

## 【生物技术】

## 用现代生物技术改造传统农业

宋家永, 任江萍, 尹 钧\*

(河南农业大学国家小麦工程技术研究中心, 河南 郑州 450002)

**摘要:**进入 21 世纪, 传统农业面临着农产品供给紧张、食物安全陷入困境、品种品质改良滞后、生态环境恶化、资源匮乏、持续发展后劲不足等方面的严峻挑战, 与此同时, 现代生物技术正以前所未有的速度渗透到农业、畜牧业、生态环保、资源开发等各个领域, 特别是通过基因工程、细胞工程、克隆技术、分子标记、酶和发酵工程等现代高新技术对传统农业的育种、品质改良、病虫害防治、生物资源开发等方面带来了深刻的变革。

**关键词:**生物技术; 改造; 传统农业

**中图分类号:** Q81 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1008-0864(2005)03-0034-04

邓小平同志指出:“将来农业问题的出路, 最终要由生物工程来解决, 要靠尖端技术”。表明未来农业是现代生物技术应用最广泛、最活跃、最有挑战性的领域, 也是解决我国农业问题的必然途径。

现代生物技术是以现代生命科学理论为基础, 利用工程学、信息学等技术手段, 依靠生物体(微生物、动物和植物体)及其组成部分(细胞、分子等)作为反应器将物料加工、改造, 使其具有人们所期望的品质、特性, 从而为社会提供商品和服务的综合技术体系。

生物技术与材料技术、信息技术并称为 21 世纪三大关键技术和支柱产业。其中, 生物技术是 20 世纪末生物科学产生的划时代突破, 是生命科学发展的前沿, 生物技术的发展开创了人类生命科学研究的新纪元<sup>[1]</sup>。

生物技术包括基因工程技术、细胞工程技术、生物反应器技术、克隆技术、酶技术和发酵技术等六项现代高新技术。这些技术被广泛应用于新药研制、基因治疗、良种繁育、工业发酵、环境保护和能源开发等领域<sup>[2]</sup>。其中, 一些高科技成果在农业领域的推广应用, 将从理论到技术彻底革新传统农业, 使农业生物的研究产生从孟德尔遗传学、DNA 双螺旋结构、遗传密码、基因重组和基因调控到“生物基因组”和“结构基因组或蛋白质组”时代的巨大变革, 农业生物技术也由此转变为以知识型、高技术和资本密集型为典

型特征的知识经济产业。科学家们预言, 21 世纪是生物技术的世纪, 现代农业生物技术是仅次于医药生物技术, 发展最迅速, 效益最显著的领域, 它将成为 21 世纪新的经济增长点, 是 21 世纪农业科学发展的重点<sup>[3]</sup>。

## 1 传统农业面临新的挑战

中国的传统农业技术为中国和世界农业的发展做出了突出的贡献, 以占世界 7% 的耕地养育了占世界 22% 的人口。但随着人口的增加、人均资源占有量的减少, 导致粮食安全隐忧、生态环境恶化、资源匮乏、农业总体科技含量不高等问题逐步凸显出来, 传统农业技术与现代社会需求的矛盾日益突出。主要表现在以下方面<sup>[4]</sup>:

### 1.1 增加农产品的有效供给与保障未来食品安全问题

10 多年来, 我国粮食产量剧烈波动, 总产由 1998 年的 5.12 亿 t 下降到 2003 年的 4.31 亿 t, 连续 5 年下滑。人均粮食占有量由 1984 年的 400 kg 下降到 2003 年的 330 kg, 跌至 20 年来的最低水平, 远远低于联合国粮农组织(FAO)规定的人均粮食 400 kg 的安全警戒线。2003 年粮食供需缺口高达 4 000 万 t, 连年的产量不足已引起人们对国家粮食安全的警惕。据预测, 到 21 世纪的 10、20、30 年代, 我国粮食的总需求量分别为 5.6 亿 t、6.5 亿 t 和 7.0 亿 t 以上, 2030 年我国人口将达到 16 亿左右, 这意味着今后 25 年内粮食生产能力年均递增要达到 2% 以上, 单产提高 55% ~ 60% 以上, 总产增加 2.7 亿 t 以上。而传统农业产量不高, 品质不稳定, 抗灾减损技术落后, 生态环境破坏严重, 因而, 单凭传统农业增加农产品的有效供给与保障未来食品安全已经成为新的世界性难题<sup>[5]</sup>。

收稿日期: 2004-11-8; 修回日期: 2005-01-13。

作者简介: 宋家永, 男, 1954 年生, 副教授; 主要从事小麦栽培技术与推广。E-mail: songjiayong@21.cn.com

\* 通讯作者: 尹钧, 教授, 博导; 主要从事小麦生物技术与小麦生态研究。E-mail: xmyj@263.net

基金项目: 河南省科技攻关项目(0424060015)。

## 1.2 资源匮乏、环境恶化、可持续发展问题

尽管我国地大物博,但是,人口众多,土地资源有限,人均耕地仅  $0.075 \text{ hm}^2$ ,相当于世界平均水平的  $1/3$ ,只相当于美国的  $1/10$ 。而且,由于城市化发展、基础设施建设、产业结构调整等原因,耕地正以每年  $20 \text{ 万 hm}^2$  的速度递减;我国的水资源占有量人均  $500 \text{ m}^3$ ,不足世界平均水平( $1700 \text{ m}^3$ )的  $1/3$ ,且东、西、南、北分配极不均匀;工业辅助能投入增加,农业资源掠夺性开采,利用效率低下,土地过度利用,地力恢复困难,农业环境污染日益严重,旱、涝灾害频繁发生,所有这些,严重阻碍了农业的可持续发展,单凭传统农业难以解决这些新的问题。

## 1.3 农产品品质差,效益不高,农民生产粮食的积极性问题

随着温饱问题的解决和我国加入世贸组织(WTO)以后,农产品品质成为满足人民生活水平提高,以优质化、专用化、多样化占领市场的基本要求;但是,几年来,我国一些农产品品质不高(如南方早籼稻、北方春小麦因品质差出现了结构性过剩、销售积压),而且不稳定,达标率和无公害程度低,从而导致农业比较效益低,农民种粮的纯收益接近于“零水平”,严重挫伤了农民种粮的积极性,这已经成为农业发展的重大隐患。

## 1.4 农作物品种遗传背景日趋狭窄,培育高产优质多抗新品种问题

由于传统育种技术在引进外源基因等方面具有难于克服的局限性,使农作物育种可利用的遗传资源受到限制,造成现有品种遗传背景狭窄,且传统育种周期长,而品种退化速度加快,更新换代滞后。目前,我国一些农作物品种在产量、品质、抗性等方面与国外优良品种存在较大的差距。如小麦单产,我国仅相当于荷兰的  $46\%$ 。再如小麦品质,仍然达不到美国、加拿大、澳大利亚等国优质强筋、弱筋小麦的品质指标,难以生产高档次的面包、糕点,不得不依赖部分进口作搭配。因此,突破性的优良品种选育和满足社会生产急需成为新的问题。

## 1.5 数字化、信息化的快速发展使传统农业面临新问题

以电子计算机推动的数字化、信息化技术已经广泛地应用于作物育种、栽培耕作、病虫害防治、肥水管理、预测预报以及动物科学等领域,使农业科学研究进入分子水平、遗传密码、基因测序、图谱绘制、纳米、自动化、程序化等微观领域和高精度数字化、信息化水平,这些领域往往使传统农业技术无能为力,只有靠现代生物技术才能解决问题。

## 2 生物技术对传统农业的改造

生物技术的灵魂是基因工程技术,其核心技术是对生物遗传物质在分子水平或基因水平上进行复杂而精确的转基因操作(包括对生物基因图谱的测序绘制,基因定位分离,基因的扩增与标记等),从而形成对传统农业技术深刻地、大规模改造<sup>[6]</sup>。

### 2.1 基因工程技术发展了新的育种理论和技术,人为调控作物的生长发育

基因工程技术从根本上革新了孟德尔遗传学的染色体育种理论,创立了分子育种和基因育种的理论及方法,打破了自然界生物不同种间杂交中遗传物质转移交换的障碍,不仅使科属间的生物杂交成为可能,而且使高等生物与微生物、动物和植物的杂交成为现实。从某种意义上说基因技术开创了按人们的意愿改造和创造生物新品种的时代。

转基因操作能够控制种子的发育和代谢。通过对花色素基因的控制,使鲜花开放出人们需要的色彩;通过对蔬菜顺义和反义反成熟基因的控制,美科学家培育出了提前或延迟成熟的番茄;日本科研人员将  $C_4$  植物的磷酸烯醇式丙酮酸羧酶(PEPC)基因分离,并移植到  $C_3$  植物水稻的细胞内,使水稻固定  $\text{CO}_2$  的效率提高了  $5\% \sim 30\%$ ,光合作用提高了  $40 \sim 100$  倍。

应用分子设计原理和分子育种方法,美、英、中、法、日等国的科学家对小麦、玉米、水稻、棉花、马铃薯等 100 多种农作物和果树、蔬菜、花卉进行了转基因改良。从 1983 年第一例转基因作物培育成功,全球大约有 13 个国家进行了 30 000 多次转基因作物的田间试验,已有 5 科 120 多种作物经过转基因改良,种植基因作物面积达  $6770 \text{ 万 hm}^2$ ,有 20 余种动物得到了改良基因并投入使用;培育出了含蛋白质高达  $20\% \sim 30\%$  的水稻,含淀粉  $20\% \sim 40\%$  的高淀粉马铃薯。

通过转基因技术将把某些昆虫、微生物、病毒或野生植物的抗病虫基因转移到农作物细胞内,从而使农作物获得抗病基因或杀虫基因,大大减少农药的使用和对生态环境的污染。全球已经培育出了几十种抗病虫、耐除草剂作物,如抗除草剂大豆、烟草,抗病水稻、马铃薯,抗虫棉、抗玉米螟玉米等,转抗穗发芽基因小麦、抗白粉病小麦业已进入中试阶段。抗病虫基因转移正在由单一抗性向复合抗性发展。在全球

种植的 4 420 hm<sup>2</sup> 的转基因作物中,抗病虫及耐除草剂作物约占总面积的 85% 以上。

转基因技术把植物、动物、微生物或病毒的某些优良抗性基因转移到作物以提高其抗逆性。如美国斯坦福大学的研究人员把仙人掌的抗旱基因转入小麦细胞中,获得了具有抗旱特性的小麦植株,日本的科研小组将大肠杆菌的过氧化氢酶基因植入植物叶绿体中,培育出了能在沙漠恶劣气候条件下旺盛生长的“沙漠 1 号”植物,美国科学家将拟南芥的矮化基因导入水稻中,培育出了高抗倒伏的矮化水稻。

转基因动物开创了用基因技术改良畜牧业的先河。将某些特定的外源基因导入动物早期胚胎细胞并整合到动物基因中,通过生殖细胞再传给后代,由此得到含有外源基因的“新动物”。现已培育出了转基因山羊、奶牛、兔、鱼、鸡、猴等 20 多种家禽家畜。如 1990 年荷兰培育出的世界上第一头转基因奶牛,它的乳汁中含有人乳铁蛋白,这种牛乳制成的奶粉年产值高达 50 亿美元;以色列特拉维夫的武尔卡研究所培育的含人血清蛋白的转基因山羊,1 年可提供 10 kg 特种蛋白,可创产值数万美元;加拿大温哥华的研究人员培育的转基因大马哈鱼平均较对照组马哈鱼重 11 倍,创造了鱼类品种改良的奇迹。

## 2.2 细胞工程丰富了遗传学理论,创造了离体快繁奇迹和新的育种技术

植物细胞工程采用染色体加倍,体细胞融合和细胞杂交,诱导组织器官分化等技术,改变了植物的遗传物质,创造了新的育种技术,改变了长久以来人们用花器杂交、系圃法育种的格局,加快了育种进程,它具有育种程序简便、后代纯合快、周期短等突出优点。目前全球已有 260 多种植物花药培养获得成功,仅水稻花培品种就达 60 多个。如我国培育的中花 8 号、9 号等水稻品种累计种植面积超过了 66.7 万 hm<sup>2</sup>,京花 1 号、京花 3 号,甘春 11 号,甘花 746 等小麦品种累计种植面积超过 80 万 hm<sup>2</sup>。体细胞融合技术是植物细胞工程育种中的重大突破,它克服了种属间杂交不亲和性、生殖器官异常等障碍,目前,我国有 50 多种植物取得成功,已经创造出了“西红柿马铃薯”等奇特农作物新品种。

细胞工程采用植物根尖、茎尖、幼穗等进行离体培养,能有效地脱除病毒,提高作物的抗病性和丰产性,优化品质,增加经济收益,尤其对甘蔗、香蕉、马铃薯和苹果等多种作物进行脱毒培养,防病效果十分显著。如用脱毒种薯种植产量可达 2 500 ~ 3 000 kg/667m<sup>2</sup>,单产提高 4 倍左右。大大缩短了育种周期,

加快了品种推广的速度。同时,细胞工程有利于工厂化生产,集体化经营,创造更高的经济价值。目前全球有 130 多个国家和地区建立了近 10 000 个“组培工厂”,年总产值达 200 ~ 300 亿美元。我国的组培室总数和人员数均居世界第一位,全国有组培室 1 500 多个,年生产组培苗 0.8 亿 ~ 1 亿株。在华南建起了 10 多家香蕉苗快繁工厂和 100 万株“金花茶”组培苗工厂,在河南开展了蝴蝶兰、郁金香和日光楮组培工作,全国建有马铃薯快繁基地 60 多个<sup>[7]</sup>。

## 2.3 克隆技术改造了传统的畜牧业

克隆技术是生物技术在 20 世纪末具有划时代意义的突破,随着克隆羊“多莉”的问世,克隆牛、克隆猪、克隆鱼、克隆猴子等相继获得成功,标志着人工“复制生命”的实现,使高等哺乳动物大规模无性繁殖成为可能,大大加快畜牧业的发展。克隆动物有胚胎分割克隆、胚胎细胞克隆和体细胞克隆 3 种基本方式。目前全世界已有 6 种类型的体细胞——纤维细胞、乳腺细胞、卵丘细胞、输卵管/子宫上皮细胞、肌肉细胞和耳部皮肤细胞克隆动物获得成功,从克隆动物到克隆人体组织器官,将全面推动生命科学、医学和农业科学的进步。克隆技术有助于人类了解动物和人类自身发育(生长、发育、衰老、死亡等)的机理,克隆各种组织和器官,治疗多种疾病,用转基因动物做“生物反应器”生产高质量抗癌药物,诱导各种于细胞定向分化为特定的组织类型,以代替那些损害的体内组织,挽救濒危动物,保护生物的多样性等<sup>[8]</sup>。

## 2.4 分子标记提高了目标基因选择效率

品种改良的实质就是通过对目标基因进行选择,实现优异基因集成的过程。因此,提高目标基因的选择效率,是加快育种进程的关键。目前,常规育种方法主要还是依据基因的表型进行选择。但是,由于作物的表型性状易受外界条件的干扰,常常不能真实地反映基因型,因而造成常规育种方法周期长,工作量大,效率低,预见性差。

分子标记是 20 世纪 80 年代产生的以 DNA 多态性为基础的遗传标记,它可以对植物组织进行检测,早期选择基因型(有利于对隐性基因的选择),它标记数量大且不受环境影响,可以提高选择的准确性,从而大大缩短育种周期,减少工作量,提高效率。

目前,已开发出多种有效的分子标记技术,如:RFLP、AFLP、SSR、RAPD、RGA、ISH 等等。分子标记主要应用在基因标记、基因图谱绘制、指纹分析、品种鉴定等。利用分子标记已绘制出主要农作物的基因图谱,如水稻基因图谱上已标记了 1 100 多个位点,

小麦和玉米的基因图谱上也分别标记了 850、600 多个位点,随着时间的推移主要农作物基因图谱将会逐渐达到“饱和”。许多重要的农艺性状基因已被标记,如抗病、抗虫、耐盐等质量性状,以及与抗旱、产量性状等有关的质量性状基因<sup>[9]</sup>。

生物技术对 21 世纪农业新技术革命的推动是全方位、深层次、多用途的,而且还在绿色能源开发,微生物资源的开发与改造,海洋生物技术与太空农业的开拓,生物环保技术和食品生物工程以及农业的工厂化等诸多领域发挥越来越大的作用,为解决人类面临的日益严重的人口、粮食、环境和健康等重大问题做出巨大贡献<sup>[10]</sup>。

#### 参 考 文 献

[1] 石元春. 一座伟大的里程碑——农业生物技术[J]. 生物学通报, 2003,38(8):1~5

- [2] 魏守军. 现代农业生物技术发展及其对种业技术体系的影响[J]. 农业现代化研究, 2003,24(5):396~400
- [3] 胥国斌. 生物技术与 21 世纪农业新技术革命[J]. 甘肃农村科技, 2001,(4):58~61
- [4] 刘淑芬. 生物技术在农业上的应用及其 21 世纪展望[J]. 邯郸农专学报, 1999,16(4):19~21
- [5] 杨秀芝. 现代生物技术在农业上的应用[J]. 农业与科技, 2000,20(2):14~16
- [6] 李宝健. 展望 21 世纪的农业生物技术[J]. 中山大学学报, 2004,43(1):56~61
- [7] 肖国樱. 转基因作物的安全性评价及其对我国传统农业的影响[J]. 杂交水稻, 2003,18(3):1~5
- [8] 贾士荣. 转基因作物的安全性争论及其对策[J]. 生物技术通报, 1999,15(6):1~7
- [9] 吴仲贤. 现代高级农业生物科技的理论基础[J]. 农业生物技术导报, 2004,12(2):119~121
- [10] 盛喜真. 生物技术进步是我国农业发展的必然选择[J]. 科学管理研究, 2004,22(1):37~40,98

## Reform the Traditional Agriculture with the Modern Biotechnology

SONG Jia-yong, REN Jiang-ping, YIN Jun

(National Engineering Research Center for Wheat, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Entering 21 centuries, the traditional agriculture faces rigorous challenges including the strain of agricultural product supplies, the food safety sinking into the predicament, underdevelopment of the species quality, the deprivation of ecosystem environment, lack of the resources and shortage of long-term development etc. At the same time, the modern biotechnology is seeping through each realms, such as agriculture, livestock husbandry, ecosystem environmental protection and the resources development with the unprecedented speed. So, great innovations took place in breeding, quality improving, prevention and curing the diseases, insects and weeds, the development of biological resources and so on, by the modern high-tech including the genetic engineering, cell engineering, gram cologne technique, member marking, enzyme and fermenting, etc.

**Key words:** the biotechnology; reformation; traditional agriculture

(责任编辑 程俊源)

QTL 克隆的策略之一是首先将控制同一性状的多个基因分解开来,然后采用常规的或有待发展的专门的基因克隆方法将其一一克隆出来。QTL 作图是将控制同一性状的多个 QTL 分解成为单个的可克隆基因提供了一种可能性。另一种方法是通过歧化选择(disruptive selection)将多个数量基因区分开来。在基因克隆方法中,以图谱基础的基因克隆技术是克隆未知产物基因的有效方法。对于 QTL 的克隆,还有一些特别的方法可以考虑,其中包括:根据被用于杂交的某克隆顺序等位基因的直接效应进行克隆,利用转座子的插入突变进行克隆,以 cDNA 序列分析为基础的克隆,根据 QTL 与质量基因的同源性进行克隆等。

摘自《分子数量遗传学》第 7 页