

生物技术在农业和环境保护中的应用

Application of Biotech in Agriculture and Environment Protection

沈桂芳

(中国农业科学院,教授)

一、现代生物技术的发展

按照国际上现行的划分,现代生物技术主要包括:基因工程、细胞工程、酶工程和发酵工程四个方面。每个方面都有其特定的理论基础和技术以及不同的应用领域,但它们之间又相互补充、衔接,构成整个生物技术体系,覆盖着极其广阔的应用面。在这一技术体系中最核心的是遗传工程。从物质层次上来说,生物技术可以在分子水平、细胞水平、组织水平和个体水平上进行。因此也可以说,广义的生物技术是用类似工程设计的方法,对生物有机体在上述各水平上进行不同层次的设计与改造,使生物具有某些新的结构和功能的技术。但狭义的生物技术是单指分子水平的基因工程。

以生物技术中植物细胞工程为例,它包括植物细胞的离体培养,细胞突变体的筛选,用培养细胞生产次生代谢产物,植物原生质体再生植株,体细胞杂交及遗传转化等多方面的内容。植物细胞之所以有如此大的可操作性,乃是因为植物细胞具有“全能性”。这个观点早在1902年由德国科学家哈伯兰特(Haberlandt)提出。1934年美国科学家怀特(White)用烟草的茎段形成层为材料,培养出烟草植株,后来又用番茄、胡萝卜根尖培养成无性系植株,1943年他正式提出了植物细胞全能性学说,即认为高等植物的器官、组织直至单个细胞,经过人工培养都具有进一步分裂、分化、发育成为一个完整的个体的能力。1958年美国科学家斯图尔德(Steward)将胡萝卜单个体细胞经液体转动培养,诱导出完整的植株,并开花结果。60年代法国科学家莫雷尔(Morel)等用茎尖培养法大量繁殖兰花成功,开创了组织培养快速繁殖植物的先例。1964年印度科学家格汉(Guha)等首次利用花药培养诱导出曼陀罗单倍体植株,为作物花

培育种奠定了基础。70年代后期,人们在分子生物学和细胞生物学理论上,综合采用了限制性内切酶、基因重组、基因运载体的构建、杂交瘤、动植物细胞大规模培养等技术,建立起一个现代生物工程的技术体系,推动了生产力的发展,是人们认识自然、改造自然的一场革命,因此引起了世界各国的高度重视。

近代生物技术的应用范围已遍及医学卫生、农林牧渔、环境保护、轻工食品、化工能源、冶金采矿等各个领域,将成为人类解决当今世界所面临的健康、食物、能源、资源和环境等诸多重大问题的有力手段。生物技术和应用将对整个人类社会产生深远影响。

二、生物技术在农业中的应用

农业是生物技术最重要的应用领域之一。应用生物技术可以培育出优质、高产、抗病虫、抗逆的农作物,以及畜禽、林木、鱼类等新品种;可以进行再生能源的利用,解决能源短缺问题;可以扩大食物、饲料、药品等来源,满足人类日益增长的需要;可以进行无废物的良性循环,减少环境污染,充分利用各种资源等。因而,生物技术在农业中的应用日益发展。当前农业生物技术的发展特点是:

1. 基础研究不断深入

目前,世界上开展的生物技术基础研究领域主要包括:全基因组图谱及其核苷酸序列测定、蛋白质工程、基因的扩增、植物生物技术、转基因动物、胚胎移植、基因治疗、抗体构型的改造、反义生物药剂、优化细胞培养系统和生物反应器,等等。发达国家不惜工本,在基础研究上开展竞争。如日本每年拨出2亿美元用于水稻基因定位研究,美国用30多亿美元研究人类基因图谱,欧洲各国政府也都支持粮食和蔬菜的基因定位研究,美国及国

际农业研究中心正在进行水稻、小麦、玉米、马铃薯、油菜等重要农作物限制性内切酶片段长度多态性(RFLP)技术图谱的研究(1990~1991年投资300万美元),英国于1988~1989年投资150万英镑相继建立了“谷物RFLP俱乐部”和“十字花科植物RFLP俱乐部”,应用英国农业遗传学公司发明的技术专门用于制作小麦、大麦和十字花科植物的基因图谱。利用这种图谱可加快育种进程,甚至无需明确或分离基因,就可在杂交后用RFLP探针作为标记进行后代筛选,从而使育种进程加快,具有很大的理论和实用价值。

2. 开发应用迅速发展

从生物技术应用发展进程看,首先是植物组织培养技术得到广泛开发应用。世界上已有几百种植物可以通过组织培养获得再生植株,有10多种花卉、果树和苗木投入工厂生产。烟草、水稻、小麦等花药培养新品种陆续培育成功。

其次是基因重组技术(转基因技术)得到广泛开发应用。1982年美国孟山都公司和比利时根特大学分别成功地把细菌的抗卡那霉素基因导入向日葵、烟草、胡萝卜细胞中,并得到了表达,使这些植物的抗卡那霉素的能力比同类植物强8倍以上。随后陆续获得抗病毒、抗细菌、抗虫、抗除草剂等转基因植株。孟山都公司每年拨款2亿多美元在农业基因工程方面进行研究,率先获得抗虫棉花、抗病毒烟草和抗除草剂的大豆等,并将进入田间试验阶段。美国先锋杂交玉米国际公司应用基因重组技术培养出抗病、高产,具有某种特性的玉米品种。据统计,与十年前常规育种相比,除节省土地和费用外,培育时间也缩短几年。

用转基因动植物生产药物(生物反应器)。目前由于动植物转基因的不断成功,不少国家正试图以此作为生物反应器,开发生产有用的药物。1991年9月英国报告从转基因绵羊的奶中生产人 α_1 -抗胰蛋白酶(α_1 -AT),表达量最高达60克/升,在7周泌乳期中保持35克/升,每只绵羊每天泌乳4~5升,约相当于一个50升的发酵罐。同一时间,美国报告用转基因奶山羊生产长效组织纤维蛋白溶酶原激活因子(LAtPA),它可用于治疗冠状动脉血栓、心肌梗塞和创伤,但表达量仍低(3毫克/升)。荷兰报告转基因马铃薯生产人血清白蛋白(HSA),以每公顷生产马铃薯50吨计,可得12公斤HSA。比利时则在开发利用转基因油菜生产多肽药物。我国目前尚未开展这方面工作。

特别值得一提的是,转基因花卉可能是最早商用的工程植物。英国某研究小组已经分离出开花所必需的基因,当该基因经突变失活后,植物便不能开花。该基因的一些特性表明,它作为主宰基因或调控基因,激活其它很多基因,这些基因是正

常开花所必需的。有人以Antirrhinum为材料,分离出控制花形的重要调控基因。在拟南芥菜上也已克隆出同源转化基因agamous,可控制雄蕊及心皮。在矮牵牛和烟草上已证明导入查尔酮合成酶的反义基因,花色可由红色转成白色,或在白色的背景上形成红色的斑点或条纹。因此未来有可能人为地改变花色和花形,创造出各种奇花异草。

再其次是单克隆抗体技术得到广泛开发应用。这项技术在不断完善的基础上进入了实用阶段。80年代初,美国在兽医方面研制出牛病毒性腹泻病毒、鸡新城疫病毒等20多种单克隆抗体。1983年瑞士联邦农业试验站研制出马铃薯Y病毒单克隆抗体。此后,各国研制出数百种单克隆抗体。已有几十种产品实现商品化,被广泛应用于提纯抗原,制备标准诊断试剂作为微生物或病毒诊断等。

此外,动物胚胎移植技术也已进入实用阶段。美国和加拿大1980年移植4万多头牛,1985年增至15万头。欧洲一些国家也陆续开发应用这一技术,被列为常规技术范畴。据统计,现在世界上有家畜胚胎移植公司200多家,仅牛胚胎移植就年达20万头左右,说明这一技术应用的普及性。

3. 生物技术产业正在兴起

现代生物技术产业投资少、周期短、见效快,可充分利用自然界的可再生能源,经基因工程改造的新生物品种、菌种有相对的遗传稳定性,可以连续长期利用它来创造财富和基本上无环境污染,因而生物技术产业正在世界范围内崛起,而且竞争十分激烈。美国有3个生物技术研究中心,政府对生物技术投资增长率为19%,用于生物技术的开发经费已超过100亿美元,到1988年美国已建立400多家生物技术公司。日本政府用于生物技术研究 and 开发的经费每年以20%的速度递增。英国继第一家“细胞技术公司”成立之后,又成立了剑桥生命科学公司,塞尔斯公司建立了世界上第一个基因重组的工厂。西欧一些国家还成立了“欧洲生物技术联合会”,合作研究开发生物技术。

目前,世界上从事农业生物技术开发的公司有480多家。从经营范围看,从事农作物品种改良(包括抗病、抗虫、抗除草剂、抗旱和固氮以及蛋白改良等)的公司最多,占总数的40%左右;从国家和地区分布看,主要集中在美国和欧洲,美国占总数的一半以上,欧洲占1/4左右。

三、我国农业生物技术的进展

我国农业生物技术研究始于70年代,1986年3月开始实施的“高科技研究发展计划(863计

划)”将生物技术确定为主攻方向之一,选择了高产、优质、抗逆动植物新品种,新型药物、疫苗和基因诊疗,蛋白质工程等三项对我国国民经济发展具有重大影响的项目进行跟踪和创新研究,有力地推动了农业生物技术研究开发的发展。

1. 组织培养快速繁殖植物

我国在实验室研究成功的快速繁殖蔬菜、花卉、苗木等已有上百种,其中甘蔗、马铃薯、香蕉、草莓、月季、菊花等10多种已在生产中应用。“七五”期间,全国建成了葡萄、苹果、香蕉、柑桔、草莓等快繁生产线共11条,供应试管苗约1 000万株。其中中科院华南植物所开发的香蕉试管苗已形成500~600万株的生产能力,亩产比传统苗提高25%,生产的香蕉已进入国际市场;黑龙江省种子公司建成马铃薯无毒种苗基地,生产的脱毒苗可使马铃薯增产50%以上;上海农科院1984年获得草莓脱毒苗,并进行中试,可增产40%以上。我国利用快繁技术生产的花卉,这几年每年出口创汇数万美元,取得良好的经济效益。

2. 花药培养、染色体工程育种

“七五”期间,我国科学家用花药培养、染色体工程育种等技术与常规技术结合,培育出水稻、小麦、油菜、甘蔗、橡胶等作物15个新品种、37个新品系和48个新种质,累计推广面积近1 500万亩;如北京细胞工程实验室选育的“京花1号”和“京花3号”小麦分别推广800万亩和100万亩;中科院西北植物所选育的“小偃107号”小麦、中国农科院作物所选育的“中花10号”水稻等具有优质、抗病或抗盐碱等性状的新品种,已累计推广种植近350万亩,增产粮食8 500万公斤,为我国粮食生产作出了贡献。在经济作物方面,中国农科院烟草所培育出“单育1号”、“单育3号”烟草新品种,是我国最早用于生产的花培品种。

3. 原生质体培养和体细胞杂交

我国科学家完成了40多个重要粮食作物、经济作物、蔬菜和中草药植物的原生质体再生植株工作,其中的玉米、大豆、谷子、高粱和小偃麦等20余种植物再生植株在世界上还属首次。培育难度很大的水稻、小麦、玉米等禾本科植物再生植株陆续被我国科学家攻克。自1986年水稻再生植株成功后,有农虎6号、77-170、广亲和02428、元香1号、上农香糯和870025等6个粳稻品系,以及难度最大的籼稻的一个品种“大谷早”的原生质体先后再生了植株。

4. 植物基因工程

我国已建立了野生大豆等植物的基因文库,分离出一些目的基因,开展了基因载体研究。在此基础上,1988年中科院微生物所、昆明植物所在国内分别首次建成抗黄瓜花叶病毒和抗烟草花

叶病病毒的转基因烟草植株。中科院遗传所建成的抗除草剂阿特拉津转基因大豆植株,其抗性可通过世代遗传。中国农科院生物技术研究中心首次将苏云金芽孢杆菌毒素基因导入水稻植株。至目前,我国有10种左右植物获得转基因植株,有的已进入大田试验。如用经花粉管通道导入总DNA方法培育的抗枯萎病优质棉花3118新品系,已在生产上应用推广4万亩,平均增产15%,展现了作物抗病育种的美好前景。

5. 动物基因工程

我国在80年代初开始研制兽用基因工程疫苗,已取得可喜进展。军事医科院基础所首先研制出幼畜腹泻K88-LFB口服基因工程疫苗。接着,中科院上海植生所与上海农科院畜牧兽医所,中国农科院生物中心与哈尔滨兽医所,先后研制出K88和K88-K99两种注射用基因工程菌苗。K88-K99菌苗免疫试验表明,该菌苗安全稳定,已免疫注射的5万头妊娠母猪,所产仔猪免疫者占94.6%。1989年中科院发育所从猪的基因文库中筛选出猪生长激素基因,并构建了可在真核细胞中表达的质粒。中科院上海细胞所经过三年研究,于1989年将乙肝病毒表面抗原基因及人生长激素基因导入家兔受精卵内,获得我国首批转基因兔及其后代,为家畜育种提供了新技术。

6. 家畜胚胎工程

我国的研究工作始于70年代。80年代以来不断有所突破,相继在绵羊、奶牛、猪、山羊、奶山羊和兔等家畜上获得成功。1980年绵羊冷冻胚胎首次移植成功。随后奶牛冷冻胚胎移植成功。1984~1986年我国有18个单位从事牛胚胎移植研究,超数排卵(使用激素处理供体母牛使其多排卵)的供体牛1 900多头,可用胚胎6 100多头。1988年从每头供体牛获得的可用胚胎数平均为4枚,接近世界先进水平。新鲜胚胎移植受体牛2 600多头,受胎917头,平均受胎率35%左右。冷冻胚胎移植受体牛1 000头,受胎近200头,平均受胎率20%左右。近年来,胚胎移植技术水平不断提高,每头供体牛平均可得5~9枚可用胚;鲜胚移植平均受胎率达50%左右;冷冻胚达40%左右。在胚胎分割方面,1986年西北农业大学首次获得一批半胚犊牛,1987年中国农科院畜牧所和西北农大分别获得国内首批半胚羔羊和同卵双生羔羊。1989年中科院遗传所获得四分胚犊牛,1990年新疆畜牧科学院获得绵羊四分胚羔羊。在体外受精方面,1986~1990年江苏农科院、中国农科院、内蒙古大学、西北农大等先后获得体外受精的试管家兔、试管牛、试管绵羊、试管猪和试管山羊等。其中已建立起稳定有效的“试管”牛犊技术体系,先后获得“试管”牛犊近20头,该项研究的技术水平进

入了国际先进行列,为我国引进和开发良种牛奠定基础。

我国自1988年开始了家畜核移植研究。由于家畜早期胚胎细胞核具有全能性,所以采用胚胎显微操作和细胞融合技术可以进行家畜的胚胎核移植,从而大量复制(克隆)优良家畜的胚胎,建立同基因型的高产家畜无性繁殖群。1989~1991年,我国先后取得了核移植兔(中科院发育所,江苏农科院畜牧所,中国农科院畜牧所)的产仔结果。随后西北农业大学又获得世界首例核移植山羊的产羔结果。

7. 单克隆抗体研制

我国自80年代初开始,相继研制出马铃薯x、y病毒、布氏杆菌、猪大肠杆菌、青枯病菌、烟草花叶病毒、马传贫病毒、鸡新城疫病毒、猪水泡病病毒、O型口蹄疫病毒、猪瘟、猪气喘病等的几十种单克隆抗体。其中研制成功的马铃薯y病毒、马传贫病毒、布氏杆菌等的单克隆抗体试剂盒已应用于畜禽疫病和农作物病害等鉴别诊断上。

四、近代生物技术在环境保护中的应用

环境保护是社会和经济持续发展不可分割的组成部分,随着化学产品、能源和农产品使用的不断增加,尽管在防止和减少废物并促进再利用方面作了很大努力,但所产生的废物仍在不断增加。每天产生的未经适当处理的大量废物和有毒化学品,对于人类健康和生物圈构成了短期和长期的严重威胁。在自然界,有机废物和化学物质存在不断的再循环,但目前在自然环境中所产生废物的数量、种类,其中包括人工化学品,在许多情形下已超过了自然界参与废物再循环微生物的能力范围。因此,在自然环境中,化学物质的毒性、流动性以及持久性已引起重大的关注。已经明确地认识到需要一个丰富的动植物和微生物的种质基因库。生物技术在恢复被破坏的生态系统方面可以起重大作用。它是通过原生资源的保存、品种的发展,以及研究在被破坏的生态系统中引进微生物对残留生物及其他生物的效应来发挥作用的。

联合国定于1992年6月1日至12日在巴西里约热内卢召开有160多个国家政府首脑参加的环境与发展大会(UNCED),称“全球首脑会议”。这将是历史上第一次全球努力、同心解决环境与发展问题的大会。会上将讨论自然资源和臭氧层的损耗、气候变迁、土地资源、饮水供应、海洋、化学毒性、有害废物等问题。笔者于1991年10月22日至29日应UNCED筹委会邀请赴印度新德里出席了“无害环境生物技术应用国际合作”的高级专家特别研讨会。这次会议是“全球首脑会议”的准备

会议。会议考虑和评估了特定生物技术应用对环境和人类健康的影响,提出了应用生物技术预防、阻止和逆转环境恶化,增强自然资源的持续应用,保存环境完整性,预防和阻止生产、生活过程中废物的过多产生,并尽可能促进其再循环过程的对策。发展生物技术用于将有机废料和生物物质在全球水平转为再生能源、动物饲料和原材料;制定降低废料产生和增加使用生物降解材料的政策;发展生物技术取代对环境保护不利的化学杀虫剂、除草剂和化肥;采用以生物防治为基础的综合除虫措施;在全国施肥方案内采用生物肥料;改进生物防治剂和生物化肥的生产过程和经济效益;发展生物技术以减少对农药和化肥的依赖;在工业生产过程中发展生物技术取代污染环境的生产过程;在常规技术费用昂贵或无法解决时,发展生物技术方法来消除环境污染;发展废物处理前管理问题中的生物技术;实施在林业和其他生物群体中应用生物技术的项目;在恢复地力中应用生物技术;加强安全和发展国际间合作机制,建立有效的保护环境的生物技术应用机制。本次会议阐明了生物技术在环境和发展中的重要作用,充分估计了生物技术应用在提高粮食和饲料产量,改进人类健康,加强环境保护三个重要方面的远大前景。

五、展 望

专家们预测,90年代中期农业生物技术将获得繁荣发展,1993~1996年将有大量农业生物技术产品进入市场,到2000年,运用生物技术和其他增产措施增产的粮食将占世界粮食增产的5/6。预计本世纪末到21世纪初,抗虫、抗病毒的农作物将得到推广;1994年抗虫棉花将进入实用阶段;1995年抗除草剂的农作物(首先可能是大豆)将投放市场;1996年抗性谷物和蔬菜作物也将进入实用阶段;到2030年前后,现代生物技术将全面改造农业,并广泛地得到应用,从而使农业生产的面貌彻底改观。

到本世纪末,我国的生物技术水平将有较大提高,将培育出比现有杂交水稻增产20%左右的新品种,将研制出一批抗虫、抗病毒的稻、麦等主要粮食作物的株系或品系,并研制成功具有优良特征的转基因鱼和猪;大约有20~30种药物、疫苗投放市场,加上诊断试剂,将形成我国的生物技术产业,并形成一定的出口能力。

(责任编辑 刘先曙)