

# 转基因植物及其安全性研究进展

孙婷婷, 胡宝忠

(东北农业大学生命科学学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:** 介绍了目前常用的植物转基因方法, 并简要就转基因植物的生态安全性、35S 启动子安全性、载体骨架序列安全性、抗生素抗性标记基因安全性和食品安全性五个方面进行了综述。

**关键词:** 转基因植物; 生物安全

中图分类号: Q 78      文献标识码: A      文章编号: 1002—2767(2007)02—0072—03

## Progress on Genetically Modified Plants and Their Securities

SUN Ting-ting HU Bao-zhong

(Life Science College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030)

**Abstract:** This paper summarized the common technologies of genetic modification, and the securities on zoology, 35S promoter, sequence of carrier, antibiotic marked gene and foodstuff.

**Key words:** genetically modified plant; biologic security

21 世纪, 生命科学成为了自然科学中的主导科学。生物技术的核心是基因工程技术, 新的技术带来了巨大的科学发展及经济效益, 同时也带来了新的棘手问题。随着转基因植物商品化速度的加快, 社会公众对转基因植物及其产品的安全性或风险的关注程度与日俱增。关于对转基因植物的看法已由学术观点的分歧, 发展到环境问题、人类健康及知识产权和经济问题的争论。客观地说, 转基因技术是祸福相倚的“双刃剑”, 本文仅从自然科学的角度探讨转基因植物及其生物安全性。

### 1 转基因技术的概念

#### 1.1 转基因技术的定义

将人工分离和修饰过的基因导入到生物体基因组中, 由于导入基因的表达, 引起生物体性状的可遗传的修饰, 这一技术称之为转基因技术。经转基因技术修饰的生物体在媒体上常被称为“遗传修饰过的生物体”(Genetically modified organism, 简称 GMO)<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 常用的植物转基因方法

植物转基因方法大致分成两大类, 第一类需要

通过组织培养再生植株, 常用方法有农杆菌介导转化法、基因枪法; 另一类方法不需要通过组织培养, 目前技术比较成熟的主要有花粉管通道法<sup>[2]</sup>。

1.2.1 农杆菌介导转化法 农杆菌是普遍存在于土壤中的一种革兰氏阴性细菌, 分根瘤农杆菌和发根农杆菌两种, 其细胞中分别含有 Ti 质粒和 Ri 质粒, 其上有一段 T—DNA, 通过侵染植物伤口进入细胞后, 可将 T—DNA 插入到植物基因组中。因此, 农杆菌是一种天然的植物遗传转化体系。农杆菌介导法起初只被用于双子叶植物中, 但近年来, 农杆菌介导转化在一些单子叶植物(尤其是日益作为模式植物的水稻<sup>[1]</sup>)中也已经得到了广泛应用和认可, 这是该领域的重大进展。

1.2.2 基因枪介导的转化法 利用火药爆炸或高压气体加速(加速设备即被称为基因枪), 将包裹了带目的基因的 DNA 溶液的高速微弹直接送入完整的植物组织和细胞中, 然后通过细胞和组织培养技术, 再生出植株, 筛选出其中的阳性植株即为转基因植株。与农杆菌转化相比, 基因枪法转化虽然存在着整合率低、成本昂贵等不足, 但其主要优点是不受受体植物范围的限制, 而且其载体质粒的构建也相

收稿日期: 2006—09—27  
第一作者简介: 孙婷婷(1981—), 女, 哈尔滨市人, 在读硕士, 从事植物分子生物学与植物生殖生物学研究。 E-mail: sun\_1016@126.com。  
通讯作者: 胡宝忠(1962—), 男, 哈尔滨市人, 东北农业大学生命科学学院教授, 博士生导师。 E-mail: hubz@neau.edu.cn。

对简单, 因此也是目前转基因研究中应用较为广泛的一种方法。

1.2.3 花粉管通道法 在授粉后向子房注射含目的基因的 DNA 溶液, 利用植物在开花、受精过程中形成的花粉管通道, 将外源 DNA 导入受精卵细胞, 并进一步地被整合到受体细胞的基因组中, 随着受精卵的发育而成为带转基因的新个体。该方法于 20 世纪 80 年代初期由我国学者周光宇提出, 我国目前推广面积最大的转基因抗虫棉就是用花粉管通道法培育出来的。该法的最大优点是不依赖组织培养人工再生植株, 技术简单, 不需要装备精良的实验室, 常规育种工作者易于掌握。但是, 该方法在学术界存在着很大的争议, 国外学者近年来已经弃用, 因此对其结果的可靠性尚需持谨慎态度。

## 2 转基因植物的安全性

### 2.1 “超级杂草”——潜在的生态威胁

基因流是指在一个随机交配群中, 由于合子或配子的散步而造成基因流动, 从而引起等位基因频率的改变, 这是生物进化的原因之一。与常规植物一样, 转基因植物也可以与近缘植物杂交, 产生杂种。因此, 转基因植物的大规模释放可能使转入的外源基因流向其近缘植物, 从而发生转基因逃逸。如果转基因流向有亲缘关系的杂草, 则有可能产生更加难以控制的杂草。如果转基因流向生物多样性中心的近缘野生种群并在野生种群中固定会导致野生等位基因的丢失而造成遗传多样性的丧失<sup>[7]</sup>。

理论上讲, 许多性状的改变都可能增加转基因植物杂草化的趋势。转基因植物与常规植物相比, 具有某些竞争优势, 因此就有可能入侵其他植物栖息地, 从而导致杂草化。当前, 世界上的主要栽培植物都是经人类长期驯化培育而成, 已基本失去了杂草的遗传特性, 仅靠一两个基因的改变就使它们转变为杂草的可能性非常小, 但随着更多基因的导入, 不能排除引起转基因植物杂草化的可能性。尤其是对于那些在特定的条件下本身就是杂草的作物, 例如曾经引起过严重杂草问题的向日葵、草莓、嫩茎花椰菜等, 这类植物的遗传转化后, 更应该密切检测以防杂草化的出现<sup>[8]</sup>。由于杂草可能引起严重的经济和生态上的后果, 使转基因植物的杂草化成为其最主要的风险之一。虽然“超级杂草”目前并不存在, 但是我们也应积极采取以下有效的措施与对策来进行预防。

2.1.1 物理隔离 物理隔离的一种主要方式为距离隔离, 它是农业生产中为保证种子纯度而经常使

用的防止作物串粉的手段之一。转基因作物释放时采用距离隔离可在某种程度上阻断转基因花粉的漂移。关于转基因作物的传粉距离, 已经积累了一些研究成果, 在转基因棉花和转基因马铃薯中均有相关报道。除了距离隔离外, 根据具体的转基因作物, 还可选择采用如去掉转基因作物的花、移去与作物有亲和性的种类、调整播种时间使转基因作物及其亲和性物种的开花时间相互错开及在周围种植同种的非转基因作物以作为缓冲区等物理方法。但上述方法只适合于转基因作物的小规模田间释放试验, 而对于大面积商品化生产采用物理隔离来防止转基因通过花粉的扩散是不切实际的, 必须考虑其它对策<sup>[7]</sup>。

2.1.2 转基因遗传调控 该法是指利用遗传工程技术调控转基因对杂草的选择有利性。在一个串联构建体中, 让对作物是中性或有利而对杂草有害的 TM 基因(TM1、TM2)位于目的基因(如抗除草剂基因)的两侧, 则这种转基因花粉与近缘杂草受精后产生的后代虽然具有目的基因, 即能抗除草剂但同时获得的 TM 基因会产生有害的总效应, 使其难以发展成为超级杂草。即使两个 TM 基因中的一个在杂交后代中消失, 剩下的另一个仍会产生调控作用<sup>[7]</sup>。采用转基因遗传调控策略后, 也不能完全避免超级杂草的出现, 因为转基因遗传调控技术本身也存在某种风险, 这种风险性来自于 TM 性状和转基因性状的相互分离以及 TM 性状的突变失活。因此, 对转基因遗传调控, 管理部门所应关心的是该策略能使超级杂草产生风险的程度尽可能的降低, 而不是完全避免。

2.1.3 雄性不育和无融合生殖机制的利用 由于基因漂移主要是通过花粉的传播和受精来实现的, 释放雄性不育品种是阻止转基因逃逸的一种直接而有效的方法, 它对既能有性生殖又能无性繁殖的一类作物(如马铃薯)尤为适用。虽然这种方法并不是万无一失的, 但这类转基因作物的释放还是能大大降低其生态风险性。无融合生殖是生命科学领域里一个古老而富有活力的分支, 我国在利用无融合生殖机制固定水稻杂种优势方面已做了大量的研究工作。在无融合生殖方式下, 种子实际上是来源于营养体, 故如果具有无融合生殖特性的转基因作物缺乏有活力的或有亲和性的花粉, 就不会有转基因逃逸的事件发生<sup>[7]</sup>。

### 2.2 转基因植物中 35S 启动子的生物安全性

启动子是基因表达所必需的, 它决定了外源基

因表达的空间、时间和表达的强度等,是人们定向改造生物的重要限制因素。植物遗传转化中最常用的组成型启动子是 35S 启动子。有关 35S 启动子的潜在风险问题国外有些报道:如果 35S 启动子插入到原来整合到植物基因组中的隐性病毒基因组旁,可能会重新活化病毒;如果该启动子插入到某一编码毒素蛋白的基因上游,可能会增强该毒素的合成;当转基因植物被动物或人类食用时,35S 启动子可能会通过基因的水平插入到某一致癌基因上游,活化并且导致癌症的发生<sup>[8]</sup>。

35S 启动子来源于 CaMV,即花椰菜花叶病毒,这一病毒侵染多种十字花科植物。据统计,其中 10% 十字花科的蔬菜、50% 的花椰菜已经被不同株系的 CaMV 感染,每一个感染的细胞中都有数千个病毒基因组拷贝,有裸露的 DNA,也有病毒粒子。假如 35S 启动子具有危害的话,那么食用这些蔬菜要比食用转基因植物的风险大得多。到目前为止,在为数众多的转基因植物中还没有任何关于 35S 启动子移动的报道。因此,更多的观点认为,某些学者质疑的 35S 启动子的安全性问题是实验方法所造成的假象。另外,植物基因组中早已经存在大量的可以移动的转座因子,它们都具有较强的启动子特性,但是并没有引起许多隐性基因和病毒基因组的活化。另外,35S 启动子在哺乳动物中是否具有活性还没有任何报道<sup>[9]</sup>。

### 2.3 载体骨架序列的生物安全性

T-DNA 是指两侧边界以内被转移到植物中的 DNA 区域,包括报告基因、标记基因、多克隆位点和启动子—目的基因—终止区结构。T-DNA 双元载体的骨架序列即 T-DNA 边界以外的 DNA 序列。目前,载体骨架序列整合到植物染色体上所导致的安全问题还不清楚,但这些序列有可能会逃逸到环境中产生表达有负作用的蛋白质,而且载体骨架序列可能会影响植物正常基因的表达和促进转基因的重排等。为减少转基因植物中外源非目的基因片段,可采取的措施是:①设计转基因的特异启动子,增强基因表达的专一性;②设计和使用小的双元载体用于转化(由于载体序列变小,容易产生单克隆位点,有利于外源 DNA 克隆);③筛选只含有 T-DNA 的转基因植物,在转化植物后筛选或富集只含有 T-DNA 序列的转基因植物会进一步增加可靠性;④将只含有转基因表达所需的基本元件(启动子、开放阅读框架和终止序列)而不含有载体骨架序

列的线形 DNA 直接转入受体细胞。

目前,虽然已经研究出很多解决载体骨架序列安全性的措施,但主要用于烟草、拟南芥等模式植物,真正要推广应用于转基因作物还需较长一段时间<sup>[14]</sup>。

### 2.4 抗生素抗性标记基因的生物安全性

抗生素抗性标记基因的生物安全问题是指其抗性基因转移所导致的在环境中的传播。目前,转基因作物绝大多数都使用细菌编码的抗生素抗性基因作为选择性标记。由于在过去的几年里,已经有越来越多的报道指出细菌可以获得对多种抗生素的抗性,这导致人们开始怀疑转基因植物中的抗性基因是否会转移到细菌中。有关抗生素抗性标记基因的安全性的另一个考虑是,转基因植物中的标记基因是否会通过食物在肠道中水平转移至微生物,从而影响抗生素治疗的有效性,这种怀疑使转基因植物的安全性讨论更加复杂。编码抗生素抗性标记基因 DNA 从植物细胞中释放出来后,很快被降解成小片段,甚至核苷酸。因此,可以说植物 DNA 在进入有肠道微生物存在的小肠下段、盲肠及结肠前已被降解。即使 DNA 完整地存在,转移并整合进受体细胞也是一个非常复杂的过程。更重要的是随着生物技术的发展,现在已可将转基因植物中的标记基因通过定位重组技术删除,或可用更为安全的标记基因,如甘露糖—6—P—异构酶,也可完全不用标记基因,即无标记转基因植物,这些都将成为未来几年内的研究热点<sup>[11~13]</sup>。

### 2.5 转基因食品的安全性

迄今为止,全世界已有 40 多个可能作为食品来源的转基因植物获得批准上市。主要包括延熟番茄,抗除草剂的玉米、棉花、大豆和油菜,抗虫的马铃薯、棉花和玉米,抗病毒的西葫芦、南瓜和番木瓜,雄性不育的玉米和莴苣以及改变油脂特性的油菜和大豆等。转基因植物由于采用遗传工程操作的特殊手段,可能存在无法预测的其它性状的改变,从而带来某些转基因植物食品的安全性问题。转基因食品对人类的危害如下:①可能含有已知或未知的毒素,对人体产生毒害作用;②可能含有已知或未知的过敏源,引起人体的过敏反应;③这种食品某些营养成分或营养质量可能产生变化,使人体出现某种病症。

1993 年,经济发展合作组织(OECD)提出了食品安全性分析的实质等同性原则,即生物技术产生

(下转 91 页)

按专线、专业定期下到村屯, 为农民解决实际问题。

2.4 完善有关政策法规, 加速科技成果的转化

一要尽快完善并落实科技成果转化的各项优惠政策。对黑龙江省已经出台的《黑龙江省促进科技成果转化条例》, 要求各地县在贯彻和落实方面到位, 并制订相应的政策措施。二要进一步利用法律手段放开搞活技术市场促进科技成果商品化。对技术市场的优惠政策应进一步放宽, 对四技服务(技术转让、技术开发、技术服务、技术咨询)均实行免税, 大力宣传税收减免政策, 并尽快完善知识产权保护制度等。三是建立激励制度, 将科研人员在县域进行科技成果转化与其职称或其它待遇挂钩, 推进科技人员进入经济建设主战场。四是地方政府为科技成果转化制定配套政策。诸如科技成果转化奖励制度、对在与科研部门进行科技合作中为县域经济做出贡献的科研人员的奖励规定等。

2.5 加强科技服务体系建设

首先, 通过完善省技术市场信息港、省科技成果推广网, 加强县、乡信息服务网络建设。当前特别要加强农业信息服务, 加强工业科技成果信息交流。省农技推广中心开展的农技“110”热线服务值得借鉴。目前全省已有 40 余个县(市)农业技术推广中心开通了农技“110”服务热线, 设专家值班, 24 h 服

务。各地充分发挥市地、县、乡、村已经联网这一有利条件, 在网络上建专家咨询平台, 农民遇到生产中的问题, 随时拨打农技“110”, 足不出户便得到专家的指导。

2.6 发挥推广示范基地作用, 带动区域经济发展

多年的实践证明, 推广示范基地是对转化科技成果、提高科技成果的显示度和辐射面积、促进行业或区域经济发展具有重大作用。全省已建立国家农业科技示范场 12 个, 建设科技园区和示范带 2 625 个, 总面积为 659 204 hm<sup>2</sup>。但对全省来讲, 从数量到规模还远远不够, 应加大管理和投入力度, 进一步加强建设。此外, 还要有计划地建立科技成果示范点, 在农村多建立科技示范田、培养科技示范户, 让农民都有“眼见为实”的机会。

总之, 目前黑龙江省县域经济的发展处在农业结构调整的关键时期, 在省委省政府提出的“努力快发展、全面奔小康”奋斗目标的重要时刻, 县域科技成果转化工作显得非常重要, 需要省一级和地方一级政府的支持和宏观指导, 根据产业技术政策和行业对主体技术及装备的需求, 加速“政产学研金介”的有机结合, 提高科技进步对地方经济增长的贡献率, 促进黑龙江省经济的快速发展。

(上接 74 页)

的食品及食品成分是否与目前市场上销售的食品具有实质等同性。因此, 随着转基因食品的逐步推广, 相关的安全性评估也应运而生。转基因食品的安全评估主要包括: 有无毒性、有无过敏性以及抗生素抗性标记基因的安全性。由于人们对转基因食品的潜在危险性和安全性缺乏足够的预见能力, 故根据国情建立一系列的转基因食品安全管理程序和措施是十分必要的, 对转基因植物的商品化推广, 政府在尊重科学的同时也应该持有必要的谨慎态度<sup>[9]</sup>。

3 前景与展望

最近的 20 年中, 以植物基因工程为核心的农业生物技术产业雏形已经形成, 转基因植物的商业化释放是必然的趋势, 是不以人们意志为转移的。众所周知, 科学技术是把双刃剑, 对它可能带来的负效应, 对生物安全问题必须引起我们的高度重视, 因为基因一旦释放, 几乎不可能收回, 一时的麻痹大意会给全人类带来灭顶之灾。因此加强转基因植物安全性研究以及加强国家对生物安全的监控和立法是非常必要的。可以说, 当代生物技术的大规模应用与当年人类开发核能相类似, 带来巨大利益的同时也必然蕴涵着巨大的危险。但我们相信, 随着科学技

术的逐步完善和成熟, 人类一定可以合理地解决转基因植物的安全性问题, 让科技更好地为人类服务。

参考文献:

[ 1 ] 闫新甫. 转基因植物[ M ]. 北京: 科学出版社, 2003.  
[ 2 ] 王关林, 方宏筠. 植物基因工程(第二版)[ M ]. 北京: 科学出版社, 2002.  
[ 3 ] 曾北危. 转基因生物安全[ M ]. 北京: 化学工业出版社, 2004.  
[ 4 ] 刘谦, 朱鑫泉. 生物安全[ M ]. 北京: 科学出版社, 2001.  
[ 5 ] 朱守一. 生物安全与防止污染[ M ]. 化学工业出版社, 1999.  
[ 6 ] 中华人民共和国科学技术部. 2002 中国生物技术发展报告[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2003.  
[ 7 ] 张艳华, 季静, 王罡. 转基因植物与生物安全性[ J ]. 作物杂志, 2003, (6): 6-7.  
[ 8 ] 陈向荣, 吉前华, 孔祥文. 基因工程植物的安全性问题[ J ]. 生态科学, 2003, 22(1): 82-85.  
[ 9 ] 张丽娜. 转基因植物及其应用[ J ]. 甘肃农业, 2003, (5): 47-49.  
[ 10 ] 刘卫东. 植物转基因技术及安全性研究进展[ J ]. 南京农专学报, 2002, 18(1): 6-12.  
[ 11 ] 贾士荣. 转基因食品中标记基因的安全性评价[ J ]. 中国农业科学, 1997, 30(2): 1-15.  
[ 12 ] 王中华, 夏英武. 转基因植物中报告基因 GUS 的表达及其安全性评价[ J ]. 生命科学, 2000, 12(5): 207-209.  
[ 13 ] 侯学文, 姜悦, 郭勇. 转基因中的筛选标记[ J ]. 生物学通报, 1997, 32(10): 19-21.  
[ 14 ] 董志峰, 马荣才, 彭于发. 转基因植物中外源非目的基因片段的生物安全研究进展[ J ]. 植物学报, 2001, (7): 661-672.