

饲料科技动态与二十一世纪展望¹

CURRENT ADVANCES IN FEED TECHNOLOGY AND PERSPECTIVES TOWARDS THE 21ST CENTURY

熊易强 博士
美国大豆协会饲料技术主任

本文意图是讨论饲料工业和科技在二十一世纪的前景。

背景——市场与工业

发达国家

由于人口增长接近于零，老年人口增加及对健康食品更加关注等原因，动物蛋白消费趋于平稳。尽管动物蛋白消费总量不增，由于发现 ω -3 不饱和脂肪酸的抗衰老作用，鱼的市场份额可能加大。低胆固醇鸡蛋、名牌肉之类的“特色”畜产品因健康关注和收入提高而逐步进入市场。

随着新技术的应用，畜产效率（个体产奶量、产肉量等）将继续提高。从农田到餐桌的一条龙食品经营体系将成为主要方式。农场规模逐渐扩大，农户继续减少。对食品安全和环保的关注给畜牧业及饲料工业加大了压力。

发展中国家

随着经济发展和人口增长，发展中国家肉食消费日益增长，畜牧业和饲料工业随之迅速发展。许多发展中国家需要以有限的土地供养日益增加的人口。为解决饲料资源供应问题，增加进口是必要的；另一方面，根据各国国情在饲料工业采用适当的技术也很重要。

技术的生长点

一般公认，计算机技术和生物技术是农业科学发展的两个先导因素或生长点。

美国是公认的电脑科技领先国家。但是，最近一个报告指出，电脑科技人才短

¹此文根据1999年12月作者在泰国青迈大学作的英文演讲稿译成，是98年“国际饲料工业科技动态与二十一世纪展望”一文扩充的第二稿，单行本编号FE1-2000。

缺已成为美国经济发展的一个限制因素。报告提出了解决办法，并估计道，即使采取这些措施，仍需十年（从1998年起）才能满足对电脑人才的需求。

人们都说二十一世纪将是生物技术的世纪。许多高智商的青年学生被吸引进入这领域。长期以来，生物科学处在基于概率的“手工”操作阶段，近来才开始采用诸如基因转移、组织培养（克隆）之类的高科技手段。这些新技术使基因工程得以更好地定向研究，成果更有可预见性，也加快了研究步伐。计算机技术在生物技术方面的应用无疑会进一步加速这一进程。

计算机和生物技术的进展正在并将要继续对食物生产系统产生深远影响。

遗传与育种

人工受精（AI）和卵移植（ET）技术已经并将继续加速改进的雄性或雌性基因型的传递，促进养殖业的发展。近期动物克隆技术（体细胞培育）的成功使得准确复制同一遗传-表现型成为可能。与此同时，人们也关注不加节制地使用克隆技术将可能给人类带来的影响。

动物育种除继续朝着高产优质发展外，一个振奋人心的动向是通过基因转移培育可供人类器官移植用的动物品种。

在农作物方面，传统育种技术（即杂交选育）加上生物技术，正在给饲料工业提供更为优质高产的和/或有特殊用途的品种。成功的例子有高油玉米（蛋白质和赖氨酸也高，以传统技术育成），耐除草剂大豆（Roundup Ready Soybeans，通过生物技术育成，耐受一种最有效而安全的除草剂Roundup Ultra）。正在研究开发中的新品种有：低植酸玉米，低水苏糖-低棉子糖大豆，低抗胰蛋白酶因子大豆，抗虫的棉花、玉米品种等等。一家生物技术公司声言，他们正在开发专门用来提取维生素和氨基酸的品种，可带来两位数的效益。

为加强研究开发实力，一些生物技术-育种公司已经以合资方式组建起来，例如，“优质谷物”公司（Optimum Quality Grains L.L.C）即由先锋公司（Pioneer）与杜邦公司（Dupont）合资建成，孟山都（Monsanto）与科尔特公司（Culter）也建立了合资公司。

为保证将专用品种送达最终用户，已经建立起一种“确保品种特性”体系（Identity Preserved Grain Program，简称 IP），从种子培育、谷物种植、收获、储藏

到运输等一系列环节,确保提供给用户的是该用户所需要的品种并与其他品种隔离。制作豆腐专用的大豆品种就是首批 IP 运作之一。“优质谷物”公司最近与 ADM 公司和 ConAgr Trade Group 集团签署了一个合同,负责经办他们对高油玉米的增长需求。

靠生物技术获得新性状的有机体又被称为遗传改性体 (Genetically Modified Organisms,简称 GMO)。在生物技术给饲料工业带来更为优质的原料之际,也带来了人们对 GMO 的关注或恐惧。有些国家正在制定对 GMO 的贸易限制。作为对策,一些公司,如 ADM,要求将 GMO 与非 GMO 彻底隔离。这里主要的技术性问题是:GMO 是否会有害于人的健康?特别关注的是对整体生态的影响、过敏和有毒成分等。我愿借此机会谈谈个人对这问题的看法。

首先,大多数,如非全部的话,我们消费的所谓非 GMO 动植物产品,从广义讲,都是遗传改性的,或者说都是GMO。所谓非 GMO 和所谓 GMO 之间的差别在于产生新遗传型的技术或方法。如前所说,后者是靠以快得多的速度开发新品种的新生物技术产生的。生物技术不仅能在不同种之间转移基因,还能在不同目、甚至纲之间转移基因,例如,将微生物、动物甚至人类的基因移出移进。因此,将这种方法产生的新品种称作“转基因体”("Transgenic Organism") 而不叫作GMO,以区别于传统杂交育种技术产生的品种,可能更为恰当。

GMO是否会影响我们生存的生态系统呢?会的。但事实上,在世界出现 GMO 之前,我们人类就一直在影响、改变着整体生态系统。真正的问题是,GMO 对生态系统的影响是正还是负?理论上,两方面影响都可能有,但事实上,已研制成功的 GMO 对环境的影响看来都是正面的,抗虫作物将减少有害杀虫剂的使用,低植酸玉米会减少磷的污染。

GMO 是否有毒或者会引起过敏?理论上可能会,但事实上有些正在研制的新品种是要降低有毒有害成分,给我们提供营养更加平衡更有利于健康的食物。低抗胰蛋白酶因子大豆和更佳氨基酸平衡大豆即为其例。

管理控制当然是必要的,但总的来说,为了确保所有推出的新品种都对人类有利,对 GMO 和非 GMO 都要加以管理,尽管GMO因特殊的转基因技术而需要一些特别的管理技术。

对 GMO 产品加以标签,实际上是出于消费者的要求,而不是个科学问题。有些国家实行 GMO 标签可能会减缓 GMO 的发展。但GMO 是肯定会继续发

展的，这不仅因为它是科学的，还因为必须以更好的食物供养世界上日益增加的人口。科学是靠人发展的，科学掌握在人的手中并为人服务。我们有充分理由持乐观态度。

饲料添加剂

在欧洲已开始禁止使用抗生素作为促进家畜生长的添加剂，尽管没有证据表明对这类药物的耐受性的加大与饲料中使用抗生素之间有直接联系。在美国也一直在讨论这个问题。这个趋势当然给非抗生素添加剂带来了市场机会。

酶制剂是改善饲料利用的非抗生素添加剂之一。市面上可以买到的有各种蛋白酶、纤维素酶、半纤维素酶、 α -葡聚糖酶(Glucanase)和催化消化其他碳水化合物的一些酶。市售的植酸酶原是为提高饲料中植酸的利用率而开发的，据最近研究，这种酶还能增进蛋白质和氨基酸的利用(Ravidran 等,1999)。酵母培养物(Yeast Culture)在反刍动物和猪的饲养中获得良好反应，尽管其机理尚未完全查明。

有机微量元素(Organic Trace Minerals)是微量元素与有机化合物以不同程度结合的一类复合物，其效率可因结合的方式和/或程度而异。最初只注意到这类添加剂的效价比无机微量元素高，后来发现有机微量元素还有其他好处。将有机微量元素与维生素混合做成预混料，维生素的氧化损失会小得多。有机微量元素对家畜免疫系统也有改善作用。

赖氨酸和蛋氨酸是饲料工业至今仅有的两种能够工业化制造并提供使用的限制氨基酸。为动物饲料制造第三、第四种限制氨基酸的唯一限制因素是价格，但这只是一个时间问题。当第三、第四种工业化制造的限制氨基酸可用于饲料工业时，将进一步降低日粮中的总蛋白质含量，这不仅会更有效地利用蛋白质资源，还会减少粪便中的氮排出量而有利于保护环境。

保健营养品(Nutraceuticals)在食品工业中已很流行。这是指一些来源于天然的、对人体保健，特别是减少衰老疾病有特殊作用的食物或添加剂。已被确认的保健营养品有膳食纤维、 ω -3 不饱和脂肪酸、抗氧化剂(如维生素 E 和 C)等。保健营养品现正进入饲料工业。低聚糖因对家畜健康和生产表现具有特殊生物学功能而开始受到重视，例如，有人发现，与某些病原细菌选择性结合的甘露糖可防止该菌侵入肠的上皮细胞和在此寄生。有报道说，果糖-低聚糖有益于家畜，它能将果糖

以只能被有益细菌利用的形式提供给肠道系统 (Newman 1997)。一些中草药应属此类。关于确定保健营养品的活性成分或功能基团的研究相当活跃。

饲料配方

以线性规划为基础的最低成本配方仍然是当今电脑饲料配方的基本模型。传统的最低成本配方模型以单位饲料 (日粮) 最低成本作为目标函数, 但单位饲料最低成本不一定意味着饲料生产者的最大收益。当前饲料配方的发展有两个基本领域: 一个是用电脑配方的影子价格来指导饲料原料的采购和管理; 另一个是建立使养殖业系统获得最大效益的模型。

评价饲料原料的传统方法是计算饲料原料中每种主要营养指标 (如蛋白质、限制氨基酸、ME 等) 的价格。但是这种方法不能表明饲料原料在配方中的真实价值。例如, 47.5% 去皮豆粕与不去皮豆粕相比, 其蛋白质、赖氨酸、蛋氨酸、对鸡的ME和对猪的ME计算得出的加价分别是9.09%、10.04%、8.06%、9.42% 和 5.12%, 但是, 电脑配方大量实践证实, 去皮豆粕实际价值比带皮豆粕高12-26% (熊易强, 1998)。这是因为一种饲料原料的实际价值寓于一定的原料价格结构下一定的饲料配方设计 (养分和原料约束条件) 的矩阵的动态运算之中。只有用电脑配方才能搞清一种饲料原料的真实价值, 在饲料配方中用影子价格来表示。被电脑选中的原料的影子价格, 是在其他原料价格不变的情况下, 该原料开始从饲料中被其他原料取代时的价格; 未被电脑选中的原料的影子价格是在其他原料价格不变的情况下该原料开始进入配方时的价格。一种饲料原料的影子价格可能会随配方约束条件和原料价格结构的变化而变化, 尽管如此, 它无疑是指导原料采购的有力工具。

电脑配方还能帮助作出饲料原料管理方面的决定。当一家公司选中一种原料但市场供应不足时, 电脑能够定量地指出如何最有效地使用这些原料, 即如何发挥该原料的最大效益; 当一种先前购买的原料由于原料市场价格变化而未被电脑选中时, 电脑会定量地显示处理该原料最有效的办法, 即如何将该原料造成的损失减到最小。所有这些工作都能靠现代电脑配方的程序完成。

动物生产系统的模型化应包括两个基本的亚模型, 即家畜模型和经济模型。投入/产出家畜模型的变量有日粮养分浓度、采食量、环境、品种和各项预期的家畜产出值 (产奶量、产蛋量、胴体增重与质量等)。经济模型的变量有除饲料之外的成本因素和预期的或合同签定的畜产品价格。NRC关于牛和猪的近期饲养标准中有一

些简单的基本模型。这些模型可能需要经过进一步测试、修改才能用来进行实际的饲料配方工作。更为复杂的模型正为一些大型联合体或商业饲料公司所采用。作者曾提出一个简化模型，是以单位畜产品的饲料成本最低或以饲料转化和单位饲料价格的乘积（饲料成本/产品kg = 转化率 × 饲料价格/kg）最低作为目标函数，并用蛋鸡（熊易强 等,1987）和肉牛（孟庆翔 等 ,1990）进行了模拟和饲养试验。使用这个模型成功的关键是准确预测饲料转化率。参数配方模型首先以每种养分与有效能量（如 ME）按比例挂钩（赖氨酸 / ME 、蛋氨酸 / ME 、有效 P / ME 等）计算不同能量水平的最低成本配方，然后选择单位 ME成本最低的配方（Bushman,1997）。使用这个模型成功的关键是确保在所给定的饲料养分浓度范围之内该家畜能够调节其每日 DM进食量，以达到同样的净能摄入量（如热增耗 HI 可忽略，也可用 ME 摄入量）和同样的产量（如产蛋量、日增重）。近来的研究数据表明，与传统概念不同，肉鸡新品种可在膳食营养浓度很宽的范围内调节 DM 采食量（Leeson 等，1996）。至于蛋鸡，最近一份报告表明，现代品系调节 DM进食量的能力趋于下降，且不同品系之间差异显著（Scheileler，1999）。

饲料加工技术

最近发表了一篇关于当前饲料加工技术发展的优秀评论（Behnke，1999）。用买来的浓缩料和当地生产的谷物在农场就地混合的作法在美国正在消失，因为高度专业化的农场主们已认识到购买工业化生产的完全饲料在成本上更合算。但是，在发展中国家，如中国，将浓缩料 / 预混料出售给农户就地混合的作法一直盛行并将继续下去（刘当慧，1999）。为了准确地满足每日营养需要，营养师们要求能按家畜不同生长期有更多种类的饲料。但是，为了发挥饲料厂的最大效率，饲料厂希望一种家畜就用一种饲料，或者一班或一天只生产一种饲料。为了解决这一矛盾，有些公司生产两、三种基本配方，以不同比例混合，制作出多种饲料以满足家畜每个生长阶段的需要（Behnke，1999）。

一些新型加工设备正在进入市场支持饲料工业的发展，诸如立轴锤片粉碎机、双轴蒸汽调制机（如DDC）、高速搅拌机、增压制粒机、通用制粒熟化机（UPC）。鉴于公众对食物安全和环境保护更加关注，以及对更有效地利用饲料资源的需要，湿热处理和高剪切力加工越来越多地被饲料工业采用。在采用这类加工技术时，应当进行关于该工艺及家畜投入 / 产出的可行性研究。下表所列是关于一些加工方法

的能耗和加工程度（以酶法测定淀粉糊化度表示，熊易强, 1999）的资料。

加工方法	淀粉糊化度 %	能耗* kw /h
粉碎	18-30	7-30
制粒	25-40	33-70
膨胀 Expansion	40-70	58-85
挤压 Extrusion	80-100	100-200
UPC加工	60-80	77-147
蒸汽压片	60-70	33-39

* 包括机械加工的电能和调制的蒸汽能

淀粉糊化度多数是实际测试的数据。能耗多是计算值或估计值。需要指出的是，在决定采用一项技术时，产品形式可能非常重要。例如，制作浮性鱼饲料需采用细粉碎再挤压的工艺，尽管其能耗费用很高，但却是唯一可用的技术。蒸汽压片看来是能效最高的湿热加工方法，一直仅限于养牛方面采用，可能值得尝试将它用到大规模养猪方面。

湿热加工提高了某些营养素的可利用率，但维生素，特别是酶制剂却被这类加工所破坏。将热敏感原料隔离在热加工之外的作法已引起更多注意，在美国（与 Hoizgraefe, Moorman's Inc. 私人通信，1997年5月）和欧洲（Best等，1999；Best，1999）已开发了少数几项制粒（挤压）后上涂料的技术。

工艺过程控制（Process Control）或用统计方法控制工艺过程(Statistical Process Control, PLC)，亦称全面质量管理，已经引入饲料工业并成为热点。我们绝不能靠降低产品质量来降低成本；另一方面，我们也不愿投入过多成本来保证产品质量。我们的目标是在改进或保持产品质量的同时降低成本。SPC 就是达此目标的有力武器。SPC的基本概念是在整个加工过程中将变异减到最低限度，这样才能以最低成本更有效地达到质量要求。减少原料/成品中的蛋白质变异，不仅可节省价高的蛋白质，还会在配方中给价廉的能量原料（如玉米比油脂相对便宜）留出更大余地。挤

压加工时让进料速度、水和蒸汽流量保持恒定，对保持产品质量稳定和达到最大产量至关重要。一个宠物饲料厂设置一套干燥-水分自动控制系统，使产品水分变动范围从1.3个百分点缩小到 0.3个百分点，创下一年几十万美元的效益（由降低失水损失和燃料费用而来），并提高了产品质量稳定性（Xiong, 1992）。一个制粒加工的手动水分控制系统已被提出并为一些饲料厂采用（熊易强, 1999）。在调制之前控制物料水分，降低了能量费用并提高了颗粒质量（Xiong, 1993；Faircheld等, 1999）。更为复杂的挤压加工控制系统正在研制开发中（谢富弘,1999）。

参 考 文 献

- Behnke, K. C. 1999. 当今饲料生产工艺进展，《饲料技术讲座文集》1998-1999，美国大豆协会，P. 8-17
- Best, P. 1999. Danish innovation: Spraying vitamins onto pellets. *Feed International* Vol. 20, No. 9. 39
- Best, P. and G. Clayton. 1999. Fit for phytase: Post-pelleting micro liquid application in Britain. *id.* 22
- Bushman, D. 1997. 为最佳成本饲料配方确定原料价值，《美国大豆协会饲料工业手册》，P. 1-
- Fairchild F. and D. Greer. 1999. Pelletting with precise mixer moisture control. *Feed International* Vol. 20, No. 8. 32
- 谢富弘 1999. 挤压工艺过程控制，《饲料技术讲座文集》1998-1999，美国大豆协会，P. 215-238
- Leeson, S., L. Caston and J. D. Summers. 1996. Broiler response to diet energy. *Poultry Sci.* 75: 529
- 刘当慧 1999. 预混合饲料的加工技术，《饲料技术讲座文集》1998-1999，美国大豆协会，P. 259-290

孟庆翔,熊易强,李玉仁,吉进卿,王淑莉 1990. 计算机模拟优化以氨化秸秆为粗饲料的肉牛饲养, 北京农业大学学报16: 4, P. 437-

Newman, K. E. 1997. Mannan Oligosaccharides: immune modulator or rumen efficiency potentiator. The 56th Minnesota Nutrition conference and Altech Inc. Technical Symposium. 37

Ravidran, V., S. Cabahug, G. Ravindran and W.L., Bryden, 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. Poultry Sci. 78:699

Scheideler, S. E. 1999. Modeling formulating for feed efficiency examined. Feedstuffs, 71-8, 12

熊易强,裴鑫德 1987. 最大收益饲料配方-最低成本饲料配方的发展, 北京农业大学学报 13:2, P. 223-

Xiong, Y. 1993. Extrusion moisture control. Unpublished paper.

Xiong, Y. 1994. Pig starter pellet quality. Unpublished paper.

熊易强 1998. 去皮豆粕及其在饲料配方中的价值, 《饲料技术讲座文集》1998-1999, 美国大豆协会, P. 26-36

熊易强 1999. 制粒作业水分控制指南, 《饲料技术讲座文集》1998-1999, 美国大豆协会, P. 163-166

熊易强 1999. 饲料淀粉糊化程度(熟化度)的测定, 《饲料技术讲座文集》1998-1999, 美国大豆协会, P. 239-241