

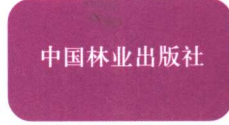


“生物多样性保护”系列丛书

转基因生物安全吗



魏 伟 钱迎倩 编著



中国林业出版社

“生物多样性保护”系列丛书

转基因生物安全吗

魏 伟 钱迎倩 编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

转基因生物安全吗/魏伟, 钱迎情 编著. —北京: 中国林业出版社, 2005. 6

(“生物多样性保护”系列丛书)

ISBN 7-5038-3956-2

I. 转… II. ①魏… ②钱… III. 生物—外源—遗传工程—安全技术
IV. Q788

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 014396 号

“生物多样性保护”系列丛书

主 编: 陈宜瑜

副主编: 康 乐 马克平

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail cfphz@public.bta.net.cn 电话 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 三河市富华印刷包装有限公司

版次 2006 年 1 月第 1 版

印次 2006 年 1 月第 1 次

开本 850mm × 1168mm 1/32

印张 4.625

字数 119 千字

印数 1 ~ 2000 册

定价 19.00 元

序

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和，包括数以百万计的动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与生存环境形成的复杂的生态系统，是生命系统的基本特征。人类文化的多样性也可被认为是生物多样性的一部分。正如遗传多样性和物种多样性一样，人类文化（如游牧生活和移动耕作）的一些特征表现出人们在特殊环境下生存的策略。同时，与生物多样性的其他方面一样，文化多样性有助于人们适应不断变化的外界条件。文化多样性表现在语言、宗教信仰、土地管理实践、艺术、音乐、社会结构、作物选择、膳食以及无数其他的人类社会特征的多样性上。

生物多样性是人类赖以生存的物质基础，具有巨大的商品和公益价值。其价值主要体现在两个方面：第一，直接价值，从生物多样性的野生和驯化的组分中，人类得到了所需的全部食品、许多药物和工业原料，同时，它在娱乐和旅游业中也起着重要的作用；第二，间接价值，间接价值主要与生态系统的服务功能有关，通常它并不表现在国家核算体制上，但如果计算出来，它的价值大大超过其消费和生产性的直接价值。据 Costanza 等估计，全球生物多样性每年为人类创造约 33 万亿美元的价值。生物多样性的间接价值主要表现在固定太阳能、调节水文学过程、防止水土流失、调节气候、吸收和分解污染物、贮存营养元素并促进养分循环和维持进化过程等方面。随着时间的推移，生物多样性的最大价值可能在于为人类提供适应当地和全球变化的机会。生物多样性的未知潜力为人类的生存与发展显示了不可估量的美好

前景。

近年来，物种灭绝的加剧，遗传多样性的减少，以及生态系统特别是热带森林的大规模破坏，引起了国际社会对生物多样性问题的极大关注。生物多样性丧失的直接原因主要有生境丧失和片段化、外来种的侵入、生物资源的过度开发、环境污染、全球气候变化和工业化的农业及林业等。但这些还不是问题的根本所在。根源在于人口的剧增和自然资源消耗的高速度、不断狭窄的农业、林业和渔业的贸易谱、经济系统和政策未能评估环境及其资源的价值、生物资源利用和保护产生的惠益分配的不均衡、知识及其应用的不充分以及法律和制度的不合理等。总而言之，人类活动是造成生物多样性以空前速度丧失的根本原因。据估计，由于人类活动引起的人为灭绝比自然灭绝的速度至少大 100 倍。引起了国际社会的普遍关注，各国政府纷纷制订有关生物多样性、特别是受威胁物种保护的法规。在生物多样性保护的进程中具有历史意义的事件是 1992 年在巴西首都里约热内卢召开的联合国环境与发展大会。在这次会议上通过了 5 个重要文件，其中之一即《生物多样性公约》。当时有 150 多个国家的首脑在《公约》上签字。《公约》于 1993 年 12 月 29 日正式生效，目前已有 188 个国家或地区成为缔约方。其宗旨是保护生物多样性、持续利用生物多样性以及公平共享利用遗传资源所取得的惠益。

中国是世界上少数几个“生物多样性特别丰富的国家”之一，现存物种总数约占全世界的 10%。中国又是世界上人口最多、人均资源占有量低。中国比其他国家更依赖于生物多样性。然而，巨大的人口压力、高速的经济发展对资源需求的日益增加和利用不当，使中国生物多样性受到极为严重的威胁。据调查，我国的生态系统有 40% 处于退化甚至严重退化的状态，生物生产力水平很低，已经危及到社会和经济的发展；中国有 15% ~ 20% 的物种受到严重威胁；遗传多样性大量丧失。中国作为世界栽培

植物起源中心之一，有相当数量的、携带宝贵种质资源的野生近缘种分布，其生境受到严重破坏，形势十分严峻。而且中国的保护区多在经济不发达地区，用于保护区的费用远远低于世界平均水平。如果不立即采取有效措施，遏制这种恶化的态势，中国的可持续发展是很难实现的。

为了推动生物多样性研究工作，及时反映这方面的研究成果，促进跨世纪的人才的培养，中国科学院生物多样性委员会曾组织并完成了“生物多样性研究”丛书，对于推动我国的生物多样性研究工作起到了积极的推动作用。随着近年来对生物多样性知识的普及和宣传，我国各级政府的有关管理人员和决策者对生物多样性的重要意义有所认识，保护意识也有所提高，但对于保护和可持续利用的需要还有较大差距。为此，中国科学院生物多样性委员会又组织有关专家编写这套“生物多样性保护”系列丛书，以进一步提高政府部门和公众对生物多样性保护的认识水平。为实现《生物多样性公约》缔约国大会提出的在 2010 年基本遏制生物多样性丧失的态势提供必要的信息。

陈宜瑜

2005 年 11 月 21 日于北京中关村

前言

自从 1953 年，沃森（James Watson）和克里克（Francis Crick）发现了 DNA 双螺旋结构以来，人们对基因有了更确切的理解。20 世纪 80 年代以来，将亲缘关系比较远的外源基因插入生物体的基因组，从而获得一种具有新的功能的生物体的生物技术得到飞速发展。这种生物技术，我们称为遗传修饰技术或转基因技术。这种技术曾经在实验室里孕育了十多年，现在利用这种技术得到的产品已经走上市场，进入了人们的生活。中国是世界上第一个进行商品化种植转基因作物的国家，当转基因抗病毒烟草在中国大地上大面积生长时，距世界上第一株转基因植物在实验室里诞生还不到 10 年的时间，这也是需要我们记住的事实。这种技术在了解基因功能的科学研究中曾经发挥了巨大的作用，也将继续在后基因组时代充当主要的研究工具。但是对通过该技术获得的生物或产品是否会对人类健康和环境产生负面影响还存在质疑和争论。本书的目的就是要分析疑惑，讨论争论，以事实为依据，为关心生物安全的读者收集资料并展开分析。与读者一起追求合理的结论与推论，正视已经悄然走进我们生活中的这些生物技术产品。

实际上，当实验室里具有全能性的一个细胞不断分裂、分化，最后获得第一株再生植株的时候，当第一头克隆动物诞生的时候，当作为模式植物的拟南芥菜的基因组序列展示在科学家面前的时候，当从自然界中分离到第一个珍贵的遗传基因的时候，我们已经在体验生物技术的快乐了。诚然，转基因技术也是一种生物技术，但并不是生物技术的全部。

毋庸置疑，遗传修饰技术或称转基因技术已经为我们带来巨大的惠益。然而，同时这些新生事物也带来了一些问题。这也是我们心存疑惑的原因。为了解开疑团，为了寻求答案，需要我们一起去探求。在开始我们探求的旅程以前，需要我们首先了解关于生物安全世界上已经发生了什么，以及可能即将要发生什么。并且所了解的应该是不带任何偏见的事实。这正是本书要呈现给广大读者的，也是本书要努力做到的。在观察一个事件时，我们要努力凭着公正的态度，努力本着客观存在，将正反两方面以及其他不同的观点展现在读者面前。

在这里要声明的是，我们不反对转基因技术，更不反对生物技术。同时我们也坚决支持生物安全的研究，因为这是推动生物技术尤其是转基因技术产业健康发展同时保证人民身体健康和环境健康实现可持续发展的惟一出路。当然在转基因技术和生物安全之间找到一个平衡将是异常困难的，因为我们的知识和能力还是很有限的。重视生物安全的本身就是重视生物技术。为了生物技术的健康发展，为了人类生活条件的美满幸福，我们强烈呼吁所有的科技工作者尤其是生物技术人员要重视生物安全的研究，我们呼吁广大群众关心生物安全，我们呼吁政府部门加强生物安全的管理，使我们的现存社会更加安全、更加舒适。我们不希望被当作转基因技术的反对派。如果读者读完本书后留下这样的印象，则是有违我们的初衷，也是我们写作的失败。

在这里，作者要感谢读者对本书的关注，也感谢中国科学院生物多样性委员会的支持。没有这样有力的支持，我们是很难有这样的决心和信心来完成这样一本书的，其出版也是不可能的。鉴于水平有限，书中有可能存在这样或那样的错误，我们欢迎批评，也期望得到读者的指正意见。

编 者

2005 年 6 月于北京

目 录

序

前 言

第一章 “生物安全”概念的由来	(1)
一、什么是生物安全	(2)
二、什么是转基因技术	(5)
三、为什么要转基因	(9)
四、转基因植物知多少	(15)
五、为什么要提出生物安全问题	(25)
六、关于伦理道德的争论	(26)
第二章 转基因食品安全吗?	(29)
一、餐桌上的转基因食品知多少	(29)
二、中国有多少转基因食品	(30)
三、与转基因食品安全性有关的几个事件	(34)
四、你敢吃转基因食品吗	(42)
五、转基因食品的标签	(43)
六、转基因食品安全的评价标准和方法	(46)
七、如何检测转基因食品	(51)
第三章 会“飞”的基因——基因流与基因污染	(54)
一、基因流	(54)
二、基因污染	(68)
三、两个有关的事件	(73)
第四章 黑脉金斑蝶的恐惧——兼谈非靶标效应	(80)
一、黑脉金斑蝶的故事及其他	(80)

二、转基因作物对昆虫行为的影响	(86)
三、对土壤生物的影响	(88)
四、国内转基因抗虫棉的非靶标效应	(92)
五、关于“黑脉金斑蝶”事件的始末的介绍	(95)
第五章 害虫和转基因抗虫棉	(100)
一、“雾里看花”抗虫棉——转基因棉花的困惑	(100)
二、害虫为什么能对 Bt 蛋白产生抗性呢	(103)
三、我们的对策	(112)
四、害虫对 Bt 蛋白抗性会自动消失吗	(117)
第六章 风险和惠益的谈判	(119)
一、惠益明显、矛盾尖锐	(119)
二、还有其他风险吗	(124)
三、管理者的责任	(127)
四、怎样对待转基因生物	(134)
参考文献	(137)

第一章 “生物安全”概念的由来

目前对“生物安全”这一名词的内涵可能包含着三种理解。有人认为，广义的生物安全英文为 Biosecurity，按自然保护国际联盟（IUCN）专家 McNeely 等对此术语的定义为：“管理由于某些生物体通过排斥、削弱、适应、抑制和根除等途径造成的对经济、环境和人体健康的各种风险”，也就是说，外来入侵的物种适应了新的生态系统而把原来当地的物种排斥或根除了，从而造成当地环境破坏、经济损失以及给人体健康带来威胁，因此要对这种外来入侵种进行管理。这种管理也可以包括针对转基因生物的管理，这就是第二种理解，英文为 Biosafety，这名词是针对《生物多样性公约》的条款中所指的“制定或采取办法以酌情管制、管理或控制由生物技术改性活生物体在使用和释放时可能产生的风险”提出来的。按联合国环境规划署的名词定义是：“作出各种努力以减轻或消除由于生物技术和其产物所造成的各种潜在风险”。第三种理解是针对当前国际上的生物武器以及生物恐怖主义者的防范，也就是对培养致病的微生物或它们的毒素或者用基因工程的手段制造基因武器来传播疾病，危害人类以及利用新的植物病害给敌人的农作物以致命的毁灭或用特殊的微生物灭绝各种驯养动物的控制措施。这本小册子要给大家介绍的生物安全仅局限于“由于生物技术及其产物所造成的各种潜在风险”的领域。

近年来，生物安全问题不仅在国际上是人们关注的热点，而且在国内的媒体上也经常可以看到有关的报道，特别是有关转基因食品安全性的报道。为了让大家对生物安全有一个正确的了

解，有必要把生物安全的概念先作一介绍。

一、什么是生物安全

在20世纪70年代早期，即重组DNA技术（从某个物种中分离特种基因并将其导入到其他生物体中的技术）发展的早期，就有一些科学家对与此项研究有关的潜在生物学和生态学风险，以及进入环境以后所带来的潜在危害表示担心。在科技界，有关这项技术安全性的争论一直没有停止。到20世纪80年代中后期，已有不少转基因生物陆续在实验室获得成功，有一部分已经进行中间试验，有的甚至已接近进入商业化生产阶段。生物安全这一术语在刊物及各种场合下逐渐多起来。一旦实现商业化生产，大量的转基因产物就会成为商品进行国际贸易。因此，转基因生物及其产品的越境转移，对环境可能产生的不利影响，对生物多样性保护和持续利用的影响，以及对人类健康的影响等问题，也就是转基因生物及其产品的安全性问题已涉及到国家与国家之间的利益问题。

1992年6月5日在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展会议所通过的《生物多样性公约》（以下简称《公约》）中，生物安全的内容已在有关条款中列入，并提出建议专门为生物安全设立一项议定书，作为制定有法律约束力的国际文件。为此，在1995年11月召开的《公约》缔约国第二次会议上，专门设立了一个生物安全全权特设工作组，以制定《生物安全协定草案》。由此可见，转基因作物及其产物一旦成为商品，与之相关的一系列问题不仅是科技界争论的科学技术问题，而且是涉及到经济、贸易，甚至政治问题。由于涉及各种国家的利益，议定书的谈判非常艰苦，经多年的谈判才最后定稿，被称为《生物多样性公约——卡塔赫纳生物安全议定书》（简称《议定书》）（图1-1），

并在 2000 年 1 月 29 日加拿大蒙特利尔召开的缔约国大会特别会议上正式通过。



图 1-1 《生物多样性公约》与《卡塔赫纳生物安全议定书》

《议定书》的简介中对生物安全的概念有如下两段的叙述：

“生物安全是《公约》阐述的问题之一。这一概念所指的是各国必须保护人类健康与环境免受现代生物技术产品对其可能造成的有害影响，同时亦承认现代生物技术为提高人类生活质量方面具有极大的潜力，特别是在满足粮食、农业及卫生健康这些必不可少的需要方面。《公约》明确阐述了现代生物技术在两方面的孪生关系。一方面，《公约》对与生物多样性保护和持续利用相关技术的使用和转让（包括生物技术）提出了规定（例如，第 16 条第 1 段和第 19 条第 1、2 段）。另一方面，在第 8（g）条和第 19 条第 3 段中，《公约》本着减少对生物多样性造成威胁的所有可能之总体目标，同时也考虑到人类健康所面临的风险，力求确立适当的程序以提高生物技术的安全。第 8（g）条的规定与缔

约方应采取的国家级措施有关；而第 19 条第 3 段则为解决生物安全问题而须制定的有法律约束力的国际文件奠定了基础”。

“这份《议定书》为有利于环保的生物技术的应用创造了一个基础环境，从而使各缔约国能在最大限度地降低生物技术对环境和人类健康可能造成的风险的同时，尽可能从生物技术所能提供的潜力中获得最大的惠益”。

“转基因生物”（transgenic organisms）指的是通过转化技术将来自不同生物体的或人工的外源基因转入受体而获得的生物体。目前应用比较多的具有相似含义的名词尚有“遗传修饰生物体”（GMOs, Genetically Modified Organisms）以及“遗传工程生物体”（GEOs, Genetically Engineered Organisms）等。GMOs 在有关国家或国际组织的生物安全管理条例中使用比较频繁，强调通过重组 DNA 等生物技术获得的生物体，不仅仅包括转入外源基因的生物体，从字面意义上看，比转基因生物体的含义更广些。另有“改性活生物体”（LMOs, Living Modified Organisms）则是《生物多样性公约》和《生物多样性公约——卡塔赫纳生物安全议定书》的用语。

上述两段叙述辩证地说明了“生物安全”这一术语的概念，即既承认现代生物技术在满足人类食物、农业及卫生健康上具有极大的潜力，应该充分发挥其潜力去发展生物技术；但也必须注意到现代生物技术可能对环境产生不利的影响，可能影响到人类对生物多样性的保护和持续利用，也可能对人类健康造成危险。重视生物安全并制定了《议定书》，就会有目的、有步骤地研究现代生物技术给环境和人类健康可能带来的影响。解决这些可能

的影响，就会从现代生物技术所能提供的潜力中获得最大的惠益，并使生物技术能更好地造福于人类。

二、什么是转基因技术

1953 年沃森 (Watson) 和克里克 (Crick) 提出了 DNA 双螺旋结构模型，开创了分子生物学的新纪元。基于 DNA 双螺旋结构的理论基础，伯格 (Berg) 在 1972 年首次实现了体外重组 DNA 技术。其主要原理是按照人们的意愿，经过周密的设计，应用人工方法把某种生物的遗传物质 (DNA) 分离出来，在体外进行切割、拼接和重组，将重组了的 DNA 通过各种途径导入并整合到某种宿主细胞或个体的细胞核中，有目的地改变它们的遗传性状，这种创造新的生物类型的技术称为转基因技术。以转基因抗虫棉花为例，大家都知道，有一种生长在棉花上的昆虫叫棉铃虫，专吃棉花的叶片和棉桃，造成棉花大量减产。研究已经知道有一种细菌称为苏云金杆菌，菌体内有能产生可杀死棉铃虫的毒素的基因 (简称 Bt 基因)。我们首先把细菌中这种基因的 DNA 分离提取出来，在体外进行切割、拼接和重组，然后通过各种途径将重组了的 DNA 导入并整合到棉花的细胞核中。经过这种技术处理后得到的棉花，其叶片和棉桃内就有了转进去的能表达毒素的细菌基因，棉铃虫吃了这种棉花的叶片或棉桃就会死亡。这种经过改造的棉花就称为转基因抗虫棉花。

首先我们介绍重组 DNA 技术。这里还是以转基因抗虫棉为例，第一步是将苏云金杆菌中能表达毒素的基因分离出来。把从细菌中提取到的全部 DNA 分子切割成所需的片段，然后将切割下来的片段有目的、有方向地再连接起来进行重组，有时为了便于 DNA 片段之间的连接，还需要对片段的末端进行加工 (修饰)。DNA 的切割、修饰和连接都是依靠酶，切割 DNA 的酶称为

限制性内切酶，用于修饰的酶称为 DNA 片段末端修饰酶，连接 DNA 片段的酶称为 DNA 连接酶。这些酶统称为工具酶。

从苏云金杆菌 DNA 中通过切割得到的能表达毒素的基因称为目的基因。因为这种基因还将被转移到棉花的细胞核中去，因此又称为外源基因。而外源基因必须先同一种传递中介结合后才能进入受体细菌或动物、植物受体细胞中。这种能承载外源基因带入受体细胞的传递中介称之为基因克隆载体。这种载体具有能使外源基因组结合的克隆位点，可以携带外源基因进入受体细胞，并且能整合到受体细胞的基因组 DNA 上，随着基因组 DNA 的复制而复制。这种载体必须具有选择标记，使已带有外源基因载体的受体细胞，根据某种性状能够被筛选得出来。目前一般常用的基因克隆载体有质粒载体、噬菌体载体、病毒载体等等。

目的基因能否有效地转移到受体细胞内取决于 3 个条件：是否有适用的受体细胞、合适的克隆载体、以及合适的基因转移方法。

先介绍受体细胞。原核生物（例如细菌、蓝藻和农杆菌等）的细胞是很好的受体细胞。它们容易摄取外界的 DNA、增殖快、基因组简单，便于培养和基因操作，因此被普遍应用。真核生物（如酵母、动物和植物）的细胞，也是重要的受体细胞。酵母的某些性状与原核生物很类似，早期就被用作基因克隆受体。动物细胞由于体细胞不容易再分化成个体，所以经常用生殖细胞、受精细胞或者胚胎细胞作为受体细胞，由接受转基因的胚胎再进一步发育成转基因动物。

自 1997 年英国克隆出世界上第一头多莉羊后，情况发生了很大的变化，转基因的动物体细胞不仅有可能表达转基因的产物，还可以通过克隆技术培育出克隆动物。例如，现在已经成功培育出一种促红细胞生成素的转基因牛，由于红细胞生成素能促进红细胞的生成，对肿瘤化疗等红细胞减少症有积极的治疗效

果，人们想像如果能把这种转基因牛的体细胞进行克隆，将来就有可能从一头具优良性状的转基因牛身上取到大量的体细胞，通过克隆大量地获得较廉价的转基因牛。虽然该研究还会有不少困难，但前景非常看好。

植物组织培养在 20 世纪 40 年代已经开始研究，用植物的器官和组织培养成为植株已相当成熟。70 年代后，一个植物细胞在人工合成的培养基中，如果温度等各种人工环境条件合适的话，不仅可以存活、生长、增殖，还可以再分化出根、茎、叶，经过移栽后还能长成一棵完整的植株，并能正常开花、结果。不仅植物细胞可再生长成完整植株，去掉细胞壁的裸露的植物细胞——原生质体也可以在人工培养条件下再长出细胞壁并再生成完整的植株。因此植物细胞也是理想的基因克隆受体细胞。

其次介绍克隆的载体。目的基因在转移到受体细胞之前，一般都需要先把含目的基因的 DNA 片段组装到合适的克隆载体上。这种克隆载体应该具有强启动子，才能使组入的目的基因能在受体细胞中有效地表达。此外，克隆载体还应该便于同含有目的基因的 DNA 片段进行连接。有了合适的克隆载体和含目的基因的 DNA 片段，选用合适的限制性内切酶切割，并用 DNA 连接酶连接好，就得到预期的重组 DNA 分子。

现在再介绍基因转移方法。重组 DNA 分子转移到原核细胞中一般通过转化、转导和三亲本杂交等途径。大肠杆菌是原核生物中应用最广泛的基因克隆受体。真核生物由于其细胞结构复杂，采用原核生物基因转移的方法效果不好，必须寻求分别适用于动物和植物的基因转移方法。较早把重组 DNA 分子转移到植物细胞的方法是用根癌农杆菌介导的 Ti 质粒载体转化法（图 1-2）。由于该方法存在一定的局限性，随后又发展了电穿孔法、微弹轰击法、激光微束穿孔法、多聚物（如聚乙二醇（PEG））介导法和花粉管通道法等等，这些方法都可以把重组 DNA 分子直