

第 二 版

猪 的 营 养

李德发 主编

中国农业科学技术出版社

第 二 版

猪 的 营 养

李德发 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

猪的营养/李德发主编. —2版. —北京:中国农业科学技术出版社,2003.5
ISBN 7-80167-516-9

- I. 猪 …
- II. 李 …
- III. 猪—营养(生物)
- IV. S828.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 029729 号

责任编辑	沈银书
装帧设计	孙宝林
责任校对	李刚
出版发行	中国农业科学技术出版社 邮编:100081 电话:(010)68919708;68975144 传真:62189014
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	北京科信印刷厂
开 本	787mm×1 092mm 1/16 印张:27
印 数	3 001~5 500 册 字数:650 千字
版 次	2003 年 5 月第 1 版 2005 年 1 月第 2 次印刷
定 价	60.00 元

ZHU DE
YING YANG **猪**的营养

编 委 会

主 编

李德发

副主编

尹靖东

编 委

譙仕彦	赖长华	陈 勇	任继平
宋国隆	丁玉华	史彬林	王冬艳
王凤来	邢建军	朴香淑	刘玉兰
陈洪亮	孙冬岩	尚秀国	王春林
黄沧海	李振田	陆文清	龚利敏
张鹤亮			

第二版前言

20世纪90年代以来，猪的营养研究经历着又一个快速发展时期。随着新技术的广泛应用、科学管理方法的普及，以及畜产品流通大市场的形成，我国养猪业有了突飞猛进的发展。与此同时，我国的广大科研人员在猪营养研究方面也陆续取得了一批世界一流的科研成果，在国际猪营养研究领域，开始占有一席之地。

《猪的营养》一书，立足国际猪营养研究的前沿，在介绍基础理论知识的前提下，以专题形式总结了猪营养研究的新成就。自1995年第一次出版以来，该书以其“全面、专业、新颖”的鲜明特点，深受广大读者喜爱，成为从事猪营养研究的科研和技术人员必备的参考书籍。

本书第二版在原书的基础上作了较大幅度的补充、修改和完善，吸收了广大读者的建设性意见，基本反映了我国猪营养方面近10年来取得的研究成果。

第二版的篇幅由第一版的14章扩增至19章。鉴于猪营养生理的重要性和近年来取得的研究进展，第二版增加了“第1章 猪的消化生理”、“第2章 猪的消化道微生物平衡及其调控技术”和“第3章 猪饲料能量与氨基酸消化率的评定方法”；在保持原书特点的基础上，将“钙、磷和维生素D营养”和“钾、钠、氯及电解质平衡”两章合并，形成第10章，并将“维生素D”的内容并入“猪的维生素营养”，使全书内容的脉络更加清晰。

在修订原内容的基础上，增加了“第15章 大豆抗营养因子及其对猪营养的影响”、“第17章 酶制剂在猪日粮中

的应用”和“第 18 章 天然植物提取物在猪日粮中的应用”，以反映近年来在饲料原料（大豆）性质和新型饲料添加剂（酶制剂、益生菌和植物提取物）等方面的研究进展。

鉴于分子生物学技术在猪营养研究中的应用方兴未艾，新的研究方法和新的研究思路层出不穷，第二版增加了“第 16 章 猪营养调控的分子基础”，以反映动物营养调控分子机理方面的研究内容，力求使读者们了解分子营养学研究的概貌。

在本书的编著过程中，编委认真收集和总结了国内外同行近 10 年的研究成果，克服了种种困难，孜孜不倦，终于使“猪的营养”（第二版）付梓出版。本书旨在使从事畜牧专业的在校本科生、研究生、动物营养及相关专业的科研人员方便快捷而又全面地了解猪营养研究的新成果和动态。本书同时也作为中国农业大学“十五”期间“骨干课程”的教材和中国畜牧兽医学会动物营养学分会给动物营养学研究生推荐的辅助教材之一，其主要读者对象是国内动物营养和饲料加工专业的研究生及其科研人员。

由于时间仓促，虽然编者做了最大努力，但囿于编著者水平，书中疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作者

2003 年 5 月

第一版前言

近年来，随着生物化学、生理学、免疫学和其他学科的迅速发展，猪营养学的许多方面，诸如各种营养素的代谢规律及其调控机制、各种营养物质及其中间代谢产物间的互作关系、营养素与免疫应答及免疫调控、肠道微生物在营养上的作用和营养物质平衡机制等，都有新的发现或被赋予了新的内涵。人们对猪营养学中许多概念的认识和理解也随之发生了深刻的变化。为使动物营养及畜牧专业的在校学生和研究生、动物营养及相关专业的研究者和从事养猪及饲料加工的工作人员方便而又全面地了解这些新的知识，以促进我国养猪业和饲料加工业的发展，特编写本书。

笔者自 1990 年以来，一直担任大学生和研究生猪营养学的教学工作，深知他们对新知识的渴望，在同养猪场和饲料加工企业的技术合作中，也深感生产上的一线工作人员了解新成果的愿望。因此，本书并未按一般教材的方式对猪营养的所有内容进行泛泛的描述，而是在介绍基础知识的基础上，以专题的形式总结了近 20 年来猪营养学的最新成就。所用文献大多为 70 年代以来公开发表或尚未发表的研究报告，并将其附在每一章的后面，以便读者需要时查阅。

由于时间仓促，水平有限，尽管做了最大的努力，疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作者

1995年 10月

目 录

第1章 猪的消化生理	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 猪消化系统的构造、发育及其消化功能	(1)
1.2.1 消化道的结构	(3)
1.2.2 口腔	(3)
1.2.3 胃	(4)
1.2.4 小肠	(7)
1.2.5 大肠	(10)
1.3 消化酶	(11)
1.3.1 胃消化酶	(11)
1.3.2 胰腺分泌的消化酶	(12)
1.3.3 小肠分泌的消化酶	(13)
1.4 消化道对营养物质的吸收	(13)
1.4.1 吸收的部位	(13)
1.4.2 吸收原理	(14)
1.4.3 各种养分的吸收	(14)
1.5 仔猪的消化生理	(16)
1.5.1 仔猪的消化生理特点	(16)
1.5.2 仔猪消化生理功能的发育规律	(17)
1.5.3 饲料和饲喂体系对仔猪消化功能发育的影响	(19)
主要参考文献	(21)
第2章 猪的消化道微生物平衡及其调控技术	(22)
2.1 猪消化道的微生态环境	(22)
2.2 猪肠道菌群的建立和演替	(23)
2.3 消化道微生物平衡调控技术	(25)
2.3.1 化学益生菌	(25)
2.3.2 益生菌	(27)
2.4 益生菌的开发与研制	(34)

2.4.1	理想益生菌种应具备的条件	(34)
2.4.2	仔猪用乳杆菌益生菌种的选育	(37)
2.4.3	益生菌生产工艺	(39)
2.4.4	益生菌产品标准	(40)
2.4.5	益生菌的开发应用前景	(41)
	主要参考文献	(41)
第3章	猪饲料能量与氨基酸消化率的评定方法	(43)
3.1	养分消化率测定方法	(43)
3.1.1	粪分析法	(43)
3.1.2	麻醉屠宰法	(44)
3.1.3	猪回肠末端取样法	(44)
3.1.4	活动尼龙袋法	(47)
3.2	测定能量与氨基酸消化率的试验日粮设计	(48)
3.2.1	氨基酸消化率测定方法	(48)
3.2.2	能量消化率测定方法	(49)
3.3	试验动物内源氨基酸测定方法及其影响因素	(51)
3.3.1	内源氮测定方法	(51)
3.3.2	影响内源氮损失的主要因素	(54)
3.4	指示剂的选择	(54)
3.4.1	指示剂分类	(55)
3.4.2	指示剂回收率	(56)
3.5	生长试验法	(57)
3.6	体外法评定猪饲料蛋白质及氨基酸消化率	(58)
3.6.1	体外法分类	(58)
3.6.2	体外法的局限性及注意事项	(60)
3.7	近红外光谱技术(NIRS)在饲料分析上的应用	(61)
3.7.1	原理及方法	(61)
3.7.2	在饲料分析中的应用及其影响因素	(61)
	主要参考文献	(64)
第4章	猪的能量代谢	(70)
4.1	基本概念	(70)
4.1.1	能量的概念	(70)
4.1.2	能量的度量单位	(70)
4.1.3	能量代谢的概念	(70)
4.2	能量的代谢过程	(71)
4.2.1	能量代谢的生化基础	(71)

4.2.2 能量的转化与传递	(72)
4.2.3 能量的贮备	(76)
4.3 能量代谢的调控	(76)
4.4 研究能量代谢的方法	(76)
4.4.1 比较屠宰试验	(76)
4.4.2 能量平衡试验	(76)
4.5 能值的分类及其测定	(77)
4.5.1 总能及其测定	(77)
4.5.2 消化能及其测定	(77)
4.5.3 代谢能及其测定	(78)
4.5.4 净能及其测定	(79)
4.6 猪的能量需要量	(80)
4.6.1 维持能量需要	(80)
4.6.2 生长能量需要	(81)
4.6.3 妊娠能量需要	(81)
4.6.4 泌乳能量需要	(81)
4.6.5 后备公猪和母猪能量需要	(82)
4.6.6 配种公猪能量需要	(82)
主要参考文献	(82)
第5章 猪的蛋白质营养	(84)
5.1 氨基酸的生理功能	(84)
5.1.1 合成体蛋白	(84)
5.1.2 分解功能	(84)
5.1.3 氨基酸对动物机体免疫功能的影响	(85)
5.1.4 氨基酸对蛋白质周转代谢的影响	(85)
5.1.5 某些氨基酸对动物的特殊调控作用	(85)
5.2 蛋白质的消化、吸收和代谢	(85)
5.2.1 蛋白质在体内的消化和吸收	(85)
5.2.2 氨基酸在体内的代谢	(86)
5.3 理想蛋白质	(87)
5.3.1 理想蛋白质概念的起源与发展	(87)
5.3.2 理想蛋白质的研究方法	(89)
5.3.3 影响理想蛋白质模式的因素	(90)
5.3.4 理想蛋白质的应用	(91)
5.4 日粮中合成氨基酸的使用	(92)
5.4.1 配合饲料中添加合成氨基酸的种类	(92)
5.4.2 利用合成氨基酸配合日粮	(92)

5.4.3 利用合成氨基酸配合日粮的效果	(92)
5.5 蛋白质周转	(95)
5.5.1 蛋白质周转的概念	(95)
5.5.2 猪不同组织蛋白质周转的特点	(96)
5.5.3 影响蛋白质周转的因素	(96)
5.6 小肽营养	(98)
5.6.1 小肽营养的发展历程	(98)
5.6.2 小肽的吸收	(99)
5.6.3 小肽的代谢	(101)
5.6.4 日粮中添加小肽的前景	(105)
5.7 生物活性肽的营养调控	(105)
5.7.1 生物活性肽的来源、种类和生理功能	(106)
5.7.2 生物活性肽的吸收	(110)
5.7.3 生物活性肽的生产开发	(110)
主要参考文献	(112)
第6章 猪的碳水化合物营养	(120)
6.1 概述	(120)
6.2 猪对碳水化合物的吸收与代谢	(121)
6.3 新生仔猪对碳水化合物的利用	(122)
6.4 猪对粗纤维的利用	(122)
6.4.1 纤维的定义	(123)
6.4.2 纤维的分类及理化特性	(123)
6.4.3 纤维及纤维成分的分析方法	(124)
6.4.4 生长猪日粮中的粗纤维水平	(125)
6.4.5 母猪日粮中的粗纤维水平	(125)
6.4.6 纤维对矿物质利用的影响	(127)
6.4.7 纤维对消化物流通速度的影响	(127)
6.5 小结	(128)
主要参考文献	(129)
第7章 猪的脂肪营养	(131)
7.1 脂肪的生理功能	(131)
7.2 脂肪的消化、吸收和代谢	(132)
7.3 脂肪酸的生物学功能	(133)
7.3.1 维持生物膜的正常功能	(133)
7.3.2 作为类二十烷的前体,广泛参与机体代谢	(133)
7.3.3 维持皮肤的正常功能	(134)

7.3.4 降低血脂和总胆固醇水平	(134)
7.3.5 改善机体免疫机能	(135)
7.3.6 维持大脑和神经组织的正常功能	(135)
7.3.7 必需脂肪酸的其他生物学功能	(136)
7.4 脂肪酸的转运与代谢	(136)
7.4.1 β -氧化	(136)
7.4.2 φ -氧化	(136)
7.4.3 脂肪酸的代谢途径	(137)
7.5 脂肪酸的需要量和缺乏症	(138)
7.5.1 需要量	(138)
7.5.2 影响必需脂肪酸需要量的主要因素	(139)
7.5.3 必需脂肪酸营养水平的评定指标	(139)
7.5.4 缺乏症	(140)
7.6 共轭亚油酸在猪营养中的研究与应用	(140)
7.6.1 共轭亚油酸的生产加工	(140)
7.6.2 共轭亚油酸的活性形式	(140)
7.6.3 共轭亚油酸在猪生产中的研究与应用	(141)
7.7 初生仔猪对日粮脂肪的利用	(143)
7.8 仔猪对日粮脂肪的利用	(143)
7.8.1 仔猪日粮中脂肪的添加效应	(143)
7.8.2 仔猪对不同来源脂肪的利用	(144)
7.8.3 仔猪日粮中添加脂肪对适口性的影响	(145)
7.9 生长肥育猪对日粮脂肪的利用	(146)
7.10 母猪对日粮脂肪的利用	(146)
7.11 脂肪的商业来源	(147)
主要参考文献	(148)
第8章 猪的维生素营养	(152)
8.1 维生素A	(152)
8.1.1 饲料中的含量	(153)
8.1.2 商品来源	(153)
8.1.3 稳定性与生物活性	(154)
8.1.4 维生素A及A原的代谢	(155)
8.1.5 生化功能	(156)
8.1.6 维生素A营养水平的评估	(157)
8.1.7 需要量	(158)
8.1.8 中毒症	(159)
8.2 维生素D	(159)

8.3 维生素K	(160)
8.3.1 饲料中的含量	(161)
8.3.2 商品来源	(161)
8.3.3 拮抗物	(161)
8.3.4 代谢	(162)
8.3.5 生化功能	(162)
8.3.6 缺乏症	(163)
8.3.7 需要量	(163)
8.4 叶酸	(164)
8.4.1 代谢功能	(164)
8.4.2 缺乏症	(164)
8.4.3 需要量	(164)
8.5 维生素B ₂	(165)
8.5.1 代谢功能	(166)
8.5.2 缺乏症	(166)
8.5.3 需要量	(166)
8.6 胆碱	(167)
8.6.1 代谢功能	(168)
8.6.2 缺乏症	(168)
8.6.3 需要量	(168)
8.7 硫胺素	(170)
8.7.1 代谢功能	(171)
8.7.2 缺乏症和中毒症	(172)
8.7.3 需要量	(172)
8.8 泛酸	(173)
8.8.1 代谢功能	(173)
8.8.2 缺乏症	(174)
8.8.3 需要量	(174)
8.9 维生素B ₆	(175)
8.9.1 代谢功能	(176)
8.9.2 需要量	(176)
8.10 生物素	(177)
8.10.1 代谢功能	(178)
8.10.2 缺乏症	(178)
8.10.3 需要量	(178)
8.11 尼克酸	(180)
8.11.1 代谢功能	(180)
8.11.2 缺乏症	(181)

8.11.3 需要量	(181)
8.12 维生素C	(182)
主要参考文献	(182)
第9章 猪的微量元素营养	(186)
9.1 锰	(186)
9.1.1 饲料锰的来源	(187)
9.1.2 不同来源锰的生物学利用率	(187)
9.1.3 影响锰吸收利用的因素	(190)
9.2 铜	(190)
9.2.1 饲料铜的来源	(191)
9.2.2 不同来源铜的生物学利用率	(192)
9.3 铁	(194)
9.3.1 饲料铁的来源	(194)
9.3.2 不同来源铁的生物学利用率	(196)
9.4 锌	(198)
9.4.1 饲料锌的来源	(198)
9.4.2 不同来源锌的生物学利用率	(200)
9.5 碘	(203)
9.5.1 饲料碘的来源	(204)
9.5.2 不同来源碘的生物学利用率	(205)
9.6 硒	(205)
9.6.1 饲料硒的来源	(205)
9.6.2 不同来源硒的生物学利用率	(206)
9.7 钴	(206)
9.7.1 饲料钴的来源	(206)
9.7.2 不同来源钴的生物学利用率	(207)
9.8 饲料中微量元素的建议添加量	(208)
主要参考文献	(209)
第10章 猪的钙、磷及电解质营养	(211)
10.1 钙、磷	(211)
10.1.1 钙、磷的生理功能及体内分布	(211)
10.1.2 钙、磷及维生素D的吸收和代谢	(212)
10.1.3 猪饲料的钙、磷来源	(214)
10.1.4 猪的钙、磷需要量	(215)
10.1.5 猪对植酸磷的利用	(217)
10.1.6 钙、磷和维生素D在实际生产中的应用	(219)

10.2 钾、钠、氯及电解质平衡	(221)
10.2.1 化学特性和生理功能	(221)
10.2.2 电解质在机体中的组成和分布	(222)
10.2.3 机体对电解质的调节	(223)
10.2.4 营养补充	(224)
10.2.5 电解质平衡对猪增重速度和酸碱度平衡的影响	(226)
主要参考文献	(231)
第11章 猪的维生素E和硒的营养	(234)
11.1 饲料中的维生素E和硒	(234)
11.1.1 谷类籽实	(235)
11.1.2 动物产品	(235)
11.2 影响日粮中硒和维生素E利用效率的因素	(236)
11.3 维生素E和硒的相互关系	(236)
11.4 硒和维生素E的代谢	(237)
11.4.1 吸收和血管运输	(237)
11.4.2 代谢转化	(237)
11.4.3 组织分布	(237)
11.4.4 排泄	(238)
11.5 维生素E和硒的功能与缺乏症	(238)
11.5.1 维生素E和硒的功能	(238)
11.5.2 维生素E和硒缺乏症	(240)
11.5.3 猪的硒和维生素E缺乏症产生的原因	(240)
11.6 维生素E和硒缺乏对仔猪和生长猪生长发育的影响	(241)
11.7 维生素E和硒对繁殖性能的影响	(242)
11.8 硒的毒性	(243)
主要参考文献	(244)
第12章 仔猪营养	(246)
12.1 乳猪的营养	(246)
12.2 早期断奶仔猪的消化生理特点	(247)
12.3 断奶仔猪的日粮特点	(248)
12.3.1 高营养浓度日粮	(248)
12.3.2 日粮的防病作用	(248)
12.3.3 日粮粗纤维的含量	(248)
12.3.4 饲料原料的抗原性	(248)
12.3.5 酸化日粮	(249)
12.3.6 其他特点	(249)

12.4 断奶仔猪的管理措施	(250)
12.4.1 仔猪断奶时常遇到的应激因子	(250)
12.4.2 乳猪成功断奶的措施	(251)
12.5 影响断奶仔猪生产性能的因素	(254)
12.5.1 断奶体重或日龄	(254)
12.5.2 营养因素	(254)
12.5.3 环境条件	(255)
12.5.4 其他因素	(255)
12.6 断奶仔猪蛋白质、碳水化合物和脂肪营养的研究新进展	(255)
12.6.1 仔猪的蛋白质需要量与蛋白质饲料	(256)
12.6.2 断奶仔猪的碳水化合物饲料	(261)
12.6.3 脂肪饲料及其添加水平	(261)
12.7 仔猪对磷的需要量	(262)
12.7.1 机体代谢对磷的需要量	(262)
12.7.2 仔猪有效磷需要量的估测	(262)
主要参考文献	(263)
第13章 母猪营养	(264)
13.1 能量、蛋白质和氨基酸	(264)
13.1.1 妊娠	(264)
13.1.2 泌乳	(265)
13.1.3 繁殖母猪氨基酸的营养需要	(267)
13.2 维生素	(271)
13.2.1 胆碱	(271)
13.2.2 生物素	(271)
13.2.3 维生素A和 β -胡萝卜素	(272)
13.2.4 核黄素	(272)
13.2.5 维生素E	(272)
13.2.6 维生素D	(273)
13.2.7 泛酸	(273)
13.2.8 吡哆醇	(273)
13.2.9 维生素B ₁₂ 、维生素C、硫胺素和烟酸	(273)
13.2.10 叶酸	(273)
13.3 矿物质	(276)
13.3.1 锌	(276)
13.3.2 铁	(276)
13.3.3 铜	(276)
13.3.4 锰	(276)

13.3.5	硒	(277)
13.3.6	钙和磷	(277)
13.3.7	氯化钠	(278)
13.4	孕马血清促性腺激素(PMSG)提高母猪的繁殖力	(278)
13.5	母猪的饲养与营养	(279)
13.5.1	后备母猪的饲养	(279)
13.5.2	适时配种	(279)
13.5.3	妊娠母猪的饲养管理	(280)
13.5.4	泌乳母猪的饲养管理	(281)
13.5.5	促进母猪断奶后早发情	(282)
13.6	高产母猪的饲养	(283)
13.6.1	营养摄入对泌乳量的影响	(283)
13.6.2	影响营养素摄入的因素	(284)
13.6.3	环境及其调控	(284)
13.6.4	设备和设施的影响	(284)
13.6.5	泌乳日粮的营养浓度	(285)
13.6.6	水的利用	(285)
13.6.7	产前的饲料采食量和体况	(285)
13.7	关于母猪的限制饲喂	(285)
13.8	饲料消耗的监测	(285)
	主要参考文献	(286)
第14章	猪的营养与免疫	(290)
14.1	营养免疫学的定义	(290)
14.2	营养免疫学的研究历史	(290)
14.3	动物免疫功能的评价方法	(291)
14.3.1	免疫器官的发育情况	(291)
14.3.2	细胞免疫功能的评价方法	(291)
14.3.3	体液免疫功能的评价方法	(291)
14.4	猪营养与免疫研究现状	(291)
14.4.1	营养素对猪免疫功能的影响	(292)
14.4.2	免疫状况对猪营养代谢、生产性能及营养需要量的影响	(302)
14.5	存在问题及发展趋势	(308)
	主要参考文献	(308)
第15章	大豆抗营养因子及其对猪营养的影响	(311)
15.1	大豆主要抗营养因子	(312)
15.1.1	大豆抗原蛋白	(312)