



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

PLANT
BIOTECHNOLOGY

植物生物技术 (第二版)

张献龙 主编



科学出版社

内 容 简 介

植物生物技术是一个发展迅速的领域。本书根据近期该领域发展,比较系统地介绍了植物生物技术的理论和方法。在编写过程中,既重视反映基本理论知识,又重视反映该领域新的技术和成果。本书在第一版的基础上,对有些章节进行了删减,在内容上进行了较大修改,充分反映了最新研究进展。全书共分13章,把细胞工程、基因工程和分子标记选择与育种等内容有机地衔接起来,使读者对生物技术的知识和技术体系有一个全面的了解。

本书是植物生产类专业的教材,主要用于农林院校相关专业本科生、研究生教学。本书也可以作为从事植物生物技术研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

植物生物技术/张献龙主编. —2版. —北京:科学出版社,2012
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)
ISBN 978-7-03-034773-2

I. ①植… II. ①张… III. ①植物-生物技术-高等学校-教材
IV. ①Q94

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第123233号

责任编辑:丛楠 贺密青 / 责任校对:郑金红
责任印制:阎磊 / 封面设计:谜底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年6月第二版 印张:19 1/2

2012年6月第九次印刷 字数:492 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

编写委员会

主 编 张献龙 华中农业大学

副主编 孙传清 中国农业大学

林拥军 华中农业大学

参编者 (按姓氏笔画排序)

马峙英 河北农业大学

左开井 上海交通大学

刘 坚 四川农业大学

刘继红 华中农业大学

孙玉强 杭州师范大学

孙传清 中国农业大学

吴家和 中国科学院微生物所

何光存 武汉大学

张献龙 华中农业大学

林拥军 华中农业大学

林忠旭 华中农业大学

祝水金 浙江大学

第二版前言

植物生产是人类赖以生存的一切生产活动的源泉，植物产品除可直接满足人类需求外，还是动物生产的原料，微生物生产需要的碳源。动物、植物、微生物产品保证了人类的可持续发展。人类很早就知道可以通过遗传重组改良植物品种，提高植物的生产力，但到 20 世纪后期已明显感觉到经典遗传学在指导遗传育种方面显得十分乏力。以种质资源为基础推动植物品种进步的途径在 20 世纪后期已达到一个平台期。随着分子生物学的发展，人们发现可以通过生物工程的手段实现动物、植物、微生物之间的基因交流，以基因资源为基础的植物革命显现出无限的活力。植物科学从“一粒种子可以改变一个世界”走进了“一个基因可以改变一个世界”的新时代。当然，基因的功能仍然需要通过种子的生产来实现。

基因已经成为一种重要的战略资源，如果说 21 世纪是生命科学的世纪，那么谁掌握了基因谁就掌握了未来。世界各国政府和企业都十分关注基因的专利化，其核心是掌控基因资源，这就赋予了基因资源具有一定的经济、社会和政治意义。获得基因只是生物技术的第一步，还需要将基因引入细胞才能表达，表达该基因的细胞需要再生成植株并结种子，才能实现基因的遗传。因此，基因价值的实现与以细胞培养为基础的植物离体遗传操作及植物转基因技术有着密切的联系。同时，基因组的发展促进了分子标记的开发与应用，一些主要农作物的分子标记连锁图在不断增加密度，很多性状完成了定位，这一方面可以用于分子标记辅助选择育种，另一方面为基因的图位克隆提供了指导。不难看出，生命科学的发展已经使植物基因克隆、分子标记辅助选择育种、植物细胞培养三个方面紧密地联系在了一起，从而在植物科学应用方面形成了一个新的领域：植物生物技术。

科学在发展，社会在变革，新的应用技术也在应运而生。传统农学的种植业领域无论在研究还是在生产上都在不断进行着调整，以吸收新理论、新方法，发展该学科。因此，传统的农学专业正处于一个不断用现代生物学理论和（或）生物技术提升发展的过程中。传统专业与新兴学科结合能够实现优势互补，适应社会发展对农艺科学发展的需要。

植物生物技术已成为农林院校的一门重要的专业基础课，是作物育种学等相关学科的基础，本书在第一版的基础上进行了调整，由原来的 17 章调整成 13 章，调整过程中考虑到本科生对知识点的要求、用书单位反馈的意见，以及本教材的使用范围，对有些章节进行了合并或删减。在编写过程中尽量注意植物组织培养、植物基因工程和分子标记辅助选择育种三大部分的相互衔接，使学生在学习过程中对知识体系有一个整体感。

这次修订共有 9 个单位的教师参加。浙江大学的祝水金教授编写第一章；四川农业大学的刘坚教授编写第二章；武汉大学的何光存教授编写第三章；河北农业大学的马峙英教授编

写第四章；华中农业大学的张献龙教授编写第五章，刘继红教授编写第六章，林拥军教授编写第九章、第十一章，林忠旭副教授编写第十二章；杭州师范大学的孙玉强教授编写第七章；上海交通大学的左开井教授编写第八章；中国科学院微生物所的吴家和研究员编写第十章；中国农业大学的孙传清教授编写第十三章。武汉大学谭光轩、扬州大学徐小勇、华中农业大学杨细燕、周菲等四位博士参与了部分内容的编写工作。张献龙对教材全部内容进行了通读和修改。在此对各位编写人员所付出的劳动表示感谢。由于篇幅所限，每章仅列出了主要参考文献，请读者与同行加以理解。值此第二版交付印刷之际，我们也十分感谢第一版参编人员唐克轩教授、林兴华教授、余四斌教授、包满珠教授、李建生教授、汤继华教授等为本教材编写打下的良好基础。

由于编者业务水平的限制，教材内容一定存在不少不足之处，希望各单位在教学实践过程中对本教材提出宝贵意见和建议，以便再版时修正。

编 者

2012年1月

第一版前言

绿色革命在 20 世纪的作物生产中发挥了重要作用，绿色革命的成功依赖于重要矮秆种质资源的发现和利用。随着现代分子生物学的发展，生物界动物、植物、微生物之间的基因交流成为可能，人类未来植物育种的材料来源再不会仅局限于挖掘现有资源，而更重要的是开拓本作物甚至植物以外的基因资源。可以预期，21 世纪将是基因革命的世纪，育种工作者要在传统育种方法的基础上注重基因的组装。20 世纪 90 年代以来，一些功能基因被分离并在生产上得到广泛应用。转基因作物的种植面积从 1996 年的 170 万公顷发展到 2002 年的 5870 万公顷，6 年间增加了近 34 倍。这一发展趋势预示着转基因作物有着广阔的应用前景。

基因已经成为一种重要的战略资源，具有重要的经济、社会、政治意义。但获得功能基因以后，必须使其在植物中遗传下去，才能为人类服务，所以细胞培养为基础的植物离体操作技术与植物转基因技术有着密切的联系。

除了转基因改良植物以外，随着分子生物学的发展，各种植物的分子标记被相应开发出来，多种植物或主要农作物的分子标记连锁图正逐渐完善，很多重要农艺性状的分子标记被标定。特别是一些性状的精细定位，一方面为分子标记辅助选择改良植物奠定了基础，另一方面为基因的克隆提供了指导。可以说，目前的学科发展已使植物基因克隆、分子育种和植物细胞培养紧密地联系起来，逐步形成了一个新的领域：植物生物技术。

随着科技发展和社会市场对人才需求的改变，传统农学的种植业领域无论在研究和生产上都在进行着不断调整，以吸收新理论、新方法，发展该学科，因此，传统的农学专业正在实现向植物科学技术专业的转变，将传统专业与新兴学科实行优势互补，适应社会发展的需要。

植物生物技术是农林院校的一门重要的专业基础课，是作物育种学等相关学科的基础，本书在编写过程中注意细胞培养、基因克隆和分子育种等方面的知识综合，将全书分为三大部分：植物组织培养、植物基因工程和分子标记辅助选择育种，各章内容相互衔接，使学生在学习的过程中有循序渐进的感觉。

本教材是由 6 个院校分工编写的。浙江大学祝水金教授编写第一、二章；武汉大学何光存教授、谭光轩博士编写第三章；华中农业大学刘继红博士编写第五章，张献龙教授编写第四、六、十、十三章，吴家和博士参加了第十、十三章的编写工作，孙玉强博士参加了第六章的编写工作，包满珠教授组织了第七章的编写，林拥军博士负责第十一、十二章的编写，林兴华教授编写了第十五章，余四斌教授编写第十四、十六、十七章，中国农业大学李建生教授、汤继华博士参与了第十六章的编写工作；复旦大学唐克轩教授和上海交通大学左开井博士共同承担了第八、九章的编写。本教材完稿后，由郑用琏

教授审稿，并提出了很多建议，在此表示感谢。由于编者业务水平的限制，教材内容一定存在一些缺点和错误，希望各单位在教学实践过程中，对本教材提出意见和建议，以便再版时修正。

编者

2003年12月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
一、生物技术的产生和发展	1
二、植物生物技术与农业革命	3
三、展望与挑战	5
主要参考文献	6

第一部分 植物组织培养

第一章 植物细胞培养实验室建设与操作技术	7
第一节 植物组织培养实验室建设	7
一、植物组织培养实验室的设置	7
二、植物组织培养实验室的主要仪器设备	8
三、植物组织培养工作所需的各种设备和用具汇总	13
第二节 培养基配制	15
一、培养基成分	16
二、常用培养基及其特点	20
第三节 植物组织培养离体操作技术	22
一、玻璃器皿和用具的清洗	22
二、灭菌和消毒	24
三、无菌操作技术	27
四、植物组织无菌培养的一般步骤	27
主要参考文献	28
第二章 胚胎培养	29
第一节 胚培养	29
一、胚培养的应用和意义	29
二、胚培养的类型及发育途径	31
三、胚培养的方法	32
四、影响胚培养效果的因素	33
第二节 胚珠和子房的培养	36
一、胚珠培养	36
二、子房培养	37

三、胚珠和子房的培养方法	37
四、影响胚珠和子房培养的因素	37
第三节 胚乳培养	38
一、胚乳培养的意义	40
二、影响胚乳培养效果的因素	41
三、植株再生途径	43
第四节 离体受粉	44
一、离体授粉的意义	45
二、植物离体授粉的方法	46
三、影响离体授粉结实率的因素	46
主要参考文献	48
第三章 植物愈伤组织的诱导与分化培养	49
第一节 愈伤组织诱导与继代培养	49
一、愈伤组织的诱导	49
二、继代培养	52
三、悬浮培养及其用途	52
第二节 愈伤组织分化与植株再生	54
一、器官发生与植株再生	54
二、体细胞胚胎发生与植株再生	56
三、影响体细胞胚胎发生的内在因素	59
四、影响体细胞胚胎发生的外部因素	61
第三节 试管苗的移栽与护理	66
一、试管苗与自然苗的区别	66
二、试管苗移栽时应注意的事项	67
主要参考文献	68
第四章 体细胞无性系变异与植物改良	69
第一节 体细胞无性系变异的分类与特点	69
一、体细胞无性系变异的分类	69
二、体细胞无性系变异的特点	70
三、体细胞无性系变异的常用符号	71
第二节 体细胞无性系变异的普遍性	71
一、大田作物	71
二、其他作物	72
第三节 体细胞无性系变异的遗传基础	73
一、细胞学遗传基础	73
二、分子遗传学基础	75
第四节 体细胞无性系变异的筛选与检测	78

一、体细胞无性系变异的筛选	78
二、体细胞无性系变异的检测	78
第五节 体细胞无性系变异影响因素及其育种应用	80
一、体细胞无性系变异的影响因素	80
二、体细胞无性系变异在植物育种中的应用	82
主要参考文献	87
第五章 单倍体细胞培养	88
第一节 单倍体及其应用价值	88
一、单倍体的起源	88
二、单倍体的特点及遗传行为	88
三、单倍体的应用价值	89
第二节 离体花粉/小孢子发育途径	91
一、花粉的发育阶段	91
二、离体小孢子的发育途径	91
三、雄核发育启动的机理	93
第三节 花药培养与花粉培养	95
一、花药培养的操作技术	95
二、花粉培养的操作技术	96
三、单倍体植株再生、鉴定及加倍	98
四、花粉培养与花药培养的比较	100
五、影响花药/花粉(小孢子)培养的因素	101
六、禾本科植物花药/花粉培养中的白化苗现象	106
第四节 植物单倍体育种	106
主要参考文献	110
第六章 原生质体培养	111
第一节 原生质体研究的发展和应用	111
一、原生质体研究的发展	111
二、原生质体的应用	112
第二节 原生质体分离、纯化	113
一、原生质体分离	113
二、原生质体纯化	115
三、原生质体活力测定	116
四、影响原生质体分离的因素	116
第三节 原生质体培养及植株再生	117
一、原生质体的培养方法	117
二、原生质体培养基	118
三、原生质体培养及植株再生	120

四、原生质体再生植株的遗传变异及其利用	124
主要参考文献	127
第七章 植物原生质体融合	128
第一节 原生质体融合的发展和意义	128
一、植物原生质体融合的发展	128
二、植物原生质体融合研究的意义	129
第二节 原生质体融合的方法	131
一、自发融合	131
二、化学融合	131
三、电场诱导法 (细胞电融合)	132
四、激光诱导法	133
五、基于微流控芯片的细胞融合技术	133
六、高通量细胞融合芯片	133
七、其他细胞融合技术方法	133
第三节 原生质体融合方式	134
一、对称融合	134
二、非对称融合	135
第四节 体细胞杂种的筛选与鉴定	137
一、体细胞杂种的筛选	137
二、体细胞杂种的鉴定	139
第五节 体细胞杂种的遗传分析	141
一、体细胞杂种的遗传特性	142
二、体细胞杂种细胞质遗传	144
第六节 原生质体融合与植物遗传改良	145
一、克服生殖障碍, 创造新种质	145
二、转移有利性状, 改善作物品质	145
三、转移部分染色体, 获得非对称杂种	147
四、转移细胞质基因组, 得到胞质杂种	147
五、作为育种材料直接应用	148
六、细胞器的互作研究	148
主要参考文献	149

第二部分 植物基因工程

第八章 植物基因的克隆原理与技术	150
第一节 基因克隆的主要载体	150
一、基因工程载体的种类	150
二、质粒载体	151

三、 λ 噬菌体载体及其衍生载体	153
四、人工染色体载体	157
第二节 基因分离的主要方法	160
一、基因克隆概述	160
二、基因克隆方法	161
主要参考文献	171
第九章 植物遗传转化载体	172
第一节 植物遗传转化载体的种类及特点	172
第二节 农杆菌质粒载体系统的结构、功能和构建	173
一、根癌农杆菌 Ti 质粒的结构和功能	173
二、发根农杆菌 Ri 质粒的结构和功能	179
三、农杆菌介导的遗传转化系统中质粒载体的构建	180
第三节 植物病毒载体	183
一、双链 DNA 病毒转化载体	183
二、单链 RNA 病毒转化载体	183
三、单链 DNA 病毒转化载体	183
四、病毒转化载体的构建	184
第四节 质体转化载体	184
一、转化载体的结构	185
二、表达调控元件	185
第五节 遗传转化常用的选择标记基因及无选择标记基因转化系统	189
一、遗传转化常用的选择标记基因	189
二、无选择标记基因转化系统	190
主要参考文献	192
第十章 植物遗传转化技术和方法	194
第一节 植物遗传转化的发展现状	194
第二节 根癌农杆菌介导的植物转基因	195
一、根癌农杆菌的研究简史	195
二、植物转基因研究中常用的农杆菌菌株及特性	196
三、农杆菌转化的机理	197
四、农杆菌 T-DNA 转移的影响因素	198
五、转化细胞的选择培养和高频再生	200
六、各种农杆菌转化技术	201
七、根癌农杆菌转化的具体技术	202
第三节 基因枪介导的植物转基因	204
一、基因枪在植物遗传转化中的应用	204
二、基因枪转化法的具体技术 (以小麦幼胚的基因枪转化为例)	205

第四节 其他植物转基因技术	207
一、电激法	207
二、PEG 转化法	207
三、花粉管通道法	208
四、激光微束穿刺法	210
五、超声波转化法	211
六、浸泡法	212
七、子房注射法	212
八、低能离子束法	212
九、显微注射法	213
十、脂质体介导转化法	213
十一、病毒载体转化	214
主要参考文献	216
第十一章 转基因植物的分子检测及安全性评价	217
第一节 转基因植物的分子检测	217
一、外源基因整合的分子检测	217
二、外源基因的表达检测	229
第二节 转基因植物安全性评价	234
一、基因工程产品的安全性争论	234
二、人们担心基因工程产品安全性的几类问题	237
三、基因工程产品的安全性管理	238
四、基因工程技术及其产品的发展前景	240
主要参考文献	241

第三部分 植物分子标记及辅助选择育种

第十二章 植物遗传标记与分子标记图谱构建	242
第一节 遗传标记	242
一、遗传标记的发展	242
二、遗传标记的种类	243
三、DNA 分子标记多态性的分子基础	246
第二节 DNA 分子标记技术	247
一、基于 DNA-DNA 杂交的分子标记	247
二、基于 PCR 技术的分子标记	249
三、基于 PCR 和限制性酶切相结合的分子标记	255
四、基于 DNA 芯片技术的分子标记	258
五、针对特定结构域的分子标记	259
六、高通量分子标记	261

第三节 分子标记遗传图谱构建·····	262
一、遗传图谱研究的基本概况·····	262
二、分子遗传图谱的构建·····	263
三、高密度(饱和)DNA标记连锁图谱·····	267
第四节 质量性状基因的定位·····	268
一、近等基因系分析法·····	269
二、分离集团混合分析法·····	270
第五节 数量性状基因的定位·····	272
一、QTL作图·····	273
二、产量性状基因定位及杂种优势的遗传基础分析·····	276
主要参考文献·····	278
第十三章 分子标记辅助育种·····	279
第一节 分子标记辅助选择的原理·····	279
一、分子标记辅助选择的遗传学基础·····	279
二、分子标记辅助选择优越性·····	282
三、分子标记辅助选择应具备的条件·····	284
第二节 分子标记辅助选择策略·····	285
一、质量性状选择·····	285
二、数量性状选择·····	286
三、基因转移·····	287
四、基因聚合·····	288
五、全基因组选择·····	290
六、分子设计育种·····	290
第三节 分子标记辅助选择技术在育种上的应用·····	291
一、利用分子标记技术对亲本评价·····	291
二、利用分子标记技术改良作物品种·····	293
主要参考文献·····	296

绪 论

生物技术是 20 世纪中后期兴起的高新技术，20 世纪末得到了快速发展，并显示出广阔的应用前景，引起了世界各国的普遍重视，因此人们普遍认为 21 世纪是生物科学的世纪。生物技术对解决人类面临的食品短缺、疾病防治、人口膨胀、环境污染、能源匮乏等一系列问题带来了希望。进入 21 世纪以来，生物技术发展更加迅猛，新世纪的前 10 年，有关生命科学、生物技术及相关领域的论文总数占全球自然科学论文的 50% 以上。随着越来越多的生物基因组测序的完成和干细胞的研究进展，人类对生命世界的认识发生了质的变化，科学家已经把目光从对单个基因功能的认识转向了对基因网络的认识。基因网络的操控必然使人类实现对生物整体的操控更接近目标。生物技术包括的内容很广阔，本书讲述的生物技术主要指以植物为基础的现代生物技术。

一、生物技术的产生和发展

（一）生物技术的产生

1. 生物技术的定义

生物技术 (biotechnology) 有时也称为生物工程 (bioengineering)，是指人们以现代生命科学为基础，结合先进的工程技术手段和其他基础科学的科学原理，按照预先的设计改造生物体或加工生物原料，为人类生产出所需要的产品或达到某种目的的一系列技术。

先进的工程技术手段是指基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程和蛋白质工程等。改造生物体是指获得优良的动物、植物或微生物品系。生物原料则是指生物体的某一部分或生物生长过程所能利用的物质，如淀粉、木质素、纤维素等有机物，也包括一些无机化学品，甚至某些矿石。为人类生产出所需的产品包括粮食、医药、食品、化工原料、能源、金属等各种产品，以达到保障粮食安全，缓解和解决能源危机，预防、诊断和治疗疾病，冶炼金属，检测和治理环境污染等。

生物技术有传统生物技术和现代生物技术之分。传统生物技术指旧有的制造酱、醋、酒、面包、奶酪、酸奶及其他食品的传统工艺；现代生物技术则是指 20 世纪 70 年代末、80 年代初发展起来的，以现代生物学研究成果为基础，以基因工程为核心的一系列技术。

2. 生物技术的产生

同 20 世纪尤其是战后大部分应用技术的产生一样，现代生物技术也是建立在一系列基础科学所取得的重大进展基础上的，这其中包括生物化学、生物大分子晶体结构学、量子力学、工程和信息科学等做出的工作。

现代生物技术是以 20 世纪 70 年代 DNA 重组技术的建立为标志的。1944 年 Avery 等证明了 DNA 是遗传信息的携带者。1953 年 Watson 和 Crick 提出了 DNA 双螺旋结构模型，阐明了 DNA 的半保留复制模式，从而开辟了分子生物学研究的新纪元。由于一切生命活动都是包括酶和非酶蛋白质等生物大分子行使其功能的结果，所以遗传信息与蛋白质的关系就成为研究生命活动的关键问题。1953~1955 年 Watson 和 Crick 提出基因自我复制和指导蛋

白质合成的中心法则，1961年 Nirenberg 等证实了三联体遗传密码，至1969年，64个遗传密码全部被破译，揭开了DNA编码的遗传信息是如何传递给蛋白质的这一秘密。基于上述基础理论的发展，1972年 Berg 首先实现了DNA体外重组，标志着生物技术的核心技术——基因工程技术的开端。它向人们提供了一种全新的技术手段，使人们可以按照意愿在试管内切割DNA、分离基因并经过重组后导入其他生物或细胞，借以改造作物或畜牧品种，也可以直接导入人体内进行基因治疗；也可以导入细菌等简单的生物体，由此生产大量的有用的蛋白质或其他化合物，如药物、疫苗、工业化酶、生物色素等。显然，这是一项技术上的革命，以基因工程为核心，带动了现代发酵工程、现代酶工程、现代细胞工程以及蛋白质工程的发展，形成了具有划时代意义和战略价值的现代生物技术产业。植物生物技术是指生物技术在植物（尤其是农作物）上的应用。

（二）植物生物技术的发展

植物生物技术是指生物技术在植物（尤其是农作物）上的应用，包括植物组织培养技术、人工种子、细胞工程、基因工程等多种生物技术，主要是指植物基因工程和与之相关的植物组织细胞培养技术、分子标记育种技术等。1983年首批转基因植物（烟草、马铃薯）问世。1986年首批转基因植物（抗虫和抗除草剂）进入田间实验。1994年美国 Calgene 公司培育的延熟保鲜的转基因番茄被批准商品化生产。1996年开始大规模商品化种植（当年种植面积为170万 hm^2 ），之后迅猛发展。2011年，全球转基因植物种植面积达1.6亿 hm^2 ，较1996年增加了94倍；全世界29个国家1670万农民种植转基因作物，且发展中国家种植面积增加的幅度高于发达国家；在美国，转基因作物的种植面积达到6900万 hm^2 ，一些主要农作物转基因品种的种植面积超过了播种面积的90%。最近几年，巴西、阿根廷和印度转基因作物种植面积发展很快，紧随美国之后。

转基因作物所产生的效益十分可观，转基因作物在1996~2009年在全球产生了大约650亿美元农业经济收入，其中44%是由于种植转基因抗虫或抗除草剂而减少生产成本（减少劳动力的投入）的收益，56%来自于产量提高的收益。2010年，转基因种子的全球市场价值超过100亿美元，商业种植转基因玉米、大豆和棉花的产值超过1500亿美元。

我国转基因植物的研究始于20世纪80年代初，1986年“863”计划实施后发展速度大大加快：1993年我国第一例转基因作物抗病毒烟草进入了大田试验；1996年据中国农业生物技术学会调查统计，当时正在研究的转基因植物共47种，涉及各类基因达103种；1997年第一例转基因耐储存番茄获准进行商业化生产，至1999年5月共有6种转基因作物产品投放市场；2000年我国转基因抗虫棉花种植面积超过550万亩^①；2011年，仅棉花一种作物，转基因种植面积就在5000万亩以上。继转基因耐储藏番茄、抗虫棉、木瓜等作物后，2009年我国又批准了抗虫水稻和转植酸酶基因的玉米的安全证书，尽管转基因水稻和玉米还没有应用于生产，但可以预期这两大农作物在应对我国人口增长对粮食的需求方面将发挥积极作用。

为了全面推动转基因技术在农业生产中的应用，我国从“十一五”开始，实施了“转基因生物新品种培育”国家重大科技专项，物种涵盖了主要作物（水稻、小麦、棉花、大豆、玉米）和牲畜（猪、牛、羊）。《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006~2020）》将生

① 1亩 \approx 666.7 m^2 ，后同。

生物技术作为科技发展的 5 个战略重点之一。我国在“十二五”生物技术发展规划中，明确了生物技术基础研究的重点是农业科学、人口与健康科学、工业生物科学；并拟在包括动植物品种设计、生物信息技术、生物制药、一系列组学技术等方面进行关键技术开发；计划在生物医药、农业生物产品、生物能源、生物环保、生物制造等方面形成产业化。

生物技术改造的农艺性状也正在逐步拓宽，一般而言，我们把抗虫、抗除草剂转基因作物看做是第一代转基因作物，第二代转基因作物将以改进品质、增强抗性为代表，同时还在增加农产品附加值方面加强研究与开发。生物技术在生物质能源、花卉改造、林木育种等方面也正在发挥重要作用。

二、植物生物技术与农业革命

在世界农业发展史上，曾经发生过两次大的农业革命，被称为“绿色革命”。一次是 20 世纪 50~60 年代：以高秆变矮秆为标志，优质、高产的矮化小麦和水稻良种的全面推广使全世界粮食产量跃上了一个新的台阶。另一次就是 70 年代初，我国杂交水稻的培育成功，并大面积应用于生产，使水稻单产增长 20%~30%，创造了农业生产奇迹。现代生物技术在农业生产诸多领域中已得到了广泛的应用，并初步取得了显著的成效，有力地推动了农业生产实现新技术革命。因此，科学家们预言：植物生物技术将带来一场新的农业产业革命，也有人把其称为第三次农业技术革命。

人们利用植物生物技术的新方法能有效地分离出决定重要植物表型的一系列基因，利用转基因手段把已知功能的基因有目的的转入其他植物，并在新植物中表达出来。这样可以改变或再造农作物的品质、提高作物的产量和抗逆性，培育出高产、优质、高效和抗逆性强的作物新品种以生产足够粮食保障人类的生存和发展。

(一) 植物生物技术在农业中的应用

1. 植物组织细胞培养 (plant tissue and cell culture)

运用植物组织细胞培养技术实现植物育种是获得新品种的一条有效途径。既可以通过花粉培养、未授粉子房及胚珠培养等诱导形成单倍体植物，也可以通过植物愈伤组织培养中普遍存在的染色体变异实现植物突变育种。另外，还可以通过细胞融合（尤其是原生质体融合）、胚胎拯救及体外受精技术获得远缘杂种；通过茎尖培养能够产生无病毒原种，用于植物脱毒，解决生产实践中植物病毒危害问题。植物组织培养技术还可应用于快速繁殖某些花卉和园艺植物、经济作物以及药用植物等。对珍贵的植物物种，可以通过超低温保存（建立超低温种质库）予以体外保存。

植物组织培养除了其本身可以作为生物技术应用于植物改良以外，它还是转基因技术实现目标的基础技术。优良的基因需要利用组织培养转入细胞，然后将转基因细胞进行培养和分化，再生植株后，才能获得转基因种子，从而使外源基因随受体基因组向后代遗传。植物组织培养与分子标记辅助育种也有密切联系，很多植物利用花药培养获得性状分离并纯合的双单倍体群体，然后进行分子标记分析，为育种或基因的图位克隆提供参考。

2. 转基因作物 (genetically modified crop, GMC)

自从 1983 年世界上首次成功地获得了第一株转基因植物以来，植物基因工程技术在作物抗病虫、抗除草剂、改善品质、修饰代谢途径、创造雄性不育材料等方面得到了广泛应用，并得到了迅速的发展。近年来，转基因抗干旱、高温、冷害、耐盐碱等取得突出进展，