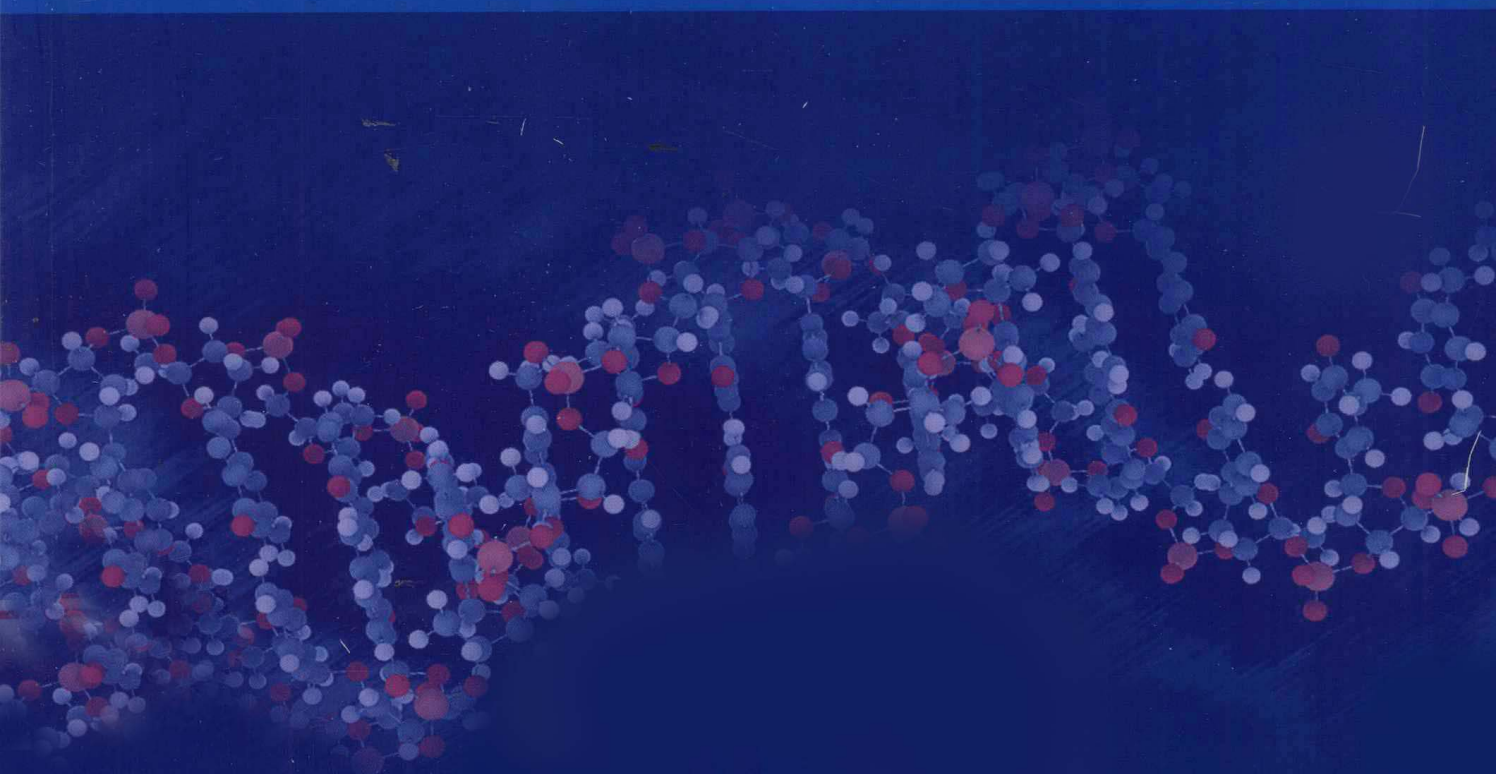


Guoji Zhuanjiyin Shengwu Shiyong Anquan Jiance Jiqi Biaozhunhua

国际转基因生物食用安全检测 及其标准化

〔 中 国 农 业 大 学 〕
〔 农业部科技发展中心 〕



中国物资出版社

Guoji Zhuanjiyin Shengwu Shiyong Anquan Jiance Jiqi Biaozhunhua

国际转基因生物食用安全检测 及其标准化

〔 中 国 农 业 大 学 〕
〔 农业部科技发展中心 〕

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

国际转基因生物食用安全检测及其标准化/中国农业大学, 农业部科技发展中心编. —北京: 中国物资出版社, 2010. 10

ISBN 978 - 7 - 5047 - 3317 - 7

I. 国… II. ①中…②农… III. ①食品—外源—遗传工程—研究②食品卫生—食品检验—标准化 IV. TS201.6 TS207

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 001208 号

策划编辑 董 涛

责任编辑 董 涛

责任印制 方朋远

责任校对 孙会香 杨小静

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68589540 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

三河市西华印务有限公司印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 17 字数: 352 千字

2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978 - 7 - 5047 - 3317 - 7/TS · 0039

印数: 0001—2000 册

定价: 35.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

《国际转基因生物食用安全检测及其标准化》

编辑委员会名单

主 编 沈 平 黄昆仑

副 主 编 厉建萌 许文涛 张 明

编写人员 (以姓氏汉语拼音为序)

贺晓云 黄昆仑 李飞武 厉建萌 刘海燕

刘 信 马玉婷 沈 平 石 慧 宋贵文

徐 哲 许文涛 翟志芳 张 明 赵 欣

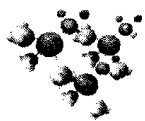
前 言

自 1994 年第一例转基因番茄商业化种植以来，短短的十几年，全世界已经有近 50 个国家开展了转基因植物的田间实验，涉及主要的转基因农作物。中国既是转基因农作物的种植大国，也是转基因农产品的进口大国。目前中国已经批准了 6 种转基因农作物的商业化生产，包括转基因棉花、玉米、水稻、番茄、甜椒、番木瓜，其中转基因棉花的种植面积占全部棉花种植面积的 80% 以上。自 2003 年以来，我国每年从国外进口 2000 万吨以上的转基因大豆，2009 年接近 3500 万吨。另外，中国政府把农业转基因生物技术作为未来重点发展的领域，积极推进转基因农作物新品种的培育，可以预计在未来 5 ~ 10 年内，中国的农业转基因生物将在我国的农业生产中占据重要的地位。

但是，由于转基因生物的环境危害和健康风险具有科学上的不确定性，随着转基因技术向农业、食品和医药领域的不断渗透和迅速发展，以及转基因产品商品化速度的加快，社会公众对转基因产品的安全性和风险性的关注程度与日俱增。国际上各个国家都对转基因生物的安全管理投入了大量的精力。

转基因生物安全检测，是转基因安全管理工作的核心与基础。而转基因生物食用安全，是转基因生物安全检测的一个重要方面，同时也是各国政府、相关管理部门以及全世界消费者都高度关注的重要问题，是转基因食品是否可以在全球范围内广泛推广的最为重要的衡量标准。通过对转基因生物合理的检测和相关标准的制定，人们可以根据这些成熟的检测方法以及数据判断转基因食品是否安全。对符合相关检测标准，证明安全的转基因生物可以正式用于农业生产及大规模商品化生产，而对存在安全隐患的则要加以限制，预防及避免危及人类食品安全。

目前，国内已经有很多介绍转基因的相关技术及其社会伦理的书籍，但是没有专门针对转基因生物食用安全检测及其标准化的书籍。而在转基因生物不断商业化并且全球化的背景下，食用安全检测及其国际标准化的重要性日益凸显。现今，国际转基因生物食用安全检测方法日益成熟，而相关国际组织和国家也纷纷制定了相应的转基因生物安全管理法律法规，加强对转基因生物的规范和管理。与此同时，我国也颁布了相关的管理法规和标准对转基因产品生物安全进行管理。本书对国际转基因生物食



用安全检测及其标准化进行了概括和总结,对转基因生物食用安全的国际标准化组织、我国以及国际上主要国家的生物安全管理标准化、转基因生物食用安全检测方法的现状及其发展趋势、国际转基因生物食用安全检测动物试验的研究、转基因生物食用安全性检测数据库的建立等内容进行了较为系统全面的阐释。这将为我国乃至全世界转基因生物安全性检测信息以及标准化进展提供一个良好的交流共享平台。

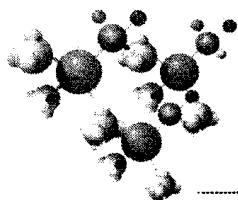
我国政府高度重视转基因生物安全的检测工作,已经建立了一批转基因生物安全监督检验测试机构,在推动我国转基因生物安全管理和保障转基因产品质量安全方面发挥了重要作用。本书可以作为一本用于指导从事转基因技术研究、检测和管理人员的参考书,为转基因生物的研发、教学、管理等相关人员提供借鉴和参考。

本书共分8章,第1章由农业部科技发展中心沈平和中国农业大学黄昆仑撰写;第2章由农业部科技发展中心刘信和吉林省农业科学院张明、李飞武撰写;第3章由中国农业大学许文涛和农业部科技发展中心厉建萌撰写;第4章由农业部科技发展中心沈平撰写;第5章由中国农业大学刘海燕、贺晓云和中国农业科学院生物技术研究马玉婷撰写;第6章由中国农业大学石慧、翟志芳和农业部科技发展中心赵欣撰写;第7章由中国农业科学院生物技术研究宋贵文和农业部科技发展中心徐哲撰写;第8章由农业部科技发展中心沈平撰写。在编写过程中,力求实用性和针对性、理论知识和实际操作相结合。希望本书的出版,对提高我国转基因生物食用安全检测能力和标准化水平有所裨益。

本书出版之际,我衷心感谢为此书编写及出版辛勤笔耕的各位老师及专家,感谢农业部等政府部门和合作伙伴给予的支持和建议。感谢所有参考文献及书籍的作者提供的新观点和想法。全书由沈平、黄昆仑编辑和审校。对文中不妥之处,敬请读者提出批评。

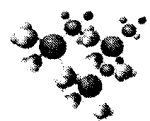
编 者

2010年7月8日



目 录

1 概 述	(1)
1.1 全球转基因生物发展现状与趋势	(1)
1.2 我国转基因生物发展现状与趋势	(10)
1.3 转基因生物食用安全问题的由来	(13)
1.4 转基因生物带来的食用安全风险及安全检测的必要性	(15)
1.5 转基因生物食用安全评价与检测标准化的必要性	(18)
2 国际标准化组织及其他组织在转基因生物食用安全标准化 过程中的作用	(20)
2.1 食品法典委员会 (CAC)	(20)
2.2 联合国粮食及农业组织与世界卫生组织 (FAO/WHO)	(29)
2.3 经济合作与发展组织 (OECD)	(33)
2.4 国际生命科学学会 (ILSI)	(38)
2.5 联合国工业发展组织 (UNIDO)	(39)
2.6 生物多样性公约 (CBD) 缔约国大会	(40)
2.7 国际遗传工程与技术中心 (ICGEB)	(41)
2.8 联合国环境规划署 (UNEP)	(42)
2.9 八国政府首脑会议	(43)
2.10 转基因生物食用安全检测标准化的发展进程	(43)
3 主要国家转基因生物安全管理与标准化	(47)
3.1 转基因生物安全管理模式	(47)
3.2 欧盟	(48)
3.3 美国	(57)
3.4 日本	(66)



3.5	澳大利亚	(71)
3.6	巴西	(75)
3.7	韩国	(81)
3.8	阿根廷	(83)
3.9	主要国家转基因生物安全管理及标准化的特点	(83)
4	转基因生物食用安全检测方法现状与发展趋势	(87)
4.1	营养学检测	(87)
4.2	毒理学检测	(100)
4.3	过敏性检测	(109)
4.4	非期望效应分析	(120)
4.5	抗生素标记基因的安全分析	(126)
4.6	加工过程对安全性的影响	(129)
4.7	转基因食品对有毒物质的富集能力检测	(131)
4.8	转基因生物食用安全检测方法的发展趋势	(131)
5	国际转基因生物食用安全检测动物实验研究	(144)
5.1	动物实验在转基因生物食用安全检测中的地位	(144)
5.2	大型禽畜用于转基因食品安全检测	(154)
5.3	小型啮齿类动物用于转基因食品安全检测	(155)
5.4	用动物实验检测转基因食品的优点、局限性和发展趋势	(160)
6	我国转基因生物食用安全检测标准化现状与趋势	(164)
6.1	我国转基因生物安全管理概况	(164)
6.2	标准化现状与问题	(176)
6.3	建议对策	(177)
7	转基因生物食用安全性检测数据库的建立	(181)
7.1	转基因生物安全性检测数据库概述	(181)
7.2	转基因生物食用安全性检测数据库的内容	(181)



7.3	国外转基因生物食用安全数据库建设概况	(182)
7.4	国内转基因生物食用安全检测数据库建设概况	(216)
7.5	转基因生物食用安全检测数据库建设展望	(222)
8	转基因生物食用安全检测案例分析	(225)
8.1	外源蛋白急性毒性检测	(225)
8.2	外源蛋白过敏性生物信息学分析	(231)
8.3	外源蛋白模拟胃肠道消化检测	(249)
8.4	大鼠 90 天亚慢性毒性	(251)
8.5	大鼠营养利用率检测	(260)

1 概 述

1.1 全球转基因生物发展现状与趋势

转基因生物研究始于 20 世纪 70 年代末 80 年代初。DNA 限制性内切酶和连接酶以及农杆菌介导基因转移的发现为转基因方法的可行性提供了技术保障。1983 年，科学家用改造后的农杆菌成功地将外源基因转入植物基因组，并从转化细胞再生成完整的可育植株。至此，世界上第一例转基因植物诞生。1994 年美国农业部（USDA）、美国食品与药物管理局（FDA）首例批准名为 Flavr Savr 延熟保鲜西红柿的商品化生产。此后短短几年里，转基因生物种类与目标性状的数量以惊人的速度增加。

目前，转基因动物从最早的转基因小鼠，发展到转基因鱼、转基因羊、转基因奶牛、转基因猪、转基因兔和转基因鸡等。转基因动物（Transgenic Animal）是指携带有外源基因并能表达和遗传的动物。它是借助基因工程技术将外源基因导入受体动物染色体，并在体内表达，稳定地遗传给后代的动物，是生命科学研究最热、发展最有前途的领域之一。1974 年 Jaenisch 等将猿猴的空泡病毒（SV40）的 DNA 注入小鼠的胚胎，培养出转基因小鼠。1980 年 Gordon 等采用受精卵原核显微注射方法，将重组 DNA 导入小鼠受精卵，获得了带有外源基因的转基因小鼠。1982 年 Palmiter 等获得的“超级”转基因小鼠。1985 年 Hammer 等成功地制作了转基因兔、绵羊和猪。特别是 1997 年英国罗斯林研究所克隆羊“多莉”的诞生，突破了有性生殖的框架，表明高等动物也可以由无性生殖来繁殖。同年，美国 PPL 公司和 Roslin 研究所合作，利用该法生产出具有乳腺表达人第九因子的绵羊。Cibell 与 Wilmut 等于 1998 年利用该法分别得到转基因克隆牛和表达治疗人血友病的凝血因子 IX 的转基因克隆绵羊。2000 年 Polejaeva 等得到首例体细胞克隆猪后代。2001 年英国 PPL 公司宣布世界首例转基因克隆猪诞生。2002 年 Jagdece 等克隆出了敲除（knock-out） $\alpha-1,3$ 半乳糖苷转移酶基因的克隆猪，从而推进了人类培育异种器官移植猪的进程。

转基因动物常用的制作方法主要有胞质内显微注射法、精子载体法、胚胎干细胞介导法、逆转录病毒感染法和体细胞核移植法等。

转基因动物的应用比较多，在生物制药领域，1999 年 Rudolph 用转基因动物乳腺

生产抗凝血酶血源产品, 2000 年 Niemann 葡萄糖苷酶血源产品。McCreath 等从转基因绵羊乳中生产具有天然蛋白相同的活性药物。阎喜军等在转基因羊乳汁中成功地表达了人凝血因子。在建立诊断和治疗人类疾病的动物模型方面, 通过转基因技术来制作各种研究人类疾病的动物模型, 为诊断和开展治疗类似的疾病积累宝贵的资料。Snyder 等 1995 年将人 CD4 融合基因导入家兔基因组, 成功地制作了可用于研究 HIV - 1 感染宿主细胞的动物模型。我国首次基因治疗疾病是在 1991 年治疗血友病患者并获得成功。在生产可用于人体器官移植的动物器官领域, 每年由于可供移植的人体器官不足, 成千上万的病人因得不到移植器官而死去。因此, 异源器官移植是解决世界范围内普遍存在的器官短缺的有效途径。目前对器官供体动物研究较多的是猪。猪作为人类器官移植的供体在解剖、组织及生理等方面与人类最为相近, 其器官与人的器官大小相仿, 并且容易饲养, 不存在伦理方面的问题。Rosengard 等 (1995) 将人的补体抑制因子——衰退加速因子 (hDAF) 转移至猪胚中, 有 27 头转基因猪表达了 hDAF。杨帆等 (2002) 获得表达外源 hDAF 的猪 7 头。在动物抗病育种和改良动物生产性能方面, 利用转基因技术可以加快动物改良进程。1988 年 Berm 将抗流感基因 Mx 转入猪, 1996 年王敏华将猪瘟病毒核酸酶基因转移给兔, Clements 等将 Visna 病毒的衣壳蛋白基因 (Eve) 转入绵羊, 使获得的转基因动物的抗病力明显提高。Pursel 等 (1989) 把牛的生长激素基因转入猪后得到的转基因猪在生长速度和饲料转化率方面显著提高。

转基因动物制药是转基因动物的一个非常重要的用途, 它能生产出具有医药价值的生物活性蛋白质药物。一般通过以下 5 种途径:

①通过血液, 1992 年 Swanson 等制备了血液中含有人血红蛋白的转基因猪, 这为从人以外的动物体获取珍贵的人血有效成分提供了一条新途径。

②通过膀胱, 1998 年, Kerr 等获得能在尿液中表达人类生长激素 (GH) 的转基因小鼠, 含量高达 0.5g/L。

③通过蚕茧, 2003 年, Tomita 等将原骨胶原蛋白 III 基因转入蚕体内获得成功, 表明了某些昆虫的茧可以作为生产外源蛋白的良好生物反应器。

④通过鸡蛋蛋清, 利用鸡蛋蛋清作为生物反应器, 具有周期短、产量大的优势, 因此逐步成为开发药用和营养蛋白的一种有效途径。2002 年, Harvey 等将 $\beta 2$ 内酰胺酶基因转入母鸡中, 每年产蛋达 330 个, 蛋清中含有约 3.5g 外源蛋白。运用此技术, 市场上将出现真正具有防心血管病、抗癌等效用的“营养蛋”、“保健蛋”。

⑤通过乳腺, 早在 1987 年, Gorden 等就建立了第一例乳腺生物反应器小鼠模型, 成功地表达了人组织纤维酶原激活剂 (tPA), 对于溶解血栓有着显著的疗效。此后, 乳腺生物反应器作为一种全新生产模式, 在生产高附加值蛋白方面有着广泛用途。美国科学家 Wall 曾列举过几种国际上首批用动物乳腺表达的血源蛋白质, 这几种产品在



美国的潜在市场可达 25 亿美元/年。随着目标产品的逐步扩大,截至目前,全世界从事乳腺生物反应器商业开发的公司已有 13 家之多,表达水平可以进行商业生产的药用蛋白有近 40 种。许多重组蛋白,如抗胰蛋白酶、tPA 等已进入最后的临床研究阶段。其中抗凝血酶Ⅲ已经完成了三期临床阶段,这将是第一个由转基因动物乳腺生产的重组药用蛋白进入市场。

据美国商业信息研究所估计,美国在 21 世纪初的营养医用品市场大约为 2500 亿美元,而欧洲将超过这个数字,目前全球营养医用品市场的平均增长率超过 187%,其中营养医用蛋白的发展潜力最大,已经成为营养医用品的支柱。但是现在的生产量只能满足市场需求的 10% ~ 15%,因此,运用动物乳腺生物反应器生产营养医用蛋白具有巨大的市场潜力,也成为近年来生物技术开发的热点。

目前也有许多公司通过转基因动物乳腺生产治疗性抗体。2002 年,美国的一家生物技术公司 (TranXenoGen, Inc.) 宣布:他们在转基因鸡蛋蛋白中表达了可用于治疗的单克隆抗体,现阶段的表达量可达 1.5ng/ml,由于转基因鸡是嵌合体,表达量受到限制,这家公司正努力改进技术以适应商业化的需求。同年, Kuroiwa 等敲除牛自身抗体基因,把包含人抗体基因重链和轻链的人工染色体整合到奶牛中,筛选得到具有人源化抗体的奶牛,通过检测发现表达有功能性的免疫球蛋白。用这种方法生产的治疗性抗体将在治疗疾病方面具有积极的推动作用。牛初乳中的抗体类型主要为 IgG, FcRn (neonatal Fc receptor) 作为 IgG 的转运工具,是决定牛奶中 IgG 含量的主要因素。利用 FcRn 转基因动物来生产高 IgG 含量的初乳化牛奶,为免疫疾病的治疗,如需要 IgG 转运 (如新生儿免疫)、调控 IgG 水平 (如自动免疫) 提供了一条全新的思路。

由此可以看出,转基因动物带来的不仅仅是一种全新的药物生产模式,极大地降低了生物药品的成本和投资风险,而且还为人类社会带来了新的经济增长点。据美国红十字会和遗传学会预测:到 2010 年,动物乳腺反应器生产的药物将占有所有基因工程药物的 95%,具有巨大的市场价值,从而使该项产业成为具有高额利润的新型工业。

转基因微生物主要是利用基因工程手段改造微生物,使之成为新的载体,具有新的特性。值得一提的是利用转基因微生物制造基因类药物已成为制药业的另一热点。虽然转基因动物与转基因微生物已颇具规模,但就转基因生物整体而言,转基因作物在品种、数量和商品化方面均获得了空前快速的发展,分析其发展现状具有典型意义。

转基因作物是当前发展最快的生物技术产业,据国际农业生物技术应用咨询服务中心 (ISAAA) 统计,自 20 世纪 90 年代中期以来,转基因技术和产品迅猛发展,全球转基因作物的种植面积由 1996 年的 260 万公顷猛增到 1999 年的 4148 万公顷,2000 年为 4420 万公顷,2007 年全球转基因作物种植面积扩大了 1230 万公顷,达到 1.143 亿公顷,比上年度增加 12.1%,是过去 5 年来的第二大增幅。虽然 2009 年的经济萧条带

来严重的影响，但四大转基因作物种植面积又创新高：全球大豆种植面积 9000 万公顷的 3/4 (77%) 为转基因品种；3300 万公顷棉花的近一半面积 (49%) 为转基因品种；转基因玉米占总面积 1.58 亿公顷的 1/4 以上 (26%)；转基因油菜为 3100 万公顷的 21%。除了种植面积的增长外，全球选择种植转基因作物的农户数量也有所增加。在最具挑战的非洲三国，转基因作物的种植也取得长足发展。正如 ISAAA 在 2008 年报中预计，发展中国家继续要求种植转基因作物，特别是巴西具有成为拉丁美洲未来发展引擎的潜力。以上事实表明转基因作物初见成效，而且将会为国际社会未来面临的挑战作出巨大贡献，包括：粮食自给和粮食安全，更多负担得起的食物，可持续性发展，减轻贫困和饥饿，缓解气候变化、全球变暖。

2009 年全球转基因作物种植面积继续攀升，达到 1.34 亿公顷 (图 1-1)，或 1.8 亿“性状/最终面积”，即以公顷数计算其增长了 900 万公顷或 7%，而以“性状面积”计算，则实际增长了 1400 万公顷或 8%。全球转基因作物“性状面积”从 2008 年的 1.66 亿公顷增长到 2009 年的 1.8 亿公顷。早先种植转基因作物的国家，其种植面积增长主要来自种植“复合性状作物”(不同于一个品种的单一性状或杂交种)，主要转基因作物玉米和棉花面积测量种植比率达到最佳标准。比如，2009 年美国 3520 万公顷全国玉米作物中 85% 为转基因品种，其中 75% 为双性状或三性状杂交作物，只有 25% 为单一性状的杂交种。同样，转基因棉花则占美国、澳大利亚和南非棉花作物的 90% 以上，

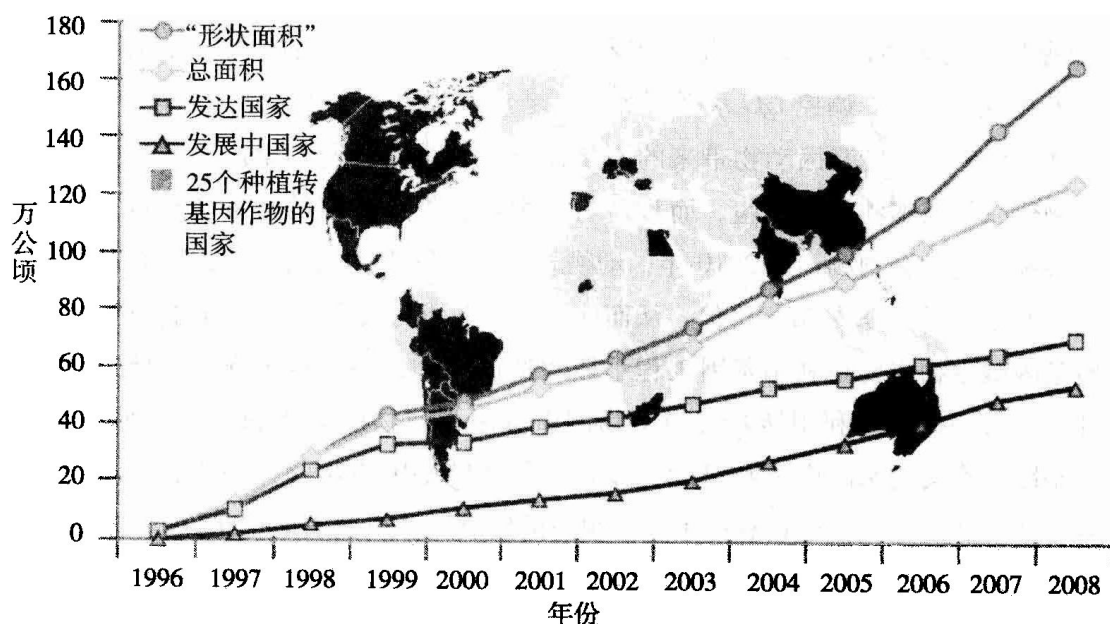
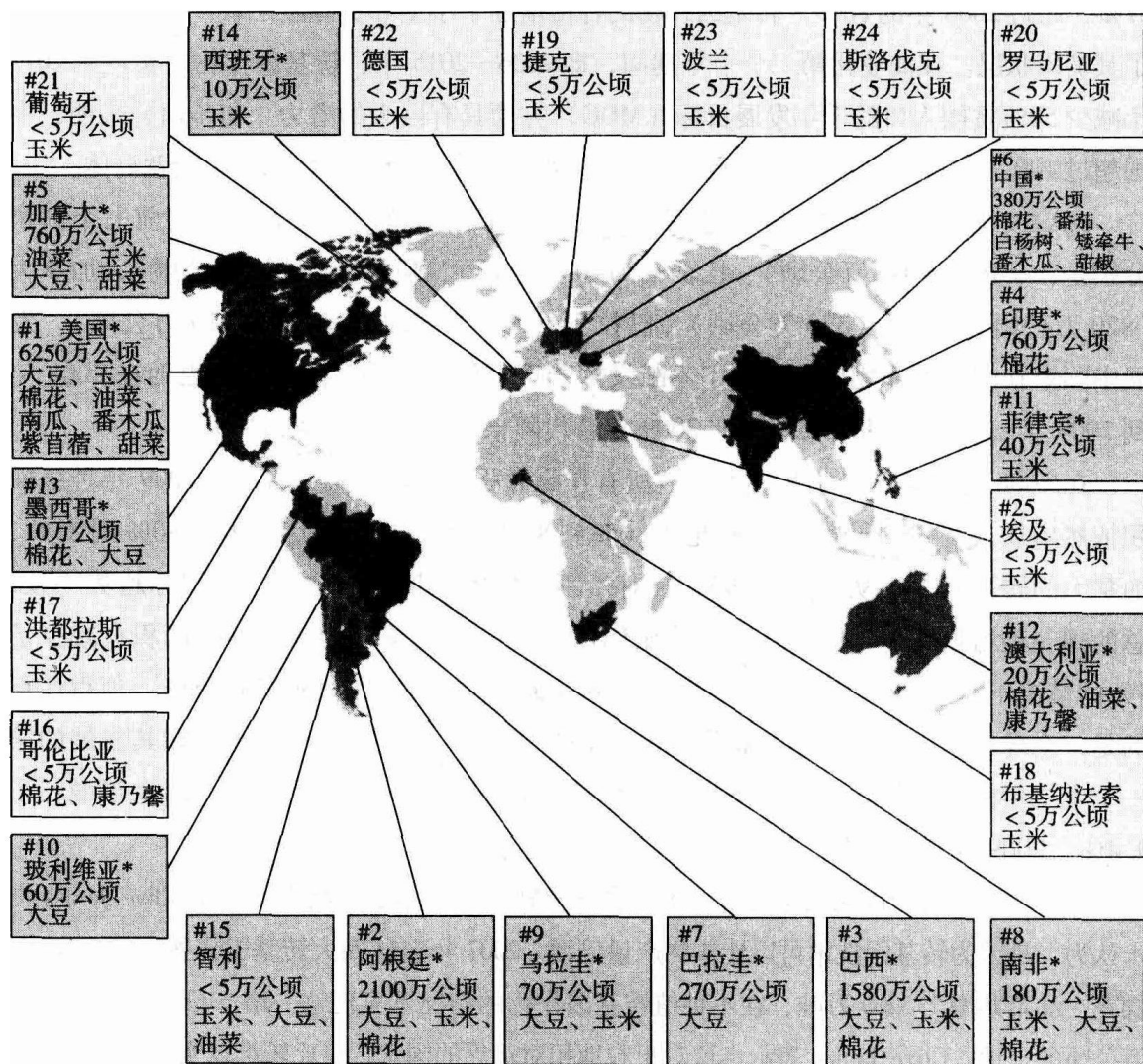


图 1-1 1996—2008 年全球转基因作物种植面积的发展情况

注：2007 年和 2008 年之间“明显”增长 9.4% 即 1070 万公顷，相当于实际增长 15% 或 2200 万公顷“性状面积”。

资料来源：Clive James, 2009.

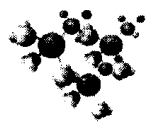
其中双性状杂交种占美国所有转基因棉花的 75%，澳大利亚为 88%，南非为 75%。显然复合性状作物已经成为转基因作物一个非常重要的特点；采用“性状面积”和公顷进行更准确的增长测量显得尤为重要。从 1996 年的 170 万公顷到 2009 年的 1.34 亿公顷，转基因作物耕种面积增长 80 倍，使转基因农作物技术得到最为迅速的利用。2009 年，种植转基因作物的国家数量和 2008 年持平，即 25 个，哥斯达黎加加入种植国家的队伍当中，而德国在 2008 年停止了 Bt 玉米的种植。哥斯达黎加和智利的情况相同，为了种子出口市场而种植转基因作物，哥斯达黎加的加入使拉丁美洲种植转基因作物的国家数量首次达到 10 个。从转基因作物商业化的第一年 1996 年，种植转基因作物的国家数量从初始的 6 个稳步增加，到 2003 年为 18 个，2008 年 25 个（图 1-2）。(Clive J., 2009)



■* 14个转基因作物国家的种植面积为5万公顷或更多

图 1-2 2008 年转基因作物种植国家

资料来源：Clive James, 2008.



2009 年转基因作物受益农民数量较 2008 年增加了 70 万户，全球 25 个国家的总数达到 1400 万户。2009 年全球总共有 1400 万户受益的转基因作物种植户（高于 2008 年的 1330 万户），其中有 90% 即 1300 万户（高于 2008 年的 1230 万户）为发展中国家的小型和资源匮乏的农户，剩下的 100 万农户为发达国家如美国、加拿大以及发展中国家如阿根廷和巴西的大农户。2009 年，在 1300 万户小型和资源匮乏的农户中，大多数为抗虫 Bt 棉花种植户，包括中国的 700 万农户（抗虫 Bt 棉花）、印度的 560 万农户（抗 Bt 棉花），剩下的 25 万农户分布在：菲律宾（转基因玉米）、南非（转基因棉花、玉米和大豆，通常由妇女种植）和其他 12 个发展中国家。2009 年受益农户数量增加最多的国家是印度，种植抗虫 Bt 棉花的小型农户增加了 60 多万户，占到全部棉花种植户的 87%，超过 2008 年的 80%。转基因作物的种植增加了小型和资源匮乏农户的收入，缓解了其贫困状况。在商业化第二个十年期间，即 2006—2015 年，转基因作物在实现到 2015 年减少 50% 贫困人口的千年发展目标（MDG）方面具有巨大的潜力。初步研究表明，中国超过 100 万户的小型和资源匮乏的农民将会是全球种植 Bt 棉花的第二大受益群体。

ISAAA 统计，2009 年，按照递减的顺序，种植面积超过 100 万公顷的前七个国家分别是：美国（6400 万公顷）、巴西（2140 万公顷）、阿根廷（840 万公顷）、加拿大（820 万公顷）、中国（370 万公顷）、巴拉圭（220 万公顷）、南非（210 万公顷）。发展中国家在转基因作物增长趋势下不断发挥着重要作用，值得注意的是巴西在 2008 年到 2009 年，以 35% 的增长比例在 2009 年替代阿根廷占据全球第二的位置。

在 2008 年转基因作物种植面积占有所有作物面积比例较高的情况下，2009 年种植面积依然增加，例如，印度的 Bt 棉花从 80% 到 87%，美国的转基因玉米从 80% 到 85%，加拿大的转基因油菜从 86% 到 93%。对于不同国家来说，如中国，和国际趋势一致，总的棉花种植量减少，但转基因棉花比例仍为 68%，而美国的棉花种植面积在减少了 4% 的情况下，其转基因棉花比例仍从 2008 年的 86% 增加到 2009 年的 88%。值得注意的是，全球转基因作物从其商业化伊始的 1996 年起，每年都稳步增长，在其发展的第一个十二年内以两位数字的速率增加，在经济萧条时期依然有所增长：2008 年增长了 9.4%，2009 年增长 7%。

转基因作物之所以能快速发展，国际农业生物技术应用服务组织的主席 Clive James 博士认为，是因为转基因技术可以让作物产量倍增。2007 年全球四大转基因作物大豆、玉米、棉花、油菜共增产 3200 万吨，在不种植转基因作物的情况下实现这一增产量需要增加 1000 万公顷的土地。Clive James 表示，这对于农地相对贫乏的国家，是比较难以实现的。

目前，已批准的商品化转基因植物主要有大豆、玉米、油菜、棉花、番茄、马铃薯、甜椒、西葫芦、木瓜、甜菜、香石竹、矮牵牛、亚麻、烟草、西瓜、菊苣等，用这些转基因植物生产加工的产品有近万种。转入的基因主要包括抗除草剂基因、抗虫

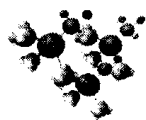


基因、抗真菌病害基因、抗细菌病害基因、抗干旱基因、抗盐碱基因、改良品质基因、控制雄性不育基因等。应用这些基因创造出的转基因植物能更有效地防治害虫和杂草，全面减少农药的应用，避免农药对人体健康所造成的威胁，有效地保持土壤中的水分、土壤结构、植物养分和防范水土流失等。然而，在给人类带来诸多好处的同时，转基因植物可能带来的生态风险、环境问题、作为食品对人体健康影响等问题已引起世界性的广泛关注。欧盟、日本、韩国等国家和地区先后出台了转基因产品的标识制度，要求检测转基因植物及其产品中是否含有转基因成分。因此各国都在积极开展转基因植物及其产品检测方法的研究，以帮助推动本国转基因植物及其产品标识制度的制定，保障公众健康和安全，维护消费者的知情权和选择权。

从全球来看，转基因作物具有满足粮食需求和应对气候变化挑战的潜力，因此获得的支持也越来越多。例如，2008年G8成员会议首次承认转基因作物在保障粮食安全中的重要作用；欧盟声明“转基因作物能在减缓粮食危机方面发挥重要作用”；包括印度、巴西等几个主要发展中国家均表达了发展转基因作物的政治意愿并承诺加大投入等。ISAAA董事会主席克莱夫·詹姆斯（Clive James）自信地认为，生物技术作物正迎来第二次推广浪潮，必将在为期10年的第二个生物技术作物商业化计划（2006—2015年）内推动全球的可持续增长。到2015年，全球生物技术作物累计种植面积将突破16亿公顷，全球将会有40个国家种植生物技术作物，亚洲、非洲和东欧国家将增长迅速，每年种植面积将达2亿公顷。ISAAA同时强调，尽管生物技术作物的应用范围不断扩大，但首先要考虑它对保障全球粮食安全以及减少饥饿、贫困的作用，应进行严格的管理，使之不受到来自使用粮食和饲料作物生产生物燃料这种竞争的破坏。

结合当前世界粮食安全的状况，我们认为生物技术作物将从两方面为全球粮食安全作出贡献，首先是粮食产量的提高，能够增加粮食产量和粮食供给；其次是降低粮食生产成本；最终会令粮食价格下降。此外，在应付非洲撒哈拉地区、拉美以及亚洲干旱地区所面临的严峻挑战方面，生物技术所发挥的作用将凸显，耐旱作物，特别是耐旱玉米，正渐渐成为现实。据估计，耐旱作物的种子预期最晚将于2012年和2017年先后在美国和非洲实现商业化。

在帮助解决粮食安全问题的同时，生物技术作物在环境友好型土地开发方面也起到很大的作用，如节约耕地、减缓环境影响、提高粮食生产的可持续性等方面，都可发挥重要作用。生物技术作物能够提高可收获粮食总量，降低粮食使用成本。据统计，1996—2007年的12年间，生物技术作物的种植使粮食产量提高了1.41亿吨，而若用传统方式来实现，需要额外增加4300万公顷耕地。据统计目前全球最贫困人口70%依赖耕种生活，每人每日收入不足1美元。2008年，全球共有1200万资源匮乏地区的农民受益于种植生物技术作物，推广生物技术作物可以使每公顷收入增加115~250美



元。对于发展中国家和处于经济转型期的国家而言，农业占 GDP 的比重很大，生物技术作物能够明显提高农业生产率，将更有助于消除贫困。

发达国家在转基因技术方面远远超过发展中国家，美国、加拿大等国已有近百种转基因食品上市，而且他们的目标是把大量转基因食品出口到发展中国家。我国已加入 WTO，也必将面临此类食品的挑战和冲击。

转基因作物的迅速发展呈现以下特点。

①转基因作物种类持续增多。目前，已有 200 多种植物实现了基因的转移：粮食作物（水稻、小麦、玉米、高粱、马铃薯、甘薯等）；经济作物（棉花、油菜、大豆、亚麻、向日葵等）；蔬菜（番茄、黄瓜、芥菜、甘蓝、花椰菜、胡萝卜、茄子、生菜、芹菜等）；瓜果（苹果、核桃、番木瓜、甜瓜、草莓、香蕉等）。

2009 年全球转基因植物种植面积和种类如下表所示。

2009 年全球转基因植物种植面积和种类表 (Clive James)

排名	国家	种植面积 (百万公顷)	主要种植种类
1	美国	64.0	大豆、玉米、棉花、油菜、南瓜、番木瓜、紫苜蓿、甜菜
2	巴西	21.4	大豆、玉米、棉花
3	阿根廷	21.3	大豆、玉米、棉花
4	印度	8.4	棉花
5	加拿大	8.2	油菜、玉米、大豆、甜菜
6	中国	3.7	棉花、番茄、杨树、番木瓜、甜椒
7	巴拉圭	2.2	大豆
8	南非	2.1	玉米、大豆、棉花
9	乌拉圭	0.8	大豆、玉米
10	玻利维亚	0.8	大豆
11	菲律宾	0.5	玉米
12	澳大利亚	0.2	棉花、油菜
13	布基纳法索	0.1	棉花
14	西班牙	0.1	玉米
15	墨西哥	0.1	棉花、大豆
16	智利	<0.1	玉米、大豆、油菜
17	哥伦比亚	<0.1	棉花
18	洪都拉斯	<0.1	玉米
19	捷克共和国	<0.1	玉米