

## 专题

## 2016 年全球生物技术/转基因作物商业化发展态势

国际农业生物技术应用服务组织

**作者按:**国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)出版了全球生物技术/转基因作物商业化年度回顾,即ISAAA简报,本文是这一系列的第21期,记载了以下最新信息:2016年转基因作物的应用和分布的全球数据,自1996年(商业化的第一年)以来的累计数据、国家状况、转基因作物的批准动态,以及转基因作物种植国家和全球的未来技术展望。ISAAA简报因其可靠性和准确性成为现代农业生物技术领域内最常被引用的参考文献之一。自从1996年应用转基因作物以来,ISAAA成为这一信息的最突出的单一来源。

2016年是极其重要的一年。诺贝尔奖获得者们第一次发表了一项声明,支持生物技术,谴责以吹毛求疵的姿态反对这项技术和黄金大米的批评者。联合国粮食与农业组织、国际食物与政策研究所、20国集团以及可持续农业2030议程指导下的其它类似机构均致力于在15年或者更短的时间内解决饥饿和营养问题。更重要的是,美国国家科学、工程和医学院发表了一份针对1996年以来有关转基因作物的900项研究的综述,发现转基因作物和传统作物在对人类健康和环境带来的风险方面没有区别。迄今20多年来,转基因作物在安全使用和消费方面没有瑕疵记录。后代将更多的受益于提高产量、改良营养并在食用和环境方面更具安全性的转基因作物具有更广泛的选择空间。

## 1 2016年转基因作物应用概况

### 2016年转基因作物的全球种植面积达到峰值(1.851亿公顷)

转基因作物商业化21年之后的2016年,26个国家种植了1.851亿公顷转基因作物,比2015年的1.797亿公顷增加了540万公顷,即增加了3%,除2015年以外,这是第20个增长年份。

### 2016年转基因作物为消费者提供了更多样的选择

转基因作物扩展到了四大作物(玉米、大豆、棉花和油菜)以外,为全球许多消费者提供了更多选择。这些转基因作物包括已经上市的甜菜、木瓜、茄子和马铃薯,以及2017年将要上市的苹果。马铃薯是全球第四大主粮作物,而茄子是亚洲消费排名第一的蔬菜,防挫伤和防褐变的苹果和马铃薯有助于减少食物浪费。另外,公共研究机构进行的包括水稻、香蕉、马铃薯、小麦、鹰嘴豆、木豆、芥菜和甘蔗在内的研究已经进入评估晚期,可能为消费者特别是发展中国家的消费者提供更多的选择。

### 将使农民和消费者受益的在产品线中的新转基因作物及性状

值得注意的是,为了迎合农民和消费者的新转基因作物及性状正在进行田间试验。这包括作为主粮的作物及性状,例如:正在菲律宾和孟加拉进行试验的富含 $\beta$ -胡萝卜素的黄金大米,乌干达的抗束顶病毒转基因香蕉,澳大

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。

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,本文所有观点以及任何遗漏之处由作者承担全部责任。

利亚的抗枯萎病转基因香蕉和正在进行田间试验的抗病、抗旱、含油量和谷粒成分改变的转基因小麦,英国的高产和高生物物质含量小麦,乌干达的抗晚疫病马铃薯品种 Desiree 和 Victoria,欧盟的防挫伤和更少丙烯酰胺产生的抗晚疫病、抗线虫马铃薯品种 Maris Piper,印度的抗虫鹰嘴豆和木豆;还包括作为主要蔬菜和油料来源的作物和性状,比如印度的转基因芥菜,印度和印度尼西亚的抗旱甘蔗,以及欧盟的富含  $\Omega$ -3 的亚麻荠。

**转基因作物种植面积自 1996 年以来增加了 110 倍,累计达到 21 亿公顷**

2016 年,全球转基因作物的种植面积从 1996 年的 170 万公顷增加到 1.851 亿公顷,增加了 110 倍,这使生物技术成为近年来应用最为迅速的作物技术。21 年间(从 1996 年至 2016 年)转基因作物的商业化种植面积极累计达到了 21 亿公顷。

**26 个国家(19 个发展中国家和 7 个发达国家)种植了转基因作物**

26 个国家种植了 1.851 亿公顷转基因作物,其中 19 个为发展中国家,7 个为发达国家。发展中国家的种植面积占全球转基因作物种植面积(1.851 亿公顷)的 54%,而发达国家的种植面积占 46%。

**转基因大豆的种植面积占全球转基因作物种植面积的 50%**

四大主要转基因作物大豆、玉米、棉花和油菜的种植面积下滑,但仍然是 26 个国家中种植最多的转基因作物。转基因大豆的种植面积最大,为 9 140 万公顷(比 2015 年的 9 270 万公顷减少了 1%),占全球转基因作物总种植面积的一半。从全球单个作物的种植面积来看,2016 年转基因大豆的应用率为 78%、转基因棉花的应用率为 64%、转基因玉米的应用率为 26%、转基因油菜的应用率为 24%。

**复合性状转基因作物占全球转基因作物种植面积的 41%,仅次于耐除草剂转基因作物(占比为 47%)**

除草剂耐性是转基因大豆、油菜、玉米、苜蓿和棉花的主要性状,但随着复合性状(抗虫、耐除草剂和其它性状的结合)的增加,耐除草剂作物的种植面积呈下降趋势。2016 年耐除草剂作物的种植面积为 8 650 万公顷,占全球转基因作物种植面积的 47%。另一方面,2016 年复合性状转基因作物的种植面积增加了 29%,从 2015 年的 5 840 万公顷增加到 7 540 万公顷,占全球转基因作物种植面积的 41%。

**种植面积占到了 91% 的五大转基因作物种植国家中,3 个为发展中国家(巴西、阿根廷和印度),两个为发达国家(美国和加拿大)**

美国是全球转基因作物种植的领先者。2016 年美国转基因作物的种植面积达到 7 290 万公顷,其次为巴西(4 910 万公顷)、阿根廷(2 380 万公顷)、加拿大(1 160 万公顷)和印度(1 080 万公顷)(表 1,图 1),总的种植面积为 1.682 亿公顷,占全球种植面积的 91%。

美国自 1996 年以来一直是全球转基因作物商业化的领导者。2016 年美国种植的约 7 300 万公顷转基因作物中,玉米为 3 505 万公顷、大豆 3 184 万公顷、棉花 370 万公顷,其它转基因作物包括:苜蓿 123 万公顷、油菜 62 万公顷、甜菜 47 万公顷以及少量的抗病毒木瓜和南瓜(每种 1 000 公顷)和防褐变的 Innate<sup>TM</sup> 马铃薯(2 500 公顷)。美国农业部的估算表明三种主要转基因作物的应用率达到或接近最佳应用率:大豆 94%(与 2015 年相同)、玉米 92%(与 2015 年相同)、棉花 93%(比 2015 年下降了 1%)<sup>①</sup>,平均采用率为 93%。2016 年美国转基因作物的种植面积比 2015 年增加了 3%,表明 2015 年因玉米和棉花的低市场价格导致的种植面积的小幅减少是暂时的,2016 年全球价格的恢复、对牲畜饲料、粮食加工和生物燃料的需求导致的国家间贸易的活跃使美国转基因作物的应用率重新回到了正轨。

巴西仍然保持着全球第二的排名,仅次于美国,其转基因作物种植面积为 4 910 万公顷,占全球种植面积的 27%,比 2015 年的 4 420 万公顷增加了 11%,即增加了 490 万公顷。这一增长是截止到 2016 年为止全球所有国家中最高,因而使巴西成为全球转基因作物增长的引擎。巴西种植的转基因作物包括:3 270 万公顷转基因大豆,1 570 万公顷转基因玉米(夏季玉米和冬季玉米),以及 80 万公顷转基因棉花。预计巴西这三种作物的总种植面积为 5 260 万公顷,其中 4 914 万公顷即 93.4% 为转基因作物,转基因作物应用率比 2015 年 90.7% 提高了 2.7%。与

<sup>①</sup> (美国农业部国家农业统计局,2016 年)

美国类似,三种主要转基因作物的应用率(93.4%)几乎达到了最佳水平。抗虫/耐除草剂(IR/HT)的 Intacta™ 大豆因为节约农药和免耕技术而在农民中大受欢迎,因此种植面积增加。养猪和畜牧业对玉米持续稳定的需求会推动该国 2017 年种植更多的玉米。

阿根廷 2016 年仍然保持其全球第三大转基因作物生产国的排名,仅次于美国和巴西,占全球种植面积的 13%。该国种植了 2 382 万公顷转基因作物(包括 870 万公顷转基因大豆、达到最高纪录的 474 万公顷转基因玉米和种植面积有所减少的 38 万公顷转基因棉花),比 2015 年的 2 429 万公顷减少 67 万公顷,这主要是因为大豆种植面积的减少,还有小部分原因是全球棉花价格低导致的棉花种植面积的减少。不利的气候条件影响了小麦的种植,进而影响了仅次于小麦的第二大作物大豆的种植。另一方面,玉米种植面积的增加主要是因为有利的气候条件。由于阿根廷转基因作物几乎达到了 97% 的最大应用率,转基因作物商业化的扩张将通过应用新的作物和性状来实现。

加拿大是全球排名第四的转基因作物种植国,种植面积为 1 155 万公顷,比 2015 年(1 095 万公顷)增加了 5%,平均应用率为 93%,与 2015 年持平。2016 年加拿大种植的四大转基因作物为油菜(753 万公顷)、大豆(208 万公顷)、玉米(149 万公顷)和甜菜(8 000 公顷,应用率为 100%),并且首次种植了低木质素苜蓿(809 公顷)。这些作物的总种植面积也增加了 5%,从 2015 年的 1 174 万公顷增加到 1 238 万公顷。该国在增加油菜、大豆和玉米总种植面积的同时,增加了相应转基因品种的种植面积。加拿大油菜委员会通过增产技术积极推进到 2025 年生产 2 600 万吨油菜的战略计划。大豆种植面积的增加是由于其盈利性和高油籽价格。对于玉米来说,因为较低的汽油价格,汽油和乙醇消费的增加刺激了玉米的种植。

印度转基因作物种植面积有所减少(7%),因为有 10 个邦的棉花总种植面积有所减少(8%),但应用率从 95% 提高到了 96%,这表明多达 720 万受益于该技术的农民接受了该技术。随着转基因作物限制性田间试验监管方针的修订,该国已经形成有关生物安全性监管的体系。表达 barnase-barstar 基因的转基因芥菜将在 2017 年进行包括对环境释放的公众评论在内的最终评价。过去 20 年芥菜的生产产量一直停滞不前,未来引入转基因芥菜可能会增产高达 25%,复兴芥菜产业,从而与油菜形成竞争。2016 年,抗虫性鹰嘴豆和木豆的田间试验已经获得政府监管机构的批准。印度仍然保持其全球第一大棉花生产国的桂冠,尽管全球棉花市场减速下行,其棉花产量仍超过 3 500 万包。

表 1 2016 年全球各国转基因作物的种植面积(百万公顷)

排名	国家	种植面积(百万公顷)	转基因作物
1	美国*	72.9	玉米、大豆、棉花、油菜、甜菜、苜蓿、木瓜、南瓜、马铃薯
2	巴西*	49.1	大豆、玉米、棉花
3	阿根廷*	23.8	大豆、玉米、棉花
4	加拿大*	11.6	油菜、玉米、大豆、甜菜、苜蓿
5	印度*	10.8	棉花
6	巴拉圭*	3.6	大豆、玉米、棉花
7	巴基斯坦*	2.9	棉花
8	中国*	2.8	棉花、木瓜、白杨
9	南非*	2.7	玉米、大豆、棉花
10	乌拉圭*	1.3	大豆、玉米
11	玻利维亚*	1.2	大豆
12	澳大利亚*	0.9	棉花、油菜
13	菲律宾*	0.8	玉米
14	缅甸	0.3	棉花
15	西班牙*	0.1	玉米
16	苏丹*	0.1	棉花

(续表 1)

排名	国家	种植面积(百万公顷)	转基因作物
17	墨西哥*	0.1	棉花、大豆
18	哥伦比亚*	0.1	棉花、玉米
19	越南	<0.1	玉米
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	孟加拉国*	<0.1	茄子
24	哥斯达黎加	<0.1	棉花、大豆、菠萝
25	斯洛伐克	<0.1	玉米
26	捷克共和国	<0.1	玉米
	总计	185.1	

\* 18 个种植面积在 5 万公顷以上的转基因作物种植大国

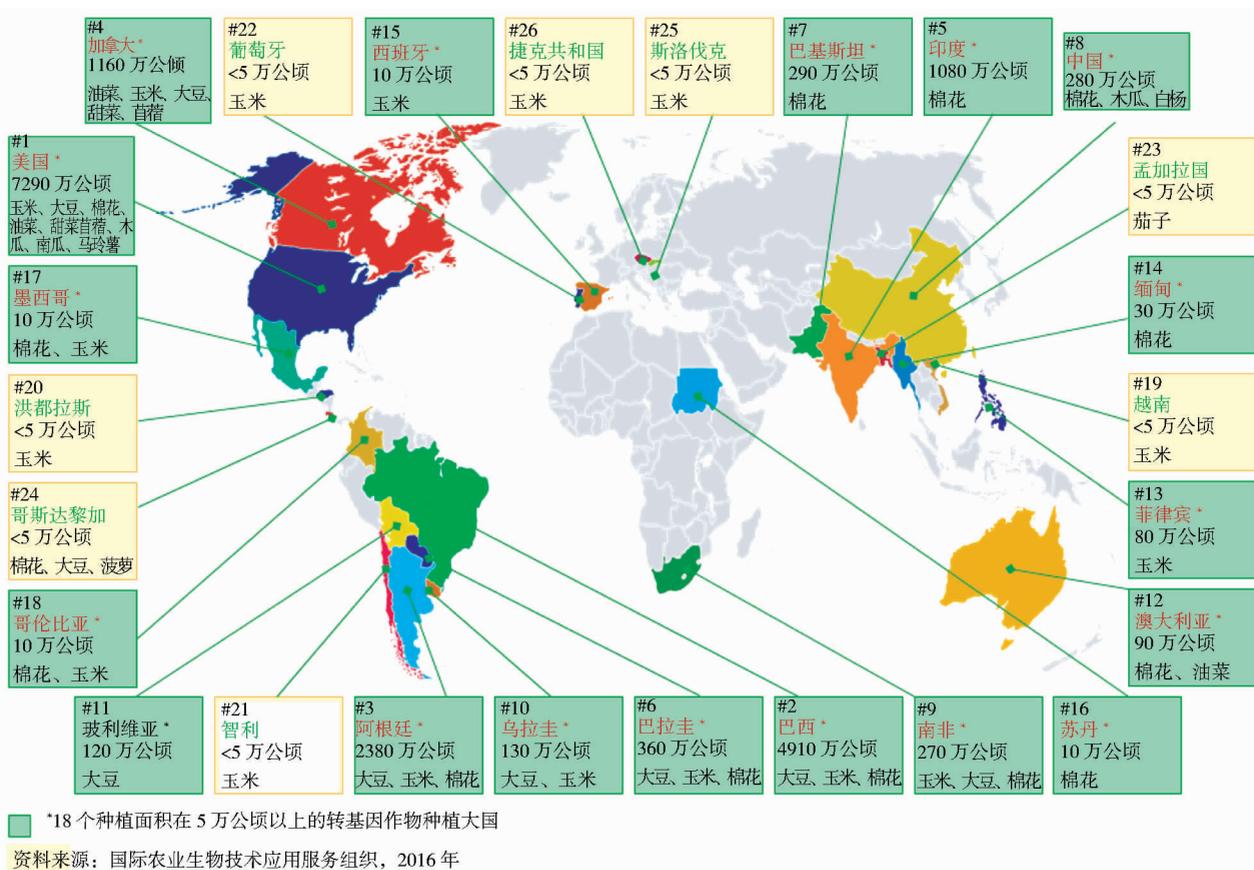


图 1 2016 年全球转基因作物种植国和主要种植国地图

### 拉美 10 国种植了 8 000 万公顷转基因作物

除了智利和哥斯达黎加不断种植转基因作物用于出口以外,拉丁美洲的转基因作物种植国家还种植了转基因作物用作粮食、饲料及加工用途。三种主要转基因作物的应用率在巴西和阿根廷几乎达到了平均 93.4% 的最佳应用率。大豆种植面积在阿根廷和玻利维亚的减少是因为受到了严重旱灾的影响,而在巴拉圭的减少是由于与玉米

种植面积形成了竞争,该国种植玉米是为了满足不断扩张的养猪行业对玉米不断增长的需求。在墨西哥,由于有关转基因作物的负面宣传造成的冲突,转基因大豆的种植面积缩减。由于价格下跌、生产成本增加以及阿根廷积极推动粮食和大豆种植的政策,乌拉圭转基因大豆和玉米的种植面积减少。棉花价格下跌对阿根廷、墨西哥和哥伦比亚也造成了负面影响。

巴西养猪行业和畜牧业可能的扩张会促使农民们 2017 年种植更多的玉米。有待获批商业化的新产品预计会对巴西经济产生影响,它们包括转基因桉树和抗病毒豆类。在阿根廷,目前正处于试验阶段的抗旱大豆的开发使干旱贫瘠地区的种植成为可能,应用抗病毒马铃薯也有利于农民们提高产量并降低生产成本。在巴拉圭和哥伦比亚已经观察到转基因玉米的种植面积扩大,这是由于养猪行业的扩张,未来几年这一情况将持续,这是由于巴西和智利的需求导致玉米价格相对较高,转基因玉米的应用率也会因此而提高。受全球棉花走低影响的国家,其种植面积在价格稳定后就会反弹,就像过去两年玉米遭遇低价一样。能够经受干旱/胁迫的新转基因作物和性状尽管过去几年遭受亏损,在未来一定会受到欢迎。

#### 亚太地区 8 个国家种植 1 860 万公顷转基因作物

亚太地区 8 个转基因作物种植国家种植的转基因作物涉及纤维(棉花)、饲料(玉米和油菜)和粮食(玉米和茄子)。2016 年这些转基因作物的应用率有所改变:印度和中国的转基因棉花种植受到全球棉花价格走低的严重影响,而巴基斯坦和缅甸维持了其转基因棉花的种植面积,菲律宾和越南转基因玉米的种植面积有所增加,是因为对畜禽饲料的大量需求以及有利的气候条件,澳大利亚在两年干旱之后的有利气候条件使转基因棉花和油菜的种植面积增加。另外,农民们获得了抗虫性和耐除草剂性极好的 *BollgardIII/RR<sup>®</sup> Flex* 棉花。孟加拉国 Bt 茄子的种植面积增加到 700 公顷,更多带有 Bt 基因的茄子品种正在进行未来商业化的田间试验。

中国、越南、巴基斯坦和菲律宾仍然有种植转基因玉米的巨大潜力。同样,转基因棉花在越南、孟加拉和菲律宾也具有极大的潜力。在中国,粮食和制造业将马铃薯视为第四大主粮作物,对其研究、开发和生产表现出新的兴趣。防控伤、低丙烯酰胺含量、低还原糖含量、抗晚疫病的转基因马铃薯,以及富含  $\beta$ -胡萝卜素的黄金大米将有助于解决亚太地区的营养不良和饥饿问题。

#### 欧盟 4 国继续种植超过 13.6 万公顷的转基因玉米

欧盟(28 个国家)中的 4 个国家继续种植转基因玉米(抗虫玉米转化体 Mon 810)。2016 年的种植国家为:西班牙(129 081 公顷)、葡萄牙(7 069 公顷)、斯洛伐克(138 公顷)、捷克(75 公顷),总种植面积 136 363 公顷,比 2015 年的 116 870 公顷大幅增加了 17%。西班牙种植了欧盟 95% 的转基因玉米。西班牙和斯洛伐克转基因玉米种植面积的增加是由于毁灭性的欧洲玉米螟的侵扰导致受益于转基因作物的农民决定种植抗虫玉米。在葡萄牙,除了玉米市场价格低以外,干旱还影响了玉米产量最高的 Alentejo 州,导致玉米总种植面积减少,因而转基因玉米的种植面积也相应减少。然而捷克的转基因作物种植面积持续减少,是由于对抗虫玉米严格繁琐的报告程序,减少了对农民的激励作用,这一问题也影响了罗马尼亚,2016 年罗马尼亚没有种植转基因玉米(2015 年欧盟指令发布之后,该国与其它国家一样,选择种植转基因作物)。

转基因作物在这些国家可能的增长在于批准能够解决反复出现的玉米螟侵扰问题的新作物和性状,例如各种抗虫/耐除草剂玉米技术。另外,美国的抗旱玉米及一种具有类似于非洲节水玉米项目中抗旱、抗虫性状的转基因玉米产品将使葡萄牙的农民受益。

#### 南非和苏丹增加了转基因作物的种植

至少有 4 个非洲国家截至 2016 年上市了一种转基因作物——布基纳法索、埃及、南非和苏丹,然而由于基纳法索和埃及遭遇暂时挫折,只有南非和苏丹种植了 280 万公顷转基因作物。南非是 2016 年种植面积超过 100 万公顷的十大转基因作物种植国之一,其转基因作物的应用率在非洲大陆仍然居领先地位。转基因玉米、大豆和棉花的种植面积 2016 年增加到了 266 万公顷,比 2015 年的 229 万公顷增加了 16%。

新一波转基因作物接受大潮正在非洲大陆发生。肯尼亚、马拉维和尼日利亚 3 个国家从研究转向批准环境释放,而其它 6 个国家包括布基纳法索、埃塞俄比亚、加纳、尼日利亚、斯威士兰和乌干达在完成多点试验的道路上取得了巨大进展,多点试验的完成是考虑商业化的前提,上述转基因作物包括主要用于保障粮食安全的 3 种新的转

基因作物——香蕉、豇豆和高粱。值得注意的是,在非洲节水玉米项目中,坦桑尼亚首次进行了抗旱玉米的限制性田间试验,而莫桑比克首次批准了对一种复合性状(抗虫又抗旱)转基因玉米进行限制性田间试验。

## 2 用于粮食、饲料和加工用途的获批的转基因作物转化体

转基因作物最早于1994年小规模种植,而大规模的种植记录见于1996年。从1994年到2016年,共计40个国家/地区(39国+欧盟28国)的监管机构批准转基因作物用作粮食和/或饲料以及释放到环境中,这涉及26个转基因作物(不包括康乃馨、玫瑰和矮牵牛)和392个转基因转化体的3768项监管审批,其中:1777项涉及粮食用途(直接用途或加工用途),1238项涉及饲料用途(直接用途或加工用途),753项涉及环境释放或者培育(表2)。玉米仍然是获批数量最多的转化体(29个国家/地区的218个转化体),其次是棉花(在22个国家/地区中有58个转化体)、马铃薯(在11个国家/地区中有47个转化体)、油菜(在14个国家/地区中有38个转化体)和大豆(在28个国家/地区中有35个转化体)。

表2 批准转基因作物用作粮食、饲料和培育/环境用途的十大国家/地区\*

排名	国家/地区	粮食	饲料	耕种
1	日本	297	146	146**
2	美国***	182	178	173
3	加拿大	135	130	136
4	墨西哥	158	5	15
5	韩国	137	130	0
6	台湾地区	124	0	0
7	澳大利亚	104	15	48
8	新西兰	96	1	0
9	欧盟	88	88	10
10	菲律宾	88	87	13
其它	368	458	212	
总计	1,777	1,238	753	

\*包括批准的单一、复合和金字塔状转化体

\*\*批准用于田间试验性种植而非商业化种植

\*\*\*美国仅批准单一转化体

耐除草剂玉米转化体NK603获得的批文最多(获得26个国家/地区和欧盟28国的54个批文),其次分别是耐除草剂大豆GTS40-3-2(获得27个国家/地区和欧盟28国的53个批文)、抗虫玉米MON810(获得26个国家/地区和欧盟28国的52个批文)、抗虫玉米Bt11(获得24个国家/地区和欧盟28国的50个批文)、抗虫玉米TC1507(获得24个国家/地区和欧盟28国的50个批文)、耐除草剂玉米GA21(获得23个国家/地区和欧盟28国的49个批文)、抗虫玉米MON89034(获得24个国家/地区和欧盟28国的48个批文)、耐除草剂大豆A2704-12(获得23个国家/地区和欧盟28国的42个批文)、抗虫玉米MON88017(获得22个国家/地区和欧盟28国的41个批文)、抗虫棉花MON531(获得21个国家/地区和欧盟28国的41个批文)、耐除草剂玉米T25(获得20个国家/地区和欧盟28国的40个批文)和抗虫玉米MIR162(获得21个国家/地区和欧盟28国的40个批文)。

## 3 2016年全球仅转基因种子市场价值就高达158亿美元

根据Cropnosis机构的估计,2016年全球转基因作物的市场价值为158亿美元(比2015年的153亿美元增长了3%),占2016年全球作物保护市场735亿美元市值的22%,全球商业种子市场450亿美元市值的35%。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)的农场出场收入是转基因种子单独价值的10倍以上。

## 4 转基因作物对粮食安全、可持续发展及气候变化的贡献

转基因作物通过以下方式对粮食安全、可持续性和气候变化做出贡献:

- 1996 年~2015 年,作物产量增加 5.74 亿吨,产值增加 1 678 亿美元;仅 2015 年一年就增产 7 500 万吨,产值达到 154 亿美元。
- 1996 年~2015 年,共节约 1.74 亿公顷土地,保护了生物多样性;仅 2015 年一年就节约了 1 940 万公顷土地。
- 提供更好的环境:
  - 1996 年~2015 年,节约了 6.2 亿千克的农药活性成分,其中仅 2015 年一年就节约了 3 740 万千克;
  - 1996 年~2015 年,共减少了 8.1% 的农药使用,仅 2015 年一年就减少了 6.1% ;
  - 1996 年~2015 年,使环境影响商数(EIQ)降低了 19%,仅 2015 年一年就降低了 18.4%。
- 2015 年二氧化碳的排放减少了 267 亿千克,相当于每年在公路上减少 1 190 万辆汽车。
- 帮助超过 1 800 万小型农户及其家庭(即超过 6 500 万人口,他们属于世界上最贫困的人口)缓解了贫困(Brookes 和 Barfoot, 2017, 即将出版)。

因此,转基因作物为许多全球科研院所支持的可持续强化战略做出了贡献,使生产力/生产能够在全球现有的 15 亿公顷耕地面积条件下实现增长,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,例如轮作管理和抗性管理。

## 5 阻碍生物技术益处的监管障碍

对于许多发展中国家而言,应用转基因作物尤其重要,但苛刻的监管是限制其应用的主要因素,这会导致失去利用转基因作物解决粮食、饲料和纤维安全问题的时机。转基因作物的反对者反对基于科学/证据的监管,而要求进行苛刻的监管,这直接阻止了发展中国家的贫穷农民和欧洲使用这些技术,尽管已经有非常明确的证据表明这些技术的应用是安全的。利用这些技术,贫穷的小农户得以生存,这些技术还能够为实现粮食产量的翻番以满足不断增加的人口(到 2100 年将达到 110 亿)做出贡献。

## 6 转基因作物的未来:游戏规则的改变者

随着转基因作物的种植/商业化进入第三个十年,创新将改变游戏规则,使新的转基因作物和性状产生革命性发展。首先,复合性状将得到农民的更多应用和青睐;第二,转基因作物和性状的出现不但满足了农民们的农业需求,更为了满足消费者的偏好和营养需求;第三,用于基因挖掘的创新型工具的应用及其在作物改良和品种开发上的应用得到加强。

第一代转基因作物的目标是输入耐除草剂、抗虫和抗病毒等性状,使农民和粮食种植者在 1996 年至 2015 年间获得 5.74 亿吨作物的经济收益,价值达 1 678 亿美元,这些收益也为全球 74 亿人口提供了可获得的粮食和营养。第二代转基因作物包括了上述性状与抗旱性状的复合,为了应对气候变化导致的问题。抗虫/耐除草剂大豆(Intacta™)在 2013 年-2015 年的应用,以及抗玉米根虫复合性状在 2003 年~2015 年的应用分别带来了 24 亿美元和 126 亿美元的明显经济效益(Brookes 和 Barfoot, 2017 年,即将出版)。质量和成分得以改良的输出性状是第三代转基因作物的特点,这一代转基因作物满足了消费者的偏好和营养。这些性状包括提高人类和动物健康的各种大豆产品( $\Omega$ -3 脂肪酸、高油酸、低肌醇六磷酸和高硬脂酸),改良淀粉/糖(马铃薯),低木质素(苜蓿),已经上市的防褐变马铃薯,预计将于 2017 年在美国上市的防褐变苹果,以及处于开发晚期的主粮作物中的  $\beta$ -胡萝卜素和铁蛋白。值得注意的是,美国已经成功地进行了 Innate™ 马铃薯系列产品的商业化,种植了 2 500 公顷马铃薯和 70 000 棵防褐变苹果树,这两种作物有助于减少褐变和易损伤造成的食物浪费。

创新性分子生物学工具不断地被开发出来,用于挖掘可以改良食物的新基因。正在进行田间试验并且有可能在未来几年内发布的生物技术产品表现出越来越多样化的输入和输出性状。主粮作物如水稻、香蕉、马铃薯、小

麦、黑麦草、印度芥菜、鹰嘴豆、木豆和甘蔗都得到了改良,以便获得抗虫、抗病、抗旱、耐胁迫、改良营养、产量和生物物质含量等新性状。

令人鼓舞的前景是技术与有利政策的结合能够使粮食产量翻番。然而,只有确保对转基因作物的监管是科学、恰当且全球协同一致的,粮食产量才能实现翻番。国际社会如果不能对粮食生产进行及时、适度的监管,就会产生可怕的结果,一方面,全球会因为粮食供应不足而遭受痛苦;而另一方面,因为在意识形态领域占统治地位的反对方反对生物技术,为全人类生产安全、充足、供应有保证的粮食的科技力量遭到否定。

## 7 结 论

2016 年全球转基因作物种植面积从 2015 年的 1.797 亿公顷增加到 1.851 亿公顷,增加了 3%,相当于 540 万公顷。Clive James 博士预计 2015 年转基因作物的种植面积会因为全球商品价格走低而稍有减少,而一旦作物价格回归较高水平,形势会立刻反转(Clive J, 2016)。这一预言已经实现,与批评者所宣称的相反——批评者认为转基因作物会使农民遭受失败。转基因作物种植面积的波动(增加和减少)受几个因素的影响,在 2016 年这些因素是:新产品在美国、巴西和澳大利亚的接受程度和商业化;巴西不断增长的养猪和家畜行业对饲料的需求;越南对家禽和家畜的需求;菲律宾和洪都拉斯有利的气候条件和玉米市场价格走高;西班牙和斯洛伐克解决玉米螟侵扰的需求;加拿大政府利用生物技术和改善经济的战略规划;澳大利亚西部转基因禁令的解除;孟加拉消费者对更加清洁、健康的茄子的需求。如同其它较小国家一样,缅甸和巴基斯坦的转基因作物种植面积没有发生变化。

一些国家减少了转基因作物的种植面积,例如:阿根廷、乌拉圭和墨西哥因为全球棉花价格走低而减少种植面积,中国因大量棉花储备以及印度因棉花价格走低而减少了棉花种植面积;巴拉圭和乌拉圭因大豆的低盈利性及与玉米的竞争而减少了大豆的种植;南非、阿根廷和玻利维亚因环境压力(干旱/水涝)减少了大豆的种植;中国因对转基因作物的负面看法及捷克共和国因繁杂的报告要求而减少了转基因作物的种植面积;罗马尼亚农民因繁杂的报告要求而在 2016 年停止种植转基因作物。

转基因作物将通过新产品和新性状继续造福不断增长的人口,满足农民和消费者的需求。然而,即使经过了 21 年成功的商业化,转基因作物未来仍然面临以下挑战:

首先是限制科学创新和约束造福于农民和消费者的技术发展的监管障碍。

其次是转基因作物贸易国之间的非同步审批和对低水平混杂的门槛带来的贸易不断下滑。根据卡塔赫纳生物安全协议,各国仅对获批的转基因转化体开放,并对未批准的转化体设置了门槛。一些国家有严格或程序繁杂的审批过程,如果进口产品包含未获批的转化体尤其是复合性状转化体,就会带来问题。美国农业科技委员会编写的关于《转基因作物的非同步审批对于农业可持续性、贸易和创新的影响》的报告与分析表明,当前有价值数十亿美元的贸易量处于风险中。需要透彻地研究以便评估公共领域和私有领域的非同步审批和低水平混杂的全球成本,非同步审批对创新、作物改良、生物技术开发者的决策过程的影响。对贸易问题的尽早研究以及进行可能的国际对话将对决策和改善政策工具的设计有所帮助。

再次是所有利益相关方继续对话的必要性。这是为了迅速的理解和认同生物技术,强调利益和安全,应该立即有效地开发那些利用社交媒体和其它现场形式的创新的沟通方式。

克服这些挑战是一项艰难的任务,它需要南方和北方、东方和西方、公共和私人领域的合作,只有这样才能保证我们的餐桌上有足够的有营养的食物,家禽和家畜会获得稳定的饲料供应,以及每个人能够获得服装和住所。

国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)创始人兼名誉主席 Clive James 博士精心撰写了 20 篇年度报告,确保了 ISAAA 简报在过去二十年中成为转基因作物领域可靠的信息来源,他追随其伟大导师兼同事诺贝尔和平奖获得者、国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)发起人诺曼·博洛格博士的脚步,成为生物技术和转基因产品的伟大倡导者。2016 年 ISAAA 简报继续其传统,通过广泛的全球网络(生物技术信息中心和其它合作伙伴)来收集信息以便提供有关转基因产品的最新报告。