

生物工程的现状、趋势及发展对策

吴志纯

(中国科学院生物学部)

人类利用微生物的历史可以追溯到数千年前。酿造就是最老的发酵工程,那是人们凭直觉和经验利用微生物发酵。本世纪四十年代中期,采用深层培养发酵法实现了青霉素的工业化生产,这是发酵工程新的里程碑。此后发酵工业有了很大发展,一门综合了微生物学、生物化学和化学工程的新学科——发酵工程学也就逐渐形成了。六十年代以来,出现了固定化酶和固定化细胞新技术,加上生化工程的成就,电子计算机的应用,分析、分离和检测技术的长足进步,革新了发酵工程。尤其是七十年代重组 DNA 的突破,从此可以按工程设计的蓝图定向改变物种的功能和创造新物种;通过细胞融合建成了杂交瘤,用以生产单克隆抗体(单抗),出现了“免疫学革命”;通过动植物细胞的大量培养,可以象微生物发酵那样大量生产人们需要的各种物质,使部分种植业可以改用工厂化生产。这就使微生物发酵工程的内涵和外延发生了革命性变化,生物工程(Biotechnology)这一名词才见之于世。它与微生物发酵工程之间既有着发展中的联系,又有质的飞跃。生物工程已发展成一个综合的技术体系,在这个体系中,发酵工程仍是基础,重组 DNA 技术则是核心。

生物工程能广泛应用于医疗、制药、农业、轻工、食品、化工、能源、采矿、环保等方面,为解决食品与营养、资源与能源、环境与健康等重大问题开辟了新途径。它的发展不依赖地球上有限的资源,而是建立在可再生资源的基础上。同时由于它无污染或很少污染,被誉为“干净的技术”。这样,生物工程已成为世界新技术革命的重要组成部分。

一 世界生物工程研究与开发简况

1. 医药: 目前制药业是生物工程研究与开发中最活跃、进展最快的一个产业,也是基因工程进行开发的前沿。这是因为生物医学基础较好,研究进展较快,因此基因工程和细胞工程首先在制药方面得到应用。现已投放市场的商品有人胰岛素、幼畜腹泻疫苗、牛和鸡的生长激素。进入临床试验或中间试验的有 α 、 β -干扰素、人生长激素、乙型肝炎疫苗、人绒毛膜促性腺素、组织纤维蛋白溶酶原激活因子、人血清白蛋白、白细胞介素-2、抗血友病因子 VIII、红血球生成素等。正在研究和开发的还有一大批多肽和蛋白类药物,如激素、酶及酶的抑制剂、疫苗、单抗以及新抗生素等。还有用大量培养的植物细胞生产具有医疗价值的生物碱、甙类、维生素、素激,如用洋地黄的培养细胞生产洋地黄甙,薯蓣属植物的培养细胞生产甾体激素均已达中试阶段;人参细胞的大规模培养几年前已获成功并开始试生产人参甙,现正探索用固定化细胞技术生产。现已发现遗传疾病 3,000 多种,已查明某些遗传病是由于基因异常引起的,基因治疗也在探索中。用放射性同位素加上单抗的“导弹药物”已用于 100 多例晚期肝癌患者的治疗,效果明显。

2. 农业: 生物工程应用在改良品种,快速繁殖良种和脱毒复壮,生产新农药、兽药和饲料

方面有很大潜力。

(1) 育种: 植物育种的主要目标是高产、优质、具有抗性和能固氮。其中较成熟的技术是单倍体育种,已诱导出近 200 种单倍体植株,从中育出数十个新品种(系)。通过体细胞培养筛选到 90 多个具抗性或高营养的细胞突变体,这是作物改良中重要的资源。现已获得 20 个种间、属间、族间和科间的体细胞杂种植物。人们对通过基因工程育种更寄予厚望。因为它是直接用控制性状遗传的基因作为操作对象,可以更精确地定向改良品种。目前已分离到与作物经济性状有关的十几个基因。磷酸二酮糖羧化酶基因与固定 CO_2 有关,从而可提高光合同化率。菜豆贮存蛋白基因转到向日葵细胞中,大豆贮存蛋白基因转到矮牵牛细胞中,均已得到表达。抗除草剂基因的转移也已取得成功。已分离到与脯氨酸合成有关的基因(又叫调渗基因),正在将调渗基因和固氮基因重组使根瘤菌既固氮又耐盐。将重组体转入作物根际细菌或作物本身,则是下一步的目标。最近在一种榆科木本植物中发现豆血红蛋白基因,有可能实现固氮基因向木本植物的转移。已分离到植物抗高温蛋白的调控基因,有可能实现该基因的转移。现已查明植物受冻害是植物体表两种细菌引起的,该菌外膜中合成的一种蛋白复合物能形成结冰晶核。如果通过改造该蛋白基因,有可能使植物免受冻害。在动物育种方面,比较成熟的技术是奶牛胚胎移植,现已广泛应用。通过核移植培育出的鲤、鲫杂种鱼已获得成功。正在研究与开发的有良种胚胎的分割和切割技术;通过生长激素基因工程培育“超级畜、鱼”;发酵生产多种生长激素和催乳素来促进动物生长,为实现缩短家畜生长期、增肉、增奶、提高商品率的目标,已展示了良好前景。

(2) 快速繁殖,脱病毒复壮: 用植物组织培养诱导再生植株,可使繁殖系数大幅度提高,目前已广泛应用于快速繁殖经济价值大的花卉、果、木、蔬菜、油料、糖料植物和中草药。十多年前,国外即有试管植物出售,现已发展到 100 多个快速繁殖工厂。利用茎尖培养,使马铃薯、柑桔、菊花脱病毒复壮都已在生产中推广。

(3) 新农药、兽药: 通过基因工程和细胞工程构建的工程菌能生产高效、无毒、无污染的细菌毒素杀虫剂、新的农用抗生素和新除草剂,如苏云金杆菌毒蛋白基因工程;Bt 细菌毒素基因工程。不久前已将 Bt 细菌毒素基因成功地转移至玉米根际细菌,外面包有这种细菌的玉米籽粒已在大田播种,Bt 细菌毒素基因还转到烟草植株中。已投产的还有快速诊断动植物病毒病及其他一些疾病的单抗药盒和预防用的疫苗。狂犬病疫苗及口蹄疫疫苗的研制都有较大进展。

3. 食品、饲料工业: 氨基酸和单细胞蛋白是两大类产品。已知的 20 种氨基酸,国外用发酵法生产了 18 种,并已构建出 9 种氨基酸的工程菌,其中苏、色两种氨基酸已正式投产,产酸率大大提高。各国都在利用多种原料、特别是利用生物量(Biomass)进行单细胞蛋白的生产,利用基因工程提高菌体蛋白质含量也获成功,投产后年产 7 万吨。联合使用 α -淀粉酶、糖化酶和异构酶生产高果糖浆已达年产数百吨规模。新型甜味剂、食用天然色素和维生素都是开发的重点。通过大量培养植物细胞生产香料、调味品、维生素、有机酸等都在进行探索。

4. 化工: 已设计出用两个偶联的固定化酶体系把烯烃变成环氧烃类(如环氧乙烷、环氧丙烷),它是制造塑料、漆的重要原料;用双歧加氧酶把甲苯变成己二酸,它是制造尼龙的原料;用酶法生产脂肪酸已达工业生产规模;用重组 DNA 技术使原来生产单细胞蛋白的嗜甲基杆菌能产生聚羟丁酸,这预示着用生物工程生产合成高分子化合物已为期不远了。

5. 能源: 现在正在研究将霉菌淀粉酶基因转入酵母,使之直接利用生淀粉生产酒精,即一

步法生产酒精,和将木质素解聚酶基因和纤维素酶基因克隆到酵母内,使之直接利用稻草、木屑等作原料生产酒精,作为替代能源。用固定化高温酵母可连续发酵 90 天生产酒精。用生物量通过固定化酶法生产沼气和氢气,用工程菌进行三次采油,都具有巨大潜力。

6. 矿业: 微生物浸矿技术特别适于贫矿、尾矿。用细菌浸铜、浸铀已达较大的生产规模。近年来,已试验用重组 DNA 技术构建工程菌进行浸矿和对矿冶废水的处理。

7. 环保: 用固定化生物反应器来连续处理工业废水和含毒废液已进入中间试验阶段;正在探索用基因工程构建的“超级菌”处理大面积的海面石油污染,经实际试验证明,效果十分显著;消除三氯联苯等农药造成的污染也在研究之列。

除以上应用外,生物工程中的重组 DNA 技术已成为基础研究的一种普遍而重要的手段,用以研究许多重大的生物学基础理论问题。这些问题的阐明和解决,又将把生物工程推向更高、更新的阶段。

二 世界生物工程发展趋势及相应对策

1982 年,在伦敦召开的第一届生物工程国际会议上,著名生化学家柯恩伯格(H. Kornberg)估计,当前生物工程的发展阶段正处在“开始的末期、大踏步的前夕”。这一估计和 1985 年 6 月在匈牙利召开的“生物工程对未来经济发展的重要作用”国际讨论会上的估计基本上一致。这次会议认为生物工程正处于“起步阶段”,因此当前对国民经济的影响是有限的,基因工程对降低生产成本也比预期的要慢。国际上现阶段经营生物工程的目标不在于获得高利润,而是集中一切力量向“快速增长”阶段推进。当前侧重科学研究,并尽快将研究成果初步商品化,估计 5—7 年后才能进入“快速增长”阶段。二十世纪结束前可望进入“成熟阶段”。获得高利润将是二十一世纪的事。

在应用方面,整个八十年代生物工程能解决的问题多数仍集中在制药工业,有关的研究与开发占生物工程中的 60% 以上。从长远看,生物工程在医药方面的应用前景,仍是令人鼓舞的(表 1)。它可能是攻克癌症、自身免疫病、病毒病和遗传病的有力武器。除此之外,在农业、食品、化工、能源、采矿、环保方面正在进行大量研究,少数已进入开发或生产,预计 1990 年以后会有更大突破。

表 1 1995 年以前用生物工程生产部分产品的预测(根据加拿大 NRC 调查材料)

产 品	新技术	优 点	采用率(%)	产 品	新技术	优 点	采用率(%)
维生素	基因工程	提高产量	20*—25**	抗生素	基因 细胞工程	提高产量	75
芳香化合物	基因工程	省劳力、原料	50	诊断药盒	单抗	灵敏、安全	95
氨基酸	基因工程	降低成本 提高产量	66*—100**	抗癌剂 血液制品	单抗 基因工程	有效治疗 降低成本	100 50
酶	基因工程	更易分离 提高产量	66*—85**	疫苗兽药	基因工程	安全	75 50
激 素	基因工程	降低成本	50	甜味剂	基因工程	低热量	60

注: * 食品工业 ** 医药工业

在研究对象方面,继续研究原核生物的同时,重点转向以动植物和人类为对象的高等真核生物的研究。虽然难度较大,但科学家仍然持乐观态度,这是因为实现基因工程的两个主要环节——基因的转移和转移后的表达、遗传稳定性方面都获得了可喜的进展。近几年,原致癌基因的发现,高等植物基因运载体 Ti 质粒的改造(它不仅能将外源基因转到双子叶植物,而且也能转到几种单子叶植物中),大鼠生长激素基因注射到小鼠受精卵,使小鼠发育成体重比原重大一倍、性状能遗传的“超级鼠”,都已取得成功。这就大大促进了对肿瘤和动植物基因工程的研究,发展速度非常之快。

研究新领域方面,蛋白质工程和生物元件的研究以及重组 RNA 的研究是值得注意的两个新领域。蛋白质工程是利用突变方式对原有基因进行改造,或通过弄清蛋白质的高级结构,根据电子图象和计算机的设计合成新的基因,使其表达,以生产出比天然蛋白质在功能和理化性质上更优越,甚至自然界不存在的全新蛋白质或酶。例如把蜘蛛丝、昆虫节肢弹性蛋白这样一些天然蛋白的基因作些特殊的改变,前者能制造出高强度的纤维或塑料,后者与胶原蛋白结合就可作为建造新型血管的原料,可以使羊毛变得不易燃烧。蛋白质工程有广泛的应用领域,如可开发多元疫苗;具免疫调节机能和直接杀死癌细胞的新抗癌剂;能被生物所分解的高性能塑料,具高度选择性的分离剂和附着剂;超稳定和具有几种催化活性的酶,或扩大酶对 pH 及温度、有机溶剂的适应性,使之耐酸碱、耐高温不易变性或改变其异体蛋白的抗原性等等。还可利用蛋白质工程来研究蛋白质本身的结构和功能。美国科学家正在用蛋白质工程研制“生物芯片”等生物元件,以代替“硅芯片”,制造“活的有机计算机”。生物元件的优点是功率大、体积小、处理数据的速度比现代计算机快许多倍。这种分子还可自行组合和再生新的微型元件。美、英、日都在进行研究。蛋白质工程已成为生物工程的一个新生长点,是第二代的生物工程技术。重组 RNA 技术是重组 DNA 的派生物。重组方法相同,目的不同。它可在体内外得到大量 mRNA 或病毒 RNA,以备作研究用或作分子杂交的探针,通过重组 RNA 也可合成人们需要的蛋白质。

国外发展生物工程的作法和对策,因国情不同,大体有以下几种:

第一种以美国为代表,首先是以新建的专业私营公司来开发全新的生物工程,其后引起许多大、小公司的极大兴趣,纷纷作巨额风险投资,全美国计有近 300 家公司。基础研究主要在大学搞,政府和公司投资。有的公司为加强竞争能力,拥有很强的研究与开发力量,不惜用重金网罗人才。继“硅谷”之后,正在华盛顿地区和旧金山附近兴起“生物工程谷”或“基因谷”。在华盛顿市和近郊集中了全美生物工程企业的 1/4,华盛顿-巴尔的摩地区有 35 万人从事研究和提供各种技术服务。

第二种以日本为代表,由 50 家私营发酵、化工、制药、食品大公司和 20 家大型设备制造商联合组成经济团体联合生命委员会,作为全日本生物工程研究和开发的原动力,制订了生物工程发展规划,成立新研究机构,拨巨额资金。日本起步虽晚,但急起直追,因拥有雄厚的发酵工业基础,采取引进,与国外生物工程公司合作开发,加强基础研究等一系列措施,至 1984 年,日本自称已进入“生物工程实用化元年”。它是美国最主要也是最害怕的竞争对手。

第三种则以英、法、联邦德国、加拿大、苏、印等一大批国家为代表。他们都是以政府的专门机构统管生物工程的研究与开发,私营公司远不如美、日公司的积极性高。以加拿大为例,由于政府的重视,在加拿大国家科学和技术部之下设有生物工程顾问委员会,主要职能是制订发展规划,作出拨款的建议,为科技部领导提供咨询。另外,加拿大有多种理事会,其中国家研

究理事会 (NRC) 是联邦政府科学和工程研究的领导机构,也是全国生物工程研究的领导机构。围绕国家生物工程发展规划,这些政府管理机构各司其职,着重宏观管理。在研究机构设置上体现少而精,因此经费上有充分保证。虽然起步时间和我国差不多(1980 年左右),但卓有成效。

第四种以中小发展中国家为代表,他们采取的作法与第三种类似,但又有所不同。他们已意识到发展中国家的长处和弱点:具有丰富的劳力资源和自然资源,但资金短缺,在科学技术和设备条件上一向依赖发达国家。最近在匈牙利召开会议共商对策,提出(1)走联合的道路,以解决资金短缺和对发达国家的依赖;(2)加强国际合作,促进本国的发展;(3)加强基础研究,以便从智力储备上有能力应用和开发新技术,同时发展支撑性生产(试剂、设备、软件),以便从工业上作好储备。

综观各种作法,对美、日的作法我国难以效尤;第三种作法虽与我国不尽相同,但仍有不少可资借鉴的地方。我国是发展中国家,在发展生物工程中会遇到与其他发展中国家相同的问题,可从他们提出的意见中得到启迪。

各国所采取的具体对策概括如下:

1. 结合国情,选定优先发展重点,以求提高国家实力和保持在国际上的竞争力。
2. 巨额投资。1982 年,美国政府用于生物工程的经费为 4.8 亿美元,其国立卫生研究院占 3.8 亿美元;英国 1983 年为 3500 万英镑;法国 1982—1985 年拨款 8.8 亿美元;联邦德国 1982—1983 年拨款 1.2 亿马克。私人投资皆未计在内。
3. 重视人才的教育和培养。英国要求 8 个大学在 10 年中培养 1000 名生物工程研究生和 4000 名技术人员;联邦德国要求 1981—1990 年中每年培养 200 名生物工程专家;法、日都在人才方面予以极大重视,采取措施防止“头脑外流”。美国则从其他国家“头脑外流”中得到很大的好处。
4. 重视基础研究。美国之所以在生物工程方面处于国际领先地位,是与美国政府对基础研究长期和稳定的支持分不开的。里根总统的科学顾问曾说过“提高工业竞争能力没有速效药,只有放眼长远,从基础做起。基础研究以一种不可预测的、缓慢的方式导致新技术的出现,新技术则是经济增长和增强工业竞争能力的关键”。
5. 建立研究中心,便于多学科合作,并集中人力、物力、财力,迅速取得成效。
6. 成立国家级或部际协调组织,加强领导与协调。
7. 促进研究部门与产业部门的联系和合作。
8. 重视专利保护,在美国重组的工程菌和重组 DNA 技术都可申请专利。
9. 税收优惠,以刺激企业的积极性和保护他们的利益。
10. 加强国际合作,建立信息网络。

三 我院生物工程的发展战略

在讨论发展战略时,首先有几点要加以考虑。(一)国际环境:一是国际上生物工程飞速发展的现状,我们若不重视,差距会越来越大;二是发达国家对新技术垄断的趋势。生物工程进入商品化阶段,技术保密很严,甚至不申请专利以免公开自己的技术。发展中国家企图靠廉价购买现成的新技术,此路不通,因为买回的往往技术并不先进还附有许多苛刻的条件。因

此,我们在有选择的进行一些引进的同时,主要应立足于加强自己的研究与开发,否则会吃大亏。(二)综观全局,面向未来,要从国家整体和长远的利益着眼。(三)扬长避短,充分发挥自己的优势。其次,讨论发展战略不同于制订发展规划,不可能也不必面面俱到。根据以上提到的几点,从分析我院现状入手,再讨论发展战略。

1. 研究与开发

基因工程方面:七十年代的后五年着重建立各种技术手段。1980年以后开始出一批实验室成果。首先在国内将T₄噬菌体连接酶基因在大肠杆菌中克隆并表达成功。1981年,在国际上首次合成了酵母丙氨酸转移核糖核酸,为人工合成基因打下了基础。1982年,首次将人工合成的亮氨酸-脑啡肽基因在大肠杆菌中克隆并得到表达。1983年两位中年科学家发展了核苷酸序列分析法;在国内首次完成了我国adr亚型乙型肝炎病毒表面抗原基因的核苷酸序列分析。1984年,首次使人胰岛素原基因在大肠杆菌中高效表达。1984—1985年,取得了幼畜黄痢疫苗、乙型肝炎表面抗原基因与痘苗的重组疫苗,以及青霉素酰化酶工程菌的实验室成果,这三个成果已经或即将进入中试。现在还有一批基因工程项目正在研究中,其中有动植物的基因工程。

细胞工程方面:鱼的核移植、奶牛的胚胎移植和杂交瘤等技术都是七十年代首先在国内建成的,已得到核移植的鲤-鲫杂种鱼;建成了数个杂交瘤株。植物细胞和组织培养方面有较好的基础,在提高单倍体植株诱导率及培养基方面有所发展,已培育出几十种单倍体植株,从中育出10多种新品种(系),有的已在生产中推广或试种,在国际上已占有一定优势。原生质体和体细胞融合方面已获得多种再生植株。快速繁殖的多种名贵花卉、果、木、蔬菜、糖料植物及中草药已在生产中推广。继茎尖培养脱病毒复壮的马铃薯无毒株获得成功,在国内已建两个原种场并在全中国推广。

发酵工程方面:经我院选育出的生产用菌株较多,主要产品有多种氨基酸、维生素C、甾体激素、长链二元酸、多糖类、活性干酵母,此外还有细菌浸矿、处理工业废水。维生素C二步法新工艺为国际先进水平。上述产品都与有关厂协作用于工业生产或进行中试,目前仍在向深度和广度进行开发研究。我院菌种库拥有9000多株菌种,在新菌种的选育方面有一定优势。

酶工程方面:在国内较早地研制成功并投产的有糖化酶等8种酶。国内已使用的6个固定化酶和固定化细胞中有5个是我院为主研制成功的;我院仍是固定化技术的主要研制和开发单位。正在为开发新酶和固定化技术作努力。

基础研究方面:基础研究和应用基础研究较国内其他单位相对多一些。在微生物发酵方面开展了代谢调控的研究,应用细胞融合育种和重组DNA育种的研究。酶工程方面,经十余年的研究,积累了较多的固定化方法和载体。在细胞工程方面,植物细胞脱分化和分化、染色体工程、核质关系都进行了多年的研究。在四个工程中,基因工程方面的基础和应用基础研究相对较多,几年来在各种运载体-受体系统,原核和真核生物分子遗传,真核基因表达调控等方面都进行了研究。

2. 研究力量

目前我院从事生物工程的科技人员有700多人,其中高、中、初级人员的比例约为1:5:2.5,较多地集中在7个研究所,有百余人去国外进修过一年以上。

3. 主要问题

(1)与产业部门和高校相比较,我院生物工程从研究、应用开发到生产的体系尚不够完

整。

(2) 没有发挥多学科、多兵种的优势。目前面临的问题是搞生命科学的不懂工程技术;搞数学、物理、化学和工程的不熟悉生物学及其需要,以致开发能力弱,尤其是生物工程的“下游”尚属空白。

(3) 研究队伍虽有 700 余人,但年龄结构偏老,高、中、初级人员比例及研究与工程技术人员比例失调,

(4) 从总体来看,模仿国外的多,创新极少。课题分散,相同水平的重复不少,有限的人、财、物分散使用,工作进展缓慢,与国际上的差距日益加大,在国内竞争力也不强。

造成上述情况的主要原因:基础研究薄弱,没有持续和稳定的基础研究,缺乏积累,形不成特色。现行有关政策不利于创新和探索以及人才的成长和稳定。研究体制不适应;管理体制分散,缺乏权威和强有力的组织协调;在宏观管理上,至今没有一个规划和提出正确引导的原则。管理上也相当落后。

基于上述分析,提出发展战略如下:

1. 方针:实行三个结合。(1) 远近结合。针对国家需要,不放过任何可以近期见效的项目,但也要有中、长期项目和长期投资的战略眼光。(2) 新技术与传统技术的结合。针对我国的实际,传统生物技术与生物工程并存的时间不会短。目前国际上生物工程尚未形成成熟而又完整的技术体系。在我国改造传统的技术不是一朝一夕能实现的,有些问题的解决不必杀鸡用牛刀,也不是技术越新越好,传统的生物技术仍大有可为。(3) 研究与开发的结合。没有开发,形不成生产力;没有研究,开发就没有后续,当前开发能力相对薄弱,应予加强。基础研究应持续、稳定。

2. 重点:“七五”期间仍以制药工业、食品工业、轻工业、部分农业为研究和开发的重点领域,同时打好基础,然后实行战略重点的转移,移向以农业、能源、化工为重点。这是我们中长期的重点。在农业方面的应用则应是重点中之重点。这是由于我国人口太多,可耕地面积有限,土地利用率已相当充分,宜农荒地资源不多,粮食问题不在提高单位面积产量上下功夫,别无出路。由于食物结构改变的需要,发展畜牧业、渔业也迫在眉睫。动、植物基因工程和细胞工程在培育新种方面可起重要作用。这方面国际上起步较晚,但发展很快,如果我们组织得当,可缩小差距。我国生物资源丰富,易做出自己的特色。能源问题是世界范围的大问题,西方科学家预测下世纪中石油等化石能源将枯竭。能源也是我国的短线。能源问题的解决,一靠节能,二靠增产,三靠开辟新能源和发展替代能源。在这三方面生物工程都大有用武之地。传统的化学工业主要原料为石油和天然气,生产过程需要高温高压,中间步骤多,以生物资源替代石油为原料,用生物工程革新传统工艺,可克服传统化工的弊端。通过基因工程构建的工程菌可生产许多新的化工产品。此外,基础研究包括应用基础研究始终应是我们的战略研究重点。我院这方面的研究力量较强,研究工作相对较多,这是我院的优势,应充分发挥这一优势。只有这样,才能做出独创性的工作,为提高我国生物工程科研水平,开创新局面作出应有的贡献,为应用与开发研究源源不断提供新理论、新概念、新技术、新方法,为我国生物工程新兴产业的建立打下必要的基础。

在基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程的关系和安排方面,基因工程是生物工程的核心,发酵工程是基础;基因工程和细胞工程难度较大,见效较慢,故近期应以发酵工程和酶工程为重点,以改造传统产业,提高产量,降低成本,增加品种,革新工艺,开拓部分新产品为主。同

时着手与基因工程、细胞工程结合。从长远来看,应以运用这些手段开拓新产品为重点。

3. 布局: 上海和北京是我院生物研究所集中的两个地区。上海在分子生物学、细胞生物学、生物化学、生理学方面相对较强,应侧重发展基因工程和细胞工程。北京在微生物学、植物学、动物学方面相对较强,应侧重发展发酵工程、酶工程、植物细胞工程。两地区应通力合作,迅速组织起来发展蛋白质工程。从纵深配置和配套考虑,上海建立生物工程实验基地,微生物所扩建中试工厂,加强了开发能力。基础研究方面,除已建上海分子生物学重点实验室和北京酶学重点实验室外,还应建上海植物分子遗传学、上海细胞生物学两个重点实验室;北京建分子遗传学、植物细胞大量培养、微生物资源三个重点实验室。京、沪以外地区各生物研究所,应因地制宜,开展工作。

科学院人才密集、学科齐全,有一定设备条件,有能力承担国家经济建设中提出的重大课题,应着眼于有重大应用前景、影响深远、难度较大、近期内得不到经济效益的那些大项目。只要国家能得到长远的宏观利益,我院就应组织力量去攻关。产业部门要求我们搞深一点、新一点,为他们探路。目前与产业部门尤其是与医药部门相同水平的重复,要进行调整,要控制新开课题。有些重大课题,如已进行了一定时间,在力量上旗鼓相当或略胜一筹的,则要在物力、资金上给予保证,以加快速度,争取时间,拉开距离,形成较强的竞争力。

展望到本世纪末,我院应达到以下目标:

1. 建成一支科研与工程技术人员配套,研究与开发能力配套的训练有素的千余人的队伍,其中有 100—150 名博士后研究生作为骨干,有相当数量的既懂科技又熟悉经济的经营型人才。

2. 建立起较完善的基础技术体系,建成两个中试基地和 10 个重点实验室,完成蛋白质类、多糖类、有机酸类等三大类产品分离、提取工艺。

3. 基础研究保持稳定,不断增加积累。在真核基因结构、表达和调控的研究方面应有所发现和突破,争取跻身于国际先进行列,在应用与开发方面,技术上应有创新并拥有不少于 10 个效益大、水平高、影响深远的成果供中试和推广应用,使我院的生物工程工作既有开拓性又有一定的开发能力。