

饲料营养研究进展

2006 年版

王 恬 主编

样 书

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

饲料营养研究进展: 2006 年版/王恬主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2006. 10
ISBN 7-80233-099-8

I. 饲… II. 王… III. 饲料-营养学-文集 IV. S816-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 115619 号

责任编辑: 刘 建

责任校对: 贾晓红

整体设计: 孙宝林

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)62121118 传真: 68919709

发 行 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

经 销 者: 新华书店北京发行所

印 刷 者: 北京科信印刷厂

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 14.75

字 数: 400 千字

版 次: 2006 年 10 月第 1 版

印 次: 2006 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 2 500 册

定 价: 80.00 元

版权所有 · 翻印必究

编 委 会

主 编：王 恬

副主编：刘建新 吕于明 冯定远 张宏福

撰稿者（按汉语拼音排序）：

蔡辉益	陈 芳	陈代文	陈丽芝	崔细鹏	单安山
单体中	董晓芳	冯定远	耿爱莲	吕于明	胡 悦
黄瑞林	蒋正宇	蒋宗勇	李 焱	李 英	李素芬
林 海	林映才	刘 彬	刘国华	刘建新	刘铁铮
卢德勋	卢庆萍	吕 林	吕东海	罗绪刚	马现永
马永喜	毛胜勇	墨锋涛	齐广海	史宝军	舒绪刚
孙安权	孙凤莉	谭会泽	唐湘方	滕 冰	田 刚
佟建明	汪以真	王 冉	王 恬	王佳堃	王修启
魏中华	伍国耀	武书庚	邢芳芳	徐春兰	姚 文
印遇龙	余顺祥	张 军	张 平	张海军	张宏福
张克英	张莉莉	张政军	张子仪	郑博文	郑长山
周桂莲	周岩民	周镇峰	朱伟云	左建军	

Karo Mikaelian T. D. Phillips

第五届全国饲料营养学术研讨会

主办单位：中国畜牧兽医学会动物营养学分会

承办单位：华南农业大学动物科学学院

动物营养学国家重点实验室

广东溢多利生物科技股份有限公司

协办单位：武汉新华扬生物有限公司

建明工业（珠海）有限公司

奥格生物技术（上海）有限公司

四川德施普生物科技有限公司

广州智特奇饲料科技有限公司

新奥（厦门）农牧发展有限公司

重庆佳美香料有限公司

天科科技有限公司

西班牙乐达集团广州香味剂有限公司

长沙兴嘉生物工程有限公司

中山市比克生物技术有限公司

上海三维饲料添加剂有限公司

前 言

饲料业是养殖业的物质基础，关系人民生活水平提高和身体健康，关系农产品质量和国家粮食安全大局，也是一个国家农业现代化程度的重要标志。从1980~2005年，我国工业饲料产品年递增速度始终保持在20%以上，为提升我国养殖业规模化、集约化水平，促进畜牧业生产方式转变，推动养殖业的快速发展提供了重要的物质保证。饲料是动物营养科技的载体，高水平的动物营养与代谢调控的研究是保证饲料业可持续发展的重要保障。近年来，我国动物营养与饲料学界在动物营养、代谢调控和饲料利用等多方面进行了有益的探索与深入的研究，取得了一批成果。

由中国畜牧兽医学会动物营养学分会主办，华南农业大学动物科学学院、动物营养学国家重点实验室和广东溢多利生物科技股份有限公司承办的“第五届全国饲料营养学术研讨会”是动物营养与饲料科学领域的又一次盛会，本论文集汇编了我国动物营养与饲料学研究领域一批专家的文献综述与研究论文，基本反映了近年来我国动物营养与饲料学研究的科研成果与进展。

本论文集在审定和编校过程中，由于版面有限，对部分论文进行了文字加工和适当删节。在编辑过程中得到了各位作者的密切配合和中国畜牧兽医学会动物营养学分会、出版社责编及审校人员的支持和帮助。会议的顺利召开与本论文集的正式出版还得到了热爱、关心与支持本学会的许多单位的积极协办，在此一并表示真诚的感谢。由于部分来稿较迟、我们的编校水平有限，论文集中一定还存在许多不尽如人意的地方，敬请读者批评指正！

编者

2006.8

目 录

综合研究

- 我国动物营养科学百年回顾与历史任务 张子仪 (3)
- 国际动物营养学的发展趋势与我们对策的思考 卢德勋 (8)

动物营养代谢研究

- 动物对小肽的吸收和转运研究进展 蔡辉益, 刘国华 (21)
- 饲用酶制剂作用的分子营养学机理与加酶日粮 ENIV 系统的分子生物学
- 基础 冯定远, 谭会泽, 王修启等 (35)
- 体外消化试验法是筛选优化肉仔鸡日粮复合酶谱的有效手段 张宏福, 卢庆萍, 唐湘方 (43)
- 饲料外源酶与动物内源消化酶的互作效应及机制研究 王 恬, 蒋正宇, 周岩民等 (50)
- 生长猪饲料氮、磷代谢调控研究进展 张 军, 黄瑞林, 伍国耀等 (56)
- 静脉注射锰对肉仔鸡心肌细胞线粒体中含锰超氧化物歧化酶基因表达
- 的影响 罗绪刚, 李素芬, 吕 林等 (65)
- 热应激的营养与饲养措施 林 海 (69)
- 影响仔猪采食量的因素 马永喜 (79)

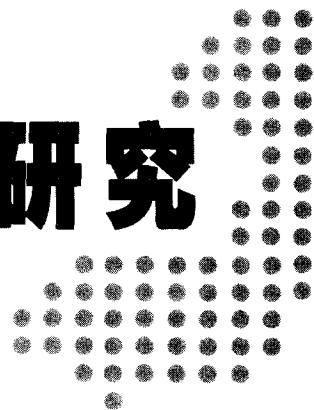
饲料与饲料添加剂研究

- 饲料组合对瘤胃消化与微生物生态的效应 王佳堃, 刘建新 (89)
- 绿色饲料添加剂——中草药在畜牧生产中的应用研究进展 李 焱, 单安山 (98)
- 木聚糖酶酶学特性及其催化功能的研究进展 史宝军, 陈丽芝, 崔细鹏等 (108)
- 植物精油在家禽营养中的应用进展 张克英 (114)
- 共轭亚油酸及其在奶牛生产中的应用研究
- 孙凤莉, 李 英, 墨锋涛等 (125)
- 饲料中抗生素的环境转归与生态毒性 王 冉, 王 恬, 刘铁铮 (132)
- 霉菌毒素研究新进展 孙安全, Karo Mikaelian, T. D. Phillips (141)
- 碱式氯化铜对平养肉鸡生长性能、饲料中维生素 E 和植酸酶稳定性
- 的影响 张政军, 吕 林, 罗绪刚等 (148)
- 关于微量元素氨基酸螯合物的几个问题 滕 冰, 舒绪刚 (156)

动物代谢调控研究

提高肉品质量安全的营养调控技术	蒋宗勇, 周桂莲, 林映才等 (165)
L-肉碱改善肉仔鸡的线粒体功能, 降低腹水征敏感性	吕于明, 耿爱莲 (179)
猪部分肉质性状与其功能基因表达的关系研究	汪以真, 刘建新, 单体中等 (184)
肠道微生物研究: 从组成到功能——肠道健康功能微生物的研究 进展	朱伟云, 姚 文, 毛胜勇 (191)
免疫调节肽研究进展	田 刚, 陈代文 (195)
如何通过改善奶牛饲料转化效率提高牛奶产量和质量	李胜利, 陈 萍, 郑博文 (210)
家禽应激模型研究进展	武书庚, 张海军, 齐广海 (217)
蛋鸡脂肪肝出血综合征的影响因素	董晓芳, 佟建明 (224)

综合研究



我国动物营养科学百年回顾与历史任务

张子仪

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所动物营养学国家重点实验室, 北京 100094)

百年太久 要争朝夕

现代动物营养科学可溯及 Santorius^① (1614), 嗣后又有 Robert Boyle (1627 ~ 1691), John Mayow (1645 ~ 1676), Joseph Black (1728 ~ 1799), Antoine Laurent Lavoister (1743 ~ 1794), Woly (1864) 以及 20 世纪的 O. Kellner (1850 ~ 1911), Armsby (1916), F. B. Morrison (1915 ~ 1923) 等, 经过近 300 多年的不断探索才初步弄清动物能量代谢的基本原理。在这一历史时期, 我国正处于明末清初的科举时代, 崇尚国学, 应该承认在动物营养科学方面除了在《齐民要术》(北魏), 《唐六典》(唐)^②, 《幽风广义》(清) 等古籍中有稿、菽、谷、秬、盐以斗、升、合、斤、两、钱为计量单位的饲养实践描述外, 鲜见深入的科学记载。及至 19 世纪中期到 20 世纪初即清末中华民国初, “西学东渐”, 在“师夷长技以制夷”的指导思想下, 虽也有过 7 ~ 8 代留学潮^③, 但总的回顾, 与我国动物营养科学失之交臂、无佳可陈。

现代动物营养科学传入我国, 可溯及 20 世纪初。其中以刘运筹、崔廷质译凯尔纳著《The Scientific Feeding of Animals》^④ 及陈宰均^⑤等译《Feed and Feeding》^⑥ 的影响最大。用今日之标准评价先驱们的科研、教学活动应该是杰出的、严谨的、艰辛的。陈宰均先生英年早逝, 当时军阀混战、社会动荡, 相继日寇入侵, 先生遗稿几经周折, 险遭毁于涂炭。幸得“陈氏遗著整理委员会”^⑦ 的抢救, 始得上梓。新中国成立以后王栋先生 (1959) 著《动物营养学》的问世是又一个重要标志, 但从先生赴美留学、取材、编辑、撰文、脱稿到上梓前后也用了近 20 年。若从中华民国初期到解放的近半个世纪中间的我国现代动物营养科学的进展水平与国际同比, 基本上是属于引进、跟踪的启蒙阶段。整体回顾一是先天不足, 二是后天多难, 在科研水平上无创新, 在生产上收效甚微。早期是从清末到辛亥革命, 而后期则是从中华民国到解放, 虽有贤达, 惜生不逢时。百年沧桑, 壮志

① 意大利人曾以悬椅自称, 研究“无觉性发汗”, 探讨呼吸代谢原理, 无果而终。

② 唐六典 (唐玄宗, 715 ~ 750) 是一个唐代官制的行政法典, 分 30 卷, 其中有“司农寺”卷。

③ 容闳 (1828 ~ 1912): 耶鲁大学机械系毕业, 1847 年曾提议派学童 120 名赴美留学, 后经曾国藩、李鸿章奏请清廷批准, 分 4 批成行, 原拟先读中学, 而后进大学, 后因学童不遵清礼制而触怒慈禧, 全被遣返回国, 其中著名“漏网者”詹天佑“叛逃”未归, 后乃成大器。鸦片战争后大批学子通过“庚子赔款”、“留法勤工俭学会”等途径赴欧美留学, 在自然科学方面曾涌现出第四代 ~ 第六代精英, 如周培源、竺可桢、梁思成、童第周、侯德榜等杰出的科学大师。

④ 凯尔纳 (O. Kellner, 1850 ~ 1911, 享年 61 岁): 德国人, 系早期动物营养学先驱之一, 首创饲料淀粉价理论。原著德文曾被 13 个国家翻译出版, 中译本于 1935 年由商务印书馆出版, 1951 年再版。《农畜营养学》英译饲料成分及营养价值表于 1911 年译成日文, 1943 年由成美堂再版, 1925 年再版, 是早期动物营养学的经典专著, 由崔廷质、刘运筹等在 20 世纪 30 年代译成中文。

⑤ 陈宰均 (字孺平, 1887 ~ 1934): 浙江杭州人, 享年 38 岁, 曾就学美国伊利诺、康乃尔等大学及德国柏林大学, 攻读动物营养及生物化学。1926 年任浙江大学农学院教授, 后转入北平大学任教授, 是我国动物营养学界的先驱之一。

⑥ 《饲料与饲养》W. A. Henry (1898) 原著, 以后由 F. B. Morrison 重著 (1915 年), 再版多次, 1922 年前后由陈宰均 (字孺平) 先生译成中文。

⑦ “陈氏遗著整理委员会” (委员会成员待考, 其中有已故张仲葛教授) 及陈先生夫人陈庆绵先生等, 经数载后, 庆绵先生因积劳成疾亦英年早逝, 遗稿由张仲葛先生参加的“遗委会”继续整理、校对, 补充后于 1935 年定稿, 1939 年由商务印书馆出版, 1951 年再版, 前后历时 15 ~ 30 年。

难酬，当前躬逢盛世，我国动物营养学科的腾飞是其时矣。

历史经验 值得注意

回顾我国现代动物营养学史，大体上是从 20 世纪初 20 年代开始。先是淀粉价在中国问世，继而又引进美国 TDN 体系。苏联燕麦饲料单位以及美国“NRC”系列等都是倡导国根据本国的生产实际提出的。我国畜牧业自古以来都是从属于以粮食生产为主的农业的副业之一。作者支持任继周教授提出的“耕战论”^①观。事实上我国自管仲、商鞅以来，大凡统治者重视农业都是为了“粮”，贮粮即等于备战。而传统的从属于犒粮（料）于畜（牛、马），养猪积肥，有啥喂啥等生产方式都是为了“粮”。从经营目的、经营方式、生产资料的获取手段等都与现代化养殖体系有着不同的内涵。现代化的科学技术必须有能承载它的现代化生产体系，才能发挥其科学技术功能。从这一观点出发，用别国超前或滞后的科学技术在当时封建主义、殖民地半殖民地的中国农业生产体系中发挥应有的功能无疑是削足适履。

我国动物营养科学是从 20 世纪 50 年代后期到 60 年代文革前，才逐步进入科学的殿堂。可惜正当这门年轻的学科尚处于咿呀学语、启蒙阶段，众所周知的“左”倾机会主义的负面效应是不容回避的。“燕麦饲料单位”在中国的推广，牛冠猪戴，误导我国畜禽营养需要量的研究工作长达 20 年之久即其一例。

随着在“10 年超英，15 年赶美”的政治口号下，导出了诸如“万头猪场”、“卫星猪”、“一窝产 56 仔”、“三割催肥”、“日产两蛋”等一系列闹剧。而在此同时，许多西方先进国家正在凭借其在动物营养学、饲料科学、医药科学、食品科学、机械加工领域等的科技贮备优势，很快便综合应用于饲料工业及现代化养殖业。到 60 年代许多经济发达国家的畜禽生产效率比 20 世纪初期几乎翻了将近一番。历史的经验，值得注意，在此大好机遇的历史时期，我国却处于文革动乱时期，这便使我国养殖业生产水平本来就落后于先进国家的距离又进一步拉大。

纵向回顾全球动物营养科学的原创到发祥一直到生产上的科学普及应用大约经过了 4 个世纪，可谓之是“路漫漫其修远”的。而我国年轻的动物营养科学正在蹒跚学步阶段，便遭遇到了系列狂风暴雨的洗礼。痛定思痛，值此科学技术突飞猛进的新世纪之初，如果循规蹈矩，墨守成规，要想将寻找失去的机遇在短期内跨越是既不现实也不可能的。前车之鉴，后事之师，因此认真总结历史上所犯过的错误及走过的弯路，从国情国力出发，从体制上、组织上做好战略规划，是中国特色的创新之路的前提。

廿年一剑 先驱重托

从拨乱反正到 20 世纪末期是我国饲料营养科学与养殖业、饲料工业生产密切结合，同步发展的盛世。但在此之前也有过圣婴面世前的阵痛。70 年代末期，北京红星鸡场、北京实验猪场及南苑配合饲料厂的问世，标志着国家领导人对现代化饲料工业与养殖业的重视。但当时个别领导仍然在批判“富养猪”，错误地认为：在饲料中添加维生素等是“资产阶级技术路线”。对此谬论，当时附和者有之，观望者有之，模棱两可者亦有之。“万寿路会议”^②是一次解放思想的会议，原农

^① 任继周教授（2005 年）在论华夏农耕文化发展过程及其重农思想的演替，“华夏农耕文化的核心是耕战论和由此衍生的重要重农思想……”粟多则国富，国富则兵强。从商鞅“垦草”到汉代辟土殖谷再到晚近“以粮为纲”是一脉相承的。参见任继周教授给作者的文稿。

^② “万寿路会议”：1977 年 12 月 5 日原农林部科教局委托中国农业科学院养猪研究所在农业部万寿路招待所召开了“机械化饲料营养养猪、养鸡及饲料营养价值的评定会议”，全国知名动物营养学专家、教授基本全部与会，被许振英教授在发言中称为“梦寐以求的会议”。

林部召开这次会议是动物营养学界“梦寐以求的会议”，也是为我国动物营养科学正名的翻身会。这次会议以实务的精神提出了以服务于规模化养殖业与引导千家万户走科学养殖并举的指导方针，并就如何开展饲料营养价值评定及制定畜禽饲养标准方面自发性地开展了全国大协作^①。相继在“三江会议”^②之后，他又不失时机地在全国同行的要求下，创建了“畜禽营养研究会”^③，在此同时，受原农林部科教司委托许振英教授的组织指导下连续5年在原东北农学院举办了以全国高级教师为对象的饲料营养科学研讨班，相继创办了《中国动物营养学报》，这不仅为填补当时民族饲料工业科技力量中存在的师资质量提高与科技力量断层问题起到了启动作用，同时也为避免“六五”至“七五”期间科技工作中的低水平重复，科技资源整合，创造了良好的开端。应该承认这是内行专家与外行领导相结合，科技为生产服务，社会主义科研大协作的成功典范。

“八五”以后，随着一大批新秀进入科技领导岗位，这是我国动物营养科学的曙光。我国动物营养科学的奠基人许振英教授在辞世前给作者的信中曾指出：“动物营养学界这15年没有白过，下一代基本成熟，但要达到国际水平，还要待下一两代。总结历史，唐、宋文风，都在建国百年之后，美、日赶超德、英也是近70~80年的事。”这是已故先驱对下几代人的希望与重托。

来之不易 任重道远

30年来，由于政策的调整，国家的投入，科学技术的普及，特别是动物营养及饲料科学在养殖业及饲料工业上的广泛应用，不仅使得我国民族工业稳定地占领了国内市场，同时有些产品还销往东南亚各国。2005年，全国肉、蛋、奶总产量分别达到了7 650万t、2 860万t和2 845万t，饲料工业产品总产量也按规划达到了1.03亿t。全国人均占有肉、蛋、奶量和配合饲料量也比改革开放初期增长了6倍、9倍、16倍和100倍。饲界科技队伍也从“六五”初期的几百人增长到数万人。按期完成了《1984~2000年全国饲料工业发展纲要》^④。不仅稳定地占领了国内市场，有些产品还销往国外。这是在人均年占有粮食量一直保持在400kg以下（仅相当于美国2/5）的精饲料资源背景下取得的成果。不仅否定了有些人认为的“粮食不过关，畜牧业不能大发展”的定论，同时还减缓了城镇居民对粮食需求的压力。基于以上基本事实，2002年我国“畜禽水产养殖技术”被中国工程院评为20世纪最伟大的工程科技成就之一，与“两弹一星”相提并论。这是一个举世瞩目的伟绩。应该自豪地承认，全国畜牧兽医界功不可没，饲料营养界的参与也功不可没。但是光荣、桂冠、成果只能属于过去，若从科学发展观的角度展望我国畜牧业的现状，并客观地展望未来，我国仍然面临着一系列老大难问题的困扰。从国际形势，特别是国内发展与对外开放的需要出发，当前在能源、环保、三农、城乡差、地区差、经济社会现代化、人与自然的协调发展、创新跟踪与自主知识产权等一系列重大问题上的矛盾已经处处凸现。据中国科学院的中国现代化研究中心（2006）报告^⑤，全面实现社会现代化至少需要做上百年的奋斗，这将是一场在新的游戏规则下的任重而道远的历史任务。

① 当时分工东北农学院许振英教授分工前者，四川农学院杨凤教授分工后者，王和民研究员、戎易教授分工鸡的营养，冯仰廉、李永禄教授分工肉牛、奶牛，杨诗兴教授分工绵羊、湖羊。

② “三江会议”：1978年8月由许振英教授主持在黑龙江省红兴隆友谊农场召开、研讨、酝酿饲料营养价值评定与猪饲养标准之“民间”协作工作。

③ 动物营养学会的前身。

④ 1985年5月18日国务院第33次常务会议，讨论发展食品工业及饲料工业问题，原则同意转发原国家经委副主任汇报的《1984~2000年全国饲料工业发展纲要》（草案），1984年12月26日国务院办公厅转发国办发〔1984〕111号文国家经委《1984~2000年全国饲料工业发展纲要》（试行草案）。

⑤ 中国科学院中国现代化研究中心发布的《社会现代化研究》。

原创不易 科普维艰

我国国家领导人多次在不同场合都强调了^①: “本世纪头 20 年是我国发展的重要战略机遇期”, 并号召要“建设创新型国家”, 走“中国特色自主创新的道路”。当前我国是一个兼农业社会、工业社会、知识经济社会为一体的复杂型社会, 但从整体看是处于第一次社会现代化的发展期。1950~2003 年在全球范围内曾是社会现代化的“黄金时代”, 在此期间, 已有 31 个国家以不同方式完成了从农业社会向工业社会转型的第一次社会现代化, 并有 23 个国家先后进入从工业社会向知识经济型社会转型的第二次社会现代化过程。我国农业人口占人口总数的 3/4, “三农”问题是我国的根本问题, 这个问题不解决就永远谈不上现代化。对我国国民经济的终极目标而言, 原创、创新是手段, 科学普及是目标。科学是解决问题的捷径; 科普是科学发展的前提; 科普是探索真理的延伸; 科普是辨伪打假的试金石; 科普是自然科学、人文科学结合的圣婴。只“创”不“普”或唯“创”唯“普”都是片面的、畸形的。李四光先生曾指出: “生产没有科学研究做指导就盲目, 科学研究脱离生产实际就空洞”。可见创新脱离生产实际岂不等于无的放矢。因此首先要纠正对科普工作“低人一等”的认识误区。在我国“三农”问题中有大量科普工作需要深入一线, 摸清靶子这是一项十分艰苦的任务。据中国科学院中国现代化研究中心(2004、2006)预测中国全面完成第一次社会现代化大约需要 15 年。全面进入社会现代化大约要到 21 世纪末。社会现代化的终极目标不等于简单的 GDP 增长, 同时还要确保相应的人文指标、环境指标、资源指标^②, 是需要在全国范围内实现社会信息化、城市化、失业保险、养老保险、免费义务教育、人均寿命 > 80 岁、消灭绝对贫困, 消灭童工等一系列指标上达标。终极目标是建成和谐、福利、高效的创新型国家。经济现代化易, 社会现代化难, 局部现代化易, 全国现代化难。目前在我国只有京、津、沪、港、澳、台基本上进入第一次社会现代化。而全国全面建成创新型国家则是一项艰巨的基础性社会工程, 是需要动员全民长期参与的社会行动。在此同时, 对生态经济、生态伦理观念要更新。循环经济是生态经济内涵的集中表达, 而生态伦理则是生态经济的执行准则。过去谈伦理学只涉及人与人、人与社会的伦理观, 而现代生态伦理学则将伦理学一道德观引申到人与自然的关系。这并不是现代人提出的, 早在公元 2500 年前庄子便在其“齐物论”中指出“天地与我并生, 而万物与我为一”的生态伦理观。因此要从思想上认识到凡创新有害于人与自然的行为都是反动的, 近视的和道德的行为。创新不同于原创, 原创要有新思维、新观念、新方法, 其终极目标要不违反生态伦理。中国农业科学(含动物科学)的普及对象主要是约占中国总人口数 72% 的 9 亿农民。创新如果不能使农民受益, 则科技投入效益等于零。只有观念更新才能辨明方向, 方向性错误比愚昧、落后更可怕, 比低水平重复和不自觉浪费的破坏性更大。恩格斯曾在自然辩证法中指出: “我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利, 对于每一次这样的胜利, 自然界都对我们进行了报复。每一次胜利, 起初确实取得了我们预期的结果, 但是往后和再往后却发生完全不同的、出乎意料的影响。常常把最初的结果又消除了……”这一理念早在《易经》^③中便有过: “豐者, 大也。穷大者必失其居。”的记载, 一前一后、一中一西、远古如此, 近古也如此。从哲学理念上是如同一辙的。许多学者根据人类活动的生态足迹(Ecological Print)证明, 从工业革命 200~300 年的历史时期内在全球范围内许多国家已经或仍在拖欠“生态赤字”。据专家估计我国所欠生态赤字是需要几代人去偿

① 温家宝(2004. 2. 20)在国家科学技术奖励大会上的讲话。胡锦涛(2006. 1. 9)扎实完成建设创新型国家的重大战略任务。

② 中国科学院中国现代化研究中心(2006. 2. 8): 中国现代化研究报告 2006—社会现代化研究。战略研究组(2004)中国可持续发展战略报告(科学出版社)。

③ 《易经》: 序卦传右上篇, BC500~600。

还的。不同的国度拖欠程度不同,但这笔生态赤字迟早要还的。我国目前面临的根本问题是在人均占有资源、国民文化素质、法制教育水准、公共道德修养、自主创新能力等基本条件方面都不具备优势的条件下与具有强大经济优势的发达国家竞赛。为此,当前一切决策必需瞻前顾后,做百年计,一切侥幸心理必须扫除干净。自主创新,只能走中国特色的道路,没有现成的可以照搬的模式去效法。因此,一定要夯实基础,厚积才能薄发,才有可能萌发创新。100多年前爱因斯坦是在简陋的公寓里思考了10多年才提出了《相对论》;王选院士坐了近20年的冷板凳,经历过了多少冷嘲热讽的磨炼之后才完成被称之为当代毕升的伟业。因此,切莫轻言创新,许诺创新,为奖而创新。这将是一场必须动员全民,经过长期群体不懈的努力,才有可能屹立于世界强林之列的持久战。

从原创到普及是科学,也是艺术。引进一模仿一科普这是传统手法,但要赋予中国特色,则还需要在工程伦理学、生物伦理学乃至生态伦理学的交融与价值取向方面研究新问题,寻求新路子。“创新型国家”。这是当前中国农业科技体制改革中的重大问题。要想走中国自己的路,必须中国人自己从国情国力出发,另辟蹊径。许振英教授生前曾呼吁^①要有一大批“德才兼备的甘为人民服务,能胜任为人民服务”的队伍,才能异军突起,才能具有战斗力。亦步亦趋,一味跟踪是永远不可能赶超的。

纵览世界农业的改革都是循序渐进的,原苏联“集体农庄”如此,我国“人民公社”也如此。当前一个认识上误区是把先进国家的今天当作中国的今天或明天去效法。事实证明,某项科学技术的引进与应用在特定的环境、资源背景下,可能是先进的、利大于弊的。但在另一种时空状态下,措施不当就可能是反动的、不可逆转的灾害。如有些农药、兽药便是其例。西方一些国家补偿生态赤字是以攫取、掠夺别国的人力、物力资源为背景的。美国的耗油量^②是中国的3倍,并以占世界5%的人口消费了全球20%的能耗,可以认为,美国的成功经验不一定是中国的榜样。中国地大物薄,是一个人均资源穷国。因此,当前对所有以牺牲环境资源为代价的线性经济必须向以可持续发展为前提的“循环经济”的方向,从“多、快、好、省”理念向“省、好、快、多”的方向作战略转移。作者确信我国动物营养学界有志气,有智慧,有能力一定能在实现中国特色的创新型社会现代化的伟业中做出新的贡献。

结 语

工业革命给人类创造了物质文明,但同时也给人类赖以生存和发展的地球村造成一系列生态失衡。21世纪将是人类面向重建生态文明的又一次万里长征。党和政府在科学发展观的五个统筹协调发展中首次提出了统筹人与自然协调发展的战略方针。21世纪头20年是我国科学发展的战略机遇期。因此,动物营养科学的宏观决策首先应从生态伦理观重新审视人与自然的关系,批判基于无节制地向自然攫取有序物质,任意地向自然排放无序物质的“无极限观”的批判由此派生的盲目追求“快大早”的价值取向。我国地大物薄,人口超载,从中国近几十年来的生态足迹分析,在本世纪内实现社会现代化将需要数倍于经济发达国家的付出。因此,只能在“巧”字下工夫,“巧”的技术路线是在“省”的前提下,求“好”,在“好”的基础上争取“多快”,这是为子孙后代少留些“生态赤字”,多保留些“净土”的需要,也是人类与自然共存共荣和谐发展的需要。

^① 许振英《一名老教师的忧虑》(1993),许振英教授纪念文集,1996,农业出版社,8~10。

^② Lester B. R. 2005. 中国取代美国成为世界大国头号消费国. 2004年,美、日耗2040万桶石油,中国日耗650万桶。从1994年至2004年间,美国耗油量增加了15%,而中国翻了一番。

国际动物营养学的发展趋势与我们对策的思考

卢德勋

(内蒙古农牧业科学院动物营养所, 内蒙古呼和浩特 010030)

传统动物营养学研究经过了漫长的发展历程, 在 20 世纪上半叶最终从相关学科分化出来, 形成了现代动物营养学的理论体系和技术体系。作为生物科学中一门学术研究活跃、应用前景广阔的学科, 传统动物营养学对推动畜牧科学的现代化进程和饲料工业以及养殖业的科技进步做出了巨大的历史贡献。

一部动物营养学的发展史告诉我们, 动物营养学是饲料工业和养殖业的伟大实践推动下的产物, 是动物营养学科本身和相关学科研究不断创新的发展成果。认真研究世界动物营养学发展的历史、现状和未来的走向, 对实现我国动物营养学界几代人为之奋斗的, 使我国动物营养学从整体走向世界的理想有重要的指导意义。本文拟在回顾世界动物营养学发展历程的基础上, 对当前国际上动物营养学的发展趋势进行分析, 并对今后的反刍动物、非反刍动物以饲料科学的优先研究领域进行讨论。最后对我国动物营养学界应采取的对策发表一些初步的看法。

1 国际动物营养学发展历程

卢德勋 (2004a) 指出, 迄今为止的动物营养学的发展历史, 大体上可以分为两个基本阶段, 即萌芽阶段和传统动物营养学发展阶段, 并提出传统动物营养学阶段的主要特征是:

- 学科整体思维方式以分析思维占优势;
- 研究方法以分析法和传统黑箱法为主要特征;
- 研究领域集中在动物营养价值评定和动物营养需要量两大基本问题;
- 静态描述是整个学科内容的主要特征;
- 饲养营养措施强调以饲养标准为中心, 使用单项措施或几项简单相加措施。

卢德勋 (2004a) 进一步提出传统动物营养学发展阶段可分为前期、中期和后期三个发展时期。这三个发展时期大致划分为: 前期, 从 18 世纪后期至 20 世纪初; 中期, 从 20 世纪 20 年代至 70 年代; 后期, 从 20 世纪 70 年代开始, 至今还在继续。目前在世界范围内动物营养学正处于传统动物营养学后期。这是一个动物营养学大发展、大突破的时期; 是一个传统动物营养学转型的阶段。这里, 我们首先必须清醒地认识到目前在世界范围内动物营养学仍然处于传统动物营养学发展阶段; 其次还要清楚地看到, 目前世界动物营养学正处于一个关键的历史时期, 即动物营养学正在由描述为主的科学向控制科学转变的历史时期; 动物营养学由“分析时代”进入“系统时代”的历史转变时期。在这个历史时期, 传统动物营养学发展最鲜明的时代特征就是正在进行的学科整体思维方式由“分析时代”向“系统时代”的历史转变。它必将为动物营养学研究提供一系列特有的新的科学概念、研究思路和方法, 成为推动传统动物营养学改造和发展强有力的先导和催化剂。现代化进程不断加速向前推进是传统动物营养学在这个历史时期发展的另一个鲜明的时代特征。这两个鲜明的时代特征充分显示出动物营养学是一个充满活力的生物科学分支。在一代又一代动物营养学者的不懈探索中, 传统动物营养学必将迎来更加辉煌的明天。传统动物营养学后期到底要经历多长时间取决于许多因素。但是我相信这一天不会太远了。一个崭新的动物营养学发展新阶

段必将到来,一个具有鲜明时代特征的动物营养学的新理论体系和新技术体系必将会在 21 世纪诞生。

2 国际动物营养学的六大发展趋势

国际上传统动物营养学在其发展后期出现的上述两个鲜明的时代特征对动物营养学的发展产生了巨大而深刻的影响,使其出现了一些值得我们关注的发展趋势。分析和了解这些发展趋势对制定我国动物营养学发展战略有重要价值。国际动物营养学的发展趋势可以归纳为以下六个方面。

2.1 营养理论发生了巨大变化,出现了两大“扩展”,即由动物养殖扩展到整个人类食物链,人类营养和动物营养分久必合,出现了“第二次握手”,由单纯关注动物生产指标扩展到饲料安全、动物健康、畜产品品质和安全以及减少环境污染等多个方面,使动物营养学的研究视野和研究内容出现了从未有过的广阔局面

这一发展趋势充分反映出社会公众对动物营养学的时代要求和挑战。这些时代要求和挑战包括:随着人类生活水平提高,动物来源食物在人类膳食内比例不断增高;在发达国家,在动物来源食物数量供应满足后,随之而来就对食品安全、对环境的影响与营养和健康的相互关系提出了新的要求;人类营养学的研究目标已转移到保持健康、降低发病率上来。越来越多的人开始认识到要实现这一目标,必须从源头抓起,必须从整个食物链着手;当前在动物饲养中降低药物使用的社会压力越来越大。

2.2 传统动物营养学研究的上述两大基本问题在研究内容和研究手段方面的现代化进程不断向前推进

100 多年来,一代又一代的动物营养学工作者一直在饲料营养价值评定和动物营养需要量两个研究领域勤奋地工作,为传统动物营养学的产生和发展做出了巨大历史贡献。但是随着科学技术的进步,传统动物营养学在这两个领域内建立起来以传统黑箱论为基础的理论体系和技术体系越来越显示出其时代局限性。它们在“饲养实践中表现出某种盲目性和不确定性,并难以形成系统集成化技术,势必影响应用效果”(卢德勋,2004a)。针对传统动物营养学这一理论和技术缺陷,国际动物营养学界多年来已经作了大量工作,大大推动了传统动物营养学的研究内容和研究手段的现代化进程向前发展。

在饲料营养价值评定领域这一发展趋势主要表现在三个方面:一是所使用的评定指标由单纯黑箱指标向现代化指标体系转变,其中包括不断克服指标的表观性、由单纯能量指标向能量—能量载体物质综合指标体系转变、整体性营养指标异军突起以及各种评定指标模型化迅速发展,等等。二是日粮内饲料间营养价值可加性(additivity)原则受到挑战,饲料间和饲料营养物质之间组合效应的研究已成为热点领域之一。大量试验研究成果表明,传统营养学理论中间在评定日粮营养价值时所提出的可加性假设是完全站不住脚的(Verstegen 和 Tamminga, 2001)。三是评定手段现代化。其中主要是快速体外试验技术将会有迅速发展,还有近红外光谱技术在营养物质可利用率和日粮能量评定方面都有广阔的应用前景。

在动物营养需要量领域这一发展趋势则主要表现在:

(1) 动物营养需要量模型化研究将会向更纵深发展。20 世纪 70 年代前,动物营养需要量所使用的模型大多是决定性模型(deterministic models),多使用回归分析方法。近年来,越来越多学者采用机制性模型(mechanistic models)。以乳牛为例,NRC(1989)版开始使用机制性模型来估测

RDP 和 UDP 的进食量，并提供比较简单的计算机软件程序。12 年后，NRC (2001) 版在用机制性模型估测乳牛营养需要量方面迈出了决定性一步。此版 NRC 乳牛需要量开始使用动态模型来估测乳牛营养需要量。

(2) 所使用的营养指标由单纯黑箱指标向现代化指标体系转变。与饲料营养价值评定相配套，在动物需要量指标上也在发生同样变化。

(3) 动物需要量的研究从整体动物水平向消化道和组织代谢层次深入。近年来，大量研究表明，单纯在动物整体水平进行的营养需要量的研究只能建立黑箱理论体系。它无法阐明动物需要量的动态变化，更无法对动物需要进行深层次调控。已知，不同器官和组织的营养物质的需要也是不相同的。反刍动物的瘤胃微生物和乳腺的营养需要明显不同。家禽的卵巢和相关器官的营养需要与其他器官也彼此不同。

(4) 动物营养需要量固定不变的陈旧观念受到质疑和挑战，营养优化决策已成为动物饲养优化设计的重要组成部分。

2.3 动物营养学研究领域和研究视野空前广阔为动物营养学一切有志之士提供了一个大显身手的舞台

如前所述，传统动物营养学研究领域和研究视野十分狭窄，仅仅局限于动物营养需要和饲料营养价值评定两个狭窄的领域，视野所及只是动物整体这个黑箱外部，所关注只是动物生产性能一个方面。随着传统动物营养学的巨大进步，时至今日动物营养学的研究领域和研究视野已大大被拓展了，达到了空前未有的广度和深度。右表列举了 Adams (2001) 提出的广义营养学 (Total Nutrition) 的研究内容，可见一斑。

广义营养学所涉及的内容表 (Adams, 2001)

- * 饲料安全和卫生
- * 动物采食调控
- * 饲料营养素的消化和吸收
- * 动物消化道内微生物体系调控
- * 营养与动物机体防御体系
- * 营养与抗氧化应激
- * 营养状况评分体系

卢德勋 (2004a) 在《系统动物营养学导论》一书中提出，要将动物营养的研究领域由动物机体子系统向其内部消化道层次和组织代谢层次深入；由动物机体向其周围环境扩展，直至涵盖整个动物营养系统。在如此广阔背景下，立足整个动物营养系统，用系统方法加以考察和研究，就一定能取得传统动物营养学所望尘莫及的理论和科技成果。

近年来，在动物营养学研究领域出现了两个值得关注的具有全局意义发展动向，现分别叙述如下：

第一，分子营养学的崛起。分子生物学和生物工程技术所取得的令人振奋的研究成果正在动物营养学研究领域获得应用，对动物营养学发展正在产生深刻的影响。分子营养学的诞生就是最集中的表现。在基因组学 (genomics)、蛋白组学 (proteomics)、代谢物组学 (metabolimics) 及至最近才兴起的糖组学 (glycomics) 等生物技术推动下，基因组对营养变化所引起的效应研究的课题正在迅速发展起来。在此基础上发展起一个新的研究方向，现已定名为营养基因组学 (nutrigenomics)。根据这一方向，可以进一步阐明营养物质代谢的分子调控机制。将营养基因组法与一些传统的研究方法相结合，通过深入研究将会给我们提供大量有关对营养物质供给产生效应的代谢调节动力学信息，进而能阐明营养物质与代谢疾病和免疫调节之间的相互关系，为新的营养调控理论体系建立奠定技术基础。

第二，通过营养措施降低畜禽养殖业对环境的污染的研究正在逐步成为国际上动物营养界的热点。随着乳、肉、蛋等产业的高速发展，乳牛、猪和禽等家畜的养殖对环境的影响已经尖锐地摆在