

# 转基因蔬菜的现状及其安全性分析

彭炳惠<sup>1</sup>, 王秀峰<sup>2</sup>

(1. 山东省榆次区蔬菜中心, 030600; 2. 山东农业大学园艺科学与工程学院, 泰安 271018)

中图分类号: S63.03.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2005)03-0004-02

人类第一个用于商业化生产的转基因植物品种就是1994年美国 Calgene 公司推出的转基因耐贮番茄 Flavr Savr<sup>[1]</sup>, 之后转基因植物的研究在各地广泛开展起来并逐步进入了商品化的轨道。到目前为止, 国外已批准上市的转基因蔬菜还有延熟番茄、抗甲虫马铃薯、抗病毒病的南瓜和西葫芦等。1996年我国相继批准了转基因耐贮藏“华番1号”番茄<sup>[2]</sup>、转基因抗黄瓜花叶病毒番茄“8805R”和甜椒“双丰R”<sup>[3]</sup>进入产业化生产。已进行转基因研究的蔬菜有番茄、茄子、辣椒、马铃薯、黄瓜、南瓜、西瓜、甜瓜、西葫芦、胡萝卜、甘蓝、花椰菜、大白菜、生菜、菠菜、茴香、豌豆、石刁柏、芥菜、洋葱、小白菜等<sup>[4]</sup>。所改良的性状包括抗病、抗虫、抗除草剂、抗逆、提高品质、生物工程等方面。转基因植物正在以不可阻挡之势深入到人类的生活之中。

由于转基因植物与常规育种植物不同, 其外源基因可来自植物、动物和微生物, 今后会对人类健康和生态环境造成怎样影响, 将成为伴随转基因工程而出现的重大课题。为此, 我国于1993年12月由国家科委颁布了“基因工程安全管理办法”, 1996年7月由农业部颁布了“农业生物基因工程安全管理实施办法”, 其安全性评价的总原则是: 1. 促进而不是限制植物基因工程的发展, 同时保障人类健康和生态环境。2. 考虑到基因、转基因植物种类及环境的多样性, 应采取个案分析的原则。3. 逐步完善的原则。4. 在积累数据和经验的基础上, 使监控管理趋向宽松化和简单化的原则。其安全性评价内容包括: 受体植物的安全性评价、基因操作的安全性评价、遗传工程及其产品的安全性评价以及释放地点和释放方案的评估。每一种转基因作物在商品化生产前均要经过严格的安全性评价。现将转基因蔬菜的现状及其安全性分述如下。

## 1 转基因蔬菜的现状

### 1.1 转抗病基因蔬菜

1.1.1 转抗病病毒基因蔬菜 蔬菜病毒病的防治非常困难, 是转基因抗病研究最多的一类。目前已经从不同的植物中获得了30多个抗病毒基因, 如植物病毒的外壳蛋白(cp)<sup>[5]</sup>、卫星RNA、部分序列的cDNA、核酶、复制酶、蛋白酶、移动蛋白、反义RNA等均在多种植物上产生不同程度的保护作用, 最近又开发了针对多种病毒的抗病毒基因, 如核糖体失活蛋白(RIPs)基因及双链RNA特异性核酸酶基因, 病原物的无毒基因和异源植物抗病基因也已用于抗病研究。其中使用最多的是病毒的外壳蛋白(cp)基因。如美国的转基因抗病毒南瓜“Freedom II”、北大的转基因抗黄瓜花叶病毒(CMV)的番茄“8805R”和甜椒“双丰R”<sup>[3]</sup>以及转基因抗芜菁花叶病毒(TuMV)的大白菜“福山大包头”<sup>[6]</sup>、转基因抗西瓜花叶病毒(WMV)的西瓜<sup>[7]</sup>、转基因双抗烟草花叶病毒(TMV)和黄瓜花叶病毒(CMV)的辣椒“农大40”及“湘研1号”<sup>[8]</sup>。

1.1.2 转抗真菌病基因蔬菜 利用植物过敏性反应, 转能诱导细胞过敏性坏死的膜蛋白基因(hrpH)获得了高抗晚疫病的马铃薯<sup>[9]</sup>。转烟草双价几丁质和葡聚糖酶( $\beta$ -1, 3-glucanase)基因获得了抗枯萎病番茄, 病情指数较对照降低了36%~58%。将两个葡萄的1, 2-苯乙炔基因转入番茄, 能提高抗晚疫病的能力。

1.1.3 转抗细菌病基因蔬菜 应用较多的是抗菌肽, 利用花粉管通道法将炸蚕抗菌肽D基因导入番茄, 获得部分具有较强抗青枯病能力的植株<sup>[4]</sup>。

### 1.2 转抗虫基因蔬菜

1.2.1 转Bt杀虫晶体蛋白基因蔬菜 该基因是抗虫基因中应用最多的一种, 其编码的杀虫晶体蛋白对鳞翅目昆虫具有很强的毒杀能力。已商品化生产的有: 马铃薯; 已进入田间试验阶段的有: 番茄、茄子、白菜、花椰菜; 正进行研究的有: 辣椒、芹菜、芥菜、莴苣、卷心菜、芜菁、胡萝卜、豌豆、豇豆、鹰嘴豆、石刁柏、黄瓜、甜瓜<sup>[4]</sup>。

1.2.2 转蛋白酶抑制剂基因蔬菜 蛋白酶抑制剂杀虫谱广, 包括鳞翅目、鞘翅目和直翅目的昆虫。目前至少有15种不同来源蛋白酶抑制剂的cDNA或基因转入植物, 大部分对昆虫具有明显的抗性。但可能与蛋白酶抑制剂在植物体内的表达量和害虫对它的适应性有关, 还没有一例进入商品化生产<sup>[10]</sup>。正在研究中的有: 马铃薯、番茄、甘蓝、花椰菜、小白菜、甘薯、甜椒、龙葵、莴苣。

1.2.3 转植物凝集素基因蔬菜 在蔬菜上应用最多的是雪花莲凝集素(GNA)基因, 转入番茄、马铃薯可获得对蚜虫、桃蚜的抗性, 还有将其导入莴苣和小白菜进行研究的。

### 1.3 转抗除草剂基因蔬菜

除草剂基因在植物中作用有两种, 一是消除除草剂的毒性, 应用较多的是来源于潮湿链霉菌 bar 基因, 它编码的蛋白可将除草剂膦丝菌素(PPT)乙酰化使其失去毒力。二是修饰除草剂作用的靶蛋白, 使其不敏感或过量表达稀释除草剂的作用。将编码谷氨酰胺合成酶抑制剂 pat 的 bar 基因导入甜椒, 可提高对 PPT 的耐受力。将乙酰乳酸合成蛋白(ALS)转入番茄可获得对磺酰脲类除草剂的抗性<sup>[4]</sup>。将编码烯醇式丙酮酰莽草酸-3-磷酸合成酶(EPS)的 aroA 突变基因导入番茄, 可获得对一定剂量的草甘膦除草剂的抗性<sup>[11]</sup>。

### 1.4 转抗逆境基因蔬菜

1.4.1 转耐盐基因蔬菜 耐盐基因有两种, 一种是能提高植物体内渗透保护物质的基因, 如脯氨酸合成酶(proA)基因、菠菜碱脱氢酶(BADH)基因、磷酸甘露脱氢酶(mtlD)基因<sup>[1]</sup>以及甘氨酸甜菜碱生物合成的胆碱脱氢酶(betA)基因。将 betA 基因导入番茄可获得耐盐性高于对照的植株。将草酰化酶基因转入番茄可使其在盐环境下产量增加<sup>[4]</sup>。另一种是平衡植物钾钠离子的如 HALI 基因, 转入番茄其耐盐性明显提高。另外将耐盐植物总DNA直接导入不耐盐植物也可提高耐盐性, 如将红树总DNA导入辣椒其耐盐性明显提高

\* 山东省良种产业化工程资助项目, 编号: 鲁科农字[2002] 228号

收稿日期: 2005-03-09

高<sup>[4]</sup>。

1.4.2 转耐冷基因蔬菜 利用较多的是来自北极深海鱼类的抗冻基因(AFPS)。将鲱鱼科的抗冻基因转入番茄,发现其具有抑制冰块重新结晶的能力,从而使蔬菜免遭冻害<sup>[1]</sup>。将美洲拟鲱抗冻蛋白基因 AFP 直接转入番茄,得到的转基因植株在平均气温低于 4.4℃的情况下,生长好于对照,并且果实成熟提前,致死温度也降低了 1℃~2℃<sup>[4]</sup>。

#### 1.5 转雄性不育基因蔬菜

这方面研究途径较多,可通过绒毡层和花粉特异表达细胞毒素获得雄性不育。将人工构建的雄性不育基因 TA29; Barnase 导入番茄子叶可获得部分雄性不育植株。也可利用反义基因技术创造雄性不育。将人工构建的反义肌动蛋白基因和花药特异启动子 T29 组成的嵌合雄性不育基因转入番茄,可获得自交不结实但用作母本进行杂交结实正常的植株。这也是中国第一例具有独立知识产权转基因雄性不育。

#### 1.6 转单性结实基因蔬菜

将 rolB 基因连接在子房特异性表达的启动子 TPRP-F<sub>1</sub> 上,得到营养生长和果实大小都很正常的单性结实材料 MPB12 和 MPB13。

#### 1.7 转改良品质基因蔬菜

番茄延熟是基因工程研究较多而且比较成功的例子。如美国的延熟番茄 Flavr Savr 等 4 个转基因品种以及我国的耐贮藏番茄“华番 1 号”均进入商品化生产走向市场。另外通过转基因提高含糖量的有:将大肠杆菌糖原合成酶基因(glgI)转入马铃薯可降低淀粉含量 30%~50%,增加可溶性糖含量 80%<sup>[1]</sup>。将酸性转化酶的反义 cDNA 转入番茄,可获得果实小但蔗糖含量高的植株。将番茄红素合成酶基因经修饰后转入番茄,可使红素得到超量表达<sup>[4]</sup>。

#### 1.8 转生物或工业用蛋白基因蔬菜

蔬菜作为生物反应器生产哺乳动物的疫苗、工业用酶或蛋白比动物或微生物具有不可比拟的开发价值和开发前景。目前已将乙型肝炎病毒的表面抗原基因成功地导入马铃薯和番茄植株,将该转基因马铃薯饲喂小白鼠,可获得对乙型肝炎的免疫能力。

### 2 转基因蔬菜的安全性分析

目前,转基因植物安全性评价还主要集中在仅有的商品化生产的转基因植物对环境的影响以及部分常用外源基因在新的遗传环境中的表达上。研究的焦点主要在以下方面。

#### 2.1 转基因植物对非目标生物安全的影响

根据北京大学对转抗病毒基因植物的毒理分析,包括急性毒性半数致死量(LD<sub>50</sub>)、微核试验、精子畸变试验、Ames Test、30 d(天)动物喂养试验等表明,转抗病毒基因植物对动物不会造成任何不良作用。

根据中国农科院对 Bt 蛋白晶体在棉花中的作用机理的研究表明,Bt 晶体蛋白是一种无杀伤活性的前体蛋白,只有在鳞翅目昆虫肠中的碱性条件下才能转化为有活性的成熟蛋白,与其受体结合造成肠道穿孔而致死昆虫。而人畜肠道既不是碱性的又无 Bt 蛋白结合的受体,因此是安全的。其次是蛋白酶抑制剂,多来源于植物,可抑制昆虫对蛋白质的消化引起饥饿和厌食,对人畜无害,没有副作用,一些研究还表明,食用天然的植物蛋白酶抑制剂具有抗肠癌的作用,因其富含赖氨酸,它在转基因植物中的积累可能还会提高食物的品质和营养价值。

另外,根据对转基因马铃薯、番茄、矮牵牛、棉花与非转基因对照相比较的研究,其对土壤微生物的种类和数量没有影

响。抗烟草花叶病毒(TMV)的转基因番茄对采花昆虫的传粉、觅食均无影响。转基因植物残渣对后季作物的影响与非转基因作物相比没有明显区别。

从目前转基因农产品上市实行的“实质等同性”原则来看,转基因蔬菜经过水分、蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素 C、胡萝卜素以及锌、钙、铁、钾等化学成分分析,与非转基因均无明显差异。食用应该是安全的。

#### 2.2 转基因植物对目标生物生存的影响

转基因植物表达的病毒外壳蛋白在体外试验中,可异源包装产生新病毒和改变传染方式。迄今还未在田间试验中发现此现象,据推测,即使发生异源包装,该病毒在再次入侵非转基因寄主时,也会因无法形成病毒外壳蛋白而消亡。当然这些小规模试验,很难保证高变异率的病毒在长期的大规模的生产应用中不会发生具有威胁性的变异。因此,对其可能产生的风险还需做长期细致的工作。

在实验室内的模拟汰选结果表明,预测至少在 10 年内单价 Bt 抗虫棉可以在生产上有效地控制棉铃虫。而蛋白酶抑制剂(CpTI)作用于昆虫消化酶的保守部位,突变可能性极小,将 Bt/CpTI 双价抗虫基因转入植物会大大降低害虫产生抗性的变异率,同时,采取“高剂量/庇护所”的生态策略可以减轻害虫的选择压,降低害虫的抗药性。因此随着转基因工程技术的逐渐成熟和对生态系统的进一步认识必将为转基因植物安全性增加新的保障。

#### 2.3 关于“基因漂流”问题

转基因植物与近缘野生种的可交配性视物种及地理环境而定,在自然条例下,可交配性一般很小,截止目前,还未发现马铃薯、陆地棉、烟草、油菜等所导基因转移到野生种中。另外通过对转基因马铃薯、水稻、甜瓜、石刁柏、番茄、棉花等田间试验结果表明:转基因植株在生长势方面与非转基因植株差别不大,一般情况下比非转基因的生长还差,在种子活力及越冬能力方面均无提高,除所转性状外其它性状均无增强和提高。因此它在田间的遗传对生态造成的影响不会太大。

由于转基因植物用于生产时间还不长,其安全性试验又多限于人为小环境之下,目前积累的经验 and 科学技术水平还不能完全预测和控制外源基因在新的遗传环境中的表达,因此,转基因植物安全性评价与转基因工程将是今后摆在人类面前并存的两个长期性的课题。

#### 参考文献:

- [1] 杨瑞环,刘殿林,哈玉洁.蔬菜转基因研究的现状与展望[J].天津农业科学,2001,7(3):12~15.
- [2] 叶志彪,李汉霞,刘勋甲.利用转基因技术育成耐贮藏番茄——华番 1 号[J].中国蔬菜,1999,(1):6~10.
- [3] 周北雁,李毅,陈章良.北京大学的抗病毒转基因作物[J].生物技术通报,1999,(3):42~45.
- [4] 熊先军,杨丽梅,刘明月等.蔬菜转基因研究进展[J].北方园艺,2004.
- [5] Wang G L, Song W Y, Ruan D L. The clone gene xa21 confers resistance of multiple Xanthomonas oxyzae pv. Oxyzae isolates in transgenic plants[J]. Mol Plant-Microbe Interact, 1996, 9: 850~855.
- [6] 朱常香,宋云枝,张松.抗芜菁花叶病毒转基因大白菜的培育[J].植物病理学报,2001,31(3):258~264.
- [7] 王慧中,赵培洁,周晓云.农杆菌法转化获得转基因西瓜植株[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2000,26(1):111~113.
- [8] 毕玉平,单蕾,王兴军.双抗 TMV+CMV 辣椒转基因工程植株再生及抗病鉴定[J].华北农学报,1999,14(3):103~108.
- [9] 李汝刚,范云六.表达 Harpin 蛋白的转基因马铃薯降低晚疫病斑生率[J].中国科学(C集),1999,29(1):56~61.