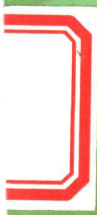
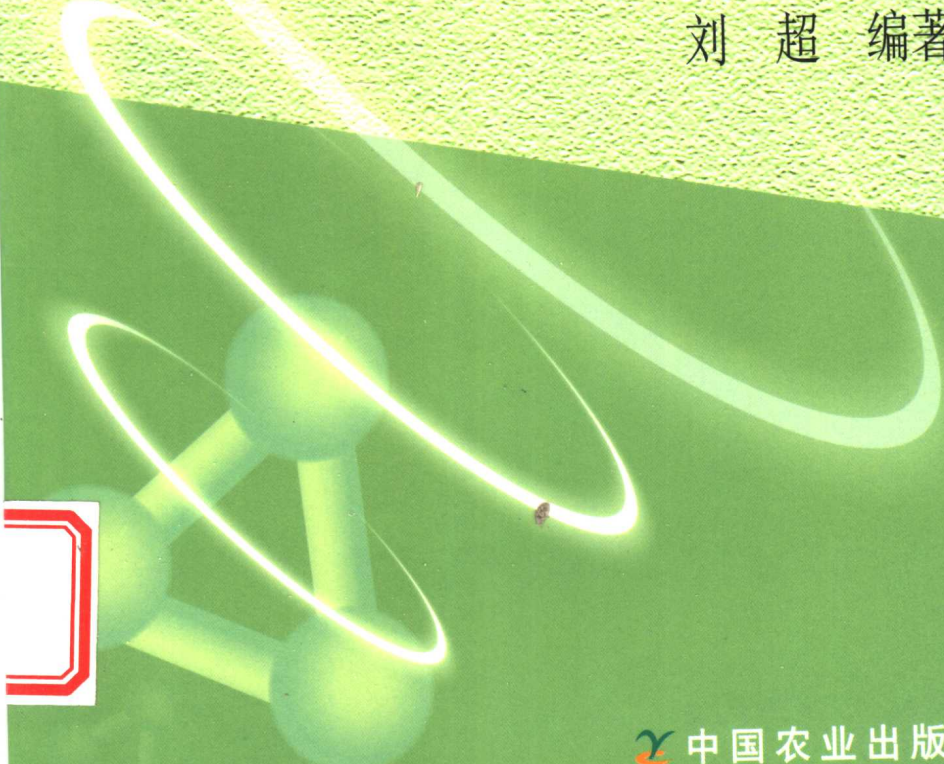


可利用氨基酸饲料 新技术

刘 超 编著



 中国农业出版社

可利用氨基酸饲料 新 技 术

刘 超 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

可利用氨基酸饲料新技术 / 刘超编著. —北京: 中国农业出版社, 2003.11

ISBN 7-109-08624-0

I. 可... II. 刘... III. 高蛋白饲料-新技术

IV. S816.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 095664 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 刘博浩

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 12.5

字数: 310 千字 印数: 1~3 000 册

定价: 22.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书从动物营养的基本原理入手,深入浅出地介绍了从蛋白质、氨基酸到可利用氨基酸营养的发展过程,对可利用氨基酸的概念、定义、测定方法、原料含量测算方法和生产应用进行了总结和阐述,并以附录形式提供了原料中可利用氨基酸的含量。作为新兴学科,本书以理论基础研究为主,兼顾实际应用,可供饲料生产企业和管理工作扩大动物营养知识之用,也可作为大中专毕业生和研究生的参考用书。

前 言

从生物能量代谢氧化还原理论的出现至今,动物营养学的研究约有 200 多年的历史,这期间的能量动力学、蛋白质营养学、矿物质和维生素等营养功能的研究相互交织,共同发展。19 世纪末期氨基酸结构的发现,对蛋白质营养功能的作用机理有了更深入的认识。20 世纪中期已证实了必需氨基酸和非必需氨基酸的存在,并赋予理想蛋白质以实质性的内容。20 世纪后期提出的可利用氨基酸(可消化氨基酸、可吸收氨基酸、有效氨基酸)课题,涵盖了概念、定义到实际应用的各个方面,可见学者对这一研究领域的重视程度。本书是在总结前人研究成果的基础上,从动物营养学的基本原理出发,对这一领域的研究进行系统的总结和分析,使读者对其研究历史和现状有个概括的了解。学识所限,管见之及,谬误难免,以图抛砖引玉,更求事业发展,也期赐教,以便更改。

西北农林科技大学闵育娜、白存江、雷海宁和咸阳市饲料工业办公室南佳平、咸阳市第二人民医院杨英参加了部分章节的编著工作;本书引用文献较多,恕未一一刊出。对参编人员和文献作者一并表示感谢!

编著者

2003 年 12 月

目 录

前言

第一章 饲料与氨基酸	1
第一节 饲料与畜禽的主要营养元素	1
第二节 饲料中首要营养物质	3
第三节 氨基酸的营养研究	5
第四节 可利用氨基酸饲料的研究任务	11
第二章 营养原理	13
第一节 饲料与畜体的组成	14
一、饲料与畜体的成分	14
二、饲料与畜体组成的差异	18
第二节 饲料养分营养原理	19
一、碳水化合物营养	19
二、脂肪营养	21
三、能量与畜禽营养	25
四、维生素营养	28
五、矿物质营养	32
六、水与畜禽营养	34
第三节 营养物质间相互关系	35
一、有机营养物质间的相互关系	35
二、有机营养物质与维生素和矿物质间关系	36
三、维生素和矿物质、维生素和维生素以及矿物质与矿物质间的相互关系	36

第三章 蛋白质	39
第一节 蛋白质的理化性质	39
一、蛋白质结构	39
二、蛋白质的理化性质	41
三、蛋白质的分类	46
第二节 蛋白质营养原理	46
一、蛋白质在畜禽体内的营养作用	46
二、蛋白质的生理功能	48
三、单胃畜禽的蛋白质营养	49
四、反刍家畜的蛋白质营养	52
五、氮化物营养	54
第三节 蛋白质代谢	57
第四节 蛋白质的合成	58
一、各种核酸的功能	59
二、蛋白质的生物合成	59
三、蛋白质生物合成的调节	60
第四章 氨基酸	62
第一节 氨基酸的理化性质	62
一、氨基酸的物理性质	62
二、氨基酸的化学性质	63
三、氨基酸的分类	65
第二节 氨基酸的营养	68
一、氨基酸的营养作用	68
二、氨基酸的生理功能	71
三、单胃畜禽氨基酸营养（理想蛋白质）	73
四、反刍家畜氨基酸营养（非蛋白氮）	87
第三节 氨基酸的代谢	91
一、氨基酸的一般分解代谢	91
二、氨的代谢	92
三、 α -酮酸的代谢途径	94
四、限制性氨基酸的代谢	96

第四节 氨基酸的合成	98
第五节 氨基酸与糖和脂肪间关系	99
第五章 蛋白质氨基酸饲料	101
第一节 饲料中蛋白质的分布	101
一、植物性蛋白质补充料	101
二、动物性蛋白质补充料	103
三、单细胞蛋白质饲料	103
四、非蛋白质氮饲料	104
五、常规与非常规、传统与非传统蛋白质饲料	105
第二节 蛋白质补充料营养价值的评定	105
一、蛋白质补充料自在营养价值的评定	106
二、蛋白质补充料信息营养价值的评定	107
第三节 以氨基酸评价蛋白质营养价值	111
一、单胃动物的评定方法	112
二、影响蛋白质营养价值评定的因素	116
第四节 蛋白质补充料信息营养其他评定方法	117
一、必需氨基酸的理想蛋白比	117
二、氨基酸与能量的比例关系	118
三、氨基酸之间的比例关系	120
四、氨基酸与蛋白质之间的关系	127
第五节 用数学模型评价饲料蛋白质的营养价值	131
一、化学比分法	131
二、必需氨基酸指数	132
三、氨基酸比值系数分	132
四、整齐性指数	132
五、失衡度	133
六、饲料蛋白质的氨基酸平衡指数	133
第六章 可利用氨基酸	135
第一节 畜禽肠道的消化与吸收	135
一、消化的方式及过程	136
二、吸收的方式及过程	137

三、肠道消化吸收与畜禽生产性能	138
四、肠道吸收的调节	139
第二节 可利用氨基酸的生物学意义	140
一、可利用氨基酸的概念	140
二、氨基酸的可利用率	142
三、氨基酸可利用率的表达式	144
第三节 氨基酸可利用率与畜禽营养	146
一、畜禽营养学研究体系	146
二、饲料化学氨基酸与畜禽日粮	147
三、畜禽营养学研究的目的与任务	149
四、氨基酸可利用率在畜禽与饲料之间的地位和作用	150
五、可利用氨基酸在畜禽营养学中的意义	151
第四节 可利用氨基酸的分类	154
一、可利用氨基酸的命名	154
二、可利用氨基酸的分类方法	158
第七章 饲料氨基酸可利用率的测定	161
第一节 基本依据和方法	161
一、基本依据	161
二、基本方法	162
三、其他方法	166
第二节 氨基酸可利用率测定的基本条件	169
第三节 猪饲料氨基酸食糜取样法	171
一、屠宰法	172
二、瘰管法	173
三、回一直肠吻合法	175
四、回肠末端取样方法的比较	176
五、应用前景及条件	181
第四节 鸡饲料氨基酸可利用率的测定	182
一、试验条件	182
二、测定程序	183
三、内源性氨基酸排泄量测定	184

四、试验进程	184
五、分析与处理	185
第五节 影响氨基酸可利用性的物质	186
一、蛋白酶抑制因子	186
二、单宁	187
三、硫葡萄糖苷	188
四、棉酚色素	189
第八章 可利用氨基酸需要量	190
第一节 需要量的性质和作用	190
一、饲粮与需要量	190
二、需要量的表述	193
三、饲料生产与需要量的关系	195
第二节 需要量的研究方法	197
一、衡量需要量的标征	197
二、需要量的研究方法	199
三、确定需要量的原则	202
第三节 可利用氨基酸维持需要	204
一、维持需要与代谢体重	204
二、基础代谢与绝食代谢	205
三、内源氮与代谢氮及体表损失氮	206
四、基础氮代谢的定量表示和评定	209
五、维持需要量的估计	210
第四节 可利用氨基酸生产需要	215
一、生长肥育需要量	216
二、产蛋需要量	232
第九章 可利用氨基酸补充料	239
第一节 可利用氨基酸补充料的概念	239
一、定义依据及原则	239
二、定义方法及表达式	241
第二节 植物性可利用氨基酸补充料	244
一、豆科及禾本科籽实	244

二、油饼油粕类饲料	245
三、农副产品加工副产品	267
第三节 动物性及单细胞可利用氨基酸补充料	271
一、鱼粉	272
二、肉骨粉	278
三、血粉	279
四、羽毛粉	281
五、蚕蛹粉粕	283
六、皮革粉	284
七、乳清粉	285
八、单细胞蛋白质	286
第四节 非常规可利用氨基酸补充料	288
第十章 可利用氨基酸在日粮配方中的应用	291
第一节 配制的原则和程序	291
一、以可利用氨基酸配制日粮的优越性	291
二、配方设计的原则和依据	293
三、配方设计的基本程序	295
第二节 原料采购和产品设计	300
一、饲料原料评价方法	301
二、原料采购	305
第三节 配方设计中易混淆的原料和有关概念	306
一、饼粕的异同点	306
二、未知生长因子	307
三、饲料酵母与酵鸭饲料	307
四、玉米蛋白粉与玉米麸料	308
五、肉骨粉与肉粉	311
六、DDGS 玉米	313
第四节 最佳效益配方设计技术	317
一、饲料配方的计算方法	317
二、最佳效益配方的数理基础和基本步骤	320
三、目标规划与最佳效益配方	326

四、数据库在饲料配合中的应用	333
----------------------	-----

附表

附表 1 饲料描述及常规成分	340
附表 2 单一饲料有效能及矿物质	344
附表 3 单一饲料氨基酸	350
附表 4 鸡饲料真和/或表观氨基酸利用率参考值	354
附表 5 猪饲料真和/或表观氨基酸利用率参考值	358
附表 6 家禽单一饲料可利用氨基酸含量 (%)	362
附表 7 猪单一饲料可利用氨基酸含量 (%)	366
附表 8 家禽可利用氨基酸需要量参数	370
附表 9 猪可利用氨基酸需要量参数	371
附表 10 肉鸡可利用氨基酸需要量参数	372
附表 11 蛋鸡可利用氨基酸需要量参数	373
附表 12 种猪可利用氨基酸需要量参数	374
附表 13 仔猪可利用氨基酸需要量参数	375
附表 14 肥育猪可利用氨基酸需要量参数	376
附录 饲料学中常用术语英文缩写符号	377
主要参考文献	381

第一章

饲料与氨基酸

环境决定畜禽的个体表现，同时是选育改良的背景，而饲料所提供的营养乃环境的最主要成分，也是构成畜产品成本的最大开支。饲料的性质与组合在很大程度上左右着畜禽的生产力、产品质量以至于寿命。饲料是能提供畜禽营养需要，且在合理饲喂状况下不发生有害现象的物质。畜禽吃的虽是饲料，但所运用的却是其中的养分。所以，饲料是外形，养分是内质。饲料与饲养学的任务是在揭示饲料（原料）与畜产品间差距的基础上，解决供与求的矛盾，因此要了解养分在动物体内的转化过程，它们的作用、它们的衡量方式以及各种饲料中它们的含量，然后再从供求角度掌握各类畜禽为了不同生产目的和生产水平所需要的各个养分确切量，做到按需供应，特别是在能量和蛋白质的节约使用上，尽量使饲料和动物这两个潜力都发挥出来。畜牧业的生产已转移到以生产动物蛋白为主的集约化生产轨道上来，其特点是畜禽所处的环境远离自然，经常在逆境中生存，常规饲料日感短缺，对非常规饲料（如添加剂）的依赖程度与日俱增。同时，人造畜产品的势头猛增，因此，畜牧业要存在、要发展，就得以更高的效率向人类提供更优质的产品。

第一节 饲料与畜禽的主要营养元素

畜禽在生长发育、生殖和生活、生产过程中，必须由饲料中

取得各种营养物质作为本身的营养原料，掌握饲料中各种营养物质与畜禽的正常营养生理健康的关系，才可以进一步探讨各种营养物质对畜禽生产包括生长和生殖的作用，更进一步评定饲料的营养价值和制定畜禽的饲养标准，以便更科学合理地使用饲料。

应用化学分析方法研究饲料的化学成分表明，植物体中主要含四种元素，即碳、氢、氧、氮，共占植物体干物质质量的 95%，而动物体中的主要构成元素亦为四种，与植物相同，其总量占动物体干物质总量的 91%（表 1-1）。

表 1-1 家畜体与饲料的化学成分（%）

元 素	碳	氧	氢	氮	矿物质
饲料（即植物）	45	42	6.5	1.5	5.0
肥育阉公牛	63	13.8	9.4	5.0	8.8

矿物质含有铁、钙、硫、磷、钾、镁、氟、碘、钠、氯、锰等常量元素和微量元素，虽占动植物的重量不多，但为构成动植物体所不可缺少的原料。因此，一般畜禽在生活与生长过程中，必须由饲料中获得上述各种元素的供应。实际上，在动植物体中，各种元素并非单独地存在，而是构成复杂的化合物，如蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质及纤维素等（纤维素只存在于植物体中）。由此可见，畜禽体内各种复杂化合物是由饲料中取得原料，经过异化和同化作用后才构成的。

值得注意的是，畜禽的元素构成与植物体的元素构成相差的百分率最大的是氮元素（70.0%），以表 1-1 为例，碳、氧、氢、氮、矿物质在肥育阉公牛与饲料之间相差的百分率分别是：28.6、67.1、44.6、70.0、43.2。其次是氧元素，相差 67.1%。说明畜禽在生长发育及生产繁殖过程中需要量最大的是含有氮元素的营养物质。如果将植物的营养物质与畜禽机体的营养物质比较（表 1-2），可以看出，饲料和畜禽体成分主要区别是，畜禽

体中没有纤维素，而一般饲料中都含有纤维素。同时，畜禽体中所含粗脂肪和粗蛋白质平均量大于饲料中的平均量，说明了饲料中的这两种营养物质在畜禽体内沉积才使畜禽不断生长发育并生产畜产品。若以粗脂肪和粗蛋白质与饲料中的平均含量差数百分率比较，粗脂肪为 74.92%，粗蛋白质为 21.43%，二者合计为 96.35%，说明粗脂肪和粗蛋白质是畜禽从饲料中摄取的主要营养物质。

表 1-2 几种饲料及几种家畜体成分分析结果比较表

营养物质	饲 料				家 畜			
	青干草	甜菜	大麦	向日葵油 饼	半肥育 阉 牛	中等营养 水平绵羊	脂肪 型猪	初生 犊牛
水 分	14	83	14	9	56	54	44	73
粗蛋白质	10	1	9	36	18	19	13	18
粗脂肪	3	0	2	11	20	22	39	4
无氮浸出物	41	9	68	23	1*	1*	1*	1*
粗 纤 维	26	1	4	14	—	—	—	—
灰 分	6	1	3	7	5	4	3	4

* 动物体中碳水化合物含量少于 1%，一般不作考虑（引自德米特罗琴柯《家畜饲养学》14 页，俄文版，1956 年）。

第二节 饲料中首要营养物质

从营养元素上分析，氮素是畜禽的主要营养元素，从营养物质上分析，粗脂肪、粗蛋白质是畜禽两大主要营养物质。粗脂肪的营养作用主要是分解供能和储积畜禽脂肪，有鉴于此，学者们对能量进行了大量研究，动物营养学的起源是生物能量代谢的氧化还原理论（Lavoisier 和 Laplace, 1785）。因此，能量研究是动物营养研究的起源。随着营养学研究的深入，20 世纪中期开始，

对蛋白质营养功能的研究成为主题，蛋白质营养引起学者关注的原因，除了氮是主要营养元素和蛋白质是仅次于能量的营养物质外，还与人类生活水平的提高、要求愈来愈多的动物蛋白质食物及蛋白质饲料愈来愈短缺有关，寻求新的蛋白质饲料资源和充分发挥现有蛋白质饲料资源的营养功能是蛋白质营养研究的中心任务。因此，蛋白质成为饲料中首要的营养物质和研究对象。

蛋白质最早源于希腊语 $\pi\text{P}\text{o}\text{I}\text{o}$ ，由 Mulder (1839) 提出“最原始的”这一朴素的“蛋白质”的原义，后经 J. Vonleibig (1841) 阐明了氮与蛋白质的关系，Kjedahl (1881) 发明了凯氏定氮法，使得蛋白质这一概念有了实质的发展和物质基础。再经后来学者研究，给蛋白质以确切的定义。由于以氮定蛋白包含了非蛋白质的氮化物，故由此测出的蛋白质通称为“粗蛋白质”。

粗蛋白质的含量是以凯氏定氮法测定出饲料中的含氮量，再通过计算而得出的，这种方法是将饲料用硫酸消化，使除硝酸和亚硝酸以外的全部饲料氮转化成氨。通过在消化液中加入氢氧化钠蒸馏使氨释放出来并接收到标准酸中，再用滴定法或自动比色法测出含氮量，由蛋白质含氮 (16%) 推算饲料中粗蛋白质含量，即将测得的含氮数据乘以 100/16 或 6.25 便得到饲料蛋白质的含量近似值。由于这种定氮法测得的含氮量包括非蛋白质氮在内，所推算出的蛋白质含量并不是“真蛋白质”，故称为“粗蛋白质”。

蛋白质的概念产生以后，学者们应用这一概念进行了畜禽饲料的配制和饲料营养价值评定方面的工作，曾在一定范围内得以成功，但也不断遇到挑战。首先是构成蛋白质的基本单位即氨基酸及其化学结构被发现以后，蛋白质营养价值赖以生存的蛋白质生物学效价失去了它的理论基础和实践依据。所谓蛋白质的生物学效价，即畜禽采食蛋白质后蛋白质在畜禽体内的存留率。但在理论上，蛋白质不是作为一个整体单位被动物消化吸收和利用的，而是分解成小肽或单个氨基酸被吸收利用的。饲料中的许多

营养成分是以不溶解的大分子形式存在的，这些物质必须分解成为较简单的化合物才能通过消化道黏膜进入血液和淋巴，这种分解过程叫做消化，已消化的养分通过消化道黏膜的过程就是吸收。显然，蛋白质是通过小肽或氨基酸被吸收的，而只有吸收了才能被利用。在实践上，蛋白质的生物学效价不具备可加性，即不同饲料原料所配制的日粮其蛋白质生物学效价并不是单个饲料原料中各个蛋白质生物学效价的算术均值。用条件一致的动物测定甲、乙两种原料的生物学效价，然后将甲、乙两种原料混合测其蛋白质生物学效价，所得结果不等于甲原料蛋白质生物学效价与乙原料蛋白质生物学效价之和的 $1/2$ 。其次，可加性是衡量蛋白质生物学效价能否应用于生产实际的一个重要指标，不具备可加性则不能依此配制日粮，而重演性是衡量蛋白质生物学效价测定方法是否可靠的一个重要指标。由于不同氨基酸组成的蛋白质相互配合后的互补作用，以及在日粮中补加一种限制性氨基酸即可使日粮中其他氨基酸的平衡性得到改变，都说明蛋白质生物学效价不具备理想的重演性，只能在特定条件下（如基础日粮为无氮日粮）才能重演。

以蛋白质评价饲料营养价值和配制畜禽日粮显然不能反映畜禽的真实利用情况，因此也不能达到发现新的蛋白质饲料资源和充分发掘蛋白质饲料营养价值的目的。

第三节 氨基酸的营养研究

蛋白质的营养价值实质上是氨基酸的营养价值。日粮中的氨基酸，除游离氨基酸外，大多为构成蛋白质的主要物质，其占畜禽日粮成本的 $1/4$ 左右。和其他营养成分相比，氨基酸是畜禽生产经济效益中影响最大的营养成分，它的丰缺及可利用率高低极大地影响着畜禽的生产性能。动物营养科学的主要目标之一是配制最低成本和能精确预测生产性能的日粮，所以，蛋白质是饲料