

印度转基因抗虫棉的商业种植现状 及其潜在的生态风险

李田春¹, 史雅静¹, 霍艳峰²

(1. 辽宁科技学院 药化学院, 辽宁 本溪 117004; 2. 朝阳市喀左县兴隆乡农业技术站, 辽宁 朝阳 122300)

摘要:印度转基因抗虫棉的研究始于1996年, 2002年开始进行商业种植。为了推动中国种业的发展, 现通过研究印度转基因抗虫棉研究的历史及现状, 总结出转基因抗虫棉生产的优点, 并提出其潜在的生态风险。截止到2010年, 印度农业部门审定可以商业种植的转基因抗虫棉品种总计350个, 转基因抗虫棉种植面积达到1 000万hm², 种植率达95%。转基因抗虫棉比非转基因抗虫棉增产86%, 杀虫剂使用量减少56%, 净收益提高2.5倍。印度棉花产量和出口量位于世界第二位(中国、印度和美国), 原棉出口值为22亿美元。然而, 转基因抗虫棉不是对所有的害虫都具有作用, 同时, 其花粉携带的转基因漂移以及残枝对其它生物产生的影响有待更深入的研究。

关键词:转基因; 抗虫棉; 转基因技术; 基因漂移; 印度; 生态风险

中图分类号: Q789; S562

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2014)04-0111-04

印度位于N8°~37°6', E68°7'~97°25', 是南亚次大陆最大的国家, 与巴基斯坦、中国、尼泊尔、不丹、缅甸和孟加拉为邻。印度国土面积位于世界第七位, 陆地总面积为3 287 590 km², 可耕地面积为1 841 050 km², 人口为12.1亿, 其中农业人口占72%, 是世界上仅次于中国的第二人口大国。印度气候属热带气候类型, 印度大田作物以水稻、小麦、高粱、玉米和棉花为主, 2010年种子工业总产值为650亿卢比(约合10.89亿美元。1美元=59.68印度卢比, 2013年6月25日外汇牌价, 下同)。印度是中国的近邻, 同属发展中国家, 其经济和科技等发展对中国有着深远的影响。通过长期从事蔬菜种子生产和国际贸易, 多次访问印度种子公司及参加印度举办的蔬菜种子国际会议, 深入研究了印度种子工业历史、现状和未来发展形势, 以期我国的种子工业提供借鉴。^[1]

1 印度转基因抗虫棉研究的历史及现状

随着世界人口的日益增长, 粮食危机的风险越来越大。据印度官方估计, 到2017年, 印度人口将达13亿, 印度30%的人口生活在贫困线以

下, 粮食缺口为1 400万t。农业消耗了世界70%的淡水资源和超过一半适宜居住的土地, 随着自然资源, 土地、水和能源的减少, 环境压力, 干旱、洪水、过冷和过热极端天气日益频繁发生, 这对人类是一个巨大的挑战。

通过生物技术改良的种子, 可以利用更少的自然资源而保证世界人口的衣食住行问题。种子科学家通过传统的杂交育种、分子育种以及分子遗传转基因技术(GM)培育新的品种增加作物产量, 以适应日益减少的淡水资源、干旱、洪涝、土地盐碱化和病虫害危害, 解决现已存在的粮食和饲料短缺等严峻的现实问题。

1.1 转基因抗虫棉

转基因抗虫棉是将一种细菌来源的、可专门破坏棉铃虫消化道的杀虫蛋白基因(*Bt*基因), 经过DNA重组改造, 导入棉花组织并表达, 使棉花细胞中存在这种杀虫蛋白质, 专门破坏棉铃虫等鳞翅目害虫的消化系统, 导致其死亡, 而对人、畜无害的一种优良性状的棉花品种。

1.2 转基因抗虫棉前期研究

20世纪90年代, 由于棉花的主要产区重茬连作的影响, 土壤病虫害日益严重, 导致棉花生产中的主要害虫棉铃虫的大规模持续爆发以及棉铃虫对传统抗虫药剂产生耐药性, 使棉花严重减产; 由于杀虫剂使用量的增加, 导致棉花种植投入加

收稿日期: 2013-11-25

第一作者简介: 李田春(1962-), 男, 辽宁省本溪市人, 学士, 讲师, 从事蔬菜种子生产和育种研究。E-mail: hybridseed@hotmail.com。

大,棉产品农药残留严重,极大地威胁印度棉花工业效益。

1996~1998年,Maharashtra 杂交种子公司(简称 Mahyco)经印度政府生物技术部门(DBT)的批准,从美国 Monsanto Company(孟山都公司)进口 Cocker-312 棉花品种,此品种含有 Cry 1Ac 基因。Mahyco 将 Cry 1Ac 基因导入印度棉花品种,经过基因重组改造,形成新的转基因抗虫棉品种。从 1996~1998 年,通过温室种植及大田种植控制试验,以及花粉逃逸、变态反应、病毒学、生物化学和侵略试验。1996~2001 年,在所有棉花种植区进行区域试验,评估农艺学效益,并通过权威部门建立生物安全使用规则。隶属于印度农业研究委员会的全印度棉花改良工程(ICAR)进行了田间试验,经过评估试验数据,同意 3 个转基因抗虫杂交棉花品种在 2002 年进行商业种植,使印度的转基因抗虫棉研究进入到商业应用阶段。

1.3 转基因抗虫棉商业生产的发展历程和现状

2002 年,转基因抗虫棉的商业种植是棉花工业的革命性标志。作为纺织工业的主要原料,棉花产量的提高,对印度经济增长起到极大的推进作用。印度棉花工业雇员超过 3 500 万人,产值占全国 GDP 的 4%,占出口值的 13.5%。

2001 年,印度还是棉花的净进口国,目前的产量已经位于中国之后,排在世界第二位,美国棉产量位于第三。约 600 万农户种植转基因抗虫棉,棉花产量已经从 2002~2003 年的 1 360 万包提高到 2007~2008 年度的 3 150 万包。抗虫棉的种植面积从 2002 年的 29 000 hm^2 上升到 2010 年的 1 000 万 hm^2 ,种植比例达 95%。原棉出口从 2005 年的 90 万包提高到 2007 年的 470 万包,销售额从 2002~2003 年度的 1 039 万美元急剧提升到 2007~2008 年度的 22 亿美元^[2],经济效益非常显著。

转基因抗虫棉的种植,使印度的棉花产量翻番,成为世界第二大的生产国和出口国,同时促进了种植农户、种子公司、生物技术推广者、农业大学、科学家、政府部门、渠道商、加工厂和纺织工业紧密的合作关系。

棉铃虫是棉花种植的主要害虫。印度在 2002 年未使用转基因抗虫棉以前,棉农大量使用

杀虫剂来控制害虫,尤其是棉铃虫的危害。在棉花的生长季内,杀虫剂的喷洒次数为 5~20 次,甚至更多,大约花费 120 亿卢比(合 2.01 亿美元)。虽然大量使用杀虫剂控制棉铃虫的危害,但效果并不明显,棉铃虫已经对所施杀虫剂产生抗药性。尽管如此,因为别无它法,农户仍然使用杀虫剂来控制害虫。当棉农深陷绝望之际,转基因抗虫棉技术引入印度市场。

1.3.1 2002~2009 年转基因抗虫棉提高农户的生活水平 抗虫棉的种植面积从 2002~2003 年度的 2.9 万 hm^2 发展到 2010 年秋收的 1 000 万 hm^2 。种植面积和种植农户数量的增加,说明转基因抗虫棉技术在印度取得成功。转基因抗虫棉的单产量从 2001~2002 年度种植传统棉花的 300 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 增产到 500 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上,到 2007~2008 年度已达 560 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增产 86.7%。由于抗虫棉具有杀死棉铃虫的能力,农药的使用量减少了 39%,农民增加效益 80%以上。

据估计,由于抗虫棉技术的使用,整个棉花产业链(种植农户、劳动力、轧棉工、纺织厂、出口商和种子及生物技术公司)产生的附加值每年高达 4 000 亿卢比(合 67.02 亿美元)。

目前,印度转基因抗虫棉技术在上具有具有较强的竞争力。经印度政府农业部门注册并同意商业种植的 350 个转基因抗虫棉品种由印度政府的棉花研究中心(CICR)、JK 农业遗传公司(JK AgriGenetics)、南氏种子(Nath Seed)及马海科-孟山都生物技术公司(Mahyco Monsanto Biotech)提供,然后通过 50 家种子公司生产转基因抗虫棉种子,约 600 万农户可以自由选择购买这些品种进行棉花种植。

印度市场研究局(IMRB)在 2007 年的调查表明,种植转基因抗虫棉农户的收益比非转基因抗虫棉农户高 64%;种植转基因抗虫棉农户中 87%生活比种植非转基因抗虫棉农户好;84%对生活幸福感提高;72%对孩子的教育进行投资;67%重新还清以前的长期借贷。种植转基因抗虫棉农户的主妇,有更多的时间和精力照顾家人和孩子,医疗水平和儿童入学率也比种植非转基因抗虫棉农户高。同时,由于转基因抗虫棉具有杀虫能力,减少了杀虫剂的使用次数,降低了由于喷

施农药而引起的头晕、恶心、皮肤瘙痒等不良反应。普贾巴农业大学(Punjab Agricultural University)调查表明,由于采用转基因抗虫棉技术,使农药使用量明显减少,降低了投入成本,同时减少了由于作物种植失败而引起的自杀^[2]。

1.3.2 2002~2010 年种植转基因抗虫棉的社会、经济和环境效益 转基因抗虫棉的应用对棉花产业链具有良好的促进作用。2006 年,种植转基因抗虫棉的面积为 3 500 万 hm^2 ,产量比种植非转基因抗虫棉提高 50%,其单季总体额外收入 703.9 亿卢比(约合 11.80 亿美元);喷施农药次数大约减少 5 次;净收益增加尤其明显,增效 162%,投入产出比为 1:11.60。

Hugar L. B. 调查表明,种植转基因抗虫棉比种植非转基因抗虫棉每公顷单生长季平均节省 26 个劳动力,节省劳动成本 18.7%。由于减少了喷施农药的次数,节省农药成本从灌溉地区的 4 060 卢比 $\cdot\text{hm}^{-2}$ (合 81.72 美元 $\cdot\text{hm}^{-2}$)到利用自然降雨地区的 2 267 卢比 $\cdot\text{hm}^{-2}$ (37.99 美元 $\cdot\text{hm}^{-2}$),平均节省 3 094 卢比 $\cdot\text{hm}^{-2}$ (51.84 美元 $\cdot\text{hm}^{-2}$),节省 41.56%^[3]。Chandrasekhara Rao 在 2009 年关于转基因抗虫棉对经济影响的调查结果表明,种植转基因抗虫棉比种植非转基因抗虫棉增产 42%,杀虫剂使用量减少 56%,考虑直接成本和间接成本,净收益提高 2.5 倍^[2]。

2 转基因抗虫棉生产的优点

转基因抗虫棉的生产具有很多优点。转基因抗虫棉具有抗虫的特点,可以减少农药的施用量,降低了农药残留和环境污染,保护了生态环境;可以减少人工投入,降低劳动成本;可以极大地提高棉花产量、降低人工投入和农药使用成本,提高经济效益。

3 转基因抗虫棉生产潜在的生态风险

转基因抗虫棉和其它转基因玉米和大豆等作物一样,存在着一定的风险,这是目前社会热议的一个问题,也是科学家非常重视的一项课题。

3.1 转基因抗虫棉对非靶有益生物的影响

由于不同的杀虫蛋白(Bt)具有不同的杀虫谱,导致转基因抗虫棉对非靶昆虫产生影响,同时对田间食物链产生影响。在田间生态环境下,许多生物是以有害生物体为食物或寄主,转基因

植物杀死靶生物或非靶生物的同时,也影响到天敌生物的生存和繁殖,大规模种植转基因植物对整个农业生态环境的影响是目前关注的问题^[4]。

3.2 转基因抗虫棉的基因漂移

基因漂移,亦称基因逃逸(transgene escape),是指用遗传工程的方法转移到某一生物有机体的遗传信息(目标基因)在生物的个体、种群甚至物种之间自发移动的过程。转基因植物花粉的传播是外源基因逃逸的主要途径,花粉的传播也是植物之间遗传信息交流的主要渠道,是遗传进化和生物多样性的的重要手段。由于外源基因的逃逸,可能将抗虫基因导入到杂草和其它植物体中,导致杂草和其它植物体产生抗虫能力,生长迅速,不易控制,造成生态灾难^[5]。

3.3 转基因植物根系分泌物和残枝落叶对土壤生态环境的影响

转基因植物产生的毒素,可以通过枯枝落叶转移到土壤中,被土壤颗粒吸附很难降解。据 James 报道,Bt 毒素可通过枯枝败叶残留在土壤中,与土壤粘粒结合,毒性可以保持 2~3 个月,由此可能对土壤和水中微生物及昆虫产生影响。^[6]

从 1983 年第一株转基因植物烟草在美国诞生,1986 年首批转基因抗虫棉进入田间试验,到目前为止,已经研制成功并开始田间试验和商业种植的植物有大豆、玉米、棉花、番茄、油菜、马铃薯、南瓜和木瓜等;处于研究阶段的有苹果、香蕉、大麦、椰子、芒果、菠萝和甘薯等。中国转基因植物(GMP)的研究技术领先于印度,但是,和发达国家的转基因技术有较大差距。美国孟山都公司的 GMP 产品占世界市场的 80%,德国的万安特公司和巴斯夫公司、瑞士先正达公司和美国的杜邦公司瓜分了剩余的市场份额,其它国家在整个转基因植物市场上所占比例显得微不足道。转基因植物的研究及技术突破,必将对人类的未来生活有着深远的影响。

参考文献:

- [1] 李田春. 印度种子工业现状及面临的问题[J]. 黑龙江农业科学, 2012(12):140-142.
- [2] Jagareesh K. Rana, Director, Mahyco Monsanto Biotech (India) Ltd. Bt Cotton in India- an insider's view of Technology Improving Farmers' Lives[R]. Indian Seed Congress, 2011.

- [3] Hugar L B, Patil B V. Research Project Report on Techno-Economic impact of Bt Cotton(Bollgard) Technology in Karnataka State[R]. Department of Agricultural Economics College of Agricultural, India, 2007.
- [4] Snow A A, Jorgensen R B. Fitness costs associated with transgenic glufosinate tolerance introgressed from *B. napus* spp oleifera(oilseed rape) into weed *B. rapa* Gene flow and agriculture relevance for transgenic crops[C]. Proceedings of a symposium held at keele, UK, 1999; 17-142.
- [5] 王忠华, 舒庆光, 崔海瑞, 等. 转基因植物外源基因逃逸的途径[J]. 植物学通报, 2001, 18(2): 137-142.
- [6] 张永军, 吴孔明, 彭于发, 等. 转基因植物的生态风险[J]. 生态学报, 2002(11): 1951-1959.

Commercial Planting Status and Potential Ecological Risk of Indian Genetically Modified Insect-resistant Cotton

LI Tian-chun¹, SHI Ya-jing¹, HUO Yan-feng²

(1. Liaoning Institute of Science and Technology, Benxi, Liaoning 117004; 2. Xinglong Town Agri-Tech Promotion Station of Kazuo County, Chaoyang, Liaoning 122300)

Abstract: The research on Indian genetically modified insect-resistant cotton(Bt cotton) began from 1996, commercial planting started in 2002. In order to promote the development of seed industry of China, through research for development history and status of genetically modified insect-resistant cotton of India, the merit was summarized, potential ecological risk was put forward. Total 350 Bt cotton varieties were authorized for commercial planting till 2010, Bt cotton planting acreage was about 10 million hectare, planting rate reached over 95%. The yield of cotton increased by 45%, insecticide applied volume decreased by 56%, net income increased 2.5 times compared to non-Bt cotton, and the yield and exporting volume were located in the second place in the world(China, India and USA), exporting value was 2.2 billion dollar. However, Bt cotton was not for all pests, the influence on other creatures of genetically modified drift and sticks which carried with pollen should be further researched.

Key words: genetically modified; insect-resistant cotton; gene flow; India; ecological risk

(上接第 96 页)

Visual Quality Assessing of City Costal Road in Dalian Binhai

SUN Jing, SONG Li

(Institute of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: The evaluation on the visual quality of city costal road was based on the research of visual preference, taking 43 landscape photos of Dalian Binhai Road as materials, the average visual quality(AVQ) scores and the levels of elements were evaluated using psychophysical methods based on the public aesthetic point of view. Then the correlation and regression analysis of the relationship between elements and visual quality were adopted to built the model. The results indicated that visual quality was positively influenced by the contour, the amount of water and the number of colors. Furthermore some suggestions for the improvement of the perceived visual beauty of the landscape road in coastal cities were proposed from the aspects of design and planning.

Key words: costal road; visual quality; landscape assessment; evaluation model