

第五届全国猪营养学术研讨会论文集

猪营养与饲料研究进展

中国畜牧兽医学会动物营养学分会
广东省农业科学院畜牧研究所
东北农业大学动物科学技术学院

编

中国农业科学技术出版社

第五届全国猪营养学术研讨会论文集

猪营养与饲料研究进展

中国畜牧兽医学学会动物营养学分会
广东省农业科学院畜牧研究所 编
东北农业大学动物科学技术学院



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

猪营养与饲料研究进展/中国畜牧兽医学会动物营养学分会等编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2007. 8

ISBN 978 - 7 - 80233 - 337 - 6

I. 猪… II. 中… III. ①猪 - 动物营养 - 文集②猪 - 饲料 - 文集 IV. S828.5 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 104175 号

- 责任编辑 张孝安
责任校对 贾晓红 康苗苗
封面设计 马 钢
出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010)68919704(发行部) (010)68919708(编辑室)
(010)68919703(读者服务部)
传 真 (010)68919709
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 新华书店北京发行所
印 刷 者 北京科信印刷厂
开 本 889 mm × 1 194 mm 1/16
印 张 35.125
字 数 890 千字
版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷
定 价 102.00 元

《猪营养与饲料研究进展》

编 委 会

主 编 蒋宗勇 单安山

副主编 林映才 李建平

编 委	周桂莲	李大刚	郑春田	席鹏彬
	胡友军	蒋守群	张罕星	马现永
	石宝明	许 丽	李 焱	徐良梅
	孙进华	陈志辉		

前言

猪营养科学研究的发展对提高我国养猪生产的技术水平,提升饲料工业的科技含量做出了重要贡献。进入 21 世纪,猪链球菌、无名高热病等恶性传染病的爆发,对我国养猪业、饲料业的健康发展产生了深远的影响。改善集约化养猪生产中猪群的饲料营养,提高猪的免疫力和抗病能力是养猪业健康发展的重要途径之一。随着人们对猪肉产品消费观念的变化,“安全、优质、无公害”猪肉产品备受消费者青睐,实现养猪生产—人类健康—环境保护的和谐统一是我们面临的重大课题。猪营养科学研究的理论突破和技术创新将为以上目标的实现提供强有力的技术支撑与保障。

自 2003 年 11 月在云南召开第四届全国猪营养研讨会以来,我国猪营养研究领域不断拓展,研究方法和手段不断创新,在仔猪早期断奶、肉品质与安全、母猪繁殖效率的营养调控研究等方面,取得了丰硕成果。尤其是在“863”、“973”、国家自然科学基金等重大项目的支持下,将猪营养与免疫学和生物技术相结合,催生了分子营养学的出现,使猪营养研究向着更深入、更全面、更系统的方向发展。本次会议收集到全国各地有关猪营养与饲料科学研究方面的论文 80 多篇,涉及猪营养研究的各个领域,同时也反映了当前国内各科研单位所关注的难点和热点问题,以及猪营养研究的未来发展趋势。从文章的题材来看,仔猪营养研究所占的比重仍居首位,由此可见,仔猪生产中仍有许多问题有待深入研究。尤其令人欣慰的是,过去很少涉足的母猪营养研究已经引起广大科研人员的高度关注,正由原来的难点变成现在的重点和热点。

2007 年是我国著名动物营养学家和中国畜牧兽医学学会动物营养学会的创始人许振英教授诞辰一百周年。许先生从 20 世纪 30 年代开始,就开展了猪营养研究工作,并在 80 年代主持制定了我国首部《猪饲养标准》,为我国猪营养研究的发展贡献了毕生的心血。值此许先生百年诞辰之际,我们仅以此书的出版作为许先生百年诞辰的献礼,深切怀念许先生!

本次会议得到了东北农业大学动物科技学院和广东省农业科学院畜牧研究所的大力支持,他们为本次会议的筹备和组织、本书编辑出版付出了大量心血和汗水。同时本次会议的召开和本书的出版得到了许多企业的赞助。在此,对他们的付出表示衷心的感谢!

在论文的编审过程中,编辑委员会对部分文字和内容在不违背原意的条件下,进行了必要的修改。但因时间、人力及水平有限等众多原因,难免有不当之处,敬请各位同行批评指正。最后,希望本次会议的召开和论文集的出版能为我国猪营养研究和养猪业发展做出应有的贡献。

中国畜牧兽医学学会动物营养学分会 会长 王康宁 研究员
动物营养学分会猪营养学科 组长 蒋宗勇 研究员
2007 年 7 月

目 录

特约报告

我国猪营养研究五十年回顾与展望	(3)
主要营养素在肥育猪体内的分配沉积规律及其调控机制研究进展	(21)
繁殖母猪的氨基酸营养	(34)
大豆抗原及大豆凝集素在仔猪体内消化吸收规律的研究进展	(43)
仔猪氧化应激及硒的抗氧化效应与机制	(51)
乳酸菌消除动物肠道致敏的研究进展	(60)
新生仔猪精氨酸的营养代谢研究进展	(65)
Glycinin 对断奶仔猪生长性能、血清生化指标和免疫指标的影响	(73)
色氨酸对猪摄食和生长的调控及其机理研究进展	(79)
猪生长肥育期添加亚麻籽对组织中 n-3PUFA 富集量、肌肉重和肌肉脂肪的影响	(86)
利用胴体无脂瘦肉生长指数预测长×荣猪 Lys 需要	(95)
棉籽蛋白质饲料猪消化能估测模型的研究	(102)
猪肠道碱性氨基酸转运载体 mRNA 表达的组织特异性及发育变化研究进展	(109)
猪脂肪沉积相关基因研究进展	(117)
畜禽饲用抗生素的作用机制的探讨和后抗生素时代的思考	(124)

母猪营养研究

母猪日粮中支链氨基酸水平对仔猪血清生化和部分免疫指标的影响	(135)
母体营养及猪生长激素 (pGH) 处理对猪胎儿及仔猪出生后的影响	(140)
不同能量水平及来源对后备母猪发情率和体成分的影响	(145)
营养水平对初产母猪妊娠早期胚胎存活和 Leptin 分泌及基因表达的影响	(154)
营养水平对卵母细胞质量的影响及调控途径	(165)
不同激活方法对猪卵母细胞体外发育的影响	(171)
母猪 (民猪) 妊娠中期限饲对后代早期血液生化指标及肌纤维发育的影响	(181)
母猪日粮中的鱼油对乳中脂肪酸和仔猪生产性能的影响	(187)
母猪氨基酸营养代谢研究新进展	(194)
γ -氨基丁酸及其在母猪养殖中的应用	(206)



仔猪营养研究

日粮蛋白质水平对早期断奶仔猪生产性能、粪便微生物及血液生化指标的影响	(213)
不同日粮精氨酸水平对早期断奶仔猪小肠微循环的影响	(219)
不同铜源和添加水平对生长猪肠道微生物和肠黏膜形态结构的影响	(226)
不同时期添加亚麻籽与猪炎症基因表达和生长性能的关系	(232)
二甲酸钾对仔猪生长性能和肠道健康的影响	(242)
精胺对断奶仔猪生长性能和肠道吸收功能的影响	(248)
猪苏氨酸营养研究进展	(252)
静脉注射 Ghrelin 对早期断奶仔猪行为的影响	(262)
纳米蒙脱石替代氧化锌对断奶仔猪生产性能的影响	(271)
发酵乳酸杆菌对断奶仔猪生长性能及免疫功能的影响	(277)
沙棘提取物对断奶仔猪生长和脂肪代谢的影响	(283)
沙棘提取物对断奶仔猪生长性能和血清激素水平的影响	(288)
沙棘提取物对不同品种断奶仔猪消化机能的影响	(293)
五味子提取物对断奶仔猪血液生化指标和抗氧化能力的影响	(298)
中药添加剂对高温下仔猪小肠上皮抗氧化功能的影响	(303)
中药复方对热应激下猪肠道组织 IL-2、IL-10 和黏液 IgA 含量影响	(309)
中药复方对猪热应激时脾脏中 IFN- γ 、IL-4 水平的影响	(313)
中药在防治猪黄白痢病上的应用与机理研究	(317)
β -CD-半胱胺对母猪繁殖性能和仔猪生长性能的影响	(321)
中草药复合多糖对仔猪肠道微生物及小肠黏膜形态的影响	(329)
重组菌毛蛋白抗原制备的抗 ETEC K88ac 卵黄抗体在断奶仔猪中的应用效果研究	(335)
猪免疫应激研究进展	(344)
仔猪断奶应激与调控应激的途径探讨	(349)
谷氨酰胺及其二肽在早期断奶仔猪日粮的应用进展	(354)
L-精氨酸对断奶仔猪肠道损伤的修复作用	(360)

生长肥育猪营养研究

大豆异黄酮对肥育猪生产性能和胴体性状的影响	(369)
饲料添加共轭亚油酸对生长肥育猪生长性能和肉质指标的影响	(374)
五味子与柠檬酸对肥育猪抗氧化功能和肉质的影响	(381)
中药添加剂对高温环境下猪血清抗氧化功能的影响	(387)
营养水平对不同生长阶段三江白猪生产性能的影响研究	(392)
高铜对生长猪生长性能、血清部分激素水平及酶活性的影响	(398)
玉米浆发酵饲料对猪营养生化指标及胴体性状的影响	(405)
猪肌纤维发育及其与肉质的关系	(410)
猪肉的质量性状及其影响因素	(415)
发展生态养猪生产无公害优质猪肉	(419)
低污染养猪技术研究进展	(424)

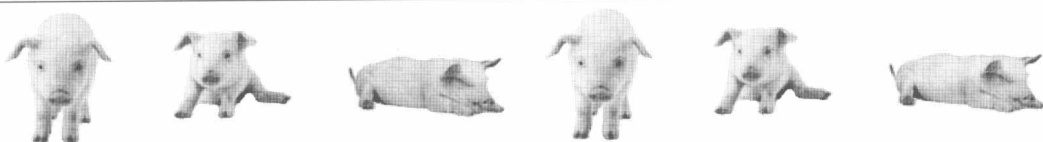


分子营养与新技术研究

枯草芽孢杆菌 β -1, 3-1, 4-葡聚糖酶基因在毕赤酵母中的表达及酶学特性分析	(431)
硫色曲霉木聚糖酶基因 xynB 在毕赤酵母中的分泌表达研究	(436)
产肠毒素大肠杆菌 (ETEC) 987P 菌毛 fasG 亚单位的克隆和表达	(441)
中药体外抗 PRRSV 的筛选及联合重组 PoIFN- γ 抗 PRRSV 的研究	(450)
谷氨酰胺改善过氧化氢引起的猪肠上皮细胞氧化应激及机制的研究	(459)
日粮赖氨酸和消化能比对荣昌猪 UCP3 基因表达的影响及其与猪脂肪沉积的关系	(467)
胆囊收缩素 (CCK) 免疫与动物采食的研究进展	(473)
单胃动物内脏组织蛋白质代谢研究方法	(478)
氨基酸及生长因子对动物肠道干细胞的增殖及定向分化的影响	(484)
质粒介导的促进猪生长的新方法	(491)
脂肪酸转运蛋白 (FATP) 的研究进展	(497)

饲料营养价值评价与添加剂研究

外翻肠囊法评定猪植物性饲料磷生物学效价的研究	(505)
用化学法估测大豆蛋白类饲料消化能的研究	(510)
饲料中非淀粉多糖的测定方法	(517)
LC/MS 法同步检测饲料中沙丁胺醇、莱克多巴胺和克伦特罗	(522)
蓖麻粕中残留蓖麻毒素的 ELISA 检测	(527)
高效液相色谱法同步测定饲料中的五种脂溶性维生素	(531)
我国常见典型仔猪日粮系酸力和电解质平衡水平的调查研究	(534)
硒代蛋氨酸在动物营养上的研究与应用	(537)
新型饲料添加剂——溶菌酶的应用研究进展	(541)
β -甘露聚糖酶的研究进展及其在猪营养中的应用	(546)



特约报告

我国猪营养研究五十年回顾与展望

蒋宗勇 林映才 李大刚

(广东省农业科学院, 广州 510640)

摘要 本文系统地回顾了50年来我国猪营养与饲料科学研究的发展历程, 重点回顾了改革开放30年来我国在猪饲养标准建立、猪营养需要量研究、猪饲料营养价值评定、猪营养与免疫、营养与肉质、仔猪营养生理及仔猪饲料加工调制等方面取得的研究进展和成就。展望了未来我国猪营养研究的发展趋势, 其理论基础是在传统动物营养研究理论和研究方法的基础上, 融入现代生物工程理论和技术, 在营养与基因互作、营养与免疫、营养与肉质、营养与环境等方面取得新的突破, 实现猪营养研究理论的系统深入、研究方法的多样性与科学合理性; 生产技术将朝着营养物质高效利用和提高猪肉质量、安全两个方向发展, 使研究成果产生更加显著的经济、社会和生态效益, 最终使猪营养与饲料科学研究与人类的关系更为密切, 在人类健康和生活中显示出越来越重要的作用。

关键词 猪营养 研究 回顾与展望

长期以来猪肉一直是我国居民消费的主要肉食品, 养猪生产在我国畜牧业和农业中占有重要地位, 经过50多年的发展, 我国生猪出栏数量由解放初期的0.58亿头增长到2006年的6.2亿头, 增长了十倍, 多年来猪肉总产量和人均猪肉占有量一直位居世界首位。我国猪营养与饲料科学的理论研究与技术应用在其中起着举足轻重的作用。在半个世纪的发展过程中, 我国猪营养与饲料科学研究伴随养猪业的发展也经历了由无到有, 由小到大, 由弱到强的艰难曲折发展历程。伴随着养猪业由数量型向质量效益型转变、饲养方式由粗放型向集约型转变、发展模式由速度型向健康、福利与可持续发展并重方向的转变, 我国猪营养与饲料科学研究也经历了从最初营养需要量的研究, 到营养与猪肉品质, 营养与环境、营养与免疫、分子营养等方面的转变。本文在对我国猪营养与饲料科学研究发展历程、取得的成就进行回顾的基础上, 对当前国际上猪营养与饲料科学研究发展趋势进行分析, 期望对今后我国猪营养与饲料科学研究的发展有所启示。

1 我国猪营养研究的发展历程与饲养标准的建立

养猪业作为农业、畜牧业生态系统的有机组成部分, 其发展与人类的生存环境和畜牧业的可持续发展密切相关, 早在20世纪40年代, 在有关许振英教授的养猪研究报告中(1936~1941):《养猪报告》(许振英和董德凤, 1936),《一年来对于四川养猪业之研究报告》(1938),《一年来养猪研究报告》(许振英, 彭文和冯光剑, 1939), 刊于《畜牧兽医季刊, 养猪专号》(1939, 3卷3号, 以下简称“养猪专号”),《第二年养猪研究》(养猪专号),《荣昌、内江两中心区养猪调查报告》(1939)等, 就提出了农业与畜牧业相互依存的观点。他指出,“农业的目的在于养人, 要养人必先养地”; 养人不仅仅体现在为人类生产粮食, 还包括动物通过采食土壤上生长的植物为人类提供动物蛋白。所以要达到“养人”的目的, 必先“养地”。换言之, 只有使地力永远保持肥沃, 才能持续不断地生产出人与畜禽的食物, 才能保证人类社会的兴旺发达与长盛不衰。养猪生产过程, 一方面是饲料等营养物质的投入, 另一个方面则是粪尿等代谢产物的产出, 因此猪营养与饲料科学研究, 直接关系到养猪生产对土地和生态环境的影响。此外, 许振英教授还提出, 在养猪生产中“不能盲目追求高能量、优蛋白、快增重的饲养体系”, 而要探索“低投入高产出的效率”。这与近年来开展的猪营养物质高



效利用技术, 最佳氨基酸平衡模式以及低氮、磷排放营养模式的研究思路相吻合。我国每年 60% ~ 70% 的猪肉生产是由农民生产提供, 这种生产模式可以充分利用农村廉价的劳动力资源以及不构成商品的农家饲料资源, 既增肉又增收, 还可将粪尿通过农田自然消化, 变废为宝, 既可维护土壤肥力, 又可保证生态农业的永续发展, 充分体现了我国传统生态农业的优势 (张子仪, 2002)。前辈们关于养猪生产与生态环境的博大精深、高瞻远瞩的观点尚需当今猪营养与饲料科研人员深入、系统地学习与领会。

在解放初期“猪为六畜之首”, 这一时期的动物营养研究实际上也主要是以猪营养研究为主。由于多年战乱的影响以及战后资本主义国家对我国的垄断和封锁, 使得我国猪的营养研究落后, 没有形成自己的标准, 猪的营养标准一直沿用国外标准。在解放前沿用德国 Kellner (凯尔纳) 的饲养标准和美国 Morrison (莫礼逊) 饲养标准。新中国成立后改用原苏联饲养标准, 20 世纪 70 年代初又用美国 NRC 的“营养需要”, 造成理论脱离实际, 导致我国饲料营养科学在启动阶段不仅流于形式, 而且走了弯路 (张子仪, 2003)。这些外来标准在我国特定的历史时期虽然发挥过一定的作用, 但毕竟不符合我国的国情, 不能满足我国飞速发展的养猪业对饲养标准的需要。新中国成立后, 许振英教授在主持哈尔滨白猪生长发育研究的同时, 就研究制定了哈尔滨白猪的饲养标准。20 世纪 60 年代初, 许振英教授在原东北农学院就首次应用消化、代谢和屠宰比较法试验等, 研究了猪常用的几种饲料的消化能值、代谢能值和净能值, 他主持的“评定猪饲料的营养价值”的研究, 为我国各种饲料营养价值的评定方法提出了规范, 为我国动物营养需要量的测定方法奠定了基础, 成为他后来主持制定《中国肉脂型猪的饲养标准》的基础。同时四川农业大学的杨凤教授对四川内江、荣昌地方猪种的生长发育规律及其营养需要进行了系统研究。1959 年在全国首先提出了“荣昌肉猪的饲养标准”。在此基础上先后制定了“四川猪饲养标准”和“南方猪饲养标准”, 这也是我国最早的地方品种猪饲养标准。此后, 随着研究的深入, 相继产生了其他猪的饲养标准, 我国的猪营养研究得到了飞速发展。

1.1 我国肉脂型、瘦肉型猪饲养标准的诞生

纵观我国养猪业的发展历程可以发现, 我国养猪业经历了土杂猪, 个体饲养; 杂交猪, 专业化饲养; 良种猪, 企业化、规模化饲养三个阶段。伴随着我国猪饲养品种和养殖模式的变化, 我国猪饲养标准的制订也经历了三个阶段, 即 1983 年的《肉脂型猪的饲养标准》、1987 年的《瘦肉型猪的饲养标准》和 2004 年的《瘦肉型猪的饲养标准》。1977 年, 由许振英教授起草的“猪的营养需要”以三江白猪育种协作组的名义发布, 该工作是许振英教授在农场下放劳动期间, 在极其艰苦和简陋的条件下辛勤工作的结晶, 1978 年经中国农林科学院养猪所 (现在的中国农业科学院北京畜牧兽医研究所) 翻印, 成为我国首部猪饲养标准草案, 以此为基础, 在许振英教授主持下, 1978 ~ 1980 年开始拟订试行标准, 1983 年制定的《中国肉脂型猪的饲养标准》和 1987 年的《中国瘦肉型猪的饲养标准》, 这两部标准突破了国外单一饲养标准的模式, 根据我国猪的繁育体系中兼有洋猪、本地猪和杂交猪这个特点, 而采取多系列的标准。随着市场对瘦肉需求量的日益增长, 猪营养科研协作组以蛋白质与赖氨酸为主要研究对象, 兼顾微量元素锌与硒需要量的研究, 开始进行瘦肉型猪饲养标准的制定研究, 1987 年由国家标准局正式颁布。与肉脂型猪饲养标准相比, 瘦肉型猪标准在以下几个方面做了调整。肉脂型猪 20kg 体重以后分成: 20 ~ 35kg、35 ~ 60kg、60 ~ 90kg 三个阶段, 瘦肉型猪标准则分成: 20 ~ 60kg、60 ~ 90kg 两个阶段; 日增重由 1983 年标准的 500g、600g、650g 上调为 550g 与 700g; 粗蛋白质水平由 1983 年标准的 16%、14%、13% 调整为 1987 年的 16%、14%; 赖氨酸水平由 1983 年标准的 0.64%、0.56%、0.52% 调整为 1987 年的 0.75%、0.63%; 苏氨酸水平, 1983 年标准为 0.41%、0.36%、0.34%, 1985 年标准上调为 0.45% 与 0.38%; 1987 年增加精氨酸指标。1983 年标准锌含量为 55mg、46mg、37mg, 1987 年标准则上调到 110mg 及 90mg; 硒含量 1983 年标准为 0.15mg、0.15mg、0.10mg, 1987 年上调为 0.30mg 和 0.28mg。此外, 铁、钙、磷水平均有所升高, 其中氨基酸需要量参照 ARC (1981) 标准, 以赖氨酸为基准, 蛋氨酸 + 胱氨酸, 苏氨酸、异亮氨酸需要量分别为赖氨酸的 50%、60% 与 55%。微量元素重点实测了不同阶段锌和硒的需要量, 其他微

量元素、维生素需要量则参考 NRC (1979)。

这两个《标准》分别获得农业部技术进步一等奖和国家 1986 年科技进步二等奖, 并且经过农业部审定, 被正式列入国家的专业标准。这也是我国制定的最早的具有广泛代表性的猪营养国家标准, 结束了以往套用国外标准的历史。当时全国各地的十三个研究所和高校参与了此项工作, 并先后在 1979 年 2 月和 6 月在北京的顺义县和四川内江成立了“华北地区猪饲养标准协作组”和“南方猪饲养标准协作组”, 南北两个猪饲养标准协作组共同开展猪饲养标准和试验设计的协作工作。此后, 随着猪饲养标准制定工作的结束, 南方猪饲养标准协作组逐渐停止了工作, 华北地区猪饲养标准协作组则在 1990 年发展壮大成为中国动物营养学会“猪营养专业委员会”, 米文正、曾昭光和蒋宗勇先后主持猪营养专业委员会的工作。

1.2 瘦肉型猪饲养标准的补充与完善

2004 年在中国农业大学和广东省农业科学院畜牧研究所等单位的共同努力下, 对 1987 年的瘦肉型猪饲养标准进行了补充修订。2004 年标准中新增设了“能量蛋白比”和“赖氨酸能量比”两项新指标。用钠与氯的需要量代替了“食盐”的需要量; 同时列出了镁、钾的需要量, 增加了吡哆醇、胆碱、脂肪酸营养参数, 氨基酸的需要采用“可消化氨基酸”, 反映了该时期猪氨基酸营养研究的新成果。此外, 由于瘦肉型猪遗传育种技术的进步, 猪的生长速度和瘦肉率都显著增加, 因此 2004 年版生长肥育猪各阶段的日增重值均有所提高。2004 年标准将妊娠母猪体重阶段分为 120 ~ 150kg、150 ~ 180kg、180kg 以上三个阶段, 每一阶段的体重较 1987 年标准提高了 30kg。妊娠母猪的能量需要量前后期分别提高 20.3%、17.6%; 粗蛋白质需要量前后期分别提高 30.6%、26.4%; 赖氨酸需要量前后期分别提高 65.7%、60.5%。

采用我国自己制定的猪饲养标准, 经过中间试验和小批量生产检验发现, 采用饲养标准饲养 11 667 头猪比未采用的 10 101 头猪, 平均饲养期缩短 25d (125 : 150), 每头猪的日增重提高 19.9% (560g : 467g), 瘦肉率提高 21.7% (56% : 46%), 饲料利用效率提高 2.7% (0.27% : 0.22%), 每头商品猪平均纯收益增加 5.44 元, 按照我国当前平均每年出栏肉猪 6 亿头计算, 则每年可以增加养猪收益 30 亿元以上。由此可见, 饲养标准具有很高的科学性和实用性, 对生产实践有很大的指导作用。中国农业科学院畜牧研究所和广东农业科学院畜牧研究所等单位共同完成的与猪饲养标准制定有关的研究成果“猪、鸡营养参数及配方新技术研究”、“瘦肉型猪营养需要与新型饲料添加剂开发应用技术研究”先后在 1997 年和 2004 年获得国家科技进步二等奖。

2 猪营养需要量的研究

2.1 采食量和能量需要量的研究

动物具有“为能而食”的本能, 根据饲料能量浓度可调节其饲料采食量, 动物对不同能量浓度日粮有不同的采食量, 总的趋势是随日粮能量浓度的提高而降低, 反之则提高, 以维持相对稳定的能量绝对进食量。研究表明, 猪代谢能维持需要量可用公式 $ME_m (MJ/d) = 5.4235 + 0.0757BW$ ($r = 0.94$) 来进行计算 (王书华等, 1990; 管武太, 1997; 王凤来等, 1997; 肖长艇, 1997; 李吕木等, 1998; 乔清艳, 1998; 肖长艇等, 1998; 何瑞国等, 1999)。进一步研究认为, 每日消化能摄入量 (Y , MJ) 与平均体重 (X , kg) 的回归关系为: $Y = -9.7575 + 1.5002X_1 - 0.0189X_2 + 0.000090354X_3$ ($r^2 = 0.7971$), 每日消化能摄入量 (Y , MJ) 与日增重 (X , kg/d) 的回归关系为: $Y = e(1.9027 + 2.0840X)$ ($r^2 = 0.6292$), 通过总结分析可以看出, 我国生长肥育猪各阶段日增重、采食量都较 NRC (1998) 推荐值偏低 (易敢峰, 1999; 郑黎等, 1999; 杨立彬等, 2000; 郑春田等, 2000)。

我国猪能量需要的研究一直是个薄弱环节。1977 ~ 1987 年在许振英教授的领导下, 全国十三个单位协作完成了猪能量代谢规律的研究, 并提出了相关回归计算公式。许振英 (1984) 采用屠宰比较和消化代谢相结合的方法评定饲料净能, 并积累了丰富的经验。杨嘉实 (1983) 首次研制成猪用



密闭回路式呼吸测热装置进行猪能量需要的研究,为猪的能量代谢研究开辟了先河,并在动物营养研究设备方面填补了一项空白。此后的研究者分别针对不同生长阶段的三江白猪、枫泾母猪、东北民猪、甘肃白猪、北京黑猪、大约克×昌潍、杜洛克×长白×成华、天津白猪得出了能量需要参数和相应的相关回归计算公式(张国范等,1984;聂光达,1984;杨嘉实,1989;杨诗兴等,1984ab;李焕友,1991;黄忠等,1985;谢幼梅等,1994;周梅卿等,1986;赵宏志,1996)。

20世纪80年代我国猪能量需要量的研究多数是以地方品种猪为主,杂交改良品种猪能量需要的研究较少,这与我国当时猪的饲养现状以及当时开展制定“猪的饲养标准”工作有关;进入20世纪90年代至今的研究报道多数是以杜×长×大三元杂交猪为主要研究对象。梁仕喜(1993)研究发现,20~40kg、40~60kg、65~95kg杜×大×长三元杂交猪日粮适宜的消化能水平分别为12.76MJ/kg、12.76MJ/kg、12.34MJ/kg。郑黎等(1998b)提出杜×长×大生长猪日粮适宜消化能浓度为14.2MJ/kg,消化能摄入量为19.47MJ/d。林映才等(2002)研究发现,4.1~8.7kg早期断奶仔猪消化能的需求参数为4349kJ/d,代谢能则为4290kJ/d,饲粮相应的代谢能浓度为15.64MJ/kg。7.7~21.5kg仔猪消化能的需求参数为8828kJ/d、14.53MJ/kg。林映才等(2003)研究认为52~90kg肥育猪消化能日需要量为39.12MJ/d,饲粮消化能浓度为14.39MJ/kg。金桩(2006)研究表明,热带瘦肉型猪25~50kg阶段生长猪在日粮CP为17%,代谢能为14.212MJ/kg时平均日增重和料肉比最佳。我国猪消化能需要量研究的特点是:通过饲养试验和消化代谢试验研究能量需要的报道占一定比例,相对缺少能量代谢方面的系统研究。

2.2 猪蛋白质、理想蛋白和氨基酸需要模式研究

2.2.1 蛋白质需要量的研究

我国猪蛋白质需要量的研究有相当一部分试验是结合能量需要量的研究同时开展的。张国范等(1984)测得60~70kg三江白猪每日维持可消化粗蛋白为1.93g/kgBW。杨诗兴等(1981,1984b)用饲养试验和消化试验研究了甘肃黑猪的蛋白质需要量的预测模型。其他研究者分别就杜洛克×长白×成华猪、杜洛克×湖北白猪、天津白猪、长白×北京黑F1代商品猪、约克夏×长白×汉普夏三元杂交猪蛋白质需求情况进行了研究(周梅卿等,1986;薛永丰等,1987;赵宏志,1996;锡林等,1987;李吕木等,1998)。研究结果表明,由于品种差异和生长阶段的不同,蛋白质需要量存在明显差异。梁仕喜(1993)对杜×长×大三元杂交猪日粮适宜的粗蛋白水平的研究结果表明,20~40kg、40~65kg、65~95kg分别为18.0%、16.5%、15.5%。郑黎等(1998a)对高温环境下杜×长×大猪粗蛋白适宜需要量的研究结果表明:20~50kg为17%,50~90kg为14%。我国猪粗蛋白需要量研究的总体特点是:总体研究报道少,具体到某一品种则更少;通过简单的饲养试验对蛋白质需要量进行评价的较多,利用其他敏感指标评价蛋白质需要量的试验较少;试验猪试验阶段体重的划分不一等。

2.2.2 理想蛋白质与氨基酸平衡模式研究

“理想蛋白质”研究是近二十年来猪氨基酸营养研究的热点,其理论基础是不同体重、性别和基因型的猪体内,尽管蛋白质总量存在较大差异,但各种氨基酸的比例变化较小(ARC,1981;NRC,1988)。可见,猪理想蛋白质概念可用猪体蛋白质中各种氨基酸的比例来表示。采用理想蛋白氨基酸模式配制日粮可显著降低氮的排泄和节约蛋白质资源。四川农业大学在全国率先开展了“理想蛋白质”模式的系统研究,王建明等(1991)用氨基酸部分扣除氮平衡试验法测定大白×长白猪生长阶段和育肥阶段的可消化赖氨酸、蛋+胱氨酸、苏氨酸、色氨酸的适宜比例,该结果与国外同类研究相比蛋+胱氨酸差异较大。张克英(1999a)对不同基因型大白×长白生长猪(33.6kg±1.2kg)和雅南猪(32.5kg±0.8kg)的氨基酸平衡模式的研究结果表明,基因型不同,其可消化氨基酸的平衡模式不同。张克英(1999b)再次研究氨基酸平衡模式对生长猪(大白×长白)氮代谢的影响,研究表明,四种不同可消化氨基酸平衡模式对猪生产性能和氮平衡影响不显著($P>0.05$),但从表观数据上看,以(Wang,1990)模式配比的日粮获得了最佳生长性能、氮沉积和氮表观消化率。王建明等



(2000) 研究表明, 生长阶段和育肥阶段氨基酸平衡模式不同。罗献梅(2000, 2001) 分别研究了 25~35kg, 35~60kg, 60~100kg 不同阶段氨基酸平衡模式。林映才等(1996) 对早期断奶瘦肉型仔猪的赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸和苏氨酸需要量进行了研究。林映才、蒋宗勇、吴世林(1999, 2000b, 2000c, 2001) 对 3~8kg 杜×大×长断奶仔猪粗蛋白质与总赖氨酸、总蛋氨酸、总苏氨酸、总色氨酸的需要量进行了系统研究, 并得到了相应的理想蛋白质模式。李德发(2000) 研究在低蛋白日粮中补充适宜比例的赖氨酸、苏氨酸和色氨酸后, 可使日粮粗蛋白降低 2%, 粪尿中氮的排出可降低 25%。

2.3 猪矿物质与维生素需要量研究

2.3.1 猪钙、磷需要量与有效磷的评价研究

合理钙磷比对猪的生产性能、骨骼发育有着重要影响, 钙或磷缺乏, 出现幼猪佝偻病、成猪软骨病、母猪后肢瘫痪。许振英(1994) 建议 20kg 以下仔猪钙的需要量为 0.72%, 总磷为 0.60%, 非植酸磷 0.36%, 钙总磷比 1.2:1, 钙非植酸磷比 2:1。林映才和蒋宗勇等(1999, 2000, 2001, 2002) 研究结果表明, 4~9kg 仔猪钙和有效磷需要量分别为 0.99% 和 0.55% (总磷为 0.75%); 20~50kg 生长猪的饲粮钙为 0.72%, 有效磷 0.33% (总磷 0.58%), 肥育期(50~90kg) 饲粮钙为 0.54%, 有效磷 0.19% (总磷 0.43%) 时可获得最佳的生产性能和较好的骨骼发育。刘燕强(1994) 研究表明, 饲粮钙磷水平过量未引起组织器官明显的急性中毒病变, 但却影响肥育猪的生产性能。李美同等(1991) 给出猪饲粮中磷的最高限量为需要量的 115%。张永刚(2006) 推荐体重 21.39kg 生长猪的真可消化磷的需要量为 0.34%, 相应地, 总钙的需要量为 0.68%。在饲料有效磷评定研究方面, 刘金旭(1982) 率先测定了我国常用植物饲料有效磷含量, 同时给出了预测生长猪有效磷含量的方程, 有效磷 = 植酸磷 × 37.1% + (总磷 - 植酸磷) × 81.7%。余顺祥等(1983)、陆肇海等(1984)、孙长春等(1990) 相继进行了相关探讨。贾刚和王康宁(2000) 研究发现, 饲料有效磷含量还与其含天然植酸酶活性的高低有关, 并提出饲料总磷含量 (X, g/kg DM)、饲料表观可消化磷(有效磷) 含量 (ADP, g/kg DM)、植酸磷含量 (Y, g/kg DM)、饲料天然植酸酶活性 (Z, PU/g DM) 之间存在极显著的回归关系 ($P < 0.01$)。

2.3.2 猪微量元素营养研究

猪常用微量元素有: 铁 (Fe)、铜 (Cu)、锌 (Zn)、锰 (Mn)、硒 (Se) 等。微量元素是动物健康和维持正常生理机能所必需的物质, 在动物体内主要以酶的必需组成部分(辅酶, 辅基等) 或激活剂参与体内一系列生理、生化反应, 从而影响动物的物质代谢和生长发育。东北农业大学动物营养研究所在猪微量元素需要量研究方面开展了大量的工作。许振英(1990) 报道, 添加 100mg/kg 铁就可以满足仔猪的需要, 徐孝义等(1995) 测定 30~40 日龄早期断奶仔猪 Fe、Cu、Mn、Zn、Se 需要量分别为每千克风干饲料 105mg/kg、200mg/kg、3.0mg/kg、98mg/kg、0.3mg/kg。李杰等(1996) 研究了饲粮铁、铜水平对早期断奶仔猪生长发育及组织铁、铜含量的影响。多数国家仔猪饲粮中铜的需要量为 5~6.5mg/kg, 生长肥育猪为 4.0mg/kg 左右, 繁殖母猪为 4.0~6.0mg/kg, 但法国、前苏联猪各生理阶段铜的需要量较高, 为 10~15mg/kg。多数试验表明, 高剂量铜(110~250mg/kg) 均有促生长功效(孙素玲等, 1996; 刘晓波等, 1997; 赵洪亮等, 1998; 柳树青等, 1990; 李杰等, 1996; 徐孝义等, 1995)。另据(刘昊, 1992; 刘桂林, 1994; 江宵兵, 1994) 报道, 日粮中的铜高于营养需要时, 使血液 GSH-PX 活性、仔猪血清中 A 和 B 球蛋白、CuZn-SOD 酶活性有显著提高。

研究表明, 以玉米、豆饼为主的常规饲粮含锰量(14mg/kg) 即可满足猪对锰的需要, 额外添加的锰源将被排出体外(王安等, 1995; 徐孝义等, 1995)。邓永椿(1990) 研究发现, 饲粮中添加 40mg/kg 锰可极显著的提高生长猪日增重和饲料效率 ($P < 0.01$)。王长富等(1993) 在含锰 27~31mg/kg 基础饲粮中分别加 0mg/kg、20mg/kg、40mg/kg、80mg/kg、160mg/kg 的锰饲喂 30~90kg 杂交猪, 不同剂量的锰对生长发育无不良影响, 但高剂量锰对增重具有促进作用。



我国多数专家对仔猪锌需要量的研究报道与 NRC、AEC 的标准比较接近。王英明等 (1985) 提出生长肥育猪饲料中添加 90 ~ 100mg/kg 锌较为适宜。蒋宗勇 (1987) 推荐为 110mg/kg 饲料, 而王晓飞等 (1994) 的研究表明, 10 ~ 20kg 体重仔猪锌的需要量为 150mg/kg 饲料, 则高于上述的水平。徐孝义等 (1995) 提出体重 7 ~ 20kg 仔猪锌的需要量为 98mg/kg 饲料。多数国家的妊娠母猪、哺乳母猪饲料中锌需要量标准相近, 约为 42 ~ 50mg/kg, 仅法国和前苏联的标准较高, 母猪妊娠前期推荐需要量为 100mg/kg 饲料, 后期为 110mg/kg 饲料, 较高的锌添加水平有利于提高母猪的繁殖性能, 改善仔猪机体免疫机能、缩短母猪断奶后发情时间。

许振英 (1991) 总结我国硒营养研究提出, 猪对硒需要临界下限为 0.04mg/kg, 适宜值为 0.1 ~ 0.15mg/kg; 0 ~ 0.3mg/kg 范围内与血清 GSH - PX 活性呈线性相关。王兴佳等 (1985) 提出, 低硒地区约克夏 × 雅南生长猪饲料中无机硒适宜添加水平为 0.3mg/kg, 饲料含硒 0.05mg/kg 为底线临界。王康宁等 (1991) 据 GSH - PX 活性确定肉脂型和偏向于瘦肉型的二元和三元杂交猪生长期 (10 ~ 50kg) 和肥育期 (50 ~ 90kg) 适宜硒添加水平分别为 0.32mg/kg 和 0.12mg/kg, 肉脂用型猪分别为 0.22mg/kg 和 0.12mg/kg。阴季梯等 (1994) 研究发现, 杜 × 约杂交仔猪饲料含硒为 0.09mg/kg, 处于硒缺乏边缘, 饲料含硒 0.24mg/kg 时可以满足仔猪代谢及生长发育的需要。对碘需要量的研究报道较少, 冯健等 (1998) 研究发现, 与对照组 (碘含量为 0.16mg/kg) 相比, 高碘饲料 (碘含量为 30mg/kg) 未提高生产性能, 只是肌肉、脂肪、心脏、肾脏、肝脏等组织碘含量提高 3 ~ 7 倍 ($P < 0.01$)。猪对碘的需要量受饲料类型的影响, 易敢峰 (1999) 研究发现, 含 12% 菜籽粕饲料中碘的适宜水平为 1mg/kg。

在对微量元素需要量进行深入研究的同时, 科研人员也对不同形式微量元素的利用效率进行了深入的研究。研究较多的是以氨基酸螯合形式存在的有机微量元素。徐建雄等 (1993)、朱建平和王希东 (1997)、潘珂等 (1998)、李清宏等 (2001)、饶俊等 (2002)、孙明亮等 (2002)、纪孙瑞 (2002) 研究表明, 在断奶仔猪日粮中添加有机微量元素, 可改善仔猪日增重、饲料利用率、增加经济效益。陈洪亮等 (2001) 研究表明, 与对照组 (以氧化锌提供锌 500mg/kg) 相比, 添加 80mg/kg 的蛋氨酸锌可显著提高猪的日增重、采食量, 但低剂量添加 (40mg/kg) 效果不显著。田科雄 (2002)、韩友文等 (2000) 在肥育猪日粮中添加微量元素氨基酸螯合物, 可改善日增重和饲料效率。在母猪日粮中添加有机铁可改善母猪的生产性能和仔猪日增重和存活率, 并能改善仔猪的缺铁性贫血 (徐建雄等, 1998; 黄国清等, 1999; 王纪亭等, 2000; 许丽等, 2001; 童建国等, 2003)。

2.3.3 猪的维生素需要量研究

我国猪维生素需要量研究的资料很少, 目前仅有为数不多的几篇报道。林映才 (2002) 研究表明, 添加 VA 1 300 ~ 10 000IU/kg 提高了生长猪日增重 ($P > 0.05$)、极显著地降低料重比 ($P < 0.01$); 但 VA 添加水平从 1 300IU/kg 增加至 10 000IU/kg, 料重比显著提高 ($P < 0.05$), 采食量也极显著提高 ($P < 0.01$)。各组屠宰率、瘦肉率、脂肪率、背膘厚、胴体瘦肉成分都无显著差异 ($P > 0.05$)。林映才、蒋宗勇等 (2003) 给仔猪添加 VA 2 200 ~ 44 000IU/kg, 可使仔猪的日增重显著提高 ($P < 0.05$)、采食量和饲料转化率趋于提高; 添加量超过 5 500IU/kg 时, 日增重和采食量随 VA 添加量增加而趋于降低 ($P > 0.05$), 添加 110 000IU/kg 组生长性能显著降低 ($P < 0.05$)。添加 VA 对免疫功能的影响主要为: 使血液白细胞数趋于降低; 血液白细胞中单核细胞比例趋于提高, 在添加 5500IU/kg 和 11 000IU/kg 组较高, 进一步提高 VA 添加量, 反而趋于降低; 使血清 T 淋巴细胞中 CD4 亚群比例趋于降低、CD8 亚群比例极显著降低 ($P < 0.01$), 但在添加 5 500 ~ 110 000IU/kg 组间较接近, 各组 CD4、CD8 比值差异不显著; 随添加 VA 水平提高, PHA 诱导的皮褶厚度增长值趋于提高。李德发等 (2001) 研究发现, 当每日 VD₃ 摄入量为 1.5×10^4 IU 和 1.5×10^5 IU 时, 血清尿素氮浓度显著升高 ($P < 0.05$); 血清 1, 25 - (OH)₂D₃ 浓度与 VD₃ 摄入量呈显著相关 ($r^2 = 0.9987$, $P < 0.001$)。全炳昭 (1997) 研究表明, 每千克日粮中添加 10mg、15mg 和 20mg 的维生素 E, 可降低断奶后仔猪腹泻和水肿病的发病率。



3 猪饲料营养价值评定方法的研究

20 世纪 80 年代以来,国内外学者广泛致力于回肠末端氨基酸消化率测定方法研究,建立了猪回肠末端瘘管(“桥”式瘘管—欧洲体系,“T”形瘘管—美加体系)法测定饲料氨基酸消化率,并用这种方法测得了多种猪饲料氨基酸消化率,美国 NRC (1998) 猪的营养需要中列出了 99 种常见猪饲料真回肠氨基酸消化率参数, AEC (1994) 归纳了 40 种猪饲料氨基酸真消化率。法国 Phone—poulne 动物营养研究所 Green 等 (1987) 在此基础上进行了改进,即不在回肠末端安装瘘管,而是通过外科手术进行回—直肠吻合 (Ileo—retalanastomosis), 以消除大肠微生物干扰。我国中国农业科学院畜牧研究所、长沙农业现代化研究所、四川农业大学、中国农业大学的多位学者对此法的可靠性和准确性进行了系统研究 (张宏福、任鹏、张子仪, 1992a b; 钟华宜等, 1992a b; 钟华宜等, 1996), 浙江省农业科学院畜牧兽医研究所和广东省农业科学院畜牧研究所应用此法测定了十多种猪饲料的氨基酸回肠消化率 (徐子伟, 卢福庄等 1996; 吴世林, 1999)。这一测定方法具有结果变异小, 操作方便, 完全克服了回肠末端瘘管法的不足, 目前已在世界范围内得到公认和应用。

在积极探索猪饲料营养价值在体评定方法的同时, 在体外评价方面也取得了一定的进展, 河北农业大学探讨了猪禽离体消化试验测定法 (张兆兰、赵国光, 1992)。此外, 随着计算机技术的发展和化学计量学研究的深入, 加之近红外光谱仪器制造技术的日趋完善, 促进了近红外光谱分析技术 (NIRS) 在饲料营养价值评价中的应用 (赵雅欣和王红英, 2005)。NIRS 法可以通过分析饲料组织结构的直接方法和从动物排泄物中预测饲料品质的间接方法, 检测饲料中的主要指标, 例如粗蛋白、消化率、酸性纤维、中性纤维、丹宁酸和矿物质等, 来综合评价饲料的营养价值。NIRS 法具有快速、简便的优点, 随着各种技术、理论及方法的不断发展, 应用领域也越来越广。NIRS 法不仅能用于饲料常量成分分析, 也能用于微量成分、有毒有害成分的检测, 检测预混添加剂和预混料中的微量成分和含量, 及评价饲料的营养价值, 还可对氨基酸、维生素、药物等微量组分含量进行检测, 甚至还能估测有效能、可消化氨基酸以及饲料的品质等 (丁丽敏, 1997), 但是定标工作非常庞大, 相对实验室的化学分析仍不够确定加之设备昂贵等问题, 近红外光谱分析技术在我国饲料行业的推广应用还需一个过程。

4 仔猪断奶应激的营养调控研究

4.1 早期断奶仔猪的营养生理研究

由于仔猪生理特点的特殊性及其在养猪生产中的重要性, 从 20 世纪 80 年代起, 仔猪营养生理研究就得到高度重视, 当时以仔猪“拉稀”为主要症状的“仔猪断乳综合征”严重影响其成活率。而泰国正大饲料集团推出的“551 仔猪料”可以有效解决这一问题。因此当时国内养猪生产企业和饲料企业, 对解决仔猪断奶应激的技术望眼欲穿, 针对这一问题, 许振英教授深入一线, 经过深入调研指出: “仔猪初生, 由‘水生’到‘陆生’, 由恒温到变温, 由无菌到有菌, 由被动获取营养到主动觅食, 无不带来应激; 仔猪的营养、酶活、免疫、环境等一系列的变化是导致仔猪出现断奶综合征的主要原因, 许老的这一关于仔猪营养生理特点的精辟论述, 为以后仔猪营养与饲料配制技术的研究指明了方向。蒋宗勇 (1994) 随后指出, 仔猪早期断奶时, 在心理、环境及营养应激共同作用下, 会出现腹泻、生长迟滞“早期断奶综合征”。通过研究断奶应激对仔猪肠道消化酶活性和肠道结构的影响发现, 断奶应激可不同程度地降低肠道胰蛋白酶、脂肪酶和淀粉酶的活性 (杨全明, 1999; 张振斌, 1999)。在高蛋白日粮条件下可引起断奶仔猪肠绒毛变短, 隐窝加深, 大肠微生物活动增强 (蒋宗勇, 1994; 张振斌, 1998; 1999; 2000a b; 侯永清, 1999a, 1999b)。而在氨基酸平衡, 低蛋白日粮条件下可降低仔猪腹泻的发生, 减少氮的排泄量, 同时建议 4 ~ 10kg 阶段采用 20%, 10 ~ 20kg 阶段采用 18% (彭健等, 1995; 董国忠等, 1995; 1996; 1997; 侯永清等, 1999; 2001; 林映才等, 2001a, 2001b; 顾宪红等, 2003)。为了深入研究仔猪