

专 稿

# 2017 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

**编者按:**22 年以来,生物技术/转基因作物的商业化带来了巨大的经济效益、健康改善和社会效益。有关生物技术作物的收益和潜力的精确信息使农民和消费者在知情的情况下分别做出了种植和消费选择,使政策制定者和监管者能够专门制定有关生物技术/转基因作物商业化和应用的生物安全性指南,使科学交流人员和媒体能够更有效地宣传这一技术的效益和潜力。

国际农业生物技术应用服务组织 (ISAAA) 自 1996 年以来一直出版《全球生物技术/转基因作物商业化发展态势》年度报告,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,本文是这一系列的第 22 期,记载了以下最新信息:2017 年转基因作物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。

## 1 2017 年转基因作物应用概况

### 2017 年转基因作物的全球种植面积达到 1.898 亿公顷的新纪录

转基因作物商业化 22 年之后的 2017 年,24 个国家种植了 1.898 亿公顷转基因作物,比 2016 年的 1.851 亿公顷增加了 470 万公顷(1 160 万英亩),除 2015 年以外,这是第 21 个增长年份。

### 转基因作物在五大转基因作物种植国中的应用率已接近饱和

2017 年,转基因作物在五大种植国的平均应用率(大豆、玉米和油菜应用率的平均值)不断增加,已接近饱和,其中,美国为 94.5%、巴西 94%、阿根廷约 100%、加拿大 95%、印度 93%。今后这些国家种植面积的进一步扩大将通过批准和商业化新的转基因作物和性状来实现,这些新性状将解决气候变化和新出现的病虫害等问题。

### 转基因作物种植面积自 1996 年以来增长了 112 倍,累计达到 23 亿公顷

全球转基因作物的种植面积从 1996 年的 170 万公顷增加到 2017 年的 1.898 亿公顷,增加了 112 倍,这使生物技术成为近年来应用最为迅速的作物技术。22 年间,转基因作物的商业化种植面积累计达到了 23 亿公顷,即 59 亿英亩。

### 67 个国家/地区应用了转基因作物

24 个国家/地区种植了 1.898 亿公顷转基因作物,其中 19 个为发展中国家,5 个为发达国家。发展中国家的种植面积为 1.006 亿公顷(占 53%),发达国家的种植面积占 47%。另外 43 个国家/地区(17 个国家/地区和欧盟 26 国)进口转基因作物用于粮食、饲料和加工。因此,共有 67 个国家/地区应用了转基因作物。

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。

## 2017 年转基因作物为消费者提供了多样性的选择

转基因作物扩展到了四大作物(玉米、大豆、棉花和油菜)以外,即苜蓿、甜菜、木瓜、南瓜、茄子、马铃薯和苹果,这些转基因作物均已上市,为全球消费者提供了更多选择。具有防控伤、防褐变、丙烯酰胺含量低、抗晚疫病等性状的先后两代 Innate<sup>®</sup> 马铃薯,以及防褐变的 Arctic<sup>®</sup> 苹果已经开始在美国和加拿大种植。孟加拉国对 Bt 茄子的种植在其商业化的第 4 年增加到了 2 400 公顷。哥斯达黎加的转基因粉色菠萝增加到 25 公顷,还有穗粒生物量增加并且直链淀粉含量高的玉米,以及油含量改良的大豆。巴西批准了一种抗虫甘蔗于 2018 年进行商业化。

另外,公共研究机构进行的转基因作物研究(包括具有各种经济重要性和营养价值性状的水稻、香蕉、马铃薯、小麦、鹰嘴豆、木豆、芥菜、木薯、豇豆、甘薯)使发展中国家的粮食生产者和消费者受益。

### 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 24 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 9 410 万公顷,占全球转基因作物总种植面积的一半,比 2016 年增加了 3%。其次是玉米(5 970 万公顷)、棉花(2 421 万公顷)和油菜(1 020 万公顷)。从全球单个作物的种植面积来看,2017 年转基因大豆的应用率为 77%,转基因棉花的应用率为 80%,转基因玉米的应用率为 32%,转基因油菜的应用率为 30%。

### 复合性状转基因作物的种植面积增加了 3%,占全球转基因作物种植面积 41%

抗虫-耐除草剂复合性状转基因作物的种植面积增加了 3%,占全球种植面积的 41%,这是农民们遵循免耕、减少农药用量的智慧农业的证明。耐除草剂性状是大豆、油菜、玉米、苜蓿和棉花的主要性状,耐除草剂性状转基因作物在 2017 年的种植面积占全球总种植面积的 47%。

### 五大转基因作物种植国(美国、巴西、阿根廷、加拿大和印度)占全球转基因作物种植面积的 91.3%

美国是全球转基因作物种植的领先者。2017 年美国转基因作物的种植面积达到 7 500 万公顷,其次为巴西(5 020 万公顷)、阿根廷(2 360 万公顷)、加拿大(1 310 万公顷)和印度(1 140 万公顷)(表 1),总种植面积为 1 733 亿公顷,占全球种植面积的 91.3%,使这 5 个国家的 19.5 亿人口即全球 76 亿人口的 26% 受益。

### 美国转基因大豆、玉米和棉花的平均应用率达到 94.5%

2017 年美国仍然保持全球最大的转基因作物种植面积——7 504 万公顷,其中包括 3 405 万公顷大豆、3 384 万公顷玉米、458 万公顷棉花、122 万公顷苜蓿、87.6 万公顷油菜、45.8 万公顷甜菜、3 000 公顷马铃薯,以及转基因苹果、南瓜和木瓜各 1 000 公顷。总之,除玉米和甜菜外的其它转基因作物的种植面积在美国都有所增加。全美大豆、棉花和油菜种植地区少干旱、少暴风雨以及令人欣喜的获利性价格刺激农民们增加了以上三种作物的种植面积。三种主要作物玉米、大豆和棉花的平均应用率达到 94.5%,已经接近饱和,这意味着未来它们的应用率提高空间很小。因此,转基因作物种植面积的增加将依赖其它转基因作物:油菜、苜蓿、甜菜、马铃薯和苹果。美国是转基因作物发现、开发和商业化领域的引领者,其三大政府监管机构对转基因作物监管政策的更新应该反映出该国在促进对这项技术的接纳和认识方面的领导能力,迅速而有效地批准农业生物技术新产品不仅惠及美国,更使全球社区受益。

### 巴西转基因作物的种植面积扩大到 5 020 万公顷

巴西是 2017 年全球第二大转基因作物种植国,种植面积为 5 020 万公顷,比 2016 年增加了 2%,即 110 万公顷,占全球种植面积 1.898 亿公顷的 26%。该国种植的转基因作物中包括了 3 370 万公顷大豆、1 560 万公顷玉米(冬玉米和夏玉米),以及 15 万公顷棉花。这三种作物在巴西的总种植面积为 5 340 万公顷,因此转基因作物的应用率达到了 94%。由于收益率、较高的价格、大量的国内外市场需求,2017 年大豆和棉花的种植面积比 2016 年显著增加。由于当前的低价和大豆种植面积的扩大,该国玉米种植面积稍有减少。未来这三种转基因作物的种植面积会随着国内和全球粮食、饲料和生物燃料(生物柴油需要大豆、乙醇需要玉米)领域对蛋白质和未加工的棉花原料不断增加的需求而扩大。

正处在产品线中的转基因作物包括甘蔗、马铃薯、木瓜、水稻和柑橘。新的转基因产品比如转基因的食用豆类、转基因桉树和最近批准的甘蔗将在 2019 年或 2020 年出现。随着该国转基因作物应用率的不断提高,有必要

采取一些措施来保护农民和生产者的技术。

阿根廷转基因作物的应用率接近 100%

阿根廷是全球最大的转基因大豆、棉花和玉米出口国之一,2017 年共种植了 2 360 万公顷转基因作物(占全球种植面积的 12%),与 2016 年的 2 382 万公顷相比稍有减少,其中转基因大豆种植面积减少了 3%(从 2016 年的 1 870 万公顷减少到 2017 年的 1 810 万公顷),转基因棉花种植面积减少了 38%(从 2016 年的 38 万公顷减少到 2017 年的 25 万公顷),转基因玉米的种植面积增加了 10%(从 2016 年的 470 万公顷增加到 2017 年的 520 万公顷)。三种转基因作物的平均应用率接近 100%,表明该国经济发展对技术的依赖。2017 年阿根廷在大豆、玉米和棉花种植季里遭遇了气候问题,影响了该国转基因作物的总种植面积,这与 2016 年的情况相似。随着政府改革农业的计划、随后的出口税减少以及当地和国际对粮食和饲料蛋白质需求的不断增长,不久的将来大豆和玉米的种植面积有望增加。棉花种植面积连续两年减少,但是全球对棉花的需求不断增加将使该国的棉花生产得以恢复。

加拿大转基因作物种植面积增加了 18%

2017 年加拿大六种转基因作物的种植面积从 2016 年的 1 110 万公顷增加到 1 312 万公顷,达到 18% 的空前增长率。转基因作物的总种植面积相应地增加了 17%,从 2016 年的 1 238 万公顷增加到 2017 年的 1 449 万公顷。该国的转基因作物包括 250 万公顷大豆、178 万公顷玉米、883 万公顷油菜、15 000 公顷甜菜、3 000 公顷苜蓿和 40 公顷马铃薯,总种植面积为 1 312 万公顷。四大转基因作物大豆、玉米、油菜和甜菜的平均应用率与 2016 年相似,为 95%。由于木质素更少的苜蓿、耐除草剂大豆和耐除草剂甜菜的种植,该国转基因作物的种植面积大幅增加。转基因/遗传工程鲑鱼也在 2017 年 8 月与加拿大消费者见面,而转基因苹果也将在不久的将来走进消费市场和果园。随着全球对粮食、饲料以及乙醇和生物燃料的需求不断增长,以及鉴于该国强大的研发实力、公众对生物技术的良好接受程度、政府对转基因作物的典范性支持,加拿大转基因作物的应用率有望进一步提高。

印度:2017 年抗虫(Bt)棉花种植面积增加了 60 万公顷(6%)

印度在棉花生产方面取得了巨大进展,2017 年占全球棉花生产市场份额的四分之一。转基因棉花的种植面积从 2016 年的 1 080 万公顷增加到 2017 年的 1 140 万公顷,增加了 6%,相当于棉花总种植面积 1 224 万公顷的 93%。棉花杂交方面的抗虫(Bt)技术带来了广泛的益处,减少了棉铃虫造成的损失,将棉花产量提高到每公顷 500 公斤棉绒。然而如果不引入新一代生物技术性状(包括复合性状、智慧农业和高产棉花栽培品种),下一个棉花产量目标即达到每公顷 700 公斤以上棉绒的全球平均棉花产量水平就无法实现。要保持现有抗虫棉花杂交品种当前的产量水平就需要实施严格的人员管理和抗性管理策略。应该限制非法种植未经批准的抗虫-耐除草剂棉花品种,并对感染棉铃虫的农田进行正确的管理。监管机构 GEAC 针对转基因芥菜的基于全面安全性和性状评价的建议不应被遗忘,环境、林业和气候变化部(MOEF&CC)在 2010 年暂停的抗虫茄子仍未有任何结果。

拉美 10 国种植了 7 940 万公顷转基因作物

2017 年拉美 10 国转基因作物总种植面积为 7 940 万公顷,占全球总种植面积的 42%,分别是巴西 5 020 万公顷、阿根廷 2 360 万公顷、巴拉圭 296 万公顷、乌拉圭 114 万公顷、玻利维亚 130 万公顷、墨西哥 11 万公顷、哥伦比亚 95 000 公顷、洪都拉斯 32 000 公顷、智利 13 000 公顷、哥斯达黎加 275 公顷。7 940 万公顷的种植面积比 2016 年减少了 11 万公顷,这是由于受来自水的压力(干旱和洪灾)、特定商品的低价以及当地和国际贸易问题的影响,其中,巴拉圭减少了 16%、乌拉圭减少了 13%、阿根廷减少了 3%、玻利维亚减少了 1%。转基因作物种植比例大幅增加的国家为智利(23%)、哥斯达黎加(22%)、墨西哥(13%)、哥伦比亚(7%)、洪都拉斯(3%)和巴西(2%),这些国家转基因作物种植面积增加是由于收益率、较高的价格、国内和国际需求的增长以及该国出现了可获得的种子技术。未来三种主要转基因作物大豆、玉米和棉花在拉美国家的面积增长将源于国内外粮食、饲料和生物燃料(生物柴油需要大豆、乙醇需要玉米)领域对蛋白质和对未加工的棉花原料的不断增长的需求。

未来会应用新转基因作物的国家为:玻利维亚(玉米和甘蔗)、墨西哥(玉米、恢复种植大豆)、洪都拉斯(大豆)。预计超过 50 万拉美农民极大地受益于过去 21 年转基因作物的商业化,Brookes 与 Barfoot(2018 年)预计 1996 年~2016 年各国从转基因作物获得的经济效益超过 469 亿美元,仅 2016 年一年就达到 65 亿美元,这些国家不采用转基因作物将产生巨大的机会成本——不断加剧的贫穷、饥饿、营养不良和政治不稳定。

## 亚太地区 8 个国家种植 1 910 万公顷转基因作物

亚太地区种植转基因作物面积最大的国家是印度(1 140 万公顷棉花)、其次是巴基斯坦(300 万公顷棉花)、中国(278 万公顷棉花)、澳大利亚(92.4 万公顷棉花和油菜)、菲律宾(64.2 万公顷玉米)、缅甸(32 万公顷棉花)、越南(4.5 万公顷玉米)和孟加拉国(2 400 公顷茄子)。亚太地区转基因作物的种植面积占全球的 10%,比 2016 年增加了 3.34%,这主要是因为以下国家转基因作物种植面积的增加:印度(6%)、巴基斯坦(3.4%)和缅甸(1.5%)转基因棉花种植面积的增加,澳大利亚(8%)转基因棉花和油菜种植面积的增加,越南(29%)转基因玉米种植面积的增加,以及孟加拉国(242%)转基因茄子种植面积的显著增加。这些国家转基因作物种植面积的增加主要是由于农民们接受转基因这项生物技术;其为印度、巴基斯坦、越南和孟加拉国减少了杀虫剂的使用,节省了劳动力成本;为巴基斯坦和缅甸带来了更加透明的监管指南和新的转基因棉花品种;为澳大利亚带来了有利的气候和全球对其油菜需求的不断增加。菲律宾转基因玉米种植面积减少了 21%,是因为该国的假冒种子问题(假冒种子占 10% 的市场份额)。中国的转基因棉花种植面积保持在 278 万公顷,因为该国的高库存还在继续满足国内市场对棉花的需求。

转基因作物在亚太地区的扩大取决于每个种植国的诸多因素,印度、巴基斯坦、中国和缅甸具有各种处于产品线中的转基因棉花新品种以及各种作物和性状等待各自监管部门的批准;在缅甸,转基因作物管理条例有待落实到位以便促进新的转基因棉花品种和其它作物/性状的审批和商业化;中国的生物技术研究已经获得了多种具有重要农业性状的转基因作物,如抗虫水稻、植酸酶玉米、耐除草剂棉花、耐除草剂大豆等等。转基因作物商业化的 21 年以来,预计超过 1 500 万亚太地区发展中国家的农民受益匪浅,Brookes 与 Barfoot(2018 年)预计 1996~2016 年各国来自转基因作物的经济收益超过 478 亿美元,仅 2016 年一年的经济收益就达到 32 亿美元。

### 南非和苏丹转基因作物种植面积达到 290 万公顷,比 2016 年增加了 4%

非洲继续推进转基因作物的商业化,南非和苏丹共种植 290 万公顷转基因作物,比 2016 年增加了 4%。由于活跃的科研以及商业化前期的多点试验不断被推进,非洲大陆未来几年随时准备向全球市场交付新的转基因作物,尤其是起到保障粮食安全作用的作物如香蕉、木薯和豇豆等。目前非洲有 13 个国家的 12 种转基因作物以及 14 个性状正处于种植、实验和研究的不同阶段。各国政府通过表达更强的政治意愿和给予更多的预算分配,来表明对这项技术效益的强烈认可。复合性状正越来越受到欢迎,有更多的国家甚至包括莫桑比克和坦桑尼亚这样的新加入国家选择引入复合性状。重要的是,南非正在成为非洲大陆的引领者,为新的育种技术提供监管手段以扩大创新平台,使非洲迅速受益于这些精准的工具。不断涌现的南南合作和技术供应者的多样化将进一步增强决策信心,使政策制定者为了非洲的经济收益鼓起勇气,加快针对技术的科学决策。Brookes 与 Barfoot(2018 年)预计,从 1996 年到 2016 年的经济收益为 25 亿美元,仅 2016 年一年的经济收益就达到 3.3 亿美元。

### 4 个欧盟国家继续种植转基因玉米(超过 13.1 万公顷)

两个欧盟国家西班牙和葡萄牙继续种植转基因抗虫玉米转化体 MON810——欧盟唯一批准的转基因转化体。转基因作物的总种植面积为 131 535 公顷,比 2016 年 136 363 公顷的种植面积减少了 4%,西班牙种植面积为 124 227 公顷,葡萄牙为 7 308 公顷。捷克共和国和斯洛伐克 2017 年停止了转基因玉米的种植,因为难以将其销售给饲料加工厂(饲料加工厂要求使用非转基因玉米)。因此,未来欧盟国家应用转基因作物的前途暗淡,但是农民、消费者、研究人员和监管部门的动向表明不久的将来对转基因作物的接受和认识可能会发生改变。

## 2 用于粮食、饲料、加工和耕种用途的获批的转基因作物转化体

共计 67 个国家/地区(39 个国家/地区 + 欧盟 28 国)的监管机构批准转基因作物用于粮食、饲料以及商业化种植。自 1992 年以来这些国家/地区的监管机构批准了 4 133 项监管审批,涉及 26 个转基因作物(不包括康乃馨、玫瑰和矮牵牛花)的 476 个转基因转化体。其中,1 995 项涉及粮食用途(直接用途或加工用途),1 338 项涉及饲料用途(直接用途或加工用途),800 项涉及环境释放或者耕种。(表 2)

表 1 2017 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*	75.0	玉米、大豆、棉花、油菜、甜菜、苜蓿、木瓜、南瓜、马铃薯、苹果
2	巴西*	50.2	大豆、玉米、棉花
3	阿根廷*	23.6	大豆、玉米、棉花
4	加拿大*	13.1	油菜、玉米、大豆、甜菜、苜蓿、马铃薯
5	印度*	11.4	棉花
6	巴拉圭*	3.0	大豆、玉米、棉花
7	巴基斯坦*	3.0	棉花
8	中国*	2.8	棉花、木瓜
9	南非*	2.7	玉米、大豆、棉花
10	玻利维亚*	1.3	大豆
11	乌拉圭*	1.1	大豆、玉米
12	澳大利亚*	0.9	油菜、棉花
13	菲律宾*	0.6	玉米
14	缅甸*	0.3	棉花
15	苏丹*	0.2	棉花
16	西班牙*	0.1	玉米
17	墨西哥*	0.1	棉花
18	哥伦比亚*	0.1	玉米、棉花
19	越南	<0.1	玉米
20	洪都拉斯	<0.1	玉米
21	智利	<0.1	玉米、油菜、大豆
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、菠萝
	总计	189.8	

\* 18 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

日本批准的转基因转化体最多(不包括来自获批的复合型 and 金字塔状转化体的中间转化体),其次为美国、加拿大、墨西哥、韩国、中国台湾、澳大利亚、欧盟、新西兰、哥伦比亚、菲律宾、南非和巴西。玉米仍然是转化体获批数量最多的作物(30 个国家/地区的 232 个转化体,其次是棉花(在 24 个国家/地区中有 59 个转化体)、马铃薯(在 10 个国家/地区中有 48 个转化体)、油菜(在 15 个国家/地区中有 41 个转化体)和大豆(在 29 个国家/地区中有 37 个转化体)。

耐除草剂玉米转化体 NK603 获得的批文仍然最多(获得 26 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 55 个批文),其次是耐除草剂大豆转化体 GTS 40-3-2(获得 27 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 54 个批文)、抗虫玉米 MON810(获得 26 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 53 个批文)、抗虫玉米 Bt11(获得 25 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 51 个批文)、抗虫玉米 TC1507(获得 24 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 51 个批文)、耐除草剂玉米 GA21(获得 24 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 50 个批文)、抗虫玉米 MON89034(获得 24 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 49 个批文)、耐除草剂大豆 A2704-12(获得 23 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 43 个批文)、抗虫玉米 MON88017(获得 22 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 42 个批文)、抗虫棉花 MON531(获得 21 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 43 个批文)、耐除草剂玉米 T25(获得 20 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 41 个批文)、抗虫玉米 MIR162(获得 22 个国家/地区 + 欧盟 28 国的 41 个批文)。

表 2 用于粮食、饲料、加工和耕种用途的转基因作物转化体批准情况

国家/地区	批准数量				合计
	粮食	饲料	耕种		
1 日本*	295	197	154***		646
2 美国**	185	179	175		539
3 加拿大	141	136	142		419
4 韩国	148	140	0		288
5 欧盟	97	97	10		204
6 巴西	76	76	76		228
7 墨西哥	170	5	15		190
8 菲律宾	88	87	13		188
9 阿根廷	61	60	60		181
10 澳大利亚	112	15	48		175
11 其它	622	346	107		1,075
总计	1,995	1,338	800	4,133	

\* 日本的数据来自日本生物安全信息交换中心(JBCH,英文和日文)以及日本厚生劳动福利省(MHLW)的网站。然而,我们的数据库中不包括在JBCH有记录但未出现在MHLW网站上的来自获批的金字塔状转化体的中间转化体。过期失效的批准也包括在我们的数据库中,因为我们的数据起始于1992年,而JBCH的记录始于2004年。

\*\*美国仅批准单一转化体。

\*\*\*日本尽管批准了耕种,但目前还没有种植转基因作物。

### 3 现在和将来生物技术能解决全球粮食不安全问题

粮食不安全仍然是发展中国家的主要问题。据《2017年全球粮食危机报告》,尽管国际组织共同付出了巨大努力来解决面临的粮食挑战,2016年受粮食危机影响的48个国家仍然有1.08亿人面临危险或严峻的粮食不安全风险,60%的饥饿人口位于面临冲突和气候变化危机的19个国家,在尼日利亚东北部、南苏丹和也门有很高的饥荒风险,这些地区的2000万人口正经历着严重的饥饿。联合国粮食与农业组织总干事表示“坚决消灭饥饿的政治承诺是根本的,但还不够。这些国家只有将其誓言转变为行动,特别是全国性和地方性行动才能战胜饥饿。和平当然是结束这些危机的关键,但我们不能等待和平而不采取行动,尤其重要的是要确保这些人有条件继续生产自己的粮食,不能遗弃弱势群体,特别是青少年和妇女。”

据联合国(2017年)报告,2017年全球人口达到76亿,2030年有望达到86亿,2050年达到98亿并在2100年达到112亿。全球人口每年大约增加8300万,并且增长趋势还将继续,尽管生育水平持续下降。粮食专家认为长期内粮食生产必须增加70%才能供养全球不断增加的人口。

气候变化是另一个挑战。到2050年气候变化会造成主要作物玉米、小麦、水稻和大豆减产23%。由于气候变化,主要粮食作物的蛋白质含量将会大幅降低:大麦降低14.6%、水稻降低7.6%、小麦降低7.8%、马铃薯降低6.4%。其它研究也指出到2050年主要作物的锌和铁含量也会受到同样的影响,例如,玉米中的铁浓度将下降10%,使大约14亿儿童面临缺铁的危险。

必须充分利用现代作物技术和农业实践方面的进步,因为它们能够减少每年可利用粮食的波动性并且保持作物的营养含量。在与气候变化的斗争中,减轻和改进技术非常关键。应用转基因作物是与环境变化作斗争的最有效的作物应用技术,因为作物品种会通过分子生物学和生物技术等现代方法与时俱进以便应对盐度、淹没和干旱以及更多新出现的恶性害虫和植物病原体。

#### 转基因作物对粮食安全、可持续发展及气候变化的贡献

转基因作物被全球应用是因为它使环境、人类和动物健康受益巨大,并且为农民和公众的社会经济状况改善

做出了贡献。过去 21 年(1996 年~2016 年)转基因作物为全球 1 600 万~1 700 万农民带来了 1 861 亿美元的经济收益,其中 95% 的农民来自发展中国家。

**转基因作物通过以下方式粮食安全、可持续性和气候变化做出贡献:**

- 1996 年~2016 年,使作物产量增加 6.576 亿吨,产值增加 1 861 亿美元;仅 2016 年一年就增产 8 220 万吨,产值达到 182 亿美元;
- 1996 年~2016 年共节约 1.83 亿公顷土地,保护了生物多样性;仅 2016 年就节约了 2 250 万公顷土地;提供更好的环境:
  - 1996 年~2016 年节约了 6.71 亿千克的农药活性成分;其中仅 2016 年一年就节约了 4 850 万千克;
  - 1996 年~2016 年共减少了 8.2% 的农药使用,2016 年减少了 8.1% ;
  - 1996 年~2016 年使环境影响商数( EIQ)降低了 18.4% ,2016 年降低了 18.3% 。
- 2016 年二氧化碳的排放减少了 271 亿千克,相当于当年在公路上减少 1 670 万辆汽车。
- 帮助超过 1 600 万~1 700 万小型农户及其家庭(即超过 6 500 万世界上最贫困的人口)缓解了贫困。(Brookes 和 Barfoot,2018 年)。

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/生产能够在现有的全球 15 亿公顷耕地面积的条件下实现增长,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。

**1996 年~2016 年转基因作物的经济收益达到 1 861 亿美元**

转基因作物种植国从 1996 年到 2016 年获得的经济收益为 1 861 亿美元,其中获益最大的几个国家依次是美国(803 亿美元)、阿根廷(237 亿美元)、印度(211 亿美元)、巴西(198 亿美元)、中国(196 亿美元)、加拿大(80 亿美元)和其它国家(136 亿美元)。仅就 2016 年而言,有六个国家从转基因作物获得的经济收益最多,她们是:美国(73 亿美元)、巴西(38 亿美元)、印度(15 亿美元)、阿根廷(21 亿美元)、中国(10 亿美元)和加拿大(7 亿美元),而其它国家为 18 亿美元,总计 182 亿美元。

根据 Cropland 机构的估计,2017 年全球转基因作物的市场价值为 172 亿美元,占 2016 年全球作物保护市场 709 亿美元市值的 23.9%,占全球商业种子市场 560.2 亿美元的 30% (Cropland 机构,2018 年,Personal Communication)。预计全球转基因种子的市场价值到 2022 年末和到 2025 年末将分别增长 8.3% 和 10.5% ,如果继续在全球种植转基因作物,会得到来自种子市场的巨大的经济收益。

## 4 转基因作物的机会成本

尽管有上文所述的一切效益,转基因作物仍然一直受到批评者的非科学指控,这在某种程度上影响了国家关于转基因作物的法规和审批。政府关注转基因作物的安全性、可获取性和收益率,而地方的利益在于保护生物多样性和贸易竞争力,因此,严厉的法规堵死了农民获取这一技术和相应经济收益的通道。根据信息技术与创新基金会(ITIF)的 L. Val Giddings(2016 年)所做的研究,对农业生物技术创新的严苛限制使低收入和中低收入国家在 2050 年之前多花费 1.5 万亿美元成本,仅就非洲农业经济体而言,从 2008 年~2018 年,对农业生物技术创新的连续打压至少造成了 25 亿美元损失。因此,作者认为,转基因生物批评者确实为那些最贫穷的国家的发展设置了足够的障碍,而农业正是这些国家的主要生存之本。这就是道德灾难。

Biden 等(2018 年)在报告中估计澳大利亚在 2004 年~2014 年因为推迟应用转基因油菜而失去机会。报告指出,“澳大利亚推迟应用转基因油菜在环境方面的机会成本包括油菜农场额外施用的 650 万千克农药活性成分、烧掉的 870 万升柴油燃料、多排放的 2 420 万千克温室效应气体和化学排放物”,在经济方面的机会成本则包括预先输出 110 万公吨油菜以及油菜种植农民净经济损失 4.856 亿澳元(3.779 亿美元)。南澳大利亚的农民还在遭受当前中止转基因作物商业化所带来的痛苦,而澳大利亚其它地区的农民已经从 2008 年开始受益,如果南澳的中止规定延长到 2025 年而不给予非转基因油菜产品价格补贴,那么机会成本还将继续增加(North Queensland Register, 2018 年 3 月 6 日)。

如前文所讨论,2016年耐除草剂性状的大豆、玉米和油菜在转基因作物中所占比例最高,为8 660万公顷,关于使用草甘膦的负面影响的报告近年来不断出现,败坏了这种技术的声誉。根据Brookes等(2017年)的报告,如果因为禁止草甘膦而再也无法获得耐除草剂作物,最初的负面影响包括全球农场损失高达67.6亿美元的收入,大豆、玉米和油菜分别减产大约1 860万吨、310万吨和144万吨,同时不得不增加其他除草剂的用量(相当于增加使用820万千克活性成分),这将使环境受到直接影响,而且净负环境影响商数会提高12.4%,另外,因为燃料使用增加和土壤碳汇减少,碳排放也会增加,相当于在公路上增加1 177万辆汽车。

## 5 公共部门在转基因作物收益上的延迟

公共部门转基因作物的商业化受到各个国家/地区苛刻的法规的影响,包括黄金大米、Bt茄子、菜豆金色花叶病毒抗性豆和非洲的耐旱-抗虫复合性状玉米。印度延迟批准黄金大米造成每年1.99亿美元的感知成本,类似的情况也出现在高度缺乏维生素A的亚洲、拉美和非洲国家。大约140万名印度农民因为抗虫(Bt)茄子商业化的长期僵局而错失每年超过5亿美元的经济收益,讽刺的是,同样的产品在孟加拉国的商业化已经连续进行了三年,并且该国农民因此而减少了70%~90%的农药用量获得了每公顷1 868美元的经济收益。转基因菜豆金色花叶病毒抗性豆2011年在巴西获得了批准,为该国25 000个小农户带来了希望(这种技术能够有效控制破坏性病毒病,并使农民们从先前的巨大损失中恢复过来),不幸的是,到本文编写完成为止,尚无明确迹象表明这一技术将在不久的将来到达农民手中,这将扼杀它的经济和农业收益。始于2008年的非洲节水玉米项目专注于在非洲撒哈拉沙漠以南地区的南非、肯尼亚、乌干达、坦桑尼亚和莫桑比克开发耐旱-抗虫(Bt)的复合性状玉米,这种公-私合作方式有望解决该地区最棘手的两个问题——玉米的干旱和虫害,从而在非洲最快速地阻止饥饿和营养不良。公共部门这四个产品的目标是面向发展中国家穷困、营养不良的饥饿人口,因为这些人的生活处于险境,所以那些影响政府监管体系的批评家们无权因为理想主义和盲信就阻止这种技术。

## 6 结 论

持续激增的全球转基因作物种植和进口表明农民和消费者对转基因作物带来的农业、社会经济和环境效益以及粮食安全性和营养改善感到满意。确保现在和将来能够继续获得这些收益,取决于勤奋的、基于科学且富有远见的监管措施,重点关注收益而非风险,具有环保和可持续意识的农业生产力,最重要的是考虑数百万正亟待改善生活的饥饿的贫困人口。