

生物经济的兴起与商榷

A Rise of the Bio-economy and Its Discussion

陈启锋

(福建农林大学, 教授 福州 350002)

近来, 科学界预测, 20 年以后, 生物技术将取代信息技术成为推动世界经济的主力, 并出现新的经济形态——生物经济。本文试分析生物经济兴起的背景和内容, 并初步讨论与生物经济有关的若干问题。

一、生命科学的发展

生命科学在揭示生物界的起源进化、遗传变异和改良优化等重大问题上, 经历了 100 多年的辉煌历史, 取得了激动人心的飞速发展。我们可以毫不困难地描述出最具特征的几个发展阶段。

1. 描绘了生命起源与进化的轮廓, 使生命科学进入宏观生物学发展阶段 达尔文于 1859 年发表了《物种起源》, 阐述自然选择在物种形成和演替中的作用, 描绘出生物起源与进化的草图, 为地球上的生物多样性提供了依据。达尔文学说尽管存在着年代和条件的局限性, 但毕竟摆脱了“神造论”, 开创了唯物论的生命科学观; 引导着人们从宏观上走向科学探索生命奥秘的征途。

2. 揭示了遗传因子存在于细胞中, 使生命科学进入细胞生物学发展阶段 孟德尔于 1866 年发表了豌豆杂交实验报告, 首次从混合遗传转到因子遗传(1909 年约翰逊发展为基因), 确认其存在于细胞中, 并提出分离法则与自由组合律。这是最具有历史性的飞跃。孟德尔定律于 1900 年被戏剧地重新发现后, 又经过摩尔根等补充的连锁交换律, 奠定了近代遗传学的基础, 点燃了 20 世纪生命科学的革命之火。

3. 发现了 DNA 分子双螺旋结构, 使生命科学进入分子生物学发展阶段 沃森和克里克于 1953 年发现了 DNA 分子的双螺旋结构, 由 4 种核苷酸顺序成对配合构成的 DNA 分子, 携带着具有自我复制功能的遗传密码。从而阐明了遗传信息的复制和发生突变的机理, 铺平了人们认识基因生物学的道路。这是 20 世纪科学的一项最重大贡献, 成为生命科学发展的里程碑。

4. 发明了 DNA 重组的技术体系, 使生命科学进入工程生物学发展阶段 DNA 重组技术包括 DNA 片段的剪切、不同片段的连接及其导入新宿主等一系列操作技术, 由科恩和博耶于 1973 年组合完成。他们在试管中将大肠杆菌中的两个不同质粒重组到一起, 一个质粒 DNA 中带有抗四环素的遗传信息, 另一个质粒 DNA 带有抗链霉素的遗传信息; 然后将此重组质粒导入大肠杆菌中, 结果它能在新宿主中得到表达, 即同时抗四环素和链霉素。这是世界上完成的第一个基因工作实验, 从此基因工程的研究便蓬勃地开展起来了。

5. 完成了人类基因组工作草图, 使生命科学进入经济生物学发展阶段 世界科学界联手执行“人类基因组计划”, 于 2000 年 6 月 26 日宣布人类基因组的工作草图已经绘制完成。这是人类科学史上又一里程碑, 它将为弄清人体全部基因的位置、结构和功能, 为征服众多疑难病症铺平道路。基因组研究正扩展到其他生物, 在世界范围内全面展开, 并与基因工程结合发展出一批新兴的热门产业, 构成世界经济中发展最快的生产部门。这标志着人类社会的经济发展步入了生物经济时代。

二、生物技术的革命

生物技术伴随着人类及其社会的发展而不断取得进步, 并对经济和生活产生越来越大的影响。20 世纪中后期是分子生物学发展的新阶段, 特别是基因工程所引发的高技术及其产业, 正在改变物种演化进程和物质生产方式, 成为继工业技术、信息技术之后世界的第三次技术革命, 突出表现在以下 3 个方面。

1. 打破物种界限 基因工程可以在分子水平上进行外源基因重组并直接转移到受体细胞中, 让其整合、表达和遗传, 以实现生物间基因转移, 克服了常规的远缘育种受到的生殖隔离、不亲和性等障碍。新技术有利于打破物种界限, 可以在微生物、植物和动物之间转移有用的遗传物质(基因), 实现超

远缘育种。比如：正在进行着将稗草的抗逆性、仙人掌的抗旱性、大豆的高蛋白、玉米的高光效等特性转移给水稻的研究；英国和瑞典学者于1995年成功地将拟南芥（一种小草）中控制花发育基因转移给欧洲杨树，使其开花期由20年缩短到6个月；在草本和木本植物间也实现了基因转移；目前成功培育出的抗虫害、抗病害转基因作物，多数是从苏云金杆菌 Bt 基因、病毒外壳蛋白基因等转移来的；更有甚者，人们已将动物基因如萤火虫的发光蛋白基因、寒带鱼的抗冻蛋白基因、蛇蝎的毒液基因等转移给作物，分别获得发光的转基因烟草，抗寒的转基因甜菜、番茄，抗虫的转基因棉花、玉米。

2. 打破产业界限 基因工程正在打破传统产业界限，利用植物和动物作为生物反应器，可生产贵重药品、人畜疫苗、化工原料等。已经成功地将干扰素、胰岛素、多肽抗体、人血清白蛋白等基因转移给植物进行这些药物的生产。人们正在通过转基因植物研制麻疹、疟疾、乙型肝炎等疫苗，从而获得口服的植物疫苗。人们还利用基因工程大量进行用于塑料、染料、涂料、洗涤剂的转基因植物的研究。据美国能源部1994年的报告，通用的50种化工原料已有19种可以由转基因植物生产。总之，将农业、食品、制药、化工等结合起来的生物技术新产业正在迅速崛起。

3. 打破资源界限 人类生存发展离不开资源，包括物质资源和非物质资源（劳力、智力、资金等）。物质资源是基础，包括天然资源和人工资源两大类。天然资源来自生物、土地、矿产、海洋和大气等。人类从狩猎采集到农业经济，又进入工业社会，依赖着天然资源中生物、土壤、水源、能源等的开发利用。随着人口剧增和过量消耗，天然资源短缺的状况日趋严重，这将威胁到新世纪人类的生存发展。生物高新技术的兴起，以及常规技术结合基因工程，将打破天然与人工资源的界限，加速发展可转移和可再生的生物资源，以缓解21世纪资源上的供需矛盾。由绿色植物提供的可再生生物能源，正在通过基因工程向高效实用化方向发展。美国规划加大植物反应器所生产的化工原料比重，到2020年、2050年将分别达到所需总量的10%、50%。

三、生物经济的领域

生物技术的革命，正在与工业技术和信息技术结合，向农业、食品、医药、环保、资源等领域渗透，将形成一批新的产业和产业群。到21世纪20年代后，它们将逐步主导世界经济的发展。届时，人类将进入生物经济的新时代。这种新形态经济所开拓的生产可以预见到的有以下几个主要领域。

1. 改善生存生活质量 农业是人类最大的、永恒的生物工程。发生在20世纪60年代的作物遗传改良为主体的第一次绿色革命，使农业和粮食生产取得大幅度、快速的发展，缓和了人口猛增对农产品的需求矛盾。1950年至1996年世界人口增长2.2倍，而粮食增长了3.51倍，避免了严重的粮食危机，为解决全球的温饱问题奠定了基础。正在全球掀起的农业第二次绿色革命，正在综合运用生物、工业、信息的最新技术，通过基因的增强和转移加速生物改良进程，以保证养活养好21世纪末可预计到的近百亿人口。农业在建立新的工程化生产模式和知识化技术体系中，将供应人类安全、优质、方便的丰富食物，并不断满足新产品、新产业对扩展农业结构的需求。在有机食物的基础上，人们将发展个性时尚、随意组合的免烹食品，届时餐饮既是生活必需，又是人们追求享受、高雅文化的组成部分，把人们带进更美妙的生存生活境地。

2. 提高医疗健康水平 如何使人类健康地生存下去是生物工程的主题。人类基因工作草图的完成标志着医学正面临着一场最深刻的革命，即由临床进入预测、预防的发展新阶段。通过基因检测和治疗，不仅可对6000多种单基因控制的遗传疾病进行预测性治疗；医学还将朝着治疗多基因控制且威胁最大的心脏、肝脏、高血压、糖尿、哮喘等疾病的方向进军。预计到2050年前，许多潜在疾病在发生前就能在分子水平上得到治疗。医学将进入定向性、个性化、高效率医疗的新时代，为挽救生命、健康长寿提供有效保证。

3. 加速生物进化过程 随着基因克隆和转移技术的不断完善，人们将毫不困难地在微生物、植物和动物间进行遗传性状的交流，为改造直至创造生命新形式提供条件，从而打破地球上生物进化的保守性。农作物将被改造为多年生的，直至与树木融为一体，成为农业生产的主体，以防止耕地侵蚀、水土流失和减少能源消耗等。随着城市人口增加到70%以上，所发展的都市农业生产供应的食物将占总需求的一半以上，相当部分需要改土栽为水培，进入工厂化生产。一些动植物将被改造成生产药品、能源、化工品的微型工厂，有的动物将为人类提供可移植的心脏等组织器官。进一步塑造微生物、植物、动物融为一体的生物的可能性也是存在的，或许畜禽能由异养型进化为自养型。通过增强遗传特征使人类更强壮、更聪明、更长寿是可祈求的。

4. 调整人与自然关系 生物技术越发展，越显出自然环境的重要性。自然生态环境所提供的资源和服务的双重功能，保证了人类的生存和顺利发展。人类的惊人疏忽和失误，使自然生态环境既丧失了资源，又减弱了服务功能，已经严重威胁到可持续发展。生物技术将对自然生态系统重新作出服

务价值评估,并用生物措施替代工程机械和化学措施,以建立人与自然的新关系。在“回归自然”的号召下所发展的有机农业,虽然可以遏制对生态环境和生物多样性的破坏,但毕竟是很有限的。更为积极的是,应树立“天人合一”的思想,运用生物技术新成就,致力于挽救生态系统,依靠自然力来恢复资源和服务功能,在更高水平上解决21世纪人类所面临的种种环境问题。比如,如何保护和充分利用太阳能(太阳照射到地球上的能量是现在人类耗能总量的2000多倍);如何保护和充分利用植物有机物(地球上每年由植物通过光合作用所制造的有机物达1600亿吨,而现在人类直接食用的仅约占其中的1%);如何保护和充分利用空气中极为丰富的水分(空气中每年约有14000km³水,比地球上所有江河水量还多11倍),等等。在解决食物、能源、淡水等诸多需求矛盾中,有可能建立人与自然的互利协调模式,在良性循环中实现可持续发展。

以上所讨论的新生物技术及其产业,成为新经济形态需要有一个逐步积累的过程;其孕育和成长初期是不易被人觉察的。我们应有超前意识并取得共识,以便对可能产生的社会影响早有准备和对策。人类仍将主宰这场新的科技和经济革命。由基因工程等引发的个人、家庭、社会的一系列道德、伦理、法律等问题,诸如隐私、保险、就业、婚配、歧视、贫富悬殊以及可能产生的特殊人群等,终将按照新的人类精神通过立法予以公平地解决。

四、需要探讨的问题

1. 经济形态的阶段划分 世界上已取得了共识,在经济形态的划分上,继农业经济、工业经济之后,正在发展的是知识经济。知识经济是以信息科学技术为主,它的本质是知识和技术已成为发展经济的主导要素。现在生物技术及其产业又单独形成一种经济形态——生物经济。它与信息技术及其产业同属知识经济,还是应分别列为两个不同阶段?笔者认为应将信息经济与生物经济分别划分为前知识经济和后知识经济两个发展阶段,共同构成21世纪世界经济综合发展的主体内容。

2. 21世纪的综合发展 世界经济的发展在不同阶段有其主导要素是必然的,但各种经济成分仍然是密切相关、互为条件的。世界经济经过长期更替进展之后,正在突破传统观念和常规法则。对各

种经济领域和组成比重,既要看到各自的数量,又应重视其质量。特别是在提高人类生存生活质量方面的贡献,将成为评估的重点。应以人类生存和发展为目标,以科学知识和技术为动力,实现农业、工业、信息、生物4大产业的综合发展,而后两大产业将在21世纪世界经济中占主导地位。

3. 继续发展的初步估测 在21世纪,世界经济的发展是难以预料的,但可以预见的是广泛地深入地向着天、地、海3路进军。人类再经过半个世纪以上的努力,将在宇宙、星际的研究上取得长足进展。人类将走出地球,去太空旅游或居住,开发宇宙资源的采掘和制造业都将变为现实。地核占有全部地球质量的32%,地下储存的大量热能、元素届时将得到研究开发,在发展经济中发挥举足轻重的作用。海洋在提供生态服务和资源物质上的巨大潜力已逐步被认识。从海水中的氦元素可以获取巨大而清洁的能源,有助于人类告别“碳素燃料文明”。海洋蕴藏的矿产将是新世纪“淘金热点”。海洋是地球生物进化的诞生地,珍藏着进化史中有价值的痕迹和生物,在新世纪揭露其奥秘而加以开发,其潜力难以估量。可以设想,在向天、地、海3路进军中,将涌现出大批新产业,并逐步筛选出主宰世界经济的生长点,使人类社会进入更高的发展阶段。

参考文献

- [1] 王勇编译. 2020年,“生物”取代“信息”. 世界科学, 2000(7): 8~9
 - [2] 江世亮整理. 生物经济呼之欲出. 世界科学, 2000(7): 6~7
 - [3] 朱德浩, 汪若海. 转基因植物研究新进展. 世界农业, 2000(8): 23~25
 - [4] 陈润生. 当前生物信息学的重要研究任务. 生物工程进展, 1999, 19(4): 11~14
 - [5] 陈启锋. 迎接新的绿色革命——兼论育种和种子工程. 科技导报, 1998(10)
 - [6] 赵寿元. 基因组研究与生命科学工业的崛起. 世界科学, 1999(5): 11~14
 - [7] 徐培华, 吴辉, 于保平. 21世纪世界经济的新结局及其发展趋势. 世界经济, 2000(1): 7~12
 - [8] 顾鸣敏. 人类遗传病基因治疗的研究进展. 世界科学, 2000(4): 23~24
 - [9] Eric S. Lander 等著, 陶家祥译. 基因发展史话(上)(下). 世界科学, 2000(6): 34~36; 2000(7): 40~42
 - [10] G. Cocoley 等著, 陶然译. 医学上的一场革命. 世界科学, 2000(7): 9~10
- (删去10篇中文参考文献) (责任编辑 肖庆山)

(上接第39页)

参考文献

- [1] 陈述彭, 鲁学军, 周成虎. 地理信息系统导论. 北京: 科学出版社, 2000
- [2] 李琦, 吴少岩. 数字地球——人类认识地球的第三次

飞跃. 北京: 北京大学出版社, 1999

- [3] 黄杏元, 汤勤. 地理信息系统概论. 北京: 高等教育出版社, 1989
- [4] 阚国年, 吴平生, 周晓波. 地理信息科学导论. 北京: 中国科学技术出版社, 1999 (责任编辑 肖庆山)