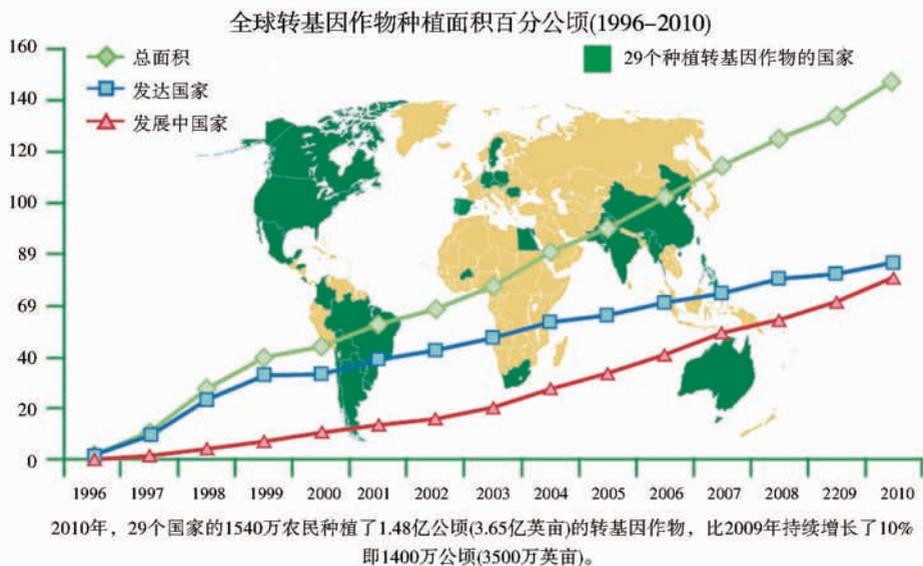


## 2010 年全球生物技术/转基因作物商业化发展态势

Clive James

(国际农业生物技术应用服务组织)

谨此庆祝国际农业生物技术应用服务组织成立二十周年(1991-2010)



2010年是转基因作物商业化15周年,鉴于转基因作物为经济、环境和社会福利带来的持续可观的利益,世界各地的数千万大型、小型和资源匮乏农户在这一年继续扩大了种植面积。

主要的进展体现在以下几个方面:1996年至2010年转基因作物累积种植面积创历史新高;2010年种植面积增长率达两位数,同时种植国家的数目也在增长;全球转基因作物种植农户的数量显著增多;转基因作物已经为国际社会面临的一些挑战做出了贡献,包括:粮食安全和粮食自给、可持续性发展、减轻贫困和饥饿、帮助缓解气候变化和全球变暖带来的挑战。此外,转基因作物的未来还有着无限潜能。

注1: 本文版权属于国际农业生物技术应用服务组织(International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, ISAAA)所有。ISAAA 同意由《中国生物工程杂志》刊出中文译文。ISAAA 鼓励分享本文信息,但是不允许在没有得到版权所有者的情况下以任何形式或者任何方式复制本文的任何部分内容。在被 ISAAA 许可的前提下,ISAAA 鼓励出于教育或其它非商业目的对本文或其中部分内容进行适当复制。订购原文请联系 publications@isaaa.org,有关 ISAAA 的信息请访问 <http://www.isaaa.org>。

注2: 本文旨在向科学界和社会提供有关生物技术和转基因作物的信息和知识,以便于人们就转基因作物在促进全球粮食、饲料、农产品安全以及农业可持续发展等方面所起的潜在作用开展更为深入、全面和透明的讨论。本文所有观点以及任何遗漏之处均由作者承担全部责任。

注3: 本文中的种植面积会因四舍五入而与实际值之间存在细微差异。

注4: 南半球国家作物种植时间为第四季度,这些作物于下一年的第一季度收获,因此这些国家2010年种植面积指的是2010年最后一个季度种植的作物面积的预测值,通常会受气候条件的影响。以巴西为例,其冬季玉米在2009年12月开始种植,更多部分在2010年1至2月种植,这些种植面积均归入2009年数据。

## 1 发展态势

15年累计种植面积首次超过了10亿公顷,这一数字表明转基因作物保持着强有力的发展态势。

值得注意的是,在2010年,转基因作物15年(1996年至2010年)累积种植面积首次超过了10亿公顷,这一数字大体相当于美国(9.37亿公顷)或中国(9.56亿公顷)国土总面积的10%以上。2005年转基因作物累计种植面积达到5亿公顷用了10年时间,但是下一个5亿公顷仅历时5年就在2010年实现了。

从1996年到2010年,转基因作物的种植面积增长87倍,这使得其成为现代农业史上应用最为迅速的作物技术。

1996年转基因作物的种植面积为170万公顷,而2010年已达到1.48亿公顷,增长达87倍,这一前所未有的增长使得转基因作物成为现代农业史上应用最为迅速的作物技术。重要的是,这也反映了世界各地数千万农民对转基因作物的信任和信心。他们在过去的15年内持续享受了转基因作物带来的益处,这激励他们从1996年以来每年种植更多,其中大部分农民的种植面积年增长率都达到两位数。由于转基因作物带来的巨大益处,过去15年内大约有1亿人次的农民做出种植决定。调查表明,在初次感受到益处后,几乎100%的农民决定继续种植转基因作物。

2010年种植面积增长10%,是转基因作物商业化15年以来排名第二的增长速度。

转基因作物的全球种植面积在2010年连续第15年增长,达到了1.48亿公顷,年增长10%或1400万公顷,15年内排名第二。更准确地说,相比2009年的1.8亿“性状面积”,2010年转基因作物的种植面积增加到2.05亿“性状面积”,增长了14%。

用“性状面积”进行测量就好比用“乘客英里”替代“英里”测量空中里程(测量时各飞机上不止一名乘客),故而更为精确。

种植转基因作物的国家数目从2009年的25个增加到29个——排名前十位的国家种植面积首次均超过了100万公顷。

选择种植转基因作物的国家数从商业化的第一年——1996年开始便持续增加,1996年为6个,2003年为18个,2008年为25个,2010年为29个。2010年排名前十位的国家各自的种植面积首次均超过了100万公顷,按照面积大小排列分别是:美国(6680万公顷)、巴西(2540万公顷)、阿根廷(2290万公顷)、印度(940万公顷)、加拿大(880万公顷)、中国(350万公顷)、巴拉圭(260万公顷)、巴基斯坦(240万公顷)、南非(220万公顷)和乌拉圭(110万公顷),其余19个国家按面积递减顺序分别是:玻利维亚、澳大利亚、菲律宾、布基纳法索、缅甸、西班牙、墨西哥、哥伦比亚、洪都拉斯、智利、葡萄牙、捷克共和国、波兰、埃及、斯洛伐克、哥斯达黎加、罗马尼亚、瑞典和德国。转基因作物种植大国(种植面积在5万公顷或以上)的数目从2009年的15个增加到2010年的17个。这一大幅增加为转基因作物未来的全球增长打下了稳定的基础(图1)。

2010年3个国家首次批准种植转基因作物,而德国也重新开始种植转基因作物。

巴基斯坦和缅甸均首次种植了Bt棉花,而最值得注意的瑞典,是第一个种植转基因作物的斯堪的纳维亚国家,种植的作物是含优质淀粉的土豆“Amflora”,德国通过种植“Amflora”而重新开始了转基因作物的应用,因此2010年开始种植转基因作物的国家实际增加了4个。

2010年种植转基因作物的29个国家中,19个为发展中国家。

应用转基因作物的发展中国家多于发达国家这一态势在未来还将延续。预计到2015年,应用转基因作物的国家会达到40个。2015年是联合国千年发展目标年,国际社会承诺在这一年将贫困和饥饿人口减少50%,转基因作物将会用恰当而显著的方式为这一高尚的人道主义目标做出贡献。

2010年,有1540万农民种植转基因作物——其中,90%以上或1440万是发展中国家的小规模资源匮乏农民,受益农民数量的估算较为保守,因为未统计向附近种植传统作物的农民溢出的间接效益。

2010年种植转基因作物的人数从2009年的1400万上升到1540万,他们分别来自于发展中国家和发达国家的小型及大型农户。值得注意的是这些人当中的90%以上即1440多万人为发展中国家的小规模及资源匮乏农,

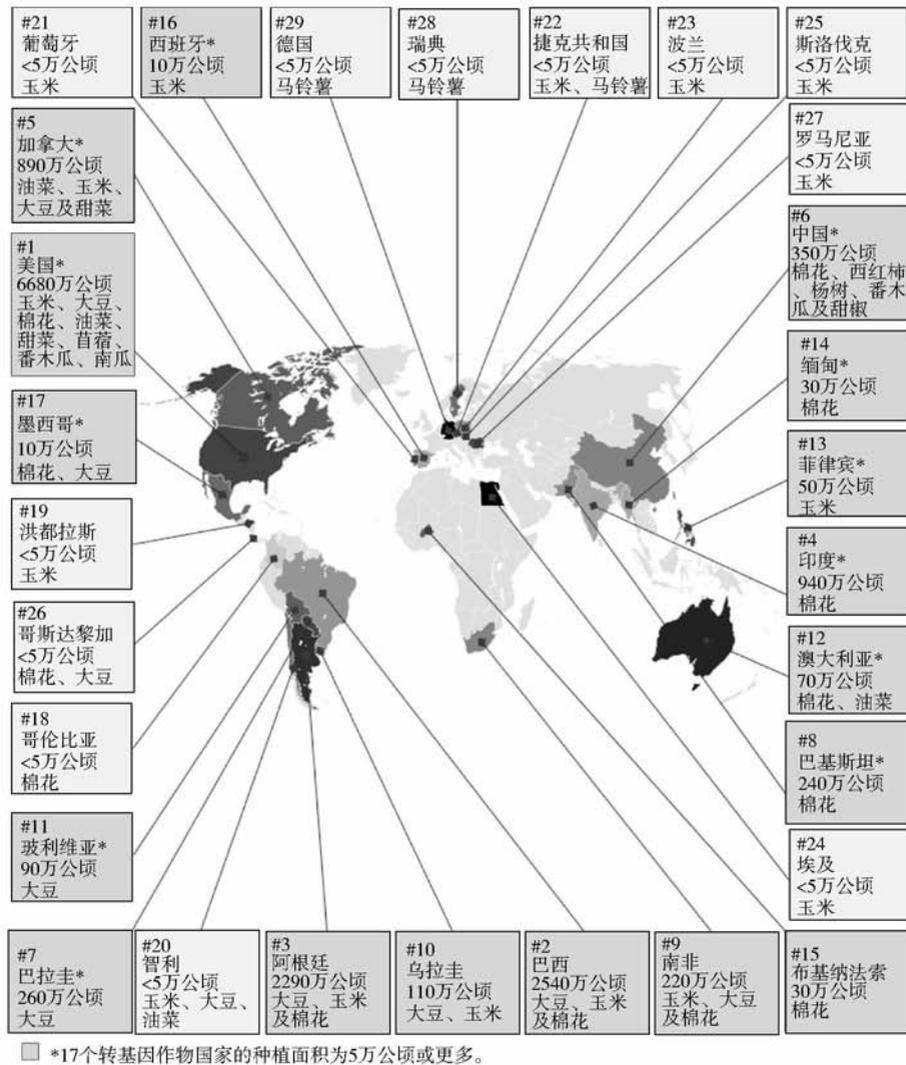


图1 2010年转基因作物种植国家

这与某些评论家的预言是截然相反的,他们预测转基因作物的商业化只适于发达国家的富农和大规模农户,然而,事实证明迄今为止受益农民数量最大的却是发展中国家的小规模和资源匮乏农户,由于大部分的增长仍然在发展中国家,因而这一趋势有可能在未来得到进一步加强。2010年种植转基因作物的小规模资源匮乏农户主要集中在以下几个国家:中国650万(平均每人仅种植0.6公顷Bt棉花),印度630万,巴基斯坦60万,缅甸40万,菲律宾逾25万,布基纳法索接近10万,而其余的13个发展中国家平均为20万。此外,在中国进行的研究还表明,另外1000万的农民种植除Bt棉花以外的其他作物,也同样受到棉铃虫害的侵扰,由于Bt棉花能够抑制棉铃虫在传统作物(如玉米和大豆)中的传播范围(将近90%),因而他们获取了间接效益或溢出效益,因此,对受益农民数量的估算其实是极为保守的,上述这1000万的小型农户和资源匮乏农民是种植Bt棉花的第二大受益群体。中国的溢出效益与美国的一个研究结果是一致的,1996年至2009年期间种植Bt玉米的农民获益26亿美元,而同一地区种植传统玉米的农民因Bt玉米抑制虫害侵袭的影响而获取的间接效益比其还多65%,即43亿美元。

**2010年发展中国家转基因作物的种植面积占全球的48%——预计在2015年之前将超过发达国家——发展中国家的增长率也大于发达国家。**

在过去的十年内发展中国家种植的转基因作物占全球转基因作物的比例逐年持续增加,从1997年的14%到2003年的30%,2007年为43%,2010年为48%。几乎可以肯定,在2015年之前,发展中国家种植的转基因作物将

超过发达国家。就 2009 年至 2010 年间的转基因作物增长比例而言,发展中国家远远领先于发达国家,前者为 17%,即 1020 万公顷,后者为 5%,即 380 万公顷。

**五个主要的发展中国家是中国、印度、巴西、阿根廷和南非。**

五个种植转基因作物的主要发展中国家——中国、印度、巴西、阿根廷和南非人口总计 27 亿(占全球人口的 40%),是推动全球种植转基因作物的主要力量。2010 年这五个国家总共种植了 6300 万公顷的转基因作物,相当于全球总数的 43%,他们推动了转基因作物在发展中国家中的应用。此外,转基因作物带来的巨大效益激励了公共部门和私营部门对其强烈的政治意愿和大量的新型研发投资,特别是在中国、巴西和印度。

**巴西转基因作物种植面积增长了 400 万公顷,增长量居全球之首。**

巴西作为第二大转基因作物种植国和拉丁美洲主要增长点,实现了最大的年绝对增长面积,比 2009 年增长了 400 万公顷,令人印象深刻。

**澳大利亚在经历了多年的干旱之后重新开始种植转基因作物,最高年同期增长比例达 184%。**

澳大利亚在经历了该国有史以来最为严重的多年干旱之后,2010 年的转基因作物种植总面积从 2009 年的约 25 万公顷显著增长到逾 65 万公顷(增长了 184%),转基因棉花和油菜均实现了增长。

**布基纳法索的转基因种植面积增长比例居世界第二位,增长了 126%。**

位于西非的布基纳法索在 2010 年连续两年种植面积增长率排全球第二,8 万农民种植了 26 万公顷(占总种植面积的 65%)的 Bt 棉花,相比较于 2009 年的 11.5 万公顷增长了 126%。

**印度的 630 万农民种植了 940 万公顷 Bt 棉花,实现了相当于 86% 的增长。**

**墨西哥作为玉米生物多样性中心,成功进行了 Bt 玉米和耐除草剂玉米的第一次田间试验。**

转基因玉米在墨西哥被禁十一年之后,其田间试验终于在 2010 年首次成功进行,该试验表明了转基因作物对控制虫害和杂草的有效性,这一结果与过去 15 年左右世界各地的 10 多个国家在商业化转基因玉米方面取得的国际经验是相一致的。预计在 2011 年进行的进一步试验将会对转基因玉米进行部分商业化评估,将生成有关采取适当的生物安全措施实现转基因玉米与传统玉米共存的重要信息,还将提供有关农民经济效益的精确的成本收益数据。2010 年的最后一个季度提出了允许在 2011 年进行转基因玉米半商业化试验的要求。

**在批准种植“Amflora”马铃薯之后,欧盟转基因作物种植国家增加到创记录的八个,六个国家种植 Bt 玉米、三个国家种植“Amflora”马铃薯以及一个国家两者均种植。**

2010 年欧盟有八个国家种植转基因作物:以西班牙为首的六个国家继续种植 91193 公顷的 Bt 玉米(相比于 2009 年的 94750 公顷);捷克、瑞典(首个种植转基因作物的斯堪的纳维亚国家)以及德国种植了共计 450 公顷的“Amflora”马铃薯,用于种子繁殖和初步的商业生产。2010 年批准的“Amflora”马铃薯是欧盟近十三年内首次批准种植的转基因作物。其他转基因作物,包括一种抵抗引起 1845 年爱尔兰大饥荒的重要疾病“晚疫病”的转基因马铃薯正在欧盟国家中进行研发,并预计在 2015 年之前发布。

**全世界一半以上的人口(59%或 40 亿人)居住在种植转基因作物的 29 个国家当中。**

2010 年的 29 个转基因作物种植国家居住着超过一半的全球人口(59%或 40 亿人),并且产生了显著和多重效益,在 2009 年全球价值超过 100 亿美元(107 亿美元)。值得注意的是,在全世界约为 15 亿公顷的农田中,超过一半(52%或 7.75 亿公顷)的农田在这 29 个国家。2010 年转基因作物首次占据了全世界 15 亿公顷农田的 10%,为未来的增长提供了稳定的基础。

**种植的作物——耐除草剂大豆仍然是主要作物。**

2010 年转基因大豆继续做为主要转基因作物,占据 7330 万公顷或全球转基因作物种植面积的 50%,其次为转基因玉米(4680 万公顷,全球转基因作物种植面积的 31%)、转基因棉花(2100 万公顷,全球转基因作物种植面积的 14%)和转基因油菜(700 万公顷,全球转基因作物种植面积的 5%)。加入欧盟之后,罗马尼亚被禁止继续从 RR<sup>®</sup> 大豆生产中受益,罗马尼亚农业部长估计欧盟禁令正导致该国每年损失 1.31 亿美元——他正请求紧急批准在罗马尼亚恢复 RR<sup>®</sup> 大豆的种植。

### 采用的性状——耐除草剂仍然是主要性状。

从 1996 年转基因作物首次商业化以来,耐除草剂性状始终是转基因作物的主要性状。在 2010 年,耐除草剂性状被运用在了大豆、玉米、油菜、棉花、甜菜以及苜蓿中,占全球 1.48 亿公顷的转基因作物面积的 61% 或 8930 万公顷。在 2010 年,复合两种或三种性状的转基因作物(3230 万公顷,或全球转基因作物面积的 22%)比占全球转基因作物面积 17% 的单一抗虫品种(2630 万公顷)占据了更大的区域。抗虫性状产品是在 2009 年和 2010 年期间增长最快的一类性状,相比于 13% 的复合性状和 7% 的耐除草剂性状,达 21%。

**复合性状是转基因作物的一个日益重要的特色——2010 年 11 个国家种植了具有复合性状的转基因作物,其中 8 个为发展中国家。**

复合性状产品是一个非常重要的特色并且是未来趋势,其满足了农户和消费者的多样化需求,正越来越多的被下列 11 个国家(按种植面积降序排列)所采用——美国、阿根廷、加拿大、南非、澳大利亚、菲律宾、巴西、墨西哥、智利、洪都拉斯和哥伦比亚——并预计未来将有更多的国家采用复合性状。在 2010 年共计种植了 3230 万公顷的复合性状转基因作物(2009 年为 2870 万公顷),其中,美国以其总计 6680 万公顷转基因作物中 41% 具有复合性状处于领先地位,包括 78% 的玉米、以及 67% 的棉花,在美国复合性状玉米增长最快的部分为三种性状复合,包含对两种害虫的抵抗性状加上耐除草剂性状。具备抗虫和耐除草剂双性状的玉米也同样是菲律宾 2010 年增长最为迅速的部分,从 2009 年的 33.8 万公顷增加到 2010 年的 44.1 万公顷,增长达到可观的 22%。具有八个基因的转基因玉米,名为 Smartstax™,于 2010 年在美国和加拿大发布,拥有多种抗虫性状及耐除草剂性状。未来复合性状的转基因作物产品将包含抗虫、耐除草剂以及抗旱等农艺输入性状,以及 omega-3 油用大豆或增强型维生素 A 金米的输出性状。

### 转基因作物对可持续性的贡献。

世界环境与发展委员会将可持续发展定义如下:“可持续发展是指既满足现代人的需求又不损害后代人满足需求的能力”(联合国,1987 年)。转基因作物正在促进可持续发展,并从以下五个方面帮助减轻气候变化的影响:

- 促进粮食、饲料以及纤维安全及自足,包括通过持续增加农业生产力和提高农民经济效益,提供更多实惠的粮食

转基因作物已经在增加单位公顷生产力和减少生产成本方面发挥着重要作用。转基因作物在 1996 年至 2009 年期间在全球产生了大约 650 亿美元农业经济收益,其中 44% 是由于减少生产成本(耕犁更少、杀虫剂喷洒更少以及劳动力更少)的收益,56% 是由于 2.29 亿吨可观的产量收益,这 2.29 亿吨包含 1996 年至 2009 年期间的 8350 万吨大豆、1.305 亿吨玉米、1050 万吨皮棉以及 480 万吨油菜。2009 年,农业经济收益约为 107 亿美元,其中大约 25% 是由于生产成本的减少(耕犁更少、杀虫剂喷洒更少以及劳动力更少),大约 75% 是由于 4170 万吨可观的产量收益,这 4170 万吨包括 970 万吨大豆、2940 万吨玉米、190 万吨皮棉以及 67 万吨油菜。另外,生物技术还具有巨大的潜力在将来被应用于大米、小麦这样的主食和对穷人有利的作物如木薯等。

- 保护生物多样性

转基因是一种节约耕地的技术,可在目前 15 亿公顷耕地上获得更高的生产率,并因此有助于防止砍伐森林并保护森林等原生物多样性保护区中的生物多样性。发展中国家每年减少大约 1300 万公顷富有生物多样性的热带雨林。如果在 1996 年至 2009 年期间转基因作物没有产出 2.29 亿吨额外的粮食、饲料和纤维,那么需要增加 7500 万公顷土地种植传统作物以获得相同产量,这额外的 7500 万公顷中的一部分将极有可能需要耕作生态脆弱的贫瘠土地(不合作物生产的耕地)和砍伐热带雨林;同样地,如果 2009 年这一年期间转基因作物没有产出 4200 万吨额外的粮食、饲料和纤维,那么需要增加 1200 万公顷的土地种植传统作物。

- 减轻贫困和饥饿

世界上最贫困人口 50% 为小型且资源匮乏的农户,另外 20% 为完全依靠农业维持生计的农村无地人口,提高他们的收入直接促进了对世界绝大多数(70%)最贫困人口扶贫。到 2010 年为止,转基因棉花已经在中国、印度、巴基斯坦、缅甸、菲律宾、布基纳法索以及南非等国家对 1440 万贫穷农户的收入做出了重要贡献,并且这在转基因作物商业化第二个十年的剩下五年(2011 年至 2015 年)中还将进一步加强。另外具有特殊意义的是转基因

水稻,它有潜力使亚洲 2.5 亿贫困家庭受益(如果每户家庭 4 口人,相当于 10 亿人受益),这些贫困家庭平均每户仅种植半公顷水稻,每天的收入仅有 1.25 美元——他们是世界上最贫穷的人口。在转基因作物商业化的前十五年显然已经取得了非常大的进展,但这与商业化第二个十年(2006 年至 2015 年)的潜力相比也只是“冰山一角”。幸运巧合的是,商业化第二个十年的最后一年(2015 年)也即是千年发展目标(MDG)年,这给全球农业部门(从发达国家到发展中国家,从公共部门到私营企业)提供了独特的机遇,以制定全球战略和行动规划。

- 减少农业的环境影响

传统农业对环境有严重影响,使用生物技术能够减少农业的环境问题。迄今为止的进展包括:显著减少杀虫剂喷洒,节约矿物燃料,通过不耕或少耕减少 CO<sub>2</sub> 排放,以及通过使用耐除草剂转基因作物实现免耕、保持水土。1996 年至 2009 年,杀虫剂活性成分(a. i)累计减少了 3.93 亿公斤(kg),根据环境影响指数((EIQ)的测量,这相当于减少了 17.1% 具有相关环境影响的杀虫剂。仅 2009 年一年,就减少了 3910 万公斤 a. i.(相当于节省了 10.2% 的杀虫剂)以及 21.8% 的 EIQ(Brooks 和 Barfoot,2011 年即将出版)。

水资源利用效率的增加将对全球水资源保护和利用产生主要影响。目前全球 70% 的淡水用于农业,这在未来显然不能承受,因为到 2050 年人口将增加 50%,达到 92 亿。首个具有一定程度抗旱性状的转基因杂交玉米预计将于 2012 年在美国开始商业化,并且首个热带抗旱转基因玉米预计于 2017 年之前在撒哈拉以南非洲地区开始商业化,这对于发达国家是个里程碑,但对于撒哈拉以南非洲地区、拉丁美洲以及亚洲的意义更为重大。抗旱性状也同样被引入其他多种作物当中,包括小麦,其在澳大利亚田间试验中表现良好,比传统对照最多可高出 20% 的产量。预计抗旱性状作物对世界范围内种植体系的可持续性具有重大影响,尤其是干旱比发达国家更普遍和严重的发展中国家。

- 有助于减缓气候变化及减少温室气体

转基因作物可促进减少温室气体排放并且从两个主要方面减缓气候变化。首先,通过减少使用矿物燃料、杀虫剂和除草剂,永久性地减少二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的排放,2009 年预计减少了 13.6 亿公斤 CO<sub>2</sub> 排放(相当于路上行驶汽车的数量减少了 60 万辆);第二,由于转基因粮食、饲料以及纤维作物保护性耕作(由耐除草剂转基因作物带来的少耕或免耕),使得 2009 年额外的土壤碳吸收相当于 163 亿公斤的 CO<sub>2</sub>(相当于减少 720 万辆路上行驶的汽车)。因此在 2009 年,通过吸收隔离方式,永久性和额外的减少共计 176 亿公斤(约 180 亿公斤)的 CO<sub>2</sub>,相当于 780 万辆路上行驶的汽车(Brookes 和 Barfoot,2011 年即将出版)。

随着我们面临与气候变化相关的新的挑战,预计干旱、洪涝以及气温变化灾害将更为频繁且更为严重,因此,有必要加快作物改良项目,开发能很好适应更快气候条件变化的品种和杂交品种。几种转基因作物技术包括:组织培养、诊断法、基因组学、分子标记辅助选择(MAS)目前可以用于“加速育种”。

总之,以上五点已经说明了转基因作物在显著促进可持续发展,减缓气候变化和全球变暖方面的能力,以及未来的巨大潜力。转基因作物可显著地增加生产力及提高收入,因此可作为农村经济增长的引擎,为世界上的小型及资源贫乏的农户摆脱贫困做出贡献。

**迫切需要建立适宜的,能节约成本和时间的,可靠、严谨又不繁琐的监管制度,这种制度仅占用大多数发展中国家都能够负担的资源。**

需要强调的是,在大多数发展中国家,种植转基因作物的最重要的限制因素是缺乏适宜的、能节约成本和时间并且具备完整知识和 15 年监管经验的可靠的监管制度。目前大多数发展中国家的监管制度存在不必要的繁琐,且负担不起超过 100 万美元的审批成本。现行的监管制度是在 15 年前为满足发达国家处理新技术以及获得对发展中国家所没有的重要资源的管理权这一早期需要而设计的——发展中国家所面临的挑战是“如何以小博大”。随着 15 年来的知识积累,现在发展中国家急需设计适宜、可靠、严谨但不繁琐,且能够负担得起的监管制度。

#### 来自教皇科学院主办的转基因作物与粮食安全研讨周上的结论。

2009 年 5 月 15 日至 19 日的教皇科学院(PAS)研讨周由提出“发展环境下的转基因作物与粮食安全”重要议题的 Ingo Potrykus 博士组织,以下为与会各方(其中不包括梵蒂冈)所达成的一些主要结论:

- 一 加强向监管者和生产者提供可靠的信息,以使其做出正确的决策;

— 对涉及新作物品种评估和审批的原则进行标准化及合理化,不考虑育种过程(基因工程(GE)或传统技术),以使其科学、风险可控以及透明公开;

- 使用科学预测作为行动的基础,重新评估对 GE 作物采取的预防原则;
- 评估卡塔赫纳生物安全议定书,以确保符合目前的科学认知;
- 解除对 GE 技术过度的,不科学的监管,以便于增加作物的生产力和营养;
- 推广技术以协助贫穷农户提高作物生产力;
- 鼓励广泛采用可持续的有生产力的实践活动,改善贫困人口的生活;
- 确保使用适当的 GE 以及分子标记辅助育种技术,以改良粮食不安全、贫穷国家的作物;
- 鼓励国际援助机构以及慈善团体采取紧急措施提供支持和行动,确保粮食安全;
- 促进公私合作关系,为了共同的利益,确保最需要的发展中国家免费使用 GE 技术;

除以上结论之外,还有来自 31 份科学文献的信息,以及多种语言翻译的会议声明<sup>①</sup>。

### 转基因作物事件的批准情况。

从 1996 年起共计有 59 个国家批准进口转基因作物用于食物和饲料以及释放到环境中,值得注意的是,全世界 75% 的人口居住在这 59 个已经批准种植或进口转基因作物的国家。24 种作物涉及 184 个事件,共计 964 项获批。59 个国家排名前几位的是美国、日本、加拿大、墨西哥、澳大利亚、韩国、菲律宾、新西兰、欧盟和中国。玉米是获批事件最多的作物(60),其次是棉花(35)、油菜(15)、土豆以及大豆(各 14)。在大多数国家获得监管机构批准的作物种类是耐除草剂大豆 GTS-40-3-2,有 23 个国家批准(欧盟 27 个成员国只算作一项批准),接着是耐除草剂玉米(NK603)和抗虫玉米(MON810),分别有 20 个国家批准,抗虫棉(MON531/757/1076)在全世界范围有 16 个国家批准。

**2010 年转基因种子的全球市场价值为 112 亿美元,商业转基因玉米、大豆以及棉花产品的价值约为 1500 亿美元。**

Cropnosis 公司估计,2010 年转基因作物的全球价值为 112 亿美元(高于 2009 年的 106 亿美元),这相当于 2010 年全球作物保护市场 518 亿美元的 22%,商业种子市场 340 亿美元的 33%。预计全球“终端产品”(利用转基因技术获得的粮食及其他产品)价值远远大于 112 亿美元的转基因种子价值——从 2008 年推断出来的数据,2010 年全球转基因作物收获产品价值将大约为 1500 亿美元,预计年增长率将高达 10% - 15%。

## 2 未来展望

**转基因作物商业化的第二个十年(2006 年至 2015 年)中最后五年(2011 年至 2015 年)的前景展望。**

未来五年(2011 年至 2015 年)转基因作物的种植将主要取决于三个因素:第一,合适、可靠、低本高效的监管制度的及时执行;第二,强烈的政治意愿和支持;第三,能够满足亚洲、拉丁美洲以及非洲的发达国家和发展中国家优先需求的改良转基因作物的持续供应。

未来五年的前景展望似乎很振奋人心:大约有 12 个国家计划首次种植转基因作物,这使得在 2015 年全球种植转基因作物的国家总数达到大约 40 个。这些新参与的国家中将有 3 至 4 个亚洲国家、3 至 4 个西非国家以及 3 至 4 个东非/南非国家,在拉丁美洲/中美洲以及西欧/东欧地区则相对较少。到目前为止,西欧地区的情况更难预料,因为这些与科学和技术考虑因素无关,而具有政治性,且受激进组织观点的影响。转基因马铃薯作物可能为欧盟提供了适当的新机遇。

目前大规模种植的四种转基因作物(玉米、大豆、棉花以及油菜)的种植比率仍有相当大的增长潜力,这四种转基因作物 2010 年总种植面积约 1.5 亿公顷,而全球潜在的总种植面积为 3.15 亿公顷,因此还有大约 1.5 亿公顷的种植潜力。转基因水稻以及其抗旱性特征有望对全球转基因作物的进一步扩大种植起促进作用。相比第一代转

<sup>①</sup> 网址:<http://www.askforce.org/web/Vatican-PAS-Studyweek-Elsevier-publ-20101130/Press-Release-PAS-Studyweek-20101127.pdf>; 与会人员:<http://www.ask-force.org/web/Vatican-Studyweek-Elsevier/Participants-List-english-email.pdf>。

基因作物通过抗病虫害和杂草来实现产量的增加,第二代转基因作物将向农民提供额外的新的因素以进一步增加产量。像 omega-3 大豆这样的质量特性将变得越来越普遍,复合特性也将进一步被利用。

北美在四年前制定了推迟引进转基因耐除草剂小麦的决定,但是该决定最近已经重新被修改,因为很显然小麦不能与具备相对优势的转基因玉米和大豆进行竞争,后者由于其高产以及较低的生产成本,给农民带来了更多的利润。在美国,过去八年时间里小麦的三年平均产量从1999年1月的41.6蒲式耳增加到2007年9月的43.2蒲式耳,增长了3.8%。在同样的时间里,美国玉米三年平均产量增加了14.7%,大豆增加了9.7%。目前众多国家和企业正研发一系列小麦中的转基因特性,包括抗旱性、抗病性以及谷物质量。预计在约2017年转基因小麦将首次进行商业化种植。

未来五年,将有几种重要的新的转基因作物在全球小规模、中规模以及大规模的种植,如目前最接近商业化批准和种植转基因水稻。金米预计将于2013年在菲律宾开始种植,接下来可能是孟加拉国、印度尼西亚以及越南(IRRI,2010年)。受到商业批准的限制,Bt水稻在中国种植大约还需要三年时间。大米甚至在三大主粮中(大米、小麦和玉米)也极为独特,因为它是世界上贫穷地区最重要的粮食作物。世界上超过90%以上的水稻生长在亚洲,并由一部分世界上最贫穷的人口消耗——2.5亿亚洲家庭/家族,人均耕种面积不足半公顷。

已在全球试验好的具有Bt以及耐除草剂特性的玉米极有可能引入全世界的几个发展中国家中。植酸酶玉米在中国也可能在大约三年后种植。其他几种中等规模的作物预计在2015年可批准,包括:高质量淀粉转基因马铃薯已经在欧盟获得批准,抗“晚疫病”转基因马铃薯正在欧盟以及其他国家进行产量试验,具有质量和农艺特性的甘蔗,以及抗病香蕉。印度正在进行Bt转基因茄子的审批,且正在菲律宾和孟加拉国进行产量试验。蔬菜作物,如能大量减少使用杀虫剂的转基因西红柿、西兰花、卷心菜以及黄秋葵也正在研发当中。对贫困人口有利的转基因作物,如转基因木薯、红薯、豆类以及花生等也在备选名单之中,有些正在由发展中国家的公共部门、国家或国际机构进行研究。众多的转基因作物品种的开发预示着全球转基因作物在未来五年的发展势头良好。

使用生物技术提高第一代粮食/饲料作物和第二代能源作物的生产效率即是机遇也是挑战,而生物燃料战略必须在国与国之间合作的基础上进行,且粮食安全应始终被放在首位,不应因竞争的需要而将粮食和饲料作物用作生物燃料。在甘蔗、木薯和玉米等作物不经生物技术等手段改造以增加产量的情况下,不加考虑的在粮食不安全的发展中国家将它们用作生物燃料,可危及这些国家的粮食安全。农作物生物技术在生物燃料生产中的关键作用是低成本地优化每公顷生物质/生物燃料的产量,这反过来可提供更为实惠的燃料。然而,到目前为止,转基因作物最重要的潜力作用是其对千年发展目标(MDG)中确保粮食供应以及到2015年贫困和饥饿人口减少50%这一目标的贡献。

2008年世界银行发展报告强调指出,“农业是实现千年发展目标重要的发展工具”(世界银行,2008年)。在发展中国家中,每四人中有三个生活在农村,其中大部分依赖于农业。报告同样指出,“在撒哈拉以南非洲如果没有一场为了数百万正遭受生存危机的农民(其中大部分是妇女)进行的农业生产革命,将无法克服极度的贫困”。非洲居住着超过9亿人口,相当于世界人口的14%,并且是世界上仅有的人均粮食产量持续下降的大陆,并且至少三分之一的非洲人口正饱受饥饿和营养不良的折磨。非洲被认为是目前在转基因作物种植和接受上面临最大挑战的大陆。值得注意的是目前在非洲有三个国家(南非、埃及和布基纳法索)正从转基因作物中受益,并且在2010年均有所增长。在布基纳法索,2010年实现了Bt棉花种植面积100%的增长,从2009年11.5万公顷到2010年8万户农民种植的26万公顷,这对其邻国以及非洲大陆具有战略性意义。目前在非洲大陆的三个主要地区各有一个转基因作物商业化的领先国家,南部和东部非洲有南非,西非有布基纳法索,在北非有埃及,他们成为了各自代表区域的模范和榜样。

布基纳法索总统Blaise Compaore在2010年国家农民日期间对转基因作物做出了以下指导:“在一个饥荒的大陆,转基因(GM)的辩论应该极为特别,此技术提供了一种可持续增加农业生产力的方式,并因此确保了人民的粮食安全。例如,布基纳法索在目前的条件下已成功提高了棉花的生产力,但要超过100万吨将非常困难,但是由于价格不断下降,我们别无选择,只能大规模的种植,而生物技术可允许我们达到200至300万吨。”

加纳科技与环境部部长Sherry Ayithey女士说,“如果不认真考虑使用生物科技,那么非洲将不能完成其2015

年贫困人口下降的千年发展目标 (MDG)。我个人赞成使用生物科技改善经济、创造就业、减少饥饿并且改善尤其是边远贫困地区的医疗卫生服务。”

世界银行报告(世界银行,2008年)同时强调,在亚洲还居住着6亿生活极度贫困的农村人口,这是一个严峻的事实,目前贫穷成了一种农村现象,世界上70%最贫困的人口均为居住并劳作在农田上的小农户和资源匮乏农户,以及没有土地的农村劳动力,在此时如果不能对转基因作物提供必要的政治意愿和支持,将使得很多发展中国家遭受错过一次机遇的风险,并且导致其在作物生产力方面陷入长期的劣势和缺乏竞争力,这将严重影响到减轻贫困的希望实现。

### 挑战与机遇

#### • 创新的重要性

创新一词来源于拉丁语“*Innovatus*”,其定义为“使变化成为机遇而非威胁的能力”。未来全球作物生产将很大程度上依赖于创新和“3I”策略——独创性、创新性以及实施性。创新一般适用于所有技术,并由此对粮食安全、粮食自足以及减轻贫困有着重要的影响。举个来自完全不同领域的例子有助于说明创新的重要性:一个世纪以前,创新使得美国大规模生产价格合理的汽车,这使其成为了汽车业排名第一的国家。三十年前,日本汽车工业取代美国汽车工业成了全世界第一,是因为采用了“节约创新”,使用成功实施的“精益生产”的方法重新设计汽车,以满足全球消费者不断变化的需求和优先事项(《经济学家》,2010年4月15日)。

转基因作物是农作物技术最具创新性的研究成果之一,并且已经获得成功及空前的种植,但未来的转基因作物研发人员能否促进其在全球范围内的继续发展和成功,仍取决于创新,没有创新将导致农作物生产力增长率下降。最新的经济合作和发展组织——联合国粮食和农业组织展望(OECD-FAO展望)预计,由于欧盟在政治上和意识上反对转基因作物,在2010年至2019年期间,其农业净生产力将仅以4%的增长率“停滞”增长,而相比于其他实行技术创新如转基因作物的国家(如美国、加拿大、澳大利亚、中国、印度以及拉丁美洲的国家),预计同期增长率为15%至40%,远远高于欧盟。欧洲议会(MEP)成员George Lyon先生在2011年1月牛津农业会议上发表演讲警告说“政客们利用了民众对转基因(GM)的恐惧作为自己的政治砝码”,并建议改变策略(Surman,2011年)。正在领导欧洲议会回应委员会的提议,改革欧盟农业政策(CAP)的Lyon表示,“随着GM在全世界其他地方成为了规范标准,欧洲的农民正在逐渐被淘汰。”尽管知道GM作物并不是一个一劳永逸的方法,Lyon还是认为“GM作物是一项关键技术……如果我们不想落后更多,就必须打破欧洲的僵局”,他解释说:“有机的和低投入、低产出农业有过一定的作用,但显然不能适应到2050年之前粮食产量翻一番的挑战。”(Surman,2011年)

很显然世界经济的轴心正转向有利于新兴国家,并且这有助于所有产品,包括转基因作物的发展。主要发展中国家,如“金砖四国”——拉丁美洲的巴西,以及亚洲的印度和中国,更多地参与对植物生物技术创新方法的研究已经非常明显。新兴国家不再满足于仅以具有廉价劳动力作为其唯一的竞争优势,而是运营充满活力的创新孵化器,生产新的有竞争性的产品,以及采用创新手段以极低的成本为顾客重新设计产品,以满足迅速增长的国内、国际需求。因此,“节约创新”不仅仅是一个廉价劳动力的问题,而将逐渐适用于更多优惠产品和流程的重新设计,这将既需要技术创新也需要商业创新。

所有的这些表明,西方世界可能正在落后于新兴国家,但也未必一定如此。《财富》世界500强企业中有98家在中国、63家在印度具有研发活动,包括与各自所在国的公共/私人合作伙伴共同从事的转基因作物研发。这些跨国公司在“金砖四国”的投资的基本理念是:保持在创新性方面的竞争优势,更好的参与到这些新兴市场中,同时发展这些市场以满足自己所在国家不断增长的超过25亿富裕人口的需求。这与只有3.03亿人口美国以及27个欧盟国家4.94亿人口形成对比。鉴于创新的本质是满足其自身的要求,“在新兴国家的创新将促进而非损害西方世界的创新”(《经济学家》,2010年4月15日)。

目前发生在新兴国家的空前爆炸性增长和变化将对世界其他国家产生巨大的影响,并将需要更多来自成功开发人员的创新性解决方案。新兴世界的GDP全球份额从1980年的36%增加到2008年的45%,预计到2014年将达到51%。在2009年,中国的生产力增长了8.2%,相比之下美国只有1.0%,而英国更是下降了2.8%。新兴国家消费从2007年开始超过美国,且目前占全球消费的34%,美国占27%。因此,新兴国家的消费者现在以及未来

将继续需要更高的生活品质,包括更好的饮食、更多的肉类,这反过来也促进了对主要转基因牲畜饲料、玉米及大豆需求的增加。

和世界上其他领先国家一样,欧盟的政策方针坚定地将创新推广作为科学的一项总政策,但是当其运用于转基因作物时,却言行不一。如果创新是农作物技术成功的关键,那么这将对欧盟严重不利。一些参与农作物生物技术的跨国公司已经减少了在一些欧盟国家的研发活动,并且如果可能,它们正将研发活动撤出欧盟,因为其不能提供一个适宜的转基因作物研发环境,且转基因技术在欧盟被视为是一种威胁而不是机遇。

#### ● 气候变化与转基因作物的作用

鉴于气候变化很可能被记录为 21 世纪上半叶主要的科学挑战,势必需要完全实现转基因作物的作用,以克服这一挑战。科学同盟发表声明说,“目前世界人口面临的两个最大的问题是粮食安全的威胁以及气候变化可能产生的消极影响。”(科技同盟,2010 年 10 月 1 日)同盟解释说,“气候变化缓解政策是不断推广可持续的集约化农业,包括使用 GM 作物。在这种情况下,气候政策和粮食安全需要完全结合在一起。”同盟得出结论:养活 2050 年的世界这一挑战是“一个不可否认的现实”,因为到 2050 年,全世界人口达 92 亿,但扩大目前耕地面积的可能性有限,另外更富裕的新兴国家将消耗更多的肉类,因此不可避免的结论是到 2050 年世界将需要至少多产出 70% 的粮食。相反,不同于粮食安全,同盟得出的结论是:“目前气候变化的影响仅仅是计算机模型的预测,这可能是正确的,也可能是错误的,但是事实是这些模型是基于假定一个单一因素占主导:我们所知的大气中二氧化碳量的不断增加导致的变暖效应被正反馈效应所夸大。在全世界范围内大幅度削减 CO<sub>2</sub> 排放被规定是防止大灾难的唯一方法。我们面临一个相当清楚且即将来临的问题(粮食安全)和一个未经证明的但可以想象在本世纪后期可能造成严重破坏的猜想(人为的全球变暖)。”

因为农业是温室气体(GHG)的主要排放者(排放 14% 的温室气体),是导致气候变化问题的部分原因,所以转基因作物也参与解决问题是应该的。文献证明,转基因作物在以下方面有助于减少二氧化碳排放:

— 转基因作物需要较少的农药喷洒,因而可节省拖拉机/化石燃料,并减少二氧化碳排放;

— 在同样的现有 15 亿公顷农田上提高产率,使得转基因作物成为了节省土地的技术,并减少了森林砍伐及二氧化碳排放(导致气候变化的主要因素);

— 耐除草剂转基因作物促进了零耕地或免耕地,进而大大减少了土壤碳的损失及二氧化碳的排放;

— 耐除草剂转基因作物减少了耕作,从而大大加强了水分保持,大大减少了土壤流失,并形成了有机物质来锁住土壤碳并减少二氧化碳排放;

— 转基因作物能克服气候变化导致的非生产性环境中的非生物胁迫(通过耐旱性及耐盐性)及生物胁迫(通过抗杂草性、抗虫害性、抗病性)。气候变化引起的温度及水位的改变会阻碍传统育种作物的生长(例如,由于棉铃虫导致的重大损失,有几个国家已停止在一些地区种植传统棉花);

— 与传统作物相比,转基因作物可更快地进行改良——因而可执行“加速育种”战略,以满足与气候变化相关的更频繁、更严重的变化所要求的更快的品种变化。

虽然环境学家们普遍反对转基因作物,但是,将降低二氧化碳含量作为避免未来发生灾难的唯一对策的气候变化专家们却越来越支持转基因作物了,因为他们认为它是实用的对策。这样,可同时实现粮食安全和气候变化两个目标,可谓“一箭双雕”。确实,绿色运动的前领导人(如 Mark Lynas)及同事现在承认反对转基因作物的绿色运动与现有的知识不一致,并且这已经阻碍了转基因作物协助社会从粮食安全及气候变化战略领域获益。Lynas 和同事们得出结论,核能的情况也一样,已经加剧的反对核能的绿色运动不但未能改变现状,作为替换方案的核电站及燃煤电厂现在却已经成为主要的二氧化碳生产者与污染源,所以是加剧而非解决了与气候变化相关的问题。

哥本哈根气候变化峰会取得的少数成功之一就是最初所知的 REDD(减少森林砍伐和退化造成的温室气体排放)。如名称所示,REDD 旨在减少森林砍伐。农业虽然导致森林砍伐,释放约 14% 的全球温室气体,但是由于土壤起到碳汇作用,所以作物也会吸收二氧化碳。全球农业温室气体研究联盟成立于 2009 年 12 月 16 日,筹款 1500 亿美元用来研究和开发潜在机遇。这些潜在机遇将回馈贫困国家的农户,保持农户农田及土壤中的碳,使其受到哥本哈根峰会上(《经济学家》,2009 年 12 月 30 日)讨论的清洁发展机制的庇护。

### ● 金米及过度监管

经过一个过于长久、花费过高的过程后,金米预计将于 2013 年投放市场(国际水稻研究所,2010 年),在这个过程中,一个可减轻 VAD 受害者痛苦的对策被否决。在最近的一篇文章中,Ingo Potrykus(2010 年)得出结论,转基因作物(GM)“如果能不受过度监管,将使数百万人免受饥饿和营养不良的折磨”。凭借自己在过去 11 年中担任金米人道主义项目(<http://www.goldenrice.org>)主席的经验,Ingo Potrykus 在参加梵蒂冈教皇科学院(PAS)去年召开的“发展环境下的转基因作物与粮食安全”会议(Potrykus 及 Amman 于 2010 年)后,得出了上述结论。金大米含有的八氢番茄红素合成酶和八氢番茄红素双脱氢酶使每克食用大米能生成高达 35 微克的维生素原 A( $\beta$ 胡萝卜素),可为发展中国家食用缺乏维生素 A 大米的人们提供足量的维生素 A,以大大减少由于缺乏维生素 A 而死亡的人数(6000 人/天),每年挽救成千上万仍在遭受视力疾病痛苦的人。由于传统育种无法提高维生素 A 的含量,所以金大米只能是转基因作物。当数百万人还在遭受痛苦的时候,金大米却由于不必要和不合理的耽搁停滞了十几年。Potrykus 总结,这种滞后是由排斥转基因作物的不公正监管程序造成的。因此,Potrykus 认为“基因工程监管应为数以千计儿童及年轻母亲的死亡及失明负责”。据他估计,与传统作物相比,要将转基因作物投放市场一般需要约多十倍的资金和大约长十年的时间,而且现在更高的费用阻碍了公共研究机构对转基因作物开发的参与。尽管如此,转基因作物在减轻贫困与饥饿以及造就世界上发展中国家的粮食安全方面仍然具有巨大潜力。

无数国际机构和国家科学院已认可了科学支持的转基因作物,并质疑了主观的、科学上未得到证实的批评观点,同时意识到由传统育种方法培育的新型传统作物也做了基因改良。具有讽刺性的是,这些新型传统作物没有安全数据,只能证明其性能完好,或性能比现有的商业传统育种作物更好。显然,在还有 10 亿人正遭受饥饿和贫困(道德上让人无法接受)的情况下,更应该利用公众支持,而不是依靠不正当的官僚监管来养活世界上不断增长的人口。ISAAA 2009 年第 41 期年报(James, 2009b)也得出与 Potrykus 近似的结论,并强调不合理的过度监管是限制发展中国家更广泛地采用转基因作物的主要原因。对于一个在采用转基因作物方面具有亲身经验及政治意愿的发展中国家来说,挑战就在于如何合理减轻当前的监管负担并执行一个可靠的、低本高效的模式系统。

### ● 作物生物技术的技术进步——其中的一些技术进步面临监管难题

判断一些分子生物技术方面的新进步是否应被纳入监管范围对监管者来说是一个挑战。“定标性突变”也称作“锌指”或“兆核酸酶”,是一项不涉及“转基因”或外源基因,但导致 DNA 修复错误的技术,因此与受监管的转基因技术大不相同,它更像是受监管的传统辐射及化学诱变育种。美国的 Cibus 公司(Cibus LLC)已使用兆核酸酶开发了耐除草剂的油菜,并计划在 2011 年投放市场,但这最终取决于 APHIS 将其归类为不受监管的技术。依照逻辑判断,如果不涉及外源基因,锌指就不应被监管,但到目前为止还不能确定监管者如何将其归类。科学家们希望全球社会能言行一致地接纳科学创新,不把锌指归入监管技术。目前,USDA/APHIS 仍在考虑锌指的监管问题,可能到 2011 年(准备投放第一个产品时)才能作出决定(《纽约时报》,2010 年 11 月 11 日)。

● 充分发挥转基因作物的贡献,实现千年发展目标(MDG)——到 2015 年减少 50% 的贫困人口——以向 ISAAA 创始资助人,诺贝尔和平奖得主 Norman Borlaug 的宝贵遗产致敬。

MDG 目标于 10 年前的 2000 年设立,以 1990 年为开始基准,2015 年为目标实现年。鉴于 15 年期限中三分之二时间已经过去,因此需要对进展情况进行评估(《经济学家》,2010 年 9 月)。世界各国的领导人已于 2010 年 9 月下旬在纽约会面,商讨目前为止已取得的进展。联合国分析显示,通过削减发展中国家 50% 的贫困人口来实现减少贫困的目标已取得进展,1990 年,全球范围内发展中国家的贫困人口比率(以百分比表示)为 46%(世界银行估计),至 2005 年已下降到 27%——因此,从现在起五年后,2015 年的贫困人口比率应该可以下降到 23%。然而,虽然贫困人口比率(根据购买力评价,每天收入低于 1.25 美元的人被定义为贫困人口)已下降,但是全球贫困、饥饿及营养不良的绝对人数(相对于贫困人口比率)依然保持在一个让人无法接受的高水平(9.25 亿)。值得注意的是,在 1990 年 90% 的贫困人口都生活在最贫困的国家,而在 2010 年,世界上将近四分之三的贫困人口都生活在中等收入的发展中国家,如印度、巴基斯坦、印度尼西亚及尼日利亚,只有四分之一的贫困人口生活在非洲(《经济学家》,2010 年 10 月;《Summer》,2010 年)。贫困人口大幅上升源于 2008 年粮食产品物价上涨,导致 30 个发展中国家发生暴动并且其中两个政府被推翻。许多经济学家预测在不久的将来,粮食物价还将上涨。除了减少 50% 的贫

困人口,MDG 还要求减少一半的营养不良人口(从 1990 年的 20% 到 2015 年的 10%)——2008 年该比率已达 16%。

许多观察家注意到,将发展中国家贫困人口比率减半的成功不应仅归功于联合国的 MDG 计划,而应主要归功于将其贫困人口比率从 1990 年的 60% 降至 2005 年的 16% 的中国——令人瞩目的 72% 的下降。由于 1990 年中国和印度(世界上两个人口最多的国家,共计人口达到将近 25 亿)的贫困人口占世界 62%,因此要改变全球的贫困人口比率,很大程度上取决于这两个国家。因此,全球贫困人口比率并不是计量较小国家进展情况的合适指标,这种情况由于缺乏许多小的贫困国家的贫困数据而更加严重,例如,1990 年至 2008 年,28 个最贫困国家只有一次贫困水平记录。不过,据估计已有 15 个贫困国家减少了一半的贫困人口,并且令人鼓舞的是,达到目标的前 10 名(根据每年减少的贫困人口,按照从大到小的顺序列出)中有 6 个是非洲国家,包括冈比亚、马里、塞内加尔、埃塞俄比亚、中非共和国及几内亚。

值得注意的是,特别在中国,以及非洲(在较小程度上)成功的主要原因不是由于公共开支的增长,而是由于国民经济的更快增长,这已经成为世界大多数贫困人口居住的农村地区经济增长的引擎。然而,以印度为例,仅靠经济增长显然不能完全解决贫困问题。印度所有 5 岁以下儿童中将近有一半(48%)营养不良,人数超过 6 千万。这是世界上最高的比率之一,绝对人数也是世界所有国家中最多的,超过了世界上 5 岁以下营养不良儿童人口总数(1.5 亿)的三分之一。印度以 48% 的比率位列下列 5 岁以下长期营养不良儿童数目最多的国家:埃塞俄比亚 51%、刚果 46%、坦桑尼亚 44%、孟加拉国 43%、巴基斯坦 42%、尼日利亚 41%、印度尼西亚 37%、菲律宾 34%,值得注意的是,相比之下中国只有 15%。

南半球和北半球的公共部门和私营机构中参与转基因作物研究的国际团体以及捐助团体尚未充分利用 2015 年的 MDG 来向全世界证明转基因作物能对粮食安全及减少贫困人口做出重要贡献。鉴于 Norman Borlaug 对转基因作物的大力提倡,此次行动将成为一个命名为“知识、生物技术及减少贫困”的全球性计划,并成为向 Norman Borlaug 宝贵和特殊的遗产致敬的最合适、最高尚的方式。“知识、生物技术及减少贫困”这种合作关系将把北半球、南半球、东半球及西半球(包括公共部门和私营机构)联合起来,充分发挥转基因作物在提高生产力、减少能源使用和减轻贫困方面的作用。这是为 MDG 目标做出贡献的最佳方法,也恰巧标志着转基因作物商业化的第二个十年(2006 年至 2015 年)的结束——这将会得到 Norm Borlaug 的赞成。