

北京市科委科技新星计划和北京市教委教学引导项目资助

现代生物技术 与都市农业

赵福宽 主编



中国农业科学技术出版社

北京市科委科技新星计划和北京市教委教学引导项目资助

现代生物技术 与都市农业

赵福宽 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代生物技术与都市农业/赵福宽主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2009. 2

ISBN 978 - 7 - 80233 - 595 - 0

I. 现… II. 赵… III. 生物技术 - 应用 - 农业 IV. S

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 201387 号

责任编辑 徐 毅

责任校对 康苗苗 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106631 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106636

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 880 mm × 1 168 mm 1/32

印 张 6.5

字 数 180 千字

版 次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

定 价 20.00 元

编委会

主 编：赵福宽 （北京农学院生物技术系）

编写人员：赵福宽 （北京农学院生物技术系）

 高遐虹 （北京农学院植物科技系）

 杨 瑞 （北京农学院植物科技系）

前 言

现代生物技术是当今发展迅速、应用领域广阔的高新技术。近年来，农作物转基因技术、细胞工程技术、分子标记技术、植物基因组学、动物克隆技术等农业生物技术领域都取得了重要进展，生物技术产业化开发速度日益加快，生物技术正在与许多其他学科融合并带动相关学科的发展。高新技术的应用是都市农业的重要特征之一。现代生物技术在都市农业的发展中，具有重要的推动作用。

为了促进现代生物技术在农业上的应用和推动都市型现代农业的迅速发展，我们结合近年来开展科研工作的一些体会编写了本书。全书共分九章，第一章 现代生物技术与都市农业概述；第二章 基因工程与都市农业；第三章 细胞工程与都市农业；第四章 酶工程与都市农业；第五章 发酵工程与都市农业；第六章 蛋白质工程与都市农业；第七章 分子标记技术与都市农业；第八章 生物芯片技术与都市农业；第九章 都市农业中的生物技术安全。

本书的出版得到了北京市科学技术委员会科技新星计划和北京市教育委员会教学引导项目的资助，在此表示感谢！

由于时间紧迫，本书的编写可能存在某些缺点或错误，恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第一章 现代生物技术与都市农业概述	(1)
第一节 现代生物技术及其发展	(1)
一、生物技术的定义	(1)
二、生物技术的产生和发展	(2)
三、生物技术的种类	(3)
四、生物技术涉及的学科	(5)
五、生物技术的主要服务领域	(5)
六、现代生物技术的发展趋势	(6)
第二节 都市农业的内涵与特征	(7)
一、都市农业的基本概念与内涵	(7)
二、都市农业的主要特征	(8)
第三节 现代生物技术与都市农业的关系	(9)
第二章 基因工程与都市农业	(13)
第一节 基因工程的基本原理	(13)
一、基因工程概述	(13)
二、基因工程的分子生物学基础	(14)
三、基因工程的基本过程	(16)
四、基因工程中的工具酶	(16)
五、基因工程载体	(22)
六、目的基因的分离	(26)
七、目的基因与载体的连接	(29)
八、目的基因导入受体细胞	(30)

九、克隆子的筛选与鉴定	(34)
十、外源基因表达检测	(37)
第二节 基因工程与都市型农作物遗传改良	(38)
一、基因工程在植物遗传改良中应用的现状	(38)
二、基因工程在都市型农作物遗传改良中的 重要作用	(43)
第三节 基因工程与都市观赏动植物育种	(44)
一、基因工程与都市观赏动物育种	(44)
二、基因工程与都市观赏植物育种	(46)
第四节 基因工程与都市食品加工业	(48)
一、转基因食品的概念与种类	(48)
二、基因工程在食品工业中的应用	(48)
三、影响转基因食品商业化的主要因素	(50)
第五节 基因工程与都市生态环境修复	(51)
第三章 细胞工程与都市农业	(53)
第一节 细胞工程的基本原理	(53)
一、细胞工程概述	(53)
二、细胞生物学基础	(55)
三、实验室设置及主要技术	(56)
四、细胞全能性与形态发生	(66)
五、植物的组织培养快速繁殖	(70)
六、花药及花粉培养	(72)
七、植物胚胎培养	(73)
八、植物茎尖培养脱毒	(74)
九、细胞突变体的筛选	(75)
十、植物细胞培养与次生代谢产物生产	(77)
十一、原生质体培养	(79)
十二、原生质体融合	(80)
十三、人工种子	(81)

十四、植物种质资源的离体超低温保存	(82)
十五、动物细胞培养	(83)
十六、干细胞工程	(84)
十七、核移植与克隆技术	(86)
第二节 细胞工程与都市农作物籽种产业	(86)
一、植物单倍体育种	(87)
二、原生质体融合育种	(88)
三、细胞突变体筛选	(89)
第三节 细胞工程与都市型动植物生产	(104)
第四章 酶工程与都市农业	(106)
第一节 酶工程的基本原理	(106)
一、酶学基本知识	(106)
二、酶的分离纯化和活力测定	(110)
三、酶促反应的动力学	(112)
四、酶工程的概念与应用范围	(115)
五、化学酶工程	(116)
六、生物酶工程	(117)
七、微生物酶的开发	(118)
第二节 酶工程与都市农产品加工业	(120)
一、酶用于果蔬贮藏加工	(120)
二、酶用于甜味剂的生产	(120)
三、酶用于肉类加工	(121)
四、酶用于加工焙烤食品	(121)
五、酶用于饲料加工	(121)
第五章 发酵工程与都市农业	(123)
第一节 发酵工程的基本原理	(123)
一、发酵工程概述	(123)
二、发酵工业中常用的微生物	(126)
三、发酵常用菌种的分离、选育和保藏	(128)

四、发酵工艺条件的优化	(133)
五、微生物的代谢调控与发酵动力学	(138)
第二节 发酵工程与都市农产品加工	(139)
第三节 微生物发酵工程与都市生态环境保护	(142)
一、环境的概念及环境中的主要污染物	(142)
二、微生物与环境保护	(143)
三、生物技术与污水的净化处理	(145)
四、生物合成可降解塑料	(145)
五、造纸工业中的生物制浆和生物漂白技术	(146)
第四节 微生物发酵工程与都市生物能源开发	(148)
第六章 蛋白质工程与都市农业	(153)
第一节 蛋白质工程的基本原理	(153)
一、蛋白质工程的概念	(153)
二、蛋白质的结构	(154)
三、蛋白质工程的类型	(154)
四、蛋白质工程的主要内容	(155)
第二节 蛋白质工程与都市农业生产中的植物保护	(157)
第七章 分子标记技术与都市农业	(159)
第一节 分子标记技术的基本原理	(159)
一、分子标记概述	(159)
二、分子标记的主要种类	(160)
第二节 分子标记技术辅助都市型农作物育种	(163)
一、遗传图谱构建和基因定位	(164)
二、基因的图位克隆	(166)
三、种质资源评价和遗传多样性研究	(167)
四、品种(杂种)鉴定	(169)
五、分子标记辅助育种	(171)
第八章 生物芯片技术与都市农业	(177)
第一节 生物芯片技术的基本原理	(177)

一、生物芯片的概念	(177)
二、生物芯片的主要类型	(178)
三、基因芯片的制作	(179)
第二节 生物芯片技术在都市农产品安全检验 中的应用	(180)
一、生物芯片技术在食源性致病微生物检测 方面的应用	(180)
二、生物芯片技术在转基因食品检测中的应用	(181)
第九章 都市农业中的生物技术安全	(182)
第一节 生物技术安全的基本含义	(182)
一、生物安全的概念	(182)
二、转基因食品的安全性	(183)
三、转基因植物的生态安全性	(185)
第二节 转基因食品的安全性评价	(186)
一、转基因食品安全性评价的原则和方法	(186)
二、转基因食品的检测鉴别	(188)
参考文献	(190)

第一章 现代生物技术与都市农业概述

第一节 现代生物技术及其发展

现代生物技术是当今国际上最受关注和最有发展潜力的高新技术之一。近年来，生物技术的应用迅速向经济和社会的很多领域渗透，生物技术科技成果产业化开发的速度日益加快。动植物转基因技术、细胞工程技术、分子标记技术、动物克隆技术、植物基因组计划等许多与农业相关的生物技术研究领域都在迅速发展，生物技术已成为现代农业的核心技术和世界经济的重要推动力。

一、生物技术的定义

生物技术（Biotechnology）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，按照预先的设计改造生物体或加工生物原料，为人类生产出所需的产品。

生物技术的内涵主要是：运用现代生物学理论与科学技术改造生物的遗传物质，培育出人们需要的生物新品种；大规模利用现有生物体系，制备生物产品；模拟生物体系，生产人类需要的特定产品。用现代生物技术育种，可以打破物种界限进行基因交流，扩大了有利基因的来源，而且可以定向改良生物。用生物技术生产产品是以生物（动物、植物、微生物、培养细胞等）为原料的，因而其原料具有再生性，而利用生物系统生产产品所产生的污染物很

少，对环境的破坏性很小或几乎没有，一些重组微生物还可消除环境中的污染物。现代生物技术在改良生物和生产生物制品方面具有突出的优点，其产品能满足人们多方面的需要，而且具有可持续发展的特性。

二、生物技术的产生和发展

1. 传统生物技术

传统生物技术的发展和应用可追溯到 1 000 多年前，人们用传统的方法酿酒、制酱和进行动植物育种都属于传统生物技术。人类有意识地利用酵母进行大规模发酵生产始于 19 世纪。当时进行大规模生产的发酵产品有乳酸、酒精、面包酵母、柠檬酸和蛋白酶等初级代谢产物。1928 年，弗莱明发现了青霉素，生物技术产品中增加了一大类新的产品即抗生素。此后，生物技术的研究和应用进入了快速发展期。

传统生物技术中的发酵技术，主要是通过微生物的生命活动来生产初级发酵产品，它一般包括 3 个步骤：

第一步：上游处理过程。是指对于粗材料进行加工，作为微生物的营养和能量来源；

第二步：发酵和转化。发酵指的是目的微生物的大量生长，发酵过程在一个大的生物反应器内进行，可以连续生产某一个目的产品，例如，抗生素、氨基酸或蛋白质等；

第三步：下游处理过程，主要是指所需目的产物的纯化过程，人们既可以从细胞的培养液中纯化，也可以直接从细胞中纯化。

在利用微生物发酵的整个过程中，提高生物转化效率是最重要的环节。通常大规模生产培养的条件，往往不是自然条件下微生物最佳的生长条件。因此，人们一般都通过化学诱变或者紫外线照射来产生突变体，从而改良菌种，提高产量；传统的诱导突变和选择方法在生物技术生产中发挥了较大的作用。但是，传统的诱变和选择方法过程繁琐，耗时很长，盲目性较大。

2. 现代生物技术

1953 年, Watson 和 Crick 发现了 DNA 双螺旋结构, 奠定了现代分子生物学的基础。从此, 越来越多的科学家投身于分子生物学研究领域, 并取得了许多重大的进展。之后, 随着限制性内切酶的发现和应用、重组 DNA 的成功实现、开创了基因工程。1973 年, 美国加利福尼亚大学旧金山分校的 Herber Boyer 教授和斯坦福大学的 Stanley Cohen 教授共同完成了一项著名的实验。他们选了一个仅含有单一 EcoR I 位点的质粒载体 pSCI01, 并用 EcoR I 将其切为线性分子, 然后将该线性分子与同样具有 EcoR I 黏性末端的另一质粒 DNA 片段和 DNA 连接酶混合, 从而获得了具有两个复制起始位点的新的 DNA 组合。这是人类历史上第一次有目的地进行基因重组尝试。虽然这两位科学家在这次实验中没有涉及任何有用的基因, 但是他们还是敏感地意识到了这一实验的重大意义, 并据此提出了“基因克隆”的策略。这一策略的提出, 引起了世界各国生物学家们的极大关注。研究人员在很短的时间内就开发出了大量行之有效的分离、鉴定、克隆基因的方法, 使基因工程技术的研究和应用得以迅速发展。

20 世纪 90 年代, 细胞克隆, 特别是体细胞克隆获得成功, 使细胞工程开始走向产业化。DNA 芯片、生物计算机的出现, 使生物材料的应用走向高台阶。在世纪之交, 人类基因组测序、酵母基因组测序、水稻基因组测序先后基本或全部完成, 生命科学技术不仅在原核生物, 而且在真核生物, 特别是在农作物上的应用取得了重要突破。基因工程的范围扩大到所有生物, 奠定了生物工程在 21 世纪迅猛发展的坚实基础。

三、生物技术的种类

生物技术主要包括以下 6 项技术:

1. 基因工程 (gene engineering)

基因工程是 20 世纪 70 年代兴起的一门新技术, 其主要原理是

应用人工方法把生物的遗传物质，通常是 DNA 分离出来，在体外进行切割、拼接和重组。然后将重组了的 DNA 导入某种宿主细胞或个体，从而改变它们的遗传品性；有时还使新的遗传信息在新的宿主细胞或个体中大量表达，以获得基因产物。基因工程是现代生物技术中的核心技术。

2. 细胞工程 (cell engineering)

细胞工程是指以细胞为基本单位，在体外条件下进行培养、繁殖，或人为地使细胞某些生物学特性按人们的意愿发生改变，从而达到改良生物品种和创造新品种，加速繁育动、植物个体，或获得某种有用物质的过程。细胞工程包括动、植物细胞及组织的离体培养技术、细胞融合技术、细胞器移植技术等。

3. 酶工程 (enzyme engineering)

酶工程是利用酶所具有的特异催化功能，或对酶进行修饰改造，并借助生物反应器和工艺过程来生产人类所需产品的一项技术。酶工程包括酶的固定化技术、细胞的固定化技术、酶的修饰改造技术及酶反应器的设计等技术。

4. 发酵工程 (fermentation engineering)

发酵工程是利用微生物生长速度快、生长条件简单以及代谢过程特殊等优点，在合适条件下，通过现代工程技术手段，由微生物的某种特定功能生产出人类所需的产品称为发酵工程，也称微生物工程。

5. 蛋白质工程 (protein engineering)

蛋白质工程是指在基因工程的基础上，结合蛋白质结晶学、计算机辅助设计和蛋白质化学等多学科的基础知识，通过对基因的人工定向改造，从而达到对蛋白质进行修饰、改造、拼接以产生能满足人类需要的新型蛋白质。

6. 分子标记技术 (techniques of molecular marker)

分子标记是继形态标记，细胞标记和生化标记之后发展起来的一种分子水平上的遗传标记形式。目前常用的分子标记主要包括

RFLP（限制性片段长度多态性），RAPD（随机扩增的多态性DNA），AFLP（扩增的片段长度多态性），SSRP（简单序列重复多态性）等。

四、生物技术涉及的学科

现代生物技术是所有自然科学领域中涵盖范围最广的学科之一。它包括分子生物学、细胞生物学、微生物学、免疫生物学、人体生理学、动物生理学、植物生理学、微生物生理学、生物化学、生物物理学、遗传学等几乎生物科学所有的次级学科，又结合了化学、化学工程学、数学、微电子技术、计算机科学等尖端基础学科，是一门多学科互相渗透的综合性学科。

五、生物技术的主要服务领域

1. 人类健康

生物技术可用于药物和疫苗的生产、疾病的诊断与治疗。国际上生物技术领域在已取得的研究成果中，60%以上是医学领域的，西欧的许多现代生物技术公司主要从事生物医药的开发，目前总销售额超过10亿美元的生物技术产品主要是医学生物制品。在美国从事医药生物技术研究 and 产品开发经营的公司占40%以上；从事保健品的研制和生产的公司约占26%。

2. 农业

在农作物遗传改良方面，将组织培养、细胞融合、基因工程等生物技术用于植物育种，培育优良品种。改进农产品的品质，提高作物采后贮藏能力，改变花卉色泽和形状。在植物的抗逆性研究方面，已培育成抗除草剂作物、抗昆虫作物、抗病毒作物等。

在动物转基因育种方面，将外源基因导入动物的基因组并获得表达，由此产生的动物称为转基因动物。转基因技术利用基因重组，打破动物的种间隔离，实现了动物种间遗传物质的交换，为动物性状的改良或新性状的获得提供了新方法。目前已获得转基因

猪、牛、羊、鸡和鱼等。应用动物胚胎工程技术,对哺乳动物的排卵、受精、胚胎早期发育等繁殖过程进行人工操作,提高良种繁殖率、改善生产性状。应用乳腺生物反应器生产珍贵医药产品,例如,转基因牛生产人乳铁蛋白、转基因羊生产血清蛋白等。

3. 食品工业

利用微生物发酵作用可生产各种食品,常见的微生物发酵食品有:酱油、醋、味精、豆腐乳等各类调味品;酒类产品;各类焙烤食品;各种发酵饮料等。酶工程在食品原料加工中用于生产麦芽糖、葡萄糖、低聚糖、高果糖浆等。

4. 能源

能源分可再生能源和不可再生能源。不可再生能源有石化原料即煤、天然气和石油等。可再生能源有太阳能、风能、地热能、生物能和水电能等。利用微生物能在油层中发酵并产生大量的酸性物质以及氢气、二氧化碳、甲烷等气体的特点,增加地层压力,酸性物质可溶于原油中,降低原油的黏度,提高采油率。利用微生物发酵作用可生产乙醇、甲烷等新能源。

5. 环境保护

生物技术在环境保护中的应用包括大气污染的生物治理、污水处理、石油污染物的微生物治理、固体垃圾的治理等。

6. 材料

有一种肥大产碱杆菌分泌的一种物质具有强大的吸水力,可吸收自身重量的1 000~3 500倍的水,吸水速度快,保水性能好,可用来改良土壤和蓄水抗旱、改造沙漠。海洋贻贝能分泌出强力黏胶,黏附在礁石上,就是遇到巨浪冲刷,照样黏附在礁石上,目前正在用基因工程技术分离此基因。此外,用生物技术还能生产可降解塑料等。

六、现代生物技术的发展趋势

在经历了第一次生物技术浪潮后,将迎来生物技术的第二次浪

潮，即农业生物技术将快速发展，转基因植物和动物取得重大突破，并产生巨大经济和社会效益。以对生物体的所有基因进行基因作图，核苷酸序列分析、基因定位和功能分析为主要内容的基因组学研究迅速发展。现代生物技术在中受到世界各国的高度关注，21 世纪是生命科学的世纪，现代生物技术产业是 21 世纪的朝阳产业。现代生物技术的应用将为人类生活提供多方面的便利，如有效地提高作物的产量，获得具有抗虫、抗真菌、抗病毒、抗逆境等优良性状的农作物新品种；选育具有更多优良性状的动物品种；更加准确地诊断、预防和治疗疾病；开发可以生产药物和食品的新型微生物；高效地从环境中清除污染物和废弃物；开发可再生的生物能源等。

第二节 都市农业的内涵与特征

一、都市农业的基本概念与内涵

都市农业是一种新的农业形态，其概念及内涵正在不断发展之中。较早提出都市农业学术名词的日本学者青鹿四郎认为：都市农业是指分布在都市工商业区、住宅区等区域内，或者是分布在都市外围的特殊形态的农业，即在这些区域内的农业组织依附于都市经济，直接受都市经济势力的影响，主要经营奶、鸡、鱼、温室、观赏植物、鲜菜、果树等生产，专业化程度较高，同时有包括稻、麦、畜牧、水产等的复合经营。都市农业的内涵包括生物农业、休闲农业、观光农业、度假农业、体验农业、生态农业、创汇农业、工厂化农业、设施农业等。目前，多数学者认为都市农业是指大城市及周边地区，充分利用大城市提供的科技成果及现代化设备进行生产，并紧密服务于城市的现代化农业。都市型现代农业是与都市功能定位相结合，以都市发展需求为导向，以现代科学技术和生产设备为支撑，以现代产业体系和经营模式为载体，以现代新型农民