

关于生物工程产业

石元春

(中国农业大学, 北京 100094)

[摘要] 文章论述了生物工程技术的重大意义、主要内容和产业化的前景。介绍了当前国际上基因改良食品风波的产生背景和最新动向, 并就此发表了作者的见解。对我国在发展生物工程产业上应取的态度和对策提出了看法和建议。

[关键词] 生物工程; 产业; 基因改良; 对策

生物工程产业自20世纪80年代兴起, 90年代形成热潮, 仅基因改良作物的种植面积, 1996年 $280 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 1999年 $3\,990 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 3年增长了13倍。最近, 因发生“Pusztai事件”和“斑蝶事件”, 国际上掀起了一场不小的转基因食物(GMO)风波, 国内却比较平静。这是件大事, 对国家和个人都很重要, 故本文拟就此发表一管之见。

1 伟大的科技成就

在回顾20世纪最伟大的科技成就时, 几无例外地会提到遗传物质DNA双螺旋结构的发现和DNA重组的成功。它开创的分子生物学和遗传工程, 使人类有可能在分子层次上深入认识生命现象和对生物体的遗传改良进行实验室设计和操作。尽管这才是近二三十年的事, 却发展惊人, 人的基因组计划将提前完成; 水稻和猪等农业动植物的基因组计划在紧张进行中; 生物工程技术在农业、医药、环保、能源、材料等应用领域日新月异; 生物工程产业方兴未艾, 前景诱人。生物工程技术越来越广泛和深刻地影响和改变着人类的经济社会生活以至人类自身。

生物工程正在引发一场新的农业科技革命^[1]。通过基因工程和细胞工程可以定向和有效地对农用

动植物进行遗传改良, 培育出抗虫、抗病、抗除草剂, 耐旱、耐寒、耐储运的品种, 可以大幅度减少农药、化肥和水的投入, 增加产量, 提高效益, 保护资源和环境, 促进农业的高效和可持续发展。分子育种技术可以培育出更加适合人们口味和保健需要的功能性食物^[2], 如能降低心血管病和癌症发病率, 增强免疫力的富含 α -维生素E和不饱和脂肪酸的油料植物, 富含抗癌蛋白的大豆, 富含具抗癌作用的鞣花酸的草莓, 富含能降低胆固醇的植物黄油, 富含赖氨酸和脂肪的玉米, 没有豆腥味的大豆, 吸油少的煎炸用土豆以及水果蔬菜的延熟保鲜等, 将品质口味和保健医疗融为一体。目前全球已有120种植物转基因成功, 截止1999年4月, 全球累计批准田间试验的基因改良作物4 987例, 商业化的47例, 1999年种植面积 $3\,990 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

经过遗传改良的猪^[3], 可日增重1.2 kg, 瘦肉率70%, 料肉比达2.3:1, 比我国目前的这些指标约高出一倍。继美、澳后, 我国已中试成功的猪生长素可以使猪的日增重、饲料利用效率和瘦肉率分别提高12%~25%、15%~32%和6%以上, 且肉质口味俱佳。此外, 超数排卵、体外受精、胚胎分割、性别控制、核移植等动物胚胎工程技术已趋成熟和商业化, 优质牛可一代培育成功; 动物体细胞克隆技术也取得了成功, 多莉羊轰动世界。

植物保护和动物防疫是农业技术体系中的重要环节。1992年在巴西里约召开的国家首脑级的世界环境与发展大会上，出于环保考虑，提出到本世纪末生物农药占农药总施用量的60%的目标，但因传统技术所限而远未达到。畜禽防疫用的，传统的弱毒苗和灭活苗，也因技术制约而问题甚多，效果不佳。微生物重组和基因工程菌技术的出现，如柳暗花明，掀起了生物农药、动物疫苗以及动植物生长调节剂等各种农用生物制剂的一场技术革命，带来勃勃生机。

生物工程在医药领域也是突飞猛进。目前世界上70%的国际性制药公司采用了生物技术，上百种细胞因子、激素、受体和抗体及近10种反义核酸或寡核苷酸药物经美国FDA批准进入临床试验，其中20余种已投放市场，年产值百余亿美元。动植物生物反应器技术正掀起医药业的一场革命，将目标基因在动物乳腺特异表达，可以生产稀有和昂贵的医用多肽或蛋白（胰岛素、抗胰蛋白酶、人乳铁蛋白、红细胞生成素、干扰素、血清白蛋白等）。据专家估计^[4]，用细胞培养方法生产1g药物蛋白，成本800~5000美元，而乳腺生物反应器方法只需0.02~0.50美元；传统药物的研制生产周期是15~20年，乳腺生物反应器方法一般为5年。生物反应器技术已成为当今生物工程技术的制高点和市场竞争热点。利用动物转基因技术作器官异种移植也取得重要进展，美国1998年等待器官移植的病人就有13万余人。此外，基因治疗由遗传病扩展到肿瘤、心血管病和艾滋病等重大疾病的治疗，人基因组计划的完成和某些疾病的功能性基因的发现，将使生物工程技术在医疗和诊断上发挥越来越大的作用。

能源与环境是可持续发展的重大主题。化石能源的严重污染和日趋匮乏呼唤新的洁净能源的替代。可再生和洁净的氢能中，生物质制氢储氢具有广阔前景；以淀粉生产的多种醇类可成为替代性能源原料；经基因改良的油料作物，可以生产重要化工原料变性脂肪酸等；聚合乳酸生产全生物降解塑料和利用基因改良作物生产PHA等，均可能替代和优于石化产品。《今日美国》今年2月的一篇文章中提出：“石油的能源之王的地位也许不久将被废黜，农田作物可能逐渐取代石油成为获得从燃料到塑料的所有物质的来源。……在今后的25年内，工业农场主将能种植出足够的燃料和原料，从而我

们几乎可以不再依赖于外国石油”。此外，微生物重组的生物降解污染物技术将成为环保的支柱性产业，如现已发现多种微生物对土壤、水体和空气中的多种污染物具有生物降解作用；美国生物能公司开发的高效专一性原油脱硫工程菌远优于传统脱硫方法；通过微生物转化和降解使农业有机废弃物无污染和资源化等均取得了可喜成果。

生物工程技术及其产业不仅在于她的广泛应用和巨大潜力，还在于她对当今人类社会面临的资源与环境、农业与食物、人口与健康，以至人类自身的遗传进化等重大课题，都将产生十分广泛而深刻的影响。难怪一些科学家预言，21世纪将是生命科学的世纪。

2 生物工程产业热潮

重大的科学突破，必将推动技术的革命和雨后春笋般地滋生出一片新兴产业。“春江水暖鸭先知”，企业界对此新兴领域最敏感。首例基因重组成功于1973年，在其应用前景依稀朦胧时，美孟山都公司于1984年斥资1.65亿美元建生命科学研究中心，从事生物工程产业化的探索。当初见端倪，即毅然更换进千余名生物工程人才（其中300多位博士）和与康奈尔等名牌大学合作研发，1994年又投下了6.1亿美元巨资。功夫不负有心人，世界首例转基因植物的田间试验（1987）和商业化工产品（1995）均出自该公司，抗虫棉、抗玉米螟玉米、抗除草剂大豆、防全蚀病小麦、牛和猪的生长激素等生物工程产品源源问世，产值年年剧增。化工巨人杜邦公司，也于20世纪80年代初开始生物工程产品研发，十多年埋头苦干，潜心进行生物工程的植物特性改良。取得成果后，1997年以30亿美元收购美国最大的种子公司——先锋种子的20%股份，1999年全部收购了该公司，媒体为之哗然。

进入20世纪90年代，越来越多的著名跨国大公司^[5]，如英国的ICI、德国的BASF、Bayer和Hoechst、美国的Dupont、Monsanto，瑞士的Ciba-Geigy等都向生物工程产品作战略性转移。Hoechst公司主席J. Dormann说：“致力于生命科学就意味着从高投入低产出转向稳定的低投入高产出；从无序的盲目投资转向有序的理性投资，将精力集中于生命科学产品而放松化工产品是必要的”。杜邦公司认为：“生物工程在农业和医药领域

就会像30年前的聚合物化工一样地掀起一场产业革命，它是生长点和发动机”，“生物技术应用于农业，是和其他的技术革命，如蒸汽机、半导体和电脑一样，将被列入商业上的最重要的级别”。

20世纪90年代以来，这些大公司紧锣密鼓地进行重组兼并，搞“马拉松式的投资竞赛”。由英ICI分离组建的Zeneca公司、瑞士Ciba-Geigy分离合并组建的Novartis公司、美法两公司组建的Merial等已是名闻遐迩、效益斐然了。这些大公司已不满足于技术下游的研发，为了抢占技术制高点和源头，Novartis以6亿美元建“农业发现研究所”从事植物基因组研究、Monsanto与千年制药公司合作投资2.18亿美元成立Cereon基因组公司。到1998年，全球已有生物工程公司3600多家，主要集中在美国和欧洲，1999年的产品销售额约500亿美元，并保持25%以上的增长速度^[3]。

我国自实施“八六三计划”以来，生物技术取得了不小进展，近年产业化发展较快，有生物工程公司300余家，批准商业化的有18种基因工程药物和6种转基因作物。但是，无论在技术、R&D、产业规模和竞争力上远不适应形势需要，与发达国家间的差距相当大。世界十大医药公司和十大生物工程公司已开始角逐于我国的巨大市场，美Monsanto公司的抗虫棉在我国的年种植面积超过了 $300 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，我国自行研制成功的抗虫棉却举步维艰。我们应当有很强的危机感和紧迫感。

3 时代性的战略和机遇

生物工程在缓解当今世界面临的人口、粮食、资源与环境的严峻挑战上的潜势和巨大经济价值，使一些远见卓识的科学家、政治家和企业家站在时代的战略高度上认识和评价生物工程的意义。英皇家学会副会长R. B. Heap指出：“到2020年，全球80亿人口若要保证现在的营养水平，全球粮食必须再增加现有量的50%。正如不能用40年代的种植方法来满足现今粮食的供应一样，要满足三四十年的粮食供应，一定要有新的农业解决途径。无论是以动植物生产的形式还是变更生产方式，生物工程都已成为解决粮食保障问题的潜在的新途径”（1997，北京）。孟山都公司总裁R·夏皮罗也认为：“要实现全球的可持续发展，关键是采用新技术。而在未来人口大爆炸或生态灾难到来之前所剩不多的时日里，可行的技术只有生物技术和信息

技术。”

诺贝尔奖得主李远哲，在北京大学100周年校庆的学术报告^[6]中说：“在以后的一二百年内，我们将会看到急速发展中的生物技术，尤其是当生物技术对医药和农业的应用开始了实质的进展后”。他又说：“如果亚洲国家真要创造奇迹，也许要投入科学的研究与高技术的发展，生物技术也许是亚洲国家能够创造奇迹的一个契机”。李远哲是在看到发达国家已经在信息领域遥遥领先和垄断的态势，而前瞻性地提出了方兴未艾的生物工程技术。日本科技、文部、厚生、农林和通产五省（部）于1999年1月联合签署的《开创生物技术产业的基本方针》文件中提到：“正像以计算机为首的电子技术改变了四分之一世纪的世界经济那样，以生命科学为基础的生物技术，可望为21世纪的经济社会带来重大的变化和进步”。该报告还提出了“生物产业立国”的新的国家目标。

4 基因改良食物风波

火药、核能、激光、化工等任何一种新技术的出现，都可极大地造福于社会，但如处置失当，也会带来负面作用，生物工程技术亦然。如转移到作物上的抗虫Bt基因，有可能在自然状态下“漂移”到种源相近的杂草，导致现有生态种群失衡；也可能某种经基因改良的食品对人体健康产生不利影响；基因导入和克隆也可能引起感染性疾病、生物性药物，以至伦理上的一些新的问题。但是，生物工程学家对此持十分谨慎的态度，各国也有极严格的审批规定。我国也于1993年和1996年先后公布了《基因工程安全管理办法》和《农业生物基因工程管理实施办法》，对生态效应和环境影响也在加强跟踪监测和研究。

1998年秋，A. Pusztai关于转基因土豆喂养大鼠造成生长异常的报道，虽经英皇家学会组织权威性专家评议和作出该试验有6项缺陷的结论，但仍引起绿色和平组织组织的多次反对事件和国际上的关注。1999年5月，美国发生斑蝶吃转Bt基因玉米死亡事件，百多名反对者集会游行和迫使美两大婴儿食品公司宣布不采用转基因作物做原料。其实，转Bt基因的杀虫晶体蛋白是特异毒杀玉米螟等鳞翅目害虫的，斑蝶也属鳞翅目，当然也会受到毒害。现在常用的农药久效磷和杀螟丹等，在防治害虫的同时，对鳞翅目、鞘翅目等类昆虫有更广泛

的毒杀作用，也许是化学农药用得太多，人们见怪不怪了。

从动植物的遗传和进化看，现在的栽培/饲养的作物和畜禽，经长期人为选择，其遗传性和基因型都已远离野生的祖先种；同位素育种和航天育种等则是人为地通过某种超强物理刺激，打破作物的遗传稳定性，诱发突变，产生自然界从不存在的的新种。就这个意义上说，基因改良育种是同样性质的，只是通过基因操作的方法，更具目标性和有效性，更加高明和先进。基因导入和整合到宿主的染色体基因组，是个难度很大和非常复杂的过程；不同种类的动植物各具其特异性；经过烹饪和进入消化道，这些蛋白质和氨基酸可以完全被降解和失活，所以从科学上说，基因改良食品对人体影响的可能性是极小的。遗传改良的玉米和大豆制品，包括婴儿食品，迄今在美国市场上已接近4 000种，并未有一例安全事件的报道。

目前转基因食品问题，似乎主要已不是科学问题，而是比科学问题更复杂的公众接受程度、环境极端主义者态度、贸易保护、企业利益和反垄断情结等各种社会和经济问题的交织。1999年6月八国首脑会议上专题讨论了这个问题；今年1月，联合国在蒙特利尔召开的，有133个国家参加的基因改良食品会议上，以美加为代表的一方和以欧洲为代表的另一方，经过激烈争论达成的《生物安全议定书》草案中的“预防性原则”提出，基因改良食品出口到一个国家时，这个国家如果认为对环境和人的健康有害，有权禁止进口。今年2月末，400多名科学家、环保行动者、企业界人士和政府官员又在爱丁堡围绕转基因食物问题举办大型论坛，会议“希望澄清一场混乱的争论：这场争论使科学蒙上了阴影，给民众带来了恐惧，在欧洲和美国之间种下了一场潜在的贸易冲突”。今年3月，国际食品规格委员会在日本召开会议，对基因改良食品的国际安全标准作了专门讨论。

出于利益和公众接收程度的考虑，不同业界和国家的看法和政策取向各异，如欧盟规定GM含量超过1%（日本为5%）的产品必须标明，美国农业部则认为应加强公众的了解，没有必要强调GM和非GM，这场纷争还在继续中。

5 应采取的态度和对策

像机械、电力、化工、信息一样，生物工程技

术及其产业具有很强的扩散和推动力，而且在改善人类健康与生活，节约资源，保护环境，缓解全球性的人口、食物、资源、环境压力方面具有巨大潜能和意义，此非其它技术所能企及和替代。农用动植物的基因改良是生物工程产业河滔中的一支涓流，在一时强大的社会力量和利益驱动下，其科学声音似乎显得微弱乏力。但是，只要她与社会整体和长远利益相关联，就必将突破重围而一往无前。食品丰富和粮食过剩的欧洲，何必要吃转基因土豆？可是，世界上还有8亿人口食不果腹和营养不良；未来人口增长对食物供应的压力越来越大；提高作物抗性以减轻化学农药对环境的破坏，以及发展中国家农民渴求新技术以降低成本，增加收入等全球的重大长远需求，怎能因噎废食地使基因改良食物长期受到抑制？公众的接受程度可以提高，贸易和利益关系也是可以改变的，基因改良动植物及其产品将会更加规范和有序地出现一个新的高潮。

一项新技术的诞生，必将开拓一片新的产业领域，谁能把握先机，谁就拥有未来，这对一个国家具有战略性意义。西门子在发明电动机后给他弟弟的信中说，电动机的发明将开创一个新的世纪，人们将会看到这个历史。诺贝尔奖得主罗雷尔在北京大学讲演时指出，曾重视微米科技的国家今天已成为发达国家，而纳米技术则为人们提供了新的发展机遇，今天重视纳米科技的国家必将在未来的高技术竞争中独领风骚（1997）。李远哲的生物技术奇迹——契机论也是意在人贵有先知和善争先机。工业革命时期，机械技术之于英国，化工技术之于德国以及信息技术之于今日美国已载诸历史，而将放异彩于21世纪的生物工程技术又会花落何主？人们将拭目以待。

中国要跨越发展，就要善先知，争先机，出奇兵，生物工程技术已经摆在面前。如果说我们在传统产业上，起步比西方国家晚了一二百年，信息产业的差距已经拉得很大，那么，生物工程技术上的起步和差距就不那么大了，且较其他产业投资少，技术含量高，建设周期短，适合我国国情。如果抓得好，“一席之地”没有问题，“出人头地”完全可能。20世纪60年代我国“两弹一星”的辉煌，90年代印度的信息软件业，不都是发展中国家的成功范例吗？事在人为嘛！重要的是，认识要上得去，布置要周密，推动力度要到位，还要处乱不惊，有识有胆，不因小波细折而犹豫不决，坐失良机。当

前基因改良食品风波导致的暂时低潮,在某种意义上说,也是一次机遇,一则有利于我们争取时间,缩短差距,发展自己;二则我国是个人口和农业大国,有提高技术含量和生产效益的强劲内需,有得天独厚的世界最大的生物工程产品市场,蒙特利尔的“预防性原则”既有利于拥有,又有利于保护我国这个大市场,这可是个稍纵即逝的机遇。科学和安全性上一定要严格把握,市场和政策上则要以国家利益为重,灵活机动。

我国生物工程产业尚属起步,装备落后,规模很小,研究投入严重不足,自主创新产品很少,政策和运行机制不到位。建议国家对我国生物工程产业作战略性的研究、定位和布局,以S—863计划为依托,以企业为主体,以三峡和西气东送工程的

力度,相信不出10年,必见功效。

参考文献

- [1] 石元春. 共同走向科学—中册[M]. 北京:北京新华出版社,1997.129~138
- [2] 范云六,张春义. 21世纪农作物生物工程的发展与展望[J]. 中国工程科学,2000,1(2):28~33
- [3] 吴常信,张源,李宁. 畜禽遗传育种的分子生物学基础研究[J]. 中国畜牧杂志,1998,34(2):52~54
- [4] 曾溢滔. 转基因动物与生物医药产业[J]. 生物学通报,1999,34(4):1~3
- [5] Thayer Ann M. Living and Loving Life Sciences[J]. Chemical & Engineering News,1998,(23):17~24
- [6] 朱棣文,杨振宁,李远哲,等. 聆听大师[M]. 北京:北京大学出版社,1998.81~94

The Industry of Genetic Engineering

Shi Yuanchun

(China Agricultural University, Beijing 100094, China)

[Abstract] This article explains that modern biotechnology not only has a powerful spreading, driving force and economic value, but it also reserves a great potential to relax the global pressures from population, food, natural resources and environment. None of other technologies have such a power, or can replace biotechnology. The article also discusses the main contents of biotechnology and its new trends of industrialization. The author holds GMO food must be put in order by both science and relevant regulations, after reviewed the background and new trends of present GMO debate. The current debate has focused on the public acceptability, trade benefit and relevant policy on GMO food. GMO food will only be interrupted for the time being, and will have another development tide under the supervision of relevant laws and regulation. Finally, the paper proposes suggestions for the countermeasure and attitude that China should hold during the development and industrialization of modern biotechnology.

[Key words] genetic engineering; industry; gene modified organisms (GMO); countermeasure

我国研制成功抗衰老Ⅱ号(AA2)化合物

中国医学科学院基础医学研究所潘华珍研究员领导的课题组与中国科学院生物物理研究所黄芬研究员和清华大学赵南明教授合作,在国家自然科学基金资助下,提取出一种抗衰老Ⅱ号(AA2)化合物。这是一种小分子水溶性有机物,毒性极低。用生物物理学和生物化学方法证明,它有清除氧自由基的作用;通过细胞实验证明,它能保护红细胞,使膜蛋白和膜脂免受氧化和过氧化损伤,增加红细胞膜的流动性,使老化红细胞膜的 α -螺旋减少到接近年轻的细胞脑膜,还可抑制血小板聚集;通过动物实验证明,可延长家蝇寿命,提高小鼠红细胞的抗氧化酶类活性,增强小鼠耐力。