



# 动物营养与饲料学

DONGWU YINGYANG YU SILIAO XUE

主 编 王忠艳



东北林业大学出版社

# 动物营养与饲料学

主 编 王忠艳

东北林业大学出版社

---

图书在版编目 (CIP) 数据

动物营养与饲料学/王忠艳主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2004.5

ISBN 7-81076-534-5

I. 动... II. 王... III. ①动物营养—营养学②动物—饲料 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 046191 号

---

责任编辑: 刘学东

封面设计: 彭宇



NEFUP

动物营养与饲料学

Dongwu Yingyang Yu Siliaoxue

主编 王忠艳

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路26号)

东北林业大学印刷厂印装

开本787×1092 1/16 印张12.5 字数286千字

2004年5月第1版 2004年5月第1次印刷

印数1—1000册

ISBN 7-81076-534-5

Q·106 定价: 22.00元

## 前 言

我国的动物营养与饲料学的发展速度是十分惊人的，尽管与国外先进国家相比起步较晚，但是根据本国的实际情况，适当地借鉴国外的成功经验，形成了我国的理论研究与饲料工业体系。

该书适合于特种经济动物养殖、畜牧、动物保护与利用、动物营养与饲料专业硕士研究生专业基础课程及相关领域的科技工作者学习之用。其主要目的在于为学生提供系统而丰富的理论知识及先进的技术。该书以八大类饲料、饲料分类、饲料营养价值评定及配合饲料为主线，介绍了营养与饲料学的基本知识，在此基础上分别介绍了不同营养及饲料的最新研究方向及目前市场上的新产品及新技术，同时也给出了该领域在研究及生产中存在的问题。总体上力求内容丰富、系统性强、理论知识具有一定的深度及实践应用上具有一定的广度。在编写过程中参考了大量的最新研究资料。

该书的出版是大家共同努力的结果，在编写及出版过程中得到了东北林业大学野生动物资源学院、出版社、教务处等领导和编辑的支持和帮助，在此向他们表示衷心的感谢！

尽管在该本教材的编写过程中花费了较多的时间与精力，但是由于本人理论知识水平有限，实践经验不足，在编写过程中一定会存在很多疏漏之处，为此诚望动物营养、饲料学专家、同行和使用该本教材的师生及科技工作者不吝赐教。

王忠艳

2004年5月

## 序

作好野生动物保护与利用工作是大自然赋予我们人类的一项伟大而神圣的使命，也是造福于子孙后代的一项系统工程，而科学的动物养殖是基础。动物营养与饲料学是动物养殖专业、畜牧专业及饲料等专业的基础课程，是一门以现代生物科学技术、环境保护、动物产品品质为基础的学科，它涉及到农业、食品、医药、卫生等多个行业，是一门综合性较强的学科。

该书内容较丰富，知识面涵盖较广，具有足够的宽广度和纵深度，并具有前沿性和前瞻性。介绍了大量的营养与饲料学方面的理论知识及发展动态，其中许多部分是科学的前沿，如饲料与工程问题、转基因饲料问题、动物营养与免疫及功能饲料、绿色饲料的开发等内容，适合研究生理论学习之用。该书也介绍了大量的开发、待开发的新型饲料资源、饲料添加剂、新的饲料加工技术及新产品在实践中应用的情况；介绍了一些专家学者不同学术观点，以供学生参考，为学生未来从事科研及生产提供了理论基础。同时该书的出版对动物养殖业、科学研究、动物园、野生动物救护中心等部门也有重要的参考价值。

中国工程院院士



2004年5月

## 目 录

<b>1 绪论</b> .....	( 1 )
1.1 动物营养概述 .....	( 1 )
1.2 动物饲料概述 .....	( 5 )
<b>2 蛋白质的营养与蛋白质类饲料</b> .....	( 20 )
2.1 蛋白质的营养 .....	( 20 )
2.2 植物性蛋白质饲料 .....	( 21 )
2.3 动物性蛋白质饲料 .....	( 30 )
2.4 单细胞蛋白质饲料 .....	( 35 )
2.5 蛋白质营养及饲料理论研究动态 .....	( 38 )
<b>3 碳水化合物营养及粗饲料</b> .....	( 56 )
3.1 碳水化合物的营养 .....	( 56 )
3.2 粗饲料 .....	( 58 )
<b>4 能量的营养及能量饲料</b> .....	( 65 )
4.1 养分的能量原理 .....	( 65 )
4.2 饲料的消化能、代谢能、净能及其测定方法 .....	( 67 )
4.3 能量饲料 .....	( 68 )
<b>5 矿物质的营养及矿物质饲料</b> .....	( 90 )
5.1 矿物质的营养 .....	( 90 )
5.2 矿物质饲料 .....	( 93 )
5.3 天然矿物质饲料资源 .....	( 108 )
5.4 对重金属元素的重新认识 .....	( 115 )
<b>6 维生素饲料</b> .....	( 118 )
6.1 维生素的营养 .....	( 118 )
6.2 脂溶性维生素类饲料 .....	( 119 )
6.3 水溶性维生素类饲料 .....	( 124 )
6.4 目前国际上维生素类饲料的生产状况 .....	( 133 )
<b>7 饲料分类、青饲料及青贮饲料</b> .....	( 134 )
7.1 饲料的分类 .....	( 134 )
7.2 青饲料 .....	( 138 )
7.3 青贮饲料 .....	( 144 )
<b>8 饲料配方的设计</b> .....	( 152 )
8.1 概述 .....	( 152 )
8.2 常见动物饲料配方设计方法 .....	( 153 )

---

<b>9 配合饲料</b> .....	(159)
9.1 配合饲料的分类 .....	(159)
9.2 非营养性添加剂类型及在现代饲养业中的是与非 .....	(169)
<b>10 饲料营养价值的评定</b> .....	(188)
10.1 饲料营养价值评定的意义及评定体系 .....	(188)
10.2 利用化学分析方法对饲料营养价值进行评定 .....	(189)
10.3 利用消化试验对饲料营养价值进行评定 .....	(190)
10.4 利用代谢试验、饲养试验及屠宰试验对饲料营养价值进行评定 .....	(191)
<b>参考文献</b> .....	(193)

# 1 绪 论

## 1.1 动物营养概述

### 1.1.1 动物营养理论

动物营养与动物饲料是二个密不可分的学科，它们互为因果，相互依存，共同发展，动物营养是动物饲料的基础和前提，而动物饲料是动物营养研究新成果、新技术的具体体现，是其理论研究在实践中的具体应用形式。

动物营养学是一门以研究营养物质摄入与生命活动之间关系的科学。通过研究营养物质对动物生命活动的影响，从而提示动物利用营养物质的量变和质变规律，为动物生产者提供理论根据。

动物营养学的主要任务为：研究不同生理状态的动物营养需要及营养需要量；研究各种营养物质与动物的生活及生产活动的关系；研究动物营养与环境及动物健康的关系；寻求和改进动物营养的研究方法和手段等。

### 1.1.2 动物营养理论研究的最新动态

由于与动物有关的营养素很多，所以在动物营养研究中所涉及的营养方面内容是很的，并且各个领域的研究都不断地有所突破，从而形成了许多新型的动物营养与饲料产品、新技术。在实践中应用比较突出的几方面内容如下：

#### 1.1.2.1 能量营养研究动态

有关能量营养研究进行的比较多，较具有应用价值的为油脂及功能性多不饱和脂肪酸的营养研究。

油脂的营养价值主要表现在其代谢能值很高。有报道称油脂对家禽具有“特殊能量”效应。所谓“特殊能量效应”是指添加在日粮中的油脂与其他营养成分起协同作用，使油脂的自身代谢能值超过总能。而有些研究者则反对油脂的“特殊能量效应”说法，认为那是油脂代谢能值测定的误差所致，所以说在该领域还有待于进一步的研究。

目前关于功能性多不饱和脂肪酸的系统性研究也较多，其独特的生理功能已为大量研究所证实。以前人们仅把富含功能性多不饱和脂肪酸的鱼油看作一种能量来源，现在将其应用在各种动物饲料中，不仅作为能量和必需脂肪酸的来源，而且还作为人类和动物的保健营养物质来源。目前关于功能性多不饱和脂肪酸的试验研究结果还不一致，有待进一步深入、系统地研究。

#### 1.1.2.2 传统的蛋白质消化吸收理论的局限性

传统的蛋白质消化吸收理论认为：蛋白质在肠腔内，由胰蛋白酶和糜蛋白酶作用生



成游离氨基酸和寡肽（含 2~6 个氨基酸残基），寡肽在肽酶的作用下完全被水解成游离氨基酸，并以游离氨基酸形式进入血液循环。即蛋白质营养就是氨基酸营养。但是，在动物饲喂低水平蛋白质同时补充合成氨基酸的日粮时，并不能获得最佳生长性能和饲料转化效率；而要达到这两个目的，日粮必需有最低数量的原蛋白质。如以 1% 的递减量将小鸡开食料中粗蛋白质水平从 23% 减到 18%，但保持必需氨基酸浓度占粗蛋白质 23% 的日粮，将试验结果进行回归分析表明，为了达到最佳生长率至少需要 21.5% 的粗蛋白质，当粗蛋白质水平低于 21.5% 时，生长受阻。

随着人们对蛋白质消化吸收及其代谢规律研究的不断深入，有关蛋白质消化吸收理论逐渐形成了一些新的观点，即蛋白质在肠腔内的最终水解产物，除了氨基酸外，还有部分小肽，而且小肽可以和游离氨基酸一样被肠粘膜吸收并转运进入血液循环。一些试验已发现使用纯合日粮或低蛋白平衡氨基酸饲料，动物并不能达到最佳的生产性能。可以推测，这是由于日粮中小肽比例太低的结果。探讨寡肽吸收代谢及其作用形式为进一步发展蛋白质营养理论开辟了一条新的途径。因此，应进一步结合饲养试验，探讨动物在最佳氨基酸利用时小肽和游离氨基酸的比例，进而确定不同蛋白原料的使用量，以进一步揭示蛋白质在动物体内消化吸收规律，改进现有的以可消化氨基酸为依据的配制饲料的方法，及充分利用现有的蛋白质资源。

#### 1.1.2.3 新型矿物质添加剂的到来

随着对矿物质营养研究日渐深入，人们对氨基酸螯合物的营养作用和代谢方式的认知也不断提高，由于动物养殖业生产的发展导致饲料添加剂的出现和广泛应用，国内外关于螯合物的研究报道也与日俱增。1989 年美国饲料监察局的官方出版物中载入了多种金属元素氨基酸螯合物以及被称为“金属元素蛋白盐”的复合物。1977 年 Ashmead 博士报道铁螯合物可以预防仔猪缺铁性贫血，美国 Albion 公司、Zinpro 公司和 Alltech 公司也有各种微量元素螯合物商品投放市场。1979 年我国台湾省立屏东农业专科学校、华南农业大学相继报道用进口的“铁血粒”等螯合物添加剂可有效地预防仔猪缺铁性贫血。在该领域还有一些问题需要进一步研究，如氨基酸螯合物的合理检测、质量标准制订等。

#### 1.1.2.4 绿色饲料添加剂应运而生

该部分为动物营养研究的重点，由于目前发达国家的消费者对食品质量提出了越来越高的要求，关注的焦点是食物的来源而不是产量。在食品和动物饲料中使用基因工程等新技术便受到质疑，甚至利用现代技术生产出的合成氨基酸、维生素以及其他饲料添加剂也在某些生产体系中被禁用。

由于大剂量使用抗生素，有可能增加病原微生物的耐药性，1986 年瑞士禁止使用抗生素作为饲料添加剂，欧洲其他国家对此进行了广泛争论，其目的在于如何安全使用有促生长作用的饲用抗生素。尽管 SCAN (1996) 报道表明，没有足够证据证明饲料中使用阿伏霉素会导致微生物对人用抗生素万古霉素抗药性的增加，但 1997 年 4 月欧盟仍禁止使用阿伏霉素。经过激烈讨论，瑞士于 1999 年禁止使用全部饲用抗生素，只允许在家禽饲料中使用抗球虫药。同时，欧盟禁止使用硫酸泰乐菌素、维吉尼亚霉素、杆菌肽锌和螺旋霉素。此外还将进一步禁止使用喹氧甲酯和卡巴氧。

在现代人类营养中，正在定义一些新的食品和药品种类。某些食物的健康特性导致功能食品、健康食品以及药物食品等新名词的出现。欧洲功能食品科学 (FuFeSE) 将功能食物定义为：含某种特殊成分（营养或非营养成分），对人类身体机能起积极作用的食品，其中还包括那些具有潜在有害成分但通过技术手段可被除去的食物。这些特殊食品在日本、美国和其他发达国家起着越来越重要的作用。

饲料添加剂可以改善动物的健康状况，提高繁殖力和生产性能，并通过调节采食量及提高营养物质和能量的消化率来提高饲料转化效率；使用高利用率的营养物质（如蛋白质螯合矿物质）或特殊的可提高养分消化率的饲料添加剂，可以改善营养素的利用率；适量添加酶制剂、抗菌剂、益生菌，有利于营养物质的利用。利用当地饲料原料和加工副产品，将有效提高饲料利用率并降低对环境的负荷。使用这些原料，人们可以在农场或本地区建立封闭的营养物质循环体系。由于本地饲料原料多数含有较高的粗纤维，可以在日粮中添加复合酶制剂（碳水化合物酶、蛋白酶、脂肪酶或植酸酶），有助于提高饲料营养价值，尤其对于消化能力有限的单胃动物。

随着即将限制或禁止使用抗菌剂（至少在某些特殊的生产体系中），必须开辟新的途径，来保护并提高动物健康、维持较高的生产性能，提高营养物质的利用率，这一目标可以通过改善饲养环境或使用所谓前营养物质（Rosen 1990）如益生菌、益生素、有机酸、日粮纤维及利用率高的营养成分或药用植物来实现。Rosen (1996) 将前营养物质定义为：以较小剂量混于饲料中，可提高动物日粮中营养成分利用率的微量饲料。把它作为取代抗生素的饲料添加剂以多种途径影响动物健康并可提高养分的利用率。这些饲料添加剂主要在消化道起作用，如有机酸可以改善消化过程（尤其对单胃动物），通过调节 pH，抑制不良微生物在消化道前端的定植；酶制剂主要用于单胃动物，可提高营养物质的利用；碳水化合物酶有助于减少日粮纤维的负效应，同时酶可减少粮食加工副产品或当地低品质饲料对动物造成的消化问题，蛋白酶与碳水化合物酶以适当的比例联合使用，可提高豆科植物（如豆粕、羽扇豆）的消化率；酵母培养物可以刺激反刍动物瘤胃和马属动物盲肠中微生物的活性，有助于提高饲料消化率，猪、鸡日粮中主要添加肠球菌和乳杆菌，这些微生物可以刺激并保持消化过程的稳定性，提高消化道对有害微生物的竞争排斥。这些饲料添加剂的主要作用是增强养分的利用率并为动物提供营养物质。

其他类似物的广泛应用，可以不断完善消化过程，改善动物健康状况，如果寡糖通过加强竞争性排斥或提供特殊的营养物质，有选择地影响动物肠道微生物；药用植物可以影响采食量和适口性；通过着色提高产品质量；通过抗菌特性或降低不饱和脂肪酸在消化道内的氧化来提高饲料的利用率。比较有发展潜力的抗生素替代品如下：

### (1) 抗菌剂。

作为饲料添加剂，抗菌剂是在消化道发挥作用（主要在小肠），它们竞争性抑制那些消耗寄主营养并产生不良或有害物质的有害微生物，最终使肠粘膜处于最佳环境，使其更有效地吸收营养物质。因此，在多数情况下可以改善养分的利用，提高饲料转化效率并促进生长。抗菌剂可以改善处于较差饲养环境中动物的健康状况，而且即使在良好的卫生环境和饲养管理条件下，健康仔猪日粮添加抗生素，仍使身体增重和饲料转化效

率分别提高。一般认为抗生素对幼龄动物，尤其是饲养环境和管理较差的幼龄动物有效，随着体重增加抗生素的促生长作用逐渐降低，到上市阶段基本无效。

在欧洲可使用的抗菌剂被清楚地划分为用于饲料添加和用于治疗两大类。随着对抗生素之间抗药性转移的了解，饲料添加剂类抗生素的种类数目不断更新。由于不能排除与人医用万古霉素或其他糖肽类抗生素之间抗药性转移的可能性，最近阿伏霉素被禁止使用，同时欧盟还禁用唑氧甲酯和卡巴氧。在消费者和市场的双重压力下，欧盟正在加紧讨论是否全面禁止作为促生长剂使用的抗菌剂。虽然动物产生的抗药性是否会转移到人体内还没有被流行病学所证实，但使用或误用人医治疗用抗生素存在着极大的危害。对抗生素的使用很难精确区分是用于饲料添加剂还是用于药物补充剂，其实我们也不了解宠物使用药用抗生素对人类的危害有多大。禁用作为动物促生长添加剂使用的抗生素，将导致具有抗菌效果的其他物质的误用，如使用高剂量的铜、锌等，势必会加重环境的负担。

### (2) 益生菌和益生素。

很多微生物以益生素或益生菌的形式用于动物饲料中，如乳酸菌用于青贮发酵，其他微生物可用作蛋白源或开发利用以产生氨基酸、维生素及高利用率微量元素等。由于饲用抗生素被逐渐禁用，作为益生菌的乳酸菌（用于单胃动物）和酵母培养物（用于复胃动物和马）的使用越来越广泛。

在幼龄动物日粮中添加益生素的主要作用是竞争性排斥病原微生物如沙门氏菌等。益生素同时也可作为有益微生物的特殊营养源，如果寡糖可为双歧杆菌提供营养。使用益生素的目标：刺激肠道内有益菌群的增殖，竞争性排斥病原菌。益生素一方面刺激胃肠道有益微生物的增殖，另一方面竞争性排出病原菌，如酵母培养物可刺激反刍动物瘤胃中纤维素分解菌、乳酸利用菌的增殖，随后这一适宜的 pH 调节剂又抑制了乳酸产生菌的活动。

### (3) 酶的应用。

在可持续发展的农业中，使用当地饲料资源是利用养分的最有效方式，这样可促使营养物质在封闭系统内循环。在瑞典，整粒玉米是反刍动物日粮的主要组成成分，如果加入适当复合酶，以提高整粒玉米的饲用价值，则可用于肥育猪或怀孕母猪的生长。

研究发现，虽然单独添加酶制剂，提高增重的幅度较小，但酶和抗生素联合使用却可提高增重 25%。很明显，酶与抗生素之间有非常显著的协同作用，两者间有累加效应。

### (4) 有机态微量矿物质元素。

高利用率微量元素螯合物或蛋白结合形式的高利用率微量元素可以替代无机矿物质满足动物的营养需要，提高生产性能，改善健康状况。生物学价值高的有机微量元素，可以相应降低日粮微量元素的需要量，最终减少对环境的污染。

有机铬以生物可利用葡萄糖耐受因子的形式维持碳水化合物的代谢，影响胰岛素分泌。虽然有机铬影响多种生理代谢，但目前仅对其影响胰岛素功能有较深刻的了解。最近研究证实，铬结合到某种寡肽上，形成一种低分子量的铬结合物，可起到加强胰岛素的作用。铬影响胰岛素代谢只是人们关注的一部分，更大的兴趣集中在铬可以作为胴体

调节剂。日粮添加铬可以降低家禽和猪的脂肪沉积,增加蛋白质沉积。此外铬还可以缓解动物的应激反应。

硒对动物的新陈代谢具有特殊的作用,可改善动物健康。研究发现,用蛋氨酸硒代替无机硒饲喂动物,增加了动物产品中硒的含量。动物产品是硒的主要来源,因此富硒动物产品成为一种功能食品必将受到人们的欢迎。

抗菌剂将在某些特殊领域或者全国范围内被禁用,同时有关抗生素耐药性可能从动物产品向人类转移的讨论,加强了禁用抗生素的呼声。农业科研人员正在积极寻找更适应消费者要求的饲料添加剂。益生菌、益生素、酶制剂、药用植物、高利用率微量元素或其他饲料添加剂能否满足人们的要求,必须经过实践的检验。

作为有机形式的微量元素,赖氨酸螯合物、蛋白质螯合铁和锌可以改善幼龄和高产单胃动物的健康状况。以酵母硒的形式补充给消化系统正处于发育阶段的幼龄动物,与代谢调节剂、抗菌剂、益生菌和益生素均表现出良好的作用。代谢调节剂影响营养物质的中间代谢,而抗菌剂、益生菌和益生素以不同的方式影响动物的消化过程,可以部分替代。饲用酶制剂提高幼龄动物的消化能力,减少消化障碍,最终改善动物的健康状况。对于成年动物,酶制剂可促进含有较高纤维素或难消化营养成分的当地饲料原料的使用,从而减轻对环境的污染。

随着欧洲各国禁用抗生素,其他国家也将效仿。因此,人们正在积极讨论可替代抗生素的新策略。这主要集中在仔猪和犊牛生产方面。这些方案必须以最佳的管理和良好的环境卫生为先决条件。

关于抗生素添加剂替代品的研究趋势是:

- (1) 降低酸结合能力;降低矿物质含量;降低蛋白质含量(但要满足必需氨基酸的需要);使用有机酸(主要是延胡索酸和乳酸)。
- (2) 使用酶制剂或益生菌和日粮纤维;主要利用植酸酶和碳水化合物酶;使用果寡糖和甘露寡糖;使用果胶或可溶性日粮纤维。
- (3) 饲喂可发酵的液体饲料。
- (4) 使用药用植物、香味剂或必需脂肪酸。
- (5) 使用益生菌(乳酸杆菌)。
- (6) 提供数量充足的特殊氨基酸(谷氨酰胺和丙氨酸)。
- (7) 消除抗营养因子。

## 1.2 动物饲料概述

### 1.2.1 动物饲料发展历史

饲料企业是伴随着饲养业的发展而发展起来的一个新兴行业,在其发展过程中大大地促进了饲养业的发展。饲养业与饲料业相互协同发展共同支撑了整个养殖业。

我们可以从养殖业看饲料业的发展,在美国1952年要饲养一只1.5 kg的肉用仔鸡需要80 d才能出栏,饲料转化率为3.17;而进入80、90年代育成一只肉仔鸡仅需要30

多天的时间便可达到 1.8 kg 出栏重，饲料转化率不到 2.0。我们再来看用料情况，在三四十年前，配合饲料的主要成分是糠麸、苜蓿粉等体积大而能量低的饲料原料；而现在用的是以谷物为主体，添加油脂的高能量饲料。以前，在鸡饲料中鱼粉是必不可缺的原料，而现在由于鱼粉的价格较高及品质的不稳定而逐渐被其他饲料原料所取代，这不但可以降低饲料成本、稳定饲料产品质量还可去除添加鱼粉所导致的动物产品的鱼腥味。

在饲料类型的发展上，国外在 20 世纪 30 年代就出现了生产蛋白质饲料行业，特别是在最近几十年里，饲料行业发生了巨大的变化，产生出了许多新型的饲料添加剂、饲料配方及饲料外型。如有观赏犬用的骨头棒状饲料外型、珍禽类用的植物叶芽状及虫蛹状的饲料外形等等。

20 世纪 50 年代开始，饲料工业向大规模企业化方向发展，到 70 年代，美国配合饲料工业的产值已被列为十大工业之一，其后，前苏联、日本等国的配合饲料工业也迅速发展。到 80 年代后，北美、西欧配合饲料产量已趋饱和，增长速度渐缓。到 1982 年，除中国外配合饲料的世界产量达 4.9 亿 t。

纵观饲料业的发展我们可以看出作为一个行业其发展有如下特点：

(1) 饲料业与饲养业相互促进共同发展。

有饲养业对配合饲料的需要，作为饲料业的发展动力；同时大量配合饲料生产又为大批集约化饲养提供可能。

(2) 饲料生产由最初的简单生产逐步发展成为一个独立的行业，形成了一个完整的饲料工业体系。

它是集科研、生产、销售于一体的发展体系。

(3) 从饲料业的发展来看，其生产规模由集中到分散发展。

由最初的少数几家大的饲料企业逐渐过渡到分散的多家中、小型企业。这是饲料业大规模发展的需要，由于饲料企业以点状分布于养殖区，这可大大地方便养殖户，可减少运输费用，降低生产成本，同时，更可以根据用户的实际需要配制饲料。这点也正是饲料业今后发展的突破点。

(4) 饲料产品由单一全价配合饲料向多品种及半成品方向发展。

这样就形成了许多新型的添加剂、预混料、蛋白质补充饲料等新品种，更加适合不同的养殖户的需要。

(5) 生产配合饲料所用的饲料原料逐步向工业化方向发展。

相应地出现了维生素、氨基酸、生物酶等生产工业，从而形成了饲料业发展的强大后盾。

配合饲料是由工厂化大批生产的，其品质的优劣不仅直接影响养殖业的发展，还可以影响到人类的健康及环境保护。因而，为了保护和监督配合饲料的营养性和安全性，许多国家都制定了饲料法规、管理条例以及有关法令等相关政策，以便更好地保护使用者的合法权益。

我国 60 年代初就出现了自产自用的小型饲料加工厂，如上海奶牛厂的红旗养鸡厂，当时就可以自己生产所需要的饲料。我国于 1974 年上海进出口公司土产分公司建立了配合饲料生产车间，生产“大象”牌配合饲料，主要出口东南亚。其后各地开始兴建配

合饲料厂,当时的配合饲料厂大都是国营企业。如1979年北京市建立了较大规模的配合饲料厂,正式生产配合饲料,生产之初主要是为了满足机械化养鸡的需要,其后迅速转向广大的市场,形成饲料商品。到80年代配合饲料工业迅速发展,特别是1984年,我国粮食产量创历史最高记录达到40多万吨。于是国务院不失时机地颁布了《1984~2000年全国饲料工业发展纲要》,这是我国饲料工业作为一个工业行业发展的最关键的一年。同时理论研究工作也不断深入开展,从而使各种饲料原料得以充分利用,培养优质高产的饲料原料品种,如高赖氨酸含量的玉米,无腺体棉籽等。发掘新的饲料资源如血粉、草叶粉饲料资源的开发与应用,及科学加工工艺的应用等。经过“八五”计划的努力,解决了一些关键问题如《预混料的载体》、《微量元素预混料中的最佳稀释剂》、《维生素的保存率》、《混合均匀度的变异系数》等理论问题,为配合饲料工业迅速发展打下了坚实的基础。于是各地的大、中、小型饲料厂纷纷上马,到1988年全国配、混合饲料年产量已达3000万t。在随后的几年饲料工业逐渐趋于饱和,特别是国内粮食价格的放开及外来的一些饲料企业如泰国的正大等,以及一些民营企业的进入和发展使原有的一些国营饲料企业受到很大的冲击。处于低谷徘徊时期,近年又有发展趋势。据资料统计我国1998年饲料总产量6599万t,其中配合饲料5573万t,浓缩饲料887万t,添加剂预混合饲料138万t,全国饲料生产机组平均开班率达54%,比1997年生产企业数量增加10%,浓缩料和添加剂预混合饲料分别增长22.6%和11.0%,全国平均开班率增长4%。1999年由于受国际国内经济大气候的影响,动物产品消费不旺,饲料加工业也受到一定的影响,增长不明显。但一直到2003年这几年中都有不同程度的增长。

饲料是饲养业的物质基础,饲料工业与饲养业是相辅相成的,饲料工业的发展推动饲养业的发展,饲养业的发展拉动饲料工业的发展。据资料统计显示,近年我国肉类人均占有量达到47.1kg,超过了世界平均水平;禽蛋人均占有量为16.6kg,达到发达国家平均水平;奶类人均占有量占世界平均水平的1/15,是发达国家的平均水平的1/46,差距悬殊。

总的来讲,我国动物产品出现了结构性过剩。鉴于我国目前经济仍处于改革调整时期,特别是加入WTO以后,可以预测,今后饲料生产、销售仍然面临严峻考验,既有竞争也有机遇,并且市场竞争会更加激烈。就国内来说,我国饲养业的很大比例在农村,我们现在所食用的动物产品有80%以上来自农村的专业户和分散饲养。因此开发农村市场,引导专业户和分散饲养人员进行科学饲养,为他们设计特殊需要的饲料配方,既能够让他们应用到现代科技成果,又能充分利用传统的农家饲料,积极推广浓缩饲料、添加剂预混合饲料,从而降低饲养成本,提高饲养效率仍有着很大的潜力。党中央、国务院从1998年就提出了要不失时机地加快中西部地区的发展,要作为国家的一项重大战略任务,国家经济建设和发展重点向西部战略转移,必将大大促进西部经济发展和消费增长,动物产品作为人们的生活消费必需品,必然随之增长,因此,饲料加工业也应当不失时机地投入到西部经济开发行列中去,推动西部饲料、养殖业乃至全国饲料工业更上一层楼。虽然我国饲料工业的发展已经走过了30多年的历史,饲料、饲养科学知识普及工作也有了很大的成效,但是,相比较而言,不能不承认,我国广大农民饲养者的科学文化水平还比较低,在辨别饲料的好坏是凭感觉、气味等外观及动物生长

的外观来进行判定,还缺乏应有的科学方法,从而产生了一些误区,当然这也和我们的饲料生产者的误导有关,在前几年,一些有识之士早已提出了这方面的问题,但至今还未引起广泛的重视。例如高铜饲料使猪拉黑色粪便,于是很多消费者误认为拉黑色粪便就是猪消化吸收好的表现;高砷饲料可使猪的皮肤红润光亮,外观很好,消费者便误认为是好的饲料;大量加入镇静剂的饲料可使猪吃了爱睡觉少活动,身体增长速度加快;添加黄色素增加饲料黄的色泽,加腥味剂或用极易酸败的毛鱼油增加饲料的腥味,误导用户认为是豆粕多、鱼粉多、质量好。这些问题都错误地迎合了用户的心理,虽然促进了饲料的销售,却把用户带进了误区。一切动物产品都是供人食用的,不适当地应用这些添加物,不仅会造成环境污染,还可以影响人们的身体健康,影响动物产品的出口。现在有很多的消费者反映不敢或不愿意吃给动物饲喂配合饲料生产的动物产品。如果这种情况不加以改善,动物产品的消费必将会受到影响,反过来势必会影响饲料生产。我国于1998年5月出台了《饲料和饲料添加剂管理条例》,为我国饲料工业的发展引上了法制的轨道,确保了饲料的生产、销售及养殖业生产和动物食品的消费安全,使之有了法律保障。

虽然我国饲料行业近几年趋于饱和,生产效益没有前些年好了,甚至一些企业对饲料工业是不是朝阳工业产生了怀疑。其实任何企业的发展都要经历飞速发展到顶峰再趋于平稳发展的过程。并且任何事物的发展都不可能是一帆风顺的,饲料工业也不例外。因此,有跌宕起伏是正常的。随着我国经济的高速发展,人们的消费观念和消费需求也都发生了很大的变化,已不光追求量的满足,更需要质量的提高。特别是在提倡绿色动物产品,风味动物产品,特种动物肉食品的今天,进行相应的饲料配方及添加剂研究、生产具有特殊的意义。

## 1.2.2 动物饲料发展趋势

### 1.2.2.1 世界饲料业发展趋势

在过去的几十年里,全世界许多国家的饲料及饲养业都有较大的发展,这不但表现在规模上渐趋于饱和,而且在技术上也不断完善。然而,由此产生的一系列问题也逐渐暴露出来。饲养工业高度集约化,虽然使生产效率得到提高,但同时饲养过程的负面影响也越来越突出,如环境的污染等;动物良种的推广,使动物生产周期大大缩短,但同时也造成了动物自身免疫和繁殖功能的普遍下降;抗生素类药物的广泛应用,减少了动物疾病的发生,确保了动物生产的经济效益,但由于病原菌对药物的抗性越来越强,致使饲料中药物的添加量也不得不越来越高,从而产生了药物残留问题及抗药性的问题,许多发达国家已经和正在考虑禁止在动物饲料里使用药物添加剂的问题。为此形成了以下的发展趋势:

#### (1) 饲料向高品质方向发展。

由于各国饲料工业发展的势头放慢了,再加上饲料原料供应紧张价格不断上涨,于是各个国家都会在提高和保持其产品的质量方面大作文章,以保持其产品的竞争力,所以质量标准将成为市场竞争的重要法码。那么生产高品质饲料的关键之一就是饲料原料的高质量,因为没有优质的饲料原料就生产不出来高品质的配合饲料产品。与其他产品

原料不同, 饲料原料的特点是: 原料体积大、来源广泛及各自的性质差异悬殊。这就使得保证饲料原料品质很困难。尽管如此我们还是必须遵循一些正确的原则, 只有这样才能保证配合饲料产品及饲料原料的质量, 减少经济损失。

首先我们必须及时做好原料的保护工作, 因为配合饲料及其原料品质的下降是很容易发生并且是不可逆的过程, 为此要使得优质饲料原料能够维持其优良品质, 而较次品质的饲料原料不会进一步恶化。

其次是在保护工作中同时还要防止配合饲料及原料的自由氧化作用 (Auto oxidation) 和微生物降解 (Microbial Degradation) 所引起的品质下降。尽管这二类反应所产生的后果是相同的, 都可以严重影响饲料产品的销售和动物的营养表现, 但它们的机理却是不同的。前者是由自然界里存在的自由基 (Free radical) 所引起的一系列氧化降解反应。它们的破坏对象主要是油脂类化合物, 如脂溶性维生素和色素、动物脂肪及植物油等, 那么防止这类降解的有效方法是合理使用抗氧化剂 (Antioxidant), 这就要充分了解所有抗氧化剂及其使用对象的性质, 做到“对症下药”, 因为不同性质的饲料及原料需要不同类型的抗氧化剂来保护。如常见的液态油脂同固态饲料所需要的抗氧化剂极为不同, 液态油脂需要具有良好的表面活性的抗氧化剂; 而固体饲料则需要分散性能良好的抗氧化剂。这些技术指标能确保抗氧化剂充分地分散在被保护的体系里, 从而有效地与自由基结合, 起到抗氧化作用。经过多年的研究证明, 多种抗氧化剂混合使用, 远比单一抗氧化剂的使用效果好, 这是因为各种抗氧化剂之间存在着“增效作用”。

另一类降解作用是霉菌的生长及其代谢产物, 在理论上当饲料产品或饲料原料水分含量低于 12% 就不需要使用防霉剂了, 但是这样的规定是有一定局限的, 因为在谷物饲料原料及饲料产品的贮存过程中, 尽管水分的平均含量没有达到 12%, 但是在谷物等饲料原料及饲料产品的贮存体系里, 某些局部位置的含水量会远远超过 12%。这是由于在贮存过程中普遍存在着“水分迁移”和“水分平衡”的现象。其中“水分迁移”是由于贮存环境中气温不断变化如昼夜温差等而造成水分不断地迁移, 最后由于冷凝作用而造成某些部位的水分大大地高于 12%; 后者是当水分低于 12% 的谷物或饲料如果处于相对湿度偏高的环境时, 会在很短的时间内吸收环境里的水分而使自身的水分含量大大地超过 12%。一旦谷物或饲料的水分含量超过 12%, 它们就非常容易发生霉变。并且在霉菌生长过程中, 代谢作用会产生大量二氧化碳和水分, 使霉变问题进一步恶化。

目前在谷物或饲料中防止霉菌主要使用有机酸及其盐类, 在各种有机酸中, 以丙酸及其盐类如钙盐、钠盐及氨盐最为普遍。近期研究结果证明, 含有混合有机酸的防霉剂产品远比单一丙酸要有效。另外, 防霉剂产品有粉剂及液态两类, 一般来说, 如霉敌霸等液态产品的效果要优于粉状产品。

## (2) 减少饲料里抗营养因子及抗饲养因子。

抗营养因子 (Anti-nutrition factor) 是某些饲料里已经存在, 或者在贮存过程中产生的化学物质, 它们被证明能造成动物营养障碍。

抗饲养因子 (Anti-feeding factor) 是指由于某些化合物的存在而影响了动物的摄食量, 最终对动物营养状态产生不良影响。目前已知的饲料里抗营养因子包括: 自氧化作



用产物，真菌毒素和非淀粉多糖等，在饲料生产过程中，由于添加了某些矿物、药物或非常规原料等，可能会造成动物拒绝采食或减少采食，我们把这类因子统称为“抗饲养因子”。这两类因子的区别主要是分析角度不同，从营养及生理的角度来看是抗营养因子，而从饲养或管理的角度来看，是抗饲养因子。

关于自氧化作用产物，关键在于及早和正确地使用抗氧化剂。关于真菌毒素的防止，要及早正确地使用防霉剂，由于饲料中可能存在的真菌毒素十分复杂，而目前市面上销售的吸附剂的作用力也有一定的限制，因此不能期望使用了毒素吸附剂就可以高枕无忧了。另外也应该有限度地使用毒素吸附剂，因为毒素吸附剂是非专一性的，它们可以把饲料里某些营养成分吸附掉。在实际生产中也可以把毒性较高的饲料原料与含毒量较低的饲料原料进行搭配，使饲料里的含毒量降到安全水平以下，也是饲料的生产策略之一。

饲料中的非淀粉多糖是指 $\beta$ -葡聚糖、戊聚糖、纤维素、果胶、甘露聚糖等，这类化合物的共同特点是不能被单胃动物的内源消化酵素所分解，它们会直接进入单胃动物的大肠，而被大肠内的微生物分解和发酵。从而易造成单胃动物特别是禽类的营养障碍。其表现为饮水量显著增大，粪便含水量增高，生长缓慢，饲料报酬下降。解决饲料里非淀粉多糖的有效途径是使用消化酵素添加剂（Digestive enzyme additive），另外，消化酵素添加剂的合理作用，还可使饲料配方更为灵活，采用更多的非传统饲料原料如大麦、黑麦、燕麦等。使用中要特别注意多种消化酵素活力的适当搭配，因为饲料里的化学成分是非常复杂的，过分强调某种酵素的效果是不恰当的。另外，在使用消化酵素添加剂时，要注意产品类型，要避免使用直接由发酵物制成的产品，这类产品由于没有适当的纯化处理，所以含有很高的霉菌孢子数，它们会使饲料发生霉变，等于给饲料接种了霉菌。此外，使用了消化酵素添加剂后，要适当注意降低制粒过程中的温度和时间，因为过高的温度和太长的保持时间，可能降低某些酵素的活力。因为所有的酵素制剂都是由蛋白质组成的，它们一般都不能忍受超过90℃的高温。最佳的使用消化酵素添加剂的方法是在饲料制成颗粒后，以液态喷涂在冷却的饲料颗粒表面上，这种方法比较适合于大型饲料厂，其优越性是能自动化，不受制粒过程的影响，但需要特殊的设备和技术。

饲料中添加某些矿物质、药物和非常规饲料原料而造成动物拒食或减食的现象，也可用诱食剂、味蕾封闭剂、甜味剂或者三者的组合来解决。所有的动物都会对某类特殊的气味产生特殊的好感，如猫对鱼味、山羊对青草的喜爱。诱食剂的原理就是利用动物本能，研制出适合于各类动物的诱食剂，以抵消饲料“抗饲养因子”的不利影响。动物的味觉是由其舌头上的味蕾所决定的，味蕾有不同分工，有的负责苦味，有的负责酸味等，自然界中有些化合物可以专一性地封闭某一类味蕾，从而使动物不再感觉到它不喜欢的味道，味蕾封闭剂的客观效果会使甜味更甜等。而诱食、味蕾封闭剂和甜味剂三者合为一体，如“猪乐”应该说是抵消“抗饲养因子”的理想途径。

### (3) 非药物途径以及清洁饲料的概念。

随着现代化饲养业的发展，动物的饲养密度不断增高，生产周期也越来越短，从而使现代化的饲养场成为微生物病原菌数量最高的区域。因此，控制病原菌的泛滥将是现