



研究生用书

农业生物安全概论

I ntroduction to Agricultural Biosecurity

● 马占鸿 编著



中国农业大学出版社
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

责任编辑：李丽君

封面设计：郑 川

研 究 生 用 书

农业生物安全概论

I ntroduction to Agricultural Biosecurity

ISBN 978-7-81117-579-0



9 787811 175790 >

定价：20.00 元



研究生用书



农业生物安全概论

Introduction to Agricultural
Biosecurity

● 马占鸿 编著



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

农业生物安全概论/马占鸿编著. —北京:中国农业大学出版社,2009.1
ISBN 978-7-81117-579-0

I. 农… II. 马… III. ①作物-外源-遗传工程-安全性-研究②农业-侵入种-研究
IV. S33 S186 S433

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 154839 号

书 名 农业生物安全概论

作 者 马占鸿 编著

策划编辑 张秀环

责任编辑 李丽君

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

邮政编码 100193

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

E-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

规 格 787×980 16 开本 13.25 印张 241 千字

印 数 1~2 050

定 价 20.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

前 言

2006年3月,应农业推广硕士专业学位研究生培养要求,本人承担了“农业生物安全概论”课程建设及教学任务,虽说在过去的教学科研中涉及一些生物安全方面的内容,但要作为一门独立的课程来讲,需要有系统的研究基础和专门的知识积累,这对于我来说是一个挑战。为了完成好此项任务,只好边查资料边学习,并请教相关领域的专家。非常感谢中国农业科学院生物技术研究所贾士荣研究员,植物保护研究所彭于发研究员、万方浩研究员、王锡锋研究员及中国检验检疫科学研究院朱水芳研究员、李明福研究员等几位专家在我首轮讲授此课的过程中协助承担了部分章节的讲授,并无私提供了课件和他们的相关研究资料。书稿完成后,李健强教授进行了认真的审校,他的研究生侯红利的硕士论文《转基因植物及其产品安全管理对策研究——来自深圳市的市场调查报告》也为本书的编写提供了很好的研究素材。本书即是在上述诸先生的大力支持和帮助下编写而成的。

本书的出版得到中国农业大学2006年度专业学位研究生教材建设项目(编号:ZYXW-JC0602)和2006年度专业学位研究生特色课程建设项目(编号:ZYXW-KC0602)的资助;由云晓微、胥荻、马瑞、王爽、黄冲、刘秀峰、郭洁滨、孙振宇、潘娟娟、韩国菲、赵磊、任争毅、闫佳会、李冠林等同学协助搜集、整理资料;本书最终能够出版也得到中国农业大学出版社张秀环编辑的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编写时间紧、任务重,加之作者水平有限,谬误及不当之处难免,敬请读者批评指正。

编 者

2007.12.10

目 录

第一章 绪论	(1)
一、生物技术概况及发展趋势	(1)
二、生物安全问题的产生与发展	(2)
第二章 转基因生物及其安全性	(6)
一、转基因植物	(6)
二、转基因动物	(13)
三、转基因微生物	(14)
第三章 转基因生物技术	(17)
一、植物转基因技术	(17)
二、动物转基因技术	(19)
三、转基因技术未来的发展趋势	(23)
第四章 转基因生物的安全性评价	(25)
一、转基因生物安全性评价的必要性	(25)
二、转基因生物安全性评价的内容	(26)
三、转基因生物安全性评价的方法	(27)
第五章 转基因作物潜在的生态风险	(30)
一、由基因流引起的作物变为杂草问题	(31)
二、转基因作物的外源基因通过基因流转移到野生植物	(32)
三、从含病毒的转基因作物发展新病毒的问题	(33)
四、转基因植物引起杀虫剂对非靶生物的影响	(34)
五、对农业生态系统的破坏	(37)
六、可能存在的其他问题	(38)
第六章 转基因食品及其安全性问题	(40)
一、转基因食品的发展现状	(40)
二、转基因食品的安全性分析	(41)
三、转基因食品的安全性评价及法规管理	(45)
四、转基因食品的安全性检测	(49)

第七章 转基因生物的有关法律法规	(52)
一、发达国家有关转基因生物的法律法规	(52)
二、我国有关转基因生物的法律法规	(54)
三、国际协议	(55)
第八章 外来有害生物及其危害	(58)
一、外来有害生物的概念与界定	(58)
二、我国的外来生物入侵	(59)
三、外来有害生物的危害	(59)
四、生物武器及其历史	(63)
五、可用于制作生物武器的微生物	(63)
六、生物武器的特点	(64)
七、生物武器的防范	(66)
第九章 外来有害生物的风险评估	(70)
一、外来有害生物风险评估的必要性	(70)
二、外来有害生物风险评估的内容	(70)
三、有害生物风险分析方法和步骤	(71)
第十章 外来有害生物的管理	(75)
一、风险评估	(75)
二、检验检疫	(76)
三、应急防控	(77)
第十一章 我国外来有害生物现状与对策	(80)
一、我国外来有害生物现状	(80)
二、外来物种的入侵途径	(94)
三、外来物种的控制方法	(95)
四、我国应采取的控制对策	(96)
第十二章 生物安全与生物产业的健康发展	(99)
一、生物安全性是生物产业健康发展的必需保障	(99)
二、各国生物安全管理和研究现状	(101)
三、我国转基因生物安全管理现状和对策建议	(103)
四、我国外来有害生物安全管理现状和对策建议	(105)
第十三章 国际生物安全立法的进展及焦点问题	(107)
一、国际生物安全立法的进展	(107)
二、国际生物安全立法过程中的焦点问题	(108)

第十四章 国际生物安全协议	(112)
一、生物多样性公约	(112)
二、卡塔赫纳生物安全议定书	(115)
三、联合国粮农组织(FAO)关于粮食和生物技术的议题	(116)
附录 1 国际生物安全协议书——卡塔赫纳生物安全议定书	(118)
附录 2 我国转基因生物安全管理规定	(138)
附录 3 中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录	(164)
参考文献	(192)
关键词索引	(202)

第一章 绪 论

20 世纪末 21 世纪初,人类面临着前所未有的诸多危机,人口危机、粮食危机、环境危机、能源危机、战争危机、恐怖危机、艾滋病危机,等等。这种种危机对我们人类的生存构成巨大的威胁,如何加以防范已成为各国政府和人民考虑的首要问题。追根溯源,这种种危机又都是我们人类自己“发明创造”出来的。

1973 年第一次基因重组实验成功是人类改造自然的又一次伟大创举和发明,增强了人类按照自己的意愿去改变生物遗传物质和特性的能力,标志着以基因工程技术为核心的现代生物技术的诞生。它被公认为未来工业革命的主流之一,在提高人类的生活质量、刺激经济增长、解决人类社会的食物和能源危机从而保障人类社会的可持续发展方面存在着无穷的潜力。近 30 多年,生物技术的发展方兴未艾,其产品日趋商品化,并在医药和农业领域取得了重大的成果,给人类社会和经济的发展带来了巨大的冲击和深远的影响。然而,不要忘记,我们发明了蒸汽机,却造成了煤炭的大量使用和环境污染;我们发明了氟利昂,却把臭氧层烧了个洞;我们发明了 DDT,杀死了害虫,也杀死了鸟儿(引自《寂静的春天》);我们发明了核武器,却将人类引入了一个核威胁的时代;我们发明了吗啡,它可作为药物,却更多地作为毒品;我们发明了塑料袋,却造成了白色污染;我们发明了汽车,却使每 5 分钟一人丧生车轮,每 1 分钟一人致残;我们发明了互联网,黑客和病毒也更加猖獗,国家安全保密工作难度更大。“转基因植物、转基因动物,甚至转基因人”也是我们已经的发明或即将的发明,然而被认为优秀的基因,也有可能是“致命”的基因。我们在开展国际贸易增加外汇、从异地或异国引入优良动植物新品种以提高动植物产量和品质的同时,外来有害生物也捷足先登。生物安全问题由此而生。

一、生物技术概况及发展趋势

生物技术的主要内容包括基因工程、细胞工程、微生物工程、酶工程、蛋白质工程和生化工程等,其中基因工程为核心技术。随着生命科学和生物技术的不断发展,不断有一些新的内容出现,特别是基因组学、蛋白质组学、生物芯片、生物信息等重大技术的出现,已经大大扩展了生物技术的涵盖范围。现代生物技术被公认为是最有发展远景的前沿科学,并且被列为影响未来国计民生的四大科学技术支

柱之一,被认为是 21 世纪世界知识经济的核心。其应用范围已迅速遍及医学卫生、农林牧渔、环境保护、轻工食品、化工能源和冶金采矿等各个领域。现代生物技术及其产业的兴起和发展,是 20 世纪人类科技史上的重大进步,并成为 21 世纪解决人类社会面临的人口、健康、食品和环境等重大挑战的最有潜力的技术手段。

我国生物技术相关研究在新中国诞生后迅速起步,随着我国社会经济的发展而不断壮大。生物技术已经对我国经济建设和社会进步起到了非常重要的作用。1965 年,我国科学家首次人工合成胰岛素并确定了其晶体结构。这一成果领先于后来获得诺贝尔奖的国外同类工作,展示了当时我国生物技术研究水平。党中央、国务院在 20 世纪 80 年代后期启动了“中国高技术研究发展计划”(863 计划),大大提高了我国生物技术的发展速度。在起步阶段,我国以“跟踪、模仿”为主要发展战略,相继开展了分子遗传学、基因工程、细胞融合、酶工程等新学科和新技术的研究,现代生物技术获得了快速发展,并开始在农业和医药等领域获得广泛应用,使我国生物技术的总体水平处于发展中国家的领先地位,在较短的时间内拉近了与国际先进水平的差距。经过“八五”、“九五”和“十五”科技攻关计划,863 计划、973 计划的实施以及国家自然科学基金的支持,我国的生物技术及产业有了很大的发展,已建立了一批高水平的重点实验室和研究开发基地,培养了一支上万人的研究开发队伍,掌握了现代生物技术所涉及的全部关键技术,包括转基因植物、基因工程药物等一批现代生物技术产品已投放市场,销售额逐年增加。我国的农业生物技术和医药生物技术发展也较快,传统的发酵工业正在得到改造,海洋和环保生物技术也已起步。我国的生物技术已在总体上接近国际水平,在发展中国家处于领先地位。

二、生物安全问题的产生与发展

(一)生物安全问题的产生

生物安全是指对自然生物和人工生物及其产品对人类健康和生态环境可能产生的潜在风险的防范和现实危害的控制。生物安全是生物资源、生物技术和生物经济发展的重要保障。

生物安全问题的产生是由现代生物技术可作为非常规育种方法的特点所决定的。第一个重组 DNA 实验成功之后,有关生物技术安全性的问题就引起了国际社会的关注。目前的焦点问题就是转基因的活生物体(也称遗传工程体或基因修饰生物体, GMO)的释放。原因很简单,因为人们担心 GMO 的试验、释放和商

业化生产很可能对生态环境、人类健康等产生不利影响,而这些影响在短期内不一定能被监测和确定。已有的研究和监测表明,生物技术可能对生物多样性、生态环境和人体健康等产生多方面的负面影响。如果处理不当,生物技术的发展势必受到严重的阻碍,其作用势将难以充分发挥。比如著名的英国 Pusztai 事件、康奈尔大学斑蝶事件、加拿大“超级杂草”事件、墨西哥玉米事件和中国 Bt 抗虫棉破坏环境事件等,尽管这些事件最后都被证明不存在环境和食品安全性问题,而且至今并未发现转基因食品对人体健康构成任何危害,但这些事实背后有一点值得注意之处,也就是这些业已面世的转基因食品,都经过了政府部门严格的生物安全审查。因此国内外专家都认为,不能排除转基因生物产品对生物多样性、生态环境和人体健康产生危害的可能性,必须坚守“预先防范”的原则。

(二)生物安全问题的的发展

自生物安全问题产生后,其发展主要依赖于各国和国际生物安全法规的建立。美国 1976 年颁布了《重组 DNA 分子研究准则》,这是世界上第一个有关生物技术的安管理规定。随着生物技术迅速从实验室走向工业化,有关的争论日益高涨,其他许多国家在公众的强烈要求下,纷纷以美国生物技术管理条例的核心内容为基础和范本,制定了自己的生物安全法规,逐渐形成了各自的生物安全政策法规和管理体系,客观上使得生物技术在一定的条例下规范发展。

我国在 1975 年前后开展基因工程工作,生物技术取得飞速的发展,而有关生物安全的立法工作却相对滞后,在相当长的一段时期内实际处于无人管理的状态。直到 1990 年 7 月,国家科委才立足我国国情和重组 DNA 技术的研究发展趋势,借鉴国外已有准则或条例,制定了我国的重组 DNA 工作安全管理条例。1993 年 12 月,我国第一部生物技术管理法规——《基因工程安全管理办法》正式颁布实施。该办法根据“安全研究、安全生产、安全使用”的生物安全三原则,按潜在的危险程度,将基因工程工作分为 4 个安全等级,同时阐明了基因工程从实验室研究、中试到工业化生产和 GMO 向环境中释放 4 种不同工作阶段的安全性评价要点,从事基因工程工作的单位应根据安全性评价结果,确定相应的生物控制和物理控制等;规定由农业部、卫生部和轻工总会负责部门对口产品的实验、生产的审批和安全管理。农业部负责我国农业生物技术的安管理,根据我国相关法律、法规和准则,于 1996 年颁布了《农业生物基因工程安全管理实施办法》,对安全性评价和控制措施进行了详细的规定,2001 年又通过《农业转基因生物标识管理办法》。卫生部主管我国医药产品的审批,为加强对医药生物技术产品的生物安全管理,于 1990 年颁布了《人用重组 DNA 制品质量控制要点》。遵照国家《基因工程安全管理办

法》，又制定了《新生物制品审批办法》，使得卫生部管理医药生物技术产品有了法规依据。中国轻工总会也组织编制了《轻化食品生物技术产品安全管理细则》。这样，我国生物安全的管理体系初步形成，在保护我国的生态环境和人体健康方面起到了重要作用。2001年6月，我国按照国内外的生物安全现状及其发展趋势，又发布了《农业转基因生物安全管理条例》。此条例覆盖了生物安全的各个方面——从实验室到田间试验，到商品化生产、加工和经营，甚至到进出口，每一个环节都加以严格、科学的安全性评价和把关。这是我国生物安全管理政策的进一步发展和完善。我国还根据需要，同期组建了生物安全管理机构，科研单位也大力开展生物安全的基础性研究工作。此外，《中华人民共和国生物安全管理条例》和《中华人民共和国生物安全法》也正在制定中。我国还以科学的、建设性的态度，积极参与国际社会组织制定《生物安全议定书》的历次会议和谈判。2000年，在全球环境基金和联合国环境规划署的支持下，国家环保总局和农业部等单位完成了《中国国家生物安全框架》的编制，确定了我国生物安全政策体系、法规体系和能力建设的国家框架，同时还提出了具体的风险评估和管理指南及措施。2000年8月，经国务院批准，我国签署了《生物安全议定书》，成为签署该议定书的第70个国家，并进一步于2001年4月在杭州举办了“生命伦理与生物技术及生物安全”国际研讨会。

现代生物技术商业化的迅速发展，使世界各国或组织更侧重于为生物技术产品创造自身的内部市场，从而使得生物安全问题的国际协调管理显得更加复杂和困难。因为生物安全问题发展到现在，不仅仅是全球的科学及环境问题，实质上更是国与国之间的贸易和利益之争。

2000年1月在加拿大蒙特利尔通过了《卡塔赫纳生物安全议定书》，迄今全球已有132个国家批准了该议定书，61个国家签署了议定书，我国是第70个签署议定书的国家，但生物技术大国美国却一直拒绝签署。一些发达国家在对待“生物安全”这个问题上一直采取“内紧外松”的政策，向发展中国家出口转基因产品时从不会告诉这是转基因产品。根据《生物安全议定书》的规定，缔约国在向他国出口转基因产品时，进口国有知情权。美国担心一旦签署了议定书，许多国家会对其出口的转基因产品说“不”。

由于现代生物技术的发展及公众的呼吁，欧盟于2001年2月通过了关于转基因作物进入市场的一项新的法令。新法令要求，转基因作物在进入批准程序前，应对其可能带来的危险进行检测和评估，在2004年前将含有耐抗生素基因的转基因作物逐步逐出市场，并在2008年前停止该类转基因作物的种植实验。新法令将在正式公布后的18个月内对各成员国生效，同时取代1990年出台的旧法令。

我国从2002年3月和年底开始正式实施一系列农业转基因生物管理办法，包

括《农业转基因生物安全性评价管理办法》、《农业转基因生物进口安全管理办法》、《中华人民共和国生物两用品及相关设备和技术出口管制条例》等。其中详细规定境外公司对我国出口转基因农产品必须向中方申请安全证书,农业部按有关规定做出批准或不批准的决定。据报道,我国尚未进行转基因动植物的大规模生产,但进口的农产品有不少是转基因产品。此后,我国将加强对农产品的检验检疫工作,并促进有关标准与国际通行的标准统一。

生物安全问题的发展目前越来越复杂。一方面,各国都在制定自己的管理方法,并在宏观上取得了一定的管理效果;另一方面,各国又都为着自身的利益在实施“外紧内松”的政策,这在一定程度阻碍了生物技术和全球相关贸易的发展。但是,随着生物技术的发展、贸易全球化及生物安全基本问题的研究和阐明,生物安全问题在不久的将来必然要达到一定程度的多边和国际协定,以及统一的生物安全技术准则和管理标准。到那时候,各国的生物安全问题除自己控制和管理以外,更有相关的国际生物安全组织来监督和评估,现代生物技术将能更规范、更安全地造福全人类。

第二章 转基因生物及其安全性

在介绍转基因生物之前,首先要了解什么是基因和转基因技术。基因(DNA)是控制生物性状遗传的结构和功能单位。DNA 是脱氧核糖核酸的英文缩写,它编码各种遗传信息,产生不同的蛋白质。转基因技术主要是指利用重组 DNA 技术以及物理、化学和生物学等方法把重组 DNA 分子导入生物体的技术。应用转基因技术构建的生物称为转基因生物,包括转基因植物、转基因动物和转基因微生物。

进入 21 世纪,生物安全已交织成了一系列涉及政治、经济、科学、社会、伦理及国家安全的重大问题。国际上新的国家安全观认为,威胁国家安全的不仅是外敌入侵,诸如外来物种的入侵、转基因生物的蔓延、基因食品的污染、生物多样性的锐减等生物安全问题也危及人类的未来和发展,也直接影响着国家安全。生物安全技术水平已成为反映综合国力的关键因素之一,并直接关系到未来整个生命科学技术、生物产业和生物经济及其相关产业与经济。因此,近几年来,世界各国纷纷加大了对生物安全研究的投资力度,力争在新世纪生物安全技术发展和国际竞争中占据主动和有利地位。

为了适应国际大环境的影响和生物技术发展本身的要求,我国政府有关部门开始积极行动解决生物安全问题。如成立了相应的组织来管理生物安全,有关部门拨出专门经费用于生物技术安全研究,制定有关的法律法规和指南等。2000 年,我国政府将生物安全列为健康和环境保护的新领域。2001 年 6 月,国务院颁布了《农业转基因生物安全管理条例》。2004 年 1 月,农业部发布了《农业转基因生物安全性评价管理办法》、《农业转基因生物进口安全管理办法》和《农业转基因生物标识管理办法》3 个配套规章,并于 2002 年 3 月 20 日起施行。2004 年 12 月,国务院颁布了《病原微生物实验室生物安全管理条例》。在转基因生物安全和外来生物入侵研究方面取得了较大进展,为我国生物科技、生物产业和社会经济发展作出了重要的贡献。

一、转基因植物

转基因植物是拥有来自其他物种基因的植物。该基因变化过程可以来自不同物种之间的杂交,但今天该名词更多的特指那些在实验室里通过重组 DNA 技术人工插入其他物种基因以创造出拥有新特性的植物。

(一) 发展回顾

从植物转基因技术的诞生到本世纪初,世界转基因作物种植面积达到数千万公顷,植物转基因技术在不到 20 年的时间内取得了巨大发展,并创造了巨大经济效益。1983 年美国华盛顿大学宣布成功将卡那霉素抗性基因导入烟草细胞。同年四月,美国威斯康星大学也宣布成功将大豆基因转入向日葵,标志着植物转基因技术的诞生,并对生物工程技术 and 世界农业都产生了巨大震动。随后转基因技术开始飞速发展起来,大量转基因植物开始陆续研制成功。1985 年,第一批抗病毒、抗害虫和抗细菌病的转基因植物进入田间试验。同年美国专利局宣布遗传工程植物受专利保护。1986 年美国环保署允许世界第一例转基因作物——抗除草剂烟草进行环境释放。1990 年,我国研制的转基因抗病毒烟草一度成为世界上面积最大的转基因作物群落,并由此拉开了转基因作物大面积推广的序幕。1994 年,美国的转基因延熟保鲜番茄“Flavr Savr”获得美国 FDA 的批准进入市场销售,成为第一个获许进行销售的转基因食品。

随后几年转基因作物得到迅速推广,全世界转基因作物推广面积从 1996 年的 170 万 hm^2 猛增至 2001 年的 5 260 万 hm^2 ,6 年间增长了 30 多倍,累计种植 12 500 万 hm^2 。单 2003 年至 2004 年就增长了 20%,增加了 1 330 万 hm^2 。这期间种植转基因作物的国家数量亦从 1996 年的 6 个增加到 2006 年的 22 个,为美国、阿根廷、巴西、加拿大、印度、中国、南非、澳大利亚、罗马尼亚、西班牙、乌拉圭、墨西哥、保加利亚、印度尼西亚、哥伦比亚、洪都拉斯、法国、菲律宾、捷克、葡萄牙、德国、斯洛伐克等,其中 11 个发达国家和 11 个发展中国家。而且转基因作物种植面积以 13% 的迅猛增长率在增长,已突破 1 亿 hm^2 ,其中美国的转基因作物种植面积最广,占 53.5%;其次为阿根廷,占 17.6%;巴西占 11.3%;加拿大占 6%;印度占 3.7%,包括我国在内的其余 17 个国家仅占 7.8%(图 2-1、图 2-2)。

转基因植物的推广为社会创造了明显的经济效益。1999 年全球转基因作物出口总量为 5 467 万 t,出口总额达到 103 亿美元。美国 1996 年从农业生物技术上得到的净利为 9 200 万美元,到 1997 年时已增加到 3.15 亿美元。加拿大 1997 年从农业生物技术获得的净利也达到了 5 300 万美元。从全球角度看,1995—1998 年 4 年间转基因作物销售收入增加 20 倍。1995 年时仅为 7 500 万美元;1996 年翻 3 番达 2.35 亿美元,1997 年又再翻了近 3 番,达 6.7 亿美元;1998 年则达到 12 亿~15 亿美元。仅 2001 年,我国进口的大豆(绝大多数为转基因大豆)即达 1 500 万 t。截至 2007 年底,全球转基因作物销售收入估计在 60 亿美元。

据国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)2008 年 2 月 13 日公布的年度报告显示,2007 年全球转基因作物的种植面积达到 1.143 亿 hm^2 ,与 2006 年相比增长了 12%。该报告评估了转基因作物在全球的种植情况。

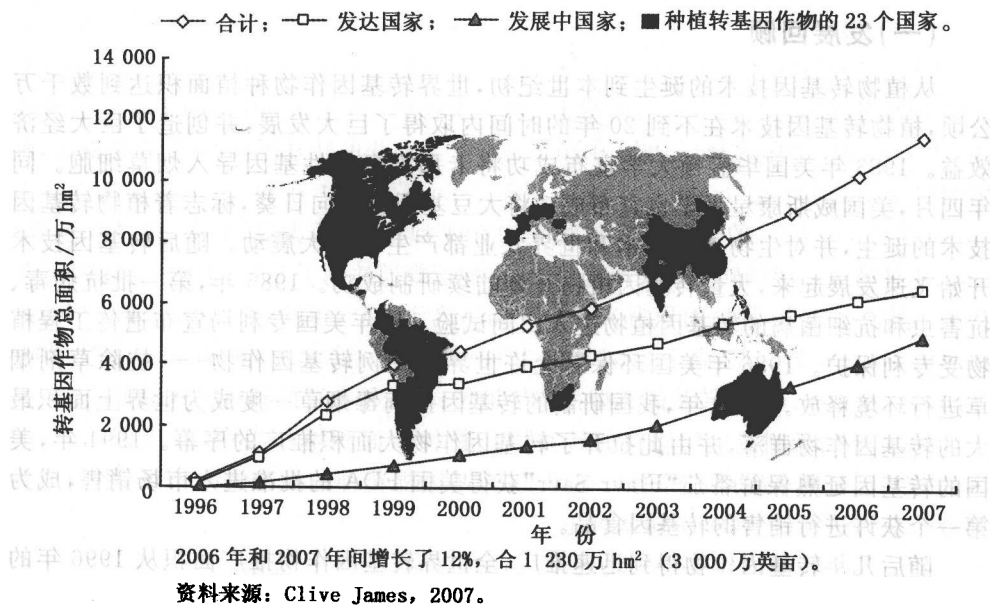


图 2-1 转基因作物全球种植面积(1996—2004)



图 2-2 2007 年全球转基因作物种植面积(按国家分)

全球 77% 的转基因作物种植集中在 4 个国家:美国(50%)、阿根廷、巴西和加拿大。2007 年种植规模为:美国 5 770 万 hm^2 (2006 年为 5 460 万 hm^2)、阿根廷 1 910 万 hm^2 (2006 年为 1 800 万 hm^2)、巴西 1 500 万 hm^2 (2006 年为 1 150 万 hm^2)、加拿大 700 万 hm^2 (610 万 hm^2)。印度和中国也种植了大面积的转基因作物,主要是棉花,种植面积分别为 620 万 hm^2 (2006 年为 380 万 hm^2) 和 380 万 hm^2 (2006 年为 350 万 hm^2) (图 2-3)。95% 的转基因农作物集中在 4 种植物上:大豆、玉米、棉花和油菜。2007 年种植最广泛的转基因农作物是大豆,种植规模达到了 5 860 万 hm^2 ,与 2006 年持平。其次是玉米,种植面积为 3 520 万 hm^2 ,高于 2006 年的 2 520 万 hm^2 。棉花种植面积为 1 500 万 hm^2 ,高于 2006 年的 1 340 万 hm^2 。油菜为 550 万 hm^2 ,高于 2006 年的 480 万 hm^2 。两种转基因类型占主导地位:抗各种杂草的和抗一些虫害的。

2007 年用于制造生物燃料的转基因作物种植面积增长很快,在美国,40% 的转基因玉米是用来生产乙醇的。在印度,转基因棉花种植面积大幅增长,中国开始种植转基因杨树,巴西种植转基因玉米。

中国是全球最早研究与开发转基因作物的国家之一,也是世界上主要的转基因植物种植国家。截至 2006 年,农业部共受理了 192 个国内外研究单位的安全评价申请 1 525 项,经国家农业转基因生物安全委员会评审,共批准了转基因中间试验 456 项、环境释放 211 项、生产性试验 181 项,安全证书 176 项。已经批准的商业化种植有转基因抗虫棉花、抗病毒番木瓜、延熟番茄、抗病甜椒等。

转基因技术实质上是传统育种方法的延伸,其本质与传统常规杂交育种相同。传统的常规育种一次转移的是成千上万个不同植物品种甚至不同植物种类的基因;而基因工程只是转移一个或数个基因,且更为准确、更具预见性和高效率。

例如,1994 年首例转基因植物产品——耐储存番茄进入市场,1996 年后转基因植物的产业化迅速发展,势不可挡。至 2005 年在全球 21 个国家转基因植物推广应用总面积达到 9 000 万 hm^2 ,1996—2005 年十年间全球转基因作物种植面积增长近 53 倍,累计种植面积已达 4.746 亿 hm^2 (71.19 亿亩),相当于我国耕地面积的 3.75 倍。

目前,大面积推广应用的转基因植物主要是抗虫、抗除草剂的品种;为了满足人们生活质量提高的需求,科学家正在培育抗旱耐盐、改良品质、增加营养、医疗保健及生物能源用的第二代、第三代转基因植物,不仅可使消费者直接得益,还将为解决与广大消费者日常生活紧密相关的全球性水资源短缺和能源危机作出重大贡献。

转基因植物的大面积推广应用在创造了极大的经济效益的同时,还在减少农药使用、增加农民收入与降低农田环境污染方面做出了积极的贡献。据统计,中国农业科学院的科学家已育成并审定转基因抗虫棉品种 46 个,2005 年种植面积超过 3 600 万亩;推广 7 年来累计种植面积 1.27 亿亩,减少农药使用 65 万 t,农田环