

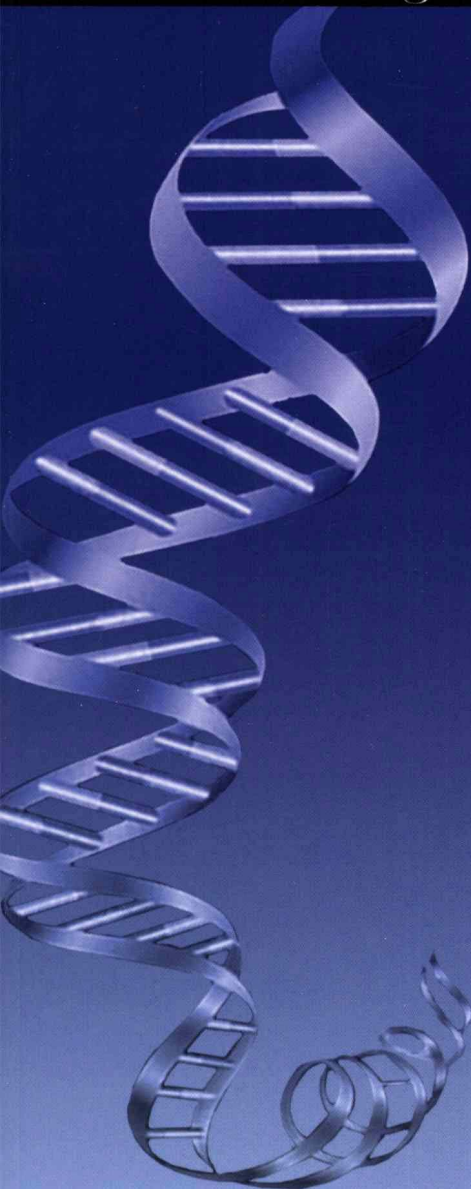
转基因植物

Transgenic Plant Bio-reactors



生物反应器

周 鹏 主编



 中国农业出版社

转基因植物生物反应器

周 鹏 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

转基因植物生物反应器/周鹏主编. —北京: 中国农业出版社, 2008. 11

ISBN 978-7-109-13020-3

I. 转… II. 周… III. 基因转变-植物-生物工程-反应器 IV. Q943.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 154582 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 石飞华

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2009 年 4 月第 1 版 2009 年 4 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.5

字数: 420 千字 印数: 1~2 600 册

定价: 46.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

[illegible]

转基因植物作为生物反应器是当前国内外在分子生物学和生物技术领域的研究热点，目前已用于生产重要的药用蛋白，如抗体、血液替代品和疫苗，并通过大规模种植生产许多种具有高经济附加值的高新生物技术产品，包括工农业用酶、特殊碳水化合物（如改性淀粉、环糊精或糖醇）、生物可降解塑料、脂类（如特殊的饱和或不饱和脂肪酸）及其他一些次生代谢产物等生物制剂。本书分九章，分别对以上最新的研究成果进行了综述和总结，并对这一领域的研究进展以及商业化前景作了展望。本书可作为分子生物学、生物技术等相关专业研究生的教材，也可作为从事本领域及相关领域研究的科技工作者的参考书。

主 编 周 鹏（中国热带农业科学院）

副 主 编 沈文涛（中国热带农业科学院）

参编作者 魏军亚（中国热带农业科学院）

王冬梅（广西南宁市农业局）

王冬梅（中国热带农业科学院）

代正福（中国热带农业科学院）

符 碧（海南师范大学）

崔百明（石河子大学）

杨英军（河南科技大学）

序

随着分子生物学的飞速发展和植物基因工程技术的不断完善，转基因作物的开发应用取得了举世瞩目的成就。转基因作物的全球种植面积由 1996 年的 170 万 hm^2 猛增至 2005 年的 9 000 万 hm^2 以上。研发中的一个重要分支是利用转基因植物作为生物反应器来生产外源蛋白，形象地称为“分子农业 (molecular farming)”，已成为当今国际研究的热点和生物技术产业发展的新增长点，具有极大的市场前景和商业价值。

第一代转基因植物中转入的性状是抗除草剂、抗虫、抗病等农艺性状，使作物具有抗生物和非生物逆境的特性，也称为“输入性状”。其得益的是农民和研发者，或由于减少农药使用而使环境得到改善，广大消费者并未直接从中得到好处。正在研发和即将推出的第二代转基因作物是转入改善品质、提高营养价值等的基因，或者是有医药和工业用途的基因，即所谓“输出性状”。由于具有特殊功能，或由于生产成本降低，销售价格下降，使广大消费者可在保健和经济上直接从中受益，因而将进一步促进转基因作物的商业化进程。

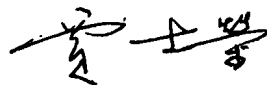
利用转基因植物，包括细胞、组织器官或整株，来生产具有高附加价值的生物制品，包括疫苗、抗体、医用蛋白、工业用蛋白和次生代谢产物等，将使传统的农业产业与医药和工业产业相融合，对国民经济的可持续发展、对农业产业结构的调整和改造、对提高农副产品的附加值、对满足广大消费者的需求等，都将起重要作用。

迄今已知的外源蛋白表达系统，包括原核表达系统和真核表达系统，各有其优缺点，适于表达的蛋白也不尽相同，没有一种方法是万能的。利用植物作为生物反应器来生产目的蛋白，尤其是利用种子或油体表达体系来生产外源蛋白，其优点是可以大规模生产，成本相对较低，种子易保存和运输，可部分利用原有的加工设备等。但也存在不少技术问题需要解决，如：如何开发新的基因表达元件，如何设计和构建表达载体以进一步提高表达量，如何降低分离纯

化成本，如何对某些需要糖基化或酰胺化后才有生物学活性的蛋白进行基因操作等，都是面临的关键技术问题。

本书对转基因植物生物反应器的原理和最新研究进展进行了综述，并对其商业化前景作了展望。作者均为在科研一线从事转基因植物及相关研究的专家和科研工作者，积累了相当丰富的经验。本书的特点是将理论与实用技术相结合，可作为分子生物学等相关专业研究生的教材，也可作为从事本领域及相关领域研究的科技工作者的参考书。相信本书的出版将对促进我国转基因植物生物反应器的教学和研究发挥积极的作用。

中国农业科学院生物技术研究所



2006年9月于北京

前 言

目前全世界转基因植物已获得了超额利润，每年达 40 亿美元。根据国际农业生物技术应用服务机构的统计和预测，全球范围内，1998 年转基因农作物的销售额为 12 亿~15 亿美元，2000 年达到 30 亿美元，2005 年可达 80 亿美元，2010 年将达到 250 亿美元，农业生物技术产品在农业总产值中的比例将越来越大。转基因植物的研究与应用，不仅是社会发展的要求，而且产生的经济、社会和环境效益是不可估量的。近 10 多年来，转基因植物又有一个重要的发展方向，它就是转基因植物生物反应器的研究和应用。

转基因植物生物反应器是指通过基因工程途径、利用植物细胞、组织器官以及整株植物为工厂来生产具有高经济附加值的医用蛋白（包括疫苗、抗体、药用蛋白等）、工农业用酶、特殊碳水化合物、生物可降解塑料、脂类及其他一些次生代谢产物等生物制剂的生产体系，故又称“分子农业（molecular-farming）”。但从广义上讲，不仅仅指经基因工程改造的植物细胞、组织器官以及整株植物，也包括天然的植物，例如一些天然植物的次生代谢产物也具有重要的药用价值。随着新功能基因的分离、克隆以及各种农作物高效表达技术平台的逐步建立，将会有相当数量的高新生物技术产品不断涌现。这种“分子农业”的出现及普及将会对全球现有的农作物种植结构产生巨大影响。目前，已用于生物反应器的植物有烟草、拟南芥、大豆、小麦、水稻、玉米、油菜、马铃薯、番茄、番木瓜、香蕉、苜蓿和柱花草等。

尽管转基因植物生物反应器仍存在一些问题尚待解决，但丝毫不影响其研究及产品开发的前景，更何况这些问题大多可望在不长时间内得到解决。利用植物表达系统已成功地表达了多种具有生理活性的外源多肽，而且有些已经进行了人体和动物的试验，其前景是可观的。尤其是利用转基因植物生物反应器研制动物可饲疫苗的研究应该先行一步。今后应该将重点放在胃、肠道传染病研究上。因为从技术上容易获得突破，从实际应用上价值也最大。而其他非胃、肠道传染病也可作探索性研究。从已报的结果分析，有的病毒性传染病（如

FMD),获得成功的可能性很大。新世纪之初,“人类基因组测序计划”已宣布提前完成,人类社会已进入一个崭新的后基因组时代。可以预测,更多人类疾病的发病机理不久将被研究清楚,随之有更多的新药尤其新的蛋白药物将被开发利用。这些蛋白药物大多可能是更加复杂的蛋白质,需要更高等的真核细胞生产体系来生产,转基因植物生物反应器毫无疑问将成为生产这些贵重蛋白药物的主导表达体系之一。因此,利用植物生物反应器将成为蛋白质和多肽的最具潜力的生产系统,为人类健康做出巨大的贡献。

介于转基因植物生物反应器是当今全球性的研究热点和已取得的丰硕研究成果,及目前还未有专门出版以“转基因植物生物反应器”命名的书籍,故编著该书,以飨读者。本书分九章,着重介绍目前转基因植物生物反应器已用于生产重要的药用蛋白,如抗体、血液替代品和疫苗,并通过大规模生产许多种具有高经济附加值的高新生物技术产品,包括工农业用酶、特殊碳水化合物(如改性淀粉、环糊精或糖醇)、生物可降解塑料、脂类(如特殊的饱和或不饱和脂肪酸)及其他一些次生代谢产物等生物制剂。本书分别对上述最新的研究成果进行了综述和总结,并对这一领域的研究进展以及商业化前景作了展望。

由于水平有限,书中不足之处,敬请读者批评指正。特别声明,本书涉及的插图绝大部分来自互联网,由于转载缘故,未能查明和注明引用来源,敬请原版作者谅解。

编 者

2006年9月于海口

目 录

序

前言

第一章 转基因植物生物反应器	1
第一节 转基因植物的产生及其应用	1
一、转基因植物的概念	1
二、转基因植物的研究和应用概况	2
三、转基因植物的应用领域	5
四、转基因植物的经济、社会和环境效益	7
第二节 转基因植物生物反应器基本原理	8
一、转基因植物生物反应器的概念	8
二、国内外研究概况	9
三、发展趋势	12
第三节 转基因生物反应器的应用前景	14
一、应用范围	14
二、存在问题及解决策略	18
三、展望	19
参考文献	19
第二章 转基因植物生物反应器的技术方法	20
第一节 转基因植物生物反应器的构建元件	20
一、功能基因的选择及优化重组	20
二、植物表达载体	21
三、用于转基因的农杆菌菌株	44
第二节 转基因植物生物反应器的构建技术	45
一、植物基因转化受体系统	45
二、植物转基因技术方法	48
三、转基因植物中外源基因的遗传规律	55
四、转基因植物鉴定方法	56
五、植物生物反应器的产物活性分析技术	58
第三节 转基因植物生物反应器的产品利用技术	60
一、转基因植物的直接利用	60
二、表达产物的分离纯化	61

三、表达产物二次加工	61
参考文献	61
第三章 转基因植物疫苗	63
第一节 概述	63
一、植物疫苗的优点	63
二、植物疫苗的可行性	64
三、植物疫苗表达系统	65
四、植物疫苗接种使用途径	65
第二节 植物口服疫苗黏膜免疫机理	65
一、黏膜免疫系统的组成	66
二、黏膜免疫的应答机理	67
第三节 与人类相关的植物疫苗	70
一、人类病毒植物疫苗	70
二、人细菌植物疫苗	84
三、植物黏膜免疫佐剂	90
四、癌症相关植物疫苗	91
五、免疫耐受植物疫苗	93
第四节 与动物相关的植物疫苗	94
一、口蹄疫病毒植物疫苗	94
二、猪病毒性腹泻植物疫苗	96
三、新城疫病毒植物疫苗	98
四、犬细小病毒植物疫苗	99
五、牛轮状病毒植物疫苗	100
六、兔出血症植物疫苗	100
七、动物其他病毒植物疫苗	101
第五节 植物疫苗研究存在的问题	102
参考文献	103
第四章 转基因植物生产蛋白质和多肽	113
第一节 国内外在该领域的研究现状及发展趋势	113
第二节 生产蛋白质和多肽的方法	114
一、农杆菌等介导的核转化系统	114
二、植物农杆菌渗透及病毒瞬时高效表达系统	114
三、植物叶绿体高效表达系统	116
四、植物细胞悬浮培养系统	117
第三节 蛋白质和多肽生产的受体种类	117
一、叶片类作物	117

二、谷物或豆科作物的种子·····	118
三、水果和蔬菜·····	118
四、纤维和油料作物·····	118
五、其他形式的表达受体·····	118
第四节 应用研究 ·····	119
一、抗体及其片段·····	119
二、细胞因子·····	122
三、转基因植物生产其他医用蛋白和生物活性肽·····	124
四、工业酶·····	127
第五节 存在的问题与对策 ·····	129
一、多基因的协同表达·····	129
二、转基因沉默·····	130
三、提高表达量·····	130
四、翻译后的准确修饰·····	134
五、消除转基因对环境潜在的污染·····	137
六、降低下游的分离、纯化的成本·····	137
七、小结·····	138
参考文献 ·····	138
第五章 转基因植物生产糖类物质 ·····	141
第一节 生产糖类物质的基本原理 ·····	141
第二节 转基因植物生产糖类物质的进展 ·····	143
一、转基因植物生产蔗糖·····	143
二、转基因植物生产海藻糖·····	143
三、转基因植物生产寡糖·····	144
四、转基因植物生产淀粉·····	144
五、转基因植物生产果聚糖等其他糖类物质·····	153
第三节 存在问题与展望 ·····	154
参考文献 ·····	155
第六章 转基因植物生产脂类物质 ·····	159
第一节 国内外脂类物质生产的情况及发展趋势 ·····	159
第二节 脂肪酸的分类及其合成途径 ·····	161
一、脂肪酸的分类·····	161
二、酸合成及种子油脂形成的途径·····	162
三、利用转基因植物生产脂类物质的一般方法·····	163
第三节 转基因植物生产脂类的应用研究 ·····	163
一、提高或降低饱和脂肪酸的含量·····	163

二、转基因油料作物生产某些具特殊用途的脂肪酸·····	165
第四节 转基因植物生产脂类存在的问题与对策 ·····	173
一、提高转基因植物中外源基因的表达量·····	174
二、深入研究合成途径,提高脂肪酸合成量·····	174
三、提高脂肪酸在油料种子中的有效积累·····	175
参考文献 ·····	175
第七章 转基因植物生产次生代谢产物(可降解塑料、生物碱等) ·····	177
第一节 利用转基因植物生产生物可降解塑料(PHAs) ·····	177
一、生物可降解塑料简介·····	177
二、PHAs的生物合成及其分子机制·····	183
三、PHAs的主要生产途径·····	188
四、利用转基因植物生产 PHAs ·····	190
第二节 转基因植物生产有用次生代谢物质·····	194
一、植物的次生代谢物质及其功能·····	195
二、次生代谢在植物进化过程中的生物学意义·····	199
三、植物次生代谢产物与作物品质·····	202
四、植物次生代谢合成途径及其调节·····	202
五、植物次生代谢产物合成的调控·····	207
六、转基因植物生产次生代谢物的研究现状和发展·····	209
七、利用转基因植物生产次生代谢物质·····	211
参考文献 ·····	216
第八章 植物生物反应器下游技术 ·····	218
第一节 植物生物反应器下游技术简介 ·····	218
一、植物生物反应器工程下游技术的特点·····	218
二、生物技术下游加工过程的一般步骤·····	218
第二节 转基因植物中有效成分的提取方法·····	219
一、溶剂提取法·····	219
二、水蒸气蒸馏法·····	222
三、微波萃取技术·····	223
四、反胶束萃取技术·····	224
第三节 植物有效成分的分离纯化方法 ·····	225
一、溶剂分离法 ·····	225
二、水溶液两相溶剂萃取法·····	226
三、盐析法·····	228
四、透析法·····	229
五、结晶、重结晶和分步结晶法·····	229

六、超滤技术·····	231
七、大孔树脂吸附技术·····	233
第四节 色谱技术 ·····	234
一、纸色谱·····	235
二、薄层色谱·····	236
三、制备型薄层色谱·····	237
四、柱色谱·····	238
五、制备型加压液相色谱·····	242
六、气相色谱·····	243
七、高速逆流色谱技术·····	244
八、反相液相色谱·····	246
九、膜色谱技术·····	247
十、疏水色谱法·····	248
十一、亲和层析·····	249
第五节 植物有效成分提取的其他技术 ·····	251
一、超临界流体萃取技术·····	251
二、离子交换层析技术·····	254
三、膜分离技术·····	258
四、超声波提取技术·····	259
五、分子印迹技术·····	260
六、电泳亲和色谱技术·····	262
七、浊点萃取技术·····	263
参考文献 ·····	264
第九章 转基因植物生物反应器产品的产业化现状和安全性评价 ·····	267
第一节 转基因植物生物反应器产品及其产业化现状 ·····	267
一、已经达到商业化的转基因植物生物反应器产品·····	267
二、GMP 标准下的转基因植物生物反应器产品 ·····	270
三、转基因植物生物反应器产品在发展中国家的应用前景·····	271
第二节 转基因植物生物反应器产品安全性评价 ·····	273
一、转基因植物安全性评价内容·····	273
二、转基因生物安全性评价体系·····	279
三、国内外转基因植物安全评价的管理现状·····	282
四、全球转基因生物及其产品安全性评价的热点问题·····	284
参考文献 ·····	286
附录一 基因工程安全管理办法·····	287
附录二 农业转基因生物安全管理条例 ·····	292
附录三 农业转基因生物安全评价管理办法 ·····	299
附录四 转基因食品卫生管理办法 ·····	308

第一章 转基因植物生物反应器

第一节 转基因植物的产生及其应用

一、转基因植物的概念

转基因植物 (transgenic plant) 是应用重组 DNA 技术和转基因技术, 将外源基因导入植物细胞, 并在其中整合、表达和传代, 从而创造出的新型植物。也就是说, 利用植物基因工程技术对某种植物进行定向改造, 通过基因工程、细胞工程和育种工作, 培育出具有新性状的植物。

随着重组 DNA 技术的发展, 已可将人、动物、植物、微生物的基因相互转移, 打破了物种之间难以杂交的天然屏障。转基因技术只不过是利用现代生物、物理和化学等技术方法, 把具有某种特性的基因定向导入其他生物体内, 以产生人类所期望的结果。其可控性更强, 时间也更短。过去的杂交育种技术, 只能让成千上万个基因自然随机交互作用, 要得到一个较有优势的品种, 往往需要 10~12 年或更长时间, 效率很低。据了解, 当前人类所能利用的生物物种只占全部的 20%~55%, 很多生物资源人类无法直接利用。但通过转基因的方法, 可以将其遗传物质转移出来加以重组表达, 这将极大地拓展人类对自然资源的利用。迄今已经把具有实用价值的基因, 如抗病毒、抗虫、抗除草剂、改变蛋白质组分、雄性不育、改变花色和花形、延长保鲜期等的基因, 分别转入烟草、马铃薯、棉花、番茄、大豆、苜蓿、矮牵牛等作物。因此, 植物基因工程对未来农业将产生不可估量的影响。

一般来讲, 转基因工作分为三个步骤: ①从生物体中分离获得所需要的基因, 即 DNA 片断。②通过载体将基因转入到新细胞中, 并使其与新细胞中染色体组 DNA 发生组合, 即 DNA 的重组。③在筛选培养基上培养有外源基因的细胞或组织, 使其产生正常健康的转基因植物, 通过有性繁殖将优良性状传递给下一代。要实现以上三步需要进行的工作: ①寻找目标基因。从可能含有目标基因的生物中, 确定该生物体内有哪些基因与其优良性状有关。②分离获得目标基因。利用内切酶或逆转录酶结合各种基因文库、RT-PCR 等技术, 将生物细胞中的天然基因分离出来, 亦可通过确定所需基因的遗传密码排列顺序来人工合成 DNA 链。③选取合适的基因载体。现有质粒载体、病毒载体、脂质载体等, 都可将基因 DNA 转入到受体细胞, 其中以质粒载体最为常见。质粒是一种可以与细菌共生的遗传物质, 一般情况下对细菌的生命和遗传没有影响, 但在特定情况下, 质粒中的 DNA 可以替代寄主细菌的 DNA。所以, 通过内切酶和逆转录酶可以将质粒的 DNA 分子改为所需的结构, 如此即可将寄主细菌 DNA 变为所需 DNA, 再感染目标生物体, 即可达到基因转移的目的。

二、转基因植物的研究和应用概况

自 1983 年第一批转基因植物（烟草、马铃薯）问世以来，生物技术发展十分迅猛，转基因植物在农业、园艺和林业生产上的应用和发展取得了一系列突破性成就。1986 年首批转基因植物（抗虫、抗除草剂）被批准进行环境释放试验，1994 年首批转基因植物（延熟番茄和抗除草剂棉花等）获得批准商品化生产。1996 年美国批准的商品化转基因植物达 21 种、加拿大 18 种、澳大利亚 14 种、日本 7 种。至 1998 年 6 月国外批准商品化应用的各类转基因植物产品（品牌）已近 90 种，仅美国和加拿大就超过了 50 种。目前，全世界培育成功的转基因植物已有 35 科 140 多种。其中包括水稻、玉米、马铃薯、甘薯等粮食作物；棉花、大豆、油菜、亚麻、向日葵等经济作物；番茄、黄瓜、芥菜、甘蓝、花椰菜、胡萝卜、茄子、生菜、芹菜等蔬菜作物；苜蓿、白三叶草、柱花草等牧草；苹果、核桃、李、番木瓜、甜瓜、草莓、香蕉等瓜果；矮牵牛、菊花、香石竹等花卉；以及霸占杨树等造林树种。我国的植物转基因研究虽然起步较晚，但已逐步跟上世界先进水平。目前研究集中在一些主要农作物的基因改良方面。据报道，我国科学家已获得 50 多种作物的转基因植株，有水稻、小麦、玉米、大豆、马铃薯、花生、杨树、番木瓜、烟草、甜瓜、辣椒等，其中涉及 103 个基因的 47 种转基因植物正处在不同的研发阶段。

据不完全统计，至目前为止，全球转基因农作物主要集中在七大类作物上。它们是大豆、玉米、棉花、油菜、马铃薯、南瓜和番木瓜。主要涉及植物抗虫、抗病、抗除草剂、抗逆、作物高产、品质改良、药物生产及环境美化等方面。其中大面积商品化生产的转基因作物主要是以提高抗性（如抗病、抗虫、抗除草剂）和品质改良为主。以抗虫转基因棉花为例，它不仅可以抵抗棉铃虫等害虫的为害，提高棉花产量，而且可以大量减少农药的使用，从而节省开支，减少了农药对天敌的杀灭，保护生态环境。根据 Clive James (1997) 报道，全球转基因作物面积发展很快，1996 年为 280 万 hm^2 ，到 1997 年就增长到 1 280 万 hm^2 ，仅一年的时间就增长近 4.5 倍。其中美国所占比例最高，其次是中国。到 2001 年，全球转基因植物种植总面积达到 5 260 万 hm^2 ，同 2000 年相比，增长 19%，增长幅度达到 840 万 hm^2 ，是 1999—2000 年度增幅（430 万 hm^2 ）的 2 倍。99% 的转基因作物种植集中在美国、阿根廷、加拿大、中国四个国家。其中美国 3 570 万 hm^2 ，占 68%；阿根廷 1 180 万 hm^2 ，占 22%；加拿大 320 万 hm^2 ，占 6%；中国 150 万 hm^2 ，占 3%。另外，墨西哥、保加利亚、乌拉圭、罗马尼亚、西班牙、印度尼西亚、德国等国家转基因植物种植面积也有较大幅度的增长。其中印度尼西亚是首次报道种植转 Bt 基因棉花的国家。从转基因作物的种类来看，主要是大豆、玉米、烟草、棉花等。全球种植最为广泛的转基因作物是大豆，总面积为 3 300 万 hm^2 ，占全球转基因作物种植总面积的 63%；其次是转基因玉米，种植面积为 980 万 hm^2 ，占 19%；转基因棉花 680 万 hm^2 ，占 13%；转基因油菜 270 万 hm^2 ，占 5%。从转基因作物的性状来看，主要是抗除草剂、抗虫、抗病毒以及品质改良等。抗除草剂农作物种植面积最大，占转基因农作物总种植面积的 77%；其次是转 Bt 抗虫作物，占 15%；抗虫、抗除草剂的双抗棉花及玉米占 8%。抗除草剂转基因大豆种植面积为 3 300 万 hm^2 ，占全球转基因作物种植总面积的 63%；转 Bt

基因玉米种植面积为 590 万 hm^2 ，占 11%。我国植物转基因研究也取得了重要进展。目前经我国农业部审查并经全国基因工程安全委员会批准商品化生产的作物主要有抗虫转基因棉花（Bt 棉和 Bt+CpTI 棉）、抗病毒烟草、延迟成熟期的转基因番茄、抗 CMV 转基因番茄、抗 CMV 转基因甜椒、抗 PRSV 转基因番木瓜。此外，抗虫玉米、水稻、大豆、烟草，抗病马铃薯、烟草，抗除草剂大豆等正在进行田间试验。除转基因抗虫棉已经大面积生产外，其他几种转基因作物的种植面积较小。早在 1994 年 Fraley 就对生物工程研究的前景进行了设想。1995—2000 年为第一阶段，主要是作物农艺性状方面的研究，如作物的抗除草剂、抗病、抗虫等方面研究；2000—2005 年为第二阶段，主要是通过作物的淀粉、糖、脂肪酸等方面的改良，而进一步加强食品加工方面的研究；2005—2010 年为第三阶段，药物学方面的研究为其主要研究内容。2010 年以后，特殊化学成分的研制与生产则是第四阶段研究。

以下是国内外转基因植物的一些实例。

（一）抗病虫害转基因植物

作物病害和虫害使农业生产遭受严重损失。例如欧洲的玉米螟就使欧洲一年玉米产量损失 4 000 万 t。目前已有十多种抗病虫害的基因被应用，如从苏云金杆菌中分离的苏云金杆菌毒素（Bt）基因、从植物组织中分离的 α -淀粉酶抑制物基因及凝集素基因、从蝎子等动物中分离的昆虫毒素基因等，并已导入玉米、棉花、马铃薯、烟草、苜蓿、花椰菜、花生、水稻、番茄、杨树等多种植物，对主要害虫的防治效果与常规防治效果相近或略好，对环境无污染。将烟草花叶病毒、黄瓜花叶病毒、马铃薯 X 病毒、木瓜环斑病毒等的外壳蛋白基因导入作物，获得的转基因瓜果、马铃薯、番茄、烟草、苜蓿等，具有对相应病毒的抗性。在抗细菌和真菌方面，从天蚕中分离的天蚕素 B 及人工合成的杀菌肽，具有较好的抗真菌效果。已有抗青枯菌马铃薯、抗霉菌葡萄、抗真菌草莓、抗叶斑病和巴拿马病香蕉等转基因植物的报道。

（二）抗除草剂转基因植物

化学除草剂在现代农业中起着十分重要的作用，但要求高效、广谱，又要对作物及人、畜无害。为此，科学家们利用抗草甘膦、抗磺酰脲类、抗臭苯氯等基因，培育出大豆、玉米、棉花、烟草、油菜等耐除草剂的转基因植物，与相对应的除草剂一起作用时，可有效杀除杂草而不伤害作物和人、畜。在美国使用面积已达 690 万 hm^2 ，占转基因植物种植面积首位，取得巨大经济效益。

（三）抗逆境转基因植物

提高作物对抗逆境能力的基因工程也已取得一定进展。例如我国将山菠菜的甜菜碱脱氢酶基因导入烟草、草莓和水稻，明显提高了植物的耐盐性。向烟草导入拟南芥叶绿体的甘油-3-磷酸乙酰转移酶基因，以调节叶绿体脂膜的不饱和度，使转基因烟草抗寒性增加。用转基因方法增加叶绿体中 MnSOD 活性，可使转基因苜蓿在冷害后较快地恢复生长。导入合成脯氨酸有关酶的基因，可增加作物对干旱和盐碱胁迫的抗性。导入麦根酸基