

# 2009 年全球生物技术/转基因作物商业化发展态势

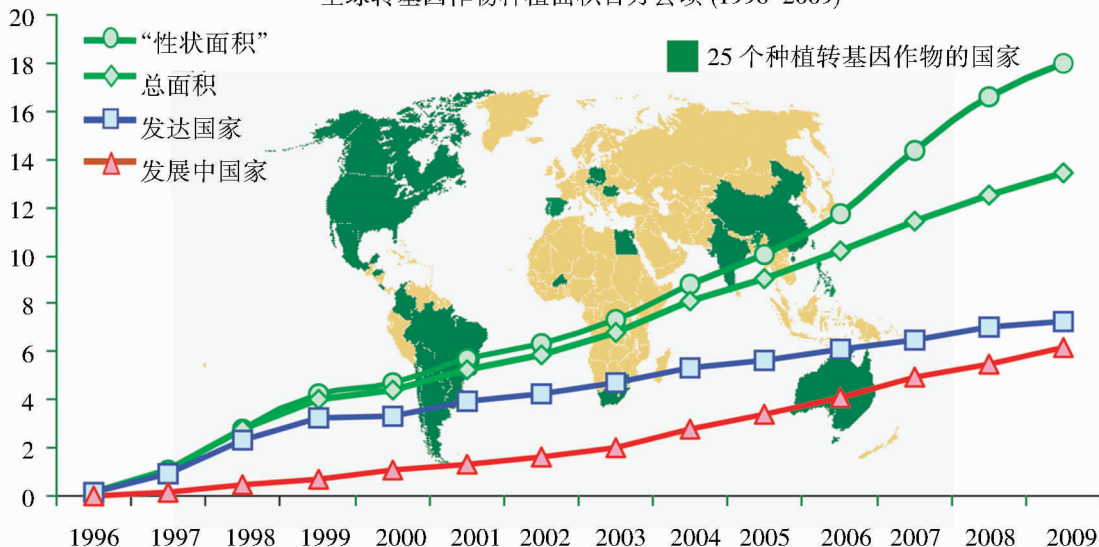
## ——第一个十四年 1996~2009

Clive James

(国际农业生物技术应用服务组织)

谨此纪念已故的诺贝尔和平奖得主、国际农业生物技术应用服务组织 (ISAAA) 首位创始资助人 Norman Borlaug

全球转基因作物种植面积百万公顷 (1996-2009)



2009 年, 25 个国家的 1400 万农民种植了 1.34 亿公顷 (3.3 亿英亩) 的转基因作物, 比 2008 年持续增长 7% 即 900 万公顷 (2200 万英亩)。

资料来源: Clive James, 2009.

## 1 引言

本文主要介绍 2009 年全球转基因作物进展的重点内容, 更多详细内容将在第 41 期年报中进行讨论, 并谨以此纪念已故的诺贝尔和平奖得主 Norman Borlaug 博士。ISAAA 的首位创始资助人 Borlaug 博士于 2009 年 9 月 12 日辞世, 他成功推进了绿色革命, 在 20 世纪 60 年代帮助 10 亿人口脱离了饥饿, 也因此获得 1970 年的诺贝尔和平奖。他是转基因作物最为热心的支持者和最值得信赖的倡导者, 他认为转基因作物将会对减轻贫困、饥饿和营养不良做出巨大贡献。

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](mailto: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。

同时,本文全面参考了 John Bennett 博士的《转基因水稻——现今状况和未来展望》一文。John Bennett 博士是澳大利亚悉尼大学生物科学院荣誉教授,菲律宾国际水稻研究所植物分子生物学实验室前任高级分子生物学家,ISAAA 东南亚中心负责人。

## 1 中国通过 Bt 水稻和植酸酶玉米的生物安全认证具有里程碑意义

中国于 2009 年 11 月 27 日通过对转基因 Bt 水稻和植酸酶玉米的生物安全认证,这一举措具有里程碑意义,对转基因作物在中国、亚洲乃至全世界的应用产生重大影响,原因如下:

- 这两种转基因作物都是由政府部门公共资源投资开发;

- 水稻是世界上最重要的粮食作物,Bt 水稻将会给中国的 1.1 亿水稻种植户(按照平均每户 4 口人,总计 4.4 亿农民)带来预期每年 40 亿美元的收益,这些农户种植着 3000 万公顷的水稻,平均每户耕种三分之一公顷。种植 Bt 水稻可以增加产量、提高农民收入,从而改善他们的生活质量,减少杀虫剂的使用也可为环境安全及可持续发展做出贡献。从中国国情看,这对其粮食和饲料的“自给自足”(优化本国粮食和饲料作物)及“粮食安全”(足够的粮食和饲料)具有极其重要的作用,而这两者也是相辅相成的。

- 玉米是世界上主要的饲料来源,中国的 1 亿农户(4 亿农民)种植着 3000 万公顷的玉米,即每户种植三分之一公顷。植酸酶玉米潜在的作用包括更有效的提高猪肉产量(中国是世界上猪饲养量最大的国家,共计 5 亿头,占全世界的 50%)。植酸酶玉米会增加猪肉产量是因为猪会更容易消化饲料中的磷,在促进生长的同时还可以减少粪便中的磷污染。农民也无需再另外购买磷酸盐肥料添加到饲料中,从而降低了成本,减少了设备和劳力需求。再者肉类产率的提高对于中国日益增加的肉类消费需求也十分关键,因为玉米也是国内 130 亿鸡、鸭和家禽的饲料来源。

- 转基因水稻和玉米在中国的批准将会推进并加速转基因作物在其他发展中国家的决策过程,尤其是类似于中国的亚洲国家,这些国家同样面临粮食自给自足的挑战和 2015 年千年发展目标,即减轻贫困、饥饿和营养不良,增加小农户的收入。

- 由中国政府资助开发的转基因水稻和玉米将会改变世界粮食、饲料和纤维贸易状况及发展中国家的粮食安全情况,同时促进其他国家效仿中国的做法或者加入到中国的生物技术转化与分享之中。

在温家宝总理的倡导下,中国对作物生物技术高度重视。目前,Bt 棉花和具有战略意义的新作物如转基因水稻和玉米正在为中国带来巨大利益,这也反映了中国作物生物技术的飞速发展。农业科学是中国发展最为迅速的研究领域,中国在农业科学方面的全球出版物分享率从 1999 年的 1.5% 增长到 2008 年的 5%。1999 年,中国只有农业 GDP 的 0.23% 用于农业研究和发展,但到 2008 年已经增长到 0.8%,目前已接近世界银行推荐的发展中国家指数 1%。中国的目标是到 2020 年其谷物产量达到 5.4 亿吨,农民收入达到 2008 年的两倍,转基因作物无疑会对这个目标做出极其巨大的贡献。

由于本文印刷和发行的时间限制,在此只能粗略探讨中国转基因水稻和玉米的生物安全认证以及它们的全球巨大影响,这两种作物在经过 2 到 3 年的区域试验才能全面进入商业化生产。

## 2 2050 年养活世界人口的挑战

在此,我们有必要将最近两个世纪全球粮食产量的主要发展做一个全面分析。19 世纪初的 1800 年,世界人口只有不到 10 亿,要在未来 100 年内养活增长的 6 亿人口相对简单,只需扩大耕地面积即可。因此,北美、南美、东欧和俄罗斯的广大草原地带以及澳大利亚内陆地区的富饶土地被开垦成为新的耕地。20 世纪(1900 年时世界人口也只有 16 亿),通过绿色革命和其他农艺性状改良显著提高了粮食生产率(产量/公顷),实现了未来 100 年内的粮食产量增加。化石燃料是大规模机械化的先决条件,使得拖拉机取代了马匹,同时来源于化石燃料的铵态氮肥也起到同等重要的作用。

2000 年世界人口已有 61 亿,预计 2050 年将会达到 92 亿。在 50 年的时间内要使粮食产量翻番本身就是一个棘手的问题,而目前我们所处的状况使得这个问题更为严峻:我们必须在相同面积的耕地上(不包括巴西)使用更少的资源,特别是化石燃料、水和氮肥来增加粮食产量,同时还要考虑尽量减少对气候变化的影响。此外,贫困、饥饿和营养不良人口在世界历史上首次突破 10 亿,人道主义需求要求我们必须解决这一困境。此时,解决上述问题,增加世界粮食、饲料和纤维产率(千克/公顷)最有希望的技术战略就是联合传统作物育种技术(改良种质)和新型转基因技术(获得新型性状)。通过这种联合技术所产生的新型作物品种不仅可以解决世界粮食、饲料和纤维安全问题,同时也有利于解决人口增长和粮食、饲料和纤维分配系统

改善问题。在粮食安全成为世界和平和安全潜在威胁的历史关键时刻,采用全面战略性的联合技术可以使得国际社会继续从中获益。值得注意的是,Borlaug 在四十年前诺贝尔奖获奖感言《绿色革命、和平与人道》中也关注了上述问题。

为了获得“实质上可持续的粮食产率增长”,将传统育种技术和生物技术联合应用于农业生产得到更多支持。G8、2009 年联合国粮农组织峰会、比尔盖茨夫妇基金会和伦敦皇家学院等几个著名的国际机构都提出了要优先发展农业、解决粮食自给率和粮食安全问题、减轻饥饿、营养不良和贫困等问题的重要性。ISAAA 2009 年第 41 期年报也在这个重要的时刻出版发行,报告特别提出:基于作物生产在粮食、饲料和纤维生产中举足轻重的地位,需要综合利用传统技术和生物技术,在现今 15 亿公顷的耕地上获得“实质上的可持续的粮食产率增长”,以避免 10.2 亿人口(目前最高数量)遭受贫困、饥饿和营养不良的折磨甚至是生命威胁(这样的情况在一个公正的社会中是不应该发生的)。此外,以下三种情况使得问题更为严峻,包括:世界谷物储量下降到 75 天供应量(最小推荐值 100 天);来自气候变化的挑战,特别是全球范围内的干旱;再者需要不惜一切代价为我们的子孙后代保护自然资源。

### 3 2009 年全球转基因作物种植情况

14 年来,转基因作物的种植带来了经济、环境和社会福利等方面持续可观的利益,发达国家和发展中国家的数千万大型、小型和资源匮乏农户在 2009 年继续扩大了转基因作物的种植面积,来自全球数千万种植转基因作物农户的数据是最为简明的,但也是衡量转基因作物优越性的最有利、务实和常识性的证据。虽然 2009 年的经济萧条带来严重的影响,但四大转基因作物种植面积又创新高:全球大豆种植面积 9000 万公顷的四分之三(77%)为转基因品种;3300 万公顷棉花的近一半面积(49%)为转基因品种;转基因玉米占总面积 1.58 亿公顷的四分之一以上(26%);转基因油菜为 3100 万公顷的 21%。除了种植面积的增长外,全球选择种植转基因作物的农户数量也有所增加。在最具挑战的非洲三国,转基因作物的种植也取得长足发展。正如 ISAAA 上期年报预计,发展中国家继续要求种植转基因作物,特别是巴西具有成为拉丁美洲未来发展引擎的潜力。以上事实表明转基因作物初见成效,而且将会为国际社会未来面临的挑战做出巨大贡献,包括:粮食自给和粮食安全,更多负担得起的食物,可持续性发展,减轻贫困和饥饿,缓解气候变化、全球变暖。

2009 年全球转基因作物种植面积继续攀升,达到 1.34 亿公顷(图 1 和表 1),或 1.8 亿“性状/最终面积”,即以公顷数计算其增长了 900 万公顷或 7%,而以“性状面积”计算,则实际增长了 1400 万公顷或 8%。全球转基因作物“性状面积”从 2008 年的 1.66 亿公顷增长到 2009 年的 1.8 亿公顷。早先种植转基因作物的国家,其种植面积增长主要来自种植“复合性状作物”(不同于一个品种的单一性状或杂交种),主要转基因作物玉米和棉花面积测量种植比率达到最佳标准。比如 2009 年美国 3520 万公顷全国玉米作物中 85% 为转基因品种,其中 75% 为双性状或三性状杂交作物,只有 25% 为单一性状的杂交种。同样,转基因棉花则占美国、澳大利亚和南非棉花作物的 90% 以上,其中双性状杂交种占美国所有转基因棉花的 75%,澳大利亚为 88%,南非为 75%。显然复合性状作物已经成为转基因作物一个非常重要的特点,采用“性状面积”和公顷进行更准确的测量显得尤为重要。从 1996 年的 170 万公顷到 2009 年的 1.34 亿公顷,转基因作物耕种面积增长 80 倍,使转基因农作物技术得到最为迅速的利用。

#### 3.1 复合性状转基因作物的种植

复合性状是转基因作物一个非常重要的特点,也是未来的发展趋势,它符合农户和消费者的多样化需求。对复合性状转基因作物的需求不断增加的 11 个国家如下:美国、阿根廷、加拿大、菲律宾、南非、澳大利亚、墨西哥、智利、哥伦比亚、洪都拉斯和哥斯达黎加(值得注意的是,其中有 8 个为发展中国家),还有更多的国家也希望将来能够推广复合性状作物。2009 年总共有 2870 万公顷的复合性状转基因作物,而 2008 年为 2690 万公顷。2009 年美国带头种植的复合性状作物占到全部 6400 万公顷转基因作物的 41%。2009 年菲律宾的双性状复合型玉米(抗虫和耐除草剂)也得到最快的发展,从 2008 年的 57% 增加到 2009 年的 69%。2010 年,美国将会向市场投放 Smartstax™ 玉米,此种转基因玉米具有八种不同的新型编码基因,呈现三种性状,两种为抗虫性(一种抗地上害虫,一种抗地下害虫),第三种为除草剂耐性。未来的复合性状将包括抗虫、耐除草剂和耐干旱性,加上营养改良性状,如高  $\Omega$ -3 油用大豆或增强型维他命原 A 金米。

#### 3.2 种植转基因作物的农户数量

2009 年转基因作物受益农民数量较 2008 年增加了 70 万,全球 25 个国家的总数达到 1400 万。2009 年全球总共有 1400 万受益的转基因作物种植户(高于 2008 年的 1330 万),其中有 90% 即 1300 万(高于 2008 年的 1230 万)为发展中国家

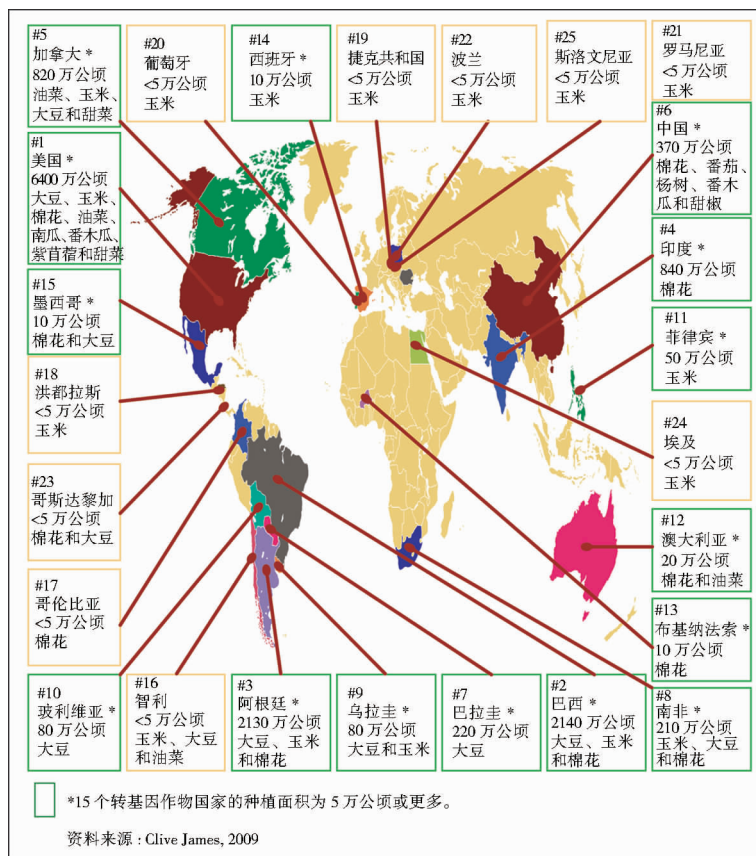


图 1 2009 年转基因作物种植国家

的小型和资源匮乏的农户;剩下的一百万农户为发达国家如美国、加拿大,以及发展中国家如阿根廷和巴西的大农户。2009 年,在 1300 万小型和资源匮乏的农户中,大多数为抗虫 Bt 棉花种植户,包括中国的 700 万农户(抗虫 Bt 棉花)、印度的 560 万农户(抗虫 Bt 棉花),剩下的 25 万农户分布在:菲律宾(转基因玉米)、南非(转基因棉花、玉米和大豆,通常由妇女种植)和其它 12 个发展中国家。2009 年受益农户数量增加最多的国家是印度,种植抗虫 Bt 棉花的小型农户增加了 60 多万,占到全部棉花种植户的 87%,超过 2008 年的 80%。转基因作物的种植增加了小型和资源匮乏农户的收入,缓解了其贫困状况。在商业化第二个十年期间,即 2006 年至 2015 年,转基因作物在实现到 2015 年减少 50% 贫困人口的千年发展目标(MDG)方面具有巨大的潜力。初步研究表明,中国超过 100 万的小型和资源匮乏的农民将会是全球种植 Bt 棉花的第二大受益群体。

### 3.3 种植转基因作物的国家数量

2009 年,种植转基因作物的国家数量和 2008 年持平,即 25 个,哥斯达黎加加入种植国家的队伍当中,而德国在 2008 年停止了 Bt 玉米的种植。哥斯达黎加和智利的情况相同,为了种子出口市场而种植转基因作物,哥斯达黎加的加入使拉丁美洲种植转基因作物的国家数量首次达到 10 个。从转基因作物商业化的第一年 1996 年,种植转基因作物的国家数量从初始的 6 个稳步增加,到 2003 年为 18 个,2009 年 25 个。日本于 2009 年首次种植转基因蓝玫瑰(此种植物偏好生长于温室之中),连同哥伦比亚和澳大利亚的转基因康乃馨,根据联合国粮农组织的定义,两者都排除在 ISAAA 的全球粮食、饲料和纤维转基因作物数据范围外。

### 3.4 在 2008 年转基因作物种植比率较高的情况下,2009 年种植面积依然增加

虽然耕种面积有限,但 2009 年全球转基因作物种植面积依然增长了 7% 即 900 万公顷,原因如下:

- 主要转基因作物种植国的种植比率已经达到甚至超过总种植面积的 80% ;
- 大范围的干旱和不良气候条件增加了不确定性;
- 经济危机让作物种植总量呈持平甚至下降趋势;
- 比起 2008 年中期的高额物价,2009 年商品价格暴跌,让农民种植热情有所减退,总的种植增加量不如之前明显。

表 1 2009 年全球转基因作物种植面积:按国家划分(百万公顷)

排名	国家	面积(百万公顷)	转基因作物
1*	美国*	64.0	大豆、玉米、棉花、油菜、南瓜、番木瓜、紫苜蓿、甜菜
2*	巴西*	21.4	大豆、玉米、棉花
3*	阿根廷*	21.3	大豆、玉米、棉花
4*	印度*	8.4	棉花
5*	加拿大*	8.2	油菜、玉米、大豆、甜菜
6*	中国*	3.7	棉花、番茄、杨树、番木瓜、甜椒
7*	巴拉圭*	2.2	大豆
8*	南非*	2.1	玉米、大豆、棉花
9*	乌拉圭*	0.8	大豆、玉米
10*	玻利维亚*	0.8	大豆
11*	菲律宾*	0.5	玉米
12*	澳大利亚*	0.2	棉花、油菜
13*	布基纳法索*	0.1	棉花
14*	西班牙*	0.1	玉米
15*	墨西哥*	0.1	棉花、大豆
16	智利	<0.1	玉米、大豆、油菜
17	哥伦比亚	<0.1	棉花
18	洪都拉斯	<0.1	玉米
19	捷克共和国	<0.1	玉米
20	葡萄牙	<0.1	玉米
21	罗马尼亚	<0.1	玉米
22	波兰	<0.1	玉米
23	哥斯达黎加	<0.1	棉花、大豆
24	埃及	<0.1	玉米
25	斯洛文尼亚	<0.1	玉米

\* 15 个转基因作物国家的种植面积为 5 万公顷或更多

资料来源: Clive James, 2009

在 2008 年转基因作物种植面积占所有作物面积比例较高的情况下,2009 年种植面积依然增加,例如印度的 Bt 棉花从 80% 到 87%,美国的转基因玉米从 80% 到 85%,加拿大的转基因油菜从 86% 到 93% (图 2、图 3)。对于不同国家来说,如中国,和国际趋势一致,总的棉花种植量减少,但转基因棉花比例仍为 68%,而美国的棉花种植面积在减少了 4% 的情况下,其转基因棉花比例仍从 2008 年的 86% 增加到 2009 年的 88%。值得注意的是,全球转基因作物从其商业化伊始的 1996 年起,每年都稳步增长,在其发展的第一个十二年内以两位数字的速率增加,在经济萧条时期依然有所增长:2008 年增长了 9.4%,2009 年 7%。

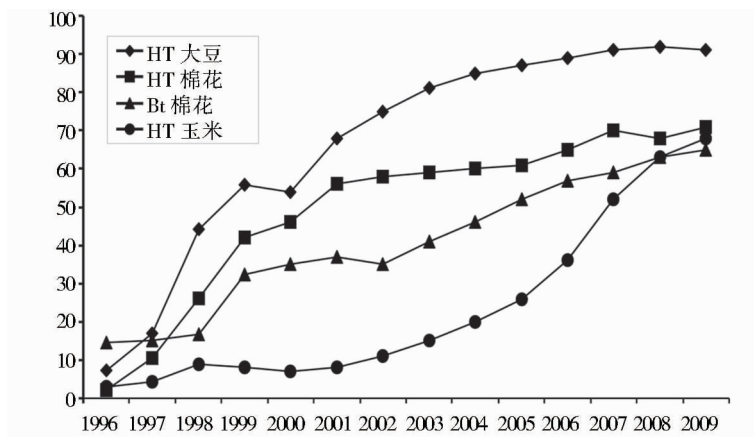


图 2 1996 年到 2009 年美国转基因作物的种植百分率

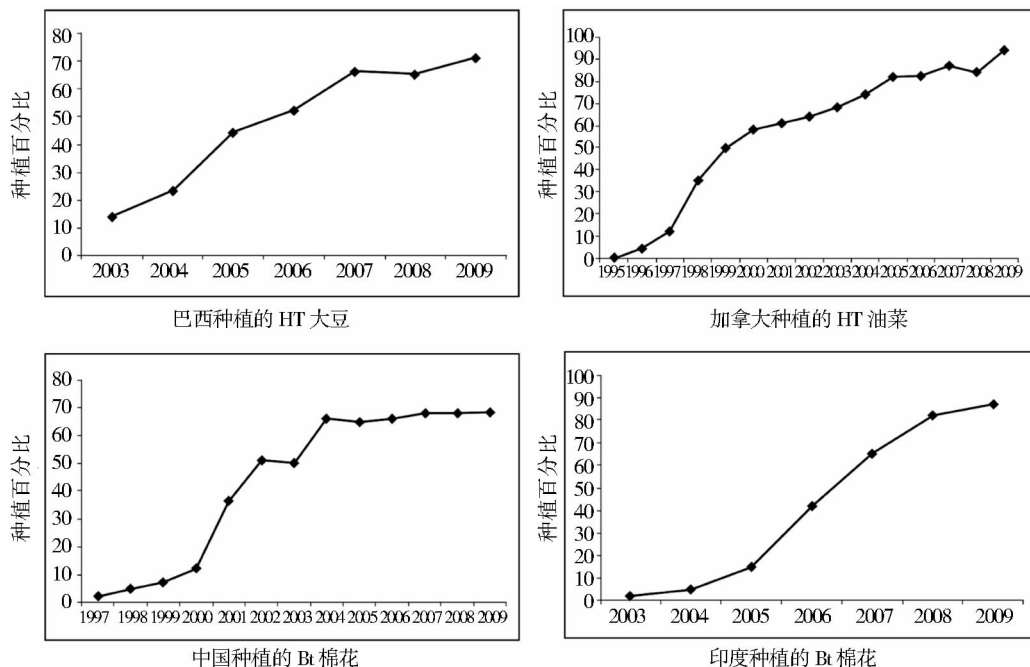


图3 巴西、加拿大、中国和印度转基因作物的种植比率

### 3.5 巴西取代阿根廷,成为世界第二大转基因作物种植国

2009年,巴西转基因作物种植面积比2008年增加了560万公顷即35%,增长量居全球之最。2009年巴西种植的转基因作物面积为2140万公顷,占全球转基因作物种植面积的16%,其中1620万公顷为耐农达除草剂大豆,此种转基因大豆在巴西种植已有7个年头,2008年种植面积为1420万公顷,种植比率从2008年的65%增长到2009年的71%,预计有15万农户从耐农达除草剂大豆中获益。除了转基因大豆,2009年巴西在夏、冬(safrinha地区)两季种植了500万公顷的Bt玉米,比2008年增长了370万公顷即400%,到目前为止拥有全球转基因作物最大绝对增长率,夏、冬两季玉米的种植比率分别为30%和53%。此外,巴西还种植了14.5万公顷的转基因棉花,其中11.6万公顷为Bt棉花,其余2.9万公顷的HT棉花是首次被批准种植。综上,2009年巴西种植的转基因大豆、玉米和棉花比2008年增长了35%即560万公顷,增长率居全球首位,由此巴西首次成为了世界第二大种植转基因作物的国家。2003年至2008年,转基因作物给巴西带来的经济效益为28亿美元,仅2008年就有7亿美元。

### 3.6 印度种植转基因作物的情况

印度在种植转基因棉花的第8个年头即2009年,其种植面积、种植比率和种植农户数都再创新高:560万小型和濒临资源匮乏的农户种植了838.1万公顷(约840万公顷)的Bt棉花,占全国棉花总种植面积963.6万公顷(约960万公顷)的87%。虽然2008年已有500万农户种植760万公顷的转基因棉花,占全国棉花作物总面积940万公顷的80%,但2009年仍然有较大幅度的增长。从2002年(商业化第一年)的5万公顷到2009年的840万公顷,表明在这8年当中转基因Bt棉花种植面积出乎意料地增长了168倍。2009年,复合性状Bt棉花种植面积(57%)首次超过单一性状品种(43%)。且印度公共部门首次培育Bt棉花品种(Bikaneri Nerma)并推广杂交品种(NHH-44)的商业化,由此改变了印度转基因作物商业化进程中公共部门和私营部门的关系。2009年由印度私营部门研发的新型Bt棉花(具有合成cry1C基因)项目得到商业化批准,这是印度目前已批准的第六个项目。种植Bt棉花八年以来,印度颠覆了传统的棉花生产模式,发展成为全球最大的棉花出口国和全球第二大棉花生产国。2002年到2008年的短短7年时间,Bt棉花给印度农民带来了51亿美元的收益,仅2008年就为18亿美元,使杀虫剂用量减半,为产量加倍做出了巨大贡献,使印度从一个棉花进口国转变为主要出口国。2009年10月,印度遗传工程审批委员会(GEAC)建议Bt茄子商业化生产,这一决定已提交印度政府,有待最后审批。茄子是“蔬菜之王”,但其种植中需要使用大量的杀虫剂,Bt茄子将是印度首个商业化的转基因粮食作物,它的引入不仅可以减少杀虫剂的使用量,为可持续发展做出贡献,而且能为消费者提供更多可负担的食品,减轻印度140万种植茄子的小型和资源匮乏农户的贫困。IIMA2007年的报告指出印度70%的中产阶级愿意接受转基因食品,而对于黄金大米(提高维他命原

A, 预计 2012 年商业化) 这样的优质转基因食品, 上述百分率则另外提高 20%。目前印度还有几种转基因作物正在进行田间试验, 包括转基因 Bt 水稻。

### 3.7 非洲的进展

非洲有 10 亿人口, 占全世界人口的 15%, 但其人均粮食产量却逐年下降, 其中大约三分之一的人口正饱受饥饿和营养不良的折磨。截至 2008 年, 非洲大陆只有南非一个国家种植转基因作物并从中受益, 2009 年, 南非转基因作物的种植面积为 210 万公顷, 明显高于 2008 年的 180 万公顷, 增长率为 17%。这一增长主要是因为转基因玉米种植面积的增加, 同时转基因大豆(种植比率为 85%)和转基因棉花(种植比率为 98%)也有一定幅度的增长。2008 年, 另外两个非洲国家也加入了转基因作物种植国的行列, 即布基纳法索和埃及。

2008 年, 4500 户布基纳法索农户首次种植了 8500 公顷的转基因 Bt 棉花, 获得了 1600 吨的棉花种子。2009 年, 布基纳法索大约种植了 11.5 万公顷的 Bt 棉花, 比 2008 年的 8500 公顷增加了 10.65 万公顷, 种植面积出人意料地增长了 14 倍, 成为 2009 年全球种植面积增长率最快(1353%)的国家。因此, 其国内转基因作物的种植比率从 2008 年 47.5 万公顷的 2% 增加到 2009 年 40 万公顷的 29%。布基纳法索 2009 年所生产的 Bt 棉花种子预计可以供应 2010 年 38 万公顷的种植量, 大约是总种植面积 47.5 万公顷的 70%。由于 Bt 棉花的产量增长率接近 30%, 并且减少了近 50% 的杀虫剂使用量(传统棉花杀虫剂使用量为 8 次, 转基因棉花使用量为 2-4 次), 预计 Bt 棉花可以为布基纳法索带来每年 1 亿美元的收入。转基因作物在埃及商业化的第二年, 其种植了 1000 公顷的 Bt 玉米, 较 2008 年的 700 公顷增长了约 15%。2008 年, 埃及是第一个种植转基因作物的阿拉伯国家, 一个 Bt 黄玉米杂交品种 Ajeeb YG 在当时商业化。然而 2009 年 Bt 玉米种植面积超过 5000 公顷并未实现, 因为 150 吨 Ajeeb YG(足够种植 5200 公顷)的进口许可证并未颁发, 因此, Ajeeb YG 开发商必须依赖本国的 28 吨种子来满足 1000 公顷的种植量。

### 3.8 发展中国家转基因作物的种植

正如 ISAAA 预测, 2009 年发展中国家转基因作物的种植面积持续增长, 占全球 1.34 亿公顷的近一半(46%), 即 6150 万公顷, 高于 2008 年的 44%。五个主要的转基因作物种植国包括: 巴西、阿根廷、印度、中国和南非, 五个国家的人口总计 28 亿, 并代表了所有的三个南半球大陆, 它们总共种植了 5700 万公顷的转基因作物, 占全球 1.34 亿公顷的 43%。五大种植国得到来自国内的坚定政治支持和资金援助, 是推动全球引入转基因作物的主要力量。

值得注意的是, 2009 年转基因作物种植面积增加量达到或超过 10% 的 7 个国家都是发展中国家, 包括: 布基纳法索(1353%)、巴西(35%)、玻利维亚(33%)、菲律宾(25%)、南非(17%)、乌拉圭(14%)和印度(11%)。和过去的情况相同, 2009 年发展中国家的转基因作物种植面积增长率明显高于发达国家, 发展中国家增长了 700 万公顷, 增长率为 13%, 而发达国家增长了 200 万公顷, 为 3%。因此, 无论以绝对种植面积还是以增长率为标准, 2008 年至 2009 年间, 发展中国家的增长量/率都明显高于发达国家, 而这种趋势将会长期存在, 因为会有更多的南半球国家引入转基因作物, 特别是转基因水稻作为一种新的转基因作物引入后, 全球 90% 种植在发展中国家的水稻可能会由转基因水稻取代。

五个主要发展中国家种植了 5690 万公顷转基因作物, 占全球 1.34 亿公顷的 43%, 包括: 巴西(2140 万公顷)、阿根廷(2130 万公顷)、印度(840 万公顷)、中国(370 万公顷)和南非(210 万公顷), 值得注意的是, 这些代表了南半球三大洲, 涵盖了完全以农业为生的 13 亿人口, 包括数千万小型和资源匮乏农户, 以及无土地者, 即世界主要的贫困人群。本文详细报道了这五个国家目前种植转基因作物的情况、影响以及未来展望, 当下这五国的作物生物技术的研发投资相当可观, 甚至达到了跨国合作水平。

在全球转基因作物商业化的第一个 13 年里(1996-2008), 农民共创收 519 亿美元, 其中超过一半的收益(261 亿美元)来自发展中国家, 其余的 258 亿美元则来自于发达国家(Brookes and Barfoot, 2010, 即将发行)。

### 3.9 欧盟种植 Bt 玉米的情况

2009 年, 有 6 个欧盟成员国种植了 Bt 玉米, 虽然在 2008 年末, 德国停止对转基因作物的种植。西班牙是欧盟最大的转基因玉米种植国, 种植面积占整个欧盟的 80%, 占其国内玉米作物总面积的 22%。欧盟六国 2009 年种植转基因作物的面积为 94750 公顷, 相比之下, 2008 年为 107719 公顷(包括德国种植的 3173 公顷)或 104456 公顷(不包括德国), 因此 2009 年比 2008 年下降了 12969 公顷即 12%(包括德国), 或 9796 公顷即 9%(不包括德国)。种植量下降的原因包括: 经济萧条, 玉米种植总面积的减少以及对种植 Bt 玉米的负面报道。

2009 年, 欧盟的 27 个成员国中的 6 个根据其商业需要种植了 Bt 玉米, 按照种植面积从高到低排列, 这 6 个国家为: 西

班牙、捷克、葡萄牙、罗马尼亚和斯洛伐克。尽管 2008 年种植转基因玉米的 7 个国家的种植量比 2007 年都有所上升,但 2009 年每个国家的变化情况有所不同,相比 2008 年,葡萄牙的种植面积增加;波兰没有变化;西班牙的种植面积下降了 4%,但由于其玉米总种植面积也有所下降,转基因玉米的种植比率仍与 2008 年相同,为 22%;其他三个国家捷克、罗马尼亚和斯洛伐克的种植面积下降,每个国家下降 1000 至 7000 公顷不等。

### 3.10 不同作物种植情况

2009 年转基因耐除草剂大豆仍然是主要的转基因作物,种植面积达 6920 万公顷或占全球转基因作物种植面积的 52% (高于 2008 年的 6580 万公顷),其次是转基因玉米(4170 万公顷,占 31%,高于 2008 年的 3730 万公顷)、转基因棉花(1610 万公顷,占 12%,高于 2008 年的 1550 万公顷)和转基因油菜(640 万公顷,占 5%,高于 2008 年的 590 万公顷)。

自 1996 年转基因作物的第一次商品化,到 2009 年,除草剂耐受性一直都是转基因作物的主要性状。在 2009 年,具有耐除草剂性状的大豆、玉米、油菜、棉花、甜菜和苜蓿的种植面积占全球转基因作物种植总面积 1.34 亿公顷的 62%,面积为 8360 万公顷(高于 2008 年的 7900 万)。发展计划中的第三年即 2009 年,具有两种或三种复合性状的转基因作物,与单一抗虫转基因作物相比,种植面积更大,达 2870 万公顷,即全球转基因作物种植总面积的 21%(高于 2008 年的 2690 万公顷),抗虫转基因作物占 2170 万公顷即总面积的 15%(高于 2008 年的 1910 万公顷)。复合性状转基因作物和耐除草剂转基因作物的增长率都为 6%,而抗虫转基因作物的增长率为 14%。

2009 年,美国 48.5 万公顷甜菜中约有 95% 是通过转基因技术改良的(2008 年为 59%,2007 年的种植面积更少)。2009 年,加拿大种植了大约 1.5 万公顷的转基因甜菜,占全国甜菜总种植面积大约 96%。这使 RR<sup>®</sup> 甜菜成为目前全球商业化最快的转基因作物。2009 年 9 月,加利福尼亚的一个法院裁定:美国农业部门(USDA)没有在美国充分研究 RR<sup>®</sup> 甜菜,要求美国农业部门进行更加深入的研究。但此事件在本文发行前并没有得到解决。应该引起注意的是法院的判决并没有质疑 RR<sup>®</sup> 甜菜的安全性和功效。美国和加拿大农民对引进 RR<sup>®</sup> 甜菜的较高满意度和需求可能是因为转基因甘蔗(全球 80% 的糖生产都来自其秸秆)在一些国家的发展并不好。2009 年 10 月,转基因甘蔗田间试验在澳大利亚获批。

### 3.11 1996 到 2009 年转基因作物种植面积累计达到 10 亿公顷

按照递减的顺序,种植面积超过 100 万公顷的前八个国家分别是:美国(6400 万公顷),巴西(2140 万公顷),阿根廷(840 万公顷),加拿大(820 万公顷),中国(370 万公顷),巴拉圭(220 万公顷),南非(210 万公顷)(表 1 和图 1)。发展中国家在转基因作物增长趋势下不断发挥着重要作用,值得注意的是巴西在 2008 年到 2009 年,以 35% 的增长比例,在 2009 年替代阿根廷占据全球第二的位置。剩下的 17 个在 2009 年种植转基因作物的国家以递减的顺序依次为:乌拉圭、玻利维亚、菲律宾、澳大利亚、布基纳法索、西班牙、墨西哥、智利、哥伦比亚、洪都拉斯、捷克、葡萄牙、罗马尼亚、波兰、哥斯达黎加、埃及以及斯洛伐克。2009 年的增长为未来全球转基因作物的种植提供了广阔和稳定的基础。转基因作物种植面积在 1996 到 2009 年期间增长了 79 倍,这空前的增长速度使转基因技术成为近期作物科技史上应用最快的技术。转基因作物如此高的种植比例反映了转基因作物一直表现良好,并为发展中及发达国家的小农户或大农场主带来了重要的经济、环境、健康和社会利益。如此高的种植比例也显示了在 25 个国家中数以百万的农民对转基因作物的坚定信心。14 年来,25 个国家的一百万农户在自己或者邻居家的地里获得对转基因作物第一手经验和理解之后,做出大约 8500 万个决定,继续年复一年地种植更多面积的转基因作物。接近 100% 的再种植比例,反映了农民对具有诸多好处的转基因作物的满意度。转基因作物带来了更加便利和灵活的作物管理、低消耗的产出、更高的生产力或者每公顷更高的净利润、对健康与社会的益处以及因杀虫剂使用量减少产生的清洁环境,这一切共同促进了农业的可持续化。转基因作物种植面积持续高速增长反映了其对发达国家和发展中国家的农民,无论是大农场主还是小农户,乃至消费者以及全社会带来了众多源源不断的利益。

### 3.12 第二代转基因产品替代第一代转基因产品

不同于第一代利用基因枪法获得的 RR<sup>®</sup> 大豆,RReady2Yield<sup>™</sup> 大豆是利用更加高效而精确的农杆菌介导法而得到的。大豆基因组图使决定大豆高产性状的基因得以确认。反过来说,利用先进的插入和筛选技术,使 RReady2Yield<sup>™</sup> 基因(MON 89788)能够精确地插入到一个高产的基因组中。然而高产基因并不是转基因的(具有转基因的高产作物已经开始生产),在 2004 到 2007 年的田间试验期间,由于将高产和耐草甘膦性状联合,使得第二代 RReady2Yield<sup>™</sup> 比第一代 RR<sup>®</sup> 大豆产量明显增加达 7%~11%。分析 RReady2Yield<sup>™</sup> 产量增加的因素,发现每株的种子数增加是因为多于 3 个的豆荚数有所增加,此类型的豆荚在 RR<sup>®</sup> 中比例为 85.8%,而 RReady2Yield<sup>™</sup> 为 90.5%。2009 年,从成熟类中挑选出的 RReady2Yield<sup>™</sup> 种类率先在美国和加拿大进行了有控制的商业化,种植了大约 50 万公顷。2010 年其种植面积有望增长至 200 万到 300 万公顷



之间。2009 年 RReady2Yield™ 的商品化非常重要,因为它代表了由技术研发者开发,目前正在研发线上的全新第二代转基因作物新型产品,第一次在商业上得到认可。与第一代产品相比,第二代产品并非主要通过保护作物免受其他因素(害虫、杂草、病害)影响来被动地提高产量,而是依靠自身特性实现增产。

## 4 种植转基因作物的影响

### 4.1 经济影响

转基因作物可以通过增加供应(增加每公顷生产力)同时降低生产成本(通过减少投入、少耕、减少杀虫剂使用),发挥其在促进粮食自给自足、粮食安全和降低粮食价格方面的重要作用,另一方面也可使拖拉机消耗更少的化石燃料,从而减轻气候变化带来的恶劣影响。1996 到 2008 年期间 519 亿美元的经济收入中,49.5% 是由产量大幅增加获得,50.4% 是由于生产成本的减少而获得。2008 年,全球依靠 4 种主要转基因作物(大豆、玉米、棉花和油菜)所获得的作物增产总值为 2960 万公吨,在利用转基因技术之前,这将额外需要扩增 1050 万公顷耕地才能实现。2008 年 2960 万公吨增产中包括 1710 万吨的玉米,1010 万吨的大豆,180 万吨的棉花以及 60 万吨的油菜。1996 到 2008 年期间,共计增产 1.67 亿吨,如果没有转基因技术这将额外需要 6260 万公顷土地(以 2008 年平均产量计)才能实现(Brookes 和 Barfoot,2010,即将出版)。转基因技术已在提高作物生产力和降低成本方面做出了重要贡献,因此,转基因技术非常有潜力应用于像水稻和小麦这样的主食,以及贫穷国家的主要粮食作物如木薯等,并同样能使其受益。

据 1996 年至 2008 年间转基因作物在全球的影响的调查(Brookes 和 Barfoot,2010,即将出版),估计仅在 2008 年全球种植转基因作物的农民获得的净收益可达 92 亿美元(发展中国家约合 47 亿美元,发达国家为 45 亿美元)。1996 到 2008 年期间累计收益为 519 亿美元,其中发展中国家为 261 亿美元,发达国家为 258 亿美元。这些估算值包括阿根廷通过复种转基因大豆得到的巨大收益。

### 4.2 减少杀虫剂使用

传统农业对环境造成严重伤害,转基因技术可以大大减少农业对环境的影响。在第一个十年取得的进展包括杀虫剂的使用明显减少,化石燃料的节省,通过少耕或免耕减少二氧化碳排放,通过除草剂耐受性的应用优化实施免耕种来保持水土。1996 到 2008 年间对农药活性成分的节约累计达到约 3.56 亿公斤,相当于节约了 8.4% 的农药。通过环境影响商(EIQ)测量,这相当于在作物上减少了 16.1% 的杀虫剂。环境影响商(EIQ)是基于将单一活性成分对环境影响净值的各因素的贡献进行综合估量得出的。仅 2008 年一年,活性成分减少了 3460 万公斤(相当于节约了 9.6% 的农药),EIQ 减少了 18.2%(Brookes 和 Barfoot,2010,即将出版)。

### 4.3 减少二氧化碳排放

对环境的关注对转基因作物有重要影响。转基因作物有助于减少温室气体,并以两种方式减缓气候变化。首先,通过减少化石燃料的使用来永久性减少二氧化碳排放,以及减少杀虫剂和除草剂的喷洒;2008 年,减排约 12.2 亿千克二氧化碳,相当于减少 53 万辆行驶车辆的排放量。其次,通过转基因粮食作物、饲料作物以及纤维作物的保护性耕作(需要少或免耕的转基因耐除草剂作物),在 2008 年,使额外的土壤碳被吸收,相当于 132 亿公斤的二氧化碳,或者减少 641 万辆行驶车辆的排放。2008 年,通过永久性减少和额外减少两种方式的结合,总计减少相当于 144 亿千克二氧化碳或者 694 万-700 万辆行驶车辆的排放(Brookes 和 Barfoot,2010,即将出版)。

### 4.4 粮食自给和粮食安全

在 2008 年粮食价格危机时,主要粮食输出国(如泰国和越南出口大米,阿根廷出口大豆和玉米)停止粮食出口,通过向发展中国家进口陈粮来取得国际大米市场的信任,因此现在他们直接与个别出口国家进行谈判,更重要的是他们也在努力提高本国主要粮食作物的生产力,并在提高自给水平方面积极行动。例如,世界上最大的大米进口国菲律宾,计划在 2010 年其 98% 的大米能实现自给。印度、马来西亚、洪都拉斯、哥伦比亚和塞内加尔也已宣布类似的战略,来提高主要粮食的自给。从粮食安全(解决温饱)到粮食自给(增加国家每公顷粮食作物的生产力和产量)的重要战略转变(输出国和发展中国家都是如此)对转基因作物具有重大的影响。中国长期以来的战略都是自给自足或者尽可能少地依赖其他国家满足粮食、饲料和纤维的需要。这与发展转基因作物提高粮食产量的理念是一致的。因此,中国决定批准了转基因水稻和玉米两个主要作物,提供了一个成功的工作模式,值得其他发展中国家效法。中国批准转基因水稻和玉米对其他发展中国家的影响不能低估,同时影响也是多方面的,包括:促进和加快对转基因作物的审批程序,开创新的南-南合作伙伴关系的可能性,包括

转让作物转基因技术的可能性,以及公共/公共和公共/私人部门伙伴关系。

#### 4.5 转基因作物的食品消费

转基因作物的批评者曾试图要求转基因作物不应作为食物进行消费,而只用作饲料和纤维。但是,据估计在美国和加拿大所出售的约 70% 的加工食品都含有转基因成分,因此在北美大约 3 亿人已经消费转基因作物类的产品超过十年,目前还未显示转基因食品存在任何问题。美国转基因作物产品包括转基因大豆、玉米、棉花(油)、油菜、木瓜和南瓜。南非人通常食用白玉米(黄玉米用作饲料),2001 年起人们开始食用 Bt 白玉米,现在 Bt 白玉米占 2009 年全部白玉米种植面积 150 万公顷的三分之二。同样地,在南非转基因大豆和棉花(油)产品也开始被食用。在中国,自 2006 年起人们就已经开始食用转基因木瓜,并在 2009 年批准了世界上最重要的粮食作物——水稻。此外,大量的转基因作物在许多国家被进口,没有任何的不良反应报道。

#### 4.6 转基因作物的批准情况

2009 年 25 个国家种植商业化的转基因作物,加上另外的 32 个国家,从 1996 年起共计 57 个国家通过了安全管理认证,开始进口转基因作物用于食品和饲料,并释放到环境中。24 种作物涉及 155 个事件<sup>①</sup>,共计 762 项获批。因此,57 个国家同意转基因作物进口并用于食品和饲料,允许环境释放,包括像日本这样不种植转基因作物的主要粮食进口国。在转基因作物获批的 57 个国家中,日本排在第一位,美国紧随其后,然后是加拿大、韩国、墨西哥、澳大利亚、菲律宾、欧盟、新西兰和中国。玉米是获批种类最多的作物(49),其次是棉花(29),油菜(15),土豆(10)和大豆(9)。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 21 个国家批准,抗虫棉(MON531/757/1076)有 16 国批准。

#### 4.7 转基因作物在国家经济增长中的潜在贡献

以农业为基础的国家缺少了农业增长是不可能没有经济增长的。2008 世界银行发展报告总结道:“在以农业为基础的国家,以农业作为经济增长的基础,需要小农场进行生产能力变革。”作物是食物、饲料和纤维的首要来源,全球每年大约能生产 65 亿吨。历史证明,技术对作物生产力和农村经济增长具有重要贡献。最好的例子是 20 世纪 30 年代美国的杂交玉米,和 20 世纪 60 年代发展中国家水稻和小麦的绿色革命。半矮生的小麦新技术在 20 世纪 60 年代绿色革命中为农村和全国经济起到了带头作用,拯救了 10 亿饥饿人口,为此已故的 Norman Borlaug 在 1970 年被授予诺贝尔和平奖。Norman Borlaug 是最值得信赖的转基因技术的倡导者,也是 ISAAA 的热心支持者。种植 Bt 棉已经为中国带来了大约 10 亿美元的巨大收益,为印度带来了 18 亿美元的收益。在中国已获得批准的转基因水稻有潜力能为中国 1.1 亿贫困的水稻种植户每公顷增加约 100 美元的净利润,按中国农村地区每户四口人计算,相当于 4.4 亿人受益。总之,转基因作物已经证明了其提高生产力,明显增加收入的能力。作为农村经济增长的引擎,在全球经济危机的情况下,转基因作物为贫穷和资源匮乏地区的农民摆脱贫困做出了贡献;此外,像转基因水稻等作物的潜力是巨大的。如今,为资源丰富的发达国家设计的不必要和不合理的严格标准阻碍了发展中国家及时获得如金米这样的转基因产品。而这其间数以百万人的死是可以避免的。这是一个道德困境,监管系统的要求在此成了“死路,而不是办法”。

Cropnosis 咨询公司估计,2009 年转基因作物的全球市场价值为 105 亿美元,(高于 2008 年的 90 亿美元);这相当于 2009 年全球作物保护市场 522 亿美元的 20%,商业种子市场大约 340 亿美元的 30%。在 105 亿美元的转基因作物的市场中包括:转基因玉米 53 亿美元(相当于全球转基因作物的市场 50%,高于 2008 年的 48%),约合 39 亿美元的转基因大豆(与 2008 年的 37.2% 基本相同),11 亿美元的转基因棉花(10.5%),和价值 3 亿美元的转基因油菜(3%)。在转基因作物市场的 105 亿美元当中,82 亿美元(约占 78%)产生于发达国家,23 亿美元(约 22%)是在发展中国家。全球转基因作物的市场价值是基于转基因种子的售价,再加上所有相关的技术费用。自 1996 年转基因作物首次商业化,在这十二年中累积的全球总价值估计可达 623 亿美元。2010 年全球转基因作物的市场价值预计超过 110 亿美元。全球农场规模的商业“终端产品”所获得的收益估算值(利用转基因技术获得的粮食和其他产品)远远大于单独的转基因种子价值(105 亿美元)——在 2008,全球转基因作物收获产品价值为 1300 亿美元,预计年增长率将高达 10% ~ 15%。

<sup>①</sup> 一个事件是指在一个植物细胞中特定整合的特定 DNA 后可以引起整株植物的转基因现象,成功转入目的基因的每一个细胞称为一个单独的“事件”,来源于一个事件的植物株系称为转基因作物。事件的命名一般由监管机构和国际机构负责,例如经济合作与发展组织(OECD)。

## 5 转基因作物未来(2010~2015年)的展望

作物作为全球食物、饲料和纤维的主要来源,每年的产量约为65亿吨。历史证明了技术在作物生产率、农村经济增长、粮食安全、减轻饥饿、营养不良和贫困等方面能发挥重要作用。从2010年到2015年,国际社会所要面对的“巨大挑战”,是实现2015年的千年发展目标,并在2050年前,在资源消耗更少的基础上(特别是水资源,化石燃料和氮),利用常规方法和生物技术,通过一种强健的可持续的集约化作物生产力,使粮食、饲料和纤维产量翻一番,确保粮食自给自足和食物安全,减轻饥饿、营养不良和贫困。

### 5.1 转基因作物种植的决定因素

未来五年中(2010~2015年)转基因作物的种植,特别是在那些与ISAAA有合作的发展中国家当中,将主要取决于三个因素:建立并有效运作合适、可靠、高效的监管制度;对引入并发展转基因作物的高度政治、财政支持,以获得更为便宜和安全的食物、饲料和纤维供应;继续并进一步扩大适宜的、能够满足国际社会——尤其是那些发展中的亚洲、拉丁美洲、非洲国家优先需求的转基因作物的供应。

5.1.1 有效可靠的监管制度 现在急需一种适宜的、能节约时间和成本的、可靠、严谨,但又不繁重的管理制度,这种制度仅需占用少量资源,因而大多数发展中国家都能够实现。这是制约大多数发展中国家种植转基因作物中最重要的一个的因素。我们必须利用所有的知识和14年来的监管经验,帮助发展中国家减轻管理的负担。那些毫无必要的繁琐的管理制度,使费用高达100万美元或以上的产品在发展中国家不可能获批,因此我们要放宽对发展中国家的要求,因为大多数发展中国家根本负担不起。现行的管理系统差不多产生于15年前,设计之初的目的是满足富裕的工业化国家处理新技术和获得贫穷的发展中国家所没有的重要资源的管理权。随着过去14年中知识的积累,现在可以设计适当、可靠的,严谨、但并不繁琐的管理系统,只占用少量资源,在大多数发展中国家都可行——这应该是最优先安排的工作。

5.1.2 对转基因作物发展、批准和种植的政治、经济和科学支持 在2008年和2009年,继2008年粮食出现前所未有的高价(导致30多个发展中国家发生骚乱,海地和马达加斯加两国的政权被推翻)之后,国际社会认识到了粮食和公共安全存在着严重风险。因此,在捐助机构、国际发展和科学界,及发展中国家的领导人中,对转基因作物的政治倾向和支持明显增加。更为普遍的是,国际社会重新认识到,农业具有维持生命的重要作用,重要的是它对确保一个更加公正与和平的国际社会是必不可少的。以下这些引用都来自于2008年至2009年中,世界各国领导人、政治家、决策者和国际科学界的成员,他们都谈到了在2008年和2009年中,政治意愿和对转基因作物支持的增加。现在的他们要面临的挑战是如何付诸实际,然后宣扬他们的做法。

• 2008年,中国承诺将在未来12年增加35亿美元经费用于提高作物技术。国务院总理温家宝2008年6月在中国科学院发表讲话中表达了中国对转基因作物强烈的政治支持,他指出,“为了解决粮食问题,我们要依靠大科学和技术措施,依靠生物技术,依靠转基因。”2008年10月温家宝在新加坡(2008)重申了他对转基因作物的支持,他说,“我极力主张,大力开展转基因工程。最近世界性粮食短缺进一步增强了我的信念。”原中国农业科学院生物技术研究所所长黄大昉研究员总结说,“要满足不断增长的粮食需求,使用转基因水稻是唯一的方法。”中国对转基因作物的支持高潮还在于一个具有里程碑意义的决定,即于2009年11月27日为转基因玉米和水稻颁发了转基因生物安全证书。

• 印度总理 Manmohan Singh 博士2010年1月3日在印度喀拉拉邦第97届科学大会开幕式上,称赞Bt棉在印度取得了圆满成功,并强调了为大力提高印度主要作物产量而发展生物技术的需要。他的讲话具有特别重要的意义,因为该会议代表着印度科学技术的最高层次,并密切关注“二十一世纪科学和技术的挑战——国家立场”。他说,“生物技术的发展让我们看到了通过提高作物抗病虫能力和抗水应力,来大幅提高作物产量的前景。Bt棉已经被大家所接受,并为棉花产量的提高做出了极大贡献。转基因技术也正在扩大到粮食作物中,尽管这引起人们对其生物安全问题的质疑。这些问题必须给予充分重视,以严格的科学标准为基础对其进行适当的规范和控制。基于此,我们应该在气候变化的压力下,寻求一切生物技术能提供的可能增加粮食安全的线索。”

• 印度前财政部长 P. Chidambaram 先生,呼吁粮食作物领域效仿印度转基因Bt棉的成功事例,使国家在其粮食需求方面能够自给自足。“转基因技术应用于农业非常重要。在Bt棉上所做的工作必须同样在食品领域开展。”

• 2009年9月印度的监管机构(GEAC)向印度政府建议批准Bt茄子的商业化。该事件的意义在于,Bt茄子是第一个在印度被建议批准的转基因粮食作物;而政府的最终批准在本期年报出版时依然悬而未决。2009年11月23日印度议会

的联邦院(上院),印度环境和林业部长 Jairam Ramesh 在回答有关“Bt 茄子介绍”的提问时说,“针对 Bt 茄子的安全评估、效力和田间性能设计了 50 多个实验,汇总结果表明,Bt 茄子中的 Cry1Ac 蛋白能对作物提供有效保护,防止茄子作物主要害虫 FSB 的侵害,提高市场化产量并减少农药喷洒,可增加农民和商户的收益。”

• 2009 年 9 月 Bt 茄子被 GEAC 批准后,印度科技部长 Prithviraj Chavan 发表评论说:“这项技术的主要优点在于它减少了化学杀虫剂的使用,对环境以及人类更安全。”他还强调说,“我相信,作为第一个转基因蔬菜作物,Bt 茄子的发展是适当和及时的。”他接着说道,“1996 年以来转基因作物已在世界各地种植,目前并没有任何不良健康影响的报告。”

• 欧盟委员会表示,“转基因作物可以在减轻粮食危机的影响方面发挥重要作用。”

• 世界卫生组织(WHO)也强调转基因作物的重要性,因为转基因作物可提供更多有营养的食物从而有利于公众健康、降低潜在的过敏性,同时还可提高生产系统的效率。

• 2008 年 7 月在日本北海道,G8 会议首次认识到转基因作物在粮食安全方面发挥的重要作用。八国集团领导人对转基因作物的声明全文如下:“加快研究和开发,并积极探索新的农业技术以促进农业生产,我们将促进基于科学的风险分析,其中包括对由转基因技术得到的种子性状分布的研究。”

• 2009 年 7 月 19 日八国集团成员在意大利 La'Aquila 通过了一份关于全球粮食安全的联合声明,同意在未来 3 年内提供 200 亿美元,“以帮助最贫穷国家的农民提高粮食产量,帮助穷人养活自己。”该决定标志着要以增加粮食产量和“自给自足”为新的重点,而不是食品安全(它们并不是互相排斥)。正如古话所说,“授人鱼不如授人以渔”。八国集团表示:“我们仍然密切关注全球粮食安全,全球金融和经济危机的影响,以及那些由于去年粮食价格居高不下而无力应对、饥饿和贫困不断增加的国家。虽然粮食商品的价格自 2008 年达到高峰以后已经有所下降,但仍然处于很高的历史水平并且很不稳定……我们现在迫切需要全人类从饥饿和贫困中解放出来。粮食安全,营养和可持续发展农业必须依然放在政治议程上的首要位置,通过交叉和包容的做法,使全球、区域和国家一级所有利益相关者联合起来。有效的粮食安全的行动必须配合适应和缓解气候变化的措施,对水、土地、土壤等自然资源的可持续管理,同时包括保护生物多样性等。”

• 1970 年诺贝尔和平奖委员会在授予 Norman Borlaug 诺贝尔和平奖时总结道:“与其他任何人相比,Norman Borlaug 向这个饥饿的世界提供了更多的食物。我们授予他奖项是希望食物能带来世界和平……他帮助促成了一个世界粮食新格局,扭转了人们在人口膨胀与粮食生产这一激烈赛跑下的悲观态度。”Borlaug 是世界上最值得信赖的主张生物技术/转基因作物的倡导者,他对全球粮食安全和消除饥饿和贫困有着卓越贡献。他认为,“在过去的十年中,我们目睹了植物转基因技术的成功。这项技术是帮助世界各地的农民获得更高的产量,同时减少农药使用和土壤侵蚀。转基因技术的优势和安全性在过去的十年中已被超过了世界人口一半的国家所证明。我们需要这些国家的领导人拿出勇气,否则这里的农民依然没有选择,只能使用旧的低效的方法。绿色革命和现在的植物转基因技术正有助于满足世界对粮食生产不断增长的需求,同时维护我们的子孙后代的环境。2009 年 9 月,Borlaug 为响应由参议员 Richard Lugar 和 Robert Casey 提出的 2009 年食品安全法,呼吁第二次“绿色革命”。“绿色革命还尚未成功。”Borlaug 说:“发展中国家需要农业科学家,研究人员,管理人员和其他方面的人才帮助他们设法养活日益增长的人口……这个被遗忘的世界主要是发展中国家,那里的人约占世界总人口的百分之五十,他们生活在贫困中,饥饿如影随形……2009 食物安全法案指引我们通过帮助发展中国家提高农业和粮食安全,从而掀起第二次绿色革命的浪潮。”

• 2009 年 10 月 15 号比尔盖茨在爱荷华州得梅因召开的世界粮食奖研讨会上发表主题演讲,肯定了转基因作物的种植:“我们支持转基因作物,包括转基因的方法,因为我们相信他们能够帮助农民更快地解决难题,效率比单一的常规育种更高。由科学正确引导选择最佳和最安全的方式来养活他们的国家,这是政府,农民和公民的责任……我们有这种手段能够实现。我们知道需要做什么。我们这一代人有机会可以看到 Borlaug 博士的梦想实现——一个没有饥饿的世界。”

• 在 2009 年 10 月 12 日高级论坛上,联合国粮农组织总干事 Jacques Diouf 宣布:“农业生产必须更高效。”他指出,增加粮食产量需要主要依靠产量增长和提高耕作强度,而不是靠占用更多的土地。他说:“虽然有机农业有助于减少饥饿和贫困,应当提倡,但光靠它不能养活迅速增长的人口。”

• 2009 年 11 月 6 日至 18 日意大利罗马举行的关于粮食安全的世界首脑会议中,各国家和政府首脑签署了一份宣言,支持生物技术是该宣言的战略之一。“我们认识到依靠扩大土地和增加生产用水来提高产量都是有限的,因此只有将提高农业生产力作为主要手段,才能满足对粮食需求的不断增加。我们将设法调配提高生产率所必要的资源,包括审查,批准和使用包括转基因技术在内的,安全、有效和环境可持续的技术和创新。”这份声明是第三项原则中的战略之一:争取一个全

面的保证粮食安全的双轨办法,包括:1)直接行动,为最贫困地区立即消除饥饿2)中期和长期的可持续农业,粮食安全,营养和农村发展计划,消除饥饿和贫困的根源,包括逐步实现人人获得充足食物的权利。

•英国国务卿、环境食品和农村事务部长(DEFRA) Hilary Benn 提出,转基因作物可能成为解决气候变化和人口增长策略之一。他说:“去年我们经历了石油价格上升,澳大利亚遭受严重干旱,还曾一度影响到英国的面包价格,所有这些事情都是相互依存的……在未来四十至五十年内我们需要养活增加的 25 至 30 亿人口,所以英国应尽可能多地生产食物。”他还表示,农民将自己决定种什么。“如果转基因技术能够作出贡献,那么我们要作为一个社会作为一个世界来进行选择,选择是否要使用这一技术,越来越多的国家在种植转基因的产品……有一点是肯定的——随着世界人口日益增加,今后几年需要大量农民和大量农业产出。有些转基因作物可以更抗旱,不用使用农药,也不存在由于温度上升虫害变得更严重。”英国环境、食品和农村事务部(DEFRA)首席科学顾问,和颇具争议的 IAASTD 报告秘书长 Robert Watson 博士说,“气候变化和人口的快速增长在世界各地造成大规模饥荒,转基因作物在这些灾难的预防中发挥着重要作用。”2010 年 1 月初,英国政府发布 2030 年食粮研究报告,其结论是,英国必须接受转基因作物,否则将在未来面临严重的粮食短缺。报告书已经得到政府首脑、部长、著名科学家等方面有力的支持,并与最近来自英国著名皇家学会的重要报告的建议一致。2030 年粮食研究报告出版后,在牛津农业会议上,英国首席科学家 John Beddington 教授说:“转基因和纳米技术应是现代农业的一部分……我们需要一个更绿色的革命,在环境和其它因素所限制的范围内,通过食物链提高产量和效率。来自众多学科的新的手段和技术,从生物技术工程到诸如纳米技术等新领域都是我们所需要的。”

•英国伦敦皇家学会在 2009 年 10 月发表了一个题为“获得巨大的效益——科学与可持续集约化农业”的重要报告,作为英国最负盛名的科学院,英国皇家学会建议政府资助转基因作物技术的研究,努力实现可持续集约化的农业。报告中建议:“鉴于粮食安全面临挑战的规模,没有哪种技术是不能考虑的,不同地区和情况下要因地制宜。”该报告的结论是,传统方式和转基因技术的共同应用将使欧洲北部成为世界主要的食物供给地。英国政府首席科学家 John Beddington 博士已赞同英国种植转基因作物。此外,英国食品标准局(FSA)将要与消费者开展对话探讨转基因作物。英国政府于 2004 年出台的对转基因作物的政策指出,“没有科学事实表明在英国应全面禁止种植转基因作物,但关于转基因技术的应用需要在逐案评估的基础上进行。”

•正义与和平主教理事会成员主张利用转基因技术减轻非洲的贫困和饥饿。2009 年 9 月 24 日在罗马举行的在一个名为“非洲绿色革命”的论坛,大主教(前正义与和平委员会秘书长) Giampaolo Crepaldi 说:“非洲的不发达和饥饿在很大程度上是由于过时和不适合的农业方法,因此必须向非洲农民提供能够促进和维持他们生活的新技术,其中包括利用转基因技术改良的、基因组成有所变化的转基因种子。”研讨会的主办方里贾纳宗徒宗座大学生物伦理学教授 Gonzalo Miranda 神父说,“如果有证据证明生物技术可以为非洲发展提供巨大优势,那么允许这些国家做转基因技术实验是一种道义责任。”

5.1.3 2015 年转基因作物能否扩大供应来满足优先需求? 2009 年转基因作物的种植取得了令人瞩目的成就,并且从现在到 2015 年的前景也是非常好的,因此 ISAAA 仍保持谨慎的乐观态度:2005 年 ISAAA 预期种植转基因作物的国家、农民和种植面积在 2006~2015 年间(国家数从 20 变为 40,农民数量从 1 千万变为 2 千万,公顷数从 1 亿变为 2 亿)翻一番是可以实现的。

首先,在 2010 到 2015 年之间,将会有 15 个或者更多新的国家计划首次种植转基因作物,使全世界种植转基因作物的国家在 2015 年达到 40 个,这与 ISAAA 在 2005 年的预期是一致的。这些国家中将有 3 到 4 个亚洲国家,3 到 4 个在东非或南非,3 到 4 个在西非,1 到 2 个在北非和中东。在拉丁美洲/中美及加勒比地区,已有 10 个国家开始将转基因作物商品化,再扩展的空间较小。但现在到 2015 年之间,该地区可能有 2 到 3 个国家将会首次种植转基因作物。在东欧,可能会有 6 个国家种植转基因作物,包括已经将转基因马铃薯发展到较高水平的俄罗斯;转基因马铃薯在东欧的一些国家很具潜力。西欧的情况比较难预测,因为在欧洲转基因作物与科学和技术的考虑无关,而属于政治问题,被政治家们的思想政治观点所左右。

其次,如果下面的高概率事件都能实现,那么 2015 年种植转基因作物的农民有可能达到,甚至超过 2 千万(2009 年已有 1400 万)。从现在开始到 2 到 3 年里,中国开始并逐步扩大种植转基因水稻(仅在中国就有 1.1 亿户家庭种植水稻)和转基因玉米(仅中国就有 1 亿户家庭种植玉米),其他亚洲国家有可能仿效中国选择世界上主要的粮食和饲料作物,将转基因作物商业化。印度继续优化 Bt 棉,并在印度、菲律宾、孟加拉国引进 Bt 茄子;在巴西显著扩大转基因大豆、玉米和棉花的种植;布基纳法索的 Bt 棉以及埃及的 Bt 玉米继续扩大,并可能引入到其他非洲国家;菲律宾、孟加拉、印度种植金米,印度尼

西亚和越南也要 2015 年以前开始种植;另外像巴基斯坦这样的国家有很多小农户,而转基因技术才刚刚起步,这同样能促进全球转基因种植户到 2015 年达到甚至超过 2 千万。

第三,转基因作物的相对优势在于能提供更加便宜和优质的食物来确保全球粮食、饲料和纤维的安全和充足供应,这预示着到 2015 年转基因作物种植面积增加一倍达到 2 亿公顷的目标能够顺利实现。2015 年以前,目前的四大转基因作物(玉米、大豆、棉花和油菜)的种植面积仍有相当大的增长空间,同时新的转基因作物和新品种如 Bt 水稻、金米、转基因甘蔗和转基因马铃薯将可能被引入。2009 年四种主要转基因作物总的种植面积达 1.34 亿公顷,而全部潜在的种植面积有 3.12 亿公顷,还有 1.75 亿多公顷有待利用,这是非常重要的潜在利用区域。以玉米为例,全球 1.58 亿公顷玉米种植面积目前只有大约四分之一从转基因受益,剩下的四分之三接近 1.2 亿公顷是转基因作物潜在的种植区域。美国作为世界上最大的玉米种植国家,其 3500 万公顷玉米中 85% 是转基因玉米。玉米第二大种植国中国,刚刚批准了第一批转基因玉米——植酸酶玉米的种植,为此品种及其他品种开拓了 3000 万公顷的潜在种植面积。在第三大玉米种植国巴西,玉米种植面积达 1300 万公顷。2009 年仅在其转基因玉米商业化的第二个季度,巴西就迅速完成了 500 公顷转基因玉米的种植,并且 2010 年还可能显著扩大种植面积。第四(印度,800 公顷)和第五(墨西哥,700 公顷)大种植国为评估转基因玉米的成效,2009 年都分别进行了田间试验,并将可能获得显著收益。在亚洲,5 千万公顷玉米中大概只有 50 万公顷是转基因玉米(只在菲律宾)。同样在非洲,总面积 2800 万公顷的玉米地中不足 200 万公顷(只有南非和埃及种植转基因玉米)种植了转基因玉米。即使是在转基因作物广泛种植的南美,2000 万公顷玉米中只有 700 万公顷是转基因的。从全球玉米种植概况可以得出,即使仅利用当前转基因玉米品种的组合,无论是短期、中期或长期,全球转基因玉米都有非常广阔的发展空间。

转基因水稻及耐旱特性被认为对全球转基因作物种植的进一步扩大起到了促进作用。第一代转基因作物使作物免受虫害,杂草和病害,通过减少损失而被动地实现产量的明显增加。然而,第二代转基因作物则是依靠自身特性进一步提高产量,因此更加吸引农民。2009 年研发的 RReady2Yield™ 大豆,是第一个第二代转基因增产作物产品。像金米,omega-3 大豆,高赖氨酸玉米这样的质量特性,也可用于提供更丰富的复合特性,同不断增长的输入特性相结合加以利用。将会有更多新的品种及其组合或者新的转基因作物,种植在全球各地大大小小的粮田,并具有农艺性状和质量特性的单一或复合性状产品。以下内容有选择地介绍了一些可能在短期之内实现商业化的重要的转基因作物/特性。

## 5.2 中国批准转基因水稻和玉米

2009 年 11 月,中国完成了对纤维(Bt 棉已于 1997 年完成审批)、饲料(植酸酶玉米)和粮食(Bt 大米)三种关键转基因作物的审批。2008 年 ISAAA 年报曾预言“新一轮利用转基因作物的浪潮…提供了同第一次浪潮紧密结合的机会,使全球转基因作物种植在已有广阔种植面积的基础上继续强势增长。”2009 年 11 月 27 日,当中国农业部(MOA)颁发了三个转基因作物生物安全证书时,这个预言开始成为现实。有两个证书授予了转基因水稻,其中一个给了水稻恢复系(Bt Huahui-1),另一个给了杂交水稻系(Bt Shanyou Shanyou-63),两者都使 cry1Ab/cry1Ac 基因表达并在华中农业大学完成育种。水稻是世界上最重要的粮食作物,它养育了世界上半的人口,同时也是贫困国家最主要的粮食作物,因此对 Bt 水稻的批准及其重要。第三个证书颁给了植酸酶转基因玉米,这同样非常重要,因为玉米是世界上最重要的饲料作物。植酸酶玉米由中国农业科学院开发,经 7 年的培育,最终授权于奥瑞金农业科技有限公司。这三个证书对中国、亚洲乃至世界的转基因作物都有重大而积极的意义。需要说明的是,中国农业部在颁发证书之前,进行了认真严谨的科研,而最终的商业化还至少需要 2~3 年,取决于区域试验的完成。值得注意的是,中国已经适时地完成了三类关键转基因作物的审批,首先是纤维(棉花),其次是饲料(玉米)和粮食(水稻)。这三种作物为中国带来的潜在利益是巨大的,现归纳如下:

- Bt 棉花。中国 1997 年就已经成功种植了 Bt 棉花,目前 700 万的小农户已经通过种植转基因棉花增加了收入,每公顷大约增加收入 220 美元(每年全国总计 10 亿美元),平均来说,其中 10% 得益于产量增加,60% 得益于减少杀虫剂的使用,这两项因素不仅使小型和资源匮乏农户收益增加,而且保证了农业的可持续发展。中国是世界最大的棉花生产国,2009 年,540 万公顷的棉花种植面积中 68% 的耕地种植 Bt 棉花。

- Bt 水稻。Bt 水稻有潜力每年能带来高达约 40 亿美元的收益,使产量提高 8%,杀虫剂使用量减少 80%,相当于每公顷多产出 17 公斤水稻——这一占地面积 3000 万公顷的中国的主要粮食作物。据估计,在中国 75% 的水稻受水稻螟虫虫害,然而 Bt 水稻可以控制它。中国是世界上最大的水稻生产地(1.78 亿吨稻谷),有 1.1 亿种植水稻的家庭(按每个家庭四口人算,总计 4.4 亿人),13 亿的中国水稻消费者可直接从这一技术受益。Bt 水稻将提高生产力,并提供更便宜的水稻,在中国需要新技术以维持自给自足的非常时期,增加粮食产量,来克服干旱、盐碱、病虫害和其它与气候变化和地下水位下

降相关的产量限制因素。

● 植酸酶玉米。中国是仅次于美国的世界第二大玉米生产国(一亿家庭种植三千万公顷);玉米主要用作动物饲料。实现玉米供应的自给自足,并满足日益增长的肉食需要,对繁荣的中国来说是一个巨大的挑战。例如中国养殖猪的数量是世界上最大的,从1968年的500万头到现在的5亿头,增加了100倍。植酸酶玉米将帮助猪消化更多的磷,从而使猪的长速更快,产量更高,同时减少动物废料进入土壤、水体和蓄水层带来的磷污染。在中国,玉米也被用来饲养数量巨大的圈养禽类——130亿只鸡、鸭和其他家禽,而1968年这一数额只有1230万。植酸酶玉米将使养殖户减少购买植酸酶,节省了设备、劳动力和其他工具的费用。批准植酸酶玉米的意义在于,中国有3000万公顷玉米,是世界第二大玉米种植国(美国以3500万公顷位居首位),随着中国人民生活水平的提高,更多的肉要被消耗,从而也就需要更多的动物饲料,其中玉米是一个主要来源。中国每年进口5百万吨玉米,外汇成本10亿美元。植酸酶玉米是中国第一个批准的饲料作物。在亚洲,唯一批准并已种植生物技术玉米的国家是2003年开展工作的菲律宾;2009年在菲律宾,Bt玉米、耐除草剂(HT)玉米和复合性状的Bt/HT产品的种植面积已经达到约50万公顷。

Bt棉花、Bt水稻和植酸酶玉米的特性(重要的是,都由中国公共部门机构研制)对其他发展中国家也有相似地益处,特别是在有着非常相似的作物产量限制瓶颈的亚洲(同样也适用于世界其他地方)。亚洲种植并消费全球1.5亿公顷稻谷产量的90%,Bt水稻能够在亚洲产生巨大的影响。Bt水稻不仅可以提高生产力,还有助于代表世界50%穷人的贫困小农摆脱贫困——全球大约有2.5亿贫困家庭种植水稻——假设每个家庭有四口人,则在亚洲可能有高达10亿穷人能够直接受益于Bt水稻。同样,多达五千万公顷的玉米在亚洲能够得益于生物技术,仅在中国就有一亿贫困家庭的四亿人口。中国批准转基因水稻和玉米在全球发挥了榜样的作用,可能会在亚洲甚至全球范围,特别是在发展中国家,给转基因食品和饲料作物的接受和采纳速度产生积极的影响。世界上最重要的食品和饲料作物在中国的批准和发展,为这个国家继续保持水稻自给自足和实现玉米自给自足提供了新的强有力工具。中国可以成为其他发展中国家的榜样,特别是在亚洲,这可能有实质性的影响:

- 为发展中国家的生物技术作物提供更及时、高效的审批程序;
- 新的南南技术转让和共享模式,包括公共/公共和公共/私营部门伙伴关系;
- 更有秩序的水稻国际贸易,减少类似2008年价格上涨再次复发的可能性,这种上涨对于穷人是破坏性的;
- 更多的权力和责任向发展中国家转移,以优化“自给自足”,为他们的参与提供更大的动力,提高他们对2015年千年发展目标的份额。

最后,Bt水稻和植酸酶玉米是第一类将许多农艺性状和品质特性整合改良的转基因作物,显着提高了产量和质量,到2050年可以促进粮食、饲料和纤维产量增加一倍,而所需资源更少,特别是水、化石燃料和氮。中国批准的第一个转基因粮食作物——Bt水稻将促进全球性发展中国家和发达国家的公私部门通力合作,在一个更加公正的社会实现“人人享有粮食和自给自足”的崇高目标。这三个水稻和玉米生物安全证书的发放,反映出中国意图明确,言行一致并批准转基因纤维、饲料和粮食作物的商业化(转基因木瓜,水果/粮食作物已于2006/07年度在中国成功商业种植)。转基因作物给中国带来了显著的经济和环境效益,更重要的是,在国际战略上使中国的粮食、饲料和纤维等最小程度的依赖于其他国家。

### 5.3 SmartStax™

SmartStax™是一种新型的生物技术玉米产品,通过了美国环保署(EPA)的注册并于2009年7月获得了加拿大食品检验局(CFIA)的监管授权。SmartStax™,是一项由孟山都公司和陶氏益农在2007年签署的,并由两家公司共同研发的新型产品。SmartStax™是一个复合性状的产品,这些性征由八个基因做基础,是目前为止最先进的获批生物技术作物。设计它是为玉米提供最全面的虫害防控(包括地上和地下)和除草剂耐性。

研发SmartStax™的过程涉及四个重要的事件:MON 89034、TC1507、MON 88017和DAS-59122-7。(1)MON 89034表达出两个相互补充的蛋白质Cry2Ab和Cry1A.105,用以防治鳞翅目害虫;(2)TC1507表达出Cry1F用以防治鳞翅目害虫,和BAR用以抗草甘膦;(3)MON 88017表达出Cry3Bb1来防治玉米根虫和CP4用来抗草甘膦;(4)DAS的-59122-7表达出双组份蛋白质Cry34/35Ab来防治玉米根虫和和BAR用来抗草甘膦。

因此,这8个基因(cry2Ab, cry1A.105, cry1F, cry3Bb1, cry34, cry35Ab1, cp4和bar)决定了下面三个性状:地面害虫防治,地下害虫防治和抗除草剂。为了方便读者,下一段提供了在SmartStax™研发过程中使用的商业产品的细节。

- 地上害虫控制:玉米粘虫,欧洲玉米螟,西南玉米螟虫,蔗螟,粘虫下降,西部豆夜蛾和小地老虎虫的虫害防治技术由

陶氏益农 HERCULEX 昆虫保护技术公司和孟山都公司的 VT PRO, 后者是第二代双基因鳞翅目昆虫防治产品, 包含在 Genuity Triple PRO 中。

• 地下害虫控制: 美国西部和北部以及墨西哥的玉米根虫防治技术由孟山都公司的 YieldGard VT Rootworm/RR2 technology 与陶氏益农 HERCULEX RW 昆虫保护技术公司共同提供。

• 广谱杂草的防治技术由孟山都公司的 Roundup Ready 2 技术和拜耳公司的 CropScience's Liberty Link 共同提供。

实验表明, SmartStax™ 能够防控最多种类的害虫且防治效果长久稳定, 其具有抗虫的多重机制可以大大降低害虫抗性的出现, 从而有可能使监管机构批准种植更少的“庇护所”。因此, SmartStax™ 抗虫性的增加, 使美国环保局和加拿大食品检验局降低对“庇护所”的需求, 具体在美国玉米种植带和加拿大“庇护所”从 20% 降至 5%, 在美国棉花带从 50% 降到 20%。这小小的 5%, 就能使玉米产量增加 5% 到 10%。因此, 抗虫性的提高和“庇护所”的减少将使产量提高, 并使农民受益。

该产品的市场投入规划正在制定, 预计明年也就是 2010 年, 在美国和加拿大的大约一百万到一百五十万公顷的农田上推广使用——这在第一年商业化种植的转基因作物里面积是最大的。与此同时, 主要国家的监管机构的工作也正在进行中, 试图在 2010 年北美的种植季开始之前获得对 SmartStax™ 的进口批准, 以实现 2010 年全年作物种植季的商业化。

#### 5.4 印度的转 Bt 基因茄子

茄子在印度号称“蔬菜之王”。它在蔬菜食谱中占有主要地位并且为众多素食者所喜爱。印度是世界上除了中国之外的茄子第二大生产国。在印度, 每年总计有 1.4 亿的小型和资源匮乏农民种植 55 万公顷的茄子。茄子对于那些资源匮乏的农民来说是一个重要的经济作物, 在一年的大部分时候, 它们为农民提供着较为稳定的经济收入。然而, 茄子很容易被多种害虫和病害攻击或侵染。对于经济作物来说, 这些病害或虫害会造成严重的经济损失, 有时候高达 60% 到 70%。因此, 种植茄子需要使用大量的杀虫剂。转 Bt 抗虫基因的茄子, 是由印度政府和私人研究机构共同开发的, 目的是将用于控制 FSB 杀虫剂的使用量减少至原来 80%, 它们占有用于茄子害虫的农药使用量的 42%。与非转基因的茄子相比, 转 Bt 抗虫基因茄子显著增加了 33% 的销售收益; 与本地杂交品种相比, 增加了 45% 的销售收益。因此在印度, 相比于种植非转基因的品种, 种植转 Bt 基因茄子的农民有望多获得约每公顷 1539 美元的收益; 与本地品种相比, 多获得约每公顷 1895 美元以上的收益, 包括除去喷雾的平均花费后的约每公顷 115 美元的平均成本净储蓄 (基于经济阈值水平)。对于国家来说, 转 Bt 基因的茄子将帮助蔬菜生产者增加每年 4.11 亿美元净利润。

转 Bt 基因的茄子已经被它的开发者 Mahyo 慷慨的贡献给了印度、孟加拉国和菲律宾的公共部门, 用于开放授粉品种的茄子, 以满足这三个国家资源匮乏农民的需求。近年来, 8 个 Bt 茄子的杂交品种和 10 个 Bt 茄子的开放授粉品种 (OPVs) 正等待印度政府的商业化批准。

自 2000 年以来, 印度的监管机构已经对转 Bt 基因茄子进行了严格的测试。2009 年 10 月, 印度基因工程批准委员会 (GEAC) 做出了一个具有里程碑意义的决定, 建议转 Bt 基因的茄子获准投放商业市场。而现在, 它正等待印度政府的最终决定。

#### 5.5 金米

在谷类中, 水稻的能量最高, 产量最好, 但是却缺乏一些维持身体机能所必须的氨基酸和维生素。它缺乏  $\beta$ -胡萝卜素——作为维生素 A 的前体, 维生素 A 是哺乳动物的胚胎发育的视觉和细胞分化的必要元素, 并且在免疫系统和人体细胞膜的运作中发挥作用。缺乏维生素 A (VAD) 作为一个营养问题在发展中国家折磨着 1.27 亿人群, 其中 25% 是学前儿童。近年来, 每年约 25 万至 50 万的人失明, 其中 67% 在一个月内死亡, 或者说每天大约有 6000 名儿童死亡, 相当于每年 220 万。这是道德上无法接受的, 在存在潜在可行的补救措施的今天, 我们遭遇了一个道德困境。世界粮农组织开发了针对于发展中国家的维生素 A 补充剂, 但它价格昂贵 (大约耗资 5 亿美元一年), 不可以持续保持效果, 并且很难达到偏远地区。大约 30 亿人 (约占全球人口的一半) 依靠水稻来维持热量摄入, 并且许多人买不起其他含有维生素 A 的食物或补剂。黄金大米提供了一个切实可行的利用转基因作物的补救措施, 符合成本效益和有效的防止维生素 A 缺乏症的发生。

1984 年, 国际水稻研究所的 Peter Jennings 博士首先提出黄金大米 (金米) 的设想以减少水稻消费人群的维生素 A 缺乏症的发生。洛克菲勒基金会提供 Ingo Potrykus 教授与 Peter Beyer 博士为期 8 年、每年大约 100 万美元的资金资助其进行研究。在洛克菲勒基金会的财政支持下, Potrykus 与 Beyer 发现了合成途径, 找到了可能的基因并进行修饰, 研发了能产生  $\beta$ -胡萝卜素的转基因水稻。该项目是一项公共/私营部门的合作, 包括拜耳公司, 摩根公司, 孟山都公司, 诺华公司和捷利康公



司,以及一个匿名的日本公司,该公司在项目的早期阶段提供了一些必要的技术许可。2000年,第一株黄金大米,在台北309(粳稻)的遗传背景下研制开发,该品种含有两个转入的基因,一个来自黄水仙,另一个来自细菌。尽管该品种的 $\beta$ -胡萝卜素的含量较低,大约1.6至1.8微克/克,但它证明了这些基因可以在水稻内功能性表达。利用细菌的基因以及改造后的黄水仙的启动子,先正达公司开发的一个javanica品种Cocodrie含有6至8微克/克 $\beta$ -胡萝卜素。它被认为是金米1号,并在2004年由先正达公司捐赠给了“黄金大米”人道主义委员会。该委员会负责监督黄金大米的研究方向和工作部署,其中包括国际水稻研究所(IRRI)和位于菲律宾的菲律宾水稻研究所(PhilRice)、位于越南的九龙江三角洲水稻研究所(CLRRI)、印度生物技术部门、水稻研究管理委员会、印度农业研究所(IARI)、德里大学、泰米尔纳德邦农业大学、Patnagar农业大学、班加罗尔农业科学大学、孟加拉国水稻研究所、华中农业大学、中国科学院、中国云南省农科院、印度尼西亚农业研究与发展部门和位于德国弗赖堡的阿尔伯特路德维希大学(<http://www.goldenrice.org>)。

2005年,先正达公司开发了金米2号-Kaybonnet(javanica水稻),该品种包含了来自玉米和细菌的基因,并且能够产生高达36.7微克/克 $\beta$ -胡萝卜素,比金米1的增幅超过4倍。研发者将金米2号捐献给了“金米”人道主义委员会。2005年,比尔盖茨夫妇基金会资助了一个旨在“开发高 $\beta$ -胡萝卜素、维生素E、蛋白质,提高铁、锌的生物活性水稻研究工程”的合作项目,并向位于德国弗赖堡的阿尔伯特路德维希大学的Peter Beyer博士提供资助。该项目合作者包括菲律宾水稻研究所、国际水稻研究所,密歇根州立大学,贝勒医学院,九龙江三角洲水稻研究所,以及香港中文大学。最初推广金米1号的一些国家,在2009年3月用金米2号取代了金米1号。

有大约6个事件的金米2号来自于美国长粒谷物品种Kaybonnet(Paine,2005)。而最终决定性的一步是由监管部门批准其中之一并进行商业化推广。这个事件是GR2G,它由单一拷贝的插入,并且能够产生高达25 $\mu\text{g/g}$ 的 $\beta$ -胡萝卜素,相当于GR1事件(可以产生大约8 $\mu\text{g/g}$ 的 $\beta$ -胡萝卜素)的3~4倍。这个事件是在多重标准下选择出来的,对于1~3岁的儿童来说,食用100g金米就可以满足其对于 $\beta$ -胡萝卜素的需要。下一步是GR2G将要投放种植的地区——最有希望作为主要水稻品种种植的国家是那些VAD易缺乏的地区。GR2G是唯一一个通过监管部门的批准并最终决定在菲律宾、印度、孟加拉国、越南和印度尼西亚种植的事件。(Zeigler,2009)。预计金米最早将在2012年在菲律宾和孟加拉国开始推广,然后是印度,印度尼西亚和越南。选择GR2G推广的国家原因主要基于该国维生素A缺乏症的人口数及对金米的接受程度。在接受推广的国家的的水稻研究机构与国际水稻研究所(IRRI)在“金米”人道主义委员会的监督下进行密切合作,将使GR2G逐步替代其他流行品种。GR2G在最先推广的三个国家的推广成果如下:

菲律宾一个广泛种植的水稻品种PSB Rc-82,在GR2G事件中被菲律宾水稻研究所改进。在干湿两季农作物种植中,PSB Rc-82预计会占领13%的水稻种植面积,等同于在菲律宾,一共420万公顷种植用地中,每年大约50万公顷种植的是PSB Rc-82。

在孟加拉国,GR2G事件正在影响一个重要的品种BR-29,孟加拉国水稻研究所(BRRI)对Boro rice品种进行了改进并投入生产。BR-29种植了280万公顷,相当于占据了孟加拉国水稻总种植总面积1000万公顷的28%。

Swarna, MTU-1010和ADT-43是在印度普遍种植的三个品种,它们正与GR2G杂交培育:在比哈尔邦、北方邦东部、西孟加拉邦奥里萨邦和安得拉邦的小农户种植有约300万公顷的Swarna品种,印度农业研究所(IARI)正在开发培育GR2G和Swarna的混合品种。MTU-1010,也称Dora Sannalu棉花,在安得拉邦和周边地区非常受欢迎,预计种植总面积为80万公顷,水稻研究总署(海得拉巴)在开发培育GR2-MTU-1010这一混合品种。

2012年首次商业化应用获批之前,早期阶段做任何预计都是有困难的。因为该技术可能会在三个国家分地区有步骤地采用,有可能先是在菲律宾,然后是孟加拉国和印度。金米计划在上述三个国家的实施中选择的最大产出区域也许会对早期的预计有所帮助。在菲律宾,有可能种植50万公顷PSB Rc-82。同样,在孟加拉国,有可能种植大约280万公顷的BR-29。对于印度来说,有可能总计种植400万公顷,其中Swarna(300万公顷),MTU-1010(80万公顷),ADT-43(20万公顷)。因此,菲律宾,孟加拉国和印度这三个国家在2012年可用于种植金米的区域总计大约是700万到750万公顷。这一预测可能并不准确,但是能让读者了解到从2012年起金米计划逐步实施的区域的顺序。事前经济影响的分析预测,长期来看,金米的消费每年会向亚洲各国的国内生产总值贡献40亿到180亿美元不等。

金米计划在许多方面都是独一无二的,它汇集了大量的志同道合的机构和个人。他们立志于救治全球罹患维生素A缺乏症的数百万儿童和成年人(估计为1.27亿),这一群体主要集中在亚洲。该项目得到了捐助者、国际发展界、公共和私营部门的支持以及亚洲各国政府的承诺,这些国家已经制定了必要的政策,提供了技术支持,以救治这些血管性痴呆患者,

这一疾患每天要带走 6000 个孩子的生命。

维生素 A 缺乏症这一疾患,预计影响到了东南亚 33% 的人口,而对应的缺铁(贫血)和缺锌的数字分别是 57% 和 71%。水稻种质和 GR2G 的杂交比常规水稻含有更高的锌和铁,更好地弥补了微量元素的缺乏。菲律宾的 PhilRice 也正在进行相关工作,主要涉及三个性状:GR2G 的特性和抗 Tungro 病毒和水稻白叶枯病。

## 5.6 耐旱玉米及 2009 年全球旱情概况

“水是生命之源”这一谚语提醒我们,水是重要且珍贵的。农业目前使用世界上超过 70% (发展中国家的农业 86%) 的淡水。随着全球人口将从目前的 67 亿,增长到 2050 年的超过 90 亿,地下水位迅速下降的国家如中国,供水会继续减少。虽然人们每天只饮用 1 至 2 公升水,我们每天吃的粮食和肉类需要 2000 到 3000 公升的水来生产。这就需要常规方法和生物技术来研发用水效率更高、更加抗旱的作物。由于缺水以及水在作物生产中的主要作用,因此,耐旱和高效用水应该是研发未来的农作物最优先考虑的因素。随着全球变暖的加剧,情况将更为严重,气候变的更加干燥和温暖,人与作物之间对于水的需求竞争加剧。通过生物技术研发的耐旱作物将是作物商业化的第二个十年(2006~2015 年)甚至更长时间内最显著的特征,因为水是目前唯一最重要的制约世界粮食作物增产的因素。

令人鼓舞的消息是,耐旱生物技术/转基因玉米这一正在研发的最先进的耐旱作物,预计将于 2012 年在美国正式投入市场(见 ISAAA 第 39 期年报发表的文章“Drought Tolerance in Maize: An Emerging Reality”)。非洲的旱情尤为严重,2003 年世界粮食计划署对该洲拨款 5.7 亿美元用于干旱时的紧急粮食供应。干旱带来的不确定性阻碍了稳定产量的最佳管理措施的实施,而这些措施是至关重要的,毕竟收益来自于在作物上的投入。值得注意的是,一个私营/公共伙伴关系部门,即 WEMA(非洲水资源有效利用玉米工程)正在取得进展。该工程受 AATF 协调,包括孟山都(提供技术)、盖茨基金会、霍华德·巴菲特基金会(提供资金)、国际玉米小麦改良中心以及一些非洲的国家项目,这些国家包括莫桑比克、肯尼亚、南非、坦桑尼亚和乌干达。WEMA 希望第一个免使用税的耐旱玉米生物技术能在 2017 年之前,在撒哈拉以南非洲地区得到应用。这些地区极为需要高耐旱性的作物,并且其 6.5 亿的居民依赖玉米为生。在轻度干旱的地区,WEMA 预期的收益包括粮食订单增加 20% 到 35%,这相当于 1200 万吨饲料玉米,可供 1400 万至 2100 万人在一个干旱年中食用。耐旱玉米的第一次田间试验是于 2009 年 11 月在南非进行的,预计将在 3 至 4 年后,也就是 2013 年左右会产出第一批常规抗旱玉米。WEMA 的项目包括:在国家计划中建立有效的运作和监管机构;生产和分配优质杂交种子;为小农场主提供足够的信贷。

近几年日益频繁和严重的全球范围内的干旱,使人们得出结论:气候变化产生的干旱已经日益明显,持续的旱情使食品、饲料和纤维的生产在 2009 年大幅度减少。以下是 2009 年世界范围内旱情的概况,是由 Eric de Carbonnel。他的结论是,那些粮食生产占世界三分之二的主要国家大体上正是在 2009 年遭受旱灾较为严重的国家。

5.6.1 非洲 2009 年,非洲之角的国家遭遇到了严重的旱情。在肯尼亚的干旱导致大范围的饥荒,有 1000 万人食不果腹。包括坦桑尼亚、布隆迪、埃塞俄比亚和乌干达在内的周边国家都面临着类似的情况。南非预测,2009 年的作物收成将是 30 年来最少的。撒哈拉以南非洲遭遇旱灾的其他国家包括马拉维、赞比亚、斯威士兰、索马里、津巴布韦、安哥拉、莫桑比克和北非的突尼斯。

5.6.2 中国 这场旱灾始于 2008 年 11 月,波及了中国的北部和东北部(这些地方的降雨量比平常低 50%~90%)是五十年来最严重的一次,影响了超过 1000 万公顷的农田,这其中包括以下八个省份小麦农田的一半,而这些是中国主要的小麦生产省份:河南(中国最大的作物生产省),安徽(超过一半的作物受损)、山西、江苏(20% 的小麦受损)、河北、陕西和山东。山东省的降雨比去年同期少 73%。为了赈灾,中国政府拨款 127 亿美元,以减轻旱灾的影响。这一举措惠及了上述八个省份超过 400 万的农村人口。这些区域都是受灾严重的中国主要粮食生产地区,产出的粮食占世界粮食产出的 18% (相当于每年 5 亿吨)。值得注意的是,中国政府已定下目标:到 2020 年,全国生产粮食 5.4 亿吨。如果旱灾更为频繁和严重,地下水位持续下降,实现这一目标将是一个严峻的挑战。2009 年 7 月,中国干旱的地区迅速蔓延到内蒙古自治区、新疆维吾尔自治区、吉林、山西、辽宁。据报道,近 700 万人使用超过三四十万机动车,参与到抗旱工作中来。这场干旱影响到了受灾严重地区的饮用水和灌溉用水的供应。2009 年后半段,旱情在中国北部,东北地区肆虐,而 2009 年 8 月袭击中国南部的莫拉克台风使情况更为糟糕——洪水之后的极端干旱是气候变化和全球变暖带来的新的挑战。

5.6.3 澳大利亚 该国自 2004 年以来一直遭受着严重的旱灾,2006 年和 2007 年两年是有记录(117 年前)以来最严重的干旱年。据估计,该国农业的 40%,尚未从 06 年和 07 年的旱灾中恢复。在干旱最严重的时候,澳大利亚的主要河流,如墨累河,已经干涸。

5.6.4 美国 2009 年,美国德克萨斯州遭遇了 50 年来最严重的干旱,干旱给德州 200 亿美元的农业设施造成了大约 35 亿美元的损失。2009 年的旱灾,是 1917 年以来最严重的,据估计,该州 88% 的区域出现了反常的干旱情况,18% 的区域遭受了史上最严重的旱灾。德克萨斯州州长向该州大部分地区发出了警告:更糟的情况是,干旱会使破坏性野火发生地更为频繁。6 月和 7 月总计 61 天的时间,该州奥斯丁市的温度过百(华氏温度)的日子占了 39 天。2009 年,在加利福尼亚州,旱情也是有记录以来最严重的,数千公顷作物农田被闲置。高山积雪融化的用以供给水库的水,只是正常情况下的 49%。美国的其他受灾州包括佛罗里达、乔治亚州、北卡罗来纳和南卡罗来纳州。2009 年旱灾和洪水频发,被认为是受到了厄尔尼诺现象(温暖,湿润)和拉尼娜现象(阴凉,干燥)的极大影响。拉尼娜现象和太平洋的冷水域相关,加剧了美国的干旱问题,使美国南部各州和美洲其他国家和地区出现了异常干燥的天气。

5.6.5 南美洲 在阿根廷,特别是科尔多瓦州,50 年来最严重的干旱造成粮食产量大幅度下降。巴西是世界第二大大豆出口国,旱灾也让它遭受损失。2009 年南美洲的其他一些国家遭受旱情的有墨西哥、巴拉圭、乌拉圭、玻利维亚和智利,在这些国家拉尼娜现象阻止了雨云进入智利和南美洲。

5.6.6 中东和中亚 在这些地区的国家也出现了旱情,农作物减产,小麦产量下降了约 20%。这两个地区的水库的水供应处于较低的水平。较低的收成可能导致农民为下一个种植季节储备的种子供应受限。这两个地区的一些国家政局动荡,也饱受战争的摧残,这也严重影响了这些国家应对旱情的能力。在 2009 年这两个地区出现旱情的国家有伊拉克、叙利亚、阿富汗、约旦、巴勒斯坦领土、黎巴嫩、以色列、孟加拉国、缅甸、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、泰国、尼泊尔、巴基斯坦、土耳其、吉尔吉斯斯坦、塞浦路斯和伊朗。

5.6.7 欧洲 在 2009 年全球范围的旱灾中,欧洲地区是受灾相对很小的唯一的主要作物产区,但像西班牙和葡萄牙等国家都遭受了近年来最严重的旱灾。

如果正如所预计的,这一由气候变化和全球变暖带来的干旱将要导致更频繁、更严重的旱灾,发展中国家会比发达国家受到的影响更大,干旱在 2009 年全球范围内的蔓延真的不是什么好兆头。很明显,干旱问题将变得更加重要,在这种情况下,以生物技术为基础的耐旱性的价值将显得尤为重要。

## 5.7 氮肥利用效率(NUE)

20 世纪 60 年代涉及小麦和水稻的绿色革命取得了空前的成功,但是这一成功的先决条件是需要氮肥和灌溉用水的投入。农业灌溉用水占到了世界淡水总供应量的 70%,使得本就短缺的全球水资源供应更加紧张,像中国这样人口大国的地下水水位因过度开采使用而急剧下降。因此提高氮肥的利用效率是一个重要而紧迫的问题,通过解决这一问题,可以降低生产过程中对化石燃料的消耗,减少温室气体的排放并减轻氮肥泄露到水体中造成的环境污染。根据一项评估,当今人体中一半的氮元素来自消耗化学燃料的化工合成氨。现在全球每年消耗的氮肥价值 1000 亿美元,据估计其中高达 2/3 的氮肥通过径流、浸出和汽化等形式流失。另一方面,泄露的氮肥导致水藻过度繁殖,并在河口和三角洲形成令其它生物窒息的“死亡区域”;全球已有很多地区出现了这种状况,如美国的密西西比河口,东南亚的湄公河三角洲等地。土壤中存留的氮肥也会转变成气态的  $N_2O$  而流失,而  $N_2O$  是一种温室气体,其效果是  $CO_2$  的 300 倍。对农业工艺的改进可以在不降低产量的前提下减少一半的氮肥消耗,另外转基因作物也是一个令人振奋的发展方向。部分转基因作物可以将氮肥利用效率提高 30%,预计可以在五年或者更晚一些时候投入应用。而初步的实验结果显示,一些转基因作物对氮肥利用效率甚至可以提高 50%。转基因作物在增加产量和减少杀虫剂的使用方面已经显现出了巨大的效益,而在提高氮肥使用效率方面在 5 年或者还要晚一些时候也将显现出它的价值。经济学家最近宣称:“转基因作物已被证明是一个货真价实的环境奇迹”。Ridley 指出那些有机食品运动倡导者者可能会嘲笑 NUE 技术,并且提倡通过施用粪肥和种植有固氮作用的豆科作物来取代化学合成氮肥的使用。他提醒说,上述对粪肥的需求需要全球圈养牛的数目增加四倍才能满足,即数量从现在的 12 亿头增加到 70~80 亿头,这又会产生另一个问题:如何满足数量巨大的牛群对草料的需求。

## 5.8 转基因小麦——一个即将来临的现实

Jeffrey L Fox 新近撰文提出这样一个问题:“转基因小麦——一切皆有可能?”2004 年,孟山都公司的转基因小麦 RR<sup>®</sup> 项目因为缺乏种植者和消费者的支持而被迫停产。而在 2009 年过去一半时,几个似乎是巧合的事件预示着已经停滞五年的转基因小麦的回归。五个主要的因素使得转基因小麦的发展形势发生了转变:第一,美国、加拿大和澳大利亚等 9 个主要的小麦生产国宣布“向转基因小麦的同步商业化的目标而努力”;第二,现今 95% 的美国小麦种植者对转基因小麦的商业化持赞同态度;第三,2009 年孟山都公司获得小麦 WestBred 的经营许可,表明孟山都公司计划重新启动转基因小麦项目,并将

转基因小麦与传统小麦以及 MAS 应用一起作为长期的经营目标;第四,拜耳公司宣布与澳大利亚联邦科学与工业研究组织(CSIRO)联合开展转基因小麦的研究,并最早于 2015 年向小麦种植者提供相关产品;第五,基于中国对小麦生物技术的发展情况,一些观察者推测中国可能在五年内率先开展转基因小麦的商业化种植。

与经过生物技术改造的玉米和大豆相比,传统小麦的产量较低而缺乏竞争力,在过去十多年小麦的种植面积明显下降。到 2050 年,世界对粮食的最少需求量将增长 1 倍,而玉米的产量仅以每年 1.6% 的速度增长,如果小麦的产量恒定不变,届时将无法需求并导致粮食短缺。

谁是转基因小麦应用领头人? 中国农业科学院或许是在世界范围内对转基因小麦投入最大的机构。中国农业科学院开发的转基因小麦系列包含抗黄花叶病毒、抗赤霉病、抗白粉病、抗虫,和抗干旱、耐盐性、耐除草剂以及增加产量等性状。据报道,与其他任何转基因作物相比,中国政府在 2008 年对转基因小麦给予更多的支持,并预期在 5 年内实现商业化。抗黄花叶病毒转基因小麦是 5 年内最先进,也许还是第一种抗黄花叶病毒小麦品种。中国农业科学院并不是中国境内唯一一家对转基因小麦开展研究工作的机构。在河南农业大学,一个 40 人的研究团队正在开发一项旨在抑制成熟小麦在连续阴雨发芽的小麦转基因技术,目前的实验结果表明该种小麦能够明显减少 20% 的损失。目前已经进行了三年的田间实验。一些乐观的评论家认为在未来的 2~3 年内,这种小麦就会进入商业化阶段。印度也很重视植物转基因小麦及育种技术的研究,位于新德里的国家农业研究所已经研制出从耐干旱到抗病的几个系列小麦品种。印度最大的本土种子公司 MAHYCO 已经将数个常规杂交小麦品种实现了商业化,并拥有成功研发转 Bt 基因杂交棉的丰富经验。耐旱小麦的研究虽然非常具有挑战性,但无论是公共机构还是私营集团对此研发都有浓厚的兴趣。

在工业化国家中,美国和澳大利亚等工业化国家已经采取措施对转基因作物开展研究。美国农业部(USDA)每年投入 4000 万美金对 125 个项目进行研究,这些项目主要集中在改善谷物品质、耐干旱以及抗病性等方面,其中一些已经进入田间实验阶段。美国农业部(USDA)还与中国农业科学院(CAAS)开展了跨国合作项目,合作项目主要集中于小麦的常规育种和辅助分子标记育种方面。澳大利亚在生物工程小麦方面的研究也居于领先地位。CSIRO 和拜耳公司联合“研发能够提高产量和抗逆能力的小麦品种以及能够提高磷肥利用效率的小麦品种,他们的联合开发有望于 2015 年左右推出商业化小麦品种”。澳大利亚基因技术管理机构已经批准 CSIRO 的 16 个转基因小麦品种进行田间实验,实验期为 2009 年 7 月~2012 年 7 月。维多利亚州基础工业部与 La Trobe 大学以及陶氏益农对耐干旱小麦开展了联合研究,田间实验已经进入第 2 年,取得了预期的实验结果。乐观的估计认为该转基因小麦将会在 5~10 年内投入应用。先正达公司在抗枯萎病小麦研究方面曾遥遥领先,但 5 年前突然冻结了项目,如今该公司对生物工程小麦又产生了兴趣并打算重启研究。先正达公司借助“可持续农业发展基金”的援助,与国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)合作使用了辅助分子标记育种技术进行抗锈病小麦的研究,希望开发出新的抗锈病小麦品种。2009 年 7 月,孟山都公司宣布了一项庞大的商业小麦育种计划,计划通过传统育种及辅助分子标记育种等手段引入包括耐干旱、抗病和提高氮肥的利用效率等的优良性状来大幅提高小麦的产量(其中转基因小麦研究被列为长期目标),并预计第一批转基因小麦会在 8~10 年内面市。孟山都公司称短期内的研究重点并不是抗除草剂小麦品种,而是拥有多种复合性状的小麦品种,相关性状基因将从拥有这些基因玉米中提取并导入小麦。孟山都公司还在人力资源方面进行了投资,花费 1000 万美元设立了 Beachall-Borlaug 基金来资助年轻学者从事小麦和水稻的相关公共研究,该基金由德州农工大学管理。

值得注意的是,无论中国和印度,生产的小麦都不能满足自身需求,并严重依赖进口。北美和欧洲等地区在小麦国际贸易处于有利地位,对开发转基因作物也存在较大争议;相对而言,中国和印度这些国家大力发展转基因小麦却能够满足国内市场需求,他们的管理机构很少关注通过国际贸易解决粮食短缺,而是通过优先发展转基因作物来从内部来解决紧迫的国家粮食安全问题;同样的策略也表现在这些国家对大米和玉米的进口上。在过去几年中人们对转基因小麦的态度一直在变化,特别是在 2003 年和 2004 年,人们的态度有了显著地改观。“小麦产业的已步入了新的阶段,生物工程将是小麦产业的有力支撑。”北达科他州小麦种植者,也是转基因作物的支持者 Allan Skogen 说:“毫无疑问,种植经过生物工程改造的小麦,可以增加产量。对于种植者而言重点是耐旱。”他还补充说:“水是关键,是小麦的限制因素。”

## 5.9 其它作物及性状

其他几种中等种植面积的转基因作物将会与 2015 年之前获得批准。这些作物包括:抗虫、抗病害以及兼有两种抗性并提升品质的工业用转基因马铃薯;具有优良性状的甘蔗;抗病香蕉;抗病毒大豆。还有一些转基因作物也望投入应用,例如印度开发了一种转 Bt 基因茄子,有望作为第一种投入应用的粮食作物并于 2010 年上市(已提交政府审批),140 万贫困农

民将因此受益。种植过程中需要大量使用杀虫剂的西红柿、西兰花、卷心菜、黄秋葵等蔬菜的转基因品种也正在开发当中,并将大大减少杀虫剂的使用。转基因作物的备选名单还包括:木薯、红薯、豆类和花生等。值得注意的是,其中一些作物的转基因品种已经被开发出来,而相关的研究工作是由一些发展中国家的政府部门或是国际性组织完成的。众多的转基因作物品种的开发预示着全球转基因作物的发展势头良好,ISAAA 的报告提出到 2015 年全球将有 40 个国家的 2000 万农民种植转基因作物,种植面积将会达到 2 亿公顷。

### 5.10 生物燃料

使用生物技术提高作为第一代生物燃料用途的粮食/饲料作物的和第二代生物燃料用途的能源作物的生产效率即是机遇也是挑战。而生物燃料的开发利用必须进行国与国之间的合作,粮食安全始终是第一位的,能源作物的开发种植不能损害粮食/饲料作物的生产。在甘蔗、木薯和玉米等作物不经生物工程技术或是其它手段改造而增加产量的情况下,不加考虑的将这些粮食/饲料作物用作生物燃料将妨害发展中国家的粮食安全,通过使用这些技术提高生产效率,则能够充分满足对粮食、饲料以及燃料的需求。使用生物工程技术提高第一代和第二代生物能源作物的经济效益的关键是优化每公顷生物质/生物燃料的比率,增加生物燃料的产量。转基因作物目前为止的最大贡献是对人道主义千年发展目标(MDG)中的确保粮食供应以及到 2015 年将贫困和饥饿人口减少 50% 这一目标的促进。

### 5.11 面临的巨大挑战

*The Economist* 的题为《如果话能当饭吃,就没有人会挨饿》的文章紧随 2008 年的价格危机被发表,使得国际捐助者和发展共同体将下降了 30 年的农业基金和资助予以提升。2009 年 10 月在世界粮食奖典礼上,比尔盖茨对农学家鼓励道:“世界的注意力又回到你们的事业。”这也是他慷慨支持的事业,在这次讲话中,盖茨支持应用与传统技术相关的转基因作物来对抗饥饿,并寻求粮食自给与食品安全。有一个应用常规作物和转基因作物的与上述类似的呼吁,是 2009 年 11 月在罗马召开的粮食首脑会议上提出的,该会议首次召开在 7 年前的 2002 年。2008 年的高农产品价格,引发了 30 多个国家的暴动,推翻了海地和马达加斯加政府,激发了世界的注意力,迫使人们认识这样一个简单的事实:每天的面包在可承受的价格内是每一个男人、女人和儿童的基本需要,不分信仰,肤色和种族——到目前为止,生存就是我们最重要的本能。一如往常的是,受到伤害的是穷人,而 2008 年也不例外,挨饿的是穷人,而不是富人,因为当食品价格翻了一番,穷人只能负担粮食危机前一半的食物。此外,不像富人至多花费收入的 20% 在食品上,穷人要花 70% 至 80% 他们辛辛苦苦赚来的收入。这是许多观察家认为,如果开发者和政府都不对发展中国家粮食不安全问题采取补救行动,另一个与 2008 年发生的类似的价格危机即将在短期内发生。1974 年在罗马召开的第一次粮食首脑会议上,基辛格声称在 10 年内,没有一个孩子会饿着肚子上床睡觉。35 年后的 2009 年罗马粮食首脑会议却得出结论,尽管千年发展目标承诺到 2015 年减少一半饥饿,仍将有超过 10 亿人(约 10.2 亿)会饿着肚子上床(世界粮食计划署,联合国 2009 年)。世界银行估计,每天生活费不到 1.25 美元的人数在 2008 年至 2010 年间将增加 8900 万,每天 2.00 美元的将增加 1.2 亿。

鉴于 2009 年 7 月 G8 集团为农业提供的 200 亿美元的保证金是十分重要的,除了粮食安全,新的重点将放在自给自足上,这是备受欢迎的。重要的是确保这 200 亿美元是新的,不回收的捐款,并确认只能为在预计三年里(每年为 70 亿美元)的活动提供经费,这些活动用于保护气候变化对农业的影响。尽管如此,贷款应该给那些能从本质上增加他们对农业贡献的关键组织:2009 年世界银行将其捐款增加了 50%,达到 60 亿美元,奥巴马政府要求美国国会将美国国际开发署 2010 年的农业预算增加一倍,达到 10 亿美元;农业上体制一新的“高级别工作组”已经与联合国秘书长办公室和著名经济学家 Jeffrey Sachs 一起,提倡一个类似艾滋病病毒巨型基金的巨型基金支持农业。然而,这在发展中国家国家计划的水平上是一个政策性和技术性的倡议,而不是在捐助界,这是更为重要和令人鼓舞的。非洲国家正在开始兑现 2003 年许诺的对农业预算支出 10% 的承诺。许多国家都在补贴种子和肥料的投入,以马拉维为例,他们投入占 GDP4.2% 的资金使玉米产量在 4 年内增加为原来的三倍,将 2005 年一个重要的进口国(40% 的粮食需要)转变为 2009 年的重要出口国(50% 的产量)。马拉维是非洲致力于进一步提高玉米产量的领头国家之一,并且已经通过种植转基因作物在南非取得了成功,例如转 Bt 基因玉米已被全世界 15 个国家采用——白玉米已经成为撒哈拉沙漠以南的非洲国家大约 3 亿人的主要食粮。

当 2008 年粮食价格危机时,几个主要粮食生产国封锁了粮食的出口,一些富裕的粮食亏损国家对外国耕地收购给予高度重视。在过去几年中,一些预计未来自己国家将出现粮食短缺国家,一直在收购其他国家的可耕地,以获得额外的安全和独立的粮食供应。例如,每年进口价值 100 亿美元的粮食的海湾合作委员会 6 个成员国,正在实施一项战略,以创建一个新的“非洲面包篮子”。所涉及的非洲国家包括莫桑比克、塞内加尔、苏丹、坦桑尼亚和埃塞俄比亚。埃塞俄比亚中央统计局报

告说,1330 万埃塞俄比亚小农场主为外来投资者扩展了 100 万公顷土地。批评者认为本次收购对那些本身就经受粮食不安全和贫困之苦国家有“抢夺土地”的企图,并且这些国家也很关心把贫瘠的土地投入生产所带来的环境退化问题。

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中的到 2015 年将极端贫困和饥饿的人口减半的主要工具”。报告指出,在发展中国家,每 4 人中有 3 人生活在农村地区,其中大部分直接或间接地依靠农业维持生计。报告指出,撒哈拉沙漠以南的非洲如果没有一场农业生产力革命将无法克服极度的贫困,这场革命是为了非洲数以百万的正遭受身生存危机的农民,其中大部分是妇女。然而,该报告提醒注意的还有亚洲经济的快速增长,在那有大部分发展中世界的财富正在被创造,也有 6 亿生活在极端贫困中农村人(撒哈拉以南非洲的总人口为 800 百万),这种亚洲农村的贫困仍将在今后几十年里给数百万农村贫困人口带来生命威胁。这是一个有关生活的严酷事实,当今贫穷是一个农村现象,在那有世界上 70% 的最贫穷的人,他们是生活在这片土地上辛苦劳作的小规模和资源贫乏的农民,以及没有土地的农村劳动力。大挑战是“将问题转化为机会”,而这种缓解贫困的机会需要来自工业化国家的和发展中国家中利用转基因作物的知识与经验成功地提高农作物产量的农民与资源贫乏的农民共享知识和经验,进而提高收入。世界银行的报告承认,生物技术和信息革命为利用农业促进发展提供了独特的机会,但值得注意的是,如果政治意愿和国际援助支持没有到位,快速发展的作物生物技术很容易与发展中国家擦肩而过,尤其是较具争议性的生物技术/转基因作物的应用,而这是本期年报的重点。大挑战是对农作物生物技术和传统技术结合使用的优化,到 2015 年以更少的资源和可持续的方式使粮食产量增加一倍。

## 6 结语和 Norman Borlaug 的愿望

2009 年有两件事值得我们注意:2009 年 9 月 12 日诺贝尔和平奖获得者 Norman Borlaug 去世和 2009 年 11 月 27 日中国对转基因水稻和转基因玉米安全性的批准。水稻是世界上最重要的粮食作物,并提供 30 亿人或者说几乎人类一半的食物,重要的是它也是世界上的穷人最重要的粮食作物。玉米是世界上最重要的饲料作物,为中国提供 5 亿猪饲料(相当于全球 50% 的猪)和其 130 亿只鸡、鸭和其他家禽。中国批准第一个主要生物技术粮食作物是水稻,他们决心选择对它使用传统和生物相结合的技术,以实现粮食自给,这是一个重大的进展,值得亚洲、非洲和拉丁美洲的发展中国家效仿,其可能的影响是使这个世界更加安全、繁荣、公正、和平。

Norman Borlaug 在小麦绿色革命中的成功与他的才智、坚持不懈、专注于提高小麦每公顷产量的意愿分不开,他为自己的成功与失败负全部责任,这种成败是通过测量小麦大田水平和国家生产水平的产量来衡量的,更重要的是来衡量其对和平和人类的贡献。Borlaug 在 1970 年 12 月 11 日获得诺贝尔和平奖时的致辞题目为“绿色革命:和平与人道主义”。值得注意的是,他为了增加粮食产量奋斗了 40 年的目标与今天我们的目标一致,只是我们的挑战已经变得更大,因为我们还需要使用较少的资源特别是水、矿物燃料和氮,在可持续发展的的前提下使产量加倍,并且我们面临着新的气候变化的挑战。致以 Borlaug 宝贵遗产的最适当和最崇高敬意的方式,是全球所有涉及到转基因作物的团体共同应对“大挑战”。北部、南部、东部和西部,包括公共和私营部门应该共同不遗余力地以最少的资源提高转基因作物的产量。重要的是,主要目标应是减少贫困、饥饿和营养不良,正如我们在 2015 年的千年发展目标中保证的那样,这一天同时标志着 2006 至 2015 年第二个转基因作物商业化十年的结束。

最后我们以诗的形式纪念 Norman Borlaug,他是 ISAAA 的第一个资助者,使 10 亿人免于饥饿,是世界上转基因作物最纯朴和可信的支持者。转基因作物有能力增加作物产量,减轻贫困、饥饿和营养不良,为世界和平和人类做出贡献。Borlaug 认为,“在过去的十年间,人们已经见证了植物生物技术的成功,该技术在帮助全世界农民提高产量的同时,减少了杀虫剂使用和土壤的侵蚀,其收益和安全性已得到证实。我们需要鼓励那些别无选择只能使用原始低效方法的国家的领导人采用新技术。绿色革命和植物生物技术正有助于满足日益增长的粮食需求,并为子孙后代保护环境。”

**He cared, more than others thought wise  
He dreamed, more than others thought real  
He risked, more than others thought safe  
And he expected, and normally achieved  
What others thought impossible**