

## 转基因作物全球商业化 20 周年（1996 年—2015 年）纪念暨 2015 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

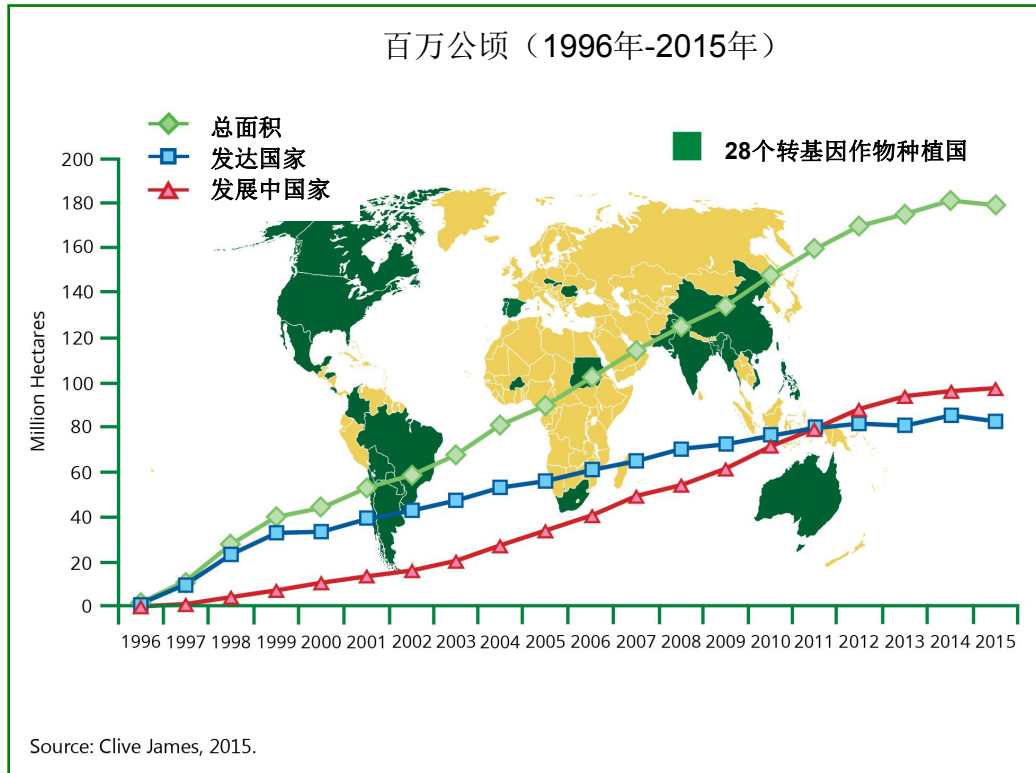


图 1. 1996 年-2015 年全球转基因作物种植面积

2015 年是生物技术作物（又称遗传改良作物或转基因作物）商业化 20 周年。从 1996 年到 2015 年的 20 年期间全球转基因作物累计种植面积达到空前的 20 亿公顷，相当于中国大陆总面积（9.56 亿公顷）或美国总面积（9.37 亿公顷）的 2 倍。这累计的 20 亿公顷包括：10 亿公顷转基因大豆、6 亿公顷转基因玉米、3 亿公顷转基因棉花和 1 亿公顷转基因油菜。20 年间，农民获益超过 1500 亿美元。

二十年的商业化证明，转基因作物已经实现了其先前的承诺，为农民乃至为全社会带来了农业、环境、经济、健康和社会效益。转基因作物的快速应用表明，那些进行了转基因作物商业化种植的发达国家的大农场主和发展中国家的小农户都已经认识到这种巨大的多重收益。

### 2015 年全球转基因作物的发展态势

总体而言，2015 年，巴西的转基因作物种植面积不断增加，美国的种植面积有所减少，其它国家同比变化不明显（表 1 和图 2）。

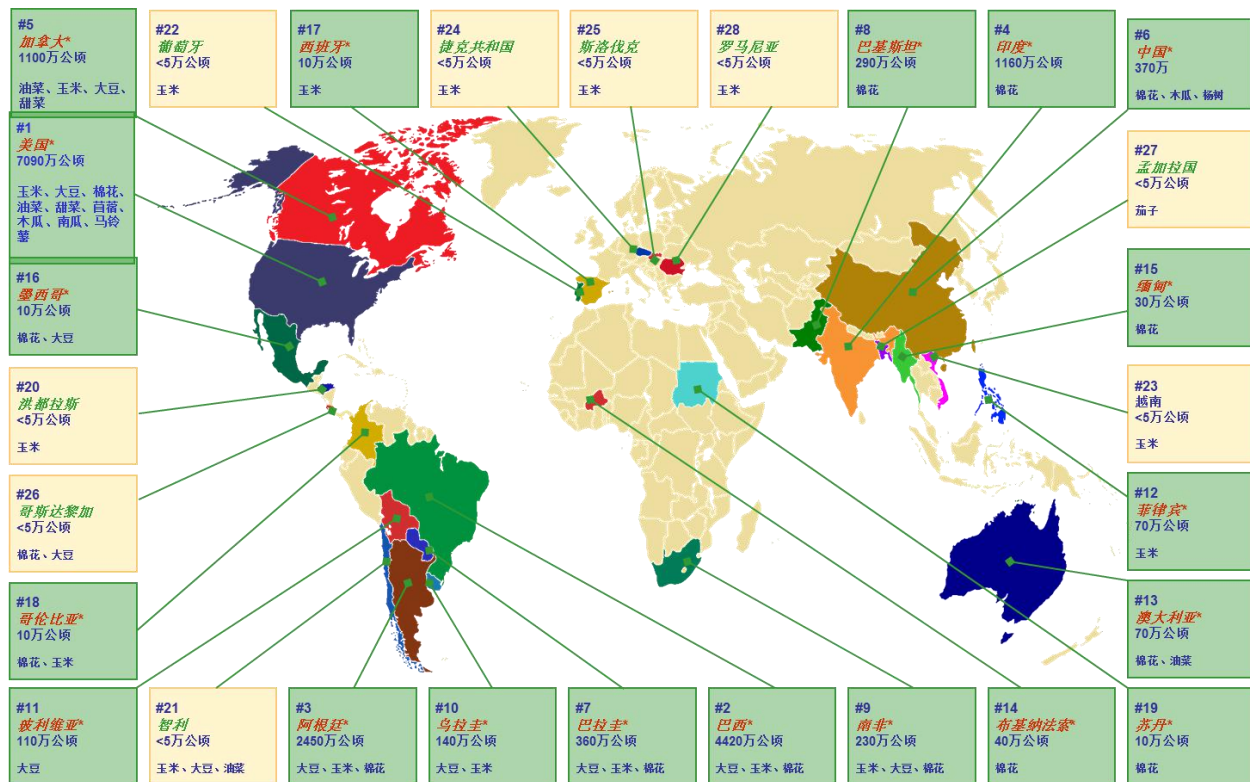
**表 1. 2015 年全球转基因作物在各国种植面积（百万公顷）\*\***

排名	国家	种植面积（百万公顷）	转基因作物
1	美国*	70.9	玉米、大豆、棉花、油菜、甜菜、苜蓿、木瓜、南瓜、马铃薯
2	巴西*	44.2	大豆、玉米、棉花
3	阿根廷*	24.5	大豆、玉米、棉花
4	印度*	11.6	棉花
5	加拿大*	11.0	油菜、玉米、大豆、甜菜
6	中国*	3.7	棉花、木瓜、杨树
7	巴拉圭*	3.6	大豆、玉米、棉花
8	巴基斯坦*	2.9	棉花
9	南非*	2.3	玉米、大豆、棉花
10	乌拉圭*	1.4	大豆、玉米
11	玻利维亚*	1.1	大豆
12	菲律宾*	0.7	玉米
13	澳大利亚*	0.7	棉花、油菜
14	布基纳法索*	0.4	棉花
15	缅甸*	0.3	棉花
16	墨西哥*	0.1	棉花、大豆
17	西班牙*	0.1	玉米
18	哥伦比亚*	0.1	棉花、玉米
19	苏丹*	0.1	棉花
20	洪都拉斯	<0.1	玉米
21	智利	<0.1	玉米、大豆、油菜
22	葡萄牙	<0.1	玉米
23	越南	<0.1	玉米
24	捷克共和国	<0.1	玉米
25	斯洛伐克	<0.1	玉米
26	哥斯达黎加	<0.1	棉花、大豆
27	孟加拉国	<0.1	茄子
28	罗马尼亚	<0.1	玉米
<b>总计</b>		<b>179.7</b>	

**\*19 个种植面积在 5 万公顷以上的转基因作物种植大国**

**\*\*四舍五入为 10 万**

**资源来源：Clive James, 2015 年**



\*19个种植面积在5万公顷以上的转基因作物种植大国  
资料来源: Clive James, 2015年

图 2.2015 年转基因作物种植国和主要种植国\*

## 前 20 年转基因作物采用率的进展

经过从 1996 年到 2014 年连续 19 年的增长，全球转基因作物种植面积于 2014 年达到峰值 1.815 亿公顷（图 1），2015 年种植面积为 1.797 亿公顷，比 2014 年减少了 1%。转基因作物种植面积的年份波动受几个因素的影响，2015 年导致一些国家转基因作物种植面积减少的一个主要因素是作物总种植面积的减少。例如，受低价的影响，一些农民从玉米、棉花和油菜转向种植更易于管理的作物如转基因大豆及其它要求更低的作物如豆类、向日葵和高粱，从而使玉米的种植面积减少了 4%、棉花种植面积减少了 5%。这种情况很可能在未来作物价格上涨时出现反转。

## 生物技术是世界上应用最为迅速的作物技术

全球转基因作物的种植面积从 1996 年的 170 万公顷增加了 100 倍，达到 2015 年的 1.797 亿公顷。这使生物技术成为近 20 年应用最快的技术，显示出其可持续性、适应性和为小农户、大农场主及消费者带来的巨大收益。

## 2015 年美国的重大进展

总体而言，2015 年美国在许多方面都取得了巨大进展，包括：新的审批，新的商业化转基因作物——首次批准了作为人类食用的转基因动物产品，强大的突破性新技术——基因组编辑技术 CRISPR 的广泛应用，以及在标识方面取得的一些成功。

关于转基因作物产品：（1）第一代 Innate™ 马铃薯（Simplot 公司开发的一种多性状改良的马铃薯）于 2015 年首次进行了 160 公顷的商业化种植。（2）Innate™ 2 也于 2015 年获批，其对真菌病和马铃薯晚疫病具有更强的抗性（马铃薯晚疫病是造成 1845 年 100 万人饥饿而死的爱尔兰饥荒的原因，而在 150 多年后，这种病仍然是每年造成高达 75 亿美元损失的全球最主要的马铃薯疾病）。（3）第一个非转基因的基因组编辑作物 SU Canola™（抗磺酰脲除草剂油菜™，由 Cibus 公司开发）首次在美国 4000 公顷的土地上进行了商业化种植。（4）两种 Arctic® 苹果（防挫伤和切片后防褐化）于 2015 年获批在美国和加拿大种植，美国 2015 年种植面积达到 6 公顷，计划于 2016 年首次面市。开发 Arctic® 苹果的加拿大 Okanagan Specialty Fruits 公司将同样的技术施用于其它易腐烂的水果，如桃子、梨和樱桃。该公司 2015 年被一家美国合成生物公司 Intrexon 收购。（5）更易消化并且产量更高的低木质素苜蓿事件 KK179 (HarvXtra™) 于 2014 年 11 月获批并将于 2016 年进行商业化。苜蓿是全球第一大饲料作物。（6）2013 年首次在美国种植的转基因抗旱玉米 DroughtGard™ 的种植面积出现猛增，从 2013 年的 5 万公顷增加到 2014 年的 27.5 万公顷再到 2015 年的 81 万公顷，反映了农民对它的高接受度。（7）2015 年 12 月，陶氏和杜邦公司达成合并协议，合并为陶氏杜邦（DowDuPont），目的是为了将新公司分成三家公司，分别专注于农业、材料和特色产品。

关于转基因动物：（1）经过 20 年的审核，2015 年美国食品药品监督管理局（FDA）做出了一个标志性的决定：批准首个转基因动物作为商业化食品用于人类消费。这是一种生长更快的转基因三文鱼 AquAdvantage（大西洋鲑），它有望于 2018 年之前进入美国食品链。正常情况下养殖的大西洋鲑鱼需要三年才能收获，而转基因品种则仅需一半时间（18 个月）即可。转基因三文鱼 AquAdvantage 由 AquaBounty Technologies 公司开发，该公司于 2015 年被美国 Intrexon 公司收购。（2）FDA 批准了一种转基因鸡。它的鸡蛋能够治疗一种罕见但致命的人类疾病——溶酶体酸性脂肪酶缺乏症。

倍受赞誉的 CRISPR 基因组编辑技术被《科学》杂志评为 2015 年的突破性技术。许多实验室用它来开发改良性作物和动物。例如，正在对温室中的改良性大豆和玉米进行评估。按照监管程序，它们将最早于 5 年内获批商业化。另外，正在开发能够抵抗一种致命的病毒性疾病的猪。这种疾病使美国的养猪行业每年损失 6 亿美元。

之前在转基因作物的标识方面，支持者和反对者都付出了高昂成本。2015 年，支持者取得重大成果，继 2014 年在俄勒冈州和科罗拉多州进行转基因标识的投票被否决之后，2015 年在加利福尼亚州和华盛顿州的投票也被否决。更重要的是，众议院 2015 年 7 月通过了一项法案用于预先制止州和地方非转基因法，类似的法案也即将在参议院进行听证。2015 年 11 月 FDA 驳回了要求强制性标识转基因产品的市民请愿。曾经宣布将转基因产品从其菜单上取消而只供应本地非转基因蔬菜的 Chipotle 食品公司，在多达 300 名美国人声称因消费了其在当地采购的非转基因蔬菜致病后，已放弃先前的决策。

## 五大转基因作物种植国

美国仍是全球转基因作物的领先生产者，种植面积达到 7090 万公顷（占全球种植面积的 39%），主要转基因作物的采用率为玉米 92%、大豆 94%、棉花 94%。全球第二大转基因作物种植国巴西 2015 年的种植面积为 4420 万公顷，比 2014 年增加了 200 万公



顷，首次占到全球种植面积的 25%，恢复了其全球转基因作物增长引擎的地位。与之相比，美国则减少了 220 万公顷，主要是由于玉米、棉花和油菜总种植面积的临时性调整，这些作物的种植面积在其价格上涨时有望恢复。2015 年是抗虫/抗除草剂复合性状大豆在巴西种植的第三年，其种植面积为 1190 万公顷（比 2014 年的 520 万公顷有所增加）。阿根廷以 2450 万公顷的种植面积保持在第三名，比 2014 年的 2430 万公顷稍有增加。印度的种植面积排名第四，有 1160 万公顷的 Bt 棉花（种植面积与 2014 年相同），采用率为 95%。加拿大排名第五，为 1100 万公顷，油菜总种植面积减少了 40 万公顷，但转基因油菜的采用率仍维持在 93%。2015 年五大种植国的转基因作物种植面积都超过了 1000 万公顷，为未来的可持续增长奠定了坚实的基础。

## 28 个国家种植了转基因作物；越南 2015 年首次种植转基因作物

2015 年，28 个国家种植了转基因作物，其中有 20 个发展中国家和 8 个发达国家，包括了全球 60% 的人口即 40 亿。越南 2015 年首次进行了复合性状转基因玉米的商业化。前两年种植过转基因玉米的古巴将在未来两年内恢复转基因玉米的种植，因为其改良的玉米杂交品种即将完成。

## 以种植面积排序的十大转基因作物种植国中 8 个为发展中国家

种植面积超过 1000 万公顷的十大转基因作物种植国当中，8 个是发展中国家，为将来持续多样化的发展打下了深厚的基础。

## 全球最贫穷的小国之一——孟加拉国是体现政治意愿对转基因作物应用的重要性的典范

有 1.5 亿人口的贫穷小国孟加拉国将其视为珍宝的商业化蔬菜 Bt 茄子的种植面积翻番。该国的 250 户小农户 2015 年的种植面积为 25 公顷，而 2014 年则是 120 户小农户种植了 12 公顷。重要的一点是，种子成倍增加，以满足 2016 年更多农民的不断增长的需求。Bt 茄子的成功使孟加拉国优先开始一种抗晚疫病的新马铃薯（马铃薯是该国的重要作物，种植面积为 50 万公顷）的田间试验。这种马铃薯最早将于 2017 年获批。马铃薯是全球第四大主粮，能够为中国（种植面积为 600 万公顷）、印度（200 万公顷）和欧盟（约 200 万公顷）等国家的粮食安全做出贡献。考虑到棉花纺织业在孟加拉国的重要性，Bt 棉花正在进行田间试验。同样正在田间试验的还有黄金大米，其能够解决这个国家人口普遍缺乏维生素 A 的问题。通过公私合作关系（PPP）推广本国产转基因作物的壮举非常有效，但是如果没有强烈的政治决心和政府支持，特别是农业部长 Matia Chowdhury 的支持很难实现。孟加拉国的经验是贫穷小国的典范。

## 在 1996 年至 2015 年的 20 年间，多达 1800 万农民受益于转基因作物，其中 90% 为资源匮乏的小农户

从 1996 年到 2015 年，每年大约有 1800 万农民种植转基因作物，其中大约 90%（即 1650 万）是发展中国家怕风险的小农户。1996 年-2014 年的最新经济数据表明，中国农民从中获益 175 亿美元，而印度农民获益 183 亿美元。除经济收益外，种植转基因作物使得杀虫剂的喷洒量减少了至少 50%，因而减少了农民暴露于杀虫剂的风险，更重要的是有

助于可持续的环境和更好的生活质量。

## 2015 年发展中国家转基因作物的种植面积连续四年超过了发达国家

2015 年，拉丁美洲、亚洲和非洲的农民共计种植转基因作物 9710 万公顷，即全球 1.797 亿公顷转基因作物种植面积的 54%（2014 年这一比例为 53%），而发达国家 8260 万公顷的种植面积占 46%（2014 年这一比例为 47%），即发展中国家比发达国家多种植 1450 万公顷。发展中国家较大的种植面积与评论家以前的预测相反。1996 年转基因技术商业化之初，他们曾断言转基因作物只适用于发达国家，不会被发展中国家特别是资金薄弱而贫穷的农民所接受和应用。

1996 年-2014 年，转基因作物产生的累计经济效益为 1500 亿美元，其中发达国家为 741 亿美元，发展中国家益为 762 亿美元。2014 年一年，发展中国家的经济效益为 83 亿美元，占全球 178 亿美元的 46.5%，而发达国家为 95 亿美元（Brookes 和 Barfoot, 2016 年）。

## 美国转基因抗旱玉米采用率提高

DroughtGard™抗旱玉米 2013 年首次在美国种植了 5 万公顷，到 2015 年其种植面积已增长了 15 倍以上，达到 81 万公顷。反映了美国农民对它的强烈接受程度。该品种包含的 MON87460 事件由孟山都公司开发，已被捐赠给公私合伙关系——非洲节水玉米项目 (WEMA)，目的是到 2017 年向非洲国家交付转基因抗旱玉米。值得注意的是，2014 年传统抗旱玉米已经在南非发布，这有利于转基因抗旱玉米 DroughtGard™ (MON 87460) 被接受。DroughtGard™ (MON87460) 已于 2015 年 6 月获批商业化，预计农民将于 2017 年获得它。

## 一批新的转基因作物于 2015 年获批并将于 2016 年进行商业化

阿根廷批准了两种本国产的产品——一种抗旱大豆和一种抗病毒马铃薯。在巴西，由 FuturaGene/Suzano 开发的一种产量提高了 20% 的本国产桉树获批培育，还有两种本国产作物产品（一种抗病毒豆类和一种新的抗除草剂大豆）获批于 2016 年进行商业化。在缅甸，一种新的 Bt 棉花品种 Ngwe-chi-9 于 2015 年进行了商业化。加拿大批准了一种防褐化的高品质苹果。更多的改变表现在粮食作物上，包括南非的白玉米，美国和加拿大的甜菜和甜玉米，美国的木瓜、南瓜、马铃薯和苹果、中国的木瓜和孟加拉国的 Bt 茄子。

## 复合性状作物占全球 1.797 亿公顷转基因作物种植面积的 33%，2014 年这一比例是 28%

所有开发出复合性状的转基因作物受到所有国家农民的垂青。复合性状作物的种植面积从 2014 年的 5140 万公顷增加到 2015 年的 5850 万公顷，增加了 710 万公顷，即 14% 的增长率。复合性状作物的大幅增长主要是由于 Bt/HT 大豆种植面积的增加（主要种植于巴西，少量种植于其邻国阿根廷、巴拉圭和乌拉圭，面积 1290 万公顷）。复合性状仍然是转基因作物重要的不断发展的特性。2015 年 14 个转基因作物种植国种植了具有两

个或以上复合性状的转基因作物，其中 11 个国家为发展中国家。越南 2015 年首次种植转基因作物即选择了复合性状的转基因 Bt/HT 玉米。

## 五大发展中国家——拉丁美洲的巴西、阿根廷，亚洲的印度和中国，以及非洲大陆的南非种植了世界上将近一半(48%)的转基因作物，这些国家的人口占全球人口的 41%

中国、印度、巴西、阿根廷、南非五大发展中国家共种植了 8630 万公顷的转基因作物，占全球转基因作物种植面积的 48%，并且这五个国家的人口约占全球 73 亿人口的 41%。2100 年前全球人口将达到 110 亿，届时仅非洲人口就可能从目前的 12 亿（占全球人口的 16%）增加到 44 亿（占全球人口的 39%）。2015 年转基因作物种植面积的 87%分布在美洲，11%分布在亚洲，2%分布在非洲，不到 1%分布在欧洲。

## 10 个拉美国家受益于转基因作物

现在有 10 个拉丁美洲国家受益于转基因作物的广泛应用。将它们按降序排列为：巴西、阿根廷、巴拉圭、乌拉圭、玻利维亚、墨西哥、哥伦比亚、洪都拉斯、智利、哥斯达黎加。古巴计划于两年内恢复种植，因其本国产杂交玉米即将推出。

## 巴西是全球转基因作物增长的引擎

2015 年巴西转基因作物的种植面积达到了 4420 万公顷（比 2014 年的 4220 万公顷增加了 5%），仅次于美国列全球第二。最近六年，巴西是全球转基因作物的增长引擎。2015 年巴西转基因作物种植面积占全球（1.797 亿公顷）的 25%，比 2014 年多 2%。从长远看，巴西有望缩小与美国的差距，高效科学的审批制度是后者能够快速应用转基因作物的关键。2015 年是巴西商业化种植抗虫/抗除草剂复合性状大豆的第三年，1190 万公顷的种植面积比 2013 年的 230 万公顷和 2014 年的 520 万公顷有大幅的增涨。

## 转基因油菜的种植面积在加拿大有所减少，而在澳大利亚有所增加

加拿大以 1100 万公顷的转基因作物种植面积保持全球第五的排名，但比 2014 年减少了 5%，主要是由于油菜总种植面积的减少以及低油菜价格。油菜种植面积的减少有望在油菜价格升高且相对其它作物更具竞争力时发生逆转。2015 年澳大利亚种植了 65.8 万公顷转基因作物，比 2014 年种植的 54.2 万公顷增加了 21%。这包括 21.4 万公顷棉花（比 2014 年的 20 万公顷增加了 7%）和 44.4 万公顷转基因油菜（比 2014 年的 34.2 万公顷增加了 30%）。值得注意的是，澳大利亚种植的全部棉花都为转基因棉花（采用率 100%），其中 99%为复合性状（抗虫和抗除草剂）棉花。澳大利亚是全球转基因棉花部署和抗虫管理的领先者，2015 年已经对 Bollgard® III 进行了田间试验，种植面积 3 万公顷。

## 印度保持其转基因棉花的种植面积，成为全球第一大转基因棉花生产国

在里程碑式的发展中，印度成为全球第一大棉花生产国，这主要归功于 Bt 棉花。印度仍然是世界上最大的转基因棉花生产国，其 770 万小农户种植了 1160 万公顷 Bt 棉花，采用率为 95%，与 2014 年的种植面积相近。Brookes 和 Barfoot 的最新估算显示，2002 年

到 2014 年这 12 年间，Bt 棉花使印度农场的收入增加 183 亿美元，仅 2014 年一年就达到 16 亿美元。

### **Bt 棉花和抗病毒木瓜在中国的发展态势**

2015 年中国成功种植了 370 万公顷的转基因棉花（棉花总种植面积为 380 万公顷），543 公顷的 Bt 杨树，以及在广东、海南岛和广西种植的 7000 公顷抗病毒木瓜。尽管低价和高库存导致中国棉花总种植面积从 2014 年的 420 万公顷减少到 380 万公顷，但转基因棉花的采用率从 2014 年的 93% 升高到 2015 年的 96%。种植转基因棉花的农民人数超过 660 万。由于 2014 年（种植面积 8475 公顷）供应过剩，2015 年抗病毒木瓜的种植面积减少到 7000 公顷，但仍维持了 90% 的高采用率。除了直接受益于 Bt 棉花的农民外，还有 1000 万农民间接受益于 2200 万公顷棉铃虫轮换寄主作物的种植和因种植 Bt 棉花导致的虫害减少。因此，仅实际受益于转基因 Bt 棉花的中国农民就远远超过了 1700 万。1997 年-2014 年农民从 Bt 棉花获得的经济收益为 175 亿美元，仅 2014 年一年就达到 13 亿美元。

Bt 玉米和 Bt 水稻对中国、亚洲乃至世界其它地区在近期、中期和长期都具有重大利益和巨大意义，这是因为水稻是世界上最重要的粮食作物而玉米是最重要的饲料作物。中国对 Bt 玉米、抗除草剂玉米、植酸酶玉米和 Bt 水稻的研发以及商业化将对中国自己以及全球的粮食和饲料需求做出非常重要的潜在贡献。虽然中国大量进口转基因大豆和玉米（2015 年 7700 万吨大豆和 330 万吨玉米），但至今尚未实施这些转基因作物的本国生产。值得注意的是，在美国 2015 年批准转基因马铃薯的同时，中国这个全球最大的马铃薯生产国（600 万公顷）宣布计划将其马铃薯的种植面积翻番，并将马铃薯指定为继水稻、玉米和小麦之后的第四大主粮。

中国政府已经向研究机构和国内公司支付了至少 30 亿美元用于研发本国产的转基因种子。中国正在讨论加快待批转基因作物种植的审批。本国产转基因玉米将提高生产率并且减少中国对数量不断增长的进口玉米的依赖。这些进口玉米多数（90% 以上）为转基因玉米。中国消费了全球大豆产量的三分之一，大豆进口量占全球大豆进口的 65%，其中 90% 以上为转基因大豆。一些观察者推测本国产转基因玉米（Bt 或者植酸酶玉米）的商业化将于三年内实施，这将开放这个玉米种植面积为 3500 万公顷的巨大潜在市场。据彭博社 2015 年 12 月报道，习近平主席敦促中国加大对转基因作物的“研究和创新”的支持，这与中国化工集团公司出资 430 亿美元收购 Syngenta 公司的行动是一致的。这一收购将对中国在近期内及时在 3500 万公顷的种植面积上采用转基因玉米产生巨大的潜在影响。这一成功收购使中国化工集团公司能够立刻获得一大批通过安全评价、进入商业化的转基因作物产品，这些产品已经在全球种植了许多年。

### **非洲的发展态势**

尽管面临巨大的挑战，非洲大陆仍然在多个方面取得进步。2015 年南非的一场毁灭性的旱灾导致该国的转基因作物种植面积从 300 万公顷减少到 230 万公顷，减幅达 23%。这再次表明了气候变化所带来的自然界的危险性、对生命潜在的重大威胁以及紧迫的抗旱新挑战。重要的是，非洲节水玉米项目（WEMA）中的抗旱玉米 DroughtGard® 已经获批在南非释放，同时，具有抗虫性（Bt）的抗旱（DT）玉米计划于 2017 年发布。苏



丹的 Bt 棉花种植面积增加了 30%，达到 12 万公顷。而政治转型、纤维质量等原因阻碍了布基纳法索在种植面积上突破 40 万公顷。另外 8 个国家（喀麦隆、埃及、加纳、肯尼亚、马拉维、尼日利亚、斯威士兰和乌干达）对优先种植的非洲作物进行了田间试验。田间试验是审批前的倒数第二个步骤。正在进行的试验与非洲面临的挑战高度相关，包括干旱、氮肥利用率、抗盐性、营养的增加以及对热带害虫和疾病的抗性。基于科学的低本高效监管体系的缓慢实施是限制转基因作物应用的主要原因。迫切需要负责、严格但简化的监管以满足公共和私人领域技术开发者的需求，确保将非洲农民急需的工具顺利交付到他们手中。最后，可持续的政治意愿和各部门的热情参与是打破监管僵局的关键。

### **5 个欧盟国家种植了 116870 公顷转基因 Bt 玉米，西班牙是目前为止最大的 Bt 玉米种植国，占欧盟 Bt 玉米总种植面积的 92%**

五个欧盟国家西班牙、葡萄牙、捷克、斯洛伐克和罗马尼亚种植了 116870 公顷 Bt 玉米，比 2014 年的 143016 公顷减少了 18%。西班牙 Bt 玉米的种植面积为 107749 公顷（列欧盟第一），比 2014 年的 131538 公顷减少了 18%，采用率为 28%，而 2014 年为 31%。五个欧盟国家 Bt 玉米的种植面积都有所减少，这与多个因素有关，包括 2015 年玉米总种植面积的减少，以及农民种植 Bt 玉米面临的非常繁杂、苛刻的欧盟报告程序等不利因素。2015 年 10 月，欧盟 28 个国家中有 19 个国家投票决定不再种植转基因作物。而目前种植 Bt 玉米的这五个国家投票决定继续种植，从而能够受益于转基因作物的巨大优势。

### **转基因作物的批准情况**

从 1994 年到 2015 年 11 月 15 日，共计 40 个国家（39 国+欧盟 28 国）的监管机构批准转基因作物用于粮食和/或饲料，或释放到环境中，涉及 26 种转基因作物（不包括康乃馨、玫瑰和矮牵牛）、363 个转基因事件的 3418 项监管审批。获得监管审批最多的五个国家包括日本（214 个批文）、美国（187 个，不包括复合性状事件）、加拿大（161 个）、墨西哥（158 个）、韩国（136 个）。玉米仍然是获批事件最多的作物（在 29 个国家中有 142 个事件），其次是棉花（在 22 个国家中有 56 个事件）、马铃薯（在 11 个国家中有 44 个事件）、油菜（在 13 个国家中有 32 个事件）及大豆（在 28 个国家中有 31 个事件）。抗除草剂玉米事件 NK603（获得 26 个国家+欧盟 28 国的 54 个批文）获得的批文最多，其次是抗除草剂大豆事件 GTS 40-3-2（获得 26 个国家+欧盟 28 国的 52 个批文）、抗虫玉米 MON810（获得 25 个国家+欧盟 28 国的 50 个批文）和抗虫玉米 Bt11（获得 24 个国家+欧盟 28 国的 50 个批文）。2015 年 12 月 8 日，菲律宾最高法院裁决永远禁止进行 Bt 茄子的田间试验，宣布该国农业部 2002 年第 8 号行政令等系列文件无效。因此，在依据法律颁布新的行政命令之前，暂时禁止继续使用、田间试验、繁殖、商业化以及进口任何转基因生物体。

### **2015 年全球转基因种子价值高达 153 亿美元**

据 Cropnosis 估计，2015 年转基因作物的全球市场价值为 153 亿美元（比 2014 年的 157 亿美元稍有减少），占 2014 年全球作物保护市场 762 亿美元市值的 20%，全球商业种子市场 450 亿美元的 34%。

预计全球已收获的最终商业产品（转基因作物和其它收获的产品）的农场出场收入为转基因种子单独价值的 10 倍以上。根据 2011 年的一项研究估计，一个新的转基因作物 / 性状的发现、开发和批准的成本为 1.35 亿美元。Transparency Market Research 关于 2013 年—2019 年的一项报告显示，全球农业转基因技术（2012 年价值为 153 亿美元）到 2019 年的市场价值有望达到 287 亿美元。因为对高产作物需求的不断增加以及可耕地面积的不断减少，预计从 2013 年到 2019 年，转基因应用的市场价值还将以 9.5% 的复合年增长率（CAGR）继续增长。

---

## 挑战

### 2050 年供养全球 97 亿人口的巨大挑战

2050 年供养 90 亿人口和 2100 年供养 110 亿人口是人类必须面对的一大挑战。在二十世纪之初，全球人口只有 17 亿，而现在达到了 73 亿（2015 年 7 月），过去 12 年里全球人口增加了 10 亿，到 2050 年将增加到 97 亿，在本世纪末将接近 110 亿。从全球看，8.7 亿人口目前面临长期饥饿，20 亿人口营养不良。2015 年全球消费高于产出。在二十世纪 60 年代的小麦和水稻绿色革命做出巨大贡献之后，作物生产率的增幅下降。现在很明显仅靠传统作物技术到 2050 年不能供养 90 多亿人口，同时，生物技术也不是万能药。全球科学界的一项提议是更好地兼用传统作物技术（适应性更好的种质）和最好的生物技术（适当的转基因和/非转基因性状），以一种平衡、安全、可持续的方法取得作物生产率在全球 15 亿公顷耕地上的可持续增长。农业的投资回报很高而且直接影响脱贫致富，对于那些占全球最贫困人口的大多数的资源匮乏的小农户和依赖农业的无地农户来说更是如此。

### 气候变化：教皇通谕和 2015 年巴黎气候变化大会

教皇 Francis 在其 2015 年教皇通谕中强调每个人在协同努力中的重要性，这是为了实施必要的策略以解决气候变化和环境破坏问题。气候变化和环境破坏将影响每个人尤其是国际社会的脆弱群体——穷人和饥饿者。富裕国家过去对贫穷国家提供的帮助不够，因此迫切需要全球加倍努力并且团结一致。

2015 年 12 月法国巴黎召开的联合国气候变化框架公约（UNFCCC）巴黎气候大会（COP21）发出行动号召（而不是承诺），强调了教皇的关切。195 个国家首次签署了一个具有法律约束力的协议从而将全球变暖限制在 2°C 以下。高于 2°C，全球作物产量将大幅下降，特别是在发展中国家，这些国家最无法承受非生物胁迫（高温和干旱）和生物胁迫（害虫、杂草和疾病）造成的损失。转基因作物已为减少上述损失做出了贡献，而承认这一点很重要。此外，当全球人口在 2100 年达到 110 亿的时候，转基因技术和新生物技术如 CRISPR 的应用潜力巨大。全社会面临的挑战是采用协调、科学、适当且简化的监管法规，确保及时将能够提高生产率的作物交付到农民手中，从而使粮食产量翻倍。

### 转基因作物对粮食安全、可持续发展及环境与气候变化的贡献

1996年-2014年的最新数据表明，转基因作物通过以下方式为粮食安全、可持续性和气候变化做出贡献：使作物产值增加1500亿美元，产生更好的环境，1996年-2014年减少5.835亿公斤杀虫剂活性成分的使用；仅2014年一年就减少270亿公斤二氧化碳排放，相当于一年在公路上减少1200万辆汽车；1996年-2014年节约了1.52亿公顷土地 (Brookes 和 Barfoot, 2016 年)，保护了生物多样性；帮助超过1650万小农户及其家庭（即超过6500万人口，他们属于世界上最贫困的人口）缓解了贫困。转基因作物能够极大地提高生产率和收入，因而可以作为农村经济增长的引擎，帮助世界上弱小而缺乏资源的贫穷农民摆脱贫困。转基因作物为全球许多科学院支持的可持续强化战略做出了贡献，使生产率/产量能够在现有的全球15亿公顷耕地上实现增长，因此保护了森林和生物多样性。转基因作物是必要的，但并不是万能的。对待转基因作物仍要像对待传统作物一样，坚持采用良好的耕作实践，例如轮作管理和对昆虫、致病菌和杂草的抗性管理。

### 转基因作物的监管

对转基因作物繁复的监管仍然是其采用的主要限制条件，这使许多国家失去了应用转基因作物解决粮食、饲料和纤维安全问题的机会，而这种应用对许多发展中国家尤其重要。与对转基因作物繁复的监管不同，基因组编辑产品在逻辑上可以为自身提供科学、恰当的监管。转基因技术和基因组编辑技术（如CRISPR）这项新技术的反对者反对基于科学/证据的监管而要求进行繁复的监管，这导致发展中国家的贫穷农民和欧洲无法使用这些技术。此外，上述技术的反对者预计将面临更加庞大的全球预算，2011年的预算是100亿美元，到2014年已经翻番，达到200亿美元。

技术与有助于它应用的政策相结合能够使粮食产量翻番。然而如果全球社会不能确保转基因和基因组编辑技术生产的作物的监管政策是科学的、符合目的的、及时和适当的，将会产生可怕的结果：一方面，全球会因粮食供应不足而遭受痛苦；另一方面，因为对新生物技术的反对思想占主导地位，这些本能够为全球人类供应安全、足够、有保证的粮食的科学技术将会被摒弃。

### 全球荟萃分析证实了巨大的多重收益

Klumper 和 Qaim (2014 年)对过去20年发表的147项转基因作物研究成果进行荟萃分析，得出的结论是：“转基因技术的应用使化学农药的使用减少了**37%**，作物产量增加了**22%**，农民利润增加了**68%**。抗虫作物的产量增益和农药减少程度大于抗除草剂作物。发展中国家的产量和利润增益高于发达国家。”这些结论也确证了PG Economics的Brookes 和 Barfoot 所进行的转基因作物全球年度影响研究（本年报经常引用）。Qaim (2015 年)在其新书《转基因作物与农业发展》中更加详细的描述了当前和未来应用转基因作物对可持续农业发展和粮食安全的巨大贡献。他的结论是，对这些有益和安全的技术的不断反对使人类遭受不必要的痛苦并且使环境恶化。

### 黄金大米的发展态势

世界卫生组织统计，全世界每年有**1.9 亿-2.5 亿**学龄前儿童受维生素**A**缺乏的影响，黄金大米每年能够防止**130 万-250 万**儿童的死亡。国际水稻研究所（IRRI）将黄金大米性状事件E转入多个品种，并在菲律宾进行限制性田间试验，孟加拉国也批准了黄



金大米的田间试验。黄金大米项目的重要使命是为改善数百万微量元素缺乏者的健康状况做出贡献，大米是 40 亿人的主粮，这些人群每天的总消费量仅有 2006869 卡路里。这一日消费量的地区明细如下：南非 1,130,648 卡路里，东南亚 660,979 卡路里，非洲 125124 卡路里，拉丁美洲 75,238 卡路里，中亚 14,880 卡路里，共计 2,006,869 卡路里/天（HarvestPlus, Personal Communications）。上述地区是维生素 A 缺乏（VAD）最严重的地区，且发生了许多与之相关的疾病。如果为这里的人们提供黄金大米（一种富含 $\beta$ -胡萝卜素的转基因大米）就会使这些疾病减少。每天 100-150 克改良的黄金大米就能满足维生素 A 缺乏者维生素 A 需求量的一半以上。

### 新育种技术（NBT）：不断发展且前途无量的新生物技术应用（如 CRISPR）

在转基因技术应用 20 年后，全球科学界再一次对一种叫做“基因组或基因编辑”的新作物生物技术的潜力充满期盼。有许多不同的基因组编辑技术，其中被最新命名为 CRISPR(成簇的规律间隔短回文重复序列)的技术被许多利益相关者认为最具有前途。利用它可以在预先确定的位置切割 DNA 并精确地插入突变或者在基因组的最佳位置改变单核苷酸从而使表达最大化。这一领域的专家认为这些新技术的“真正力量”在于其能够编辑和更改单个和多个植物自身基因（而非转基因）的能力，对重要的性状如抗旱性进行编码，产生有用的非转基因的改良作物。正在开发的产品包括所有主要粮食和饲料作物：油菜（抗除草剂）、玉米（抗旱）、小麦（抗病性和杂交技术）、大豆（油品质量）、水稻（抗病性）、马铃薯（改良存储质量）、番茄（水果催熟）和花生（无过敏原）。另外，科学家还计划改良多基因编码的、更加复杂的性状比如光合作用。CRISPR 被《科学》杂志评为 2015 年“年度最杰出突破”。作为 2012 年和 2013 年的亚军的这项技术现在带来了遗传研究和基因治疗的新革命，“使它们打破陈规，在一系列惊人成果中展示出真正的力量”，《科学》通讯记者 John Travis 在 2015 年 12 月 18 出版的杂志上如此评价。

在认识到包括基因组编辑在内的所有技术都不是“万能药”的前提下，学术团体中的许多知名观察者认为基因组编辑在四个方面比传统作物和转基因作物具有优势：（1）**精确**——它能够精确地控制单个或多个基因，因而其产品与自然突变无差别；（2）**监管**——与对转基因作物的苛刻的监管不同，基因组编辑产品适用于科学的、符合目的的、适当的监管；（3）**速度**——一些产品比如基因组编辑马铃薯的开发时间仅用一年，而用传统的或转基因技术则需要长达 10 年；（4）**成本**——由于改良作物的速度更快以及监管更简化，总成本得到巨大的节省。开发一种转基因作物的平均成本为 1.35 亿美元，其中 3500 万美元是繁复的监管成本。希望全世界的监管机构不再对基因组编辑作物提出苛刻的监管要求，从而促进国际监管协调一致。这将为新的基因组编辑技术创造发展空间，为生产者和消费者提供价格能承受的、更优的、更新的作物。

即将获批并且进行商业化的第一个基因组编辑产品（非转基因）是 Cibus 公司开发的 SU Canola™，2015 年在美国种植了 10000 英亩（4000 公顷），加拿大也批准了 SU Canola™的种植，全球许多实验室正在开发类似的非转基因产品，以便最早在 5 年后（即 2020 年）实现商业化。例如，杜邦公司声称已经在温室开发出 CRISPR 玉米和小麦并有望在 2016 年进行田间试验。包括美国、加拿大、瑞典和阿根廷在内的多个国家已经在考虑通过 CRISPR 和类似技术获得的简单突变产品的监管问题，目前的结论是在各自国内的



转基因监管政策下，不能对这些产品解除监管。瑞典的 Jansson 博士表示，对于特定的基因组编辑产品来说“唯有瑞典农业部的决定是合理的”。重要的是，监管决定应该专注于具体的产品而不是过程上。

全球科学界的主要科学家均认为，对基因组编辑作物进行科学的、全球一致的监管策略对于作物育种项目非常关键。因为迫切需要这些项目来提高全球作物生产率以保证 2100 年 110 亿人口的粮食安全，缓解其它可怕的挑战，比如气候变化造成的更加频繁和严重的干旱。欧盟和许多其它国家有望近期报告它们关于基因组编辑技术监管的结论、定位和决定——这将是改变游戏规则的重要决定，对使用科学解决粮食安全和气候变化问题、缓解发展中国家近 10 亿人口的饥饿和贫穷状况具有重大意义。

基因组编辑技术与传统技术和转基因技术相比所具有的优势，使它对大多数利益相关者都具有普遍吸引力。基因组编辑技术有望帮助发展中国家 8.5 亿遭受粮食短缺痛苦的人口。这些人中每一小时就有 1000 人死于饥饿和营养不良——这在一个公平的社会中是不可接受的。诺曼·博洛格博士认为，人们无法饿着肚子构建和平，而技术可以为数百万人的粮食安全和更高生活质量做出贡献。我们赞同他的观点，获取足够食物的权利势在必行，生物技术能帮助实现这一点。

---

## 未来展望

需要考虑以下三个方面：

首先，当前主要转基因作物的高采用率在成熟市场中进一步增长的空间很小。然而，有些作物还有巨大的种植潜力：转基因玉米在亚洲有约 6000 万公顷种植潜力，仅中国就占 3500 万公顷，同样非洲有 3500 万公顷；转基因棉花的种植潜力在 10 个非洲国家，每个国家的种植面积为 10 万公顷甚至更多。

第二，未来大约五年内还将有许多新转基因产品上市，取决于对种植和进口的监管审批。这其中包括有望于 2017 年在非洲发布的非洲节水玉米项目（WEMA）开发的转基因抗旱玉米，还包括一系列抗病虫害、除草剂、线虫的新作物和新性状。黄金大米在亚洲取得了进展，正在进行田间试验。针对穷人特别是非洲穷人的作物如强化型香蕉和抗虫豇豆大有前途。从制度上看，公私合作在开发和向农民交付获批产品方面相当成功。

第三，基因组编辑作物可能是目前为止科学界确认的最重要的发展，被命名为 CRISPR 的强大技术的应用大有前途。科学界认为基因组编辑在精度、速度、成本和监管四个方面相比传统作物和转基因作物具有独特的重大优势。国际农业生物技术组织在其网站上推荐了两篇文章，这两篇文章描述了作物改良技术的演进，特别是新育种技术的作用。这里推荐了一项大有前途的战略：使用转基因、基因组编辑和微生物（使用植物微生物组作为改良植物性状的另一种基因新来源）这三驾马车来提高作物生产率，从而为实现粮食安全和消除饥饿与贫穷这个崇高目标做出贡献。

---

## 结束语

### 前进之路

前进的方向是各国携手共进，公私合作（PPP），兼用传统作物技术（适应性更好的种质）和生物技术（增强型的有益性状）。回顾过去二十年的作物技术转让项目，公私合作关系的进步和前途非常显著。公私合作项目具有灵活性，在许多情况下都取得了成功。更重要的是，公私合作的优势是提高了

在合理期限内向农民提供获批转基因作物产品的可能性。成功的公私合作案例包括：孟加拉的 Bt 茄子、巴西的抗除草剂大豆、印度尼西亚的抗旱甘蔗、非洲节水玉米项目中的抗旱(DT)玉米等。

### 诺曼·博洛格在转基因作物领域的遗产与倡议

此处以 1970 年诺贝尔和平奖获得者、在生物技术/转基因作物方面做出贡献的诺曼·博洛格的忠告来结束本文。将 10 亿人从饥饿中解救出来的诺曼·博洛格因其在缓解饥饿的半矮秆小麦技术方面的成就而荣获诺贝尔和平奖。诺曼·博洛格是国际农业生物技术应用服务组织的发起人，也是全球范围内生物技术和生物技术/转基因作物的最伟大的倡导者，他要求领导者（科技和政治领导者）拿出**勇气**支持为全球粮食安全和社会安定做出贡献的作物生物技术。（本文在尊重读者关于生物技术/转基因作物的知情选择权的同时力图分享关于转基因作物的知识。）

*“我们需要那些仍然别无选择地使用陈旧、低效方法进行种植的农民所在的国家的人们拿出勇气，绿色革命和现在的植物生物技术正帮助我们在满足对粮食生产需求的同时，为下一代保护好环境。”*

——诺曼·博洛格