

国家重大出版工程项目

动物营养学

第6版

Animal Nutrition

Sixth Edition

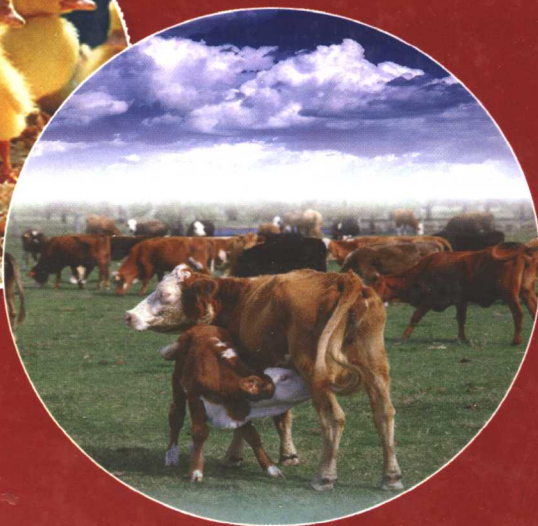
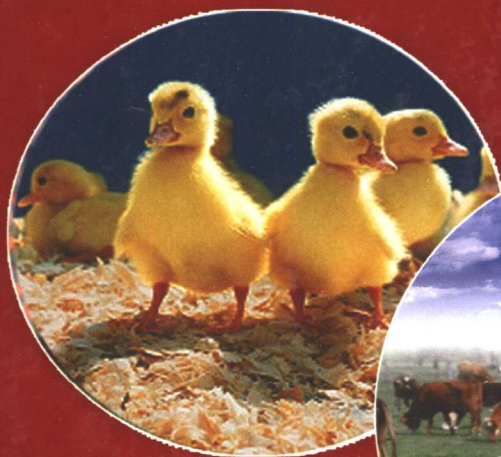
[英] P McDonald, R A Edwards

编著

J F D Greenhalgh, C A Morgan

王九峰 李同洲 主译

金久善 审校



中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

动物营养学:第6版/(英)P·麦当劳(P McDonald)等编著;王九峰,李同洲主译. —北京:中国农业大学出版社,2007.2

书名原文:Animal Nutrition, Sixth Edition

ISBN 978-7-81117-087-0

I. 动… II. ①麦… ②王… ③李… III. 动物营养-营养学 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 112519 号

著作权合同登记图字:01-2005-5544 号

书 名 动物营养学

作 者 P McDonald, R A Edwards, J F D Greenhalgh, C A Morgan 编著

王九峰 李同洲 主译

策划编辑	宋俊果	责任编辑	王艳欣 田树君
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	100094
电 话	发行部 010-62731190,2620	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	涿州市星河印刷有限公司		
版 次	2007年2月第1版	2007年2月第1次印刷	
规 格	889×1194 16开本	30.75印张	899千字
印 数	1~2 500		
定 价	98.00元		

图书如有质量问题本社发行部负责调换

第 6 版序言

自 1966 年这本书第 1 版出版以来,出版社鼓励作者每 7 年修订一次。每个版本在前一版的基础上只做了较小的改动。第 6 版的大部分章节也同样是按照这个原则进行的。然而,在第 6 版中增加了两章——第 18 章和第 25 章。第 18 章“动物营养和动物产品的消费者”主要讨论当今人们饮食中肉制品、牛奶、鸡蛋的需求量和安全问题。除此之外,这章还比较了人与一些家畜的营养需求量。第 25 章“饲料添加剂”再次提到了生长促进剂,虽在第 1、2 版中已经讲述过。再次介绍这个话题是因为在过去 40 年中可以使用的添加剂发生了很大变化,从当前不能被接受的添加剂物质(如雌激素)到更多考虑消费者的观点而选择的物质。

在作者的一生和这本书的修订过程中,营养学的研究重心已经发生了改变,从饲料对动物整体性能的影响转移至营养物质对特定组织和器官的影响。因此,当今研究的重点更注重的是对机制而不是结果进行研究,研究深度已经深入至细胞及其成分。要不是出版社特意要求第 6 版应达到合理的篇幅,作者可能会增加“细胞营养学”的篇幅(在将来的版本中可能会做)。因此,应用营养学也就意味着整体动物的饲养仍是这个版本的主题。

但是应用营养学本身是在不断地演化的,最值得注意的是在饲养系统中将饲料中的能量和蛋白质水平与动物的需求和反应联系起来。作者已经试图更新这本书的主要章节,目的是反映逐渐复杂化的饲养系统。有关计算机程序的内容也曾考虑过,但被出版社驳回,其原因是这些内容更新得太快,以至于很难与第 6 版应延续 7 年的设想相匹配。本版本中的改变还包括饲料分析新方法方面的描述以及关于马营养方面的更多介绍,涉及马的饲养标准。编写的格式已经作了修改,包括特定材料的表框,章节内容的目录和章节小结。关于日粮配制等章节增加了问答题(在本书最后附有参考答案)。

第 6 版是在首次没有 P McDonald 的参与下完成的,他是“动物营养学”的倡导者,目前他仍健在且状态很好。但是他决定把第 6 版的修订工作留给其他人来做。他的合著者想念他,尤其是他准时交稿的超凡能力,同时非常高兴他对早期版本的大部分贡献仍然出现在第 6 版中。

同早期的版本一样,这里作者非常感谢他们的同事及朋友的建议和支持。尤其要感谢爱丁堡苏格兰农学院的 Mitch Lewis 博士。

J F D Greenhalgh, R A Edwards and C A Morgan

2001 年 4 月

(王九峰 译)

致谢

我们非常感谢以下版权所有人,许可我们复制、使用他们的材料:

图 1.1 源自 Agricultural and Food Research Council Technical Committee, Report No. 11 "Response in the yield of milk constituents to the intake of nutrients by dairy cows" (Wallingford, Oxford, CABI Publishing International); 表 1.3 源自 *Principles of Pig Science* 表 10.4, 经 University of Ghent Dierick N A 许可; 表 3.6 源自 *Textbook of Biochemistry with Chemical Correlations* 第 4 版第 56 页表 2.12 (ed. Delvin T M, 1997), 经 John Wiley & Sons Inc. 许可; 图 5.1 源自 Roche Vittec, *Animal Nutrition and Vitamin News* (第 1 卷, A1-10/2, 1984 年 11 月), 经 Roche Vitamins(UK)Ltd 许可; 表 5.2 不同种类动物肝脏中维生素 A 贮存量均值 (Moore T, 1969), 源自 *Fat Soluble Vitamins* (Morten R A ed. Pergamon Press) 第 233 页; 图 6.1 源自 Mineral Metabolism (Symonds H W and Forbes J M), 见: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism* (Forbes J M and France J eds. Wallingford, CAB International); 图 12.2 源自 *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 18:295 (Joyce J P et al., 1975); 表 13.1 氮对粗蛋白的转换系数 (Jones D B, 1931); 表 13.2 源自 Novel methods for determining protein and amino acid digestibilities in feedstuffs (Sauer W C and de Lange K, 1992), 见: *Modern Methods in Protein Nutrition and Metabolism* (Nissen S ed. London, Academic Press); 表 13.3 日粮为小麦、大豆粕和青鱼粉的大白猪/长白猪的氮平衡, 源自 Morgan C A and Whittemore C T, 未出版; 表 13.4 大鼠维持和生长需要的生物学价值的计算, 源自 Mitchell H H, 1924; 图 13.4 (图 1) 和表 13.8 (表 13.1) 源自 *Recent Advances in Animal Nutrition* (Chapula W and Sniffen C J, 见: Garnsworthy P C and Cole D J A eds. 1994), Nottingham University Press; 表 13.5 源自 *Journal of Animal Science*, 14:53 (Armstrong D G and Mitchell H H, 1995); 表 13.7 源自 Agricultural Research Council *The Nutrient Requirements of Pigs* (Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, 1981); 表 13.11 源自 *Journal of Dairy Science*, 75:2304-23 第 2306 页表 2 (American Dairy Science Association, Clark J H, Klusmeyer T H and Cameron M R, 1992); 表 13.12 源自 *Journal of Dairy Science*, 66:2198-207 第 2200 页表 2 (American Dairy Science Association, Muscato T V, Sniffen C J, Krisnamoorthy U and Van Soest P J, 1983); 表 14.4 Composition of gains in empty body weight from *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock* (Commonwealth Agricultural Bureaux); 表 14.6 不同年龄和体重动物的增重能量和成分的百分比 (Mitchell H H, 1962), 源自 *Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals*, 由 Elsevier Science 出版; 表 14.7 体躯成分在品种和性别中的不同, 根据博士学位论文 (Ayala H J, 1974) 数据计算, 表 15.1 不同营养水平下的荷斯坦牛发情期的年龄和体重, 源自 Sorenson A M, 1959 No. 936 (Bratton R W, 1959) 和 No. 940, 由康奈尔大学 (Cornell University) 出版; 表 15.4 源自 Agricultural Research Council *The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock* (Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980, Farnham Royal); 表 15.5 源自 Agricultural Research Council *The Nutrient Requirements of Pigs* (Commonwealth Agricultural Bureaux, 1981, Farnham Royal); 表 15.6 源自 *Journal of Agricultural Sciences*, Cambridge, 45:229 (Gill J C and Thomson W, 1954); 表 16.2 乳脂中脂肪酸的组成, 源自 Bickerstaff R, 1970; 表 16.3 牛奶脂质中总脂肪酸的成分, 源自 *Journal of Dairy Science* 74:3228 (Jensen R G, Ferrier A M and Lammi-Keefe C J, 1991); 表 16.4 和表 16.5, 源自 *Dairy Facts and Figures* 第 30 页表 16 (National Milk Records, Wiltshire, 1999); 图 16.5 源自 *Recent Advances in Animal Nutrition*, 第 49~69 页 (Broster W and Thomas C, 1981, 见 Haresign W ed. London, Butterworths); 表 16.6 和表 16.7 源自 *Dairy Science Abstracts*,

■ 动物营养学

23;251(Rook J A F,1961);图 16.8 源自 *Journal of Agriculture and Science*, Cambridge,38:93(Wallace L R,1948);图 16.9 源自 *Journal of Agriculture and Science*, Cambridge,79:303 (Peart J N et al.,1972);表 16.13 和表 16.14 源自 Agricultural and Food Research Council Technical Committee, No.10, 1998, *The Nutrition of Goats*(第 17 页表 2.9)(Wallingford, Oxford, CABI);图 16.6 泌乳期(47 周)和干奶期钙和磷累积的平衡源自 Ellenberger H B, Newlander J A and Jones C H,1931,康奈尔大学出版;表 16.18 母猪奶的成分和产奶量的变化,表 16.19 产仔数对母猪产奶量的影响,源自 *Nutrition and Lactation in the Sow*(Elsley F W H,1970), Butterworth Heinemann(Oxford) 出版;表 16.22 源自 *Equine Nutrition and Feeding* 第 2 版(Frape D,1999, Blackwell Science Ltd.);表 17.2 仔猪日粮的选择,数据源自 Commonwealth Agricultural Bureaux Kyriazakis I, Emmans G C, Elsevier Science 出版;表 17.3 粉碎对摄入与消化率的影响,源自 Greenhalgh J F D and Reid G W,1973,见: *Animal Production*, Prentice Hall 出版;表 18.1 源自 *Human Nutrition and Dietetics*(Garrow S and James W P T, eds,1993, Harcourt Publishers Ltd);表 18.3, 表 18.4 和表 18.5 源自联合国粮农组织(Viale delle Terme di Caracalla, Rome, Italy);表 18.6 源自 Ministry of Agricultural Food and Fisheries © crown copyright, *National Survey of Domestic Food Consumption and Expenditure*, 通过 HMSO 管理员的许可;表 18.7 源自 *The Nutrition Society Proceedings of the Nutrition Society*, 58:219-34(Rosegrant M W, Leach N and Gerpacio R V,1999);表 19.6 成分(g/kg DM)和代谢能值,源自 *Tropical Feeds*, FAO(Italy) 出版;表 19.7 紫花苜蓿的干物质组成,源自 MAFF (1975) *Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants*, 第 70 页(HMSO, London);表 19.8 不同生长阶段大麦全株的化学成分,自 Edwards R A, Donaldson E and MacGregor A W,1986,第 650~666 页, John Wiley & Sons(USA) 出版;表 20.4 完全由黑麦草和玉米制作的保存完好的青贮料的典型成分,源自 Donaldson E and Edwards R,1976,第 536~544 页,剑桥大学出版社(Cambridge University Press) 出版;表 20.5 由鸭茅或苜蓿制成的劣质青贮饲料的成分,源自 *The Biochemistry of Silage* (McDonald P, Henderson A R and Heron S J E,1991, Marlow, Chalcombe Publications) 第 271 页;表 20.6 接种乳酸菌与未接种乳酸菌的青贮饲料的组成及其营养价值比较(Henderson A R et al.,1990, Proceeding Eurobac Conference, Uppsala,1986,第 93~99 页);表 20.7 源自 *Animal Feed Science and Technology*, 7:303-14(Henderson A R, McDonald P and Anderson D H,1982);表 20.9 源自 *Animal Feed Science and Technology*, 28:115-28 第 126 页表 6(Barber G D, Givens D I, Kridis M S, Offer N W and Murray I,1990, Elsevier Science), 由 Excerpta Medica Inc. 授权;表 20.11 源自 *Animal Science*, 66:357-67 第 363 页表 4, British Society of Animal Science(Offer N W, Percival D S, Dewhurst R J and Thomas C,1998);表 21.1 田间干制初期黑麦草/三叶草的含氮成分变化,源自 *Grass and Forage Science* (Carpintero M C, Henderson A R and McDonald P,1979),第 311 页,由 Blackwell Science(Oxford) 出版;表 21.5 源自 *Some mineral contents of hay and barley straw*(Mackenzie E J and Purves D,1967,第 23 页), The Edinburgh School of Agriculture 出版;表 21.6 源自 *Agricultural Progress*, 58:11(Greenhalgh J F D,1983);表 21.7 源自 *Animal Feed Science and Technology*, 27:17(Djajanegara A and Doyle P T,1989);表 23.3 源自 'The nutritional value of fresh brewers' grains from Occasional, No.3 (Barber W P and Lonsdale C R,1980) 由 Midlothian British Society of Animal Science 出版;表 23.4 蒸馏酒糟的营养价值,源自 *Distillery By-Products as Feeds for Livestock* (Black H et al.,1991), 由 Scottish Agricultural College 出版;表 23.5 源自 *British Journal of Nutrition* 32:59(Ørskov E R, Fraser C and Gordon J G,1974) 和 *Animal Production* 18:85(Ørskov E R, Fraser C and McHattie I,1974);表 24.1 源自 *Feed Facts Quarterly*, No.1(表 21,1999)和(表 23,2000), HGM 出版社见 <http://>:

www. hgmpubs. com; 图 25. 1 和图 25. 3 源自 *The Living Gut* (图 7. 8, 第 105 页和图 8. 9, 第 142 页), (Ewing W N and Cole D J A, 1994), Context 出版社, 53 Mill Street, Packington, Leics. LE65 1WN, Tel: 01530 415228, context@totalise. co. uk; 表 25. 1 源自 *Alltech European Lecture Tour*, Feb. -Mar. (Rotter B A, Marquardt R R and Guenter W, 1989); 图 25. 2 源自 *Feed Compounder*, 1 月刊, 1991, 第 16~19 页 (Offer N W, 1991), HGM 出版社, 见 [http://www. hgmpubs. com](http://www.hgmpubs.com); 附表 11 和 12 源自 *Nutrition Requirements of Horses* 第 5 版 (表 5. 1 和表 5. 3), 1989, 经 the National Academy Sciences, courtesy of the National Academy Press Washington D C 许可。

对于引用的某些材料, 我们无法联系到作者取得许可, 如有任何这方面的相关信息给我们, 我们将非常感谢。

(王九峰 译)

© P McDonald, R A Edwards, J F D Greenhalgh and C A Morgan 1966, 1973, 1981, 1988, 1995, 2002.

This translation of **ANIMAL NUTRITION, Sixth Edition** is published by arrangement with **Pearson Education Limited**.

本书简体中文版本翻译自[英] P McDonald, R A Edwards, J F D Greenhalgh and C A Morgan 编著的“ANIMAL NUTRITION, Sixth Edition”。

中文简体版本由 **Pearson Education Limited** 授权中国农业大学出版社专有权利, 在中国大陆出版发行。

作者 P McDonald, 爱丁堡大学农业生物化学前审稿人; 爱丁堡农业学校
农业生物化学系前主任

R A Edwards, 爱丁堡农业学校动物营养系前主任

J F D Greenhalgh, 阿伯丁(Aberdeen)大学动物生产与健康学院名
誉教授

C A Morgan, 苏格兰农学院动物营养学家

中文版由中国农业大学出版社组织翻译。中国农业大学、河北
农业大学联合华南农业大学、华中农业大学以及天津农学院等单位
的专家学者共同完成。

主 译 王九峰 李同洲

审 校 金久善

译 者 (以姓氏笔画为序)

王九峰 车向荣 李同洲 杨红建

郭 亮 黄向阳 蒋思文 臧素敏

目录

第6版序言

致谢

1 动物与饲料	1
1.1 水分	1
1.2 干物质及其成分	2
1.3 饲料分析与特征	3
小结	8
推荐阅读材料	8
2 碳水化合物	10
2.1 碳水化合物的分类	10
2.2 单糖	11
2.3 单糖衍生物	14
2.4 寡糖	16
2.5 多糖	18
2.6 木质素	21
小结	21
推荐阅读材料	22
3 脂类	23
3.1 脂类的分类	23
3.2 脂肪	24
3.3 糖脂	30
3.4 磷脂	32
3.5 蜡	33
3.6 类固醇	34
3.7 萜	36
小结	37
推荐阅读材料	37
4 蛋白质、核酸和其他含氮化合物	38
4.1 蛋白质	38
4.2 氨基酸	38
4.3 肽	43
4.4 蛋白质的结构	43

4.5	蛋白质的性质	44
4.6	蛋白质的分类	45
4.7	核酸	46
4.8	其他含氮化合物	48
4.9	硝酸盐	49
4.10	生物碱	49
	小结	50
	推荐阅读材料	50
5	维生素	51
5.1	概述	51
5.2	脂溶性维生素	54
5.3	水溶性维生素:复合维生素 B	63
5.4	维生素 C	73
5.5	维生素过多症	74
	小结	74
	推荐阅读材料	75
6	矿物质	76
6.1	矿物质的作用	76
6.2	矿物元素的天然来源与添加来源	78
6.3	酸碱平衡	80
6.4	常量元素	81
6.5	微量元素	87
6.6	其他元素	96
	小结	96
	推荐阅读材料	97
7	酶	98
7.1	酶的分类	98
7.2	酶的性质	100
7.3	酶的作用机制	102
7.4	酶的特性	104
7.5	影响酶活性的因素	105
7.6	酶的命名	108
	小结	108
	推荐阅读材料	109
8	消化	110
8.1	单胃哺乳动物的消化	110
8.2	反刍动物及其他草食动物的微生物消化	118
8.3	微生物消化的替代	127
	小结	128

推荐阅读材料	129
历史文献	129
9 新陈代谢	130
9.1 能量代谢	132
9.2 蛋白质合成	147
9.3 脂肪的合成	151
9.4 碳水化合物合成	156
9.5 代谢调节	161
小结	161
推荐阅读材料	162
10 饲料营养价值评定:消化率	163
10.1 消化率的测定	163
10.2 测定消化率的特殊方法	165
10.3 消化率的有效性	168
10.4 消化道不同部位的消化和消化率	168
10.5 影响消化率的因素	169
10.6 衡量饲料消化率的替代方法	172
10.7 矿物质元素的利用率	172
小结	173
问答题	173
推荐阅读材料	173
11 饲料营养价值的评定:饲料的能值及其在动物体内的分布	175
11.1 能量需要	175
11.2 能量供给	176
11.3 动物测热法:测定产热量和能量存留的方法	180
11.4 代谢能的利用	187
小结	193
问答题	193
推荐阅读材料	194
12 饲料营养价值的评定:饲料能值的表达体系	195
12.1 能量体系和能量模型	195
12.2 反刍动物的能量体系	196
12.3 猪和家禽的能量体系	203
12.4 马的能量体系	204
12.5 饲料能值的评定	205
小结	206
问答题	206
推荐阅读材料	207

历史文献·····	208
13 饲料营养价值评定:蛋白质	209
13.1 粗蛋白质(CP)·····	209
13.2 可消化粗蛋白质(DCP)·····	210
13.3 内源性氮的评定·····	211
13.4 单胃动物的蛋白质营养价值的评定·····	212
13.5 猪和家禽饲养实践中的饲料蛋白质营养价值的评定·····	218
13.6 反刍动物饲料蛋白质营养价值的评定·····	219
13.7 英国可代谢蛋白质体系·····	229
小结·····	231
推荐阅读材料·····	232
14 维持和生长的饲养标准	233
14.1 维持饲养标准·····	234
14.2 动物生长与营养:生长和产毛的饲养标准·····	243
14.3 维持和生长所需的矿物质和维生素·····	252
14.4 生长的营养控制·····	254
小结·····	256
推荐阅读材料·····	257
历史文献·····	258
15 繁殖的饲养标准	259
15.1 营养和动物繁殖力的激发·····	260
15.2 营养水平、受精力和产卵力·····	260
15.3 家禽蛋的生产·····	263
15.4 胎儿的营养和生长·····	265
小结·····	269
推荐阅读材料·····	270
16 泌乳	271
16.1 乳中各成分的来源·····	271
16.2 泌乳奶牛的营养需要·····	275
16.3 泌乳山羊的营养需要·····	291
16.4 泌乳母羊的营养需要·····	295
16.5 泌乳母猪的营养需要·····	299
16.6 泌乳母马的营养需要·····	302
小结·····	305
推荐阅读材料·····	306
17 随意采食量	308
17.1 单胃动物的采食量·····	308

17.2	反刍动物的采食量	312
17.3	采食量的预测	316
	小结	317
	推荐阅读材料	318
18	动物营养和动物产品的消费者	319
18.1	比较营养学	319
18.2	动物产品对人类需要的贡献	320
18.3	关于使用动物性产品的抗议	323
18.4	动物产品消费的未来趋势	326
	小结	327
	推荐阅读材料	327
19	牧草与饲料作物	328
19.1	牧场与放牧家畜	328
19.2	禾本科植物	328
19.3	豆科植物	335
19.4	其他的饲料	337
	小结	339
	推荐阅读材料	339
20	青贮饲料	341
20.1	青贮饲料、青贮以及青贮器	341
20.2	青贮中植物性酶的作用	342
20.3	青贮中微生物的作用	342
20.4	青贮过程中养分的损失	345
20.5	青贮料的分类	346
20.6	青贮饲料的营养价值	350
	小结	354
	推荐阅读材料	355
21	干草、人工干燥牧草、秸秆和谷壳	356
21.1	干草	356
21.2	人工干燥牧草	360
21.3	秸秆和相关副产品	361
	小结	365
	推荐阅读材料	365
22	根、块茎和相关的副产品	366
22.1	根	366
22.2	块茎	369
	小结	370

推荐阅读材料·····	371
23 谷物及其副产品 ·····	372
23.1 谷物的营养组成·····	372
23.2 大麦·····	374
23.3 玉米·····	379
23.4 燕麦·····	380
23.5 小麦·····	381
23.6 其他谷物·····	382
23.7 谷物加工·····	384
小结·····	386
推荐阅读材料·····	386
24 蛋白质饲料 ·····	387
24.1 油籽饼和油籽粕·····	387
24.2 其他油籽粕·····	394
24.3 豆科子实·····	395
24.4 动物蛋白质饲料·····	397
24.5 乳制品·····	400
24.6 单细胞蛋白·····	401
24.7 合成氨基酸·····	402
24.8 作为蛋白质来源的非蛋白氮化合物·····	402
小结·····	404
推荐阅读材料·····	405
25 饲料添加剂 ·····	406
25.1 抗生素·····	406
25.2 微生态制剂·····	407
25.3 寡糖·····	409
25.4 酶·····	410
25.5 有机酸·····	412
25.6 瘤胃发酵改善剂·····	413
小结·····	414
推荐阅读材料·····	414
附录1 参考答案·····	415
附录2 表格说明·····	417
索引·····	446

1 动物与饲料

1.1 水分

1.2 干物质及其成分

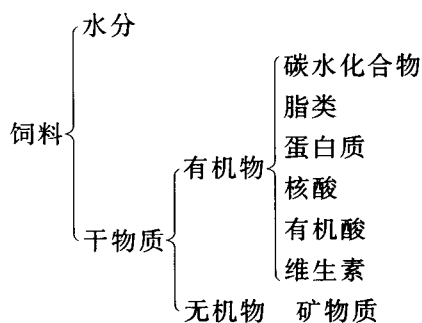
1.3 饲料分析与特征

饲料是在动物采食后,能够被消化、吸收和利用的物质。广义上讲,我们用“饲料”这个术语来描述一切可以食用的物质。例如,青草和干草就可以被称为饲料,但并非其所有组分都可以被消化。本书中使用“饲料”这个词用的是其广义,而那些能被动物利用的成分称为养分。

与人类关系密切的动物很多,包括草食动物(只采食植物,例如反刍动物、马和一些小动物如兔子和豚鼠)、杂食动物(采食各种饲料,如猪和家禽)、肉食动物(主要食用肉类,如犬和猫)。在人类的控制之下,这些主要的动物分类仍然适用,但是现在提供给动物的食物种类已经远远超过了它们在野生环境下生活时能够摄取到的食物(如现在反刍动物的饲料包括很多人类食品工业的植物性副产品,一些犬的饲料也包含大量的谷类)。然而,植物和植物产品仍然是动物营养的主要来源。

尽管有一定量的动物性饲料如鱼粉、乳的应用,但家畜日粮主要是以植物及植物产品为主。动物的生存很大程度上依赖于植物,因此,研究动物营养问题必须从植物开始。

植物能够利用空气中的二氧化碳、水和土壤中的无机元素等简单物质合成复杂的物质。通过光合作用,吸收太阳能并用于上述合成过程。但大部分能量以化学能的形式贮存在植物体内,动物正是利用这些能量来维持生命并合成其机体组织。动物和植物含有相似的化学物质,我们可以根据其结构、性质和功能不同将其分类。动物性和植物性饲料中的主要成分如下:



1.1 水分

水在动物体内的含量随年龄的不同而异。如新生动物体内的含水量为 750~800 g/kg,而成年育肥阶段动物体内的含水量降至 500 g/kg。机体含水量的维持对于动物的生存是极其重要的,限制饮水比限制摄食能更快地导致动物死亡。水在动物体内起溶剂的作用,将营养物质运送到身体各个部位,并将体内废物排出。酶催化的许多化学反应,都需要在水溶液中进行并包含水解过程。由于水的比热高,

能够吸收动物体内产生的大量热量,使体温仅发生轻微改变。水的蒸发热也很高,水经呼吸系统和皮肤的蒸发对于体温的调节有很重要的作用。

动物通过下列3种途径获得水分:饮水、饲料水和代谢水。代谢水是新陈代谢中含氢有机物的氧化形成的。饲料中的含水量不同,从60 g/kg到一些块根农作物的900 g/kg。由于含水量的差异很大,为有效地比较饲料的营养成分,常以干物质计。一些动植物产品的营养成分比较见表1.1。

生长期植物的含水量与生长阶段有关,幼嫩植物比衰老植物的含水量更多。在温带,动物可以自由饮水。在通常情况下,动物是按照需要饮水的,因此没有证据表明过量饮水对动物机体有害。

1.2 干物质及其成分

饲料中的干物质(DM)可分为有机物和无机物两大类,但是在活体组织内无明显区分。许多有机化合物是以矿物元素作为其结构组分。例如,蛋白质中含有硫,许多脂类和碳水化合物含有磷。

表 1.1 动植物产品在新鲜状态和干物质状态下的组分

	水	碳水化合物	脂类	蛋白质	灰分
新鲜物为基础(g/kg)					
苜蓿	910	70	2	11	7
草(幼株)	800	137	8	35	20
大麦	140	730	15	93	22
花生	60	201	449	268	22
奶牛	570	2	206	172	50
牛乳	876	47	36	33	8
肉	720	6	44	215	15
蛋	667	8	100	118	107
干物质为基础(g/kg)					
苜蓿	0	778	22	122	78
草(幼株)	0	685	40	175	100
大麦	0	849	17	108	26
花生	0	214	478	285	23
奶牛	0	5	479	400	116
牛乳	0	379	290	266	65
肉	0	21	157	768	54
蛋	0	24	300	355	321

从表1.1中可以看到,牧草中干物质的主要成分是碳水化合物,其他所有植物和许多种子也是如此。但油料种子例外,含有大量蛋白质和脂类物质,如花生。相对于植物来说,动物体内的碳水化合物含量就比较低。动植物之间这种区别的主要原因为,植物的细胞壁主要由碳水化合物(主要是纤维素)组成,而动物细胞壁几乎完全由脂类和蛋白质组成。并且,植物大多以碳水化合物的形式贮存能量(如淀粉和果聚糖),动物贮存能量的主要形式是脂肪。

动物体内的脂肪含量不是一成不变的,与年龄有关,老龄动物的脂肪含量比幼龄动物要高得多。对于生长植物而言,其脂肪含量相对较低,如在牧草中的脂肪含量仅为40~50 g/kg DM。

蛋白质是动植物体内的主要含氮化合物。植物中大部分蛋白质以酶的形式存在,在幼嫩生长期植物中,含量相对要高,随着植物的成熟,蛋白质的含量降低。动物的肌肉、皮肤、毛发、羽毛、羊毛和爪趾主要由蛋白质组成。

和蛋白质一样,核酸也是一种含氮化合物,在所有生物体的蛋白质合成过程中扮演着重要的角色,也是活细胞遗传信息的携带者。

植物和动物体内都含有有机酸,包括柠檬酸、苹果酸、延胡索酸、琥珀酸和丙酮酸。尽管这些酸类物质在体内含量很少,但在细胞的新陈代谢过程中扮演着重要的媒介作用,其他有机酸产生于瘤胃的微生物发酵过程或青贮饲料中,包括乙酸、丙酸、丁酸和乳酸。

在动植物体内仅含有微量的维生素,许多维生素都是酶体系的重要组成成分。植物和动物中所含维生素的一个重要的区别在于:前者可以合成它们新陈代谢所需要的所有维生素,后者则不能合成或合成能力相对较弱,主要依赖于外源供给。

无机物,包括植物和动物体内除碳、氢、氧和氮之外的所有元素,钙和磷是动物体内最主要的无机成分,而钾和硅是植物体中的主要无机成分。

1.3 饲料分析与特征

最初关于饲料组分的数据,都是用饲料概略分析法分析得到的,这种方法是100年前由两位德国科学家 Henneberg 和 Stohmann 创立的。最近,一种新的分析技术被广泛采用,有关饲料组分方面的信息亦日趋丰富。然而,在欧洲饲料概略分析法仍然作为有法律效力的饲料组分的基本分析方法。

饲料概略分析法

这种分析方法将饲料组分分为六部分:水分、灰分、粗蛋白、醚浸提物、粗纤维和无氮浸出物。

测定饲料水分含量的方法为:将已知重量的饲料在100℃的恒温下烘至恒重,所失去的重量即为水分。这种方法对于大多数饲料效果是很好的,但是对于很小一部分饲料,例如青贮饲料,挥发物质的严重损失可能被忽略。

测定灰分含量的方法为:将已知重量的饲料样品在550℃下灼烧至除去所有的碳,剩余的残渣即为灰分,可用以表示饲料中的无机物的含量。但是,灰分中包含一部分原来有机物的成分,例如蛋白质中的硫和磷,而且一些挥发性物质会以钠、氯、钾和硫等形式损失了。因此,灰分含量无论是质还是量方面都不能代表饲料中的无机物的真实含量。

粗蛋白(CP)的含量可以根据饲料中的含氮量计算,是根据100多年前由 Kjeldahl 发明的一种技术确定的。这种方法是将饲料用硫酸消化,这样可将饲料中除了硝酸盐和亚硝酸盐之外的氮全部转化为氨,通过向消化液中加入氢氧化钠并蒸馏,使氨释放出来并收集至标准酸中,再通过滴定或者自动比色法来确定氮的含量。假设蛋白质中的含氮量为16%,那么用氮的数值乘以6.25,就可推算出蛋白质的近似含量。这并不是真正的蛋白质含量,因为这种测定方法得到的氮的含量,其来源并不仅仅是蛋白质,还包括其他含氮物质,例如游离氨基酸、胺和核酸等物质,因此运用这种方法所得到的蛋白质称为粗蛋白。

醚浸提物(EE)是将饲料置入石油醚中在规定的时间内持续浸提而测定的。石油醚蒸发后的残渣就是醚浸提物。除脂肪以外,其还包括有机酸、乙醇和色素,在最近的官方方法中,使用醚浸提之前先用硫酸水解样品,得到的为酸醚浸提物。

饲料中的碳水化合物包括两部分,即粗纤维(CF)和无氮浸出物(NFE)。前者的测定,是将测定过醚浸提物的饲料残渣相继用规定浓度的沸酸和沸碱处理,所得有机物残渣就是粗纤维。

从1000中减去水分、灰分、粗蛋白、醚浸提物和粗纤维的总量(单位g/kg),其差值就是无氮浸出物。粗纤维包括纤维素、木质素和半纤维素,饲料中不一定都含有这些物质。但它们不同程度的属于无