

专论与评述

# 生物技术发展现状及发展战略

欧阳藩<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院过程工程研究所生化工程国家重点实验室, 北京 100080;  
2. 国家生化工程技术研究中心(深圳), 广东 深圳 518057)

**摘要:**介绍了国内外生物技术的发展现状,重点介绍了我国医药生物技术和农业生物技术的现状。指出了生物技术发展可考虑的领域,包括生物制药的前沿热点和正在发展的领域、生物技术制药产业、天然植物药物的开发、生物技术在手性药物合成中的应用、农业生物技术、海洋高技术产业、生物能源和资源的利用及环境生物技术。对 21 世纪生物技术的发展规划和政策的制定提出了建议。

**关键词:**生物技术;产业;发展战略

中图分类号:Q81;TQ-9

文献标识码:C

文章编号:0253-4320(2004)06-0001-06

## Development situation and strategy of biotechnology

OUYANG Fan<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Biochemical Engineering, Research Institute of Processing Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080; 2. State Research Center of Biological Engineering and Technology, Shenzhen 518057, China)

**Abstract:** The development situation of biotechnology at home and abroad was depicted with an emphasis on China's pharmaceutical and agricultural biotechnology. Some fields in biotechnology which might be developed were pointed out, such as ① hotspots, frontline, fields under developing, and industry of bio-pharmaceuticals, ② development of medicine from natural plants, ③ application of biotechnology in producing chiral medicine, ④ agricultural biotechnology, ⑤ ocean hi-tech industry, ⑥ utilization of bio-energy and bio-resources, and ⑦ environmental biotechnology, etc. Some advice for developing plan and policy-making in biotechnology in 21th century was given.

**Key words:** biotechnology; industry; development strategy

我国的生化工程学科是在 20 世纪 80 年代初开始建立的,20 多年来我国经历了将化工技术用生物技术和融合生物技术知识发展生化工程的 2 个阶段。由于基因工程重组技术的迅速发展,基因操作仪器化、程序化成为目前生化工程研发机构的源头组成部分。

生物技术服务的领域主要包括医药、农业、食品、化工、冶金、能源等方面。在与人类健康有关的重要领域,已能设计和制造脏器、诊断试剂以及治疗药物;在农业上,能够制造兽药,培养植物细胞、利用基因工程和细胞工程技术获得抗病毒、抗虫、抗除萎剂、抗冻、抗旱、抗盐、保鲜、高蛋白、高养分的植物新品种和良种家禽、家畜;在化工方面,生产氨基酸、生物大分子及基本有机化工产品,如乙醇、丁醇、丙酮等,利用基因工程技术和细胞融合得到高产工程菌,为化工生产提供高效、低成本的新途径;另外在“三废”处理、低品位金属提取、生物能源、煤的气化和液

化等方面都有不同进展。这些技术的丰富交叉引起了世界各国的强烈兴趣,生物技术商品化的竞争高潮已经到来。

## 1 国外生物技术发展概况

### 1.1 美国

美国生物技术领域研究在医药、农业 2 个浪潮中都是领头者,在酶催化、手性化合物合成的第 3 个浪潮中又处领先地位。美国在生物技术领域领先的研究包括人类基因组、药物基因组、动物克隆技术(1998 年 7 月克隆鼠成功)、血管发生(治疗癌症的血管发生抑制因子)、艾滋病疫苗等方面,经过 20 多年的发展生物技术已从最初狭义的重组 DNA 技术扩展到利用生物分子、细胞和遗传学过程生产药物和动植物变种的技术。

生物技术产业发展迅速,在医药、农业和环境保护方面对经济产生极大的影响。仅 1999 年生物技

术就为美国经济带来 479 亿美元的收入(其中生物技术公司直接创造 200 亿美元),110 亿美元的研究开发费用及 100 亿美元的税收收入。

根据 2000 年的统计数据,目前世界上已经批准的生物技术药物有 144 个,其中美国 FDA 批准的有 76 个;在美国,进入人体试验的生物技术药物有 369 个(包括已经批准的),其中单克隆抗体 59 个,疫苗 98 个,基因治疗 25 个,细胞治疗 16 个。在已开发或正在开发的生物技术药物中,近一半的药物是针对癌症治疗的。

### 1.2 英国

英国生物技术产业仅次于美国,居世界第二,从业人员有 1.4 万多人,年销售额约 80 亿英镑,生物制药是该产业中的强项。英国生物技术产业的科学基础是其他欧洲国家无可比拟的,在这一领域,英国已经获得了 20 多个诺贝尔奖,成果层出不穷。DNA 结构及单克隆抗体结构的阐明,DNA 指纹技术的发展以及抗体工程的进展等的发明创造为生物技术产业发展创造了十分有利的条件。英国政府对生物技术发展采取了一系列的特殊政策,对公司的重大开发项目不进行直接投资或干预,而主要通过资助研究、营造产业发展环境来推动生物产业的发展。政府每年以约 2 亿英镑支持非临床生物科学研究,以 1.3 亿英镑研究经费支持有关生物技术的联系计划(LINK),有近百个中小企业获得奖励计划(SMART)的资助。为促进生物技术发展,英国还改革税制,对中小企业实施税务信贷,为进一步鼓励风险投资,由政府组织建立小企业的风险资金基金,为企业提供有关如何利用生物技术降低成本、改进质量、减少对环境影响等免费咨询服务。因此,英国的生物技术发展很快。但由于公众对生物技术的恐惧心理,产业化方面面临诸多困难,出现了生物技术产业和技术向国外转移的现象。

### 1.3 其他国家

日本从一开始在其发酵技术基础上就特别重视产业化,因此有“美国的发明,日本的产品”之说。发展中的国家如新加坡等国都特别重视生物技术,并结合其国内及国际市场,高起点、大投入有目标地发展生物技术。

## 2 我国生物技术的现状与商机

### 2.1 医药生物技术的现状

我国医药消费水平与国际水平相比差距很大,1997 年全国人均年消费仅为 116.87 元,每年以 16%

的幅度增长;医药销售总额约 1 400 亿元(医药七大类),每年以 21% ~ 22% 速度增长,但进口药、合资药和国产药在国内市场的占有率基本上是三分天下。我国将成为原料药的出口基地和成品药的销售市场,其危机在加入 WTO 以后将越来越突出。因此,加速研制、开发、生产新药是我国的重要国策。

#### 2.1.1 基因工程药物

中国已经批准上市的基因工程药物有:重组人干扰素  $\alpha 1b$ (商品名为干扰灵、赛若金),重组人干扰素  $\alpha 2a$ (商品名为福康泰、莱福隆、因特芬、迪恩安、贝尔芬),重组人干扰素  $\alpha 2b$ (商品名为利芬能、安福隆、安达芬、安福莱、隆化诺),重组人干扰素  $\gamma$ ,重组人白介素-2(商品名为安特鲁克、德路生、辛洛尔、因路英、悦康仙、欧耐特、因特康),重组人粒细胞集落刺激因子(商品名为吉粒芬、促粒素、吉粒强、金磊赛强、粒生素、苏粒素),重组人巨噬细胞粒细胞集落刺激因子(商品名为特立尔、吉立强、格宁、里亚尔、利白多),重组链激酶 rSK,重组人红细胞生长素(商品名为宁红欣、益比奥、依普定、EPO、爱血宝、依倍能),碱性成纤维细胞生长因子(商品名为贝复济),重组表皮生长因子。

目前国内正在研究的产品有神经生长因子类 NGF, CNTF, GDNF, BDNF, SOD, 瘦素(LEPTIN), 抗溶凝栓药物设计, IGF-1, hGH 拮抗剂, 人胰岛素 C 肽, 水蛭素, 降钙素, 葡激酶, 人 IL-6, Flt3 配体, 人肿瘤血管生长抑制因子, bFGF, 血小板生成素, 治疗老年性痴呆基因工程新药 96718, 表皮生长因子, 胰岛素, 生长激素, 链激酶。

#### 2.1.2 微生物发酵(酶)制药

基因工程医用抗生素进行了丙酰螺旋霉素、麦迪霉素、丝裂霉素、麦白霉素等多种抗菌素的研究。青霉素、Vc 是我国重要发酵产品。固定化青霉素酰化酶和青霉素酰化酶基因工程菌用细胞膜反应器实现了工厂化大规模裂解青霉素 G 生产 6-氨基青霉烷酸(6-APA)。自行构建的基因工程菌发酵生产头孢菌素 C, 发酵单位提高到 2 800 单位以上, 已经广泛使用。7-ACA 是半合成头孢霉素的母核, 1997 年进口额为 4 亿元, 用二步酶法将头孢菌素 C 转化和水解为 7-ACA, 已成功克隆出 2 种酶的基因工程菌, 对 CPC 钠盐转化率达 73.4%, 7-ACA 纯度达 90% 以上。此外, 还开发了几种抗生素, 如: 妥布霉素、利福霉素 SV、丝裂霉素 C、泰乐霉素等; 尼克霉素 X、宁南霉素、庆大霉素、农用抗生素 660B 等。抗感染药物销售在全球仅次于心血管药, 居第二位, 而我国抗感

染药一直居第一位,在开放农村市场后尤为突出。随着人体抗药性增强,新的抗菌要求将越来越迫切。

### 2.1.3 动、植物来源制药

这是传统制药的一个重要领域,除了药物还有生物制品、预防药品和营养品,目前该行业存在分离技术落后、收率低、生产分散等问题。引入生物技术进行改进有了一些新进展,如:中药现代化中,对天然植物的基因、酶和生化、构效进行分析研究,用生物技术方法提取植物有效成分,用植物细胞反应器培养工厂化生产紫杉醇、银杏内酯、青蒿素、紫草宁、麻黄素等;用动物细胞反应器培养生产单克隆抗体、干扰素、生长激素、生长因子、酶等生物药物。

## 2.2 农业生物技术

### 2.2.1 转基因作物

人口增长与粮食匮乏是21世纪的难题,据推测2025年全球人口将达80亿,粮食产量则相应需比1990年增长80%。增产不可能单靠增加种植面积,需要提高单产。转基因作物在产量、抗逆能力和品质等方面有显著改进,同时可降低生产成本,节约用水,缓解环境恶化,因此近几年发展很快。1996年度全世界转基因作物推广面积170万 $\text{hm}^2$ ,1997年度猛增至1100万 $\text{hm}^2$ ,一年增长6.5倍,其中转基因作物大豆、玉米和油菜的增长都在10倍以上。

我国转基因植物是在20世纪80年代中期起步,目前种类已达47种,涉及各种基因103个,有6种转基因植物,如番茄、甜椒、棉花、烟草等,已被批准商品化,抗虫棉达到1503亩(1亩=0.666 $\text{hm}^2$ )。

### 2.2.2 细胞工程育种

我国在动植物细胞工程育种方面成绩突出,已产生较好的经济效益和社会效益,两季杂交稻新种植面积超过3000万亩。

植物组培快繁和植株脱毒技术已经全面推广,“试管苗”已为农民熟悉,脱毒马铃薯、大蒜、甘薯、草莓及许多果木(香蕉、柑桔、苹果、葡萄等)和花卉(兰花、非洲菊、蕲菖蒲、菊花、香石竹、火鹤花等10多个品种)的无毒苗均大面积推广,有的已出口到国外。

## 3 生物技术发展可考虑的领域

### 3.1 生物制药前沿和热点及正在发展的领域

随着肥胖及老龄化问题的加剧,除心血管药物外,减肥降脂药、糖尿病药、抗老年痴呆症药成了畅销药。随着生活节奏的加快,竞争的剧烈,形势的多变,世界主要国家精神病发病率迅速上升,已成为严重影响人们生活质量的重大问题,因此研发与生产心

血管药、抗癌药、艾滋病药、糖尿病药、防老年痴呆症药及精神病药成为重点。

对于大多数城市而言,建立生物药物生产企业,尚缺乏上游研究机构,但从战略考虑,需用一二个“五年计划”建立龙头研究机构、龙头开发机构和龙头生物制药企业。教育部和国家计委批准36所高校建立的“国家生命科学与技术人才培养基地”提出的“四个结合,四个创新,两个配套”的总体思路(即:上下游结合、产学研结合、国内外结合、不同学科交叉结合;体制创新、机制创新、模式创新;政策配套、投入配套)值得借鉴。

### 3.1.1 基因组学和蛋白质组学

药物基因组学(pharmacogenomics)是利用人类基因信息指导新药开发的一个领域,该领域是研究遗传多样性的个体差异对用药的特异性,用已知的基因理论研究用药的个性化和进行优化药物的设计,在临床上发现具有潜在效应式毒性的化合物,对市场上低效和高毒性药物通过药物基因组学加以改善。

人类基因组计划完成后,基因组学能为人类提供基因活性和疾病的相关性的有力证据,但实际上大部分疾病并不是因为基因改变所造成,且基因表达方式错综复杂,同样一个基因在不同条件下,不同时期可能会起到完全不同的作用,这是基因组学无法回答的,因而产生了后基因组学和蛋白质组学(proteomics)。完成生命功能过程是:DNA $\rightarrow$ mRNA $\rightarrow$ 蛋白质,在此过程中一个基因可能编码出几个、几十个各异蛋白质。基因转录产生一个蛋白前体,再进行加工、修饰成为活性蛋白,通过一系列的运输、定位才能发挥正常的生理作用,蛋白质组学是研究“一种基因所表达的全套蛋白质”。通过对正常个体及病体个体的蛋白组比较分析,我们可以找到“疾病特异性的蛋白质分子”成为新药设计的分子靶点。

### 3.1.2 药物的筛选和组合化学

药物筛选是指从众多的化合物中挑选出具有生物活性的化合物过程,其中以特定的生物学指标为依据找到的第一个化合物为先导化合物。新药筛选分两类:一是随机筛选(普筛),即从完全未知的化合物群中寻找先导化合物;二是定向筛选,即根据已知的先导化合物定向设计新化合物以筛选出药效更好的化合物。天然化合物、动植物、中药经验是我们进行药物筛选的有利条件。

组合化学(combinatorial chemistry)是把化学合成、电脑设计、计算机技术结合为一体,能同时产生许多结构相关但变化有序的化合物,然后用高灵敏

度的生物方法对这些化合物同时进行筛选,从中确定具有生物活性的物质,再经结构测定,以期找到全新的先导化合物。组合化学包括分子多样性化合物库的建立、群集筛选(分固、固/液两相),确认活性分子结构。

### 3.1.3 基因诊断和基因治疗

基因诊断主要是针对病原体、肿瘤和遗传病的基因检测,现代化城市的优生、疑难病(与基因及遗传相关)的控制是先进的标志之一,有关产前诊断基本空白,由此起步建立基因诊断,在服务社会的同时积累数据为基因治疗做好准备。基因治疗(gene therapy)是把功能基因导入病人体内使之表达,其表达产物——蛋白质发挥功能使疾病得以治疗。基因变异或缺陷可导致各种疾病,也可能遗传给后代。基因治疗是给基因做一次手术,又称为“分子外科”。体细胞基因治疗是当前的研究主流。

### 3.1.4 基因剔除、转基因动物和“生物反应器”

基因剔除(gene knock out)是指对一个结构已知但功能未知的基因,从分子水平上设计实验,将该基因去除(包括引入定点突变),然后从整体观察动物,推测相应的功能,其技术主要包括构建重组基因载体、转入受体细胞核内、筛选已击中细胞,将细胞转入胚胎使其生长成为基因剔除的动物。

转基因动物是用实验导入方法使外源基因在染色体基因组内稳定整合,亦能遗传给后代的一类动物。1974年美国学者首次用显微注射法获得了转基因小鼠,转基因动物已广泛用于基础研究、疾病动物模型的建立、药用蛋白的生产、农业(转基因家畜的生产,如无毛鸡)等各个领域。

### 3.1.5 生物芯片和生物传感器

生物芯片是利用微电子、微机械、化学、物理技术、计算机技术、样品检测、分析过程连续化、集成化、微型化。包括芯片实验室(Lab-on-a-chip)、基因芯片(DNA chip)、蛋白芯片(protein chip)、细胞芯片(cell chip)、组织芯片等。生物芯片技术包括芯片方阵的结构、样品制备、生物分子反应和信号检测及分析,主要用于疾病诊断、药物筛选、基因测序,此外在农业、食品监督、环境保护、司法鉴定等方面都将做出重大贡献。

生物传感器具有检测专一、灵敏、响应快等特点,可用于许多生物产品代谢、中间产物的测定,可测定非生物化学物质。生物传感器使用的酶和细胞可以反复使用。生物传感器利用酶、免疫系统、组织、细胞器或完整细胞作为催化剂,制成固定化膜与

物化仪器(化学、热、光、声波)相连,将生理信号转变为物化信号输出,可制备成微型传感器和多参数传感器。美国每年投入约 13 亿美元用于生物传感器技术及产品开发研究。生物工程与计算机工程结合发展颇具工业前景。

### 3.1.6 组织工程和器官移植

组织工程是应用生物学和工程学原理,研制和开发能够修复和改善组织损伤或缺失功能的人造组织或器官的一门新兴学科。软骨、骨、肌腱、皮肤等组织再造成功,血管、气管等复合组织再生,胰、肝脏等组织再生研究取得不同程度进展,其他组织如输尿管、尿道、食管、小肠、肾脏、血管和血细胞等组织工程也取得了某些进展。

### 3.1.7 药物新剂型

治疗、预防和诊断用的药物都以一定的剂型服务于人类,权威的观点认为“提供新型的药物传输方法与提供新药几乎同等重要”。药物必须制成一定的剂型,以制剂的形式应用于治疗、预防或诊断,而制剂的有效性、安全性、合理性和精密性等都反映了医药的水平,决定了用药的效果。提高药物的疗效、降低药物的毒副作用和减少药源性疾病,对药物制剂不断提出了更高的要求,药物的新剂型和新制剂技术也正发挥愈来愈大的作用。

## 3.2 生物技术制药产业

由于欧美等发达国家药品市场渐趋饱和,加之目前一些受专利保护的畅销药物专利期将至,以及新的专利药物开发速度缓慢等原因,国际药品市场结构发生了十大变化:生物技术药物异军突起;通用名药品(专利期已过的药品)在处方药品中的销售额比例激增,远高于世界整个制药工业的平均年增长速度;非处方药(OTC)的增长速度也不断加快;在药品开发方面,胆固醇控制、充血性心力衰竭、精神分裂症、老年记忆衰退、老年性痴呆症、糖尿病、艾滋病以及各种癌症等治疗领域,研究开发速度加快,市场前景广阔;在药物制剂和剂型方面,透皮吸收、控缓释药物制剂前景广阔;为减少住院病人,缓解住院病床负担,节约医疗费用,将住院治疗改为门诊治疗的新药不断面市;老年病及妇女儿童用药的市场发展迅速;预防性药物、保健、营养滋补药的发展将持续升温;天然药物发展潜力巨大;新药研究开发的难度越来越大。

生物制药具有高投入、高效益、高风险、长周期的特征,一个生物药品,前期开发需投入大的资金、技术、人力,并历经数年。药品的审批、临床试验也

要数年,所以生物药品的成功率仅为5%~10%。但与传统制药相比,又有便于大规模生产、利润高、生产工艺简单、人力投入少、无污染、生产周期短等优点,新药一旦开发成功利润巨大。据Ernst-yong公司分析,有300种生物技术新药处于后期临床实验阶段,到2007年将有240个新药上市。

基因工程药物开发和产业化有以下几个问题需特别重视:

#### (1) 选择好项目

新生物技术商品化竞争剧烈,因此除人类基因组计划中部分成果无专利外,所有新发现均申请了专利,如何获得专利的使用权,是新药开发必须首先研究的;其次是市场评估,有的基因药物适于全世界,有的只能适用于某些区域,对企业而言,只有可掌握的市场才有意义;三是项目的可行性,包括成熟程度(有药证不一定代表成熟)、是否能工业化、工艺成本是否低以及环保问题等,也要考虑接受后的再开发投入。

#### (2) 理好上、中、下游的关系

人类基因组计划意义巨大,影响深远,随着“人类基因组计划”初具成果,一个更加令人振奋的后基因组计划的蛋白质工程研究时代即将到来。首先得益的是服务于人类健康的预防、治疗药物与服务。基因工程药物将会蓬勃发展,但必须处理好上、中、下游的关系。

#### (3) 建立好先进的工程技术平台

①药物筛选平台——新药的发现;②药物中试转化平台;③动物实验平台。

#### (4) 加强生物药物开发中的生化工程技术

保证人类健康的诊断和治疗新药的发现与制备就是通过生物大分子的相互作用与识别的研究,通过外源药物与外场作用及生物信息的传递与调控,进行有效合成和生物转化,将发现的有用活性物质经制备、提取、分离和纯化获得有益于人类健康的产品。

#### (5) 智能化的生化过程工程

生化工程的研究包括基础生物反应的模拟,生物表面和界面,传质、传热、动量传递、信号分子传输和反应,复杂生物系统的工程分析等。生物化工朝智能化工的方向努力,应主动吸收现代物理、数学、生物学、计算机、信息学等最新成就。智能化工是针对广义化工过程,精心设计新产品及其反应、分离提高选择性和过程调优控制,利用现代计算机、智能仪器、系统工程等新技术,密切组合计算机控制、有关

模型和专家系统、局部检测点和执行器,使传统化工实现微型化、模块化和非集中化。即通过对化工过程多尺度研究集成和智能操作,以解决物质转化过程中宏观层次的工程与技术中的科学问题。

#### (6) 充分发挥国家生化工程中心的桥梁和孵化器作用

国家计委和国家科技部抽出一部分资金建立中游(中试放大和工程化)研发机构——国家工程技术中心。1996年科技部在北京、上海、南京、深圳分别建立生物技术产业孵化器——国家生化工程技术研究中心。深圳国家生化中心针对国内外基因工程药物成熟的实验室成果争夺激烈并要价极高,进行的中试放大试验的改进工作量大等因素,运用中心的设备和人才条件,建立起基因工程实验室进行的源头项目研究工作,即节省了大量资金,又充分发挥了现有设备的潜力,更加速了项目开发的速度,有利于赶上国际先进水平和市场的需求,也有利于中心的发展。

#### (7) 发展CRO服务产业

对于生物技术以及制药公司来说,把新药推向市场并不容易。一个典型新药申请至少需要4000例临床试验,有时需要进行多达50项不同的试验。由于候选药物数目愈来愈多,公司的负担不断增加,为了减少每个药物上市时间上的压力,许多生物技术和制药公司开始整合外部资源进行药物开发。委托研究机构(Contract Research Organization, CRO)具有生物技术及制药公司所需要的特殊专长,全球化、高质量的临床试验管理能力,可以满足这些公司对新药上市时间上的要求。CRO主要面对医药、生物技术公司,提供与药物开发有关的各种专业服务。现已扩展到前期药物先导化合物的发现,一直到新药上市后的一系列服务。如药物发现、临床前研究、药物基因组学、I~III期临床、信息学、临床文件、政策法规咨询、生产和包装、推广、市场、产品发布和销售支持、药物经济学以及商业咨询等。

### 3.3 天然植物药物的开发

与化学药物相比,目前天然药物只占临床用药的很小部分。从现状分析,我国传统的中成药还没有成为国际药物的大品种,化学药处于绝对优势,天然药物发展潜力巨大。

我国是中草药出口的大国,在天然药物和天然产物方面可以发展的条件是很好的。建立天然药物成分数据库和实物库,进行天然有效成分的筛选,成为新药筛选的一个重要方面,我国已有几个公司开

展了这方面的工作,天然植物药物的开发重点为:①利用光合反应器的培养技术大量培养生产目标产物;②植物有效成分的提取、分离和纯化;③开展中药质量评价与指纹图谱技术。

### 3.4 生物技术在手性药物合成中的应用

由于手性药物具有技术含量高、疗效好、副作用小等优点,且蕴含着巨大的经济效益,因此,自 20 世纪 90 年代以来成为药物研究、开发与生产的热点,销售额每年以 6.6% 的速度增长,而消旋体药物则以每年 29.5% 的速度递减。

手性药物主要为化学合成和拆分有机化合物,自然界存在大量价廉的手性纯原料,手性混合是目前发展较快的领域。酶是由生物体产生的活性催化剂,高度的反应、立体和对底物的专一性,使酶能有效地催化一般化学反应无法实现的手性化合物的转化,用基因工程制备细胞因子、酶、抗体、核酸等手性分子。

生物技术在手性药物开发中应用广泛,主要在:①酶促反应制备单一手性化合物;②天然产物及其衍生物;③基因工程药物。

### 3.5 农业生物技术

在农业上应推广生物技术,以高技术、农业产业化的创造和示范作用为重点,推动我国农业现代化。新兴的工业城市配套的农业服务有以下几个方面值得发展:①建立组培快繁基地;②转基因动物培育基地;③生态农业;④“农业超市”系统工程的初步构想。

### 3.6 在沿海地区发展海洋高技术产业

海洋生物技术在沿海地区有发展的天然条件,海洋生物技术主要集中在 2 方面,一是生态养殖技术,另一方面是海洋生物资源的提取和提高制品的附加值。

海洋养殖、海水农业、海洋药物与海洋化工产品是新兴海洋生物技术产业。我国海洋生物产业是在海洋农牧业的水平上发展起来的,技术水平低,“九五”以来在海洋“863”等国家项目支持下,才将海洋生物技术推动起来,近年来有了长足进展,但产业化的项目不多,主要在以下 4 方面:

(1)蓝色农业。蓝色农业的重点是水产生农牧业,采用以养殖、栽培活动为主的生产方式。我国经历了藻、贝、虾 3 个浪潮,第 4 个浪潮(鱼的养殖)亦已到来。

(2)蓝色医药。海洋中生活着 20 多万种生物,含有与陆地生物不同的、化学结构特异的活性物质。

多年来,我国的海洋药物研究有了长足的发展。1985 年研制成功的第一个海洋药物,治疗缺血性心脑血管的藻酸双酯钠(PSS)已投入生产,此后,研制了抗乙肝病毒新药、降脂抗血栓新药“苷糖酶”以及从海蛇和海参提取的抗老年痴呆治疗健忘等药物也先后进入了工业化生产。

(3)海水工程。海水淡化和海水综合利用是目前正在兴起的一个新兴产业。全球约有 20 亿人饮水短缺,有几十个国家严重缺水,预计到 2025 年面临水资源紧张的人口将上升到 28 亿~35 亿人。海水淡化是解决缺水的有效途径之一,又可同时实现综合利用。世界已有多个国家采用蒸馏、电渗析、反渗透等进行海水淡化,淡化海水日产量已由 20 世纪 80 年代初的 700 万 t 增加到 12 亿 t。我国海水淡化研究始于 60 年代,由于国内建立一个日产万吨的海水淡化厂,需要投资 1.7 亿元,产水成本 7 元/t,其中电价 6 元/t,因此加快海水淡化产业的发展已成为可能。

### 3.7 生物能源和资源的利用

生物可利用太阳能、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 合成生物质能源是取之不尽,用之不竭的,为子孙造福,从近期和长远看可从以下 3 方面考虑:①生物质的综合利用;②生物转化氢能源;③冶金、化工、石油等生产技术向生物催化转移。

### 3.8 环境生物技术

新兴工业城市建设发展很快,尽早安排好城市“三废”处理可避免老城市的忧患。处理“三废”最有效的方法是生物法,因为生物可以固定 C、N、P、K 等,还可以综合利用。解决环境恶化有几个问题值得重视:①工业建设要从总体和长远利益平衡来考虑,上项目时要多想一想发达国家为什么要转到发展中国家生产,不要急于眼前利益而不顾子孙后代;②绿色技术的发展依赖于科研和政策,如国内无磷洗涤剂的发展、城市垃圾的处理、防止治理污染时引起的新的再污染,这些都需要科研的支持和相应政策的支持与限制;③环境保护最终是建立优化的人工生态系统,在开发新城市的同时防止污染的研究应及时跟上。

## 4 关于规划和政策制定的建议

21 世纪生物技术快速发展,需要一个有计划、大手笔、大投入,启动一个地区的生物技术开发研究的十年、十五年规划,需要高起点、全面规划、协调作

(下转第 16 页)

- [4] Lo Teh C, Baird Malcolm H I, Hanson Carl. Handbook of Solvent Extraction[M]. New York: Wiley, 1983.
- [5] Thomas E R, Eckert C H. [J]. Ind Eng Chem Proc Des Dev, 1984, 23(1): 194.
- [6] Larsen B L, Rasmussen P, Predenslund A. [J]. Ind Eng Chem Res, 1987, 26(11): 2274 - 2286.
- [7] Gmehling J, Lohmann J, Jakob A, *et al.* [J]. Ind Eng Chem Res, 1998, 37(12): 4876 - 4882.
- [8] Fredenslund A, Gmehling B, Michelsen M L, *et al.* [J]. Ind Eng Chem Proc Des Dev, 1977, 16(4): 450 - 462.
- [9] Gmehling J, Li Jiding, Schiller M. [J]. Ind Eng Chem Res, 1993, 32(1): 178 - 193.
- [10] Weidlich U, Gmehling J. [J]. Ind Eng Chem Res, 1987, 26(7): 1372 - 1381.
- [11] Gmehling J, Anderson T, Prausnitz J. [J]. Ind Eng Chem Fundam, 1978, 17(4): 269 - 273.
- [12] Bastos J C, Soares M E, Medina A G. [J]. Ind Eng Chem Res, 1988, 27(7): 1269 - 1277.
- [13] Gani R, Brignole E A. [J]. Fluid Phase Equilibria, 1983, 13(1): 331.
- [14] Brignole E A, Bottini S, Gani R. [J]. Fluid Phase Equilibria, 1986, 29(1): 125 - 132.
- [15] Gani R, Nielsen B, Predenslund A. [J]. AIChE J, 1991, 37(9): 1318 - 1332.
- [16] Pretel E J, Lopez P A, Bottini S B, *et al.* [J]. AIChE J, 1994, 40(8): 1349 - 1360.
- [17] Bonz A P, Braun B, Janowsky R. [J]. Ind Eng Chem Res, 1998, 37(8): 3043 - 3051.
- [18] Bonz A P, Braun B, Janowsky R. [J]. Fluid Phase Equilibria, 1999, 158 - 160: 367 - 374.
- [19] Phillips Petroleum Company. Extractive distillation of hydrocarbon employing solvent mixture[P]. US 4921581, 1990 - 05 - 01.
- [20] Brown R E, Lee F M. Extractive distillation of hydrocarbon feed employing solvent mixture[P]. US 4954224, 1990 - 09 - 04.
- [21] Lee F M, Gentry J C. [J]. Chem Eng Prog, 1997, 93(10): 56 - 64.
- [22] Phillips Petroleum Company. Extractive distillation of hydrocarbon mixtures solvent mixture[P]. US 4948472, 1990 - 08 - 14.
- [23] Phillips Petroleum Company. Extractive distillation of cycloalkane/alkane feed employing mixed solvent[P]. US 4944849, 1990 - 07 - 31.
- [24] Lee F M. [J]. Chem Eng, 1998, 105(11): 112 - 121.
- [25] 雷志刚, 周荣琪, 段占庭. [J]. 石油化工, 1999, 28(6): 399 - 401.
- [26] Meyer Gerald, Kaibel Gerd, Bohner Gerd, *et al.* Method and device for treating a C<sub>4</sub> fraction[P]. US 2003/0181772 A1, 2003 - 09 - 25.
- [27] King C J. Separation process based upon reversible chemical complexation[A]. In: Rousseau R W. Handbook of Separation Process Technology[M]. New York: John Wiley & Sons, 1987.
- [28] 戴猷元, 秦炜, 张瑾. 有机物络合萃取技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [29] 雷志刚, 周荣琪, 段占庭. [J]. 计算机与应用化学, 1999, 16(4): 265.
- [30] 清华大学. 多溢流复合斜孔塔板[P]. CN 2282912A, 1998 - 06 - 03.
- [31] 张海跃. [J]. 化学工程, 1986, 14(2): 75 - 77.
- [32] HFM International, Inc. Method of retrofitting existing equipment for an improved aromatics separation process [P]. US 6375802B1, 2002 - 04 - 23.
- [33] GTC Technology Corporation. Process of removing sulfur compounds from gasoline[P]. US 6551502B1, 2003 - 04 - 22.
- [34] Gentry J C, Kumar C S. [J]. Hydrocarbon Processing, 1997, 76(6): 73 - 76. ■

(上接第6页)

战、大投入和强有力的政策与措施,因此笔者提出以下建议。

#### 4.1 制定生物技术开发研究计划

要像国家“863”计划一样,由地方科技局牵头,组织相关单位,邀请国内外专家,统一制定一个十五年生物技术开发研究计划,这个规划不应只涉及生物医药,应根据国际生物技术近年的迅猛发展选择几个重点领域,提出合理的战略安排,通过政府引导,企业和金融界的介入,予以逐步实现。应包括重点实验室、工程中心和孵化器的建设。

#### 4.2 建立统一的研究开发机构和体系

由于我国研发机构有国家、股份制、个人投资等几种,因此如何将分散的力量组织起来,在市一级组成一个有机的整体,需要制定规划和措施。首先要有一个统一的构想,将信息—研发—转化—产业化统一联系起来,可以在机构、机制及运行方式上创

新,多种经济实体联合作战,在所选择的前沿和热点领域,通过多种模式逐步启动。英国和日本在这方面都有可取之处,对处于发育阶段的生物技术,体现政府的支持和引导特别重要。

#### 4.3 加大对高新技术的投入

要学习国外在高技术领域的经验,除制定一般政策外,还要采取一些特殊的措施和优惠政策。要像英国一样在税收和政策上制定一系列鼓励研发创新的措施。特别是应用研究和中试开发,要有稳定和逐年增加的支持。科研经费的使用,只能用一小部分作项目的支持,主要部分应用于为现在和将来办几件大事,特别是支持重点机构的成长和发展,切忌“只播种不施肥”。科技经费应主要用于:①重点实验室、工程中心和重大设施与仪器的建设;②重点、前沿、旗帜性项目的立项支持;③用于建设重点工程所引进人才的配套支持,包括引进人才的项目建设、重点实验室和工程中心的支持。■