

文章编号: 1005-0906(2008)03-0001-03

美国转基因玉米的生产概况和发展趋势

陈化榜

(山东农业大学, 国家作物生物学重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘要: 美国是世界上最大的玉米生产国, 种植面积、总产和单产均居世界首位。转基因玉米自 1996 年引入生产以来, 使玉米生产上了一个新台阶。当前推广利用的转基因玉米品种基本上是抗虫和抗除草剂两种类型。抗虫是由在玉米体内表达 *Bacillus Thuringiensis* (Bt) 毒素结晶蛋白(cry 蛋白)基因所致, 除草剂的抗性(Herbicide tolerance, HT)是由外源的或改良的 EPSPS 基因在玉米体内表达来实现。转基因玉米的种植面积每年都稳步上升, 转基因玉米的也由单一的 Bt 或 HT 转变为多基因多性状的叠加, 将抗玉米螟和抗 Rootworm 结合, 使玉米的地上部和地下部都得到了有效的保护, 再加之抗除草剂基因的叠加, 使得转基因品种在生产上更具竞争力。转基因玉米的抗虫和抗除草剂等优良性状带来了巨大的经济和环境效益, 并被越来越多的大众所接受。转基因玉米在短短 10 年间的应用和发展, 还不能回答转基因作物对人类和环境的长期影响等问题。因此, 对转基因作物的管理和利用仍不能掉以轻心, 不能因对生物技术的热情而对人类和环境造成无意的不可挽回的破坏。

关键词: 转基因玉米; 美国; 现状和发展趋势

中图分类号: S513

文献标识码: A

Application and Trends of Transgenic Corn in the U.S.

CHEN Hua-bang

(Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: The United States is the number one country in the world in terms of total corn acreage, total corn production and unit yield. Corn yields have been further improved by the introduction of transgenic corn varieties since 1996. The two major transgenic corns are insect-resistant and herbicide-resistant corns. Insect resistance was achieved by expressing in corn cry genes from *Bacillus Thuringiensis* (Bt) and herbicide tolerance by expressing either modified EPSPS or EPSPS from agrobacterium strain CP4. In the past ten years, transgenic corn acreage has grown steadily, and transgenic corn varieties have been improved from single transgenic traits to double and multiple traits stacked together. Transgenic corn has been proven successful in fighting insects, reducing pesticide application and increasing yield. However, issues about genetically modified organisms' long term effects on human health and environment still remain, and more research and studies are still needed.

Key words: Transgenic corn; U.S.; Current status and trends

美国是世界上第一玉米生产大国, 种植面积、总产和单产均居世界首位。美国统计局的统计资料显示, 2007 年美国的玉米种植面积达 92.9×10^6 英亩 (约合 3.8×10^7 hm²), 比去年增加了 19%, 是自 1944 年以来种植面积最多的一年, 其总产也创美国玉米

历史新高, 高达 13×10^9 蒲式耳 (约合 3.3×10^{11} kg), 占世界玉米总产的近 40%。IOWA 是美国玉米种植面积最大的州, ILLINOIS, INDIANA, MINNESOTA, NORTH DAKOTA 也分别于 2007 年创造了玉米种植面积的州级纪录。美国玉米单产的提高, 除了先进的栽培管理技术、肥水改善、合理轮作、病虫防治和机械化作业外, 玉米品种的遗传改良起了决定性因素。美国玉米单产的发展史可分为 4 个阶段: ①开放授粉, ②双交种的利用, ③单交种的利用, ④转基因改良品种的利用。双交种的使用使玉米单产有了质的飞跃 ($b=1.02$); 单交种的使用又使单产大幅度提升

收稿日期: 2008-03-12

作者简介: 陈化榜(1964-), 男, 教授, 从事作物分子育种研究。

Tel: 0538-8242226 E-mail: chb1015@yahoo.com.cn

致谢: 中国科学院遗传和发育研究所李振声院士审阅指正。

(b=1.7); 转基因玉米的引入使玉米单产再上了一个新台阶(b=2.9)。

1 美国转基因玉米生产概况

1.1 转基因玉米现状

表 1 列举了目前美国主要推广的转基因玉米品种。当前推广利用的转基因玉米品种基本上都是抗虫和抗除草剂两种类型。抗虫是由在玉米体内表达 *Bacillus Thuringiensis* (Bt) 毒素结晶蛋白(cry 蛋白)基因所致,而除草剂的抗性(Herbicide tolerance, HT)则是由外源的或改良的 EPSPS 基因在玉米体内表达来实现的。Bt 是一种能生产结晶蛋白的土壤细菌微生物,Bt 结晶蛋白能破坏对其敏感昆虫的消化系统,使其饥饿而死亡。Bt 的种类很多,所表达的 cry

蛋白的种类也在 100 种以上,由于 cry 蛋白对昆虫的选择性极强,目前也只有 cry1Ab、cry3A、cry3Bb1、cry34Ab1、cry35Ab1 和 cry1F 等几个在转基因玉米中应用^[7]。cry1Ab 和 cry1F 对威胁玉米地上部的害虫十分有效,如鳞翅目的玉米螟。cry3A、cry3Bb1、cry34Ab1 和 cry35Ab1 则对玉米地下部的害虫效果明显,如 Rootworm。EPSPS(5-烯醇式丙酮酸莽草酸-3-磷酸合成酶)是莽草酸代谢途径中的重要合成酶之一,3 种芳香族氨基酸包括苯基丙氨酸、酪氨酸和色氨酸都是通过莽草酸途径合成的。目前商品化的除草剂 RoundUp 中的有效成分草甘膦,其作用靶标酶就是 EPSPS,而从农杆菌 CP4 中分离出来的 EPSPS,则高度抵抗草甘膦的干扰,含有 EPSPS-CP4 的转基因玉米,其对 RoundUp 的抗性就是由此而来。

表 1 美国主要转基因品种一览表

Table 1 Approved transgenic corn varieties in the U.S.

转基因植株 Event name	转基因性状 Transgenic trait	公司名称 Technology provider	商品名 Trade name	发放时间 Tpproval time
176	cry1Ab	Syngenta Seeds	NatureGard KnockOut	1995
BT11	cry1Ab,PAT	Syngenta Seeds	Agrisure Corn Borer (YieldGard)	1996
DAS-06275-8	cry1F,PAT	Dow AgroSciences LLC		2004
DAS-59122-7	cry34Ab1,PATcry35Ab1	Dow AgroSciences & Pioneer Hi-Bred International		2004
GA21	m-EPSPS	Monsanto	Agrisure GT	1996
MIR604	cry3A	Syngenta Seeds	Agrisure Rootworm	2007
MON810	cry1Ab	Monsanto	YieldGard Corn Borer	1995
MON863	cry3Bb1	Monsanto	YieldGard Rootworm	2001
NK603	CP4-EPSPS	Monsanto		2000
T25	PAT	Bayer CropScience	Liberty Link	1995
TC1507	cry1F,PAT	Dow AgroSciences & Pioneer Hi-Bred International	Herculex 1	2001

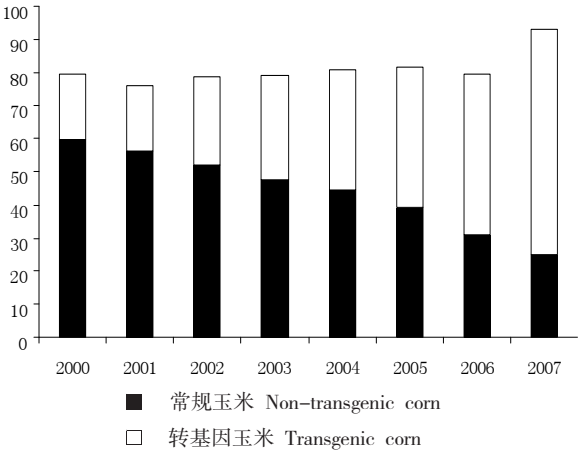


图 1 美国转基因玉米和常规玉米种植面积的比较

Fig.1 Comparison of acreage between transgenic and non-transgenic corn in the U.S.

1.2 转基因玉米发展趋势

自从第一个转基因玉米品种 (YieldGard, Monsanto) 于 1995 ~ 1996 年度在美国 EPA 和 FDA 注册

使用以来,转基因玉米有以下发展趋势:①转基因玉米的种植面积每年都稳步上升。美国统计局的统计表明,转基因玉米推广面积占美国玉米总面积的比例由 2000 年的 25% 上升至 2007 年的 73%。②转基因玉米的种类,由单一的 Bt 或 HT 转变为多基因多性状的叠加,将抗玉米螟和抗 Rootworm 结合起来,使玉米的地上部和地下部都得到了有效的保护,再加之抗除草剂基因的叠加,使得转基因品种在生产上更具竞争力。③尽管 Monsanto 仍是农业生物技术的主导公司,但由于转基因作物带来的巨大潜力和经济效益,包括 Syngenta、DuPont 和 Dow AgroSciences 等公司也加大了对玉米转基因基础研究的投入。

1.3 转基因玉米管理

美国转基因玉米的管理是由环保局 (EPA, Environmental Protection Agency)、食品和药物管理局(FDA, Food and Drug Administration)、农业部 (USDA, United State Department of Agriculture) 3 家机构共同承担。EPA 对转基因玉米进行环境安全的评估,分析转基因植株对人类和环境带来的影响。EPA 对农药残留

有严格的规定,由于转基因 *Bt* 玉米的 cry 蛋白和外用杀虫剂性质不同,EPA 对 cry 蛋白的表达量没有具体的规定,但要种植 *Bt* 玉米,必须要有 EPA 的许可证。EPA 规定,必须有 20% 的非转基因玉米作为缓冲带与其相间种植,在有 *Bt* 棉花的地块,非转基因玉米应有 50% 的比例。这样一方面可以减少对害虫的选择压力,另一方面也为益虫和非目标昆虫提供了缓冲带。相间种植的方式,则没有具体的要求。FDA 进行食品安全评估,它最初的管辖范围是药物、化妆品、加工食品及其添加剂。用玉米加工的食品属于 FDA 的管辖范围,未加工的玉米子粒则不属于。USDA 进行转基因玉米本身的安全评估,包括 EPA 和 FDA 范畴之外的转基因种类,如抗旱、抗病等转基因植株以及转基因动物、饲料、水果、蔬菜及粮食。它主要对转基因植物进行风险评估,转基因植株是不是有害杂草、是不是隐匿害虫、是不是对其他物种有危害等。如果转基因植株能满足①不是有害杂草,②外源基因稳定地整合在所转植物的基因组上,③所转基因功能已知,不会引起植物病害,④对非目标生物没有毒害,⑤外源基因不会导致新病毒的产生,⑥不含有人类和动物病菌的遗传物质等标准,就不必经过 USDA 的审批。对玉米杂交种纯度而言,联邦种子法和各州种子法对转基因性状没有具体要求。培育转基因玉米品种的种子公司对种子的生产、发放和使用都有一定的要求,一般来讲,HT 玉米的纯度要在 98% 以上,并且 HT 性状要在母本上;*Bt* 玉米的纯度要在 96% 以上。

2 展 望

转基因玉米在生产上的应用只有 10 年时间,尽管也出现过诸如 cry9C/StarLink 之类的管理问题(用作饲料的转基因玉米 Cry9C/StarLink 意外地发现在玉米食品中),但其抗虫和抗除草剂的优良性状为社会带来了巨大的经济和环境效益,并被越来越多的大众所接受,其推广面积逐年大幅度提高。越来

越多的数据显示,由于 *Bt* 玉米的使用,农药和杀虫剂的用量明显下降,大大减少了对环境的污染。同时,由于转基因玉米对地下根部的保护,也间接地使转基因玉米在干旱条件下具有明显的抗旱优势。目前,转基因玉米只局限于抗虫和抗除草剂等性状,随着基因组学和蛋白质组学等新技术的深入研究以及不久将来玉米基因组的破译,越来越多的性状,如抗旱、抗低温、品质乃至产量都会整合到玉米基因组中去。生物技术和转基因作物将在解决人类营养不良、饥饿及保护自然环境等领域发挥巨大的作用。不过,转基因玉米在短短 10 年间的应用和发展,还不能回答转基因作物对人类和环境的长期影响。因此,对转基因作物的管理和利用仍不能掉以轻心,决不能因对生物技术的热情而对人类和环境造成无意的不可挽回的破坏。

参考文献:

- [1] <http://www.ncga.com/WorldOfCorn/main/>.
- [2] http://www.nass.usda.gov/QuickStats/PullData_US.jsp.
- [3] http://www.nass.usda.gov/Newsroom/2007/03_30_2007.asp.
- [4] <http://www.agbios.com/dbase.php>.
- [5] <http://www.csa.com/discoveryguides/gmfood/overview.php>.
- [6] http://www.bt.ucsd.edu/bt_history.html.
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus_thuringiensis.
- [8] <http://sandwalk.blogspot.com/2007/03/molecular-basis-of-roundup-resistance.html>.
- [9] <http://www.cdc.gov/nceh/ehhe/Cry9CReport/executivesummary.htm>.
- [10] Bakshi A. Potential adverse health effects of genetically modified crops [J]. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 2003,6: 211–225.
- [11] Bernstein J A, Bernstein I L, Bucchini L, et al. Clinical and laboratory investigation of allergy to genetically modified foods[J]. Environmental Health Perspectives, 2003,111(8), 1114–1121.
- [12] Cockburn A. Assuring the safety of genetically modified(GM) foods: The importance of a holistic, integrative approach [J]. Journal of Biotechnology, 2002,98, 79–106.
- [13] Domingo J L. Health risks of genetically modified foods: Many opinions but few data[J]. Science ,2000,288, 1748–1749.

(责任编辑:李万良)