

# 21世纪农业科技 新领域的开拓与发展

卢良恕, 王东阳, 许健民  
(中国农业科学院, 北京 100081)

**[摘要]** 分析了知识经济对我国提出的挑战, 探讨了目前我国农业科技发展的总体水平及存在问题, 提出了建设农业知识创新体系的基本任务; 阐述了信息产业和生物技术产业将会成为 21 世纪的两个支柱产业, 展望了两大产业在农业中的应用前景和趋势; 预测了生物技术的发展及其在生产中的广泛应用, 以及农业科技发展将形成的六大新领域, 即新物种的塑造、快速繁育技术的应用、农业工厂的构建、新人造食品与饲料的生产、新能源的开发及新空间领域的拓展。

**[关键词]** 知识经济; 农业知识创新体系; 信息技术; 生物技术

## 1 知识经济与农业知识创新体系建设

知识经济是以知识为基础, 以人力资本和技术为重要推动力, 高技术产品生产和服务部门为支柱, 强大的科学系统为坚强后盾的新型经济形态。知识经济为人类的发展开辟了空前广阔的空间和境界, 同时也对人类的发展能力提出了严峻的挑战。

尽管知识经济是以替代工业经济的身份出现并迅速发展的, 但很多专家都认为, 在包括知识经济时代在内的人类文明时代, 农业特别是粮食安全一直是国家安全的最重要保障之一, 没有坚实的农业基础, 就不可能真正形成和发展知识经济。目前对大多数国家而言, 解决和改善人民的衣食住行条件

和生存生活环境依然任重道远。随着人口的剧增、生态环境的继续恶化和资源的日益匮乏, 加上农业投资的不足, 预计世界上缺粮的国家会越来越多。因此, 在迎接知识经济到来的同时, 决不能放松对农业的重视。应该说, 无论一国的经济发展到什么阶段, 物质生产都是基础, 无论农业在国民生产总值中处于何种比重, 都不应也不能忽视农业。21 世纪信息技术和生物技术的日新月异, 必将为农业创造出更广阔的发展空间。

目前我国农业科技的总体水平还较低, 科技进步对农业增长的贡献率只有 40% 左右, 主要领域研究水平与发达国家相差 10~15 年。现有的农业科研机构布局、科技体制与运行机制等方面也存在许多问题, 尤其是科技与生产和市场脱节问题较为

**[收稿日期]** 1999-06-11

**[作者简介]** 卢良恕 (1924-), 浙江湖州市人, 中国工程院院士, 中国农业科学院研究员

突出；农产品质量不高，国际竞争力差（水稻、小麦、玉米、大豆等大宗农产品价格已超过国际市场的10%~100%），经济效益低，农业仍未摆脱弱质产业和基本上靠天吃饭、自给自足的局面，离现代发达基础产业的目标还有较大差距。因此，抓住知识经济到来的有利时机，按照十五大提出的三步走发展战略，大力发展以知识和信息为基础的现代农业，构建我国农业知识创新体系，实现农业现代化和知识化的协调发展，用科技和人才的强大动力促进农业和农村经济全面发展，就成为当前我国农业科技发展的首要任务。

我国建设农业知识创新体系的基本任务是：形成强大的国家农业知识和技术创新能力，源源不断地为国家提供农业知识创新成果；推进先进适用科技成果和最新农业科技知识的传播、扩散和技术转移；围绕开创我国跨世纪农业和农村工作新局面这一主题，积极为国家 and 地方政府提供科学的宏观决策服务；建设一支高素质的农业科技人才队伍；不断加强国家农业知识、技术创新基地的建设，逐步建立与国际接轨并符合我国国情和农业特点的国家农业知识创新体系和现代农业科研院所制度。

## 2 信息技术和生物技术将成为 21 世纪的两大支柱产业

### 2.1 信息技术

信息技术对农业最直接的影响就是“精（准）细农业”的诞生和飞速发展。精（准）细农业（Precision Agriculture）是基于信息和知识应用于农业产业精细经营的技术思想和实践，它是通过全球卫星定位系统（GPS）、地理信息系统（GIS）、遥感（RS）等尖端信息系统，对农田土地管理、土壤状况、气候条件、作物长势、病虫害发生、发展趋势等信息进行广泛收集和处理，并藉此建立相关数据库和分析模型，从而对农业生产和管理进行精确预测和调控的新型农业。其主要目标是提高资源的产量潜力，减少化肥和农药等生产要素的投入，实施合理生产、科学管理，以便获取最佳的农业投入产出率。精（准）细农业的出现，是对科学利用农业资源和进行作物生产管理的一次深刻变革，促进农业科技界突破传统的以单学科研究为主

的工作方式，通过多学科融合和协调，组装集成多种科技成果，为农业的可持续发展提供有利的技术支持。目前，国外精（准）细农业的发展已进入实用阶段，而我国还处于起步初期，但潜力巨大。我们应该利用进行新的农业科技革命的有利时机，推动精（准）细农业在我国跨越式发展。

### 2.2 生物技术

从广义上分析，现代生物技术主要包括基因工程、细胞工程、发酵工程和酶工程。其突破是从50年代DNA双螺旋结构的发现开始的。从那时起，人类开始从分子水平上了解遗传发育等行为，突破了远源物种不能杂交的禁区，对生命活动规律的认识也有了质的飞跃，以解决人类面临的人口、粮食、健康、环境等重大难题为目标的生物工程技术及产业也应运而生。自1983年首例转基因植物问世以来，在短短的15年时间里，科学家已在200多种植物中成功地实现了基因转移，其中包括一些重要的农作物和树木，如水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、向日葵、甜菜、马铃薯、番茄、烟草和杨树等。随着基因工程研究的深入，进入商品市场的转基因植物和动物将会不断增加<sup>[1~3]</sup>。

目前基因的分离、扩增、重组以及体细胞的克隆技术都已实现，生物界正将研究重点由单个基因的测序转到有计划、大规模地对人类、水稻等重要生物体的全基因组进行测序和诠释。由于生物技术在解决人类发展过程中面临的诸多问题能够发挥特殊的作用，并有巨大的潜力，许多国家继“硅谷”之后，又开始出现了生机勃勃的“基因谷”、“生物工程谷”。21世纪生物技术的快速发展无疑将会导致农业和医学研究的重大突破，并在众多相关领域引发新一轮的革命。在农业上，生物技术可以将所需要的基因组合起来，培育出抗性更强、产量更高、品质更好、营养更丰富、生产成本更低的转基因的新作物、新品种。生物技术的发展及其在生产中的广泛应用，将使农业科学技术的研究不断出现新的景象。

## 3 21世纪农业科技的主要新领域

生物技术的发展及其在生产中的应用，将为农业科学技术的发展开拓如下新领域<sup>[4~6]</sup>：

### 3.1 新物种的塑造

采用生物技术和常规育种方法,综合不同生物的优良性状,按人类意志定向塑造新的物种和类型。例如,通过花培、育成蛋白质含量提高10%,赖氨酸含量提高5%~7%的水稻新品系;利用反义RNA抑制番茄中多聚半乳糖醛酶表达,开发出存放期长、品味好的反义番茄;用分离出的猪生长激素基因注入猪的受精卵,获得“超级猪”;培育转基因羊,可从羊奶中提取人体 $\alpha$ 抗胰蛋白酶;培育转基因猪,生产大量人体血红蛋白;以及用转基因马铃薯生产人血清蛋白;利用转基因的油菜生产多肽药物等。通过塑造新物种,新类型,21世纪初叶人类不仅能充分利用现有种质资源,还可极大地丰富生物品种,解决农业生产种质单一的问题,以满足人类日益增长的需求。

针对病虫害猖獗、化学制品用量大、成本提高、病虫抗药性增强、环境污染等突出问题,创新出抗病、抗虫、抗除草剂的新物种、新品系和新方法,发展无公害农业。现已成功地把苏芸金杆菌的基因转移到棉花、玉米、番茄和马铃薯植物内,创造出抗棉铃虫、抗玉米钻心虫等10几种作物新品种,减少杀虫剂农药用量达60%。利用基因工程技术研制成功牛干扰素、幼畜腹泻疫苗、狂犬病疫苗和禽痘病毒活载体疫苗等兽医药品和疫苗,用重组DNA技术从大肠杆菌获取的动物生产激素,也将实现商品化生产。今后基因工程农产品将重点发展抗病、抗虫、抗除草剂和抗逆的遗传工程作物,预计到2025年前后,世界上大多数转基因作物将大规模走向市场,并形成可观的种子市场。

在耕地减少、农产品总量需求日益增加情况下,充分利用固氮微生物与藻类,将是建立作物营养综合体系(IPNS)的一大领域。由于生物固氮研究有着重要意义,20多年来一直是美、英、法、德、澳、日等国的重点科研项目。目前,我国山东大学用植物生长激素处理由愈伤组织分化出来的小麦幼苗根部,培养出世界上第一个人工小麦根瘤,在接种适当的固氮微生物后,根瘤内产生接种的细菌并显示出固氮活性;在与澳大利亚合作研究基础上,出现在小麦、水稻、向日葵等非豆科作物所结根瘤中测出的固氮活性,已接近或达到大豆根瘤的固氮水平。这一领域的突破,将导致肥料施用技术的革命性变革,并产生重大的经济效益。

### 3.2 快速繁育技术的应用

利用植物细胞的全能性,通过无性繁殖途径,发展人工种子制造产业。现在已有数百种植物能够通过组织培养成为再生植物,而利用胚状体外加包衣,制成人工种子,已在胡萝卜、芹菜、莴苣、柑桔、咖啡、棉花、玉米、水稻等作物上获得成功。随着试管植物的发展,在工厂内大规模创造和繁育有生命的活体将成为现实,并走向产业化。目前,国外细胞和组织培养产物已形成一个重要产业,大量生产试管苗,发展试管苗产业,逐步扩大市场。在我国,橡胶树、苜蓿、胡萝卜、旱芹、小麦、番木瓜、黄连和杂交水稻的人工种子已进入开发阶段。2010年左右,这一领域可望加快应用速度与扩大规模,实现人工种子的工厂化、自动化生产。

利用胚胎移植和胚胎分割技术,发展动物胚胎生产、贮存、运输与利用的新兴产业。目前,牛胚胎移植技术已进入商品化阶段,特别是奶牛冷冻胚胎的应用。用胚胎切割技术可使每头良种母牛一年繁殖50~150头小牛。用杂交新技术提高虾的繁殖率和生长率,1000只雌虾在一个生长季节里约可获得45.4万kg产量。据统计,1986年至1990年5年间,我国有小鼠、兔、绵羊、山羊、奶牛、猪、水牛、仓鼠、松鼠、猴和人,约10种哺乳动物体外受精获得成功,其中7种动物(包括人)获得试管后代。80年代,世界各国利用冷冻胚胎移植技术产下的犊牛约达7~10万头。今后,冷冻胚胎在世界范围内将扩大利用。与胚胎移植相配套的胚胎分割、胚胎性别鉴定、卵母细胞体外培养和胚胎克隆等胚胎工程技术发展前景也十分诱人。到2000年左右,完全有可能加快胚胎产业化、商业化的步伐和规模。

利用人和动物的生长激素基因转移技术,加快畜禽和鱼类生长速度,生产优质产品。目前已知可利用基因工程方法生产的人和动物的激素至少有48种,尤为突出的是生长激素的开发。通过猪生长激素基因工程的研究,可培育生长期短、脂肪少的瘦肉型猪,使猪腰部胸肌肉生长快1倍,脂肪减少70%,上市时间由6个月缩短为3个月,从而大大节约饲料。据报道,在不增加饲料的情况下,生长激素可提高牛产乳量15%~20%,奶羊产乳量8%~12%,猪日增重量增加15%。在鲑鱼、鳟

鱼生长激素的生产和应用方面,也有广阔的前景。2000年左右这方面研究可望扩大应用规模,并促进养殖业生产效益显著提高。

应用分子生物学等方法,发展畜禽性别鉴定技术,进行定向繁育和饲养,可以大大节省成本,提高产品率。例如撮牛胚胎滋养层细胞10~20个,然后用牛Y染色体特异性DNA探针,进行原位杂交处理,采用免疫细胞学技术检测,性别鉴定的准确率高达95%以上,在30h以内,可检出大量胚胎。目前已有胚胎公司试生产胚胎性别鉴定试剂盒,不久将来,这项技术可望进入实用阶段。

### 3.3 农业工厂的构建

21世纪上叶农业工厂化生产将有长足的发展,实现人工创造环境、全过程自动化的栽培与养殖,建立技术高度密集的生产体系。当前,发达国家的农业工厂化形式已在水产、畜牧、园艺温室及果树栽培等许多领域被普遍采用,并达到高效率、高产值、高质量。

通过人工制造基质与营养液,改进和扩大无土栽培技术的应用,并利用计算机进行自动调控与管理。如把温室工业化养鱼与蔬菜无土栽培结合起来,生产红鲤鱼、罗非鱼,栽植生菜,综合利用资源。研制遥感温室环境控制系统,将分散的温室群同计算机控制中心联结,实行自动化管理,形成大型植物工厂。随着智能化程度提高,温室蔬菜、花卉等等作物的无土栽培将走向群体化、大型化。

在创造适宜饲养环境,保证饲料营养和防治疫苗的情况下,未来我国猪、鸡、奶牛、肉牛等将由分散、低效饲养走向集中高效的工厂化生产。目前,发达国家的肉牛、奶牛、猪、鸡等广泛采用现代工厂化饲养方式。如奶牛饲养的工厂化管理,通过青贮、送料、挤奶、牛奶收集、运输全过程的机械化,每生产100kg牛奶,只要3~5个工时。未来规格化、“全进全出”型技术体系将得到更大的发展。

在水产品人工育苗和养殖方面,扩大工厂化生产规模。通过人工鱼礁、人工孵化、人工放流和人工繁殖等办法,探索把养殖工厂搬到船上和大型平台,形成海上流动式养鱼工厂的新途径,达到充分利用资源的目的。美国预计到2000年,人工鱼礁为游钓渔业服务的收益将达到300亿美元;日本北

海道每年放流大麻哈鱼苗5亿尾,成本不到5亿日元,若以2%重捕率计算,产值可达100亿日元,收益为投入的20倍。

### 3.4 新人造食品与饲料的生产

针对蛋白质资源紧缺和需求量大状况,充分利用微生物和藻类蛋白含量高(蛋白质含量占干物质的比重:细菌为60%~80%,酵母菌为45%~55%,霉菌为30%~50%,藻类为55%~60%),生产周期短、效率高的特点,开发单细胞蛋白资源,生产高蛋白饲料与食品。如以乙醇为原料,生产单细胞蛋白作为食品、饲料等。一座年产10万t单细胞蛋白的微生物工厂,相当于12万hm<sup>2</sup>耕地生产的大豆蛋白。这将成为21世纪的一大产业。

我国年产5亿多吨作物秸秆,如将其中20%进行微生物发酵处理,可获得相当于400亿kg饲料粮的饲料,接近目前饲料用量的一半。如利用能广泛分解纤维素、半纤维素、木质素和淀粉等有机物质的耐热放线菌生产单细胞蛋白,一座年产单细胞蛋白10万t(蛋白质含量100%)的工厂,其投资为7500万美元,生产成本为每吨368美元,经济上可行。据估算,从20万t完全转化的秸秆中可得到5万t乙醇和2.2万t糠醛或7万t左右的单细胞蛋白。未来30%的石油化工产品,可通过纤维素的生物转化获得。可见生物技术在为人类解决粮食、能源等问题中,有着举足轻重的作用。

开发十分丰富的植物叶片资源,生产出营养价值可消化率高的叶蛋白,用作饲料和食品添加剂。叶蛋白可消化率一般达80%以上,富含赖氨酸、胡萝卜素。目前澳、美、法、新西兰正加强研究与开发,美国已制成苜蓿蛋白含量90%的产品应用于食品,并形成一定规模的产业。

在谷氨酸等生产的基础上,利用生物技术培育新菌种,加快氨基酸发酵的利用,大规模生产不同用途的氨基酸。目前发酵工程已成为生产某些化学品的不可替代的手段,如色氨酸的前体发酵、长链脂肪烃发酵等,将使人类大规模应用色氨酸和长链二元酸成为可能。生物法生产的赖氨酸,能够产生具有生物活性的异构体(L-氨基酸)。2000年以后,由于木质纤维素原料的大量应用,发酵工程将大规模生产通用化学品以及生物能源,在某种程度上能够为人类物质生活提供所需要的原料。

### 3.5 新能源的开发

面对能源短缺与危机,积极开发“绿色能源”。除薪炭林外,重点利用多年生和一年生植物及藻类,生产酒精和石油代用品,如糖蜜发酵生产酒精;培育“能源甘蔗”,专用于发酵酒精;利用谷类生产乙醇等。日本还设想与东南亚国家合作,建立用木薯、薯蓣和其它农产品生产燃料酒精的工厂;正在建立的绿藻产业,其中一部分将用于生产石油。预计21世纪,利用生物技术发展新能源产业可望实现。

大量的作物秸秆可用来生产沼气、乙醇,部分代替石油。研究证明,利用基因操作技术改变微生物特性,把农作物秸秆分解为葡萄糖、木糖、苯酚、苯及燃料是可行的。如已开发的高压水蒸气预处理秸秆和木屑以及大幅度提高水解率的技术已进入工业化实用阶段。国内开发的水蒸气连续蒸煮技术已进入中试阶段。据测算,我国如果利用生物技术将农作物秸秆加工合成化工原料,每年可生产无水乙醇7256万t、糠醛4136万t、苯1792万t、苯酚2560万t、燃料油气5000万t。通过农工结合,建立资源回收加工产业群体,发展无废物农业。

### 3.6 新空间领域的拓展

开发我国辽阔的海洋,采用生物措施与工程措施相结合,改造海洋养殖环境。我国大陆海岸线1.8万km多,沿岸5000多岛屿的海岸线超过1.4万km,渔场279万km<sup>2</sup>,沿岸10m水深以内浅海与滩涂近700万hm<sup>2</sup>,可进行人工养殖的滩涂133.4万hm<sup>2</sup>。目前我国海域利用率低,人工养殖的滩涂利用率仅为30%,浅海仅1%，“海力”水平更低,每平方公里海域产量仅3t,而日本已达到12~18t。据测算,我国近海、外海和国际渔业

资源还有150多万t的增产潜力。通过生物技术,微电子技术和信息技术相结合,促进水产养殖、增殖向集约化、农牧化方向发展,像对待地力那样提高“海力”,营造“海洋农场”、“海洋林场”,实现“蓝色革命”。

航天科学与农业科学结合,建立太空农业试验室(站),发展太空农业和太空农业科学、发展太空食品、太空衣着,逐步形成新产业。通过已进行的太空农业试验,植物、动物等生物体的许多特性奥秘被揭示,计算机模型和控制系统对商品植物生产的应用领域被拓宽;运用多种手段如模拟地球生态系统进行食物生产,积累向其他星球移发的经验。近些年,我国水稻、番茄的种子以及藻类送入太空播种,出现了显著变异,如稻穗长、籽粒大、一茎三穗等有助于加速品种选育进程,丰富各质资源。目前,太空农业虽处于开始试验阶段,但从长远看,具有诱人的发展前景。

#### 参考文献

- [1] 卢良恕. 21世纪的农业和农业科学技术 [J]. 科技导报, 1996, (12): 3~8
- [2] 蒋建平, 王东阳. 未来的农业科学与产业化趋势 [J]. 中国科学院院刊, 1995, (1): 54~57
- [3] 郭殿瑞, 刘渊, 王璋瑜. 国外农业生物技术产业化现状与发展趋势 [J]. 农牧情报研究, 1994, (1): 2~6
- [4] 王东阳. 农业是弱质产业吗——当代世界农业现代化建设的特点、分析与借鉴 [J]. 国际技术经济研究学报, 1994, (4): 42~48
- [5] 王东阳. 市场经济发展与农业现代化建设 [J]. 农业现代化研究, 1995, 16 (2): 90~92
- [6] 卢良恕, 蒋建平. 中国农业现代化建设理论、道路与模式 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996

## The Exploitation and Development of New Field for Agricultural Science and Technology in 21<sup>st</sup> Century

Lu Liangshu, Wang Dongyang, Xu Jianmin

(Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

[Abstract] In this article, based on the analysis of the challenge by the knowledge economy to China's social and economic development, the author points out that knowledge economy can't exist and (cont. on p. 103)

参考文献

- [1] 吕崇德, 睦喆, 姜学智, 等. 系统仿真学报, 1999, 11 (4): 224~227
- [2] 章臣樾. 锅炉动态特性及其数学模型 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1987
- [3] 范永胜. 两类实用的单相受热管集总参数动态修正模型 [D]. 北京: 清华大学, 1999
- [4] 上海锅炉厂研究所. 电力技术通讯, 1975, (5)
- [5] Dolezal R. Simulation of large state variation in steam power plants [M]. Springer-Verlag Berlin, 1987
- [6] 王广军. 蒸汽发生系统通用动力学模型 [D]. 南京: 东南大学, 1995
- [7] 范永胜. 600 MW 超临界机组直流锅炉的全工况建模与仿真研究 [D]. 南京: 东南大学, 1997
- [8] 杨晨. 大型循环流化床锅炉整体数学模型的建模与仿真方法研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 1999

## Development of Simulation Technologies and Researches of Modeling Theory for Power Plant in China

Lü Chongde Fan Yongsheng Cai Ruizhong  
(Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**[Abstract]** In this paper the development of simulation technologies and modeling theory of the fossil power generating unit in China is discussed and analysed. Authors described developing process of the fossil power simulators from scientific researches to achieving the most quantity in the world. While the information of electric power simulators distributed over the world is given. The key technologies — modeling theory and method of the thermal system simulation are summarized. Authors expounded the lumped parameter model, distributed parameter model, dynamic revised model of high precision lumped parameter and other model. These model equations are applied various simulated objects and different simulation precision.

**[Key words]** system simulation; modeling; electric power

(cont. from p. 10) develop without the stable support by agriculture, only when the modernization of agriculture, industry and infrastructure realized can we enter the knowledge society smoothly. The total level and sub-sistent problems of agricultural science and technology are discussed, the basic tasks that the innovative system for agricultural knowledge should undertake are also studied. The author believes that information and biology technology will be the two fundamental dustries in 21<sup>st</sup> century, the prospect and trend of their application in agriculture are also described. The author anticipates that the rapid development and intensive use of biology technology in agriculture will inaugurate 6 new fields for the research work of agricultural science and technology, which include the creation of new species, the application of the new fast breeding technology, the establishment of agricultural factory, the producing of new man-made food and feed, the exploitation for new energy and the searching for new space.

**[Key words]** knowledge economy; the innovative system for agricultural knowledge; information technology; biology technology