



肖滢,孙思奇,崔思宇,程金魁,陈丽梅.转基因玉米和大豆产业化现状与展望[J].中国农业大学学报,2025,30(09):1-14.

XIAO Ying, SUN Siqi, CUI Siyu, CHENG Jinkui, CHEN Limei. Current status and future prospects of industrialization of genetically modified corn and soybean[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(09): 1-14.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.09.01

转基因玉米和大豆产业化现状与展望

肖滢^{1,2} 孙思奇^{1,2} 崔思宇^{1,2} 程金魁^{1,2} 陈丽梅^{1,2*}

(1. 中国农业大学生物学院/植物抗逆高效全国重点实验室,北京100193;

2. 中国农业大学作物功能基因组与分子育种研究中心,北京100193)

摘要 为全面了解转基因玉米和大豆国内、国际的产业化历程及现状,以“转基因作物”、“生物育种产业化”和“转基因生物安全”等关键词在农业农村部、中国知网和国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)网站检索2006—2024年国内外关于转基因玉米和大豆种植、监管及产业化相关文献,并查询中华人民共和国海关总署和AgbiolInvestor GM Monitor网站相关数据,综合分析转基因玉米和大豆转化体性状、种植面积、产量、经济效益和政策监管等方面的现状,并对我国转基因玉米和大豆产业化前景进行展望。结果表明:全球抗虫、耐除草剂玉米和大豆转化体分别占已获得安全证书的玉米、大豆转化体总和的75.5%、86.2%,在农业生产中已被广泛应用。1996—2024年,全球转基因玉米和大豆种植面积及产量增长迅速,转基因玉米种植面积增加6 804万hm²,单产提升了0.73 t/hm²;转基因大豆种植面积增加1.05亿hm²,单位面积产量增加0.67 t/hm²。美国、巴西和阿根廷3个国家的转基因玉米和大豆种植应用率均在90%以上;近5年,3个国家的转基因玉米和大豆平均出口额分别为432.69亿、512.67亿和103.92亿美元。我国已审批通过42个转基因玉米和大豆的安全证书,抗虫耐除草剂玉米和大豆在产业化试点中增产降本效果显著,应在合理的监管制度下大面积推广。综上,扩面提速推进我国转基因玉米和大豆产业化有利于耕地资源的开发利用和产业的蓬勃发展,建议加强校企合作并不断完善监督管理体系,促进转基因玉米和大豆科技成果转化。

关键词 转基因;玉米;大豆;生物育种;产业化

中图分类号 S-1

文章编号 1007-4333(2025)09-0001-14

文献标志码 A

Current status and future prospects of industrialization of genetically modified corn and soybean

XIAO Ying^{1,2}, SUN Siqi^{1,2}, CUI Siyu^{1,2}, CHENG Jinkui^{1,2}, CHEN Limei^{1,2*}

(1. College of Biology Science/State Key Laboratory of Plant Environmental Resilience, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Center for Crop Functional Genomics and Molecular Breeding, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract In order to have a comprehensive understanding of the domestic and international industrialization process and current situation of genetically modified (GM) corn and soybean, this study conducted a literature search using keywords such as “genetically modified crops”, “biotechnology industrialization”, and “genetically modified biosafety” in the databases of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People’s Republic of China, China National Knowledge Infrastructure (CNKI), and the International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) for relevant domestic and foreign literature on the cultivation, supervision, and

收稿日期: 2025-02-05

基金项目: 甘肃省联合科研基金重大项目(24JRRA835);农业生物育种国家科技重大专项(2023ZD04028, 2023ZD04071)

第一作者: 肖滢(ORCID:0009-0006-4372-9186),助理工程师,主要从事植物分子生物学及生物安全管理,E-mail:maizebio@cau.edu.cn

通讯作者: 陈丽梅(ORCID:0000-0001-8734-3820),教授,主要从事植物抗逆信号转导研究和生物安全管理,E-mail:lmchen@cau.edu.cn

industrialization of GM corn and soybeans from 2006 to 2024. This study also queried the relevant data from the General Administration of Customs of the People's Republic of China and the AgbiolInvestor GM Monitor website. The current situation of GM corn and soybean traits, planting area, yield, economic benefits, and policy supervision were analyzed, and the industrialization of GM corn and soybeans in China was prospected. The following conclusions are drawn: The global insect-resistant and herbicide-tolerant GM corn and soybeans accounted for 75.5% and 86.2% of the total number of GM corn and soybean transformation bodies that have obtained safety certificates, respectively, and have been widely used in agricultural production. From 1996 to 2024, the global planting area and yield of GM corn and soybeans have increased rapidly. The planting area of GM corn increased by 68.04 million hm^2 , and the yield per unit area increased by 0.73 t/hm^2 ; the planting area of GM soybeans increased by 105 million hm^2 , and the yield per unit area increased by 0.67 t/hm^2 . The application rates of genetically modified corn and soybeans in the United States, Brazil and Argentina are all over 90%. In the past five years, their average export values of genetically modified corn and soybeans have been 43.269 billion, 51.267 billion and 10.392 billion US dollars, respectively. China has approved 42 safety certificates and varieties for GM corn and soybeans. In the industrialization pilot projects, insect-resistant and herbicide-tolerant GM corn and soybeans have shown significant effects in increasing yield and reducing costs. They should be widely promoted under a reasonable regulatory system. In conclusion, accelerating the industrialization of GM corn and soybeans in China is conducive to the development and utilization of arable land resources and the vigorous development of the industry. It is recommended to strengthen cooperation between scientific institution and enterprises and continuously improve the supervision and management system for the promotion of the transformation of GM corn and soybean technology.

Keywords genetically modified; corn; soybean; biological breeding; industrialization

随着生物育种技术的不断进步,转基因和基因编辑技术已成为提升农作物产量和品质的关键手段。这些技术以其快速、简便和精确的特性,成功培育出众多高产且优质的作物品种^[1]。玉米(*Zea mays* L.)和大豆(*Glycine max* L.)作为全球重要的粮食作物、饲料来源和工业原料,是目前全球转基因产业化程度最高的2种作物,在全球转基因产业化中占据着举足轻重的地位,其种植面积的持续增长将进一步提升全球粮食产量^[2]。自1996年美国首次实现转基因玉米的商业化种植以来,转基因作物的种植面积呈现持续增长的趋势,并已扩展至美国、巴西、阿根廷、加拿大和印度等多个国家^[3]。

在中国,玉米和大豆的种植区域广泛,用途多样,需求量巨大,因此,推进可持续发展的转基因玉米和大豆产业化是保障粮食安全、提升农业竞争力、推动农业高质量发展的重要战略举措,具有多维度的深远意义。1999年,“国家转基因植物研究与产业化”专项开始实施,初步建立了玉米、大豆等主要农作物转基因安全技术体系,为转基因植物产业化奠定了基础^[4]。2016年,国务院印发《“十三五”国家科技创新规划》^[5],提出加大转基因玉米和大豆研发力度,推进新型抗虫玉米、耐除草剂大豆等重

大产品的产业化。2021年,我国启动转基因玉米和大豆产业化的试点工作,标志着转基因玉米和大豆产业化应用进入了新的发展阶段^[6]。目前,有关转基因玉米和大豆的研究多聚焦于科学研究与技术研发方面,对于其产业化进展的报道相对较少。本研究在中华人民共和国农业农村部、中国知网和国际农业生物技术应用服务组织(International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, ISAAA)数据库获得2006—2024年国内外关于转基因玉米和大豆种植、监管及产业化的相关文献,并查询中华人民共和国海关总署和AgbiolInvestor GM Monitor等网站相关数据,从育种性状和转化体数量、播种面积和产量、经济效益和政策监管等多个维度综合分析国内外转基因玉米和大豆产业化发展现状,旨在全面了解转基因玉米和大豆国内、国际的产业化历程及现状,以期为我国玉米和大豆转基因研究及生物育种产业化提供参考。

1 文献数据来源

在农业农村部、中国知网和国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)数据库以“转基因作物”“生物育种产业化”“转基因生物安全”“农作物品

种审定”“genetically modified (GM)”“agricultural biotechnology”等为关键词,检索2006—2024年国内外关于转基因玉米和转基因大豆种植、监管及产业化的相关文献47篇。在AgbioInvestor GM Monitor网站查询全球1996—2024年转基因玉米和转基因大豆种植面积及产量等数据;查询“中华人民共和国农业农村部转基因权威关注”网站,汇总我国2016—2024年转基因作物安全证书审批信息;整理国家统计局数据中我国(未包含香港、澳门和台湾地区,下同)2016—2023年玉米和大豆种植面积及产量数据;利用中华人民共和国海关总署数据查询我国2016—2023年玉米和大豆进出口总量及金额等数据。

2 全球转基因玉米与大豆产业化现状

2.1 转化体性状

根据国际农业生物技术应用服务组织(ISAAA)数据库(<https://www.isaaa.org/gmap-provaldatabase/>)信息,截至2024年,全球累计批准的商业化大豆转基因事件(转化体)总数为56个,玉米转化体则达到307个。耐除草剂及抗虫性状在农业生产市场上应用广泛,它们在转基因玉米和大豆产业增产降本进程中发挥至关重要的作用,分别占已批准玉米和大豆转化体总数的75.5%和86.2%。此外,抗逆和品质改良也是转基因玉米和大豆产业化热点性状。值得注意的是,单个转化体能够复合多个优良性状,如耐除草剂、抗虫以及品质改良等。转基因玉米和大豆的耐除草剂特性主要以耐受草甘膦和草铵膦为主。草甘膦抗性相关的基因包括*mepsps*、*2mepsps*、*cp4 epsps*、*epsps grg23ace5*、*gat4621*以及*goxv247*,草铵膦抗性则涉及*pat*、*pat(syn)*和*bar*基因^[7]。鳞翅目和鞘翅目害虫是影响玉米产量和品质的关键因素,而含有*Cry*、*Vip*抗虫基因的转基因玉米,能够有效地防治这些害虫。已有研究报告,表达*Cry1Ab*的转基因玉米品种对欧洲玉米螟和西南玉米秆草螟的田间防控效率可达99%以上,并对草地贪夜蛾及美洲棉铃虫具有一定的防控效果;表达*Cry1F*的转基因玉米品种对欧洲玉米螟、西南玉米秆草螟、小蔗秆草螟和草地贪夜蛾具有极佳的防控效果,田间防控效率达到99%以上,对豆纹缘夜蛾表现出中等水平的抗性^[8]。表达*Vip3A*的转基因玉米品种对草地贪夜蛾和美洲棉铃虫的防

控效率均在99%以上^[8]。商业化转基因大豆中的抗虫基因主要来源于苏云金芽孢杆菌,相关抗虫基因包括*Cry1Ac*、*cry1A.105*和*cry2Ab2*等,可有效防治鳞翅目害虫^[9]。

2.2 种植区域及产量

据AgbioInvestor GM Monitor网站(<https://gm.agbioinvestor.com/gm-production>)统计,2024年,美国、巴西和阿根廷是全球转基因作物种植面积排名前三的国家,其转基因玉米和大豆的种植面积均占本国玉米和大豆种植总面积的90%以上;在欧洲,包括法国、德国、波兰、捷克共和国和罗马尼亚在内的多个国家也曾小面积种植转基因玉米。从区域分布来看,南美洲以巴西和阿根廷为主要种植国家,拥有全球最大的转基因大豆和玉米种植面积;北美洲以美国和加拿大为主要种植国家,排在全球种植面积第二位;非洲则位列第三。亚洲和欧洲则主要种植转基因玉米,且应用率相对较低(表1)。

1996—2024年,全球转基因玉米和大豆的种植面积及产量均呈现显著的增长趋势。具体来看,转基因玉米的种植面积从1996年的32万hm²增长至2024年的6 836万hm²。在产量方面,转基因玉米的年产量从235万t增加至5.52亿t,单位面积产量提升了0.73 t/hm²,增产率达到了9.1%。对于转基因大豆而言,其种植面积从1996年的52万hm²增长至2024年的1.05亿hm²。其年产量从130万t增加至3.34亿t,单位面积产量增加了0.67 t/hm²,增产比例高达21.2%(图1)。

2.3 经济效益

据统计,1996—2020年,全球玉米产量因转基因技术增加了约3.3亿t,而大豆产量增加了约5.9亿t,这些产量的增加为农业经济领域贡献了超过2 000亿美元的价值^[10]。巴西、阿根廷和美国是转基因玉米和大豆的主要出口国。2022年,巴西的转基因玉米主要出口到伊朗、西班牙和日本,而其转基因大豆超过90%出口至中国,出口额高达318.49亿美元,其转基因玉米和大豆加工产品也出口到欧盟和亚洲其他国家^[11]。阿根廷作为世界转基因玉米和大豆的净出口国之一,其转基因玉米主要出口到越南和韩国,而转基因大豆则主要销往中国和巴拉圭^[12]。2021年,美国生产的转基因玉米和大豆主要销往中国和墨西哥,

表1 2024年全球商业化种植转基因玉米和大豆的国家

Table 1 Global commercial planting of genetically modified corn and soybean countries in 2024

区域 Region	国家 Country	转基因玉米 GM corn		转基因大豆 GM soybean	
		种植面积/万 hm ² Planted area	应用率/% Adoption	种植面积/万 hm ² Planted area	应用率/% Adoption
南美洲 South America	巴西 Brazil	2 021	96	4 569	99
	阿根廷 Argentina	693	99	1 621	99
	巴拉圭 Paraguay	60	80	6.5	99
	乌拉圭 Uruguay	23	99	129	98
	哥伦比亚 Colombia	14	36		
	玻利维亚 Bolivia			179	97
	洪都拉斯 Honduras	6.7	20		
	智利 Chile	0.5	10	0.1	100
北美洲 North America	美国 United States	3 480	94	3 345	96
	加拿大 Canada	132	89	187	81
非洲 Africa	南非 South Africa	220	83	109	95
亚洲 Asia	菲律宾 Philippines	71	28		
	中国 China	67	1	4	<1
	越南 Vietnam	43	50		
欧洲 Europe	西班牙 Spain	6.5	23		
	葡萄牙 Portugal	0.1	1		

注:数据来自 AgbioInvestor GM Monitor 网站(<https://gm.agbioinvestor.com/gm-production>)。下同。
Note: Data from AgbioInvestor GM Monitor website (<https://gm.agbioinvestor.com/gm-production>). The same below.

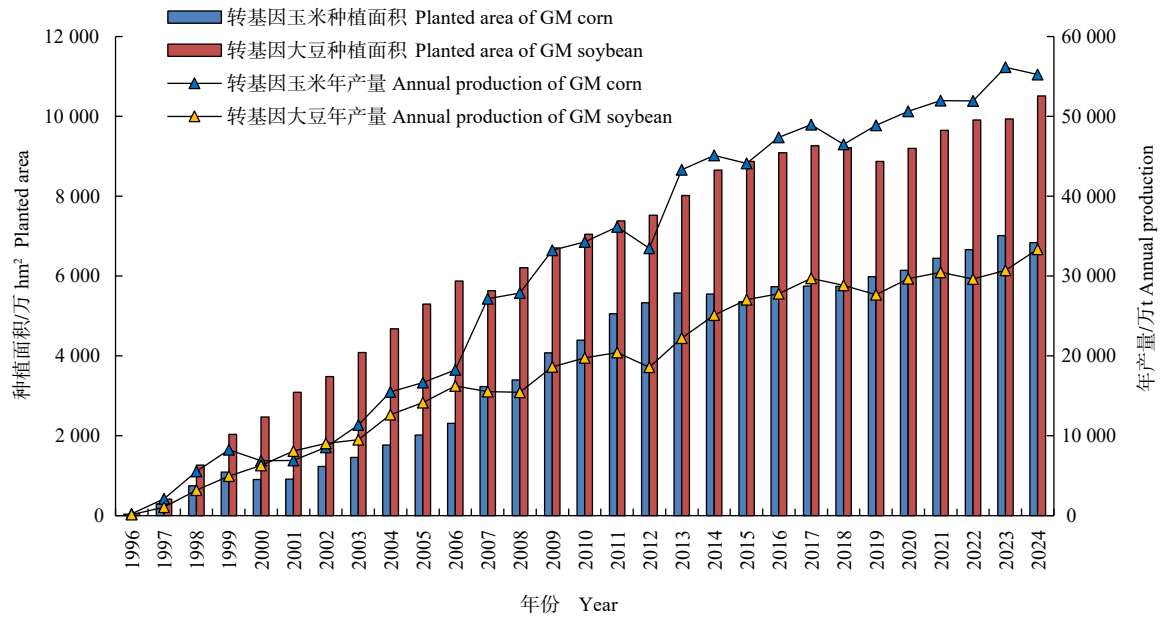


图1 1996—2024年全球转基因玉米和大豆种植面积及年产量

Fig. 1 Global planted area and annual production of genetically modified corn and soybean from 1996 to 2024

其中对中国的转基因玉米和大豆出口额分别达到 50.99 亿和 141.02 亿美元^[13]。南非的转基因玉米主要销往日本及亚洲其他国家^[14]。墨西哥作为全球排名第二的转基因玉米进口国和排名第三的转基因大豆进口国,近年来进口额仍在不断增加。2021 年,墨西哥的转基因玉米进口量达到 1 740 万 t,价值 51 亿美元;转基因大豆进口量为 560 万 t,价值 31 亿美元^[15]。欧盟不出口任何转基因作物或植物,但每年进口超过 3 000 万 t 大豆和豆粕以及 1 200 万~2 500 万 t 玉米和玉米加工产品,其中转基因大豆产品约占 90%~95%,转基因玉米产品约占 20%^[16]。英国主要进口谷物和油籽衍生物用于牲畜饲料,2021 年进口的大豆和豆粕

约 2 700 万 t,其中转基因大豆产品约占 80%~90%^[17]。新西兰在 2021 年进口了约 38.47 万 t 转基因豆粕等加工产品,主要用于家禽和猪的饲料,其大豆相关产品主要进口自阿根廷^[18]。

2016—2024 年,美国、巴西及阿根廷转基因玉米和大豆出口额整体呈现波动形式。美国、巴西分别是转基因玉米、大豆最大的出口国,2021 年美国转基因玉米出口额为 194.56 亿美元,2023 年巴西转基因大豆出口额更是高达 532.35 亿美元。近 5 年,这 3 个国家转基因玉米平均出口额分别为 150.85 亿、90.82 亿和 70.45 亿美元,转基因大豆平均出口额分别为 281.84 亿、421.85 亿和 33.47 亿美元(图 2 和图 3)。

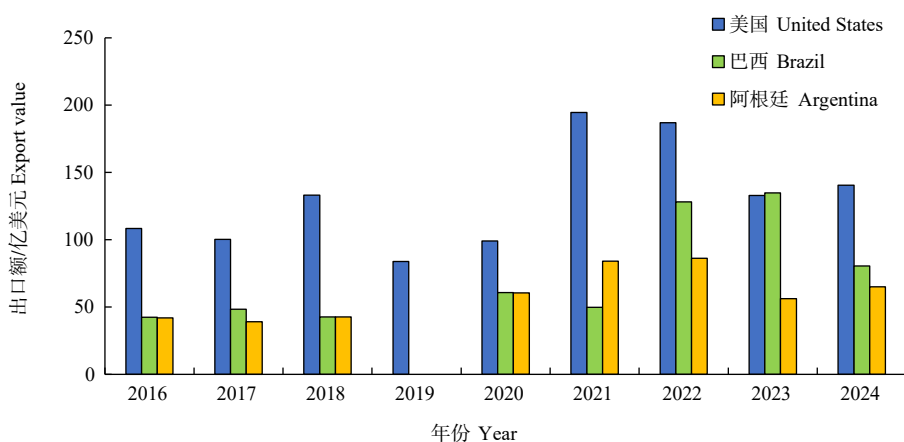


图 2 2016—2024 年美国、巴西和阿根廷转基因玉米出口额

Fig. 2 The export value of genetically modified corn from the United States, Brazil and Argentina from 2016 to 2024

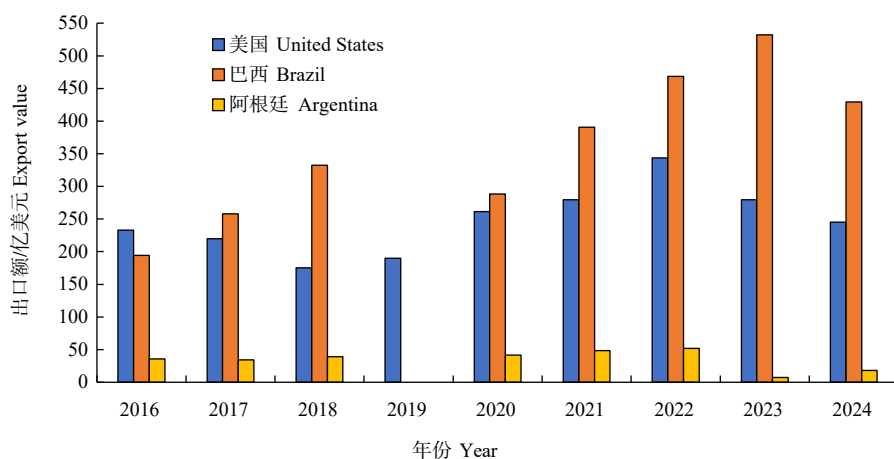


图 3 2016—2024 年美国、巴西和阿根廷转基因大豆出口额

Fig. 3 The export value of genetically modified soybean from the United States, Brazil and Argentina from 2016 to 2024

2.4 政策及监管

在南美洲及北美洲转基因玉米和大豆种植应用率高的国家对转基因作物产业化的监管与政策属于“宽松型”^[19]。在巴西,生物技术的应用由不同的政府部门和监管机构进行管理,包括环境部(Ministry of Environment, MMA)、农业牲畜和食品供应部(Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply, MAPA)、科学技术和创新部(Ministry of Science, Technology and Innovations, MCTI)和卫生部(Ministry of Health, MH)^[11]。2018年1月,巴西国家生物技术安全委员会(Brazilian National Bio-safety Technical Committee, CTNBio)对规范性决议第16号文件进行了更新,新文件规定当未引入外源基因时,新育种技术作物和产品不应当作转基因作物进行监管^[20]。这一政策的出台,侧重于最终产品的特性,而非生产过程,进一步简化了基因编辑作物的管理程序。2018年,阿根廷发布了第26号决议,该决议允许阿根廷进口尚未在国内获批准、但在其他国家已获批准的转基因大豆^[12]。2020—2021年,阿根廷政府更新了其生物技术监管框架,对不含外源DNA的基因编辑作物作为常规植物进行监管^[21]。美国作为全球最早实施转基因生物安全监管的国家之一,在1986年首次颁布了《生物技术协调管理框架》^[22],由美国农业部(United States Department of Agriculture, USDA)、食品与药物管理局(Food and Drug Administration, FDA)和环境保护局(Environmental Protection Agency, EPA)3个部门分工协作,共同监管。2020年,美国农业部发布生物技术作物管理新规,明确转基因广泛使用的标记基因、启动子和终止子及绝大部分基因编辑突变类型可免除监管^[23]。加拿大则侧重于监管最终产品,2018年加拿大卫生部发布新政策,表示符合非新型食品定义的基因编辑作物可按传统作物管理,不需要上市前进行安全评估^[18]。

南非设立执行委员会(the Executive Council, EC)、咨询委员会(the Advisory Council, AC)和转基因生物注册局(the “GMO” Registrar)规范转基因生物管理。由这些机构制定要求和标准对转基因生物及其产品进行风险评估,预防潜在风险,减少可能对环境、人类健康和动物健康的有害后

果^[14]。欧盟对农作物应用转基因生物技术一直持谨慎保守的态度,严格管控转基因作物种植,但允许进口转基因饲料^[16]。2020年,英国离开欧盟后,加快了生物技术领域的立法进程,宣布减少对转基因植物田间试验的行政审批并将基因编辑生物管理程序简化,以期采用更科学的方法来监管生物技术^[17]。

3 我国转基因玉米与大豆产业化现状

3.1 转基因玉米及大豆品种

我国审批的农业转基因生物安全证书有效期一般为5年,分为进口和生产应用。申请农业转基因生物安全证书(进口)的转基因生物用作于加工原料,此类证书大多由国际公司申请,如先正达农作物保护股份公司、拜耳作物科学公司、科迪华农业科技有限责任公司等。获得农业转基因生物安全证书(生产应用)的转基因作物可在证书规定的有效区域内规范种植,已审批通过的大豆转化体有15个,玉米转化体有27个。主要申报性状为生产应用广泛的抗虫和耐除草剂,占已批准大豆和玉米转化体总数的83.3%(表2)。2023年10月17日,中华人民共和国农业农村部在第五届国家农作物品种审定委员会第四次审定会议上初审通过了37个转基因玉米品种和14个转基因大豆品种,并于2023年12月7日进行了公告^[24]。2024年3月19日,农业农村部公示了第五届国家农作物品种审定委员会第六次品种审定会议初审通过的转基因玉米、大豆品种及相关信息,其中包括27个转基因玉米和3个转基因大豆品种^[25]。2025年4月8日,《关于第五届国家农作物品种审定委员会第九次品种审定会议初审通过品种的公示》^[26]中,97个转基因玉米品种和2个转基因大豆品种通过初审,标志着我国转基因玉米和大豆研发应用步入快车道。这些公示的转基因玉米和大豆品种主要为育种企业所创制,由传统优良品种与转化体杂交/回交转育而来。转基因玉米品种的转化体来源主要包括“DBN9936”、“瑞丰125”、“ND207”、“Bt11×GA21”、“Bt11×MIR162×GA21”和“DBN3601T”,目标性状主要为抗虫及耐除草剂,其中主要抗虫类型有抗亚洲玉米螟、抗黏虫及抗棉铃虫。转基因大豆品种转化体来源主要为“DBN9004”和“中黄6106”,目标性状为耐除草剂(表2)。

表2 获得农业转基因生物安全证书(生产应用)的玉米和大豆转化体清单

Table 2 List of corn and soybean converters that have received agricultural GMO safety certificates (production applications)

序号 Number	作物 Crop	转化体名称 Event	基因 Gene	性状 Trait	类型 Type	申报机构 Applicant
1	玉米	DBN9501	<i>vip3Aa19, pat</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京大北农生物技术有限公司
2	玉米	瑞丰 8(GAB-3)	<i>cry1Ab, cry2Ab</i>	抗虫	转基因	杭州瑞丰生物科技有限公司
3	玉米	DBN9936	<i>cry1Ab, epsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京大北农生物技术有限公司
4	玉米	瑞丰 125	<i>cry1Ab/cry2Aj</i>	抗虫	转基因	杭州瑞丰生物科技有限公司
5	玉米	DBN3601T	<i>cry1Ab, epsps, vip3Aa19, pat</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京大北农生物技术有限公司
6	玉米	nCX-1	<i>CdP450, cp4epsps</i>	耐除草剂	转基因	杭州瑞丰生物科技有限公司
7	玉米	Bt11×GA21	<i>cry1Ab, pat, mepsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	中国种子集团有限公司
8	玉米	Bt11×MIR162×GA21	<i>cry1Ab, pat, vip3Aa20, mepsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	中国种子集团有限公司
9	玉米	GA21	<i>mepsps</i>	耐除草剂	转基因	中国种子集团有限公司
10	玉米	瑞丰 8×nCX-1	<i>cry1Ab, cry2Ab, CdP450, cp4epsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	杭州瑞丰生物科技有限公司
11	玉米	瑞丰 125×nCX-1	<i>cry1Ab/cry2Aj, g10eco-epsps, CdP450, cp4epsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	杭州瑞丰生物科技有限公司
12	玉米	LP026-2	<i>cry2Ab, cry1Fa, cry1Ab, epsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	隆平生物技术(海南)有限公司
13	玉米	LW2-1	<i>epsps, pat</i>	耐除草剂	转基因	隆平生物技术(海南)有限公司
14	玉米	WYN17132	<i>am79epsps</i>	耐除草剂	转基因	浙江新安化工集团股份有限公司
15	玉米	WYN041	<i>cry1Ab, am79epsps</i>	耐除草剂	转基因	浙江新安化工集团股份有限公司
16	玉米	BBL2-2	<i>cry1Ab, cry3Bb, cp4epsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京奥瑞金种业股份有限公司、中国农业科学院生物技术研究所、北京博艾远上生物科技有限公司
17	玉米	DBN9858	<i>epsps, pat</i>	耐除草剂	转基因	北京大北农生物技术有限公司
18	玉米	BFL4-2	<i>cry1Ab, cry1F, cp4epsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京国丰生物科技有限公司
19	玉米	CC-2	<i>maroACC</i>	耐除草剂	转基因	北京粮元生物科技有限公司
20	玉米	ND207	<i>mcry1Ab, mcry2Ab</i>	抗虫	转基因	北京粮元生物科技有限公司
21	玉米	ND207×CC-2	<i>mcry1Ab, mcry2Ab, maroACC</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京粮元生物科技有限公司
22	玉米	QY2569-42	<i>vip3Aa-k1, cry1Ab, pat</i>	抗虫耐除草剂	转基因	青岛清原种子科学有限公司
23	玉米	ZZM032	<i>bar, epsps</i>	耐除草剂	转基因	中国种子集团有限公司
24	玉米	MZIR260	<i>eCry1Gh, IIg-03</i>	抗虫	转基因	中国种子集团有限公司

表 2 (续)

序号 Number	作物 Crop	转化体名称 Event	基因 Gene	性状 Trait	类型 Type	申报机构 Applicant
25	玉米	KJ1003	<i>cry1A, 105, cry2Ab2, vip3Aa19, cp4epsps</i>	抗虫耐除草剂	转基因	科稷达隆(北京)生物技术有限公司
26	玉米	179AC19-13-13	<i>Br2</i>	产量性状改良	基因编辑	山东舜丰生物科技有限公司
27	玉米	KN-NL4-2	<i>ZmNL4</i>	产量性状改良	基因编辑	未来生物科技(海南)有限公司、华中农业大学
28	大豆	SHZD3201 (SHZD32-01)	<i>g10evo-epsps</i>	耐除草剂	转基因	上海交通大学
29	大豆	DBN8002	<i>mvip3Aa, pat</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京大北农生物技术有限公司
30	大豆	DBN9004	<i>epsps, pat</i>	耐除草剂	转基因	北京大北农生物技术有限公司
31	大豆	CAL16	<i>cry1Ab/vip3Da</i>	抗虫	转基因	杭州瑞丰生物科技有限公司
32	大豆	中黄 6106	<i>g2-epsps, gat</i>	耐除草剂	转基因	中国农业科学院作物科学研究所、中国种子集团有限公司
33	大豆	WYN341GmC	<i>cp4epsps</i>	耐除草剂	转基因	浙江新安化工集团股份有限公司
34	大豆	WYN029GmA	<i>mam79epsps</i>	耐除草剂	转基因	浙江新安化工集团股份有限公司
35	大豆	25T93-1	<i>GmELF3a</i>	生理性状改良	基因编辑	山东舜丰生物科技有限公司
36	大豆	P16	<i>GmFAD2-1A, GmFAD2-1B</i>	品质性状改良	基因编辑	苏州齐禾生物科技有限公司
37	大豆	AE15-18-1	<i>gmfad2-1a, gmfad2-1b</i>	品质性状改良	基因编辑	山东舜丰生物科技有限公司
38	大豆	DBN9004×DBN8002	<i>epsps, pat, mvip3Aa, pat</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京大北农生物技术有限公司
39	大豆	DBN8205	<i>cry1Ac, cry2Ab2, pat</i>	抗虫耐除草剂	转基因	北京大北农生物技术有限公司
40	大豆	XP-2	<i>CdP450, cp4epsps</i>	耐除草剂	转基因	杭州瑞丰生物科技有限公司
41	大豆	QH64112	<i>GmLn</i>	产量性状改良	基因编辑	苏州齐禾生物科技有限公司、北京齐禾禾生科生物技术有限公司
42	大豆	E001SYFT	<i>GmEI, GmEILb</i>	生理性状改良	基因编辑	中国种子集团有限公司

注:数据来自中华人民共和国农业农村部(<http://www.moa.gov.cn/ztl/zjqwgz/spxx/>),截至2024年。
Note: Data are adapted from the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China (<http://www.moa.gov.cn/ztl/zjqwgz/spxx/>). As of 2024.

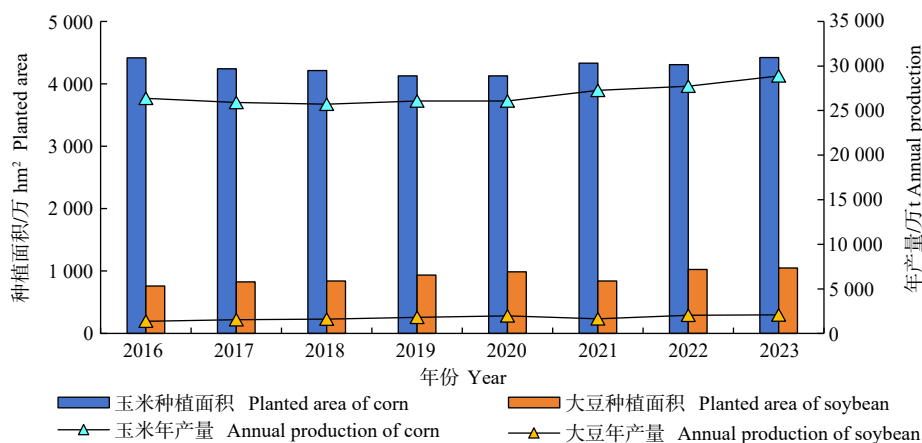
3.2 种植面积及产量

2023年,我国豆类种植面积达到了1 047万 hm^2 ,比2022年增加23万 hm^2 ,增长率为1.0%。其中,大豆的播种面积为635万 hm^2 ,比上年增加140万 hm^2 ,增长幅度为2.2%。玉米的种植面积为4 422万 hm^2 ,比上年增加了115万 hm^2 ,增长了2.7%。2023年,在粮食产量方面,我国共收获了6.95亿t,其中玉米产量为2.89亿t,比上年增加了1 164万t,增长率为4.2%。豆类产量为2 084万t,比上年增加了56万t,增长了2.8%(图4)。2023年,我国大豆的单产为1.99 t/ hm^2 ;2016—2023年,我国玉米的单产从5.97 t/ hm^2 增长到6.53 t/ hm^2 。

我国转基因玉米和大豆的种植目前正处于产业化试点阶段。2021年,农业农村部启动了转基因玉米和大豆的产业化试点工作,试点面积约为13.33 hm^2 (200亩)。2022年,试点范围扩展至内蒙古、云南等省(自治区)的农户大田,面积增加至6 666.67 hm^2 (10万亩)。2023年,试点进一步扩展至河北、内蒙古、吉林、四川、云南5个省(自治区)的

20个县,并在甘肃省安排制种,转基因试点面积大幅增加,最终推广面积约为27万 hm^2 (400万亩)左右^[27]。2024年,我国的生物育种玉米、大豆种植省份扩大至8个,种植面积扩大至67万 hm^2 (1 000万亩)左右^[28]。同年,玉米重大病虫害防控技术方案提出,在生物育种品种批准种植区域,优先选择农业农村部审定的转基因抗虫品种^[29]。

转基因玉米生产试验的平均单产集中在9.75~12.75 t/ hm^2 (650~850 kg/亩),相比对照增产幅度较大,部分品种增产可达9.6%~11.0%;生产试验中转基因大豆的单产可达3.00 t/ hm^2 (200 kg/亩)左右,比对照增产约6.5%^[24-25]。在2021年,我国产业化试点种植的转基因玉米对草地贪夜蛾的防治效果显著,超过了85%,并且实现了6.7%~10.7%的增产。转基因大豆通过喷施除草剂,其耐受除草效果达到了95%以上,除草成本减半,同时实现了12%的增产^[30]。2023年,试点转基因玉米和大豆对鳞翅目害虫的防治效果提升至90%以上,除草效果保持在95%以上,增产幅度在5.6%~11.6%^[31]。



数据来自国家统计局(<https://data.stats.gov.cn/adv.htm?m=advquery&cn=C01>)。

Data are adapted from National Bureau of Statistics (<https://data.stats.gov.cn/adv.htm?m=advquery&cn=C01>).

图4 2016—2023年我国玉米和大豆种植面积及产量

Fig.4 Corn and soybean planting area and yield in China from 2016 to 2023

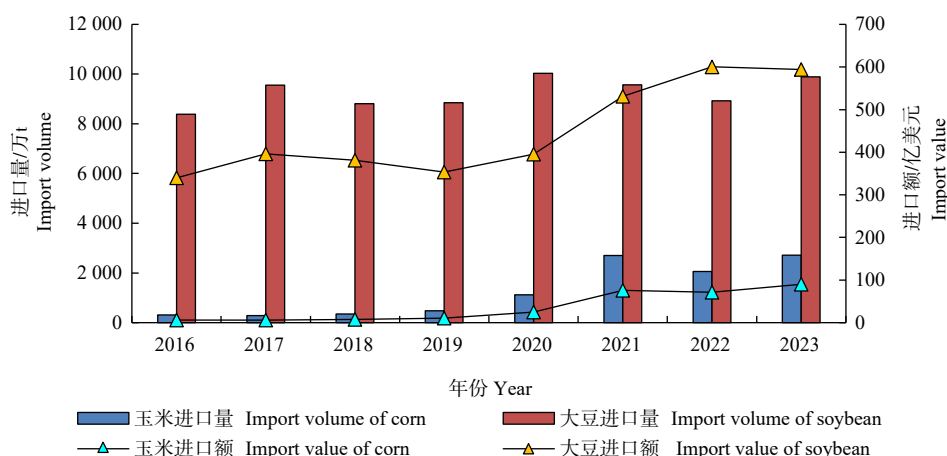
3.3 消费市场

2016—2023年,我国玉米消费结构保持相对稳定,2023年我国玉米总消费量约为2.85亿t,其中饲用消费、深加工、种用及食用、损耗量分别占总消费量的66%、28%、4%及2%^[32]。玉米作为我国养殖业最主要的饲料来源,其饲用消费呈现稳步增长的趋势。在深加工领域,玉米的深加工产品种类已超过400种,主要包括

淀粉类产品和酒精类产品,其他类产品包括赖氨酸、柠檬酸、味精等,因此,玉米成为我国深加工链条最长、产品最多的作物^[33]。尽管我国的玉米产量基本能够满足市场需求,但随着消费市场的增加,近几年玉米的进口量有所上升,进口价格也呈现小幅度上涨(图5)。2023年,我国玉米进口总量达到了创纪录的2 713万t,同比增长31.6%。

长期以来,我国大豆的需求量较大,属于大豆进口大国^[34]。大豆是重要的粮油兼用作物,我国大豆消费包括食用消费及压榨消费,两者占到大豆总消费量的95%以上^[35]。食用消费主要为满足居民植物蛋白需求,我国国产大豆80%用于制作传统豆制品和调味品,进口大豆主要补充食用植物油和饲

料蛋白的缺口。压榨消费可分为食用豆油压榨及豆粕消费,其中进口大豆年度压榨消费量占压榨消费总量的98%,豆粕则用作饲料配方中的蛋白来源^[36]。2016—2023年我国各类大豆年均进口量为9 250万t,进口量较为稳定,进口价格则由404.96美元/t上涨到了600.70美元/t(图5)。



数据来自中华人民共和国海关总署(<http://stats.customs.gov.cn/>)。

Data are adapted from the General Administration of Customs of the People's Republic of China(<http://stats.customs.gov.cn/>).

图5 2016—2023年我国玉米和大豆进口情况

Fig.5 Import situation of corn and soybean in China from 2016 to 2023

3.4 政策监管

2017年,国务院对《农业转基因生物安全管理条例》^[37]进行了修订,明确了国务院农业行政主管部门负责全国农业转基因生物安全的监督管理工作,县级以上地方各级人民政府的农业行政主管部门负责本行政区域内的农业转基因生物安全的监督管理工作^[38]。基于此,农业农村部相继出台了《农业转基因生物安全评价管理办法》^[39]、《农业转基因生物进口安全管理办法》^[40]、《农业转基因生物标识管理办法》^[41]以及《农业转基因生物加工审批办法》^[42]等配套管理办法。此外,海关总署也发布了《进出境转基因产品检验检疫管理办法》^[43]。农业转基因生物根据其对人体、动植物、微生物和生态环境的危险程度,被划分为I、II、III、IV共4个等级,安全评价分为试验研究、中间试验、环境释放、生产性试验和安全认证5个阶段^[39]。农业转基因生物的生产应用需经农业农村部委托的技术检测机构从分子特征、食用安全和环境安全方面检测合格并获得安全证书后,还需根据农业转基因生物安全管理规定进行标注^[41]。2022年1月24日,农业农村

部发布了《农业用基因编辑植物安全评价指南(试行)》^[44],2023年4月28日又发布了《农业用基因编辑植物评审细则(试行)》^[45],简化了未引入外源基因的基因编辑植物安全证书审批流程,进一步推动了我国生物育种技术研发与产业化发展的进程。

4 我国转基因玉米与大豆产业化展望

4.1 深入推进科企合作

我国已初步构建起一套独立且完整的生物育种研发体系,掌握了包括抗病虫、耐除草剂、抗旱耐盐以及营养品质改良等关键基因的自主知识产权和核心技术^[6]。以企业为主导研发的抗虫、耐除草剂转基因玉米和大豆品种,在生产试验和产业化试点中已展现出显著的抗虫、耐除草剂和增产效果。我国科技创新资源主要集中在科研机构 and 高等院校,未来需进一步整合科研单位、高校与企业的科技资源,深化科企合作,构建以企业为龙头的玉米和大豆生物育种创新体系。通过“产学研用”的深度融合,可以更有效地发掘优异种质资源和基因,培育出更多具有抗逆性强、产量高、品质优的品种。

同时,以企业为主体推动转基因玉米和大豆的产业化发展,开启“种子+栽培+农化”的协同发展新模式,实现种业创新体系与全产业链体系建设的一体化发展^[46]。

4.2 开发利用耕地资源

受限于我国总耕地面积,大豆的种植面积难以实现大幅度提升。在这一背景下,推广种植转基因玉米和大豆显得尤为重要,这不仅能够充分利用我国的耕地资源,还有望创造产量的新纪录。首先,通过种植具有抗病、抗虫和耐密特性的转基因玉米和大豆,可以在不增加种植面积的前提下,确保稳定的产量并实现增产。其次,种植抗虫和耐除草剂的品种有助于减少农药的使用,有助于缓解土地退化,实现农业可持续发展。此外,开发和应用耐盐碱、耐旱等抗逆的转基因玉米和大豆品种,有助于作物适应更多样化的自然环境,实现玉米和大豆播种面积和单产的双提升。

4.3 竞争国际消费市场

当前,全球已有71个国家应用了转基因技术,42个国家批准了转基因农产品的商业化应用^[6]。尽管墨西哥、日本和欧洲在转基因玉米和大豆的产业化方面进展缓慢,但它们却是转基因产品的重要进口国,这表明转基因作物在全球范围内拥有庞大的消费市场。在巴西、阿根廷和美国这些耕地资源丰富的国家,转基因玉米和大豆的种植应用率均超过90%,通过出口这些转基因作物,也获得了可观的外汇收入。我国在转基因玉米和大豆的产业化进程中起步较晚,与上述国家在单产上存在一定差距。在未实施转基因玉米和大豆产业化之前,我国的玉米供应基本能够满足国内需求,而大豆则严重依赖进口。随着转基因玉米和大豆产业化的推进,预计我国玉米和大豆产业将迎来快速的增长,在一定程度上能够弥补国内市场的供需缺口。更为重要的是,我国拥有完善的玉米和大豆加工产业链,能够将这些原料加工成多样化的产品,增强我国在国际农业产业市场上的竞争力。

4.4 不断完善监管体系

转基因玉米和大豆的商业化发展已近30年,其食用安全性已得到广泛验证。尽管如此,关于减少生物多样性、基因漂移以及转基因引发的环境污染等风险的讨论仍然存在。面对这些转基因生物安全问题,我国始终保持着严谨的态度,确保产业化

应用的规范和有序进行。2021年,在产业化试点的生物环境试点中,我国采取了更为严格的管理措施,实施了“统一供种、统一收购、统一技术规范”的策略,并且定期进行巡查指导和监督检查,以防止非法扩散^[32]。2022年,根据《农业农村部办公厅关于印发2022年农业转基因生物监管工作方案的通知》,要进一步加强研究试验监管,严格南繁基地监管,严格品种审定管理,强化种子生产经营监管,严格进口加工监管,并做好种植区域的跟踪监测^[47]。

保障公众的知情权是推动转基因玉米和大豆产业化发展的关键因素之一。根据相关法律规定,对转基因农产品及其加工食品进行规范标注,确保了消费者在购买相关产品时的知情权和选择权^[39]。随着转基因玉米和大豆产业化应用的深入及普及,预计我国将进一步完善科学严谨的安全监管体系。在此基础上,转基因玉米和大豆产业化有望在遵循合理合规原则的前提下,实现稳定而有序的发展。

5 展望

在我国推广种植转基因玉米和大豆品种,既符合国家农业发展的实际情况,也能有效缓解国内粮油消费需求的压力,增强我国在国际农产品市场的话语权与产业竞争力,进而提升农业经济效益。此外,通过科学利用现有耕地资源、挖掘土地生产潜力,提高土地单位面积产出效率,对保障粮食安全与农业可持续发展具有战略意义。尽管我国在转基因玉米和大豆产业化方面起步较晚,但在育种领域已建立了坚实的基础,并成功培育出一系列抗虫、耐除草剂的新品种。这些品种在试点种植中已经展现出积极的影响和明显的增产效果。因此,应充分利用这些优势,鼓励企业与科研机构合作,将研究成果转化为实际的农业应用,开发出更多优质的转基因玉米和大豆品种。在推进转基因玉米和大豆产业化的过程中,应进一步完善法律法规,实施科学严谨的监管措施,以确保农业的可持续发展。

参考文献 References

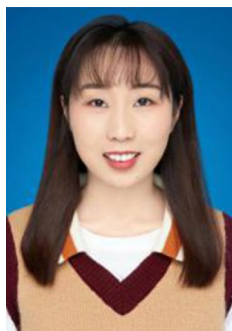
- [1] 胡江,钱前.作物生物育种科技发展的现状及展望[J].中国基础科学,2022,24(6):1-8
Hu J, Qian Q. Development status and prospect of bio-breeding in crops[J]. *China Basic Science*, 2022, 24(6): 1-8 (in Chinese)
- [2] Cheng X R, Li H H, Tang Q L, Zhang H W, Liu T, Wang Y H. Trends in

- the global commercialization of genetically modified crops in 2023[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2024, 23(12): 3943-3952
- [3] 金文涌, 叶凤林, 刘定富, 陆永良, 应继锋. 中美转基因作物产业化最新进展[J]. 中国种业, 2022(9): 1-6
- Jin W Y, Ye F L, Liu D F, Lu Y L, Ying J F. The latest progress of genetically modified crops industrialization in China and the United States[J]. *China Seed Industry*, 2022(9): 1-6 (in Chinese)
- [4] 中华人民共和国科学技术部. 十五“国家转基因植物研究与产业化”专项取得丰硕成果[EB/OL]. [2006-12-29]. https://www.most.gov.cn/kjbgz/200612/t20061228_39284.html
- Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. The "National Research and Industrialization of Transgenic Plants" project has achieved remarkable results[EB/OL]. [2006-12-29]. https://www.most.gov.cn/kjbgz/200612/t20061228_39284.html (in Chinese)
- [5] 中国政府网. 国务院关于印发“十三五”国家科技创新规划的通知[EB/OL]. [2016-08-08]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm
- Chinese government website. Notice of the State Council on Printing and Distributing the National Innovation-Driven Development Strategy Outline for the 13th Five-Year Plan Period[EB/OL]. [2016-08-08]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm (in Chinese)
- [6] 吉菁菁. 我国生物育种产业化迈出坚实一步[N]. 北京科技报, 2023-11-27(005)
- Ji J J. The industrialization of biological breeding in China has taken a solid step[N]. *Beijing Science and Technology News*, 2023-11-27(005) (in Chinese)
- [7] 于惠林, 吴孔明. 中国转基因大豆的产业化策略[J]. 生物技术通报, 2023, 39(1): 1-15
- Yu H L, Wu K M. Commercialization Strategy of Transgenic Soybean in China[J]. *Biotechnology Bulletin*, 2023, 39(1): 1-15 (in Chinese)
- [8] 李国平, 吴孔明. 中国转基因抗虫玉米的商业化策略[J]. 植物保护学报, 2022, 49(1): 17-32
- Li G P, Wu K M. Commercial strategy of transgenic insect-resistant maize in China[J]. *Journal of Plant Protection*, 2022, 49(1): 17-32 (in Chinese)
- [9] Bacalhau F B, Dourado P M, Horikoshi R J, Carvalho R A, Semeão A, Martinelli S, Berger G U, Head G P, Salvadori J R, Bernardi O. Performance of genetically modified soybean expressing the Cry1A, 105, Cry2Ab2, and Cry1Ac proteins against key lepidopteran pests in Brazil[J]. *Journal of Economic Entomology*, 2020, 113(6): 2883-2889
- [10] Brookes G. Farm income and production impacts from the use of genetically modified (GM) crop technology 1996-2020[J]. *GM Crop and Food*, 2022, 13(1): 171-195
- [11] Aquino C. United States Department of Agriculture. Agricultural Biotechnology Annual: Brazil[R/OL]. (2022-12-27)[2024-12-27]. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Brasilia_Brazil_BR2022-0064.pdf
- [12] Yankelevich A. United States Department of Agriculture. Agricultural Biotechnology Annual: Argentina[R/OL]. (2022-12-27)[2024-12-27]. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Buenos%20Aires_Argentina_AR2022-0023.pdf
- [13] United States Department of Agriculture. Adoption of Genetically Engineered Crops in the U. S. [R/OL]. (2023-04-10)[2024-04-10]. <https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-u-s/>
- [14] Esterhuizen D. United States Department of Agriculture. Agricultural Biotechnology Annual: South Africa-Republic of [R/OL]. (2022-11-14)[2024-11-14]. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Pretoria_South%20Africa%20-%20Republic%20of_SF2022-0033.pdf
- [15] Arnaiz A O. United States Department of Agriculture. Agricultural Biotechnology Annual: Mexico[R/OL]. (2022-12-30)[2024-12-30]. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Mexico%20City_Mexico_MX2022-007
- [16] Fertig E. United States Department of Agriculture. Agricultural Biotechnology Annual: European Union [R/OL]. (2022-12-31)[2024-12-30]. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Brussels%20USEU_European%20Union_11-20-2020
- [17] Kay Eleanor. United States Department of Agriculture. Agricultural Biotechnology Annual: United Kingdom[R/OL]. (2022-12-30)[2024-12-30]. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_London_United%20Kingdom_UK2022-0033.pdf
- [18] Hall Robere. United States Department of Agriculture. Agricultural Biotechnology Annual: New Zealand [R/OL]. (2022-11-14)[2024-11-14]. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Wellington_New%20Zealand_NZ2022-0013.pdf
- [19] 李红杰, 贾亚男, 张彦军, 王兴荣, 陈丽梅. 国内外转基因与基因编辑作物监管现状[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(9): 1-11
- Li H J, Jia Y N, Zhang Y J, Wang X R, Chen L M. Regulatory status of GM and gene-edited crops at domestic and abroad [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(9): 1-11 (in Chinese)
- [20] Nepomuceno A L, Fuganti-Pagliarini R, Felipe M S S, Molinari H B C, Velini E D, Pinto E R C, Dagli M L Z, Andrade-Filho G, Fernandes P M B. Brazilian biosafety law and the new breeding technologies[J]. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 2020, 7(2): 204-210
- [21] Ahmad A, Munawar N, Khan Z, Qusmani A T, Khan S H, Jamil A, Ashraf S, Ghouri M Z, Aslam S, Mubarak M S, Munir A, Sultan Q, Abd-Elsalam K A, Qari S H. An outlook on global regulatory landscape for genome-edited crops[J/OL]. *International Journal of Molecular Sciences*, (2021-10-29). DOI:doi.org/10.3390/ijms22111753
- [22] Executive Office of the President. Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology[EB/OL]. (1986-06-26)[2024-12-26]. http://www.aphis.usda.gov/brs/fedregister/coordinated_framework.pdf
- [23] Animal and Plant Health Inspection Service, United States Department of Agriculture. Movement of certain genetically engineered organisms[EB/OL]. [2020-05-18]. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-05-18/pdf/2020-10638.pdf>
- [24] 中华人民共和国农业农村部. 关于第五届全国农作物品种审定委员会第四次审定会议初审通过品种的公示[EB/OL]. (2023-10-17)[2024-12-17]. http://www.zys.moa.gov.cn/gsgg/202310/t20231017_6438401.htm
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Publicity on the varieties approved at the fourth certification meeting of the Fifth National Crop Variety Certification Committee[EB/OL]. (2024-10-17)[2023-10-17]. http://www.zys.moa.gov.cn/gsgg/202310/t20231017_6438401.htm (in Chinese)
- [25] 中华人民共和国农业农村部. 关于第五届全国农作物品种审定委员会第六次审定会议初审通过品种的公示[EB/OL]. (2024-03-19)[2024-12-19].

- http://www.zys.moa.gov.cn/gsgg/202403/t20240319_6451755.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Publicity on the varieties approved at the sixth certification meeting of the Fifth National Crop Variety Certification Committee[EB/OL]. (2024-03-19) [2024-12-19]. http://www.zys.moa.gov.cn/gsgg/202403/t20240319_6451755.htm (in Chinese)
- [26] 中华人民共和国农业农村部. 关于第五届国家农作物品种审定委员会第九次品种审定会议初审通过品种的公示[EB/OL]. (2025-04-08)[2025-04-08]. http://www.zys.moa.gov.cn/gsgg/202504/t20250408_6472948.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Public Notice on the Varieties Preliminarily Approved at the 9th Variety Approval Meeting of the 5th National Crop Variety Approval Committee[EB/OL]. (2025-04-08)[2025-04-08]. http://www.zys.moa.gov.cn/gsgg/202504/t20250408_6472948.htm (in Chinese)
- [27] 余胜良. 5省试点转基因玉米大豆明年有望技术收费[N]. 证券时报, 2023-08-25(A06)
Xu S L. Five provinces are expected to pilot genetically modified corn and soybeans next year[N]. *Securities Times*, 2023-08-25(A06) (in Chinese)
- [28] 张琦. 积极推动生物育种产业化扩面提速[J]. 人民论坛, 2024 (18):88-92
Zhang Q. Actively promote the industrialization of biological breeding expansion speed[J]. *People's Tribune*, 2024 (18):88-92 (in Chinese)
- [29] 中华人民共和国农业农村部. 2024年玉米重大病虫害防控技术方案[R/OL]. (2024-03-08)[2024-12-08]. http://www.moa.gov.cn/gk/nszd_1/nszd_2/202403/t20240308_6450963.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Technical plan for controlling major maize pests and diseases in 2024[R/OL]. (2024-03-08)[2024-12-08]. http://www.moa.gov.cn/gk/nszd_1/nszd_2/202403/t20240308_6450963.htm (in Chinese)
- [30] 于文静. 重科学严监管, 打好种业翻身仗[N]. 人民日报, 2021-12-24(014)
Yu W J. Focus on science and strict supervision to fight for the success of the seed industry[N]. *People's Daily*, 2021-12-24(014) (in Chinese)
- [31] 中华人民共和国农业农村部. 农业农村部科技发展中心、全国农业技术推广服务中心负责人就推进生物育种产业化试点答记者问[EB/OL]. [2023-8-24]. http://www.moa.gov.cn/xw/zwtd/202308/t20230824_6434921.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. The person in charge of the Science and Technology Development Center of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs and the National Agricultural Technology Extension Service Center answered reporters' questions on promoting the pilot industrialization of biological breeding[EB/OL]. [2023-8-24]. http://www.moa.gov.cn/xw/zwtd/202308/t20230824_6434921.htm (in Chinese)
- [32] 张弓, 韩静波, 谷一凡. 研判我国玉米产销变化形势确保产业链供应链稳定运行: 兼析当前我国玉米供求存在的主要问题及风险点[J]. 价格理论与实践, 2024 (2):52-55
Zhang G, Han J B, Gu Y F. Analyzing the changes in production and sales of corn in China, ensuring the stable operation of the industry chain and supply chain: Analyze the main problems and risks in the current supply and demand of corn in China[J]. *Price: Theory & Practice*, 2024 (2): 52-55 (in Chinese)
- [33] 郭春爱. 中国玉米消费分析与展望[J]. 农业展望, 2016, 12(8):72-76
Guo C A. China's maize consumption and its prospect[J]. *Agricultural Outlook*, 2016, 12(8): 72-76 (in Chinese)
- [34] 姚伟, 刘玮. 新发展格局下我国大豆进口市场分析[J]. 对外经贸, 2023 (12): 6-9
Yao W, Liu W. Analysis of China's soybean import market under the new development pattern[J]. *Foreign Economy and Trade*, 2023 (12): 6-9 (in Chinese)
- [35] 于芮, 王斌, 王建忠, 王畅. 我国大豆市场发展现状及建议[J]. 合作经济与科技, 2021 (19):92-93
Yu R, Wang B, Wang J Z, Wang C. Development status and suggestions of soybean market development in China[J]. *Co-operative Economy & Science*, 2021 (19):92-93 (in Chinese)
- [36] 刘冬竹, 王辽卫, 郑祖庭. 中长期我国大豆市场供需趋势预测[J]. 中国粮食经济, 2021 (11):34-37
Liu D Z, Wang L W, Zheng Z T. Forecast of supply and demand trend in China's soybean market in the medium and long term[J]. *Chinese Grain Economy*, 2021 (11): 34-37 (in Chinese)
- [37] 中华人民共和国国务院. 农业转基因生物安全管理条例[EB/OL]. (2017-10-07) [2024-12-07]. <https://flk.npc.gov.cn/detail2.html?ZmY4MDgwODE2ZjNjYmIzYzAxNmY0MTIzNDhhYjE5NWU>
People's Republic of China State Council. Regulations on the Safety Management of Agricultural Genetically Modified Organisms[EB/OL]. (2017-10-07) [2024-12-07]. <https://flk.npc.gov.cn/detail2.html?ZmY4MDgwODE2ZjNjYmIzYzAxNmY0MTIzNDhhYjE5NWU> (in Chinese)
- [38] 中华人民共和国农业农村部. 农业转基因生物安全管理条例(2017年10月7日修订版)[EB/OL]. (2017-12-22)[2024-12-22]. http://www.moa.gov.cn/ztlz/zjyqwgz/zcfg/201007/t20100717_1601306.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. The State Council of the People's Republic of China. Regulations on administration of agricultural Genetically Modified Organisms safety (Revised October 7, 2017)[EB/OL]. [2017-12-22]. http://www.moa.gov.cn/ztlz/zjyqwgz/zcfg/201007/t20100717_1601306.htm (in Chinese)
- [39] 中华人民共和国农业农村部. 农业转基因生物安全评价管理办法(2022年1月21日修订版)[EB/OL]. (2022-01-21) [2024-12-21]. http://www.moa.gov.cn/ztlz/zjyqwgz/zcfg/202206/t20220607_6401864.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Administrative Measures for the Safety Evaluation of Agricultural Genetically Modified Organisms (Revised January 21, 2022)[EB/OL]. (2022-01-21) [2024-12-21]. http://www.moa.gov.cn/ztlz/zjyqwgz/zcfg/202206/t20220607_6401864.htm (in Chinese)
- [40] 中华人民共和国农业农村部. 农业转基因生物进口安全管理办法[EB/OL]. (2018-01-30)[2024-12-30]. http://www.kjs.moa.gov.cn/zcjd/201904/t20190418_6184802.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Measures for the administration of the safety import of agricultural Genetically Modified Organisms[EB/OL]. (2018-01-30) [2024-12-30]. http://www.kjs.moa.gov.cn/zcjd/201904/t20190418_6184802.htm (in Chinese)
- [41] 中华人民共和国农业农村部. 农业转基因生物标识管理办法(2017年11月30日修订版)[EB/OL]. (2018-01-30) [2024-12-30]. http://www.moa.gov.cn/ztlz/zjyqwgz/zcfg/201007/t20100717_1601302.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Measures for the administration of labeling of agricultural Genetically Modified Organisms (Revised November 30, 2017)[EB/OL]. (2018-01-30) [2024-12-30]. http://www.moa.gov.cn/ztlz/zjyqwgz/zcfg/201007/t20100717_1601302.htm (in Chinese)
- [42] 中华人民共和国农业农村部. 农业转基因生物加工审批办法(修订版)[EB/OL]. (2019-04-25)[2024-12-25]. http://www.moa.gov.cn/ztlz/zjyqwgz/zcfg/201007/t20100717_1601301.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Approval Measures for the Processing of agricultural genetically Modified

- Organisms (Revised)[EB/OL]. (2019-04-25)[2024-12-25]. http://www.moa.gov.cn/ztzl/zjyqwgz/zcfg/201007/t20100717_1601301.htm (in Chinese)
- [43] 中华人民共和国海关总署. 进出境转基因产品检验检疫管理办法[EB/OL]. (2023-04-18)[2024-12-18]. <http://www.customs.gov.cn/customs/302249/zfxgk/hggzk/4082183/index.html>
General Administration of Customs, People's Republic of China. Measures for the Administration of inspection and quarantine of imported and exported transgenic products[EB/OL]. (2023-04-18)[2024-12-18]. <http://www.customs.gov.cn/customs/302249/zfxgk/hggzk/4082183/index.html> (in Chinese)
- [44] 中华人民共和国农业农村部. 农业用基因编辑植物安全评价指南(试行)[EB/OL]. (2022-01-24)[2024-12-24]. http://www.moa.gov.cn/ztzl/zjyqwgz/zcfg/202201/t20220124_6387559.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Guidelines for Safety Assessment of Gene-edited Plants for Agricultural Use (Trial)[EB/OL]. (2022-01-24)[2024-12-24]. http://www.moa.gov.cn/ztzl/zjyqwgz/zcfg/202201/t20220124_6387559.htm (in Chinese)
- [45] 中华人民共和国农业农村部. 农业用基因编辑植物评审细则(试行)[EB/OL]. (2023-04-28)[2024-12-28]. http://www.moa.gov.cn/ztzl/zjyqwgz/sbzn/202304/t20230428_6426461.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Rules for Evaluation of Gene-edited Plants for Agricultural Use (Trial)[EB/OL]. (2023-04-28)[2024-12-28]. http://www.moa.gov.cn/ztzl/zjyqwgz/sbzn/202304/t20230428_6426461.htm (in Chinese)
- [46] 田甜, 李明珍, 冯瑞. 加快推进浙江生物育种产业化的对策建议[J]. 科技通报, 2024, 40(6):106-109
Tian T, Li M Z, Feng R. Countermeasures and suggestions on accelerating industrialization of biological breeding in Zhejiang Province[J]. *Bulletin of Science and Technology*, 2024, 40(6): 106-109 (in Chinese)
- [47] 中华人民共和国农业农村部. 农业农村部办公厅关于印发2022年农业转基因生物监管工作方案的通知[R/OL]. (2022-04-01)[2024-12-01]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2022/202203/202204/t20220401_6395139.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Notice of the General Office of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs on the issuance of the work plan for the supervision of agricultural genetically modified organisms in 2022[R/OL]. (2022-04-01)[2024-12-01]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2022/202203/202204/t20220401_6395139.htm (in Chinese)

责任编辑: 吕晓梅



第一作者简介: 肖滢, 硕士, 中国农业大学生物学院作物功能基因组与分子育种研究中心助理工程师, 主要负责转基因生物安全管理等工作。参与国家自然科学基金(31871697)、国家重点研发计划项目(2018YFD1000705)课题研究。以第一作者身份在《植物分子育种》发表学术论文1篇;在 *Plant Biotechnology Journal* 发表SCI论文1篇。



通讯作者简介: 陈丽梅, 博士, 中国农业大学生物学院植物抗逆高效全国重点实验室教授, 主要从事植物抗逆生理机理与信号转导研究。主持或参与国家重点研发计划、国家自然科学基金等项目多项。在 *Nature Plants*, *National Science Review*, *Plant Physiology*, *Plant Biotechnology Journal* 等杂志上发表SCI论文多篇。