

专 稿

2019 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

保障粮食安全和营养是各国克服饥饿和营养不良问题的关键。联合国估计,目前的高人口增长率、政治动荡、自然资源退化、被迫移民(从农场到城市社区),以及正在流行的新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情等各种挑战的相互作用将对粮食安全产生重大影响,可能会加剧全球的饥饿和营养不良问题。在农业、粮食、健康、水和卫生等部门,以及社会保护、发展规划和经济政策等政策领域应采取更大胆、有力的行动开展合作。

过去的23年(1996~2018年)已经证实了生物技术/转基因作物的社会效益,包括:(1)提高生产力,促进全球粮食、饲料和纤维安全;(2)支持一个国家耕地的自给自足;(3)保护生物多样性,防止森林砍伐,保护生物多样性保护区;(4)缓解与气候变化相关的挑战;(5)提高经济、健康和社会效益。

上述经济效益、健康改善和社会效益的相关信息的发布,可以帮助农民和消费者分别就种植和消费什么作物作出明智的选择,帮助决策者和监管机构为生物技术/转基因作物的商业化和种植制定生物安全指南,帮助科学传播者和媒体正确、有效地传播该技术的益处和潜力。

本报告报道了这一主题的最新信息,其中包括自1996年生物技术/转基因作物商业化的第一年以来有关转基因作物应用和分布情况的全球数据、各国情况和该技术的未来前景。

1 2019 年转基因作物应用概况

2019 年,全球转基因作物的种植面积略有下降,为 1.904 亿公顷

2019年是转基因作物商业化的第24年,29个国家种植了1.904亿公顷的转基因作物,与2018年的1.917亿公顷相比下降了0.7%(130万公顷/320万英亩)。转基因作物种植面积比1996年增加了约112倍,累计种植面积达27亿公顷,使生物技术成为世界上应用速度最快的作物技术。

转基因作物在五大种植国的应用率已经接近饱和

2019年,五大转基因作物种植国的转基因作物平均应用率再次上升,接近饱和:美国为95%(大豆、玉米和油菜的平均应用率),巴西为94%,阿根廷约100%,加拿大为90%,印度为94%。如果再进一步扩大这些国家的转基因作物面积,需要立即批准新的生物技术/转基因作物和性状并使其商业化,而这需要营养食品产量增加、气候变化有关问题的解决和新病虫害的出现等因素的推动。

共有 71 个国家/地区应用了转基因作物,其中 29 个国家/地区种植,另外 42 个国家/地区进口

29个国家/地区种植了1.904亿公顷的转基因作物,其中24个发展中国家和5个发达国家。发展中国家占全球转基因作物种植面积的56%,而发达国家为44%。另有42个国家/地区(16个国家/地区及26个欧盟国家)进口了用于食品、饲料和加工的转基因作物。

全球转基因作物种植面积的 48% 种植了转基因大豆

29个国家应用最多的转基因作物分别是大豆、玉米、棉花和油菜。转基因大豆是主要的转基因作物,有9190万公顷(种植面积占比48%),比2018年减少了4%,其次是玉米(6090万公顷)、棉花(2570万公顷)和油菜(1010万公顷)。根

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。

注3:本文编译:张恬(中国科学院文献情报中心);译校:张宏翔(中国科学院文献情报中心)。

据单种作物的种植面积计算,2019年,全球79%的棉花、74%的大豆、31%的玉米和27%的油菜是生物技术/转基因作物。

2019年转基因作物为消费者提供了更加多样化的选择

转基因作物已经扩展到四大作物(玉米、大豆、棉花和油菜)之外,为世界上许多消费者和食品生产商提供了更多的选择。这些转基因作物包括苜蓿(130万公顷)、甜菜(47.3万公顷)、甘蔗(2万公顷)、木瓜(1.2万公顷)、红花(3500公顷)、土豆(2265公顷)、茄子(1931公顷),以及不到1000公顷的南瓜、苹果和菠萝。此外,公共部门进行的转基因作物研究涉及水稻、香蕉、马铃薯、小麦、鹰嘴豆、木豆和芥菜,这些作物具有对发展中国家的食品生产者和消费者有益的各种经济和营养品质性状。

抗虫/耐除草剂(IR/HT)复合性状增长6%,占全球转基因作物种植面积的45%,超过了耐除草剂性状的种植面积

IR/HT复合性状增长了6%,相当于8510万公顷,覆盖了全球45%的转基因作物种植面积,这证明了农民更喜欢不用耕作和减少杀虫剂使用的智慧农业。大豆、油菜、玉米、苜蓿和棉花的耐除草剂性状直到2018年仍是主要性状。2019年,耐除草剂作物种植面积减少至8150万公顷(43%)。全球约有12%的地区种植了抗虫性状。2019年批准进口和/或种植的新性状包括:含有草甘膦和异氟醚的IR/HT/HT复合性状棉花、含有IR/叠加型HT(草甘膦、草铵膦、麦草畏、2,4-D)及其中间转化体的玉米、含有叠加型IR(鞘翅目、半翅目和鳞翅目)/HT(草甘膦、草铵膦)及其中间转化体的玉米、耐盐和耐除草剂的大豆和抗虫甘蔗,以上性状都在巴西;阿根廷的耐除草剂和油质改良的油菜;美国的低棉酚棉花。

排名前五位的国家(美国、巴西、阿根廷、加拿大和印度)种植了全球91%的转基因作物

2019年,美国以7150万公顷的转基因作物种植面积排名第一,其次是巴西(5280万公顷)、阿根廷(2400万公顷)、加拿大(1250万公顷)和印度(1190万公顷)(表1),总计1.727亿公顷,占全球种植面积的91%。生物技术使这5个国家的19.5亿人口受益,占目前世界76亿人口的26%。

表1 2019年全球生物技术/转基因作物种植面积(按国家分类)

排名	国家	种植面积(百万公顷)	转基因作物
1	美国*	71.5	玉米、大豆、棉花、苜蓿、油菜、甜菜、马铃薯、木瓜、南瓜、苹果
2	巴西*	52.8	大豆、玉米、棉花、甘蔗
3	阿根廷*	24.0	大豆、玉米、棉花、苜蓿
4	加拿大*	12.5	油菜、大豆、玉米、甜菜、苜蓿、马铃薯
5	印度*	11.9	棉花
6	巴拉圭*	4.1	大豆、玉米、棉花
7	中国*	3.2	棉花、木瓜
8	南非*	2.7	玉米、大豆、棉花
9	巴基斯坦*	2.5	棉花
10	玻利维亚*	1.4	大豆
11	乌拉圭*	1.2	大豆、玉米
12	菲律宾*	0.9	玉米
13	澳大利亚*	0.6	棉花、油菜、红花
14	缅甸*	0.3	棉花
15	苏丹*	0.2	棉花
16	墨西哥*	0.2	棉花
17	西班牙*	0.1	玉米
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
22	马拉维	<0.1	棉花
23	葡萄牙	<0.1	玉米
24	印度尼西亚	<0.1	甘蔗
25	孟加拉国	<0.1	茄子
26	尼日利亚	<0.1	棉花
27	埃斯瓦蒂尼	<0.1	棉花
28	埃塞俄比亚	<0.1	棉花
29	哥斯达黎加	<0.1	棉花、凤梨
	总计	190.4	

* 19个种植面积在5万公顷以上的转基因作物种植大国

美国对转基因大豆、玉米和棉花的平均应用率达到 95%

2019 年,美国转基因作物种植面积为 7 150 万公顷,占全球总面积的 38%,主要作物平均应用率为 94%,与 2018 年相似。种植的转基因作物有大豆(3 043 万公顷,比 2018 年减少 360 万公顷)、玉米(3 317 万公顷)、棉花(531 万公顷)、油菜(80 万公顷)、甜菜(45.41 万公顷)、苜蓿(128 万公顷)、马铃薯(1 780 公顷)、木瓜和南瓜各约 1 000 公顷,以及苹果 265 公顷。

美国新批准的生物技术作物和性状包括:美国农业部对阿根廷 HB4 耐旱大豆(2018 年阿根廷和 2019 年巴西已经批准)的商业化批准;具有低棉酚含量 TAM66274 转化体的转基因棉花获得美国农业部动植物卫生检验局的非监管状态批准,并获得美国食品药品监督管理局(FDA)批准在本国商业化并用于人类食品和动物饲料;另一个防褐变苹果品种 Arctic® Gal a 被批准商业化,Intrexon 公司还成功地将这种防褐变性状引入到 GreenVenus™ 生菜中。

巴西的转基因作物种植面积扩大到 5 280 万公顷

巴西种植的 5 280 万公顷转基因作物(比 2018 年增加了 160 万公顷,即 3%)包括:3 510 万公顷大豆(首次超过美国转基因大豆面积)、1 630 万公顷玉米、140 万公顷棉花和约 18 000 公顷抗虫甘蔗。巴西已将转基因授权程序系统化,并延长了国家生物安全技术委员会(CNTBio)作出决定的最后期限,这将允许申请人提交关于新数据的任何附加信息,以确保申请符合新的条件。

阿根廷转基因作物的应用率保持在 100%

2019 年,阿根廷的转基因作物种植面积比 2018 年增加了 11 万公顷,为 2 390 万公顷,占全球的 13%。种植的转基因作物包括:大豆(1 750 万公顷)、玉米(590 万公顷)、棉花(48.5 万公顷)和苜蓿(阿根廷首次种植 1 000 多公顷),平均应用率接近 100%。2019 年阿根廷政府通过阿根廷国家农业生物技术咨询委员会(CONABIA)批准了 9 项生物技术申请,包括:6 个玉米转化体、2 个棉花转化体和 1 个大豆转化体。一个含有耐旱基因 HB4 的小麦转化体获得了全面的技术批准,但尚待农业工业部下属的国家农业食品市场指导委员会(DNMA)的商业批准。

加拿大的转基因甜菜种植面积增加了 23%

由于总种植面积和转基因大豆种植面积减少,2019 年加拿大转基因作物种植面积略有下降(从 2018 年的 1 275 万公顷下降至 1 246 万公顷),大豆面积减少是由于种植季天气不稳定造成的,转基因玉米、油菜和紫花苜蓿的种植面积略有增加,而甜菜则达到 23% 的最高增幅,Inmate® 马铃薯在 2019 年仅种植了 40 公顷。2019 年的平均应用率为 90%,较 2018 年下降了 2%。加拿大新的和即将批准的转基因作物和转化体包括:(a)耐农达除草剂的 Truflec 油菜(种植面积将达到 40.4 万公顷);(b)两种高油酸大豆品种的批准。2019 年,加拿大卫生部批准了含有维生素 A 原转化体 GR2E 的转基因黄金大米,这一决定与 2017 年澳大利亚新西兰食品标准局(FSANZ)的批准一致。另外,加拿大食品检验局(CFIA)和加拿大卫生部(HC)批准了一种拜耳作物科学公司的棉花产品用作加工原料。

印度抗虫(Bt)棉花应用率达到 94%

印度抗虫(Bt)棉花的应用率在过去五年几乎稳定在 95% 左右。2019 年,超过 600 万农民种植了 1 190 万公顷的转基因棉花,应用率为 94%,这反映了农民的持续信心以及他们从该技术中获得的利益,他们也因此需要其他生物技术/转基因作物来为他们提供利润并帮助改善生活状况。2017 年,一些农民团体在 Kharif 中部和南部地区的主要棉花种植区种植了未经批准的复合性状抗虫(Bt)/耐除草剂棉花,并进行了许多抗议活动以推动复合性状的批准。此外,粘虫感染范围的扩大也迫使政府制定控制策略,例如种植抗虫作物。

拉美 10 国种植了 8 390 万公顷的转基因作物

拉丁美洲 10 个国家在 2019 年种植了转基因作物,包括:巴西(5 280 万公顷)、阿根廷(2 400 万公顷)、巴拉圭(410 万公顷)、玻利维亚(140 万公顷)、乌拉圭(120 万公顷)、墨西哥(22.3 万公顷)、哥伦比亚(101 188 公顷)、智利(41 093 公顷)、洪都拉斯(37 386 公顷)和哥斯达黎加(297 公顷),总面积 8 390 万公顷,占全球总种植面积的 44%。大多数拉丁美洲国家生物技术作物面积的增加弥补了 2017 年和 2018 年大面积干旱造成的损失。此外,扶持性法规,当地和国际市场的盈利能力、高价格和高市场需求,玉米、大豆和棉花的新种子技术,农民补贴信贷和该行业的外国投资,有利的天气,改进的农艺措施和高效的化肥施用鼓励了巴西、阿根廷、巴拉圭、墨西哥、哥伦比亚和洪都拉斯的农民种植转基因作物。在玻利维亚,2019 年转基因大豆面积的增加是由于经历了两年极端干旱之后天气条件的好转。此外,玻利维亚政府支持大豆生产商,批准了两种新的遗传改良大豆转化子的种植,以提高其生物燃料产量。在未来,应用耐旱大豆将有助于拉美国家克服旱灾。

亚太地区 9 个国家种植了 1 950 万公顷转基因作物

在亚太地区,印度的种植面积最大(1 190 万公顷棉花),其次是中国(320 万公顷棉花和木瓜)、巴基斯坦(250 万公顷棉花)、菲律宾(87.5 万公顷玉米)、澳大利亚(614 446 公顷棉花、油菜和红花)、缅甸(30 万公顷棉花)、越南(92 000 公顷玉米)、印度尼西亚(2 000 公顷耐旱甘蔗)和孟加拉国(1 931 公顷茄子)。亚太地区 2019 年的种植面积为 1 950 万公顷,占全球总种植面积的 10.2%,比 2018 年增加了 2%。有利的全球棉花价格对印度和中国的转基因棉花应用产生了积极影响。公众对清洁、无害化生产的转基因茄子的接受,激励了孟加拉国更多的农民。在越南,进口玉米的高价格和粘虫虫害的日益严重使本国转基因玉米的种植面积有所增加。在印度尼西亚,耐旱甘蔗的种植仅限于国有农场,因此限制了其为该国制糖工业作出贡献。澳大利亚 2019 年生长季节持续的极端干旱影响了油菜和棉花的种植面积(转基因作物和常规作物),澳大利亚的棉花种植面积是有记录以来最小的,但由于更好的杂草控制和更高的利润,转基因油菜的应用率升高。缅甸的 Bt 棉花种植面积略有减少。新的生物技术棉花品种以及新批准的生物安全框架可以增加未来的种植面积。

非洲生物技术作物种植国增加了 100%

非洲大陆仍然是最有潜力从现代农业生物技术中获益的地区。2019 年,非洲农民对转基因作物的认识和认可程度有所提高,因此,非洲大陆种植转基因作物的国家数量翻了一番,从 2018 年的 3 个增加到 6 个。种植面积从高到低依次是南非(270 万公顷的玉米、大豆和棉花)、苏丹(236 200 公顷的抗虫/Bt 棉花)、马拉维(6 000 公顷)、尼日利亚(700 公顷)、埃塞瓦蒂尼(401 公顷)和埃塞俄比亚(311 公顷),总计 290 万公顷,占全球总种植面积的 1.54%。尼日利亚对 Bt 抗螟虫豇豆的批准是 2019 年的一个重要里程碑。莫桑比克的耐旱玉米,以及肯尼亚和卢旺达的抗褐条病木薯继续从限制性田间试验过渡到环境释放阶段。加纳和尼日尔为促进生物技术作物的研发和应用而改进了生物安全法规。包括赞比亚在内的一些国家还支持生物技术作物的贸易以保障其粮食安全。

欧盟两个国家继续种植了 111 883 公顷的转基因玉米

在过去的 24 年里,欧盟对生物技术/转基因作物的接受程度并没有提高,欧洲种植转基因作物是由于欧洲玉米螟的侵扰,自 2016 年以来,只有西班牙和葡萄牙种植了转基因 Bt 玉米。2019 年,西班牙和葡萄牙分别种植了 107 130 公顷和 4 753 公顷的转基因玉米,共计 111 883 公顷,比 2018 年减少了 7.5%。由于市场对非转基因原料的需求,种植转基因玉米的积极性下降,但从阿根廷、巴西和美国进口的原料主要是转基因原料。欧盟每年进口 3 000 万吨大豆和大豆产品(其中 90% ~ 95% 为转基因产品),进口 1 000 万吨 ~ 2 000 万吨玉米产品(其中 20% ~ 25% 为转基因产品),进口 250 万吨 ~ 500 万吨油菜籽产品(近 25% 为转基因产品),主要用于饲料。由于欧盟法规没有改变,也没有批准种植的迹象,而且反对生物技术作物的行动仍然强劲,预计这种情况还会持续下去。2018 年初,六种转基因作物获准进入欧盟用于食物和饲料用途,包括四种大豆转化体、一种油菜和一种玉米(更新)。2019 年底前,两个新的玉米品种和三个已获授权的玉米和甜菜的更新品种获批用于食物和饲料用途。

2 用于食物、饲料、加工和种植用途的转基因作物转化体批准状况

总计 71 个国家/地区(29 个种植国 + 41 个非种植国 + 欧盟 26 国,欧盟算为一个国家)对用于人类食物、动物饲料和商业种植用途的转基因作物签发了监管批文(表 2)。自 1992 年以来,除了康乃馨、玫瑰和矮牵牛外,监管部门已经批准了 4 485 项批文,涉及 29 种转基因作物的 403 个转化体。

在这些批文中,2 115 项用于食物(直接使用或加工),1 514 项用于饲料(直接使用或加工),856 项用于环境释放或种植。美国批准的转基因转化体数量最多(仅限单一性状),其次是日本(不包括批准的复合型和叠加型转化体的中间转化体)、加拿大、巴西和韩国。

转化体获批数量最多的仍然是玉米(35 个国家/地区批准了 146 个转化体),其次是棉花(27 个国家/地区批准了 66 个转化体)、马铃薯(13 个国家/地区批准了 49 个转化体)、大豆(31 个国家/地区批准了 38 个转化体)、油菜(15 个国家/地区批准了 38 个转化体)。

不同国家批准数量最多的前十个转化体包括:耐除草剂玉米转化体 NK603(在 28 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得 61 个批文)、耐除草剂大豆 GTS 40-3-2(在 28 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得 57 个批文)、抗虫玉米 MON810(在 27 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得 55 个批文)、耐除草剂和抗虫玉米 TC1507(在 27 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得 55 个批文)、耐除草剂和抗虫玉米 Bt11(在 26 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得 54 个批文)、抗虫玉米 MON89034(在 25 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得

51 个批文)、耐除草剂玉米 GA21(在 24 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得 50 个批文)、耐除草剂大豆 A2704-12(在 25 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得 45 个批文)、耐除草剂和抗虫玉米 MON88017(在 24 个国家/地区 + 欧盟 28 国获得 45 个批文)。

表 2 用于食物、饲料、种植/环境用途的转基因作物转化体批准状况

国家/地区	批准转化体数量			合计
	粮食	饲料	种植	
美国*	183	178	178	539
日本**	186	177	130***	493
加拿大	147	138	144	429
巴西	111	111	106	328
韩国	157	148	0	305
菲律宾	116	114	14	244
墨西哥	188	29	14	231
阿根廷	77	69	75	221
欧盟	100	101	4	205
澳大利亚	118	18	39	175
其它	732	431	152	1 315
合计	2 115	1 514	856	4 485

* 美国仅批准单一转化体。

** 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)以及日本卫生劳动福利部(MHLW)的网站。然而,从获批叠加型转化体衍生的中间转化体如果未出现在 MHLW 中,那么这些中间转化体则不包括在我们的数据库中。另外,从 1992 年开始,已经过期失效的批准纳入我们的数据库中,而 JBCH 的记录始于 2004 年。

*** 尽管日本已经批准种植,但目前还没有种植转基因作物。

3 转基因作物在应对粮食安全、可持续发展和气候变化问题上的贡献

由于转基因作物对环境、人类和动物健康,以及对改善农民和公众的社会经济条件的巨大益处,全球都在应用转基因作物。在过去 23 年(1996~2018 年)中,转基因作物为全球带来了 2 249 亿美元的经济效益,惠及 1 600 万~1 700 万农民(其中 95% 来自发展中国家)。

转基因作物通过以下方式应对粮食安全、可持续发展和气候变化问题做出贡献:

- 增加作物生产率。1996~2018 年,作物产量增加了 8.22 亿吨,价值 2 249 亿美元,其中,仅 2018 年就增产 8 690 万吨,价值 189 亿美元。
- 保护生物多样性。1996~2018 年,节约了 2.31 亿公顷土地,仅 2018 年就节约了 2 430 万公顷土地。
- 改善环境。1996~2018 年,使农药活性成分用量减少了 7.76 亿千克,仅 2018 年就使农药的环境释放量减少了 5 170 万千克;1996~2018 年农药使用减少 8.3%,仅 2018 年就减少了 8.6%;1996~2018 年将环境影响商数(EIQ)降低 18.3%,仅 2018 年就降低了 19%。
- 减少二氧化碳排放。2018 年减少二氧化碳排放 230 亿公斤,相当于一年减少了 1 530 万辆汽车上路。
- 缓解贫困。通过改善 1 600 万~1 700 万小农户及其家庭(即 6 500 万以上的全世界最贫困人口)的经济状况,帮助减轻贫困(Brookes,2020 年)。

因此,生物技术/转基因作物能够对科学界提倡的“可持续集约化”战略有所贡献,使目前全球 15 亿公顷耕地的生产力和产量得以提高,从而拯救森林和生物多样性。尽管转基因作物是必不可少的,但也不是万能的,对待转基因作物要像传统作物一样,坚持采用良好的耕作实践,例如轮作管理和抗性管理。

4 1996~2018 年,转基因作物的经济收益达到 2 250 亿美元

1996 年至 2018 年,转基因作物种植国共获得经济效益 2 249 亿美元,其中获益最大的几个国家依次是:美国(959 亿美

元)、阿根廷(281 亿美元)、巴西(266 亿美元)、印度(243 亿美元)、中国(232 亿美元)、加拿大(97 亿美元)和其他国家(232 亿美元)元。仅 2018 年,有六个国家从转基因作物获得的经济收益最多,分别是:美国(78 亿美元)、巴西(38 亿美元)、阿根廷(24 亿美元)、印度(15 亿美元)、中国(15 亿美元)、加拿大(9 亿美元)和其他国家(10 亿美元),总计 189 亿美元 (Brookes, 2020 年)。

5 结 论

《2019 年全球粮食不安全报告》显示,联合国千年发展目标(MDG)在 2015 年截止时并未实现,2018 年全球仍有超过 8.2 亿人处于饥饿状态,这使得 2030 年零饥饿目标难以实现。《2019 年世界粮食安全和营养状况报告》也显示,10 多年来世界饥饿减少的趋势已经结束,饥饿状况再次上升。全球营养不良的流行程度已趋于稳定,不幸的是,营养不良人口的绝对数继续缓慢上升。

区域细节显示,在几乎所有非洲地区,营养不良几率最高接近 20%。其次是亚洲,特别是西亚地区,自 2010 年以来,该地区人口的营养不良比例持续上升,直至超过 12%。拉丁美洲和加勒比地区的饥饿率也在缓慢上升,接近 7%。令人沮丧的是,超过 20 亿人无法定期获得安全、营养和充足的食物,其中包括北美和欧洲 8% 的人口。经济放缓和经济衰退极大地加重了粮食不安全性和营养不良的可能性,这种不良影响率在低收入国家还要高出 20%。此外,气候变化正在严重影响全球粮食生产,在玉米、水稻、大豆和春小麦的生长季节,气候因素的逐年变化对产量波动的影响可以占到 20%~49%。

因此,在生物技术/转基因作物商业化(用于粮食、饲料和加工的种植和进口)的第 24 年,1.904 亿公顷的种植面积会有助于缓解上述问题。从 1996 年到 2019 年,转基因作物种植面积累计达到 27 亿公顷,继续为全球 77 亿人口提供食物、饲料和避难所;使 1 800 万农民及其家庭(其中 95% 为小农)获得了 2 294 亿美元的经济效益(1996~2018 年);向消费者提供新的生物技术作物和性状,以维持充足、有营养的食物;向农民提供改良的农艺性状,以减轻与气候变化有关的生物和非生物农业问题。

公众接受度和政府的扶持政策是转基因作物的农业、社会经济和环境效益惠及穷人和饥饿者的关键。更重要的是,区域性监管数据的协调共享将加快生物安全决策。确保上述效益的持续,还取决于科学、前瞻的监管流程,批判性地看待利益而不是风险,环保和可持续发展的农业生产力,最重要的是要考虑到数以百万计的饥饿和贫困人口对资源的需求。