

饲料与营养

蒋挺大 著

学术书刊出版社

S816

05

11

08859

饲料与营养

蒋 挺 大

学术书刊出版社

内 容 提 要

本书从畜、禽的营养需要、饲料的营养和饲料利用率等方面介绍了如何选择和使用饲料，并较为系统地阐述了蛋白质和氨基酸、碳水化合物、脂肪、维生素、矿物质和微量元素的基本知识及其在饲料中的营养价值，为饲料厂和饲养场、饲养专业户能充分利用当地资源生产饲料和有针对性地喂养畜、禽，扩大饲料来源，降低生产成本提供了科学依据。

本书可供配合饲料生产的工程技术人员，技术工人以及饲养场、农村饲养人员阅读，也可作为养道技校和培训班教材和参考书。

饲 料 与 营 养

蒋挺大

学术书刊出版社出版(北京海淀区学院南路86号)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市密云县印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 3.25 字数: 70千字

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

印数: 1—1700册 定价: 1.95元

ISBN 7-80045-451-7/S 157

前 言

为了丰富市场，提高人民生活水平，党和政府狠抓了饲料工业和畜、禽饲养业的发展，并已初见成效。近几年，已从国外引进了一些大型饲料生产厂，中、小型的饲料厂已是星罗棋布，有力地促进了饲养业的发展。现在，从事饲料生产和使用饲料进行养殖生产的人员数以百万计，但除了少数系统地学习过畜、禽营养理论和饲料生产技术的工程技术人员外，绝大部分人缺乏这方面的知识。只有对畜、禽的营养需要和饲料中营养成分的种类、性质、数量及饲料利用率等方面具有基本知识，才能生产出质量好、数量多的饲料，充分利用当地资源，降低成本，多快好省地搞好畜、禽的饲养。

近几年来，各种饲料配方层出不穷，但营养学基础知识却介绍不多。我们搜集一些资料，编成这本小册子，试图补充这方面的不足。

这本小册子是在宇振东副教授促成下写出来的，因时间仓促，搜集资料尚不丰富，难免有错误和不足之处，请行家和读者批评指正。

蒋挺大

1989年1月4日于北京

ABG 23/02

目 录

一、饲料与营养	(1)
(一) 饲料的营养意义	(1)
(二) 饲料和配合饲料	(6)
二、蛋白质和氨基酸	(11)
(一) 蛋白质	(11)
(二) 氨基酸	(17)
(三) 蛋白质和氨基酸的营养价值	(23)
三、碳水化合物	(34)
(一) 概述	(34)
(二) 碳水化合物的营养作用	(38)
四、脂类	(42)
(一) 概述	(42)
(二) 脂类的营养作用	(44)
五、维生素	(48)
(一) 概述	(48)
(二) 脂溶性维生素	(50)
(三) 水溶性维生素	(55)
六、矿物质和微量元素	(61)
(一) 矿物元素的生物利用率	(61)
(二) 常量矿物元素	(63)
(三) 微量元素	(68)
七、常用饲料的营养价值	(75)
(一) 畜、禽对饲料的基本要求	(75)
(二) 常用饲料的营养价值	(77)

一、饲料与营养

(一) 饲料的营养意义

饮食，是人类赖以生存的物质基础。饲喂食物，同样也是畜、禽及水产类生物维持生命、生长繁衍的物质基础。给畜、禽饲喂的食物，习惯上叫饲料；给鱼、虾等水产物饲喂的食物习惯上叫饵料，通常也被包括在饲料之中。

作为食物的最基本之点，就是含有营养素，在食用后能在体内分解为各种对机体有用的成分。

通常认为，营养素包括碳水化合物、脂肪、蛋白质、维生素和无机盐（及微量元素），严格地说来，水也应被包括在营养素之中。这些营养素，是机体组织细胞生长、发育、修补和维持各器官功能所需要的原材料。

从化学的观点来说，无论是畜、禽还是水产类，其机体都是由各种不同的化学物质组成的。这些化学物质，就是上述的水、蛋白质、脂肪、无机盐、碳水化合物、维生素等。从化学元素的角度来看，畜、禽的机体都是由氧、氢、碳、氮、钙、磷、钾、钠、硫、氯、镁等元素组成的。

机体中的这些化学元素，都是处于一种动态平衡之中，它们以饲料的形式被摄入体内，又以废物的形式排出体外。如果这种平衡被打破且长期不能恢复，则畜、禽的生命就不能维持。

从生物化学角度来说，畜、禽体内各部分的细胞都在不

断地发育、生长、死亡，这就是细胞的新陈代谢。为了维持这种新陈代谢，必须不断地供给所需的化学原料。而这些原料，就是由饲料来提供的。因此，饲喂的目的，就是为畜、禽机体的新陈代谢提供原材料。

饲料除了这个功能外，还有第二个功能，就是为生命活动供给能量。

畜、禽机体无论是处在安静状态，还是处在活动状态，都在作机械功、渗透功和进行化学反应，如心脏跳动、血液循环、肺的呼吸、肌肉收缩、腺体分泌、生物活性物质的合成等等。维持体温也需要热能，产蛋、产奶也需要能量。所有这些能量的来源，都是由饲料供给的。畜、禽从饲料获得的能量和新陈代谢所需要的原材料不能满足最低需要量时，就不能正常生长发育。为了维持生命活动，只好将体内贮存的脂肪和蛋白质转化为能量，这就发生了畜、禽的“掉膘”，甚至发生营养不足症。

饲料中的供能物质，包括碳水化合物、脂肪和蛋白质3种。这3种供能物质都是植物光合作用的产物（动物蛋白质和脂肪是间接产物），实际上也是一种贮存太阳能的形式。当这些供能物质进入体内后，通过在体内的氧化过程而释放能量。这与体外的燃烧过程有相似之处，所以可以称为“体内燃烧”。

无论是什么样的饲料，进入畜、禽机体后，大多数小分子物质，如水、无机盐、维生素、添加剂等，都可透过小肠壁直接吸收，无须经过消化。而碳水化合物、脂肪和蛋白质三类供能和营养物质，因为分子结构复杂，分子大，不能被小肠壁直接吸收利用，而必须在消化器官中经过复杂的加工过程，变成简单物质，才能被吸收利用。例如，淀粉要经过

多种生物酶的作用,变成葡萄糖才能被吸收利用;蛋白质要变成氨基酸才能被吸收利用;脂肪要变成脂肪酸和甘油才能被吸收利用。众所周知,人是不能吃草的,因为草主要是含粗纤维,人体不能将纤维素降解为葡萄糖,而反刍动物就能将纤维素降解为葡萄糖。这种将饲料中的大分子有机物转变成能被畜、禽机体吸收利用的较小分子的作用,称为消化作用。消化作用的实质,就是水解作用。吸收后的营养素,按机体的需要,经复杂的生理和生物化学作用,释放出能量;或被改造为机体所需要的各种材料,用于机体的除旧更新或修补。

因此,饲料的营养学意义,既是为机体维持生命提供化学物质和能量,又是为促进生长发育提供化学物质和能量。简而言之,就是为整个生命过程提供物质基础和能量基础。

当然,人们饲养畜、禽和水产生物的目的,是为了获得动物性食物(包括奶和蛋及皮、毛等),而且是希望它们生长得越快越好,它们能提供给人们的产品质量越高越好;而人们投入的饲料是越少越好,越便宜越好。这就是我们要掌握饲料营养科学知识的目的。

评价饲料的优劣,主要看它的营养价值。通常用到一些术语和单位,这里作一些简单的介绍。

1. 饲养标准(营养需要量)

所谓饲养标准,就是营养需要量。也就是说,它是对不同种类、性别、年龄、体重、生产用途与水平的畜、禽,通过大量的重复试验和生产试验规定出来的对每头(只)每天所需的能量和各种营养素供给的数量。这个数量由两部分组成:一部分是畜、禽的最低营养需要量;另一部分是安全裕量(即保险系数)。

饲养标准只是为实际饲养要求、条件和效果提供一个科学依据。

2. 日粮

日粮就是一头牲畜或一只家禽在一昼夜里吃进的各种饲料的总和。能够在数量上全面满足畜、禽的营养需要的日粮，称为“全价日粮”或“平衡日粮”。

3. 饲料报酬

饲料报酬是表示饲料效率的商品生产的经济指标。它是表示每生产单位重量的产品所耗用饲料的数量，有时也叫做饲料消耗比、饲料转化率、耗料比、料肉比、料蛋比等。对于非配合饲料而言，饲料报酬只是表达饲料的数量概念，不牵涉饲料质量；对于配合饲料，若用全期平均数进行计算比较，则能反映出饲料的质量。

此外，从饲料的能量方面来说，也有几种指标，它们代表了饲料中能量在畜、禽机体内消化、代谢的不同阶段的意义：

1. 总能

饲料的总能是指饲料中碳水化合物、粗脂肪和粗蛋白质中所含热能的总和。经前人研究测定，我们现在已经知道，淀粉含的能量是4.1千卡/克，脂肪是9.45千卡/克。蛋白质在体外燃烧时的最终产物，是二氧化碳、水、氨和氮等，释放的能量为5.65千卡/克。在体内氧化的最终产物为二氧化碳、水、尿素、肌酸和其它含氮有机物，因为不能彻底氧化，因此释放的能量比体外燃烧时少，为4.35千卡/克。

从饲料来说，野干草的总能是3.76千卡/克，麦麸为3.89千卡/克，米糠为3.95千卡/克，玉米为3.97千卡/克，大豆为4.09千卡/克，豆饼为4.43千卡/克。

显然，饲料中的总能并不能被畜、禽全部消化利用，例如，淀粉是由葡萄糖组成的，纤维素亦是由葡萄糖组成的，因此它们的能量都差不多是4.1千卡/克。但由于它们的结构不同，反刍动物可以消化利用纤维素，非反刍动物就不能。再如玉米和玉米秸的总能相近，但玉米能被猪消化的能量，要比玉米秸多7倍。因为玉米主要含淀粉，而玉米秸主要含纤维素和半纤维素，猪是不能消化纤维素和半纤维素的。因此，饲料的总能，只能说明饲料本身所具有的能量，并不能反映畜、禽从饲料中获得的能量。

2. 消化能

饲料的消化能，就是饲料可消化物质中含有的能量，也就是饲料总能中除掉不能消化的物质含的能量的部分，可列如下公式：

$$\text{饲料消化能} = \text{饲料总能} - \text{粪中能}$$

粪中能就是未消化物质（由粪便排出）所含的能量。

不言而喻，各种畜、禽及其各种不同生长阶段，消化能力是不同的，所以同一饲料会有不同的消化能，目前消化能主要用作猪的能量供给指标，其它则很少用。

3. 代谢能

代谢能是比消化能更科学一些的一个指标，它能较准确地反映饲料中能量可被畜、禽有效利用的程度。代谢能可列如下公式：

$$\text{饲料代谢能} = \text{饲料消化能} - \text{尿中能} - \text{胃肠道气体中能}$$

尿中能是指饲料被消化吸收后蛋白质的代谢产物如尿素、肌酸等成分中含有的能量。前面曾提及，蛋白质在体内不能象

在体外那样完全被“燃烧”，代谢产物不完全是最终产物，尿素等仍然含有能量。胃肠道气体中能是指由淀粉在体内发酵产生的甲烷等气体中含有的能量，象甲烷这样的气体也不是淀粉代谢的最终产物（淀粉代谢的最终产物是二氧化碳和水），仍含有热能。尿中能和胃肠道气体中能不再能被机体利用，前者在尿中排出，后者以屁的形式排出。

代谢能实际代表了生理有用能，目前被广泛用作牛、猪、禽的能量指标，尤以用于家禽居多。

4. 净能

顾名思义，净能是更科学的能量指标。在代谢能中，只考虑能量物质的生理利用，实际上，饲料在消化吸收的过程中，有一部分能量以热能的形式散失掉了，这一部分损耗没有考虑，这种热能损耗叫食后增热，在代谢能中扣除食后增热，就是饲料的净能，可列如下公式：

$$\text{饲料净能} = \text{饲料代谢能} - \text{食后增热}$$

净能又分维持净能、产奶净能、产脂净能、生长净能等等，用于不同的场合，目前主要用作牛、羊的能量供给指标。

此外，还有总消化养分和饲料单位等能量指标，我国用得较少，这里就不作介绍了。

（二）饲料和配合饲料

人工饲养的畜、禽和水产类食用的物质叫饲料，非人工饲养的畜、禽、水产类食用的物质一般仍称之为食物。实际上，饲料就是饲喂畜、禽、水产类所用的含有一定营养物质的物料。

从性质上分，可作为饲料的物质有动物性物质、植物性物质和矿物质。从营养学的角度来说，可作为饲料的物质必

需含有碳水化合物、蛋白质、氨基酸、脂肪、维生素、无机盐及微量元素中的一种或几种。如果某一种物质含有全部这些营养素，那就是一种比较好的饲料，但不一定是最好的饲料，因为作为一种饲料，含有这些营养素是一个方面，各种营养素之间的比例也是很重要的方面。因此，我们并不要求某种可作为饲料的物质含有多么全面的营养素，只要它们来源广泛，价格低廉，易于加工，便于消化吸收就可以了。

我国目前将饲料分成 8 大类：

1. 粗饲料

包括干草类、农副产品类及饲料干物质中粗纤维含量在 18% 以上的糟渣、糠麸、树叶等，由于粗纤维含量高，难以消化，但较疏松，质轻，在配合饲料中能起增大体积及作为一些添加剂的载体。

2. 青饲料

包括青绿饲料类、树叶及非淀粉质的根茎瓜果类等。其特点是天然水分含量在 60% 以上，营养较粗饲料全面一些。

3. 青贮饲料

将青饲料加适量糠麸或豆渣，酒糟及其它添加剂调制贮存，则成青贮饲料，水分含量不高于 45%。

4. 能量饲料

以含有易消化淀粉为主要成分，干物质中粗蛋白含量在 20% 以下，粗纤维含量在 18% 以下的谷物、米糠、麦麸、草籽、糟渣、淀粉质块根和块茎等，如玉米、小麦、大麦、大米、甘薯等。

5. 蛋白质饲料

包括饲料干物质中粗蛋白含量在 20% 以上的豆类、饼粕类、动物性饲料如血粉、肉粉、蚕蛹粉等。

6. 矿物质饲料

包括天然的（如食盐、石灰石、贝壳粉、蛋壳粉等）或合成的（如硫酸亚铁等）单一矿物质饲料、多种混合的矿物质饲料，以及配合有载体或赋形剂的痕量、微量、常量元素的饲料。

7. 维生素饲料

指工业合成或从天然原料提取的单一维生素或复合维生素，不包括含某项维生素丰富的天然饲料。

8. 添加剂

包括营养性添加剂（如各种氨基酸）、生长促进剂、防腐剂、抗氧化剂、各种药剂、着色剂等，不包括上述矿物质饲料和维生素饲料。有人把血粉、蚕蛹粉等高蛋白饲料叫作蛋白质添加剂，这是一些人的习惯说法，与这里所说的添加剂不是一回事。

由此可见，无论是植物性的、动物性的还是矿物性的，只要是能被畜、禽采食、消化、吸收养分和无毒副作用的物质，都可作为饲料。

当人们还不懂得饲料营养学的时候，只能是有什么喂什么，往往只是一种饲料或数种饲料，在营养上不是全价的，因而是盲目的，不合理的，畜、禽既长不快，长不好，饲料利用率也不高。

现代营养学建立后，人们已能将各具特色的饲料原料和添加剂按规定的加工工艺配合成指定营养成分的、均匀一致的混合饲料，这种混合饲料叫做全价配合饲料，俗称配合饲料。这里所说的“指定营养成分”，就是指畜、禽的不同品种、不同生长阶段和生产水平对各种营养成分的需要量和消化生理特点所需要的营养成分。不言而喻，配合饲料能全

面满足畜、禽对营养的需要，从而能最大限度地发挥畜、禽的生产潜力。另一方面，由于配合饲料是按需要提供营养的，所以又能最有效地利用饲料和节省饲料。

有人用断奶小猪做过这样的对比试验：单喂白玉米，平均每头日增重90克，甚至发生有的小猪因患某些营养成分缺乏症而死亡；用黄玉米搭配一定比例豆饼的混合饲料喂养，平均每头日增量520克；用黄玉米加豆饼，再合理补加钙、磷、微量元素、维生素以及某些氨基酸，成为全价配合饲料喂养，则平均每头日增重960克。从另一方面来说，单喂白玉米，营养不全，增重慢，而且消耗饲料多，每增重1公斤要消耗8.94公斤白玉米；而喂全价配合饲料，营养完全，每增重1公斤只要消耗2.51公斤配合饲料。由此不难看出配合饲料的优越性，这种优越性完全被生产实践所证明。

配合饲料是由多种原料配合而成的。这些原料本身含有多少营养成分并不重要，只要含有营养素并能食用，没有毒副作用，就可利用。因此，配合饲料的原料来源就极为广泛，各种农副产品，林业、草类资源，屠宰、食品、发酵酿造、榨油、制药等工业的下脚料，以及食品工业的废水中回收的一些营养物质，都可以用于配合饲料。所以，大力发展配合饲料工业，能最大限度地开发利用各种饲料资源。

此外，配合饲料便于工业化大生产，生产效率高，成本低，易于质量标准化，饲用安全，高效、方便，大大提高饲养业的劳动生产率和经济效益。

国外配合饲料工业已有80年的历史，到近20年，已成为一个技术成熟的新兴工业。进入80年代，全世界配合饲料年产量已稳定在7亿吨水平。其中美国1.1亿吨，苏联9250万吨，加拿大2210万吨，日本2000万吨。在这7亿吨配合饲

料中,鸡用料约占35~50%,猪用料约占20~35%,牛用料约占10~25%。

我国配合饲料生产起步很晚,1979年才开始生产配合饲料,并陆续从国外引进了70个技术先进的,由计算机控制配合的饲料厂。到1987年底,全国已有饲料加工企业1万多个,职工总数超过15万人,生产混、配合饲料2400万吨,产值超过百亿元。根据农牧渔业部的规定,到2000年,约需1亿多吨饲料,差距实在太大了。

国务院批发的《一九八四年——二〇〇〇年全国饲料工业发展纲要(试行草案)》中指出:当前主要问题是“不能实现按科学配方配制饲料,以满足畜、禽、鱼类的营养需要。因此,必须大力发展饲料工业,把它作为一项重要的新兴行业来办。”并提出为适应饲养业的发展需要,计划到1990年把配合饲料的产量由占商品饲料总量的10%提高到40~50%。

我国发展饲料工业,存在的困难很多,除了技术水平低、设备不配套、资金少,还有一个突出的问题,就是蛋白质资源匮乏,尤其是动物性蛋白质缺口太大。国家每年用大量外汇进口鱼粉,仅1987年一年就进口鱼粉22万吨,进口饲料添加剂7840吨。目前国际市场鱼粉日趋紧张,价格飞涨。据报载,1987年12月,秘鲁鱼粉每吨已上涨到317美元,而到1988年5月,竟涨到578美元。我国鱼粉产量很低,而且质量很差,蛋白质含量达50%以上的很少,一般只有30~40%,与此同时,蛋白质含量仅有10~20%的假鱼粉却不时在市场上出现。

二、蛋白质和氨基酸

从这一部分开始，我们要具体地介绍饲料的各种营养成分。

在讨论畜、禽饲料的营养成分时，最引起人们注意的恐怕就是蛋白质和氨基酸了。首先，这是因为蛋白质和氨基酸对畜、禽的生长和健康具有决定性的影响；其次，因为饲料蛋白质非常紧缺，价格上扬之快，令人咋舌，经济合理地喂用，对于降低饲养成本极为重要。

(一) 蛋白质

蛋白质是一种含有碳、氢、氮和氧4种元素的高分子化合物，有许多蛋白质还含有硫和磷元素，还有些蛋白质含有铁、铜、锌和碘元素。一般说来，蛋白质中含碳元素50~55%，氢元素6~7%，氧元素20~23%，氮元素12~19%，硫元素0.2~3%，磷元素0~6%。其中氮元素的含量一般定为16%。

蛋白质完全水解的产物是氨基酸，说明蛋白质是氨基酸组成的。组成蛋白质的氨基酸只有20多种。

蛋白质里关键的元素是氮，正是氮元素，赋予蛋白质以许多特性。

畜、禽机体中蛋白质的氮元素，不能从呼吸空气中的氮气或从饲料中的硝酸盐、铵盐中获得，也就是说，这些来源的氮，不能在机体内合成蛋白质。

有意思的是，在机体内，糖类能转变成脂肪，脂肪也能

转变成糖类，而糖类或脂肪却不能转变成蛋白质，蛋白质只能从饲料中获得。

由此说明，饲料中的蛋白质，对于畜、禽机体正常代谢具有十分重要的意义。也就是说，饲料中的蛋白质，在畜、禽饲养中起着举足轻重的作用。

蛋白质是生命最重要的物质基础，畜、禽机体内除去水分以外，蛋白质的存在量是最大的。

蛋白质的分子量可由几万到几十万，甚至上百万。由于是一种高分子物质，所以有许多不同于低分子有机物的性质。

蛋白质和其它高分子化合物一样，没有确切的熔点。蛋白质分子链上有许多亲水基团，所以它具有亲水性，可在水中分散，形成胶体分散体系或溶胶。我们习惯上把这个过程叫做蛋白质的溶解，但这种溶解并不象许多低分子化合物那样溶于水后成为真溶液，所以这种溶胶是不能透过半透膜的。

由于蛋白质是由氨基酸组成的，每个氨基酸分子都至少有一个氨基(-NH₂)和一个羧基(-COOH)，因此蛋白质分子链一端必有一个氨基，另一端必有一个羧基。氨基是碱性基团，羧基是酸性基团，在溶液中，由于电离作用，羧基上的氢游离到氨基上，使氨基带正电荷(-NH₃⁺)，羧基带负电荷(-COO⁻)。这样一来，蛋白质分子既有酸性和碱性两种基团，又带有正电荷和负电荷两种电荷，这样蛋白质就具有两性。

蛋白质带正负电荷是氢离子移位后产生的，这样，溶液的pH值就特别重要。当溶液的pH改变时，蛋白质带有的电荷就发生改变，当蛋白质分子带有的正电荷与负电荷相等时，就叫蛋白质的等电点。等电点是以溶液的pH来表示