

前沿领域发展述评丛书

生物技术领域分析报告

2008



中国科学技术信息研究所

INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL INFORMATION OF CHINA

 科学技术文献出版社

前沿领域发展述评丛书

生物技术领域分析报告

2008

中国科学技术信息研究所

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

生物技术领域分析报告 2008/中国科学技术信息研究所编. -北京:科学技术文献出版社,2008.12

ISBN 978-7-5023-5896-9

I. 生… II. 中… III. 生物-技术-研究报告-2008 IV. Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 201842 号

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图书编务部电话 (010)51501739

图书发行部电话 (010)51501720,(010)51501722(传真)

邮 购 部 电 话 (010)51501729

网 址 <http://www.stdph.com>

E-mail: stdph@istic.ac.cn

策 划 编 辑 周国臻

责 任 编 辑 张述庆

责 任 出 版 王杰馨

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 北京高迪印刷有限公司

版 (印) 次 2008 年 12 月第 1 版第 1 次印刷

开 本 787×1092 16 开

字 数 279 千

印 张 14.75

定 价 50.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书对生物技术的主要前沿领域近 5 年的重大进展及热点问题进行了评述。共有 8 章:(1)人类、动物、植物及微生物基因组研究;(2)蛋白质组学和代谢组学研究;(3)生物芯片技术及其在医疗中的作用;(4)转基因技术及相关领域研究;(5)干细胞研究与再生医学;(6)动物克隆技术;(7)新一代工业生物技术;(8)生物技术的伦理问题及其对社会的影响。

本书适合具有中等以上文化程度的人阅读,对本科生和研究生了解生物技术前沿极有帮助,对从事高科技管理的管理人员和制定科技政策的官员也有参考价值。

科学技术文献出版社是国家科学技术部系统唯一一家中央级综合性科技出版机构,我们所有的努力都是为了让您增长知识和才干。

前沿领域发展述评·生物技术领域

顾 问 陈大元 中国科学院动物研究所首席研究员
 贾士荣 中国农业科学院生物技术研究中心研究员
 罗静初 北京大学生命科学院生物信息中心教授
 左萍萍 中国医学科学院基础医学研究所教授
 杨克迁 中国科学院微生物所研究员
 刘德虎 中国农业科学院生物技术研究中心研究员
 胡显文 军事医学科学院生物工程研究所副研究员

著作权人 中信所战略研究中心“前沿领域发展述评”课题组

执 笔 人 陈颖健 郭跃华 封 颖

总 序

进入 21 世纪,在科学技术的引领和推动下,人类社会加快了从工业社会向知识社会的演进。科学技术创造出的新的经济增长点,在解决社会可持续发展的一系列重大问题上发挥着越来越重要的作用,成为经济社会发展的重要推动力量和财富形成的主要源泉。

当前,人类社会正处在新科技革命——第四次技术革命时代。与前三次技术革命相比,这次技术革命具有以下特点:(1)主导技术已转变成为技术群的形式。前三次技术革命的主导技术分别是蒸汽动力技术、电力技术和电子技术,而第四次技术革命的主导技术不只是一项技术,而是由信息技术、生物技术、能源技术、新材料技术、航空航天技术、海洋技术、纳米技术、认知技术等诸多技术构成的一个技术群。其中新材料技术、能源技术、信息技术分别对应着人类物质活动的三大要素——物质、能量和信息,它们是整个技术系统的基础;航空航天技术、海洋技术、生物技术和认知技术代表着人类发展的三大方向——空间、海洋和复杂性领域(生命系统和认知科学是最典型和最重要的复杂性领域);而纳米技术作为一种技术手段在各个领域都有应用。(2)技术体系的理论基础广阔而深厚。纵向的理论基础是微观粒子的量子理论,信息技术、生物技术、新材料技术、能源技术等分别用到了分子、原子、电子等不同层次的量子理论。横向的理论基础是复杂性科学,复杂性科学的研究方法和最新成果为高新技术的发展开辟了新途径。(3)呈现出科学技术化、技术科学化、科学技术一体化的特征,主导技术群落的科学含量高。(4)促使社会信息化。第一次技术革命使生产的技术方式机械化,第二次技术革命使生产的技术方式机械化、电气化,第三次技术革命使生产的技术方式机械化、电气化、自动化,而这次技术革命使生产的技术方式在机械化、电气化、自动化的基础上进一步信息化,从而社会生活方式信息化——使生产过程与社会生活过程同时纳入信息流的运行过程,对社会发展产生极为广泛和深刻的

影响。

新科技革命的这些特点,决定了科学技术在当代经济社会中的更加重要的地位。科学技术是引领经济社会发展的主导力量。科技创新是解决国家发展中面临的新课题、新矛盾的根本途径。我国政府高度重视科学技术推动经济社会发展的作用,并根据科学技术发展的新形势、新特点,提出和推行了科技创新的发展战略。2006年1月全国科学技术大会的召开和《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》(简称《规划纲要》)的实施,标志着我国科技工作进入了以努力提高自主创新能力为特征的新时期。我们要实现科技创新,就需要按照科学发展观的要求,把握世界科技发展的大势,找出制约我国经济社会发展的重大瓶颈,立足对我国长远发展起关键与先导作用的重要科技领域,进一步明晰科技发展的着力点。要做到这一点,就需要有足够的信息支撑,即需要掌握真实反映重点科学领域和前沿技术领域发展的足够信息。基于这种认识,中国科学技术信息研究所作为我国最大的国家级公益性科技信息研究机构,本着开展以“科技决策支持”为特色的信息分析研究和从事为科技创新主体提供全方位的科技信息服务的研究工作主旨,担负起了提供这些方面的信息的重要使命——在国家科学技术部的支持下,于2006年启动了“前沿领域发展述评”项目。该项目计划在5年(2006—2010年)时间内,陆续对《规划纲要》所涉及的生物技术、能源技术、海洋技术、中医药、航空航天技术、新材料技术、信息技术、纳米技术、认知技术、农业技术等10个主要科技领域的前沿技术近几年发展的状况进行评述,并将各领域的评述报告整理成书陆续在科学技术文献出版社出版。这些领域的前沿技术基本上与这次新科技革命的主导技术群相一致。评述报告重点提供有关这些前沿技术的产生背景、发展状况及最新进展,在促进经济增长、提高人民生活质量和保障国家安全等方面的重要作用,国内外的正面和负面评价,以及我国应该采取的发展对策等信息。这些信息对于科技决策和科技研发都有重要参考价值。

序

当今时代,科技进步一日千里,人类社会步入了一个科技创新、尤其是前沿科技创新不断涌现的重要时期。面对汹涌的世界新科技浪潮,党中央、国务院在科学论证的基础上,审时度势做出到 2020 年我国要进入创新性国家行列的重大决策,并制定了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》,这是指导我国科技事业在 21 世纪初期实现快速发展和飞跃的纲领性文件。尤其是对于重点科学领域与前沿技术领域,需要进行长期跟踪和广泛而深入地分析。因为只有通过这样的分析,才能够发现我国目前的优势和劣势,以及我国与国外的差距,我国政府应该采取什么样的战略和策略,以及采取何种政策推动科技领域的发展。作为国家科学技术部直属的最大的公益院所,中国科学技术信息研究所承担起这一重大历史使命,为更好地促使科技进步与经济发展和社会发展结合,为更有效地为国家科技政策引导科技进步提供决策支持,为更全面深入地为我国科技界以及社会各界关心我国科技发展的人士提供一系列具有高度参考价值的分析和研究报告。中国科学技术信息研究所于 2006 年开展“前沿领域发展述评”大型研究项目。项目目标就是针对中长期科技发展规划纲要的需求,每年研究两个前沿技术领域,每年滚动进行,争取从 2006—2011 年,涵盖国内比较重要的十个前沿技术领域,国内外发展状况以及中国的比较优势做出科学的判断。

《生物技术领域分析报告 2008》是中国科学技术信息研究所“前沿领域发展述评”系列研究报告的第一本。该书主要针对生物领域中若干前沿技术(或热点问题)进行评述,主要研究内容包括:(1)人类、动物、植物及微生物基因组研究;(2)蛋白质组学和代谢组学研究;(3)生物芯片技术及其在医疗中的应用;(4)转基因技术及相关领域研究进展;(5)干细胞研究与再生医学;(6)动物克隆技术;(7)新一代工业生物技术;(8)生物技术的伦理问题及其对

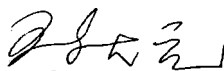
社会的影响。主要分析维度包括:(1)生物领域前沿技术的产生背景、发展状况及最新进展;(2)生物领域前沿技术本身的重要性,及其在“促进经济增长”、“提高人民生活质量”和“保障国家安全”等方面的重要作用;(3)国内外各方对生物领域前沿技术的评价(包括正面和负面的);(4)我国应采取何种对策来发展生物领域前沿技术。

我在通读这本《生物技术领域分析报告》之后,感到该书选取了为政府提供决策支持的独特角度深入分析了生物领域的前沿技术,对于各级科技系统的政府工作人员和科技政策研究人士来说很具参考价值。除此而外,本书研究扎实,涵盖面广,各章选取研究的都是生物领域很具代表性的热点问题,因此,对于我国科技界生命科学和生物技术研究和社会各界对生物领域感兴趣的人士来说,该书都不失为一本高水平的参考书籍。

中国科学院动物研究所

生殖生物学国家重点实验室首席研究员、博士生导师

受精生物学学科带头人



2007.12.20.

前 言

21 世纪是生命科学的世纪,生命科学和生物技术正在成为新的科技革命的重要推动力,由其引领的生物经济将引起全球经济结构的深刻变化和利益格局的重大调整。基因组学、蛋白质组学、干细胞技术、转基因技术、生物芯片技术等不断取得重大突破,使人类对生命的认识水平和改造能力正在发生质的飞跃。如果说信息技术极大地提高了人类的工作效率,那么生命科学、生物技术的影响则更加深远、更为巨大。

本书向读者展示了生物技术领域过去 5 年中在基础理论研究和实际应用方面取得的激动人心的进展,以及某些技术进步引发的关于伦理道德问题的争论。我们希望本书能够帮助读者了解生物领域前沿技术的概貌和主要发展趋势,理解生物技术在现代科学技术中的重要地位,以及它对提高人的生活质量和促进人类经济社会进步的巨大作用。我们还希望本书能为各级科技政策的制定者提供决策参考。

本报告涉及的技术涵盖面广,发展速度快,这对报告的写作带来了一定的难度,另外,写作时间仓促,再加上水平有限,其中难免有疏漏或不妥之处,诚恳欢迎读者批评指正。

目 录

第1章 人类、动物、植物及微生物基因组研究	(1)
1.1 人类基因组研究	(2)
1.1.1 后基因组时代的重要研究成果	(3)
1.1.2 后基因组时代的研究热点	(6)
1.1.3 技术手段的作用	(10)
1.1.4 人类基因组计划的医疗价值	(11)
1.2 动物基因组研究	(13)
1.2.1 国际鸡基因组计划	(13)
1.2.2 狗基因组计划	(14)
1.2.3 血吸虫功能基因组研究	(15)
1.2.4 大鼠、牛和猫等哺乳动物的基因组草图绘制	(17)
1.2.5 感染性真菌的基因组图谱绘制	(17)
1.2.6 家猪基因组序列	(17)
1.2.7 恒河猴基因组草图	(18)
1.2.8 家蚕基因组精细图谱绘制	(18)
1.3 植物基因组研究	(19)
1.3.1 拟南芥基因组测序	(19)
1.3.2 水稻基因组全图绘制	(20)
1.3.3 杨树的全基因组图绘制	(21)
1.4 微生物基因组研究	(22)
1.4.1 宏基因组学	(22)
1.4.2 人类元基因组计划	(24)
1.4.3 微生物基因组研究的意义及发展趋势	(25)
第2章 蛋白质组学和代谢组学研究	(28)
2.1 蛋白质组学概述	(29)

2.2	蛋白质组学研究的主要内容、技术和方法	(33)
2.2.1	蛋白质组学的研究内容	(34)
2.2.2	蛋白质组学的研究技术	(36)
2.2.3	蛋白质组学的研究方法	(38)
2.3	蛋白质组学的主要应用	(39)
2.3.1	蛋白质组学在医学研究中的应用	(40)
2.3.2	蛋白质组学在水稻研究中的应用	(44)
2.3.3	药物蛋白质组学	(45)
2.4	代谢组学研究	(47)
2.4.1	代谢组学概述	(47)
2.4.2	代谢组学技术平台	(49)
2.4.3	代谢组学的主要应用	(50)
2.4.4	代谢组学与系统生物学	(52)
第3章	生物芯片技术及其在医疗中的应用	(54)
3.1	生物芯片技术概述	(55)
3.2	生物芯片的主要种类	(58)
3.2.1	样品制备芯片	(58)
3.2.2	生化反应芯片	(59)
3.2.3	检测芯片	(59)
3.2.4	组织芯片	(60)
3.2.5	芯片实验室	(61)
3.3	生物芯片技术的主要应用	(62)
3.3.1	在临床医学中的应用	(62)
3.3.2	在基因组学中的应用	(66)
3.3.3	在药物研发中的应用	(68)
3.3.4	在药物毒理学研究中的应用	(71)
3.3.5	在微生物学研究中的应用	(73)
3.3.6	生物信息学研究	(75)
3.4	未来生物芯片技术的开发难点和重点	(76)
第4章	转基因技术及相关领域研究	(78)
4.1	转基因技术的概念	(78)
4.1.1	转基因植物	(79)

4.1.2 转基因动物	(79)
4.1.3 转基因技术的安全性	(79)
4.2 转基因作物的发展状况	(80)
4.2.1 全球转基因作物种植	(80)
4.2.2 转基因技术的价值和作用	(82)
4.3 转基因动物的发展状况	(86)
4.3.1 转基因动物生产药物的优越性	(86)
4.3.2 转基因动物在人类遗传疾病研究中的重要价值	(87)
4.3.3 转基因动物技术在畜牧业中的应用	(87)
4.3.4 转基因动物的应用前景	(89)
4.4 转基因检测技术和非转基因技术	(90)
4.4.1 转基因检测技术	(90)
4.4.2 外源基因去除技术	(93)
4.4.3 非转基因生物技术	(95)
4.5 生物安全管理	(96)
4.5.1 国内外生物安全管理现状	(97)
4.5.2 转基因食品的安全性	(100)
4.5.3 转基因食品安全性评价及管理	(101)
4.5.4 我国转基因生物安全管理现状和对策建议	(104)
第 5 章 干细胞研究与再生医学	(107)
5.1 干细胞研究的现状与进展	(107)
5.1.1 干细胞研究概述	(108)
5.1.2 干细胞研究的热点及主要进展	(111)
5.1.3 干细胞研究的技术难题	(119)
5.2 干细胞技术在再生医学中的应用和面临的问题	(121)
5.2.1 干细胞技术在再生医学领域的应用及进展	(122)
5.2.2 干细胞技术应用于再生医学领域的潜在价值	(128)
5.2.3 干细胞研究的伦理道德争议	(128)
5.3 我国干细胞研究现状及主要发展策略	(132)
5.3.1 我国干细胞研究的现状与主要进展	(132)
5.3.2 我国干细胞研究的政策环境	(135)
5.3.3 我国干细胞研究的发展机遇	(136)

第 6 章 动物克隆技术	(138)
6.1 动物克隆技术的产生背景和发展现状	(138)
6.1.1 动物克隆技术的基本概念	(138)
6.1.2 动物克隆技术的发展历程和重要进展	(140)
6.1.3 动物克隆技术存在的问题及发展趋势	(146)
6.2 动物克隆技术的价值和应用	(149)
6.2.1 动物克隆技术的价值	(149)
6.2.2 动物克隆技术的应用	(153)
6.3 我国发展动物克隆技术的策略	(155)
6.3.1 动物克隆技术对我国的作用与价值	(155)
6.3.2 我国动物克隆技术的发展现状与进展	(155)
6.3.3 我国动物克隆技术重点资助领域与发展方向	(157)
6.3.4 我国动物克隆技术面临的问题	(158)
6.3.5 我国克隆技术发展的政策引导	(159)
6.3.6 推进我国动物克隆技术的策略	(160)
第 7 章 新一代工业生物技术	(162)
7.1 工业生物技术的产生与发展	(163)
7.1.1 工业生物技术概述	(163)
7.1.2 发展工业生物技术的价值	(164)
7.1.3 工业生物技术的核心与重要发展方向	(166)
7.2 工业生物技术产业的发展	(169)
7.2.1 工业生物技术产业发展现状	(169)
7.2.2 国外发展工业生物技术的政策措施	(180)
7.3 我国发展工业生物技术的主要策略	(182)
7.3.1 工业生物技术对我国发展的重要作用与价值	(182)
7.3.2 我国工业生物技术的发展现状与主要进展	(183)
7.3.3 我国发展工业生物技术的政策环境和应对策略	(187)
7.3.4 我国支持引导的方向、目标及具体措施	(188)
第 8 章 生物技术的伦理问题及其对社会的影响	(190)
8.1 科学技术伦理	(190)
8.2 生物技术伦理问题	(193)
8.2.1 克隆人研究的伦理问题	(194)

8.2.2 干细胞研究的伦理问题	(197)
8.2.3 器官移植的伦理问题	(202)
8.3 生命科学伦理问题的社会影响	(205)
8.3.1 治疗性克隆问题的挑战	(205)
8.3.2 生命伦理学的三大任务	(209)
8.3.3 国内外相关法律法规	(212)
参考文献	(215)

第1章

人类、动物、植物及微生物基因组研究

1859 年达尔文进化论的发表和 1865 年孟德尔遗传定律的发现,是 19 世纪生命科学发展的重大进步;1953 年遗传物质 DNA 的双螺旋结构模型的提出和 1972 年 DNA 重组技术的诞生,则开辟了分子生物学和现代生物技术的新纪元,从此,人类开始在分子水平上真正揭示生物世界的奥秘,并由被动适应自然界转向主动改造和重组自然界;1990—2003 年破译人类自身遗传秘密的人类基因组计划的完成,是生命科学发展史上的最重要的里程碑,它标志着人类已从基因组时代步入了后基因组时代。

在人类基因组计划的影响下,随着研究的推进,发展出了模式生物(分子遗传学家一个世纪以来据以研究生命奥秘的基本工具)基因组计划。1995 年,第一个细菌基因组——流感嗜血杆菌的全基因组序列发表,此后 11 种与人类疾病相关的细菌病原菌和 5 种与工业、基础研究有关的细菌(如广泛应用的大肠杆菌)的基因组全序列分析相继完成;1996 年 4 月,真核单细胞酵母的基因全序列分析完成;1998 年 12 月,第一个多细胞真核生物的基因组——线虫的基因组序列发表;2000 年 12 月,第一个高等植物的基因组——拟南芥的完整基因组序列发表;2003 年 9 月,继人和老鼠之后,第 3 种哺乳动物——狗的基因组序列草图绘制完成;2004 年 10 月,哺乳动物牛的基因组序列草图绘制完成;2005 年 8 月,水稻基因组序列全图绘制完成,水稻成为第一个基因全部为科学家所掌握的农作物。上述进展无疑会对生物学各学科的基础研究和生物学在农、林、牧、渔业及环保工程方面的应用产生推动作用和深远影响,并为后基因组时代人类基因功能的阐释提供很好的参照系统。

人类基因组计划和模式生物基因组计划的顺利进行,使得 DNA 序列数据库的容量呈指数增长,提供了以往不可想象的巨大的生物学信息量。事实上,科学家早已预见到 DNA 序列爆炸的大趋势,因此提出了人类后基因组计划——将基因组静态的碱

基序列逐步搞清楚后,转而对基因组进行动态的生物学功能的研究。因为找出人类基因字母表的顺序仅仅是迈出了一小步,就 DNA 序列信息本身而言,并不能提供特定基因功能的确定信息。对基因功能的研究包括研究一个给定的基因在何时、何地表达,以及它实际上会做什么等。基于这些 DNA 序列信息,人们可以在分子层面上探索人类健康和疾病的奥秘,从老年痴呆症到癌症等不治之症,从疾病预防到优生优育、保健增寿。几十年或上百年后,生物技术在各个领域的应用,将会使人类的生存的质量和境况发生革命性的飞跃。如果说人类基因组计划开启了人类认识自身的伟大工程,模式生物基因组计划促进了后基因组时代的来临,那么,人类后基因组计划将会加速后基因组时代的发展。

1.1 人类基因组研究

基因组(genome)一词是基因(gene)和染色体(chromosome)的缩合,最早出现于 1920 年。对于细菌等低等的简单生物(原核生物)而言,基因组就是指其单个染色体上所含的全部基因,而复杂生物(真核生物)的基因组是指维持正常的遗传生殖功能的最基本的一套染色体及其所携带的全部基因。人类有 46 条染色体,其中 44 条为常染色体(可配成 22 对),在男女中都一样;还有 2 条为性染色体,男性为 XY,女性为 XX。因此人类基因组是指传递人类遗传信息的 23 条染色体(22 条常规染色体加 X 或 Y 染色体)及其所携带的全部基因。染色体主要由脱氧核糖核酸(DNA)和蛋白质组成,在电子显微镜下显示为一条染色线,也就是一个双螺旋 DNA 分子链(由 4 种碱基成对互补组成,每 3 个碱基构成一个遗传密码),基因是染色体上特定的 DNA 片段。

在人类基因组计划(HGP)的标书上写着著名生物学家、诺贝尔奖获得者雷纳托·杜尔贝科(Renato Dulbecco)的两句话:“人类的 DNA 序列是人类的真谛,这个世界上发生的一切事情,都与这一序列息息相关。”据估计,人类基因组约含 3 万~6 万个基因,由约 30 亿对碱基组成。人类基因组计划的目的是找出 30 亿对碱基在染色体上的准确位置排序。这项工作分两步实施:(1)绘制人类基因组的全部基因连锁图谱,即把人类基因按顺序排列在染色体上,标出各个基因的相对位置和距离,也称染色体图或遗传图,该图已在 1992 年完成;(2)测定基因的 DNA 序列(碱基对),这是一项浩大的系统工程,需依次测定 30 亿个碱基对的排序,由此完成人类遗传密码的基本数据。据 2000 年 6 月 26 日向全世界公布的草图结果显示,目前这些序列覆