反应,即单糖氧化分解生成水和二氧化碳而供能。在自然界中,只有较少数的植物,如甘蔗和甜菜等植物中的碳水化合物以单糖形式存在。根据单糖分子中碳原子的多少,可分为己糖、戊糖等。

1) 己糖:己糖是六碳糖,其分子式为 $C_6H_{12}O_6$,主要包括葡萄糖、果糖、半乳糖及甘露糖等,己糖为植物性饲料中碳水化合物的主要组成成分。而且己糖作为动物体内的代谢物质在营养上起着重要的作用。

葡萄糖(glucose):自然界中存在的天然葡萄糖为D型,即人们常说的右旋葡萄糖。葡萄糖有 α -葡萄糖和 β -葡萄糖两种异构体。葡萄糖除在植物性饲料内以游离状态存在外,大多数是其他碳水化合物的组成成分。葡萄糖的甜味较低,仅为蔗糖的3/4。D-葡萄糖常以游离状态存在于水果中。人与动物血液中的血糖主要是葡萄糖。葡萄糖在人与动物消化道中不需要发生任何变化而被直接吸收和利用。

果糖(fructose):自然界中存在的天然果糖为D型,它常同葡萄糖、蔗糖等共同存在于成熟的果实和蜂蜜中,果糖常存在于各种水果中,果糖在所有糖中是最甜的,且易于发酵。果糖也可被动物肠道直接吸收。

半乳糖(galactose):半乳糖有D型和L型两种,自然界中没有游离型存在。半乳糖常存在于动物性饲料中,它属于醛糖类,在自然界中常与葡萄糖结合在一起构成乳中的乳糖,并作为胞苷酯类的成分存在于动物性饲料中。在动物肠道中,半乳糖可被直接吸收和利用。

甘露糖(mannose):甘露糖为右旋糖类。它常作为多糖类的甘露糖成分存在,非常广泛地分布于植物性饲料中。

2) 戊糖:戊糖是五碳糖,其分子式为 $C_5H_{10}O_5$ 。在自然界中,戊糖单独存在的情况较少,它多以戊聚糖状态存在,戊聚糖水解则生成戊糖。例如,干草、秸秆中所含有的木聚糖就是戊聚糖的一种,它可水解生成木糖。戊糖不能被动物直接吸收和利用,只有在动物的胃肠道内被微生物发酵成低级脂肪酸后才能被动物吸收和利用。常见的戊糖有核糖(ribose)、木糖(xylose)和阿拉伯糖(arabinose)等。

(2) 寡糖(oligosaccharide) 寡糖也称低聚糖,是由2~10个糖单位所组成的,包括二糖、三糖、四糖等。寡糖中的糖苷键有 α 和 β 两种,并且糖苷键的位置也不相同,因此寡糖的种类较多,到目前为止,已知的寡糖有500多种,在此仅简单介绍与饲料比较相关的寡糖类。

1) 二糖:二糖也称双糖,是由2个单糖分子去掉1个水分子缩合而成的,其分子式为 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。在动物饲料中常见的双糖如下。

蔗糖(sucrose):蔗糖是由1个葡萄糖分子和1个果糖分子缩合而成的,蔗糖水解后可以生成葡萄糖和果糖。在动物肠道内蔗糖不能被直接吸收,必须在酶的作用下分解为葡萄糖和果糖后才可被吸收。蔗糖主要存在于甘蔗、甜菜和成熟的果实中。由于蔗糖有甜味,在配合饲料工业中常用来作为甜味剂,用以提高动物的食欲。

麦芽糖(maltose):麦芽糖大量存在于发芽的种子、植物的叶中,尤其在麦芽中含量较高,因此称为麦芽糖。淀粉和糖原在淀粉酶的作用下可分解为麦芽糖,麦芽糖在动物肠道中被麦芽糖酶分解可生成2分子葡萄糖而被吸收。麦芽糖的甜度仅为蔗糖的1/4。

乳糖(lactose):乳糖仅存在于哺乳动物的乳中,故称为乳糖,也是乳中具有甜味的主要物质。而植物性饲料中不存在乳糖。乳糖是由1分子的半乳糖和1分子的葡萄糖以 β -1,4-半乳糖苷键缩合而成的。在动物肠道中,乳糖也是被 β -半乳糖苷酶分解为半乳糖和葡萄糖后被吸收的。乳糖的甜度只有蔗糖的70%。

2) 三糖:最常见的三糖为棉子糖(raffinose),它是由半乳糖、葡萄糖和果糖以 β 化学键所组成的,在多数植物中都含有,特别是棉籽中含量高达8%,在大豆中含量约0.5%,常被称为蜜三糖、蜜里三糖。棉子糖的甜度为蔗糖的22%~23%。由于人与动物肠道中没有能够打开 β 化学键的酶,因此棉子糖可顺利地通过动物胃肠道而不被分解也不被吸收。动物采食它不具有营养意义,但具有非营养意义,因为棉子糖在人和动物大肠中可被肠道中的双歧杆菌、乳酸杆菌等有益菌利用,改善大肠环境,提高消化系统的整体功能。

3) 四糖:最常见的四糖为水苏糖(stachyose),它是由2分子的半乳糖、1分子葡萄糖和1分子的果糖以 β 化学键组成的,主要存在于水苏的根中,在豆类中也含有。它与棉子糖一样在动物肠道中不被分解,同样被大肠中有益微生物利用,增加优势菌群含量,抑制产气、产酸等腐败菌的生长,而改善肠道功能。

4) 果寡糖(fructo-oligosaccharide, FOS):它是在蔗糖分子上以 β -1,2-糖苷键结合几个(小于8个)D-果糖所形成的寡糖,自然界中常存在于大麦、小麦、马铃薯及菊芋等植物及酵母中。果寡糖的主要作用仍然是通过调控动物肠道中微生物菌群而改善动物对其他营养物质的吸收和利用,如可改善脂类代谢和促进矿物质吸收等。

(3) 多糖类(polysaccharide) 多糖是由 $n(n>10)$ 个分子的单糖或其衍生物去掉 $(n-1)$ 个水分子,由糖苷键聚合而成的高分子化合物,广泛地分布于自然界中的动物、植物和微生物中。由于其种类繁多,常从不同的角度对其进行分类。

根据其在植物中所起的作用不同,把它们分为结构性碳水化合物和非结构性碳水化合物,或营养性碳水化合物和非营养性碳水化合物。例如,纤维素、半纤维素、果胶、壳质及硫酸软骨素等在植物体中主要起支撑作用,即细胞壁的主要成分,常称为结构性碳水化合物;淀粉、糖原、菊粉等是植物主要的能量储备,主要存在于植物细胞内,属于营养性碳水化合物。

也可根据其组成进行分类。全部由糖类组成的多糖为单纯多糖;若除糖类外还含有其他物质的多糖为复合多糖;由一种单糖组成的多糖为均一多糖;由两种以上的单糖或其他衍生物组成的多糖为杂多糖;含有酸性糖的称为酸性多糖;仅含有单糖的多糖为中性多糖等。

还可根据多糖能否被动物消化酶类所消化,而将其分为可溶性碳水化合物和不溶性碳水化合物两大类,前者包括淀粉、糖原、糊精等;后者包括纤维素、半纤维素、木质素、葡聚糖和果胶等。

多糖中单糖之间连接的化学键有 α 键和 β 键,结合键的位置有1~2、1~3、1~4及1~6等,这些变化使得多糖分子结构中有直链和支链之分,分支程度也非常复杂,可见多糖的种类繁多。现就饲料中常见的几种多糖分述如下。

1) 淀粉(starch):绝大多数植物都是以淀粉的形式作为能量储备物质的,淀粉主要存在于植物的籽实和根茎类植物的根茎中,植物的茎叶中也含有少量淀粉。淀粉是动物的主要能源物质。淀粉在植物性饲料中呈粒状存在,因植物的种类和部位的不同,淀粉颗粒的形状和大小各不相同。

构成淀粉的糖类几乎都是D-葡萄糖,但其结合的化学键不同:一种都是以 α -1,4-糖苷键结合构成直链淀粉;另一种是以 α -1,4-糖苷键结合为主,同时还含有 α -1,6-糖苷键于分支处构成支链淀粉。

淀粉不溶于水中,但是在有水的环境中受热膨胀而形成糊状,称为淀粉糊化。淀粉糊化后,消化性提高,也具有黏性,常成为颗粒料生产过程中的黏结剂。而在天然饲料中如马铃薯和甘薯的淀粉颗粒表面有高强度化学氢键的作用,可保护淀粉避免被分解,因此这类饲料被糊

化后可显著提高其利用率。

在饲料概略养分分析中,在干物质总量中减去粗灰分、粗蛋白质、粗脂肪和粗纤维后剩下的组分为无氮浸出物(nitrogen free extract, NFE),在无氮浸出物中主要就是淀粉,此外还有少量的双糖、单糖类物质。

2) 糖原(glycogen):与淀粉相反,糖原则是动物体内储存的碳水化合物,也是一种能量储备物质。其结构较淀粉具有多而短的支链。由于糖原只存在于动物体内,并且主要分布在动物肝、肌肉中,分别称为肝糖原和肌糖原,它仅存在于部分动物性饲料中,植物性饲料中完全没有。糖原经酶水解可以生成麦芽糖及 α -葡萄糖。

3) 糊精(dextrin):糊精是淀粉经过水解或淀粉在动物消化过程中生成的中间产物,淀粉加热也能形成糊精。糊精易溶于水,所以易被动物消化吸收。谷物发芽的种子中也含有糊精。

4) 果胶(pectine):果胶是由甲基-D-半乳糖醛酸构成的聚合物,主要存在于植物的细胞壁中,浸在水中可形成胶状物,不能被动物肠道中消化酶所分解,在大肠中可被微生物利用。

5) 几丁质(chitin):几丁质也称为甲壳素或壳多糖,是N-乙酰氨基糖、碳酸钙的聚合物,主要存在于矿物质饲料如无脊椎动物虾、蟹等外骨骼中。因此,在水产动物饲料中常添加之。

6) 纤维素(cellulose):纤维素是植物细胞壁的主要组成成分,占细胞壁成分的35%~60%。天然纤维素是由 β -1,4-糖苷键连接的葡萄糖聚合物。天然纤维素具有微结晶结构与无定形两种形态交错连接而成的二相体系,其中存在有相当量的空隙系统。天然纤维素的原细纤维之间有1nm的间隙,细纤维之间有10nm的间隙,木质素和半纤维素等就聚集于这些间隙中。

纤维素大分子间及分子内存在大量的氢键,对纤维素的吸湿性和溶解度影响较大。另外,纤维素分子内无分支的 β -1,4-糖苷键的化学紧密连结,使纤维素具有较高的抗张强度,因此纤维素不溶于水。所有动物的消化道都不能分泌纤维素酶,所以动物不能直接消化纤维素。其非营养作用是促进动物肠道蠕动而提高其他饲料的消化率。但是反刍动物消化道内的一些微生物可以分泌纤维素分解酶,而消化纤维素。所以说,反刍动物可以消化纤维素,并且纤维素是反刍动物粗饲料中的主要成分。

7) 半纤维素(hemicellulose):半纤维素是一种植物性的聚糖类,含有D-木糖、D-甘露糖、D-葡萄糖、D-半乳糖、L-阿拉伯糖、4-O-CH₃-D-葡萄糖尾酸、D-半乳糖尾酸、D-葡萄糖尾酸及各种氧甲基化的中性糖基。半纤维素在化学结构上是介于淀粉与纤维素之间的一种类型,多数半纤维素比纤维素易于被动物所分泌的消化酶所消化降解,但其消化率仍然远不如糖和淀粉高。

半纤维素分为两类:一类是与纤维素共存的糖聚合物,即纤维聚糖;另一类是与木质素结合,含有糖醛酸,即糖醛酸半纤维。在植物细胞壁中,半纤维素与细胞壁中的果胶以共价键相结合,与纤维素的微纤丝以氢键相连,从而增加了细胞的坚实度,随着植物的生长、木质素的逐渐增多并融于其中,就会进一步增加植物的坚实度,从而使动物对植物细胞的消化更加困难。

8) 木质素(lignin):木质素主要是由C、H、O三种元素所组成的,它是由苯基丙烷单元构成的高分子聚合物。它常与碳水化合物一起存在于植物细胞壁中,但它本身并不是碳水化合物。在老化的植物中,像干草、秸秆和荚壳中含有较多的木质素。木质素仅与半纤维素以共价键结合,而不是与纤维素相连接。任何动物都不能分泌消化木质素的酶类,所以说所有的动物都不能消化木质素,并且在饲料中由于木质素的存在还可以影响其他养分的消化,尤其是可以