

现代生物技术 与21世纪农业

沈桂芳 丁仁瑞 主编



Modern
Biotechnology
and
21st
Century
Agriculture

浙江科学技术出版社

主 编

沈桂芳 丁仁瑞

编写人员

沈桂芳 丁仁瑞 周 晴 丁 鸣

审 稿

范云六 吕鸿声

Editor in Chief

Shen Guifang Ding Renrui

Authors

Shen Guifang Ding Renrui Zhou Qing Ding Ming

Checked and Approved by

Fan Yunliu Lu Hongsheng

作者简介



沈桂芳，女，浙江省杭州市人。1957年毕业于前苏联莫斯科季米里亚捷夫农学院动物营养专业。曾任原杭州大学生物系教授、系副主任。1980~1982年及1989年在美国马里兰大学任高级访问学者，1994年11月至1995年1月在英国 John Innes Centre 任高级访问学者。1983~1989年任中共浙江省委常委、组织部长兼原杭州大学生物系教授。1989年调任中国农业科学院党组书记、第一副院长、研究员；现任中国高科技产业化研究会常务副理事长、中国农学会高新技术农业应用专业委员会主任委员和《生物技术通报》编委会主任。曾为中共十三大代表，第七届全国人大代表，第八、第九届全国政协委员。主要从事叶绿体的分子生物学及遗传工程研究。曾先后主持联合国开发署第五区域“FARM”项目（任生物技术和生物多样性等项目的地区和国家协调员）、亚洲水稻生物技术项目（任协作网指导委员会委员）、欧共体“国际科学合作”（I.S.C）“固氮基因在植物细胞器表达”项目，国家自然科学基金、国家科委 863 专项以及农业部 948 项目等共计 9 项。在国内外发表论文 60 多篇，著有《科教兴农的理论与实践》、《红黄土壤地区农业持续发展》（第一、第二集）、《抗生素在畜牧业上的应用》等专著，并主译《分子克隆实验手册》一书。



丁仁瑞，男，浙江省萧山市人。1953年毕业于浙江师范学院生物系。曾任原杭州大学生物系教授、系主任。1990年1~9月在美国印地安那大学任高级访问学者。现为浙江大学生命科学院教授，任中国免疫学会理事、浙江省免疫学会理事长、《中国肿瘤生物治疗》杂志编委。20世纪60年代初曾从事生殖内分泌学和家鱼（鲢、鳙）人工繁殖的研究，为发展我国淡水水产事业作出贡献。70年代末至今致力于肿瘤免疫、淋巴因子与肿瘤以及淋巴因子重组等生物技术的研究，先后主持国家自然科学基金及省重点项目等 6 项，获国家教委科技进步奖（三等）1 项、浙江省科技进步奖（三等）2 项。在国内外发表论文 60 余篇，著有《肿瘤生物学》和高校教材《人体解剖生理学》等书籍。享有国务院政府特殊津贴。

序 一

当今世界，科学技术的发展势如江河奔腾，一泻千里，而所获成果更是琳琅满目，日新月异。

中国的振兴，不仅寄希望于改革开放，而且要依靠科技进步，以生物技术、信息技术为代表的高科技研究成就，深刻地改变着传统农业的各个领域，它显著地提高了产品质量和资源的利用效率，并由此迅速地提高了人们的生活质量。

农业是现代生物技术应用的重要领域之一。

目前，国际上农作物基因工程正在进入一个飞速发展的阶段，越来越多的转基因农产品将源源不断地进入市场，并获得巨大的经济效益。我国的农业生物技术研究始自 20 世纪 80 年代初期，随后即被列入“863”计划。截至 1996 年底正在研究的转基因植物已达到 47 种，涉及各类基因 103 个，其中 6 种转基因植物被批准进行商品化生产，国产的抗虫棉已累计推广 10 万公顷以上。1998 年，我国第一家专门从事农作物转基因开发的公司在深圳成立，这标志着我国农业生物技术的研究与开发在市场经济的道路上又迈进了一大步。在畜牧业方面，我国学者用新鲜胚胎已在牛、羊、猪等家畜上移植成功，冷冻胚胎移植技术用于牛、羊、黄牛、绵羊、山羊和家兔等，并开始实现产业化。试管牛、羊相继问世，克隆牛、羊亦获成功。在胚胎分割技术上，半胚胎牛、半胚胎羊和四胚胎牛已生育后代。转基因猪的遗传转化率达 2.98%。此外还培育出鲤鲫核质杂交鱼 F_3 代，转基因鲤鱼、鲫鱼等亦将用于生产。

21 世纪农业生物技术的发展当是十分美好而令人鼓舞的，其研究热点将在改进与提高转基因技术的同时，集中于植物基因组、分子育种、转基因技术的进步与提高、生物反应器、禽畜疫苗以及利用生物技术加强环境保护等领域。这是历史所赋予的使命，我们将肩负这些重任而为人类的进步作出贡献。

中国农业科学院沈桂芳研究员和浙江大学生命科学院丁仁瑞教授等，在多年从事分子生物学和生物工程技术的教学、科研工作的基础上，编著了《现代生物技术与 21 世纪农业》一书。它不仅综述了近 10 多年来国际上在这一领域的最新进展，而且也反映了我国学者的研究成就，这是一本理论与实践相结合、比较系统地论述现代农业生物技术的著作。相信它的出版将为促进我国农业生物技术的发展和应用作出应有贡献，定为广大读者所欢迎。

中国科学院院士

陈焕

1999 年 11 月

序 二

党的十一届三中全会指出，农业的根本出路在科技、教育，要使我国的农业由传统农业向现代农业转变，由粗放经营向集约经营转变，就必须要求农业科技有一个大的发展，进行一次新的农业科技革命。党的十五届三中全会通过的《关于农业和农村工作若干重大问题的决定》还特别强调指出：“依靠生物工程、信息技术等高新技术，使我国农业科技和生产力实现质的飞跃，逐步建立起农业科技创新体系。”这些精辟的论述，无疑为广大的农业科技工作者明确了今后努力的方向，增强了科教兴农的信心和决心。

众所周知，生物工程的诞生突破了远缘物种不能杂交的禁区。自 1983 年首例转基因植物问世以来，在短短的 15 年时间里科学家们已在 200 多种植物中实现了基因转移，其中包括水稻、小麦、玉米、棉花、油菜、向日葵、甜菜、马铃薯、番茄、烟草和杨树等农作物和树木。在动物基因工程方面，由于转基因技术的发展和转基因动物的繁育成功，从而使外源基因在转基因动物中直接（如整合有生长激素的转基因猪以改良瘦肉率和日增重以及培育出新的“超级”品种）或间接地（增强抗病能力）提高生产效率。更使人瞩目的是，外源基因还可以动植物为生物反应器来进行表达，而达到生产人类所需药物的目的。1997 年英国科学家 Wilmut 等用体细胞核克隆成功绵羊“多莉”，更引起全球对克隆技术的极大关注。因为这一研究成果不仅是第 1 次证明了已经高度分化的哺乳动物体细胞的基因组，在合适的条件下可以去分化而重新获得全能性，而且克隆动物内的所有细胞遗传构成都是完全相同的，因此可以快速复制出成批的优良种畜以及濒临灭绝的名贵而稀有的野生动物。

目前，基因的分离、扩增、重组以及体细胞的克隆技术都已实现，对生物界的研究重点将由单个基因的测序转到有计划地大规模地对人类、水稻等重要生物体的全基因组图谱进行测序和诠释。生物技术在解决人类发展过程中所面临的许多问题能够发挥特殊的作用，并有巨大的潜力，因此许多国家都把生物技术确定为 21 世纪经济和科技发展的优先领域，各国对于生物技术产业化制高点的争夺亦日趋激烈。21 世纪生物技术的快速发展无疑将会导致农业和医学研究的重大突破，这些突破主要表现在生物技术、光合作用、生物固氮、抗性机制以及杂种优势利用等方面。比如基因工程不仅可以使基因在种内、种间、属间甚至动植物之间重组，而且可以实现多种基因的累加或在植物中同时表达多个目的基因的蛋白。这为定向改变生物的遗传特性，创造出动植物新品种及新的生物类型和生产出大批量稀有蛋白的产物等提供了手段。而利用特定的启动子，将可在时空上控制动植物的生长发育。又如光合作用，现在一般作物光合作用效率只有 1%，如果能把光合作用效率再提高 1%，就可使农业产量大幅度提高。再如生物固氮，如果使水稻、小麦等禾本科作物也能像大豆一样产

生根瘤，从大气中固氮，那就可以节省大量氮肥，提高农业产量。

就基因组研究领域来说，除了人类和水稻基因组测序将在未来的数年内比原计划提前完成外，美国于 1998 年又启动了以玉米为主包括棉花、大豆、高粱和番茄在内的农作物基因组计划。21 世纪基因组的研究将由结构基因组向功能基因组转变。基因组织学研究的内容与生物技术直接相关，其成果将对生物技术产业发挥巨大的推动作用。目前以基因为核心的生物技术产业正在迅速发展，谁先了解基因的功能，谁就拥有该基因的知识产权，在市场上就占据主导地位，从而获得更多的利润。

在加速转基因作物的商品化进程中，对转基因作物在大田释放时对环境的影响及其对人体健康的安全性应给予足够的重视。虽然到目前为止，从全世界经批准后的商品化转基因食品来看，还没有 1 例对人体有毒副作用的报道，但我们必须借鉴国外的经验，有必要建立转基因动植物安全性评估中心（基地）和相应的技术，为研究转基因动植物的安全性提供科学依据。

生物技术是新近发展起来的一个崭新的领域，有许多地方仍待完善和充实，因此必须加强生命科学基础理论的研究，以增强生物技术的后劲。

目前，一场新的农业技术革命已经到来，我们的使命在于开拓和完善高水平的农业生物技术体系，为我国持续发展高产、优质、高效的现代农业及其产业化作出贡献。

在迎接 21 世纪农业发展新时代到来的时刻，中国农业科学院沈桂芳研究员和浙江大学生命科学学院丁仁瑞教授等撰写了《现代生物技术与 21 世纪农业》一书，其内容新颖，论述比较全面、系统而翔实，是一本对农业生物技术研究者具有重要参考价值的专著。因此，它的出版，必将受到广大农业战线工作者的欢迎，并为发展我国农业生物技术及其产业化发挥应有的作用。

中国工程院院士

卢良恕

2000 年 2 月

前 言

21 世纪是生命科学的世纪,也是生物技术的世纪,这是因为生物技术将为提高人类的健康水平和提供丰富的食物起着重大的关键作用。为此人们正在迎接一场新的农业技术革命,它的使命在于开拓、完善高水平的技术体系,促进高产、优质、高效农业的持续发展,以加快农业生物技术产业化的进程。

为了争夺 21 世纪生物技术的制高点,我国的“863”高科技计划、欧洲的“尤里卡”计划、美国的“面向 21 世纪的生物技术”、日本的“官、产、学一体化推进 21 世纪的生物技术计划”,都把农业生物技术列为优先领域,力图占据这一前沿阵地,以使在发展农业的竞争中立于不败之地。

从全世界范围来说,现代农业生物技术产业已处于起步阶段,它的主要任务是培育转基因动植物的新品种,赋予他们高产、优质特性和强的抗逆性。在 1996 年,全世界有 6000 多项植物生物技术研究成果进入田间试验,一部分投入大田试验。到 1997 年 1 月,美国批准了 17 例转基因植物的商品化,加拿大为 18 例,日本 7 例,澳大利亚 4 例。1997 年初,抗虫害转基因水稻、玉米、马铃薯、棉花和南瓜已在美国、加拿大数百万公顷的土地上试种;利用原生质体培养技术,成功地开发了 100 多种再生植物。在畜牧业和渔业方面,培育出转基因牛、羊、猪和鱼,利用冷冻胚胎技术已产良种犊牛 10 多万头。此外,还有动物激素、农牧业的各种诊断试剂以及畜用氨基酸等等。这些农业生物技术的巨大成就,已为社会创造了亿万财富。

要实现农业生物技术的产业化,必须要有政策、人才、资金和管理等支撑。在人才方面,美国一批有成就的生物技术公司在创建之初,就拥有科研和管理两方面的优秀人才,他们既通晓遗传学、分子生物学和生物技术的基础理论,熟练地掌握现代生物技术,并懂得政策法规和富有市场经验。当前,我国正在科教兴国战略的指引下制订 21 世纪农业生物技术的发展规划,以加速农业生物技术的发展进程。为此,我们有责任为培养 21 世纪的生物技术人才、加强基础研究,努力传播农业生物技术的新理论、新方法和新成就而作出微薄的贡献。这就是我们编写本书的目的所在。

本书寓理论于实践,使基础与应用相结合,是一部较系统、全面地介绍近 10 年来国内外现代农业生物技术的主要成就和今后发展趋势的专著。全书共 7 章。第一章阐述了生物技术的范畴和内涵,现代生物技术在促进农业发展中的作用和取得的成就。第二章介绍了生物技术的发展与分子生物学研究成果的相互关系,高等植物器官发育与植物代谢的基因调控,主要作物基因组的研究进展。第三章主要介绍了分离植物目的基因、构建植物表达载体和克隆外源基因的方法,转基因植物的筛选与繁育的关键技术,并对植物转基因表达调控的机制进行了论述。第四章介绍了国内外转基因作物研究的新成就,对改进作物品

质、提高抗性的基因工程以及转基因作物的潜在风险、安全问题作了概括的论述。第五章阐述了动物基因组通过各种基因重组的方法获得改造而培育出符合人们需要的各种转基因动物,由于转基因动物可在活体水平上研究有关基因的结构和功能,并具有四维时空的特点,这为从分子到个体多层次、多方位研究动物基因的表达与调控提供了新的方法和思路。第六章,由于核移植既涉及细胞分化和核质关系等生物学重大理论问题,而且还为繁育优良品种的家畜和濒危动物提供了快速而可靠的方法,已为世人所瞩目,本章就有关动物核移植与动物克隆研究进展作了介绍。第七章重点介绍了基因多态性分析的 DNA 指纹技术、mRNA 差异显示技术、染色体微切割与微克隆技术、DNA 芯片技术以及表面展示技术等研究进展。上述各章所介绍的最新成就,期望能促使我国在生物技术研究战略上有所突破,为我国生物技术赶超世界先进水平作出贡献。同时,各章还附有参考文献,可供读者进一步查阅。本书可供有关大专院校、科研单位的师生和研究人员作为教材和阅读参考之用。

本书承我国遗传学泰斗谈家桢院士和原中国工程院副院长卢良恕院士作序,并承中国农业科学院范云六院士和吕鸿声研究员作全面审阅,在编写过程中还得到中国农业大学王福钧教授、中国农业科学院倪丕冲研究员的帮助,苏宁博士、张中林博士和李轶女研究生等为本书的出版作了大量工作,金蓉晖同志协助完成了本书的排版工作,在此一并表示衷心感谢!

本书各章的编写分工如下:第一章沈桂芳,第二至第四章沈桂芳、丁仁瑞,第五章周晴、丁仁瑞,第六章丁鸣、周晴,第七章丁鸣、沈桂芳。由于编者知识结构、业务水平和编写能力有限,而本书内容所涉及的面既广又新,并要求有一定深度,故错误和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

中国 农业 科学 院

沈桂芳

浙江 大学 生命 科学 学院

丁仁瑞

1999 年 11 月

目 录

第一章 导论	(1)
一、生物技术概论	(1)
二、现代生物技术的范畴	(1)
三、现代生物技术与 21 世纪农业	(9)
参考文献	(16)
第二章 植物基因工程的分子生物学基础	(18)
第一节 基因的现代概念	(18)
一、基因的结构	(18)
二、基因的表达与调控	(19)
三、基因的分离与合成	(24)
四、移动基因	(25)
五、断裂基因	(27)
六、假基因	(30)
七、重复序列与重复基因	(31)
八、重叠基因	(33)
九、同源异形基因与同源异形盒基因	(34)
第二节 高等植物器官发育的基因表达与调控	(35)
一、概述	(35)
二、植物的器官发育与基因调控	(37)
三、植物营养器官特异基因	(51)
四、植物同源异形(盒)基因与其转录因子	(58)
五、植物特化器官的特异基因	(62)
第三节 植物叶绿体、线粒体、抗病原体及种子贮存蛋白等基因的分子生物学概论	(68)
一、植物叶绿体分子生物学	(68)
二、植物线粒体基因及其调控	(75)
三、植物与病原微生物互作的分子生物学	(81)
四、种子贮存蛋白基因	(89)
第四节 基因组研究概况及主要作物基因组研究进展	(92)
一、基因组的物理图谱与 DNA 测序	(93)
二、几种生物基因组分析的现状	(97)
三、主要作物基因组研究进展	(100)
参考文献	(108)

第三章 植物基因工程概论	(114)
第一节 植物目的基因的分离	(114)
一、构建基因文库及目的基因的分离.....	(115)
二、基因定位克隆.....	(116)
三、克隆基因的分离.....	(123)
第二节 植物基因工程载体的构建	(136)
一、Ti 质粒的功能与结构.....	(136)
二、Ti 质粒的改造与植物基因工程载体的构建.....	(139)
三、其他植物基因工程载体.....	(144)
四、植物转化载体的构建.....	(146)
第三节 植物的遗传转化	(148)
一、农杆菌介导的遗传转化法.....	(149)
二、DNA 直接转化法.....	(152)
三、通过细胞击孔向植物导入外源基因.....	(153)
四、叶绿体遗传转化.....	(155)
第四节 转基因植物的筛选与鉴定	(159)
一、转化细胞的筛选.....	(159)
二、外源基因表达的检测.....	(160)
三、转化效果的鉴定.....	(160)
第五节 植物转基因表达的调控	(161)
一、植物转基因的整合机制.....	(161)
二、转基因沉默.....	(165)
三、基质结合区 (MARs) 与转基因植物的基因表达.....	(167)
四、诱导型启动子与转基因的有效表达.....	(170)
五、外源基因在转化植物中的转录后调控.....	(172)
参考文献	(176)
第四章 转基因植物的研究与应用	(179)
第一节 转基因植物与优良品质的培育	(181)
一、改变植物贮藏蛋白的品质.....	(181)
二、调节碳水化合物的合成.....	(182)
三、改善植物油脂的品质.....	(182)
四、改进植物品质的新途径.....	(184)
第二节 植物抗病基因的克隆与转基因抗病育种	(185)
一、植物抗性基因的克隆.....	(185)
二、抗病基因与抗病育种.....	(187)
第三节 抗植物病毒基因工程	(188)
一、向植物转入病毒外壳蛋白基因.....	(189)
二、复制酶基因介导的抗性.....	(192)
三、病毒移动蛋白.....	(192)
四、向植物中转入病毒的卫星 RNA 基因.....	(193)

五、利用病毒的反义 RNA	(193)
六、利用核(苷)酶裂解病毒基因组	(194)
第四节 抗真菌植物基因工程	(195)
一、抗真菌蛋白基因	(195)
二、植物抗毒素基因	(197)
第五节 抗虫植物基因工程	(197)
一、Bt 毒蛋白基因	(198)
二、其他抗虫基因在农业上的应用研究	(201)
第六节 抗除草剂基因工程	(204)
一、筛选抗除草剂农作物	(204)
二、抗除草剂基因的克隆和转基因	(205)
三、抗除草剂基因工程的应用前景	(207)
第七节 植物抗渗透胁迫(抗盐、抗旱)与抗寒冻基因工程	(207)
一、植物抗渗透胁迫(抗盐、抗旱)的分子生物学与基因工程	(208)
二、植物抗冻蛋白的分子生物学与基因工程	(217)
第八节 生物固氮的分子生物学及其基因工程概论	(221)
一、根瘤菌的固氮作用	(222)
二、耐盐联合固氮菌及其遗传改造与应用	(235)
第九节 植物雄性不育及其基因工程研究	(238)
一、细胞质雄性不育与线粒体分子生物学	(238)
二、应用生物技术获得雄性不育植株	(244)
三、雄性不育的保持与恢复	(246)
第十节 转基因植物——生产药物的新型生物反应器	(247)
一、动物基因在植物中的转化及表达	(247)
二、转基因植物生产疫苗的研究	(248)
三、转基因植物产生抗体的研究	(249)
四、在植物中表达的蛋白质药物	(252)
五、植物生物反应器存在的问题与展望	(253)
第十一节 转基因作物的安全性及其对策与专利问题	(255)
一、转基因作物的潜在风险	(255)
二、转基因作物作为食品的安全性问题	(261)
三、转基因作物的专利保护: 终止子技术	(265)
四、我国学者对转基因作物安全性与专利问题对策的建议	(267)
参考文献	(269)
 第五章 转基因动物的研究与应用	 (280)
第一节 转基因动物的技术方法	(281)
一、转基因技术与载体细胞	(281)
二、基因导入的方法	(283)
第二节 外源基因在转基因动物中的整合、表达与调控	(286)
一、转基因的整合与表达	(287)

二、调控元件的研究	(290)
三、转基因的整合与表达检测技术	(293)
第三节 转基因鱼类的研究与应用	(295)
一、鱼类转基因的概况	(297)
二、转基因鱼类的实验技术与方法	(300)
三、转基因鱼类研究的进程与展望	(302)
四、经济鱼类转基因研究的发展趋势	(304)
第四节 转基因鸡(家禽)	(304)
一、鸡的遗传学及繁殖特点	(304)
二、外源基因导入的方法	(305)
三、转基因鸡的应用前景	(307)
第五节 转基因哺乳类动物与生物反应器	(308)
一、转基因小鼠	(308)
二、转基因大型动物	(317)
三、转基因动物研究中存在的问题	(321)
第六节 胚胎干细胞与基因打靶	(324)
一、胚胎干细胞	(324)
二、基因打靶	(328)
三、胚胎干细胞与基因打靶技术的应用前景	(336)
四、植物基因打靶技术的研究进展	(342)
参考文献	(343)
第六章 动物细胞核移植与克隆动物	(350)
第一节 克隆的基本概念	(350)
第二节 胚胎细胞核移植克隆动物	(351)
一、细胞核移植的发展简史	(351)
二、两栖类胚胎细胞核移植的研究	(351)
三、鱼类胚胎细胞核移植与杂种克隆鱼研究	(352)
四、哺乳动物胚胎细胞核移植——胚胎细胞克隆	(357)
第三节 分化体细胞核移植克隆动物	(360)
一、克隆羊的成功及其科学意义	(360)
二、哺乳动物体细胞核移植的研究进展	(361)
三、哺乳动物体细胞克隆相关理论的研究进展	(363)
四、动物克隆技术的发展及产业化	(365)
参考文献	(368)
第七章 现代分子生物学技术研究进展	(371)
第一节 基因多态性分析的 DNA 指纹技术	(371)
一、以分子杂交为基础的 DNA 指纹技术	(371)
二、以 PCR 为基础的 DNA 指纹技术	(372)
第二节 mRNA 差异显示技术	(381)

一、mRNA 差异显示技术原理	(381)
二、mRNA 差异显示技术操作步骤	(382)
三、差异显示技术的发展	(384)
四、mRNA 差别显示技术的应用	(385)
第三节 染色体显微切割与微克隆技术	(387)
一、技术原理	(388)
二、显微切割	(388)
三、微克隆的建立	(389)
四、染色体 DNA 文库的构建	(390)
五、染色体显微切割技术的应用	(391)
第四节 DNA 芯片技术	(393)
一、DNA 芯片的基本原理	(394)
二、DNA 芯片的制备	(395)
三、DNA 芯片的种类及其应用	(399)
四、目前 DNA 芯片技术存在的问题及其研究进展	(402)
第五节 表面展示技术	(402)
一、原核蛋白表面展示系统	(403)
二、真核蛋白表面展示系统	(410)
三、表面展示技术的应用	(412)
参考文献	(415)
附录 英汉名词对照	(422)

Contents

Section I. Introduction	(1)
1. General concept of biotechnology.....	(1)
2. Category of modern biotechnology.....	(1)
3. Modern biotechnology and agriculture in 21st century.....	(9)
References	(16)
 Section II. The Molecular Basis of Plant Genetic Engineering	(18)
Chapter 1. The modern concept of gene.....	(18)
1. The structure of genes.....	(18)
2. The expression and regulation of genes.....	(19)
3. The isolation and synthesis of genes.....	(24)
4. Mobile gene(transposable DNA elements).....	(25)
5. Interrupted gene.....	(27)
6. Pseudogene.....	(30)
7. Repeated sequence and repeated gene.....	(31)
8. Overlapping gene.....	(33)
9. Homeotic gene and homeobox gene.....	(34)
Chapter 2. Expression and regulation of the genes involved in plant organ development.....	(35)
1. Introduction.....	(35)
2. Plant organ development and gene regulation.....	(37)
3. The genes specifically expressed in plant vegetable organ.....	(51)
4. Plant homeobox genes and transcription factor.....	(58)
5. The genes expressed in specialized plant organ.....	(62)
Chapter 3. The molecular biology of plant plastid genes, Introduction to disease resistance genes and seed storage protein genes.....	(68)
1. Molecular biology of plant chloroplast.....	(68)
2. Plant mitochondria genes and regulation.....	(75)
3. The molecular biology of the interaction between plant and pathogenic microbe.....	(81)
4. Seed storage protein genes.....	(89)
Chapter 4. Genome research and its progress in the study of main crop genomes.....	(92)

1. Physical map of genome and DNA sequencing.....	(93)
2. Genome analysis of several organisms.....	(97)
3. Progress in main crop genome research.....	(100)
References	(108)
 Section III. Introduction to The Plant Genetic Engineering	(114)
Chapter 1. Isolation of plant target genes.....	(114)
1. Construction of gene library and isolation of target gene.....	(115)
2. Map-based cloned for genes.....	(116)
3. Identification of cloned genes.....	(123)
Chapter 2. The construction of vectors for plant genetics transformation.....	(136)
1. The structure and function of Ti plasmids.....	(136)
2. Modification of Ti plasmids for the construction of the plant genetic transformation vectors.....	(139)
3. Other plant vectors.....	(144)
4. Construction of plant transformation vectors.....	(146)
Chapter 3. plant genetic transformation.....	(148)
1. Agrobacterium-mediated transformation.....	(149)
2. DNA direct uptake.....	(152)
3. Transformation via electroporation.....	(153)
4. Chloroplast genetic transformation.....	(155)
Chapter 4. Identification of transgenic plants.....	(159)
1. Screening of transgenic cells.....	(159)
2. Assays for the expression of transgenes.....	(160)
3. Functional analysis of transgenic plants.....	(160)
Chapter 5. Expression regulation of transgenes in plant.....	(161)
1. The integration mechanism of foreign genes.....	(161)
2. Gene silencing	(165)
3. Matrix attached regions and the expression of transgenes	(167)
4. Use of induced promoters for the effective expression of foreign genes in transgenic plants.....	(170)
5. Post-transcription regulation of foreign genes in transgenic plants.....	(172)
References	(176)
 Section IV. The Research and Application of Transgenic Crops	(179)
Chapter 1. Transgenic plant and the breeding of crops with good quality.....	(181)

1. Improvement of the amino acid composition in plant storage proteins.....	(181)
2. Regulation of the carbohydrate biosynthesis.....	(182)
3. Improvement of the plant oil quality.....	(182)
4. New approaches for improving plant quality.....	(184)
Chapter 2. The cloning of plant disease resistance genes and application in plant disease resistance breeding	(185)
1. The cloning of the plant resistance genes.....	(185)
2. Resistance genes and disease resistance breeding.....	(187)
Chapter 3. Antiviral plant genetic engineering.....	(188)
1. Transfer of virus coat protein gene to plant.....	(189)
2. The replicase genes mediated resistance.....	(192)
3. Virus movement protein.....	(192)
4. Transfer of satellite RNA gene to plant.....	(193)
5. Use of virus antisense RNA.....	(193)
6. Use of ribozyme to degrade virus genome.....	(194)
Chapter 4. Antifungal plant genetic engineering.....	(195)
1. Antifungal protein genes.....	(195)
2. Plant antitoxin genes.....	(197)
Chapter 5. Insect-resistant plant genetic engineering.....	(197)
1. Bt genes.....	(198)
2. Application of other insect-resistance genes in agriculture.....	(201)
Chapter 6. Herbicide-resistant plant genetic engineering.....	(204)
1. Screening for the herbicide-resistant crops.....	(204)
2. Cloning of herbicide-resistant genes and transgenic crops.....	(205)
3. Application prospects of herbicide-resistant plant genetic engineering.....	(207)
Chapter 7. Genetic engineering for tolerance to abiotic stresses	(207)
1. The molecular biology and genetic engineering for tolerance to osmotic stress in plants.....	(208)
2. Molecular biology of the plant antifreezing proteins and genetic engineering.....	(217)
Chapter 8. The molecular biology and genetic engineering of biological nitrogen fixation.....	(221)
1. Nitrogen fixation by nodule bacteria.....	(222)
2. Salt tolerant nitrogen-fixation bacteria and its genetic modification and application.....	(235)
Chapter 9. Plant male sterility and its genetic engineering.....	(238)
1. Cytoplasmic male sterility and molecular biology of mitochondria.....	(238)

2. Production of malesterile plants by biotechnology.....	(244)
3. Maintenance and restoration of male sterility.....	(246)
Chapter 10. Transgenic plants: a new bioreactor for production of medicine.....	(247)
1. Transformation and expression of animal gene in plant.....	(247)
2. Research on production of vaccine in transgenic plant.....	(248)
3. Research on production of antibody in transgenic plant.....	(249)
4. Expression of proteineous medicine in plant.....	(252)
5. The problem and prospect of plant bioreactor.....	(253)
Chapter 11. The safety of transgenic crops and patent issues.....	(255)
1. The potential risk of transgenic crops.....	(255)
2. Safety concerns on GMO food.....	(261)
3. Patent issues for transgenic crops: terminator technology.....	(265)
4. The suggestions from Chinese scientists to transgenic crop safety and patent protection	(267)
References	(269)
 Section V. The Research and Application of Transgenic Animal	(280)
Chapter 1. The technique and methods for transgenic animals.....	(281)
1. Transgenic techniques and host cells.....	(281)
2. Other transformation methods.....	(283)
Chapter 2. Integration, expression and regulation of foreign genes in transgenic animals.....	(286)
1. Integration and expression of transgenes.....	(287)
2. Research of regulatory elements.....	(290)
3. Assays for transgene integration expression.....	(293)
Chapter 3. Research and application of transgenic fish.....	(295)
1. An over-view of transgenic fish.....	(297)
2. Technique and methods for transgenic fish.....	(300)
3. Progress and prospect to research on transgenic fish.....	(302)
4. Trends in the study of transgenic fish with economical significance.....	(304)
Chapter 4. Transgenic poultry.....	(304)
1. The genetics of chicken and its reproduction.....	(304)
2. Transgenic methods.....	(305)
3. Application prospects of transgenic poultry.....	(307)
Chapter 5. Transgenic mammalian and bioreactor.....	(308)
1. Transgenic mice.....	(308)
2. Other transgenic animals.....	(317)
3. The problems of transgenic animals.....	(321)